

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 3.6.1 Scenario Case で使用する設定ファイル

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	断層モデル
11 rupture_mesh_spacing = 5	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]	
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	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 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	<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 lat="84.4" lon="27.6" depth="30"/>	hypocenter : 震源位置 <i>lat</i> : 緯度 84.4 度、 <i>lon</i> : 経度 27.6 度、 <i>depth</i> : 深さ 30km
7	<simpleFaultGeometry>	simpleFaultGeometry : 断層面の形状を simple fault タイプを使用する
8	<gml:LineString>	gml:LineString : 線を使用
9	<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>	<i>gml:posList</i> 終了タグ
13	</gml:LineString>	<i>gml:LineString</i> 終了タグ
14	<dip>90.0</dip>	dip : 傾斜角 90 度
15	<upperSeismoDepth>20.0</upperSeismoDepth>	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>	<i>simpleFaultGeometry</i> 終了タグ
18	</simpleFaultRupture>	<i>simpleFaultRupture</i> 終了タグ
19	</nrml>	<i>nrml</i> 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(°)”の組み合わ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 3.6.2(a) 数が少ない場合の観測点指定方法

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

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]	csv 形式ファイルを使用した観測点指定方法
6	sites_csv = site.csv	
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	<code>intensity_measure_types = PGA, SA(0.05), SA(0.1)</code>	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、偶然的な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。偶然的な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。

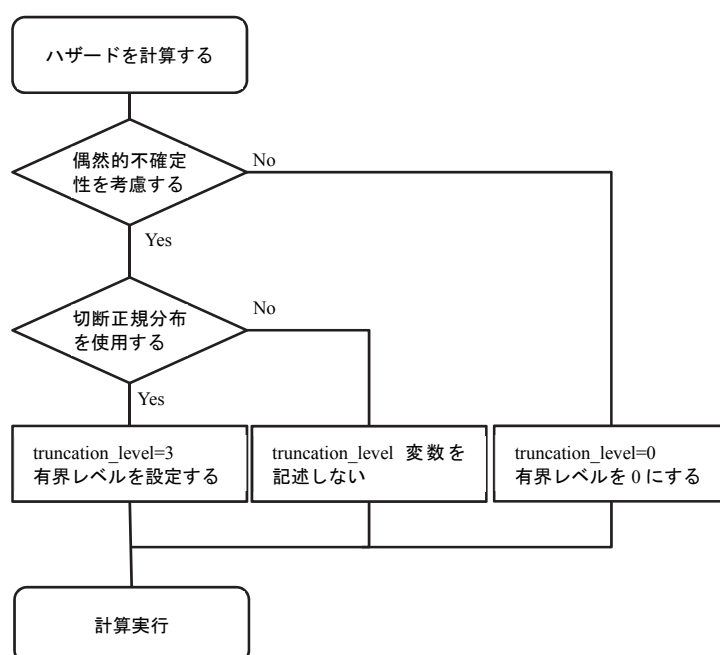


図 3.6.1 地震動予測式に付随する標準偏差と乱数を使用した空間補正により偶然的不確定性を考慮するためのフローチャート

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）。

The screenshot shows the 'INPUT PREPARATION TOOLKIT' web interface. The 'Earthquake Rupture' tab is active. The form contains the following fields and options:

- Magnitude (Mw):** 6.0
- Rake (degrees):** -180
- Hypocenter:**
 - Longitude (degrees): -180
 - Latitude (degrees): 90
 - Depth (km):
- Rupture type:** Radio buttons for 'Arbitrary Fault Rupture' (selected), 'Simple Fault Rupture', 'Single Planar Rupture OR Multi-Planar Rupture', and 'Complex Fault Rupture'.
- Arbitrary Fault Rupture:**
 - Strike (degrees): 0
 - Dip (degrees): 90
- Arbitrary Geometry:** A table with columns for Longitude (°), Latitude (°), and Depth (km). The rows are labeled 'topLeft', 'topRight', 'bottomLeft', and 'bottomRight'.

Buttons for 'Calculate Geometry' and 'Convert to NRML' are visible at the bottom of the form.

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

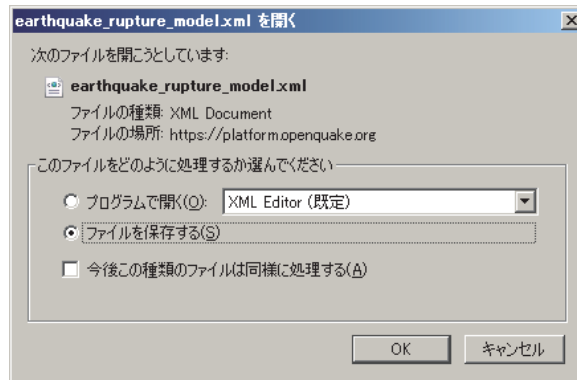


図 3.6.5 Input Preparation Toolkit (断層モデル作成) その4
作成された震源モデルファイルのダウンロードする

② 設定ファイル

設定ファイルは以下の手順で作成する。

1. 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)。
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 (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)。

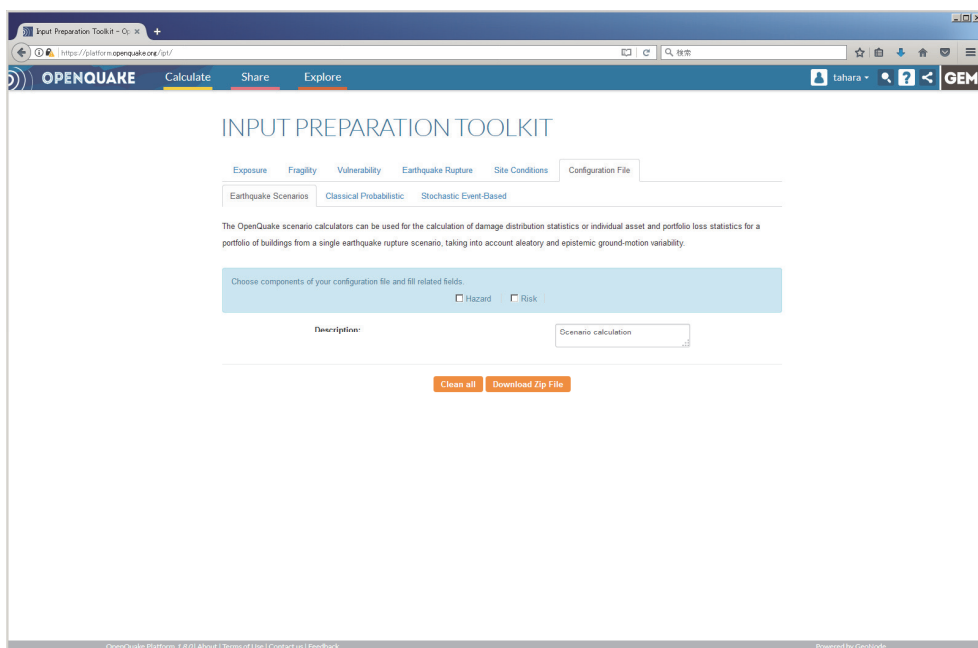


図 3.6.6 Input Preparation Toolkit (ハザード設定ファイル) その1
「Configuration file」タブを開き、さらに「Earthquake Scenarios」タブを開く

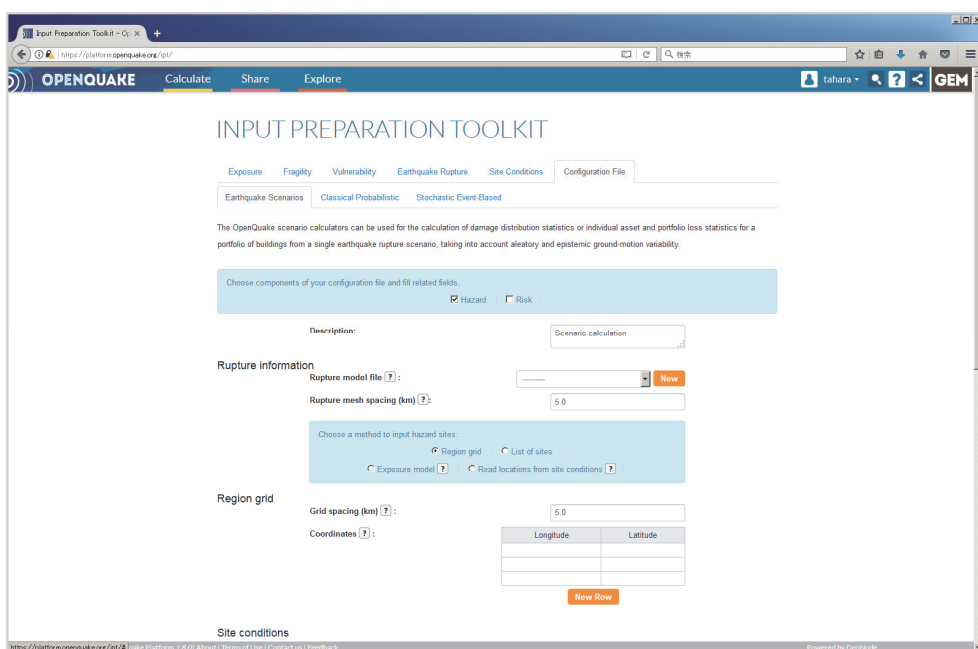


図 3.6.7 Input Preparation Toolkit (ハザード設定ファイル) その2
Hazard にチェックを入れる

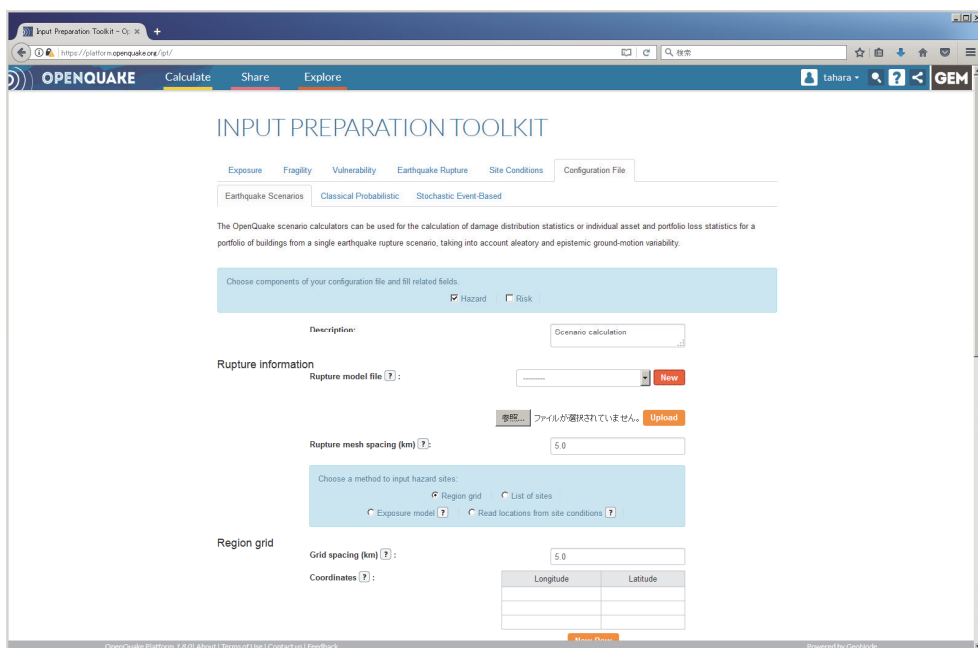


図 3.6.8 Input Preparation Toolkit (ハザード設定ファイル) その3
参照ボタンをクリックして「① 震源ファイル」で作成した断層モデルファイルをアップロードする

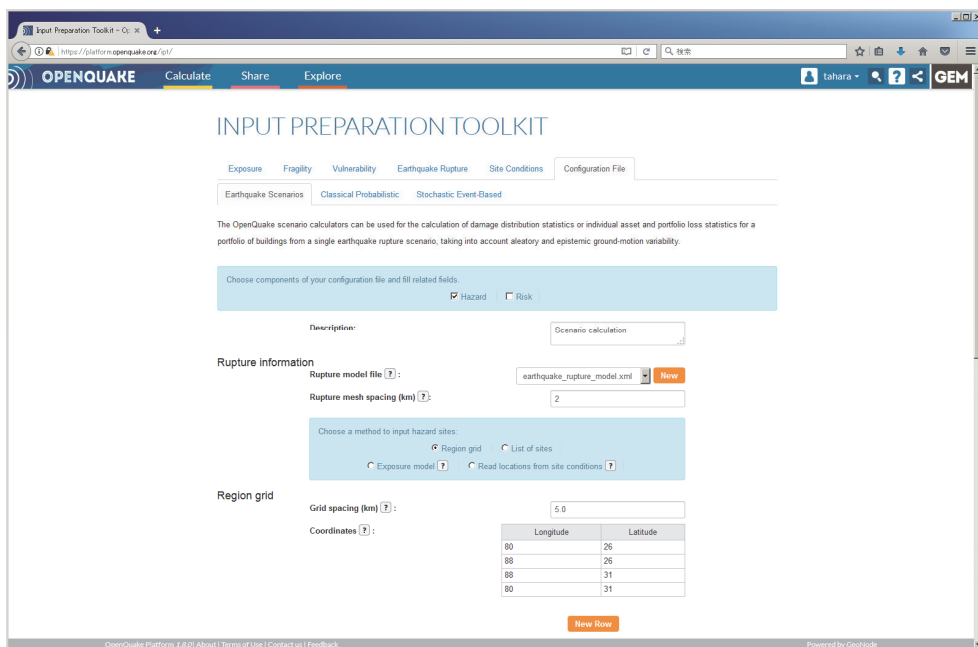


図 3.6.9 Input Preparation Toolkit (ハザード設定ファイル) その4
earthquake_rupture_model.xml を選択し、その他必要事項を記入する

