

3.3 計算の概要

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

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

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

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

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

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

3.3.1 設定ファイル

(1) 設定ファイルの概要

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

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

1. general: 一般的な設定セクション
2. sites: 計算地点セクション
3. logic_tree: ロジックツリーセクション
4. erf: Earthquake rupture forecast セクション

5. site_params: サイトパラメータセクション
6. correlation: 地震動の補正モデルに関するセクション
7. hazard_calculation: ハザード計算用のパラメータセクション
8. event_based_params: Event-based PSHA 用のパラメータセクション
9. risk_calculation: リスク計算用のパラメータセクション
10. disaggregation: Disaggregation 用のパラメータセクション
11. exposure: リスク計算用の exposure に関するパラメータセクション
12. boundaries: リスク計算を行いたい領域を指定するセクション
13. hazard: ハザード計算に関するパラメータセクション
14. fragility: リスク計算用の fragility モデルに関するパラメータセクション
15. consequence: リスク計算用の consequence モデルに関するパラメータセクション
16. vulnerability: リスク計算用の vulnerability モデルに関するパラメータセクション
17. hazard_outputs: ハザードの出力に関するセクション
18. risk_outputs: ハザードの出力に関するセクション

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

[セクション] 変数名=値

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

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

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

ファイル 3.3.1 設定ファイルのサンプル

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

ファイル内容	
10	number_of_logic_tree_samples = 0
11	source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml
12	gsim_logic_tree_file = gmpe_logic_tree.xml
13	
14	[erf]
15	rupture_mesh_spacing = 5.0
16	width_of_mfd_bin = 0.1
17	area_source_discretization = 5.0
18	
19	[site_params]
20	reference_vs30_types = measured
21	reference_vs30_value = 600.0
22	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0
23	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0
24	
25	[hazard_calculation]
26	random_seed = 23
27	investigation_time = 50.0
28	intensity_measure_types_and_levels = {"PGV": [2, 4, 6, 8, 10]}
29	truncation_level = 3
30	maximum_distance = 200.0
31	
32	[hazard_outputs]
33	export_dir = /tmp
34	mean_hazard_curves =
35	hazard_maps = true
36	uniform_hazard_spectra = true
37	poes = 0.1 0.02

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

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

(2) 各セクションの説明

1) general セクション

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

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

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

表 3.3.1 general セクション

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

*太字は必須パラメータ

2) sites セクション

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

計算地点・領域の設定方法は主に以下の 4 つの方法である。

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

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

表 3.3.2 sites セクション

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

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

3) logic_tree セクション

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

表 3.3.3 logic_tree セクション

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

4) erf セクション

erf セクションでは、断層面から地震動強さを求める際に、必要となるパラメータを設定する。erf とは、Earthquake Rupture Forecast の頭文字である。指定可能なパラメータを表 3.3.4 に示した。rupture_mesh_spacing は、地震動予測式を使用して断層面からの断層最短距離を求める際、あるいは、スケーリング則に従って断層面を作成する場合に、断層面を構成する最小サイズを設定する。この値が小さければ、距離や面積の精度は高くなるが、

計算時間は長くなる。`rupture_mesh_spacing` を大きくすると、断層面を表現できない場合もあるため、計算する最小のマグニチュードとスケーリング則の関係などを把握しておく必要がある。

表 3.3.4 erf セクション

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

5) `site_params` セクション

`site_params` セクションでは、地震動予測式中で使用される観測点情報などを記述する。OpenQuake-engine では、対応する地震動予測式中において、表層 30m の平均 S 波速度 (V_{s30})、S 波速度が“2.5km/s”となる深さや“1.0km/s”となる深さを観測点のパラメータとして使用することができる。パラメータは、`nrml` 形式のファイルを指定することも可能である。指定可能なパラメータを表 3.3.5 に示した。`site_model_file` で指定可能なファイルは、後述する Input Preparation Toolkit で作成可能である。

表 3.3.5 `site_params` セクション

パラメータ	説明	選択肢	モード
[<code>site_params</code>]	<code>site_params</code> セクション		
<code>reference_vs30_type</code>	参照する V_{s30} のタイプ	measured inferred	Hazard
<code>reference_vs30_value</code>	V_{s30} の値	任意の数字 (m/s)	Hazard
<code>reference_depth_to_2pt5km_per_sec</code>	$V_{s30}=2.5\text{km/s}$ となる深さ	任意の数字 (km)	Hazard
<code>reference_depth_to_1pt0km_per_sec</code>	$V_{s30}=1.0\text{km/s}$ となる深さ	任意の数字 (m)	Hazard
<code>site_model_file</code>	上記のパラメータを <code>nrml</code> 形式のファイルで利用することも可能	ファイル名	Hazard

6) `correlation` セクション

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

表 3.3.6 correlation セクション

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

7) hazard_calculation セクション

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

表 3.3.7 hazard_calculation セクション

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

8) event_based_params

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

表 3.3.8 event_based_params

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

9) disaggregation セクション

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

表 3.3.9 disaggregation セクション

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

10) risk_calculation セクション

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

表 3.3.10 risk_calculation セクション

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

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

11) exposure セクション

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

表 3.3.11 exposure セクション

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

12) boundaries セクション

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

表 3.3.12 boundaries セクション

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

13) hazard セクション

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

表 3.3.13 hazard セクション

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

14) fragility セクション

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

表 3.3.14 fragility セクション

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

15) consequence セクション

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

のとおりである。

表 3.3.15 consequence セクション

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

16) vulnerability セクション

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

表 3.3.16 vulnerability セクション

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

17) hazard_outputs セクション

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

表 3.3.17 hazard_outputs セクション

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

パラメータ	説明	選択肢	モード
export_dir	出力するフォルダ	フォルダ名	Hazard, Risk
mean_hazard_curves	平均のハザードカーブの出力	true / false	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)
quantile_hazard_curves	分位数のハザードカーブの出力	任意の数字	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)
uniform_hazard_spectra	一様ハザードスペクトルの出力	true / false	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)
individual_curves	ロジックツリーブランチごとのファイルの出力	true / false	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)
hazard_maps	ハザードマップの出力	true / false	H (classical) H (event_based)
save_ruptures	断層モデルに関する情報の出力	true / false	H (event_based)
ground_motion_fields	地震動強さの分布の出力	true / false	H (event_based)
hazard_curves_from_gmfs	gmfs から計算したハザードカーブの出力	true / false	H (event_based)
poes	超過確率 (Probabilities of exceedance (PoEs))	任意の数字	H (classical) H (event_based) H (disaggregation)

*太字は、デフォルトの選択肢

18) risk_outputs セクション

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

表 3.3.18 risk_outputs セクション

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

*太字は、デフォルトの選択肢

3.3.2 ハザード

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

1. 設定ファイル

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

2. 震源モデルを記述したロジックツリーファイル

初期震源と対象領域内の地震活動度をモデル化するために必要とされる不確定性のセット。このロジックツリーファイル中では、任意の数の震源モデルファイルを不確定性として参照する。

✓ 任意の震源モデルファイル

震源モデルロジックツリーで参照される初期震源モデル

3. 地震動モデルを記述したロジックツリーファイル

対象領域内の地震動をモデル化するために必要とされるロジックツリー。テクトニックタイプごとに地震動予測式を設定する。

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

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

1. 設定ファイル

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

2. 断層モデルファイル

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

(1) Logic Tree ファイル (ロジックツリーファイル)

1) 概要

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

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

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

ファイル 3.3.2 ロジックツリーファイルのサンプル

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>	XML 宣言
2 <nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.4">	nrml 開始タグ <i>xmlns</i> : XML 名前空間
3 <logicTree logicTreeID="LT_ID">	logicTree : ロジックツリー <i>logicTreeID</i> : ID
4 <logicTreeBranchingLevel branchingLevelID="BL_ID">	logicTreeBranchingLevel : ブランチ レベル <i>branchingLevelID</i> : ID
5 <logicTreeBranchSet branchSetID="BS_ID" uncertaintyType="TYPE">	logicTreeBranchSet : ブランチセット <i>branchSetID</i> : ID、 <i>uncertaintyType</i> : タ イプ
6 <logicTreeBranch branchID="B_ID">	logicTreeBranch : ブランチ <i>branchID</i> : ID
7 <uncertaintyModel>MODEL</uncertaintyModel>	uncertaintyModel : モデル
8 <uncertaintyWeight>WEIGHT</uncertaintyWeight>	uncertaintyWeight : 重み
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

2) uncertaintyType 属性

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

表 3.3.19 `uncertaintyType` 属性

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

(2) Source Typologies (震源モデルの分類)

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

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

地震の発生確率を必要としない震源モデル分類であり、Scenario-based Hazard の計算に使用される。Scenario-based Hazard は地震の発生確率を必要としない、いわゆる、震源断層を特定した地震動の解析である。Sources となっているが、発生確率を含まない断層モデルである。

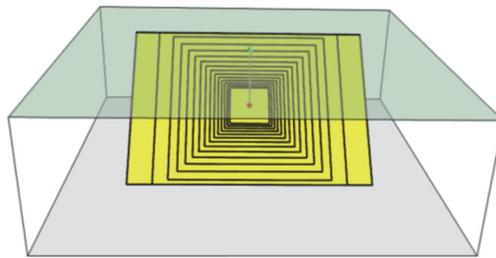
 - ✓ Planar fault rupture: 1 つの四角形の面で表現される断層モデル
 - ✓ Multi-planar fault rupture: 複数の四角形の面で表現される断層モデル
 - ✓ Simple fault rupture: 地表活断層の断層トレースから表現される断層モデル
 - ✓ Complex fault rupture: 複雑な幾何形状の断層モデル

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

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

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

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



(by Global Earthquake Model⁴⁾)

図 3.3.1 Point source の概要

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

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

- Area source の場合、地震活動度は震源モデル全体で一様に分布する。
 - 地震活動度が一様でない場合は、Grid source を用いる
 - 地震の一時発生モデルはポアソン過程に基づく
 - 現時点 (2017 年 3 月) では BPT 分布等の発生過程の計算はできない
- 以降、それぞれの震源分類についてももう少し詳しく説明する。

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

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

① Planar fault rupture

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

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

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

ファイル 3.3.3 Planar fault rupture のサンプル

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>	XML 宣言
2 <nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.4">	nrml : NRML 開始タグ <i>xmlns</i> : XML 名前空間
3 <singlePlaneRupture>	singlePlaneRupture : 断層面を4点で表現する場合
4 <magnitude>7.0</magnitude>	magnitude : マグニチュード
5 <rake>90.0</rake>	rake : すべり角(°)
6 <hypocenter lon="135.0" lat="35.0" depth="10.0"/>	hypocenter : 震源位置 <i>lon</i> : 経度(°)、 <i>lat</i> : 緯度(°)、 <i>depth</i> : 深さ(km)
7 <planarSurface strike="135.0" dip="60.0">	planarSurface : 断層面 <i>strike</i> : 走向(°)、 <i>dip</i> : 傾斜(°)
8 <topLeft lon="134.87" lat="35.168" depth="2.1205"/>	topLeft : 左上の座標
9 <topRight lon="135.2" lat="34.89" depth="2.1205"/>	topRight : 右上の座標
10 <bottomLeft lon="134.79" lat="35.11" depth="17.88"/>	bottomLeft : 左下の座標
11 <bottomRight lon="135.13" lat="34.832" depth="17.88"/>	bottomRight : 右下の座標 <i>lon</i> : 経度(°)、 <i>lat</i> : 緯度(°)、 <i>depth</i> : 深さ(km)
12 </planarSurface>	planarSurface 終了タグ
13 </singlePlaneRupture>	singlePlaneRupture 終了タグ
14 </nrml>	nrml 終了タグ

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

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

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

② Multi-planar fault rupture

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

③ Simple fault rupture

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

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

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

ファイル 3.3.4 Simple fault rupture のサンプル

	ファイル内容	説明
1	<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>	XML 宣言
2	<nrml 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 : 断層面を地表トレースなどで表現する場合
4	<magnitude>7.0</magnitude>	magnitude : マグニチュード

* 2 行目で `gml` 名前空間を宣言している。

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

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

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

④ Complex fault rupture

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

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

ファイル 3.3.5 Complex fault rupture のサンプル

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>	XML 宣言
2 <nrml 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

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

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

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

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

① Point sources

Point sources の簡単な特徴は以下のとおりである。

- 断層面は四角形形状
- 震央は断層の中心

- 断層面は、地表と地震発生上限・下限深さによって上下面を制限される

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

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

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

ファイル 3.3.6 Point source のサンプル

ファイル内容	説明
1 <?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>	XML 宣言
2 <nrml 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
4 <sourceGroup name="group 1" tectonicRegion="Active Shallow Crust">	<i>name</i> : 簡単な説明 sourceGroup : 震源グループ <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ
5 <pointSource id="1" name="Point Source" tectonicRegion="Active Shallow Crust">	pointSource : 点震源 <i>id</i> : ID、 <i>name</i> : 震源タイプ、 <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ
6 <pointGeometry>	pointGeometry : 点
7 <gml:Point>	gml:Point : GML 名前空間での Point
8 <gml:pos>135.0 35.0</gml:pos>	gml:pos : 位置情報（経度(°) 緯度(°)）
9 </gml:Point>	gml:Point 終了タグ
10 <upperSeismoDepth>0.0</upperSeismoDepth>	upperSeismoDepth : 地震発生深さ上限(km)
11 <lowerSeismoDepth>10.0</lowerSeismoDepth>	lowerSeismoDepth : 地震発生深さ下限(km)
12 </pointGeometry>	pointGeometry 終了タグ
13 <magScaleRel>WC1994</magScaleRel>	magScaleRel : スケーリング則
14 <ruptAspectRatio>1.5</ruptAspectRatio>	ruptAspectRatio : 断層面のアスペクト比

