

4.6 震源断層を特定した地震動による建物被害解析

震源断層を特定した地震動の解析の結果を用いて、地震動による建物被害の解析を行う。OpenQuake-engine では、Scenario Damage と呼ばれる解析である。必要な情報は、以下の3点である。

1. 資産の情報 (exposure モデル)
2. 建物の被害モデル (fragility モデル)
3. 地震動強さの分布 (Scenario Case の結果)

ここでは、「4.2 震源断層を特定した地震動」(p.186～)で計算した立川断層帯の地震動予測結果を用いて、建物被害を計算する。

4.6.1 必要なファイル

OpenQuake-engine 実行のためには、以下のファイルが必要となる。

1. 震源断層モデルファイル (ファイル 4.2.1)
2. 設定ファイル (ハザード) (ファイル 4.2.3)
3. Exposure モデルファイル (ファイル 4.6.2)
4. Fragility モデルファイル (ファイル 4.6.3)
5. 設定ファイル (リスク) (ファイル 4.6.4)

第3章でのリスク計算のサンプルでは、ハザードの設定ファイルとリスクの設定ファイルを同じ設定ファイルに記述したが、これから説明するように別々に記述してもよい。その際は、ハザードの設定ファイルは「job_hazard.ini」、リスクの設定ファイルは「job_risk.ini」とすると、WebUI はそれぞれを自動的に認識する。

(1) 震源断層モデルファイル

「4.2 震源断層を特定した地震動」(p.186～)で計算した立川断層帯の地震動予測結果を用いるため、ファイル 4.2.1 をそのまま使用する。

(2) 設定ファイル (ハザード)

「4.2 震源断層を特定した地震動」(p.186～)で計算した立川断層帯の地震動予測結果を用いるため、ファイル 4.2.3 をほぼそのまま使用する。ただし、これから使用する Fragility 関数が PGV に対応していないため、地震動予測式を Akkar and Bommer (2010)の式に変更して PGA を計算する。具体的にはファイル 4.2.3 の 21 行目を `gsim = AkkarBommer2010`、22 行目を `intensity_measure_types = PGA` に変更する。本来であれば、PGV に対応した fragility モデルを用意する方がよいだろう。

リスクの計算であるので、地震動強さの計算地点は exposure モデルで指定する地点でもよい。その場合、ファイル 4.2.3 の 10、11 行目を削除して、exposure セクションを任意の行に設定し、`exposure_file = exposure_model.xml` と変更すればよい (ファイル 4.6.1 参照)。

ファイル 4.6.1 震源断層を特定した地震動による建物被害解析における設定ファイル (ハザード)

	ファイル内容	説明
1	[general]	general セクション
2	description = Scenario Case Sample For Taichikawa Fault Zone	簡単な説明
3	calculation_mode = scenario	計算モードは Scenario-based Hazard
4		
5	[erf]	
6	rupture_model_file = earthquake_rupture_model.xml	断層モデルファイル
7	rupture_mesh_spacing = 5.0	断層面の分割サイズ (km)
8		
9	[site_params]	
10	reference_vs30_value = 400	$V_{s30}(m/s)$
11	reference_vs30_type = inferred	V_{s30} のタイプ
12	reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0	$V_{s2.5km/s}$ となる深さ(km)
13	reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0	$V_{s1.0km/s}$ となる深さ(m)
14		
15	[hazard_calculation]	
16	random_seed = 113	統計処理のための乱数のシード値
17	gsim = AkkarBommer2010	地震動強さモデル
18	intensity_measure_types = PGA	地震動強さのタイプ
19	truncation_level = 0.0	偶然的ばらつきのための有界レベル
20	maximum_distance = 200.0	地震動を計算する最大距離 (km)
21	number_of_ground_motion_fields = 1	地震動を計算する回数
22		
23	[exposure]	
24	exposure_file = exposure_model.xml	exposure モデルファイル

(3) exposure モデルファイル

建物被害を調査するため、建物棟数等の情報が含まれた exposure モデルファイルが必要となる。通常、建物や人口等の情報については個別に所持していることが想定される。既知の情報があれば、「3.5 Input Preparation Toolkit」(p.100~) に示した exposure モデル作成ツールを用いて、OpenQuake-engine で使用可能な形式に変換するとよい。今回は、建物等に関するデータを所持していないとして、GEM が整理したデータ (GED4GEM) を用いることにする。

GEM は、「A Global Exposure Database for GEM (GED4GEM)」プロジェクトを通して、Global Exposure Database を整備した。GED4GEM の詳細は Gamba (2014)⁴⁹⁾ を参照されたい。ここでは GED4GEM で整理されたデータを用いる。データは以下の手順で利用可能である。

1. OpenQuake Platform (<https://platform.openquake.org>) にアクセスする (図 4.6.1)。
2. 「Exposure Export」をクリックする (図 4.6.2)。
3. 「Load Data by Region」をクリックする (図 4.6.3)。
4. 「Name」に「Japan」を入力する (図 4.6.4)。
5. 「Japan」をクリックする (図 4.6.5)。
6. 「Proceed」をクリックする (図 4.6.6)。

GED4GEM で整理された日本のデータは、USGS Prompt Assessment of Global Earthquakes for Response (PAGER)⁵⁰⁾ のデータであり、ライセンスを含むその他の情報は、ダウンロードし