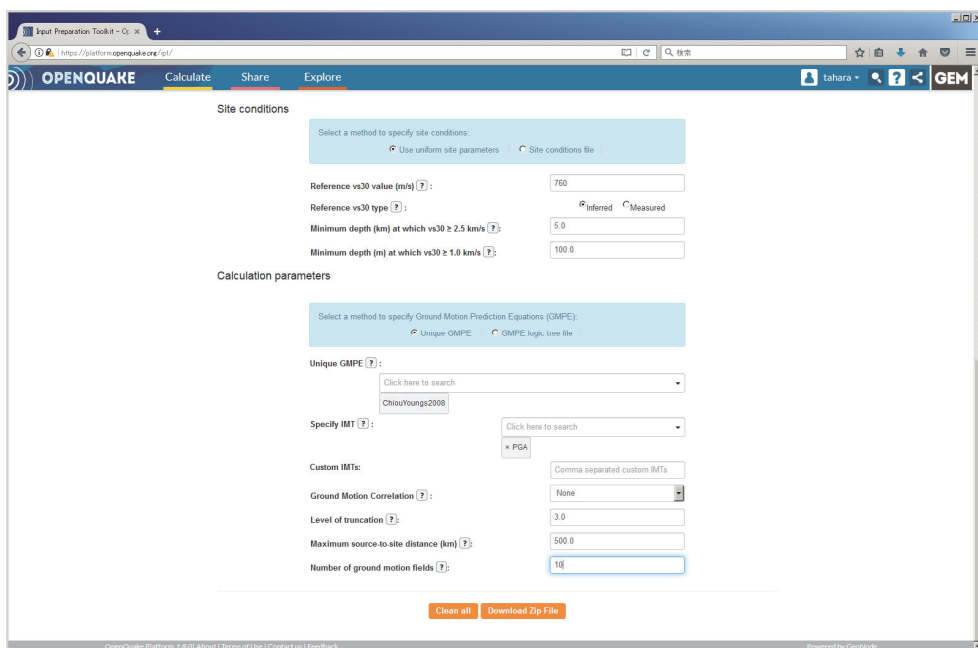


図 3.6.10 Input Preparation Toolkit (ハザード設定ファイル) その5
必要事項を選択・記入する

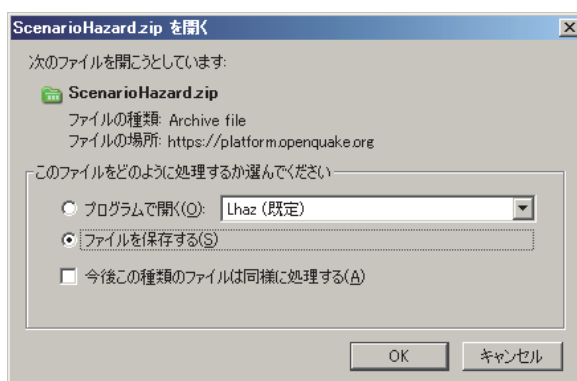


図 3.6.11 Input Preparation Toolkit (ハザード設定ファイル) その6
ダウンロードボタンを押すと、必要なファイルが含まれた圧縮ファイルが作成できる

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。

1. 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)。
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 3.6.15)。
5. 「Console」をクリックすると実行ログを表示できる (図 3.6.16)。

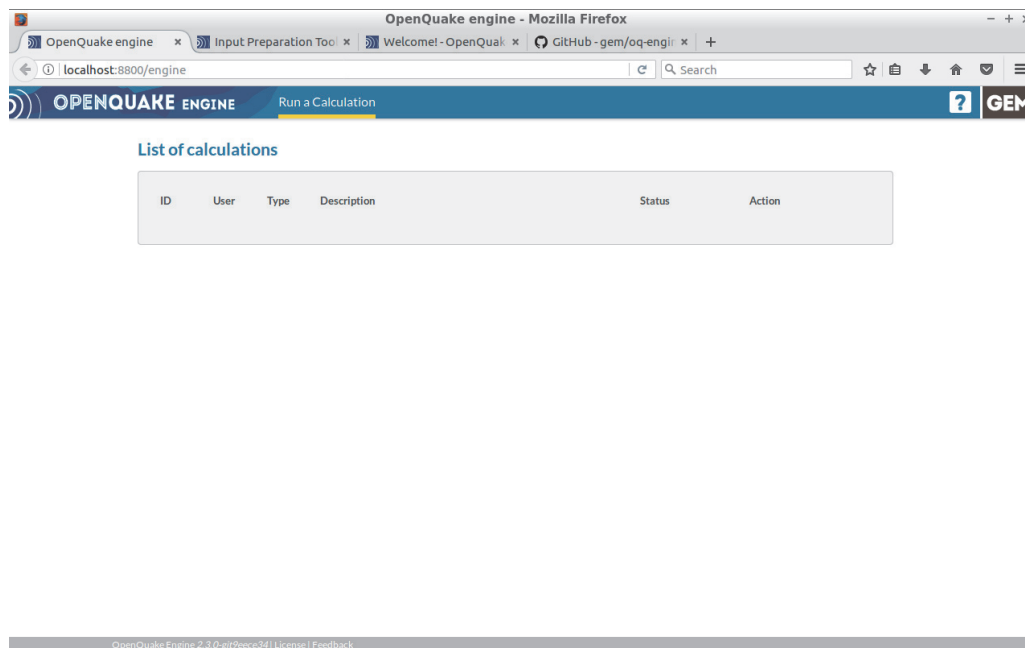


図 3.6.12 WebUI による計算実行その 1
ウェブブラウザから「http://localhost:8800/engine」を開く

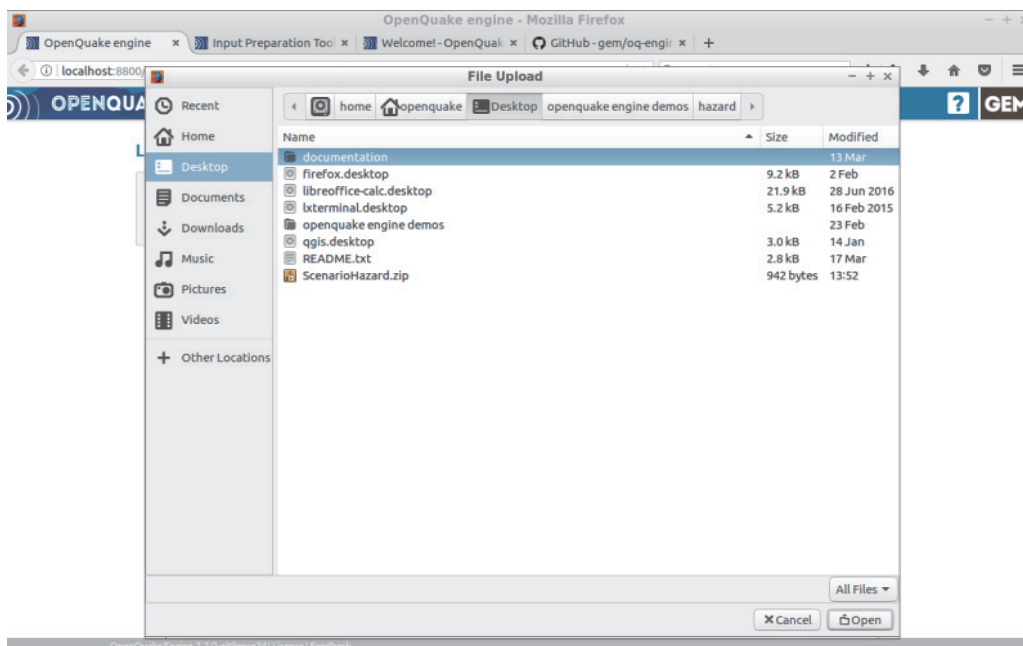


図 3.6.13 WebUI による計算実行その 2

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

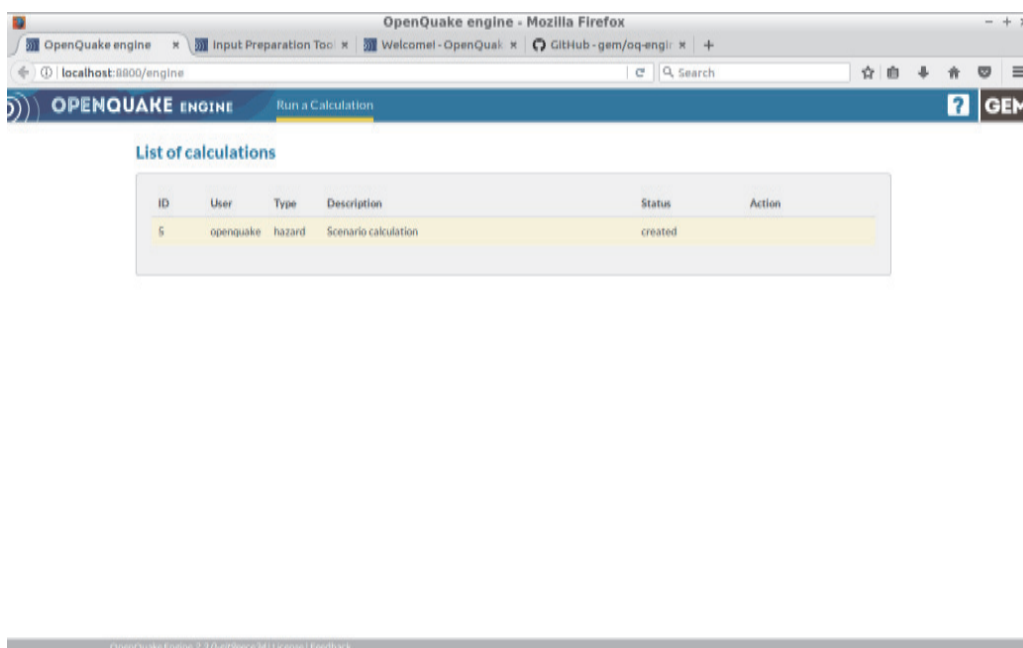


図 3.6.14 WebUI による計算実行その 3

ファイルをアップロードすると自動的に計算が始まる

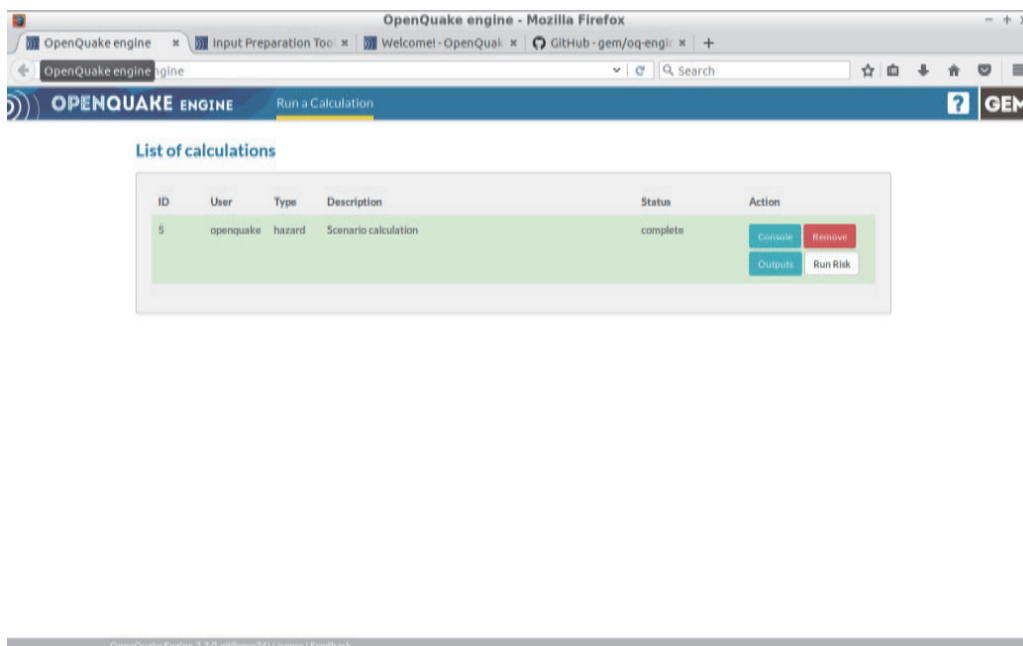


図 3.6.15 WebUI による計算実行その 4

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

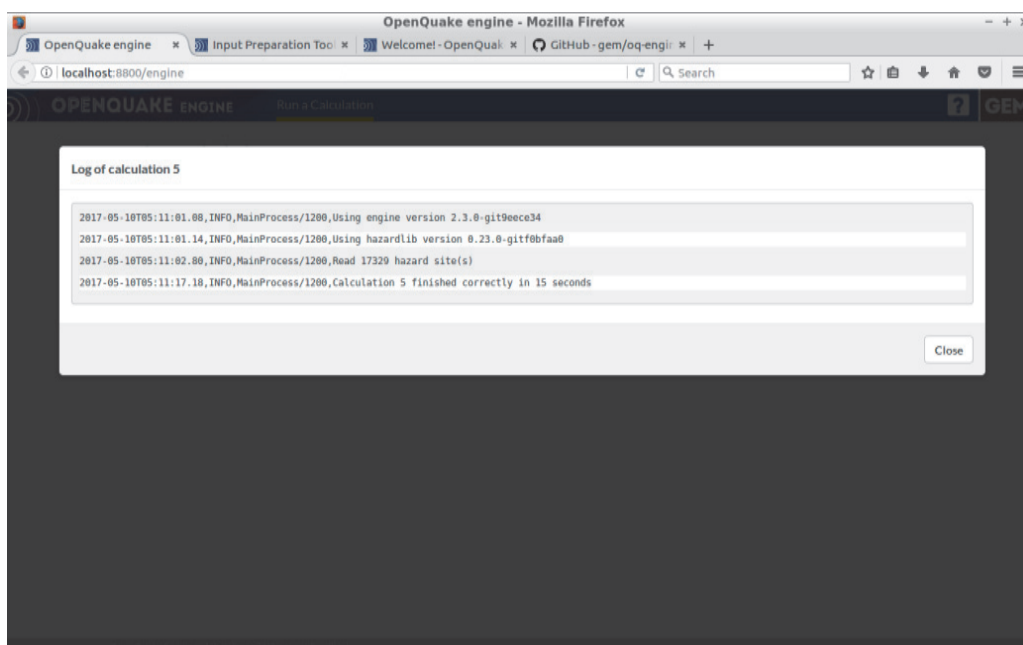


図 3.6.16 WebUI による計算実行その 5

「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 nrm1 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	nrm1 形式 csv 形式 npz 形式