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

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

表 3.3.23 ファイル 3.3.6 のパラメータ説明

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

② Grid source

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

③ Area source

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

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

ポリゴンで表現する (7~18行)。

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

ファイル 3.3.7 Area source のサンプル

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>	XML 宣言
2 <nrml 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="Area Source Example">	sourceModel
4 <sourceGroup name="g1" tectonicRegion="Active Shallow Crust">	<i>name</i> : 簡単な説明 sourceGroup : 震源グループ <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ
5 <areaSource id="2" name="Area Source" tectonicRegion="Active Shallow Crust">	areaSource : 領域内震源 <i>id</i> : ID、 <i>name</i> : 震源タイプ、 <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ
6 <areaGeometry>	areaGeometry : 領域
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
11 135.0 35.0	経度 1(°) 緯度 1(°)
12 135.2 35.0	経度 2(°) 緯度 2(°)
13 135.2 35.2	経度 3(°) 緯度 3(°)
14 135.0 35.2	経度 4(°) 緯度 4(°)
15 </gml:posList>	<i>gml:posList</i> 終了タグ
16 </gml:LinearRing>	<i>gml:LinearRing</i> 終了タグ
17 </gml:exterior>	<i>gml:exterior</i> 終了タグ
18 </gml:Polygon>	<i>gml:Polygon</i> 終了タグ
19 <upperSeismoDepth>0.0</upperSeismoDepth>	upperSeismoDepth : 地震発生深さ上限(km)
20 <lowerSeismoDepth>10.0</lowerSeismoDepth>	lowerSeismoDepth : 地震発生深さ下限(km)
21 </areaGeometry>	<i>areaGeometry</i> 終了タグ
22 <magScaleRel>WC1994</magScaleRel>	magScaleRel : スケーリング則
23 <ruptAspectRatio>1.0</ruptAspectRatio>	ruptAspectRatio : 断層面のアスペクト比
24 <truncGutenbergRichterMFD aValue="4.5" bValue="1.0" minMag="5.0" maxMag="6.5" />	truncGutenbergRichterMFD : マグニチュード別度数分布 <i>aValue</i> : a値、 <i>bValue</i> : b値、 <i>minMag</i> : 最小 M、 <i>maxMag</i> : 最大 M
25 <nodalPlaneDist>	nodalPlaneDist : 断層面の分布
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(°)
27 </nodalPlaneDist>	<i>nodalPlaneDist</i> 終了タグ
28 <hypoDepthDist>	hypoDepthDist : 震源深さ分布

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

表 3.3.24 ファイル 3.3.7 のパラメータ説明

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

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

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

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

ここでは、断層面上を移動する断層モデルのみを説明する。

① Simple fault source

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

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

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

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

ファイル 3.3.8 Simple fault source のサンプル

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>	XML 宣言
2 <nrml 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 <i>name</i> : 簡単な説明
4 <sourceGroup name="group 1" 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 : シンプルな断層 <i>id</i> : ID、 <i>name</i> : 震源タイプ、 <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ
6 <simpleFaultGeometry>	simpleFaultGeometry : simple fault
7 <gml:LineString>	gml:LineString : simple fault の線
8 <gml:posList>	gml:posList : 位置のリスト
9 135.0000 35.0000	始点の経度(°) 緯度(°)
10 135.3896 35.3273	終点の経度(°) 緯度(°)
11 </gml:posList>	gml:posList 終了タグ
12 </gml:LineString>	gml:LineString 終了タグ
13 <dip>45.0</dip>	dip : 傾斜角
14 <upperSeismoDepth>10.0</upperSeismoDepth>	upperSeismoDepth : 地震発生深さ上限(km)
15 <lowerSeismoDepth>20.0</lowerSeismoDepth>	lowerSeismoDepth : 地震発生深さ下限(km)
16 </simpleFaultGeometry>	simpleFaultGeometry 終了タグ
17 <magScaleRel>WC1994</magScaleRel>	magScaleRel : スケーリング則
18 <ruptAspectRatio>1.5</ruptAspectRatio>	ruptAspectRatio : 断層面のアスペクト比
19 <incrementalMFD minMag="5.0" binWidth="0.1">	incrementalMFD : マグニチュード別度数分布 <i>minMag</i> : 最小 M、 <i>binWidth</i> : マグニチュードの刻み
20 <occurRates>0.0011 0.0008 0.0007 0.0006 0.0005</occurRates>	occurRates : 発生確率 incrementalMFD で指定した 5.0~5.4 の場合の発生確率
21 </incrementalMFD>	incrementalMFD 終了タグ
22 <rake>30.0</rake>	rake : すべり角
23 <hypoList>	hypoList : 断層面
24 <hypo alongStrike="0.25" downDip="0.25" weight="0.25"/>	hypo : 震源

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

表 3.3.25 ファイル 3.3.8 のパラメータ説明

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

② Complex fault source

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

びサンプルデータの説明を表 3.3.26 に示す。

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

ファイル 3.3.9 Complex fault source のサンプル

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

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

表 3.3.26 ファイル 3.3.9 のパラメータ説明

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

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

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

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

① Characteristic fault source

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

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

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

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

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>	XML 宣言
2 <nrml 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 Characteristic Fault Source">	sourceModel
4 <sourceGroup name="group 1" tectonicRegion="Volcanic">	<i>name</i> : 簡単な説明 sourceGroup : 震源グループ <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ
5 <characteristicFaultSource id="5" name="characteristic source, simple fault" tectonicRegion="Volcanic">	characteristicFaultSource : Characteristic faults <i>id</i> : ID、 <i>name</i> : 震源タイプ、 <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ
6 <truncGutenbergRichterMFD aValue="-3.6" bValue="1.0" minMag="5.2" maxMag="6.4" />	truncGutenbergRichterMFD : マグニチュード別度数分布 <i>aValue</i> : a 値、 <i>bValue</i> : b 値、 <i>minMag</i> : 最小 M、 <i>maxMag</i> : 最大 M
7 <rake>90.0</rake>	rake : すべり角
8 <surface>	surface : 断層面
9 <simpleFaultGeometry>	simpleFaultGeometry : simple fault
10 <gml:LineString>	gml:LineString : simple fault の線
11 <gml:posList>	gml:posList : 位置のリスト
12 -121.82290 37.73010	始点の経度(°) 緯度(°)
13 -122.03880 37.87710	終点の経度(°) 緯度(°)
14 </gml:posList>	gml:posList 終了タグ
15 </gml:LineString>	gml:LineString 終了タグ
16 <dip>45.0</dip>	dip : 傾斜角
17 <upperSeismoDepth>10.0</upperSeismoDepth>	upperSeismoDepth : 地震発生深さ上限(km)
18 <lowerSeismoDepth>20.0</lowerSeismoDepth>	lowerSeismoDepth : 地震発生深さ下限 (km)
19 </simpleFaultGeometry>	simpleFaultGeometry 終了タグ
20 </surface>	surface 終了タグ
21 </characteristicFaultSource>	characteristicFaultSource 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

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

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>	XML 宣言
2 <nrml 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 Characteristic Fault Source with Complex Fault Geometry">	sourceModel
4 <sourceGroup name="group 1" tectonicRegion="Volcanic">	<i>name</i> : 簡単な説明 sourceGroup : 震源グループ <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ

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

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

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>	XML 宣言
2 <nrml 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 Characteristic Fault Source defined by a sequence of Planar Surfaces">	sourceModel <i>name:</i> 簡単な説明
4 <sourceGroup name="group 1" tectonicRegion="Volcanic">	sourceGroup: 震源グループ <i>tectonicRegion:</i> テクトニックタイプ
5 <characteristicFaultSource id="7" name="characteristic source, multi surface" tectonicRegion="Volcanic">	characteristicFaultSource: Characteristic faults <i>id:</i> ID、 <i>name:</i> 震源タイプ、 <i>tectonicRegion:</i> テクトニックタイプ
6 <truncGutenbergRichterMFD aValue="-3.6" bValue="1.0" minMag="5.2" maxMag="6.4" />	truncGutenbergRichterMFD: マグニチュード別度数分布 <i>aValue:</i> a 値、 <i>bValue:</i> b 値、 <i>minMag:</i> 最小 M、 <i>maxMag:</i> 最大 M

ファイル内容	説明
7 <rake>90.0</rake>	rake: すべり角
8 <surface>	surface: 断層面
9 <planarSurface strike="0.0" dip="90.0">	planarSurface: 断層面 1 <i>strike:</i> 走向(°)、 <i>dip:</i> 傾斜(°)
10 <topLeft lon="-1.0" lat="1.0" depth="21.0" />	topLeft: 左上の座標
11 <topRight lon="1.0" lat="1.0" depth="21.0" />	topRight: 右上の座標
12 <bottomLeft lon="-1.0" lat="-1.0" depth="59.0" />	bottomLeft: 左下の座標
13 <bottomRight lon="1.0" lat="-1.0" depth="59.0" />	bottomRight: 右下の座標 <i>lon:</i> 経度(°)、 <i>lat:</i> 緯度(°)、 <i>depth:</i> 深さ
14 </planarSurface>	planarSurface 終了タグ
15 <planarSurface strike="20.0" dip="45.0">	planarSurface: 断層面 2 <i>strike:</i> 走向(°)、 <i>dip:</i> 傾斜(°)
16 <topLeft lon="1.0" lat="1.0" depth="20.0" />	topLeft: 左上の座標
17 <topRight lon="3.0" lat="1.0" depth="20.0" />	topRight: 右上の座標
18 <bottomLeft lon="1.0" lat="-1.0" depth="80.0" />	bottomLeft: 左下の座標
19 <bottomRight lon="3.0" lat="-1.0" depth="80.0" />	bottomRight: 右下の座標 <i>lon:</i> 経度(°)、 <i>lat:</i> 緯度(°)、 <i>depth:</i> 深さ
20 </planarSurface>	planarSurface 終了タグ
21 </surface>	surface 終了タグ
22 </characteristicFaultSource>	characteristicFaultSource 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

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

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

② Non-Parametric fault source

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

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

ファイル内容	説明
1 <?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>	XML 宣言
2 <nrml 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 Non-parametric Fault Source">	sourceModel
4 <sourceGroup name="group 1" tectonicRegion="Some TRT">	<i>name</i> : 簡単な説明 sourceGroup : 震源グループ <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ
5 <nonParametricSeismicSource id="1" name="A Non Parametric (Simple) Source" tectonicRegion="Some TRT">	nonParametricSeismicSource : A Non Parametric faults <i>id</i> : ID、 <i>name</i> : 震源タイプ、 <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ
6 <simpleFaultRupture probs_occur="0.157 0.843">	simpleFaultRupture : simple fault rupture <i>probs_occur</i> : 発生確率
7 <magnitude>7.8</magnitude>	magnitude : マグニチュード
8 <rake>90.0</rake>	rake : すべり角(°)
9 <hypocenter depth="22.341" lat="43.624" lon="147.94"/>	hypocenter : 震源位置 <i>depth</i> : 深さ (km)、 <i>lat</i> : 緯度(°)、 <i>lon</i> : 経度(°)
10 <simpleFaultGeometry>	simpleFaultGeometry : simple fault
11 <gml:LineString>	gml:LineString : simple fault の線
12 <gml:posList>	gml:posList : 位置のリスト
13 147.96 43.202	始点の経度(°) 緯度(°)
14 148.38 43.438	経度(°) 緯度(°)
15 148.51 43.507	経度(°) 緯度(°)
16 148.68 43.603	経度(°) 緯度(°)
17 148.76 43.640	終点の経度(°) 緯度(°)
18 </gml:posList>	<i>gml:posList</i> 終了タグ
19 </gml:LineString>	<i>gml:LineString</i> 終了タグ
20 <dip>30.0</dip>	dip : 傾斜角(°)
21 <upperSeismoDepth>14.5</upperSeismoDepth>	upperSeismoDepth : 地震発生深さ上限(km)
22 <lowerSeismoDepth>35.5</lowerSeismoDepth>	lowerSeismoDepth : 地震発生深さ下限(km)
23 </simpleFaultGeometry>	<i>simpleFaultGeometry</i> 終了タグ
24 </simpleFaultRupture>	<i>simpleFaultRupture</i> 終了タグ
25 </nonParametricSeismicSource>	<i>nonParametricSeismicSource</i> 終了タグ
26 </sourceGroup>	<i>sourceGroup</i> 終了タグ
27 </sourceModel>	<i>sourceModel</i> 終了タグ
28 </nrml>	<i>nrml</i> 終了タグ

