GEM Foundation による 世界の地震リスク評価モデル OpenQuake の機能と操作方法

> 2017年7月 損害保険料率算出機構 応用地質株式会社

はじめに

2009 年に活動を開始した GEM Foundation (以降、GEM と呼ぶ)は、地 震によるハザード及びリスク評価を世界規模で行い、統一的なモデル作成 を目指す非営利組織である。GEM は、地震によるハザードおよびリスクモ デル共有のためのプラットフォーム『OpenQuake』を 2015 年 1 月より公開 しており、計算ツールとして『OpenQuake-engine』を一般に無償で提供し ている。

本書は、日本国内における OpenQuake の利用者の拡大や理解促進を通じ、 日本の地震ハザード・リスク評価や地震防災の活性化に資することを目的 として、OpenQuakeの機能と操作方法を実務家視点でまとめたものである。

本書が防災や保険等の災害にかかる分野において有益な資料となれば 幸いである。なお、本件の一部は地震保険調査研究費による調査研究事業 として実施した。

> 2017 年 7 月 損害保険料率算出機構 応用地質株式会社

第1章 本書のねらい	1
1.1 目的	1
1.2 本書の構成	2
第2章 GEM および OpenQuake の概要	3
2.1 GEM の概要と設立経緯	3
2.2 GEM のデータ	5
2.3 GEM のハザードモデル	6
2.3.1 GEM Regional Programmes	6
2.3.2 Regional/National Models	6
2.3.3 日本のハザードモデル	7
2.4 OpenQuake について	8
2.4.1 OpenQuake の概要	8
2.4.2 OpenQuake-engine	9
2.4.3 OpenQuake Platform	12
2.4.4 その他のツール群	13
2.5 GEM のデータとソフトウェアのライセンスについて	14
2.6 GEM の今後の動向	15
第3章 OpenQuake によるハザード・リスク評価方法	17
3.1 はじめに	17
3.2 計算環境の準備	19
3.2.1 Windows	19
3.2.2 macOS	
3.2.3 Linux	24
3.2.4 VirtualBox	24
3.3 計算の概要	
3.3.1 設定ファイル	
3.3.2 ハザード	40
3.3.3 リスク	67
3.4 計算方法	81
3.4.1 WebUI による実行	81
3.4.2 コマンドラインによる計算実行方法	90
3.5 Input Preparation Toolkit	
3.6 各計算タイプにおけるハザード・リスクの計算方法	

3.6.1 ハザード	106
3.6.2 リスク	140
3.7 計算結果の図化方法	169
第4章 実データを用いた OpenQuake によるハザード・リスクの計算例	
4.1 はじめに	
4.2 震源断層を特定した地震動	
4.2.1 必要な情報	
4.2.2 必要なファイル	
4.2.3 計算方法	
4.2.4 出力	192
4.3 確率論的地震ハザード解析その1	
4.3.1 必要な情報	
4.3.2 必要なファイル	193
4.3.3 計算方法	
4.3.4 出力	200
4.4 確率論的地震ハザード解析その2	
4.4.1 必要な情報	
4.4.2 必要なファイル	202
4.4.3 計算方法	
4.4.4 出力	
4.5 確率論的地震ハザード解析その 3	210
4.5.1 必要な情報	210
4.5.2 必要なファイル	210
4.5.3 計算方法	212
4.5.4 出力	212
4.6 震源断層を特定した地震動による建物被害解析	215
4.6.1 必要なファイル	215
4.6.2 計算方法	
4.6.3 出力	
4.7 確率論的地震リスク解析	
4.7.1 必要な情報	
4.7.2 必要なファイル	
4.7.3 計算方法	231
4.7.4 出力	231
4.8 計算時間	233
付録	

略語一覧	235
用語辞典	236
使用可能な GMPE の一部の紹介	237
サンプルデータ	239
参考 URL	
参考文献	244

商標に関して

本書に記載されている会社名・製品名は、一般に各社の商標または登録商標です。

本書に記載している会社名・製品名等には、必ずしも商標表示(®,[™])を付記していま せん。

- GEM、Global Earthquake Model、OpenQuake、OQ は、GEM Foundation の登録商標です。
- Microsoft、Windows、Windows 7、Windows 7 professional、Windows 8、Windows 8.1、
 Windows 10は、Microsoft Corporation またはその子会社の商標または登録商標です。
- Apple、mac、macOS、OS X は、Apple Computer, Inc.の登録商標です。
- Linux は、Linus Torvalds 氏の米国およびその他の国における商標あるいは登録商標 です。
- Ubuntu は、Canonical UK Ltd.の登録商標です。
- Oracle は、Oracle Corporation の登録商標です。
- Python は、Python Software Foundation の登録商標です。
- Debian は Software in the Public Interest, Inc の登録商標です。
- Esri は、Environmental Systems Research Institute, Inc の登録商標です。
- DELL、OptiPlex は、Dell Inc.の登録商標です。
- Intel、Intel Core は Intel Corporation の登録商標です。
- Mozilla、Firefox は Mozilla Foundaiton の登録商標です。

第1章 本書のねらい

1.1 目的

近年、地震災害による人的被害・経済被害が増大しており、海外を含めて様々な地震に よるハザードおよびリスクについて、視野を広げる必要性が高まっている。2009年に活動 を開始した GEM Foundation(以降、GEM と呼ぶ)は、地震によるハザードおよびリスク 評価を世界規模で行い、統一的なモデル作成を目指す非営利組織である。GEM は、地震に よるハザードおよびリスクモデル共有のためのプラットフォーム『OpenQuake』を公開し ており、計算ツールとして、『OpenQuake-engine』を提供している。本書は、GEM が作成 した地震によるハザードおよびリスクを計算するツールである『OpenQuake-engine』の使 用方法を解説する。

OpenQuake-engineの使用方法の理解促進のため、GEM が作成したオリジナルのマニュア ル・チュートリアルなどを基に、日本のハザードモデル・リスクモデルの関係者にわかり やすいように日本語で解説書を作成した。また、データ仕様や構造等をわかりやすく解説 するため、実務家視点でのオリジナルの文書構成とした。本書の目的は、日本国内におけ る OpenQuake の利用者の拡大や理解促進を図ることである。

本書では、OpenQuake-engine のインストール方法から図化までを簡潔にまとめるため、 手法の概念等は記述していない。詳細は、OpenQuake-engine のオリジナルのマニュアル

(GEM (2017)¹⁾) やハザードやリスクの計算手法の解説書 (Pagani et al. (2014)²⁾、Clowley and Silva (2013)³⁾) を参照されたい。OpenQuake-engine を使用した一連の計算に関しては、ウェブブラウザ上で完結できるように説明するが、その他に、以下に関する一定の知識が必要である。

- 地震によるハザードおよびリスク評価に関する知識
- 地震の断層モデルや発生確率等についての知識

1.2 本書の構成

本書の構成を以下に示す。本書の構成の流れ図を図 1.2.1 に示した。

「第1章 本書のねらい」では、本書の背景・目的、本書の対象者を示した。

「第2章 GEM および OpenQuake の概要」では、GEM および OpenQuake の概要を紹介 する。GEM が整備したデータや OpenQuake における地震によるハザードとリスクの関係 なども紹介する。

「第3章 OpenQuake によるハザード・リスク評価方法」では、OpenQuake-engine による計算を行うための準備および一連の計算方法を解説した。OpenQuake-engine のインスト ール方法や設定ファイルの詳細、実際の計算方法を複数の例で紹介する。

「第4章 実データを用いた OpenQuake によるハザード・リスクの計算例」では、実際の地震動に関するデータから、シナリオ型および確率論的な地震動の計算方法を解説した。

参考として、「付録」には、略語一覧、用語辞典、使用可能な GMPE、参考 URL および 参考文献をまとめた。

なお、本書は 2017 年 3 月時点の OpenQuake-engine バージョン 2.3 に基づいて作成した。



図 1.2.1 本書の流れ

第2章 GEM および OpenQuake の概要

2.1 GEM の概要と設立経緯

GEM Foundation は、GEM (Global Earthquake Model の略称)の活動を推進する公的機関 や民間企業が世界中から集まった非営利組織である。GEM は、地震によるハザードや地震 によるリスクを評価するための透明性の高い高品質な評価ツールの開発と地震に関するデ ータベースの構築を行っている。GEM は、その成果をオープンなプラットフォームで共有 し、世界の地震リスク軽減と地震被災からの回復力強化を目指して、これらのツールや情 報の活用を推進している。

GEM の任務は大きく以下の4つに分けられる。

- 1. 地震によるリスク評価のための高品質なツールの開発・維持
- 2. 地震によるリスクに関する情報(データセット、モデル、手法、ガイドライン)の 収集・作成
- 3. 様々な規模によるリスク評価のための共同プロジェクトの展開・実施
- 4. 実務への活用と技術移転

GEM の構想は、2004 年の OECD-GSF(経済協力開発機構-グローバルサイエンスフォー ラム)会議において提案され、2006 年の OECD-GSF を契機に設立された。2009 年 3 月に は NPO 法人として GEM Foundation が組織され、イタリアのパビア市に本部が設立された。 現在(2017 年 3 月時点)では、図 2.1.1 に示す公的機関および民間企業が GEM に参加して いる。日本からは、国立研究開発法人防災科学技術研究所、損害保険料率算出機構、応用 地質株式会社の 3 機関が参加している。また、プロジェクトによって、公的機関・民間企 業がパートナーとして参加する場合もある。

GEM の活動は5か年ワーキングプログラムに基づいて進められ、2009 年から 2013 年の 第1期5か年ワーキングプログラムが終わり、現在は 2014 年から 2018 年までの第2期5 か年ワーキングプログラムに取り組んでいる。

第1期5か年ワーキングプログラムの成果として、地震カタログや活断層、人口や建物 などの各種データベース構築、測地学的歪速度モデルの構築、地震ハザードおよび地震リ スク評価のための各種ツールの開発とこれら成果の公開があげられる。

第2期5か年ワーキングプログラムでは、第1期で構築した各種データベースの充実や 各種ツールの改良と同時に、地震ハザードや地震リスクを評価し、地震リスク軽減と地震 被害からの回復力の強化を目指したリージョナルプロジェクトを世界各地で実施している。

以上の記載は、下記の GEM のウェブサイト⁴に基づくものであり、参考にされたい。

https://www.globalquakemodel.org/



2.2 GEM のデータ

GEM 第1期の成果として各種データが整備された。以下にその一覧を示す。各データの 詳細については、「参考 URL」に示した各リンク先より取得されたい。

- Global Instrumental Seismicity Catalogue (ISC-GEM)
 20 世紀初めから現在に至るまでに各種機関で観測された地震データを再評価して、
 均質なカタログとしたもの(約2万個のデータが含まれる)
- Global Historical Seismicity Catalogue and Archive (GHEC and GHEA) 過去地震のカタログ(中世前期(1000CE)から 20 世紀初頭までのカタログで M7 以上の 827 個の地震の詳細なパラメータが提供されている)
- Global Strain Rate Model (GSRM)
 GPS データを解析して求めた歪速度モデル
- Global Active Faults database (GFE)
 ハザードモデル計算時の活断層データベース
- GEM Global Exposure Database
 リスクモデル計算時の exposure モデルデータベース
- GEM Global Earthquake Consequences Database
 ハザードモデル計算用の過去地震の被害に関するデータベース
- GEM Physical Vulnerability Functions Database
 リスクモデル計算用の Fragility モデルおよび Vulnerability モデルデータベース
- Global Ground Motion Prediction Equations (GGMPEs)
 ハザードモデル計算用の GMPE を整理するプロジェクト

2.3 GEM のハザードモデル

GEM Hazard Team Wiki⁵⁾(以下、Hazard Wiki と呼ぶ)では、GEM がこれまでに作成した ハザードモデルとその入力モデルを公開している。GEM が作成するハザードモデルには、 以下の2種類のタイプがある。

1. GEM Regional Programmes

2. Regional/National Models

どちらのモデルも OpenQuake-engine を使用してハザードモデルを作成しているが、GEM Regional Programmes では、震源モデル等も独自に作成した後に、OpenQuake-engine を使用 してハザードモデルを作成するのに対して、Regional/National Models では、各国・各地域 の機関や研究者らが作成したハザードモデルに対して OpenQuake-engine で再現計算を行 ってハザードモデルを作成する。Hazard Wiki によると、2018 年末には世界各地のハザードモデルをグローバルハザードデータベースとして公開予定である。

2.3.1 GEM Regional Programmes

GEM Regional Programmes では、通常、国・地域ごとの研究者が作成したハザードモデ ルがない場合に、GEM のリージョナルプロジェクトとしてハザードモデルが作成される。 各プロジェクトでは、プロジェクトスポンサーが個別にプロジェクトをサポートしている。 現在 (2017 年 3 月時点)、リージョナルプロジェクトとして作成されたハザードモデルは 以下のとおりである。

- 中央アジア (EMCA (Earthquake Model of Central Asia)⁶⁾)
- 中東(EMME (Earthquake Model of Middle East)⁷⁾)
- 南米(SARA(South America Risk Assessment)⁸⁾)
- $\exists \Box \gamma \gamma^{\prime}$ (SHARE (Seismic Hazard Harmonization in Europe) ⁹)

• アフリカ (SSAHARA (Sub-Saharan Africa Hazard and Risk Assessment))

これらに加えて、2017年3月現在、以下の2つのプロジェクトが進行中である。

- $\mathcal{T}\mathcal{N}\mathcal{I}\mathcal{I}$ (Probabilistic Seismic Hazard Assessment for the Republic of Armenia)
- カリブ・中米 (CCARA (Caribbean and Central America and Risk Assessment))

それぞれのハザードモデルは、一部を除いて GEM Hazard Team Wiki からデータ等を入手可能となっている。

2.3.2 Regional/National Models

Regional/National Models では、国や地域の機関、研究者が公開しているハザードモデル に則って、OpenQuake-engine を使用して再現計算を実施している。そのため、 OpenQuake-engine には、各国・各地域のハザードモデルを再現するための様々な震源分類 や地震動予測式などが組み込まれている。2017年3月現在で、OpenQuake-engine を用いて 再現計算された Regional/National モデルは下記のとおりである。

- アラスカ (The 2007 USGS Alaska Seismic Hazard Model)¹⁰⁾
- オーストラリア (The 2012 Australia National Seismic Hazard Model)¹¹⁾¹²⁾
- カナダ (The 2005 Canada National Seismic Hazard Model)¹³⁾
- 中米(The 2010 RESIS-II Seismic Hazard Model for Central America)¹⁵⁾¹⁶⁾
- キューバとその周辺地域(The 2003-2007 Seismic Hazard Model for Cuba and Surrounding Areas)¹⁷⁾¹⁸⁾
- イタリア (INGV (Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia) 2016)¹⁹⁾
- 日本(The NIED 2012 Seismic Hazard Model for Japan)²⁰⁾
- ニュージーランド (GNS Science 2012)²¹⁾
- 南米 (The 2010 USGS Seismic Hazard Model for South America)²²⁾
- 東南アジア(The 2007 USGS Model for South East Asia)²³⁾
- スイス (SED-ETH (Swiss Seismological Service (SED), ETH Zurich) 2015)²⁴⁾
- 台湾(TEM (Taiwan Earthquake Model) 2015)²⁵⁾
- $h \mu = (KOERI (Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute) 2016)^{-26}$
- 米国 (The 2008 USGS Seismic Hazard Model for the Conterminous U.S.) ²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾

詳細は、Hazard Wiki あるいは各モデルの参考文献を参照されたい。

2.3.3 日本のハザードモデル

前項で示したとおり、GEM が作成するハザードモデルは、国や地域の研究機関・研究者 が公開しているハザードモデルがある場合には、それらのハザードモデルを OpenQuake-engineを用いて再現計算し、データを公開する。日本においては、地震調査研 究推進本部地震調査委員会による全国地震動予測地図³⁰⁾を参考にしている。GEM が独自 に日本のハザードモデルを作成するわけではないため、注意が必要である。

2.4 OpenQuake について

2.4.1 OpenQuakeの概要

OpenQuake は、GEM が開発した地震による世界のハザードモデル・リスクモデル作成の ためのオープンソースソフトウェア群の名称である。OpenQuake は、「Platform」、「Engine」 および「Modelling Tools」からなる。

「Platform」は、作成したデータ、モデル、計算結果や各種ツールなどを共有するための ウェブベースのプラットフォームである。

「Engine」は、一般的な確率論的地震ハザード解析手法に基づき、地震によるハザード およびリスクを計算するためのソフトウェアである。地震動の計算は簡便な地震動予測式

(距離減衰式)を用いて計算する。ここで、ハザードは地震動予測式によって計算された 「地震動強さ」、リスクは「ハザードで計算された地震動強さを基にした建物被害・経済被 害」に相当する。

「Modelling Tools」は、各種地震動データ、exposure モデル、vulnerability モデルなどを 整備するためのツール群である。

OpenQuake における「Platform」、「Engine」および「Modelling Tools」の三者は、図 2.4.1 に示した関係で表される。本書では、計算を担当する「Engine」の使用方法を詳細に解説 し、「Platform」や「Modelling Tools」については、参考程度にとどめる。



(by Global Earthquake Model⁴⁾)

図 2.4.1 OpenQuake の概要

2.4.2 OpenQuake-engine

OpenQuake における計算を担当するためのソフトウェアは、「OpenQuake-engine」と呼ば れる。前述したように、OpenQuake-engine は一般的な確率論的地震ハザード解析手法に基 づき、地震によるハザードおよびリスクを計算するためのソフトウェアである。ソフトウ ェアの主な特徴は以下のとおりである。

- Open, transparent and accessible (オープン、高い透明性、使いやすい)
- Documented (文書などの整備)
- Extensively tested (テスト済み)
- Offers multiple calculation methods (多彩な計算手法の提供)
- Logic trees are an integral part of the input model (ロジックツリーが入力モデルに不可 欠)

その他の特徴として、以下のものがあげられる。

- モジュール化されたソフトウェア
 - ✓ Hazard Library (oq-hazardlib)
- 設定ファイルの多くは ini ファイル形式と NRML (Natural hazard's Risk Markup Language) 形式の2種(一部で、csv 形式なども使用する)
 - ✓ NRMLは、GEMによって開発されたハザード・リスクを表現する XML ベースのマークアップ言語
 - ✓ NRML スキーマの最新(2017 年 3 月時点)のバージョンは 0.5
 公式マニュアルでは、0.4 と 0.5 が混在するので注意が必要
- プログラミング言語は Python
 - ✓ 現時点(2017年3月時点)では Python2 系とともに3 系もサポート
- バージョンは 2.3 "Degenkolb"^{*} (2017 年 3 月現在、正式に公開済み)
- インストールの簡単化のため、Windows/macOS 用のインストーラ、VirtualBox イメ ージや各種 Linux 用のパッケージ(deb/rpm)などを公開

これらは、ソフトウェア上の特徴である。次項では、解析上の特徴を説明する。

(1) ハザード

現時点(2017年3月)で、以下の3タイプのハザードが計算可能である。

- 1. Classical Probabilistic Seismic Hazard Analysis (Classical PSHA)
 - ✓ OpenSHA に基づく一般的な確率論的地震動解析手法 (Field et al. (2003)³¹⁾ (Cornell (1968)³²⁾, McGuire (1976)³³⁾))
 - ✓ ハザードカーブ、ハザードマップ
- 2. Event-based Probabilistic Seismic Hazard Analysis (Event-based PSHA)

^{*} OpenQuake-engine は、バージョン 2.0 からバージョンごとにコードネームが付けられている。バージョン 2.3 のコードネーム"Degenkolb"は構造工学で有名な故 Henry J. Degenkolb 氏に因む。2.0 は故安芸敬一氏の"Aki"、2.1 は故 Hugo Benioff 氏の"Benioff"、2.2 は故 C. Allin Cornell 氏の"Cornell"であった。

- ✓ 確率論的なイベントセットからの地震動場(地震動強さの分布)の計算
- ✓ 従来の結果(たとえばハザードカーブ)については、地震動場を後処理する
- 3. Scenario Based Seismic Hazard Analysis (Scenario-based Hazard)
 - ✓ 偶然的不確定性を考慮した単一の地震破壊シナリオによる地震動場の計算
 - ✓ 確率論的ではない地震動解析

いずれの場合も、距離減衰式を使用した地震動計算がなされる。

これらハザードの計算に加えて、ハザードの Disaggregation (再分解)の計算が可能である。表 2.4.1 にハザード計算における計算タイプとその入出力ファイルを示した。

計算タイプ	入力	出力
Classical PSHA	設定ファイル 震源モデル 震源モデルロジックツリー 地震動モデルロジックツリー	ハザードカーブ 平均のハザードカーブ 分位数のハザードカーブ ハザードマップ 一様ハザードスペクトル
Event-based PSHA	設定ファイル 震源モデル 震源モデルロジックツリー 地震動モデルロジックツリー	確率論的なイベントセット 地震動強さの分布 ハザードカーブ ハザードマップ
Scenario-based Hazard	設定ファイル 断層モデル	地震動強さの分布
Disaggregation	設定ファイル 震源モデル 震源モデルロジックツリー 地震動モデルロジックツリー	ハザードカーブ Disaggregation マトリクス

表 2.4.1 ハザード計算の計算タイプごとの入出力ファイル

Classical PSHA と Event-based PSHA の違いは、Classical PSHA が直接的にハザードカー ブを計算するのに対し、Event-based PSHA は、多数の地震動場(地震動強さの分布)を計 算して、モンテカルロ法を用いてサンプリングすることで、確率的な操作を行い、そのデ ータからハザードカーブを求めることである。

(2) リスク

現時点(2017年3月)で、以下の6タイプのリスクが計算可能となっている。

- 1. Scenario Damage Assessment
 - ✓ 偶然的および認識論的な地震動の不確定性を考慮した単一の地震破壊シナリ オからの建物のポートフォリオのためのダメージマップの計算
 - ✓ ダメージマップ(被害分布(資産ごと、建物分類ごと))、建物倒壊分布(Collapse Map)
- 2. Scenario Risk Assessment
 - ✓ 偶然的および認識論的な地震動の不確定性を考慮した単一の地震破壊シナリ

オによる個々の資産、ポートフォリオの損害統計の計算

- ✓ 同じ分類における種々の資産の脆弱性の相関関係も考慮可能
- ✓ ロスマップ(損失分布、loss map)、損害統計
- 3. Classical Probabilistic Seismic Damage Analysis (Classical PSHA-based Damage)
 - ✓ Field et al. (2003)で形式化された古典的な統合手順 (Cornell (1968)、McGuire (1976)) で計算されるハザードカーブに基づく、特定期間の被害状態の発生確 率や確率論的な建物倒壊図の計算
 - ✓ 建物倒壊分布、資産ごとのダメージマップ
- 4. Classical Probabilistic Seismic Risk Analysis (Classical PSHA-based Risk)
 - ✓ Field et al. (2003)で形式化された一般的な確率論的地震動解析手法(Cornell (1968), McGuire (1976))で計算されるハザードカーブに基づくロスカーブとロスマップの計算
 - ✓ ロスカーブ (損失カーブ、loss curve)、ロスマップ (損失分布、loss map)
- 5. Stochastic Event Based Probabilistic Seismic Risk Analysis
 - ✓ 確率論的なイベントセットから出発するイベントロステーブルの計算
 - ✓ 損失超過カーブ、確率論的ロスマップ、年平均損失や保険損失統計のようなほかの結果はイベントロステーブルを後処理する
 - ✓ ロスマップ、ロスカーブ、トータルロスカーブ
- 6. Retrofit Benefit-Cost Ratio Analysis
 - ✓ (地震イベントで減少する損失の点から)資産のポートフォリオのための改修の潜在的有効性の正味現在価値(NPV (net-present value))の見積もりに役立つ
 - ✓ ロスカーブ、BCR マップ

リスク計算における計算タイプとその入出力ファイルを表 2.4.2 に示した。リスクの計算 では、通常はハザードの計算結果を利用することが多い。

計算	入力	出力
Scenario Damage	設定ファイル エクスポージャモデル フラジリティモデル 地震動場 (ハザードの結果)	被害分布(資産ごと、建物ごと) 被害分布(建物分類ごと) 被害分布(トータル) 建物倒壊分布
Scenario Risk	設定ファイル エクスポージャモデル 物理的な脆弱性モデル 地震動場 (ハザードの結果)	ロスマップ 損失統計
Classical PSHA-based Damage	設定ファイル エクスポージャモデル フラジリティモデル ハザードカーブ (ハザードの結果)	建物倒壊分布 被害分布 (資産ごと)

表 2.4.2 リスク計算の計算タイプごとの入出力ファイル

計算	入力	出力
Classical PSHA-based Risk	設定ファイル エクスポージャモデル 物理的な脆弱性モデル ハザードカーブ (ハザードの結果)	ロスカーブ ロスマップ
Probabilistic Event-based Risk	設定ファイル エクスポージャモデル 物理的な脆弱性モデル 地震動場 (ハザードの結果)	ロスカーブ ロスマップ トータルのロスカーブ
Retrofitting Benefit/Cost Ratio	設定ファイル エクスポージャモデル 物理的な脆弱性モデル ハザードカーブあるいは地震動場 (ハザードの結果)	ロスカーブ ↓ BCR 分布

(3) ハザードとリスクの関係

OpenQuake-engine を利用した計算においては、地震によるハザードおよびリスクの計算 が可能である。基本的な利用方法は、ハザードを計算したのちに、リスクの計算を行うも のである。しかしながら、すでに計算済みのハザードを使用したリスクの計算もまた可能 となっている。ハザードとリスクの計算の関係を表 2.4.3 に示した。

表 2.4.3 ハザードとリスクの関係

Hazard		Hazard の結果		Risk
Classical PSHA	\Rightarrow	ハザードカーブ	\Rightarrow	Classical PSHA based Damage or Risk
Scenario Based Hazard	\Rightarrow	単一の地震による地震動場	\Rightarrow	Scenario based Damage or Risk
Event-based PSHA	\Rightarrow	震源モデルに基づく単一あ るいは複数の地震動場	\Rightarrow	Event-based Risk

2.4.3 OpenQuake Platform

OpenQuake Platform は、GEM のデータセット、ツール、モデルを可視化あるいは共有す るためのウェブベースのオープンプラットフォームである。GEM のデータやモデルは OpenQuake Platform で公開・共有されることで、データの閲覧やコメントなどが容易に可 能となっている。URL は下記のとおりである。

https://platform.openquake.org/

登録する必要はあるが、無料で使用することが可能であり、以下から登録可能である。

https://platform.openquake.org/account/signup/

登録しなくてもハザードモデル・リスクモデルの計算は可能である。本解説書においては OpenQuake Platform を使用した機能を一部で紹介する。

2.4.4 その他のツール群

OpenQuake-engine は、確率論的地震ハザードおよびリスクに関する計算機能を含むものの、前段階としての設定ファイルの準備、または図化などにかかわる機能はあまり含まれていない。本解説書では、OpenQuake-engine 以外のツールとして、以下のツール群の一部機能を紹介する。これらのツールは、GEM が公式にサポートしているものではないが、OpenQuake-engine の開発者が作成したものである。

- Hazard Modeller's Toolkit
 - ✓ 地震によるハザードモデル作成のためのツールキット
 - ✓ 地震活動度のモデル化、地震の発生確率の算出など
- Risk Modeller's Toolkit
 - ✓ 地震によるリスクモデル作成のためのツールキット
 - ✓ 各種計算結果の図化、fragility モデルや vulnerability モデル開発など
- GMPE Strong Motion Toolkit
 - ✓ 最適な地震動予測式を選別するためのツールキット
 - ✓ 地震動の観測波形の各種処理、各地震動予測式の比較など
- Input Preparation Toolkit
 - ✓ OpenQuake-engineの入力ファイル作成のためのツールキット

2.5 GEM のデータとソフトウェアのライセンスについて

GEM が提供するソフトウェアやデータは、オープンなライセンスのもとに提供されてい る。GEM のライセンシングポリシーによると、OpenQuake-engine は GNU Affero Public License 3 (AGPLv3.0)で公開されている。GEM が提供するデータは、公開当初は、Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 (CC-BY-NC-SA 4.0)で提供され、18 か月 後に Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 (CC-BY-SA 4.0)で再公開されることになっ ている。一部のデータでは、異なるライセンスで提供されていることもあるため、注意が 必要である。GEM のライセンシングポリシーは以下に詳しく記述されているため、必要で あれば、以下を参照されたい。

https://www.globalquakemodel.org/gem/terms/licensing/

基本的には使用は自由であるが、ソフトウェアや各種データによってライセンス形態が 異なる場合もあり、改変や提供が禁止されているデータ等もあるため、使用には十分留意 する必要がある。

2.6 GEM の今後の動向

2017年3月現在、GEMは2014年から2018年までの第2期5か年ワーキングプログラムで、地震カタログや活断層、人口や建物などの各種データベースの充実、地震ハザードおよび地震リスク評価のための各種ツールの改良、地震リスク軽減と地震被害からの回復力の強化を目指した世界各地でのリージョナルプロジェクトに取り組んでいる。全世界をカバーする地震によるハザードおよびリスクモデル作成のための作業を継続しており、ハザードのグローバルモデルは2018年末には公開される予定である。

地震によるハザードおよびリスク評価のための各種ツールの改良においては、ユーザー の要望も考慮し、より使いやすいユーザーインターフェースを目指したツールの開発も続 けられている。また、各種のツールキットも整備されつつある。

OpenQuake-engine は、数か月に1回程度の頻度でバージョンアップされており、計算速度の向上や機能の追加などの改良が続いている。2017年3月現在では、実験的な機能として、ディレクティビティ効果を取り入れた距離減衰式やBPT分布のような地震発生過程の導入を検討している。

第3章 OpenQuake によるハザード・リスク評価方法

3.1 はじめに

この章では、OpenQuake を使用した計算に必要な情報として、OpenQuake-engine を使用 するためのインストール方法から始まり、OpenQuake-engine の計算方法(計算に必要なパ ラメータの解説)、計算結果の図化方法を解説する。この章の構成を以下に示す。この章の 流れを図 3.1.1 に示した。

「3.2 計算環境の準備」では、計算環境の準備について説明する。OpenQuake-engine は、 Windows、macOS、Linux などの各種 OS にインストールが可能である。各種 OS へのイン ストール方法の解説と、仮想環境(VirtualBox)へのインストール方法を解説する。

「3.3 計算の概要」では、計算に使用するパラメータを紹介する。OpenQuake-engine では、多彩な計算が可能となっているため、多様なパラメータが存在する。この節では、各計算に必要なパラメータやそれらパラメータの設定方法などを解説する。

「3.4 計算方法」では、OpenQuake-engine を使用した実際の計算方法を解説する。 OpenQuake-engine では、初心者向けのウェブブラウザベースの"WebUI"を使用する方法と エキスパート向けの"oq"コマンドを使用する方法の2通りの計算方法が存在する。この節 では、2通りの計算方法を解説する。

「3.5 Input Preparation Toolkit」では、OpenQuake-engine で使用するパラメータ設定に便利なツールキット「Input Preparation Toolkit」を紹介する。

「3.6 各計算タイプにおけるハザード・リスクの計算方法」では、OpenQuake-engine を 使用した各種ハザード・リスクの計算例を示す。「3.4 計算方法」では、計算の実行方法 のみ示したが、この節では、各種パラメータの説明など、可能な限り詳細に記述した。

「3.7 計算結果の図化方法」では、OpenQuakeの開発者が作成したツールキット「Risk Modeller's Toolkit」を使用して計算結果を図化する方法を解説した。

計算方法のみを知りたい場合には、「3.4 計算方法」以降、あるいは実際に与えられた データから設定ファイルを作成して計算を実行するには次章「第4章 実データを用いた OpenQuake によるハザード・リスクの計算例」(p.185~)を参照されたい。



図 3.1.1 第3章の流れ

3.2 計算環境の準備

OpenQuake-engine を利用するには、ソフトウェアのインストールが必要となる。GEM の ウェブサイトでは、OpenQuake-engine の利用形態として4つの選択肢を示しており、いず れの場合も GEM が公式にインストール方法を紹介している。それぞれのインストール方 法提供形態を表 3.2.1 に示した。GEM の開発者による各種ツール(後述する Risk Modeller's Toolkit など)を使用したい場合は、VirtualBox を利用することが一番簡単であるが、 OpenQuake-engine を使用した各種ハザードおよびリスクの計算のみ使用するのであれば、 Windows でも macOS でもかまわない。しかしながら、後述するウェブブラウザベースで計 算を実行する WebUI は macOS では利用できないため、macOS 使用者において WebUI を利 用したい場合は、VirtualBox での使用を勧める。

表 3.2.1 OpenQuake-engine のインストール方法提供形態

OS	Windows	macOS	Linux	VirtualBox
提供形態	インストーラ	インストーラ	deb/rpm ソースコード	OVA イメージ

3.2.1 Windows

必要なプログラムを自動でインストールしてくれる Windows 用のインストールプログ ラムが以下、

http://www.globalquakemodel.org/pkgs/windows/oq-engine/OpenQuake_Engine_2.3.0-1.exe あるいは、

https://github.com/gem/oq-engine/blob/master/doc/installing/windows.md で公開されている。このインストールプログラムを用いると、ウェブブラウザを使用して 計算できる WebUI へのショートカットと、コマンドラインを使用して計算できる Console へのショートカットがそれぞれ作成される。

必要な計算機の仕様は下記のとおりである。

- 以下のいずれかの Windows
 - ✓ Windows 7 (64bit)
 - ✓ Windows 8 and 8.1 (64bit)
 - \checkmark Windows 10 (64bit)
- 4GB 以上のメモリ(8GB 以上を推奨)
- 1.2 GB 以上の空き容量
- 計算のみであれば、インターネットは不要

OpenQuake-engine バージョン 2.2 以降は、32bit の Windows をサポートしていない。

インストール方法は以下のとおりである。

Windows 用のインストーラを起動すると、セットアップウィザードが立ち上がるので、Nextを押して、次へ移動する(図 3.2.1 左)。

- ライセンスの確認をして同意できるのであれば、I Agree を押して、次へ移動する(図 3.2.1 右)。
- 3. コンポーネントの選択を行うが、このまま Next を押して、次へ移動する(図 3.2.2 左)。
- 4. インストール先を選択して Install を押す (図 3.2.2 右)。
- 5. インストールが始まり、終了まで待つ(図 3.2.3)。
- 6. インストールが無事に終わると、スタートメニューおよびデスクトップにショート カットが作成される(図 3.2.4)。

Windows のインストールプログラムでは、OpenQuake-engine の実行に必要な一連のプログラムがインストールされる。詳細は以下を参照するとよい。

https://github.com/gem/oq-engine/blob/engine-2.3/doc/installing/windows.md



図 3.2.1 Windows インストールその 1

(左)インストーラ起動後、(右)ライセンス同意画面

👹 OpenQuake Engine 2.0.0 Setup	💶 🗶 OpenQuake Engine 2.0.0 Setup
Choose Components Choose which features of OpenQuake Engine 2.0.0 you want to install.	Ohoose Install Location Choose the folder in which to install OpenQuake Engine 2.0.0.
Check the components you want to install and uncheck the components you don't want install. Click Next to continue.	nt to Setup will install OpenQuake Engine 2.0.0 in the following folder. To install in a different folder, click Browse and select another folder. Click Install to start the installation.
Select components to instal:	Se Lo Destination Folder
Space required: 463.2MB	Space required: 463.2MB Space available: 835.3GB
Nulisoft Install System v2.60	Cancel Cancel Cancel Cancel

図 3.2.2 Windows インストールその 2

(左)インストールに必要なコンポーネントの選択、(右)インストール先の指定



図 3.2.3 Windows インストールその 3 (左)インストール中、(右) インストール完了



図 3.2.4 デスクトップに作成されたショートカット (左) WebUI へのショートカット、(右) console へのショートカット

ショートカットを実行すると、WebUI の場合は、ウェブブラウザが起動し、図 3.2.5 の ページが開かれる。その際、図 3.2.6 に示したように、コンソールで OpenQuake-engine を 実行しており、このプロンプトを閉じると計算できなくなるので、閉じないように注意す る必要がある。環境によっては、WebUI が立ち上がらないことがあるが、その場合は、手 動でウェブブラウザを起動し、以下の URL を開くと良い。

http://localhost:8800/engine

Consoleの場合は図 3.2.7 に示したように、コマンドプロンプトが開かれる。



図 3.2.5 OpenQuake Engine(WebUI)の実行画面その1

🖗 OpenQuake Engine (webui)	x
[13/Jan/2017 15:28:49] ~GET /static/lib/html5shiv/js/html5shiv.min.js HTTP/1.1~ 200 2730	1
[13/Jan/2017 15:28:49] "GET /static/lib/bootstrap-extend/js/jasny-bootstrap.min. is HTTP/1.1" 200 15456	
[13/Jan/2017 15:28:49] "GET /static/lib/underscore/js/underscore-min.js HTTP/1.1 " 200 14358	
[13/Jan/2017 15:28:49] "GET /static/lib/backbone/js/backbone-min.js HTTP/1.1" 20 N 19548	
[13/Jan/2017 15:28:49] "GET /static/lib/jquery/js/jquery-1.9.1.js HTTP/1.1" 200 268381	
[13/Jan/2017 15:28:49] "GET /static/lib/jquery/js/jquery.form-3.44.0.js HTTP/1.1 [200 42088	
[13/Jan/2017 15:28:49] "GET /static/lib/jquery/js/jquery-ui-1.10.3.custom.js HTT P/1 1" 200 436041	
[13/Jan/2017 15:28:49] "GET /static/js/engine.js HTTP/1.1" 200 20276 [13/Jan/2017 15:28:49] "GET /static/js/assets.min.js HTTP/1.1" 200 508526 [13/Jan/2017 15:28:49] "GET /static/font/lato_regular.ttf HTTP/1.1" 200 120196 [13/Jan/2017 15:28:49] "GET /static/font/lato_light.ttf HTTP/1.1" 200 122524 [13/Jan/2017 15:28:49] "GET /static/ing/og-header.ong HTTP/1.1" 200 121788 [13/Jan/2017 15:28:50] "GET /static/ing/og-header.ong HTTP/1.1" 200 1978 [13/Jan/2017 15:28:50] "GET /static/ing/og-gem.ong HTTP/1.1" 200 1978 [13/Jan/2017 15:28:50] "GET /static/ing/og-gem.ong HTTP/1.1" 200 903 [13/Jan/2017 15:28:50] "GET /static/ing/ag-gem.ong HTTP/1.1" 200 3042 [13/Jan/2017 15:28:50] "GET /static/ing/aryeem.ong HTTP/1.1" 200 2	-





図 3.2.7 OpenQuake Engine(console)の実行画面 インストール先をカレントディレクトリとした DOS プロンプトが起動する

3.2.2 macOS

macOS へのインストールは、GEM が配布している自己展開式書庫を利用する。詳しい 情報は下記の URL のとおりである。

https://github.com/gem/oq-engine/blob/master/doc/installing/macos.md 必要な計算機の仕様は下記のとおりである。

- MacOS X 10.10 (Yosemite), MacOS X 10.11 (El Capitan), macOS 10.12 (Sierra)
- メモリ 4GB 以上(8GB 以上を勧める)
- 1.2GB の空き容量
- ターミナルアプリ
- 計算のみであれば、インターネットは不要

下記の URL からダウンロードを行い、

http://www.globalquakemodel.org/pkgs/macos/oq-engine/openquake-setup-macos-2.3.0-1.run ターミナルアプリ上で、コマンド 3.2.1 のとおりにインストールを実行する。

コマンド3.2.1 Op	penQuake-engine C	のインス	トール方法
--------------	-------------------	------	-------

- 1 cd Downloads
- 2 chmod +x openguake-setup-macos-2.1.0-1.run
- 3 ./openquake-setup-macos-2.1.0-1.run

デフォルトのインストール先は、ホームディレクトリの openquake フォルダである。 OpenQuake を実行する際には、環境設定ファイルを読み込めばよい。環境設定を読み込む には、コマンド 3.2.2 を実行する。 コマンド3.2.2 OpenQuake-engine の環境設定

1 source ~/openquake/env. sh

3.2.3 Linux

手持ちの PC に Ubuntu Linux がインストール済みとして話を進める。詳しい情報は下記の URL のとおりである。

https://github.com/gem/oq-engine/blob/engine-2.3/doc/installing/ubuntu.md

Ubuntu Linux ヘインストールするには、パッケージシステムを使用する方法と、ソース コードを使用する方法があるが、Ubuntu の長所であるパッケージシステムを利用する。パ ッケージシステムを利用したインストールは、下記のバージョンの Ubuntu Linux で利用可 能である。

- Ubuntu 16.04 LTS (Xenial)
- Ubuntu 14.04 LTS (Trusty)
- Ubuntu 12.04 LTS (Precise)

Ubuntu Linux は、Debian GNU/Linux をベースに開発されており、Debian と同様に、パッ ケージファイル形式として deb を、パッケージ管理システムとして APT を使用することが できる。そのため、下記のコマンドを使用して "python-oq-engine" をインストールすると、 それに必要なほかのパッケージも自動でインストールされる。

インストール方法はコマンド 3.2.3 のとおりである。

コマンド 3.2.3 OpenQuake-engine のインストール方法

- 1 sudo apt-get install python-software-properties
- 2 sudo add-apt-repository ppa:openquake/ppa
- 3 sudo apt-get update
- 4 sudo apt-get install python-oq-engine

ここでは、Ubuntu Linux にインストールする方法を紹介したが、下記 URL では、Red Hat Linux ヘインストールする方法なども公開されている。

https://github.com/gem/oq-engine/blob/engine-2.3/README.md

3.2.4 VirtualBox

VirtualBox とは、米国オラクルが開発・公開している x86 仮想化ソフトウェアパッケー ジである。正式には、Oracle VM VirtualBox という。Windows/macOS/Linux 上で仮想マシン を作成し、その中に別の OS をインストールすることができる。

GEM では、この VirtualBox で使用できる仮想環境のイメージファイル (OS ほか、必要なソフトウェア等もインストール済み)を下記で公開している。

http://www.globalquakemodel.org/openquake/start/download/

ここから仮想環境のイメージファイル(OVA イメージ)を取得し、別途インストールした VirtualBox で OVA イメージを開くことで OpenQuake-engine を使用できる環境が整う。

GEMのウェブサイトで提供される VirtualBox イメージには、OpenQuake-engine をはじめ、 Risk Modeller's Toolkit や QGIS などのソフトウェアがインストール済みである。Risk Modeller's Toolkit を使用したい場合や macOS を使用しているが、WebUI を使用したい場合 には、VirtualBox を利用すると良い。

以下は、GEM のウェブサイトで提供されているインストール方法である。

- Install VirtualBox: VirtualBox をインストールする
- Open VirtualBox and select File Import Appliance
 VirtualBox を実行し"ファイル"から"アプライアンスをインポートする"を開く
- Select the downloaded ova file
 ダウンロードした ova ファイルを選択する
- Choose: Import with all default settings すべてデフォルト設定でインポートを選択する
- 5. In VirtualBox, open Settings Shared Folders VirtualBox 中の"設定"から"共有フォルダ"を開く
- Add a new shared folder 新しい共有フォルダを追加
- In Folder Path, select any folder on your computer
 自分の PC 上の任意のフォルダを選択する
- In the Shared Folder of the Virtual Machine, change the Folder Name to 'vbox' 仮想マシンの共有フォルダのフォルダ名を 'vbox' に変更する
- 9. Uncheck the box 'Auto-Mount'

自動マウントのチェックを外すとなっているが、自動マウントしてもかまわない

10. Click OK

If you have a PC with low raw-memory (2GB or less), go to the settings panel, select System and change the Base Memory to 512MB. [Especially when you get a warning that you have allocated more that 50% of your computer RAM to the virtual machine] メモリ量の少ない PC を使っているなら、設定パネルのシステムへ移動して、ベー スメモリを 512MB に変更する (特に、実 PC の 50%以上を仮想 PC のメモリに割り 当てたという警告が表示された場合)

11. Click OK

VirtualBox を実行すると、図 3.2.8 のように「Oracle VM VirtualBox マネージャー」が開く。「起動(T)」ボタンをクリックすると、必要なソフトウェアがインストールされた Ubuntu

Linux が起動する (図 3.2.9~図 3.2.11)。



図 3.2.8 Virtual Box 起動画面(macOS 上で実行したもの)



図 3.2.9 VirtualBox で仮想環境を起動した画面



図 3.2.10 Ubuntu Linux の起動画面



図 3.2.11 起動完了後のデスクトップ

3.3 計算の概要

OpenQuake-engine を使用した解析には、ハザード、リスクいずれにおいても計算の設定 を記述した「設定ファイル」と、それぞれの解析で使用するいくつかの「モデルファイル (ロジックツリーや震源モデルなど)」を用意する必要がある。この節では、以下の順番で 説明する。

「3.3.1 設定ファイル」(p.28~) では、OpenQuake-engine の実行に必要な「設定ファイル」を一通り説明する。

「3.3.2 ハザード」(p.40~)では、ハザードの解析に必要な各種モデル設定を以下の順に説明する。

- (1) Logic Tree ファイル (ロジックツリーファイル) (p.40~)
- (2) Source Typologies (震源モデルの分類) (p.42~)
- (3) Magnitude frequency distribution (マグニチュード別度数分布) (p.62~)
- (4) Magnitude-scaling relationships (スケーリング則) (p.64~)
- (5) Ground Motion Prediction Equation (地震動予測式) (p.64~)
- (6) その他のパラメータ (p.64~)

「3.3.3 リスク」(p.67~)では、リスクそれぞれの解析に必要な各種モデル設定を以下の順に説明する。

- (1) exposure モデル (p.67~)
- (2) fragility モデル (p.70~)
- (3) consequence モデル (p.74~)
- (4) vulnerability モデル (p.76~)

3.3.1 設定ファイル

(1) 設定ファイルの概要

OpenQuake-engine では、実行時には必ず、計算に必要な情報が記述された「設定ファイル」が必要となる。設定ファイルは ini ファイル形式で記述され、ファイル名は任意であるが、慣習的に「job.ini」、「job_hazard.ini」(ハザードの場合)や、「job_risk.ini」(リスクの場合)などの名前が使用される。OpenQuake-engine で使われるデモデータでは、多くの場合、「job.ini」というファイル名が使用されている。

この「設定ファイル」は、以下の 18 のセクションに分かれており、各セクションにいく つかの変数がある。計算に応じて、必要な変数を設定することになる。

- 1. general: 一般的な設定セクション
- 2. sites: 計算地点セクション
- 3. logic tree: ロジックツリーセクション
- 4. erf: Earthquake rupture forecast セクション
- 5. site params: サイトパラメータセクション
- 6. correlation: 地震動の補正モデルに関するセクション
- 7. hazard_calculation: ハザード計算用のパラメータセクション
- 8. event based params: Event-based PSHA 用のパラメータセクション
- 9. risk calculation: リスク計算用のパラメータセクション
- 10. disaggregation: Disaggregation 用のパラメータセクション
- 11. exposure: リスク計算用の exposure に関するパラメータセクション
- 12. boundaries: リスク計算を行いたい領域を指定するセクション
- 13. hazard: ハザード計算に関するパラメータセクション
- 14. fragility: リスク計算用の fragility モデルに関するパラメータセクション
- 15. consequence: リスク計算用の consequence モデルに関するパラメータセクション
- 16. vulnerability: リスク計算用の vulnerability モデルに関するパラメータセクション
- 17. hazard outputs: ハザードの出力に関するセクション
- 18. risk outputs: ハザードの出力に関するセクション

一般的な ini ファイル形式は、セクションとセクションに対応する変数および値を用いて、 以下のような書式をとる。

[セクション] 変数名=値

OpenQuake-engine では、[セクション]は記述するものの、計算には影響しないため、分類 程度に考えておくとよい。

設定ファイルのサンプルをファイル 3.3.1 に示した。それぞれのセクションを簡単にまと めると以下のようになる。

- general セクション (1~3 行目): この計算の概要と計算モード
- sites セクション(5~7 行目):計算対象地点
- logic tree セクション (9~12 行目): ロジックツリーについての情報
- erf セクション(14~17 行目): 震源断層モデルに関する情報
- site params セクション(19~23 行目):計算対象地点の地盤情報
- hazard_calculation セクション(25~30 行目):計算に関する設定
- hazard_outputs セクション(32~37 行目):ハザードの出力に関する設定

ファイル 3.3.1 設定ファイルのサンプル

	ファイル内容
1	[general]
2	description = Classical PSHA Sample
3	calculation_mode = classical
4	
5	[sites]
6	region = 130.0 30.0, 130.0 32.0, 132.0 32.0, 132.0 30.0
7	region_grid_spacing = 2.0
8	
9	[logic_tree]

	ファイル内容
10	number_of_logic_tree_samples = 0
11	source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml
12	gsim_logic_tree_file = gmpe_logic_tree.xml
13	
14	[erf]
15	rupture_mesh_spacing = 5.0
16	width_of_mfd_bin = 0.1
17	area_source_discretization = 5.0
18	
19	[site_params]
20	reference_vs30_types = measured
21	reference $vs30$ value = 600.0
22	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0
23	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0
24	
25	[hazard_calculation]
26	random_seed = 23
27	investigation_time = 50.0
28	intensity_measure_types_and_levels = {"PGV": $[2, 4, 6, 8, 10]$ }
29	truncation_level = 3
30	maximum_distance = 200.0
31	
32	[hazard_outputs]
33	export_dir = /tmp
34	mean_hazard_curves =
35	hazard_maps = true
36	uniform_hazard_spectra = true
37	$poes = 0.1 \ 0.02$

それぞれのセクションで様々な変数が存在する。共通して使用するパラメータも存在す るが、計算ケースによっては使用しないパラメータも存在する。ファイル 3.3.1 では 7 セク ション、24 パラメータしか指定していない。「(2) 各セクションの説明」(p.30~)では、 それぞれのパラメータの簡単な説明をセクションごとに示した。パラメータによっては、 ほかのパラメータの設定次第で効果がないものもある。また、設定しないと実行できない パラメータもあるため、ある程度の経験が必要となるかもしれない。

OpenQuake Platform では、設定ファイルの作成を簡単にするためのツールキット(Input Preparation Toolkit)を用意している。このツールを使用すると、ウェブブラウザ上で必要な情報をリストから選択することができる。Input Preparation Toolkit については、「3.5 Input Preparation Toolkit」(p.100~)で簡単に説明し、以降の計算例でも実際に使用して、設定ファイルを作成する。

(2) 各セクションの説明

1) general セクション

general セクションは、一般的な情報を扱う。general セクションで指定可能なパラメータ を表 3.3.1 に示した。calculation_mode は、OpenQuake-engine の計算モードを設定するため、 必須のパラメータとなっている。

表 3.3.1~表 3.3.18 では、パラメータ列は設定ファイル中に記述するパラメータ名、選択

肢列は指定できる変数、モード列はハザード(Hazard)・リスク(Risk)のどちらの計算で 使用するかを表している。また、モード列はハザード・リスクの計算モードを括弧付きで 表現した。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[general]	general セクション		Hazard, Risk
description	この計算の概要	任意の文字列	Hazard, Risk
		classical	H (classical)
		classical_bcr	R (classical_bcr)
	ま答エー い	classical_damage	R (classical_damage)
		classical_risk	R (classical_risk)
colculation mode		disaggregation	H (disaggregation)
calculation_mode		event_based	H (event_based)
		event_based_risk	R (event_based_risk)
		scenario	H (scenario)
		scenario_damage	R (scenario_damage)
		scenario_risk	R (scenario_risk)
concurrent_tasks	並列処理タスク数	任意の数字	Hazard, Risk

表 3.3.1 general セクション

*太字は必須パラメータ

2) sites セクション

sites セクションでは、計算地点あるいは計算格子間隔を伴う計算領域を設定する。指定 可能なパラメータを表 3.3.2 に示した。

計算地点・領域の設定方法は主に以下の4つの方法である。

- 任意の数の経度、緯度の組み合わせ
- ポリゴンで設定
- 経度、緯度の情報が入った csv ファイル
- 経度、緯度の情報が入った nrml ファイル

経度、緯度の情報が入った nrml ファイルは、exposure ファイルや観測点の地盤情報ファイルを使用する方法である。いずれかの計算地点の情報がなければ、計算ができないことは言うまでもない。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[sites]	sites セクション		Hazard
sites	経度 緯度をカンマ区切 りで複数指定する	任意の数字2点をカン マ区切りで複数	Hazard

表 3.3.2 sites セクション

パラメータ	説明	選択肢	モード
region region_grid_spacing	region を使用して計算範 囲を四点の座標(経度 緯 度をカンマ区切り)で指 定し、region_grid_spacing で計算格子間隔を km 単 位で指定する	任意の数字2点を4つ 任意の数字	Hazard
site_csv	 観測点数が多い場合は、 csv ファイルでも可能。フォーマットは 経度,緯度 経度,緯度 	ファイル名	Hazard
exposure_file	exposure モデルに含まれ る資産の位置を観測点と して使用する	exposure モデルファイ ル名	Hazard, Risk
site_model_file	site_params で使用する観 測点の地盤情報ファイル	site_model ファイル名	Hazard

3) logic_tree セクション

logic_tree セクションは、ロジックツリーによる計算を行う場合に使用する。指定可能な パラメータを表 3.3.3 に示した。ロジックツリーが多数の分岐を持つのであれば、モンテカ ルロサンプリングを使用した計算が可能である。全ロジックツリーの計算をする場合は、 number_of_logic_tree_samplings を 0 に設定すればよい。

表 3.3.3 logic_tree セクション

パラメータ	説明	選択肢	モード
[logic_tree]	logic tree セクション		Hazard
source_model_logic_tree_file	震源モデルのロジックツ リーファイル	ファイル名	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)
gsim_logic_tree_file	GMPE のロジックツリー ファイル	ファイル名	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)
number_of_logic_tree_sampl ings	ロジックツリーを計算す る過程で、モンテカルロ サンプリングを使用する 場合は個々を任意の数値 にする	任意の整数 全ロジックツリーを 計算するにはこれを 0 にする	Hazard

4) erf セクション

erf セクションでは、断層面から地震動強さを求める際に、必要となるパラメータを設定 する。erf とは、Earthquake Rupture Forecast の頭文字である。指定可能なパラメータを表 3.3.4 に示した。rupture_mesh_spacing は、地震動予測式を使用して断層面からの断層最短 距離を求める際、あるいは、スケーリング則に従って断層面を作成する場合に、断層面を 構成する最小サイズを設定する。この値が小さければ、距離や面積の精度は高くなるが、 計算時間は長くなる。rupture_mesh_spacing を大きくすると、断層面を表現できない場合も あるため、計算する最小のマグニチュードとスケーリング則の関係などを把握しておく必 要がある。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[erf]	erf セクション		Hazard
rupture_mesh_spacing	断層モデルの格子サイズ	任意の数字 (km)	Hazard
width_of_mfd_bin	マグニチュード別度数分 布の刻みを指定	任意の数字	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)
area_source_discretization	area source の場合の分割 サイズ	任意の数字 (km)	Hazard
complex_rupture_mesh_spaci ng	complex fault における分 割サイズ	任意の数字 (km)	Hazard

表 3.3.4 erf セクション

5) site_params セクション

site_params セクションでは、地震動予測式中で使用される観測点情報などを記述する。 OpenQuake-engineでは、対応する地震動予測式中において、表層 30mの平均 S 波速度(Vs30)、 S 波速度が"2.5km/s"となる深さや"1.0km/s"となる深さを観測点のパラメータとして使用す ることができる。パラメータは、nrml 形式のファイルを指定することも可能である。指定 可能なパラメータを表 3.3.5 に示した。site_model_file で指定可能なファイルは、後述する Input Preparation Toolkit で作成可能である。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[site_params]	site_params セクション		
reference_vs30_type	参照する Vs30 のタイプ	measured inferred	Hazard
reference_vs30_value	Vs30 の値	任意の数字 (m/s)	Hazard
reference_depth_to_2pt5km_ per_sec	Vs=2.5km/s となる深さ	任意の数字 (km)	Hazard
reference_depth_to_1pt0km_ per_sec	Vs=1.0km/s となる深さ	任意の数字 (m)	Hazard
site_model_file	上記のパラメータを nrml 形式のファイルで利用す ることも可能	ファイル名	Hazard

表 3.3.5 site_params セクション

6) correlation セクション

correlation セクションは、OpenQuake-engine で地震動強さを求める際に使われる地震動の補正モデルに関するパラメータを記述する。指定可能なパラメータを表 3.3.6 に示した。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[correlation]	correlation セクション		
ground_motion_correlation_ model	空間補正のモデル	JB2009	Hazard
ground_motion_correlation_p arams	空間補正のパラメータ	{"vs30_clustering": false}	Hazard

表 3.3.6 correlation セクション

7) hazard_calculation セクション

hazard_calculation セクションは、OpenQuake-engine で地震動強さを求める際に使われる 地震動予測式、震源モデル等の各種ロジックツリーファイルあるいは断層モデルや地震動 予測式などのパラメータを記述する。計算手法ごとに指定できるパラメータが異なるので、 注意が必要である。指定可能なパラメータを表 3.3.7 に示した。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[hazard_calculation]	hazard_calculation セクション		
random_seed	乱数のシード値	任意の数字	Hazard, Risk
rupture_model_file	震源断層モデルファイル	ファイル名	H (scenario)
gsim	地震動予測式	GMPE	H (scenario)
investigation_time	超過確率の対象期間	任意の数字 (年)	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)
intensity_measure_types	計算する地震動強さ	PGA, PGV, SA, SV な ど	H (scenario)
intensity_measure_types_and _levels	計算する地震動強さとレ ベル	PGA, PGV, SA, SVなど	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)
	偶然的不確定性を考慮し ない(空間補正しない)	0 かつ ground motion correlation model を設 定しない	Hazard
truncation_level	偶然的不確定性を考慮す る(標準正規分布に従う 乱数で空間補正を行う)	変数自体を設定しな い	Hazard
	偶然的不確定性を考慮し ない(切断正規分布に従 う乱数で空間補正を行 う)	任意の数値で有界レ ベルを設定	Hazard
		任意の数字	
maximum_distance	地震動予測式で地震動を 計算する最大の距離 (km)	{'Active Shallow Crust' : 150, 'Stable Continental Crust' : 200 }たまど	Hazard
number_of_ground_motion_f ields	地震動場の計算回数	任意の数字	Hazard
minimum intensity	最小の地震動強さ	{"PGA": 0.05}など	R (event based risk)

表 3.3.7 hazard_calculation セクション

8) event_based_params

event_based_params は、Event-Based PSHA 解析の際に指定可能なパラメータである。指 定可能なパラメータを表 3.3.8 に示した。ses_per_logic_tree_path のみ指定可能である。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[event_based_params]	event_based_params セク ション		
ses_per_logic_tree_path	ロジックツリーごとの統 計処理回数	任意の数字	H (event_based)

表 3.3.8 event_based_params

9) disaggregation セクション

disaggregation セクションでは、Disaggregation 解析(再分解解析)において、使用するパ ラメータを設定する。指定可能なパラメータは表 3.3.9 のとおりであり、Disaggregation を 行う際の変数の刻みなどが主である。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[disaggregation]	disaggregation セクション		H (disaggregation)
poes_disagg	年超過確率	任意の数字	H (disaggregation)
mag_bin_width	マグニチュードの間隔	任意の数字	H (disaggregation)
distance_bin_width	距離の間隔	任意の数字	H (disaggregation)
coordinate_bin_width	座標の間隔	任意の数字	H (disaggregation)
num_epsilon_bin	標準偏差の分割数	任意の数字	H (disaggregation)

表 3.3.9 disaggregation セクション

10) risk_calculation セクション

risk_calculation セクションは、OpenQuake-engine で地震動強さを求める際に使われる地 震動予測式、震源モデル等の各種ロジックツリーファイルあるいは断層モデルや地震動予 測式などのパラメータを記述する。計算手法ごとに指定できるパラメータが異なるので、 注意が必要である。指定可能なパラメータを表 3.3.10 に示した。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[risk_calculation]	risk_calculation セクショ ン		
master_seed	損失割合のサンプリング 過程における乱数生成の ためのシード値	任意の整数	Risk

表 3.3.10 risk_calculation セクション

パラメータ	説明	選択肢	モード
risk_inverstigation_time	リスク計算時に、リスク 計算の超過確率の対象期 間がハザードと異なる場 合に指定する	任意の数字	R (classical_damage) R (classical_risk) R (event_based_risk)
asset_correlation	損失割合の不確定性が vulnerability モデル中で定 義されていれば、損失割 合のモンテカルロサンプ リングの過程での補正係 数を指定できる	任意の数字	R (event_based_risk)
loss_curve_resolution	総合ロスカーブの計算の レゾリューション	任意の数字	Risk
loss_ratios	個々の資産のロスカーブ における損失割合のため のパラメータ	任意の数字	Risk
interest_rate	将来キャッシュフローを 割り引くことで潜在的な 将来利益の現在価値の計 算に使われる	任意の数字	R (classical_bcr)
asset_life_expectancy	資産の耐用年数や設計寿 命を定義するために使わ れ、回収費用と利益を比 較するために使われる	任意の数字	R (classical_bcr)
lrem_steps_per_interval	リスク計算で考慮される 連続的な損失割合間の中 間値を制御する	任意の整数 デフォルトは5	R (classical_risk)
steps_per_interval	fragility モデルにおいて離 散化データによる fragility 関数をさらに離散化する 際に使用する。ここで指 定した値から 1 引いた数 で線形補間する	任意の整数 fragility 関数そのまま を使用する場合は1を 指定する	R (classical_damage)

11) exposure セクション

exposure セクションでは、リスク解析の際に指定する、exposure を指定する。表 3.3.11 のとおり、exposure_file のみ指定可能である。リスク解析に使用する exposure 中の各資産 の位置情報を使用して、ハザードの計算を実行することも可能である。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[exposure]	exposure セクション		
exposure_file	exposure モデル	ファイル名	Hazard, Risk

表 3.3.11 exposure セクション

12) boundaries セクション

boundaries セクションは、OpenQuake-engine でリスク解析の計算範囲に制限をかける場合に使用する。表 3.3.12 のとおり、任意の4点の座標を持って記述する。

パラメータ説明選択肢モード[boundaries]boundaries セクションregion_constraint計算範囲を四隅の座標で指
定任意の数字(経度、緯
度)を四点Risk

表 3.3.12 boundaries セクション

13) hazard セクション

hazard セクションでは、表 3.3.13 に示したように、OpenQuake-engine 以外を使用して地 震動強さを求めた場合にリスク計算を実施する際の地震動強さが記述されたファイルを指 定する gmfs_file と、ハザード計算結果の許容距離を示す asset_hazard_distance のみ指定可 能である。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[hazard]	hazard セクション		
gmfs_file	地震動強さのデータが記 述された nrml ファイル	ファイル名	Risk
asset_hazard_distance	ハザード計算結果の許容 距離	任意の数字	Risk

表 3.3.13 hazard セクション

14) fragility セクション

fragility セクションでは、リスク解析で指定する fragility モデルを指定する。各資産における fragility モデルをファイルで指定する。指定可能なパラメータは、表 3.3.14 のとおりである。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[fragility]	fragility セクション		
structural_fragility_file	構造物の fragility モデル	ファイル名	R (Damage)
nonstructural_fragility_file	非構造物の fragility モデ ル	ファイル名	R (Damage)
contents_fragility_file	コンテンツの fragility モ デル	ファイル名	R (Damage)
business_interruption_fragilit y_file	事業中断の fragility モデ ル	ファイル名	R (Damage)

表 3.3.14 fragility セクション

15) consequence セクション

consequence セクションでは、リスク解析で指定する consequence モデルを指定する。各 資産における consequence モデルをファイルで指定する。指定可能なパラメータは、表3.3.15

パラメータ	説明	選択肢	モード
[consequence]	consequence セクション		
structural_consequence_file	構造物の consequence モデ ル	ファイル名	R (Damage)
nonstructural_consequence_fi le	非構造物の consequence モ デル	ファイル名	R (Damage)
contents_consequence_file	コンテンツの consequence モデル	ファイル名	R (Damage)
business_interruption_conseq uence_file	事業中断の consequence モ デル	ファイル名	R (Damage)

表 3.3.15 consequence セクション

16) vulnerability セクション

vulnerability セクションでは、リスク解析で指定する vulnerability モデルを指定する。各 資産における vulnerability モデルをファイルで指定する。指定可能なパラメータは、表 3.3.16 のとおりである。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[vulnerability]	vulnerability セクション		
structural_vulnerability_file	構造物の vulnerability モデ ル	ファイル名	R (Risk)
structural_vulnerability_retro fitted_file	構造物の vulnerability 改修 費モデル	ファイル名	R (classical_bcr)
nonstructural_vulnerability_fi le	非構造物の vulnerability モ デル	ファイル名	R (Risk)
contents_vulnerability_file	コンテンツの vulnerability モデル	ファイル名	R (Risk)
business_interruption_vulner ability_file	事業中断の vulnerability モ デル	ファイル名	R (Risk)
occupants_vulnerability_file	居住者の vulnerability モデ ル	ファイル名	R (Risk)

表 3.3.16 vulnerability セクション

17) hazard_outputs セクション

hazard_outputs セクションは、計算結果の出力に関するセクションである。指定可能なパ ラメータは、計算モードによって異なるので、注意が必要である。各パラメータを表 3.3.17 に示した。

表 3.3.17 hazard_outputs セクション

パラメータ	説明	選択肢	モード
[hazard_outputs]	hazard_outputs セクション		

パラメータ	説明	選択肢	モード
export_dir	出力するフォルダ	フォルダ名	Hazard, Risk
mean_hazard_curves	平均のハザードカーブの 出力	true / false	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)
quantile_hazard_curves	分位数のハザードカーブ の出力	任意の数字	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)
uniform_hazard_spectra	ー様ハザードスペクトル の出力	true / false	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)
individual_curves	ロジックツリーブランチ ごとのファイルの出力	true / false	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)
hazard_maps	ハザードマップの出力	true / false	H (classical) H (event_based)
save_ruptures	断層モデルに関する情報 の出力	true / false	H (event_based)
ground_motion_fields	地震動強さの分布の出力	true / false	H (event_based)
hazard_curves_from_gmfs	gmfs から計算したハザー ドカーブの出力	true / false	H (event_based)
poes	超過確率(Probabilities of exceedance (PoEs))	任意の数字	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)

*太字は、デフォルトの選択肢

18) risk_outputs セクション

risk_outputs セクションは、計算結果の出力に関するセクションである。指定可能なパラ メータは、計算モードによって異なるので、注意が必要である。各パラメータを表 3.3.18 に示した。