たデータに含まれている。ダウンロードしたデータの一部をファイル 4.6.2 に示した。このファイルは、資産の情報を位置ごとの集合値として表現している。

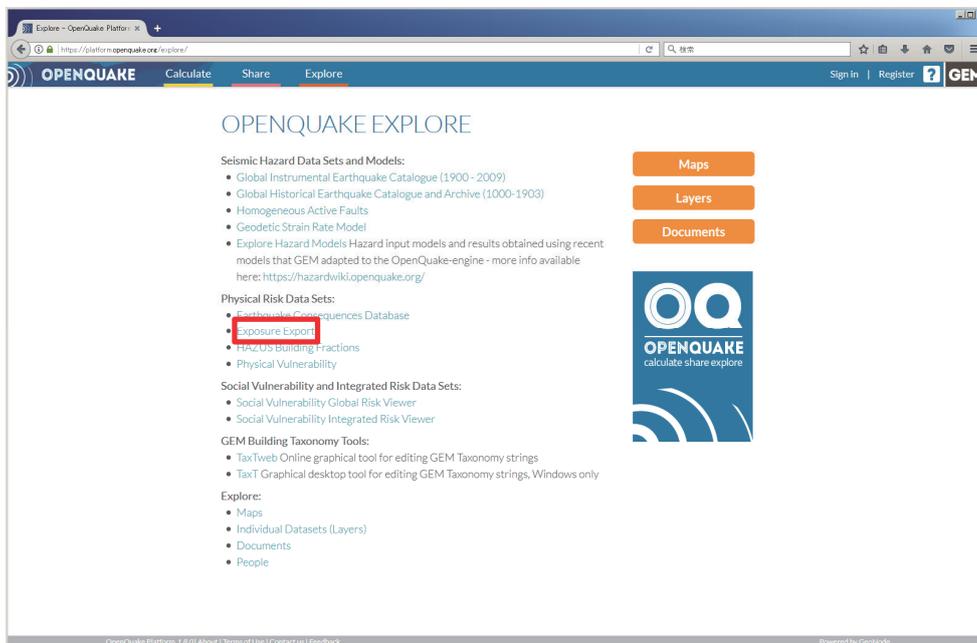


図 4.6.1 OpenQuake Platform ログイン後に「Explore」タブを選択した画面
画面中央「Physical Risk Data Sets」に「Exposure Export」がある