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

ファイル内容	説明
1 <?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>	XML 宣言
2 <nrml 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 Non-parametric Fault Source">	sourceModel
4 <sourceGroup name="group 1" tectonicRegion="Some TRT">	<i>name</i> : 簡単な説明 sourceGroup : 震源グループ <i>tectonicRegion</i> : テクトニックタイプ

ファイル内容	説明
5 <nonParametricSeismicSource id="2" name="A Non Parametric (Complex) Source" tectonicRegion="Some TRT">	nonParametricSeismicSource: A Non Parametric faults <i>id:</i> ID、 <i>name:</i> 震源タイプ、 <i>tectonicRegion:</i> テクトニックタイプ
6 <complexFaultRupture probs_occur="0.157 0.843">	complexFaultRupture: simple fault rupture <i>probs_occur:</i> 発生確率
7 <magnitude>7.8</magnitude>	magnitude: マグニチュード
8 <rake>90.0</rake>	rake: すべり角(°)
9 <hypocenter depth="22.341" lat="43.624" lon="147.94"/>	hypocenter: 震源位置 <i>depth:</i> 深さ (km)、 <i>lat:</i> 緯度(°)、 <i>lon:</i> 経度(°)
10 <complexFaultGeometry>	complexFaultGeometry: Complex fault
11 <faultTopEdge>	faultTopEdge: 断層面上端
12 <gml:LineString>	gml:LineString: 線
13 <gml:posList>	gml:posList: 位置のリスト
14 148.76 43.64 5.0	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ
15 148.68 43.603 5.0	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ
16 148.51 43.507 5.0	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ
17 148.38 43.438 5.0	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ
18 147.96 43.202 5.0	上端の経度(°) 緯度(°) 深さ
19 </gml:posList>	gml:posList 終了タグ
20 </gml:LineString>	gml:LineString 終了タグ
21 </faultTopEdge>	faultTopEdge 終了タグ
22 <faultBottomEdge>	faultBottomEdge: 断層面下端
23 <gml:LineString>	gml:LineString: 線
24 <gml:posList>	gml:posList: 位置のリスト
25 147.92 44.002 35.5	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ
26 147.81 43.946 35.5	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ
27 147.71 43.897 35.5	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ
28 147.5 43.803 35.5	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ
29 147.36 43.727 35.5	下端の経度(°) 緯度(°) 深さ
30 </gml:posList>	gml:posList 終了タグ
31 </gml:LineString>	gml:LineString 終了タグ
32 </faultBottomEdge>	faultBottomEdge 終了タグ
33 </complexFaultGeometry>	complexFaultGeometry 終了タグ
34 </complexFaultRupture>	complexFaultRupture 終了タグ
35 </nonParametricSeismicSource>	nonParametricSeismicSource 終了タグ
36 </sourceGroup>	sourceGroup 終了タグ
37 </sourceModel>	sourceModel 終了タグ
38 </nrml>	nrml 終了タグ

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

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>	XML 宣言
2 <nrml 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 Non-parametric Fault Source">	sourceModel <i>name:</i> 簡単な説明
4 <sourceGroup name="group 1" tectonicRegion="Some TRT">	sourceGroup: 震源グループ <i>tectonicRegion:</i> テクトニックタイプ

ファイル内容	説明
5 <nonParametricSeismicSource id="3" name="A Non Parametric Planar Source" tectonicRegion="Some TRT">	nonParametricSeismicSource: A Non Parametric faults
6 <singlePlaneRupture probs_occur="0.544 0.456">	singlePlaneRupture: single plane
7 <magnitude>8.3</magnitude>	probs_occur: 発生確率
8 <rake>90.0</rake>	magnitude: マグニチュード
9 <hypocenter depth="26.101" lat="40.726" lon="143.0"/>	rake: すべり角(°)
10 <planarSurface>	hypocenter: 震源位置
11 <topLeft depth="9.000" lat="41.600" lon="143.100"/>	<i>lat:</i> 緯度(°)、 <i>lon:</i> 経度(°)、 <i>depth:</i> 深さ(km)
12 <topRight depth="9.000" lat="40.200" lon="143.910"/>	planarSurface: 断層面
13 <bottomLeft depth="43.202" lat="41.252" lon="142.07"/>	topLeft: 左上の座標
14 <bottomRight depth="43.202" lat="39.852" lon="142.91"/>	topRight: 右上の座標
15 </planarSurface>	bottomLeft: 左下の座標
16 </singlePlaneRupture>	bottomRight: 右下の座標
17 <multiPlanesRupture probs_occur="0.9244 0.0756">	<i>lon:</i> 経度(°)、 <i>lat:</i> 緯度(°)、 <i>depth:</i> 深さ
18 <magnitude>6.9</magnitude>	planarSurface 終了タグ
19 <rake>0.0</rake>	singlePlaneRupture 終了タグ
20 <hypocenter depth="7.1423" lat="35.296" lon="139.31"/>	multiPlanesRupture: multi planes
21 <planarSurface>	probs_occur: 発生確率
22 <topLeft depth="2.000" lat="35.363" lon="139.160"/>	magnitude: マグニチュード
23 <topRight depth="2.000" lat="35.394" lon="138.990"/>	rake: すべり角(°)
24 <bottomLeft depth="14.728" lat="35.475" lon="139.190"/>	hypocenter: 震源位置
25 <bottomRight depth="14.728" lat="35.505" lon="139.020"/>	<i>lat:</i> 緯度(°)、 <i>lon:</i> 経度(°)、 <i>depth:</i> 深さ(km)
26 </planarSurface>	planarSurface: 断層面 1
27 <planarSurface>	topLeft: 左上の座標
28 <topLeft depth="2.000" lat="35.169" lon="139.340"/>	topRight: 右上の座標
29 <topRight depth="2.000" lat="35.358" lon="139.170"/>	bottomLeft: 左下の座標
30 <bottomLeft depth="12.285" lat="35.234" lon="139.450"/>	bottomRight: 右下の座標
31 <bottomRight depth="12.285" lat="35.423" lon="139.280"/>	<i>lon:</i> 経度(°)、 <i>lat:</i> 緯度(°)、 <i>depth:</i> 深さ(km)
32 </planarSurface>	planarSurface 終了タグ
33 </multiPlanesRupture>	multiPlanesRupture 終了タグ
34 </nonParametricSeismicSource>	nonParametricSeismicSource 終了タグ
35 </sourceGroup>	sourceGroup 終了タグ
36 </sourceModel>	sourceModel 終了タグ
37 </nrml>	nrml 終了タグ

表 3.3.28 ファイル 3.3.13~ファイル 3.3.15 のパラメータ説明

必要なパラメータ	サンプル中のデータ	行番号
断層面を定義する情報	Simple fault (ファイル 3.3.13)	10~23
	Complex fault (ファイル 3.3.14)	10~33

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

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

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

1) A discrete incremental magnitude–frequency distribution

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

```

1 <incrementalMFD minMag="5.05" binWidth="0.1">
2 <occurRates>0.15 0.08 0.05 0.03 0.015</occurRates>
3 </incrementalMFD>

```

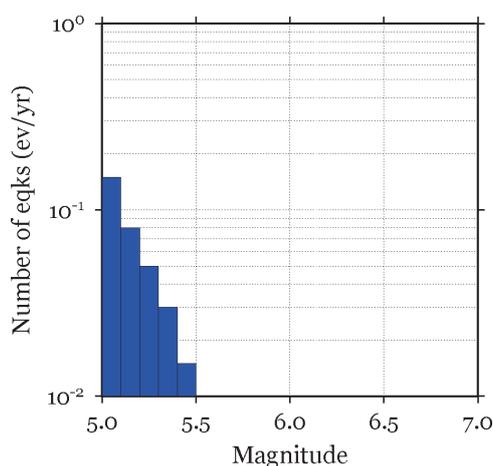


図 3.3.2 A discrete incremental magnitude–frequency distribution

2) A double truncated Gutenberg–Richter distribution

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

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

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

発生確率は以下の式で表され、図 3.3.3 のようになる。

$$m_{lo} = m - \frac{bin}{2}$$

$$m_{hi} = m + \frac{bin}{2}$$

$$rate = 10^{a-bm_{lo}} - 10^{a-bm_{hi}}$$

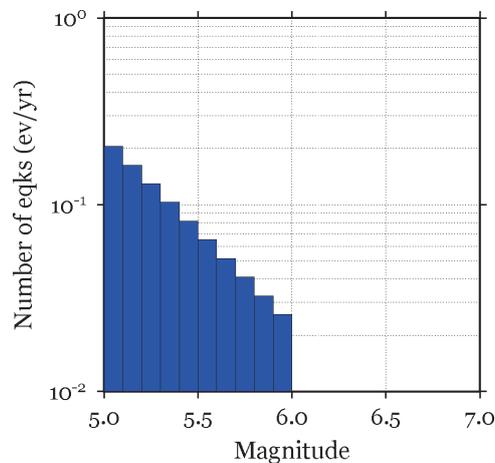


図 3.3.3 A double truncated Gutenberg-Richter distribution

3) Hybrid Characteristic earthquake model (Youngs and Coppersmith (1985)風)

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

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

あるいは

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

4) “Arbitrary” Magnitude Frequency Distribution

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

```

1 <arbitraryMFD>
2 <occurRates>0.12 0.036 0.067 0.2</occurRates>
3 <magnitudes>8.1 8.47 8.68 9.02</magnitude>
4 </arbitraryMFD>

```

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

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

表 3.3.29 スケーリング則

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

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

地震動の計算には、各研究者による Ground Motion Prediction Equation (地震動予測式、以降 GMPE と呼ぶ) が使用される。使用可能な GMPE については、「使用可能な GMPE の一部の紹介」(p.237~) に示した。GMPE は、基本的には 2 パターンの変更方法が考えられる。

1. 設定ファイル中の gsim 変数
2. 地震動予測式ロジックツリーファイル中の gmpeModel 要素

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

<http://docs.openquake.org/>

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

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

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

(6) その他のパラメータ

1) 計算可能な地震動指標

現在 (2017 年 3 月)、OpenQuake-engine を使用して計算できる地震動指標は表 3.3.30 に

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

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

表 3.3.30 計算可能な地震動指標

パラメータ	説明
PGA	Peak Ground Acceleration (g)
PGV	Peak Ground Velocity (cm/sec)
PGD	Peak Ground Displacement (cm)
SA	Spectral acceleration (g) period (sec)、damping (%)が必要
IA	Arias Intensity (m/s) $I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^{T_d} a(t)^2 dt \text{ (m/s)}$
CAV	Cumulative Absolute Velocity (g-sec) $CAV = \sum_{i=1}^N \Delta v_i $
RSD	Relative Significant Duration (sec) Arias Intensity の 5-96%区間
MMI	Modified Mercalli Intensity

2) テクトニックタイプ

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

表 3.3.31 設定可能なテクトニックタイプ

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

3) 震源距離

震源距離は、自動で計算されるため、意識する必要はないが、使用する地震動予測式によって震源距離の計算方法が異なることは把握する必要がある。OpenQuake-engine に組み込み済みの地震動予測式で使われる震源距離を表 3.3.32 に示した。

表 3.3.32 震源距離の種類

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

4) その他のパラメータ

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

表 3.3.33 必要なパラメータ

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

3.3.3 リスク

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

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

1. 設定ファイル

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

2. ハザードの解析結果

3. リスク評価のための各種モデル

- ✓ exposure モデル
- ✓ fragility モデル
- ✓ consequence モデル
- ✓ vulnerability モデル

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

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

(1) exposure モデル

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

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

ファイル 3.3.16 exposure モデルファイルのサンプル

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

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

表 3.3.34 exposure モデルのメタデータセクション

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

*太字は、必須パラメータ

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

表 3.3.35 costType 要素の name 属性に指定可能な変数

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

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

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

表 3.3.36 costType 要素の type 属性

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

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

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

表 3.3.37 area 要素の type 属性

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

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

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

表 3.3.38 **asset** 要素で指定可能な属性

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

*太字は、必須パラメータ

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

(2) fragility モデル

ここでは、fragility モデルについて解説する。fragility モデルは、Scenario Damage や Classical Probabilistic Seismic Damage といった“Damage”の計算時に必要となる。これらの計算時には、exposure モデルで指定した建物分類ごとの fragility 関数を定義する必要がある。

fragility モデルは、「ある地震動指標と、ある建物等の被害状態の超過確率との関係を記

述した fragility 関数」のセットとして定義される。fragility 関数は、離散データあるいは連続的なフォーマットのいずれかで定義され、fragility モデルファイルは、どちらのタイプの fragility 関数でも同時に含むことができる。離散データによる fragility 関数では、超過確率の値と地震動強さの値は同じ数の分だけ定義する必要がある。一方で、連続関数として使用するには、対数正規累積分布関数を使用する。