パラメータ	説明	選択肢	モード
[risk_outputs]	risk_outputs セクション		
all_losses	個々の資産とポートフォ リオの損失を保持するか 否か	true / false	Risk
conditional_loss_poes	risk_investigation_time で 指定した期間における超 過確率を超える確率論的 ロスマップを計算する	任意の数字 (コンマ区 切りで複数指定可)	R (event_based_risk)
insured_losses	保険損失額を計算する	true / false	R (scenario_risk)
quantile_loss_curves	分位数のロスカーブ	任意の数字	Risk
avg_losses	risk_investigation_time で 指定した期間における資 産の平均的な損失を計算 するかどうか	true / false	Risk

表 3.3.18 risk_outputs セクション

*太字は、デフォルトの選択肢

3.3.2 ハザード

OpenQuake-engine を使用して確率論的地震ハザード解析 (Probabilistic Seismic Hazard Analysis (以降、PSHA と呼ぶ))の計算を行うには、以下の 3 つのファイル (1 つの設定 ファイルと 2 つのロジックツリーファイル) が必要である。設定ファイルは ini 形式、ロ ジックツリーファイルは Natural Risk Markup Language (NRML) 形式のファイルとなる。

1. 設定ファイル

OpenQuake-engine 実行時に参照される設定ファイル。通常、このファイル中に計算 に必要な情報が記述される。詳細は「3.3.1 設定ファイル」(p.28~)で説明した。

- 震源モデルを記述したロジックツリーファイル 初期震源と対象領域内の地震活動度をモデル化するために必要とされる不確定性 のセット。このロジックツリーファイル中では、任意の数の震源モデルファイルを 不確定性として参照する。
 - ✓ 任意の震源モデルファイル
 震源モデルロジックツリーで参照される初期震源モデル
- 地震動モデルを記述したロジックツリーファイル 対象領域内の地震動をモデル化するために必要とされるロジックツリー。テクトニ ックタイプごとに地震動予測式を設定する。

設定ファイル中では、震源モデルおよび地震動モデルを記述したロジックツリーファイ ルを指定する。ロジックツリーファイルの構成は震源モデルおよび地震動モデルによらず、 違いはこの後の「(1) Logic Tree ファイル (ロジックツリーファイル)」(p.40~)で説明す る logicTreeBranchSet 要素中の「uncertaintyType 属性」が異なるのみである。

上記は PSHA における必要ファイルであるが、確率論的ではない地震動予測である Scenario-based Hazard においては、以下の2つのファイルのみが必要であり、ロジックツリ ーファイルは必要としない。

1. 設定ファイル

OpenQuake-engine 実行時に参照される設定ファイル。通常、このファイルに必要な 情報が記述される。詳細は「3.3.1 設定ファイル」(p.28~)で説明した。

 断層モデルファイル
 PSHA での震源モデルロジックツリーに含まれる震源モデルファイルとほぼ同じ形 式であるが、発生確率等の情報は必要ではない。

(1) Logic Tree ファイル (ロジックツリーファイル)

1) 概要

ロジックツリーファイルは、PSHA の解析で使用され、震源モデルおよび地震動モデル を使用して、どのように計算するかを記述するために使用される。OpenQuake-engineのロ ジックツリーファイルは以下で構成される。

- branch (ブランチ):ファイル 3.3.2 の 6~9 行目 ロジックツリー構造の単純な構成要素。branch は不確定性のモデル (uncertaintyModel) とその重み (uncertaintyWeight) を記述する。タプル (複数の 構成要素から組) によって記述される。
- branch set (ブランチセット):ファイル 3.3.2 の 5~10 行目
 OpenQuake-engine で使用されるロジックツリー構造のキーコンポーネント。branchの組み合わせ。たとえば、パラメータやモデル。それぞれの branch set は以下で定義される。
 - ✓ ID (ユニークな数)
 - ✓ 不確定性のタイプ(2) uncertaintyType 属性で説明する)
 - ✓ 1つか複数の枝 この不確定性のセットは、全体の初期震源モデル、あるいは震源モデルのサブ セットに適用できる。重み(発生確率)の合計は、branchの組み合わせで"1.0" になるように割り当てる必要がある。
- branching level (ブランチングレベル): ファイル 3.3.2 の 4~11 行目 最上位のコンテナ。ツリー構造の維持に役立つ。

ロジックツリーファイルのサンプルをファイル 3.3.2 に示す。説明欄ではタグ名は太字、 属性は*斜体、*終了タグは灰文字とした。以降の nrml ファイルの説明では、上記と同じ書式 を用いる。

		-
	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.4"></nrml>	nrml 開始タグ
		xmlns: XML 名前空間
3	<logictree logictreeid="LT ID"></logictree>	logicTree: ロジックツリー
		logicTreeID: ID
4	<logictreebranchinglevel branchinglevelid="BL_ID"></logictreebranchinglevel>	logicTreeBranchingLevel: ブランチ
		レベル
		branchingLevelID: ID
5	<logictreebranchset <="" branchsetid="BS_ID" td=""><td>logicTreeBranchSet: ブランチセット</td></logictreebranchset>	logicTreeBranchSet: ブランチセット
	uncertaintyType="TYPE">	branchSetID: ID、uncertaintyType: タ
		イプ
6	<logictreebranch branchid="B_ID"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
		branchID: ID
7	<uncertaintymodel>MODEL</uncertaintymodel>	uncertaintyModel: モデル
8	<uncertaintyweight>WEIGHT</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight: 重み
9		logicTreeBranch 終了タグ
10		logicTreeBranchSet 終了タグ
11		logicTreeBranchingLevel 終了タグ
12		logicTree 終了タグ
13		nrml 終了タグ

ファイル 3.3.2 ロジックツリーファイルのサンプル

2) uncertaintyType 属性

ロジックツリー内では、ブランチセットを定義する際に、uncertaintyType 属性を指定する(ファイル 3.3.2 の 5 行目)。指定できるタイプを表 3.3.19 に示した。この uncertaintyType 属性と、uncertaintyModel で不確定性のモデル(ファイル 3.3.2 の 7 行目)を指定し、uncertaintyWeight によって重み(ファイル 3.3.2 の 8 行目)を設定する。ロジックツリー内の重みは足して 1.0 になるようにしなければならない。

	3 31 400
ファイル 3.3.2 中の TYPE	説明
gmpeModel	地震動予測式における認識論的不確定性
sourceModel	震源モデルにおける認識論的不確定性
maxMagGRRelative	G-R則の最大マグニチュードへ加える(あるいは減 ずる)相対的な認識論的不確定性
bGRRelative	G-R則のb値へ適用する相対的な認識論的不確定性
abGRAbsolute	G-R 則の a 値、b 値の認識論的不確定性
maxMagGRAbsolute	G-R則の最大マグニチュードの認識論的不確定性
incrementalMFDAbsolute	ある特定の震源の Incremental magnitude frequency distribution における認識論的不確定性
simpleFaultGeometryAbsolute	個々の simple fault source の形状の別の表現
simpleFaultDipRelative	1 つあるいは複数の simple fault source の傾斜角の相 対的な増分
simpleFaultDipAbsolute	1 つあるいは複数の simple fault source の別の傾斜角
complexFaultGeometryAbsolute	ある個別の complex fault source の形状の別の表現
characteristicFaultGeometryAbsolute	ある個別の characteristic fault source の形状の別の表現

表 3.3.19 uncertaintyType 属性

(2) Source Typologies (震源モデルの分類)

OpenQuake-engine では、以下の4つの震源モデルがサポートされる。OpenQuake-engine のマニュアルにおいては、発生確率を含む震源モデルを「source」、発生確率を含まない震 源モデルを「rupture」と呼ぶ。ここでは、それぞれを震源モデル、断層モデルと呼び分け る。

- 1. Sources for representing individual earthquake ruptures (個々の地震断層を表現する震源) 地震の発生確率を必要としない震源モデル分類であり、Scenario-based Hazard の計 算に使用される。Scenario-based Hazard は地震の発生確率を必要としない、いわゆ る、震源断層を特定した地震動の解析である。Sources となっているが、発生確率を 含まない断層モデルである。
 - ✓ Planar fault rupture: 1 つの四角形の面で表現される断層モデル
 - ✓ Multi-planar fault rupture: 複数の四角形の面で表現される断層モデル
 - ✓ Simple fault rupture: 地表活断層の断層トレースから表現される断層モデル
 - ✓ Complex fault rupture: 複雑な幾何形状の断層モデル

- Sources for modelling distributed seismicity(地震活動度の分布をモデル化するための 震源)
 - ✓ Point source: 地震活動度の分布をモデル化するために使われる要素震源 いわゆる点震源とは異なり、震源を中心にスケーリング則やアスペクト比によって、断層面が規定される(図 3.3.1)。

Grid source と Area source は Point source の種々のコンテナのようなものである。

- ✓ Area source: 国や地域の PSHA のモデルにおいて最も多く採用される震源分類
- ✓ Grid source: 空間的に一様でない地震活動度の場合の Area source の代替



(by Global Earthquake Model⁴⁾)

図 3.3.1 Point sourceの概要

- 3. Fault sources with floating ruptures (破壊が断層面上を移動する断層モデル)
 - ✓ Simple fault source: OpenQuake-engine において、最も単純なモデル この震源は慣習的に浅い起震断層を記述するために使用される。
 - ✓ Complex fault source: 複雑な形状を持つ断層を表現するためのモデル 沈み込むプレート境界をモデル化するためによく使用される。
- 4. Fault sources without floating ruptures (断層面全体を一度に破壊する断層モデル)
 - ✓ Characteristic fault source: 破壊が断層面全体を満たす震源の分類
 - ✓ Non-parametric source: 断層破壊と関連する対象期間内の発生確率のセットを 表現する分類

OpenQuake-engine はこれらの震源分類とともに、以下の仮定の基に計算を実行する。

- Area source の場合、地震活動度は震源モデル全体で一様に分布する。
- 地震活動度が一様でない場合は、Grid source を用いる
- 地震の一時発生モデルはポアソン過程に基づく
- 現時点(2017 年 3 月)では BPT 分布等の発生過程の計算はできない

以降、それぞれの震源分類についてもう少し詳しく説明する。

1) Sources for representing individual earthquake ruptures (個々の地震断層を 表現する震源)

Scenario-based Hazard を計算するための震源モデルである。ここで説明する断層面の形状は、地震の発生確率を伴う震源モデルにおいても、断層面の形状を記述する際に使用される。ここでは、4 つのタイプを説明する。

1 Planar fault rupture

Planar fault rupture は、1 つの四角形の面で表現される断層モデルである。サンプルファ イルと必要なパラメータをファイル 3.3.3 および表 3.3.20 にそれぞれ示した。

この断層モデルの場合、singlePlaneRupture 要素中(3~13 行目)に必要な情報を記述する。 断層面の幾何形状に関する情報はplanarSurface要素中(7~12 行目)に記述する必要がある。 断層面の形状は、4 点の座標で表現される。

ここでは、走向、傾斜、すべり角等すべての情報を記したが、計算に使用する地震動予 測式ではこれらのパラメータは必ずしも必要ではない。

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="utf-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.4"></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
		xmlns: XML 名前空間
3	<singleplanerupture></singleplanerupture>	singlePlaneRupture: 断層面を4点で
		表現する場合
4	<magnitude>7.0</magnitude>	magnitude: マグニチュード
5	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角(°)
6	<hypocenter depth="10.0" lat="35.0" lon="135.0 "></hypocenter>	hypocenter: 震源位置
		lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深
		さ(km)
7	<pre><planarsurface dip="60.0" strike="135.0"></planarsurface></pre>	planarSurface: 断層面
		strike: 走向(°)、dip: 傾斜(°)
8	<topleft depth="2.1205" lat="35.168" lon="134.87"></topleft>	topLeft : 左上の座標
9	<tonright denth="2.1205" lat="34.89" lon="135.2"></tonright>	topRight: 右上の座標
,	(optright foil 155.2 fat 54.6) depuil 2.1265 /2	bottomLeft: 左下の座標
10	<bottomleft depth="17.88" lat="35.11" lon="134.79"></bottomleft>	bottomRight: 右下の座標
11	<pre><hottomright denth="17 88" lat="34 832" lon="135 13"></hottomright></pre>	lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深
11	<pre><bodionneight deptn="17.88" int="54.852" ion="155.15"></bodionneight></pre>	さ(km)
12		planarSurface 終了タグ
13		singlePlaneRupture 終了タグ
14		nrml 終了タグ

ファイル 3.3.3 Planar fault rupture のサンプル

表 3.3.20 必要なパラメータおよびサンプルファイル 3.3.3 のパラメータ説明

必要なパラメータ	サンプル中のデータ	行番号
マグニチュード	7.0 度	4
すべり角(°)	90 度	5
震源位置(緯度(°)、経度(°)、深さ(km))	北緯 35.0 度、東経 135.0 度、深さ 10km	6

必要なパラメータ	サンプル中のデータ	行番号
走向(°)	13 度	7
傾斜(°)	60度	7
4 点の座標 (経度(°)、緯度(°)、深さ(km))	左上:経度135.17、緯度:35.468、深さ:2.1205 右上:経度135.51、緯度:35.190、深さ:2.1205 左下:経度135.09、緯度:35.410、深さ:17.880 右下:経度135.43、緯度:35.132、深さ:17.880	7~10

2 Multi-planar fault rupture

断層面を複数で表現する場合は、「① Planar fault rupture」(p.44)の singlePlaneRupture 要素(ファイル 3.3.3 では、3、13 行目)を multiPlanesRupture に置き換えて、複数の planarSurface を作成すればよい。必要なパラメータは表 3.3.20 と同じである。震源中心の 位置やマグニチュード、すべり角に関しては、断層面で共通となるが、走向、傾斜に関し ては、断層面固有のパラメータとなる。

3 Simple fault rupture

Simple fault rupture は、断層面の地表トレースの座標と傾斜角、断層面上端深さ、断層面 下端深さを用いて断層面を表現する断層モデルである。サンプルファイルと必要なパラメ ータをファイル 3.3.4 および表 3.3.21 にそれぞれ示した。

この断層モデルの場合は、simpleFaultRupture 要素内(3~18 行目)に必要な情報を記述す ることになる。断層面の幾何形状に関する情報は simpleFaultGeometry 要素内(7~17 行目) に記述する。ここでは、5 行目にすべり角の情報を記したが、計算に使用する地震動予測 式によっては、これらのパラメータは必ずしも必要ではない。その他のパラメータは必須 である。Simple fault rupture では、複数の断層面を同時に記述することができない。複数の 断層面を記述したい場合は、「② Multi-planar fault rupture」(p.45)を使用する必要がある。

この断層モデルにおいては、位置情報を Geography Markup Language(以降、GML と呼 ぶ)で定義された要素で指定している^{*}。GML に関する説明は省略する。NRML 中では、 属性として位置情報を与える場合、すなわち lat 属性や lon 属性がある場合には、緯度・経 度の順番は問われないが、属性として与えない場合には、通常、"経度(°) 緯度(°)"の並び のデータが使用される。

ファイル 3.3.4 Simple fault rupture のサンプル

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="utf-8"?	XML 宣言
2	<nrml <="" th="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><th>nrml: NRML 開始タグ</th></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<simplefaultrupture></simplefaultrupture>	simpleFaultRupture: 断層面を地表ト
		レースなどで表現する場合
4	<magnitude>7.0</magnitude>	magnitude: マグニチュード

*2行目でgml名前空間を宣言している。

	ファイル内容	説明
5	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角(°)
6	<hypocenter depth="10" lat="35.0" lon="135.0 "></hypocenter>	hypocenter: 震源位置
		lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深
		さ(km)
7	<simplefaultgeometry></simplefaultgeometry>	simpleFaultGeometry: simple fault
8	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString : simple fault のライン
9	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
10	134.87 35.168	始点の経度(°) 緯度(°)
11	135.20 34.890	終点の経度(°) 緯度(°)
12		gml:posList 終了タグ
13		gml:LineString 終了タグ
14	<dip>60</dip>	dip : 傾斜角(°)
15	<upperseismodepth>2</upperseismodepth>	upperSeismoDepth: 地震発生深さ上
		限(km)
16	<lowerseismodepth>20</lowerseismodepth>	lowerSeismoDepth: 地震発生深さ下
		限(km)
17		simpleFaultGeometry 終了タグ
18		simpleFaultRupture 終了タグ
19		nrml 終了タグ

表 3.3.21 必要なパラメータおよびサンプルファイル 3.3.4のパラメータ説明

必要なパラメータ	サンプル中のデータ	行番号
マグニチュード	7.0	4
すべり角(°)	90度	5
震源位置(経度(°)、緯度(°)、深さ(km))	東経 135.0 度、北緯 35.0 度、深さ 10km	6
地表トレースの座標 (経度(°) 緯度(°))	始点の経度 緯度: 134.87 35.168 終点の経度 緯度: 135.20 34.890	8~13
傾斜(°)	60度	14
地震発生深さの上限と下限 (km)	上限 2.0km、下限、20.0km	15~16

(4) Complex fault rupture

Complex fault rupture は、複雑な断層面を記述する場合に使用する。たとえば、沈み込む プレート境界面などが相当する。サンプルファイルと必要なパラメータをファイル 3.3.5 および表 3.3.22 にそれぞれ示した。

この断層モデルの場合、complexFaultRupture 要素中(3~27 行目)に必要な情報が記述さ れ、断層面の幾何形状は complexFaultGeometry 要素内(7~26 行目)に記述される。断層面 上端のトレース座標と断層面下端のトレース座標を指定し、断層面形状を表現する。断層 の傾斜角は上端および下端のデータから自動的に決まるため、傾斜角を途中で変えたけれ ば、断層面中間のトレース座標を指定して対応する。

ファイル 3.3.5	Compl	ex fault	t rupture	のサンプル
------------	-------	----------	-----------	-------

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="utf-8"?	XML 宣言
2	<nrml <="" th="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><th>nrml: NRML 開始タグ</th></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間

	ファイル内容	説明
3	<complexfaultrupture></complexfaultrupture>	complexFaultRupture: 複雑な断層面
		を指定する場合
4	<magnitude>7</magnitude>	magnitude: マグニチュード
5	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角(°)
6	<hypocenter depth="10" lat="35.0" lon="135.3"></hypocenter>	hypocenter: 震源位置
		lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深
		さ(km)
7	<complexfaultgeometry></complexfaultgeometry>	complexFaultGeometry: complex fault
8	<faulttopedge></faulttopedge>	faultTopEdge: 断層面上端
9	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: 線
10	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
11	134.9 34.9 2.0	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ(km)
12	135.0 35.0 2.0	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ(km)
13	135.1 35.1 2.0	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ(km)
14		gml:posList 終了タグ
15		gml:LineString 終了タグ
16		faultTopEdge 終了タグ
17	<faultbottomedge></faultbottomedge>	faultBottomEdge: 断層面下端
18	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: 線
19	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
20	134.9 34.9 20.0	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ(km)
21	135.0 35.0 20.0	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ(km)
22	135.1 35.1 20.0	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ(km)
23		gml:posList 終了タグ
24		gml:LineString 終了タグ
25		faultBottomEdge 終了タグ
26		complexFaultGeometry 終了タグ
27		complexFaultRupture 終了タグ
28		nrml 終了タグ

表 3.3.22 必要なパラメータおよびサンプルファイル 3.3.5のパラメータ説明

必要なパラメータ	サンプル中のデータ	行番号
マグニチュード	7.0	4
すべり角	90度	5
[震源位置(緯度(°)、経度(°)、深さ(km))	東経 135.0 度、北緯 35.0 度、深さ 10km	6
断層面上端の座標 (経度(°) 緯度(°) 深さ(km))	断層面上端の経度 緯度 深さ 134.9 34.9 2.0 断層面上端の経度 緯度 深さ 135.0 35.0 2.0 断層面上端の経度 緯度 深さ 135.1 35.1 2.0	8~16
断層面下端の座標 (経度(°) 緯度(°) 深さ(km))	断層面下端の経度 緯度 深さ 134.9 34.9 20.0 断層面下端の経度 緯度 深さ 135.0 35.0 20.0 断層面下端の経度 緯度 深さ 135.1 35.1 20.0	17~25

2) Sources for modelling distributed seismicity (地震活動度分布をモデル化す るための震源)

① Point sources

Point sources の簡単な特徴は以下のとおりである。

- 断層面は四角形形状
- 震央は断層の中心

• 断層面は、地表と地震発生上限・下限深さによって上下面を制限される

ここで説明する Point source は単純な点震源とは異なる。図 3.3.1 に示したように、Point source はマグニチュードとスケーリング則、アスペクト比、マグニチュード別度数分布を 用いて、作成可能なすべての断層面を考慮する。その際、指定した点を中心とする断層面 が形成されるため、Point source と呼ばれる。

サンプルデータをファイル 3.3.6 に、Point source に必要なパラメータおよびサンプルデ ータの説明を表 3.3.23 に示した。地震の発生確率を含む震源モデルを作成する場合には、 "Sources for representing individual earthquake ruptures"の場合と異なり、sourceGroup 要素を 用いて、震源をグループ化する必要がある^{*}。Point source では、pointSource 要素中(5~24 行目)に震源に関する情報を記述する。断層面の幾何形状に関する情報は、pointGeometry 要素内(6~12 行目)に記述する。

このサンプルファイルの場合、PSHA の計算で必要となるマグニチュードの刻みを震源 モデル外(構成ファイル内)で設定し、スケーリング則、アスペクト比、断層上限下限な どの制限を基に、生成可能なすべての断層モデルを自動的に生成する。OpenQuake-engine においては、発生確率はパーセントで与えるのではなく、割合を表す小数で与えるので、 注意が必要である。

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<sourcemodel name="Example Source Model Containing a</td><td>sourceModel</td></tr><tr><td></td><td>Point Source"></sourcemodel>	<i>name</i> : 簡単な説明
4	<sourcegroup name="group 1" tectonicregion="Active</td><td>sourceGroup: 震源グループ</td></tr><tr><td></td><td>Shallow Crust"></sourcegroup>	tectonicRegion: テクトニックタイプ
5	<pre><pointsource <="" id="1" name="Point Source" pre=""></pointsource></pre>	pointSource: 点震源
	tectonicRegion="Active Shallow Crust">	<i>id</i> : ID、 <i>name</i> : 震源タイプ、
		tectonicRegion: テクトニックタイプ
6	<pre><pointgeometry></pointgeometry></pre>	pointGeometry: 点
7	<gml:point></gml:point>	gml:Point: GML 名前空間での Point
8	<gml:pos>135.0 35.0</gml:pos>	gml:pos : 位置情報(経度(°) 緯度(°))
9		gml:Point 終了タグ
10	<up></up> erSeismoDepth>0.0	upperSeismoDepth: 地震発生深さ上
		限(km)
11	<lowerseismodepth>10.0</lowerseismodepth>	lowerSeismoDepth: 地震発生深さ下
		限(km)
12		pointGeometry 終了タグ
13	<magscalerel>WC1994</magscalerel>	magScaleRel: スケーリング則
14	<ruptaspectratio>1.5</ruptaspectratio>	ruptAspectRatio: 断層面のアスペク
		下比

ファイル 3.3.6 Point source のサンプル

^{*} NRML スキーマのバージョン 0.4 では、sourceGroup タグによる震源のグループ化は必要ない。OpenQuake のデモデータなどは、v0.4 を使用している場合が多いので注意が必要である。

	ファイル内容	説明
15	<truncgutenbergrichtermfd <="" avalue="3.0" td=""><td>truncGutenbergRichterMFD: マグニ</td></truncgutenbergrichtermfd>	truncGutenbergRichterMFD: マグニ
	bValue="1.0"minMag="5.0" maxMag="7.0" />	チュード別度数分布
		aValue: a 值、bValue: b 值、minMag: 最
		小 M、 <i>maxMag</i> :最大 M
16	<nodalplanedist></nodalplanedist>	nodalPlaneDist: 断層面の分布
17	<nodalplane <="" dip="30.0" probability="0.3" strike="45.0" td=""><td>nodalPlane:断層面</td></nodalplane>	nodalPlane:断層面
	rake="0.0" />	<i>probability</i> : 発生確率、 <i>strike</i> : 走向
18	<nodalplane <="" dip="30.0" probability="0.7" strike="45.0" td=""><td>(°)、<i>dip</i>: 傾斜(°)、<i>rake</i>: すべり角(°)</td></nodalplane>	(°)、 <i>dip</i> : 傾斜(°)、 <i>rake</i> : すべり角(°)
10	rake="90.0" />	
19		nodalPlaneDist 終了タグ
20	<hypodepthdist></hypodepthdist>	hypoDepthDist: 震源深さ分布
21	<hypodepth depth="4.0" probability="0.5"></hypodepth>	hypoDepth: depth を中心とした震源
22	<hypodepth depth="8.0" probability="0.5"></hypodepth>	深さ
		<i>probability</i> : 発生確率、 <i>depth</i> : 深さ
		(km)
23		hypoDepthDist 終了タグ
24		pointSource 終了タグ
25		sourceGroup 終了タグ
26		sourceModel 終了タグ
27		nrml 終了タグ

表 3.3.23 ファイル 3.3.6 のパラメータ説明

必要なパラメータ	サンプル中のデータ	行番号
点の座標 (経度、緯度)(°)	断層面の中心は東経 135 度、北緯 35 度	8
地震発生深さの上限と下限 (km)	上限 0.0km、下限、10km	10、11
スケーリング則	WC1994	13
断層面のアスペクト比	1.5	14
マグニチュード別度数分布	truncate Gutenberg-Richter a 値: 3.0、b 値: 1.0、最小 M: 5.0、最大 M: 7.0	15
断層面の断層パラメータ (走向(°)、傾斜 (°)、すべり角(°))	走向45度、傾斜30度、すべり角0度の確率:30% 走向45度、傾斜30度、すべり角90度の確率: 70%	17、18
マグニチュードに依存しない震源の深 さ (km)	深さ 4.0km の発生確率: 50% 深さ 8.0km の発生確率: 50%	21、22

② Grid source

Grid source は単に Point source のコレクションである。PSHA においては、Area source で 代用される。一般的に seismicity smoothing algorithm で計算される (Frankel et al. (1995)³⁴; Woo (1996)³⁵⁾など)。

③ Area source

Area source は、領域内で発生する地震を描写するときに採用される。サンプルデータを ファイル 3.3.7 に、Area source に必要なパラメータおよびサンプルデータの説明を表 3.3.24 に示した。

Area source においては、areaSource 要素内(5~31 行目)に必要な情報を記述する。Point source と異なり、断層面の幾何形状は areaGeometry 要素内(6~21 行目)に記述し、領域を

ポリゴンで表現する(7~18行)。

計算に必要となるマグニチュードの刻みおよび震央位置の間隔などの情報は震源モデル 外(設定ファイル内)で設定し、マグニチュード別度数分布(24行目)スケーリング則(22 行目)、アスペクト比(23行目)、断層モデル上端・下端深さ(19、20行目)を基に、この 領域内で可能なすべての断層モデルを自動的に生成する。

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<sourcemodel name=" Area Source Example"></sourcemodel>	sourceModel
		<i>name</i> : 簡単な説明
4	<sourcegroup name="g1" tectonicregion="Active Shallow</td><td>sourceGroup: 震源グループ</td></tr><tr><td></td><td>Crust"></sourcegroup>	tectonicRegion: テクトニックタイプ
5	<areasource <="" id="2" name="Area Source" td=""><td>areaSource: 領域内震源</td></areasource>	areaSource: 領域内震源
	tectonicRegion="Active Shallow Crust">	id: ID、name: 震源タイプ、
		tectonicRegion: テクトニックタイプ
6	<areageometry></areageometry>	areaGeometry: 領域
7	<gml:polygon></gml:polygon>	gml:Polygon: ポリゴン
8	<gml:exterior></gml:exterior>	gml:exterior: 通常の領域
9	<gml:linearring></gml:linearring>	gml:LinearRing : ポリゴンの線
10	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: ポジションリスト
11	135.0 35.0	経度 1(°) 緯度 1(°)
12	135.2 35.0	経度 2(°) 緯度 2(°)
13	135.2 35.2	経度 3(°) 緯度 3(°)
14	135.0 35.2	経度 4(°) 緯度 4(°)
15		gml:posList 終了タグ
16		gml:LinearRing 終了タグ
17		gml:exterior 終了タグ
18		gml:Polygon 終了タグ
19	<up></up> erSeismoDepth>0.0	upperSeismoDepth: 地震発生深さ上
		限(km)
20	<lowerseismodepth>10.0</lowerseismodepth>	lowerSeismoDepth: 地震発生深さ下
		限(km)
21		areaGeometry 終了タグ
22	<magscalerel>WC1994</magscalerel>	magScaleRel: スケーリング則
23	<ruptaspectratio>1.0</ruptaspectratio>	ruptAspectRatio: 断層面のアスペク
		下比
24	<truncgutenbergrichtermfd <="" avalue="4.5" bvalue="1.0" td=""><td>truncGutenbergRichterMFD: マグニ</td></truncgutenbergrichtermfd>	truncGutenbergRichterMFD: マグニ
	minMag="5.0" maxMag="6.5" />	チュード別度数分布
		aValue: a 值、bValue: b 值、minMag: 最
		小 M、 <i>maxMag</i> :最大 M
25	<nodalplanedist></nodalplanedist>	nodalPlaneDist: 断層面の分布
26	<nodalplane <="" dip="90.0" probability="1.0" strike="0.0" td=""><td>nodalPlane: 断層面</td></nodalplane>	nodalPlane: 断層面
	rake="0.0" />	probability: 発生確率、strike: 走向
		(°)、 <i>dip</i> : 傾斜(°)、 <i>rake</i> : すべり角(°)
27		nodalPlaneDist 終了タグ
28	<hypodepthdist></hypodepthdist>	hypoDepthDist: 震源深さ分布

ファイル 3.3.7 Area source のサンプル

	ファイル内容	説明
29	<hypodepth depth="5.0" probability="1.0"></hypodepth>	hypoDepth: depth を中心とした震源
		深さ
		<i>probability</i> : 発生確率、 <i>depth</i> : 深さ
		(km)
30		hypoDepthDist 終了タグ
31		areaSource 終了タグ
32		sourceGroup 終了タグ
33		sourceModel 終了タグ
34		nrml 終了タグ

表 3.3.24 ファイル 3.3.7 のパラメータ説明

必要なパラメータ	サンプル中のデータ	行番号
領域を表すポリゴン (経度、緯度のリス ト)(°)	領域は南西端が東経 135.0 度、北緯 35.0 度、北 東端が東経 135.2 度、北緯 35.2 度の領域	7~18
地震発生深さの上限と下限 (km)	上限 0km、下限 10km	19、20
Magnitude-frequency 分布	truncate Gutenberg-Richter a 値: 4.5、b 値: 1.0、最小 M: 5.0、最大 M: 6.5	24
スケーリング則	WC1994	22
断層面のアスペクト比	1.0	23
断層面の断層パラメータ (走向(°)、傾斜 (°)、すべり角(°))	走向0度、傾斜90度、すべり角0度の確率:100%	25~27
マグニチュードに依存しない震源の深 さ(km)	深さ 5.0km の確率: 100%	28~30

3) Fault sources with floating ruptures (破壊が断層面上を移動する震源モデル)

OpenQuake-engine で使用される断層モデルは、断層面上の破壊様式に従って以下の2種に分類される。

- 断層面全体より小さい面の破壊が断層面上を可能な限り均一に移動するモデル
 このモデルは、サポートされるすべてのマグニチュード別度数分布と互換性がある。
- 破壊が断層面全体を満たすモデル
 特有のマグニチュード別度数分布(たとえば、Schwartz and Coppersmith, 1984³⁶)と
 互換性がある。

ここでは、断層面上を移動する断層モデルのみを説明する。

① Simple fault source

Simple fault source は、浅い断層をモデル化するために使われる最も一般的な震源タイプ である。"Simple"は、特有の傾斜角に沿って断層の地表投影によって断層形状の記述が得 られることに由来する。サンプルファイルをファイル 3.3.8 に、Simple fault source に必要 なパラメータおよびサンプルファイルの説明を表 3.3.25 に示した。

Simple fault source においては、simpleFaultSource 要素内(5~34 行目)に必要な情報を記述する。断層面の形状については、「3.3.2 (2) 1) ③ Simple fault rupture」(p.45) でも

説明した simpleFaultGeometry 要素内(6~16 行目)に記述することになる。このサンプル データでは、東経 135.0 度、北緯 35.0 度と東経 135.3896 度、北緯 35.3273 度を断層面の地 表トレース座標とし、傾斜角 45 度の断層面上において、深さ 10km~20km の間で、マグニ チュード別度数分布およびスケーリング則を満たす可能な断層モデルを自動的に作成する。 断層面を自動生成する際には、ruptAspectRatio に基づいて、断層の長さ方向と幅方向の比 率が考慮される。

Near fault effect を考慮した地震動予測を行う場合には、震源リストとすべりリスト (23~33 行)が必須である。それぞれのリストの重みは合計で 1.0 となる。Near fault effect は Chiou and Youngs (2014)³⁷⁾が開発した GMPE のみで計算可能である。

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<sourcemodel name="Example Source Model Containing a</td><td>sourceModel: 震源モデル</td></tr><tr><td></td><td>Simple Fault Source"></sourcemodel>	name: 簡単な説明
4	<sourcegroup name="group 1" tectonicregion="Active</td><td>sourceGroup: 震源グループ</td></tr><tr><td></td><td>Shallow Crust"></sourcegroup>	tectonicRegion: テクトニックタイプ
5	<simplefaultsource <="" id="3" name="Simple fault source" td=""><td>simpleFaultSource: シンプルな断層</td></simplefaultsource>	simpleFaultSource: シンプルな断層
	tectonicRegion="Active Shallow Crust">	<i>id</i> : ID、name: 震源タイプ、
		tectonicRegion: テクトニックタイプ
6	<simplefaultgeometry></simplefaultgeometry>	simpleFaultGeometry: simple fault
7	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: simple fault の線
8	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
9	135.0000 35.0000	始点の経度(°) 緯度(°)
10	135.3896 35.3273	終点の経度(°) 緯度(°)
11		gml:posList 終了タグ
12		gml:LineString 終了タグ
13	<dip>45.0</dip>	dip : 傾斜角
14	<up></up> erSeismoDepth>10.0	upperSeismoDepth: 地震発生深さ上
		限(km)
15	<lowerseismodepth>20.0</lowerseismodepth>	lowerSeismoDepth: 地震発生深さ下
		限(km)
16		simpleFaultGeometry 終了タグ
17	<magscalerel>WC1994</magscalerel>	magScaleRel: スケーリング則
18	<ruptaspectratio>1.5</ruptaspectratio>	ruptAspectRatio: 断層面のアスペク
		下比
19	<incrementalmfd binwidth="0.1" minmag="5.0"></incrementalmfd>	incrementalMFD: マグニチュード別
		度数分布
		minMag: 最小 M、binWidth: マグニ
		チュードの刻み
20	<pre><occurrates>0.0011 0.0008 0.0007 0.0006</occurrates></pre>	occurRates: 発生確率
	0.0005	incrementalMFDで指定した 5.0~5.4の
		場合の発生確率
21		incrementalMFD 終了タグ
22	<rake>30.0</rake>	rake: すべり角
23	<hypolist></hypolist>	hypoList: 断層面
24	<hypo <="" alongstrike="0.25" downdip="0.25" td=""><td>hypo: 震源</td></hypo>	hypo: 震源
	weight="0.25"/>	

ファイル 3.3.8 Simple fault source のサンプル

	ファイル内容	説明
25	<hypo <="" alongstrike="0.25" downdip="0.75" td=""><td>alongStrike: 走向(°)、downDip: 傾斜</td></hypo>	alongStrike: 走向(°)、downDip: 傾斜
	weight="0.25"/>	(°)、weight: 重み
26	<hypo <="" alongstrike="0.75" downdip="0.25" td=""><td>各パラメータに沿った断層モデルが</td></hypo>	各パラメータに沿った断層モデルが
	weight="0.25"/>	重みを考慮して自動的に作成される
27	<hypo <="" alongstrike="0.75" downdip="0.75" td=""><td></td></hypo>	
	weight="0.25"/>	
28		hypoList 終了タグ
29	<sliplist></sliplist>	slipList: すべり角リスト
30	<slip weight="0.333">0.0</slip>	slip: すべり角(°)
31	<slip weight="0.333">45.0</slip>	weight: 重み
32	<slip weight="0.334">90.0</slip>	b – :
33		slipList 終了タグ
34		simpleFaultSource 終了タグ
35		sourceGroup 終了タグ
36		sourceModel 終了タグ
37		nrml 終了タグ

表	3. 3	3.	25	フ	ア・	1	ル	3.	3.	8	の	パラ	X	ータ説明
_				-	•		• •			-		-	-	* #*****

必要なパラメータ	サンプル中のデータ	行番号
断層トレース (普通は polyline)。経度(°)、 緯度(°)の組み合わせ	東経 135.0 度、北緯 35.0 度から東経 135.3896 度、北緯 35.3273 度(東経 135.0 度、北緯 35.0 度を起点にN50E 方向に 50km の地表トレース)	7~12
傾斜角(Aki-Richards による)(°)	45度	13
地震発生深さの上限と下限 (km)	上限 10km、下限 20.0km	14、15
スケーリング則	WC1994	17
マグニチュード別度数分布	incrementalMFD 最小 M: 5.0、刻み: 0.1 ずつの発生確率が 0.0011~0.005	19~21
すべり角(Aki-Richards による)(°)	30.0	22
断層面のアスペクト比	1.5	18
(Near fault effect)震源リスト	震源位置と対応する重み それぞれの震源の位置は、断層面の長さと幅で 特定される左上角を参照として相対的な項で 定義される	23~28
(Near fault effect)すべり方向リスト	すべり方向と対応する重み それぞれのすべり方向で記述される角度は走 向方向と反時計回りではかられる	29~33

(2) Complex fault source

Complex fault source は単に、断層面の与え方が Simple fault source と異なるだけである。 Complex fault source を記述するために使われる入力パラメータは多くの場合、Simple fault source と同じである。Simple fault source が地表の断層トレース座標と傾斜角で断層面を表 現するのに対して、Complex fault source の場合は、断層面上面と下面のトレース座標によ って表現する。そのため、傾斜角は必要としない。断層面はこの2つのトレース間で補間 される。たいてい、沈み込み帯における巨大地震の断層モデルをモデル化するために Complex fault source は使われるが、リストリック断層のような断層モデルにもまた使用さ れる。サンプルファイルをファイル 3.3.9 に、Complex fault source に必要なパラメータおよ びサンプルデータの説明を表 3.3.26 に示す。

Complex fault source では、complexFaultSource 要素中(5~48 行目)に必要な情報を記述 し、断層面の幾何形状に関する情報は complexFaultGeometry 要素内(6~43 行目)に記述さ れる。このサンプルデータでは、沈み込むプレートの上部~下部の位置を指定し、マグニ チュード別度数分布およびスケーリング則を満たす可能な断層モデルを自動的に作成する。

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<sourcemodel name="Example Source Model Containing</td><td>sourceModel</td></tr><tr><td></td><td>Complex Fault Source"></sourcemodel>	<i>name</i> : 簡単な説明
4	<sourcegroup name="group 1" tectonicregion="Subduction</td><td>sourceGroup: 震源グループ</td></tr><tr><td></td><td>Interface"></sourcegroup>	tectonicRegion: テクトニックタイプ
5	<complexfaultsource <="" id="1" name="Cascadia Megathrust" td=""><td>complexFaultSource: 複雑な断層</td></complexfaultsource>	complexFaultSource: 複雑な断層
	tectonicRegion="Subduction Interface">	<i>id</i> : ID、 <i>name</i> : 震源タイプ、
		tectonicRegion: テクトニックタイプ
6	<complexfaultgeometry></complexfaultgeometry>	complexFaultGeometry: Complex fault
7	<faulttopedge></faulttopedge>	faultTopEdge: 断層面上端
8	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: 線
9	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
10	-124.704 40.363 0.5493260E+01	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ
11	-124.977 41.214 0.4988560E+01	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ
12	-125.140 42.096 0.4897340E+01	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ
13		gml:posList 終了タグ
14		gml:LineString 終了タグ
15		faultTopEdge 終了タグ
16	<intermediateedge></intermediateedge>	intermediateEdge: 断層中間 1
17	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: 線
18	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
19	-124.704 40.363 0.5593260E+01	中間1の経度(°) 緯度(°) 深さ
20	-124.977 41.214 0.5088560E+01	中間1の経度(°) 緯度(°) 深さ
21	-125.140 42.096 0.4997340E+01	中間1の経度(°) 緯度(°) 深さ
22		gml:posList 終了タグ
23		gml:LineString 終了タグ
24		faultTopEdge 終了タグ
25	<intermediateedge></intermediateedge>	intermediateEdge: 断層中間 2
26	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: 線
27	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
28	-124.704 40.363 0.5693260E+01	中間2の経度(°) 緯度(°) 深さ
29	-124.977 41.214 0.5188560E+01	中間2の経度(°) 緯度(°) 深さ
30	-125.140 42.096 0.5097340E+01	中間2の経度(°) 緯度(°) 深さ
31		gml:posList 終了タグ
32		gml:LineString 終了タグ
33		faultTopEdge 終了タグ
34	<faultbottomedge></faultbottomedge>	faultTopEdge: 断層面下端
35	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: 線
36	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
37	-123.829 40.347 0.2038490E+02	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ
38	-124.137 41.218 0.1741390E+02	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ
39	-124.252 42.115 0.1752740E+02	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ

ファイル 3.3.9 Complex fault source のサンプル

	ファイル内容	説明
40		gml:posList 終了タグ
41		gml:LineString 終了タグ
42		faultTopEdge 終了タグ
43		complexFaultGeometry 終了タグ
44	<magscalerel>WC1994</magscalerel>	magScaleRel: スケーリング則
45	<ruptaspectratio>2.0</ruptaspectratio>	ruptAspectRatio: 断層面のアスペク
		下比
46	<truncgutenbergrichtermfd <="" avalue="4.5" bvalue="1.0" td=""><td>truncGutenbergRichterMFD: マグニ</td></truncgutenbergrichtermfd>	truncGutenbergRichterMFD: マグニ
	minMag="6.5" maxMag="7.5" />	チュード別度数分布
		aValue: a 值、bValue: b 值、minMag: 最
		小 M、 <i>maxMag</i> :最大 M
47	<rake>-90.0</rake>	rake: すべり角
48		complexFaultSource 終了タグ
49		sourceGroup 終了タグ
50		sourceModel 終了タグ
51		nrml 終了タグ

表 3.3.26 ファイル 3.3.9 のパラメータ説明

必要なパラメータ	サンプル中のデータ	行番号
断層トレース (ふつうは polyline)。経 度(°)、緯度(°)の組み合わせ	上部、中部、下部のトレース位置を指定してい る。傾斜角は自動的に決定される	7~42
スケーリング則	WC1994	44
断層面のアスペクト比	2.0	45
マグニチュード別度数分布	truncate Gutenberg-Richter a 値: 4.5、b 値: 1.0、最小 M: 5.0、最大 M: 6.5	46
すべり角	-90	47

4) Fault sources without floating ruptures (断層面を一度に破壊する断層モデル)

「3) Fault sources with floating ruptures (破壊が断層面上を移動する震源モデル)」(p.51~) では、設定した断層面上において、マグニチュード別度数分布、スケーリング則および断層面のアスペクト比の設定に従って自動生成される断層が、敷き詰められるのに対して、

「4) Fault sources without floating ruptures (断層面を一度に破壊する断層モデル)」では、 断層面の形状は、ただ一つ決められ、その断層面形状は変更せずに、計算を行うものであ る。震源断層面や地震の規模が一意に決められていれば、この震源分類を使用するのがよ い。

① Characteristic fault source

Characteristic fault source は断層破壊が断層面全体をカバーするという仮定で作られる特別な断層モデルである。断層破壊が断層面上を移動することはない。Characteristic fault source は、マグニチュード別度数分布とともに使用されることもある。

Characteristic fault sourceの断層面の幾何形状は、Simple fault source あるいは Complex fault source として表現するか、あるいは矩形の断層面の組み合せとして表現され、複数の断層 面を利用することが可能である。サンプルファイルをファイル3.3.10~ファイル3.3.12 に、

Characteristic fault source に必要なパラメータおよびサンプルファイルの説明を表 3.3.27 に 示した。Characteristic fault source では、断層面の形状が一意に決まり、作成された断層面 に従って計算される。そのため、マグニチュードのスケーリング則や断層面のアスペクト 比の情報などは不要である。

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<sourcemodel name="Example Source Model Containing</td><td>sourceModel</td></tr><tr><td></td><td>Characteristic Fault Source"></sourcemodel>	<i>name</i> : 簡単な説明
4	<sourcegroup name="group 1" tectonicregion="Volcanic"></sourcegroup>	sourceGroup: 震源グループ
		tectonicRegion: テクトニックタイプ
5	<characteristicfaultsource id="5" name="characteristic</td><td>characteristicFaultSource:</td></tr><tr><td></td><td>source, simple fault" tectonicregion="Volcanic"></characteristicfaultsource>	Characteristic faults
		<i>id</i> : ID、 <i>name</i> : 震源タイプ、
		tectonicRegion: テクトニックタイプ
6	<pre><truncgutenbergrichtermfd <="" avalue="-3.6" bvalue="1.0" pre=""></truncgutenbergrichtermfd></pre>	truncGutenbergRichterMFD: マグニ
	minMag="5.2" maxMag="6.4" />	チュード別度数分布
		aValue: a 值、bValue: b 值、minMag: 最
		小 M、maxMag: 最大 M
7	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角
8	<surface></surface>	surface: 断層面
9	<simplefaultgeometry></simplefaultgeometry>	simpleFaultGeometry: simple fault
10	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: simple fault の線
11	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
12	-121.82290 37.73010	始点の経度(°) 緯度(°)
13	-122.03880 37.87710	終点の経度(°) 緯度(°)
14		gml:posList 終了タグ
15		gml:LineString 終了タグ
16	<dip>45.0</dip>	dip: 傾斜角
17	<up></up>	upperSeismoDepth: 地震発生深さ上
		限(km)
18	<lowerseismodepth>20.0</lowerseismodepth>	lowerSeismoDepth: 地震発生深さ下
		限 (km)
19		simpleFaultGeometry 終了タグ
20		surface 終了タグ
21		characteristicFaultSource 終了タグ
22		sourceGroup 終了タグ
23		sourceModel 終了タグ
24		nrml 終了タグ

ファイル 3.3.10 Simple fault を使用した Characteristic fault source のサンプル

ファイル 3.3.11 Complex fault を使用した Characteristic fault source のサンプル

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<sourcemodel name="Example Source Model Containing</td><td>sourceModel</td></tr><tr><td></td><td>Characteristic Fault Source with Complex Fault Geometry"></sourcemodel>	<i>name</i> : 簡単な説明
4	<sourcegroup name="group 1" tectonicregion="Volcanic"></sourcegroup>	sourceGroup: 震源グループ
		tectonicRegion: テクトニックタイプ

	ファイル内容	説明
5	<characteristicfaultsource id="6" name="characteristic</td><td>characteristicFaultSource:</td></tr><tr><td></td><td>source, complex fault" tectonicregion="Volcanic"></characteristicfaultsource>	Characteristic faults
		<i>id</i> : ID、 <i>name</i> : 震源タイプ、
		tectonicRegion: テクトニックタイプ
6	<truncgutenbergrichtermfd <="" avalue="-3.6" bvalue="1.0" td=""><td>truncGutenbergRichterMFD: マグニ</td></truncgutenbergrichtermfd>	truncGutenbergRichterMFD: マグニ
	minMag="5.2" maxMag="6.4" />	チュード別度数分布
		aValue: a 值、bValue: b 值、minMag: 最
		小 M、 <i>maxMag</i> :最大 M
7	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角(°)
8	<surface></surface>	surface: 断層面
9	<complexfaultgeometry></complexfaultgeometry>	complexFaultGeometry: Complex fault
10	<faulttopedge></faulttopedge>	faultTopEdge: 断層面上端
11	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: 線
12	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
13	-124.704 40.363 0.5493260E+01	上端の経度 緯度 深さ
14	-124.977 41.214 0.4988560E+01	上端の経度 緯度 深さ
15	-125.140 42.096 0.4897340E+01	上端の経度 緯度 深さ
16		gml:posList 終了タグ
17		gml:LineString 終了タグ
18		faultTopEdge 終了タグ
19	<faultbottomedge></faultbottomedge>	faultBottomEdge: 断層面下端
20	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: 線
21	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
22	-123.829 40.347 0.2038490E+02	上端の経度 緯度 深さ
23	-124.137 41.218 0.1741390E+02	上端の経度 緯度 深さ
24	-124.252 42.115 0.1752740E+02	上端の経度 緯度 深さ
25		gml:posList 終了タグ
26		gml:LineString 終了タグ
27		faultBottomEdge 終了タグ
28		complexFaultGeometry 終了タグ
29		surface 終了タグ
30		characteristicFaultSource 終了タグ
31		sourceGroup 終了タグ
32		sourceModel 終了タグ
33		nrml 終了タグ

ファイル 3.3.12 Planar surface を使用した Characteristic fault source のサンプル

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<sourcemodel name="Example Source Model containing a</td><td>sourceModel</td></tr><tr><td></td><td>Characteristic Fault Source defined by a sequence of Planar</td><td><i>name</i>: 簡単な説明</td></tr><tr><td></td><td>Surfaces"></sourcemodel>	
4	<sourcegroup name="group 1" tectonicregion="Volcanic"></sourcegroup>	sourceGroup: 震源グループ
		tectonicRegion: テクトニックタイプ
5	<characteristicfaultsource id="7" name="characteristic</td><td>characteristicFaultSource:</td></tr><tr><td></td><td>source, multi surface" tectonicregion="Volcanic"></characteristicfaultsource>	Characteristic faults
		<i>id</i> : ID、 <i>name</i> : 震源タイプ、
		tectonicRegion: テクトニックタイプ
6	<truncgutenbergrichtermfd <="" avalue="-3.6" bvalue="1.0" th=""><th>truncGutenbergRichterMFD: マグニ</th></truncgutenbergrichtermfd>	truncGutenbergRichterMFD: マグニ
	minMag="5.2" maxMag="6.4" />	チュード別度数分布
		aValue: a 值、bValue: b 值、minMag: 最
		小 M、 <i>maxMag</i> :最大 M

	ファイル内容	説明
7	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角
8	<surface></surface>	surface: 断層面
9	<pre><planarsurface dip="90.0" strike="0.0"></planarsurface></pre>	planarSurface: 断層面 1
		strike: 走向(°)、dip: 傾斜(°)
10	<topleft depth="21.0" lat="1.0" lon="-1.0"></topleft>	topLeft: 左上の座標
11	<topright depth="21.0" lat="1.0" lon="1.0"></topright>	topRight: 右上の座標
12	hettem I aft lon=" 1 0" lot=" 1 0" donth="50 0" />	bottomLeft: 左下の座標
12	<pre><bottomleft deptii="39.0" iat="-1.0" ioii="-1.0"></bottomleft></pre>	bottomRight: 右下の座標
13	<bottomright depth="59.0" lat="-1.0" lon="1.0"></bottomright>	lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深
		<i>t</i>
14		planarSurface 終了タグ
15	<pre><planarsurface dip="45.0" strike="20.0"></planarsurface></pre>	planarSurface: 断層面 2
		strike: 走向(°)、dip: 傾斜(°)
16	<topleft depth="20.0" lat="1.0" lon="1.0"></topleft>	topLeft: 左上の座標
17	<tonright depth="20.0" lat="1.0" lon="3.0"></tonright>	topRight: 右上の座標
1,		bottomLeft: 左下の座標
18	<bottomleft depth="80.0" lat="-1.0" lon="1.0"></bottomleft>	bottomRight: 右下の座標
19	<pre><hottomright denth="80 0" lat="-1 0" lon="3 0"></hottomright></pre>	lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深
20		
20		planarSurface 終了タク
21		surface 終了タグ
22		characteristicFaultSource 終了タグ
23		sourceGroup 終了タグ
24		sourceModel 終了タグ
25		nrml 終了タグ

必要なパラメータ	サンプル中のデータ	行番号
	Simple fault	ファイル 3.3.10 の 8~20
断層面を定義する情報	Complex fault	ファイル 3.3.11 の 8~29
	Planar surface	ファイル 3.3.12 の 8~21
マグニチュード別度数分布	truncate Gutenberg-Richter a 値: -3.6、b 値: 1.0、最小 M: 5.2、最大 M: 6.4	6
地震発生深さの上限と下限 (km)	上限 10km、下限、20.0km	ファイル 3.3.10 の 17、18 ほかのファイルは、断層 面の形状による
すべり角	90	7

表 3.3.27 ファイル 3.3.10~ファイル 3.3.12 のパラメータ説明

(2) Non-Parametric fault source

Non-parametric fault source はユーザーが断層破壊の特性(断層面、マグニチュード、すべり角、震源位置)を指定し、対応する発生確率を指定する必要がある。発生確率はある特定の期間で 0~N 回発生する確率を数値で与える。設定ファイル中では発生確率に対応する対象期間に関する記述はない。断層面上を移動するような震源モデル(Fault sources with floating ruptures)ではなく、断層面は単なる平面、simple fault、Complex fault の組み合わせとして定義される。サンプルファイルをファイル 3.3.13~ファイル 3.3.15 に、Non-parametric fault source に必要なパラメータおよびサンプルファイルの説明を表 3.3.28 に示した。

	ファイル内容	彩明
1	ンアイノル内谷	説り
1	<pre> </pre>	XML 旦言
2	<pre><nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タク</td></nrml></pre>	nrml: NRML 開始タク
	xmins= http://openquake.org/xmins/nrmi/0.5 >	xmlns: XML 名前空間
3	<sourcemodel name="Example Source Model Containing</td><td>sourceModel</td></tr><tr><td></td><td>Non-parametric Fault Source"></sourcemodel>	name: 間里な説明
4	<pre><sourcegroup ;<="" name="group 1" pre="" tectonicregion="Some TDT"></sourcegroup></pre>	sourceGroup: 震源グループ
	IRI">	tectonicRegion: テクトニックタイブ
5	<nonparametricseismicsource id="1" name="A Non</td><td>nonParametricSeismicSource: A Non</td></tr><tr><td></td><td>Parametric (Simple) Source" tectonicregion="Some TRT"></nonparametricseismicsource>	Parametric faults
		id: ID、name: 震源タイプ、
		tectonicRegion: テクトニックタイプ
6	<simplefaultrupture probs_occur="0.157 0.843"></simplefaultrupture>	simpleFaultRupture: simple fault
		rupture
7		probs_occur: 免生確率
/	<magnitude>/.8</magnitude>	magnitude: マクニナュード
8	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角(°)
9	<hypocenter <="" depth="22.341" lat="43.624" td=""><td>hypocenter: 震源位置</td></hypocenter>	hypocenter: 震源位置
	lon="147.94"/>	depth: 深さ (km)、lat: 緯度(°)、lon:
		経度(°)
10	<simplefaultgeometry></simplefaultgeometry>	simpleFaultGeometry: simple fault
11	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: simple fault の線
12	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
13	147.96 43.202	始点の経度(°) 緯度(°)
14	148.38 43.438	経度(°) 緯度(°)
15	148.51 43.507	経度(°) 緯度(°)
16	148.68 43.603	経度(°) 緯度(°)
17	148.76 43.640	終点の経度(°) 緯度(°)
18		gml:posList 終了タグ
19		gml:LineString 終了タグ
20	<dip>30.0</dip>	dip: 傾斜角(°)
21	<up></up>	upperSeismoDepth: 地震発生深さ上
		限(km)
22	<lowerseismodepth>35.5</lowerseismodepth>	lowerSeismoDenth 地震発生深さ下
		限(km)
23		simpleFaultGeometry 終了タグ
24		simpleFaultRunture 終了タグ
25		nonDaramatria Caismia Course 数マタガ
25		nonraianieuroseisiniosource 称 1 タク
20	<td>sourceGroup 於 」 ク ク</td>	sourceGroup 於 」 ク ク
21		sourceividel 終」ダク
28		nrml 終丁ダク

ファイル 3.3.13 Simple faultを使用した Non-parametric fault source のサンプル

ファイル 3.3.14 Complex fault を使用した Non-parametric fault source のサンプル

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<sourcemodel name="Example Source Model Containing</td><td>sourceModel</td></tr><tr><td></td><td>Non-parametric Fault Source"></sourcemodel>	<i>name</i> : 簡単な説明
4	<sourcegroup name="group 1" tectonicregion="Some</td><td>sourceGroup: 震源グループ</td></tr><tr><td></td><td>TRT"></sourcegroup>	tectonicRegion: テクトニックタイプ

	ファイル内容	説明
5	<nonparametricseismicsource id="2" name="A Non</td><td>nonParametricSeismicSource: A Non</td></tr><tr><td></td><td>Parametric (Complex) Source" tectonicregion="Some TRT"></nonparametricseismicsource>	Parametric faults
		<i>id</i> : ID、 <i>name</i> : 震源タイプ、
		tectonicRegion: テクトニックタイプ
6	<complexfaultrupture probs_occur="0.157 0.843"></complexfaultrupture>	complexFaultRupture: simple fault
		rupture
_		probs_occur: 発生確率
7	<magnitude>7.8</magnitude>	magnitude: マグニチュード
8	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角(°)
9	<hypocenter <="" depth="22.341" lat="43.624" td=""><td>hypocenter: 震源位置</td></hypocenter>	hypocenter: 震源位置
	lon="14/.94"/>	depth: 深さ (km)、lat: 緯度(°)、lon:
		経度(°)
10	<complexfaultgeometry></complexfaultgeometry>	complexFaultGeometry: Complex fault
11	<faulttopedge></faulttopedge>	faultTopEdge: 断層面上端
12	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: 緑
13	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
14	148.76 43.64 5.0	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ
15	148.68 43.603 5.0	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ
16	148.51 43.507 5.0	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ
17	148.38 43.438 5.0	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ
18	147.96 43.202 5.0	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ
19		gml:posList 終了タグ
20		gml:LineString 終了タグ
21		faultTopEdge 終了タグ
22	<faultbottomedge></faultbottomedge>	faultTopEdge: 断層面下端
23	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: 線
24	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
25	147.92 44.002 35.5	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ
26	147.81 43.946 35.5	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ
27	147.71 43.897 35.5	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ
28	147.5 43.803 35.5	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ
29	147.36 43.727 35.5	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ
30		gml:posList 終了タグ
31		gml:LineString 終了タグ
32		faultTopEdge 終了タグ
33		complexFaultGeometry 終了タグ
34		complexFaultRupture 終了タグ
35		nonParametricSeismicSource 終了タグ
36		sourceGroup 終了タグ
37		sourceModel 終了タグ
38		nrml 終了タグ

ファイル 3.3.15 Planar surface を使用した Non-parametric fault source のサンプル

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<sourcemodel name="Example Source Model Containing</td><td>sourceModel</td></tr><tr><td></td><td>Non-parametric Fault Source"></sourcemodel>	name: 簡単な説明
4	<sourcegroup name="group 1" tectonicregion="Some</td><td>sourceGroup: 震源グループ</td></tr><tr><td></td><td>TRT"></sourcegroup>	tectonicRegion: テクトニックタイプ

	ファイル内容	説明
5	<nonparametricseismicsource id="3" name="A Non</td><td>nonParametricSeismicSource: A Non</td></tr><tr><td></td><td>Parametric Planar Source" tectonicregion="Some TRT"></nonparametricseismicsource>	Parametric faults
		<i>id</i> : ID、 <i>name</i> : 震源タイプ、
		tectonicRegion: テクトニックタイプ
6	<singleplanerupture probs_occur="0.544 0.456"></singleplanerupture>	singlePlaneRupture: single plane
		probs_occur: 発生確率
7	<magnitude>8.3</magnitude>	magnitude: マグニチュード
8	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角(°)
9	<hypocenter depth="26.101" lat="40.726" lon="143.0"></hypocenter>	hypocenter: 震源位置
		lat: 緯度(°)、lon: 経度(°)、depth: 深
		さ(km)
10	<pre><planarsurface></planarsurface></pre>	planarSurface: 断層面
11	<topleft depth="9.000" lat="41.600" lon="143.100"></topleft>	topLeft: 左上の座標
12	<topright depth="9.000" lat="40.200" lon="143.910"></topright>	topRight: 右上の座標
13	 	bottomLeft: 左下の座標
1.4	lon="142.07"/>	bottomRight: 右下の座標
14	<bottomRight depth="43.202" lat="39.852"	lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深
	IOn= 142.91 />	3
15		planarSurface 終了タグ
16		singlePlaneRupture 終了タグ
17	<multiplanesrupture occur="0.9244 0.0756" probs=""></multiplanesrupture>	multiPlanesRupture: multi planes
		probs occur: 発生確率
18	<magnitude>6.9</magnitude>	magnitude: マグニチュード
19	<rake>0.0</rake>	rake: すべり角(°)
20	<hypocenter <="" depth="7.1423" lat="35.296" td=""><td>hypocenter: 震源位置</td></hypocenter>	hypocenter: 震源位置
	lon="139.31"/>	<i>lat</i> : 緯度(°)、 <i>lon</i> : 経度(°)、 <i>depth</i> : 深
		さ(km)
21	<pre><planarsurface></planarsurface></pre>	planarSurface: 断層面 1
22	<topleft depth="2. 000" lat="35.363" lon="139.160"></topleft>	topLeft: 左上の座標
23	<topright depth="2.000" lat="35.394" lon="138.990"></topright>	topRight: 右上の座標
24	<bottomleft <="" depth="14.728" lat="35.475" td=""><td>bottomLeft: 左下の座標</td></bottomleft>	bottomLeft: 左下の座標
25	lon="139.190"/>	bottomRight: 右下の座標
25	 <bottomright <="" depth="14.728" lat="35.505" td=""><td>lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深</td></bottomright>	lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深
	Ion= 139.020 />	さ(km)
26		planarSurface 終了タグ
27	<pre><planarsurface></planarsurface></pre>	planarSurface: 断層面 2
28	<pre><topleft depth="2. 000" lat="35.169" lon="139.340"></topleft></pre>	topLeft: 左上の座標
29	<topright <="" depth="2. 000" lat="35.358" td=""><td>topRight: 右上の座標</td></topright>	topRight: 右上の座標
	lon="139.170"/>	bottomLeft: 左下の座標
30	 	bottomRight: 右下の座標
21	lon="139.450"/>	lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深
31	<body> <body> bottomRight depth="12.285" lat="35.423" 12.285" lat="35.423" lan="120.280"/b 12.285" lat="35.423"</body></body>	$\delta(\mathbf{km})$
22	Ion="139.280"/>	
32 22	~pianai Sui lace~	pranarSurface $\pi \leq \int \mathcal{P} \mathcal{P}$
21	/manur maneskupiure/	multiPlanesKupture 於」ダク
24 25		nonrarametricSeismicSource 於」ダク
20 20		sourceGroup 於 J グク
30		sourceModel 終」ダク
37		nrml 終手タク

表 3. 3. 28 ファイル 3. 3. 13~ファイル 3. 3. 15 のパラメータ説明

必要なパラメータ	サンプル中のデータ	行番号
	Simple fault (ファイル 3.3.13)	10~23
阿唐田を圧我りる旧牧	Complex fault (ファイル 3.3.14)	10~33

必要なパラメータ	サンプル中のデータ	行番号
	Planar surface (ファイル 3.3.15)	10~15、 21~32
	0.157 0.843 (ファイル 3.3.13)	6
発生確率	0.157 0.843 (ファイル 3.3.14)	6
	0.544 0.456、0.9244 0.0756(ファイル 3.3.15)	6、17
Magnituda	7.8 (ファイル 3.3.13、ファイル 3.3.14)	7
lagintude	8.3 と 6.9 (ファイル 3.3.15)	7、18
すべりみ	90(ファイル 3.3.13、ファイル 3.3.14)	8
* 5 月	90 と 0 (ファイル 3.3.15)	7、18

(3) Magnitude frequency distribution (マグニチュード別度数分布)

現時点(2017年3月)では、次の4つのマグニチュード別度数分布をサポートしている。

1) A discrete incremental magnitude-frequency distribution

マグニチュードごとの発生確率を連続的に指定する場合には、incrementalMFD 要素を使 用し、最小のマグニチュード(minMag 属性)と増分の幅(binWidth 属性)を指定し、 incrementalMFD 要素内で発生確率(occurRates 要素)を記述する。下記では、最小のマグ ニチュードが 5.05 で、幅 0.1 刻みで、5 つの発生確率を記述しているため、マグニチュー ドの度数分布は、図 3.3.2 のようになる。





5.5

6.0

Magnitude

6.5

7.0

2) A double truncated Gutenberg-Richter distribution

10⁻¹

 10^{-2}

5.0

グーテンベルグ・リヒター則³⁸⁾に従って、マグニチュード別度数分布を表現するには、 truncGutenbergRichterMFD 要素を使用し、最大、最小のマグニチュード(maxMag 属性、

minMag 属性) と a 値 (aValue 属性)、b 値 (bValue 属性) を記述する。

1 <truncGutenbergRichterMFD aValue="5.0" bValue="1.0" minMag="5.0" maxMag="6.0"/>

発生確率は以下の式で表され、図 3.3.3 のようになる。

 $m_{lo} = m - \frac{bin}{2}$ $m_{hi} = m + \frac{bin}{2}$ $rate = 10^{a-bm_{lo}} - 10^{a-bm_{hi}}$



図 3.3.3 A double truncated Gutenberg-Richter distribution

 Hybrid Characteristic earthquake model (Youngs and Coppersmith (1985)風) Youngs and Coppersmith (1985)³⁹⁾によるマグニチュード別度数分布を表現するには、 YoungsCoppersmithMFD 要素を使用して最小のマグニチュード (minMag 属性) と、b 値 (bValue 属性)、増分 (binWidth 属性)、特徴的なマグニチュード (characteristicMag 属性) とトータルモーメントレート (totalMomentRate 属性) を用いて、下記のように記述する

1 <YoungsCoppersmithMFD minMag="5.0" bValue="1.0" binWidth="0.1" characteristicMag="7.0" totalMomentRate="1.05E19"/>

あるいは

1

<YoungsCoppersmithMFD minMag="5.0" bValue="1.0" binWidth="0.1" characteristicMag="7.0" characteristicRate="0.005"/>

4) "Arbitrary" Magnitude Frequency Distribution

任意のマグニチュードと発生確率を記述するには、arbitraryMFD 要素内で、occurRates 要素、magnitudes 要素を用いて、マグニチュードごとの発生確率を指定する。

1 <arbitraryMFD>

2 <ccurRates>0.12 0.036 0.067 0.2</ccurRates>

3 <magnitudes>8.1 8.47 8.68 9.02</magnitude>

4 </arbitraryMFD>

(4) Magnitude-scaling relationships (スケーリング則)