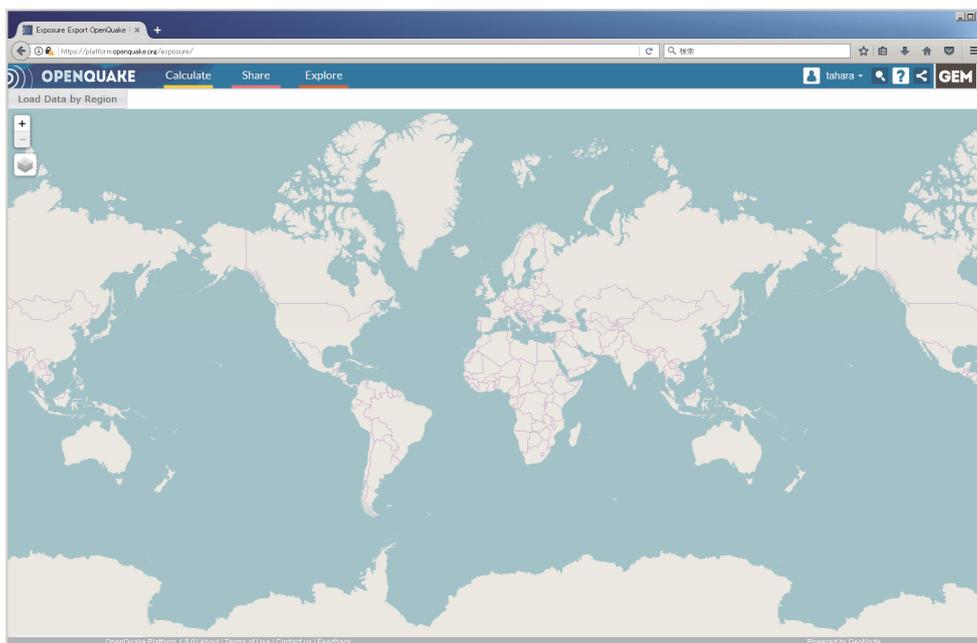


図 4.6.2 「Exposure Export」をクリックした画面
左上の「Load Data by Region」をクリックして、読み込みたい地域を選択する

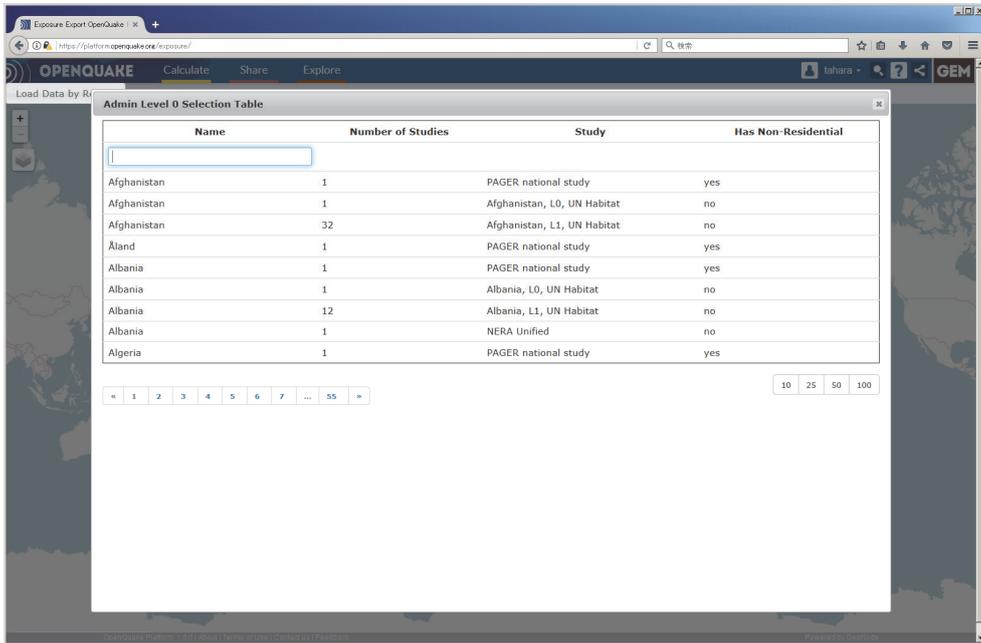


図 4.6.3 「Load Data by Region」 をクリックした画面
「Name」 に取得したい国の情報を入力する

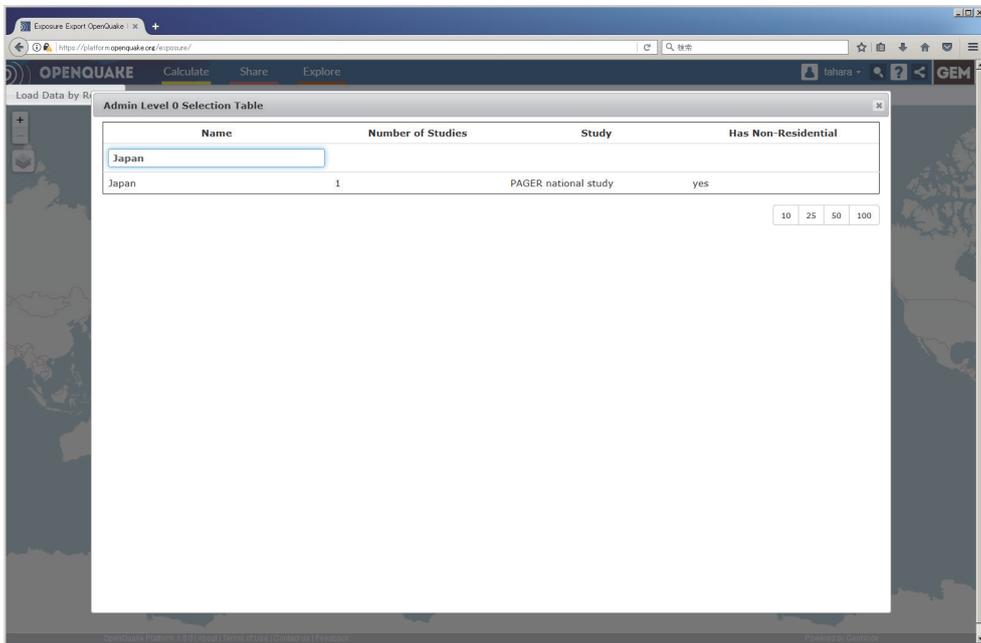


図 4.6.4 地域を選択画面
「Name」 に「japan」と入力すると、日本のデータが表示される。「Japan」をクリックする

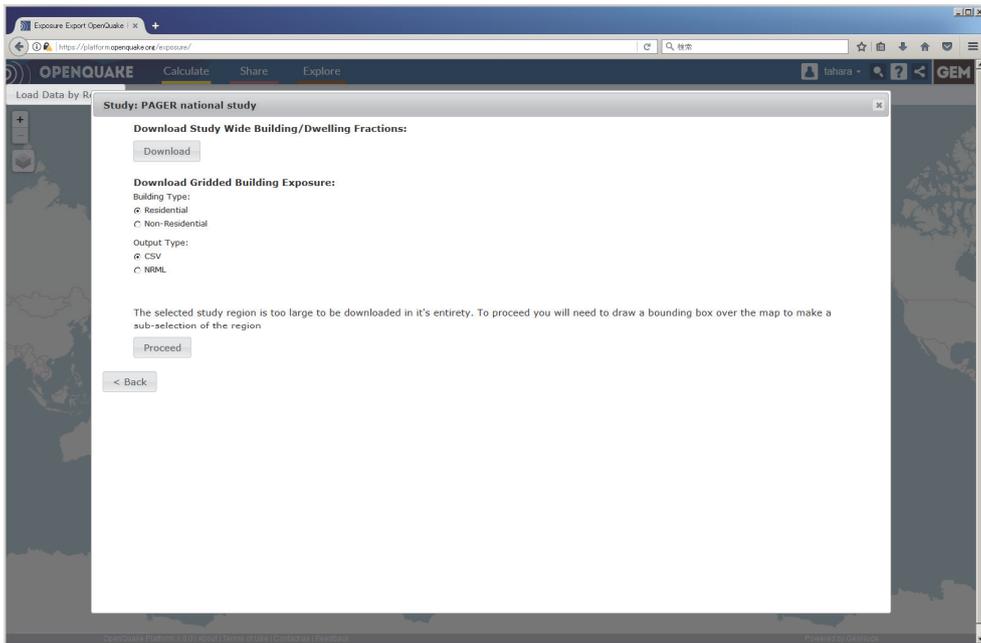


図 4.6.5 「Japan」 をクリックした画面

「Download」 ボタンではこのデータに含まれる建物分類の情報などを取得するが、データ量が多いので、「Proceed」 をクリックして、地図から領域を選択してデータを取得する

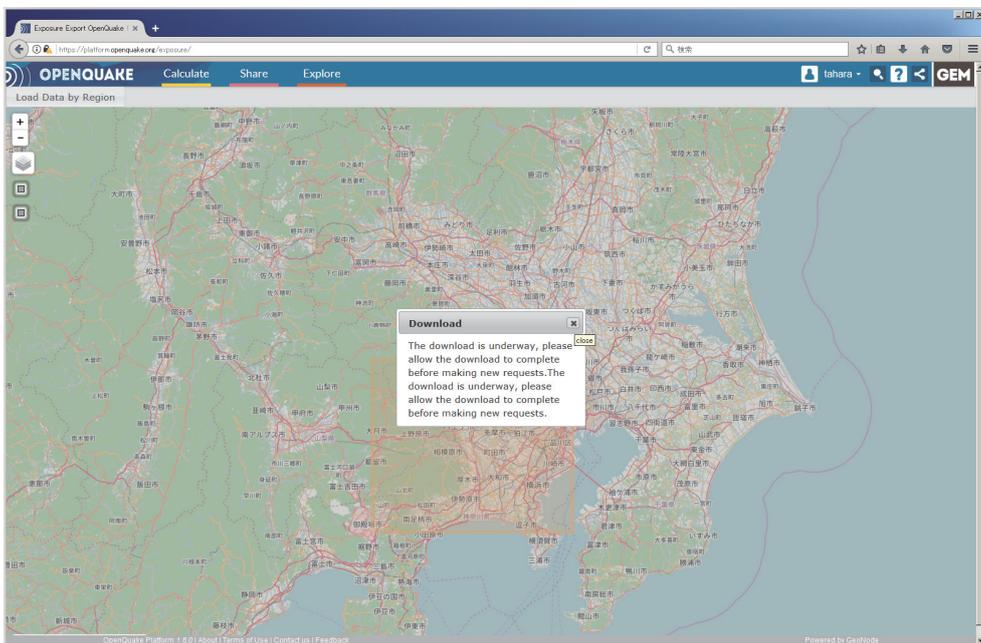


図 4.6.6 「Proceed」 をクリックした画面

左の口をクリックすると、領域選択ができるようになり、領域を選択すると自動的にダウンロードが始まる

ファイル 4.6.2 震源断層を特定した地震動による建物被害解析における
exposure モデルファイルの一部

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>	XML 宣言
2 <nrml xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.4">	nrml : NRML 開始タグ <i>xmlns</i> : XML 名前空間
3 <exposureModel id="ep" category="buildings" taxonomySource="PAGER 2.0">	exposureModel : exposure モデル <i>id</i> : ID、 <i>category</i> : カテゴリ、 <i>taxonomySource</i> : 建物分類のソース
4 <description>Source: OQP exposure export tool</description>	description : 説明
5 <conversions>	conversions : コンバージョンセクシ ョン