*太字はデフォルトで出力される

nrm1 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。

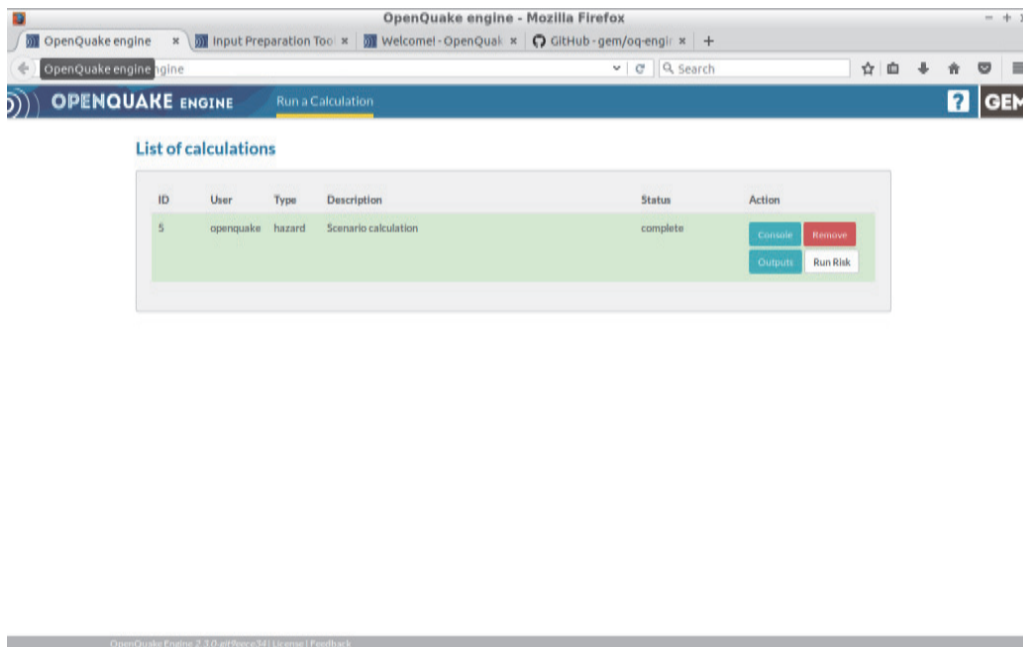


図 3.6.17 WebUI による計算実行その 6

計算が終了した際に「Outputs」ボタンが表示される

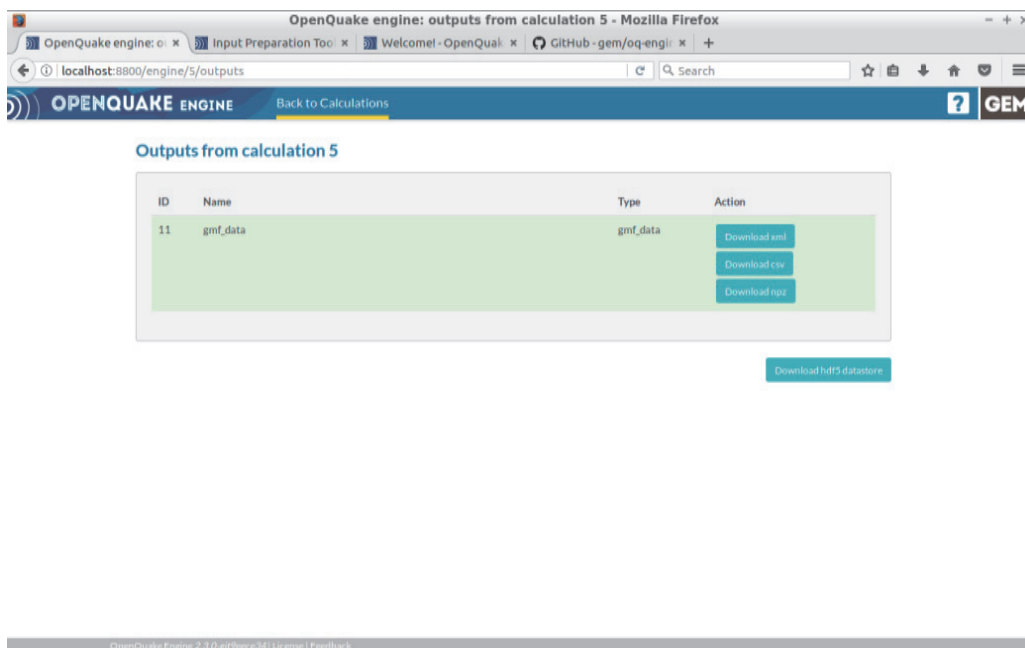


図 3.6.18 WebUI による計算実行その 7

「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

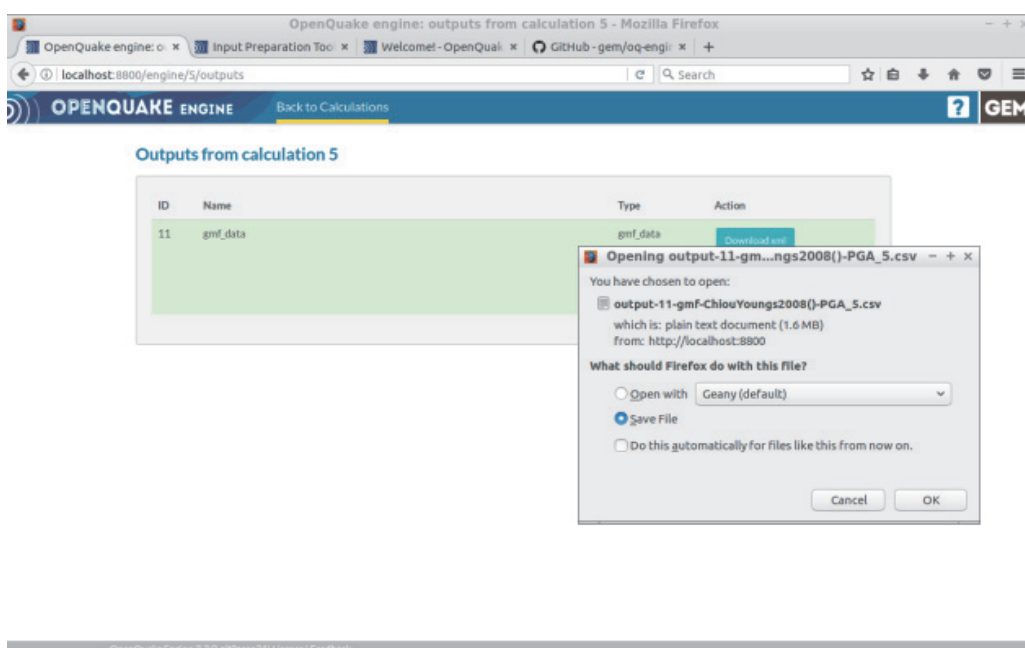


図 3.6.19 WebUI による計算実行その 8
データをダウンロードする

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。

ファイル 3.6.3 output-1-gmf-rlz-000_1.xml 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	nrml 開始タグ
3 xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5"	xmlns: XML 名前空間
4 xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"	xmlns: XML 名前空間
5 >	
6 <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	gmfSet: gmf セット
11 stochasticEventSetId="1"	stochasticEventSetId: 統計イベントセット 1
12 >	
13 <gmf	gmf: ground motion field
14 IMT="PGA"	IMT: PGA データ
15 ruptureId="scenario-000000000~ses=1"	ruptureId: 断層モデル ID
16 >	
17 <node gmv="4.6253479E-03"	node: ノード
18 lat="2.6024265E+01" lon="8.0050040E+01"/>	gmv: 地震動強さ、lat: 緯度、lon: 経度
19 <node gmv="4.6253479E-03"	
20 lat="2.6024265E+01" lon="8.0050040E+01"/>	
21 <node gmv="4.6253479E-03"	
22 lat="2.6024265E+01" lon="8.0050040E+01"/>	

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 80.02001,26.00628,0.21676,0.21676,0.21676,0.21676,0.21676,0.21676,0.21676,0.21676,0.21676,0.21676
3 80.02002,26.02427,0.02351,0.02351,0.02351,0.02351,0.02351,0.02351,0.02351,0.02351,0.02351,0.02351

(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 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 =	地震動補正モデル
25	
26 [hazard_calculation]	
27 random_seed = 113	乱数のシード値

	ファイル内容	説明
28	<i>intensity_measure_types_and_levels = {"PGA": [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(0.025)": [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, 0.007, 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, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13]}</i>	計算する地震動指標とその強さ 複数選択時には、{ }、[]、""、カンマなどの区切り文字を使用して適切に記述する必要がある
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		
33	[hazard_outputs]	
34	hazard_maps = true	ハザードマップの出力
35	uniform_hazard_spectra = true	uhs の出力
36	poes = 0.1 0.02	超過確率 10%、2%

*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 3.6.7 Classical PSHA (Point source) で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
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 <i>xmlns:</i> XML 名前空間
3	<logicTree logicTreeID="lt1">	logicTree: ロジックツリー <i>logicTreeID:</i> ID "lt1"
4	<logicTreeBranchingLevel branchingLevelID="b1">	logicTreeBranchingLevel: ブラン チングレベル <i>branchingLevelID:</i> ID "b1"
5	<logicTreeBranchSet uncertaintyType="sourceModel" branchSetID="bs1">	logicTreeBranchSet: ブランチセット <i>branchSetID:</i> ID "bs1", <i>uncertaintyType:</i> sourceModel
6	<logicTreeBranch branchID="b1">	logicTreeBranch: ブランチ <i>branchID:</i> ID b1"
7	<uncertaintyModel>source_model.xml</uncertaintyModel>	uncertaintyModel: 不確定性は source_model.xml
8	<uncertaintyWeight>1.0</uncertaintyWeight>	uncertaintyWeight: 重みは 1.0
9	</logicTreeBranch>	logicTreeBranch 終了タグ
10	</logicTreeBranchSet>	logicTreeBranchSet 終了タグ
11	</logicTreeBranchingLevel>	logicTreeBranchingLevel 終了タグ
12	</logicTree>	logicTree 終了タグ
13	</nrml>	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
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 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: ロジックツリー <i>logicTreeID:</i> ID"lt1"
4 <logicTreeBranchingLevel branchingLevelID="b11">	logicTreeBranchingLevel: ブランチ ングレベル <i>branchingLevelID:</i> ID"b11"
5 <logicTreeBranchSet uncertaintyType="gmpeModel" branchSetID="bs1" applyToTectonicRegionType="Active Shallow Crust">	logicTreeBranchSet: ブランチセット <i>branchSetID:</i> ID"bs1、 <i>uncertaintyType:</i> gmpeModel、 <i>applyToTectonicRegionType:</i> 適用す るテクトニックタイプは Active Shallow Crust
6 <logicTreeBranch branchID="b1">	logicTreeBranch: ブランチ <i>branchID:</i> ID b1"
7 <uncertaintyModel>AkkarBommer2010</uncertaintyModel>	uncertaintyModel: 不確定性は AkkarBommer2010
8 <uncertaintyWeight>1.0</uncertaintyWeight>	uncertaintyWeight: 重みは 1.0
9 </logicTreeBranch>	logicTreeBranch 終了タグ
10 </logicTreeBranchSet>	logicTreeBranchSet 終了タグ
11 </logicTreeBranchingLevel>	logicTreeBranchingLevel 終了タグ
12 </logicTree>	logicTree 終了タグ
13 </nrml>	nrml 終了タグ

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 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 <sourceModel name="Example Source Model Containing a Point Source">	sourceModel: 震源モデルファイル <i>name:</i> 簡単な説明
4 <sourceGroup name="g1" tectonicRegion="Active Shallow Crust">	sourceGroup: 震源グループ <i>tectonicRegion:</i> テクトニックタイプ
5 <pointSource id="2" name="Point Source" tectonicRegion="Active Shallow Crust">	pointSource : Point Source を使用 <i>name:</i> 簡単な説明、 <i>tectonicRegion:</i> テクトニックタイプは Active Shallow Crust
6 <pointGeometry>	pointGeometry: Point ジオメトリ
7 <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>	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>	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 aValue="3.0" bValue="1.0" minMag="5.0" maxMag="7.0" />	truncGutenbergRichterMFD: G-R 則に基づくマグニチュード別度数分布 <i>aValue:</i> 3.0、 <i>bValue:</i> 1.0、 <i>minMag:</i> 5.0、 <i>maxMag:</i> 7.0
16 <nodalPlaneDist>	nodalPlaneDist: 断層面のばらつき
17 <nodalPlane probability="0.2" strike="265.0" dip="90.0" rake="90.0" />	nodalPlane: 断層面 <i>probability:</i> 発生確率、 <i>strike:</i> 走向、 <i>dip:</i> 傾斜、 <i>rake:</i> すべり角
18 <nodalPlane probability="0.2" strike="275.0" dip="90.0" rake="90.0" />	傾斜 90 度、すべり角 90 度は固定で、走向が 265 度、275 度、285 度、295 度、305 度の断層面の発生確率が各 20%
19 <nodalPlane probability="0.2" strike="285.0" dip="90.0" rake="90.0" />	
20 <nodalPlane probability="0.2" strike="295.0" dip="90.0" rake="90.0" />	
21 <nodalPlane probability="0.2" strike="305.0" dip="90.0" rake="90.0" />	
22 </nodalPlaneDist>	nodalPlaneDist 終了タグ
23 <hypoDepthDist>	hypoDepthDist: 震源深さのばらつき
24 <hypoDepth probability="0.2" depth="25.0" />	hypoDepth: 震源深さ
25 <hypoDepth probability="0.2" depth="30.0" />	<i>probability:</i> 発生確率、 <i>depth:</i> 深さ
26 <hypoDepth probability="0.2" depth="35.0" />	深さ 25km、30km、35km、40km、45km の発生確率が各 20%
27 <hypoDepth probability="0.2" depth="40.0" />	
28 <hypoDepth probability="0.2" depth="45.0" />	
29 </hypoDepthDist>	hypoDepthDist 終了タグ
30 </pointSource>	pointSource 終了タグ
31 </sourceGroup>	sourceGroup 終了タグ
32 </sourceModel>	sourceModel 終了タグ
33 </nrml>	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 uncertaintyType="sourceModel" branchSetID="bs1">	logicTreeBranchSet: ブランチセット <i>branchSetID:</i> ID"bs1、 <i>uncertaintyType:</i> sourceModel
6 <logicTreeBranch branchID="b1">	logicTreeBranch: ブランチ <i>branchID:</i> ID b1"
7 <uncertaintyModel>source_model_1.xml</uncertaintyModel>	uncertaintyModel: 不確実性は source_model_1.xml
8 <uncertaintyWeight>0.5</uncertaintyWeight>	uncertaintyWeight: 重みは 0.5
9 </logicTreeBranch>	logicTreeBranch 終了タグ
10 <logicTreeBranch branchID="b2">	logicTreeBranch: ブランチ <i>branchID:</i> ID b1"

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

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

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 geojson 形式
一様ハザードスペクトル	uhs	npz 形式
ロジックツリーパス	realizations	csv 形式
震源グループ	sourcegroups	

*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。

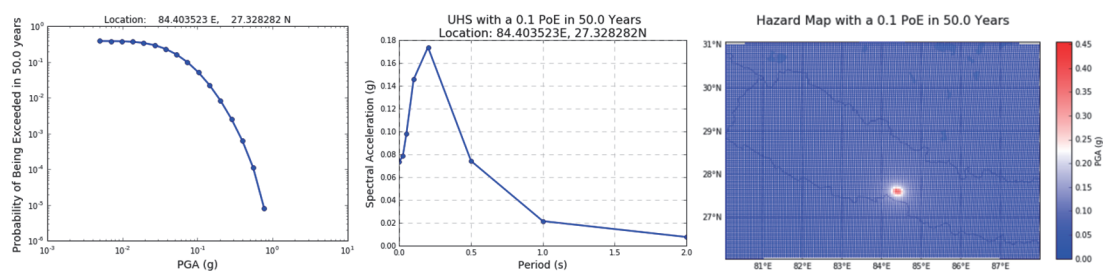


図 3.6.20 出力結果の例 (Classical PSHA (Point source))

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

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ファイルは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~) 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