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

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

ファイル 3.3.17 fragility model ファイルのサンプル

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>	XML 宣言
2 <nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	nrml : NRML 開始タグ
3 <fragilityModel id="fragility_example" assetCategory="buildings" lossCategory="structural">	fragilityModel : fragility モデル <i>id</i> : ID、 <i>assetCategory</i> : 資産区分、 <i>lossCategory</i> : 損失区分
4 <description>Fragility Model Example</description>	description : 簡単な説明
5 <limitStates>slight moderate extensive complete</limitStates>	limitStates : 被害状態
6 <fragilityFunction id="Woodframe_TwoStorey" format="discrete">	fragilityFunction : fragility 関数 <i>id</i> : ID、 <i>format</i> : フォーマット
7 <imls imt="PGA" noDamageLimit="0.05">0.005 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2</imls>	imls : intensity measure levels <i>imt</i> : intensity measure type、 <i>noDamageLimit</i> : 被害なしの制限値
8 <poes ls="slight">0.0 0.01 0.15 0.84 0.99 1.00 1.00</poes>	poes : probabilities of exceedance <i>ls</i> : limit state
9 <poes ls="moderate">0.0 0.0 0.01 0.12 0.35 0.57 0.74</poes>	limitStates 要素で指定した被害状態 ごとに、 <i>imls</i> で指定した地震動指標 の場合の被害率を指定する
10 <poes ls="extensive">0.0 0.0 0.0 0.08 0.19 0.32 0.45</poes>	
11 <poes ls="complete">0.0 0.0 0.0 0.06 0.17 0.26 0.35</poes>	
12 </fragilityFunction>	fragilityFunction 終了タグ
13 <fragilityFunction id="RC_LowRise" format="continuous" shape="logncdf">	fragilityFunction : fragility 関数 <i>id</i> : ID、 <i>format</i> : フォーマット、 <i>shape</i> : 形状
14 <imls imt="SA(0.3)" noDamageLimit="0.05" minIML="0.0" maxIML="5.0"/>	imls : intensity measure levels <i>imt</i> : 地震動指標、 <i>noDamageLimit</i> : 被 害なしの制限値、 <i>minIML</i> : 最小の地 震動強さ、 <i>maxIML</i> : 最大の地震動強 さ
15 <params ls="slight" mean="0.50" stddev="0.10"/>	params : 対数正規分布のパラメータ <i>ls</i> : limit state、 <i>mean</i> : 平均、 <i>stddev</i> : 標 準偏差
16 <params ls="moderate" mean="1.00" stddev="0.40"/>	
17 <params ls="extensive" mean="1.50" stddev="0.90"/>	limitStates 要素で指定した被害状態 ごとに、対数正規累積分布関数のパ ラメータを指定
18 <params ls="complete" mean="2.00" stddev="1.60"/>	
19 </fragilityFunction>	fragilityFunction 終了タグ

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

始めに、fragility モデルの一般情報を記述する。このメタデータセクション中（ファイル 3.3.17 中の 3~5 行目）の情報は fragility モデル内のすべての関数に共通で、すべての fragility モデルの始めの部分に含まれている必要がある。メタデータセクション中のパラメーター一覧を表 3.3.39 に示した。

表 3.3.39 fragility モデルファイルのメタデータセクション

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

*太字は、必須パラメータ

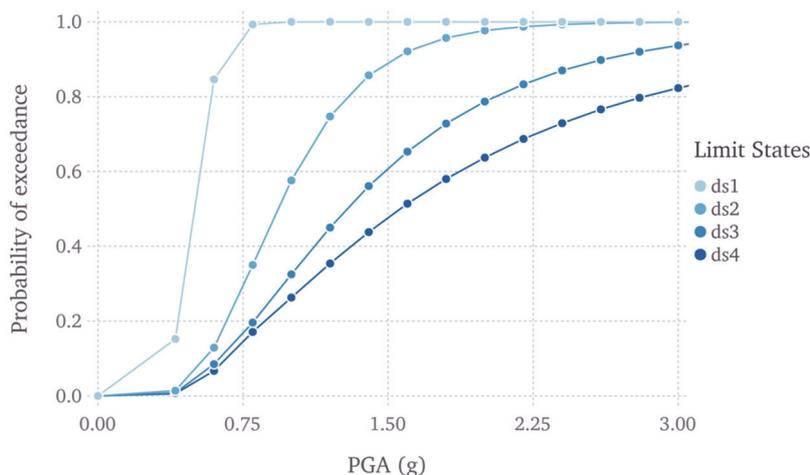
次に、各被害状態の fragility 関数を建物分類ごとに記述する。離散化データを使用した fragility 関数で使用するパラメーターの一覧を表 3.3.40、サンプルを図 3.3.4 に、連続関数によるパラメーターを表 3.3.41、サンプルを図 3.3.5 に示した。

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

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

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

*太字は、必須パラメータ



(by Global Earthquake Model⁴⁾)

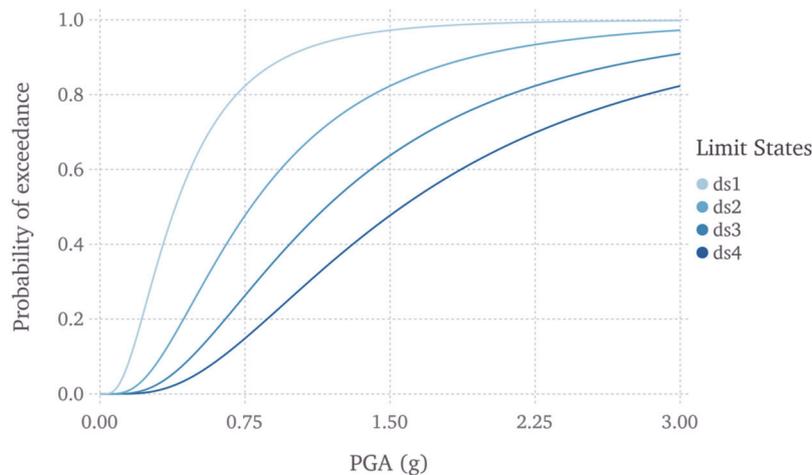
図 3.3.4 離散化データを使用した fragility 関数

表 3.3.41 連続関数を使用した fragility 関数で使用するパラメータ

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

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

*太字は、必須パラメータ



(by Global Earthquake Model⁴⁾)

図 3.3.5 連続関数を使用した fragility 関数

(3) consequence モデル

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

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

1. メタデータセクション (ファイル 3.3.18 中の 3~5 行目)

consequence についての一般的な情報を記述する

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

ファイル 3.3.18 consequence モデルファイルのサンプル

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

始めに、consequence モデルの一般情報に関する記述がある。このメタデータセクション中（ファイル 3.3.18 中の 3~5 行目）の情報は consequence モデル中のすべての関数に共通で、すべての consequence モデルの始めに含まれる必要がある。メタデータセクション中のパラメータ一覧を表 3.3.42 に示した。

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

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

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

*太字は、必須パラメータ

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

表 3.3.43 consequence 関数を定義する属性

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

*太字は、必須パラメータ

(4) vulnerability モデル

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

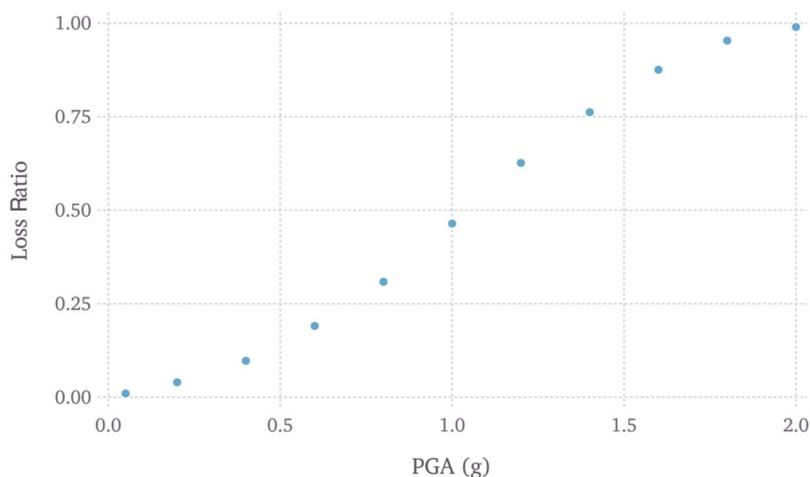
vulnerability モデル（ある地震動強さにおける平均的な損害率 (loss ratio)）のグラフの例を図 3.3.6 に示した。離散データによる vulnerability モデルでは、それぞれの損害率の不確定性は表現されない。損害率の不確定性を表現するには、入力ファイル中で損害率ごとの変動係数と確率分布を用いる。確率分布は、現在、対数正規分布 (lognormal (LN))、ベータ分布 (beta (BT)) を用いるか、地震動レベルにおける損害率の離散確率質量分布 (discrete probability mass (PM)³ distribution) を指定する。対数正規分布を使用して様々な地震動強さでの損害率の不確定性をモデル化した例を図 3.3.7 に示した。

一般的には、**vulnerability** 関数を定義することで、地震動強さにおける損害率の分布を特定することになる。損害率分布は、離散データあるいは連続関数どちらを用いても定義でき、**vulnerability** モデルファイルは両方の **vulnerability** 関数を同時に含むことも可能である。ある地震動強さに対する決定論的な損害率を使って **vulnerability** 関数を定義することも可能である（たとえば、条件付き損害率中の不確定性を無視するなど）。

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

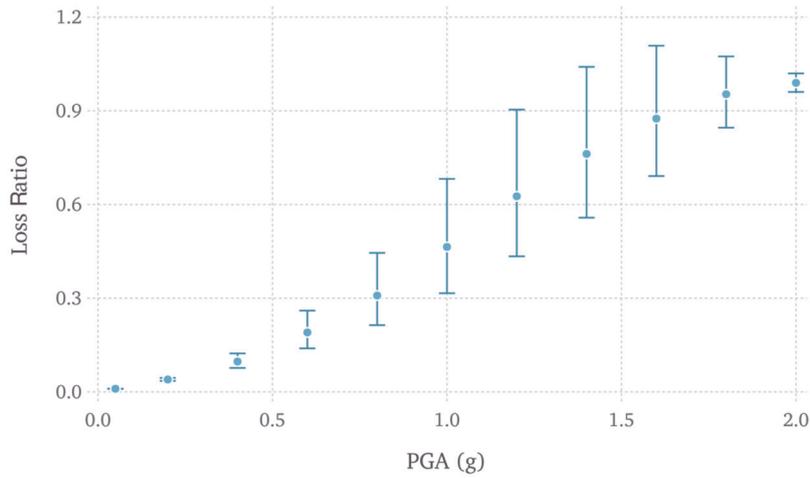
1. メタデータセクション（ファイル 3.3.19 中の 3~4 行目）
vulnerability モデルファイルについての一般的な情報を記述する
2. **vulnerability** 関数セクション（ファイル 3.3.19 中の 5~24 行目）
vulnerability 関数を建物分類ごとに記述する

このモデルは、種々の地震動強さにおける損害率の不確定性を表現するために対数正規分布を使用した関数一つ、ベータ分布を使用した関数一つ、離散確率質量分布を使用して定義した関数一つである。



(by Global Earthquake Model⁴⁾)

図 3.3.6 離散データによる **vulnerability** モデル



(by Global Earthquake Model⁴⁾)

図 3.3.7 対数正規分布を使用した vulnerability モデル

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

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>	XML 宣言
2 <nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	nrml : nrml 開始タグ
3 <vulnerabilityModel id="vulnerability_example" assetCategory="buildings" lossCategory="structural">	vulnerabilityModel : vulnerability モデル <i>id</i> : ID、 <i>assetCategory</i> : 資産区分、 <i>lossCategory</i> : 損失区分
4 <description>vulnerability model</description>	description : 簡単な説明
5 <vulnerabilityFunction id="W1_Res_LowCode" dist="LN">	vulnerabilityFunction : バルネラビリティ関数 (対数正規分布関数) <i>id</i> : ID、 <i>dist</i> : 条件付き損失比の不確かさのモデル化のための連続分布
6 <imls imt="PGA">0.005 0.15 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0</imls>	imls : intensity measure levels <i>imt</i> : intensity measure type
7 <meanLRs>0.01 0.04 0.10 0.20 0.33 0.50 0.67 0.80 0.90 0.96 0.99</meanLRs>	meanLRs : 平均損害率 損害率の数は、 imls で指定した数必要
8 <covLRs>0.03 0.12 0.24 0.32 0.38 0.40 0.38 0.32 0.24 0.12 0.03</covLRs>	covLRs : 損害率の変動係数 変動係数の数は、 imls で指定した数必要
9 </vulnerabilityFunction>	vulnerabilityFunction 終了タグ
10 <vulnerabilityFunction id="S1_Res_HighCode" dist="BT">	vulnerabilityFunction : バルネラビリティ関数 (ベータ関数) <i>id</i> : ID、 <i>dist</i> : 条件付き損失比の不確かさのモデル化のための連続分布
11 <imls imt="SA(0.3)">0.05 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0</imls>	imls : intensity measure levels <i>imt</i> : intensity measure type
12 <meanLRs>0.01 0.03 0.07 0.15 0.24 0.37 0.50 0.60 0.67 0.72 0.75</meanLRs>	meanLRs : 平均損害率 損害率の数は imls で指定した数必要