現時点(2017年3月)では、テクトニックタイプごとに表 3.3.29 に示すマグニチュード と断層面積のスケーリング則をサポートしている。

テクトニックタイプ	スケーリング則変数	参考文献
Active tectonic region の浅い地震	WC1994	Wells and Coppersmith, 1994 ⁴⁰⁾
沈み込み帯	StrasserInterface、StrasserIntraslab	Strasser et al., 2010 ⁴¹⁾
安定陸塊	CEUS2011 (Area = $10^{(Mw-4.366)}$ km ²)	EPRI, 2011 (Area = 10.0Mw ^{-4.336})
その他種々の地震	PeerMSR (Area = $10^{(M_W-4.0)}$ km ²)	Thomas et al. $(2010)^{42}$
	PointMSR (Area = 10^{-4} km ²)	

表 3.3.29 スケーリング則

(5) Ground Motion Prediction Equation (地震動予測式)

地震動の計算には、各研究者による Ground Motion Prediction Equation(地震動予測式、 以降 GMPE と呼ぶ)が使用される。使用可能な GMPE については、「使用可能な GMPE の 一部の紹介」(p.237~)に示した。GMPE は、基本的には 2 パターンの変更方法が考えられ る。

1. 設定ファイル中の gsim 変数

2. 地震動予測式ロジックツリーファイル中の gmpeModel 要素

使用する GMPE によっては、地震動指標を指定する intensity_measure_types 変数や地震 動指標とその強さを指定する intensity_measure_types_and_levels 変数を変更する必要がある。 言い換えると、地震動予測式で計算可能な地震動指標はそれぞれ決まっており、それ以外 は計算できないということである。また、使用する GMPE によっては、観測点特性の情報 もまた必要となる。これら GMPE で使用する変数等の詳細は、以下の URL に詳しい情報 があるので、それらを参考にされたい。

http://docs.openquake.org/

http://docs.openquake.org/oq-hazardlib/stable/openquake.hazardlib.gsim.html

OpenQuake-engine に新たに距離減衰式を組み込みたい場合は、Python のコードを記述す る必要がある。詳細は以下のページを参考にされたい

https://github.com/gem/oq-hazardlib/wiki

(6) その他のパラメータ

1) 計算可能な地震動指標

現在(2017年3月)、OpenQuake-engine を使用して計算できる地震動指標は表 3.3.30 に
示したとおりである。どの地震動指標でも計算可能ではなく、使用する GMPE によって計算可能な地震動指標が異なる。GMPE と計算可能な地震動指標については一部を「使用可能な GMPE」に示した。現時点(2017年3月)においては、日本の気象庁による震度階級はサポートされていない。

加速度の単位は、CGS 単位系の"gal"、"cm/s/s"や SI 単位系の"m/s/s"ではなく、重力単位 系である"G"(1G=9.80665 m/s²)が用いられているため、注意が必要である。速度および 変位の単位は CGS 単位系の"cm/s"、"cm"が使われる。

- ·		
パラメータ	説明	
PGA	Peak Ground Acceleration (g)	
PGV	Peak Ground Velocity (cm/sec)	
PGD	Peak Ground Displacement (cm)	
SA	Spectral acceleration (g) period (sec)、damping (%)が必要	
ΙΑ	Arias Intensity (m/s) $I_{A} = \frac{\pi}{2g} \int_{0}^{T_{d}} a(t)^{2} dt \text{ (m/s)}$	
CAV	Cumulative Absolute Velocity (g·sec) $CAV = \sum_{i=1}^{N} \Delta v_i $	
RSD	Relative Significant Duration (sec) Arias Intensity の 5-96%区間	
MMI	Modified Mercalli Intensity	

表 3.3.30 計算可能な地震動指標

2) テクトニックタイプ

テクトニックタイプは、使用する地震動予測式によるため、どのタイプでの計算が可能 なのかは、あらかじめ把握しておく必要がある。現時点(2017年3月)でサポートされる テクトニックタイプを表 3.3.31 に示した。ここで示したパラメータは、震源モデルと地震 動予測式を紐付けする役目となる。

パラメータ	説明
Active Shallow Crust	いわゆる活断層タイプ
Stable Shallow Crust	安定陸塊
Subduction Interface	プレート境界
Subduction IntraSlab	沈み込むスラブ内
Volcanic	火山
Geothermal	地熱
Induced	誘発

表 3.3.31 設定可能なテクトニックタイプ

3) 震源距離

震源距離は、自動で計算されるため、意識する必要はないが、使用する地震動予測式に よって震源距離の計算方法が異なることは把握する必要があろう。OpenQuake-engine に組 込み済みの地震動予測式で使われる震源距離を表 3.3.22 に示した。

パラメータ	説明	
R _{RUP}	断層最短距離 (km)	
R _{JB}	断層投影距離 Joyner-Boore distance (km)	
Rx	断層投影面との垂直距離 (km)	
Ry0	断層面との水平最短距離 (km)	
Rcdpp	ディレクティビティ効果のための観測 点-地震特有の値 (km)	

表 3.3.32 震源距離の種類

4) その他のパラメータ

計算に必要なその他のパラメータとして、表 3.3.33 のパラメータがあげられる。しかし ながら、必ずしもすべてのパラメータが必要ではない。

パラメータ	説明
Mw	モーメントマグニチュード
dip	傾斜角(°)
rake	すべり角(°)
ztor	断層上端深さ (km) (z to rupture)
Vs30	表層地盤(地表からおよそ 30m 程度の 深さまで)の平均S波速度。日本では、 AVS30と呼ばれることが一般的
hypo_depth	震源深さ (km)

表 3.3.33 必要なパラメータ

3.3.3 リスク

本項では、OpenQuake-engine を使用した地震によるリスクの解析に必要なパラメータや 各種モデルファイルを解説する。ハザードの計算のみ知りたい場合は、本項を省略しても かまわない。

OpenQuake-engine におけるリスクの計算では、計算のタイプに応じて以下の複数の設定 ファイル(1 つの設定ファイル、ハザードの解析結果およびリスク評価のための各種モデ ルファイル)が必要である。

1. 設定ファイル

OpenQuake-engine 実行時に参照される設定ファイル。通常、このファイルに必要な 情報が記述される。OpenQuake-engine バージョン 2.0 以降は、ハザードの設定ファ イルと同一のファイルに記述することが推奨されているが、別ファイルとして記述 してもよい。

- 2. ハザードの解析結果
- 3. リスク評価のための各種モデル
 - ✓ exposure モデル
 - ✓ fragility モデル
 - ✓ consequence モデル
 - ✓ vulnerability モデル

設定ファイルは、ハザードと同様に ini 形式であり、ハザードの解析結果およびリスク 評価のための各種モデルは nrml 形式で記述される。

ハザードの計算結果は、古典的な確率論的被害やリスク計算のためのハザードカーブ、 シナリオタイプの被害やリスク計算のための地震動場、確率論的なイベントベースの計算 のための統計イベントセットを含む。

(1) exposure モデル

OpenQuake-engine における地震によるリスクの解析では nrml 形式で記述された exposure モデル (いわゆる曝露データ) が必要である。exposure モデルのサンプルをファイル 3.3.16 に示した。exposure モデルは、以下の 3 つのセクションからなる。

- メタデータセクション(ファイル 3.3.16 中の 3~4 行目) exposure についての一般的な情報を記述する
- コンバージョンセクション(ファイル 3.3.16 中の 5~10 行目)
 種々のエリア、コスト、資産の居住者がどのように規定されるかを記述する
- データ(ファイル 3.3.16 中の 11~21 行目)
 ポートフォリオ中の個々の資産に関するデータを記述する

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<exposuremodel <="" id="exposure_example" td=""><td>exposureModel: exposure モデル</td></exposuremodel>	exposureModel: exposure モデル
	category="buildings"	id: ID、category: カテゴリー、
	taxonomySource="GEM_Building_Taxonomy_2.0">	<i>taxonmySource</i> : 分類の出典
4	<description>Exposure Model Example</description>	description: 説明
5	<conversions></conversions>	conversions: コンバージョン
6	<costtypes></costtypes>	costTypes: costType 要素の集合
7	<costtype <="" name="structural" td="" type="per_area"><td>costType: コストタイプ</td></costtype>	costType: コストタイプ
	unit="USD" />	name: 分類、type:タイプ、unit: 単位
8		costTypes 終了タグ
9	<area type="per_asset" unit="SQM"/>	area: エリア
		type: タイプ、unit: 単位
10		conversions 終了タグ
11	<assets></assets>	assets: asset 要素の集合
12	<asset <="" id="a1" number="5" taxonomy="Adobe" td=""><td>asset: 資産</td></asset>	asset: 資産
	area="100" >	id: ID、taxonomy: 分類、number: 数、
		area: 面積
13	<location lat="38.113" lon="-122.000"></location>	location : 位置情報、 <i>lon</i> : 経度、 <i>lat</i> :
		緯度
14	<costs></costs>	costs: cost 要素の集合
15	<cost type="structural" value="10000"></cost>	cost: コスト
		<i>type</i> : タイプ、value: 価値
16		costs 終了タグ
17	<occupancies></occupancies>	occupancies: occupancy 要素の集合
18	<occupancy occupants="20" period="day"></occupancy>	occupancy: 居住者
		occupants: 居住者、period: 期間
19		occupancies 終了タグ
20		asset 終了タグ
21		assets 終了タグ
22		exposureModel 終了タグ
23		nrml 終了タグ

ファイル 3.3.16 exposure モデルファイルのサンプル

メタデータセクション(ファイル 3.3.16 中の 3~4 行目)の情報は、exposure モデル内の 資産に関する一般的な情報を規定する。ポートフォリオ内の資産(asset)すべてに共通で ある。パラメータは、表 3.3.34 に示したとおりである。

表 3.3.34 exposure モデルのメタデータセクション

パラメータ	説明
id	exposure モデルを識別するためのユニークな文字列で、"A"から"z"まで のアルファベット、0から9までの数字、「-」、「_」のみからなり、最大 100文字まで指定可能
category	資産区分を定義するためのオプション文字列(例、buildings、lifelines)
taxonomySource	資産を分類するための建物分類を定義するためのオプション属性
description	exposure モデルについての情報を記述する文字列

*太字は、必須パラメータ

次に、エリアとコストのコンバージョン(変換)に関するセクション(ファイル 3.3.16 中の 5~10 行目)は、exposure モデルで示すポートフォリオ内のそれぞれの資産 (asset 要素)のための構造物コスト (取替原価)、非構造物コスト、コンテンツコストや事業中断あ るいは中止コストを定義する。costType 要素の name 属性に指定できる有効な変数は表 3.3.35 のとおりである。ファイル 3.3.16 では、structural のみを示したが、同じファイル中 に複数のコストを記述できる。

name	説明
structural	構造物のコスト(取替原価)
nonstructural	非構造物のコスト(取替原価)
contents	コンテンツのコスト(取替原価)
business_interruption	地震により資産が被害を受けたことによる単位時間当たりのコスト

表 3.3.35 costType 要素の name 属性に指定可能な変数

costType 要素の unit 属性は対応するコストの通貨単位を特定するために使用される。 OpenQuake-engine 自体は通貨に依存しないが、リスクアセスメントの結果を解釈するため の記述的な属性である。この属性は任意のユニコード文字列を設定できる。

costType 要素の type 属性は規定するコストが集合値のものであるのか、建物ごとであるのか、一つの資産を構成する単位であるのか、あるいは一つの資産の単位面積当たりに与えられるかを特定する。有効な type 属性は表 3.3.36 に示した。

表 3.3.36 costType 要素の type 属性

name	説明
aggregated	それぞれの資産のための集合値として取替原価を示す
per_asset	それぞれの資産を構成している構造物単位で取替原価を示す
per_area	それぞれの資産の単位面積当たりの取替原価を示す

costType 要素の type 属性で per_area を指定する場合には、area 要素がコンバージョンセ クションで定義されていなければならない。area 要素の unit 属性はある 1 つの資産の面積 の単位を指定するために使われる。OpenQuake-engine 自体は面積単位には依存しないが、 リスクアセスメントの結果を解釈するための記述的な属性である。この属性は任意のユニ コード文字列を設定できる。

area 要素の type 属性は、エリアが集合値であるのか、建物ごとであるのか、1 つの資産 を構成する単位であるのかを特定する。area 要素の有効な type 属性は表 3.3.37 に示した。

表 3.3.37 area 要素の type 属性

name	説明
aggregated	それぞれの資産のための集合値としてエリアを示す

name	説明
per_asset	それぞれの資産を構成する構造物あるいは建物単位でエリアを示す

最後に、地震による被害のリスク計算のためのポートフォリオ中の資産を記述するデー タ部分(ファイル 3.3.16 中の 11~21 行目)である。それぞれの asset 要素は、必須の部分と 資産に関するオプション属性からなる。属性のセットは、exposure モデルのスキーマに基 づき、それぞれの asset 要素に割り当てられる。asset 要素で指定可能な属性を表 3.3.38 に 示した。

属性	説明
id	assetを識別するためのユニークな文字列。"A"から"z"までのアルファベット、0から9までの数字、「-」、「_」のみからなり、最大100文字まで指定可能である。
taxonomy	この文字列は asset の建物分類を特定する。taxonomy 文字列は、ユーザ ー定義もできるし、GEM Taxonomy、Pager、EMS-98 のような既存の分 類スキームに基づいてもよい。
number	資産を構成している個々の構造物単位の数。この属性は、被害の計算に は必須である。リスクの計算では、エリアかコストがそれぞれの asset を構成する構造物単位あたりに与えられていなければならない。
area	与えられた位置での資産の面積。前述したとおり、assetのコストのいず れかが単位面積当たりで指定される場合は、必須属性である。
location	与えられた資産の経度(-180°~180°)、緯度(-90°~90°)を指定する。度単位。
costs	与えられた資産のコストのセットを指定する。種々のコストタイプの取 替値は costs 要素の分割した行で指定しなければならない。それぞれの コストエントリーは、type と value で定義される。2017 年 3 月現在、サ ポートされている有効なオプションは structural、nonstructural、contents、 business_interruption である。
occupancies	occupants_vulnerability_file を指定する確率論的あるいはシナリオタイプ のリスク計算時のみ必須。この要素のエントリーは、一日の特定の期間 の資産の居住者数を指定する。occupancyエントリーはperiodとoccupants を定義しなければならない。現在サポートされている有効なオプション は、期間については、day、transit、night の3つで、1つの asset の occupants の数は asset の集合値と指定する。

表 3.3.38 asset 要素で指定可能な属性

*太字は、必須パラメータ

retrofitting benefit/cost (BCR) 解析のためには、retrofitting cost を定義する必要がある。

(2) fragility モデル

ここでは、fragility モデルについて解説する。fragility モデルは、Scenario Damage や Classical Probabilistic Seismic Damage といった"Damage"の計算時に必要となる。これらの計 算時には、exposure モデルで指定した建物分類ごとの fragility 関数を定義する必要がある。 fragility モデルは、「ある地震動指標と、ある建物等の被害状態の超過確率との関係を記 述した fragility 関数」のセットとして定義される。fragility 関数は、離散データあるいは連 続的なフォーマットのいずれかで定義され、fragility モデルファイルは、どちらのタイプの fragility 関数でも同時に含むことができる。離散データによる fragility 関数では、超過確率 の値と地震動強さの値は同じ数の分だけ定義する必要がある。一方で、連続関数として使 用するには、対数正規累積分布関数を使用する。

離散化データおよび連続関数から構成される fragility モデルファイルのサンプルをファ イル3.3.17に示した。fragility モデルに含まれる情報は、以下の2つのセクションからなる。

- メタデータセクション(ファイル 3.3.17 中の 3~5 行目) fragility についての一般的な情報を記述する
- fragility 関数セクション(ファイル 3.3.17 中の 6~19 行目)
 各被害状態の fragility 関数を建物分類ごとに記述する

ĺ	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
3	<fragilitymodel <="" id="fragility_example" td=""><td>fragilityModel: fragility モデル</td></fragilitymodel>	fragilityModel : fragility モデル
	assetCategory="buildings" lossCategory="structural">	id: ID、assetCategory: 資產区分、
		<i>lossCategory</i> : 損失区分
4	<description>Fragility Model Example</description>	description: 簡単な説明
5	limitStates>slight moderate extensive	limitStates: 被害状態
	complete	
6	<tragilityfunction <="" id="Woodframe_TwoStorey" td=""><td>fragilityFunction: fragility 関数</td></tragilityfunction>	fragilityFunction: fragility 関数
_	format="discrete">	id: ID、format: フォーマット
1	<imis imt="PGA" nodamagelimit="0.05">0.005 0.2 0.4</imis>	imls: intensity measure levels
	0.6 0.8 1.0 1.2	int: intensity measure type,
0	<pre>cmass la="alight">0.0.0.0.0.1.0.15.0.84.0.00.1.00.1.00</pre>	noDamageLimit: 彼吉なしの制限恒
0	<pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	<i>ls</i> : limit state
'	0.74	limitStates 要素で指定した被害状態
10	<pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	ごとに、imlsで指定した地震動指標
	0.45	の場合の被害率を指定する
11	<pre><pre><pre>complete">0.0 0.0 0.0 0.0 0.17 0.26</pre></pre></pre>	
10	0.35	
12		tragilityFunction 終」ダク
13	<pre><iragilityfunction <br="" format="continuous" id="KC_LowKise">shape="lognedf"></iragilityfunction></pre>	tragilityFunction: tragility 関数
	shape- loghedi >	id: ID、format: フォーマット、shape:
14	circle installSA(0,2) = Democratic install0,05	形状
14	\sim Inits Init- SA(0.3) noDanageLinit- 0.03 minIMI ="0.0" maxIMI ="5.0"/>	imis. Intensity measure levels
		1mi. 地震動指标、noDumageLimit. 恢 室たしの制限値 minIMI: 最小の地
		言称しい間限に、mmmuL.取りの地 電動強な maxIMI・最大の地震動強
		長勤法で、maximL. 取入の地長勤法
15	<pre><pre>stars ls="slight" mean="0 50" stddey="0 10"/></pre></pre>	narams: 対数正規分布のパラメータ
10	paralles is slight mean 0.00 statet 0.10 /	Is: limit state mean: 平均 stddev: 標
16	<pre><params ls="moderate" mean="1.00" stddev="0.40"></params></pre>	進偏差
17	<pre><narams ls="extensive" mean="1 50" stddev="0 90"></narams></pre>	limitStates 要素で指定した被害状能
• '	paramono extensive medit 1.50 studev 0.70 /2	ごとに、対数正規累積分布関数のパ
18	<pre><params ls="complete" mean="2.00" stddev="1.60"></params></pre>	ラメータを指定
19		fragilityFunction 級了々ガ
1)		nagintyr uncuon # 1 2 2

ファイル 3.3.17 fragility model ファイルのサンプル

	ファイル内容	説明
20		fragilityModel 終了タグ
21		nrml 終了タグ

始めに、fragility モデルの一般情報を記述する。このメタデータセクション中(ファイル 3.3.17 中の 3~5 行目)の情報は fragility モデル内のすべての関数に共通で、すべての fragility モデルの始めの部分に含まれている必要がある。メタデータセクション中のパラメーター 覧を表 3.3.39 に示した。

パラメータ	説明	
id	fragility モデルを識別するためのユニークな文字列。"A"から"z"までの アルファベット、0から9までの数字、「-」、「_」のみからなり、最大100 文字まで指定可能である。	
assetCategory	このファイル中で定義される fragility 関数の資産区分を指定するために 使用されるオプション文字列(例、buildings、lifelines)。	
lossCategory	損失 (loss) の種類を示す属性。この属性の有効な文字列は、"structural"、 "nonstructural"、"contents"、"business_interruption"。	
description	fragility モデルについての情報を記述する文字列。たとえば、建物分類 が fragility model の関数の出所を示すなど。	
limitStates	この変数は、数と名称を定義するために使用される。サンプルでは4つ の被害状態が使用されているが、フラジリティカーブがそれぞれの被害 状態で定義されるのと同様に、離散化の状態は任意の数を使用すること ができる。limitStates は空白区切りで複数の文字列で定義することがで きる。	

表 3.3.39 fragility モデルファイルのメタデータセクション

*太字は、必須パラメータ

次に、各被害状態の fragility 関数を建物分類ごとに記述する。離散化データを使用した fragility 関数で使用するパラメータの一覧を表 3.3.40、サンプルを図 3.3.4 に、連続関数に よるパラメータを表 3.3.41、サンプルを図 3.3.5 に示した。

パラメータ	説明
id	関数が定義される建物分類を識別するためのユニークな文字列。この文字列は、exposure モデル中の関連する asset 要素の建物分類と fragility 関数を関連付けるために使われる。"A"から"z"までのアルファベット、0から9までの数字、「-」、「」のみ最大 100 文字まで使用可能である。
format	離散化データの fragility 関数を示す属性。ここでは"discrete"を指定する。
imls	intensity measure levels。この変数は limitStates 要素で定義される超過確率のための地震動強さの値を指定する。加えて、地震動強さのタイプ(imt: intensity measure type)を定義する必要がある。オプションとして、noDamageLimitを指定することで、すべての limit state の超過確率がゼロとなる地震動強さを定義できる。

表 3.3.40 離散化データを使用した fragility 関数で使用するパラメータ

パラメータ	説明
poes	離散化データの fragility 関数の各 limit における超過確率 (poes: probabilities of exceedances) を定義するために使われる。各 limit state の 超過確率は ls 属性を使って定義され、1 行ごとに指定する必要があり、 poes で定義される limit state の超過確率の数は imls 属性で指定した地震 動強さの数と同じでなければならない。また、各 fragility 関数中の limit state の数と名前は、fragility モデルのメタデータセクション中の limitでなける でた完したすのと同じでなければならない。

*太字は、必須パラメータ



(by Global Earthquake Model⁴⁾)

図 3.3.4 離散化データを使用した fragility 関数

売 ? ? ⊿1	演編関数を体田した	fragility	関数で体田する	らパラメータ
衣 いい41	理 枕)) 叙 ど 使 用 し に	iragiily		シハノメージ

パラメータ	説明	
id	関数が定義される建物分類を識別するためのユニークな文字列。この文字列は、exposure モデル中の関連する asset 要素の建物分類と fragility 関数を関連付けるために使われる。"A"から"z"までのアルファベット、0から9までの数字、「-」、「」のみ最大 100 文字まで使用可能である。	
format	連続関数の fragility 関数を示す属性。ここでは、連続を意味する「continuous」を指定しなければならない。	
imls	<u>intensity measure levels</u> 。この要素は fragility 関数で使用される地震動強さ に関連した情報を指定する。連続関数の fragility 関数が有効である地震 動強さの範囲を、minIML と maxIML 属性を使用して指定する。加えて、 地震動強さのタイプ (imt: intensity measure type) を定義する必要がある。 オプションとして、noDamageLimit を指定することで、すべての limit state の超過確率がゼロとなる地震動強さを定義できる。	

パラメータ	説明
params	fragility 関数における各 limit state の連続曲線の変数を定義する。対数正 規累積分布関数では、地震動強さの平均と標準偏差の2つのパラメータ を指定する必要がある。これらは、mean および stddev 属性を使用して 各 limit state で定義される。ls 属性はパラメータが定義されるところで 指定する。各 limit state の超過確率は1行ごとに指定する必要があり、 各 fragility 関数中の limit state の数と名前は、fragility model のメタデー タセクション中の limitStates で指定したものと同じでなければならない

*太字は、必須パラメータ



(by Global Earthquake Model⁴⁾)

図 3.3.5 連続関数を使用した fragility 関数

(3) consequence モデル

計算された被害分布に基づく損害を見積もるため、Scenario Damage の計算では、fragility モデルに加えて consequence モデルもまた使用可能である。ユーザーは、fragility モデルフ ァイルが指定した各 loss type (structural、nonstructural、contents、business_interruption の中) に対応する consequence モデルファイルを与えることができる。Damage の計算においては、 少なくとも一つの fragility モデルを与えることが必須であるが、consequence モデルに関し てはオプション扱いである。

consequence モデルは、離散化データとして被害状態のセットを条件とする loss (あるい は consequence)の比率の分布を記述した consequence 関数のセットを定義する。この consequence 関数は exposure モデルで定義された各建物分類において、対応する loss type の fragilityモデル中で指定した各被害状態の損失比率の連続分布の変数を指定することで、 定義できる。consequence モデルのサンプルをファイル 3.3.18 に示した。consequence モデ ルに含まれる情報は、以下の2つのセクションからなる。

1. メタデータセクション(ファイル 3.3.18 中の 3~5 行目)

consequence についての一般的な情報を記述する

consequence 関数セクション(ファイル 3.3.18 中の 6~11 行目)
 各被害状態の consequence 関数を建物分類ごとに記述する

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml>	nrml: nrml 開始タグ
3	<consequencemodel <="" id="consequence_example" td=""><td>consequenceModel: consequence モデ</td></consequencemodel>	consequenceModel : consequence モデ
	assetCategory="buildings" lossCategory="structural">	N
		id: ID、assetCategory: 資産区分、
		<i>lossCategory</i> : 損失区分
4	<description>Consequence Model Example</description>	description: 簡単な説明
5	limitStates>slight moderate extensive	limitStates: 被害の状態
	complete	
6	<consequencefunction dist="LN" id="RC_LowRise"></consequencefunction>	consequenceFunction: consequence 関
		数
		<i>id</i> : ユニークな文字列、 <i>dist</i> : 条件付
		き損失比の不確実さのモデル化の
		ための連続分布
7	<pre><params ls="slight" mean="0.04" stddev="0.00"></params></pre>	params: 対数正規分布のパラメータ
8	<pre><params ls="moderate" mean="0.16" stddev="0.00"></params></pre>	<i>ls</i> : limit state、 <i>mean</i> : 平均、 <i>stddev</i> : 標準偏差
9	<pre><params ls="extensive" mean="0.32" stddev="0.00"></params></pre>	limitStates で指定した被害状態ごと
10		に、対数正規累積分布関数のパラメ
10	<pre><pre>complete mean= 0.64 studev= 0.00 /></pre></pre>	ータを指定
11		consequenceFunction 終了タグ
12		consequenceModel 終了タグ
13		nrml 終了タグ

ファイル 3.3.18 consequence モデルファイルのサンプル

始めに、consequence モデルの一般情報に関する記述がある。このメタデータセクション 中(ファイル 3.3.18 中の 3~5 行目)の情報は consequence モデル中のすべての関数に共通 で、すべての consequence モデルの始めに含まれる必要がある。メタデータセクション中 のパラメーター覧を表 3.3.42 に示した。

パラメータ	説明
id	関数が定義される taxonomy を識別するためのユニークな文字列。"A" から"z"までのアルファベット、0 から 9 までの数字、「-」、「_」のみ からなり、最大 100 文字まで指定可能である。
assetCategory	このファイル中で定義される consequence 関数の資産区分を指定するために使用されるオプション文字列(例、buildings、lifelines)を表す。
lossCategory	lossの種類を示す属性を示す。この属性の有効な文字列は、「structural」、「nonstructural」、「contents」、「business_interruption」である。
description	consequence モデルについての情報を記述する文字列。たとえば、建物分類が consequence モデルの関数の出所を示すなど。

表 3.3.42 consequence モデルファイルのメタデータセクション

パラメータ	説明
limitStates	この変数は、数と名称を定義するために使用される。4 つの限界状態が サンプルでは使用されている。limitStates はスペースわけした文字列で 定義する。

*太字は、必須パラメータ

次に、各被害状態の consequence 関数を建物分類ごとに記述する(ファイル 3.3.18 中の 6~11 行目)。consequence モデルでは、各被害状態の consequence 比における不確定性をモ デル化するため、対数正規分布を使って consequence 関数を定義する。consequence 関数を 定義する属性を表 3.3.43 に示した。

パラメータ	説明
id	関数が定義される建物分類を識別するためのユニークな文字列。この文字列は、exposureモデル中の関連する asset 要素の建物分類と consequence 関数を関連付けるために使われる。"A"から"z"までのアルファベット、0から9までの数字、「-」、「」のみからなり、最大100文字まで指定可能である。
dist	条件付き損失比の不確実さをモデル化するために連続分布を使う vulnerability 関数において、この属性は、対数正規分布を使うのであれば 「LN」、ベータ分布を使うのであれば「BT」を設定する。
params	consequence 関数における各 limit state の連続曲線の変数を定義する。 consequence 関数における各 limit state の損失比の不確定性をモデル化す る連続分布関数のパラメータを定義する。対数正規累積分布関数では、 地震動強さの平均と標準偏差の 2 つのパラメータを指定する必要があ る。これらは、mean および stddev 属性を使用して各 limit state で定義さ れる。ls 属性はパラメータが定義されるところで指定する。limit state の 超過確率は 1 行ごとに指定する必要があり、consequence 関数中の limit state の数と名前は、consequence モデルのメタデータセクション中の limitStates で指定したものと同じでなければならない。

表 3.3.43 consequence 関数を定義する属性

*太字は、必須パラメータ

(4) vulnerability モデル

確率論的あるいはシナリオタイプのリスクの計算を実行するには、exposure モデル中で 指定した建物分類ごとに vulnerability 関数を定義する必要がある。ここでは、vulnerability モデルのスキーマを詳細に記述する。

vulnerability モデル(ある地震動強さにおける平均的な損害率(loss ratio))のグラフの例 を図 3.3.6 に示した。離散データによる vulnerability モデルでは、それぞれの損害率の不確 定性は表現されない。損害率の不確定性を表現するには、入力ファイル中で損害率ごとの 変動係数と確率分布を用いる。確率分布は、現在、対数正規分布(lognormal (LN))、ベー タ分布(beta (BT))を用いるか、地震動レベルにおける損害率の離散確率質量分布(discrete probability mass (PM)³ distribution)を指定する。対数正規分布を使用して様々な地震動強さ での損害率の不確定性をモデル化した例を図 3.3.7 に示した。 一般的には、vulnerability 関数を定義することで、地震動強さにおける損害率の分布を特定することになる。損害率分布は、離散データあるいは連続関数どちらを用いても定義でき、vulnerability モデルファイルは両方の vulnerability 関数を同時に含むことも可能である。 ある地震動強さに対する決定論的な損害率を使って vulnerability 関数を定義することも可能である(たとえば、条件付き損害率中の不確定性を無視するなど)。

3 つの vulnerability 関数を構成する vulnerability モデルの例をファイル 3.3.19 に示した。 vulnerability モデルに含まれる情報は、以下の 2 つのセクションからなる。

- 1. メタデータセクション(ファイル 3.3.19 中の 3~4 行目) vulnerability モデルファイルについての一般的な情報を記述する
- vulnerability 関数セクション(ファイル 3.3.19 中の 5~24 行目)
 vulnerability 関数を建物分類ごとに記述する

このモデルは、種々の地震動強さにおける損害率の不確定性を表現するために対数正規 分布を使用した関数が一つ、ベータ分布を使用した関数が一つ、離散確率質量分布を使用 して定義した関数が一つである。



(by Global Earthquake Model⁴⁾)

図 3.3.6 離散データによる vulnerability モデル



(by Global Earthquake Model⁴⁾)

図 3.3.7 対数正規分布を使用した vulnerability モデル

1	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml>	nrml: nrml 開始タグ
3	<vulnerabilitymodel <="" id="vulnerability_example" td=""><td>vulnerabilityModel: vulnerability モデ</td></vulnerabilitymodel>	vulnerabilityModel : vulnerability モデ
	assetCategory="buildings" lossCategory="structural">	ル
		<i>id</i> : ID、 <i>assetCategory</i> : 資產区分、
		lossCategory: 損失区分
4	<description>vulnerability model</description>	description: 簡単な説明
5	<vulnerabilityfunction dist="LN" id="W1_Res_LowCode"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: バルネラビリ
		ティ関数(対数正規分布関数)
		<i>id</i> : ID、 <i>dist</i> : 条件付き損失比の不確
		実さのモデル化のための連続分布
6	<imls imt="PGA">0.005 0.15 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8</imls>	imls: intensity measure levels
_	2.0	<i>imt</i> : intensity measure type
7	<meanlrs>0.01 0.04 0.10 0.20 0.33 0.50 0.67 0.80 0.90</meanlrs>	meanLRs: 平均損害率
	0.96 0.99	損害率の数は、imlsで指定した数必
		要
8	<pre><covlrs>0.03 0.12 0.24 0.32 0.38 0.40 0.38 0.32 0.24 0.12</covlrs></pre>	covLRs: 損害率の変動係数
	0.03	変動係数の数は、imlsで指定した数
		必要
9		vulnerabilityFunction 終了タグ
10	<vulnerabilityfunction dist="BT" id="S1_Res_HighCode"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: バルネラビリ
		ティ関数(ベータ関数)
		id: ID、dist: 条件付き損失比の不確
		実さのモデル化のための連続分布
11	<imls imt="SA(0.3)">0.05 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6</imls>	imls: intensity measure levels
12	$1.8 \ 2.0^{/ImIs}$	<i>Imt</i> : Intensity measure type
12	SincalLRS 20.01 0.05 0.07 0.15 0.24 0.57 0.50 0.00 0.07 0 72 0 75	旧CallLAS: 半均須舌半 損害束の粉は:
	or 2 or 10 minute from	1月古平の奴は IIIIS で相圧しに剱必安

ファイル 3.3.19 vulnerability モデルファイルのサンプル

	ファイル内容	説明
13	<covlrs>0.03 0.12 0.24 0.32 0.38 0.40 0.38 0.32 0.24 0.12</covlrs>	covLRs: 損害率の変動係数
	0.03	変動係数の数は imls で指定した数必
		要
14		vulnerabilityFunction 終了タグ
15	<vulnerabilityfunction dist="PM" id="ATC13_URM_Res"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: バルネラビリ
		ティ関数(離散化質量分布関数)
		<i>id</i> : ID、 <i>dist</i> : 条件付き損失比の不確
		実さのモデル化のための連続分布
16	<imls imt="MMI">6 7 8 9 10 11 12</imls>	imls: intensity measure levels
		<i>imt</i> : intensity measure type
17	<probabilities lr="0.000">0.95 0.49 0.30 0.14 0.03 0.01</probabilities>	probabilities: 損害率
10	0.00 < probabilities	<i>lr</i> : 特定の損害率
18	<probabilities ir="0.005">0.03 0.38 0.40 0.30 0.10 0.03 0.01</probabilities>	
10	< probabilities = "0.050">0.02.0.08.0.16.0.24.0.30.0.10	
17	0.01 <td></td>	
20	<pre><pre>closeline()</pre><pre><pre>closeline()</pre><pre><pre><pre>closeline()</pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><</pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	
	0.03	
21	<pre><probabilities lr="0.450">0.00 0.02 0.03 0.10 0.18 0.30</probabilities></pre>	
	0.18	
22	<probabilities lr="0.800">0.00 0.01 0.02 0.04 0.10 0.18</probabilities>	
22	0.39 < probabilities	
23	<probabilities ir="1.000">0.00 0.01 0.01 0.02 0.03 0.08 0.28 </probabilities>	
24	0.58	uningrability Europian 数子なが
24		vuilleraoliityFunction 於 」 グク
23 26		vuinerabilityModel 於 J グ ク
20		nrmi 於 J グ ク

始めに、vulnerability モデルの一般的な情報を記述する。このメタデータセクション(フ ァイル 3.3.19 中の 3~4 行目)の情報は vulnerability モデル中のすべての関数に共通であり、 すべての vulnerability モデルの最初に含まれる必要がある。メタデータセクション中のパ ラメーター覧を表 3.3.44 に示した。

パラメータ	説明			
id	exposure モデルを識別するためのユニークな文字列。"A"から"z"ま でのアルファベット、0から9までの数字、「-」、「_」のみからなり、最 大100文字まで指定可能である。			
assetCategoryこのファイル中で定義される vulnerability 関数のための資産のタイン 指定するため使用されるオプション文字列(例、buildings、lifelines)				
absolution 指定するため使用されるオプション文字列(例、buildings、lifelines) lossCategory 損失(loss)の種類を示す属性。この属性の有効な文字列は、「structure」「nonstructural」、「contents」、「business_interruption」と「occupants」				
description	vulnerability モデルについての情報を記述する文字列。たとえば、建物分類が vulnerability モデルの関数の出所を示すなど。			

表 3.3.44 メタデータセクション

*太字は、必須パラメータ

続いて、vulnerability 関数を建物分類ごとに記述する。まず、対数正規分布あるいはベー タ分布を使用した条件付き損害率における不確定性をモデル化する vulnerability 関数を示 した(ファイル 3.3.19 中の 5~9 行目)。対数正規分布あるいはベータ分布の場合の連続分 布を使用する vulnerability 関数を定義するために必要な属性を表 3.3.45 に示した。

パラメータ	説明
id	関数が定義される建物分類を識別するためのユニークな文字列。この文字列は、exposure モデル中の関連する asset 要素と vulnerability 関数を関連付けるために使われ、"A"から"z"までのアルファベット、0から9までの数字、「-」、「_」のみからなり、最大100文字まで指定可能である。
id字列は、exposure モデル中の関連する asset 要素と vulnerabili 連付けるために使われ、" A" から "z" までのアルファベッ までの数字、「-」、「_」のみからなり、最大 100 文字まで指定dist条件付き損害率における不確定性をモデル化するための連 用する vulnerability 関数のための属性。対数正規分布の場 ベータ分布の場合は「BT」を指定する、imlsintensity measure levels。この変数は limit state で定義される めの地震動強さの値を指定する。加えて、地震動強さの intensity measure type) を定義する.以更がちょろ	
imls	<u>intensity measure levels</u> 。この変数は limit state で定義される超過確率のための地震動強さの値を指定する。加えて、地震動強さのタイプ(imt: <u>intensity measure type</u>)を定義する必要がある。
meanLRs	imls 属性で定義されたそれぞれの地震動強さにおける、この vulnerability 関数の平均損害率を定義するために使用する。meanLRs 属性で定義され る平均損害率の数は imls 属性で定義される地震動強さの数と同じでな ければならない。
covLRs	imls 属性で定義されたそれぞれの地震動強さにおける、この vulnerability 関数の損害率の条件付き分布の変動係数を定義するために使用する。 covLRs 属性で定義される損害率の変動係数の数は imls 属性で定義され る地震動強さの数と同じでなければならない。

表 3.3.45 連続分布関数による vulnerability 関数で使用するパラメータ

*太字は、必須パラメータ

最後に、離散確率質量分布を使用した条件付き損害率の不確定性をモデル化する vulnerability 関数を示した(ファイル 3.3.19 中の 10~24 行目)。この属性のパラメータを表 3.3.46 に示した。

パラメータ	説明		
id	関数が定義される建物分類を識別するためのユニークな文字列。この文字列は、exposure モデル中の関連する asset 要素と vulnerability 関数を関連付けるために使われ、"A"から"z"までのアルファベット、0から9までの数字、「-」、「_」のみからなり、最大100文字まで指定可能である。		
dist 条件付き損害率の不確定性をモデル化するための離散化質量分 用する vulnerability 関数のための属性。「PM」を指定する。			
Image: mile 用する vulnerability 関数のための属性。「PM」を指定する。 intensity measure levels。この変数は limit state で定義される超過確 めの地震動強さの値を指定する。加えて、地震動強さのタイプ intensity measure type)を定義する必要がある。			
probabilities	このフィールドは imls 属性で指定される地震動強さのレベルごとの、特定の損害率(属性 lr を使用して、それぞれの確率を指定する)を定義するために使われる。probabilities 属性で定義される確率の数は、imls 属性で定義される地震動強さの数と同じでなければならない。一方で、probabilities で定義できる損害率の数に制限はない。		

表 3.3.46 離散確率質量分布による vulnerability 関数で使用するパラメータ

*太字は、必須パラメータ

3.4 計算方法

OpenQuake-engine で計算を実行するには、以下の2種類の方法がある。

- 1. ウェブブラウザを使用する方法
- 2. コマンドラインを使用する方法

ここではまず、ウェブブラウザを使用する方法(WebUIによる実行)を先に紹介し、続 いてコマンドラインにより計算する方法を説明する。どちらの方法においても、同じよう に計算可能であるが、WebUIでは、計算および出力のみを提供する(どちらかと言えば、 初心者向けである)のに対して、コマンドラインではその他の機能も提供する(エキスパ ート向けである)。それぞれの機能については後述する。なお、ここでは、計算方法の一連 の流れのみを説明するだけであり、実際の計算は「3.6 各計算タイプにおけるハザード・ リスクの計算方法」(p.105~)で行う。

3.4.1 WebUI による実行

(1) 概要

OpenQuake-engine は、ウェブブラウザベースの GUI を提供する。このウェブブラウザベースの GUI は"WebUI"と呼ばれる。WebUI は、新しいジョブの投入、計算の監視、結果の抽出に使用することができる。

(2) 実行方法

ウェブブラウザを使用して、各種操作を行う。WebUIの起動方法は使用する OS によっ て異なるが、特にむずかしい操作は必要としない。ハザードからリスクまでの一連の実行 方法を図 3.4.1~図 3.4.12 および下記に示した。ハザードのみ計算する場合は、図 3.4.1~図 3.4.9 のみでもよい。リスクの計算は基本的にハザードの計算結果を使用するため、ハザー ドの計算が終了後に実施する。

- 1. WebUIの実行は、ウェブブラウザから「http:://localhost:8800/engine」にアクセスすることから始まる。
 - ✓ Linux の場合は、ウェブブラウザから「http:://localhost:8800/engine」にアクセス する(図 3.4.1)。
 - ✓ Windows の場合は、OpenQuake-engine のサーバーを起動する必要があるため、 スタートメニューの「OpenQuake engine(WebUI)」を実行する。
- OpenQuake-engine を使用した計算は「Run a Calculation」(図 3.4.1 の赤枠)をクリッ クして、ファイル選択画面が開き、必要なファイルが含まれた圧縮ファイルを選択 する(図 3.4.2、図 3.4.3)。
- ファイルを選択すると計算が開始される(図 3.4.4、図 3.4.5)。計算中に「Console」
 (図 3.4.5 の赤枠)をクリックすると、計算時のログが表示される(図 3.4.6)。
- 4. 計算が終了すると、「Status」が「Complete」に変更され、「Outputs」ボタンと「Run

Risk」ボタンが表示される(図 3.4.7)。「Console」ボタンを押すと、計算終了までの 実行ログが表示される(図 3.4.8)。

- 5. 必要に応じて、「Outputs」ボタンから、出力リストを表示して、計算結果をダウン ロードする (図 3.4.9)。
- 6. リスクの計算の場合(設定ファイルがハザードとリスクで分割されている場合)は、 「Run Risk」のボタンを押してリスクの計算を実行する(図 3.4.10~図 3.4.15)。

					OpenQuake	engine - Moz	zilla Firefox								- + ×
OpenQuake engine × Input Pr	reparation T	. × 🕸	Welcome! -	OpenQu	× 🛛 🖓 GitHub - g	em/oq-en	× +	C	Q Search) 4 (A		*	A 5	a =
OpenQuake engine * Input Preparation T * * Welcomet-OpenQu * O GitHub-gem/oq-en * + * © Iscalhost: 8000/engine OPENOUAKE ENGINE Itist of calculation ID User Type Description Status Action					?	GEM									
	List of c	alculati	ons												
	ID	User	Туре	Description				Status	Action						
OpenQuake Engine 2.0.0 L	icense Feedback nQuake engi											E	2 2 (P 11	03:30 (¹)
			図 3.	4. 1	WebUI	を使	用した	と計算	その1						

ウェブブラウザから http://localhost:8800/engine を開き、「Run a Calculation」(赤枠) をクリックすると、ファイル選択画面が開く

① localhost:8800/engine		File Upload		- + ×	★ 🖻	+	î (9 🛛
OPENQUAKE ENGINE		enquake 🔳 Desktop						?
	Places	Name Ofrefoxdesktop @ gnometerminal.desktop @ ubreofrice-calc.desktop @ qdjs.desktop README	 Size 9.2 kB So0 bytes 18.0 kB 2.9 kB 3.2 kB 	Modified 23/06/16 23/06/16 23/06/16 23/06/16 23/06/16				
			× Cancel	Cî Open				

図 3.4.2 WebUI を使用した計算その 2

「Run a Calculation」(図 3.4.1の赤枠)をクリックすると、ファイル選択画面が開く

M OpenQuake engine × M Input	Preparation T × 🏟 Wel	come!-OpenQu × 🗘 GitHub-gem/oq-en × +		
(localhost:8800/engine		File Upload	- + × 1	
OpenQuakeengine × Input O localhost:8000/engine OPENQUAKE ENGINE	Preparation T × ♦ Well Preparation T × ♦ Well Places 分 Home Desktop Documents 3 Documents 3 Docu	come!-OpenQu × File Upload File Upload Ake CEM oq-demos risk Name CassicalBCR CassicalBomage CassicAlBom	- + x 1 - 5ize Modified 13:08 22/06/16 22/06/16 22/06/16 22/06/16 22/06/16 146.9 kB 22/06/16 146.9 kB 22/06/16 146.0 kB 22/06/16 126.3 kB 22/06/16 126.3 kB 22/06/16	t ≙ ∔ ⊕ ♥ ≡ ? Gem
OpenQuake Engine 2.0.0	I License Peedback		All Files 🔹	

図 3.4.3 WebUI を使用した計算その 3

必要なファイルが含まれる圧縮ファイルを選択する

- + ×
GEM
and the second
, 🗉 13:15 🕐
- + ×
- + x
- + ×
- + ×
- + ×
- + x
- + ×
- + × • • = 7 Gem
- + × • • = 7 Gem
- + × • • = 7 Gem
- + ×
- + ×
- + ×
- + ×
- + ×
- + ×
- + ×
- + ×
- + ×

Console J (図 3. 4. 5 WebUI を使用した計算その 5
 「Console」(図 3. 4. 5 の赤枠)ボタンを押すと、実行状況を確認できる
 「
 てきる
 」



図 3.4.6 WebUI を使用した計算その 6

「Console」(図 3.4.5の赤枠)ボタンを押すと、実行状況を確認できる

M OpenQuake engine × M Input P	reparation T	. × & W	elcome!-	OpenQuake engine - Mozilla Firefox OpenQu × OpenQu × +						-	- + ×
(Ilocalhost:8800/engine					C C	L Search	★ 🗈	÷	â	9 0	, ≡
OpenQuake engine - MozIlla Firefox Input Preparation T × Welcomet-OpenQu × C ClitHub-gem/oq-en × + C Distributions:B800/engine OPENQUAKE ENGINE Run a Calculation List of calculation ib User Type Description 6 openquake hazard Classical PSHA Demo (Nepail) complete Complete Complete Complete				?	GEM						
	List of c	alculation	าร								
	ID	User	Туре	Description	Status	Action					
	6	openquake	hazard	Classical PSHA Demo (Nepai)	complete	Console Remove Outputs Run Risk					
							* 0 * * 9 v ? C				
					In Quake engine - Mozilla Firefox (ithub-gem/oq-en x + C Q Search 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1						

図 3.4.7 WebUI を使用した計算その 7 計算が終わると、「Outputs」、「Run Risk」ボタンが表示される 💷 💈 🖻 輝 回 13:16 🖒

OpenQuake Engine 2.0.0| License | Feedbac





OpenQuake engine: × M Input Prei	paration '	OpenQuake engine: outputs from calculation 6	- Mozilla Firef	ox				-	+ ×
O localhost:8800/engine/6/outputs		nu læringen hæringen læringen hæringen læringen læringen læringen hæringen læringen hæringen læringen hæringen læringen hæringen læringen hæringen læringen hæringen		୯ ି	合自	÷	î (• •	=
	Back to	o Calculations						? 0	EM
	Outpu	its from calculation 6							
	ID	Name	Туре	Action					
	9	heurves	hcurves	Download csv Download xml Download geojson					
	10	hmaps	hmaps	Download hdf5					
				Download xml Download geojson Download hdf3					

localhost:8800/v1/calc/6/result/9?export_type=xml ecoloack	
🕋 🔝 🎦 🚍 🚺 🚺 OpenQuake engi	💵 💈 🖻 🗛 回 13:16 🕛

図 3.4.9 WebUI を使用した計算その 9

「Outputs」ボタンで、出力ファイル一覧を表示し、それぞれをクリックするとデータをダウンロードできる

) (i) localhost:8800/engine		File Upload	-	- + × 📩 🖈	ė -1	F 1	ñ 9	
⑦ localhost-8800/engine ○PENQUAKE ENGINE	Image: Image	File Upload yuake CEM oq-demos risk ClassicalDamage ClassicalRisk E CentiBasedRisk ScenarioDamage ScenarioRisk ClassicalDamagezip ClassicalBisk.rip ScenarioRisk ScenarioRisk ClassicalBisk.rip ScenarioRisk.rip ScenarioRisk.rip	 Size Modi 13:08 22/06 22/06 22/06 22/06 122.3 kB 22/06 146.0 kB 22/06 146.0 kB 22/06 126.2 kB 22/06 	+ + × ★				
			All Fil	les 💌				

図 3.4.10 WebUI を使用した計算その 10

「Run Risk」ボタンをクリックすると、リスク計算用のファイル選択画面が表示されるので、リスク計算用のファイルが含まれたハザードと同じ圧縮ファイルを選択する

	reparation T	× 19 W	alcomet.	OpenQuake engine - Mozi	lla Firerox							- +
Opendative engine Iocalhost:8800/engine	reporteion n.		etcomer-	opengu + er diende gemood en +	ି ଜ ବି	Search	*	Ê	÷	ŵ	7 0	
) OPENQUAKE ENGINE	🕖 Run a Ca	lculation									?	GEN
	List of c	alculatio	ıs									
	ID	User	Туре	Description	Status	Action						
	New				executing							
	6	openquake	hazard	Classical PSHA Demo (Nepal)	complete	Console Remove						
						Outputs Run Risk						

OpenQuake Engine 2.0.0 License Feedback			💵 🖁 陷 🃭 🐨 13:16 🕛			
	図 3.4.11	WebUI を使用した計算その 11				
リスクの計算開始後の状態						

	reparation	T x ARW	elcomet-	OpenQuake engine - Mozilla Fire	fox						- + :
O localhost:8800/engine	- cpui u ciu			oberidani 🥵 arenaa Bernad anni	ା ୯ (ସ	. Search	† 🗎	+	ŵ	9	• =
OPENQUAKE ENGINE	Runa	Calculation								?	GEN
	List of	fcalculation	15								
	ID	User	Туре	Description	Status	Action					
	7	openquake	risk	Classical Probabilistic Risk Demo (Nepal)	executing	Console Remove					
	6	openquake	hazard	Classical PSHA Demo (Nepal)	complete	Console Remove Outputs Run Risk					

図 3 1 12 Wablit た	庙田」た計質その 19	
凶 J. 4. 12 WEDUI 在	使用した計算での12	
リスクの計	・篁中の画面	
OpenQuake engine	e - Mozilla Firefox	
rabost-8800/engine	C Q Search	★ 白 ↓ ☆ Θ
2016-07-05T04:16:42.12, INFO, MainProcess/1590, Read 2273 hazard site(s)		
2010-07-05104:10:42.19, INFO, MainProcess/1590, Reading the exposure	correct 0 secate outcide the region	
2016-07-05104:16:48.71 WARNING MainProcess/1590 Associated 9144 assets to 2273 sites. 0 discarded	carded o assees outside the region	
2016-07-05T04:16:48.97, INFO, MainProcess/1590, Preparing the risk input		
2016-07-05T04:16:48.97,INFO,MainProcess/1590,Preparing the risk input 2016-07-05T04:16:49.38,INFO,MainProcess/1590,Built 5 risk inputs		
2016-07-05T04:18:48.29,7LHCD_MAInFrocess/1500_0Preparing the risk input 2016-07-05T04:18:49.30,IHGO_MAInFrocess/1500_Bullt 5 risk inputs 2018-07-05T04:18:49.42,IHGO_MAInFrocess/1509_Submitting task disaical_risk #1		
2016-07-05T04:16:48.97,INFO,MainProcess/1590,Preparing the risk input 2016-07-05T04:16:48.93,INFO,MainProcess/1590,Built 5 risk inputs 2016-07-05T04:16:49.42,INFO,MainProcess/1590,Submitting task classical_risk #1 2016-07-05T04:16:49.51,INFO,MainProcess/1590,Submitting task classical_risk #2		
2018-07-05T04:18:48.97,INFO,MainProcess/1590,Preparing the risk input 2018-07-05T04:18:49.38,INFO,MainProcess/1590,Built 5 risk inputs 2018-07-05T04:18:49.42,INFO,MainProcess/1590,Submitting task classical_risk #1 2018-07-05T04:18:49.51,INFO,MainProcess/1590,Submitting task classical_risk #2 2018-07-05T04:18:49.59,INFO,MainProcess/1590,Submitting task classical_risk #3		
2016-07-05T04:16:48.97,INFO, MainProcess/1590,Preparing the risk input 2016-07-05T04:16:40.33,INFO, MainProcess/1590,Built 5 risk inputs 2016-07-05T04:16:40.42,INFO, MainProcess/1590,Submitting task classical_risk #1 2016-07-05T04:16:40.51,INFO, MainProcess/1590,Submitting task classical_risk #2 2016-07-05T04:16:40.50,INFO,MainProcess/1590,Submitting task classical_risk #3 2016-07-05T04:16:40.50,INFO,MainProcess/1590,Submitting task classical_risk #4		
2016-07-05T04:18:48.07,TMFD.MainProcess/1509.0Freparing the risk input 2016-07-05T04:18:49.38,TMFD,MainProcess/1509.Bublit 5 risk input 2018-07-05T04:18:49.42,TMFD,MainProcess/1509.Submitting task classical_risk #1 2016-07-05T04:18:49.59,TMFD,MainProcess/1509.Submitting task classical_risk #2 2016-07-05T04:18:49.59,TMFD,MainProcess/1509.Submitting task classical_risk #3 2016-07-05T04:18:49,08,TMFD,MainProcess/1509.Submitting task classical_risk #3 2016-07-05T04:18:49,08,TMFD,MainProcess/1509.Submitting task classical_risk #4 2016-07-05T04:18:49,08,TMFD,MainProcess/1509.Submitting task classical_risk #5		
2816-07-05T04:154:48.297,INFO,MainProcess/1500,Dergaring the risk input 2816-07-05T04:15:40-32,INFO,MainProcess/1500,Bullt 5 risk input 2816-07-05T04:16:40-32,INFO,MainProcess/1500,Submitting task classical_risk #1 2816-07-05T04:16:40-55,INFO,MainProcess/1500,Submitting task classical_risk #2 2816-07-05T04:16:40-50,INFO,MainProcess/1500,Submitting task classical_risk #3 2016-07-05T04:16:40-50,INFO,MainProcess/1500,Submitting task classical_risk #3 2016-07-05T04:16:40-50,INFO,MainProcess/1500,Submitting task classical_risk #4 2016-07-05T04:16:40-51,INFO,MainProcess/1500,Submitting task classical_risk #5 2016-07-05T04:16:40-80,INFO,MainProcess/1500,Submitting task classical_risk #5		
2016-07-05T04:18:48.97, INFO, MainProcess/1500, Preparing the risk input 2016-07-05T04:18:140.28, INFO, MainProcess/1500, Bullt 5 risk input 2016-07-05T04:18:140.42, INFO, MainProcess/1500, Submitting task classical_risk #1 2016-07-05T04:16:40.55, INFO, MainProcess/1500, Submitting task classical_risk #2 2016-07-05T04:16:40.50, INFO, MainProcess/1500, Submitting task classical_risk #3 2016-07-05T04:16:40.50, INFO, MainProcess/1500, Submitting task classical_risk #3 2016-07-05T04:16:40.51, INFO, MainProcess/1500, Submitting task classical_risk #3 2016-07-05T04:16:40.80, INFO, MainProcess/1500, Submitting task classical_risk #5 2016-07-05T04:16:40.80, INFO, MainProcess/1500, Sent 2.04 M8 of data in 5 task(s)		
2016-07-05T04:18:48.97, INFO, MainProcess/1500, Preparing the risk input 2016-07-05T04:18:49.30, INFO, MainProcess/1500, Built 5 risk inputs 2016-07-05T04:18:49.20, INFO, MainProcess/1500, Submitting task classical_risk #1 2016-07-05T04:18:49.50, INFO, MainProcess/1500, Submitting task classical_risk #3 2016-07-05T04:18:49.50, INFO, MainProcess/1500, Submitting task classical_risk #3 2016-07-05T04:18:49.80, INFO, MainProcess/1500, Submitting task classical_risk #3 2016-07-05T04:18:49.81, INFO, MainProcess/1500, Submitting task classical_risk #5 2016-07-05T04:18:49.81, INFO, MainProcess/1500, Submitting task classical_risk #5		Auto Scroil Clove

図 3.4.13 WebUI を使用した計算その 13 「Console」をクリックして、リスクのログを表示する

File Edit View History Bookmarks	Tools H	lelp	-1	OpenQuake engine - Mozilla Firefo	х						- + ×
OpenQuake engine × 20 input Pr O localhost:8800/engine	reparation i	× ≰⊈rwi	elcome! -	OpenQu × () GICHUD-gem/oq-en × +	ď	Search	* 🗎	+	Â	ø	• =
	Run a C	Calculation								?	GEM
	List of	calculation	ıs								
	ID	User	Туре	Description	Status	Action					
	7	openquake	risk	Classical Probabilistic Risk Demo (Nepal)	complete	Console Remove Outputs					
	6	openquake	hazard	Classical PSHA Demo (Nepal)	complete	Console Remove Outputs Run Risk					

OpenQuake Engine 2001 Li	eenee Fredhack Quake engi 図 3. 4. 14	WebUI を使用した計 計算終了した状態	算その 14	112 2 P t↓ © 1402 ()
M OpenQuake engine: X M Input Pro	OpenQuake o	engine: outputs from calculation 7 - Mozilla Fir	refox	- + x
(I localhost:8800/engine/7/outputs	epindeon n · · · · · · · · · · · · · · · · ·	er olendo-genyod en +	C Q Search	☆ 自 ♣ ♠ ❷ ♥ ☰
	Back to Calculations			? GEM
	Outputs from calculation 7 ID Name 11 loss_curves-rizs 12 loss_maps-rizs	Type loss_curvesrt loss_maps+th	Action 25 Download cav Download aml Download aml Download aml Download goojson 5 Download goojson Download goojson	



「Outputs」をクリックして、出力データの一覧表示する

3.4.2 コマンドラインによる計算実行方法

(1) 概要

OpenQuake-engine はもともと Linux 上で開発されたプログラムであるため、コマンドラインでの使用が基本であった。ここでは、2017 年 3 月現在の OpenQuake-engine バージョン 2.3 における oq コマンドの一連の使用方法を説明する。

(2) 実行方法

1 oq

OpenQuake-engineの基本コマンドは「oq」というコマンドであり、このコマンドにオプ ションを引数として実行する。「oq」コマンドを引数なしで実行すると、簡単な使用方法が 表示され、「oq」コマンドで使用可能な引数が表示される(コマンド 3.4.1)。「oq」コマン ドで使用できるオプションと簡単な説明を表 3.4.1 に示した。

コマンド 3.4.1 oq コマンドの実行

usage: oq [--version]

{reduce, show_attrs, to_hdf5, to_shapefile, info, purge, upgrade_nrml, webui, plo
2 t_sites, dbserver, plot_lc, show, from_shapefile, db, tidy, plot_uhs, plot, run_ti
les, engine, run, export, reset, run_server, plot_ac, help}

og: error: too few arguments

引数名	説明				
run	計算を実行する				
engine	伝統的なコマンドライン API を使用した計算を実行する				
info	情報を表示する				
reduce	ランダムにノードをサンプリングしてファイル名からサブモデルを生 成する				
reset	保存されたデータをすべて削除する				
purge	計算結果を削除する				
export	保存されたデータから出力をエクスポートする				
from_shapefile	ESRI Shapefile 形式の震源ファイルから nrml 形式ファイルへ変換する				
to_shapefile	nrml 形式の震源ファイルから ESRI Shapefile 形式ファイルへ変換する				
to_hdf5	npz ファイルを hdf5 へ変換する				
show	データストアに保存された内容を表示する				
show_attrs	保存されたデータ内の HDF5 データセットの属性を表示する				
upgrade_nrml	最新の NRML に変換する				
tidy	NRML を再フォーマットする				
plot	ハザードカーブをプロットする				
plot_uhs	一様ハザードスペクトルをプロットする				
plot_lc	ロスカーブをプロットする				

表 3.4.1 「oq」コマンドで使用できるオプション

引数名	説明				
plot_ac	累計のロスカーブをプロットする				
plot_sites	計算するハザードのサイトを簡易的にプロットする。				
webui	フォアグラウンドで WebUI サーバーを開始するか Django アプリケーションのほかの操作を実行する				
db	データベースを操作するコマンドを実行する				
dbserver	データベースサーバーを操作する				
run_server	与えられたデータベースファイルとポート番号で DbServer を実行する				
help	ヘルプを表示する				

実際に計算を実行するのは、「oq run」あるいは「oq engine」である(コマンド 3.4.2、コ マンド 3.4.3)。その他は必要に応じて、データを参照したり、確認したりするために使用 される。「oq plot」コマンドでハザードカーブのプロットもできるが、簡易的なプロットで あることに留意する必要がある。

コマンド 3.4.2 「oq run」コマンドを使用した計算の実行

1 oq run job.ini

コマンド 3.4.3 「oq engine」コマンドを使用した計算の実行

1 oq engine --run job.ini

1) oq run

「oq run」コマンドは計算を実行する。使用方法はコマンド 3.4.4 に示したように、「job_ini」 (計算の構成ファイル)を指定する。必要に応じてオプションを指定する。オプションは 表 3.4.2 に示した。ここで、[]で指定されるオプションは、いずれかを指定するという意味 であり、[]がない場合は必須であることを意味する。また、これ以降[-h]オプションが出て くるが、これはヘルプを表示するものであり、今後の説明を省略する。

コマンド 3.4.4 「oq run」コマンドの使用方法

	oq run [-h] [-s SLOWEST] [hc HC] [-p PARAM [PARAM]] [-c 120] [-e]
1	[-I {debug, info, warn, error, critical}] [-d]	
	job_ini	

表 3.4.2 「oq run」コマンドラインオプション

オプション	説明
help, -h	ヘルプメッセージを表示する
s SLOWEST,slowest SLOWEST	前の計算時に最も遅かった操作を表示する
hc HC	前の計算 ID を指定する
-p PARAM [PARAM],param PARAM [PARAM]	NAME=VALUE でパラメータを上書きする
-c 120,concurrent-tasks 120	並列タスク数を指定する
-e,exports	出力フォーマットをカンマ区切りで指定する

オプション	説明
-l {debug, info, progress, warn, error, critical}log-level {debug, info, progress, warn, error, critical}	ログレベル デフォルトは"info"
-d,pdb	エラーの際にデバッグする

2) oq engine

「oq engine」コマンドは、伝統的なコマンドライン API を使用した計算を実行する。「oq engine」コマンドの使用方法は、コマンド 3.4.5 に示した。計算の実行方法はコマンド 3.4.6 に、その他の使用可能なオプションを表 3.4.3 にまとめた。

コマンド 3.4.5	Fog engine」	コマンドの使用方法

1	oq engine [-h] [log-file LOG_FILE] [no-distribute] [-y] [-c CONFIG_FILE] [make-html-report YYYY-MM-DD today] [-u] [-v] [-w] [run-hazard CONFIG_FILE] [run-risk CONFIG_FILE] [run CONFIG_FILE] [list-hazard-calculations] [list-risk-calculations] [delete-calculation CALCULATION_ID] [delete-uncompleted-calculations] [hazard-calculation-id HAZARD_CALCULATION_ID] [list-outputs CALCULATION_ID] [show-log CALCULATION_ID] [export-output OUTPUT_ID TARGET_DIR] [export-outputs CALCULATION_ID TARGET_DIR] [-e] [-1] {debug, info, warn, error, critical}]
---	--

コマンド 3.4.6 「oq engine」コマンドを使用した計算の実行

1 oq engine --run job.ini

表 3.4.3 「oq engine」コマンドラインオプション

オプション	説明
log-file LOG_FILE, -L LOG_FILE	ログメッセージの保存場所を指定する(なければ、 標準出力(標準エラー出力)となる)
no-distribute,nd	タスクを分散した計算をせずに一プロセスで計算 する (デバッグやプロファイリングに使用される)
-y,yes	質問に対して、自動的に yes と答える
-c CONFIG_FILE,config-file CONFIG_FILE	カスタム openquake.cfg ファイルを指定する(デフ ォルト設定を上書きする)
make-html-report YYYY-MM-DD today, -r YYYY-MM-DD today	指定日の計算の HTML 形式レポートを作成する
-u,upgrade-db	openquake データベースをアップグレードする
-v,version-db	openquake データベースのバージョンを表示する
-w,what-if-I-upgrade	openquake データベースをアップグレードすると、 何が起きるかを表示する
run-hazard CONFIG_FILE,rh CONFIG_FILE	指定した設定ファイルでハザード計算を実行する
run-risk CONFIG_FILErr CONFIG_FILE	指定した設定ファイルでリスク計算を実行する
run CONFIG_FILE	特定の設定ファイルでジョブを実行する

オプション	説明
list -hazard-calculations,lhc	ハザードの計算結果一覧を表示する
list-risk-calculations,lrc	リスクの計算結果一覧を表示する
delete- calculations CALCULATION_ID,dc CALCULATION_ID	CALCULATION_ID で指定した計算結果をすべて 消去する
delete-uncompleted-calculations,duc	すべての不完全な計算結果を消去する
hazard-calculation-id HAZARD_CALCULATION_ID, hc HAZARD_CALCULATION_ID	次の計算の入力としてハザードのジョブ ID を指定 する
list-outputs CALCULATION_ID,lo CALCULATION_ID	指定した計算の出力をリスト化する
show-log CALCULATION_ID,sl CALCULATION_ID	指定した計算のログを表示する
export-output OUTPUT_ID TARGET_DIR,eo OUTPUT_ID TARGET_DIR	指定したディレクトリに要求した出力ファイルを エクスポートする
export-outputs CALC_ID TARGET_DIR,eos CALCULATION_ID TARGET_DIR	指定したディレクトリに指定した計算結果すべて をエクスポートする
-e,exports EXPORT_FORMATS	出力フォーマットをカンマ区切りで指定する
-l {debug, info, progress, warn, error, critical}log-level {debug, info, progress, warn, error, critical}	ログレベルを指定する(デフォルトは"info")

3) oq info

「oq info」コマンドは、OpenQuake-engine で計算可能な種々のパラメータを確認できる。 使用方法はコマンド 3.4.7 に、指定可能なオプションは表 3.4.4 に示した。

コマンド3.4.7 「oq info」コマンドの使用方法 1 oq info [-h] [-c] [-g] [-v] [-e] [-b] [-r] [input_file]

オプション	説明
-c、calculators	利用可能な計算モードを表示する
-g、gsims	利用可能な GSIM を表示する
-v,views	利用可能な表示方法を表示する
-e,exports	利用可能な出力形式を表示する
-b、build-reports	rst フォーマットでレポートを作成する
-r、report	rst フォーマットでレポートを作成する

表 3.4.4 「oq info」コマンドラインオプション

4) oq reduce

「oq reduce」コマンドは、ランダムにノードをサンプリングすることで、「fname」ファ イルからサブモデルを作成する。震源モデル、サイトモデル、exposure モデルがサポート されている。特別なケースとして、行をサンプリングすることで、csv ファイルもまた減 ずることができる。これは、大規模計算を小規模にして、デバッグしやすいようにするた めに使われる。コマンド 3.4.8 に示すように、「fname」でファイル名を指定し、 「reduction factor」で 0~1 の範囲で減少率を指定する。

コマンド3.4.8 「oq reduce」コマンドの使用方法

1 oq reduce [-h] fname reduction_factor

5) oq reset

「oq reset」コマンドは、保存されたデータを削除する。使用方法はコマンド 3.4.9 に示 したとおりである。通常は、削除してもよいかの確認があるが、「-y」を指定すれば、確認 なしに削除する。

コマンド 3.4.9 「oq reset」コマンドの使用方法

6) oq purge

「oq purge」コマンドは計算結果を削除する。コマンド 3.4.10 に示したように、「calc_id」 (計算のジョブ番号)を指定する。「calc id」に 0 を指定すれば、全結果を削除する。

コマンド 3.4.10 「oq purge」コマンドの使用方法

1 oq purge [-h] calc_id

1 oq reset [-h] [-y]

7) oq export

「oq export」コマンドは、保存されたデータから出力をエクスポートする。「datastore_key」 でデータ名を指定し、「export_dir」で出力場所(指定しなければ実行時のフォルダ)、「calc_id」 で計算 id (指定しなければ、データに含まれるものすべて)を指定し、エクスポートする。 「calc_id」を指定しない場合は、最後に計算したデータをエクスポートする。使用方法と コマンドラインオプションは、コマンド 3.4.11 および表 3.4.5 に示した。

コマンド 3.4.11 「oq export」コマンドの使用方法 1 oq export [-h] [-e csv] datastore_key [export_dir] [calc_id]

表 3.4.5 「oq export」コマンドラインオプション

オプション	説明
-e csv,exports csv	csv 形式でエクスポートする
-d .,export –dir .	エクスポートするディレクトリを指定する

8) oq from_shapefile

「oq from_shapefile」コマンドは、ESRI Shapefile 形式から nrml 形式の震源モデルファイルへ変換するコマンドである。「oq from_shapefile」の使用方法はコマンド 3.4.12 に、オプションについては、表 3.4.6 に示した。

コマンド 3.4.12 「oq from_shapefile」コマンドの使用方法 oq from_shapefile [-h] [-o OUTPUT] [-v] input_shp_files [input_shp_files ...]