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>	xml 宣言
2 <nrml 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 <sourceModel name="Example Source Model Containing a Simple Fault Source">	sourceModel : 震源モデルファイル <i>name</i> : 簡単な説明
4 <sourceGroup name="g1" tectonicRegion="Active Shallow Crust">	sourceGroup : 震源グループ <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ
5 <simpleFaultSource id="3" name="Simple Fault Source" tectonicRegion="Active Shallow Crust">	simpleFaultSource : Simple fault <i>name</i> : 簡単な説明、 <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプは Active Shallow Crust
6 <simpleFaultGeometry>	simpleFaultGeometry : Simple fault
7 <gml:LineString>	gml:Point : 線
8 <gml:posList>	gml:posList : 位置情報のリスト
9 85.7 27.3	始点の経度 85.7 度、緯度 27.3 度
10 83.8 27.8	終点の経度 83.8 度、緯度 27.8 度
11 </gml:posList>	gml:posList 終了タグ
12 </gml:LineString>	gml:LineString 終了タグ
13 <dip>90.0</dip>	dip : 傾斜角 90 度
14 <upperSeismoDepth>20.0</upperSeismoDepth>	upperSeismoDepth : 地震発生上面深さ 20km
15 <lowerSeismoDepth>50.0</lowerSeismoDepth>	lowerSeismoDepth : 地震発生下面深さ 50km
16 </simpleFaultGeometry>	simpleFaultGeometry 終了タグ

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" minMag="5.0" maxMag="7.0" />	truncGutenbergRichterMFD : G-R 則に基づくマグニチュード別度数分布 <i>aValue</i> : 3.0、 <i>bValue</i> : 1.0、 <i>minMag</i> : 5.0、 <i>maxMag</i> : 7.0
20 <rake>90.0</rake>	rake : すべり角 90 度
21 </simpleFaultSource>	simpleFaultSource 終了タグ
22 </sourceGroup>	sourceGroup 終了タグ
23 </sourceModel>	sourceModel 終了タグ
24 </nrml>	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)。

表 3.6.3 出力結果一覧

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	csv 形式
震源グループ	sourcegroups	

*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。

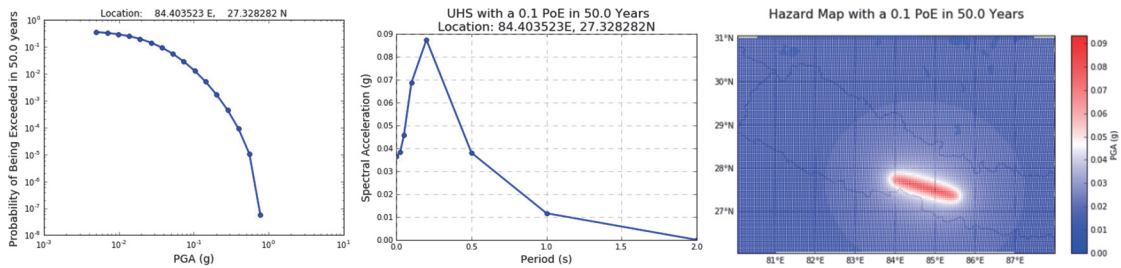


図 3.6.21 出力結果の例 (Classical PSHA (Simple fault source))

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 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 <sourceModel name="Example Source Model Containing a Point Source">	sourceModel : 震源モデルファイル <i>name</i> : 簡単な説明
4 <sourceGroup name="g1" tectonicRegion="Active Shallow Crust">	sourceGroup : 震源グループ <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ
5 <pointSource id="2" name="Point Source" tectonicRegion="Active Shallow Crust">	pointSource : Point source <i>name</i> : 簡単な説明、 <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプは Active Shallow Crust
6 <pointGeometry>	pointGeometry : Point
7 <gml:Point>	gml:Point : 点
8 <gml:pos>84.4 27.6</gml:pos>	gml:pos : 震央経度 84.4 度、緯度 27.6 度
9 </gml:Point>	gml:Point 終了タグ
10 <upperSeismoDepth>20.0</upperSeismoDepth>	upperSeismoDepth : 地震発生上面深さ 20.0(km)
11 <lowerSeismoDepth>50.0</lowerSeismoDepth>	lowerSeismoDepth : 地震発生下面深さ 50.0(km)
12 </pointGeometry>	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 aValue="3.0" bValue="1.0" minMag="5.0" maxMag="7.0" />	truncGutenbergRichterMFD: G-R 則に基づくマグニチュード別度数分布 <i>aValue:</i> 3.0、 <i>bValue:</i> 1.0、 <i>minMag:</i> 5.0、 <i>maxMag:</i> 7.0
16 <nodalPlaneDist>	nodalPlaneDist: 断層面のばらつき
17 <nodalPlane probability="1.0" strike="285.0" dip="90.0" rake="90.0" />	nodalPlane: 断層面 <i>probability:</i> 発生確率、 <i>strike:</i> 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>	nodalPlaneDist 終了タグ
19 <hypoDepthDist>	hypoDepthDist: 震源深さのばらつき
20 <hypoDepth probability="1.0" depth="25.0" />	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>	hypoDepthDist 終了タグ
22 </pointSource>	pointSource 終了タグ
23 </sourceGroup>	sourceGroup 終了タグ
24 </sourceModel>	sourceModel 終了タグ
25 </nrml>	nrml 終了タグ

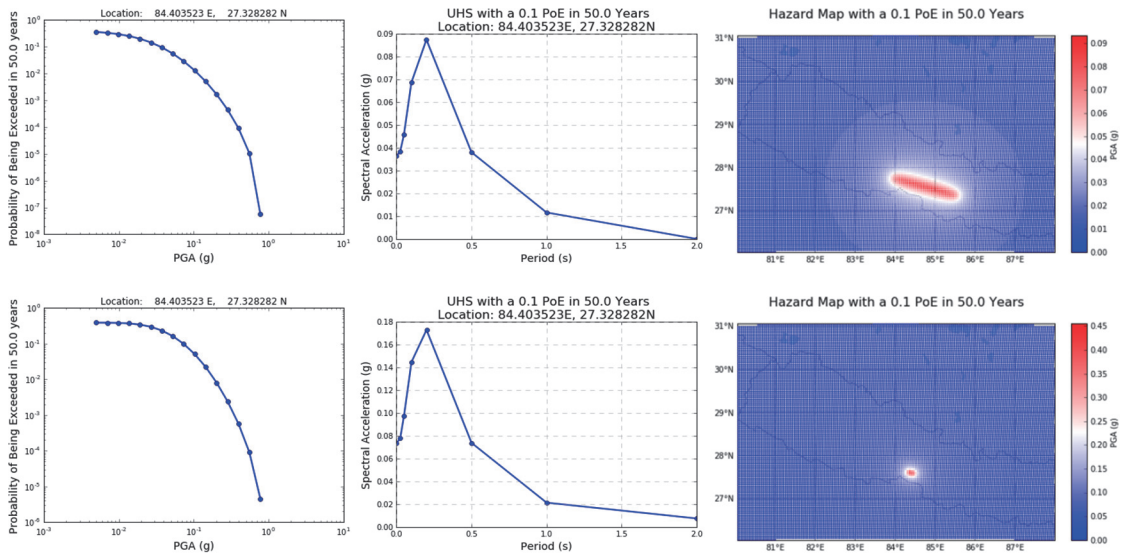


図 3.6.22 出力結果の比較

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 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
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	$V_{s30}(m/s)$
19 reference_vs30_type = measured	V_{s30} のタイプ
20 reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	$V_s=2.5km/s$ となる深さ(km)
21 reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	$V_s=1.0km/s$ となる深さ(m)
22	
23 [correlation]	
24 ground_motion_correlation_model =	
25	
26 [Hazard calculation]	

	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, 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(0.025)": [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, 0.007, 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, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13]}	計算する地震動強さ 地震動強さの数値も必要となる
29	truncation_level = 3.0	切断正規分布の有界レベル
30	maximum_distance = 500	計算する最大距離
31	investigation_time = 50.0	発生確率の対象期間
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

一は 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)。

表 3.6.4 Event-based PSHA の出力結果一覧

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 csv 形式 geojson 形式 npz 形式
ハザードマップ	hmap	
一様ハザードスペクトル	uhs	
断層モデルデータ	rup_data	csv 形式
ロジックツリーパス	realizations	
震源グループ	sourcegroups	

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。

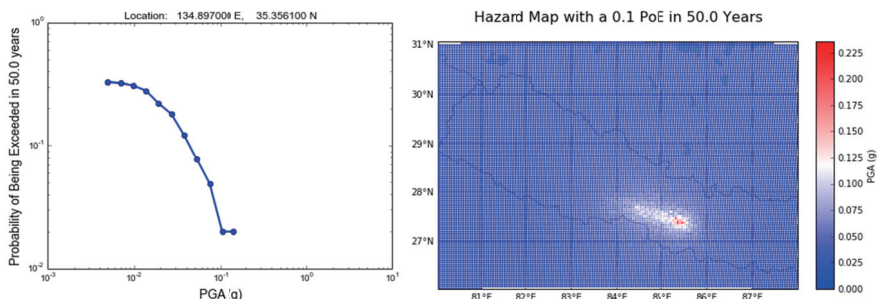
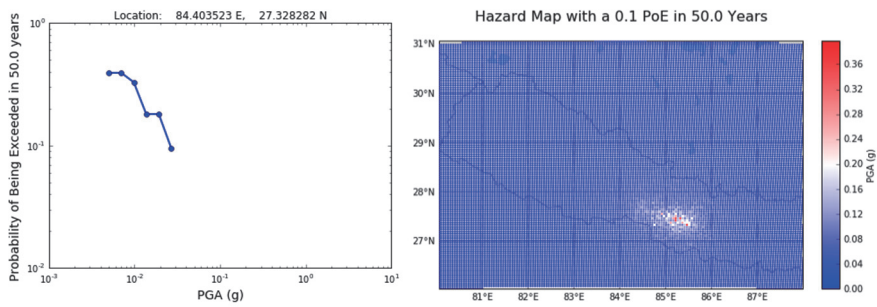


図 3.6.23 Event-based PSHA の計算結果
左: ハザードカーブ、右: ハザードマップ

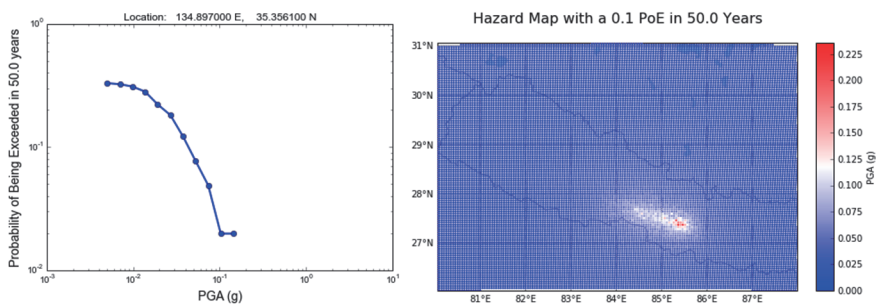
参考のため、ses_per_logic_tree_path 変数を 10、100、1000 とした場合の計算結果と「(3) Classical PSHA (Simple fault source)」(p.128~) による計算結果を図 3.6.24 にそれぞれ示す。

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られる。

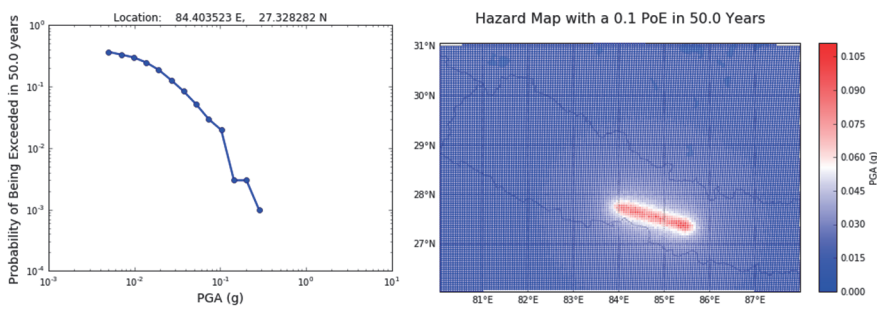
ses_per_logic_tree_path = 10



ses_per_logic_tree_path = 100



ses_per_logic_tree_path = 1000



Classical PSHA

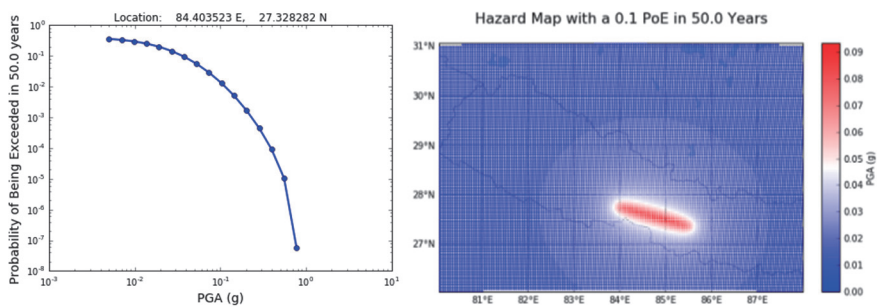


図 3.6.24 Event-based PSHA と Classical PSHA の計算結果の比較
左: ハザードカーブ、右: ハザードマップ

(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 containing an Area Source and a Simple Fault Source belonging to different tectonic region types	計算概要
3 calculation_mode = disaggregation	モードの選択
4	
5 [sites]	
6 sites = 0.5 -0.5	サイトを点で指定
7	
8 [logic_tree]	
9 source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml	震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	ロジックツリーはすべて使用
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 <i>intensity_measure_types_and_levels = {"PGA": [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]}</i>	計算する地震動強さ 地震動強さの数値も必要となる
28 <i>truncation_level = 3</i>	切断正規分布の有界レベル
29 <i>maximum_distance = 200.0</i>	計算する最大距離
30	
31 [disaggregation]	
32 <i>poes_disagg = 0.1</i>	超過確率の分解
33 <i>mag_bin_width = 1.0</i>	マグニチュードの分解の刻み
34 <i>distance_bin_width = 10.0</i>	距離の分解の刻み
35 <i>coordinate_bin_width = 0.2</i>	座標の分解の刻み
36 <i>num_epsilon_bins = 3</i>	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 3.6.14 Disaggregation で使用す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 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: ロジックツリー <i>logicTreeID:</i> ID"lt1"
4 <logicTreeBranchingLevel branchingLevelID="b1">	logicTreeBranchingLevel: ブランチングレベル <i>branchingLevelID:</i> ID"b1"
5 <logicTreeBranchSet uncertaintyType="gmpeModel" branchSetID="bs1" applyToTectonicRegionType="Active Shallow Crust">	logicTreeBranchSet: ブランチセット <i>branchSetID:</i> ID"bs1"、 <i>uncertaintyType:</i> gmpeModel、 <i>applyToTectonicRegionType:</i> 適用するテクトニックタイプは Active Shallow Crust
6 <logicTreeBranch branchID="b1">	logicTreeBranch: ブランチ <i>branchID:</i> ID b1"
7 <uncertaintyModel>ChiouYoungs2008</uncertaintyModel>	uncertaintyModel: 不確定性は ChuouYoungs2008
8 <uncertaintyWeight>1.0</uncertaintyWeight>	uncertaintyWeight: 重みは 1.0
9 </logicTreeBranch>	logicTreeBranch 終了タグ
10 </logicTreeBranchSet>	logicTreeBranchSet 終了タグ
11 </logicTreeBranchingLevel>	logicTreeBranchingLevel 終了タグ
12 <logicTreeBranchingLevel branchingLevelID="b2">	logicTreeBranchingLevel: ブランチングレベル <i>branchingLevelID:</i> ID"b1"
13 <logicTreeBranchSet uncertaintyType="gmpeModel" branchSetID="bs2" applyToTectonicRegionType="Stable Continental Crust">	logicTreeBranchSet: ブランチセット <i>branchSetID:</i> ID"bs2"、 <i>uncertaintyType:</i> gmpeModel、 <i>applyToTectonicRegionType:</i> 適用するテクトニックタイプは Stable Continental Crust
14 <logicTreeBranch branchID="b2">	logicTreeBranch: ブランチ <i>branchID:</i> ID b1"
15 <uncertaintyModel>ToroEtAl2002</uncertaintyModel>	uncertaintyModel: 不確定性は ToroEtAl2002
16 <uncertaintyWeight>1.0</uncertaintyWeight>	uncertaintyWeight: 重みは 1.0
17 </logicTreeBranch>	logicTreeBranch 終了タグ
18 </logicTreeBranchSet>	logicTreeBranchSet 終了タグ
19 </logicTreeBranchingLevel>	logicTreeBranchingLevel 終了タグ