6 <costTypes>	costTypes : コストタイプの集合
7 <costType name="structural" unit="USD" type="aggregated"/>	costType : コストタイプ <i>name</i> : 分類、 <i>type</i> : コストタイプの 単位、 <i>unit</i> : 単価
8 </costTypes>	costTypes 終了タグ
9 </conversions>	conversions 終了タグ
10 <assets>	assets : asset の集合
11 <asset id="1098125490_W1" number="1561.2448" taxonomy="W1">	asset : 資産 <i>id</i> : ユニークな文字列、 <i>taxonomy</i> : 分 類 <i>number</i> : 数
12 <location lon="139.63749999" lat="35.62083333" />	location : 位置情報 <i>lon</i> : 経度、 <i>lat</i> : 緯度
13 <costs>	costs : cost の集合
14 <cost type="structural" value="320312460.741"/>	cost : コスト <i>type</i> : タイプ、 <i>value</i> : 価値
15 </costs>	costs 終了タグ
16 <occupancies>	occupancies : occupancy の集合
17 <occupancy occupants="3903.11" period="all" />	occupancy : 居住者
18 <occupancy occupants="767.60" period="day" />	<i>occupants</i> : 居住者、 <i>period</i> : 期間
19 <occupancy occupants="3659.22" period="night" />	
20 <occupancy occupants="1900.28" period="transit" />	
21 </occupancies>	occupancies 終了タグ
22 </asset>	asset 終了タグ
23 ...	そのほかの asset
24 </assets>	assets 終了タグ
25 </exposureModel>	exposureModel 終了タグ
26 </nrml>	nrml 終了タグ