表 3.4.6 「oq from_shapefile」コマンドのコマンドラインオプション

オプション	説明
input_shp_files [input_shp_files]	震源モデルの ESRI Shapefile
-o OUTPUT,output OUTPUT	出力ファイル名 (拡張子は不要)
-v,validate	入力モデルの妥当性をチェックする

9) oq to_shapefile

「oq to_shapefile」コマンドは、nrml 形式の震源モデルファイルから ESRI Shapefile 形式 へ変換するコマンドである。nrml ファイルで定義された震源形状によって複数のファイル に分割されて、シェープファイルが作成される。「oq to_shapefile」の使用方法はコマンド 3.4.13 に、オプションについては、表 3.4.7 に示した。

コマンド 3.4.13 「oq to_shapefile」コマンドの使用方法 1 oq to_shapefile [-h] [-o OUTPUT] [-v] input_nrml_file

表 3.4.7 「oq to_shapefile」コマンドのコマンドラインオプション

オプション	説明
input_nrml_file	震源モデルの nrml 形式ファイル
-o OUTPUT,output OUTPUT	出力ファイル名 (拡張子は不要)
-v,validate	入力モデルの妥当性をチェックする

10) oq to_hdf5

「oq to_hdf5」コマンドは、".npz"形式のファイルから".hdf5"形式へ変換するコマンドである。「oq to_hdf5」の使用方法はコマンド 3.4.14 に示した。「input」で".npz"形式のファイル名を記述し、実行すると、".hdf5 形式"のファイルに変換される。

コマンド 3.4.14 「oq to_hdf5」コマンドの使用方法 1 oq to_hdf5 [-h] [input [input ...]]

11) oq show

「oq show」コマンドはデータストアに保存された内容を表示する。使用方法はコマンド 3.4.15 に示したように、「what」と必要に応じて「calc_id」(計算のジョブ番号)を指定す る。「calc_id」を指定しない場合は、最後に計算したデータを表示する。「what」は何を表 示するかであるが、現在確認できているのはすべての情報を表示する「all」、とハザードカ ーブに関する「hcurves」等である。

コマンド 3.4.15 「oq show」コマンドの使用方法

1 oq show [-h] what [calc_id]

12) og show_attrs

「oq show_attrs」コマンドは、HDF5 形式ファイルに含まれるデータの属性を表示する。 使用方法はコマンド 3.4.16 に示した。key で保存された HDF5 形式のファイルを指定し、 calc_id で計算 id (指定しなければ、データに含まれるものすべて)を指定する。「calc_id」 を指定しない場合は、最後に計算したデータを表示する。

コマンド 3.4.16 「oq show_attrs」コマンドの使用方法 1 oq show_attrs [-h] key [calc_id]

13) oq upgrade_nrml

「oq upgrade_nrml」コマンドは与えられたフォルダ内の nrml ファイルを最新の nrml 形 式に変換する。サブフォルダに関しても適用される。使用方法はコマンド 3.4.17 に示した ように、「directory」(フォルダ名)を指定する。「-d」を指定すると、実際には置き換えず にテスト結果を表示する。

コマンド 3.4.17 「oq upgrade_nrml」コマンドの使用方法 1 oq upgrade_nrml [-h] [-d] directory

14) oq tidy

「oq tidy」コマンドは、標準形の NRML フォーマットを再フォーマットする。浮動小数 の精度を標準形に減ずることも行う。もしファイルが妥当でなければ、明白なエラーメッ セージが表示される。コマンド 3.4.18 に示すように「fnames」にファイル名を指定する。 空白区切りで複数のファイル名を指定できる。

コマンド 3.4.18 「oq tidy」コマンドの使用方法 1 oq tidy [-h] fnames [fnames ...]

15) oq plot

「oq plot」コマンドは、ハザードカーブをプロットする。コマンドの使用方法とコマン ドラインオプションをコマンド 3.4.19 および表 3.4.8 に示した。「calc_id」で計算 ID を指定 する。別の計算と比較したい場合は「other_id」指定する。「-s」の後に、観測点インデッ クスを指定し、特定の観測点のみプロットすることもできる。

コマンド 3.4.19 「oq plot」コマンドの使用方法

1 oq plot [-h] [-s 0] calc_id [other_id]

表 3.4.8 「oq plot」コマンドラインオプション

オプション	説明
help, -h	ヘルプメッセージを表示する
-s 0,sites 0	観測点インデックスで指定する場合に使用する

16) og plot_uhs

「oq plot_uhs」コマンドは、UHS をプロットする。コマンドの使用方法とコマンドライ ンオプションをコマンド 3.4.20 および表 3.4.9 に示した。「calc_id」で計算 ID を指定する。 「-s」の後に、観測点インデックスを指定し、特定の観測点のみプロットすることもでき る。

コマンド 3.4.20 「oq plot_uhs」コマンドの使用方法 1 oq plot_uhs [-h] [-s 0] calc_id

表 3.4.9 「oq plot_uhs」コマンドラインオプション

オプション	説明
help, -h	ヘルプメッセージを表示する
-s 0,sites 0	観測点インデックスで指定する場合に使用する

17) oq plot_lc

「oq plot_lc」コマンドは、ロスカーブをプロットする。コマンドの使用方法はコマンド 3.4.21 に示した。「calc id」で計算 ID を指定し、「aid」で資産 ID を指定する。

コマンド 3.4.21 「oq plot_lc」コマンドの使用方法

1 oq plot_lc [-h] calc_id aid

18) oq plot_ac

「oq plot_ac」コマンドは、累積のロスカーブをプロットする。コマンドの使用方法はコ マンド 3.4.22 に示した。「calc_id」で計算 ID を指定し、「aid」で資産 ID を指定する。

コマンド 3.4.22 「oq plot_ac」コマンドの使用方法 1 oq plot_ac [-h] calc_id aid

19) oq plot_sites

「oq plot_sites」コマンドは震源と最大距離の情報から観測点の位置を簡易的にプロット する。使用方法はコマンド 3.4.23 に示したように、「calc id」を指定する。

コマンド 3.4.23 「oq plot_sites」コマンドの使用方法

1 oq plot_sites [-h] calc_id

20) oq webui

「oq webui」コマンドはフォアグラウンドで WebUI サーバーを開始するか、Django アプリケーションのその他の操作を実行する。使用方法とコマンドラインオプションはコマンド 3.4.24 および表 3.4.10 にまとめた。

コマンド 3.4.24 「oq webui」コマンドの使用方法

1 oq webui [-h] {start, syncdb} [hostport]

表 3.4.10 「oq webui」コマンドのコマンドラインオプション

オプション	説明
{start, syncdb}	WebUI コマンド
hostport	WebUI が使用するホスト名とポート番号。 デフォルトは'127.0.0.1:8800'

21) oq db

「oq db」コマンドはデータベースを操作するコマンドを実行する。使用方法はコマンド 3.4.25 に示したように、cmd (db コマンド)を指定する。引数として args を指定すること もできる。

コマンド 3.4.25 「oq db」コマンドの使用方法

1 oq db [-h] cmd [args]

22) og dbserver

「oq dbserver」コマンドは、データベースサーバーをスタート/ストップ/再起動するため に使用する。コマンド 3.4.26 に使用方法を示した。status を指定することで、現在の状態 を表示する。

コマンド 3.4.26 「oq dbserver」コマンドの使用方法 1 oq dbserver [-h] {start, stop, status, restart}

23) oq run_server

「oq run_server」コマンドは、与えられたデータベースファイルとポート番号で DbServer を実行する。コマンド 3.4.27 に使用方法を示した。ファイルが指定されなければ、 openquake.cfg の設定を使用する。オプションは表 3.4.11 に示した。

コマンド3.4.27 「oq run_server」コマンドの使用方法

1 oq run_server [-h] [-| WARN] [dbpathport] [logfile]

表 3. 4. 11 「oq run_server」コマンドのコマンドラインオプション

オプション	説明
dbpathport	データベースファイルのパスとポート番号。デフ オルトは None
logfile	ログファイル名。 デフォルトは/var/lib/openquake/dbserver.log
-l WARN,loglevel WARN	ログレベルを指定する。WARN あるいは INFO

24) oq help

「oq help」コマンドは、各コマンドのヘルプを表示する。使用方法は、コマンド 3.4.28 のとおりである。

コマンド 3.4.28 「oq help」コマンドの使用方法

1 oq help [-h] [cmd]

3.5 Input Preparation Toolkit

OpenQuake Platform では、Input Preparation Toolkit として、設定ファイルや各種モデルフ ァイルの作成のためのツールキットを提供している。使用は、ウェブブラウザから行う。

- 1. OpenQuake Platform (https://platform.openquake.org) にログインする。
- 上段「Calculation」タブをクリックすると「OpenQuake Calculate」のページが開く(図 3.5.1)。
- 3. 「Modelling Tools:」の「Risk Input Preparation Toolkit」をクリックすると「Input Preparation Toolkit」が開く(図 3.5.2)。
- 使用したい機能に合わせて、「Exposure」(exposure モデル作成ツール、図 3.5.3)、 「Fragility」(fragility モデル作成ツール、図 3.5.4)、「Vulnerability」(vulnerability モ デル作成ツール、図 3.5.5)、「Earthquake Rupture」(地震の発生確率を含まない震源 モデル作成ツール、図 3.5.6)、「Site Conditions」(観測点特性ファイル作成ツール、 図 3.5.7)、「Configuration file」(設定ファイル作成ツール、図 3.5.8)を選択する。

それぞれの使用方法はここでは割愛するが、Configuration file、Earthquake Rupture については、実際の計算例部分(「3.6 各計算タイプにおけるハザード・リスクの計算方法」(p.105 ~)) で紹介する。



図 3.5.1 OpenQuake Platform「Calculate」タブ
) 🛈 🚯 https://platform.openquake	ore/ipt/			同ピーの被索	☆ 自 ♣ 合 ♡
OPENQUAKE	Calculate	Share	Explore		👗 tahara 🔹 🔍 <table-cell> G</table-cell>
		INPLIT	PREPARATION TO	JI KIT	
			TREP IN TOTATO	O LIVIT	
		Exposure	Fragility Vulnerability Earthquake Rupture	Site Conditions Configuration File	
		1. Use this form	to modify the table header.		
			Description:		
			Structural Costs:	None	
			Nonstructural Costs:	None	
			Contents Costs:	None	
			Business Interruption Costs:	None	
				□ Bay	
				🗖 Transit	
		2. Copy and pas	ite values from a spreadsheet into the table below OR up	oad a CSV file with the same columns number.	
		参照 ファイル	が磨袂されていません。		
		id I	ongitude latitude taxonomy number		
		2			
		2			
		New Row			
		Convert to NRM	L		

図 3.5.2 Input Preparation Toolkit デフォルト画面

mut Preparation Toolkit - Op ×	+				
🗲 🛈 🗞 https://platform.openquake.	ore/ipt/			12 で 9. 後未	☆自∔合♡
OPENQUAKE	Calculate	Share	Explore		👗 tahara - 🔍 ? < GE
		INPUT	PREPARATION TO	DOLKIT	
		1. Use this form	ragiity Vuinerability Earthquake Rupture	Site Conditions Configuration File	
			Description:		
			Structural Costs:	None	
			Nonstructural Costs:	None	
			Contents Costs:	None	
			Business Interruption Costs:	None	
			Occupants:	Day	
		2. Copy and pa	ste values from a spreadsheet into the table below Of	Rupload a CSV file with the same columns number.	
		客照 ファイル	が選択されていません。		
		id 1	longitude latitude taxonomy number		
		2			
		New Row			
		Convert to NRI	AL		

図 3.5.3 exposure モデルファイル作成ツール

各テキストボックスに必要な情報を入力後、下方のテーブルに表計算ソフトからデータを コピーして入力するか、csv 形式のファイルをアップロードして、「Convert to NRML」を 押すと、exposure モデルを作成できる

	onø/ip1/		[2] で (9. 秋本)	合自 🗣 合
OPENQUAKE	Calculate Share	e Explore		👗 tahara 🔹 🔍 <mark>?</mark> < 🕻
	INPC	TEREFARA	ION TOOLKIT	
	Exposure	Fragility Vulnerability	arthquake Rupture Site Conditions Configuration File	
	1. Use this	form to initialize the fragility model.		
		Fragility Model Id:		
		Asset Category:	buildings	
		Loss Category:	Structural	
		Description:		
		Damage States		
		(comma separateu).	slight, moderate, extensive,	
	2. Use the	'Add Discrete Function' and 'Add Cor	nuous Function' buttons to generate as many discrete and continuous fragility function sets (#s) as	
	needed. Generate a	NRMI file by clicking 'Convert to NR	If once tables are populated	
	DISCRET		Remove Function	
	Id:	DCA	intensity measure slight moderate extensive complete	
	Damage Lin	nit:		
			Add Row	

図 3.5.4 fragility モデルファイル作成ツール

各テキストボックスやテーブルを入力後に「Convert to NRML」を押すと、fragility モデ ルを作成できる

M Input Preparation Toolkit - Op X	+					<u>=0 ×</u>
(Interstity at the state of th	onø/ip1/			同一で「へ、後余	☆ ● ● ◆ ●	, ≡
OPENQUAKE	Calculate	Share	Explore		👗 tahara - 🔍 ? 🤇	GEM
		INPUT Exposure	PREPARA Fragility Vulnerability	TION TOOLKIT Earthquake Rupture Site Conditions Configuration File		
		1. Use this form	n to initialize the vulnerability mo	del.		
			Vulnerability Model In Asset Category: Loss Category: Description:	E buildings Structural		
		2. Use the 'Add populate the tal create new row	Probability Mass Function' & '7 ble and form for each function. G s in the discrete table using the	dd Discrete Function' buttons to generate as many valverability kunction forms as needed. Next enerate a NRML Be by click 'Convert to NRML' when done populating the tables Optionally one can control key.		
		PROBABILI	TY MASS FUNCTION	Remove Function	Í.	
		ld:		loss ratio probabilities		
		IMT:	PGA			
		IML:	imls array			
		Add Probabilit	y Mass Function Add Disc	rete Function		
		Convert to NRI	AL			

図 3.5.5 vulnerability モデルファイル作成ツール

各テキストボックスやテーブルを入力後に「Convert to NRML」を押すと、vulnerability モデルを作成できる

Intervention in	we/ipt/		同じて見られた	
OPENQUAKE	Calculate Share	e Explore		👗 tahara 🕤 🔍 <mark>?</mark> < (
	INPU	JI PREPARATION IC	JOLKII	
	Exposure	Fragility Vulnerability Earthquake Rupture	Site Conditions Configuration File	
		Magnitude (Mw) ?:	6.0	
		Rake (degrees) ?:	-180 ≤ float ≤ 180	
	Hypocen	Longitude (degrees):	.180 < 8mmi < 180	
		Latitude (degrees):	-90 ≤ float ≤ 90	
		Depth (km):	float ≥ 0	
	Rupture	уре		
		Select rupture type:		
		Arbitrary Fault Ruptu Single Planar Rupture OR Multi-Pla	rre 🔷 Ĉ Simple Fault Rupture 🔋 inar Rupture 🍞 📔 🗖 Complex Fault Rupture 🍞	
	Arbitrary	Fault Rupture		
		Strike (degrees)	0	
		Calculate Geometry	v	
		Arbitrary Geometry:		
		Longitude (°) Latitude (°) topLeft) Depth (km)	
		topRight bottomLeft		
		bottomRight		

図 3.5.6 断層モデル作成ツール

地震の発生確率を含まない4パターンの断層モデルを作成できる

Input Preparation Toolkit - O; × +							
(Intps://platform.openquake.org/ip	V			にして、彼希	☆自	+ +	∍≡
OPENQUAKE	Calculate	Share	Explore		👗 tahara 👻 💽	? <	GEM
		IN PUT Exposure 1. Copy and par 何度二、ファイル 1 2 3 New Row Convert to NRN	PREPAR Fragity Vulnerabilit ste values from a spreads b/#BF3TT(LV#t4~ e Latitude Vs30 Vs30	ATION TOOLKIT ay Entropushe Regizin Bits Conditions Configuration Fair attract to the table below OR updated a CSV life with the same columns number. Dippe Depth 1 km/s Depth 2.5 km/s attract to the table below OR updated a CSV life with the same columns number.			

図 3.5.7 観測点特性モデル作成ツール

Vs30 などの情報を入力後、「Convert to NRML」を押すと、観測点特性モデルを作成できる

🛈 🗞 https://platform.openquake	one/ipt/			1月 ピー 9、秋奈	合自	+ + 0
OPENQUAKE	Calculate	Share	Explore		👗 tahara 👻 🔍	? <
		INPUT	PREPARATIC	INTOOLNIT		
		Exposure	Fragility Vulnerability Earthqu	ake Rupture Site Conditions Configuration File		
		Earthquake Sce	narios Classical Probabilistic St	ochastic Event-Based		
		The OpenQuake s	cenario calculators can be used for the o	alculation of damage distribution statistics or individual asset and portfolio loss statistics for a		
		portiono or building	s nom a single earnquake rupture scen	ano, taking into account aleatory and epistemic ground-motion variability.		
		Choose compor	ents of your configuration file and fill rela	ted fields.		
			Description:	Scenario calculation		
				Clean all Download Zip File		

図 3.5.8 設定ファイル作成ツール

3.6 各計算タイプにおけるハザード・リスクの計算方法

OpenQuake-engine で計算可能な以下の各計算タイプについて、簡単なサンプルを用いて 説明を行う。

- 1. ハザード
 - ✓ Scenario Case
 - ✓ Classical PSHA
 - ✓ Event-based PSHA
 - ✓ Disaggregation
- 2. リスク
 - ✓ Scenario Damage
 - ✓ Scenario Risk
 - ✓ Classical Damage
 - ✓ Classical Risk
 - ✓ Classical BCR

ここでは、種々のパラメータと計算方法の説明にとどめ、地震の発生確率等のデータを用いて実際に各種ハザードの計算を実施する例は「第4章 実データを用いた OpenQuake によるハザード・リスクの計算例」(p.185~)で説明する。

3.6.1 ハザード

(1) Scenario Case

まず、一番簡単な例として、断層モデルを与えて地震動予測式に基づき地震動を計算す る例を示す。OpenQuake-engine では Scenario Case (Scenario-based Hazard) という計算であ る。震源断層を特定した地震動と考えてもよい。この解析は、地震の発生確率を考慮せず、 地震が発生した場合に、地震動の強さを計算するものである。

1) 必要なファイル

確率論的地震ハザード解析とは異なり、地震動予測式で使用する断層モデルと OpenQuake-engine 実行のための設定ファイルの以下の2ファイルが必要となる。

1. 設定ファイル (ファイル 3.6.1)

2. 断層モデル (ファイル 3.6.2)

震源モデルロジックツリーファイルや地震動予測式ロジックツリーファイルは必要ない。 設定ファイルをファイル3.6.1に、断層モデルファイルをファイル3.6.2に示した。Scenario Case の計算では、hazard_outputs セクションには、何も記入しなくても、地震動強さの分

布 (Ground Motion Field)のみ出力される。

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Scenario Calculation with Simple Fault Rupture	計算概要
3	calculation_mode = scenario	モードの選択
4		
5	[sites]	
6	region_grid_spacing = 2	region で指定した範囲内での計算地
		点の刻み(km)
7	region = 80 26, 88 26, 88 31, 80 31	計算領域をカンマ区切りで指定(°)
8		
9	[erf]	
10	rupture_model_file = earthquake_rupture_model.xml	断層モテル デージェント・
11	rupture_mesh_spacing = 5	震源距離計算時に断層モナルを分割
		するサイズ(km)
12	feite second l	
13	$[site_parames]$	V_{α} 20 (m/ $_{\alpha}$)
14 15	reference $vs30$ type = measured	V 530 (m/S) V 530 のタイプ
16	reference depth to $2nt5km$ per sec = 5.0	VS-25km/g とたる深ち(m)
17	reference depth to $1 \text{ pt} 0 \text{ km}$ per sec = 1.00	$V_{S}=2.5 Km/S こなる休さ(Km)$ $V_{S}=1.0 km/g となる深く(m)$
19	reference_uepin_io_1piokin_per_sec = 100.0	$VS = 1.0 \text{ km/s} \geq 2 \sqrt{3} \text{ km/s} \geq (m)$
19	[correlation]	
20	ground motion correlation model =	地震動補正モデル
21		
22	[hazard calculation]	
23	random_seed = 113	統計処理のための乱数のシード値
24	gsim = ChiouYoungs2008	地震動予測式
25	intensity_measure_types = PGA	計算する地震動強さ
26	truncation_level = 3.0	切断正規分布有界レベル

ファイル 3.6.1 Scenario Case で使用する設定ファイル

	ファイル内容	説明
27	maximum_distance = 200	計算する最大距離
28	number_of_ground_motion_fields = 10	計算回数
	 *斜体は選択した GSIM によ	って、使用の有無や変数が異なる

ファイル 3.6.2 Scenario Case で使用する断層モデル

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<simplefaultrupture></simplefaultrupture>	simpleFaultRupture : Simple fault
4	<magnitude>7.0</magnitude>	magnitude: マグニチュードは7
5	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角
6	<hypocenter depth="30" lat="84.4" lon="27.6"></hypocenter>	hypocenter: 震源位置
		<i>lat</i> : 緯度 84.4 度、 <i>lon</i> : 経度 27.7 度、
		<i>depth</i> : 深さ 30km
7	<simplefaultgeometry></simplefaultgeometry>	simpleFaultGeometry: 断層面の形状
		を simple fault タイプを使用する
8	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: 線を使用
9	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
10	85.7 27.3	始点の経度 85.7 度 緯度 27.3 度
11	83.8 27.8	始点の経度 83.8 度 緯度 27.8 度
12		gml:posList 終了タグ
13		gml:LineString 終了タグ
14	<dip>90.0</dip>	dip: 傾斜角 90 度
15	<up>20.0</up>	upperSeismoDepth: 地震発生上面深
		さ 20.0 (km)
16	<lowerseismodepth>50.0</lowerseismodepth>	lowerSeismoDepth: 地震発生下面深
		さ 50.0 (km)
17		simpleFaultGeometry 終了タグ
18		simpleFaultRupture終了タグ
19		nrml 終了タグ

この例では、「3.3.2 (2) 1) ③ Simple fault rupture」(p.45) で説明した Simple fault rupture による断層モデルと Chiou and Youngs (2008)⁴³⁾による地震動予測式を用いて、地表 最大加速度を求める。Chiou and Youngs (2008)の地震動予測式では、観測点から断層までの 距離のほかに、すべり角、傾斜角、断層モデルの上端深さ、マグニチュード、地盤の S 波速度が 100m/s となる深さ、Vs30 (地表 30m の平均 S 波速度) が必要となる。ファイル 3.6.2 に示したとおり、断層モデル中には地震の発生確率のデータは含まない。

計算範囲あるいは計算地点を変更するには、[sites]セクション(ファイル 3.6.1 中 5~7 行 目)を変更することになる。観測点数が少ない場合には、ファイル 3.6.2(a)に示したように、 sites 変数を用いて、"経度(°) 緯度(°)"の組み合せをカンマ区切りで記入する。また、ファ イル 3.6.2(b)に示したように、csv 形式ファイルを使用して、計算位置を指定することも可 能である。csv ファイルは、1 行に 1 計算地点の"経度(°),緯度(°)"のデータが複数行記述さ れたファイルになる。また、特殊なケースとして、観測点地盤特性のファイルに含まれる 位置情報で指定する方法(site mode_file 変数)や、exposure モデルファイルに含まれる各 資産の位置情報をそのまま使用する (exposure_file 変数) ことも可能であるが、ここでは、 説明を省略する。なお、その際には region 変数および region_grid_spacing 変数は不要であ る。

	ファイル内容	説明
5	[Hazard sites]	
6	sites = 85 26, 87 27,	数が少ない場合には経度, 緯度を指
		定することもできる
7		

ファイル 3.6.2(a) 数が少ない場合の観測点指定方法

ファイル 3.6.2(b) csv 形式ファイルを使用した観測点指定方法

	ファイル内容	説明
5	[Hazard sites]	
6	sites_csv = site.csv	csv 形式ファイルを使用した観測点
		指定方法
7		

計算に使用する地震動予測式を変更する場合は、gsim 変数(ファイル 3.6.1 中 24 行目) を変更する。使用する gsim 変数に合わせて intensity_measure_types 変数(ファイル 3.6.1 中 25 行目)を変更することで、計算する地震動指標を指定する。intensity_measure_types 変数 は、使用する地震動予測式に対応する地震動強さを指定する必要がある。地震動予測式が 対応していない場合は、もちろん計算ができない。intensity_measure_types 変数で指定する 地震動指標は、複数指定することも可能である。Chiou and Youngs (2008)による地震動予測 式では、地表最大加速度 (PGA)、地表最大速度 (PGV)、加速度応答スペクトル (SA) が 計算可能である。各種スペクトルの計算においては、対象とする周期の情報を、括弧付き で記述する必要がある (ファイル 3.6.2(c)参照)。

ファイル 3.6.2(c) スペクトル計算時の周期の記述方法

	ファイル内容	説明
25	intensity_measure_types = PGA, SA(0.05), SA(0.1)	計算する地震動強さ

OpenQuake-engine による地震動の計算では、地震動予測式に付属する標準偏差のデータ を用いて、正規分布に従う乱数を使用した地震動のばらつきが適用され、偶然的不確定性 として空間補正がなされ、統計データとして使用される。random_seed 変数 (ファイル 3.6.1 中 23 行目) はそのための乱数のシード値であり、number_of_ground_motion_fields 変数 (フ ァイル 3.6.1 中 28 行目) はそのための計算回数である。number_of_ground_motion_fields 変 数を 2 以上に設定すると、その回数の計算がなされる。偶然的不確定性を考慮しない場合 は、truncation_level 変数 (ファイル 3.6.1 中 26 行目) を 0 にする必要がある。この場合、 複数回処理しても地震動強さは同じであるため、number_of_ground_motion_fields 変数は 1 でよい。この truncation_level 変数そのものを記述しない場合は標準正規分布に従う乱数を 使用して空間補正が適用され、0 でない場合は切断正規分布に従う乱数を使用して空間補 正が適用される。ここで、truncation_level 変数を0 にした場合、すなわち、偶然的不確定 性を考慮しない場合は、ground_motion_correlation_model 変数(ファイル 3.6.1 中 20 行目) で指定する地震動補正モデルを使用することもできないことに注意する。偶然的不確定性 に関するフローチャートを図 3.6.1 に示した。



図 3.6.1 地震動予測式に付随する標準偏差と乱数を使用した空間補正により偶然的不確 定性を考慮するためのフローチャート

2) Input Preparation Toolkitによるファイルの準備

Input Preparation Toolkit を使用して「1) 必要なファイル」(p.106~) で説明した2ファイルを作成する方法を紹介する。Input Preparation Toolkit の使用方法は、「3.5 Input Preparation Toolkit」(p.100~) で説明したとおりである。はじめに「Earthquake Rupture」タブで震源モデルファイルを作成し、次に「Configuration file」タブで設定ファイルを作成する。

① 震源ファイル

震源ファイルは以下の手順で作成する。

- 1. Input Preparation Toolkit の「Earthquake Rupture」タブを開く(図 3.6.2)。
- 2. 必要な情報を入力する(図 3.6.3)。
 ここでは、断層モデルを 2 点間のトレースと傾斜角で表現するため、Rupture type

として「Simple Fault Rupture」を選択する。任意の断層面の場合は「Arbitrary Fault Rupture」、複数の任意の断層面の場合は「Single Planar Rupture OR Multi-Planar Rupture」、断層面の上端トレース・下端トレースを指定する場合には「Complex Fault Rupture」を選択し、必要な情報を入力する。

- 3. 「Convert NRML」ボタンをクリックして、nrml 形式に変換する(図 3.6.4)。
- 4. 「Download」ボタンをクリックして、作成された震源モデルファイルをダウンロードする (図 3.6.5)。

M Input Preparation Toolkit - Op X	+				
(Intps://platform.openquake.c	one/ipt/			□□ ピ ○、検索	☆ 白 ♣ ★ ♡ ☰
OPENQUAKE	Calculate	Share	Explore		🚹 tahara 🔹 🔍 <table-cell> deem</table-cell>
		INPUT	PREPARATION TOOL	KIT	
		Exposure F	ragility Vulnerability Earthquake Rupture Site Con	ditions Configuration File	
			Magnitude (Mw) ?:	6.0	
			Rake (degrees) ?:	-180 ≤ float ≤ 180	
		Hypocenter 7			
			Longitude (degrees):	-180 ≤ float ≤ 180	
			Latitude (degrees):	$-90 \le \text{float} \le 90$	
			Depth (km):	float ≥ 0	
		Rupture type			
			Select rupture type: C Arbitrary Fault Rupture C Sin C Single Planar Rupture OR Multi-Planar Rupture (1)	nple Fault Rupture ?	
		Arbitrary Fault	Rupture Strike (degrees) ?:	0	
			Dip (degrees) [?:	90	
			Calculate Geometry Arbitrary Geometry:		
			Longitude (*) Latitude (*) Depth (km) topLeft		
			topRight		
			bottomRight		
		Convert to NRMI			
OperQuales	Platform 1.9.01 Abou	t Terms of Lice Contac	tur I Daadhack		Drumred by Canbinda

図 3.6.2 Input Preparation Toolkit (断層モデル作成) その1 Earthquake Rupture タブを開いた画面

0 🚯 https://platform.onenauske	one/ip1/		日ピーの検索	☆自◆☆◎
OPENQUAKE	Calculate Share	Explore		🚹 tahara - 🤍 ʔ < GEM
, 	INPU	T PREPARATION TOO	LKIT	'
	Exposure	Magnitude (Mw) 2:	7	
	Hypocente	Longitude (degrees):	90	
		Latitude (degrees): Depth (km):	27.6 30	
	Rupture typ	Select rupture type. C Arbitrary Fault Rupture 6 C Single Planar Rupture OR Multi-Planar Rupt	Simple Fault Rupture	
	Simple Fau	It Rupture		
		Dip (degrees) ?: Upper seismogenic depth (km) ? Lower seismogenic depth (km) ?	90 20 60	
		Copy and paste values from a spreadsheet into the	table below.	
		Simple Fault Geometry 🕐	Longtude Latitude 85.7 27.3 83.8 27.8	
			New Row	

図 3.6.3 Input Preparation Toolkit (断層モデル作成) その 2 必要な情報の入力画面する

🔄 🖲 🖍 https://platform.openquake.o	w/ipt/		[1] C (へ	検索	合自	÷ †	•
OPENQUAKE	Calculate	Share	Explore		tahara 👻 💽	? <	GEM
		Convert to NRML					
		3. Download the NRI	ML file for use in the OpenQuake Engine.				
		Domined	<pre>chard versions**[f* encoding*vald?>> torm inters private and private and private and private and private and private "reapport of and private" "and private and private "and pr</pre>				

図 3.6.4 Input Preparation Toolkit (断層モデル作成) その 3 nrml 形式に変換した状態

earthquake_rupture_modelxmlを開く	×
次のファイルを開こうとしています:	
🖭 earthquake_rupture_model.xml	
ファイルの種類: XML Document ファイルの場所: https://platform.openquake.org	
このファイルをどのように処理するが選んでください	
○ プログラムで開\(Q): XML Editor (既定)	
● ファイルを保存する(S)	
今後この種類のファイルは同様に処理する(A)	
のK キャンセル	

図 3.6.5 Input Preparation Toolkit (断層モデル作成) その4 作成された震源モデルファイルのダウンロードする

② 設定ファイル

設定ファイルは以下の手順で作成する。

- Input Preparation Toolkit の「Configuration file」タブを開く(図 3.6.6)。ここでは、 Scenario Case の計算なので、「Earthquake Scenarios」タブを開く。
- 2. ハザードの計算を行うので、Hazard にチェックを入れる(図 3.6.7)。
- 3. 「Rupture model file」で参照ボタンをクリックして「① 震源ファイル」で作成した earthquake_rupture_model.xml をアップロードする (図 3.6.8)。
- earthquake_rupture_model.xmlをリスクとから選択し、その他必要事項を記入する(図 3.6.9、図 3.6.10)。
- 5. 「Download」ボタンを押すと、必要なファイルが含まれた圧縮ファイルが作成される(図 3.6.11)。

D W unbez/planorm.openquake	one/ip1/				な日本合い
OPENQUAKE	Calculate	Share	Explore		👗 tahara 🔹 💽 <table-cell> 🗲</table-cell>
		INTOT	I KLI AIVAHON		
		Exposure	Fragility Vulnerability Earthquake F	tupture Site Conditions Configuration File	
		Earthquake Sce	narios Classical Probabilistic Stochas	tic Event-Based	
		The OpenQuake so portfolio of building	cenario calculators can be used for the calcula s from a single earthquake rupture scenario, t	ation of damage distribution statistics or individual asset and portfolio loss statistics for a aking into account aleatory and epistemic ground-motion variability.	
		Choose compon	ents of your configuration file and fill related fil	Ids. 🗖 Hazard 🔋 🗖 Risk	
			Description:	Scenario calculation	
			CI	ean all Download Zip File	

図 3.6.6 Input Preparation Toolkit (ハザード設定ファイル) その1 「Configuration file」タブを開き、さらに「Earthquake Scenarios」タブを開く

Input Preparation Toolkit - Op X	+				
OPENOLIAKE	calculate	Share	Evoloro	12 0 0. 後朱	
	E Er port	NPUTP Exposure Fragil arthquake Scenarios OpenQuake scenario felio of buildings from hoose components of	REPARATION TOC v Vulnerabily Eartinguike Ruptur Si Classical Probabilitic Stachastic Event Base catalatars can be used for the calculation of damaga a single eartinguike rupture scenario, taking into accord ryour configuration file and file instante failed.	ta Carditors Configuration File d d d d d d d d d d d d d d d d d d d	
	Ruj	pture informatio	Description: M Rupture model file (?) : Rupture model file (?) :	Cenario calcutation	
	Re	aion arid	Choose a method to input hazard sites: Region grid Exposure model C Region	C List of sites	
	Ke	днон дна	Grid spacing (km) 🝸 : Coordinates 🍸 :	5.0 Longtude Lattude New Roo	
the second s	Site	e conditions	Profest		Devender Castrola

図 3.6.7 Input Preparation Toolkit(ハザード設定ファイル)その 2 Hazard にチェックを入れる

Marchart Preparation Toolkit - Cp. X	+				_0
(Integration to the second se	ong/ipt/			同で、秋奈	☆ 白 ♣ 合 ♡ 目
OPENQUARE	Calculate	Share	Explore		👗 tahara 🔹 🔍 🤗 🧲 GEM
	Ī	NPUT F Exposure Frag Earthquake Scenario	REPARATION TOC Ity Vulnerability Earthquake Rupture Classical Probabilistic Stochastic Event-Bar	DLKIT Site Configuration File sed	
	T	he OpenQuake scena ortfolio of buildings fro	io calculators can be used for the calculation of dama n a single earthquake rupture scenario, taking into acc	ge distribution statistics or individual asset and portfolio loss statistics for a count aleatory and epistemic ground-motion variability.	_
		Choose components	of your configuration file and fill related fields.	🗆 🗖 Risk	
			Description:	Scenario calculation	
	F	Rupture informat	ion Rupture model file ?:	Nov	
				参照 ファイルが選択されていません。 Upload	
			Rupture mesh spacing (km) ?:	5.0	
			Choose a method to input hazard sites: Region grid C Exposure model ? C Reg	C List of sites al locations from site conditions [7]	
	F	Region grid	Grid spacing (km) 🕐 :	5.0	
			coordinates (1):	Longitude Latitude	
	Distance & C.O. Alexand	Towns of the L Contractor	- I Facellands	Man Dan	Designed by Constants

図 3.6.8 Input Preparation Toolkit (ハザード設定ファイル) その 3 参照ボタンをクリックして「① 震源ファイル」で作成した断層モデルファイルをアップ ロードする

Input Preparation Toolkit - O: ×	+				
(Intps://platform.openquake.org	∎/ip1/			町一で「へ、検索	☆ 白 ♣ 合 ♡ ☰
OPENQUAKE	Calculate	Share	Explore		🚹 tahara - 🔍 ? < GEM 🎽
	Ī	NPUT Exposure Fr Earthquake Scena	PREPARATION agilty Vulnerability Earthquake R tos Classical Probabilistic Stochas	TOOLKIT hyture Site Conditions Configuration File this Event Based	
	T	he OpenQuake sce ortfolio of buildings f	nario calculators can be used for the calcula rom a single earthquake rupture scenario, ta	tion of damage distribution statistics or individual asset and portfolio loss statistics for a aking into account aleatory and epistemic ground-motion variability.	
		Choose componer	ts of your configuration file and fill related fie	elds. I⊄ Hazard II I⊓ Risk	
			Description:	Ocenario calculation	
	F	lupture inform	Rupture model file ? : Rupture mesh spacing (km) ?:	earthquake_rupture_model.xml Now 2	
			Choose a method to input hazard si C Exposure model	tes: Region grid C List of sites C Read locations from site conditions [7]	
	F	Region grid	Grid spacing (km) 🝸 : Coordinates 🍞 :	5.0 Langtude Lantude 80 26 88 26 80 31 80 31	
OpenQuake Pla	itform <i>1.8.0</i> About '	Terms of Use Contac	us Feedback	New Row	Powered by GeoNode

図 3.6.9 Input Preparation Toolkit (ハザード設定ファイル) その 4 earthquake_rupture_model.xmlを選択し、その他必要事項を記入する

🛈 🚯 https://platform.openquake	one/ipt/				同で、	☆ 自 ♣ 合
OPENQUAKE	Calculate	Share	Explore			👗 tahara 🖌 💽 <table-cell> 🕻</table-cell>
	s	Site conditions				
			Select a method to specify site condi	tions:		
			Use uniform si	te parameters 📋 🌣 Site c	onditions file	
			Reference vs30 value (m/s) ?:		760	
			Reference vs30 type ?:		●Inferred CMeasured	
			Minimum depth (km) at which vs30 ≥	2.5 km/s ?:	5.0	
			Minimum depth (m) at which vs30 \ge 1	1.0 km/s ?:	100.0	
	c	Calculation para	imeters			
			Select a method to specify Ground M	lotion Prediction Equations (0	SMPE):	
			• Unique C	3MPE CIGMPE logic ti	ee lite	
			Unique GMPE ?:			
			Click here to searc	h	•	
			Enceite IMT	(mar. 10)		
			specify init (E).	Click here to	search ·	
			Custom IMTs:	- T GAT	Comma separated custom IMTs	
			Ground Motion Correlation ?:		None	
			Level of truncation ?		3.0	
			Maximum source to site distance /km	n) ?;	500.0	
			Number of ground motion finite (ki		10	
			Humber of ground motion neids [1]:			

図 3.6.10 Input Preparation Toolkit (ハザード設定ファイル) その5 必要事項を選択・記入する

ScenarioHazard.zip を開く	×
次のファイルを開こうとしています:	
🛅 ScenarioHazard.zip	
ファイルの種類: Archive file	
フィインシンティー https://platform.openquake.org	
このリアイルをとのように処理するが落んでくたさい	
○ プログラムで開く(Q): Lhaz (既定)	
 ファイルを保存する(S) 	
□ 今後この種類のファイルは同様に処理する(A)	
OKキャンセル	

図 3.6.11 Input Preparation Toolkit (ハザード設定ファイル) その 6 ダウンロードボタンを押すと、必要なファイルが含まれた圧縮ファイルが作成できる

3) 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりであるが、確認のため、WebUI を使用した計算方 法を説明する。

- 実行はウェブブラウザから「http:://localhost:8800/engine」にアクセスして行う(図 3.6.12)。
- 2. 「Run a Calculation」をクリックすると、ファイル選択画面が開かれるので、必要な ファイルが含まれた圧縮ファイルを選択する(図 3.6.13)。

- 3. ファイルを選択すると計算が開始される (図 3.6.14)。
- 計算が終了すると、「Status」が「Complete」に変更され、「Outputs」ボタンと「Run Risk」ボタンが表示される(図 3.6.15)。
- 5. 「Console」をクリックすると実行ログを表示できる(図 3.6.16)。

	OpenQuake engine - Mozilla Firefox														⊦×
M OpenQuake eng	jine × 🔊	Input Pr	reparation	n Tool 🗙 🔊	Welcome! - OpenQuak 🗴 🛛 🔿	GitHub - gem/oq-en	ngin × +								
() localhost:880	00/engine					C	Q, Search			☆	Ê	+	俞		≡
OPENQU	AKE ENG	INE	Run a	Calculation									?	GE	M
	List of cal	culatio	ons												
	ID	User	Туре	Description		Stat	tus	Action							

図 3.6.12 WebUI による計算実行その 1 ウェブブラウザから「http://localhost:8800/engine」を開く



図 3.6.13 WebUI による計算実行その 2

実行したい設定ファイルおよび震源モデルが含まれた圧縮ファイル(ZIP 形式)を選択して ファイルをアップロードする

	OpenQuake engine × Mozilla Firefox											-	+ ×
(4)	① localhost:8800/6	engine				C Q Sear	h	\$	ė	+	*	•	=
)))	OPENQUA	KE D		Run a C	alculation						?	G	EM
	Li	stofo	alculation	IS									
		ID	User	Туре	Description	Status	Action						
		5	openquake	hazard	Scenario calculation	created							

図 3.6.14 WebUI による計算実行その 3 ファイルをアップロードすると自動的に計算が始まる

				OpenQuake engin	e - Mozilla Firefox							-	+ ×
OpenQuake en	gine ×	Input Prej	paration '	roo × 🕅 Welcomet-OpenQuak	× O GitHub-gem/oq-engir × +								
🔶 OpenQuake en	gine <mark>ngine</mark>				🗸 🖉 🛛 🔍 Search			☆	ŵ	+	*	۵	=
OPENOI	JAKE E	NGINE	Run a C	alculation							?	G	EM
	List of o	alculation	s										
	ID	User	Туре	Description	Status	Action							
	5	openquake	hazard	Scenario calculation	complete	Console R Outputs R	lemove tun Risk						

図 3.6.15 WebUI による計算実行その 4 計算が終了すると、「Status」が「complete」になり、Outputs、Run Risk ボタンが表示さ れる



図 3.6.16 WebUI による計算実行その 5

「Console」から開いた実行ログを表示すると、この計算では、108546 地点の地震動を計 算し、計算にかかった時間は 71 秒であることがわかる

4) 計算結果

Scenario Case による計算結果は Ground Motion Field (地震動強さの分布)のデータのみ である。計算結果は nrml 形式、csv 形式および npz 形式 (NumPy 配列形式)の3パターン で出力可能である。また、各種データへ変換前の形式は hdf5 形式となっている。計算結果 の出力形式一覧を表 3.6.1 に示した。

表 3.6.1 Scenario Case の計算結果の出力形式一覧

計算結果	名前	出力可能な形式
地震動強さの分布	gmf_data	nrml 形式 csv 形式 npz 形式
		بابید د هم دیشت ا .

*太字はデフォルトで出力される

nrml 形式のファイルは、OpenQuake Platform や GEM の開発者が作成したその他のツー ルで使用可能であるが、汎用のソフトウェアでは単純に使用することはできない。csv 形 式ファイルは、各種 GIS ソフトウェアや表計算ソフトで簡単に開くことができる。npz 形 式は、Python を使用してデータを処理する場合以外には使用しない。

WebUIを使用しデータの出力方法は、図 3.6.17~図 3.6.19 に示したとおりである。

					OpenQuake engin	ne - Mozilla Firefox						-	+ x
501	OpenQuake engine	×	🕅 Input Prep	paration '	Tool × Melcomel - OpenQuak	× 🖸 GitHub-gem/oq-engir × +							
(*)	OpenQuake engine x in Input Preparation Tool x in Welcomel - OpenQuake engine OpenQuake engine hgine OPENQUAKE ENGINE Run a Calculation List of calculations ID User Type Description 5 openquake hazard Scenario calculation	✓ ♥ Q. Search		\$	Ċ	+	*	۵	=				
)))	OPENQUA	KE EI		Run a C	Calculation						?	G	EM
	Li	stofo	alculation	s									
		ID	User	Туре	Description	Status	Action						
		5	openquake	hazard	Scenario calculation	complete	Console Remove	k					

図 3.6.17 WebUI による計算実行その 6 計算が終了した際に「Outputs」ボタンが表示される

O localhost:8800/engine/5/outputs				C Q Se	sarch	\$ b	+	*		=
OPEN	OPENQUAKE ENGINE Back to Calculations		Back to Calculations				·	?	GE	M
	Outpu	ts from ca	lculation 5							
	ID	Name		Туре	Action					
	11	gmf_data		gmf_data	Download xml Download csv Download npz					

図 3.6.18 WebUI による計算実行その 7

「Outputs」ボタンをクリックすると、この計算で出力されたファイルに一覧が表示される

	+ 9900/engine/5/outputs		C Q Search	0 E #		
e O Tiocainosc	c aaooyengine/syootpots		T C K search	¥ 8 •	π	
)) OPEN	QUAKE ENGINE	Back to Calculations			?	GE
	Outputs from	calculation 5				
	ID Name		Type Action			
	11 gmf_data		gmf_data Download ami	L		_
			Opening output-11-gmngs	2008()-PGA_5.csv	- + ×	4
			You have chosen to open:			
			which is: plain text document (1.6	()-PGA_5.csv		
			from: http://localhost:8800			
			What should Firefox do with this file	17		
			Open with Geany (default)		~	
			Save File			
			Do this <u>a</u> utomatically for files I	ike this from now on.		
				Cancel	ж	

図 3.6.19 WebUI による計算実行その 8 データをダウンロードする

複数の計算結果がある場合には、それぞれの計算結果が1つに圧縮されたファイルとなっている。図 3.6.19 に示したように出力ファイル名は、計算 ID、地震動予測式、対応する

地震動強さおよび出力 ID などを使用して自動的に命名されている。

nrml 形式の出力サンプルをファイル 3.6.3 に、csv 形式の出力サンプルをファイル 3.6.4 に示した。参考までに、偶然的不確定性を考慮しない場合(truncation_level = 0)の計算結果 をファイル 3.6.5 に示した。偶然的不確定性を考慮しない場合は、10 回の計算がすべて同 じ値になっていることがわかる。

前述したとおり、csv形式ファイルはほかのソフトウェアを用いた図化が可能であるが、 nrml形式のファイルについては、OpenQuake開発者が作成したツール群を使用して図化を 行う必要がある。ただし、現時点(2017年3月時点)では gmf_data が記述された nrml形 式をそのまま図化する方法は開発者からは提供されていない。

7	ファイル内容	説明
1 <	<pre><?xml version="1.0" encoding="utf-8"?></pre>	XML 宣言
2 <	<nrml< td=""><td>nrml 開始タグ</td></nrml<>	nrml 開始タグ
3 x	mlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"	xmlns: XML 名前空間
4 x	mlns:gml="http://www.opengis.net/gml"	xmlns: XML 名前空間
5 >	>	
6	<gmfcollection< td=""><td>gmfCollection: gmf コレクション</td></gmfcollection<>	gmfCollection: gmf コレクション
7	gsimTreePath="b1"	gsimTreePath: gsim ツリーパス
8	sourceModelTreePath="b 1"	sourceModelTreePath: 震源モデルツ
	_	リーパス
9	>	
10	<gmfset< td=""><td>gmfSet: gmfセット</td></gmfset<>	gmfSet: gmfセット
11	stochasticEventSetId="1"	stochasticEventSetId: 統計イベント
		セット1
12	>	
13	<gmf< td=""><td>gmf: ground motion field</td></gmf<>	gmf : ground motion field
14	IMT="PGA"	<i>IMT</i> : PGA データ
15	ruptureId="scenario-0000000000-ses=1"	ruptureId: 断層モデル ID
16	>	
17	<node <="" gmv="4.6253479E-03" td=""><td>node: ノード</td></node>	node: ノード
la	at="2.6024265E+01" lon="8.0050040E+01"/>	gmv: 地震動強さ、lat: 緯度、lon: 経
18	<node <="" gmv="4.6253479E-03" td=""><td>度</td></node>	度
10	at="2.6024265E+01" Ion="8.0050040E+01"/>	
19	<pre>>Houe gHV 4.02534/9E-05" at="2.6024265E+01" lon="8.0050040E+01"/></pre>	

ファイル 3.6.3 output-1-gmf-rlz-000_1.xml サンプル

ファイル 3.6.4 output-1-ChiouYoungs2008()-PGA_1.csv

	ファイル内容
1	lon,lat,000,001,002,003,004,005,006,007,008,009
2	80.02001,26.00628,0.15265,0.15293,0.30426,0.18915,0.20476,0.16088,0.13338,0.15385,0.16175,0.15885
3	80.02002,26.02427,0.03401,0.01250,0.01378,0.01210,0.02689,0.01106,0.02466,0.02735,0.04120,0.02169

ファイル 3.6.5 truncation_level = 0のサンプル

	ファイル内容
1	lon,lat,000,001,002,003,004,005,006,007,008,009
2	80.02001,26.00628,0.21676,0.206,0.2
3	80.02002,26.02427,0.02351,0.02350,0.02350,0.02350,0.02350,0.02350,0.02350,0.023500,0.02350,0.02350,0.02350,0.02350,0.02350,0.02

(2) Classical PSHA (Point source)

次に、Sources for modelling distributed seismicity の震源モデルを使用した Classical PSHA の計算例を説明する。Sources for modelling distributed seismicity の震源モデルのうち、もっ とも単純な Point Source を使用した計算例を示す。Classical PSHA は、一般的に確率論的地 震ハザード解析に使用されるものであり、ハザードカーブを直接的に計算する。

1) 必要なファイル

Scenario Case とは異なり、OpenQuake-engine 実行のための設定ファイルと震源モデルロ ジックツリーおよび地震動モデルロジックツリーが必要となる。

- 1. 設定ファイル (ファイル 3.6.6)
- 2. 震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.7)
- 3. 地震動モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.8)

震源モデルロジックツリー内で指定される震源モデル (ファイル 3.6.9) もまた必要となる。 設定ファイルをファイル 3.6.6、震源モデルロジックツリーファイルをファイル 3.6.7、地震 動モデルロジックツリーファイルをファイル 3.6.8、震源モデルロジックツリー内で指定さ れる震源モデルをファイル 3.6.9 にそれぞれ示す。

ファイル 3.6.6 Classical PSHA (Point source) で使用する設定ファイル

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Classical PSHA Calculation with Point Source	計算概要
3	calculation_mode = classical	モードの選択
4		
5	[sites]	
6	region = 80 26, 88 26, 88 31, 80 31	計算領域をカンマ区切りで指定(度)
7	region_grid_spacing = 5	region 範囲内の計算地点の刻み(km)
8		
9	[logic_tree]	
10	source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml	震源モデルロジックツリー
11	gsim_logic_tree_file = gmpe_logic_tree.xml	地震動予測式ロジックツリー
12		
13	[erf]	
14	width_of_mfd_bin = 0.1	マグニチュード別度数分布の刻み
15	rupture_mesh_spacing = 2	震源距離計算時に断層モデルを分割
		するサイズ(km)
16		
17	[site_params]	
18	$reference_vs30_value = 760.0$	Vs30(m/s)
19	reference_vs30_type = measured	Vs30 0717
20	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	Vs=2.5km/s となる深さ(km)
21	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	Vs=1.0km/s となる深さ(m)
22		
23	[correlation]	
24	ground_motion_correlation_model =	地震動補止モテル
25		
26	[hazard_calculation]	
27	random_seed = 113	乱数のシード値

	ファイル内容	説明
28	intensity_measure_types_and_levels = {"PGA": [0.005, 0.007,	計算する地震動指標とその強さ
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	複数選択時には、{ }、[]、""、カン
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	マなどの区切り文字を使用して適切
	"SA(0.025)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269,	に記述する必要がある
	0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397,	
	0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13], "SA(0.05)": [0.005, 0.007,	
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	
	"SA(0.1)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0269]	
	0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397,	
	0.556, 0.7/8, 1.09, 1.52, 2.13, "SA (0.2) ": [0.005, 0.007,	
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	
	$^{\circ}SA(0.5)^{\circ}: [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0209, 0.0276, 0.0527, 0.0728, 0.102, 0.145, 0.202, 0.284, 0.207]$	
	0.0570, 0.0527, 0.0758, 0.105, 0.145, 0.205, 0.284, 0.597, 0.556, 0.778, 1.00, 1.52, 2.121, $"SA(1,0)"$, [0.005, 0.007]	
	0.550, 0.770, 1.09, 1.52, 2.15], SA(1.0) : $[0.005, 0.007, 0.002]$	
	0.0096, 0.0157, 0.0192, 0.0209, 0.0570, 0.0527, 0.0738, 0.105, 0.145, 0.202, 0.284, 0.207, 0.556, 0.778, 1.00, 1.52, 2.121	
	(0.145, 0.205, 0.204, 0.597, 0.550, 0.770, 1.09, 1.52, 2.15],	
	SA(2.0) . [0.005, 0.007, 0.0096, 0.0157, 0.0192, 0.0209, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.307	
	0.0570, 0.0527, 0.0750, 0.105, 0.145, 0.205, 0.204, 0.597, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.131	
29	truncation level = 3.0	切断正規分布の有界レベル
30	maximum distance = 200	計算する最大距離
31	investigation time = 50.0	発生確率の対象期間
32	invosiiguton_tine 50.0	元工唯十四八家为同
33	[hazard_outputs]	
34	hazard maps = true	ハザードマップの出力
35	uniform hazard spectra = true	uhe の出力
36	noes = 0.1.0.02	如马·尔马·万 招语碑家 100/ 20/
50	0005 - 0.1 0.02	但迥唯于1070、270

*斜体は選択した GSIM によって、使用の有無や変数が異なる

	Classical DCUA	(Deint equines)	マは田土て電波エジルロジックツリ
ノアイル ひ. 0. 1	UTASSICAT FORA	(FOILL SOURCE)	じ使用 9 る辰ぷモナルロンツク フリー

フ	ア	イ	ル
---	---	---	---

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
		xmlns: XML 名前空間
3	<logictree logictreeid="lt1"></logictree>	logicTree: ロジックツリー
		logicTreeID: ID"lt1"
4	<logictreebranchinglevel branchinglevelid="bl1"></logictreebranchinglevel>	logicTreeBranchingLevel: ブランチ
		ングレベル
		branchingLevelID: ID"bl1"
5	<logictreebranchset <="" td="" uncertaintytype="sourceModel"><td>logicTreeBranchSet: ブランチセット</td></logictreebranchset>	logicTreeBranchSet: ブランチセット
	branchSetID="bs1">	branchSetID: ID"bs1, uncertaintvType:
		sourceModel
6	<logictreebranch branchid="b1"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
		branchID: ID b1"
7		uncertaintyModel: 不確定性は
	<uncertaintymodel>source_model.xml</uncertaintymodel>	source_model.xml
8	<uncertaintyweight>1.0</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight: 重みは 1.0
9		logicTreeBranch 終了タグ
10		logicTreeBranchSet 終了タグ
11		logicTreeBranchingLevel 終了タグ
12		logicTree 終了タグ
13		nrml 終了タグ

ファイル 3.6.8 Classical PSHA (Point source) で使用する地震動予測式ロジック

	さんです	⇒× пп
	ノアイル内容	祝 明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
		xmlns: XML 名前空間
3	<logictree logictreeid="lt1"></logictree>	logicTree: ロジックツリー
		<i>logicTreeID</i> : ID"lt1"
4	<logictreebranchinglevel branchinglevelid="bl1"></logictreebranchinglevel>	logicTreeBranchingLevel: ブランチ
		ングレベル
		branchingLevelID: ID"b11"
5	<logictreebranchset <="" td="" uncertaintytype="gmpeModel"><td>logicTreeBranchSet: ブランチセット</td></logictreebranchset>	logicTreeBranchSet: ブランチセット
	branchSetID="bs1" applyToTectonicRegionType="Active	branchSetID: ID"bs1, uncertaintyType:
	Shallow Crust">	gmpeModel、
		applyToTectonicRegionType: 適用す
		るテクトニックタイプは Active
		Shallow Crust
6	<logictreebranch branchid="b1"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
		branchID: ID b1"
7		uncertaintyModel: 不確定性は
	<uncertaintymodel>AkkarBommer2010</uncertaintymodel>	AkkarBommer2010
8	<uncertaintyweight>1.0</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight: 重みは 1.0
9		logicTreeBranch 終了タグ
10		logicTreeBranchSet 終了タグ
11		logicTreeBranchingLevel 終了タグ
12		logicTree 終了タグ
13		nrml 終了タグ

ツリーファイル

ファイル 3.6.9 Classical PSHA (Point source) で使用する震源モデルファイル

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	xml 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<sourcemodel name="Example Source Model Containing a</td><td>sourceModel: 震源モデルファイル</td></tr><tr><td></td><td>Point Source"></sourcemodel>	<i>name</i> : 簡単な説明
4	<sourcegroup name="g1" tectonicregion="Active Shallow</td><td>sourceGroup: 震源グループ</td></tr><tr><td></td><td>Crust"></sourcegroup>	tectonicRegion: テクトニックタイプ
5	<pre><pointsource <="" id="2" name="Point Source" pre=""></pointsource></pre>	pointSource : Point Source を使用
	tectonicRegion="Active Shallow Crust">	name: 簡単な説明、tectonicRegion:
		テクトニックタイプは Active
		Shallow Crust
6	<pre><pointgeometry></pointgeometry></pre>	pointGeometry: Point ジオメトリ
7	<gml:point></gml:point>	gml:Point: 点
8	<gml:pos>84.4 27.6</gml:pos>	gml:pos:経度 84.4 度、緯度 27.6 度
9		gml:Point 終了タグ
10	<upperseismodepth>20.0</upperseismodepth>	upperSeismoDepth: 地震発生上面深
		さ 20(km)
11	<lowerseismodepth>50.0</lowerseismodepth>	lowerSeismoDepth: 地震発生下面深
		さ 50(km)
12		pointGeometry 終了タグ
13	<magscalerel>WC1994</magscalerel>	magScaleRel: スケーリング則は
		WC1994
14	<ruptaspectratio>1.5</ruptaspectratio>	ruptAspectRatio: 断層面のアスペク
		ト比は 1.5

	ファイル内容	説明
15	<truncgutenbergrichtermfd <br="" avalue="3.0" bvalue="1.0">minMag="5.0" maxMag="7.0" /></truncgutenbergrichtermfd>	truncGutenbergRichterMFD : G-R 則 に基づくマグニチュード別度数分布
		aValue: 3.0, bValue: 1.0, minMag: 5.0, maxMag: 7.0
16	<nodalplanedist></nodalplanedist>	nodalPlaneDist: 断層面のばらつき
17	<nodalplane <="" dip="90.0" probability="0.2" strike="265.0" td=""><td>nodalPlane: 断層面</td></nodalplane>	nodalPlane: 断層面
18	rake="90.0" /> <nodalplane <br="" dip="90.0" probability="0.2" strike="275.0">rake="90.0" /></nodalplane>	probability:発生確率、strike:走向、 dip: 傾斜、rake: すべり角
19	<nodalplane dip="90.0" probability="0.2" rake="90.0" strike="285.0"></nodalplane>	複約 90 度、9 へり角 90 度は固定で、 走向が 265 度、275 度、285 度、295
20	<nodalplane <br="" dip="90.0" probability="0.2" strike="295.0">rake="90.0" /></nodalplane>	度、305度の断層面の発生確率が各 20%
21	<nodalplane <br="" dip="90.0" probability="0.2" strike="305.0">rake="90.0" /></nodalplane>	
22		nodalPlaneDist 終了タグ
23	<hypodepthdist></hypodepthdist>	hypoDepthDist: 震源深さのばらつき
24	<hypodepth depth="25.0" probability="0.2"></hypodepth>	hypoDepth: 震源深さ
25	<hypodepth depth="30.0" probability="0.2"></hypodepth>	probability: 発生確率、depth: 深さ
26	<hypodepth depth="35.0" probability="0.2"></hypodepth>	深さ 25km、30km、35km、40km、45km
27	<hypodepth depth="40.0" probability="0.2"></hypodepth>	の発生確率が各 20%
28	<htps: sector<="" sectors="" td="" www.commons.com=""><td>howeDenthDist 物子なが</td></htps:>	howeDenthDist 物子なが
29		nypoDeptilDist 終了タグ
21		pointsource 飛 」 クク
22	/sourceOroup/	sourceGroup 於 」 グ ク
32 33		sourceiviodel 終」タク nrml 終了タグ

この例では、ファイル3.6.6 で示した設定ファイルと、ファイル3.6.7 およびファイル3.6.8 で示した各ロジックツリーファイル、ファイル3.6.9 で示した震源モデルに従い、確率論的 地震ハザード解析を行う。

震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.7) 中に記述されるように震源モデル はファイル 3.6.9 の1つのみであるが、複数の震源モデルでロジックツリー解析を実施する 場合は、ファイル 3.6.7(a)に示したように、ファイル 3.6.7 の 6~9 行目のようなブランチを もう一つ作成し、重みを足して 1.0 となるように変更する。複数の震源モデルを組み込む 計算は、「4.5 確率論的地震ハザード解析その 3」(p.210~) で紹介する

ファイル 3.6.7(a) 複数の震源モデルを使用する震源モデルロジックツリーファイル

	ファイル内容	説明
5	<logictreebranchset <="" td="" uncertaintytype="sourceModel"><td>logicTreeBranchSet: ブランチセット</td></logictreebranchset>	logicTreeBranchSet: ブランチセット
	branchSetID="bs1">	branchSetID: ID"bs1, uncertaintyType:
		sourceModel
6	<logictreebranch branchid="b1"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
		branchID: ID b1"
7		uncertaintyModel: 不確定性は
	<uncertaintymodel>source_model_1.xml</uncertaintymodel>	source_model_1.xml
8	<uncertaintyweight>0.5</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight: 重みは 0.5
9		logicTreeBranch 終了タグ
10	<logictreebranch branchid="b2"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
		branchID: ID b1"

	ファイル内容	説明
11		uncertaintyModel: 不確定性は
	<uncertaintymodel>source_model_2.xml</uncertaintymodel>	source_model_2.xml
12	<uncertaintyweight>0.5</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight: 重みは 0.5
13		logicTreeBranch 終了タグ
14		logicTreeBranchSet 終了タグ

簡単化のため、今回の計算では、震源モデル中の断層モデルも1つのみとしているが、 必要に応じて断層モデルを追加することができる。注意点として、ファイル3.6.9の震源モ デル中に指定される tectonicRegion に対応する地震動予測式がファイル3.6.8の地震動モデ ルのロジックツリー中に存在する必要がある。

Classical PSHA の計算では、設定ファイルにおいて、mean_hazard_curves 変数および quantile_hazard_curves 変数の設定もできるが、ロジックツリーによる経路が1通りである 今回の計算では意味がないため、この設定ファイル中では設定していない。

多くの設定は Scenario Case の計算時と同様であるが、source_model_logic_tree_file 変数 (ファイル 3.6.6 中 10 行目)、gsim_logic_tree_file 変数(同 11 行目)、計算する地震動指標 とその強さを記述する intensity_measure_types_and_levels 変数(同 28 行目)、超過確率を計 算する期間である investigation_time 変数(同 31 行目)および計算したい超過確率を指定す る poes 変数(同 36 行目)を適切に記述する必要がある。

この例では、断層面やマグニチュードとは独立の震源深さのばらつきを複数設定しているが(ファイル 3.6.9 中 16~29 行)、一意に決まる場合は、probability=1.0 にして、いずれか 一つだけ設定すればよい。

Classical PSHA の計算では、ハザードカーブはデフォルトで出力される。ハザードマップや、一様ハザードスペクトルを出力したい場合には、hazard_maps 変数や uniform_hazard_spectra 変数(ファイル 3.6.6 中 34、35 行目)を true にする必要がある。

