

## 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)<sup>1)</sup>）やハザードやリスクの計算手法の解説書（Pagani et al. (2014)<sup>2)</sup>、Clowley and Silva (2013)<sup>3)</sup>）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。

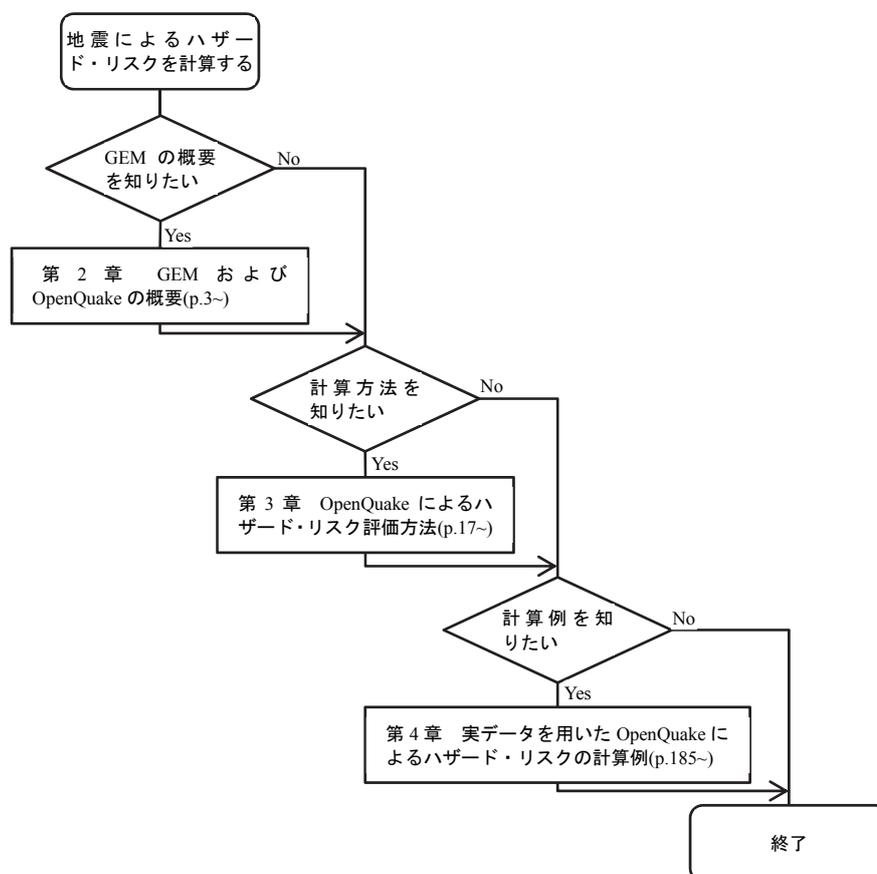


図 1.2.1 本書の流れ

## 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、イタリアのパピ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<sup>4)</sup>に基づくものであり、参考にされたい。

<https://www.globalquakemodel.org/>

パブリックスポンサー

プライベートスポンサー

<p><b>Australia</b></p>  <p>Geoscience Australia</p>	<p><b>Chile</b></p>  <p>National Research Center for Integrated Natural Disaster Management</p>	<p><b>Colombia</b></p>  <p>Colombian Geological Survey</p>	<p><b>FM Global</b></p> 	<p><b>Hannover Re</b></p> 	<p><b>Nephila Capital</b></p> 
<p><b>Germany</b></p>  <p>German Research Centre For Geosciences</p>	<p><b>Italy</b></p>  <p>Civil Protection Department</p>	<p><b>Japan</b></p>  <p>National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention</p>	<p><b>Munich Re</b></p> 	<p><b>Zurich Insurance Group</b></p> 	<p><b>AIR Worldwide</b></p> 
<p><b>Nepal</b></p>  <p>National Society for Earthquake Technology</p>	<p><b>New Zealand</b></p>  <p>Ministry Of Research Science &amp; Technology</p>	<p><b>Norway</b></p>  <p>The Research Council of Norway</p>	<p><b>Suramericana</b></p> 	<p><b>Eucentre Foundation</b></p> 	
<p><b>Switzerland</b></p>  <p>State Secretariat for Education and Research</p>	<p><b>Taiwan</b></p>  <p>Taiwan Earthquake Model</p>	<p><b>Turkey</b></p>  <p>Turkish Catastrophe Insurance Pool</p>	<p><b>GIROJ</b></p>  <p>General Insurance Rating Organisation of Japan</p>		
<p><b>United Kingdom</b></p>  <p>Natural Environment Research Council</p>	<p><b>United States</b></p>  <p>Office of U.S. Foreign Disaster Assistance</p>	<p><b>Venezuela</b></p>  <p>Fundacion Venezolana de Investigaciones Sismologicas</p>	<p><b>Arup</b></p> 	<p><b>OYO Corporation</b></p> 	