ファイル内容	説明
13 <covLRs>0.03 0.12 0.24 0.32 0.38 0.40 0.38 0.32 0.24 0.12 0.03</covLRs>	covLRs: 損害率の変動係数 変動係数の数は imls で指定した数必要
14 </vulnerabilityFunction>	vulnerabilityFunction 終了タグ
15 <vulnerabilityFunction id="ATC13_URM_Res" dist="PM">	vulnerabilityFunction: パルネラビリティ関数 (離散化質量分布関数) <i>id:</i> ID、 <i>dist:</i> 条件付き損失比の不確かさのモデル化のための連続分布
16 <imls imt="MMI">6 7 8 9 10 11 12</imls>	imls: intensity measure levels <i>imt:</i> intensity measure type
17 <probabilities lr="0.000">0.95 0.49 0.30 0.14 0.03 0.01 0.00</probabilities>	probabilities: 損害率 <i>lr:</i> 特定の損害率
18 <probabilities lr="0.005">0.03 0.38 0.40 0.30 0.10 0.03 0.01</probabilities>	
19 <probabilities lr="0.050">0.02 0.08 0.16 0.24 0.30 0.10 0.01</probabilities>	
20 <probabilities lr="0.200">0.00 0.02 0.08 0.16 0.26 0.30 0.03</probabilities>	
21 <probabilities lr="0.450">0.00 0.02 0.03 0.10 0.18 0.30 0.18</probabilities>	
22 <probabilities lr="0.800">0.00 0.01 0.02 0.04 0.10 0.18 0.39</probabilities>	
23 <probabilities lr="1.000">0.00 0.01 0.01 0.02 0.03 0.08 0.38</probabilities>	
24 </vulnerabilityFunction>	vulnerabilityFunction 終了タグ
25 </vulnerabilityModel>	vulnerabilityModel 終了タグ
26 </nrml>	nrml 終了タグ

始めに、vulnerability モデルの一般的な情報を記述する。このメタデータセクション (ファイル 3.3.19 中の 3~4 行目) の情報は vulnerability モデル中のすべての関数に共通であり、すべての vulnerability モデルの最初に含まれる必要がある。メタデータセクション中のパラメータ一覧を表 3.3.44 に示した。