2) 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりである。

3) 計算結果

Classical PSHA による計算では、設定ファイル中のパラメータの指定およびロジックツ リーでの経路によって複数の計算結果が出力される。今回の計算では、ロジックツリーは 1 経路であることから、ハザードカーブ、ハザードマップおよび一様ハザードスペクトル のみが計算可能である。計算結果は出力の種類ごとに、csv 形式、nrml 形式、geojson 形式 および npz 形式の4 パターンで出力可能である(表 3.6.2)。ロジックツリーパスと震源グ ループについては、csv 形式で出力される。

計算結果	名前	出力形式
ハザードカーブ	hcurves	nrml 形式
ハザードマップ	hmap	csv 形式
一様ハザードスペクトル	uhs	geoJson 形式 npz 形式
ロジックツリーパス	realizations	agu 形式
震源グループ	sourcegroups	USV NALL

表 3.6.2 Classical PSHA (Point source) の計算結果の出力形式一覧

*太字はデフォルトで出力される

csv 形式ファイルは汎用ソフトウェアを使用して図化を行う。nrml 形式ファイルは OpenQuake 開発者が作成したツールを使用して図化することが可能である。OpenQuake 開 発者が作成したツールを用いて図化した計算結果の例を図 3.6.20 に示す。



左:ハザードカーブ、中:一様ハザードスペクトル、右:ハザードマップ

(3) Classical PSHA (Simple fault source)

次に、Fault sources with floating ruptures の震源モデルによる Classical PSHA の計算例を説 明する。Fault sources with floating ruptures のうち、もっとも単純な Simple fault source を使 用する。

1) 必要なファイル

ファイル

Classical PSHA(Point source)と同様に、OpenQuake-engine 実行のための設定ファイルと 震源モデルロジックツリーおよび地震動モデルロジックツリーが必要となる。

- 1. 設定ファイル (ファイル 3.6.6)
- 2. 震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.7)
- 3. 地震動モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.8)

震源モデルロジックツリー内で指定される震源モデル(ファイル 3.6.10)もまた必要となる。ここでは、設定ファイル、震源モデルロジックツリーファイルおよび地震動モデルロジックツリーおよび地震動モデルロジックツリーは、

「(2) Classical PSHA (Point source)」(p.122~) と同じファイル (ファイル 3.6.6、ファイル 3.6.7 およびファイル 3.6.8) を使用する。震源モデルロジックツリー内で指定される震源モデルをファイル 3.6.10 に示す。

ファイル 3.6.10 Classical PSHA (Simple fault source) で使用する震源モデル

	-
ファイル内容	説明
xml version='1.0' encoding='utf-8'?	xml 宣言
<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
<sourcemodel name="Example Source Model Containing a</td><td>sourceModel: 震源モデルファイル</td></tr><tr><td>Simple Fault Source"></sourcemodel>	name: 簡単な説明
<sourcegroup name="g1" tectonicregion="Active Shallow</td><td>sourceGroup: 震源グループ</td></tr><tr><td>Crust"></sourcegroup>	tectonicRegion: テクトニックタイプ
<simplefaultsource <="" id="3" name="Simple Fault Source" td=""><td>simpleFaultSource : Simple fault</td></simplefaultsource>	simpleFaultSource : Simple fault
tectonicRegion="Active Shallow Crust">	name: 簡単な説明、tectonicRegion:
	テクトニックタイプは Active
	Shallow Crust
<simplefaultgeometry></simplefaultgeometry>	simpleFaultGeometry: Simple fault
<gml:linestring></gml:linestring>	gml:Point: 線
<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置情報のリスト
85.7 27.3	始点の経度 85.7 度、緯度 27.3 度
83.8 27.8	終点の経度 83.8 度、緯度 27.8 度
	gml:posList 終了タグ
	gml:LineString 終了タグ
<dip>90.0</dip>	dip : 傾斜角 90 度
<up></up> erSeismoDepth>20.0	upperSeismoDepth: 地震発生上面深
	さ 20km
<lowerseismodepth>50.0</lowerseismodepth>	lowerSeismoDepth: 地震発生下面深
- •	さ 50km
	simpleFaultGeometry 終了タグ
	ファイル内容 xml version='1.0' encoding='utf-8'? <nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"> xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"> <sourcemodel name="Example Source Model Containing a</td> Simple Fault Source"> <sourcegroup name="g1" tectonicregion="Active Shallow</td> Crust"> <simplefaultsource <="" id="3" name="Simple Fault Source" td=""> tectonicRegion="Active Shallow Crust"> <simplefaultgeometry> <gml:linestring> <gml:poslist> 85.7 27.3 83.8 27.8 <gml:poslist> <gml:poslist> <</gml:poslist></gml:poslist></gml:poslist></gml:linestring></simplefaultgeometry></simplefaultsource></sourcegroup></sourcemodel></nrml>

	ファイル内容	説明
17	<magscalerel>WC1994</magscalerel>	magScaleRel: スケーリング則は
		WC1994
18	<ruptaspectratio>1.5</ruptaspectratio>	ruptAspectRatio: 断層面のアスペク
		ト比は 1.5
19	<truncgutenbergrichtermfd <="" avalue="3.0" bvalue="1.0" td=""><td>truncGutenbergRichterMFD: G-R 則</td></truncgutenbergrichtermfd>	truncGutenbergRichterMFD: G-R 則
	minMag="5.0" maxMag="7.0" />	に基づくマグニチュード別度数分布
		aValue: 3.0, bValue: 1.0, minMag: 5.0,
		maxMag: 7.0
20	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角 90 度
21		simpleFaultSource 終了タグ
22		sourceGroup 終了タグ
23		sourceModel 終了タグ
24		nrml 終了タグ

この例では、ファイル 3.6.6 に示した設定ファイルと、ファイル 3.6.7 およびファイル 3.6.8 に示した各ロジックツリーファイルに従い、確率論的地震ハザード解析を行う。多くの設定は Classical PSHA (Point source) と同様であり、震源モデルファイルのみ異なる。

2) 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりである。

3) 計算結果

Classical PSHA による計算結果は、構成ファイル中のパラメータの指定およびロジック ツリーでの経路によって複数の計算結果が出力される。今回の計算でも、ロジックツリー は1経路であることから、ハザードカーブ、ハザードマップおよび一様ハザードスペクト ルのみが計算可能である。計算結果は出力の種類ごとに、csv 形式、nrml 形式、geojson 形 式および npz 形式の4パターンで出力可能である(表 3.6.3)。

計算結果	名前	出力形式
ハザードカーブ	hcurves	nrml 形式
ハザードマップ	hmap	csv 形式
一様ハザードスペクトル	uhs	geoJson 形式 npz 形式
ロジックツリーパス	realizations	agy With
震源グループ	sourcegroups	USV 11/2-L

表 3.6.3 出力結果一覧

*太字はデフォルトで出力される

csv 形式ファイルは汎用ソフトウェアを使用して図化を行う。nrml 形式ファイルは OpenQuake 開発者が作成したツールを使用して図化することが可能である。OpenQuake 開 発者が作成したツールを用いて図化した計算結果の例を図 3.6.21 に示す。



左:ハザードカーブ、中:一様ハザードスペクトル、右:ハザードマップ

参考のため、「(2) Classical PSHA (Point source)」(p.122~) において、Point Source を使用 して、断層面を1面(ファイル 3.6.9 中 15~28 行を変更)とした場合(ファイル 3.6.11)の 計算結果を図 3.6.22 に示した。設定ファイルは同じものを使用し、断層面の設定はほぼ同 じような設定としているが、震源モデルの設定方法の違いで、計算結果が大きく異なるこ とが確認できる。

ファイル 3. 6. 11 (2) Classical PSHA (Point source) の震源モデルのうち、断層面を 1 面とした震源モデル (ファイル 3. 6. 9 改)

ファイル内容説明1 xml version='1.0' encoding='utf-8'? xml 宣言2 <nrml <br="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"></nrml> xmlns:"http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5'>xml 宣言3 <sourcemodel name="Example Source Model Containing a
Point Source">nrml: NRML 開始タグ xmlns: XML 名前空間4<sourcegroup name="g1" tectonicregion="Active Shallow
Crust">sourceGroup: 震源グループ tectonicRegion="Active Shallow Crust">5<pointsource <br="" id="2" name="Point Source"></pointsource>tectonicRegion="Active Shallow Crust">6<pointgeometry> (rust]pointSource id="2" name="Point Source" tectonicRegion="Active Shallow Crust">7<pointgeometry> (rust]pointSource id="2" name="Point Source" tectonicRegion="Active Shallow Crust">6<pointgeometry> (rust]sourceGroup: 震源グループ tectonicRegion: テクトニックタイプは pointSource id="2" name="Point Source" tectonicRegion="Active Shallow Crust">6<pointgeometry> (rust]sourceGroup: 震源グループ tectonicRegion: テクトニックタイプは pointSource (rust]7<pointgeometry> (spin!Point> (spin!Point>)gml:pois: 意央経度 84.4 度 (spint& GPJ)10<upperseismodepth>20.0</upperseismodepth> (upperSeismoDepth> (spintGeometry>)gml:Point 終了 タブ upperSeismoDepth: 地震発生上面深 さ 50.0(km)11<lowerseismodepth>50.0magScaleRe!> magScaleRe!>magScaleRe!> magScaleRe!>13<magscalere!>WC1994magScaleRe!> magScaleRe!>mag ScaleRe!> magScaleRe!>14<ruptaspectratio>1.5/ruptAspectRatio:mag ScaleRe!> mag ScaleRe!></ruptaspectratio></magscalere!></lowerseismodepth></pointgeometry></pointgeometry></pointgeometry></pointgeometry></pointgeometry></sourcegroup></sourcemodel>					
1 xml version='1.0' encoding='utf-8'? xml 宣言 2 <nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"> xmlns: XML 名前空間 3 <sourcemodel 2"="" <="" g1"="" name="Point Source" td="" tectonicregion="Active Shallow</td> sourceGroup: 震源グループ 5 <pointSource id="> tectonicRegion="Active Shallow Crust"> 6 <pointgeometry> pointGeometry> 7 <gml:poix>84.4 27.6 gml:pos<84.4 g, 緯度 27.gg 9 gml:pos: 震央経度 84.4 g, 緯度 27.gg 9 gml:Point & gg 10 <upperseismodepth>20.0</upperseismodepth> 11 <lowerseismodepth>50.0</lowerseismodepth> 12 </gml:poix></pointgeometry> gml:Point & 地震発生上面深 13 <magscalerel>WC1994 14 <up>cuptAspectRatio>1.5 YuptAspectRatio>1.5</up></magscalerel></sourcemodel></nrml>		ファイル内容	説明		
 2 snrml xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"> sourceModel name="Example Source Model Containing a Point Source"> sourceGroup name="g1" tectonicRegion="Active Shallow Crust"> sourceGroup: 震源グループ tectonicRegion: テクトニックタイプ pointSource id="2" name="Point Source" tectonicRegion: Active Shallow Crust"> sourceGroup: 震源グループ tectonicRegion: テクトニックタイプ pointSource id="2" name="Point Source" tectonicRegion: Active Shallow Crust"> pointGeometry> sourceGroup: 震源グループ tectonicRegion: テクトニックタイプ pointSource Point Source pointSource id="2" name="Point Source" sourceGroup: 震源グループ tectonicRegion: テクトニックタイプ pointSource Point Source pointGeometry> sourceGroup: 震楽経度 84.4 度、緯度 27. gml:Point: 点 gml:Point> sourceGroup: 空源 20.0 //pointGeometry> sourceGroup: 電道本説明, tectonicRegion: ·/pointGeometry> sourceGroup: 電源グループ tectonicRegion: テクトニックタイプ pointSource Point source name: 簡単な説明, tectonicRegion: ·/pointGeometry> sourceGroup: 電源グループ tectonicRegion: アクトニックタイプは Active Shallow Crust pointGeometry> sourceGroup: 電車な説明, tectonicRegion: ·/pointGeometry> sourceGroup: @intSource gml:Point: 点 gml:Point> sourceGroup: 電車な説明, tectonicRegion: ·/pointSource sourceGroup: 電車な説明, tectonicRegion: ·/pointGeometry sourceGroup: 電車な説明, tectonicRegion: ·/pointSource sourceGroup: 電車な説明, tectonicRegion: ·/pointSource sourceGroup: 電車な説明, tectonicRegion: ·/pointSource sourceGroup: 電車な説明, tectonicRegion: ·/pointSource sourceGroup:	1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	xml 宣言		
xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">xmlns: XML 名前空間3 <sourcemodel name="Example Source Model Containing a
Point Source">sourceModel: 震源モデルファイル name: 簡単な説明4<sourcegroup name="g1" tectonicregion="Active Shallow
Crust">sourceGroup: 震源グループ tectonicRegion: テクトニックタイフ pointSource id="2" name="Point Source" tectonicRegion: "Fクトニックタイプは Active Shallow Crust">5<pointgeometry> (rust">pointGeometry> (sgml:Point>6<pointgeometry> (sgml:Point>)gml:pos>84.4 27.69 (u ouperSeismoDepth>20.010<upperseismodepth>20.011<lowerseismodepth>50.0</lowerseismodepth> (ruptAspectRatio>1.51214<ruptaspectratio>1.514<ruptaspectratio>1.5</ruptaspectratio></ruptaspectratio></upperseismodepth></pointgeometry></pointgeometry></sourcegroup></sourcemodel>	2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml: NRML 開始タグ</td></nrml>	nrml: NRML 開始タグ		
 3 <sourcemodel name="Example Source Model Containing a
Point Source"></sourcemodel> 4 <sourcegroup name="g1" tectonicregion="Active Shallow
Crust"></sourcegroup> 5 5 6 7 7 8 <gml:point></gml:point> 8 <gml:pos>84.4 27.6</gml:pos> 9 9 9 10 11 10werSeismoDepth>20.0 12 12 13 14 15 15 16 16 17 18 19 10 11 10 <li< td=""><td></td><td>xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></td><td>xmlns: XML 名前空間</td></li<>		xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間		
 Point Source"> A <sourcegroup name="g1" tectonicregion="Active Shallow
Crust"></sourcegroup> SourceGroup: 震源グループ tectonicRegion: テクトニックタイプ pointSource id="2" name="Point Source" tectonicRegion="Active Shallow Crust"> pointSource id="2" name="Point Source" tectonicRegion="Active Shallow Crust"> pointSource : Point source name: 簡単な説明 sourceGroup: 震源グループ tectonicRegion: テクトニックタイプ pointSource : Point source name: 簡単な説明 tectonicRegion: テクトニックタイプ pointSource : Point source name: 簡単な説明 tectonicRegion: テクトニックタイプ pointGeometry> sqml:Point> sqml:Point> sqml:Point> sqml:Point> sqml:Point> sqml:Point> sqml:Point> sqml:Point> sqml:Point sqml:Point> sqml:Point sqml:Point> sqml:Point sqml:Point sqml:Point> sqml:Point sqml:Point> sqml:Point s	3	<sourcemodel g1"="" name="Example Source Model Containing a</td><td>sourceModel: 震源モデルファイル</td></tr><tr><td> 4 <sourceGroup name=" tectonicregion="Active Shallow
Crust"> <pointsource <br="" id="2" name="Point Source">tectonicRegion="Active Shallow Crust"> pointSource : Point source name: 簡単な説明、tectonicRegion: テクトニックタイプ pointSource : Point source name: 簡単な説明、tectonicRegion: テクトニックタイプは Active Shallow Crust pointGeometry> qemi:Point> segmi:Point> gemi:Point> gemi:Point> gemi:Point> gemi:Point> c/gml:Point> gemi:Point> compensionDepth>20.0 lowerSeismoDepth> id /pointGeometry> gemi:Point segmi:Point segmi:Point</pointsource></sourcemodel>		Point Source">	<i>name</i> : 簡単な説明
Crust">tectonicRegion: テクトニックタイプ5 <pointsource <br="" id="2" name="Point Source"></pointsource> tectonicRegion="Active Shallow Crust">5 <pointsource :="" point="" source<br=""></pointsource> name: 簡単な説明、tectonicRegion: テクトニックタイプは Active Shallow Crust6 <pointgeometry> (gml:Point>)7<gml:pos>84.4 27.6</gml:pos>9 (gml:Point>)10<upperseismodepth>20.0</upperseismodepth> (upperSeismoDepth>50.011<lowerseismodepth>50.0</lowerseismodepth> (magScaleRel>WC199412</pointgeometry> (magScaleRel>WC199414 <ruptaspectratio>1.5</ruptaspectratio>	4	<sourcegroup name="g1" tectonicregion="Active Shallow</td><td>sourceGroup: 震源グループ</td></tr><tr><td> 5 <pre> <pre> <pre></td><td></td><td>Crust"></sourcegroup>	tectonicRegion: テクトニックタイプ		
 tectonicRegion="Active Shallow Crust"> name: 簡単な説明、tectonicRegion: テクトニックタイプは Active Shallow Crust 「テクトニックタイプは Active Shallow Crust pointGeometry> rgml:Point> sexter (Stallow Crust) rgml:Point> sexter (Stallow Crust) rgml:Point> sexter (Stallow Crust) rgml:Point> sexter (Stallow Crust) rgml:Point> sexter (Stallow Crust) pointGeometry: Point gml:Point: 点 gml:Point> sexter (Stallow Crust) pointGeometry: Point gml:Point: 点 gml:Point 終了タグ upperSeismoDepth: 地震発生上面深 さ 20. 0(km) lowerSeismoDepth: 地震発生下面深 さ 50.0(km) pointGeometry> ruptAspectRatio>1.5 ruptAspectRatio>1.5	5	<pre><pointsource <="" id="2" name="Point Source" pre=""></pointsource></pre>	pointSource : Point source		
 6 <pointgeometry></pointgeometry> 7 <gml:point></gml:point> 8 <gml:pos>84.4 27.6</gml:pos> 9 9 10 <uperseismodepth>20.0</uperseismodepth> 11 10 <lowerseismodepth>50.0</lowerseismodepth> 12 13 <magscalerel>WC1994</magscalerel> 14 15 7 <pre> </pre> 7 <pre> </pre> 7 9 <td></td><td>tectonicRegion="Active Shallow Crust"></td><td>name: 簡単な説明、tectonicRegion:</td>		tectonicRegion="Active Shallow Crust">	name: 簡単な説明、tectonicRegion:		
 6 <pointgeometry></pointgeometry> 7 <gml:point></gml:point> 8 <gml:pos>84.4 27.6</gml:pos> 9 9 10 <uperseismodepth>20.0</uperseismodepth> 11 10 <lowerseismodepth>50.0</lowerseismodepth> 12 13 <magscalerel>WC1994</magscalerel> 14 15 Shallow Crust pointGeometry: Point gml:Point: 点 gml:Point 終了夕グ upperSeismoDepth: 地震発生上面深 さ 20. 0(km) lowerSeismoDepth: 地震発生下面深 さ 50.0(km) pointGeometry 終了夕グ magScaleRel: スケーリング則は WC1994 ruptAspectRatio>1.5 			テクトニックタイプは Active		
 6 <pointgeometry></pointgeometry> 7 <pointgeometry></pointgeometry> 8 <pul> 9 9 <</pul>			Shallow Crust		
 7 <gml:point></gml:point> 8 <gml:pos>84.4 27.6</gml:pos> 9 9 9 10 <uperseismodepth>20.0</uperseismodepth> 11 10 <lowerseismodepth>50.0</lowerseismodepth> 12 13 <<magscalerel>WC1994</magscalerel> 14 15 	6	<pre><pointgeometry></pointgeometry></pre>	pointGeometry: Point		
 8 <gml:pos>84.4 27.6</gml:pos> 9 10 <uperseismodepth>20.0</uperseismodepth> 11 lowerSeismoDepth>50.0 2 13 <magscalerel>WC1994</magscalerel> 14 ruptAspectRatio>1.5 ruptAspectRatio>1.5 ruptAspectRatio>1.5 ruptAspectRatio>1.5 statio statio<th>7</th><th><gml:point></gml:point></th><th>gml:Point: 点</th>	7	<gml:point></gml:point>	gml:Point: 点		
9 度 10 <upperseismodepth>20.0</upperseismodepth> upperSeismoDepth: 地震発生上面深 11 <lowerseismodepth>50.0</lowerseismodepth> iowerSeismoDepth: 地震発生下面深 12 iowerSeismoDepth iowerSeismoDepth: 地震発生下面深 13 <magscalerel>WC1994 pointGeometry 終了タグ 14 <ruptaspectratio>1.5</ruptaspectratio> ruptAspectRatio: 断層面のアスペク</magscalerel>	8	<gml:pos>84.4 27.6</gml:pos>	gml:pos: 震央経度 84.4 度、緯度 27.6		
 9 10 10 11 11 11 12 13 14 15 15 10 10 10 11 11 12 12 13 14 14 14 15 15 15 10 10 10 10 10 11 10 11 11 12 12 13 14 15 15			度		
 10 <upperseismodepth>20.0</upperseismodepth> 11 lowerSeismoDepth>50.0 iowerSeismoDepth: 地震発生上面深 さ 20.0(km) lowerSeismoDepth: 地震発生下面深 さ 50.0(km) iowerSeismoDepth: 地震発生下面深 さ 50.0(km) iowerSeismoDepth: 地震発生下面深 さ 50.0(km) iowerSeismoDepth: 地震発生下面深 さ 50.0(km) iowerSeismoDepth: 地震発生下面深 iowerSeismoDepth: 地震発生下面深 iowerSeismoDepth: 地震発生下面深 iowerSeismoDepth: 地震発生下面深 iwerSeismoDepth: 地震発生下面深 iowerSeismoDepth: 地震発生下面深	9		gml:Point 終了タグ		
 11 <lowerseismodepth>50.0</lowerseismodepth> i 2 13 <magscalerel>WC1994</magscalerel> <muptaspectratio>1.5</muptaspectratio> 	10	<up></up> erSeismoDepth>20.0	upperSeismoDepth: 地震発生上面深		
 			さ 20. 0(km)		
12 13 14 15 16 17 18 18 19 19 19 10 10 10 10 10 10 10 11 11 12 12 13 14 14 15 16 17 18 18 19 19 19 19 19 10 1	11	<lowerseismodepth>50.0</lowerseismodepth>	lowerSeismoDepth: 地震発生下面深		
12 12 13 13 13 14 14 15 16 17 18 18 19 19 19 19 10 10 10 10 10 10 11 11 12 12 12 13 14 14 15 16 17 18 18 19 19 19 10 <td></td> <td></td> <td>さ 50.0(km)</td>			さ 50.0(km)		
 13 <magscalerel>WC1994</magscalerel> 14 <ruptaspectratio>1.5</ruptaspectratio> 15 15<td>12</td><td></td><td>pointGeometry 終了タグ</td>	12		pointGeometry 終了タグ		
14 <pre><ruptaspectratio>1.5</ruptaspectratio></pre> WC1994 ruptAspectRatio: 断層面のアスペク ト比は 1.5	13	<magscalerel>WC1994</magscalerel>	magScaleRel: スケーリング則は		
14 <ruptaspectratio>1.5</ruptaspectratio> ruptAspectRatio: 断層面のアスペク ト比は 1.5			WC1994		
ト比は1.5	14	<ruptaspectratio>1.5</ruptaspectratio>	ruptAspectRatio: 断層面のアスペク		
			ト比は 1.5		

	ファイル内容	説明
15	<truncgutenbergrichtermfd <="" avalue="3.0" bvalue="1.0" td=""><td>truncGutenbergRichterMFD: G-R 則</td></truncgutenbergrichtermfd>	truncGutenbergRichterMFD : G-R 則
	minMag="5.0" maxMag="7.0" />	に基づくマグニチュード別度数分布
		aValue: 3.0, bValue: 1.0, minMag: 5.0,
		maxMag: 7.0
16	<nodalplanedist></nodalplanedist>	nodalPlaneDist: 断層面のばらつき
17	<nodalplane <="" dip="90.0" probability="1.0" strike="285.0" th=""><th>nodalPlane: 断層面</th></nodalplane>	nodalPlane: 断層面
	rake="90.0" />	probability: 発生確率、strike: 走向、
		<i>dip</i> : 傾斜、 <i>rake</i> : すべり角
		傾斜 90 度、すべり角 90 度、走向 285
		度の断層面の発生確率が100%
18		nodalPlaneDist 終了タグ
19	<hypodepthdist></hypodepthdist>	hypoDepthDist : 震源深さのばらつき
20	<hypodepth depth="25.0" probability="1.0"></hypodepth>	hypoDepth: 震源深さ
		<i>probability</i> : 発生確率、 <i>depth</i> : 深さ
		深さ 35km の発生確率が各 100%
21		hypoDepthDist 終了タグ
22		pointSource 終了タグ
23		sourceGroup 終了タグ
24		sourceModel 終了タグ
25		nrml 終了タグ





上: Classical PSHA (Simple fault source)の計算結果 下: Point Source を用いて断層面を一枚とした場合 左: ハザードカーブ、中: 一様ハザードスペクトル、右: ハザードマップ

(4) Event-based PSHA

次に、「(3) Classical PSHA (Simple fault source)」(p.128~) で使用した震源モデルによる Event-based PSHA の計算例を説明する。Event-based PSHA による解析は、Classical PSHA の解析とは異なり、最初に多数の地震動場を計算する。計算された多数の地震動場からモンテカルロ法を用いることで、確率論的な統計データとして処理することになる。

1) 必要なファイル

Classical PSHA と同様に、OpenQuake-engine 実行のための設定ファイルと震源モデルロ ジックツリーおよび地震動モデルロジックツリーが必要となる。

- 1. 設定ファイル (ファイル 3.6.12)
- 2. 震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.7)
- 3. 地震動モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.8)

震源モデルロジックツリー内で指定される震源モデル(ファイル 3.6.10)もまた必要となる。震源モデルロジックツリーおよび地震動モデルロジックツリーは「(2) Classical PSHA (Point source)」(p.122~)、震源モデルファイルは、「(3) Classical PSHA (Simple fault source)」(p.128~)と同じファイル(ファイル 3.6.7、ファイル 3.6.8、ファイル 3.6.10)を使用する。 今回の計算で使用する設定ファイルを(ファイル 3.6.12)に示す。

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Event Based PSHA calculation with Simple fault	計算概要
3	calculation_mode = event_based	モードの選択
4		
5	[Hazard site]	
6	region = 80 26, 88 26, 88 31, 80 31	計算領域をカンマ区切りで指定(度)
7	region_grid_spacing = 2	region 範囲内の計算地点の刻み(km)
8		
9	[logic_tree]	
10	source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml	震源モデルロジックツリー
11	gsim_logic_tree_file = gmpe_logic_tree.xml	地震動予測式ロジックツリー
12		
13	[erf]	
14	width_of_mfd_bin = 0.1	マグニチュード別度数分布の刻み
15	rupture_mesh_spacing = 5	断層モデル作成時のメッシュ分割サ
		イズ (km)
16		
17	[site_params]	
18	$reference_vs30_value = 760.0$	Vs30(m/s)
19	$reference_vs30_type = measured$	Vs30 のタイプ
20	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	Vs=2.5km/s となる深さ(km)
21	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	Vs=1.0km/s となる深さ(m)
22		
23	[correlation]	
24	ground_motion_correlation_model =	
20 26	[Hazard calculation]	
20		

ファイル 3.6.12 Event-based PSHA で使用する設定ファイル

	ファイル内容	説明
27	random_seed = 113	乱数のシード値
28	intensity_measure_types_and_levels = {"PGA": [0.005, 0.007,	計算する地震動強さ
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	地震動強さの数値も必要となる
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	
	"SA(0.025)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269,	
	0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397,	
	0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13], "SA (0.05) ": [0.005, 0.007,	
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	
	"SA(0.1)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269]	
	0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397,	
	0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13], "SA(0.2)": [0.005, 0.007,	
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	
	"SA(0.5)": [0.005, 0.00/, 0.0098, 0.013/, 0.0192, 0.0269, 0.0269]	
	0.03/6, 0.052/, 0.0/38, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.39/,	
	0.556, 0.7/8, 1.09, 1.52, 2.13, "SA(1.0)": [0.005, 0.007, 0.002, 0.027, 0.027, 0.027, 0.0527, 0.0527, 0.0728, 0.102	
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0209, 0.0370, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.202, 0.284, 0.207, 0.556, 0.778, 1.00, 1.52, 2.121	
	0.145, 0.205, 0.264, 0.597, 0.550, 0.778, 1.09, 1.52, 2.15],	
	SA(2.0) : [0.003, 0.007, 0.0096, 0.0157, 0.0192, 0.0209,	
	0.0570, 0.0527, 0.0750, 0.105, 0.145, 0.205, 0.204, 0.597, 0.556, 0.779, 1,00, 1,52, 2,121)	
20	(0.550, 0.770, 1.09, 1.52, 2.15)	切断正坦公本の右思しべル
20	maximum distance = 500	9月11月110月110月11日
21	inaxinum_distance = 500	計昇90取入距離
31	investigation_time = 50.0	発生確率の対象期间
32		
33	[event_based_params]	
34	ses_per_logic_tree_path=100	統計処理の回数
35		
36	[hazard_outputs]	
37	ground_motion_fields = true	GMF の出力
38	hazard_curves_from_gmfs = true	GMF からのハザードカーブを出力
39	hazard_maps = true	ハザードマップの出力
40	$poes = 0.1 \ 0.02$	超過確率 10%、2%

この例では、ファイル 3.6.12 の設定ファイルとファイル 3.6.7 およびファイル 3.6.8 の各 ロジックツリーファイル、ファイル 3.6.10 の震源モデルに従い、確率論的地震ハザード解 析を行う。多くの設定は Classical PSHA と同様であるが、ses_per_logic_tree_path 変数(フ ァイル 3.6.12 中 34 行目)を設定し、統計処理の回数を指定する。モンテカルロ法により確 率を近似的に求めるため、回数が少なければ近似は荒く、回数が多ければよい近似となる。 多ければ、計算に時間がかかることは言うまでもない。

2) 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりである。

3) 計算結果

Event Based PSHA による計算結果は、設定ファイル中のパラメータの指定およびロジッ クツリーでの経路によって複数の計算結果が出力される。今回の計算では、ロジックツリ ーは1経路であることから、ハザードカーブ、ハザードマップおよび一様ハザードスペクトルのみが計算可能である。計算結果は出力の種類ごとに、csv形式とnrml形式、geojson形式、npz形式の4パターンで出力可能である(表 3.6.4)。

計算結果	名前	出力形式		
地震動強さの分布	gmf_data	nrml 形式 csv 形式 npz 形式		
ハザードカーブ	hcurves	nrml 形式		
ハザードマップ	hmap	csv 形式		
一様ハザードスペクトル	uhs	geoJson 形式 npz 形式		
断層モデルデータ	rup_data			
ロジックツリーパス	realizations	csv 形式		
震源グループ	sourcegroups			

表 3.6.4 Event-based PSHA の出力結果一覧

csv 形式ファイルは汎用ソフトウェアを使用して図化を行う。nrml 形式ファイルは OpenQuake 開発者が作成したツールを使用して図化することが可能である。図化した計算 結果の例を図 3.6.23 に示す。



参考のため、ses_per_logic_tree_path 変数を 10、100、1000 とした場合の計算結果と「(3) Classical PSHA (Simple fault source)」(p.128~)による計算結果を図 3.6.24 にそれぞれ示す。

震源モデルファイルや設定ファイルは、ほとんど「(3) Classical PSHA (Simple fault source)」(p.128~)と同様のものを使用しているが、ses_per_logic_tree_path 変数の値で結果 が異なることが確認できる。計算に要する時間については、Classical PSHA の場合は、626 秒、Event -based PSHA の場合は、ses_per_logic_tree_path の値が 10 で 32 秒、100 で 132 秒、1000 で 312 秒となっているが、ses_per_logic_tree_path の値が 1000 の場合でも収束してい るとは言えないため、より多い数での計算が必要であると考える。

















図 3. 6. 24 Event-based PSHA と Classical PSHA の計算結果の比較 左: ハザードカーブ、右: ハザードマップ

(5) Disaggregation

ハザード解析の最後に Disaggregation の計算を解説する。Disaggregation はハザードの再 分解のことである。

1) 必要なファイル

OpenQuake-engine 実行のための設定ファイルと震源モデルロジックツリーおよび地震動 モデルロジックツリーが必要となる。

- 1. 設定ファイル (ファイル 3.6.13)
- 2. 震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.7)
- 3. 地震動モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.14)

震源モデルロジックツリー内で指定される震源モデル(ファイル 3.6.15) もまた必要となる。地震動モデルロジックツリーは「(2) Classical PSHA (Point source)」(p.122~) と同じファイル(ファイル 3.6.7) を使用する。今回の計算で使用する設定ファイル、地震動モデルロジックツリーファイルおよび震源モデルファイルをファイル 3.6.13、ファイル 3.6.14 およびファイル 3.6.15 に示す。

ファイル 3.6.13 Disaggregation で使用する設定ファイル

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Disaggregation calculation with Source Model	計算概要
	containing an Area Source and a Simple Fault Source	
•	belonging to different tectonic region types	
3	calculation_mode = disaggregation	モードの選択
4	[aitaa]	
5	[sites]	井ノした古石七字
7	sites – 0.5 -0.5	リイトを尽く相足
8	[logic tree]	
9	source model logic tree file = source model logic tree xml	電源モデルロジックツリー
10	gsim logic tree file = gmpe logic tree.xml	地震動予測式ロジックツリー
11	number of logic tree samples = 0	ロジックツリーけすべて使用
12		
13	[erf]	
14	rupture mesh spacing $= 2$	震源距離計算時に断層モデルを分割
		するサイズ(km)
15	width_of_mfd_bin = 0.1	マグニチュード別度数分布の刻み
16	area_source_discretization = 5.0	area source の離散化サイズ (km)
17		
18	[site_params]	
19	reference_vs30_type = measured	Vs30(m/s)
20	$reference_vs30_value = 600.0$	Vs30 のタイプ
21	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	Vs=2.5km/s となる深さ(km)
22	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	Vs=1.0km/s となる深さ(m)
23		
24	[hazard_calculation]	
25	random_seed = 23	乱数のシード値
26	investigation_time = 50.0	発生確率の対象期間
	ファイル内容	説明
----	--	----------------
27	intensity_measure_types_and_levels = {"PGA": [0.005, 0.007,	計算する地震動強さ
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	地震動強さの数値も必要となる
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13]}	
28	truncation_level = 3	切断正規分布の有界レベル
29	maximum_distance = 200.0	計算する最大距離
30		
31	[disaggregation]	
32	$poes_disagg = 0.1$	超過確率の分解
33	$mag_bin_width = 1.0$	マグニチュードの分解の刻み
34	distance_bin_width = 10.0	距離の分解の刻み
35	coordinate_bin_width = 0.2	座標の分解の刻み
36	num_epsilon_bins = 3	epsilon の数

*斜体は選択した GSIM によって、使用の有無や変数が異なる

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
		xmlns: XML 名前空間
3	<logictree logictreeid="lt1"></logictree>	logicTree: ロジックツリー
		logicTreeID: ID"lt1"
4	<logictreebranchinglevel branchinglevelid="bl1"></logictreebranchinglevel>	logicTreeBranchingLevel: ブランチ
		ングレベル
		branchingLevelID: ID"bl1"
5	<logictreebranchset <="" td="" uncertaintytype="gmpeModel"><td>logicTreeBranchSet: ブランチセット</td></logictreebranchset>	logicTreeBranchSet: ブランチセット
	branchSetID="bs1" applyToTectonicRegionType="Active	branchSetID: ID"bs1"、
	Shallow Crust">	uncertaintyType: gmpeModel、
		applyToTectonicRegionType: 適用す
		るテクトニックタイプは Active
		Shallow Crust
6	<logictreebranch branchid="b11"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
		branchID: ID b1"
7		uncertaintyModel: 不確定性は
	<uncertaintymodel>ChiouYoungs2008</uncertaintymodel>	ChuouYoungs2008
8	<uncertaintyweight>1.0</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight: 重みは 1.0
9		logicTreeBranch 終了タグ
10		logicTreeBranchSet 終了タグ
11		logicTreeBranchingLevel 終了タグ
12	<logictreebranchinglevel branchinglevelid="bl2"></logictreebranchinglevel>	logicTreeBranchingLevel: ブランチ
		ングレベル
		branchingLevelID: ID"b11"
13	<logictreebranchset <="" li="" uncertaintytype="gmpeModel"></logictreebranchset>	logicTreeBranchSet: ブランチセット
	Continental Crust">	<i>branchSetID</i> : ID"bs2"、
	Continental Crust >	uncertaintyType: gmpeModel
		applyToTectonicRegionType: 適用す
		るテクトニックタイプは Stable
1.4		Continental Crust
14	<logic branchid="b21" treebranch=""></logic>	logicTreeBranch: ファンナ
15	Surgestated Madels Tana Et & 12002 Shurgestated Madels	branchID: ID b1"
15	<uncertainty viodel="">10roEtA12002</uncertainty>	uncertainty Widdel: <i>不</i> 牌 学 牌 计 Tara Ft A 12002
16	<uncertainty weight="">1 0</uncertainty>	小畑山仁注は、1010ELAI2002
17		uncertainty weight: 里かは 1.0
19		logioTrooProphSat 数子タガ
10	<pre>>/logicTreeDranchingLevel></pre>	logic TreeBranchSet 於」ダク
17		logic TreeBranchingLevel 於 」 タク

	ファイル内容	説明
20		logicTree 終了タグ
21		nrml 終了タグ

ファイル 3.6.15 Disaggregation で使用する震源モデルファイル

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	xml 宣言
2	<pre><nrml <="" pre="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"></nrml></pre>	nrml: NRML 開始タグ
	xmlns="http://openguake.org/xmlns/nrml/0.5">	rmlns: XMI 名前空間
3	<sourcemodel name="Evample Source Model Containing an</td><td>Minutes: Alvin 石前王间
sourcesModel: 雪頂エデルファイル</td></tr><tr><td>5</td><td>Area Source and a Simple Fault Source belonging to different</td><td>Sourcewoodel. 展研てアルクティル</td></tr><tr><td></td><td>tectonic region types"></sourcemodel>	name: 間 単 な 説 明
Δ	<sourcegroup name="g1" tectonicregion="Active Shallow</td><td>sourcoCroup:雪酒ガループ</td></tr><tr><td>7</td><td>Crust"></sourcegroup>	SourceGroup. 展示ノル ノ
5		lectonic Region:)) F - 99991)
3	><a 4="" 5"="" <="" href="carearsource</td><td>areaSource : Area Source</td></tr><tr><td></td><td>tectonickegion- Stable Continental Crust ></td><td>name: 間里な説明、lectonicRegion:</td></tr><tr><td></td><td></td><td>テクトニックタイフは Stable</td></tr><tr><td>_</td><td></td><td>Continental Crust</td></tr><tr><td>6</td><td><areaGeometry></td><td>areaGeometry: Area ジオメトリを使</td></tr><tr><td></td><td></td><td>用</td></tr><tr><td>7</td><td><gml:Polygon></td><td>gml:Polygon: ポリゴン</td></tr><tr><td>8</td><td><gml:exterior></td><td>gml:exterior: 通常の領域</td></tr><tr><td>9</td><td><gml:LinearRing></td><td>gml:LinearRing: ポリゴンの線</td></tr><tr><td>10</td><td><gml:posList></td><td>gml:posList: ポジションリスト</td></tr><tr><td>11</td><td>-0.5 -0.5</td><td></td></tr><tr><td>12</td><td>-0.3 -0.1</td><td></td></tr><tr><td>13</td><td>0.1 0.2</td><td></td></tr><tr><td>14</td><td>0.3 -0.8</td><td></td></tr><tr><td>15</td><td></gml:posList></td><td>gml:posList 終了タグ</td></tr><tr><td>16</td><td></gml:LinearRing></td><td>gml:LinearRing 終了タグ</td></tr><tr><td>17</td><td></gml:exterior></td><td>gml:exterior 終了タグ</td></tr><tr><td>18</td><td></gml:Polygon></td><td>gml:Polygon 終了タグ</td></tr><tr><td>19</td><td><up></td><td>upperSeismoDepth: 地震発生上面深</td></tr><tr><td></td><td></td><td>さ 0. 0(km)</td></tr><tr><td>20</td><td><lowerSeismoDepth>10.0</lowerSeismoDepth></td><td>lowerSeismoDepth: 地震発生下面深</td></tr><tr><td></td><td></td><td>さ 10 0(km)</td></tr><tr><td>21</td><td></areaGeometry></td><td>areaGeometry 終了タグ</td></tr><tr><td>22</td><td><magScaleRel>WC1994</magScaleRel></td><td>magScaleRel:スケーリング則け</td></tr><tr><td></td><td>magicaleret (Cry) Prinagocaleret</td><td>WC1994</td></tr><tr><td>23</td><td><ruptAspectRatio>1.0</ruptAspectRatio></td><td>runtAspectRatio: 断層面のアスペク</td></tr><tr><td></td><td></td><td>トレけ15</td></tr><tr><td>24</td><td><truncGutenbergRichterMFD aValue=" hvalue="1 0" td=""><td>truncCutenbergRichterMFD: G-R 即</td>	truncCutenbergRichterMFD: G-R 即
2.	minMag="5.0" maxMag="7.0" />	に其づくマガーチュード別度数公布
		に並って、ノニノエー「加及数分析 aValue: 15 hValue: 10 minMag: 50
		avalue: 4.5, $bvalue: 1.0$, $minimag: 5.0$, marMag: 7.0
25	<nodalplanedist></nodalplanedist>	maxing. 7.0 nodelPlaneDist: 断層面のげらへき
25 26	<nodal <="" din="00.0" plana="" probability="1.0" strika="0.0" td=""><td>notal lancoist. 所層面のなり >e</td></nodal>	notal lancoist. 所層面のなり >e
20	\sim notati faite probability = 1.0 strike = 0.0 up = 90.0	
		probability: 先生帷华、strike: 定问、
		alp: 頃料、rake: タイリ 角
		(限料 90 度、う へり用 0 度、定回 0 度
<u>-</u>		の 断 増 面 の 発 生 確 率 か 100%
27		nodalPlaneDist 終了タグ
28	<hypodepthdist></hypodepthdist>	hypoDepthDist: 震源深さのばらつき
29	<hypodepth depth="5.0" probability="1.0"></hypodepth>	hypoDepth: 震源深さ
		<i>probability</i> : 発生確率、 <i>depth</i> : 深さ、
		深さ 5km の発生確率が 100%

	ファイル内容	説明
30		hypoDepthDist 終了タグ
31		areaSource 終了タグ
32	<simplefaultsource <="" id="2" name="Simple Fault Source" td=""><td>simpleFaultSource : Simple fault</td></simplefaultsource>	simpleFaultSource : Simple fault
	tectonicRegion="Active Shallow Crust">	name: 簡単な説明、tectonicRegion:
		テクトニックタイプは Active
		Shallow Crust
33	<simplefaultgeometry></simplefaultgeometry>	simpleFaultGeometry: Simple fault
34	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:Point: 線
35	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置情報のリスト
36	1.0 -0.5	始点の経度 1.0 度、緯度-0.5 度
37	1.4 0.0	始点の経度 1.4 度、緯度 0.0 度
38	1.4 0.3	始点の経度 1.4 度、緯度 0.3 度
39		gml:posList 終了タグ
40		gml:LineString 終了タグ
41	<dip>30.0</dip>	dip : 傾斜角 30 度
42	<up></up>	upperSeismoDepth: 地震発生上面深
		さ8.0km
43	<lowerseismodepth>20.0</lowerseismodepth>	lowerSeismoDepth: 地震発生下面深
		さ 20.0km
44		simpleFaultGeometry 終了タグ
45	<magscalerel>WC1994</magscalerel>	magScaleRel: スケーリング則は
		WC1994
46	<ruptaspectratio>2.0</ruptaspectratio>	ruptAspectRatio: 断層面のアスペク
		ト比は2.0
47	<truncgutenbergrichtermfd <="" avalue="3.2" bvalue="0.9" td=""><td>truncGutenbergRichterMFD: G-R 則</td></truncgutenbergrichtermfd>	truncGutenbergRichterMFD: G-R 則
	minMag="6.5" maxMag="7.5" />	に基づくマグニチュード別度数分布
		aValue: 4.5, bValue: 1.0, minMag: 5.0,
		maxMag: 7.0
48	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角 90 度
49		simpleFaultSource 終了タグ
50		sourceGroup 終了タグ
51		sourceModel 終了タグ
52		nrml 終了タグ

この例では、ファイル 3.6.13 の設定ファイルと、ファイル 3.6.7 およびファイル 3.6.14 の各ロジックツリーファイル、ファイル 3.6.15 の震源モデルに従い、ある観測点(ファイル 3.6.13 の 6 行目)のハザードの再分解を行う。

2) 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりである。

3) 計算結果

計算結果については、ここでは省略する。

3.6.2 リスク

(1) Scenario Damage

まず、リスク計算で一番簡単な例として、Scenario Damage の計算例を示す。Scenario Damage は、Scenario Case (Scenario-based Hazard) による地震動強さの分布を使用して、 exposure モデルと fragility モデルを用いて、建物被害などを求めるものである。

1) 必要なファイル

OpenQuake-engine による計算では、まずハザードの計算を行い、その計算結果をもとに リスクの計算を行うことになる。ここでは、Scenario Case タイプのハザードの計算結果を 用いて損害分布を求めるため、以下の計 4 ファイルが必要となる。オプションとして、 consequence モデルファイルを指定することも可能である。

- 1. 設定ファイル (ファイル 3.6.16)
- 2. 震源モデルファイル (ファイル 3.6.2)
- 3. exposure モデルファイル (ファイル 3.6.17)
- 4. fragility モデルファイル (ファイル 3.6.18)
- 5. (オプションとして) consequence モデルファイル (ファイル 3.6.19)

設定ファイル、exposure モデルファイル、fragility モデルファイルおよび consequence モデ ルファイルをファイル 3.6.17、ファイル 3.6.17、ファイル 3.6.18 およびファイル 3.6.19 にそ れぞれ示す。震源モデルファイルは「3.6.1 (1) Scenario Case」(p.106~) で使用したファ イル 3.6.2 をそのまま使用する。ハザードとリスクの設定ファイルは別ファイル

(job_hazard.ini、job_risk.ini など)とすることも可能であるが、今回の計算では同じファ イルに両方の設定を記述した。

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Scenario Damage calculation with Simple fault	計算概要
	rupture	
3	calculation_mode = scenario_damage	モードの説明
4		
5	[sites]	
6	region_grid_spacing = 5	計算間隔 (km)
7	region = 80 26, 88 26, 88 31, 80 31	範囲(経度 緯度)
8		
9	[erf]	断層モデル
10	rupture_model_file = earthquake_rupture_model.xml	断層モデルファイル
11	rupture mesh spacing $= 2$	断層分割サイズ (km)
12		
13	[site params]	観測点パラメータ
14	reference vs30 value = 760	Vs30 (m/s)
15	reference_vs30_type = measured	Vs30 のタイプ
16	reference depth to $2pt5km$ per sec = 5.0	Vs=2.5km/s となる深さ(km)
17	reference depth to 1pt0km per sec = 100.0	Vs=1.0km/s となる深さ(m)
18		

ファイル 3.6.16 Scenario Damage で使用する設定ファイル

	ファイル内容	説明
19	[correlation]	観測点パラメータ
20	ground_motion_correlation_model =	地震動補正モデル
21		
22	[hazard_calculation]	
23	random_seed = 113	乱数のシード値
24	gsim = ChiouYoungs2008	距離減衰式
25	truncation_level = 3.0	切断正規分布の有界レベル
26	maximum_distance = 500.0	最大距離 (km)
27	number_of_ground_motion_fields = 10	地震動場の計算回数
28		
29	[exposure]	
30	exposure_file = exposure_model.xml	exposure モデルファイル
31		
32	[fragility]	
33	structural_fragility_file = structural_fragility_model.xml	fragility モデルファイル
34		
35	[consequence]	
36	structural_consequence_file = consequence_model.xml	consequence モデルファイル

ファイル 3.6.17 Scenario Damage で使用する exposure モデルファイルの一部

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml>	nrml 開始タグ
3	<exposuremodel category="buildings" id="ep"></exposuremodel>	exposureModel : exposure モデル
		<i>id</i> : ID "ep"、 <i>category</i> : カテゴリーは
		buildings
4	<description>Exposure Model for Nepal </description>	description: 説明
5	<conversions></conversions>	conversions: コンバージョンセクシ
		эン
6	<costtypes></costtypes>	costTypes: コストタイプの集合
7	<costtype <="" name="structural" td="" type="per_asset"><td>costType: コストタイプ</td></costtype>	costType: コストタイプ
	unit="USD"/>	name: 分類は構造物、非構造物、コ
8	<costtype <="" name="nonstructural" td="" type="per_asset"><td>ンテンツ、type: コストタイプの単</td></costtype>	ンテンツ、type: コストタイプの単
0	unit="USD"/>	位は資産ごと、 <i>unit</i> :単価は USD
9	visit="USD"/>	
10		costTypes 終了タグ
11	<insurancelimit isabsolute="false"></insurancelimit>	insuranceLimit:保険限度額
		is Absolute: 絶対値か否かは false
12	<deductible isabsolute="false"></deductible>	deductible·控除免責金額
		<i>isAbsolute</i> : 絶対値か否かは false
13		conversions 終了タグ
14	<assets></assets>	assets: asset の集合
15	<asset id="a1" number="1" taxonomy="Wood"></asset>	asset: 資産
	ý	id: ユニークな文字列. taxonomy: 分
		類は木造、number:数は1
16	location lon="83.313823" lat="29.461172"/>	location: 位置情報
		lon: 経度 83.313823 度、lat: 緯度
		29.461172 度
17	<costs></costs>	costs: cost の集合
18	<cost <="" td="" type="structural" value="11340"><td>cost: コスト</td></cost>	cost: コスト
	deductible="0.1" insuranceLimit="0.8"/>	type: タイプは構造物、非構造物、
19	<cost <="" td="" type="nonstructural" value="19845"><td>コンテンツ、value: 価値はUSD、</td></cost>	コンテンツ、value: 価値はUSD、
	deductible="0.1" insuranceLimit="0.8"/>	deductible: 控除免責金額は10%、
20	<pre><cost <="" deductible="0.1" pre="" type="contents" value="5670"></cost></pre>	insuranceLimit: 保険限度額は 80%
	insuranceLimit="0.8"/>	

	ファイル内容	説明
21		costs 終了タグ
22	<occupancies></occupancies>	occupancies: occupancy の集合
23	<pre><occupancy occupants="5" period="night"></occupancy></pre>	occupancy: 居住者
		occupants: 居住者 5、period: 期間は
		夜
24		occupancies 終了タグ
25		asset 終了タグ
26		assets 終了タグ
27		exposureModel 終了タグ
28		nrml 終了タグ

ファイル 3.6.18 Scenario Damage で使用する fragility モデルファイル

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="utf-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">></nrml>	nrml 開始タグ
		xmlns: XML 名前空間
3	<fragilitymodel <="" assetcategory="building" id="fm" td=""><td>fragilityModel:</td></fragilitymodel>	fragilityModel:
	lossCategory="structural">	id: ID "fm"、assetCategory: 資産は
		building、lossCategory: 損失は
		structural
4	<description>Fragility model for Nepal</description>	description: 簡単な説明
-	(discrete)	
5	limitStates>slight moderate extreme complete 	limitStates: 彼善状態は、light
		moderate extreme complete の4 状態
6	<tragilityfunction <="" format="discrete" id="Concrete" td=""><td>fragilityFunction: fragility 関数</td></tragilityfunction>	fragilityFunction: fragility 関数
	snape- lognedi >	id: "Concrete"、format: フォーマット
		は discrete、 shape: 形状は logncdf
		対数止規 累積分 布 関 数 に よ る fragility
7		
/	$< \text{Im} \text{Is Im} = \text{PGA}^{\text{m}} \text{ noDamageLim} = 0.05 \text{ "} > 0.0 0.2 0.4 0.6$	imis: intensity measure levels
	0.8 1.0 1.2 1.4 \/ IIIIIS>	<i>Imi</i> . Intensity measure type は PGA、
8	<pre>s ls="slight">0.0.0.788.0.07.0.004.0.008.1.0.1.0</pre>	noDamageLimu. 彼吉なしの制限恒
0	1 0	Js: limit state ごとに設定
9	<pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	
	0.999 1.0	
10	<pre><pre>>poes ls="extreme">0.0 0.341 0.75 0.904 0.96 0.982 0.992</pre></pre>	
11	0.996	
11	<pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	
12	<pre></pre>	fragilityFunction 級了タグ
13	<fragilityfunction <="" format="discrete" td=""><td>fragilityFunction: fragility 関数</td></fragilityfunction>	fragilityFunction: fragility 関数
15	id="Unreinforced-Brick-Masonry" shape="logncdf">	id: "Unreinforced-Brick-Masonry"
		format: $7 \pm -7 = 1000$
		shane: 形出社 lognedf
		対数正相思積公布関数に上ろ fragility
		因数 国数
14	<imls imt="PGA" nodamagelimit="5.0000000F-02">0.0</imls>	imls : intensity measure levels
	0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4	imt: intensity measure type は PGA
		noDamageLimit: 被害なしの制限値
15	<pre><pre>>poes ls="slight">0.0 0.771 0.95 0.989 0.997 0.999 1.0</pre></pre>	poes : probabilities of exceedances
	1.0	<i>ls</i> : limit state ごとに設定
16	<pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	
17	0.997 0.999	
1/	<pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	
	0.901 0.909\/poes>	

	ファイル内容	説明
18	<pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	
	0.933 0.959	
19		fragilityFunction 終了タグ
20	<fragilityfunction <="" format="discrete" id="Wood" td=""><td>fragilityFunction: fragility 関数</td></fragilityfunction>	fragilityFunction: fragility 関数
	shape="logncdf">	<i>id</i> : "Wood"、 <i>format</i> : フォーマットは
		discrete、shape: 形状は logncdf
		対数正規累積分布関数によるフラジ
		リティ国数
21	<imls imt="PGA" nodamagelimit="5 0000000E-02">0 0</imls>	imls : intensity measure levels
21	0 2 0 4 0 6 0 8 1 0 1 2 1 4	<i>imt</i> : intensity measure type l^{+} PGA
	0.2 0.1 0.0 0.0 1.0 1.2 1.1 4 1110	noDamagaLimit: 被害なしの制限値
22	<pre><pre>slight">0.0.5.0.861.0.957.0.985.0.994.0.997</pre></pre>	noes: probabilities of exceedances
22	0 999	Js: limit state ごとに設定
23	<pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	
	0.976 0.986	
24	<pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	
	0.903	
25	<pre><pre>>0.0 0.007 0.088 0.236 0.394 0.532</pre></pre>	
	0.642 0.728	
26		fragilityFunction 終了タグ
27	<fragilityfunction <="" format="discrete" id="Adobe" td=""><td>fragilityFunction: fragility 関数</td></fragilityfunction>	fragilityFunction : fragility 関数
	shape="logncdf">	<i>id</i> : "Adobe"、 <i>format</i> : フォーマットは
		discrete、shape: 形状は logncdf
		対数正規累積分布関数による fragility
		関数
28	<imls imt="PGA" nodamagelimit="5.0000000E-02">0.0</imls>	imls: intensity measure levels
	0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4	<i>imt</i> : intensity measure type は PGA
		noDamageLimit: 被害なしの制限値
29	<pre><pre>>poes ls="slight">0.0 0.75 0.96 0.992 0.998 0.999 1.0</pre></pre>	poes: probabilities of exceedances
	1.0	<i>ls</i> : limit state ごとに設定
30	<pre><poes ls="moderate">0.0 0.6 0.909 0.976 0.992 0.997</poes></pre>	
	0.999 1.0	
31	<pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	
22	0.996	
32	< poes is = complete > 0.0 0.168 0.548 0.775 0.886 0.94	
33		fragilityFunction ぬ了々ガ
34	<fragilityfunction <="" format="discrete" id="Stone-Masonry" td=""><td>fragility Function: fragility [1] %</td></fragilityfunction>	fragility Function: fragility [1] %
74	shape="lognedf">	id "Stone Meconw" formate フナー
	shape loghedi >	id: Stone-Masonry Jorman. 77-
		マットは discrete、 snape: 形水は
		IOSIICUI 対粉正相思積公本問粉にトス fra~iliter
		利数正規業項力相関数による liaglinty 間粉
25	<pre><imls int="DCA" nodemogelimit="5 0000000E 02"> 0 0</imls></pre>	因刻
33	$\leq 1015 \text{ im} = PGA \text{ noDamageLimit} = 5.0000000 \text{E} - 02 > 0.0$	imit: intensity measure two lot DCA
	0.2 0.4 0.0 0.8 1.0 1.2 1.4 \mms>	<i>Imi</i> . Intensity measure type は PGA、
20	(noDamageLimit: 彼害なしの制限値
30	$<$ pres IS- Slight $< 0.0 \ 0.075 \ 0.957 \ 0.965 \ 0.990 \ 0.998 \ 0.999 \ 1.0$	poes. probabilities of exceedances
37	<pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	い. mm state - こ (一取)た
51	0.998 0.999	
38	<pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	
-	0.994	
39	<pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre><pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre></pre>	
	0.96 0.977	
40		fragilityFunction 終了タグ
41		fragilityModel 終了タグ
42		nrml 終了タグ

 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?> <nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml> <nrml 開始タグ<br="">xmlns: XML 名前空間</nrml> <consequencemodel <="" assetcategory="buildings" id="cm-italy" li=""> <consequencemodel <="" assetcategory="buildings" id="cm-italy" li=""> <consequencemodel: consequencemodel:="" consequencemodel<="" li=""> <consequencemodel <="" assetcategory="buildings" id="cm-italy" li=""> <consequencemodel <="" assetcategory="buildings" id="cm-italy" li=""> <consequencemodel: consequence<="" consequencemodel:="" th=""><th>ence モデ ry: 資産は 損失は</th></consequencemodel:></consequencemodel></consequencemodel></consequencemodel:></consequencemodel></consequencemodel>	ence モデ ry: 資産は 損失は
2 <nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"> nrml 開始タグ xmlns: XML 名前空間 consequenceModel id="cm-italy" assetCategory="buildings" lossCategory="structural"> id: "cm-italy", assetCategor buildings, lossCategory: 技 structural</nrml>	ence モデ ry: 資産は 損失は
3 <pre><consequencemodel assetcategory="buildings" id="cm-italy" losscategory="structural"> xmlns: XML 名前空間 consequenceModel: consequ // id: "cm-italy"、assetCategor buildings、lossCategory: 挂 structural</consequencemodel></pre>	ence モデ ry: 資産は 損失は
3 <consequencemodel <br="" assetcategory="buildings" id="cm-italy">lossCategory="structural"> consequenceModel: consequ // id: "cm-italy", assetCategory buildings, lossCategory: ‡</consequencemodel>	ence モデ ry: 資産は 員失は
lossCategory="structural"> // // // // // // // // // /	ry: 資産は 1または
id: "cm-italy", assetCatego buildings, lossCategory: ‡ structural	<i>ry</i> : 資産は 員失は
buildings, <i>lossCategory</i> : ‡ structural	員失は
structural	見入れ
4 」 <description>Consequence Model - Italy</description> description: 簡単だ源明	
5 (imitStates>slight moderate extreme collapse (imitStates> ImitStates>	light
ministates. We of white a	ngm A中能
6 <consequencefunction dist="I N" id="Concrete"> consequenceFunction: 如住</consequencefunction>	
o consequencer unetion id= consected unst- LN > consequencer unetion. 极音	民奴
ta. Concrete value, ta ta ta ta ta ta ta ta	小致正观刀
市による consequence) ついていた。 本地ではいたのの	
<pre>// <params is="siight" mean="0.04" studev="0.00"></params> params: 対数正規分布の// / <pre>// <pre>// <pre>params is= "modernete" mean="0.21" etddeu="0.00"/></pre></pre></pre></pre>	フメータ
o params is="nouclate mean="0.51" studev="0.00"/> //> //> //> ///> ///> ///> /////////	1: 平均值、
10 <pre>sparams is="collapse" mean="1.00" stddev="0.00"/> stddev: 標準偏差</pre>	
11 consequenceFunction 終了夕	ガ
12 <consequencefunction consequencefunction="" id="Unreinforced-Brick-Masonry" td="" 被害<=""><td>国教</td></consequencefunction>	国教
dist="LN">	sonry "
diet IN 计対数正相分布证	・ トス
consequence 関数	. 6. 9
13 <pre>sharams ls="slight" mean="0.04" stddev="0.00"/> narams: 対称正担公布のと</pre>	ラメータ
14 <pre>sparams is="moderate" mean="0.31" stddev="0.00"/></pre>	ノブ ク
15 <pre>>params ls="extreme" mean="0.60" stddev="0.00"/> //> //> //> //////////////////////</pre>	1. 千均恒、
16 <params ls="collapse" mean="1.00" stddev="0.00"></params> stddev: 你準備差	
17 consequenceFunction 終了タ	グ
18 <consequencefunction dist="LN" id="Wood"> consequenceFunction: 被害</consequencefunction>	関数
id: "Wood"、dist: LN は対対	汝正規分布
による consequence 関数	
19 <params ls="slight" mean="0.04" stddev="0.00"></params> params: 対数正規分布のパ	ラメータ
20 <params ls="moderate" mean="0.31" stddev="0.00"></params> ls: limit state lt slight, mea	<i>1</i> : 平均值、
21 <pre><pre>cparams ls="extreme" mean="0.60" stddev="0.00"/></pre> <pre>stddev: 標準偏差</pre></pre>	
<pre>22 <pre><pre>collapse" mean="1.00" stddev="0.00"/></pre></pre></pre>	
23 consequenceFunction 終了タ	グ
24 <consequencefunction dist="LN" id="Adobe"> consequenceFunction: 被害</consequencefunction>	関数
id: "Adobe "、dist: LN は求	f数正規分
布による consequence 関数	Į
25 <params ls="slight" mean="0.04" stddev="0.00"></params> params: 対数正規分布のパ	ラメータ
26 <params ls="moderate" mean="0.31" stddev="0.00"></params> ls: limit state lt slight, mea	1: 平均值、
27 <params ls="extreme" mean="0.60" stddev="0.00"></params> stddev: 標準偏差	
28 <params is="collapse" mean="1.00" stddev="0.00"></params> 20	Ĥ
29 〈consequencer unction〉 20 〈consequencer unction 注口(Stane Measure)' 引きたい NUS	
30 Consequencer unction id= Stone-Masonity dist= LN / consequencer unction: 做書	判数
$[a: "Adobe", alst. LN \{ \downarrow X \} $	义正规分布
による consequence 第級	~ , 4
51 <pre>>params is= siight mean= 0.04 studev= 0.00 /> params: 対数正規分布の/^</pre>	フメータ
s_{1} params is= inductate inical = 0.51 studev= 0.00 // [s: limit state it slight, mean = 10 60" stddev= 10 00"/> [s: limit state it slight, mean = 10 60" stddev= 10 00"/>	1: 平玛旭、
34 <pre>sparams is= collapse" mean="1.00" stddev="0.00"/> stddev: 標準偏差</pre>	
35 consequenceFunction 終了夕	グ
36 consequenceModel 級了タガ	
37 nrml終了タグ	

ファイル 3.6.19 Scenario Damage で使用する consequence モデルファイル

fragility モデル、consequence モデル中には、exposure モデルに含まれる建物分類に対応 する fragility 関数、consequence 関数がそれぞれ必要である(表 3.6.5 参照)。

建物分類	exposure モデル (ファイル 3.6.17)	fragility モデル (ファイル 3.6.18)	consequence モデル (ファイル 3.6.19)
Adobe (アドベ)	省略	27 行目	24 行目
Concrete (コンクリート)	省略	6行目	6行目
Stone-Masonry(石造建築)	省略	34 行目	30 行目
Unreinforced-Brick-Masonry (無補強煉瓦造建築)	省略	13 行目	12 行目
Wood (木造)	15 行目	29 行目	18 行目

表 3.6.5 exposure、fragility および consequence モデルに含まれる建物分類

ファイル 3.6.16 では、region 変数と region_grid_spacing 変数を用いてハザードの計算地 点を指定した(ファイル 3.6.16 の 5~7 行目を参照)。しかしながら、リスクの計算を実行 する場合には、exposure モデルファイルに含まれる位置のみの計算でもよい。その場合は、 ファイル 3.6.16 の 5~7 行目を削除すれば、自動的に exposure_model 変数で指定した exposure モデルファイル内の資産の位置のみを計算するようになる。

2) Input Preparation Toolkitによるファイルの準備

「1) 必要なファイル」(p.140~)で説明したファイルのうち震源ファイルと設定ファイルの 2 ファイルを作成するため、Input Preparation Toolkit を使用する。Input Preparation Toolkit の使用方法は、「3.5 Input Preparation Toolkit」で説明したとおりである。ここでは、 まず「Earthquake Rupture」タブで震源モデルファイルを作成し、「Configuration file」タブ で設定ファイルを作成する。

① 震源ファイル

震源ファイルは Scenario Case と同じものを使用する。

② 設定ファイル

設定ファイルは以下の手順で作成する。

- Input Preparation Toolkit の「Configuration file」タブを開く(図 3.6.25)。ここでは、 シナリオケースの計算なので、「Earthquake Scenarios」タブを開く。
- シナリオダメージの計算を行うので、Hazard、Risk にチェックを入れ、Damage を 選択する(図 3.6.26)。
- 3. 「Rupture model file」で参照ボタンをクリックして「3.6.1 (1) 2) ① 震源ファ イル」で作成した earthquake_rupture_model.xml をアップロードする (図 3.6.27)。
- 4. 「exposure model file」で参照ボタンをクリックして exposure_model.xml ほかをアッ プロードする (図 3.6.29)。

- 5. その他必要事項を記入する(図 3.6.30)。
- 6. ダウンロードボタンを押すと、必要なファイルが含まれた圧縮ファイルが作成される(図 3.6.31)。

Input Preparation Toolkit - Op X	+						1×
(Interstity attorn openquake of	nø/ipt/				□□ ℃ ○、検索	☆ 自 ↓ 合 ♥ :	=
OPENQUAKE	Calculate	Share	Explore			👗 tahara 🔹 🔍 <table-cell> 🤇 GEI</table-cell>	М
			PREPARA	ATION TOOLKIT	Conformation File		
		Earthquake Sce	narios Classical Probabi	listic Stochastic Event-Based			
		The OpenQuake s portfolio of building	cenario calculators can be us is from a single earthquake ri	sed for the calculation of damage distribution upture scenario, taking into account aleatory	statistics or individual asset and portfolio loss statistics for a and epistemic ground-motion variability.		
		Choose compor	ents of your configuration file	e and fill related fields.			
			Description:		Scenario calculation		
				Class all Download Zip	File		
OpenQuake Pl	latform 1.8.0 About	Terms of Use Conta	ct us Feedback			Powered by GeolVode	