(4) fragility モデルファイル

建物被害を調査するため、fragility モデルファイルが必要となる。通常、建物の被害率曲線等の情報については個別に所持していることが想定される。既知の情報があれば、「3.5 Input Preparation Toolkit」(p.100~) に示した fragility モデル作成ツールを用いて、OpenQuake-engine で使用可能な形式に変換するとよい。今回は、建物の被害率曲線等に関するデータを所持していないとして、GEM が整理したデータを用いることにする。

GEM は、「GEM's Physical Vulnerability project」プロジェクトを通して、経験的・解析的な fragility モデル、vulnerability モデルを整理している。それらのデータは、OpenQuake Platform で「Physical Vulnerability」として、公開されている。以下の手順で使用できる。

1. OpenQuake Platform (<https://platform.openquake.org>) にアクセスする (図 4.6.7)。
2. 「Physical Vulnerability」をクリックする (図 4.6.8)。
3. 条件を入力して「Filter」をクリックする (図 4.6.9)。
4. 使用した建物分類のデータを表示する (図 4.6.10)。
5. 「More Details」をクリックする (図 4.6.11)。
6. 「Add」をクリックして、Cart に追加後、ダウンロードする (図 4.6.12)。

GEM が整理した Physical vulnerability については、D'Ayala et al. (2013)⁵¹、Rosetto et al. (2014)⁵²や Rosetto et al. (2015)⁵³などが詳しい。また、建物分類に関する情報は、Brzev et al. (2013)⁵⁴⁵⁵にまとめられている。

ダウンロードした Fragility モデルファイルをファイル 4.6.3 に示した。ダウンロードしたデータは、「3.3.3 (2) fragility モデル」(p.70~) で示したタグ名等と多少異なるものの、大きな違いはないためここでは詳細は述べない。このデータは、FEMA (2003)⁵⁶によるデータである。ここで、Exposure モデルと Fragility モデルの建物分類 (taxonomy) は一致する必要があるため、Fragility モデルを GEM の建物分類に合わせる必要がある。具体的には、7、23、39 行目*の taxonomy 要素内をそれぞれ C2L、W2、W1 に変更する。

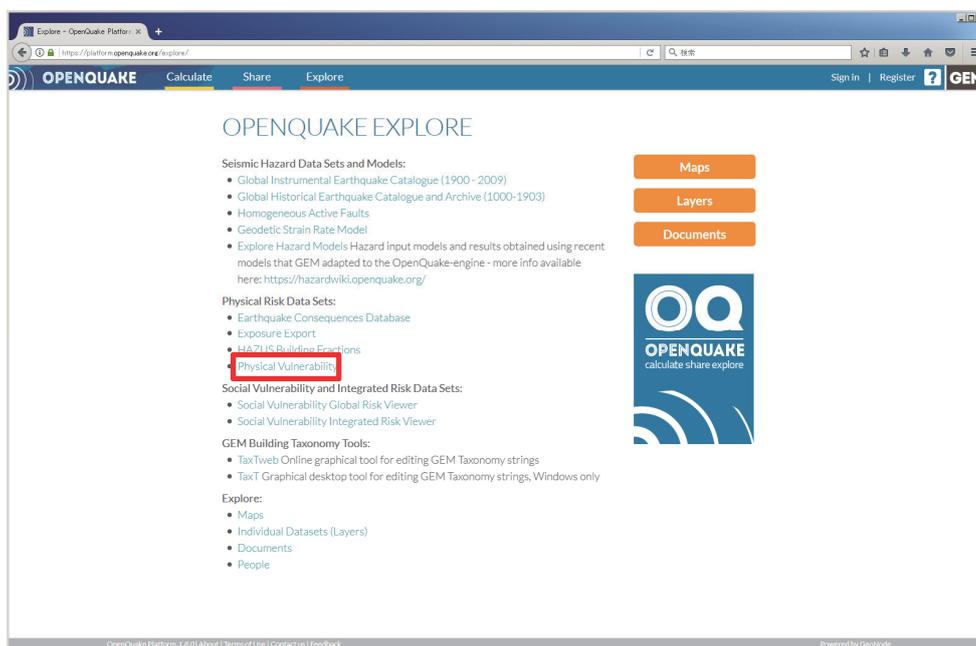


図 4.6.7 OpenQuake Platform ログイン後に「Explore」タブを選択した画面
画面中央「Physical Risk Data Sets」に「Physical Vulnerability」がある