	ファイル内容	説明
20	</logicTree>	logicTree 終了タグ
21	</nrml>	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	<nrml 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	<sourceModel name="Example Source Model Containing an Area Source and a Simple Fault Source belonging to different tectonic region types">	sourceModel : 震源モデルファイル <i>name</i> : 簡単な説明
4	<sourceGroup name="g1" tectonicRegion="Active Shallow Crust">	sourceGroup : 震源グループ <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ
5	<areaSource id="1" name="Area Source" tectonicRegion="Stable Continental Crust">	areaSource : Area Source <i>name</i> : 簡単な説明、 <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプは Stable Continental Crust
6	<areaGeometry>	<i>areaGeometry</i> : Area ジオメトリを使用
7	<gml:Polygon>	gml:Polygon : ポリゴン
8	<gml:exterior>	gml:exterior : 通常の領域
9	<gml:LinearRing>	gml:LinearRing : ポリゴンの線
10	<gml:posList>	gml:posList : ポジションリスト
11	-0.5 -0.5	
12	-0.3 -0.1	
13	0.1 0.2	
14	0.3 -0.8	
15	</gml:posList>	gml:posList 終了タグ
16	</gml:LinearRing>	gml:LinearRing 終了タグ
17	</gml:exterior>	gml:exterior 終了タグ
18	</gml:Polygon>	gml:Polygon 終了タグ
19	<upperSeismoDepth>0.0</upperSeismoDepth>	upperSeismoDepth : 地震発生上面深さ 0. 0(km)
20	<lowerSeismoDepth>10.0</lowerSeismoDepth>	lowerSeismoDepth : 地震発生下面深さ 10.0(km)
21	</areaGeometry>	areaGeometry 終了タグ
22	<magScaleRel>WC1994</magScaleRel>	magScaleRel : スケーリング則は WC1994
23	<ruptAspectRatio>1.0</ruptAspectRatio>	ruptAspectRatio : 断層面のアスペクト比は 1.5
24	<truncGutenbergRichterMFD aValue="4.5" bValue="1.0" minMag="5.0" maxMag="7.0" />	truncGutenbergRichterMFD : G-R 則に基づくマグニチュード別度数分布 <i>aValue</i> : 4.5、 <i>bValue</i> : 1.0、 <i>minMag</i> : 5.0、 <i>maxMag</i> : 7.0
25	<nodalPlaneDist>	nodalPlaneDist : 断層面のばらつき
26	<nodalPlane probability="1.0" strike="0.0" dip="90.0" rake="0.0" />	nodalPlane : 断層面 <i>probability</i> : 発生確率、 <i>strike</i> : 走向、 <i>dip</i> : 傾斜、 <i>rake</i> : すべり角 傾斜 90 度、すべり角 0 度、走向 0 度の断層面の発生確率が 100%
27	</nodalPlaneDist>	nodalPlaneDist 終了タグ
28	<hypoDepthDist>	hypoDepthDist : 震源深さのばらつき
29	<hypoDepth probability="1.0" depth="5.0" />	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>	hypoDepthDist 終了タグ
31 </areaSource>	areaSource 終了タグ
32 <simpleFaultSource id="2" name="Simple Fault Source" tectonicRegion="Active Shallow Crust">	simpleFaultSource : Simple fault <i>name</i> : 簡単な説明、 <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプは Active Shallow Crust
33 <simpleFaultGeometry>	simpleFaultGeometry : Simple fault
34 <gml:LineString>	gml:Point : 線
35 <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>	gml:posList 終了タグ
40 </gml:LineString>	gml:LineString 終了タグ
41 <dip>30.0</dip>	dip : 傾斜角 30 度
42 <upperSeismoDepth>8.0</upperSeismoDepth>	upperSeismoDepth : 地震発生上面深さ 8.0 km
43 <lowerSeismoDepth>20.0</lowerSeismoDepth>	lowerSeismoDepth : 地震発生下面深さ 20.0 km
44 </simpleFaultGeometry>	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" minMag="6.5" maxMag="7.5" />	truncGutenbergRichterMFD : G-R 則に基づくマグニチュード別度数分布 <i>aValue</i> : 4.5、 <i>bValue</i> : 1.0、 <i>minMag</i> : 5.0、 <i>maxMag</i> : 7.0
48 <rake>90.0</rake>	rake : すべり角 90 度
49 </simpleFaultSource>	simpleFaultSource 終了タグ
50 </sourceGroup>	sourceGroup 終了タグ
51 </sourceModel>	sourceModel 終了タグ
52 </nrml>	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 3.6.16 Scenario Damage で使用する設定ファイル

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Scenario Damage calculation with Simple fault rupture	計算概要
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	V_{s30} (m/s)
15	reference_vs30_type = measured	V_{s30} のタイプ
16	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	$V_s=2.5\text{km/s}$ となる深さ(km)
17	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	$V_s=1.0\text{km/s}$ となる深さ(m)
18		

	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 開始タグ
3	<exposureModel id="ep" category="buildings">	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 : コンバージョンセクション
6	<costTypes>	costTypes : コストタイプの集合
7	<costType name="structural" type="per_asset" unit="USD"/>	costType : コストタイプ <i>name</i> : 分類は構造物、非構造物、コンテンツ、 <i>type</i> : コストタイプの単位は資産ごと、 <i>unit</i> : 単価は USD
8	<costType name="nonstructural" type="per_asset" unit="USD"/>	
9	<costType name="contents" type="per_asset" unit="USD"/>	
10	</costTypes>	costTypes 終了タグ
11	<insuranceLimit isAbsolute="false"/>	insuranceLimit : 保険限度額 <i>isAbsolute</i> : 絶対値か否かは false
12	<deductible isAbsolute="false"/>	deductible : 控除免責金額 <i>isAbsolute</i> : 絶対値か否かは false
13	</conversions>	conversions 終了タグ
14	<assets>	assets : asset の集合
15	<asset id="a1" number="1" taxonomy="Wood">	asset : 資産 <i>id</i> : ユニークな文字列、 <i>taxonomy</i> : 分類は木造、 <i>number</i> : 数は 1
16	<location lon="83.313823" lat="29.461172"/>	location : 位置情報 <i>lon</i> : 経度 83.313823 度、 <i>lat</i> : 緯度 29.461172 度
17	<costs>	costs : cost の集合
18	<cost type="structural" value="11340" deductible="0.1" insuranceLimit="0.8"/>	cost : コスト <i>type</i> : タイプは構造物、非構造物、コンテンツ、 <i>value</i> : 価値は USD、 <i>deductible</i> : 控除免責金額は 10%、 <i>insuranceLimit</i> : 保険限度額は 80%
19	<cost type="nonstructural" value="19845" deductible="0.1" insuranceLimit="0.8"/>	
20	<cost type="contents" value="5670" deductible="0.1" insuranceLimit="0.8"/>	

	ファイル内容	説明
21	</costs>	costs 終了タグ
22	<occupancies>	occupancies: occupancy の集合
23	<occupancy occupants="5" period="night"/>	occupancy: 居住者 <i>occupants:</i> 居住者 5、 <i>period:</i> 期間は夜
24	</occupancies>	occupancies 終了タグ
25	</asset>	asset 終了タグ
26	</assets>	assets 終了タグ
27	</exposureModel>	exposureModel 終了タグ
28	</nrml>	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 開始タグ <i>xmlns:</i> XML 名前空間
3	<fragilityModel assetCategory="building" id="fm" lossCategory="structural">	fragilityModel: <i>id:</i> ID "fm"、 <i>assetCategory:</i> 資産は building、 <i>lossCategory:</i> 損失は structural
4	<description>Fragility model for Nepal (discrete)</description>	description: 簡単な説明
5	<limitStates>slight moderate extreme complete</limitStates>	limitStates: 被害状態は、light moderate extreme complete の 4 状態
6	<fragilityFunction format="discrete" id="Concrete" shape="logncdf">	fragilityFunction: fragility 関数 <i>id:</i> "Concrete"、 <i>format:</i> フォーマットは discrete、 <i>shape:</i> 形状は logncdf 対数正規累積分布関数による fragility 関数
7	<imls imt="PGA" noDamageLimit="0.05">0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4</imls>	imls: intensity measure levels <i>imt:</i> intensity measure type は PGA、 <i>noDamageLimit:</i> 被害なしの制限値
8	<poes ls="slight">0.0 0.788 0.97 0.994 0.998 1.0 1.0 1.0</poes>	poes: probabilities of exceedances <i>ls:</i> limit state ごとに設定
9	<poes ls="moderate">0.0 0.6 0.909 0.976 0.992 0.997 0.999 1.0</poes>	
10	<poes ls="extreme">0.0 0.341 0.75 0.904 0.96 0.982 0.992 0.996</poes>	
11	<poes ls="complete">0.0 0.109 0.441 0.686 0.825 0.9 0.942 0.965</poes>	
12	</fragilityFunction>	fragilityFunction 終了タグ
13	<fragilityFunction format="discrete" id="Unreinforced-Brick-Masonry" shape="logncdf">	fragilityFunction: fragility 関数 <i>id:</i> "Unreinforced-Brick-Masonry"、 <i>format:</i> フォーマットは discrete、 <i>shape:</i> 形状は logncdf 対数正規累積分布関数による fragility 関数
14	<imls imt="PGA" noDamageLimit="5.0000000E-02">0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4</imls>	imls: intensity measure levels <i>imt:</i> intensity measure type は PGA、 <i>noDamageLimit:</i> 被害なしの制限値
15	<poes ls="slight">0.0 0.771 0.95 0.989 0.997 0.999 1.0 1.0</poes>	poes: probabilities of exceedances <i>ls:</i> limit state ごとに設定
16	<poes ls="moderate">0.0 0.5 0.861 0.957 0.985 0.994 0.997 0.999</poes>	
17	<poes ls="extreme">0.0 0.231 0.636 0.837 0.924 0.962 0.981 0.989</poes>	

ファイル内容	説明
18 <poes ls="complete">0.0 0.097 0.414 0.661 0.806 0.887 0.933 0.959</poes>	
19 </fragilityFunction>	fragilityFunction 終了タグ
20 <fragilityFunction format="discrete" id="Wood" shape="logncdf">	fragilityFunction: fragility 関数 <i>id:</i> "Wood"、 <i>format:</i> フォーマットは discrete、 <i>shape:</i> 形状は logncdf
21 <imls imt="PGA" noDamageLimit="5.000000E-02">0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4</imls>	対数正規累積分布関数によるフラジ リティ関数
22 <poes ls="slight">0.0 0.5 0.861 0.957 0.985 0.994 0.997 0.999</poes>	imls: intensity measure levels <i>imt:</i> intensity measure type は PGA、 <i>noDamageLimit:</i> 被害なしの制限値
23 <poes ls="moderate">0.0 0.204 0.6 0.813 0.909 0.954 0.976 0.986</poes>	poes: probabilities of exceedances <i>ls:</i> limit state ごとに設定
24 <poes ls="extreme">0.0 0.041 0.255 0.49 0.664 0.78 0.855 0.903</poes>	
25 <poes ls="complete">0.0 0.007 0.088 0.236 0.394 0.532 0.642 0.728 </poes>	
26 </fragilityFunction>	fragilityFunction 終了タグ
27 <fragilityFunction format="discrete" id="Adobe" shape="logncdf">	fragilityFunction: fragility 関数 <i>id:</i> "Adobe"、 <i>format:</i> フォーマットは discrete、 <i>shape:</i> 形状は logncdf
28 <imls imt="PGA" noDamageLimit="5.000000E-02">0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4</imls>	対数正規累積分布関数による fragility 関数
29 <poes ls="slight">0.0 0.75 0.96 0.992 0.998 0.999 1.0 1.0</poes>	imls: intensity measure levels <i>imt:</i> intensity measure type は PGA <i>noDamageLimit:</i> 被害なしの制限値
30 <poes ls="moderate">0.0 0.6 0.909 0.976 0.992 0.997 0.999 1.0</poes>	poes: probabilities of exceedances <i>ls:</i> limit state ごとに設定
31 <poes ls="extreme">0.0 0.341 0.75 0.904 0.96 0.982 0.992 0.996</poes>	
32 <poes ls="complete">0.0 0.168 0.548 0.775 0.886 0.94 0.967 0.981</poes>	
33 </fragilityFunction>	fragilityFunction 終了タグ
34 <fragilityFunction format="discrete" id="Stone-Masonry" shape="logncdf">	fragilityFunction: fragility 関数 <i>id:</i> "Stone-Masonry"、 <i>format:</i> フォー マットは discrete、 <i>shape:</i> 形状は logncdf
35 <imls imt="PGA" noDamageLimit="5.000000E-02">0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4</imls>	対数正規累積分布関数による fragility 関数
36 <poes ls="slight">0.0 0.673 0.937 0.985 0.996 0.998 0.999 1.0</poes>	imls: intensity measure levels <i>imt:</i> intensity measure type は PGA、 <i>noDamageLimit:</i> 被害なしの制限値
37 <poes ls="moderate">0.0 0.532 0.878 0.964 0.988 0.995 0.998 0.999</poes>	poes: probabilities of exceedances <i>ls:</i> limit state ごとに設定
38 <poes ls="extreme">0.0 0.3 0.711 0.883 0.95 0.977 0.989 0.994</poes>	
39 <poes ls="complete">0.0 0.148 0.516 0.75 0.869 0.929 0.96 0.977</poes>	
40 </fragilityFunction>	fragilityFunction 終了タグ
41 </fragilityModel>	fragilityModel 終了タグ
42 </nrml>	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