図 3.6.25 Input Preparation Toolkit (リスク設定ファイル作成) その 1 「Configuration file」タブを開き、さらに「Earthquake Scenarios」タブを開く

🕥 Input Preparation Toolkit - Oy: × 🕇			
(Ittps://platform.openquake.org/ipt/		口(で) Q、検索	☆ 自 ♣ 合 ♡ ☰
OPENQUAKE Calculate Share	Explore		🚹 tahara - 🔍 ? < GEM 🕇
Exposure Fiz Earthquake Scenar The OpenQuake scen portisio of buildings to	PREPARATION TOC pilly Vulwability Earthquake Rupture or Classical Probabilistic Stochastic Event Bits ario calculators can be used for the calculation of dama on a single earthquake nyture scenario, taking into aco	Ster Configuration File Configuration File ge distribution statistics or individual asset and portfolio loss statistics for a court aleatory and epistemic ground-motion variability.	
Choose component	s of your configuration file and fill related fields. I Hazard I Risk	C Damage C Losses	
Rupture informa	Description: tion Rupture model file ? : Rupture mesh spacing (km) ?:	Bzenario calculation with simple fault rupture;;; earthquake_rupture_model.xml 2	-
	Choose a method to input hazard sites: Region grid Exposure model Exposure model Exposure model	C List of sites	
Region grid	Grid spacing (km) ∑ : Coordinates ∑ :	5.0 Longitude Latitude 80 26 88 31 80 31	
OpenQuake Platform J.8.0 About Terms of Use Contact	us Feedback	New Row	Powered by GeoNode

図 3.6.26 Input Preparation Toolkit (リスク設定ファイル作成) その2

Hazard と Risk にチェックを入れ、Damage を選択する

Multi Preparation Toolkit - Op X	+						-O×
(Inttps://platform.openquaske.org/ipt/					同じく改善	☆ 自 ♣	★ ♥ Ξ
OPENQUARE	Calculate	Share	Explore			👗 tahara 👻 🍳 🥐	< GEM
		Exposure Fri Earthquake Scena The OpenQuake sce portfolio of buildings	PREPARATION agilty Vulnerability Earthquake F nos Classical Probabilistic Stochar nario calculators can be used for the calcul	Appliere Site Conditions Configure stic Event-Based ation of damage distribution statistics or ind	tion File	s for a	
		Choose componer	tts of your configuration file and fill related fi	elds. ∣ IZ Risk IC Damage IC Losses	pound motion randomy.		
	I	Rupture inform	Description: ation Rupture model file 💽 :	Secnario calculation	with simple fault rupture		
			Rupture mesh spacing (km) 🕐	老经 earthquake_ruptur	e_model.xml Upload		
			Choose a method to input hazard s	ites: Region grid C List of sites C Read locations from site condition	15 🖗		
	I	Region grid	Grid spacing (km) ? :	5.0	Latitude		
			coordinates (*).	80 88 88 80	26 31 31		

図 3.6.27 Input Preparation Toolkit (リスク設定ファイル作成) その 3 「Rupture model file」で参照ボタンをクリックして「3.6.1 (1) 2) ① 震源ファイ ル」(p.109) で作成した earthquake_rupture_model.xml をアップロードする

Input Preparation Toolkit - Op ×	+										LOX
(Intps://platform.openquake.on	∎/ip1/				ा ८ ९ स	常		合自	+	A 0	=
OPENQUAKE	Calculate	Share	Explore				👗 tahara	- 🔍	?	G	EM
		Exposure Frag Earthquake Scenari The OpenQuake scenari optrolio of buildings fro Choose component	PREPARATION TOO ity Vulnerability Earthquake Rupture Classical Probabilistic Stochastic Event Bar no calculators can be used for the calculation of dams no single earthquake rupture scenario, taking into ac of your configuration files and the related fields	Site Conditions Configura sed ge distribution statistics or ind count aleatory and epistemic g	tion File	o loss statistics for a					
			Mazard M Kisk	Damage C Losses							
	I	Rupture informa	Description ion Rupture model file ? : Rupture mesh spacing (km) ?:	Econario calculation v earthquake_rupture_r	model.xml] 					
			Choose a method to input hazard sites: C Region grid Exposure model P C Re	C List of sites	15 7						
	I	Region grid	Grid spacing (km) 🕐 :	5.0							
			Coordinates ? :	Longitude	Latitude						- 8
				88	26						- 13
				88	31						
				80	31						
				New F	Row						

図 3.6.28 Input Preparation Toolkit (リスク設定ファイル作成) その 4 earthquake_rupture_model.xml をリスクとから選択し、その他必要事項を記入する

1 https://platform.openguake	res/int/					E1 C 9.#	*		☆ 自	1 1	
OPENQUAKE	Calculate Sh	nare l	Explore					👗 taha	ra • 🔍	? <	G
	Exposu	ire model	Exposure (?):	exposur	a_model.xml	New	I				
			Tinclude region c	onstraint							
			Include asset haza	rd distance							
	Fragility	y model									
			Select loss types:	intents	Business Intern	ption					
			Structural fragility model ?:	structura	l_fragility_model.x	ml 🔹 New					
			다. Include consequen	ice models							
			Structural consequence model 7:	consequ	ence_model.xml	• New					
	Site co	nditions									
			Select a method to specify site conditions:	C Site co	nditions file						
			Reference vs30 value (m/s) 🕐 :		760						
			Reference vs30 type ? :		€Inferred	CMeasured					
			Minimum depth (km) at which vs30 \ge 2.5 km/s ?:		5.0						
			Minimum depth (m) at which vs30 \ge 1.0 km/s ?:		100.0						
	Calcula	ation param	eters								
			Select a method to specify Ground Motion Prediction I	Equations (C	iMPE):						

図 3.6.29 Input Preparation Toolkit(リスク設定ファイル作成)その 5 exposure_model.xml などをアップロード

Input Preparation Toolkit - Op ×	+				
🔶 🛈 🖍 https://platform.openquake.or	∎/ipt/			口()(2、検索	☆ 👜 🖡 🎓 😇 🚍
OPENQUAKE	Calculate	Share	Explore		🚹 tahara - 🔍 ? < GEM 🗎
			Include consequent	ice models	
			Structural consequence model ?:	consequence_model.xml	
	s	Site conditions			
			Select a method to specify site conditions:		
			C Use uniform site parameters	C Site conditions file	
			Poforonco vr30 valuo (m/e)	760	
			Reference vs30 type ? :	CInferred CMeasured	
			Minimum depth (km) at which vs30 ≥ 2.5 km/s ?:	5.0	
			Minimum depth (m) at which vs30 ≥ 1.0 km/s ?:	100.0	
	c	Calculation para	meters		
			Select a method to specify Ground Motion Prediction I	Equations (GMPE):	
				in Lingit tree me	
			Unique GMPE ?:		
			Click here to search	•	
			Ground Motion Correlation 21	None	
			Level of truncation	3.0	
			Nextmum source to site distance (km)	500.0	
			Number of ground motion fields	1	
			number of ground modoll fields [1]:		
			Clean all Down	load Zip File	
OpenQuake Pla	atform 1.8.0 About	Terms of Use Contact	us Feedback		Powered by GeoNode

図 3.6.30 Input Preparation Toolkit (リスク設定ファイル作成) その 6 必要事項を記入する

ScenarioHazardDamage zip 友園(X
次のファイルを開こうとしています。	
ScenarioHazardDamage zip ファイルの種類: Archive file ファイルの場所: https://platform.openquake.org このファイルをどのように処理するか違んでください	_
 ○ プログラムで開く(Q): Lhaz (既定) ○ ファイルを保存する(S) □ 今後この種類のファイルは同様に処理する(A) 	
OKキャンセル	

図 3.6.31 Input Preparation Toolkit (リスク設定ファイル作成) その7 ダウンロードボタンを押すと、必要なファイルが含まれた圧縮ファイルが作成できる

3) 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりである。

4) 計算結果

Scenario Damage による計算結果は、資産ごと、建物分類ごとの被害分布とトータルの被 害分布および建物倒壊分布図である。consequence モデルを指定した場合にも、資産ごと、 建物分類ごとの被害分布とトータルの consequence データもまた出力される。計算結果は 出力の種類ごとに、csv 形式と nrml 形式、npz 形式の3パターンで出力可能である(表 3.6.6)。

計算結果	名前	出力形式
地震動強さの分布	gmf_data	nrml 形式 csv 形式 npz 形式
資産ごとの被害分布図と 倒壊分布図	dmg_by_asset_and_collapse_map	
建物分類ごとの被害分布 図	dmg_by_taxon	nrml 形式 csv 形式
トータルの被害	dmg_total	
資産ごとの consequence	csq_by_asset	
資産ごとの consequence	csq_by_taxon	csv 形式
トータルの consequence	csv_total	

表 3.6.6 Scenario Damage の出力結果一覧

WebUI を使用したデータの出力方法は、図 3.6.17~図 3.6.19 に示したとおりである。csv 形式ファイルは汎用ソフトウェアを使用して図化を行う。nrml 形式ファイルは OpenQuake 開発者が作成したツールを使用して図化することが可能である。OpenQuake 開発者が作成 したツールを用いて図化した計算結果の例を図 3.6.32 および図 3.6.33 に示した。



図 3.6.32 建物分類ごとの建物倒壊分布図および統計



図 3.6.33 建物分類ごとの損害率

(2) Scenario Risk

次に、地震によるリスク計算の簡単な例として、Scenario Risk の計算例を示す。Scenario Damage との違いは、Scenario Damage が建物等の被害数・損害数を fragility モデルから算 出するのに対して、Scenario Risk は vulnerability モデルを用いて経済被害あるいは人的被害 を算出することである。

1) 必要なファイル

Scenario Damage の計算と同様に、まずハザードの計算を行い、その計算結果をもとに地 震によるリスクの計算を行うことになる。ここでは、Scenario Case タイプのハザードの結 果を用いて、損失を求めるため、以下の4ファイルが必要となる。vulnerability はコンテン ツごとに用意する。

- 1. 設定ファイル (ファイル 3.6.20)
- 2. 震源モデルファイル (ファイル 3.6.2)
- 3. exposure モデルファイル (ファイル 3.6.17)

4. vulnerability モデルファイル (ファイル 3.6.21、ファイル 3.6.22、ファイル 3.6.23) vulnerability モデルファイルは、exposure モデルで指定したコストタイプに対応する vulnerability モデルが必要であり、コストタイプの分だけ、vulnerability モデルファイルが 必要となる。ここでは、構造物 (structural)、非構造物 (nonstructural)、居住者 (occupants) の各 vulnerability モデルファイルを用いて計算する。今回のサンプルでは、3 種の vulnerability モデルを用意したが、必要でなければ、いずれか一つの vulnerability モデルに よる計算でもかまわない。

[ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Scenario Risk calculation with Simple fault	計算概要
	rupture	
3	calculation_mode = scenario_risk	モードの説明
4		
5	[sites]	
6	region_grid_spacing = 5	計算間隔 (km)
7	region = 80 26, 88 26, 88 31, 80 31	範囲(経度 緯度)
8		
9	[erf]	断層モデル
10	rupture_model_file = earthquake_rupture_model.xml	断層モデルファイル
11	rupture_mesh_spacing = 2	断層分割サイズ (km)
12		
13	[site_params]	観測点パラメータ
14	$reference_vs30_value = 760$	Vs30(m/s)
15	reference_vs30_type = measured	Vs30 のタイプ
16	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	Vs=2.5km/s となる深さ(km)
17	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	Vs=1.0km/s となる深さ(m)
18		
19	[correlation]	観測点パラメータ

ファイル 3.6.20 Scenario Risk で使用する設定ファイル

	ファイル内容	説明
20	ground_motion_correlation_model =	地震動補正モデル
21		
22	[hazard_calculation]	
23	$random_seed = 113$	乱数のシード値
24	gsim = ChiouYoungs2008	距離減衰式
25	truncation_level = 3.0	切断正規分布の有界レベル
26	maximum_distance = 500.0	最大距離(km)
27	number_of_ground_motion_fields = 10	地震動場の計算回数
28		
29	[exposure]	
30	exposure_file = exposure_model.xml	exposure モデルファイル
31		
32	[vulnerability]	vulnerability
33	structural_vulnerability_file =	構造物の vulnerability モデルファイ
	structural_vulnerability_model.xml	ル
34	nonstructural_vulnerability_file =	非構造物の vulnerability モデルファ
	nonstructural_vulnerability_model.xml	イル
35	occupants_vulnerability_file =	居住者の vulnerability モデルファイ
	occupants_vulnerability_model.xml	N
36		
37	[risk_outputs]	
38	insured_losses = True	保険損失額の出力

ファイル 3.6.21 Scenario Risk で使用する構造物の vulnerability モデルファイル

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="utf-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml>	nrml 開始タグ
		xmlns: XML 名前空間
3	<vulnerabilitymodel <="" assetcategory="buildings" id="Nepal" td=""><td>vulnerabilityModel: vulnerability モデ</td></vulnerabilitymodel>	vulnerabilityModel : vulnerability モデ
	lossCategory="structural">	ル
		<i>id</i> : "Nepal"、assetCategory: 資産は
		buildings、 <i>lossCategory</i> : 損失は
		structural
4	<vulnerabilityfunction dist="LN" id="Wood"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: vulnerability 関
		数
		id: "Wood"、dist: LN は対数正規分布
		関数による vulnerability 関数
5	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imls>	imls: intensity measure levels
	1.4	imt: intensity measure type は PGA
6	<meanlrs>0.0001 0.05 0.21 0.4 0.56 0.67 0.76</meanlrs>	meanLRs: 平均損害率
7	0.82	
/	<covlrs>0.3 0.3 0.3 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 </covlrs>	covLRs: 損害率の変動係数
8	<td>vulnerabilityFunction 終了タク</td>	vulnerabilityFunction 終了タク
9	<vulnerabilityfunction dist="LN" id="Stone-Masonry"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: vulnerability
		<i>致</i>
		id: "Stone-Masonry"、dist: LN は対数
		止規分 市 関 数 に よ る vulnerability 関
10		一
10	<imis imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imis>	imit: intensity measure time levels
11	$1.4 \le \text{mms}^2$	mu. Intensity measure type は PGA
11	\iiicaiii_Ns>0.0001 0.25 0.05 0.82 0.91 0.95 0.98	meanLKS: 平均俱舌平
12	<pre><covlrs>0.3 0.3 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1</covlrs></pre>	covLRs 指害率の変動係数
13		vulnerabilityFunction 終了タグ
	•	1

	ファイル内容	説明
14	<vulnerabilityfunction dist="LN" id="Adobe"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: vulnerability 関
		数
		id: "Adobe"、dist: LN は対数正規分
		布関数による vulnerability 関数
15	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imls>	imls: intensity measure levels
	1.4	imt: intensity measure type 12 PGA
16	<meanlrs>0.0001 0.28 0.67 0.85 0.93 0.96 0.98</meanlrs>	meanLRs: 平均損害率
17	0.99 < meanLRs	ID. 指字索の亦動反對
1/	<covlrs>0.3 0.3 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 </covlrs>	covLKS : 損害率の変動係数
18		vulnerabilityFunction 称 」 クク
19	<vulnerabilityfunction dist="LN" id="Concrete"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: ハルネフヒリ ティ関数
		<i>id</i> : "Concrete"、 <i>dist</i> : LN は対数正規 公布関数による yulnerability 関数
20	<imls imt="PGA">0 0001 0 2 0 4 0 6 0 8 1 0 1 2</imls>	imls: intensity measure levels
20	1.4	<i>imt</i> : intensity measure type 12 PGA
21	<meanlrs>0.0001 0.25 0.61 0.8 0.9 0.94 0.97</meanlrs>	meanLRs: 平均損害率
	0.98	
22	<covlrs>0.3 0.3 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 </covlrs>	covLRs: 損害率の変動係数
23		vulnerabilityFunction 終了タグ
24	<vulnerabilityfunction <="" dist="LN" td=""><td>vulnerabilityFunction: vulnerability 関</td></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: vulnerability 関
	id="Unreinforced-Brick-Masonry">	数
		id: "Unreinforced-Brick-Masonry",
		dist: LN は対数正規分布関数による
		vulnerability 関数
25	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imls>	imls: intensity measure levels
	1.4	imt: intensity measure type は PGA
26	<meanlrs>0.0001 0.2 0.55 0.76 0.87 0.93 0.96</meanlrs>	meanLRs: 平均損害率
27	0.98	
27	<covlrs>0.3 0.3 0.1 0.2 0.1 0.1 0.1 0.1 </covlrs>	covLRs: 損害率の変動係数
28		vulnerabilityFunction 終 ∫ タグ
29		vulnerabilityModel 終了タク
30		nrml 終了タグ

ファイル 3.6.22 Scenario Risk で使用する非構造物の vulnerability モデルファイル

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="utf-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml>	nrml 開始タグ
		xmlns: XML 名前空間
3	<vulnerabilitymodel <="" assetcategory="buildings" id="Nepal" td=""><td>vulnerabilityModel: vulnerability モデ</td></vulnerabilitymodel>	vulnerabilityModel : vulnerability モデ
	lossCategory="nonstructural">	ル
		<i>id</i> : "Nepal"、 <i>assetCategory</i> : 資産は
		buildings、lossCategory: 損失は
		nonstructural
4	<vulnerabilityfunction dist="LN" id="Wood"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: vulnerability 関
		数
		<i>id</i> : "Wood"、 <i>dist</i> : LN は対数正規分布
		関数による vulnerability 関数
5	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imls>	imls: intensity measure levels
	1.4	imt: intensity measure type は PGA
6	<meanlrs>0.0001 0.08 0.23 0.38 0.51 0.62 0.7</meanlrs>	meanLRs: 平均損害率
	0.76	
7	<covlrs>0.3 0.3 0.3 0.3 0.1 0.1 0.1 0.1 </covlrs>	covLRs: 損害率の変動係数
8		vulnerabilityFunction 終了タグ

	ファイル内容	説明
9	<vulnerabilityfunction dist="LN" id="Stone-Masonry"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction : vulnerability 関
		数
		id: "Stone-Masonry"、dist: LN は対数
		正規分布関数による vulnerability 関
		数
10	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imls>	imls: intensity measure levels
11	1.4	imt: intensity measure type a PGA
11	<meanLRS>0.0001 0.07 0.22 0.38 0.51 0.62 0.7	meanLRs: 平均損害率
12	<pre>covI Rs>0.3.0.3.0.3.0.1.0.1.0.1.0.1</pre>	covI Re 指宝 感の 変動 係数
13		vulnerabilityFunction 级了身方
14	<vulnerabilityfunction dist="I N" id="Adobe"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: vulnerability 图
17		数
		<i>id</i> : "Adobe"、 <i>dist</i> : LN は対数正規分布 関数による yulnerability 関数
15	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imls>	imls: intensity measure levels
-	1.4	imt: intensity measure type 1 PGA
16	<meanlrs>0.0001 0.07 0.22 0.38 0.51 0.62 0.7</meanlrs>	meanLRs: 平均損害率
	0.76	
17	<covlrs>0.3 0.3 0.3 0.3 0.1 0.1 0.1 0.1 </covlrs>	covLRs: 損害率の変動係数
18		vulnerabilityFunction 終了タグ
19	<vulnerabilityfunction dist="LN" id="Concrete"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: vulnerability 関
		数
		id: "Concrete"、dist: LN は対数止規分
•		布関数による vulnerability 関数
20	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imls>	imis: intensity measure levels
21	$1.4 \le 1000 \le 10000 \le 10000 \le 10000 \le 100000 \le 100000000$	<i>Imt</i> : Intensity measure type は PGA
21	<pre></pre>	meanLKS: 平均損害率
22	<pre><covlrs>0.3 0.3 0.3 0.3 0.1 0.1 0.1 0.1 </covlrs></pre>	covLRs: 損害率の変動係数
23		vulnerabilityFunction 終了タグ
24	<vulnerabilityfunction <="" dist="LN" td=""><td>vulnerabilityFunction: Vulnerability 関</td></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction : Vulnerability 関
	id="Unreinforced-Brick-Masonry">	数
		id: "Unreinforced-Brick-Masonry"、
		dist: LN は対数正規分布関数による
		vulnerability 関数
25	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imls>	imls: intensity measure levels
	1.4	<i>imt</i> : intensity measure type は PGA
26	<meanlrs>0.0001 0.07 0.22 0.38 0.51 0.62 0.7</meanlrs>	meanLRs: 平均損害率
27	0.76	
27	<covlrs>0.3 0.3 0.3 0.3 0.1 0.1 0.1 0.1 </covlrs>	covLRs: 損害率の変動係数
28		vulnerabilityFunction 終 ∫ タグ
29		vulnerabilityModel 終了タク
30		nrml 終了タク

ファイル 3.6.23 Scenario Risk で使用する居住者の vulnerability モデルファイル

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="utf-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml>	nrml 開始タグ
		xmlns: XML 名前空間
3	<vulnerabilitymodel <="" assetcategory="buildings" id="Nepal" th=""><th>vulnerabilityModel: vulnerability モデ</th></vulnerabilitymodel>	vulnerabilityModel : vulnerability モデ
	lossCategory="occupants">	ル
		id: "Nepal"、assetCategory: 資産は
		buildings、lossCategory: 損失は
		nonstructural

	ファイル内容	説明
4	<vulnerabilityfunction dist="LN" id="Wood"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: vulnerability 関
		数
		<i>id</i> : "Wood"、 <i>dist</i> : LN は対数正規分布
		関数による vulnerability 関数
5	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imls>	imls: intensity measure levels
	1.4	imt: intensity measure type は PGA
6	<meanlrs>0.0001 0.001 0.009 0.024 0.039 0.053 0.064</meanlrs>	meanLRs: 平均損害率
_	0.073	
7	<covlrs>0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 </covlrs>	covLRs: 損害率の変動係数
8		vulnerabilityFunction 終了タク
9	<vulnerabilityfunction dist="LN" id="Stone-Masonry"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: vulnerability 関
		数
		id: "Stone-Masonry"、dist: LN は対数
		正規分布関数による vulnerability 関
		数
10	< mls mt = PGA > 0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2	imls: intensity measure levels
11	1.4	imt: intensity measure type II PGA
11	<meanlrs>0.0001 0.022 0.0// 0.112 0.13 0.139 0.144</meanlrs>	meanLRs: 平均損害率
12	0.14 / 0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.	covIDs: 指宝恋の亦動係粉
12	<td>COVLAS. 損害率の変動体数</td>	COVLAS. 損害率の変動体数
13	<pre>vulnerabilityFunction dist="I N" id="A dobe"></pre>	wulnerabilityFunction: wulnerability 問
14	<vullerabilityr dist="EN" id="Adobe" unction=""></vullerabilityr>	
		刻 id: "Adaba" dist: IN け対粉正担合
		<i>u</i> . Adobe、 <i>ulsi</i> . LN は別 <u>叙</u> 止 虎刀
15	<pre><imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imls></pre>	1月) 男女による Vulliciability 男女
15	$\leq 1.0 = 1.0 = 1.0 = 1.0 = 1.0 = 1.2 = 1.4 < 0.0 = 0.0 = 1.0 = 1.2 = 1.4 $	imt : intensity measure type l^{+} DGA
16	$\leq \text{meanI} \text{ Rs} > 0.0001, 0.025, 0.082, 0.116, 0.133, 0.141, 0.145$	man I De: 亚均指宝家
10	0 147	incanLKS. 十均很合平
17	<covlrs>0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0</covlrs>	covLRs: 損害率の変動係数
18		vulnerabilityFunction 終了タグ
19	<vulnerabilityfunction dist="LN" id="Concrete"></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction : vulnerability 関
	-	数
		<i>id</i> : "Concrete"、 <i>dist</i> : LN は対数正規
		分布関数による vulnerability 関数
20	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imls>	imls: intensity measure levels
	1.4	<i>imt</i> : intensity measure type は PGA
21	<meanlrs>0.0001 0.022 0.088 0.137 0.165 0.18 0.188</meanlrs>	meanLRs: 平均損害率
	0.193	
22	<covlrs>0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 /covLRs></covlrs>	covLRs: 損害率の変動係数
23		vulnerabilityFunction 終了タグ
24	<vulnerabilityfunction <="" dist="LN" td=""><td>vulnerabilityFunction: vulnerability 関</td></vulnerabilityfunction>	vulnerabilityFunction: vulnerability 関
	id="Unreinforced-Brick-Masonry">	数
		id: "Unreinforced-Brick-Masonry",
		dist: LN は対数正規分布関数による
		vulnerability 関数
25	<imls imt="PGA"> 0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imls>	imls: intensity measure levels
	1.4	imt: intensity measure type は PGA
26	<meanlrs>0.0001 0.014 0.062 0.099 0.121 0.133 0.14</meanlrs>	meanLRs: 平均損害率
27	$0.144 \leq \text{meanLKs}$	
27	<covlks>0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 </covlks>	covLRs: 損害率の変動係数
28		vulnerabilityFunction 終了タク
29		vulnerabilityModel 終 ∫ タク
30		nrml 終 J タク

各 vulnerability モデルファイル中には、exposure モデルで指定した建物分類に対応する vulnerability 関数が必要である(表 3.6.7 参照)。

建物分類	exposure モデル (ファイル 3.6.17)	structural vulnerability モデル(ファイル 3.6.21) nonstructural vulnerability モデル(ファイル 3.6.22) occupants vulnerability モデル(ファイル 3.6.23)
Adobe (アドベ)	省略	14 行目
Concrete (コンクリート)	省略	19 行目
Stone-Masonry(石造建築)	省略	9行目
Unreinforced-Brick-Masonry (無補強煉瓦造建築)	省略	24 行目
Wood (木造)	15 行目	4 行目

表 3.6.7 exposure モデル、各 vulnerability モデルに含まれる建物分類

2) 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりである。

3) 計算結果

Scenario Risk による計算結果は、建物分類ごとの経済被害あるいは人的被害の分布が出力される。計算結果は csv 形式と nrml 形式、geojson 形式の 3 パターンで出力可能である (表 3.6.8)。

計算結果 名前 出力形式 nrml 形式 地震動強さの分布 gmf_data csv 形式 npz 形式 総合損失額 csv 形式 agglosses-rlzs nrml 形式 資産ごとの損失データ losses_by_asset csv 形式 geojson 形式

表 3.6.8 Scenario Risk の出力結果一覧

WebUI を使用したデータの出力方法は、図 3.6.17~図 3.6.19 に示したとおりである。csv 形式ファイルは汎用ソフトウェアを使用して図化を行う。nrml 形式ファイルは OpenQuake 開発者が作成したツールを使用して図化することが可能である。OpenQuake 開発者が作成 したツールを用いて図化した計算結果の例を図 3.6.34 に示した。



図 3.6.34 Scenario Risk の計算による建物分類ごとのロスマップ

(3) Classical Damage

次に、Classical Damage の計算例を示す。Scenario Damage との違いは、Scenario Damage が Scenario Case タイプのハザードの結果を用いて損害分布を求めるのに対し、Classical Damage は、Classical PSHA の解析結果から、確率論的な建物被害を算出することである。

1) 必要なファイル

Scenario Damage の計算と同様に、まずハザードの計算を行い、その計算結果をもとにリ スクの計算を行うことになる。Classical Damage では、Classical PSHA タイプのハザードの 結果を用いて損害分布を求めるため、以下の計 6 ファイルが必要となる。オプションとし て、consequence モデルファイルを指定することも可能である。

- 1. 設定ファイル (ファイル 3.6.24)
- 2. 震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.7)
- 3. 震源モデルロジックツリー内で指定される震源モデル(ファイル 3.6.10)
- 4. 地震動モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.8)
- 5. exposure モデルファイル (ファイル 3.6.17)
- 6. fragility モデルファイル (ファイル 3.6.18)
- 7. (オプションとして) consequence モデルファイル (ファイル 3.6.19)

設定ファイルをファイル 3.6.24 に示す。設定ファイル以外は既出のもの(ファイル 3.6.7、 ファイル 3.6.8、ファイル 3.6.10、ファイル 3.6.17、ファイル 3.6.18 およびファイル 3.6.19) を使用する。

ファイル 3.6.24 Classical Damage で使用する設定ファイル

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Classical Damage calculation with Simple fault	計算概要
3	calculation_mode = classical_damage	モードの選択
4		
5	[logic_tree]	
6	source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml	震源モデルロジックツリー
7	gsim_logic_tree_file = gmpe_logic_tree.xml	地震動予測式ロジックツリー
8		
9	[erf]	
10	width_of_mfd_bin = 0.1	マグニチュード別度数分布の刻み
11	rupture_mesh_spacing = 2	震源距離計算時に断層モデルを分割
		するサイズ(km)
12		
13	[site_params]	観測点パラメータ
14	$reference_vs30_value = 760.0$	Vs30 (m/s)
15	reference_vs30_type = measured	Vs30 のタイプ
16	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	Vs=2.5km/s となる深さ(km)
17	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	Vs=1.0km/s となる深さ(m)
18		
19	[correlation]	
20	ground_motion_correlation_model =	地震動補正モデル
21		

	ファイル内容	説明
22	[hazard calculation]	
23	random seed = 113	乱数のシード値
24	intensity measure types and levels = {"PGA": $[0.005, 0.007,$	計算する地震動指標とその強さ
	0.0098. 0.0137. 0.0192. 0.0269. 0.0376. 0.0527. 0.0738. 0.103.	
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.131.	ないをいった使用して適切に記述
	"SA(0.025)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269,	わよいカンドを使用して適切に配近
	0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397,	する必要がめる
	0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13], "SA(0.05)": [0.005, 0.007,	
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	
	"SA(0.1)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269,	
	0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397,	
	0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13], "SA(0.2)": [0.005, 0.007,	
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	
	"SA(0.5)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269,	
	0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397,	
	0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13], "SA(1.0)": [0.005, 0.007,	
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	
	"SA(2.0)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0257, 0.0257, 0.0259, 0.0257, 0.	
	0.03/0, 0.052/, 0.0/38, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.39/,	
25	0.550, 0.7/8, 1.09, 1.52, 2.15]	回転工用八左の左用し、ジル
23	$\frac{1}{10000000000000000000000000000000000$	
20	$maximum_distance = 200$	計昇する東入距離(km)
27	investigation_time = 50.0	発生確率の対象期間(年)
28		
29	[risk_calculation]	
30	$risk_investigation_time = 1$	リスクの超過確率の対象期間(年)
31	steps_per_interval = 4	fragility 関数の補間間隔
32		
33	[exposure]	
34	exposure_file = exposure_model.xml	exposure モデルファイル
35		
36	[fragility]	
37	structural_fragility_file = structural_fragility_model.xml	構造物の fragility モデルファイル
38	structural_consequence_file = consequence_model.xml	構造物の consequence モデルファイル
39		
40	[hazard_outputs]	
41	hazard_maps = true	ハザードマップを出力する
42	uniform_hazard_spectra = true	一様ハザードマップを出力する
43	$poes = 0.1 \ 0.02$	超過確率 10%、2%

2) 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~) に示したとおりである。

3) 計算結果

Classical damage による計算結果は、資産ごとの確率論的な被害データが出力される。計算結果は csv 形式と nrml 形式、geojson 形式および npz 形式の 3 パターンで出力可能である (表 3.6.9)。

計算結果	名前	出力形式
ハザードカーブ	hcurves	nrml 形式
ハザードマップ	hmap	csv 形式
一様ハザードスペクトル	uhs	geoJson 形式 npz 形式
ロジックツリーパス	realizations	agy 彰士
震源グループ	sourcegroups	CSV /1/IL
資産ごとの確率論的な被 害データ	damages-rlzs	csv 形式

表 3.6.9 Classical Damage の出力結果一覧

(4) Classical Risk

1) 必要なファイル

Scenario Risk の計算と同様に、まずハザードの計算を行い、その計算結果をもとにリスクの計算を行うことになる。ここでは、Classical PSHA タイプのハザードの結果を用いて、 損害分布を求めるため、以下の計6ファイルが必要となる。

- 1. 設定ファイル (ファイル 3.6.25)
- 2. 震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.7)
- 3. 震源モデルロジックツリー内で指定される震源モデル(ファイル 3.6.10)
- 4. 地震動モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.8)
- 5. Exposure モデルファイル (ファイル 3.6.17)

 6. Vulnerability モデルファイル (ファイル 3.6.21、ファイル 3.6.22、ファイル 3.6.23)
 設定ファイルをファイル 3.6.25 に示す。設定ファイル以外は既出のもの (ファイル 3.6.7、 ファイル 3.6.8、ファイル 3.6.10、ファイル 3.6.21~ファイル 3.6.23)を使用する。

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Classical Risk calculation with Simple fault	計算概要
3	calculation_mode = classical_risk	モードの選択
4		
5	[logic_tree]	
6	source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml	震源モデルロジックツリー
7	gsim_logic_tree_file = gmpe_logic_tree.xml	地震動予測式ロジックツリー
8		
9	[erf]	
10	width_of_mfd_bin = 0.1	マグニチュード別度数分布の刻み
11	rupture_mesh_spacing = 2	震源距離計算時に断層モデルを分割
		するサイズ(km)
12		
13	[site_params]	観測点パラメータ
14	$reference_vs30_value = 760.0$	Vs30(m/s)
15	reference_vs30_type = measured	Vs30 のタイプ
16	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	Vs=2.5km/s となる深さ(km)
17	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	Vs=1.0km/s となる深さ(m)
18		
19	[correlation]	
20	ground_motion_correlation_model =	地震動補正モデル
21		
22	[hazard_calculation]	
23	$random_seed = 113$	乱数のシード値

ファイル 3.6.25 Classical Risk で使用する設定ファイル

	ファイル内容		説明
24	$\begin{array}{l} \hline intensity_measure_types_and_levels = \{"PGA": [0.005, 0.00\\ 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.10\\ 0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],\\ "SA(0.025)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269,\\ 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397,\\ 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13], "SA(0.05)": [0.005, 0.007,\\ 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.10\\ \end{array}$	7, 3, 3,	計算する地震動指標とその強さ 複数選択時には、{ }、[]、" "、 およびカンマを使用して適切に記述 する必要がある
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13], "SA(0.1)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13], "SA(0.2)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.10 0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13], "SA(0.5)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13], "SA(1.0)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.10 0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13]	3, 3,	
0.5	(5.145, 0.205, 0.204, 0.397, 0.350, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13), $(5.4(2.0))$: $[0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13]}$		
25 26 27 28	truncation_level = 3.0 maximum_distance = 200 investigation_time = 50.0		切断止現分布の有券レベル 計算する最大距離 発生確率の対象期間(年)
20 29 30 31 32	[risk_calculation] lrem_steps_per_interval= 1 conditional_loss_poes= 0.10, 0.02		vulnerability 関数の補間間隔 条件付き超過確率 10%、2%
33 34	[exposure] exposure_file = exposure_model.xml		exposure モデルファイル
35 36	[Vulnerability model] structural_vulnerability_file structural_vulnerability_model.xml	=	構造物の Vulnerability モデルファイ ル
37	nonstructural_vulnerability_file nonstructural_vulnerability_model.xml	=	非構造物の Vulnerability モデルファ イル
38	occupants_vulnerability_file occupants_vulnerability_model.xml	=	居住者の Vulnerability モデルファイ ル
39 40 41	[hazard_outputs] hazard_maps = true		ハザードマップを出力する
42 43	uniform_hazard_spectra = true poes = 0.1 0.02		ー様ハザードマップを出力する 超過確率 10%、2%

2) 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりである。

3) 計算結果

Classical Risk による計算結果は、算出された建物分類ごとの確率論的な経済被害あるい は人的被害の分布および資産ごとのロスカーブが出力される。計算結果は nrml 形式、csv 形式、geojson 形式、npz 形式の4パターンで出力可能である(表 3.6.10)。WebUI を使用し たデータの出力方法は、図 3.6.17~図 3.6.19 に示したとおりである。

計算結果	名前	出力形式				
ハザードカーブ	hcurves	nrml 形式				
ハザードマップ	hmap	csv 形式				
一様ハザードスペクトル	uhs	- geojson 形式 npz 形式				
ロジックツリーパス	realizations	agy With				
震源グループ	sourcegroups	CSV TVIL				
ロスカーブ	loss_curves	nrml 形式 csv 形式 geojson 形式 npz 形式				
ロスマップ	loss_maps	nrml 形式 csv 形式 geojson 形式 npz 形式				

表 3.6.10 Classical Risk の出力結果一覧

csv 形式ファイルは汎用ソフトウェアを使用して図化を行う。nrml 形式ファイルは OpenQuake 開発者が作成したツールを使用して図化することが可能である。OpenQuake 開 発者が作成したツールを用いて図化した計算結果の例を図3.6.35および図3.6.36に示した。







図 3.6.36 資産ごとのロスカーブ

(5) Event-based Risk

1) 必要なファイル

Classical Risk の計算と同様に、まずハザードの計算を行い、その計算結果をもとにリス クの計算を行うことになる。ここでは、Event-based PSHA タイプのハザードの結果を用い て、損害分布を求めるため、以下の計6ファイルが必要となる。

- 1. 設定ファイル (ファイル 3.6.26)
- 2. 震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.7)
- 3. 震源モデルロジックツリー内で指定される震源モデル(ファイル 3.6.10)
- 4. 地震動モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.8)
- 5. exposure モデルファイル (ファイル 3.6.17)

 6. Vulnerability モデルファイル (ファイル 3.6.21、ファイル 3.6.22、ファイル 3.6.23)
 設定ファイルをファイル 3.6.26 に示した。設定ファイル以外は既出のもの(ファイル 3.6.7、 ファイル 3.6.8、ファイル 3.6.10、ファイル 3.6.21~ファイル 3.6.23)を使用する。

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Event-based Risk calculation with Simple fault	計算概要
3	calculation_mode = event_based_risk	モードの選択
4		
5	[logic_tree]	
6	source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml	震源モデルロジックツリー
7	gsim_logic_tree_file = gmpe_logic_tree.xml	地震動予測式ロジックツリー
8	number_of_logic_tree_samples = 0	
9		
10	[erf]	
11	width_of_mfd_bin = 0.1	マグニチュード別度数分布の刻み
12	rupture_mesh_spacing = 2	震源距離計算時に断層モデルを分割
		するサイズ(km)
13		
14	[site_params]	観測点パラメータ
15	reference_vs30_value = 760.0	Vs30(m/s)
16	reference_vs30_type = measured	Vs30 のタイプ
17	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	Vs=2.5km/s となる深さ(km)
18	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	Vs=1.0km/s となる深さ(m)
19		
20	[correlation]	
21	ground_motion_correlation_model =	地震動補正モデル
22		
23	[hazard_calculation]	
24	$random_seed = 113$	乱数のシード値

ファイル 3.6.26 Event-based Risk で使用する設定ファイル

1	ファイル内容	説明
25	intensity measure types and levels = {"PGA": [0.005, 0.007,	計算する地震動指標とその強さ
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	複数選択時には、{ }、[]、" "、
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	およびカンマを使用して適切に記述
	"SA(0.025)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269,	する必要がある
	0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397,	
	0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13], "SA(0.05)": [0.005, 0.007,	
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	
	"SA(0.1)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269,	
	0.03/6, 0.052/, 0.0/38, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.39/,	
	0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13, "SA (0.2) ": [0.005, 0.007, 0.0028, 0.0127, 0.0102, 0.0276, 0.0527, 0.0728, 0.102	
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0209, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.202, 0.284, 0.207, 0.556, 0.778, 1.00, 1.52, 2.121	
	(0.145, 0.205, 0.264, 0.597, 0.550, 0.776, 1.09, 1.52, 2.15],	
	0.0376 0.0527 0.0738 0.103 0.145 0.203 0.284 0.397	
	0.556 0.778 1.09 1.52 2.131 "SA(1.0)" [0.005 0.007	
	0.0098 0.0137 0.0192 0.0269 0.0376 0.0527 0.0738 0.103	
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13]	
	"SA(2.0)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269,	
	0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397,	
	0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13]}	
26	truncation_level = 3.0	切断正規分布の有界レベル
27	maximum_distance = 200	最大距離
28	investigation time = 50.0	発生確率の対象期間(年)
29		
30	[event based params]	
31	ses_per_logic_tree_path=100	統計処理の回数
32		
33	[risk_calculation]	
34	$master_seed = 42$	リスク計算のための乱数のシード値
35	lrem_steps_per_interval= 1	vulnerability 関数の補間間隔
36	conditional_loss_poes= 0.10, 0.02	条件付き超過確率 10%、2%
37		
38	[exposure]	
39	exposure_file = exposure_model.xml	exposure モデルファイル
40		
41	[Vulnerability model]	
42	structural_vulnerability_file =	構造物の Vulnerability モデルファイ
	structural_vulnerability_model.xml	1レ
43	nonstructural_vulnerability_file =	非構造物の Vulnerability モデルファ
	nonstructural_vulnerability_model.xml	イル
44	occupants_vulnerability_file =	居住者の Vulnerability モデルファイ
	occupants_vulnerability_model.xml	12
45		
46	[hazard_outputs]	
47	hazard_maps = true	ハザードマップを出力する
48	uniform_hazard_spectra = true	一様ハザードマップを出力する
49	$poes = 0.1 \ 0.02$	超過確率 10%、2%

2) 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~) に示したとおりである。

3) 計算結果

計算結果については省略する。

(6) Classical BCR

1) 必要なファイル

Classical Risk の計算と同様に、まずハザードの計算を行い、その計算結果をもとに費用 便益分析の計算を行うことになる。ここでは、Classical PSHA タイプのハザードの結果を 用いて、地震による損失および改修費を求めるため、以下の計7ファイルが必要となる。

- 1. 設定ファイル (ファイル 3.6.27)
- 2. 震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.7)
- 3. 震源モデルロジックツリー内で指定される震源モデル (ファイル 3.6.10)
- 4. 地震動モデルロジックツリーファイル (ファイル 3.6.8)
- 5. exposure モデルファイル (ファイル 3.6.17)
- 6. vulnerability モデルファイル (ファイル 3.6.21)
- 7. 改修費の vulnerability モデルファイル

設定ファイルをファイル 3.6.27 に示す。設定ファイル以外は既出のもの(ファイル 3.6.7、 ファイル 3.6.8、ファイル 3.6.10、ファイル 3.6.21~ファイル 3.6.23)を使用する。改修費の vulnerability モデルファイルと vulnerability モデルファイルの違いは、指定する数値が異な るのみであるので、ここでの説明は省略する。

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Classical BCR calculation with Simple fault	計算概要
3	calculation_mode = classical_bcr	モードの選択
4		
5	[logic_tree]	
6	source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml	震源モデルロジックツリー
7	gsim_logic_tree_file = gmpe_logic_tree.xml	地震動予測式ロジックツリー
8		
9	[erf]	
10	width_of_mfd_bin = 0.1	マグニチュード別度数分布の刻み
11	rupture_mesh_spacing = 2	震源距離計算時に断層モデルを分割
		するサイズ(km)
12		
13	[site_params]	観測点パラメータ
14	$reference_vs30_value = 760.0$	Vs30(m/s)
15	reference_vs30_type = measured	Vs30 のタイプ
16	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	Vs=2.5km/s となる深さ(km)
17	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	Vs=1.0km/s となる深さ(m)
18		
19	[correlation]	
20	ground_motion_correlation_model =	地震動補正モデル
21		
22	[hazard_calculation]	
23	random_seed = 113	乱数のシード値

ファイル 3.6.27 Classical BCR で使用する設定ファイル

	ファイル内容	説明
24	intensity measure types and levels = {"PGA": $[0.005, 0.007,$	計算する地震動指標とその強さ
	$0.0098, \overline{0.0137}, 0.0192, \overline{0.0269}, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,$	複数曜状時には { } [] ""
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	お上びカンマを使用して適切に記述
	"SA(0.025)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269,	オスバーがある
	0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397,	9 DD D D
	0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13], "SA(0.05)": [0.005, 0.007,	
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	
	"SA(0.1)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269,	
	0.03/6, 0.052/, 0.0/38, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.39/,	
	$0.550, 0.7/8, 1.09, 1.52, 2.15], 5A(0.2)^{\circ}; [0.005, 0.007, 0.007, 0.002, 0.0127, 0.0127, 0.0276, 0.0527, 0.0728, 0.102, 0.0276, 0.0527, 0.0728, 0.102, 0.0276, 0.0527, 0.0527, 0.0728, 0.102, 0.0276, 0.0527, 0.0527, 0.0728, 0.102, 0.0276, 0.0527, 0.0527, 0.0728, 0.102, 0.0276, 0.0527, 0.0527, 0.0728, 0.102, 0.0276, 0.0527, 0.0527, 0.0527, 0.0528, 0.102, 0.0276, 0.0527, 0.0527, 0.0528, 0.102, 0.0276, 0.0527, 0.0527, 0.0528, 0.102, 0.0276, 0.0527, 0.0528, 0.102, 0.0276, 0.0527, 0.0528, 0.102, 0.0528, 0.102, 0.0528, 0.0527, 0.0528, 0.052$	
	0.0096, 0.0157, 0.0192, 0.0209, 0.0570, 0.0527, 0.0756, 0.105, 0.145, 0.202, 0.284, 0.207, 0.556, 0.778, 1.00, 1.52, 2.121	
	(0.145, 0.205, 0.264, 0.597, 0.550, 0.776, 1.09, 1.52, 2.15], (0.145, 0.205, 0.264, 0.597, 0.550, 0.776, 1.09, 1.52, 2.15],	
	0.0376 0.0527 0.0738 0.103 0.145 0.203 0.284 0.307	
	$0.0576, 0.0527, 0.0736, 0.103, 0.176, 0.205, 0.207, 0.577, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.131, "SA(1.0)" \cdot [0.005, 0.007$	
	0.0098. 0.0137. 0.0192. 0.0269. 0.0376. 0.0527. 0.0738. 0.103.	
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13],	
	"SA(2.0)": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269,	
	0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397,	
	0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13]}	
25	truncation_level = 3.0	切断正規分布の有界レベル
26	maximum_distance = 200	最大距離
27	investigation_time = 50.0	発生確率の対象期間(年)
28		
29	[risk_calculation]	
30	interest_rate = 0.05	将来キャッシュフローを割り引くこ
		とで潜在的な将来利益の現在価値の
		計算に使われる
31	asset_life_expectancy = 50	資産の耐用年数
32	lrem_steps_per_interval = 1	vulnerability 関数の補間間隔
33		
34	[exposure]	
35	exposure_file = exposure_model.xml	
36		
37	[Vulnerability model]	
38	structural_vulnerability_file =	構造物の vulnerability モデル
20	structural_vulnerability_model.xml	焼きない ない たい たい ちょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう し
39	structural_vulnerability_retrofitted_file =	構造物の
40	vulleraolity_model_retrontted.xim	
41	[hazard_outputs]	
42	hazard maps = true	ハザードマップを出力すろ
43	uniform hazard spectra = true	
44	noes = $0.10.02$	四次 2 1 / 2 / 2 回/ 1 / 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
	p005 0.1 0.02	RELUETE 1070、 270

2) 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~) に示したとおりである。

3) 計算結果

計算結果については省略する。

3.7 計算結果の図化方法

OpenQuake-engine による計算結果を図化するためには、出力された csv 形式のファイル を汎用ソフトウェア(たとえば、表計算ソフトや GIS ソフト)から使用する方法のほかに、 nrml 形式を用いて直接的に図化する方法が OpenQuake 開発者によって提供されている。こ こでは、直接的に図化する方法として Risk Modeller's Toolkit の plotting module を紹介する。

Risk Modeller's Toolkit(以降、RMTKと呼ぶ)はOpenQuake-engine開発者が作成した地 震によるリスクモデルの入力ファイルの作成およびOpenQuake-engineを使用した地震に よるリスクの計算結果の後処理と可視化のためのツール群である。主に以下の3種からな る。

- Plotting Module (描画ツール)
- Risk Module (ハザードおよびリスク計算結果の後処理ツール)
- Vulnerability Module (Vulenerability モデルに関するツール)

基本的には、Python のライブラリ形式となっているが、簡単化のため、iPython notebook 形式のサンプルが配布されており、事実上それらを使用して処理を行うことになる。ここ では、描画ツールを、Linux 上で使用する方法のみ紹介する。環境が整えば、Windows や macOS でも利用可能であるが、iPython notebook を使用するための環境設定はここでは省 略する。

RMTK を使用するには、コマンドラインから iPython notebook を起動する必要がある。

- 1. ターミナルを立ち上げる (図 3.7.1)。
- 2. GEM/rmtk フォルダへ移動し、ipython notebook とコマンドを入力する (図 3.7.2)。
- 3. デフォルトブラウザ上に iPython notebook が起動するので、RMTK.ipynb をクリック する (図 3.7.3)。
- 4. RMTK が起動する (図 3.7.4)。

RMTK の Plotting module では、以下の7種の図化が可能となっている。

- ハザード
 - ✓ Hazard Curves
 - ✓ Hazard Maps
 - ✓ Uniform Hazard Spectra
- リスク
 - ✓ Loss Exceedance Curves
 - ✓ Loss Maps
 - ✓ Collapse Maps
 - ✓ Damage Distribution Statistics



図 3.7.1 RMTK の起動その1 ターミナルを立ち上げる



図 3.7.2 RMTK の起動その 2 GEM/rmtk ディレクトリへ移動 (cd GEM/rmtk)、ipn とコマンドを入力する

Home - Mozilla Firefo	x		
ome × +			
localhost:8888/tree?token=08a90f9d112466d0594f7375a3a95a7abc1084602b852af1	C	Q Search	☆ 自 ↓ 合 (
💭 Jupyter			Logout
Files Running Clusters			
Select items to perform actions on them.			Upload New - 2
• •			
C D bin			
C 1igures			
Inotebooks			
C mtk.egg-info			
C tests			
RMTK.ipynb			
C D MANIFEST.in			
C B README.md			
C Intk-docs.pdf			

localhost:8888/notebooks/RMTK.ipynb

図 3.7.3 Risk Modeller's Toolkit その1

デフォルトウェブブラウザ上に iPython notebook (jupyter) が起動後に RMTK.ipynb をク リックすると、Risk Modeller's Toolkit が起動する



図 3.7.4 Risk Modeller's Toolkit その 2 Risk Modeller's Toolkit を起動した状態

(1) ハザードカーブ

ハザードカーブの描画ツールの使用方法は以下のとおりである。

- 1. 図 3.7.4 で示した Risk Modeller's Toolkit 起動画面から、「Hazard Curve」のプロット モジュールを開く(図 3.7.5)。
- hazard_curve_fileのファイル名を図化したい nrml 形式ファイルに変更して実行する (図 3.7.6 上)。
- 3. NRML に含まれる観測点一覧を表示する (図 3.7.6 下)。
- hazard_curvers.plot(経度|緯度)でプロットしたい観測点位置を設定し図化する(図 3.7.7)。
- 5. 地表最大加速度の 50 年間の超過確率(ハザードカーブ)が横軸最大加速度、縦軸 50 年間の超過確率で図化される(図 3.7.8)。

8				plot_ha	zard_curves	- Mozilla Firefo	ĸ						-	- + ×
🔵 Home		× 📿 RMTK	×	🔵 plot_haza	rd_curves ×	+								
(ilocall	nost:8888/nc	tebooks/notebooks	/plotting/haza	rd_outputs/plo	t_hazard_curve	s.ipynb	C	Q Search		☆	Ê	↓ ♠		≡
ر 💭	upyter	plot_hazard_cu	IVES (unsaved	changes)							ę	Logo	ut	
File	e Edit	View Insert Ce	ell Kernel	Help								Python 2	0	
8	+ * 2	I 🚯 🛧 ¥ 🕅	C Markdo	wn 🚽 📼	CellToolbar									
		Hozard Cu		llniforn	n Hozard	Spootra								
			irves and		падаги	Spectra								
		This IPython noteb classical PSHA-bas	ook allows the used hazard analy	ser to visualise th sis, and to expor	t the plots as pro	for individual sites g g files. The user can	also p	ted from a probabili lot the uniform haza	stic event-based ha ard spectra (UHS) fo	zard a	analysis erent sit	s or a tes.		
		Please specify the	path of the xml fi	le containing the	hazard curve or	uniform hazard spe	ctra re	sults in order to use	the hazard curve p	lotter	or the u	uniform		
		hazard spectra plot	ter respectively.											
	In []	<pre>%matplotlib inl import matplotl</pre>	ine	nlt										
		from rmtk.plott	ing.hazard_ou	tputs.plot_ha	zard_outputs	import HazardCur	ve, U	niformHazardSpe	ctra					
	<pre>hazard_curve_file = "/sample_outputs/hazard/hazard_curve.xml" hazard_curves = HazardCurve(hazard_curve_file)</pre>													
		_												
		Hazard Curv	ve											
	In []	hazard_curves.l	oc_list											
	In []	hazard_curves.p	lot('80.76382	0 29.986170')										
		Uniform Ha	zard Spec	tra										
	In []	uhs_file = "/	sample_output	s/hazard/unif	orm_hazard_sp	ectra.xml"								
			zaruspectra(t	ins_irce)										

図 3.7.5 ハザードカーブの iPython notebook


図 3.7.6 ハザードカーブの図化実行画面(1)

「hazard_curve_file = ファイル名」のファイル名を図化したいファイルに変更して実行し、ファイルに含まれる観測点を表示



図 3.7.7 ハザードカーブの図化実行画面(2)

「hazard_curvers.plot(経度|緯度)」でプロットしたい観測点位置を設定



図3.7.8 図化されたハザードカーブ(地表最大加速度の50年間の超過確率)

(2) ハザードマップ

ハザードマップの描画ツールの使用方法は以下のとおりである。

- 1. 図 3.7.4 で示した Risk Modeller's Toolkit 起動画面から、「Hazard Map」のプロットモジュールを開く(図 3.7.9)。
- hazard_map_fileのファイル名を図化したい nrml 形式ファイルに変更して実行する (図 3.7.10)。
- 3. 50 年間に 10%の確率で一定の揺れに見舞われる地表最大加速度(ハザードマップ) が図化される(図 3.7.11)。

		plot_hazard_ma	ps - Mozilla F	irefox						-	+
🔵 Home	× 📿 RMTK	× 📿 plot_hazard_maps	× +								
i localhost:8	888/notebooks/notebooks/plc	otting/hazard_outputs/plot_hazard_m	aps.ipynb	C	Q Search		4	1	↓ ∩		Ξ
C jupy	ter plot hazard maps	S (unsaved changes)							Log	out	
File F	dit View Insert Cell	Kernel Heln							Python 2	0	
									i yuon z	0	
	* 4 6 T V 1	C Markdown 1 E Ceil toolbar									
	Hazard Man	e.									
	This ID then establish		ad from probabil	intin nainmia l	anal analysis						
	This iPython notebook	allows users to plot nazaro maps general	ed from probabil	ISUC SEISMIC I	lazaro analysis.						
	Export options: The finance format can be	igure generated can be saved to an imag be set using the parameters output doi	e file by providing and output fm	g a filename t t respectively	o the output_file p . The formats png. p	parameter belov df. ps. eps and :	 The o svo are 	output re current	esolution tlv		
	supported.				1 0.1				·		
	Note: The bounding bo	x defining the extents of the map is estim	ated directly from	n the list of sit	es in the results file.						
	n []: %matplotlib inline	3									
	from rmtk.plotting	.hazard_outputs.plot_hazard_outpu	ıts <mark>import</mark> Haz	ardMap							
	<pre>hazard_map_file = '</pre>	"/sample_outputs/hazard/hazard	map-poe_0.02.	xml"							
	hazard_map = Hazard	dMap(hazard_map_file)									
	marker_size = 15 log scale = False										
	<pre>output_file = None output_dpi = 300</pre>										
	<pre>output_fmt = "png"</pre>										
	hazard_map.plot(log	g_scale, marker_size, output_file	e, output_dpi,	output_fm	t)						

図 3.7.9 ハザードマップの iPython notebook



図 3.7.10 ハザードマップの図化実行画面

「hazard_map_file = ファイル名」のファイル名を図化したい nrml 形式ファイルして、実行すると図化する



図 3.7.11 図化されたハザードマップ(50年間に10%の確率で一定の揺れに見舞われる地 表最大加速度)

(3) 一様ハザードスペクトル

一様ハザードスペクトルの描画ツールの使用方法は以下のとおりである。

- 1. 図 3.7.4 で示した Risk Modeller's Toolkit 起動画面から、「Uniform Hazard Spectra」の プロットモジュールを開く(図 3.7.12)。
- uhs_fileのファイル名を図化したい nrml 形式ファイルに変更して実行する(図 3.7.13)。
- 3. 50年間に10%の確率で一定の揺れに見舞われる地表最大加速度が横軸周期でグラ



図 3.7.12 一様ハザードスペクトルの iPython notebook

Hazard Curve と同じファイルである



図 3.7.13 一様ハザードスペクトルの図化実行画面

「uhs_file = ファイル名」のファイル名を図化したい nrml 形式ファイルして、実行する と図化する



図 3.7.14 図化された一様ハザードスペクトル (50 年間に 10%の確率で一定の揺れに見舞 われる加速度応答スペクトルを横軸周期でグラフ化したもの)

(4) ロスカーブ

ロスカーブの描画ツールの使用方法は以下のとおりである。

- 1. 図 3.7.4 で示した Risk Modeller's Toolkit 起動画面から、「Loss Curve」のプロットモジュールを開く(図 3.7.15)。
- loss_curves_file のファイル名を図化したい nrml 形式ファイルに変更して実行する (図 3.7.16)。
- 3. 資産ごとのロスカーブが描画される (図 3.7.17)。



図 3.7.15 ロスカーブの iPython notebook



図 3.7.16 ロスカーブの実行画面

「loss_curves_file = ファイル名」のファイル名部分を描画するファイルに変更し、 assets_list で描画したい資産を指定する



(5) ロスマップ

ロスマップの描画ツールの使用方法は以下のとおりである。

1. 図 3.7.4 で示した Risk Modeller's Toolkit 起動画面から、「Loss Map」のプロットモジ ュールを開く(図 3.7.18)。

- loss_map_fileのファイル名を図化したい nrml 形式ファイルに変更し、 exposure_modelのファイル名を使用した exposure モデルファイルに変更して実行する(図 3.7.19)。
- 3. 建物分類ごとのロスマップが描画される (図 3.7.20)。







図 3.7.19 ロスマップの実行画面



「loss_map_file = ファイル名」のファイル名部分を描画するファイル、「exposure_model = ファイル名」で exposure モデルを変更する

図 3.7.20 分類ごとのロスマップとトータルロスの分類比率

(6) 建物倒壊分布図

建物倒壊分布図のプロットモジュールの使用方法は以下のとおりである。

- 1. 図 3.7.4 で示した Risk Modeller's Toolkit 起動画面から、「Collapse Map」のプロット モジュールを開く(図 3.7.21)。
- 2. collapse_mapのファイル名を図化したいnrml形式ファイルに変更し、exposure_model のファイル名を使用した exposure モデルファイルに変更して実行する(図 3.7.22)。

3. 建物分類ごとの Collapse Map が描画される (図 3.7.23)。



図 3.7.21 建物倒壊分布図の iPython notebook



図 3.7.22 建物倒壊分布図の実行画面

「collapse_map = ファイル名」のファイル名部分を描画するファイル、「exposure_model = ファイル名」で exposure モデルを変更する



図 3.7.23 分類ごとの建物倒壊分布図とトータルロスの分類比率

(7) 被害統計

被害統計のプロットモジュールの使用方法は以下のとおりである。

- 1. 図 3.7.4 で示した Risk Modeller's Toolkit 起動画面から、「Damage Distribution」のプ ロットモジュールを開く(図 3.7.24)。
- tax_dmg_dist_fileのファイル名を図化したい nrml 形式ファイルに変更して実行する (図 3.7.25)。
- 3. 建物分類ごとの Damage Distribution が描画される (図 3.7.27)。
- total_dmg_dist_file のファイル名を図化したい nrml 形式ファイルに変更して実行する(図 3.7.26)。
- 5. 被害状態ごとの被害統計が描画される (図 3.7.27)。



図 3.7.24 被害統計の iPython notebook



図 3.7.25 建物分類ごとの被害統計の実行画面

「tax_dmg_dist_file = ファイル名」のファイル名部分を描画するファイルに変更する



図 3.7.26 トータルの被害統計の実行画面

「total_dmg_dist_file = ファイル名」のファイル名部分を描画するファイルに変更する



図 3.7.27 建物分類ごとの被害統計と被害状態ごとの被害統計

第4章 実データを用いた OpenQuake によるハザード・リスクの計算例

4.1 はじめに

ここでは、いわゆる「震源断層を特定した地震動」および「確率論的地震動予測」の計 算例を示す。

震源断層を特定した地震動の解析は、地震の発生確率を考慮しない特定の震源断層によ る地震が発生した場合の地震動強さを求めるものである。OpenQuake-engine では Scenario Case (Scenario-based Hazard)が該当する。一方、確率論的地震動予測の解析は、対象とす る地点の将来発生すると予想される地震において、「地震動の強さ」、「対象とする期間」お よび「対象とする確率」の3つの関係を評価する。OpenQuake-engine では Classical PSHA が該当する。

本章では、震源断層を特定した地震動の解析を説明し、続いて、確率論的地震動予測の 計算方法を解説する。この章の構成を以下に示す。

「4.2 震源断層を特定した地震動」では、地震調査研究推進本部地震調査委員会によっ て公表された全国地震動予測地図 2016 年版⁴⁴⁾の情報を基に、立川断層帯を例として OpenQuake-engine による震源断層を特定した地震動の解析を実施する。

「4.3 確率論的地震ハザード解析その1」では、活断層型地震の例として、簡単化のために、関東地域において今後発生しうる地震が立川断層帯による地震のみであるとして、 OpenQuake-engine による確率論的地震ハザードの計算を実行する。

「4.4 確率論的地震ハザード解析その2」では、海溝型地震の例として、関東地域において、今後発生しうる地震が相模トラフ沿いのプレート境界型地震のみであるとして、 OpenQuake-engine による確率論的地震ハザードの計算を実行する。

「4.5 確率論的地震ハザード解析その 3」では、「4.3 確率論的地震ハザード解析その 1」、「4.4 確率論的地震ハザード解析その 2」を組み合わせた解析事例を紹介する。

「4.6 震源断層を特定した地震動による建物被害解析」では、立川断層帯による地震動 解析の結果から建物被害を解析する方法を紹介する。

「4.7 確率論的地震リスク解析」では、立川断層帯および相模トラフ沿いのプレート境 界型地震による確率論的地震ハザード解析をもとに確率論的建物被害解析を実施する。

「4.8 計算時間」では、OpenQuake-engine を使用した解析での実行時間の一例と、計算時の注意点を記した。

4.2 震源断層を特定した地震動

4.2.1 必要な情報

震源断層を特定した地震動の解析を行うには、震源断層モデルと地震動強さを推定する 式の情報が必要となる。ここでは、地震調査研究推進本部地震調査委員会によって公表さ れた全国地震動予測地図 2016 年版⁴⁴⁾の情報を基に、OpenQuake-engine を使用して震源断 層を特定した地震動の解析を実施する。注意が必要なのは、全国地震動予測地図における 震源断層を特定した地震動の解析は、詳細法(ハイブリッド合成法)によって波形計算が なされて、かつ、距離減衰式を使用した簡便法により地震動強さの計算もなされ、さらに 表層地盤の影響についても考慮されるのに対して、OpenQuake-engine では、距離減衰式に 基づいた簡便法による地震動強さしか求められない。使用する地震動予測式によって、出 力可能な地震動強さは異なるため、どの地震動予測式を使用して、どういう地震動強さを 求めたかを自己で把握する必要がある。

ここでは、立川断層帯による地震動を計算する。既知の情報は表 4.2.1 のとおりである。 確率論的地震動の解析ではないため、地震の発生確率過程や発生確率の情報は不要である が、震源断層中心深さの情報が必要となる。解析に関して必要な情報を表 4.2.2 にまとめた。 司・翠川 (1999)⁴⁵⁾を用いて地震動強さを計算するが、OpenQuake-engine で計算可能な司・ 翠川 (1999)の距離減衰式を使用した地震動指標は、S 波速度 600m/s の最大速度値を工学的 基盤相当 (S 波速度 400m/s 相当) に一律に増幅した地表最大速度 (PGV) のみである。直 接的に地表震度を計算することはできない。たとえば、AVS30 とレシピの方法 (藤本・翠 川 (2006)⁴⁶⁾、藤本・翠川 (2005)⁴⁷⁾および翠川ほか (1999)⁴⁸⁾) などを用いて、地表震度を計 算するには、工学的基盤相当の PGV から自分で変換する必要がある。

種類	データ	
テクトニックタイプ	主要活断層帯	
震源断層の原点	東経 139.453 度、北緯 35.669 度	
断層の中心	139.3323,35.787435,10860	
断層面地表トレースの情報	139.4502400, 35.6667500 139.1844000, 35.8836800	
断層面情報	139.4530000, 35.6690000,2000.0000 139.1871600, 35.8859300,2000.0000 139.2116000, 35.9058700,19726.5396 139.4774400, 35.6889400,19726.5396	
断層上端	2.0 km	
断層長さ	34.0 km	
断層幅	18.0 km	
マグニチュード	Mw6.8	
地震の発生確率過程	BPT	
地震の発生確率	30 年発生確率: 1.35% 50 年発生確率: 2.24%	

表 4.2.1 立川断層帯の情報(出典:全国地震動予測地図 2016 年版)

種類	データ
走向	315 度
傾斜角	80度
すべり角	90度

種類	データ
解析範囲	138.7, 36.3 138.7, 35.2 140.0, 35.2 140.0, 36.3
計算格子サイズ	500m*
断層分割格子サイズ	5.0 km
使用する距離減衰式	司・翠川 (1999)

表 4.2.2 解析に関する情報

4.2.2 必要なファイル

OpenQuake-engine 実行のためには、以下のように震源断層モデルと設定ファイルの2つが必要となる。

- 1. 震源断層モデルファイル(ファイル 4.2.1)
- 2. 設定ファイル (ファイル 4.2.3)

(1) 震源断層モデルファイル

はじめに、表 4.2.1 の情報を用いて震源断層モデルファイルを作成する。断層の 4 点の座 標がわかっているので、single plane を用いて断層モデルを作成する。サンプルをファイル 4.2.1 に示した。ここで必要となる情報は、以下の 6 項目である。