* ファイル 4.6.3 では、23、39 行目は省略したため、別途添付したサンプルファイルを参照されたい。

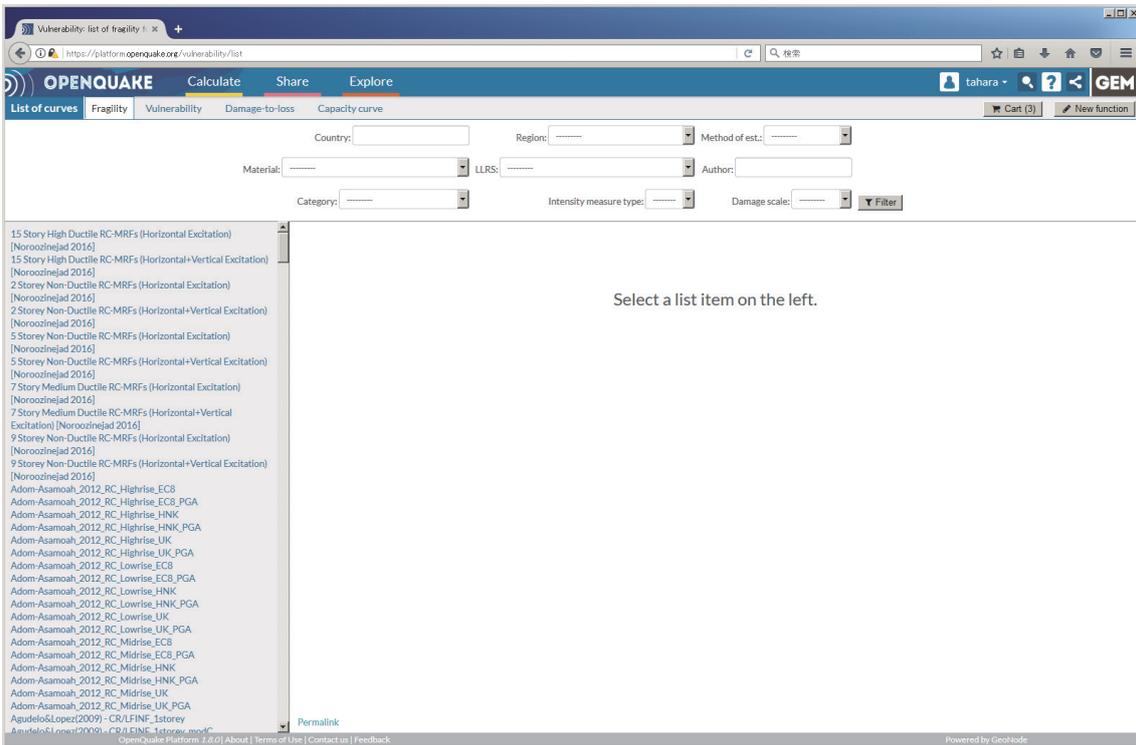


図 4. 6. 8 「Physical Vulnerability」 をクリックした画面
「Fragility」、「Vulnerability」「Damage-to-loss」、「Capacity curve」の各リスト

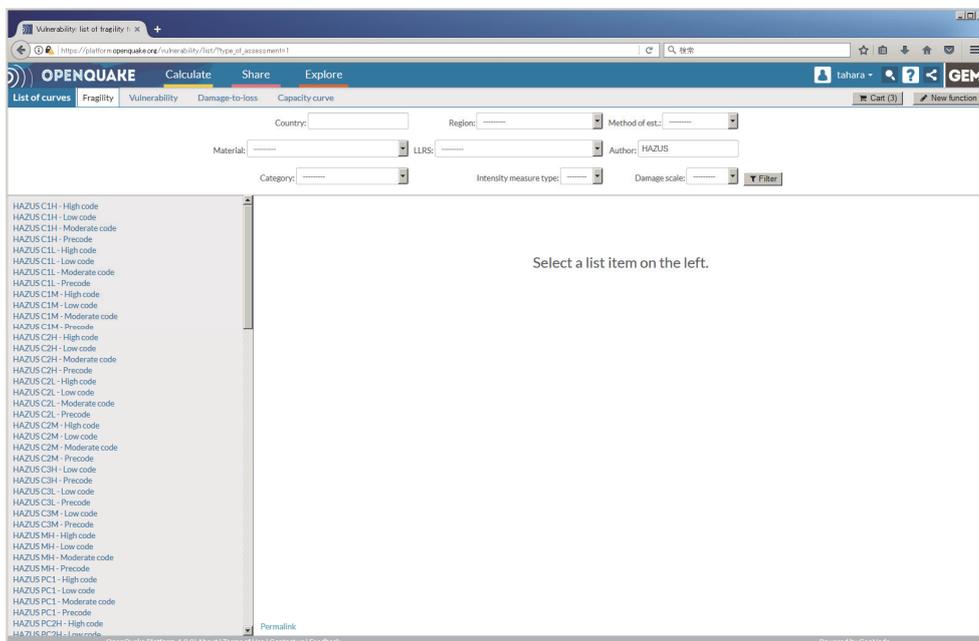


図 4. 6. 9 フィルタを使用した選択の状態
数が膨大なため、使用したい曲線の情報を基にフィルタをかけることができる(画像では、HAZUS のデータのみを表示した)