表 3.3.44 メタデータセクション

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

*太字は、必須パラメータ

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

布を使用する vulnerability 関数を定義するために必要な属性を表 3.3.45 に示した。

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

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

*太字は、必須パラメータ

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

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

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

*太字は、必須パラメータ

3.4 計算方法

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

1. ウェブブラウザを使用する方法
2. コマンドラインを使用する方法

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

3.4.1 WebUIによる実行

(1) 概要

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

(2) 実行方法

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

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

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

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

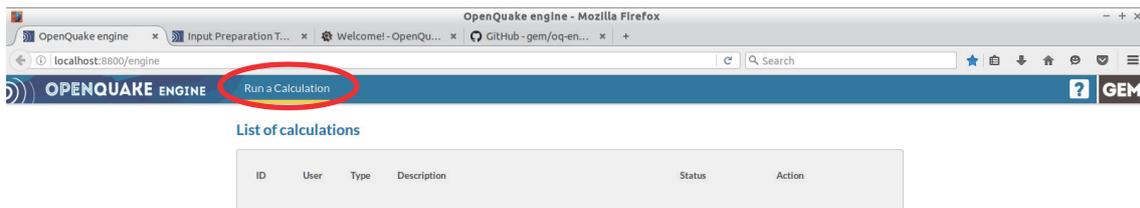


図 3.4.1 WebUI を使用した計算その 1

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

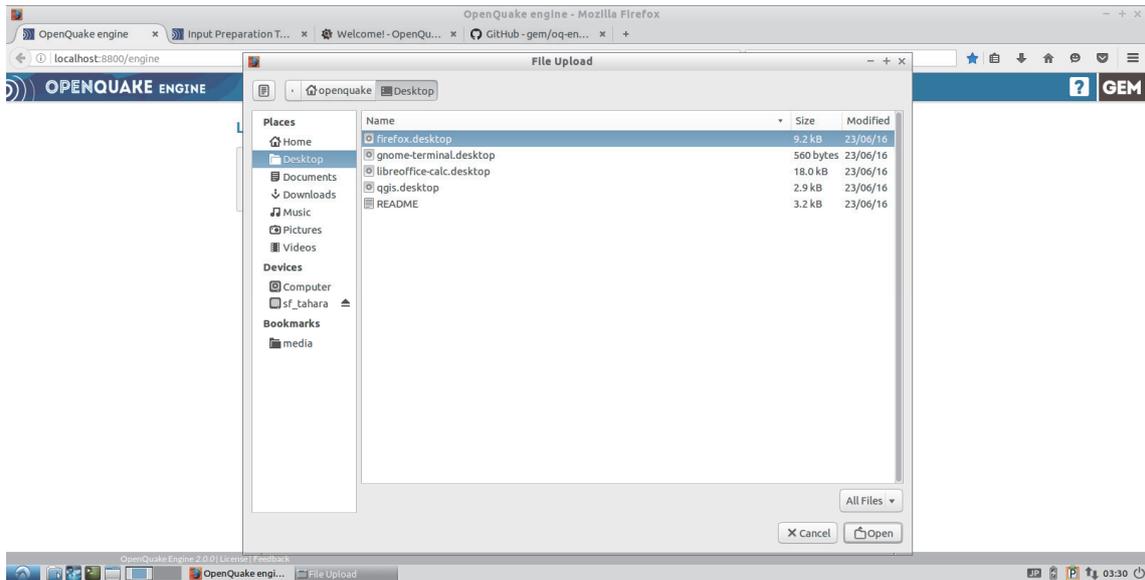


図 3.4.2 WebUI を使用した計算その 2
「Run a Calculation」(図 3.4.1 の赤枠) をクリックすると、ファイル選択画面が開く

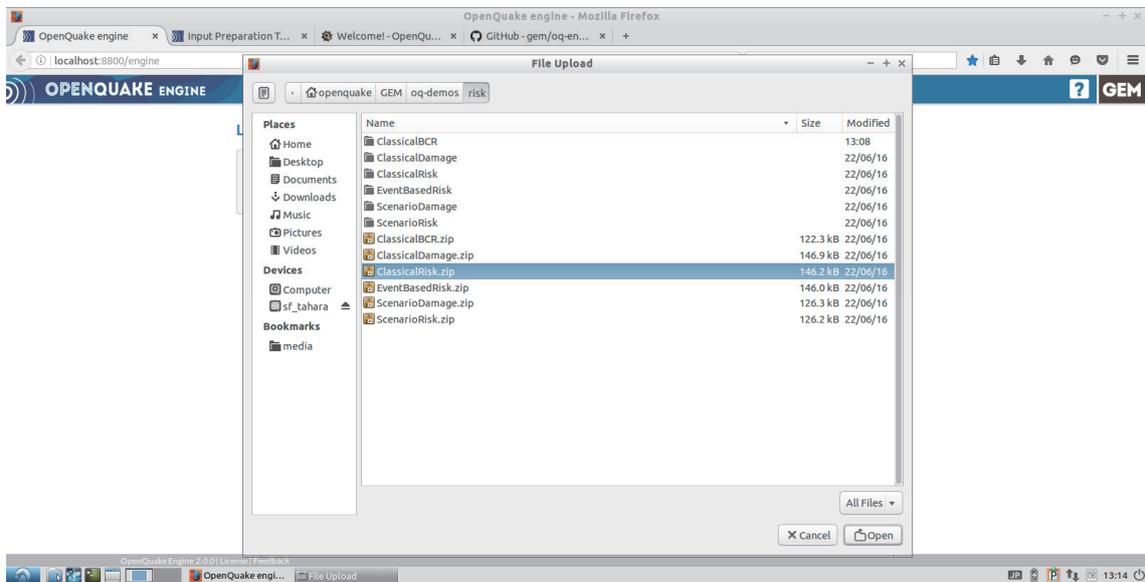


図 3.4.3 WebUI を使用した計算その 3
必要なファイルが含まれる圧縮ファイルを選択する

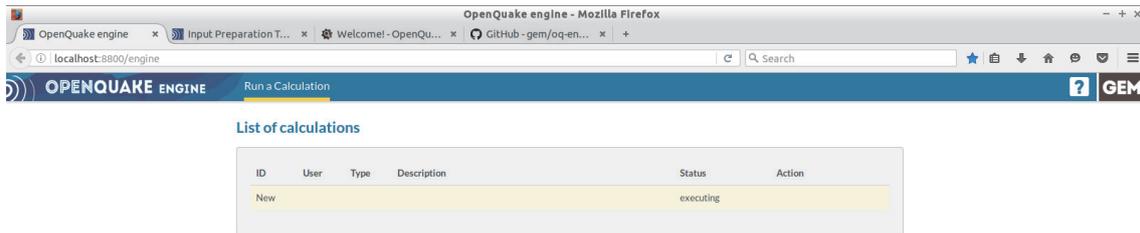


図 3.4.4 WebUI を使用した計算その 4
ファイルを選択すると、計算が開始する

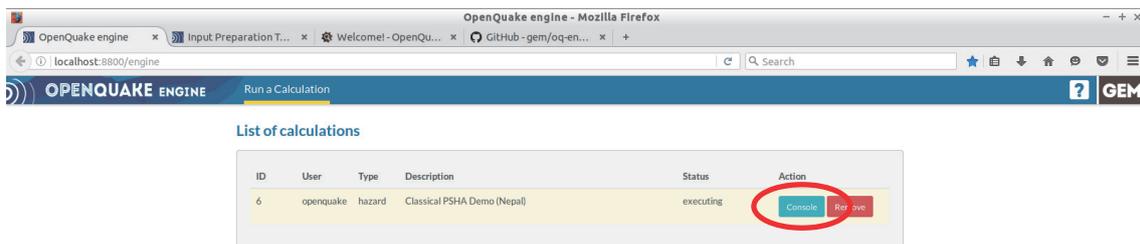


図 3.4.5 WebUI を使用した計算その 5
「Console」（図 3.4.5 の赤枠）ボタンを押すと、実行状況を確認できる

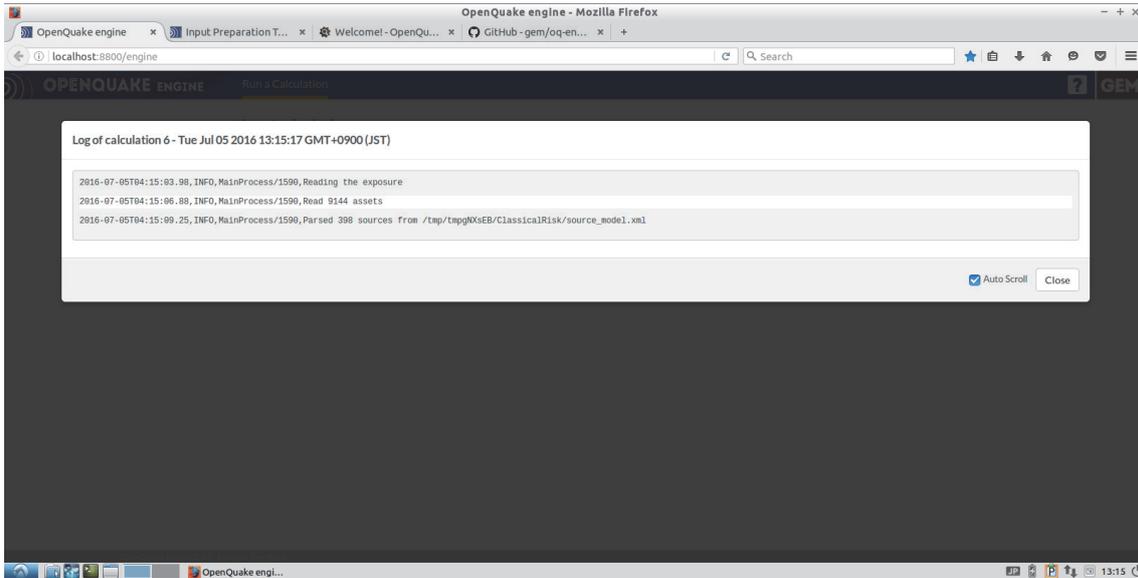


図 3.4.6 WebUI を使用した計算その 6
「Console」(図 3.4.5 の赤枠) ボタンを押すと、実行状況を確認できる

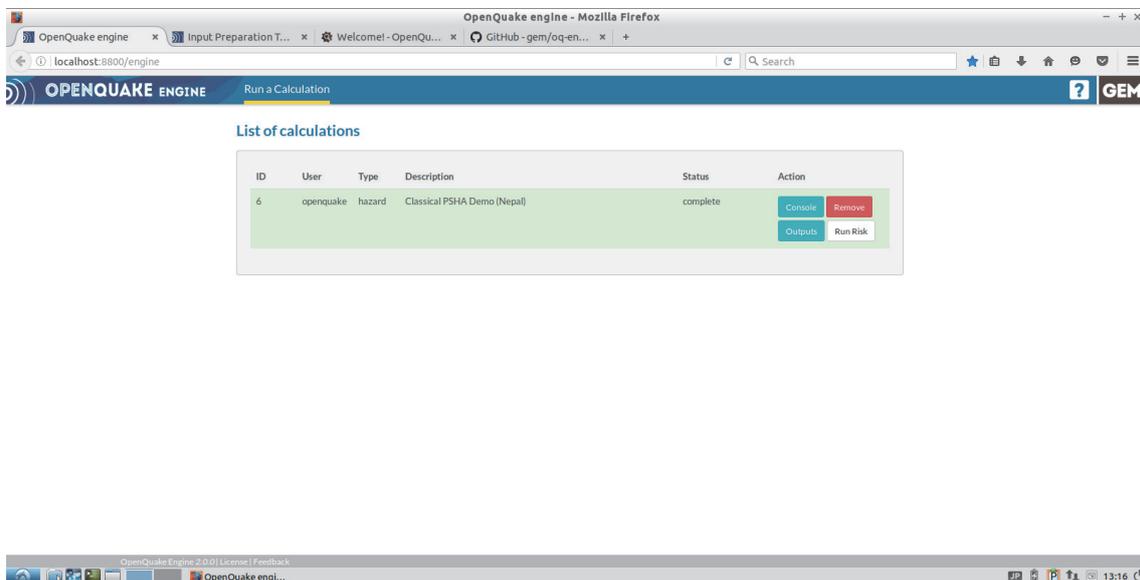


図 3.4.7 WebUI を使用した計算その 7
計算が終わると、「Outputs」、「Run Risk」ボタンが表示される

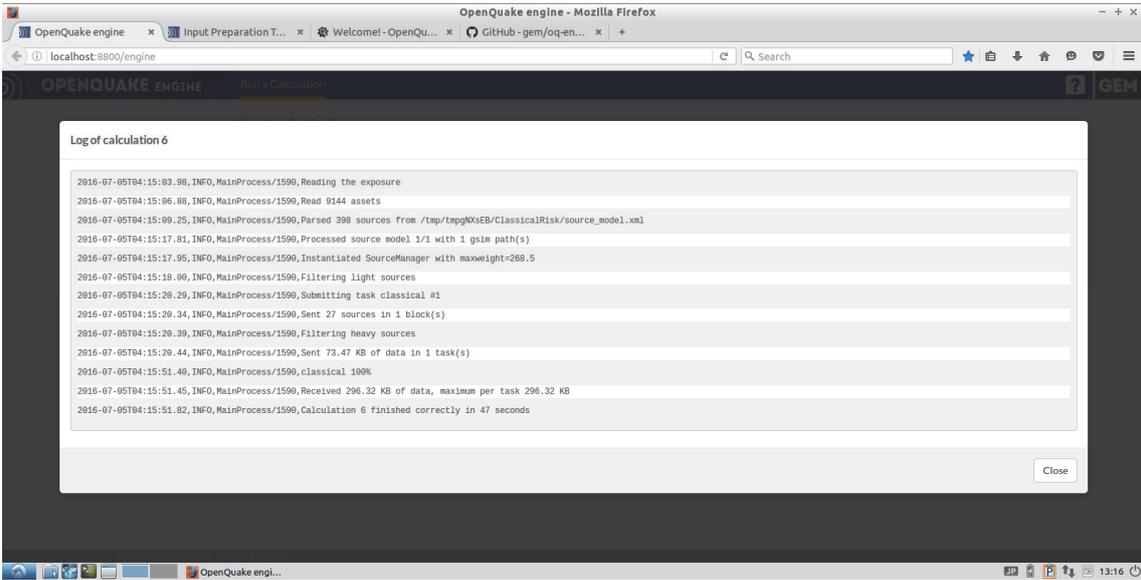


図 3.4.8 WebUI を使用した計算その 8
「Console」ボタンで、実行ログを表示した画面

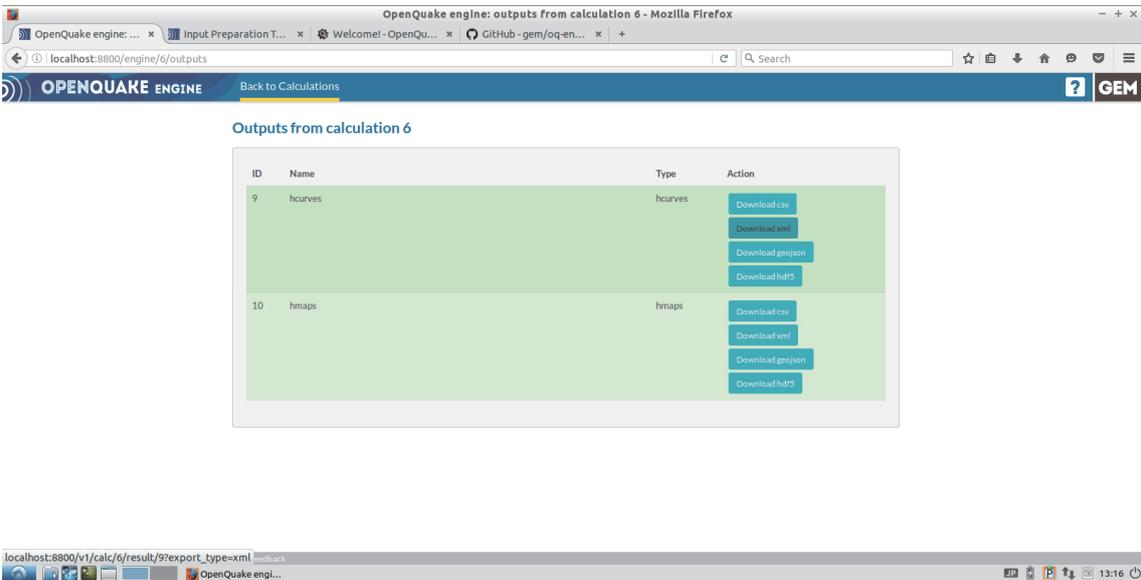


図 3.4.9 WebUI を使用した計算その 9
「Outputs」ボタンで、出力ファイル一覧を表示し、それぞれをクリックするとデータをダウンロードできる

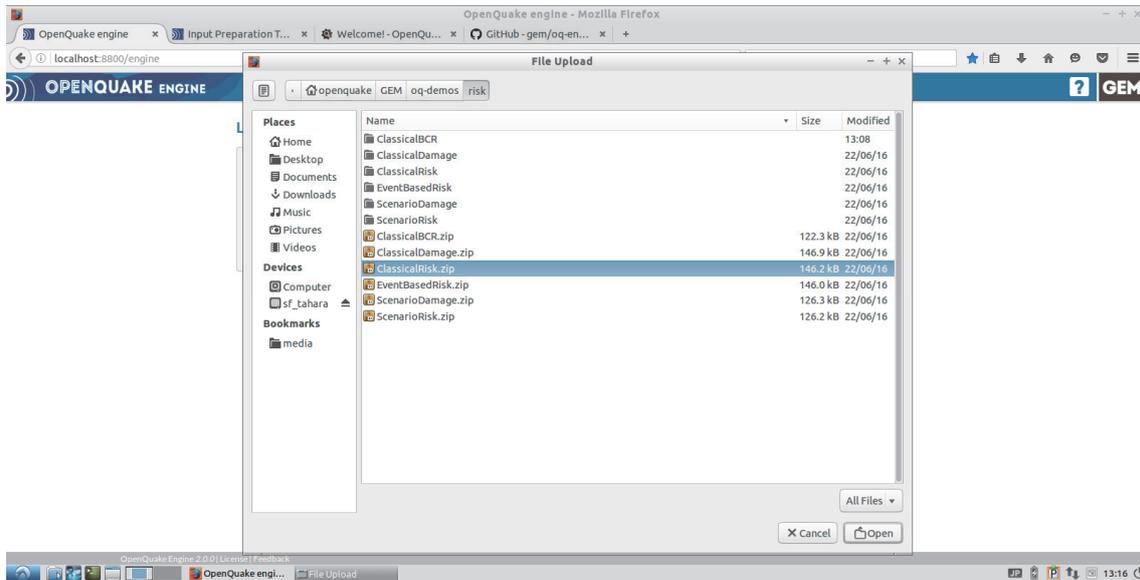


図 3.4.10 WebUI を使用した計算その 10

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

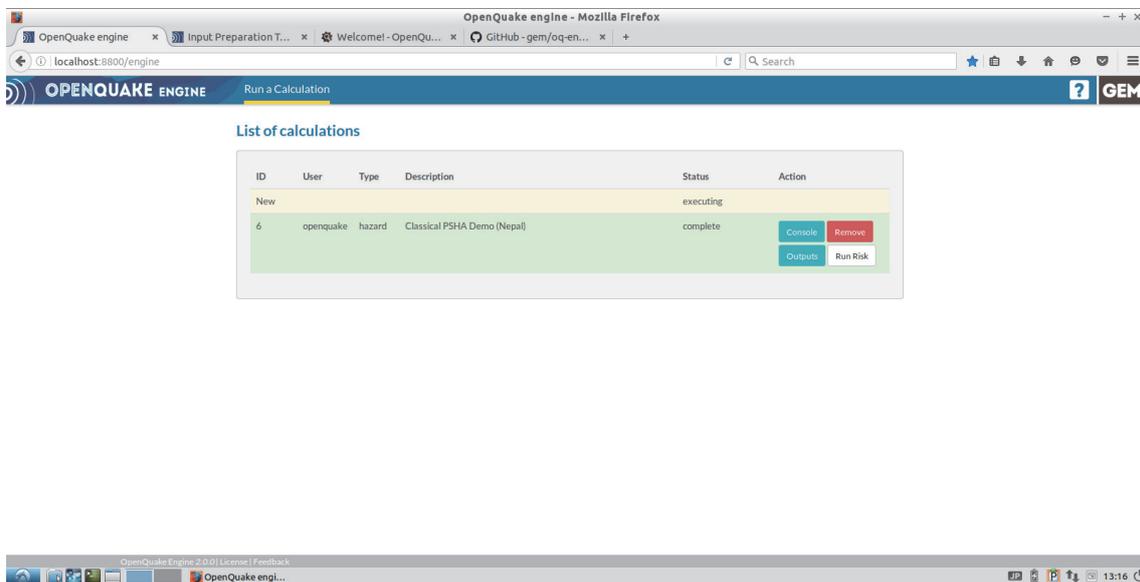


図 3.4.11 WebUI を使用した計算その 11

リスクの計算開始後の状態

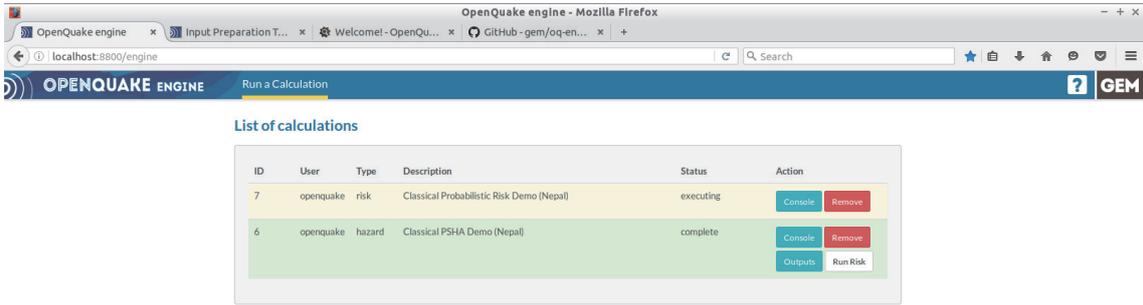


図 3. 4. 12 WebUI を使用した計算その 12
リスクの計算中の画面

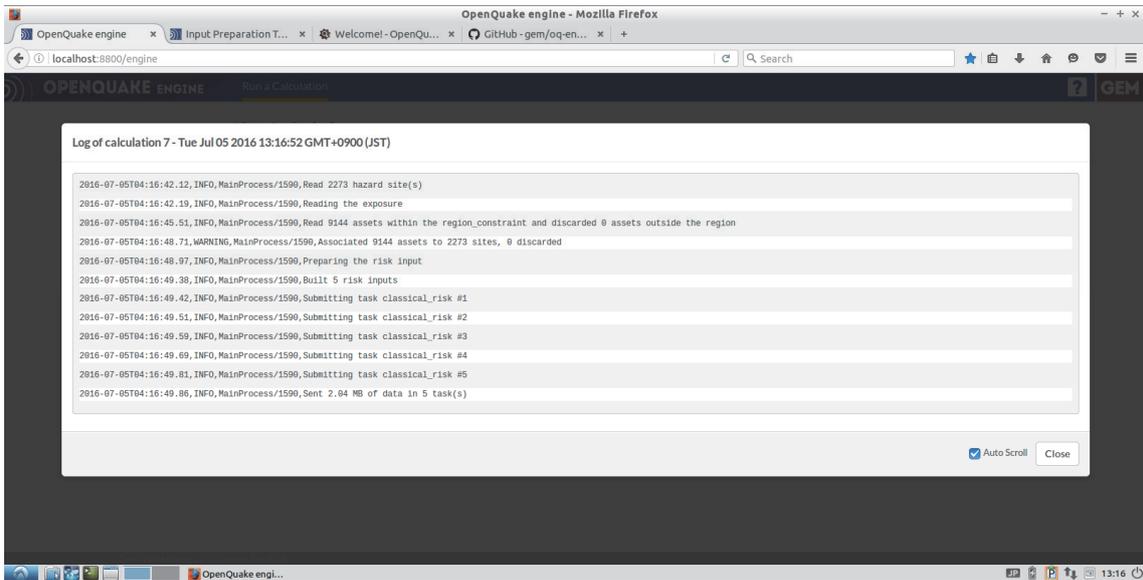


図 3. 4. 13 WebUI を使用した計算その 13
「Console」をクリックして、リスクのログを表示する

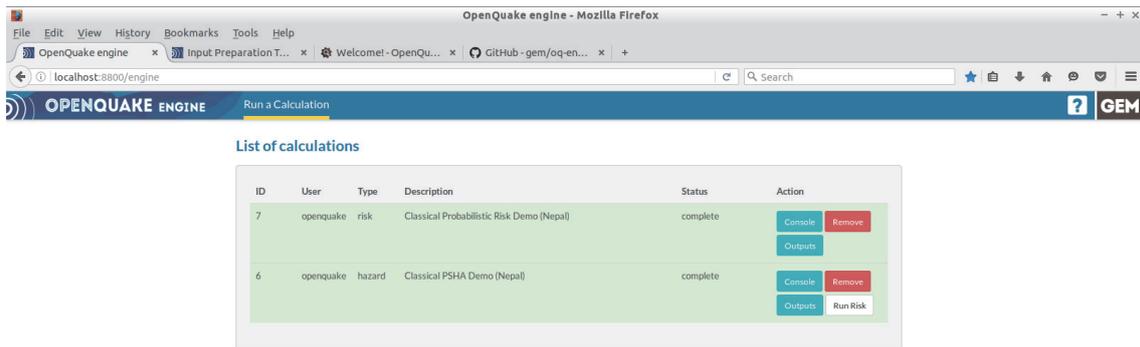


図 3.4.14 WebUI を使用した計算その 14
計算終了した状態

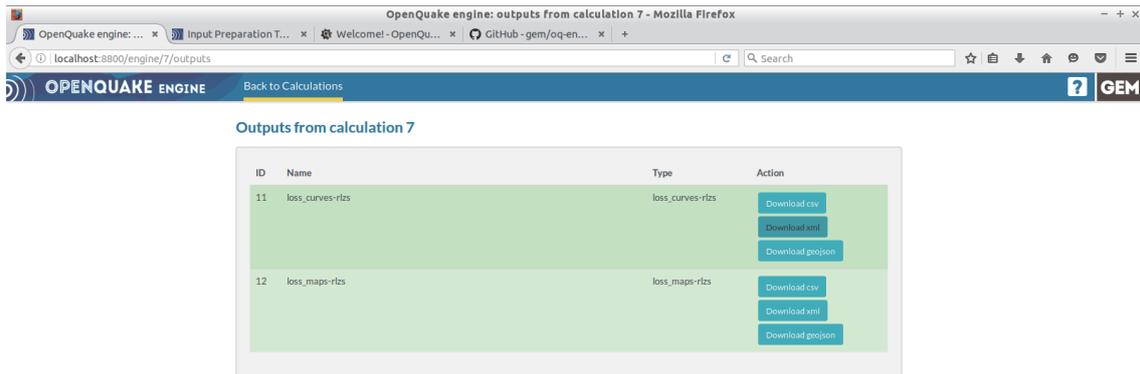


図 3.4.15 WebUI を使用した計算その 15
「Outputs」をクリックして、出力データの一覧表示する

3.4.2 コマンドラインによる計算実行方法

(1) 概要

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

(2) 実行方法

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

コマンド 3.4.1 oq コマンドの実行

```
1 oq
  usage: oq [--version]

  {reduce, show_attrs, to_hdf5, to_shapefile, info, purge, upgrade_nrml, webui, plot_
2 t_sites, dserver, plot_lc, show, from_shapefile, db, tidy, plot_uhs, plot, run_til
  es, engine, run, export, reset, run_server, plot_ac, help}
  ...
oq: error: too few arguments
```

表 3.4.1 「oq」コマンドで使用できるオプション

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

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

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

コマンド 3.4.2 「oq run」コマンドを使用した計算の実行

```
1 oq run job.ini
```

コマンド 3.4.3 「oq engine」コマンドを使用した計算の実行

```
1 oq engine --run job.ini
```

1) oq run

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

コマンド 3.4.4 「oq run」コマンドの使用法

```
1 oq run [-h] [-s SLOWEST] [--hc HC] [-p PARAM [PARAM ...]] [-c 120] [-e]
  [-l {debug, info, warn, error, critical}] [-d]
  job.ini
```

表 3.4.2 「oq run」コマンドラインオプション

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

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

2) oq engine

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

コマンド 3.4.5 「oq engine」コマンドの使用法

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

コマンド 3.4.6 「oq engine」コマンドを使用した計算の実行

```
1 oq engine --run job.ini
```

表 3.4.3 「oq engine」コマンドラインオプション

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

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