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 開始タグ <i>xmlns</i> : XML 名前空間
3 <consequenceModel id="cm-italy" assetCategory="buildings" lossCategory="structural">	consequenceModel : consequence モデル <i>id</i> : "cm-italy"、 <i>assetCategory</i> : 資産は buildings、 <i>lossCategory</i> : 損失は structural
4 <description>Consequence Model - Italy</description>	description : 簡単な説明
5 <limitStates>slight moderate extreme collapse</limitStates>	limitStates : 被害の状態は slight moderate extreme collapse の 4 状態
6 <consequenceFunction id="Concrete" dist="LN">	consequenceFunction : 被害関数 <i>id</i> : "Concrete"、 <i>dist</i> : LN は対数正規分布による consequence 関数
7 <params ls="slight" mean="0.04" stddev="0.00"/>	params : 対数正規分布のパラメータ <i>ls</i> : limit state は slight、 <i>mean</i> : 平均値、 <i>stddev</i> : 標準偏差
8 <params ls="moderate" mean="0.31" stddev="0.00"/>	
9 <params ls="extreme" mean="0.60" stddev="0.00"/>	
10 <params ls="collapse" mean="1.00" stddev="0.00"/>	
11 </consequenceFunction>	consequenceFunction 終了タグ
12 <consequenceFunction id="Unreinforced-Brick-Masonry" dist="LN">	consequenceFunction : 被害関数 <i>id</i> : "Unreinforced-Brick-Masonry"、 <i>dist</i> : LN は対数正規分布による consequence 関数
13 <params ls="slight" mean="0.04" stddev="0.00"/>	params : 対数正規分布のパラメータ <i>ls</i> : limit state は slight、 <i>mean</i> : 平均値、 <i>stddev</i> : 標準偏差
14 <params ls="moderate" mean="0.31" stddev="0.00"/>	
15 <params ls="extreme" mean="0.60" stddev="0.00"/>	
16 <params ls="collapse" mean="1.00" stddev="0.00"/>	
17 </consequenceFunction>	consequenceFunction 終了タグ
18 <consequenceFunction id="Wood" dist="LN">	consequenceFunction : 被害関数 <i>id</i> : "Wood"、 <i>dist</i> : LN は対数正規分布による consequence 関数
19 <params ls="slight" mean="0.04" stddev="0.00"/>	params : 対数正規分布のパラメータ <i>ls</i> : limit state は slight、 <i>mean</i> : 平均値、 <i>stddev</i> : 標準偏差
20 <params ls="moderate" mean="0.31" stddev="0.00"/>	
21 <params ls="extreme" mean="0.60" stddev="0.00"/>	
22 <params ls="collapse" mean="1.00" stddev="0.00"/>	
23 </consequenceFunction>	consequenceFunction 終了タグ
24 <consequenceFunction id="Adobe" dist="LN">	consequenceFunction : 被害関数 <i>id</i> : "Adobe"、 <i>dist</i> : LN は対数正規分布による consequence 関数
25 <params ls="slight" mean="0.04" stddev="0.00"/>	params : 対数正規分布のパラメータ <i>ls</i> : limit state は slight、 <i>mean</i> : 平均値、 <i>stddev</i> : 標準偏差
26 <params ls="moderate" mean="0.31" stddev="0.00"/>	
27 <params ls="extreme" mean="0.60" stddev="0.00"/>	
28 <params ls="collapse" mean="1.00" stddev="0.00"/>	
29 </consequenceFunction>	consequenceFunction 終了タグ
30 <consequenceFunction id="Stone-Masonry" dist="LN">	consequenceFunction : 被害関数 <i>id</i> : "Adobe"、 <i>dist</i> : LN は対数正規分布による consequence 関数
31 <params ls="slight" mean="0.04" stddev="0.00"/>	params : 対数正規分布のパラメータ <i>ls</i> : limit state は slight、 <i>mean</i> : 平均値、 <i>stddev</i> : 標準偏差
32 <params ls="moderate" mean="0.31" stddev="0.00"/>	
33 <params ls="extreme" mean="0.60" stddev="0.00"/>	
34 <params ls="collapse" mean="1.00" stddev="0.00"/>	
35 </consequenceFunction>	consequenceFunction 終了タグ
36 </consequenceModel>	consequenceModel 終了タグ
37 </nrml>	nrml 終了タグ

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）。

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

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

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。

1. 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。
2. 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）。

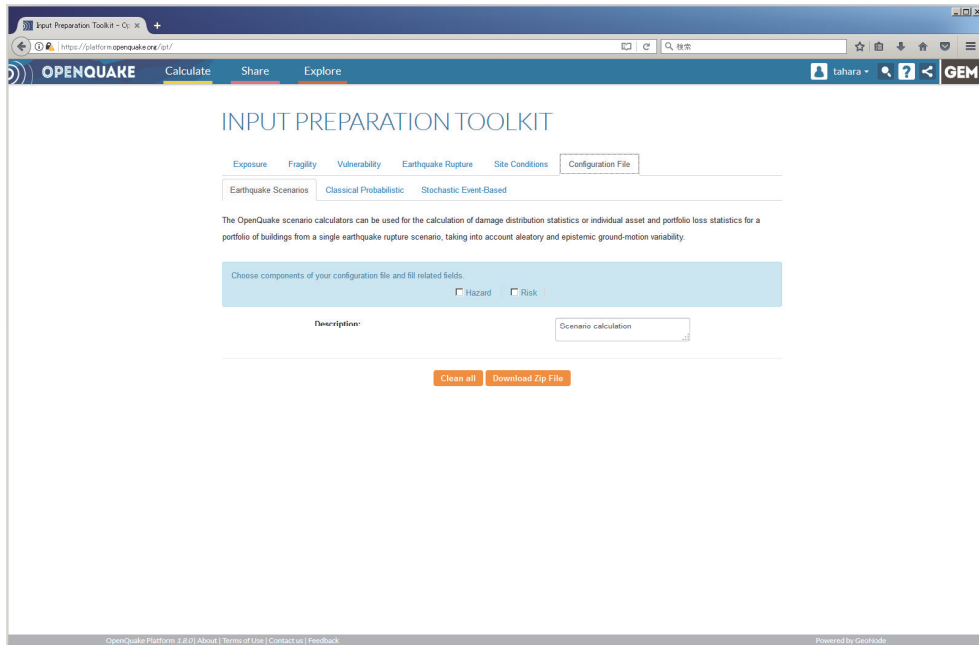


図 3.6.25 Input Preparation Toolkit（リスク設定ファイル作成）その1
「Configuration file」タブを開き、さらに「Earthquake Scenarios」タブを開く

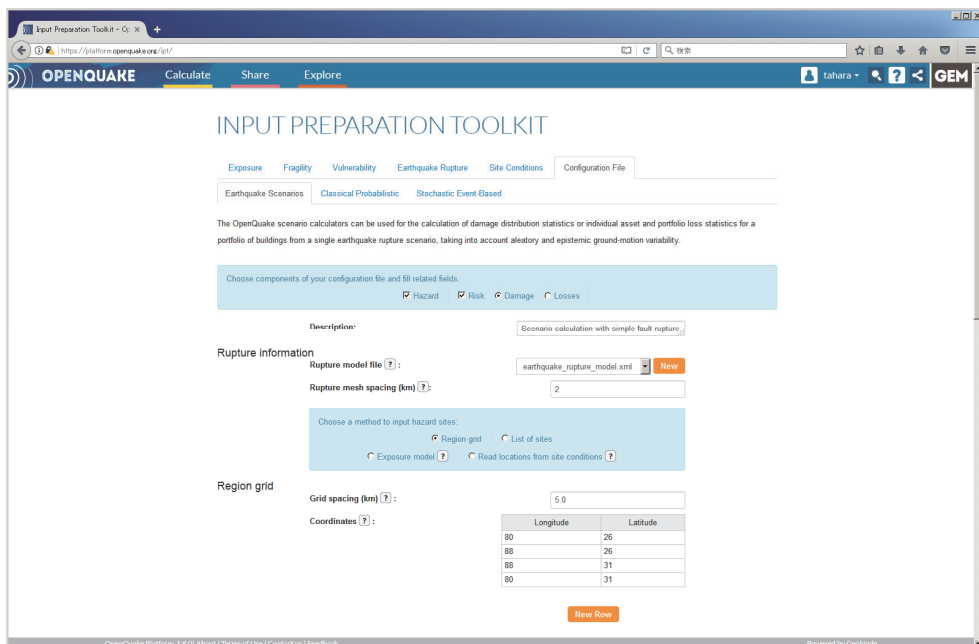


図 3.6.26 Input Preparation Toolkit（リスク設定ファイル作成）その2

Hazard と Risk にチェックを入れ、Damage を選択する

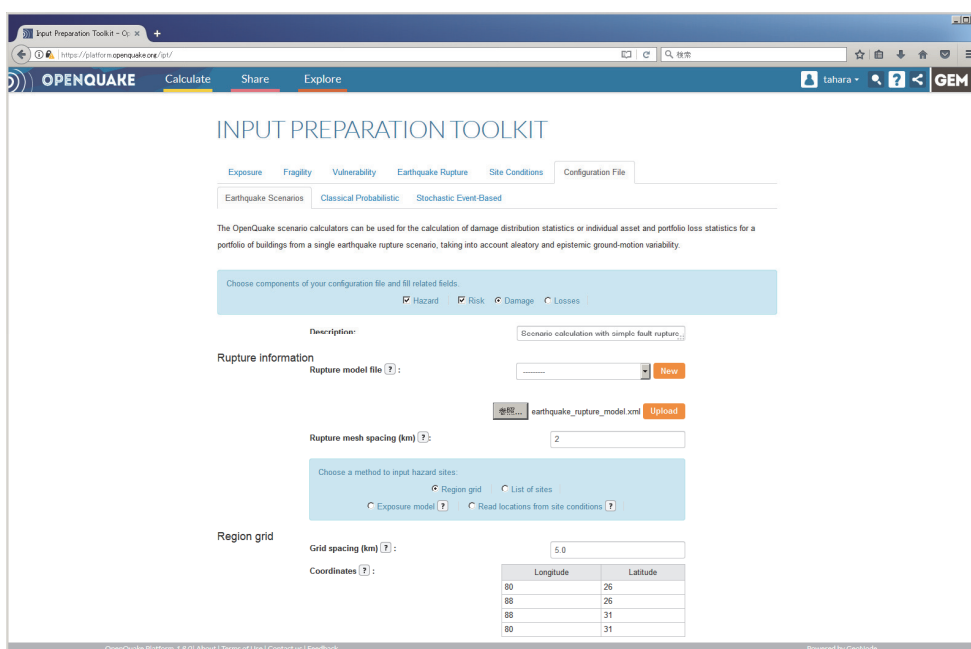


図 3.6.27 Input Preparation Toolkit (リスク設定ファイル作成) その3
「Rupture model file」で参照ボタンをクリックして「3.6.1 (1) 2) ① 震源ファイル」(p.109) で作成した earthquake_rupture_model.xml をアップロードする

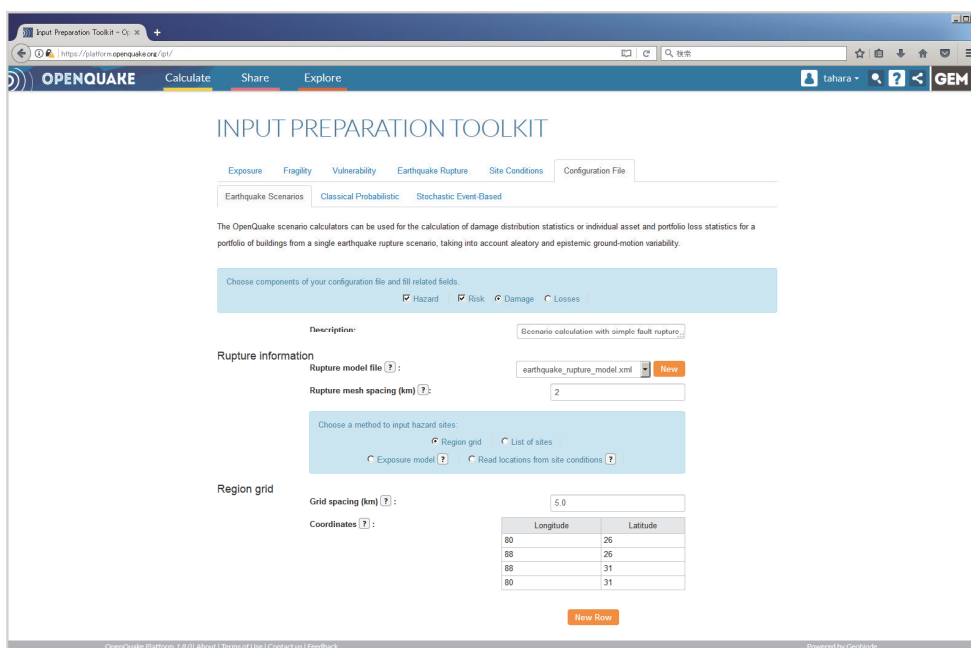


図 3.6.28 Input Preparation Toolkit (リスク設定ファイル作成) その4
earthquake_rupture_model.xml をリスクとから選択し、その他必要事項を記入する