- 断層面の幾何形状の表現方法(ファイル 4.2.1 の 3 行目~13 行目) single plane を指定する。
- マグニチュード(ファイル 4.2.1 の 4 行目)
 司・翠川 (1999)を用いるので、Mw を指定する。
- すべり角(ファイル 4.2.1 の 5 行目)
 司・翠川 (1999)では必要としないが、情報として記入する。
- 4. 震源位置(ファイル 4.2.1 の 6 行目)
 断層面の形状は別途記述するが、司・翠川 (1999)では、震源深さの情報が必要、震 源深さはモデルの中心を指定する。
- 走向、傾斜(ファイル 4.2.1 の 7 行目)
 司・翠川 (1999)では必要としないが、情報として記入する。
- 6. 断層面の座標と表現方法(ファイル 4.2.1 の 7~12 行目)
 断層面の 4 点の座標を指定(planarSurface を指定)する。

^{*} 現在(2017年3月)、250mメッシュでは計算できないバグが存在する。

上記の情報をもとに、震源モデルを作成する。震源モデルの設定方法は、「3.3.2 ハザード」(p.40~)で示したとおりである。断層面を4点の座標で表現するので、「3.3.2 (2) 1)
 ① Planar fault rupture」(p.44~)の情報を基に断層モデルを作成すればよい。

ファイル 4.2.1 震源断層を特定した地震動における震源断層モデルファイル

(planar fault ruptureの場合)

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="utf-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml>	nrml 開始タグ
		xmlns: XML 名前空間
3	<singleplanerupture></singleplanerupture>	singlePlaneRupture: single plane
4	<magnitude>6.8</magnitude>	magnitude: マグニチュード
5	<rake>90</rake>	rake: すべり角
6	<hypocenter <="" lat="35.787435" lon="139.3323" th=""><th>hypocenter: 震源位置</th></hypocenter>	hypocenter: 震源位置
	depth="10.86"/>	lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深
		さ(km)
7	<pre><planarsurface dip="80" strike="315"></planarsurface></pre>	planarSurface: 断層面
		strike: 走向、dip: 傾斜
8	<topleft depth="2.0" lat="35.66900" lon="139.45300"></topleft>	topLeft: 左上の座標
9	<topright depth="2.0" lat="35.88593" lon="139.18716"></topright>	topRight: 右上の座標
10	<bottomleft <="" lat="35.68894" lon="139.47744" td=""><td>bottomLeft: 左下の座標</td></bottomleft>	bottomLeft: 左下の座標
1.1	depth="19.72"/>	bottomRight : 右下の座標
11	<bottomright <="" ion="139.21160" lat="35.90587" td=""><td>lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深</td></bottomright>	lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深
	deptn= 19.72 7>	さ(km)
12		planarSurface 終了タグ
13		- singlePlaneRupture 終了タグ
14		nrml 終了タグ

上記では、single plane を用いて断層モデルを作成したが、断層の地表トレースの座標が わかっている場合には、simple fault を使ってもよい。simple fault の場合のサンプルファイ ルをファイル 4.2.2 に示した。この場合、必要となる情報は、以下の 7 項目である。

- 断層面の幾何形状の表現方法(ファイル 4.2.2 の 3 行目~18 行目) simple fault を指定する。
- マグニチュード(ファイル 4.2.2 の 4 行目)
 司・翠川 (1999)を用いるので、Mw を指定する。
- すべり角(ファイル 4.2.2 の 5 行目)
 司・翠川 (1999)では必要としないが、情報として記入する。
- 4. 震源位置(ファイル 4.2.2 の 6 行目)

 断層面の形状は別途記述するが、司・翠川 (1999)では、震源深さの情報が必要、震 源深さはモデルの中心を指定する。
- 5. 断層面地表トレースの座標(ファイル 4.2.1 の 8~13 行目) 地表トレースの座標を 2 点で指定する。
- 6. 傾斜(ファイル 4.2.2 の 14 行目)
 司・翠川 (1999)では必要としないが、情報として記入する。

- 地震発生上限、下限深さ(ファイル 4.2.2 の 15、16 行目)
 断層面の上端、下端を指定する。
- ファイル 4.2.2 震源断層を特定した地震動における震源断層モデルファイル

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="utf-8"?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml 開始タグ</td></nrml>	nrml 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<simplefaultrupture></simplefaultrupture>	simpleFaultRupture: simple fault
4	<magnitude>6.8</magnitude>	magnitude: マグニチュード
5	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角
6	<hypocenter <="" lat="35.787435" lon="139.3323" td=""><td>hypocenter: 震源位置</td></hypocenter>	hypocenter: 震源位置
	depth="10.86"/>	depth: 深さ (km)、lat: 緯度、lon: 経
		度
7	<simplefaultgeometry></simplefaultgeometry>	simpleFaultGeometry: simple fault
8	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: simple fault の線
9	<gml:poslist></gml:poslist>	gml:posList: 位置のリスト
10	139.4502400 35.6667500	始点の経度 緯度
11	139.1844000 35.8836800	終点の経度 緯度
12		gml:posList 終了タグ
13		gml:LineString 終了タグ
14	<dip>80</dip>	dip: 傾斜角
15	<up></up> erSeismoDepth>2.0	upperSeismoDepth: 地震発生深さ上
		限(km)
16	<lowerseismodepth>19.72</lowerseismodepth>	lowerSeismoDepth: 地震発生深さ下
		限(km)
17		simpleFaultGeometry 終了タグ
18		simpleFaultRupture 終了タグ
19		nrml 終了タグ

(simple fault ruptureの場合)

(2) 設定ファイル

次に設定ファイルを作成する。ファイル 4.2.3 にサンプルを示した。ここで必要な情報は 以下の 5 点である。

- 1. 計算モードほかの情報(ファイル 4.2.3 の 2、3 行目)
- 2. 計算範囲、計算格子の情報(ファイル 4.2.3 の 6、7 行目)
- 3. 震源断層モデルの情報(ファイル 4.2.3 の 10、11 行目)
- 4. 観測点の情報(ファイル 4.2.3 の 14~17 行目)
- 5. 計算する地震動とその指標および補正などの情報(ファイル 4.2.3 の 20~25 行目)

これらの情報を基に、設定ファイルを作成する。作成したファイル 4.2.3 を上から順に、 セクションごとに解説する。

1) general セクション (計算モードほかの情報)

ここでは、この計算にかかわる一般的な情報を記述する。ここでは、以下の2つのパラ メータを設定する。

- description (2 行目)
 この計算でどのような計算を実行するかを任意の文字列で記述する。
- calculation_mode (3 行目)
 Scenario Case の計算を行うので、scenario を選択する。

2) sites セクション(計算範囲、計算格子の情報)

解析領域に関する設定を記述する。解析領域を矩形で指定するので、以下の2つのパラ メータが必要となる。

- region_grid_spacing(6行目)
 解析領域内の計算格子サイズをメートル単位で指定、計算の格子サイズを小さくすればするほど、より計算時間がかかる。
- region (7 行目)
 解析領域を矩形で設定するため、「経度 緯度」の組み合わせで、4 点 (カンマ区切りで)記述する。

3) erf セクション (震源断層モデルの情報)

震源断層モデルの情報を記述する。ここで指定する必要があるのは震源断層モデルファ イルと断層分割格子サイズの2つのパラメータである。

- rupture_model_file(10 行目)
 前節で作成した震源断層モデルファイル名を指定する。
- rupture_mesh_spacing (11 行目)
 震源距離を計算するために、断層面を分割するために km 単位で指定、細かければ
 細かいほど精度は高くなるが、計算の処理は重くなる。

4) site_params セクション(観測点の情報)

観測点の情報を記述する。ここでは、以下の 4 つのパラメータを記述しているが、 OpenQuake-engine における司・翠川 (1999)の地震動予測式には、観測点の情報を必要とし ないため、実際には不要である。

- reference_vs30_value (14 行目) Vs30 の値 (m/s)を指定する。
- reference_vs30_type(15 行目)
 Vs30の値が、観測値(measured)か、推測値(inferred)かどうかを指定する。
- reference_depth_to_2pt5km_per_sec(16行目)
 Vs=2.5km/s となる深さ(km)を指定する。
- reference_depth_to_lpt0km_per_sec(17行目)
 Vs=1.0km/sとなる深さ(m)を指定する。

どの観測点でも同じ値を使用する場合には、各パラメータを上記のように一括して指定 可能であるが、観測点ごとに異なる場合には、別途、nrml 形式で観測点情報を指定するこ とも可能である。

5) hazard_calculation セクション(計算する地震動とその指標および補正などの情 報)

計算に使用する地震動予測式および地震動強さ、その他のパラメータなどを記述する。

- random_seed (20 行目)
 統計処理のための乱数シード値を任意の整数で指定するが、今回の計算では統計処 理をしない。
- gsim(21 行目)
 計算に使用する地震動予測式を指定する。
- intensity_measure_types: (22 行目)
 計算したい地震動指標を指定する。上で指定した gsim で計算可能な地震動指標の み指定可能である。
- truncation_level (23 行目)
 切断正規分布の有界レベルを実数で指定する。OpenQuake-engine では、地震動予測 式に付属する標準偏差の値と乱数を使用して、空間補正を適用し、統計データとし て処理する。truncation_level を設定すると、切断正規分布に従った乱数を使用し、 truncation_level = 0.0 とすると、乱数を使用しない平均値(標準偏差 0)を使用した 地震動強さの計算となる。標準正規分布に従う乱数を指定したければ、 truncation_level 変数自体を設定しなければよい。
- maximum_distance(24 行目)
 距離減衰式を用いて計算する最大距離を km で指定する。
- number_of_ground_motion_fields (25 行目)
 地震動強さの計算回数を整数で指定する。OpenQuake-engine では、地震動予測式に
 付属する標準偏差の値と乱数を使用して、空間補正を適用し、統計データとして処理する。統計データと処理したい場合の計算回数を指定する。乱数を使用した補正
 をしないのであれば、計算回数は1回でよい。

ファイル 4.2.3 震源断層を特定した地震動における設定ファイル

	ファイル内容	説明
1	[general]	general セクション
2	description = Scenario Case Sample For Taichikawa Fault Zone	簡単な説明
3	calculation_mode = scenario	計算モードは Scenario-based Hazard
4		
5	[sites]	
6	region_grid_spacing = 0.5	計算格子サイズ (km)
7	region = 138.7 36.3, 138.7 35.2, 140.0 35.2, 140.0 36.3	計算範囲(経度 緯度で4点)

	ファイル内容	説明
8		
9	[erf]	
10	rupture_model_file = earthquake_rupture_model.xml	断層モデルファイル
11	rupture_mesh_spacing = 5	断層面の分割サイズ (km)
12		
13	[site_params]	
14	reference_vs30_value = 400	Vs30(m/s)
15	reference_vs30_type = inferred	Vs30 のタイプ
16	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	Vs2.5km/s となる深さ(km)
17	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	Vs1.0km/s となる深さ(m)
18		
19	[hazard_calculation]	
20	$random_seed = 113$	統計処理のための乱数のシード値
21	gsim = SiMidorikawa1999Asc	地震動強さモデル
22	intensity_measure_types = PGV	地震動強さのタイプ
23	truncation_level = 0.0	偶然的ばらつきのための有界レベル
24	maximum_distance = 200.0	地震動を計算する最大距離 (km)
25	number_of_ground_motion_fields = 1	地震動を計算する回数

4.2.3 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりである。

4.2.4 出力

計算結果の出力方法と図化方法は、「3.6 各計算タイプにおけるハザード・リスクの計 算方法」(p.105~)および「3.7 計算結果の図化方法」(p.169~)に示したとおりである。 出力ファイルを QGIS で図化したものを図 4.2.1 に示した。司・翠川 (1999)の計算結果のみ では、地盤の情報を使わないため、断層面に沿った形で出力される。



図 4.2.1 震源断層を特定した地震動の計算結果例

4.3 確率論的地震ハザード解析その1

4.3.1 必要な情報

次に、確率論的地震ハザード解析を行う。必要な情報は、以下の3点である。

- 1. 対象とする地点で将来発生すると予測されるすべての地震の情報
- 2. その地震の発生確率
- 3. 地震動強さを推定する式

ここでは、地震調査研究推進本部地震調査委員会によって公表された全国地震動予測地 図 2016 年版をもとに、それぞれの情報が既知として、OpenQuake-engine を使用して確率 論的地震ハザードの計算を実行する。全国地震動予測地図と同様に、ハザードカーブを計 算するとして、Classical PSHA の計算を実施するが、参考のため、Event-based PSHA の計 算も実施する。

簡単化のため、対象とする計算範囲を関東平野とし、将来発生する地震が立川断層帯の みとした場合について解説する。既知の情報は表 4.2.1 で示したものと同じものを使用する。 また、解析に関して必要な情報も表 4.2.2 と同じものを使用する。

4.3.2 必要なファイル

OpenQuake-engine 実行のための震源モデルロジックツリーと地震動予測式ロジックツリーおよび設定ファイルが必要となる。震源モデルロジックツリー内で指定される震源モデルもまた必要となるため、以下のように、計4つのファイルが必要である。

- 1. 震源モデル(ファイル 4.3.1)
- 2. 震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 4.3.2)
- 3. 地震動予測式ロジックツリーファイル (ファイル 4.3.3)
- 4. 設定ファイル (ファイル 4.3.4)

(1) 震源モデルファイル

震源モデルファイルは、震源モデルロジックツリーファイルに記述されるファイル数の 分だけ用意しなければならない。ファイル 4.3.2 に示したとおり、ここでは一ファイルのみ 使用する。震源断層を特定した地震動とは異なり、地震の発生確率を記述した震源モデル が必要となる。表 4.2.1 の情報を用いて震源モデルファイルを作成する。発生する地震は断 層面全体を一度で破壊する仮定のもと計算を行うため、Fault sources without floating ruptures における Characteristic fault source という震源分類で、断層の 4 点の座標がわかっているの で、single plane で断層面をモデル化する。サンプルをファイル 4.3.1 に示した。改めて、 ここで必要となる情報は、以下の 5 つの情報である。この情報は、震源断層ごとに必要と なる。

 断層破壊分類とテクトニックタイプ(ファイル 4.3.1 の 5 行目) characteristicFaultSource を用いて、構造は Active Shallow Crust (活断層)を指定する。

- 地震の発生確率の情報(ファイル 4.3.1 の 6~8 行目)
 Mw6.8 の地震のみを考慮するため、incrementalMFDを用いる。発生確率については、 後述する設定ファイルで指定する対象期間に合わせる。
- すべり角(ファイル 4.3.1 の 9 行目)
 司・翠川 (1999)では必要としないが、情報として記入する。
- 4. 走向、傾斜(ファイル 4.3.1 の 11 行目)
 - 司・翠川 (1999)では必要としないが、情報として記入する。
- 5. 断層面の座標と表現方法(ファイル 4.2.1 の 10~17 行目) 断層面の 4 点の座標を指定。震源断層を特定した地震動予測の場合には、震源中心 の座標を指定したが、確率論的地震動予測においては、断層面の座標から、断層中 心が自動で計算される。

上記の情報を基に震源モデルを作成する。設定方法は、「3.3.2 ハザード」(p.40~)で示 したとおりである。Fault sources without floating ruptures における Characteristic fault source という震源分類で、断層の4点の座標を用いて断層面を表現するので、「3.3.2 (2) 4) ① Characteristic fault」(p.55~)の情報を基に断層モデルを作成すればよい。

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml 開始タグ</td></nrml>	nrml 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<sourcemodel name="Example Source Model containing a</td><td>sourceModel</td></tr><tr><td></td><td>Characteristic Fault Source defined by a sequence of Planar Surfaces"></sourcemodel>	name: 簡単な説明
4	<sourcegroup name="group 1" tectonicregion="Active</td><td>sourceGroup: 震源グループ</td></tr><tr><td></td><td>Shallow Crust"></sourcegroup>	tectonicRegion: テクトニックタイプ
5	<characteristicfaultsource id="1" name="Taichikawa fault zone" tectonicregion="Active</td><td>characteristicFaultSource:</td></tr><tr><td></td><td>Shallow Crust"></characteristicfaultsource>	Characteristic faults
		id: ID、name: 震源タイプ
		tectonicRegion: テクトニックタイプ
6	<incrementalmfd binwidth="0.1" minmag="6.8"></incrementalmfd>	incrementalMFD: マグニチュード別
		度数分布
		binWidth: 增分、minMag: 最小 M
7	<occurrates>0.000448</occurrates>	occurRates: 発生確率
8		incrementalMFD 終了タグ
9	<rake>90.0</rake>	rake: すべり角(°)
10	<surface></surface>	surface: 断層面
11	<pre><planarsurface dip="80.0" strike="315.0"></planarsurface></pre>	planarSurface: 断層面 1
		strike: 走向(°)、dip: 傾斜(°)
12	<topleft <="" lat="35.669" lon="139.453" td=""><td>topLeft: 左上の座標</td></topleft>	topLeft: 左上の座標
	depth="2.0"/>	topRight: 右上の座標
13	<topRight lon="139.18716" lat="35.88593"	bottomLeft: 左下の座標
14	depin= $2.07>$	bottomRight: 右下の座標
14	= 159.47744 at $= 55.08894denth="19.7265396"/>$	lon: 経度(°)、lat: 緯度(°)、depth: 深
15	<pre><bottomright <="" lat="35.90587" lon="139.2116" pre=""></bottomright></pre>	さ(km)
	depth="19.7265396"/>	
16		planarSurface 終了タグ

ファイル 4.3.1 確率論的地震ハザード解析その1における震源モデルファイル

	ファイル内容	説明
17		surface 終了タグ
18		characteristicFaultSource 終了タグ
19		sourceGroup 終了タグ
20		sourceModel 終了タグ
21		nrml 終了タグ

(2) 震源モデルロジックツリーファイル

震源モデルロジックツリーファイルは、震源モデルとその不確定性を記述する。今回は、 1 つの震源モデルファイルを使用した計算なので、ロジックツリーは一つのみ、ブランチ セットも一つのみである。サンプルファイルをファイル 4.3.2 に示した。7 行目で震源モデ ルファイルを指定して、8 行目で重みを1 にすればよい。

ファイル 4.3.2 確率論的地震ハザード解析その1における震源モデルロジック

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml>	nrml 開始タグ
		xmlns: XML 名前空間
3	<logictree logictreeid="lt1"></logictree>	logicTree: ロジックツリー
		logicTreeID: ID
4	<logictreebranchinglevel branchinglevelid="bl1"></logictreebranchinglevel>	logicTreeBranchingLevel: ブランチ
		ングレベル
		branchingLevelID: ID
5	<logictreebranchset <="" td="" uncertaintytype="sourceModel"><td>logicTreeBranchSet: ブランチセット</td></logictreebranchset>	logicTreeBranchSet: ブランチセット
	branchSetID="bs1">	branchSetID: ID、uncertaintyType: 不
		確定性のタイプ
6	<logictreebranch branchid="b1"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
		branchID: ID
7		uncertaintyModel: source_model.xml
	<uncertaintymodel>source_model.xml</uncertaintymodel>	が不確定性のモデル
8	<uncertaintyweight>1.0</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight: 不確定性の重み
		は 1.0
9		logicTreeBranch 終了タグ
10		logicTreeBranchSet 終了タグ
11		logicTreeBranchingLevel 終了タグ
12		logicTree 終了タグ
13		nrml 終了タグ

ツリーファイル

(3) 地震動予測式ロジックツリーファイル

地震動予測式ロジックツリーファイルは、計算に使用する地震動予測式とそれに対する 重みを記述する。震源モデル中に含まれるテクトニックタイプ(ファイル 4.3.1 の 4 行目の tectonicRegion)に対応する地震動予測式を含まなければならない。今回は、司・翠川(1999) を使用した内陸地殻内地震のみの計算なので、ロジックツリーは一つのみ、ブランチセッ トも一つのみである。7 行目で使用する地震動予測式(SiMidorikawa1999ASC)を指定して、 8 行目で重みを 1 にすればよい。その際、ロジックツリーブランチセットの属性として、 applyToTectonicRegionType 属性を用いて、テクトニックタイプを指定することを忘れては ならない。サンプルファイルをファイル 4.3.3 に示す。

設定ファイルの intensity_measure_types_and_levels で指定する地震動強さは、ここで指定 する(テクトニックタイプにおける) 地震動予測式中に含まれていなければならない。

ファイル 4.3.3 確率論的地震ハザード解析その1における地震動予測式ロジックツリー

	ノアイル	
	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml 開始タグ</td></nrml>	nrml 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<logictree logictreeid="lt1"></logictree>	logicTree: ロジックツリー
		logicTreeID: ID
4	<logictreebranchinglevel branchinglevelid="bl1"></logictreebranchinglevel>	logicTreeBranchingLevel: ブランチ
		ングレベル
_		branchingLevelID: ID
5	<logictreebranchset <="" li="" uncertaintytype="gmpeModel"></logictreebranchset>	logicTreeBranchSet: ブランチセット
	branchSetID="bs1" apply to fectonicRegionType="Active	branchSetID: ID、uncertaintyType: 不
	Shanow Crust >	確定性のタイプは gmpeModel、
		applyToTectonicRegionType: 適用す
		る構造は Active Shallow Crust
6	<logictreebranch branchid="b1"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
7		branchID: ID
/	<up><up><up><up><up><up><up><up><up><up></up></up></up></up></up></up></up></up></up></up>	uncertainty Wooder. Si Midarikawa 1000 A aa が不確定性の下
		SIMIDOIIKawa1999ASC 加小権定任のモ
Q	<uncertainty weight="">1 0</uncertainty>	ノル wasetsint:Weight 石碑字供の重ひ
0	suncertainty weight 1.0 s uncertainty weight	ther tanty weight. 小確定性の重み け10
0		は 1.0 logicTreeBranch 約了々グ
10		logicTreeBranchSat 数了タガ
11		logicTreeBranchingLevel 数了タグ
12		logicTree 数了タガ
13		nrml 終了タグ
1.5	7 *** ***	

(4) 設定ファイル

最後に設定ファイルを作成する。Classical PSHA による解析時のサンプルをファイル 4.3.4 に示した。ここで必要な情報は以下の点である。

- 1. 計算モードほかの情報(ファイル 4.3.4 の 2~4 行目)
- 2. 計算範囲、計算格子の情報(ファイル 4.2.3 の 6、7 行目)
- 3. 震源モデル、地震動予測式のロジックツリーの情報(ファイル 4.2.3 の 6、7 行目)
- 4. 断層モデルの分割に関する情報(ファイル 4.3.4 の 10 行目)
- 5. ハザード計算のための情報(ファイル 4.3.4 の 17~21 行目)
- 6. ハザード出力に関する情報(ファイル 4.3.4 の 24、25 行目)

震源断層を特定した地震動の場合と異なり、各ロジックツリーの情報や、計算する地震 動強さとハザードカーブで計算する地震動強さのレベル、超過確率の対象期間などが必要 となる。前節では、参考のために観測点の情報を記述したが、司・翠川 (1999)の地震動予 測式では、これらの値は参照されないため省略した。以上の情報を基に、設定ファイルを 作成する。作成したファイル 4.3.4 を上から順に、セクションごとに解説する。

1) general セクション(計算モードほかの情報)

ここでは、この計算にかかわる一般的な情報を記述する。ここでは、以下の2つのパラ メータを設定する。

- description (2 行目)
 この計算でどのような計算を実行するかを任意の文字列で記述する。
- calculation_mode (3 行目)
 Classical PSHA の計算を行うので、classical を選択する。

2) sites セクション(計算範囲、計算格子の情報)

解析領域に関する設定を記述する。解析領域を矩形で指定するので、以下の2つのパラ メータが必要となる。

- region_grid_spacing(6 行目)
 解析領域内の計算格子サイズを m 単位で指定。計算の格子サイズを小さくすればするほど、より計算時間がかかる。
- region (7 行目)
 解析領域を矩形で設定するため、「経度 緯度」の組み合わせで、4 点 (カンマ区切りで)記述する。

3) logic_tree セクション(ロジックツリーの情報)

- source_model_logic_tree_file (10 行目)
 「4.3.2 (1) 震源モデルファイル」(p.193~)で作成した震源モデルロジックツリ
 ーファイルを指定する。
- gsim_logic_tree_file (11 行目)
 「4.3.2 (3) 地震動予測式ロジックツリーファイル」(p.195~)で作成した地震動
 予測式ロジックツリーファイルを指定する。

4) erf セクション(断層モデルの分割に関する情報)

断層モデルの分割に関する情報を記述する。断層モデル自体は、震源モデルロジックツ リーに含まれるので、ここでは指定しない。

 rupture_mesh_spacing(14 行目)
 震源距離を計算するために、断層面を分割するために km 単位で指定。細かければ 細かいほど、精度は高くなるが、計算の処理は重くなる。

5) calculation parameters セクション(計算のための情報)

計算する地震動強さその指標および補正、対象期間などの情報を記述する。

- random_seed (17 行目)
 統計処理のための乱数シード値を任意の整数で指定。ただし、今回の計算では統計
 処理をしない。
- intensity_measure_types_and_levels: (18 行目)
 計算したい地震動指標とハザードカーブ計算の際のその強さを指定する。上で指定
 した gsim_logic_tree_file 内で記述した地震動予測式で計算可能な地震動指標のみ指
 定可能である。
- truncation_level(19行目)
 切断正規分布の有界レベルを実数で指定する。全国地震動予測地図においては、有 界レベルを3と設定しているので、3.0で計算を行う(藤原ほか(2013)⁴⁴) p.85)。
- maximum_distance(20行目)
 距離減衰式を用いて計算する最大距離をkmで指定する。
- investigation_time (21 行目)
 超過確率を計算する対象期間を年単位で指定する。

6) hazard outputs セクション(出力のための情報)

Classical PSHA による解析の場合には、ハザードカーブは標準で出力される。ハザード マップを出力したい場合は超過確率などの記述が必要となる。

- hazard_maps (24 行目)
 ハザードマップを出力するかどうかを true/false で指定する。
- poes(25 行目)
 ハザードマップを出力する場合の年超過確率を実数で指定する。

ファイル4.3.4 確率論的地震ハザード解析その1における設定ファイル

(Classical	PSHA	の場合)
•		

	ファイル内容	説明
1	[general]	general セクション
2	description = Classical PSHA Sample For Taichikawa Fault	簡単な説明
	Zone	
3	calculation_mode = classical	計算モードは classical
4		
5	[sites]	
6	region_grid_spacing = 0.5	計算格子サイズ (km)
7	region = 138.7 36.3, 138.7 35.2, 140.0 35.2, 140.0 36.3	計算範囲(経度 緯度で4点)
8		
9	[logic_tree]	
10	source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml	震源モデルのロジックツリーファイ
		N
11	gsim_logic_tree_file = gmpe_logic_tree.xml	地震動予測式のロジックツリーファ
		イル

	ファイル内容	説明
12		
13	[erf]	
14	rupture_mesh_spacing = 5	断層面の分割サイズ (km)
15		
16	[hazard_calculation]	
17	$random_seed = 113$	統計処理のための乱数のシード値
18	intensity_measure_types_and_levels = {"PGV": [2, 4, 6, 8, 10,	計算する地震動とそのレベル
	12, 14, 16, 18, 20, 23, 26, 29, 32, 35, 38, 41, 44, 47, 50, 55, 60,	
	65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160,	
	170, 180, 190, 200, 220, 240, 260, 280, 300] }	
19	$truncation_level = 3.0$	地震動のばらつきのための有界レベ
		ル
20	maximum_distance = 200.0	地震動を計算する最大距離 (km)
21	investigation_time = 50	超過確率の対象期間(年)
22		
23	[hazard_outputs]	
24	hazard_maps = true	ハザードマップの出力
25	poes = 0.01, 0.02, 0.10	超過確率:1%、2%、10%

Event-based PSHA の解析を実施したい場合は、3 行目の calculation_mode を event_based に変更し、任意の行に event_based_params セクションを設けて ses_per_logic_tree_path 変数 を設定する。Event-based PSHA の解析では、ハザードカーブはデフォルトで出力されない ため、hazard_outputs セクションに hazard_curves_from_gmfs 変数を設定することになる。 設定したファイルのサンプルをファイル 4.3.5 に示した。

ファイル 4.3.5 確率論的地震ハザード解析その1における設定ファイル

(Event-based PHSA の場合)

	ファイル内容	説明
1	[general]	general セクション
2	description = Event based PSHA Sample For Taichikawa Fault	簡単な説明
	Zone	
3	calculation_mode = event_based	計算モードは event_based
4		
5	[sites]	
6	region_grid_spacing = 0.5	計算格子サイズ (km)
7	region = 138.7 36.3, 138.7 35.2, 140.0 35.2, 140.0 36.3	計算範囲(経度 緯度で4点)
8		
9	[logic_tree]	
10	source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml	震源モデルのロジックツリーファイ
		<i>I</i> ℓ
11	gsim_logic_tree_file = gmpe_logic_tree.xml	地震動予測式のロジックツリーファ
		イル
12		
13	[erf]	
14	rupture_mesh_spacing = 5	断層面の分割サイズ (km)
15		
16	[hazard_calculation]	
17	random_seed = 113	統計処理のための乱数のシード値
18	intensity_measure_types_and_levels = {"PGV": [2, 4, 6, 8, 10,	計算する地震動とそのレベル
	12, 14, 16, 18, 20, 23, 26, 29, 32, 35, 38, 41, 44, 47, 50, 55, 60,	
	65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160,	
	170, 180, 190, 200, 220, 240, 260, 280, 300] }	

	ファイル内容	説明
19	truncation_level = 3.0	地震動のばらつきのための有界レベ
		N
20	maximum_distance = 200.0	地震動を計算する最大距離 (km)
21	investigation_time = 50	超過確率の対象期間(年)
22		
23	[event_based_params]	
24	ses_per_logic_tree_path = 10000	統計イベントセット数
25		
26	[hazard_outputs]	
27	hazard_curves_from_gmfs = true	地震動場からハザードカーブを計算
		する
28	hazard_maps = true	ハザードマップの出力
29	poes = 0.01, 0.02, 0.10	超過確率:1%、2%、10%

4.3.3 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりである。

4.3.4 出力

計算結果の出力方法と図化方法は、「3.6 各計算タイプにおけるハザード・リスクの計 算方法」(p.105~)および「3.7 計算結果の図化方法」(p.169~)に示したとおりである。

この計算では、震源が1つかつ不確定性も特にないことから、指定した発生確率と使用 した地震動予測式に従った結果が出力される。計算される地震動にばらつきを与えている ため、結果は図4.3.1のようになる。地震動にばらつきを与えない場合は、図4.3.2のよう に、ハザードカーブは一様な年超過確率の結果となる。また、Event-based PSHAの計算結 果との比較図を図4.3.3 に示した。



図 4.3.1 確率論的地震ハザード解析その1の計算結果の一例 (左)ハザードカーブ、(右)ハザードマップ



(上) Classical PSHA の計算結果、(下) Event-based PSHA の計算結果 (左) ハザードカーブ、(右) ハザードマップ

4.4 確率論的地震ハザード解析その2

4.4.1 必要な情報

前節では、主要活断層帯の地震を対象として、OpenQuake-engine を使用した確率論的地 震ハザードの計算を実行した。今節においては、海溝型地震を対象とした確率論的地震動 予測の計算方法を解説する。簡単化のため、対象とする地点を関東平野とし、将来発生す る地震が相模トラフ沿いの M8 クラスの地震のみとした場合について解説する。既知の情 報は表 4.4.1 のとおりである。相模トラフ沿いの M8 クラスの地震については、最新の知見 により、発生領域と地震の規模が複数のパターンで表現され、それぞれ重みづけされてい る。発生パターンと地震の規模および重みづけの関係を表 4.4.2 に示した。解析に関する情 報は、表 4.2.2 に示したものと同じものを使用する。

種類	データ
テクトニックタイプ	海溝型
マグニチュード	Mw7.9-8.6
確率過程	BPT
地震の発生確率	30 年発生確率: 0.7% 50 年発生確率: 1.6%

表 4.4.1 相模トラフ沿いの M8 クラス

No.	発生パターン	マグニチュード	重み
1	領域1	7.9(Mw)	0.37
2	領域 2	8.2(Mw)	0.06
3	領域 3	8.0(Mw)	0.30
4	領域 4	8.3(Mw)	0.05
5	領域 5	8.4(Mw)	0.03
6	領域 6	8.5(Mw)	0.01
7	領域 7	8.5(Mw)	0.01
8	領域 8	8.6(Mw)	0.02
9	領域 9	7.9(Mw)	0.11
10	領域 10	8.2(Mw)	0.04

表 4.4.2 発生パターンと重み

4.4.2 必要なファイル

OpenQuake-engine 実行のための震源モデルロジックツリーと地震動予測式ロジックツリーおよび設定ファイルが必要となる。震源モデルロジックツリー内で指定される震源モデルもまた必要となるため、以下の計4つのファイルが必要である。

- 1. 震源モデル(ファイル 4.4.1)
- 2. 震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 4.4.2)
- 3. 地震動予測式ロジックツリーファイル (ファイル 4.4.3)

4. 設定ファイル (ファイル 4.4.4)

(1) 震源モデルファイル

震源モデルファイルは、震源モデルロジックツリーファイルに記述されるファイル数の 分だけ用意しなければならない。ここでは10領域分の震源において、重みを考慮するので、 領域ごとのモデルとして、10ファイル使用する。震源断層を特定した地震動とは異なり、 地震の発生確率を記述した震源モデルが必要となる。相模トラフの情報を用いて震源モデ ルファイルを作成する。発生する地震は断層面全体を一度で破壊する仮定のもと計算を行 うため、Fault sources without floating ruptures における Characteristic fault source という震源 分類で、断層面を深さごとに座標を指定する complex fault で断層面をモデル化する。サン プルをファイル 4.4.1 に示した。改めて、ここで必要となる情報は、以下の4つの情報であ る。この情報は、震源断層ごとに必要となる。

- 断層破壊分類とテクトニックタイプ(ファイル 4.4.1 の 5 行目) characteristicFaultSource を用いて、構造は Subduction Interface (海溝型)を指定する。
- 地震の発生確率の情報(ファイル 4.4.1 の 6~8 行目)
 Mw7.9 の地震のみを考慮するため、incrementalMFDを用いる。発生確率については、 後述する設定ファイルで指定する対象期間に合わせる。
- すべり角(ファイル 4.4.1 の 9 行目)
 司・翠川 (1999)では必要としないが、情報として記入する。
- 4. 断層面の座標と表現方法(ファイル 4.4.1 の 10~44 行目)
 断層面の深さごとのトレース座標を指定する。

上記の情報を基に震源モデルを作成する。設定方法は、「3.3.2 ハザード」(p.40~) で示 したとおりである。Fault sources without floating ruptures における Characteristic fault source という震源分類で、深さごとに座標を指定する complex fault で断層面を表現するので、 「3.3.2 (2) 4) ① Characteristic fault」(p.55~)の情報を基に断層モデルを作成すればよ い。

ファイル 4.4.1 確率論的地震ハザード解析その 2 における一つ目の震源モデルファイル

1	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml 開始タグ</td></nrml>	nrml 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<sourcemodel name="Sagami Trough"></sourcemodel>	sourceModel
		<i>name</i> : 簡単な説明
4	<sourcegroup <="" name="Sagami Trough ASG01" td=""><td>sourceGroup: 震源グループ</td></sourcegroup>	sourceGroup: 震源グループ
	tectonicRegion="Subduction Interface">	tectonicRegion: テクトニックタイプ
5	<characteristicfaultsource id="1" name="Sagami Trough</td><td>characteristicFaultSource:</td></tr><tr><td></td><td>ASG01" tectonicregion="Subduction Interface"></characteristicfaultsource>	Characteristic faults
		<i>id</i> : ID、 <i>name</i> : 震源タイプ、
		tectonicRegion: テクトニックタイプ

 6 <incrementalmfd binwidth="0.1" minmag="7.9"></incrementalmfd> incrementalMFD: マグニチュー 度数分布 occurRates>0.00032 		ファイル内容	説明	
度数分布 7 <occurrates>0.00032</occurrates> 8 9 <rake>90 9 <rake>90 10 <surface> 11 <complexfaultgeometry> 12 <faulttopedge> 13 <gml:linestring> 14 <gml:poslist> 15 139.985817 34.925344 12.0 139.822288 34.986544 15 139.978633 35.010425 12.0 139.717208 35.052000 12.0 139.57393 73.076774 12.0 139.717208 35.052000 12.0 jag.67393 73.070774 12.0 139.364267 35.319481 12.0 139.270376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 jag.67397 35.076774 12.0 139.364267 35.319481 12.0 139.270376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 jag.67997 139.157083 35.481475 12.0 139.122442 35.492804 12.0 jag.1ineString & 139.499900 35.518627 12.0 gml:posList & 16 gml:posList & 17 faultIntermediateEdge> 18 19 faultIntermediateEdge></gml:poslist></gml:linestring></faulttopedge></complexfaultgeometry></surface></rake></rake>	6	<incrementalmfd binwidth="0.1" minmag="7.9"></incrementalmfd>	incrementalMFD: マグニチュード別	
 binWidth: 増分、minMag: 最小 occurRates>0.00032 < <!--</td--><td></td><td></td><td>度数分布</td>			度数分布	
 7 <occurrates>0.00032</occurrates> 			<i>binWidth</i> : 增分、 <i>minMag</i> : 最小 M	
 * 〈/incrementalMFD> * (rincrementalMFD> * (rake>90 * (surface> * (complexFaultGeometry> * (faultTopEdge> * (gml:posList> * (gml:posList) * (gml:posList) * (gml:posList	7	<occurrates>0.00032</occurrates>	occurRates: 発生確率	
9 <rake>90</rake> <rake>90</rake> 9 <rake>90</rake> rake: すべり角 10 <surface> rake: すべり角 11 <complexfaultgeometry> caultTopEdge> 12 <faulttopedge> faultTopEdge: 断層面上端 13 <gml:linestring> gml:LineString: 線 14 <gml:poslist> gml:posList: 位置のリスト 15 139.985817 34.925344 12.0 139.822288 34.986544 上端の経度(?) 繰度(?) 繰定(?) 繰定(?) 深さ(km) 19.673937 35.076774 12.0 139.571450 35.136775 12.0 139.527819 35.170911 12.0 139.438657 35.250000 12.0 139.970376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.270376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 138.949900 35.518627 12.0 139.157083 35.481475 12.0 139.122442 35.492804 12.0 138.949900 35.518627 12.0 gml:posList 終了タグ 16 9 <faultintermediateedge> gml:LineString & %了タグ 18 20 <gml:poslist> gml:posList: 位置のリスト 21 <gml:poslist> gml:posList: 位置のリスト 21 <gml:poslist> gml:posList: 位置のリスト 21 <gml:poslist> gml:posList: 位置のリスト <td< td=""><td>8</td><td></td><td>incrementalMFD 終了タグ</td></td<></gml:poslist></gml:poslist></gml:poslist></gml:poslist></faultintermediateedge></gml:poslist></gml:linestring></faulttopedge></complexfaultgeometry></surface>	8		incrementalMFD 終了タグ	
10 <surface> faile> faile></surface>	ğ	< rake > 90 < / rake >	rela: すべり角	
10 <surface< td=""> surface surface 11 <complexfaultgeometry> 12 <faulttopedge> 13 <gml:linestring> 14 <gml:poslist> 15 139.985817 34.925344 12.0 139.822288 34.986544 12.0 139.778633 35.010425 12.0 139.717208 35.052000 12.0 iago.673937 35.076774 12.0 139.571450 35.136775 12.0 139.527819 35.170911 12.0 139.438657 35.250000 12.0 iago.870376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.270376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 iago.870376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.157083 35.481475 12.0 139.122442 35.492804 12.0 iago.87097 138.949900 35.518627 12.0 gml:posList> 17 </gml:poslist> gml:posList & & complex faultTopEdge 18 19 <faulttopedge> faultTopEdge & m/g m/g 19 <faultintermediateedge> faultIntermediateEdge 20 <gml:poslist> gml:posList 21 <gml:poslist> gml:posList: 位置のリスト 21 <gml:poslist> gml:posList: 位置のリスト 21 <gml:poslist> gml:posList: 位置のリスト 21 <gml:poslist> gml:posList: 位</gml:poslist></gml:poslist></gml:poslist></gml:poslist></gml:poslist></faultintermediateedge></faulttopedge></gml:linestring></faulttopedge></complexfaultgeometry></surface<>	10	<rue contrac<="" contract="" td=""><td>Take. 9¹() 用</td></rue>	Take. 9 ¹ () 用	
11 <complex auticeometry=""> 12 <faulttopedge> 13 <gml:linestring> 14 <gml:poslist> 15 139.985817 34.925344 12.0 139.822288 34.986544 12.0 139.778633 35.010425 12.0 139.717208 35.052000 12.0 139.673937 35.076774 12.0 139.571450 35.136775 12.0 139.527819 35.170911 12.0 139.438657 35.250000 12.0 139.270376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.157083 35.481475 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.157083 35.481475 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.949900 35.518627 12.0 138.949900 35.518627 12.0 16 17 18 19 <faulttopedge> 20 <gml:poslist> 21 <gml:poslist> 22 139.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.052000 23 139.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.052000</gml:poslist></gml:poslist></faulttopedge></gml:poslist></gml:linestring></faulttopedge></complex>	10	Surface>	surface: 例眉山	
12 「ault TopEdge> 13 <gml:linestring> 14 <gml:poslist> 15 139.985817 34.925344 12.0 139.822288 34.986544 16 12.0 139.778633 35.010425 12.0 139.717208 35.052000 12.0 17 139.527819 35.170911 12.0 139.438657 35.250000 12.0 18 2/gml:posList> 19.57083 35.481475 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.949900 35.518627 12.0 138.949900 35.518627 12.0 16 </gml:poslist> 17 </gml:linestring> 18 19 <faultintermediateedge> 20 <gml:poslist> 21 <gml:poslist> 21 <gml:poslist> 22 139.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.052000 23 139.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.052000</gml:poslist></gml:poslist></gml:poslist></faultintermediateedge>	11	<complexfaultgeometry></complexfaultgeometry>	complex Fault Geometry: Complex fault	
 13 〈gml:LineString〉 14 〈gml:posList〉 13 (gml:LineString)〉 13 (gml:LineString)〉 13 (gml:LineString)〉 13 (gml:Dist) 14 (gml:Dist) 15 (gml:Dist) 16 (gml:Dist) 17 (gml:LineString) 18 (faultTopEdge) 19 (faultIntermediateEdge) 20 (gml:LineString) 21 (gml:Dist) 22 (gml:Dist) 23 (gml:Dist) 24 (gml:Dist) 25 (gml:Dist) 26 (gml:Dist) 27 (gml:LineString) 21 (gml:Dist) 22 (gml:Dist) 23 (gml:Dist) 24 (gml:Dist) 25 (gml:Dist) 26 (gml:Dist) 27 (gml:LineString) 28 (gml:Dist) 29 (gml:Dist) 20 (gml:Dist) 21 (gml:Dist) 22 (gml:Dist) 23 (gml:Dist) 24 (gml:Dist) 25 (gml:Dist) 26 (gml:Dist) 27 (gml:Dist) 28 (gml:Dist) 29 (gml:Dist) 20 (gml:Dist) 21 (gml:Dist) 22 (gml:Dist) 23 (gml:Dist) 24 (gml:Dist) 25 (gml:Dist) 26 (gml:Dist) 27 (gml:Dist) 28 (gml:Dist) 29 (gml:Dist) 20 (gml:Dist) 21 (gml:Dist) 22 (gml:Dist) 23 (gml:Dist) 24 (gml:Dist) 25 (gml:Dist) 26 (gml:Dist) 27 (gml:Dist) 28 (gml:Dist) 29 (gml:Dist) 29 (gml:Dist) 20 (gml:Dist) 21 (gml:Dist) 22 (gml:Dist) 23 (gml:Dist) 24 (gml:Dist) 25 (gml:Dist) 26 (gml:Dist) 27 (gml:D	12	<a>launtopEuge	Taun TopEuge. 阿僧山上端	
 14 〈gml:posList> 139.985817 34.925344 12.0 139.822288 34.986544 12.0 139.778633 35.010425 12.0 139.717208 35.052000 12.0 139.673937 35.076774 12.0 139.571450 35.136775 12.0 139.527819 35.170911 12.0 139.438657 35.250000 12.0 139.270376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.270376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.157083 35.481475 12.0 139.122442 35.492804 12.0 138.949900 35.518627 12.0 16 17 18 20 <gml:linestring></gml:linestring> 21 <gml:poslist></gml:poslist> 21 <gml:poslist></gml:poslist> 21 <gml:poslist></gml:poslist> 22 139.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.052000 140.140.400.90201 44.0 120.9706025.052000 	13	<gmi:linestring></gmi:linestring>	gml:LineString: 禄	
 15 139.985817 34.925344 12.0 139.822288 34.986544 12.0 139.778633 35.010425 12.0 139.717208 35.052000 12.0 139.673937 35.076774 12.0 139.571450 35.136775 12.0 139.527819 35.170911 12.0 139.438657 35.250000 12.0 139.398569 35.287427 12.0 139.364267 35.319481 12.0 139.270376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.157083 35.481475 12.0 139.122442 35.492804 12.0 139.949900 35.518627 12.0 (-gml:posList> (-gml:LineString> (-faultIntermediateEdge> (-gml:posList> (-gml:posList> (-gml:posList> (-gml:LineString> (-gml:posList> (-gml:posList) (-gml:posList> (-gml:posList) (-gml:posList)<td>14</td><td><gri>gml:posList></gri></td><td>gml:posList: 位置のリスト</td>	14	<gri>gml:posList></gri>	gml:posList: 位置のリスト	
 12.0 139.778633 35.010425 12.0 139.717208 35.052000 12.0 139.673937 35.076774 12.0 139.571450 35.136775 12.0 139.527819 35.170911 12.0 139.438657 35.250000 12.0 139.398569 35.287427 12.0 139.364267 35.319481 12.0 139.270376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.157083 35.481475 12.0 139.122442 35.492804 12.0 138.949900 35.518627 12.0 6 7 8 9 <faultintermediateedge></faultintermediateedge> 20 <gml:linestring></gml:linestring> 21 <gml:poslist></gml:poslist> 22 1.39.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.052000 23.052000 12.0 24.0 120.072021 45.052000 12.0 25.052000 12.0 26.0120 120.072021 45.052000 12.0 27.052021 45.052020 14.0 120.9776 120.07576 120.0	15	139.985817 34.925344 12.0 139.822288 34.986544	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ(km) 経	
 139.6/393/35.0/6//4 12.0 139.5/1450 35.136//5 12.0 139.527819 35.170911 12.0 139.438657 35.250000 12.0 139.398569 35.287427 12.0 139.364267 35.319481 12.0 139.270376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.157083 35.481475 12.0 139.122442 35.492804 12.0 138.949900 35.518627 12.0 6 7 8 9 <faultintermediateedge></faultintermediateedge> 20 <gml:linestring></gml:linestring> 21 <gml:poslist></gml:poslist> 22 139.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.0552000 23.052000 24.0 120.02221 40.05221000 24.0 120.02221 40.05221000 		12.0 139.778633 35.010425 12.0 139.717208 35.052000 12.0	度 緯度 深さ 経度 緯度 深さ 経度	
 139.327819 35.170911 12.0 139.438657 35.250000 12.0 139.398569 35.287427 12.0 139.364267 35.319481 12.0 139.270376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.157083 35.481475 12.0 139.122442 35.492804 12.0 138.949900 35.518627 12.0 (-gml:posList> (-gml:LineString> (-faultIntermediateEdge> (-gml:posList> (-gml:LineString> (-faultIntermediateEdge> (-gml:posList> (-gml:posList> (-gml:posList> (-gml:LineString> (-gml:posList> (-gml:posList) <lp>(-gml:posList) <lp>(-gml:posList)</lp></lp>		139.6/393/ 35.0/6//4 12.0 139.5/1450 35.136//5 12.0	緯度 深さ 経度 緯度 深さ	
 139.39369 35.287427 12.0 139.304267 35.319481 12.0 139.270376 35.404874 12.0 139.221240 35.448000 12.0 139.157083 35.481475 12.0 139.122442 35.492804 12.0 138.949900 35.518627 12.0 (-/gml:LineString> (-/gml:LineString) (-/gml		139.52/819 55.1/0911 12.0 139.43805/ 55.250000 12.0		
139.276708 35.404874 12.0 139.221240 55.448000 12.0 139.157083 35.481475 12.0 139.122442 35.492804 12.0 138.949900 35.518627 12.0 16 17 18 19 <faultintermediateedge> 20 <gml:linestring> 21 <gml:poslist> 22 139.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.052000 中間の経度 緯度 深さ 経度 緯</gml:poslist></gml:linestring></faultintermediateedge>		139.376309 33.267427 12.0 139.304207 35.319461 12.0		
138.949900 35.518627 12.0 138.949900 35.518627 12.0 16 17 18 19 <faultintermediateedge> 20 <gml:linestring> 21 <gml:poslist> 22 139.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.052000</gml:poslist></gml:linestring></faultintermediateedge>		139 157083 35 481475 12 0 139 122442 35 492804 12 0		
16 gml:posList 終了タグ 17 gml:posList 終了タグ 18 faultIntermediateEdge> 19 <faultintermediateedge> faultIntermediateEdge: 20 <gml:poslist> gml:posList: 21 <gml:poslist> gml:posList: 22 139,985817 35.011716 14.0 139,902221 35.052000 中間の経度 緯度 深さ 経度 緯</gml:poslist></gml:poslist></faultintermediateedge>		138 949900 35 518627 12 0		
17 17 17 18 20 <faultintermediateedge> 20 <gml:linestring> 21 <gml:poslist> 22 139,985817 35.011716 14.0 139,902221 35.052000 中間の経度 緯度 深さ 経度 緯力</gml:poslist></gml:linestring></faultintermediateedge>	16		oml:nosI ist 終了タグ	
 17 「January Spin-Enteoding」 18 <!--/i--> 18 <!--/i--> 19 19 19 10 11 12 139.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.052000 140.129.02521 35.052000 	17		gml:LineString 終了タグ	
10くfaultTopEagefaultTopEage19 <faultintermediateedge>faultIntermediateEdge: 断層面中20<gml:linestring>gml:posList>21<gml:poslist>gml:posList: 位置のリスト22139.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.052000中間の経度 緯度 深さ 経度 緯</gml:poslist></gml:linestring></faultintermediateedge>	18		faultTonEdge 級了なが	
20 <gml:linestring> 21 <gml:poslist> 22 139.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.052000</gml:poslist></gml:linestring>	10	<faultintermediateedge></faultintermediateedge>	foultIntermediateEdge: 断層面巾閉	
20 <gml:linestring:< td=""> gml:Linestring: 線 21 <gml:poslist> gml:posList: 位置のリスト 22 139.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.052000 中間の経度 緯度 深さ 経度 緯)</gml:poslist></gml:linestring:<>	20	<a href="mailto:	Taultinter mediateEuge. 阿哈山中间	
21 くgmi.posList 位置のサスト 22 139.985817 35.011716 14.0 139.902221 35.052000 中間の経度 緯度 深さ 経度 緯/	20	<pre><gml:linestring< pre=""></gml:linestring<></pre>	gmi:LineString. 脉	
22 139.98381/35.011/16 14.0 139.902221 35.052000 甲间の栓度 緯度 揉さ 栓度 緯/	21		gmi:poslist: 位直のリスト 市間の保存 焼店 流さ 保存 焼店	
	22	139.98381/ 35.011/16 14.0 139.902221 35.052000	甲間の栓度 稗度 保さ 栓度 稗度	
14.0 139.829221 35.085550 14.0 139.778055 55.109904 14.0 保さ経度 緯度 深さ 経度 緯度		14.0 159.829221 55.085550 14.0 159.778055 55.109904 14.0	深さ 経度 緯度 深さ 経度 緯度 深	
139 571450 35 251418 14 0 139 541848 35 276939 14 0		139 571450 35 251418 14 0 139 541848 35 276939 14 0	さ 経度 緯度 深さ	
139 416333 35 396079 14 0 139 364267 35 445524 14 0		139 416333 35 396079 14 0 139 364267 35 445524 14 0		
139.361511 35.448000 14.0 139.280261 35.501972 14.0		139.361511 35.448000 14.0 139.280261 35.501972 14.0		
139.157083 35.554665 14.0 139.119249 35.567926 14.0		139.157083 35.554665 14.0 139.119249 35.567926 14.0		
138.949900 35.604669 14.0		138.949900 35.604669 14.0		
23 gml:posList 終了タグ	23		gml:posList 終了タグ	
24 gml:LineString 終了タグ	24		gml:LineString 終了タグ	
25 faultIntermediateEdge 終了タグ	25		faultIntermediateEdge 終了タグ	
26 .	26		5	
27 .	27			
28 •	28			
29 <faultintermediateedge> faultIntermediateEdge· 断層面中</faultintermediateedge>	29	<faultintermediateedge></faultintermediateedge>	faultIntermediateEdge [.] 断層面中間	
30 <gml·linestring> gml·LineString: 線</gml·linestring>	30	<gml<sup>1LineString></gml<sup>	gml·LineString [·] 線	
31 <gml:noslist> gml:nosList: 位置のリスト</gml:noslist>	31	<pre><ml:noslist></ml:noslist></pre>	gml:nosList: 位置のリスト	
32 140 103000 35 412660 24 0 140 085325 35 448000 中間の経度 結庫 深さ 経庫 結	32	140 193000 35 412669 24 0 140 085325 35 448000	山間の経度 結度 深さ 経度 結底	
2401400281523546416924013998581735476189240 派と 叙座 独座 深た 叙座 独座	52	24 0 140 028152 35 464169 24 0 139 985817 35 476189 24 0	一间の 柱反 梓反 休ご 柱反 梓反 派そ 奴 由 始 由 派	
139.863695 35.516824 24.0 139.778633 35.547386 24.0		139.863695 35.516824 24.0 139.778633 35.547386 24.0	休ご 柱皮 樺皮 休ご 柱皮 樺皮 休	
139.701349 35.576260 24.0 139.571450 35.636912 24.0		139.701349 35.576260 24.0 139.571450 35.636912 24.0	さ 産皮 樺皮 休さ	
139.559195 35.646000 24.0 139.547478 35.654113 24.0		139.559195 35.646000 24.0 139.547478 35.654113 24.0		
139.402670 35.748398 24.0 139.364267 35.766755 24.0		139.402670 35.748398 24.0 139.364267 35.766755 24.0		
139.237493 35.797697 24.0 139.157083 35.815347 24.0		139.237493 35.797697 24.0 139.157083 35.815347 24.0		
139.071388 35.844000 24.0		139.071388 35.844000 24.0		
33 gml:posList 終了タグ	33		gml:posList 終了タグ	
34 gml:LineString 終了タグ	34		gml:LineString 終了タグ	
35 faultIntermediateEdge 終了タグ	35		faultIntermediateEdge 終了タグ	
36 <faultbottomedge> faultBottomEdge: 断層面下端</faultbottomedge>	36	<faultbottomedge></faultbottomedge>	faultBottomEdge: 断層面下端	
37 <gml:linestring> gml:LineString: 線</gml:linestring>	37	<gml:linestring></gml:linestring>	gml:LineString: 線	
38 <gml:poslist> gml:posList: 位置のリスト</gml:poslist>				

	ファイル内容	説明
39	140.193000 35.538812 26.0 140.000240 35.581043	下端の経度 緯度 深さ 経度 緯度
	26.0 139.985817 35.584220 26.0 139.807836 35.624727 26.0	深さ 経度 緯度 深さ 経度 緯度 深
	139.778633 35.632164 26.0 139.745778 35.646000 26.0	さ 経度 緯度 深さ
	139.627902 35.704462 26.0 139.571450 35.732275 26.0	
	139.449196 35.788216 26.0 139.364267 35.823401 26.0	
	139.260890 35.844000 26.0	
40		gml:posList 終了タグ
41		gml:LineString 終了タグ
42		faultBottomEdge 終了タグ
43		complexFaultGeometry 終了タグ
44		surface 終了タグ
45		characteristicFaultSource 終了タグ
46		sourceGroup 終了タグ
47		sourceModel 終了タグ
48		nrml 終了タグ

(2) 震源モデルロジックツリーファイル

震源モデルロジックツリーファイルは、震源モデルとその不確定性を記述する。今回は、 10 個の震源モデルファイルを使用した計算なので、ロジックツリーは1つのみであるが、 ブランチセットも10 個用意する。サンプルファイルをファイル 4.4.2 に示した。場合分け は、震源モデルのみなので、ブランチングレベルは1つでよい。ブランチセットの uncertaintyTypeを「4.4.2 (1) 震源モデルファイル」(p.203~)で作成した source_model_01.xml~source_model_10.xmlとし、表4.4.2 に従って、重みを指定する。

ファイル 4.4.2 確率論的地震ハザード解析その 2 における震源モデルロジック

ッ	IJ	ーフ	ア	イ	ル

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml 開始タグ</td></nrml>	nrml 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<logictree logictreeid="lt1"></logictree>	logicTree: ロジックツリー
		logicTree <i>ID</i> : ID
4	<logictreebranchinglevel branchinglevelid="bl1"></logictreebranchinglevel>	logicTreeBranchingLevel: ブランチ
		ングレベル
		branchingLevelID: ID
5	<logictreebranchset <="" th="" uncertaintytype="sourceModel"><th>logicTreeBranchSet: ブランチセット</th></logictreebranchset>	logicTreeBranchSet: ブランチセット
	branchSetID="bs1">	branchSetID: ID、uncertaintyType: 不
		確定性のタイプ
6	<logictreebranch branchid="b1"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
		branchID: ID
7		<pre>uncertaintyModel: source_model.xml</pre>
	<uncertaintymodel>source_model_01.xml</uncertaintymodel>	が不確定性のモデル
8	<uncertaintyweight>0.37</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight: 重みは 0.37
9		logicTreeBranch 終了タグ
10	<logictreebranch branchid="b2"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
		branchID: ID
11		uncertaintyModel: source_model.xml
	<uncertaintymodel>source_model_02.xml</uncertaintymodel>	が不確定性のモデル
12	<uncertaintyweight>0.06</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight: 不確定性の重み
		は 0.06

	ファイル内容	説明
13		logicTreeBranch 終了タグ
14	•	
15	•	
16	•	
17	<logictreebranch branchid="b9"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
		branchID: ID
18		uncertaintyModel: source_model.xml
	<uncertaintymodel>source_model_09.xml</uncertaintymodel>	が不確定性のモデル
19	<uncertaintyweight>0.11</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight: 不確定性の重み
		は 0.11
20		logicTreeBranch 終了タグ
21	<logictreebranch branchid="b10"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
		branchID: ID
22		uncertaintyModel: source_model.xml
	<uncertaintymodel>source_model_10.xml</uncertaintymodel>	が不確定性のモデル
23	<uncertaintyweight>0.04</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight: 不確定性の重み
		は 0.04
24		logicTreeBranch 終了タグ
25		logicTreeBranchSet 終了タグ
26		logicTreeBranchingLevel 終了タグ
27		logicTree 終了タグ
28		nrml 終了タグ

(3) 地震動予測式ロジックツリーファイル

地震動予測式ロジックツリーファイルは、計算に使用する地震動予測式とそれに対する 重みを記述する。震源モデル中に含まれるテクトニックタイプ(ファイル 4.4.1 の 4 行目の tectonicRegion 属性)に対応する地震動予測式を含まなければならない。今回は、司・翠川 (1999)を使用したプレート境界型のみの計算なので、ロジックツリーは一つのみ、ブラ ンチセットも一つのみである。7 行目で使用する地震動予測式(SiMidorikawa1999Sinter) を指定して、8 行目で重みを 1 にすればよい。その際、ロジックツリーブランチセットの 属性として、applyToTectonicRegionType 属性を用いて、テクトニックタイプを指定するこ とを忘れてはならない。サンプルファイルをファイル 4.4.3 に示す。

設定ファイルの intensity_measure_types_and_levels 変数で指定する地震動強さは、ここで 指定する(テクトニックタイプにおける)地震動予測式中に含まれていなければならない。

ファイル 4.4.3 確率論的地震ハザード解析その 2 における地震動予測式ロジッ クツリーファイル

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml 開始タグ</td></nrml>	nrml 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<logictree logictreeid="lt1"></logictree>	logicTree: ロジックツリー
		logicTreeID: ID
4	<logictreebranchinglevel branchinglevelid="bl1"></logictreebranchinglevel>	logicTreeBranchingLevel: ブランチン
		グレベル
		branchingLevelID: ID

	ファイル内容	説明
5	<logictreebranchset <="" td="" uncertaintytype="gmpeModel"><td>logicTreeBranchSet: ブランチセット</td></logictreebranchset>	logicTreeBranchSet: ブランチセット
	branchSetID="bs1" applyToTectonicRegionType="Subduction	branchSetID: ID、uncertaintyType: 不
	Interface">	確定性のタイプは gmpeModel、
		<i>applyToTectonicRegionType</i> : 適用する
		構造は Subduction Interface
6	<logictreebranch branchid="b1"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
		branchID: ID
7		uncertaintyModel:
	<uncertaintymodel>SiMidorikawa1999SInter</uncertaintymodel>	SiMidorikawa1999SInter が不確定性の
		モデル
8	<uncertaintyweight>1.0</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight: 不確定性の重みは
		1.0
9		logicTreeBranch 終了タグ
10		logicTreeBranchSet 終了タグ
11		logicTreeBranchingLevel 終了タグ
12		logicTree 終了タグ
13		nrml 終了タグ

(4) 設定ファイル

最後に設定ファイルを作成する。ファイル 4.4.4 にサンプルを示した。ここで必要な情報 は以下の点である。

- 1. 計算モードほかの情報(ファイル 4.4.4 の 1~3 行目)
- 2. 計算範囲、計算格子の情報(ファイル 4.4.4 の 5~7 行目)
- 3. 震源モデル、地震動予測式のロジックツリーの情報(ファイル 4.4.4 の 9~11 行目)
- 4. 断層モデルの分割に関する情報(ファイル 4.4.4 の 13~14 行目)
- 5. ハザード計算のための情報(ファイル 4.4.4 の 16~21 行目)
- 6. ハザード出力に関する情報(ファイル 4.4.4 の 24~26 行目)

前節からの変更点は、26 行目の mean_hazard_curves の設定のみであるため、それぞれの パラメータの説明は省略する。

今回の計算では、10パターンの震源を重み付きで計算するように設定している。デフォルトでは、それぞれのハザードカーブの計算のみを実行するようになっているが、 mean_hazard_curves = trueとすると、10パターンの重み付平均を計算する。

ファ	イル4.	4.4	確率論的地震/	ヽザー	ド解析その	2にお	いる設定	ファイ	゚ル
----	------	-----	---------	-----	-------	-----	------	-----	----

	ファイル内容	説明
1	[general]	general セクション
2	description = Classical PSHA Sample For Sagami Trough	簡単な説明
3	calculation_mode = classical	計算モードは classical
4		
5	[sites]	
6	region_grid_spacing = 0.5	計算格子サイズ (km)
7	region = 138.7 36.3, 138.7 35.2, 140.0 35.2, 140.0 36.3	計算範囲(経度 緯度で4点)
8		
9	[logic_tree]	
10	source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml	震源モデルのロジックツリーファイ
		ル

	ファイル内容	説明
11	gsim_logic_tree_file = gmpe_logic_tree.xml	地震動予測式のロジックツリーファ
		イル
12		
13	[erf]	
14	rupture_mesh_spacing = 5	断層面の分割サイズ (km)
15		
16	[hazard_calculation]	
17	$random_seed = 113$	統計処理のための乱数のシード値
18	intensity_measure_types_and_levels = {"PGV": [2, 4, 6, 8, 10,	計算する地震動とそのレベル
	12, 14, 16, 18, 20, 23, 26, 29, 32, 35, 38, 41, 44, 47, 50, 55, 60,	
	65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160,	
10	1/0, 180, 190, 200, 220, 240, 260, 280, 300]	地震動のぼとったのための左周しぶ
19	truncation_level = 5.0	地長期のはらうさのための有界レイ
20	200.0	
20	maximum_distance = 200.0	地震動を計算する最大距離 (km)
21	investigation_time = 50	超過確率の対象期間(年)
22		
23	[hazard_outputs]	
24	hazard_maps = true	ハザードマップの出力
25	poes = 0.01, 0.02, 0.10	超過確率: 1%、2%、10%
26	mean_hazard_curves = true	平均のハザードカーブの作成

4.4.3 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりである。

4.4.4 出力

計算結果の出力方法と図化方法は、「3.6 各計算タイプにおけるハザード・リスクの計 算方法」(p.105~)および「3.7 計算結果の図化方法」(p.169~)に示したとおりである。

この計算では、震源が10パターン計算するが、それ以外に不確定性は特に設定しないことから、指定した発生確率と使用した地震動予測式に従った結果が出力される。図 4.4.1 に平均のハザードカーブとハザードマップの計算結果を示した。10パターンの計算ごとの結果も出力されており、それらを使用した計算結果を図 4.4.2 に示した。


4.5 確率論的地震ハザード解析その3

4.5.1 必要な情報

確率論的地震ハザード解析その1、その2では、単独のテクトニックタイプでの震源モ デルを使用した解析であった。今節では、2つのテクトニックタイプ(活断層型、海溝型) の震源モデルを同時に使用した解析を実施する。本来の確率論的地震動解析では、将来発 生すると予想されるすべての地震を対象として、地震動を計算しなければならない。その ため、震源モデルには、着目する地点に影響を与える様々な震源を含む必要がある。

ここでは複数の震源を利用する簡単なサンプルとして、確率論的地震ハザード解析その 1、その2の震源モデルを統合したモデルでの計算方法を紹介する。

4.5.2 必要なファイル

以下の計4ファイルが必要である。

- 1. 震源モデル(ファイル 4.3.1 とファイル 4.4.1)
- 2. 震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 4.4.2)
- 3. 地震動予測式ロジックツリーファイル (ファイル 4.5.1)
- 4. 設定ファイル (ファイル 4.4.4)

(1) 震源モデルファイル

震源モデルは、ファイル 4.3.1 とファイル 4.4.1 をそれぞれ統合して使用する。具体的に は、ファイル 4.4.1 の source_model_01.xml~source_model_10.xml 中にファイル 4.3.1 の情報 を加えて、計 10 ファイルを作成する。