3) oq info

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

コマンド 3.4.7 「oq info」コマンドの使用法

```
1 oq info [-h] [-c] [-g] [-v] [-e] [-b] [-r] [input_file]
```

表 3.4.4 「oq info」コマンドラインオプション

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

4) oq reduce

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

コマンド 3.4.8 「oq reduce」コマンドの使用方法

```
1 oq reduce [-h] fname reduction_factor
```

5) oq reset

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

コマンド 3.4.9 「oq reset」コマンドの使用方法

```
1 oq reset [-h] [-y]
```

6) oq purge

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

コマンド 3.4.10 「oq purge」コマンドの使用方法

```
1 oq purge [-h] calc_id
```

7) oq export

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

コマンド 3.4.11 「oq export」コマンドの使用方法

```
1 oq export [-h] [-e csv] datastore_key [export_dir] [calc_id]
```

表 3.4.5 「oq export」コマンドラインオプション

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

8) oq from_shapefile

「oq from_shapefile」コマンドは、ESRI Shapefile 形式から nrm1 形式の震源モデルファイルへ変換するコマンドである。「oq from_shapefile」の使用方法はコマンド 3.4.12 に、オプションについては、表 3.4.6 に示した。

コマンド 3.4.12 「oq from_shapefile」コマンドの使用方法

```
1 oq from_shapefile [-h] [-o OUTPUT] [-v]
   input_shp_files [input_shp_files ...]
```

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

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

9) oq to_shapefile

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

コマンド 3.4.13 「oq to_shapefile」コマンドの使用方法

```
1 oq to_shapefile [-h] [-o OUTPUT] [-v] input_nrml_file
```

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

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

10) oq to_hdf5

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

コマンド 3.4.14 「oq to_hdf5」コマンドの使用方法

```
1 oq to_hdf5 [-h] [input [input ...]]
```

11) oq show

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

ープに関する「hcurves」等である。

コマンド 3.4.15 「oq show」コマンドの使用方法

```
1 oq show [-h] what [calc_id]
```

12) oq show_attrs

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

コマンド 3.4.16 「oq show_attrs」コマンドの使用方法

```
1 oq show_attrs [-h] key [calc_id]
```

13) oq upgrade_nrml

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

コマンド 3.4.17 「oq upgrade_nrml」コマンドの使用方法

```
1 oq upgrade_nrml [-h] [-d] directory
```

14) oq tidy

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

コマンド 3.4.18 「oq tidy」コマンドの使用方法

```
1 oq tidy [-h] fnames [fnames ...]
```

15) oq plot

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

コマンド 3.4.19 「oq plot」コマンドの使用方法

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

表 3.4.8 「oq plot」コマンドラインオプション

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

16) oq plot_uhs

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

コマンド 3.4.20 「oq plot_uhs」コマンドの使用方法

```
1 oq plot_uhs [-h] [-s 0] calc_id
```

表 3.4.9 「oq plot_uhs」コマンドラインオプション

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

17) oq plot_lc

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

コマンド 3.4.21 「oq plot_lc」コマンドの使用方法

```
1 oq plot_lc [-h] calc_id aid
```

18) oq plot_ac

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

コマンド 3.4.22 「oq plot_ac」コマンドの使用方法

```
1 oq plot_ac [-h] calc_id aid
```

19) oq plot_sites

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

コマンド 3.4.23 「oq plot_sites」コマンドの使用方法

```
1 oq plot_sites [-h] calc_id
```

20) oq webui

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

コマンド 3.4.24 「oq webui」コマンドの使用方法

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

表 3.4.10 「oq webui」コマンドのコマンドラインオプション

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

21) oq db

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

コマンド 3.4.25 「oq db」コマンドの使用方法

```
1 oq db [-h] cmd [args]
```

22) oq dbserver

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

コマンド 3.4.26 「oq dbserver」コマンドの使用方法

```
1 oq dbserver [-h] {start, stop, status, restart}
```

23) oq run_server

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

コマンド 3.4.27 「oq run_server」コマンドの使用法

```
1 oq run_server [-h] [-l WARN] [dbpathport] [logfile]
```