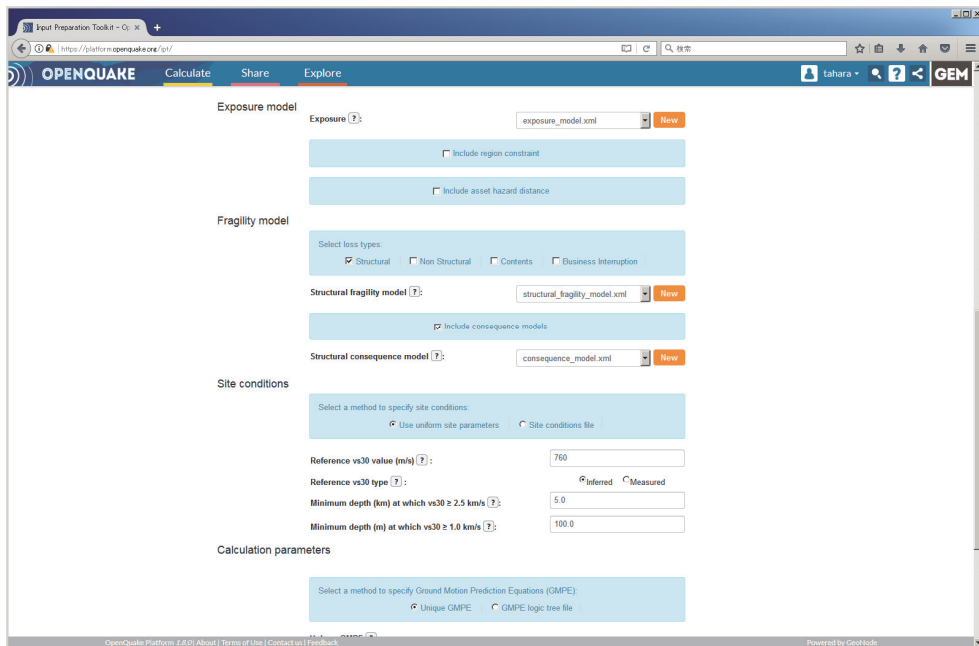


図 3.6.29 Input Preparation Toolkit (リスク設定ファイル作成) その5
exposure_model.xmlなどをアップロード

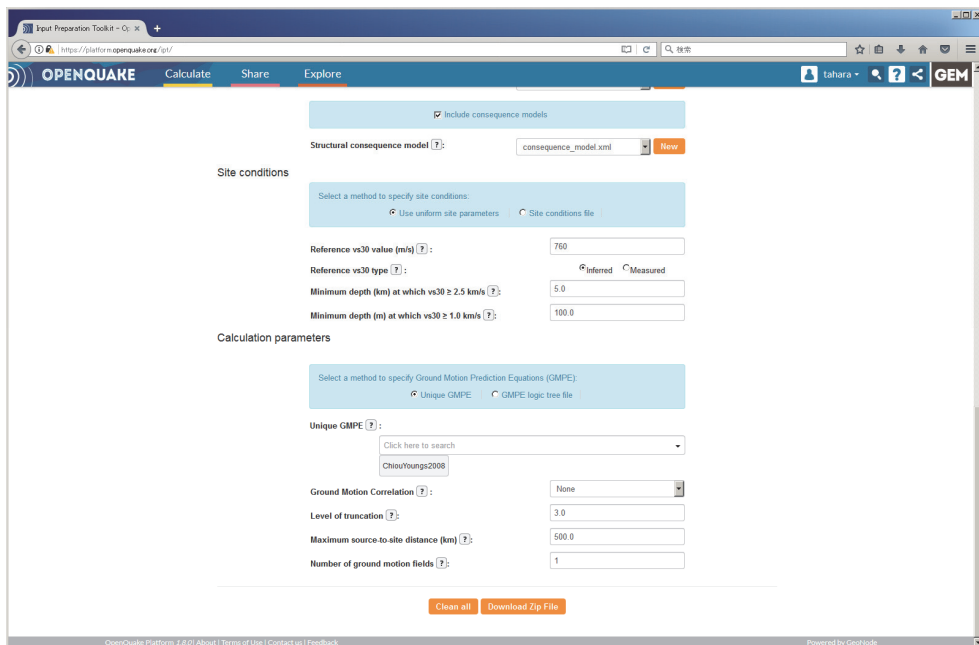


図 3.6.30 Input Preparation Toolkit (リスク設定ファイル作成) その6
必要事項を記入する

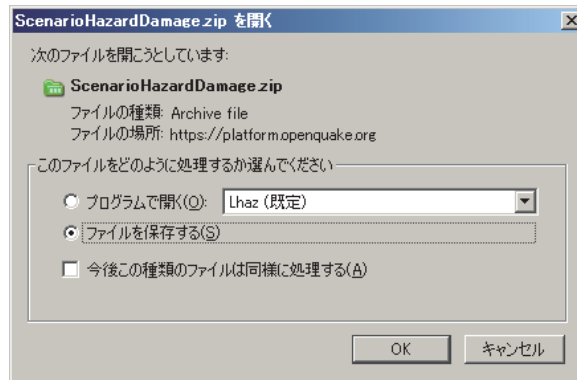


図 3.6.31 Input Preparation Toolkit (リスク設定ファイル作成) その7
ダウンロードボタンを押すと、必要なファイルが含まれた圧縮ファイルが作成できる

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)。

表 3.6.6 Scenario Damage の出力結果一覧

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	nrml 形式 csv 形式
建物分類ごとの被害分布図	dmg_by_taxon	
トータルの被害	dmg_total	csv 形式
資産ごとの consequence	csq_by_asset	
資産ごとの consequence	csq_by_taxon	
トータルの consequence	csv_total	

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。

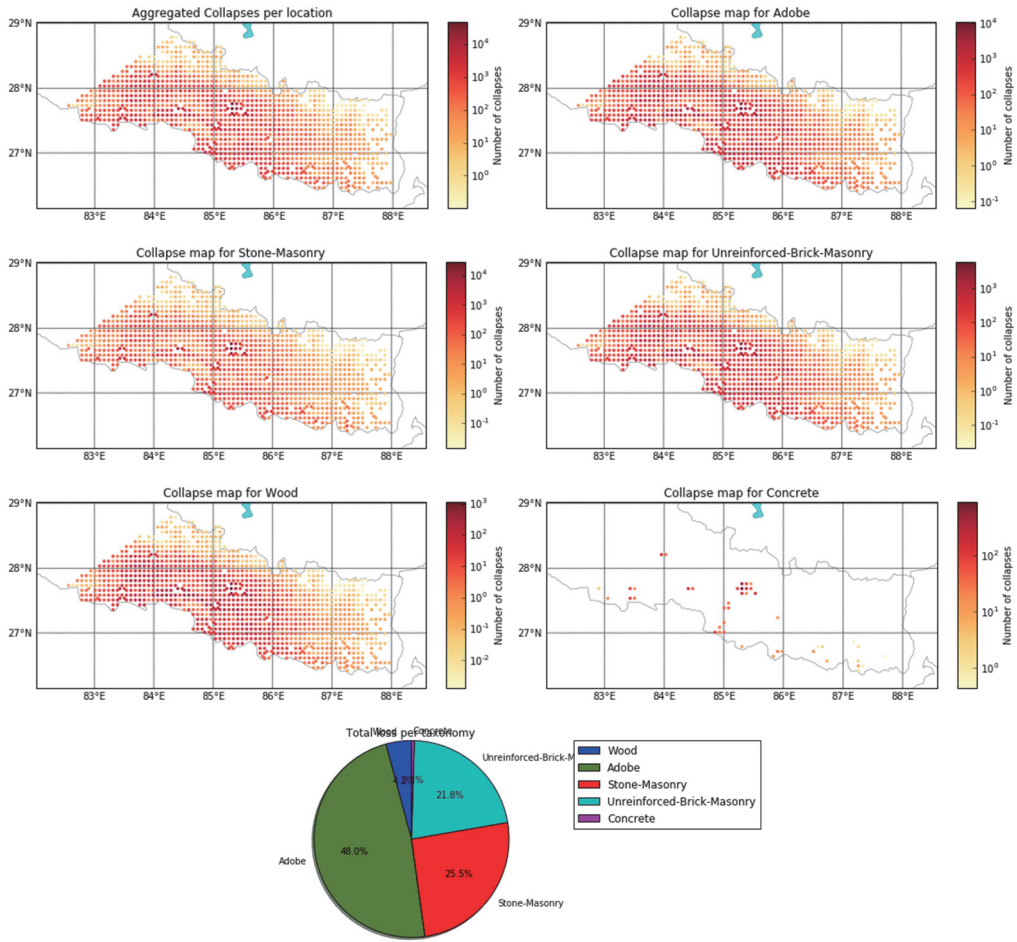


図 3.6.32 建物分類ごとの建物倒壊分布図および統計

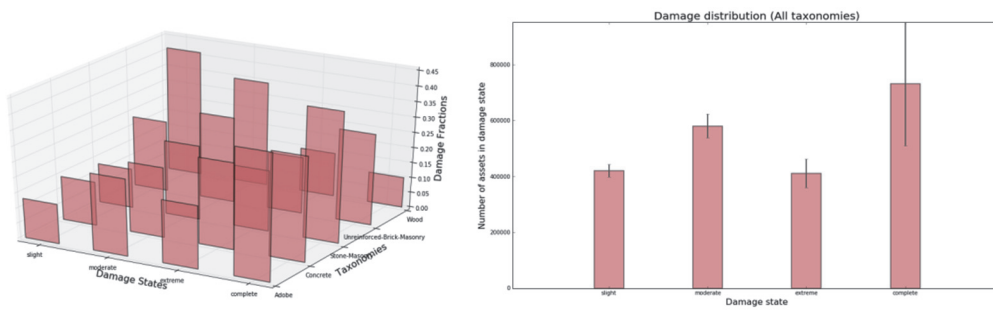


図 3.6.33 建物分類ごとの損害率

(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、コストタイプのみならず、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 3.6.20 Scenario Risk で使用する設定ファイル

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Scenario Risk calculation with Simple fault rupture	計算概要
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	$V_{s30}(m/s)$
15	reference_vs30_type = measured	V_{s30} のタイプ
16	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	$V_s=2.5km/s$ となる深さ(km)
17	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	$V_s=1.0km/s$ となる深さ(m)
18		
19	[correlation]	観測点パラメータ

	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 = structural_vulnerability_model.xml	構造物の vulnerability モデルファイル
34	nonstructural_vulnerability_file = nonstructural_vulnerability_model.xml	非構造物の vulnerability モデルファイル
35	occupants_vulnerability_file = occupants_vulnerability_model.xml	居住者の vulnerability モデルファイル
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 開始タグ <i>xmlns</i> : XML 名前空間
3	<vulnerabilityModel id="Nepal" assetCategory="buildings" lossCategory="structural">	vulnerabilityModel : vulnerability モデル <i>id</i> : "Nepal"、 <i>assetCategory</i> : 資産は buildings、 <i>lossCategory</i> : 損失は structural
4	<vulnerabilityFunction dist="LN" id="Wood">	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 1.4</imls>	imls : intensity measure levels <i>imt</i> : intensity measure type は PGA
6	<meanLRs>0.0001 0.05 0.21 0.4 0.56 0.67 0.76 0.82</meanLRs>	meanLRs : 平均損害率
7	<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	</vulnerabilityFunction>	vulnerabilityFunction 終了タグ
9	<vulnerabilityFunction dist="LN" id="Stone-Masonry">	vulnerabilityFunction : vulnerability 関数 <i>id</i> : " Stone-Masonry"、 <i>dist</i> : 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 1.4</imls>	imls : intensity measure levels <i>imt</i> : intensity measure type は PGA
11	<meanLRs>0.0001 0.25 0.63 0.82 0.91 0.95 0.98 0.99</meanLRs>	meanLRs : 平均損害率
12	<covLRs>0.3 0.3 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 </covLRs>	covLRs : 損害率の変動係数
13	</vulnerabilityFunction>	vulnerabilityFunction 終了タグ

ファイル内容	説明
14 <vulnerabilityFunction dist="LN" id="Adobe">	vulnerabilityFunction : vulnerability 関数 <i>id</i> : "Adobe"、 <i>dist</i> : 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 1.4</imls>	imls : intensity measure levels <i>imt</i> : intensity measure type は PGA
16 <meanLRs>0.0001 0.28 0.67 0.85 0.93 0.96 0.98 0.99</meanLRs>	meanLRs : 平均損害率
17 <covLRs>0.3 0.3 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1</covLRs>	covLRs : 損害率の変動係数
18 </vulnerabilityFunction>	vulnerabilityFunction 終了タグ
19 <vulnerabilityFunction dist="LN" id="Concrete">	vulnerabilityFunction : バルネラブリティ関数 <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 1.4</imls>	imls : intensity measure levels <i>imt</i> : intensity measure type は PGA
21 <meanLRs>0.0001 0.25 0.61 0.8 0.9 0.94 0.97 0.98</meanLRs>	meanLRs : 平均損害率
22 <covLRs>0.3 0.3 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1</covLRs>	covLRs : 損害率の変動係数
23 </vulnerabilityFunction>	vulnerabilityFunction 終了タグ
24 <vulnerabilityFunction dist="LN" id="Unreinforced-Brick-Masonry">	vulnerabilityFunction : vulnerability 関数 <i>id</i> : "Unreinforced-Brick-Masonry"、 <i>dist</i> : 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 1.4</imls>	imls : intensity measure levels <i>imt</i> : intensity measure type は PGA
26 <meanLRs>0.0001 0.2 0.55 0.76 0.87 0.93 0.96 0.98</meanLRs>	meanLRs : 平均損害率
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>	vulnerabilityFunction 終了タグ
29 </vulnerabilityModel>	vulnerabilityModel 終了タグ
30 </nrml>	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 開始タグ <i>xmlns</i> : XML 名前空間
3 <vulnerabilityModel id="Nepal" assetCategory="buildings" lossCategory="nonstructural">	vulnerabilityModel : vulnerability モデル <i>id</i> : "Nepal"、 <i>assetCategory</i> : 資産は buildings、 <i>lossCategory</i> : 損失は nonstructural
4 <vulnerabilityFunction dist="LN" id="Wood">	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 1.4</imls>	imls : intensity measure levels <i>imt</i> : intensity measure type は PGA
6 <meanLRs>0.0001 0.08 0.23 0.38 0.51 0.62 0.7 0.76</meanLRs>	meanLRs : 平均損害率
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>	vulnerabilityFunction 終了タグ

ファイル内容	説明
9 <vulnerabilityFunction dist="LN" id="Stone-Masonry">	vulnerabilityFunction: vulnerability 関数 <i>id:</i> "Stone-Masonry"、 <i>dist:</i> 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 1.4</imls>	imls: intensity measure levels <i>imt:</i> intensity measure type は PGA
11 <meanLRs>0.0001 0.07 0.22 0.38 0.51 0.62 0.7 0.76</meanLRs>	meanLRs: 平均損害率
12 <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
13 </vulnerabilityFunction>	vulnerabilityFunction 終了タグ
14 <vulnerabilityFunction dist="LN" id="Adobe">	vulnerabilityFunction: vulnerability 関数 <i>id:</i> "Adobe"、 <i>dist:</i> 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 1.4</imls>	imls: intensity measure levels <i>imt:</i> intensity measure type は PGA
16 <meanLRs>0.0001 0.07 0.22 0.38 0.51 0.62 0.7 0.76</meanLRs>	meanLRs: 平均損害率
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>	vulnerabilityFunction 終了タグ
19 <vulnerabilityFunction dist="LN" id="Concrete">	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 1.4</imls>	imls: intensity measure levels <i>imt:</i> intensity measure type は PGA
21 <meanLRs>0.0001 0.08 0.23 0.38 0.51 0.62 0.7 0.76</meanLRs>	meanLRs: 平均損害率
22 <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
23 </vulnerabilityFunction>	vulnerabilityFunction 終了タグ
24 <vulnerabilityFunction dist="LN" id="Unreinforced-Brick-Masonry">	vulnerabilityFunction: Vulnerability 関数 <i>id:</i> "Unreinforced-Brick-Masonry"、 <i>dist:</i> 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 1.4</imls>	imls: intensity measure levels <i>imt:</i> intensity measure type は PGA
26 <meanLRs>0.0001 0.07 0.22 0.38 0.51 0.62 0.7 0.76</meanLRs>	meanLRs: 平均損害率
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>	vulnerabilityFunction 終了タグ
29 </vulnerabilityModel>	vulnerabilityModel 終了タグ
30 </nrml>	nrml 終了タグ

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 開始タグ <i>xmlns:</i> XML 名前空間
3 <vulnerabilityModel id="Nepal" assetCategory="buildings" lossCategory="occupants">	vulnerabilityModel: vulnerability モデル <i>id:</i> "Nepal"、 <i>assetCategory:</i> 資産は buildings、 <i>lossCategory:</i> 損失は nonstructural