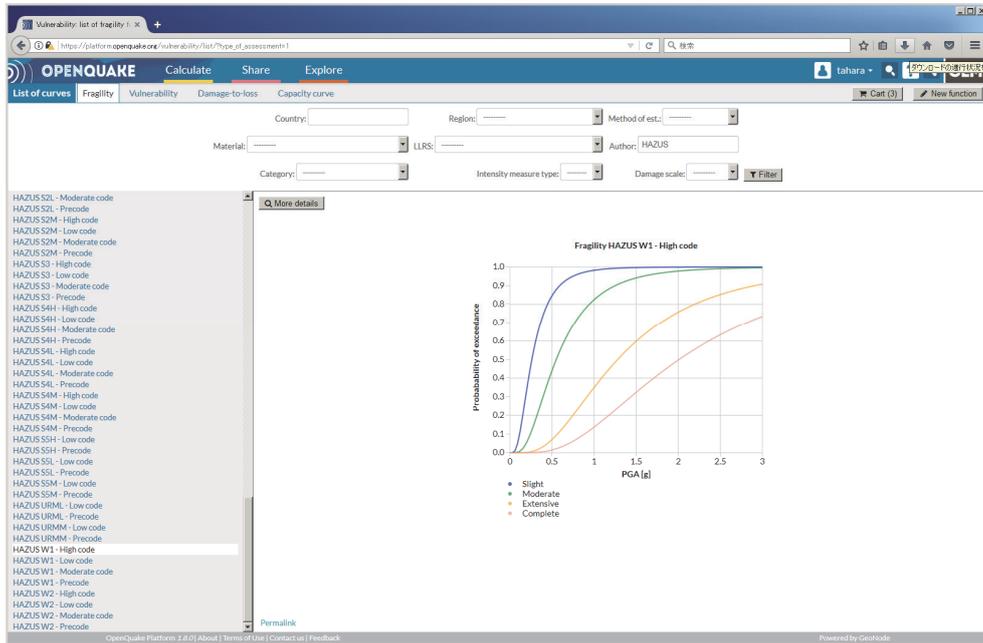


図 4. 6. 10 「HAZUS W1 – High code」の Fragility 関数

この関数を使用したい場合は、中央左上の「More details」をクリックする

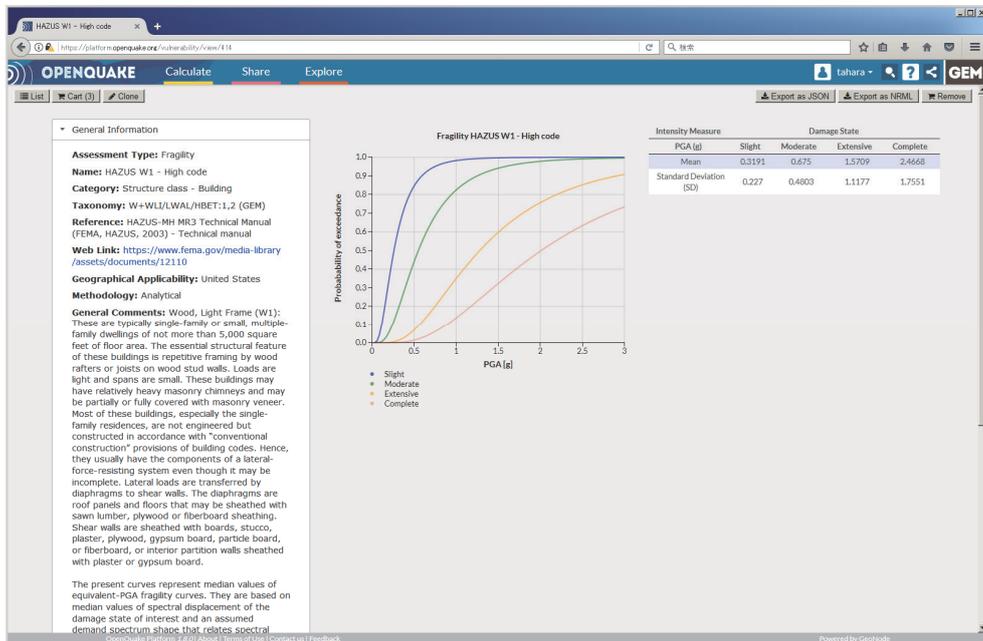


図 4. 6. 11 Fragility 関数の詳細表示画面

「More details」をクリックすると、この関数に関する詳細な情報が取得でき、「Export as NRML」をクリックすれば、この曲線を使用するための Fragility model ファイルが取得できる