表 3.4.11 「oq run_server」コマンドのコマンドラインオプション

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

24) oq help

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

コマンド 3.4.28 「oq help」コマンドの使用法

```
1 oq help [-h] [cmd]
```

3.5 Input Preparation Toolkit

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

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

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

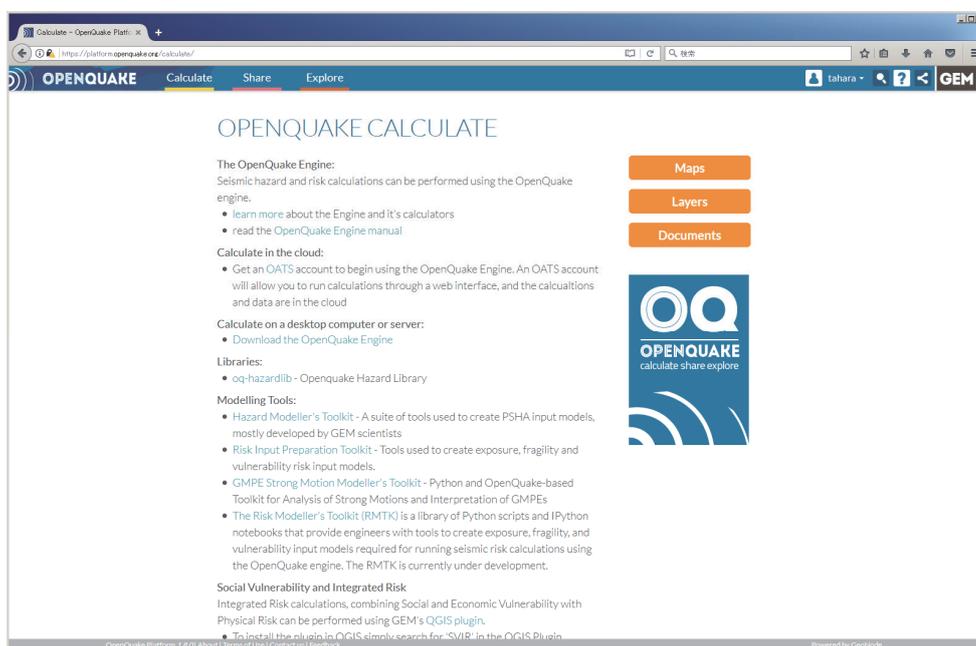


図 3.5.1 OpenQuake Platform 「Calculate」タブ

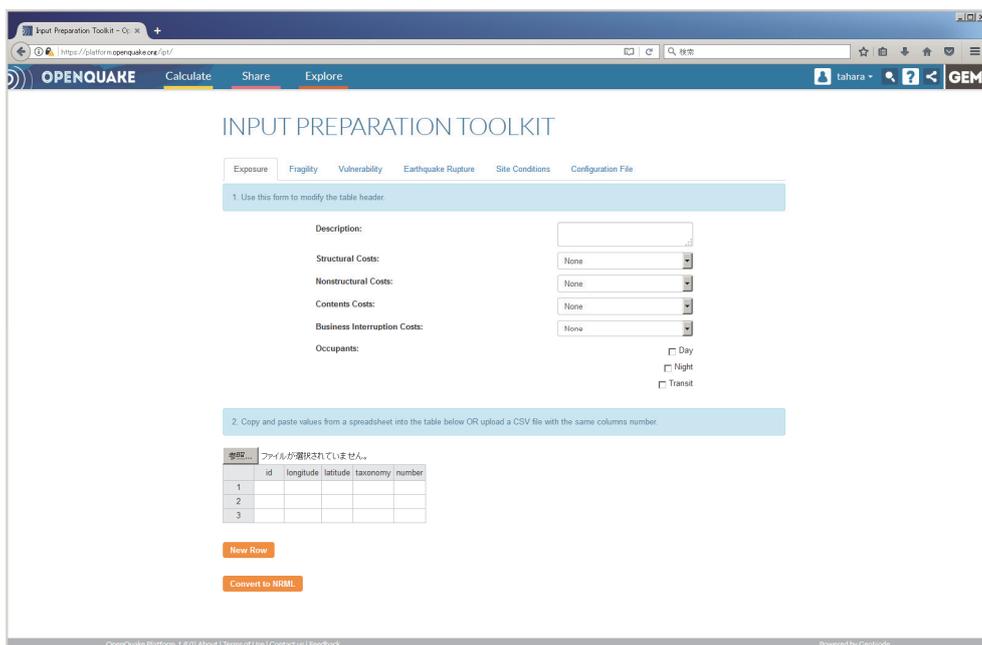


図 3.5.2 Input Preparation Toolkit デフォルト画面

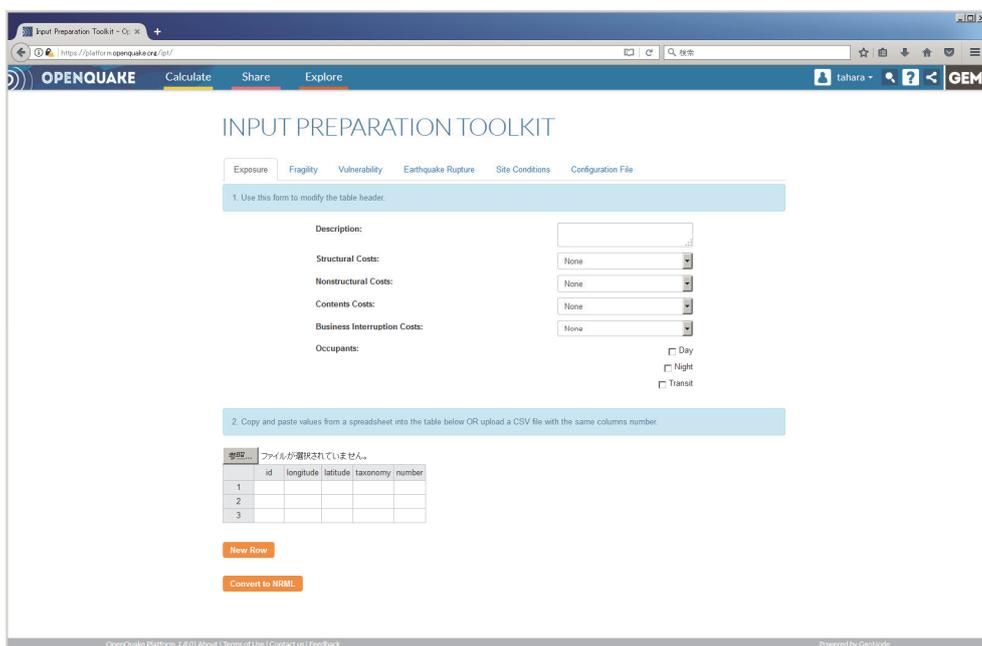


図 3.5.3 exposure モデルファイル作成ツール

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

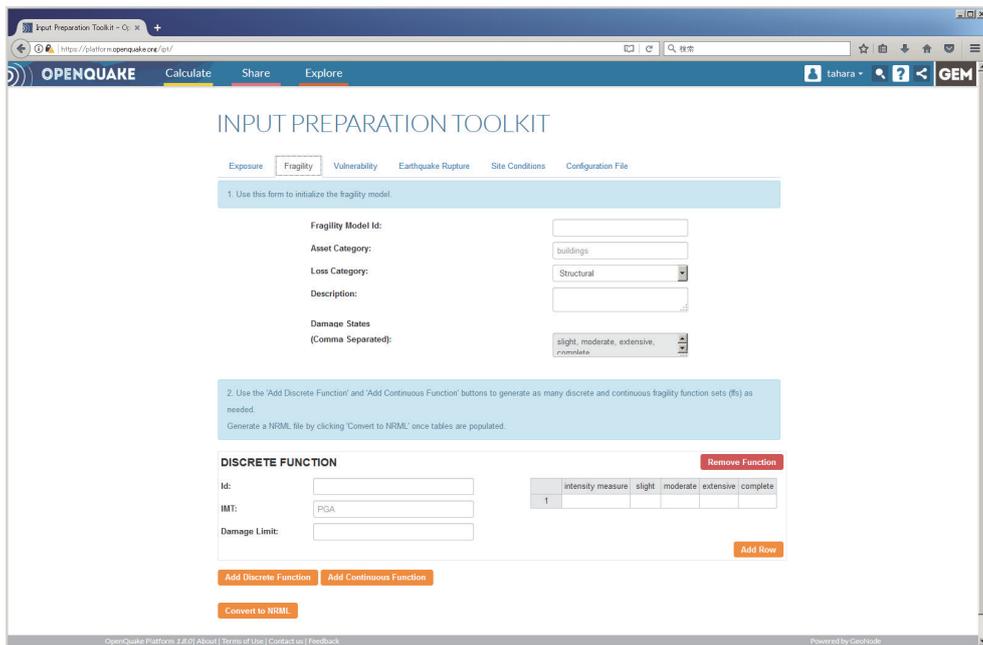


図 3.5.4 fragility モデルファイル作成ツール

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

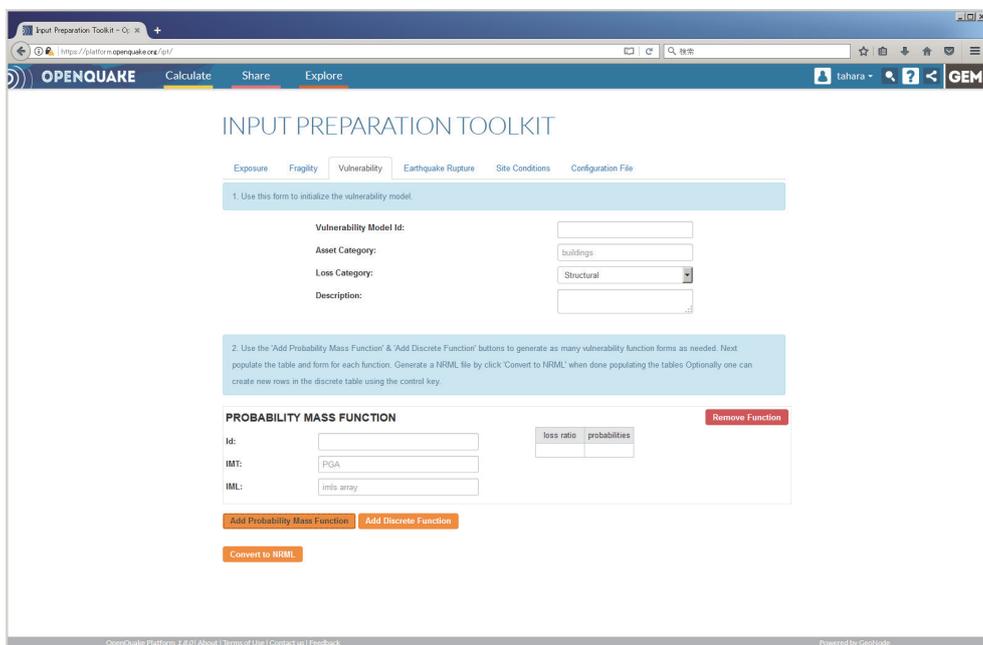


図 3.5.5 vulnerability モデルファイル作成ツール

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

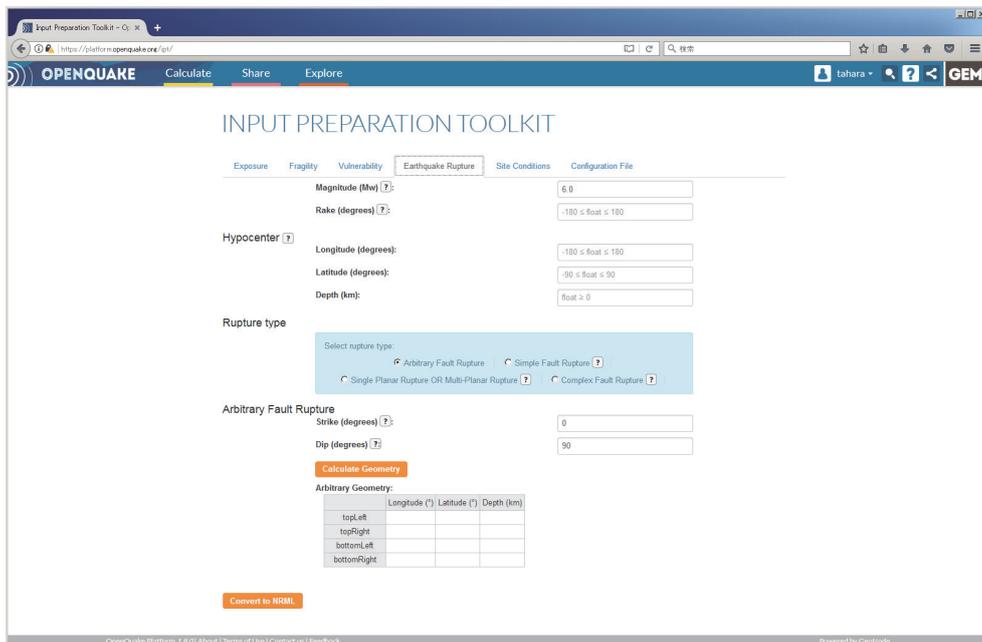


図 3.5.6 断層モデル作成ツール

地震の発生確率を含まない 4 パターンの断層モデルを作成できる

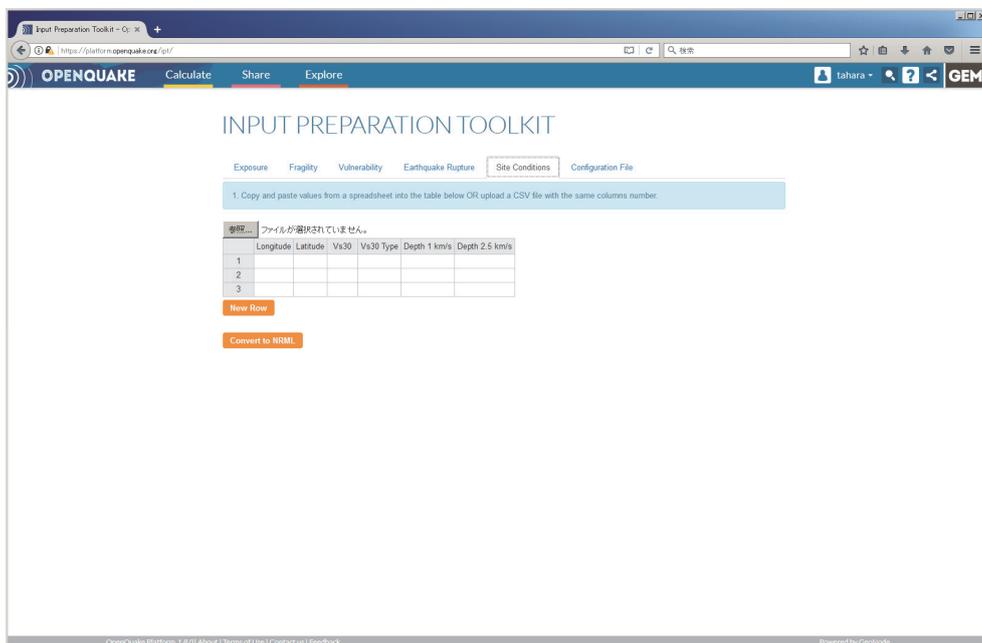


図 3.5.7 観測点特性モデル作成ツール

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

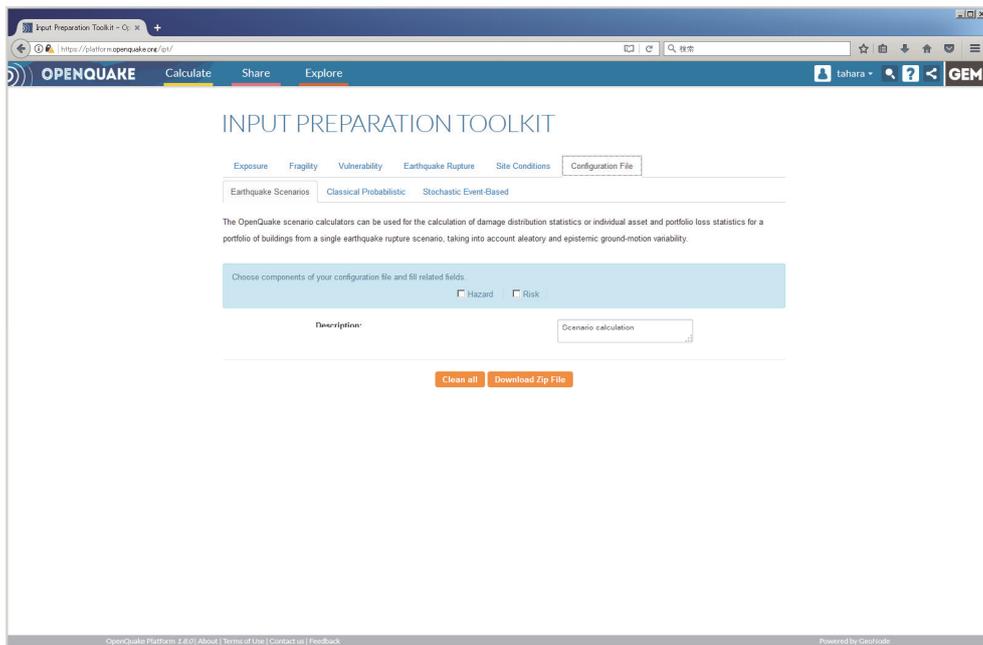


図 3.5.8 設定ファイル作成ツール