	ファイル内容	説明
4	<vulnerabilityFunction dist="LN" id="Wood">	vulnerabilityFunction: vulnerability 関数
5	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4</imls>	<i>id:</i> "Wood"、 <i>dist:</i> LN は対数正規分布関数による vulnerability 関数 imls: intensity measure levels
6	<meanLRs>0.0001 0.001 0.009 0.024 0.039 0.053 0.064 0.073 </meanLRs>	<i>imt:</i> intensity measure type は PGA meanLRs: 平均損害率
7	<covLRs>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>	vulnerabilityFunction 終了タグ
9	<vulnerabilityFunction dist="LN" id="Stone-Masonry">	vulnerabilityFunction: vulnerability 関数
10	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4</imls>	<i>id:</i> " Stone-Masonry"、 <i>dist:</i> LN は対数正規分布関数による vulnerability 関数 imls: intensity measure levels
11	<meanLRs>0.0001 0.022 0.077 0.112 0.13 0.139 0.144 0.147 </meanLRs>	<i>imt:</i> intensity measure type は PGA meanLRs: 平均損害率
12	<covLRs>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
13	</vulnerabilityFunction>	vulnerabilityFunction 終了タグ
14	<vulnerabilityFunction dist="LN" id="Adobe">	vulnerabilityFunction: vulnerability 関数
15	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4</imls>	<i>id:</i> " Adobe"、 <i>dist:</i> LN は対数正規分布関数による vulnerability 関数 imls: intensity measure levels
16	<meanLRs>0.0001 0.025 0.082 0.116 0.133 0.141 0.145 0.147 </meanLRs>	<i>imt:</i> intensity measure type は PGA meanLRs: 平均損害率
17	<covLRs>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>	vulnerabilityFunction 終了タグ
19	<vulnerabilityFunction dist="LN" id="Concrete">	vulnerabilityFunction: vulnerability 関数
20	<imls imt="PGA">0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4</imls>	<i>id:</i> "Concrete"、 <i>dist:</i> LN は対数正規分布関数による vulnerability 関数 imls: intensity measure levels
21	<meanLRs>0.0001 0.022 0.088 0.137 0.165 0.18 0.188 0.193 </meanLRs>	<i>imt:</i> intensity measure type は PGA meanLRs: 平均損害率
22	<covLRs>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
23	</vulnerabilityFunction>	vulnerabilityFunction 終了タグ
24	<vulnerabilityFunction dist="LN" id="Unreinforced-Brick-Masonry">	vulnerabilityFunction: vulnerability 関数
25	<imls imt="PGA"> 0.0001 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4</imls>	<i>id:</i> "Unreinforced-Brick-Masonry"、 <i>dist:</i> LN は対数正規分布関数による vulnerability 関数 imls: intensity measure levels
26	<meanLRs>0.0001 0.014 0.062 0.099 0.121 0.133 0.14 0.144 </meanLRs>	<i>imt:</i> intensity measure type は PGA meanLRs: 平均損害率
27	<covLRs>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
28	</vulnerabilityFunction>	vulnerabilityFunction 終了タグ
29	</vulnerabilityModel>	vulnerabilityModel 終了タグ
30	</nrml>	nrml 終了タグ

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）。

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

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

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）。

表 3.6.8 Scenario Risk の出力結果一覧

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
総合損失額	aggllosses-rlzs	csv 形式
資産ごとの損失データ	losses_by_asset	nrml 形式 csv 形式 geojson 形式

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。

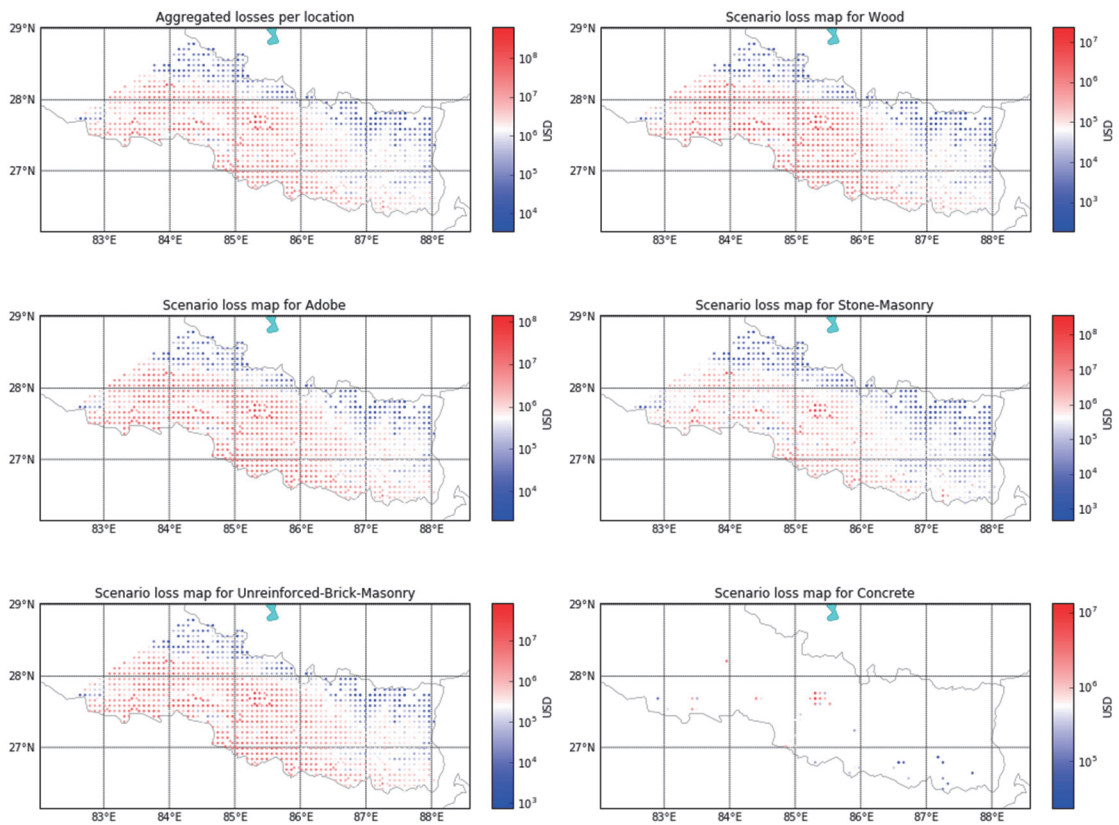


図 3.6.34 Scenario Risk の計算による建物分類ごとのロスマップ

(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	V_{s30} (m/s)
15 reference_vs30_type = measured	V_{s30} のタイプ
16 reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	$V_s=2.5\text{km/s}$ となる深さ(km)
17 reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	$V_s=1.0\text{km/s}$ 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, 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(0.025)": [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, 0.007, 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, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13]}	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
25	truncation_level = 3.0	切断正規分布の有界レベル
26	maximum_distance = 200	計算する最大距離(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 nrmf 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)。

表 3.6.9 Classical Damage の出力結果一覧

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

(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 3.6.25 Classical Risk で使用する設定ファイル

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	$V_{s30}(m/s)$
15 reference_vs30_type = measured	V_{s30} のタイプ
16 reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	$V_s=2.5km/s$ となる深さ(km)
17 reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	$V_s=1.0km/s$ 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

	ファイル内容	説明
24	<code>intensity_measure_types_and_levels = {"PGA": [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(0.025)": [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, 0.007, 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, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13]}</code>	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
25	<code>truncation_level = 3.0</code>	切断正規分布の有界レベル
26	<code>maximum_distance = 200</code>	計算する最大距離
27	<code>investigation_time = 50.0</code>	発生確率の対象期間(年)
28		
29	<code>[risk_calculation]</code>	
30	<code>lrem_steps_per_interval= 1</code>	vulnerability 関数の補間間隔
31	<code>conditional_loss_poes= 0.10, 0.02</code>	条件付き超過確率 10%、2%
32		
33	<code>[exposure]</code>	
34	<code>exposure_file = exposure_model.xml</code>	exposure モデルファイル
35	<code>[Vulnerability model]</code>	
36	<code>structural_vulnerability_file structural_vulnerability_model.xml</code>	= 構造物の Vulnerability モデルファイル
37	<code>nonstructural_vulnerability_file nonstructural_vulnerability_model.xml</code>	= 非構造物の Vulnerability モデルファイル
38	<code>occupants_vulnerability_file occupants_vulnerability_model.xml</code>	= 居住者の Vulnerability モデルファイル
39		
40	<code>[hazard_outputs]</code>	
41	<code>hazard_maps = true</code>	ハザードマップを出力する
42	<code>uniform_hazard_spectra = true</code>	一様ハザードマップを出力する
43	<code>poes = 0.1 0.02</code>	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 nrm1 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。

表 3.6.10 Classical Risk の出力結果一覧

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	csv 形式
震源グループ	sourcegroups	
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

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。

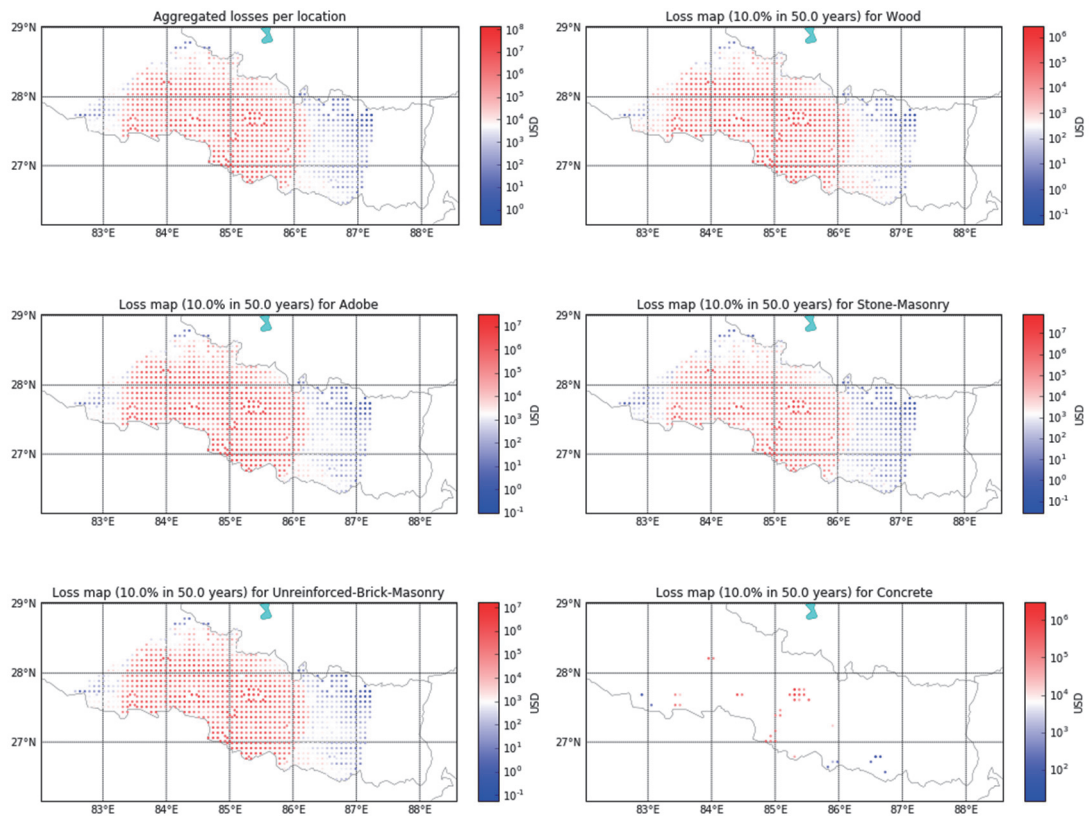


図 3. 6. 35 建物分類ごとのロスマップ

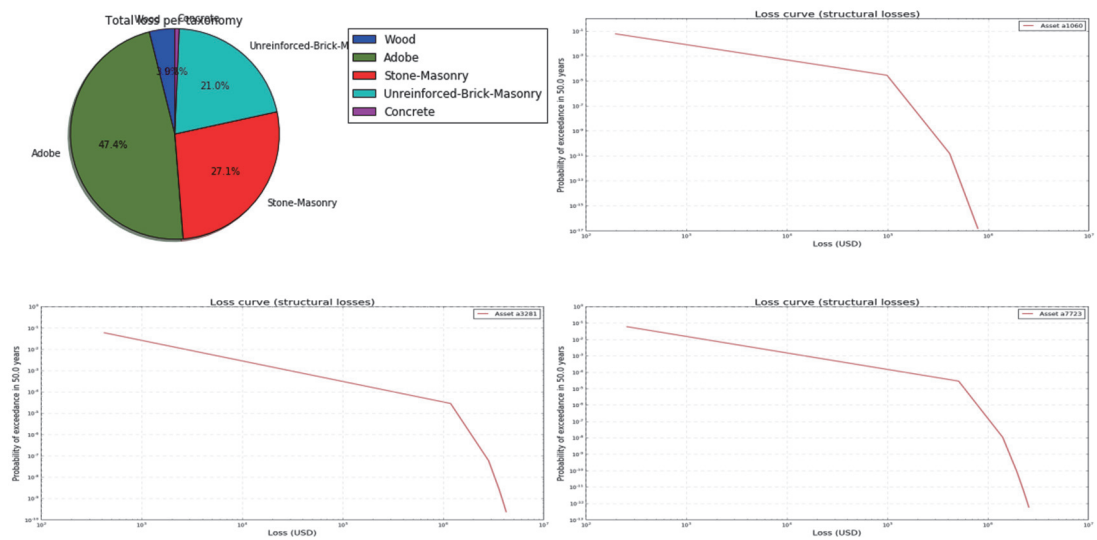


図 3. 6. 36 資産ごとのロスカーブ

(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 3. 6. 26 Event-based Risk で使用する設定ファイル

	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	$V_{s30}(m/s)$
16	reference_vs30_type = measured	V_{s30} のタイプ
17	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	$V_s=2.5km/s$ となる深さ(km)
18	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	$V_s=1.0km/s$ 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

ファイル内容	説明
25 intensity_measure_types_and_levels = {"PGA": [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(0.025)": [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, 0.007, 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, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13]}	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
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 モデルファイル
43 nonstructural_vulnerability_file	= 非構造物の Vulnerability モデルファイル
44 occupants_vulnerability_file	= 居住者の Vulnerability モデルファイル
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 3.6.27 Classical BCR で使用する設定ファイル

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

	ファイル内容	説明
24	<pre>intensity_measure_types_and_levels = {"PGA": [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(0.025)": [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, 0.007, 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, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13]}</pre>	<p>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</p>
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 = structural_vulnerability_model.xml	= 構造物の vulnerability モデル
39	structural_vulnerability_retrofitted_file = vulnerability_model_retrofitted.xml	= 構造物の改修費の vulnerability モデル
40		
41	[hazard_outputs]	
42	hazard_maps = true	ハザードマップを出力する
43	uniform_hazard_spectra = true	一様ハザードマップを出力する
44	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。