(2) 震源モデルロジックツリーファイル

ファイル 4.4.2 と同じファイルを使用する。

(3) 地震動予測式ロジックツリーファイル

地震動予測式ロジックツリーファイルは、計算に使用する地震動予測式とそれに対する 重みを記述する。震源モデル中に含まれるテクトニックタイプ(ファイル 4.4.1 の 4 行目の tectonicRegion 属性)に対応する地震動予測式を含まなければならない。今回は、司・翠川 (1999)を使用した活断層型およびプレート境界型の2タイプの計算なので、ロジックツ リーは 2 つ、ブランチセットも 2 つである。7 行目で活断層タイプの地震動予測式 (SiMidorikawa1999ASC)を指定して、16 行目でプレート境界型の地震動予測式 (SiMidorikawa1999SInter)を指定する。ブランチングレベルが異なるため、各ブランチの 重み(8 行目、17 行目)はそれぞれ1にすればよい。その際、ロジックツリーブランチセ ットの属性として、applyToTectonicRegionTypeを用いて、テクトニックタイプを指定する ことを忘れてはならない。サンプルファイルをファイル 4.5.1 に示す。 設定ファイルの intensity_measure_types_and_levels 変数で指定する地震動強さは、ここで 指定する(テクトニックタイプにおける)地震動予測式中に含まれていなければならない。

ファイル 4.5.1 確率論的地震ハザード解析その3における地震動予測式ロジッ

ク	ツ	IJ	ーフ	ア	イ	ル
---	---	----	----	---	---	---

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml 開始タグ</td></nrml>	nrml 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	xmlns: XML 名前空間
3	<logictree logictreeid="lt1"></logictree>	logicTree: ロジックツリー
		logicTreeID: ID
4	<logictreebranchinglevel branchinglevelid="bl1"></logictreebranchinglevel>	logicTreeBranchingLevel: ブランチ
		ングレベル
_		branchingLevelID: ID
5	<pre><logictreebranchset <="" pre="" uncertaintytype="gmpeModel"></logictreebranchset></pre>	logicTreeBranchSet: ブランチセット
	Crust">	branchSetID: ID、uncertaintyType: 个
	Clust >	確定性のタイプはgmpeModel、
		applyToTectonicRegionType: 適用す
		る構造は Active Shallow Crust
6	<logic branchid="b1" treebranch=""></logic>	logicTreeBranch: ファンチ
7		branch1D: 1D uncortaintyModel:
/	<uncertaintymodel>SiMidorikawa1999Asc</uncertaintymodel>	SiMidorikawa1000Asc が不確定性のチ
		デル
8	<uncertaintyweight>1 0</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight 不確定性の重み
		は10
9		logicTreeBranch 終了タグ
10		logicTreeBranchSet 終了タグ
11		logicTreeBranchingLevel 終了タグ
12	<logictreebranchinglevel branchinglevelid="bl2"></logictreebranchinglevel>	logicTreeBranchingLevel: ブランチ
		ングレベル
		branchingLevelID: ID
13	<logictreebranchset <="" td="" uncertaintytype="gmpeModel"><td>logicTreeBranchSet: ブランチセット</td></logictreebranchset>	logicTreeBranchSet: ブランチセット
	branchSetID="bs21" applyToTectonicRegionType="Subduction	branchSetID: ID、uncertaintyType: 不
	Interface">	確定性のタイプは gmpeModel、
		applyToTectonicRegionType: 適用す
		る構造は Subduction Interface
14	<logictreebranch branchid="b21"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
		branchID: ID
15	a march int Martin C'Millerite and 1000 Characterized Martin	
	<uncertaintymodel>SIMIdorikawa1999Sinter</uncertaintymodel>	SiMidorikawa1999Sinter か个唯正性の
16	(uncontaint, Weights 1.0 (/uncontaint, Weights	セアル ひいしん 王弥宮州の重な
10	<uncertainty weight="">1.0</uncertainty>	uncertainty weight: 个確定性の里み
17		は1.0 LogioTrooPropole 数子をガ
17		logicTreeBranchSet 数了タグ
10		logicTreeBranchingLoval 数了なが
20		logicTree 数了なガ
20		nrml 紋了友ガ
<u>~ 1</u>	7 111 11112	111111 小学 1 2 2

(4) 設定ファイル

ファイル 4.4.4 と同じファイルを使用する。

4.5.3 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりである。

4.5.4 出力

計算結果の出力方法と図化方法は、「3.6 各計算タイプにおけるハザード・リスクの計 算方法」(p.105~)および「3.7 計算結果の図化方法」(p.169~)に示したとおりである。

今回の計算では前節と同様に、ハザードカーブとハザードマップが出力可能である。図 4.5.1 に平均のハザードカーブとハザードマップの計算結果を示した。10 パターンの計算ご との結果も出力されており、それらを使用した計算結果を図 4.5.2 に示した。それぞれ単独 の場合の結果と異なることがわかる。

それぞれのハザードマップを異なる年超過確率で示した図を図4.5.3、図4.5.4に示した。 相模トラフ沿いのM8クラスの地震については発生確率があまり高くないため、50年で2% の結果は、ほぼ立川断層帯のみの結果となっていることがわかる。













Hazard Map with a 0.01 PoE in 50.0 Years





35.25

左: 50年で1%、右:50年で2%

4.6 震源断層を特定した地震動による建物被害解析

震源断層を特定した地震動の解析の結果を用いて、地震動による建物被害の解析を行う。 OpenQuake-engine では、Scenario Damage と呼ばれる解析である。必要な情報は、以下の3 点である。

- 1. 資産の情報 (exposure モデル)
- 2. 建物の被害モデル(fragility モデル)
- 3. 地震動強さの分布 (Scenario Case の結果)

ここでは、「4.2 震源断層を特定した地震動」(p.186~)で計算した立川断層帯の地震動予 測結果を用いて、建物被害を計算する。

4.6.1 必要なファイル

OpenQuake-engine 実行のためには、以下のファイルが必要となる。

- 1. 震源断層モデルファイル (ファイル 4.2.1)
- 2. 設定ファイル (ハザード) (ファイル 4.2.3)
- 3. Exposure モデルファイル (ファイル 4.6.2)
- 4. Fragility モデルファイル (ファイル 4.6.3)
- 5. 設定ファイル (リスク) (ファイル 4.6.4)

第3章でのリスク計算のサンプルでは、ハザードの設定ファイルとリスクの設定ファイ ルを同じ設定ファイルに記述したが、これから説明するように別々に記述してもよい。そ の際は、ハザードの設定ファイルは「job_hazard.ini」、リスクの設定ファイルは「job_risk.ini」 とすると、WebUIはそれぞれを自動的に認識する。

(1) 震源断層モデルファイル

「4.2 震源断層を特定した地震動」(p.186~)で計算した立川断層帯の地震動予測結果 を用いるため、ファイル 4.2.1 をそのまま使用する。

(2) 設定ファイル(ハザード)

「4.2 震源断層を特定した地震動」(p.186~) で計算した立川断層帯の地震動予測結果 を用いるため、ファイル 4.2.3 をほぼそのまま使用する。ただし、これから使用する Fragility 関数が PGV に対応していないため、地震動予測式を Akkar and Bommer (2010)の式に変更 して PGA を計算する。具体的にはファイル 4.2.3 の 21 行目を gsim = AkkarBommer2010、 22 行目を intensity_measure_types = PGA に変更する。本来であれば、PGV に対応した fragility モデルを用意する方がよいだろう。

リスクの計算であるので、地震動強さの計算地点は exposure モデルで指定する地点でも よい。その場合、ファイル 4.2.3 の 10、11 行目を削除して、exposure セクションを任意の 行に設定し、exposure_file = exposure_model.xml と変更すればよい(ファイル 4.6.1 参照)。

ファイル 4.6.1 震源断層を特定した地震動による建物被害解析における設定フ

ァイル (ハザード)

	ファイル内容	説明
1	[general]	general セクション
2	description = Scenario Case Sample For Taichikawa Fault Zone	簡単な説明
3	calculation_mode = scenario	計算モードは Scenario-based Hazard
4		
5	[erf]	
6	rupture_model_file = earthquake_rupture_model.xml	断層モデルファイル
7	rupture_mesh_spacing = 5.0	断層面の分割サイズ (km)
8		
9	[site_params]	
10	$reference_vs30_value = 400$	Vs30(m/s)
11	reference_vs30_type = inferred	Vs30 のタイプ
12	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	Vs2.5km/s となる深さ(km)
13	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	Vs1.0km/s となる深さ(m)
14		
15	[hazard_calculation]	
16	$random_seed = 113$	統計処理のための乱数のシード値
17	gsim = AkkarBommer2010	地震動強さモデル
18	intensity_measure_types = PGA	地震動強さのタイプ
19	truncation_level = 0.0	偶然的ばらつきのための有界レベル
20	maximum_distance = 200.0	地震動を計算する最大距離 (km)
21	number_of_ground_motion_fields = 1	地震動を計算する回数
22		
23	[exposure]	
24	exposure_file = exposure_model.xml	exposure モデルファイル

(3) exposure モデルファイル

建物被害を調査するため、建物棟数等の情報が含まれた exposure モデルファイルが必要 となる。通常、建物や人口等の情報については個別に所持していることが想定される。既 知の情報があれば、「3.5 Input Preparation Toolkit」(p.100~)に示した exposure モデル作成 ツールを用いて、OpenQuake-engine で使用可能な形式に変換するとよい。今回は、建物等 に関するデータを所持していないとして、GEM が整理したデータ(GED4GEM)を用いる ことにする。

GEM は、「A Global Exposure Database for GEM (GED4GEM)」プロジェクトを通して、 Global Exposure Database を整備した。GED4GEM の詳細は Gamba (2014)⁴⁹⁾を参照されたい。 ここでは GED4GEM で整理されたデータを用いる。データは以下の手順で利用可能である。

- 1. OpenQuake Platform (https://platform.openquake.org) にアクセスする (図 4.6.1)。
- 2. 「Exposure Export」をクリックする (図 4.6.2)。
- 3. 「Load Data by Region」をクリックする (図 4.6.3)。
- 4. 「Name」に「Japan」を入力する (図 4.6.4)。
- 5. 「Japan」をクリックする (図 4.6.5)。
- 6. 「Proceed」をクリックする (図 4.6.6)。

GED4GEM で整理された日本のデータは、USGS Prompt Assessment of Global Earthquakes for Response (PAGER)⁵⁰⁾のデータであり、ライセンスを含むその他の情報は、ダウンロードし

たデータに含まれている。ダウンロードしたデータの一部をファイル 4.6.2 に示した。この ファイルは、資産の情報を位置ごとの集合値として表現している。



図 4.6.1 OpenQuake Platform ログイン後に「Explore」タブを選択した画面 画面中央「Physical Risk Data Sets」に「Exposure Export」がある



図 4.6.2 「Exposure Export」をクリックした画面 左上の「Load Data by Region」をクリックして、読み込みたい地域を選択する

posure Export OperQuake ×	+		etter 0, 140		公 向		A 10
PENQUAKE	Calculate Share Exp	plore	C C C	🚹 tahara		2 <	G
ata by R	evel 0 Selection Table				ж		
	Name	Number of Studies	Study	Has Non-Residential			
Afghani	stan	1	PAGER national study	yes		- 8	
Afghani	stan	1	Afghanistan, L0, UN Habitat	no		12	
Afghani	stan	32	Afghanistan, L1, UN Habitat	no		240-5	
Åland		1	PAGER national study	yes			
Albania		1	PAGER national study	yes			
Albania		1	Albania, L0, UN Habitat	no		5	
Albania		12	Albania, L1, UN Habitat	no			
Albania		1	NERA Unified	no			
Algeria		1	PAGER national study	yes			
* 1	2 3 4 5 6 7	55 *		10 25 50	100		

図 4.6.3 「Load Data by Region」をクリックした画面 「Name」に取得したい国の情報を入力する

	/exposure/			ピーへ、検索	\$	白 ∔ ☆
OPENQUAKE	Calculate Share	Explore			👗 tahara 🕶	• 🛛 <
Data by R Admin Le	vel 0 Selection Table					×
	Name	Number	of Studies St	udy	Has Non-Residential	
Japan						-
Japan		1	PAGER national s	itudy yes		11-1
and a					10 25 50 100	
						-
-3						
48						
20						
K.						
1						

図 4.6.4 地域の選択画面

「Name」に「japan」と入力すると、日本のデータが表示される。「Japan」をクリックする



図 4.6.5 「Japan」をクリックした画面

「Download」ボタンではこのデータに含まれる建物分類の情報などを取得するが、データ 量が多いので、「Proceed」をクリックして、地図から領域を選択してデータを取得する



図 4.6.6 「Proceed」をクリックした画面

左の口をクリックすると、領域選択ができるようになり、領域を選択すると自動的にダウ ンロードが始まる

ファイル 4.6.2 震源断層を特定した地震動による建物被害解析における

exposure モデルファイルの一部

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='utf-8'?	XML 宣言
2	<nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.4"></nrml>	nrml: NRML 開始タグ
		xmlns: XML 名前空間
3	<exposuremodel <="" category="buildings" id="ep" td=""><td>exposureModel: exposure モデル</td></exposuremodel>	exposureModel : exposure モデル
	taxonomySource="PAGER 2.0">	id: ID、category: カテゴリー、
		taxonmySource: 建物分類のソース
4	<description>Source: OQP exposure export</description>	description: 説明
	tool	-
5	<conversions></conversions>	conversions: コンバージョンセクシ
		эV
6	<costtypes></costtypes>	costTypes: コストタイプの集合
7	<costtype <="" name="structural" td="" unit="USD"><td>costType: コストタイプ</td></costtype>	costType: コストタイプ
	type="aggregated"/>	name: 分類、type: コストタイプの
		単位、unit: 単価
8		costTypes 終了タグ
9		conversions 終了タグ
10	<assets></assets>	assets: asset の集合
11	<asset <="" id="1098125490_W1" number="1561.2448" td=""><td>asset: 資産</td></asset>	asset: 資産
	taxonomy="W1">	id: ユニークな文字列、taxonomy: 分
		類 number:数
12	location lon="139.63749999" lat="35.62083333" />	location: 位置情報
		<i>lon</i> : 経度、 <i>lat</i> : 緯度
13	<costs></costs>	costs: cost の集合
14	<cost type="structural" value="320312460.741"></cost>	cost: コスト
		type: タイプ、value: 価値
15		costs 終了タグ
16	<occupancies></occupancies>	occupancies: occupancy の集合
17	<pre><occupancy occupants="3903.11" period="all"></occupancy></pre>	occupancy: 居住者
18	<occupancy occupants="767.60" period="day"></occupancy>	occupants: 居住者、period: 期間
19	<pre><occupancy occupants="3659.22" period="night"></occupancy></pre>	
20	<occupancy occupants="1900.28" period="transit"></occupancy>	· 44 マ ひ び
21		occupancies 於 」 グ ク
22	√asset∕	asset 於 J ダク このにかの cont
25		てのはかの asset
24		assets 終」ダク
25		exposureModel 終 「 タク
26		nrml 終了タグ

(4) fragility モデルファイル

建物被害を調査するため、fragility モデルファイルが必要となる。通常、建物の被害率曲 線等の情報については個別に所持していることが想定される。既知の情報があれば、「3.5 Input Preparation Toolkit」(p.100~)に示した fragility モデル作成ツールを用いて、 OpenQuake-engine で使用可能な形式に変換するとよい。今回は、建物の被害率曲線等に関 するデータを所持していないとして、GEM が整理したデータを用いることにする。

GEM は、「GEM's Physical Vulnerability project」プロジェクトを通して、経験的・解析的 な fragility モデル、vulnerability モデルを整理している。それらのデータは、OpenQuake Platform で「Physical Vulnerability」として、公開されている。以下の手順で使用できる。

- 1. OpenQuake Platform (https://platform.openquake.org) にアクセスする (図 4.6.7)。
- 2. 「Physical Vulnerability」をクリックする(図 4.6.8)。
- 3. 条件を入力して「Filter」をクリックする (図 4.6.9)。
- 4. 使用した建物分類のデータを表示する (図 4.6.10)。
- 5. 「More Details」をクリックする (図 4.6.11)。
- 6. 「Add」をクリックして、Cart に追加後、ダウンロードする (図 4.6.12)。

GEM が整理した Physical vulnerability については、D'Ayala et al. (2013)⁵¹⁾、Rosetto et al. (2014)⁵²⁾や Rosetto et al. (2015)⁵³⁾などが詳しい。また、建物分類に関する情報は、Brzev et al. (2013)⁵⁴⁾⁵⁵⁾にまとめられている。

ダウンロードした Fragility モデルファイルをファイル 4.6.3 に示した。ダウンロードした データは、「3.3.3 (2) fragility モデル」(p.70~) で示したタグ名等と多少異なるものの、 大きな違いはないためここでは詳細は述べない。このデータは、FEMA (2003)⁵⁶⁾によるデ ータである。ここで、Exposure モデルと Fragility モデルの建物分類(taxonomy)は一致す る必要があるため、Fragility モデルを GEM の建物分類に合わせる必要がある。具体的には、 7、23、39 行目*の taxonomy 要素内をそれぞれ C2L、W2、W1 に変更する。





^{*} ファイル 4.6.3 では、23、39 行目は省略したため、別途添付したサンプルファイルを参照されたい。

)) Vuherability: list of fragility in x	the second s	
() 0 🕰 https://platform.openquake.org/vu/herability/list	ピーへ検索	☆ 自 ♣ ☆ ♡ =
OPENQUAKE Calculate Share Explore	e	🛃 tahara - 🤍 ? < GEM
List of curves Fragility Vulnerability Damage-to-loss Capacity curve		🐂 Cart (3) 🥒 New function
Counter	Perion Method of set	
county.	included cities	
Material:	LLRS: Author:	
Colores and		
Category:	Thereis is a scale in the scale sc	
15 Story High Ductlie RC-MPS (Horizontal Excitation) Invorociniesi 2016) 15 Story High Ductlie RC-MPS (Horizontal Hvertical Excitation) Noroconiesi 2016) 2 Story Non-Ductlie RC-MPS (Horizontal Excitation) Noroconiesi 2016) 2 Story Non-Ductlie RC-MPS (Horizontal Excitation) Noroconiesi 2016) 2 Story Non-Ductlie RC-MPS (Horizontal Excitation) Noroconiesi 2016) 5 Story Non-Ductlie RC-MPS (Horizontal Excitation) Noroconiesi 2016) 5 Story Non-Ductlie RC-MPS (Horizontal Excitation) Noroconiesi 2016) 5 Story Non-Ductlie RC-MPS (Horizontal Excitation) Noroconiesi 2016) 7 Story Medium Ductlie RC-MPS (Horizontal Excitation) Noroconiesi 2016) 7 Story Medium Ductlie RC-MPS (Horizontal Excitation) Noroconiesi 2016) 7 Story Medium Ductlie RC-MPS (Horizontal Excitation) Noroconiesi 2016) 7 Story Mon-Ductlie RC-MPS (Horizontal Excitation) Noroconiesi 2016) 7 Story Mon-D	Select a list item on the left.	
OpenQuake Platform 1.8.0 About Terms of Use Contact us Feedback	k	Powered by GeoNode

図 4.6.8 「Physical Vulnerability」をクリックした画面

「Fragility」、「Vulnerability」「Damage-to-loss」、「Capacity curve」の各リスト



図 4.6.9 フィルタを使用した選択の状態

数が膨大なため、使用したい曲線の情報を基にフィルタをかけることができる(画像では、 HAZUSのデータのみを表示した)



図 4.6.10 「HAZUS W1 - High code」の Fragility 関数 この関数を使用したい場合は、中央左上の「More details」をクリックする



図 4.6.11 Fragility 関数の詳細表示画面

「More details」をクリックすると、この関数に関する詳細な情報が取得でき、「Export as NRML」をクリックすれば、この曲線を使用するための Fragility model ファイルが取得で きる



図 4.6.12 複数の関数を選択した場合

複数の関数を「Add」した後、「Cart」をクリックすると、選択した Fragility 関数のリストが表示でき、「Export as NRML」をクリックすれば、これらを一つのファイルにしたデータが取得可能である

ファイル 4.6.3 震源断層を特定した地震動による建物被害解析における fragility モデルファイルの一部

	ファイル内容	説明
1	xml version='1.0' encoding='UTF-8'?	XML 宣言
2	<nrml <="" td="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><td>nrml 開始タグ</td></nrml>	nrml 開始タグ
	xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.4">	xmlns: XML 名前空間
3	<fragilitymodel format="continuous"></fragilitymodel>	fragilityModel: fragility model
		format: 関数のフォーマット
4	<pre><description>Fragility from GVD: HAZUS C2L - High</description></pre>	description: 簡単な説明
	code	
5	limitStates>slight moderate extensive	limitStates: 被害状態
	complete	
6	<ffs nodamagelimit="0.05" type="lognormal"></ffs>	ffs: フラジリティ関数の集合
		noDamageLimit: 被害なしの制限値
		type: 関数のタイプ
		連続関数(対数正規分布)の場合
7	<taxonomy>CR/LWAL/HBET:1,3</taxonomy>	taxonomy: 建物分類
8	<iml <="" imlunit="g" maximl="3.0" miniml="0.0" td=""><td>IML: intensity measure level</td></iml>	IML: intensity measure level
	IMT="PGA"/>	imlUnit: intensity measure level の単
		位、IMT: intensity measure type、
		minIML: 最小の地震動強さ、
		<i>maxIML</i> :最大の地震動強さ
9	<ffc ls="slight"></ffc>	ffc : フラジリティ関数
10	<pre><params mean="0.2945" stddev="0.2096"></params></pre>	<i>ls</i> : limit state
11		

	ファイル内容	説明
12	<ffc ls="moderate"></ffc>	params: 対数正規分布のパラメータ
13	<pre><params mean="0.5523" stddev="0.3929"></params></pre>	mean: 平均、stddev: 標準偏差
14		limitStates で指定した被害状態ごと
15	<ffc ls="extensive"></ffc>	に対数正規累積分布関数のパラメ
16	<pre><params mean="1.1046" stddev="0.7859"></params></pre>	ー々を指定
17		
18	<ffc ls="complete"></ffc>	IIC 於 J グ ク
19	<pre><params mean="1.9023" stddev="1.3535"></params></pre>	
20		
21		
22		fragilityModel 終了タグ
23		nrml 終了タグ

(5) 設定ファイル(リスク)

最後に設定ファイルを作成する。ファイル 4.6.4 にサンプルを示した。ここで必要な情報 は以下の点である。

- 1. 計算モードほかの情報(ファイル 4.6.4 の 1~3 行目)
- 2. Exposure に関する情報(ファイル 4.6.4 の 5~6 行目)
- 3. 計算範囲に関する情報(ファイル 4.6.4 の 8~9 行目)
- 4. Fragility モデルの情報(ファイル 4.6.4 の 11~12 行目)

作成したファイル 4.3.4 を上から順に、セクションごとに解説する。

1) general セクション (計算モードほかの情報)

ここでは、この計算にかかわる一般的な情報を記述する。ここでは、以下の3つのパラ メータを設定する。

- description (2 行目)
 この計算でどのような計算を実行するかを任意の文字列で記述する。
- calculation_mode (3 行目)
 Scenario Damage の計算を行うので、scenario_damage を選択する。

2) exposure セクション (exposure に関する情報)

exposure_file (6 行目)
 exposure モデルのファイル名を記述する。

3) boundaries セクション(計算範囲に関する情報)

- region_constraint(9行目)
 リスクの計算をしたい範囲を経度、緯度の4点で指定する。
- 4) fragility model セクション (fragility モデルの情報)
 - structural_fragility_file (12 行目)

構造物の Fragility モデルファイルを指定する。

ファイル 4.6.4 震源断層を特定した地震動による建物被害解析における設定フ アイル(リスク)

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Scenario Case Sample For Taichikawa Fault	概要
	Zone	
3	calculation_mode = scenario_damage	計算モード
4		
5	[exposure]	
6	exposure_file = exposure_model.xml	exposure モデル
7		-
8	[boundaries]	
9	region_constraint = 138.7 36.3, 138.7 35.2, 140.0 35.2,	計算範囲の制限
	140.0 36.3	
10		
11	[fragility]	
12	<pre>structural_fragility_file = structural_fragility_model.xml</pre>	fragility モデル

4.6.2 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりである。

4.6.3 出力

計算結果の出力方法と図化方法は、「3.6 各計算タイプにおけるハザード・リスクの計 算方法」(p.105~)および「3.7 計算結果の図化方法」(p.169~)に示したとおりである。

出力ファイルのうちハザードの計算結果を QGIS で図化したものを図 4.6.13 に示した。 今回の計算は、地盤の情報を使わないため、断層面に沿った形で出力される。Risk Modeller's Toolkit を使用した建物分類ごとの計算結果を図 4.6.14、図 4.6.15 に示す。



図 4.6.13 計算された PGA 分布



図 4.6.14 建物分類ごとの被害状況



図 4.6.15 建物分類ごとの建物倒壊図

4.7 確率論的地震リスク解析

4.7.1 必要な情報

次に、確率論的地震リスク解析のうち、fragility モデルを使用した確率論的地震被害解析 を行う。ここで、必要となる情報は、確率論的ハザード解析の結果、解析地点の exposure モデル、各資産の被害率曲線 (fragility model) である。このうち、ハザード解析の結果は、 確率論的地震ハザード解析その3の結果を使用する。

4.7.2 必要なファイル

以下のように設定ファイルと震源モデルのロジックツリーおよび地震モデルのロジック ツリーが必要となる。

- 1. 震源モデル(ファイル 4.3.1 とファイル 4.4.1)
- 2. 震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 4.4.2)
- 3. 地震動予測式ロジックツリーファイル (ファイル 4.5.1)
- 4. 設定ファイル (ハザード) (ファイル 4.4.4)
- 5. Exposure モデルファイル (ファイル 4.6.2)
- 6. Fragility モデルファイル (ファイル 4.6.3)
- 7. 設定ファイル (リスク) (ファイル 4.6.4)

(1) 震源モデルファイル

ハザードの解析結果は「4.5 確率論的地震ハザード解析その3」(p.210~)の結果をその まま用いるため、震源モデルは、ファイル 4.3.1 とファイル 4.4.1 をそれぞれ統合したファ イル 4.4.1 の source_model_01.xml~source_model_10.xml 中にファイル 4.3.1 の情報を加えた 計 10 ファイルを使用する。

(2) 震源モデルロジックツリーファイル

ファイル 4.4.2 と同じファイルを使用する。

(3) 地震動予測式ロジックツリーファイル

ファイル 4.5.1 とほぼ同じファイルを使用するが、地震動予測式を AkkarBommer2010 および ZhaoEtAl2006SInter に変更する。変更したファイルをファイル 4.7.1 に示した。

ファイル 4.7.1 確率論的地震リスク解析における地震動予測式ロジックツリーファイル

	ファイル内容	説明
1	xml version="1.0" encoding="UTF-8"?	XML 宣言
2	<nrml <br="" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml">xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"></nrml>	nrml 開始タグ <i>xmlns</i> : XML 名前空間
3	<logictree logictreeid="lt1"></logictree>	logicTree : ロジックツリー <i>logicTreeID</i> : ID

	ファイル内容	説明
4	<logictreebranchinglevel branchinglevelid="bl1"></logictreebranchinglevel>	logicTreeBranchingLevel: ブランチ
		ングレベル
		branchingLevelID: ID
5	<logictreebranchset <="" td="" uncertaintytype="gmpeModel"><td>logicTreeBranchSet: ブランチセット</td></logictreebranchset>	logicTreeBranchSet: ブランチセット
	branchSetID="bs1" applyToTectonicRegionType="Active Shallow	branchSetID: ID
	Crust">	uncertaintyType: 不確定性のタイプ
		は gmpeModel
		applyToTectonicRegionType: 適用す
		る構造は Active Shallow Crust
6	<logictreebranch branchid="b1"></logictreebranch>	logicTreeBranch: ブランチ
_		branchID: ID
7		uncertaintyModel: AkkarBommer2010
0	<uncertaintymodel>AkkarBommer2010</uncertaintymodel>	か个確定性のモデル
8	<uncertainty weight="">1.0</uncertainty>	uncertaintyWeight: 个確定性の里み
0		
9		logicTreeBranch 終 「タク
10		logicTreeBranchSet 終了タク
11		logicTreeBranchingLevel 終了タク
12	<logic branchingleveiid="bl2" treebranchinglevel=""></logic>	logicTreeBranchingLevel: ファンチ
12	<a>logioTreePropelSet un corteinte Tupo="grampeMedel"	branchingLevelID: ID
15	<pre>>logic freeDrahenset uncertainty Type= gnipewodel branchSetID="bs21" applyToTectonicRegionType="Subduction"</pre>	hugheh Set ID: ID
	Interface">	Uncortainty Type: 不確定性のタイプ
		incertaintyType. 小幅正正(シンイン)
		annhyToTectonicRegionType: 通用才
		ス構造け Subduction Interface
14	<logictreebranch branchid="b21"></logictreebranch>	の所近な Subduction Interface
		hranch/D [.] ID
15		uncertaintyModel:
	<uncertaintymodel>ZhaoEtAl2006SInter</uncertaintymodel>	ZhaoEtAl2006SInter が不確定性のモ
		デル
16	<uncertaintyweight>1.0</uncertaintyweight>	uncertaintyWeight: 不確定性の重み
		は1.0
17		logicTreeBranch 終了タグ
18		logicTreeBranchSet 終了タグ
19		- logicTreeBranchingLevel 終了タグ
20		logicTree 終了タグ
21		nrml 終了タグ

(4) 設定ファイル (ハザード)

ファイル 4.4.4 とほぼ同じファイルを使用するが、intensity_measure_types_and_levels 変数 を PGA に変更する。変更したファイルをファイル 4.7.2 に示した。この計算で使用する距離減衰式では、Vs30 の値が必要となる。本来は、地盤情報に基づく値を入れなければなら ないが、簡単化のために 12~16 行目のように Vs30 の値を追加した。

ファイル 4.7.2 確率論的地震リスク解析における設定ファイル(ハザード)

	ファイル内容	説明
1	[general]	general セクション
2	description = Classical PSHA Sample For Sagami Trough	簡単な説明
3	calculation_mode = classical	計算モードは classical

	ファイル内容	説明
4		
5	[logic_tree]	
6	source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml	震源モデルロジックツリー
7	gsim_logic_tree_file = gmpe_logic_tree.xml	地震動予測式ロジックツリー
8		
9	[erf]	
10	rupture_mesh_spacing = 5.0	断層面の分割サイズ (km)
11		
12	[site_params]	観測点パラメータ
13	$reference_vs30_value = 760.0$	Vs30(m/s)
14	reference_vs30_type = measured	Vs30 のタイプ
15	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	Vs=2.5km/s となる深さ(km)
16	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	Vs=1.0km/s となる深さ(m)
17		
18	[hazard_calculation]	
19	$random_seed = 113$	統計処理のための乱数のシード値
20	intensity_measure_types_and_levels = {"PGA": [0.005, 0.007,	計算する地震動とそのレベル
	0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103,	
	0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13] }	
21	truncation_level = 3.0	偶然的ばらつきのための有界レベル
22	maximum_distance = 200.0	地震動を計算する最大距離 (km)
23	investigation_time = 50	超過確率の対象期間(年)
24		
25	[exposure]	
26	exposure_file = exposure_model.xml	exposure モデル
27		
28	[hazard_outputs]	
29	hazard_maps = true	ハザードマップの出力
30	poes = 0.01, 0.02, 0.10	超過確率:1%、2%、10%
31	mean_hazard_curves = true	平均のハザードカーブの作成

(5) exposure モデルファイル

ファイル 4.6.2 と同じファイルを使用する。

(6) fragility モデルファイル

ファイル 4.6.3 と同じファイルを使用する。

(7) 設定ファイル(リスク)

最後に設定ファイルを作成する。ファイル 4.6.4 とほぼ同じであるが、ここでは、リスク のための超過確率の対象期間をハザードとは別途与える変数と離散データによる fragility 関数を補間するサンプルを示した。ここで必要な情報は以下の点である。

- 1. 計算モードほかの情報(ファイル 4.7.3 の 2~3 行目)
- 2. Risk 計算の情報(ファイル 4.7.3 の 6~7 行目)
- 3. Exposure に関する情報(ファイル 4.7.3 の 10 行目)
- 4. 計算範囲に関する情報(ファイル 4.7.3 の 13 行目)
- 5. Fragility モデルの情報(ファイル 4.7.3 の 16 行目)

ファイル 4.7.3 にサンプルを示した。

6		
	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Classical Damage calculation	計算概要
3	calculation_mode = classical_damage	モードの選択
4		
5	[risk_calculation]	
6	risk_investigation_time = 1	リスクの超過確率の対象期間(年)
7	steps_per_interval = 4	fragility 関数の補間間隔
8		
9	[exposure]	
10	exposure_file = exposure_model.xml	exposure モデル
11		
12	[boundaries]	
13	region_constraint = 138.7 36.3, 138.7 35.2, 140.0 35.2, 140.0	計算範囲の制限
	36.3	
14		
15	[fragility]	fragility モデル
16	<pre>structural_fragility_file = structural_fragility_model.xml</pre>	構造物の fragility モデルファイル

ファイル 4.7.3 設定ファイル (リスク)

4.7.3 計算方法

計算方法は「3.4.1 WebUI による実行」(p.81~)および「3.4.2 コマンドラインによる 計算実行方法」(p.90~)に示したとおりである。

4.7.4 出力

計算結果の出力方法と図化方法は、「3.6 各計算タイプにおけるハザード・リスクの計 算方法」(p.105~)および「3.7 計算結果の図化方法」(p.169~)に示したとおりである。 QGIS を使用した資産ごとの建物被害分布の計算結果を図 4.7.1 に示す。



図 4.7.1 計算された確率論的建物被害分布(建物被害なし 50 年で 1%)

4.8 計算時間

OpenQuake-engine では、計算範囲、格子サイズ、震源モデル数などによって計算時間が 異なる。計算時間に関しては、使用している計算機にも大きく左右される。今回示す計算 時間は、DELL OptiPlex 5040(Intel Core i7-6700 3.4GHz、メモリ 8GB、HDD1TB、Windows 7 professional (64bit))を用いて計算した場合の結果である。

現時点(2017年3月)で最新のプログラムでは、計算処理の高速化・並列化がなされて おり、バージョン 1.0 の頃と比較するとかなり高速で計算ができるようになっている。そ の一方で、計算に必要なメモリの使用量も増加しているため、搭載メモリが少ない計算機 で計算する場合は注意が必要である。メモリ使用量が物理メモリ以上となる場合もそのま ま計算を進めてしまうので、計算が進まない場合や計算機がフリーズする場合は、メモリ 不足であると考えたほうが良い。また、最新のプログラムでは、計算機の CPU のコア数が 複数であれば、自動で並列処理を行うようなプログラムでは、計算機の CPU のコア数が 複数であれば、自動で並列処理を行うようなプログラムとなっている。しかしながら、並 列化しない場合には 8GB 程度のメモリ量でも問題ない計算でも、並列化して計算を行うと 並列処理分のメモリ量を必要として、物理メモリ量以上のメモリ量を割り当てるようであ るので、格子サイズを細かくした計算や、領域の広い計算、多数の震源を使用した計算を 実施する場合には、注意が必要である。

表 4.8.1 は、確率論的地震ハザード解析その3のモデルを使用して、region_grid_spacing 変数(計算地点の格子サイズ)を変更した場合の計算時間を示した。計算範囲は、確率論 的地震ハザード解析その3と同じ範囲を利用し、格子サイズを5通りで計算した。また、 計算に使用した計算機では、格子サイズを小さくして並列計算を行うと、メモリが不足す るため、並列化しないで計算を実施した。

確率論的地震ハザード解析その3のモデルは、約250km四方の計算領域である。計算格 子サイズを1.0kmとした場合で約1分程度と計算時間はあまりかからない。しかしながら、 最大のメモリ使用量が約1.4GBとなり、一般の計算機では計算しづらいものとなっている。 格子サイズを500mとした場合では約4.5GBとなっているため、250mメッシュでの計算は、 通常の計算機では計算できないことが予想される。

region_grid_spacing (km)	計算する 観測点数	計算時間 (s)	最大のメモ リ使用量 (MB)	出力サイ ズ (MB)
10.0	143	3	約 110	1.14
5.0	575	5	約 150	3.49
2.50	2272	11	約 300	12.7
1.00	14362	55	約 1400	78.6
0.5	57365	331	約 4500	313

表 4.8.1 計算時間の目安 (rupture_mesh_spacing = 5.0 の場合)

計算範囲と計算格子サイズのみならず、rupture_mesh_spacing 変数(断層分割サイズ)に も注意が必要である。断層距離を計算する際に、この変数を用いて断層モデルを分割して 計算することになる。この値が小さいと、断層距離を精度良く計算できるようになるが、 表 4.8.2 に示したように、この値を小さくすると、多量のメモリを使用することになる。

rupture_mesh_spacing (km)	計算する 観測点数	計算時間 (s)	最大のメモ リ使用量 (MB)	出力サ イズ (MB)
10.0		6	約 150	12.5
5.0		11	約 300	12.7
2.0	2272	48	約 1200	13.8
1.0		200	約 4500	17.8

表 4.8.2 計算時間の目安 (region_grid_spacing = 2.5 の場合)

メモリ使用量が多いために、計算ができない場合は、計算地点を計算範囲と格子サイズ で計算するのではなく、点で指定することで対応することも可能である。解析者によって は、計算機の搭載メモリを増やすなどの工夫も必要かもしれない。 付録

略語一覧

用語	解説
GED4GEM	A <u>G</u> lobal <u>Exposure</u> <u>D</u> atabase for <u>GEM</u>
GEM	<u>G</u> lobal <u>E</u> arthquake <u>M</u> odel
GHEC	<u>G</u> lobal <u>H</u> istorical <u>E</u> arthquake <u>C</u> atalogue
GMF	<u>G</u> round <u>M</u> otion <u>F</u> ield
GML	<u>G</u> eography <u>M</u> arkup <u>L</u> anguage
GMPE	<u>Ground Motion Prediction Equation</u>
GSIM	<u>G</u> round <u>Shaking Intensity</u> <u>M</u> odel
GSRM	<u>G</u> lobal <u>S</u> train <u>R</u> ate <u>M</u> odel
HDF	Hierarchical Data Format
MFD	Magnitude Frequency Distribution
NRML	Natural Risk Markup Language
OQ	<u>O</u> pen <u>Q</u> uake
PSHA	<u>P</u> robabilistic <u>S</u> eismic <u>H</u> azard <u>A</u> nalysis
SES	<u>Seismic Event Set</u>
SSHA	<u>S</u> cenario <u>B</u> ased <u>S</u> eismic <u>H</u> azard <u>A</u> nalysis
SSM	<u>Seismic Source M</u> odel
UHS	Uniform Hazard Spectra
XML	e <u>X</u> tensible <u>M</u> arkup <u>L</u> anguage
xmlns	<u>x</u> ml <u>n</u> ame <u>s</u> pace

用語辞典

用語	解説
aleatory uncertainty	認識論的不確定性、認識論的ばらつき
asset、アセット、資産	建物や人口を含む特定の価値を持つ要素。たとえば、ある場所での個々の 建物であったり、単一の場所でともに位置する、グループ化されたり、同 じタクソノミーで分類されるいくつかの建物であったりする。
consequence モデル、コンセクエ ンスモデル	damage-to-loss モデルとしても知られ、物理的被害と損害率の程度の関係 を設定する。たとえば、各被害状態の修繕費と建替え費の比率など。これ らのモデルは fragility モデルを vulnerability モデルへ変換する際に使われ る。
consequence 関数	damage-to-loss モデルとしても知られる。物理的被害と損害率の程度の関係を設定する
epistemic uncertainty	偶然的不確定性、偶然的ばらつき
exposureモデル、エクスポージャ モデル	地理的位置に従ってグループ化された資産、タクソノミーと値
fragility モデル、フラジリティモ デル	exposure モデル内のすべての資産のフラジリティをモデル化するために 使われる fragility 関数のセット
fragility 関数、フラジリティ関数、	与えられた地震動と超過確率の関数
Geography Markup Language	Open Geospatial Consortium (OGC)によって開発された地理的特徴を表現 する XML ベースのマークアップ言語
geojson	JavaScript Object Notation を用いて空間データをエンコードし非空間属性 を関連付けるファイル形式
Ground Motion Prediction Equation	地震動予測式(OpenQuake では通常、距離減衰式を使用する)
Ground Shaking Intensity Model	地震動強さのモデル (OpenQuake では通常、距離減衰式を使用する)
hdf5	米国立スーパーコンピュータ応用研究所(NCSA)が開発した階層型デー タフォーマット HDF のバージョン 5
ISC-GEM	<u>International Seismological Center</u> 編集による地震カタログ
Magnitude Frequency Distribution	マグニチュード別度数分布
NumPy	プログラミング言語 Python において数値計算を効率的に実行するための 拡張モジュール
Python	汎用のプログラミング言語
taxonomy、タクソノミー	資産を分類するために使われるスキーム。建物においては、水平荷重に対 する抵抗システムとその材質、高さ、建築の時期を含む多くの属性(計数) を考慮する分類スキームが GEM によって提案されている。タクソノミー は exposure モデル内の資産と関連する被害関数や被害率関数をリンクす るために使われる
Uniform Hazard Spectra	一様ハザードスペクトル
Vs30	表層地盤(地表からおよそ 30m 程度の深さまで)の平均 S 波速度
vulnerability モデル、バルナラビ リティモデル	exposure モデル中のすべての資産の脆弱性をモデル化するために使用される vulnerability 関数のセット
vulnerability 関数	exposure モデル中の資産の脆弱性をモデル化するために使用される
スケーリング則	地震の規模マグニチュードと断層面積の関係
距離減衰式	地震の規模と距離の関係を表した式

使用可能な GMPE の一部の紹介

本文中で使用した地震動予測式と GEM GMPE Project で選ばれた地震動予測式を下記に 示す。太字は GEM GMPE Project で選ばれた地震動予測式である。

GSIM を設定ファイル (たとえば、job.ini など) あるいは地震動予測式ロジックツリーファイル (たとえば、gmpe_logic_tree.xml など) 内で変更する。必要なパラメータについては、「3.3.2 (6) その他のパラメータ」(p.64) に示した。震源距離のパラメータ ($R_{RUP,}$ $R_{JB,}$ R_x など) は自動的に計算されるため、必要なパラメータではないが、参考のために示した。

参考文献	GSIM	地震動指標	適用範囲	必要なパラメータ
Abrahamson et al.	AbrahamsonEtAl2015Sinter	DCA SA	Subduction Interface	R _{RUP} 、 hypo_depth、Mw
(2016) ⁵⁷⁾	AbrahamsonEtAl2015SSlab	PUA, SA	Subduction IntraSlab	R _{RUP} 、 hypo_depth、Mw
Akkad and Bummer (2010) ⁵⁸⁾	AkkaBommer2010	PGA、 PGV、SA	Active Shallow Crust	R _{JB} , rake, M _w , Vs ₃₀ ,
Atkinson and	AtkinsonBoore2003SInter	DGA SA	Subduction Interface	R _{RUP} ,
Boore (2003) ⁵⁹⁾	AtkinsonBoore2003SSlab	TUA, SA	Subduction IntraSlab	Mw,
Atkinson and Boore (2006) ⁶⁰⁾	AtkinsonBoore2006	PGA、 PGV、 SA	Stable Shallow Crust	RRUP, MW, VS30
Boore and Atkinson (2008) ⁶¹⁾	BooreAtkinson2008	PGA、 PGV、Sa	Mw=5-8 RJB<200km V _{S30} =180-130 0m/s	R _{JB} , rake, M _w , Vs ₃₀
Chiou and Youngs	ChiouYoungs2008	PGA, PGV	Active	R _x , R _{JB} , R _{RUP} ,
(2008) ⁴³⁾	ChuouYoungs2008SWISS01	Sa	Shallow Crust	Mw, Vs ₃₀ , z1p0
Pezeshk et al. (2011) ⁶²⁾	PezeshkEtA12011	PGA, SA	Stable Shallow Crust	RRUP, MW
	SiMidorikawa1999Asc		Active Shallow Crust	
Si and Midorikawa (1999) ⁴⁵⁾	SiMidorikawa1999SInter	PGV	Subduction Interface	R _{RUP} 、 hypo_depth、M _w
	SiMidorikawa1999SSlab		Subduction IntraSlab	
Silva et al. (2002) ⁶³⁾	SilvaEtAl2002MblgAB1987NS HMP2008 SilvaEtAl2002MblgJ1996NSH MP2008 SilvaEtAl2002MwNSHMP200 8	PGA, SA	Stable Shallow Crust	Rjb, Mw
Toro et al. (1997) ⁶⁴⁾	ToroEtAl1997MblgNSHMP20 08 ToroEtAl1997MwNSHMP200 8	PGA, SA	Stable Shallow Crust	Rjb, Mw

参考文献	GSIM	地震動指標	適用範囲	必要なパラメータ
Toro et al. (1997) ⁶⁴⁾	ToroEtAl1997MblgNSHMP20 08 ToroEtAl1997MwNSHMP200 8	PGA, SA	Stable Shallow Crust	Rjb, Mw
	ZhaoEtAl2006Asc	PGA, SA	Active Shallow Crust	hypo_depth、rake、 Mw
Zhao et al. $(2006)^{65)}$	ZhaoEtAl2006Sinter		Subduction Interface	humo donth Muu
	ZhaoEtAl2006SSlab		Subduction IntraSlab	nypo_deptn, mw

サンプルデータ

本文書中で使用したサンプルデータは、損害保険料率算出機構のホームページ上に掲載 している(http://www.giroj.or.jp/)。第3章のサンプルデータの一覧を表1に、第4章のサン プルデータの一覧を表2にそれぞれ示す。

サンプルデータでは、設定ファイル中の rupture_mesh_spacing 変数を2としているため、 計算機の搭載メモリ量が少ないと計算できないかもしれないので、注意が必要である。8GB のメモリを搭載した計算機で計算可能なことは確認済みである。もし計算できない場合は、 計算範囲・計算格子サイズを小さくするか、rupture_mesh_spacing 変数を大きくすれば、サ ンプルデータを使用した計算は可能である。

zip ファイル名	ファイル名	ファイル番号
2611 Saanaria Casa sin	job.ini	ファイル 3.6.1
5.0.1.1_Scenario_Case.zip	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
2 (11a Samaria Casa in	job.ini	ファイル 3.6.1(a)
5.0.1.1a_Scenario_Case.zip	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
	job.ini	ファイル 3.6.1(b)
3.6.1.1b_Scenario_Case.zip	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
	site.csv	
3611a Saanaria Casa zin	job.ini	ファイル 3.6.1(c)
5.0.1.1C_Scenario_Case.zip	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
	job.ini	ファイル 3.6.6
3.6.1.2_Classical_PSHA_PointSo	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
urce.zip	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.9
	job.ini	ファイル 3.6.6
3.6.1.3_Classical_PSHA_SimpleF	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
ault.zip	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
	job.ini	ファイル 3.6.6
3.6.1.3a Classical PSHA PointSo	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
urceMod.zip	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.11
	job.ini	ファイル 3.6.12
3.6.1.4 Event Based PSHA Sim	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
pleFault.zip	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
	job.ini	ファイル 3.6.12
3.6.1.4a_Event_Based_PSHA_Si	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
mpleFault_ses10.zip	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10

表1 第3章のサンプルデーター覧

zip ファイル名	ファイル名	ファイル番号
	job.ini	ファイル 3.6.12
3.6.1.4b Event Based PSHA Si	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
mpleFault_ses1000.zip	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
	job.ini	ファイル 3.6.13
2 (15 Discourse tion -in	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
5.6.1.5_Disaggregation.zip	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
	job.ini	ファイル 3.6.16
	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
3.6.2.1_Senario_Damage.zip	exposure_model.xml	ファイル 3.6.17
	structural_fragility_model.xml	ファイル 3.6.18
	consequence_model.xml	ファイル 3.6.19
	job.ini	ファイル 3.6.16
	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
3.6.2.1a_Senario_Damage.zip	exposure_model.xml	ファイル 3.6.17
	structural_fragility_model.xml	ファイル 3.6.18
	consequence_model.xml	ファイル 3.6.19
	job.ini	ファイル 3.6.20
	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
2622 Sanaria Disk sin	exposure_model.xml	ファイル 3.6.17
5.0.2.2_Senario_Risk.zip	structural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.21
	nonstructural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.22
	occupants_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.23
	job.ini	ファイル 3.6.24
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
3623 Classical Damaga zin	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
5.0.2.5_Classical_Damage.21p	source_model.xml	ファイル 3.6.10
	structural_fragility_model.xml	ファイル 3.6.18
	consequence_model.xml	ファイル 3.6.19
	job.ini	ファイル 3.6.25
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
3.6.2.4_Classical_Risk.zip	source_model.xml	ファイル 3.6.10
	structural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.21
	nonstructural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.22
	occupants_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.23
	job.ini	ファイル 3.6.26
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
3.6.2.5_Event_Based_Risk.zip	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
	structural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.21

zip ファイル名	ファイル名	ファイル番号
	nonstructural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.22
	occupants_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.23
	job.ini	ファイル 3.6.27
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
3626 Classical BCD zin	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
	structural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.21
	vulnerability_model_retrofitted.xml	

表2 第4章のサンプルデーター覧

zip ファイル名	ファイル名	ファイル番号
section4.2(SinglePlane) .zip	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 4.2.1
	job.ini	ファイル 4.2.3
section4.2(SimpleFault) .zip	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 4.2.2
	job.ini	ファイル 4.2.3
section4.3(ClassicalPSHA) .zip	source_model.xml	ファイル 4.3.1
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 4.3.2
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 4.3.3
	job.ini	ファイル 4.3.4
section4.3(EventBasedPSHA) .zip	source_model.xml	ファイル 4.3.1
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 4.3.2
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 4.3.3
	job.ini	ファイル 4.3.5
section4.4.zip	source_model_01.xml	ファイル 4.4.1
	source_model_02.xml	
	source_model_03.xml	
	source_model_04.xml	
	source_model_05.xml	
	source_model_06.xml	
	source_model_07.xml	
	source_model_08.xml	
	source_model_09.xml	
	source_model_10.xml	
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 4.4.2
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 4.4.3
	job.ini	ファイル 4.4.4
section4.5.zip	source_model_01.xml	
	source_model_02.xml	
	source_model_03.xml	
	source_model_04.xml	
	source_model_05.xml	
	source_model_06.xml	
	source_model_07.xml	
	source_model_08.xml	

zip ファイル名	ファイル名	ファイル番号
	source_model_09.xml	
	source_model_10.xml	
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 4.4.2
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 4.5.1
	job.ini	ファイル 4.4.4
section4.6.zip	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 4.2.1
	job_hazard.ini	ファイル 4.6.1
	exposure_model.xml	ファイル 4.6.2
	structural_fragility_model.xml	ファイル 4.6.3
	job_risk.ini	ファイル 4.6.4
section4.7.zip	source_model_01.xml	
	source_model_02.xml	
	source_model_03.xml	
	source_model_04.xml	
	source_model_05.xml	
	source_model_06.xml	
	source_model_07.xml	
	source_model_08.xml	
	source_model_09.xml	
	source_model_10.xml	
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 4.4.2
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 4.5.1
	job_hazard.ini	ファイル 4.4.4
	exposure_model.xml	ファイル 4.6.2
	structural_fragility_model.xml	ファイル 4.6.3
	job_risk.ini	ファイル 4.7.3

参考 URL

- GEM ウェブサイト
 https://www.globalquakemodel.org/
- GEM の GitHub サイト https://github.com/gem
- OpenQuakeの文書 http://docs.openquake.org/
- GEM Hazard Team Wiki
 https://hazardwiki.openquake.org/
- Global Instrumental Seismicity Catalogue (ISC-GEM) http://www.globalquakemodel.org/what/seismic-hazard/instrumental-catalogue http://www.isc.ac.uk/iscgem/ https://platform.openquake.org/maps/23
- Global Historical Seismicity Catalogue and Archive (GHEC and GHEA) http://www.globalquakemodel.org/what/seismic-hazard/historical-catalogue/ http://www.emidius.eu/GEH/ https://platform.openquake.org/maps/24
- Global Strain Rate Model (GSRM) http://www.globalquakemodel.org/what/seismic-hazard/strain-rate-model/ http://ftp.globalquakemodel.org/strain-rate/GSRM_average_strain_v2.1.zip http://ftp.globalquakemodel.org/strain-rate/GSRM_gridded_strain_v2.1.zip https://platform.openquake.org/maps/26
- Global Active Faults database (GFE) http://www.globalquakemodel.org/what/seismic-hazard/active-faults-database/ https://platform.openquake.org/maps/25
- GEM Global Exposure Database
 https://platform.openquake.org/exposure/
- GEM Global Earthquake Consequences Database https://platform.openquake.org/ecd/eventsmap
- GEM Physical Vulnerability Functions Database
 https://platform.openquake.org/vulnerability/list
- Global Ground Motion Prediction Equations (GGMPEs) http://www.globalquakemodel.org/what/seismic-hazard/gmpes/ http://docs.openquake.org/oq-hazardlib/stable/gsim/index.html
- GEM's Physical Vulnerability project
 https://www.globalquakemodel.org/what/physical-integrated-risk/physical-vulnerability/

参考文献

- GEM. (2017) The OpenQuake-engine User Manual, *GEM Technical Report* 2017–2, 193, doi:10.13117/GEM.OPENQUAKE.MAN.ENGINE.2.3/01
- Pagani, M., Monelli, D., Weatherill, G. A. & Garcia, J. (2014) The OpenQuake-engine Book: Hazard. Global Earthquake Model (GEM) Technical Report 2014-08, *GEM Technical Report* 2014–08, 67, doi:10.13117/- GEM.OPENQUAKE.TR2014.08
- 3) Crowley, H. & Silva, V. (2013) OpenQuake Engine Book: Risk v1.0.0. GEM,
- 4) Global Earthquake Model, Available at: https://www.globalquakemodel.org.
- 5) GEM Hazard Team Wiki, Available at: https://hazardwiki.openquake.org/.
- 6) EMCA-GEM: EMCA-GEM, Available at: http://www.emca-gem.org/.
- 7) EMME-GEM, Available at: http://www.emme-gem.org/.
- 8) SARA Wiki, Available at: https://sara.openquake.org/hazard.
- European Seismic Hazard Model, Available at: http://www.efehr.org:8080/jetspeed/portal/hazard.psml.
- Wesson, R. L., Boyd, O. S., Mueller, C. S., Bufe, C. G., Frankel, A. D. & Petersen, M. D. (2007) Revision of Time-Independent Probabilistic Seismic Hazard Maps for Alaska, USGS Open File Report 1043,
- 11) Burbidge, D. R. (2012) The 2012 Australian Earthquake Hazard Map. Record 2012/71,
- 12) Leonard, M., Burbidge, D. R. & Edwards, M. (2013) Atlas of Seismic Hazard Maps of Australia, Geoscience Australia Record 2013/41,
- Adams, J. & Halchuk, S. (2005) Fourth-Generation Seismic Hazard Maps for the 2005 National Building Code of Canada, *13th World Conference on Earthquake Engineering* 2502, doi:10.4095/214223doi:10.4095/214223
- Martin C., Combes P., R., S., G., L., Carbon, D., A., F. & Grellet, B. (2002) *Révision du zonage* sismique de la France: Etude probabiliste,
- Benito Oterino, B. & Torres Fernández, Y. (2009) Amenaza sísmica en América Central, (Entimema).
- 16) Benito, M. B., Lindholm, C., Camacho, E., Climent, A., Marroquin, G., Molina, E., Rojas, W., Escobar, J. J., Talavera, E., Alvarado, G. E. & Torres, Y. (2012) A New Evaluation of Seismic Hazard for the Central America Region, *Bulletin of the Seismological Society of America* 102,2, 504–523, doi:10.1785/0120110015
- Julio, G., Slejko, D., Alvarez, L., Peruzza, L. & Rebez, A. (2003) Seismic Hazard Maps for Cuba and Surrounding Areas, *Bulletin of the Seismological Society of America* 93,6, 2563–2590, doi:10.1785/0120020144
- 18) Garcia, J. & Llanes-Buron, C. (2013) Probabilistic seismic hazard zonation for the Cuban building code update, *American Geophysical Union, Spring Meeting 2013, abstract #S43B-18*
- 19) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Available at: http://www.ingv.it/it/.
- 20) 藤原広行,河合伸一,青井真,森川信之,先名重樹,工藤暢章,大井昌弘,はお憲生,若松 加寿江,石川裕,奥村俊彦,石井透,松島信一,早川譲,遠山信彦 & 成田章.(2009) 「全 国地震動予測地図」作成手法の検討,防災科学技術研究所研究資料 336,
- 21) GNS Science, Available at: https://www.gns.cri.nz/.
- Petersen, M., Harmsen, S., Haller, K., Mueller, C., Luco, N., Hayes, G. & Rukstales, K. (2010)
 Preliminary Seismic Hazard Model for South America, *Proceedings of Conferencia Internacional*. *Homenaje a Alberto Giesecke Matto.*
- 23) Petersen, B. M., Harmsen, S., Mueller, C., Haller, K., Dewey, J., Luco, N., Crone, A., Lidke, D., Rukstales, K., Survey, U. S. G., Mark Petersen, Stephen Harmsen, Charles Mueller, Kathleen Haller, James Dewey, Nicolas Luco, Anthony Crone, David Lidke & Kenneth Rukstales. (2007) Documentation for the Southeast Asia Seismic Hazard Maps, *Administrative Report* September, pp.67
- 24) SED | Swiss Seismological Service, Available at: http://www.seismo.ethz.ch/en/home/.
- TEC 台灣地震科學中心, Available at: http://tec.earth.sinica.edu.tw/new_web/mission.php?id=8.
- 26) Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Available at: http://www.koeri.boun.edu.tr/new/en.
- Frankel, A., Mueller, C., Barnhard, T., Perkins, D., Leyendecker, E. V., Dickman, N., Hanson, S.
 & Hopper, M. (1996) National Seismic-Hazard Maps: Documentation June 1996, USGS
 Open-File Report 96–532, June, pp.71
- 28) Frankel, A. D., Petersen, M. D., Mueller, C. S., Haller, K. M., Wheeler, R. L., Leyendecker, E. V, Wesson, R. L., Harmsen, S. C., Cramer, C. H., Perkins, D. M. & Rukstales, K. S. (2002) Documentation for the 2002 Update of the National Seismic Hazard Maps, *Russell The Journal Of The Bertrand Russell Archives* pp.1–33
- Petersen, M. D., Frankel, A. D., Harmsen, S. C., Mueller, C. S., Haller, K. M., Wheeler, R. L., Wesson, R. L., Zeng, Y., Boyd, O. S., Perkins, D. M., Luco, N., Field, E. H., Wills, C. J. & Rukstales, K. S. (2008) Documentation for the 2008 Update of the United States National Seismic Hazard Maps, *Unites States Geological Survey Open File Report, 2008-1128 (version 1.1)* pp.128
- 30) 全国地震動予測地図2016年版 | 地震本部, Available at:
 http://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/shm_report_2016/.
- Field, E. H., Jordan, T. H. & Cornell, C. A. (2003) OpenSHA: A Developing Community-modeling Environment for Seismic Hazard Analysis, *Seismological Research Letters* 74,4, 406–419, doi:10.1785/gssrl.74.4.406
- 32) Cornell, C. A. (1968) Engineering seismic risk analysis, *Bulletin of the Seismological Society of America* **58**,5, pp.1583–1606

- 33) McGuire, R. K. (1976) FORTRAN computer program for seismic risk analysis, USGS Open-File Report 76,67, pp.90
- Frankel, A. (1995) Mapping seismic hazard in the central and eastern United States, Seismological Research Letters 66,4, pp.8
- 35) Woo, G. (1996) Kernel estimation methods for seismic hazard area source modeling, *Bulletin of the Seismological Society of America* **86**,2, pp.353–362
- Schwartz, D. P. & Coppersmith, K. J. (1984) Fault behavior and characteristic earthquakes examples form the Wasatch and San-Andreas fault zones, *Journal of Geophysical Research* 89,NB7, 5681–5698, doi:10.1029/JB089iB07p05681
- 37) Chiou, B. S.-J. & Youngs, R. R. (2014) Update of the Chiou and Youngs NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra, *Earthquake* Spectra 30,3, 1117–1153, doi:http://dx.doi.org/10.1193/072813EQS219M
- 38) Gutenberg, B. & Richter, C. F. (1944) Frequency of earthquakes in California, Bulletin of the Seismological Society of America 34,4, pp.185–188
- 39) Youngs, R. R. & Coppersmith, K. J. (1985) Implications of fault slip rates and earthquake recurrence models to probabilisic seismic hazrad estimates, *Bulletin of the Seismological Society* of America 75,4, pp.939–964
- Wells, D. L. & Coppersmith, K. J. (1994) New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement, *Bulletin of the Seismological Society of America* 84,4, pp.974–1002
- 41) Bommer, J. J., Strasser, F. O., Pagani, M. & Monelli, D. (2013) Quality Assurance for Logic-Tree Implementation in Probabilistic Seismic-Hazard Analysis for Nuclear Applications: A Practical Example, *Seismological Research Letters* 84,6, 938–945, doi:10.1785/0220130088
- 42) Thomas, P., Wong, I. & Abrahamson, N. A. (2010) Verification of probabilistic seismic hazard analysis computer programs, *PEER Report* May,
- Chiou, B. S. & Youngs, R. R. (2008) An NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra, *Earthquake Spectra* 24,1, 173–215, doi:10.1193/1.2894832
- 44) 藤原広行,河合伸一,青井真,森川信之,先名重樹,東宏樹,大井昌弘,はお憲生,長谷川 信介,前田宜浩,岩城麻子,若松加寿江,井元政二郎,奥村俊彦,松山尚典 & 成田章.
 (2013) 東日本大震災を踏まえた地震ハザード評価の改良に向けた検討,防災科学技術研 究所研究資料 379,
- 45) 司宏俊 & 翠川三郎. (1999) 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の 距離減衰式,日本建築学会構造系論文集 523, pp.63-70
- 46) 藤本一雄 & 翠川三郎. (2006) 近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の 平均S波速度の関係,日本地震工学会論文集 6,1,

- 47) 藤本一雄 & 翠川三郎. (2005) 近年の強震記録に基づく地震動強さ指標による計測震度 推定法,地域安全学会論文集 7,
- 48) 翠川三郎,藤本一雄 & 村松郁栄.(1999) 計測震度と旧気象庁震度および地震動強さの指標との関係,地域安全学会 1, pp.51–56
- 49) Gamba, P. (2014) GEM Global Exposure Database Scientific Features, GEM Technical Report doi:10.13117/GEM.EXP-MOD.TR2014.10doi:10.13117/GEM.EXP-MOD.TR2014.10
- 50) USGS. PAGER, Available at: http://earthquake.usgs.gov/data/pager/.
- D'Ayala, D., Meslem, A., Vamvatsikos, D., Porter, K., Rossetto, T., Crowley, H. & Silva, V.
 (2013) Guidelines for Analytical Vulnerability Assessment Low/Mid-Rise, GEM Technical Report 8, doi:10.13117/GEM.VULN-MOD.TR2014.12
- Rossetto, T., Ioannou, I., Grant, D. & Maqsood, T. (2014) Guidelines for the empirical vulnerability assessment, GEM Technical Report 8, doi:10.13117/
 GEM.VULN-MOD.TR2014.11
- 53) Rossetto, T., Ioannou, I. & Grant, D. N. (2015) Existing Empirical Fragility and Vulnerability Relationships: Compendium and Guide for Selection, GEM Technical Report 1, doi:10.13117/GEM.VULN-MOD.TR2015.01
- 54) Brzev, S., Scawthorn, C., Charleson, A. W., Allen, L., Greene, M., Jaiswal, K. & Silva, V. (2013)
 GEM Building Taxonomy Version 2.0, *GEM Technical Report* 2, 188, doi:doi: 10.13117/GEM.EXP-MOD.TR2013.02.
- 55) Allen, L., Charleson, A. W., Brzev, S. & Scawthorn, C. (2013) Glossary for the GEM Building Taxonomy, GEM Technical Report doi:10.13117/GEM.EXP-MOD.TR2013.03doi:10.13117/GEM.EXP-MOD.TR2013.03
- 56) Federal Emergency Management Agency. (2015) Hazus–MH 2.1: Technical Manual, pp.718
- 57) Abrahamson, N., Gregor, N. & Addo, K. (2016) BC Hydro Ground Motion Prediction Equations for Subduction Earthquakes, *Earthquake Spectra* 32,1, 23–44, doi:10.1193/051712EQS188MR
- 58) Akkar, S. & Bommer, J. J. (2010) Empirical Equations for the Prediction of PGA, PGV, and Spectral Accelerations in Europe, the Mediterranean Region, and the Middle East, *Seismological Research Letters* 81,2, 195–206, doi:10.1785/gssrl.81.2.195
- 59) Atkinson, G. M. & Boore, D. M. (2008) Erratum to Empirical Ground-Motion Relations for Subduction Zone Earthquakes and Their Application to Cascadia and Other Regions, *Bulletin of the Seismological Society of America* 98,5, 2567–2569, doi:10.1785/0120080108
- 60) Atkinson, G. M. & Boore, D. M. (2006) Earthquake ground motion prediction equations for eastern North America (ERRATUM), *Bulletin of the Seismological Society of America* 96,6, 2181–2205, doi:10.1785/0120070023
- 61) Boore, D. M. & Atkinson, G. M. (2008) Ground-motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5%-damped PSA at spectral periods between 0.01 s and

10.0 s, Earthquake Spectra 24,1, 99–138, doi:10.1193/1.2830434

- 62) Pezeshk, S., Zandieh, A. & Tavakoli, B. (2011) Hybrid empirical ground-motion prediction equations for Eastern North America using NGA models and updated seismological parameters, *Bulletin of the Seismological Society of America* **101**,4, 1859–1870, doi:10.1785/0120100144
- 63) Silva, W., Gregor, N. & Darragh, R. (2002) Development of regional hard rock attenuation relations for central and eastern north america,
- 64) Toro, G. R., Abrahamson, N. A. & Schneider, J. F. (1997) Model of Strong Ground Motions from Earthquakes in Central and Eastern North America: Best Estimates and Uncertainties, *Seismological Research Letters* 68,1, 41–57, doi:10.1785/gssrl.68.1.41
- Zhao, J. X. (2006) Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site
 Classification Based on Predominant Period, *Bulletin of the Seismological Society of America* 96,3, 898–913, doi:10.1785/0120050122

GEM Foundation による 世界の地震リスク評価モデル OpenQuake の機能と操作方法

2017年7月発行

発行 損害保険料率算出機構

〒163-1029 東京都新宿区西新宿 3 - 7 - 1 TEL 03-6758-1300(代表) URL http://www.giroj.or.jp

応用地質株式会社

〒101-8486 東京都千代田区神田美土代町7番地 TEL 03-5577-4501(代表) URL http://www.oyo.co.jp

印刷 株式会社 三千和商工 〒105-0004 東京都港区新橋6-10-7