アソシエイトパートナー

プロジェクトパートナー

<p><b>OECD</b></p>  <p>Organisation for Economic Cooperation &amp; Development</p>	<p><b>The World Bank</b></p>  <p>The World Bank</p>	<p><b>UN-ISDR</b></p>  <p>United Nations International Strategy on Disaster Reduction</p>	<p><b>CSSC</b></p>  <p>California Seismic Safety Commission</p>	<p><b>Swiss Re Foundation</b></p> 
<p><b>UNESCO</b></p>  <p>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation</p>	<p><b>IASPEI</b></p>  <p>International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior</p>	<p><b>IAEE</b></p>  <p>International Association of Earthquake Engineering</p>		
<p><b>IStructE</b></p>  <p>The Institution of Structural Engineers</p>	<p><b>CSSC</b></p>  <p>California Seismic Safety Commission</p>	<p><b>ICSU / IRDR</b></p>  <p>International Council for Science / Integrated Research on Disaster Risk</p>		
<p><b>EERI</b></p>  <p>Earthquake Engineering Research Institute</p>				

図 2.1.1 GEM のスポンサーおよびパートナー (2017 年 3 月時点)

## 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 Wiki<sup>5)</sup> (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) <sup>6)</sup>)
- 中東 (EMME (Earthquake Model of Middle East) <sup>7)</sup>)
- 南米 (SARA (South America Risk Assessment) <sup>8)</sup>)
- ヨーロッパ (SHARE (Seismic Hazard Harmonization in Europe) <sup>9)</sup>)
- 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。

- アルメニア (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) <sup>10)</sup>
- オーストラリア (The 2012 Australia National Seismic Hazard Model) <sup>11)12)</sup>
- カナダ (The 2005 Canada National Seismic Hazard Model) <sup>13)</sup>
- カリブ (The 2002 GEOTER Seismic Hazard Model for the Caribbean - Lesser Antilles) <sup>14)</sup>
- 中米 (The 2010 RESIS-II Seismic Hazard Model for Central America) <sup>15)16)</sup>
- キューバとその周辺地域 (The 2003-2007 Seismic Hazard Model for Cuba and Surrounding Areas) <sup>17)18)</sup>
- イタリア (INGV (Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia) - 2016) <sup>19)</sup>
- 日本 (The NIED 2012 Seismic Hazard Model for Japan) <sup>20)</sup>
- ニュージーランド (GNS Science - 2012) <sup>21)</sup>
- 南米 (The 2010 USGS Seismic Hazard Model for South America) <sup>22)</sup>
- 東南アジア (The 2007 USGS Model for South East Asia) <sup>23)</sup>
- スイス (SED-ETH (Swiss Seismological Service (SED), ETH Zurich) - 2015) <sup>24)</sup>
- 台湾 (TEM (Taiwan Earthquake Model) - 2015) <sup>25)</sup>
- トルコ (KOERI (Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute) - 2016) <sup>26)</sup>
- 米国 (The 2008 USGS Seismic Hazard Model for the Conterminous U.S.) <sup>27)28)29)</sup>

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 <sup>30)</sup>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

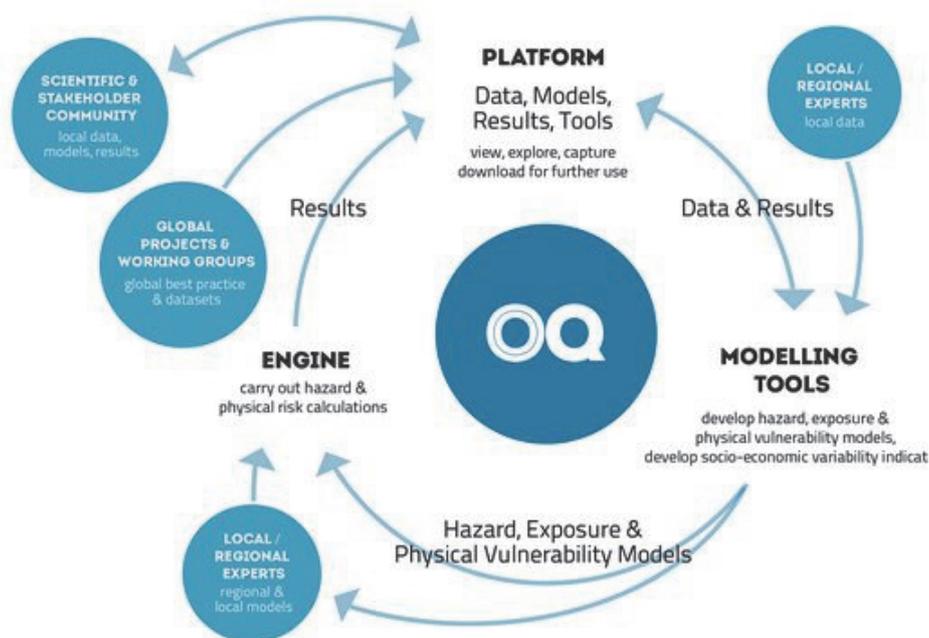
OpenQuake は、GEM が開発した地震による世界のハザードモデル・リスクモデル作成のためのオープンソースソフトウェア群の名称である。OpenQuake は、「Platform」、「Engine」および「Modelling Tools」からなる。

「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 Model<sup>4)</sup>)

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”<sup>\*</sup> (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)<sup>31)</sup> (Cornell (1968)<sup>32)</sup>, McGuire (1976)<sup>33)</sup>)
  - ✓ 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)

- ✓ 偶然的な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。

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

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

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。

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
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)

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