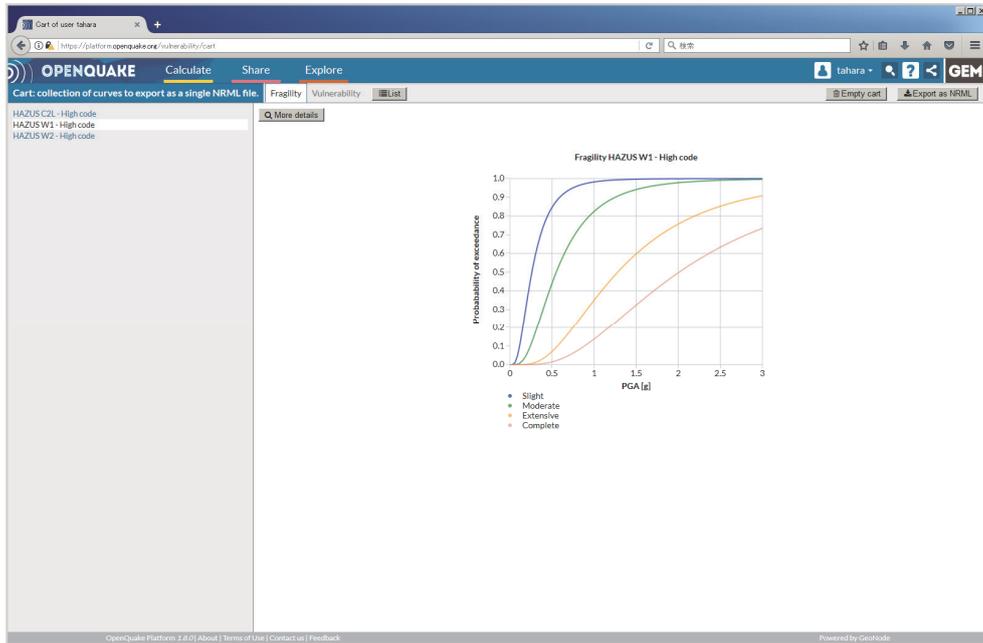


図 4.6.12 複数の関数を選択した場合

複数の関数を「Add」した後、「Cart」をクリックすると、選択した Fragility 関数のリストが表示でき、「Export as NRML」をクリックすれば、これらを一つのファイルにしたデータが取得可能である

ファイル 4.6.3 震源断層を特定した地震動による建物被害解析における fragility モデルファイルの一部

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>	XML 宣言
2 <nrm1 xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrm1/0.4">	nrm1 開始タグ <i>xmlns</i> : XML 名前空間
3 <fragilityModel format="continuous">	fragilityModel : fragility model <i>format</i> : 関数のフォーマット
4 <description>Fragility from GVD: HAZUS C2L - High code</description>	description : 簡単な説明
5 <limitStates>slight moderate extensive complete</limitStates>	limitStates : 被害状態
6 <ffs noDamageLimit="0.05" type="lognormal">	ffs : フラジリティ関数の集合 <i>noDamageLimit</i> : 被害なしの制限値 <i>type</i> : 関数のタイプ 連続関数 (対数正規分布) の場合
7 <taxonomy>CR/LWAL/HBET:1,3</taxonomy>	taxonomy : 建物分類
8 <IML maxIML="3.0" imlUnit="g" minIML="0.0" IMT="PGA"/>	IML: intensity measure level <i>imlUnit</i> : intensity measure level の単位、 <i>IMT</i> : intensity measure type、 <i>minIML</i> : 最小の地震動強さ、 <i>maxIML</i> : 最大の地震動強さ
9 <ffc ls="slight">	ffc : フラジリティ関数
10 <params mean="0.2945" stddev="0.2096"/>	<i>ls</i> : limit state
11 </ffc>	

	ファイル内容	説明
12	<ffc ls="moderate">	params: 対数正規分布のパラメータ <i>mean:</i> 平均、 <i>stddev:</i> 標準偏差 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 ffc 終了タグ fragilityModel 終了タグ nrml 終了タグ
13	<params mean="0.5523" stddev="0.3929"/>	
14	</ffc>	
15	<ffc ls="extensive">	
16	<params mean="1.1046" stddev="0.7859"/>	
17	</ffc>	
18	<ffc ls="complete">	
19	<params mean="1.9023" stddev="1.3535"/>	
20	</ffc>	
21	</ffs>	
22	</fragilityModel>	
23	</nrml>	

(5) 設定ファイル (リスク)

最後に設定ファイルを作成する。ファイル 4.6.4 にサンプルを示した。ここで必要な情報は以下の点である。

1. 計算モードほかの情報 (ファイル 4.6.4 の 1~3 行目)
2. Exposure に関する情報 (ファイル 4.6.4 の 5~6 行目)
3. 計算範囲に関する情報 (ファイル 4.6.4 の 8~9 行目)
4. Fragility モデルの情報 (ファイル 4.6.4 の 11~12 行目)

作成したファイル 4.3.4 を上から順に、セクションごとに解説する。

1) general セクション (計算モードほかの情報)

ここでは、この計算にかかわる一般的な情報を記述する。ここでは、以下の 3 つのパラメータを設定する。

- **description** (2 行目)
この計算でどのような計算を実行するかを任意の文字列で記述する。
- **calculation_mode** (3 行目)
Scenario Damage の計算を行うので、**scenario_damage** を選択する。

2) exposure セクション (exposure に関する情報)

- **exposure_file** (6 行目)
exposure モデルのファイル名を記述する。

3) boundaries セクション (計算範囲に関する情報)

- **region_constraint** (9 行目)
リスクの計算をしたい範囲を経度、緯度の 4 点で指定する。

4) fragility model セクション (fragility モデルの情報)

- **structural_fragility_file** (12 行目)

構造物の Fragility モデルファイルを指定する。

ファイル 4.6.4 震源断層を特定した地震動による建物被害解析における設定ファイル（リスク）

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Scenario Case Sample For Taichikawa Fault Zone	概要
3	calculation_mode = scenario_damage	計算モード
4		
5	[exposure]	
6	exposure_file = exposure_model.xml	exposure モデル
7		
8	[boundaries]	
9	region_constraint = 138.7 36.3, 138.7 35.2, 140.0 35.2, 140.0 36.3	計算範囲の制限
10		
11	[fragility]	
12	structural_fragility_file = structural_fragility_model.xml	fragility モデル

4.6.2 計算方法

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

4.6.3 出力

計算結果の出力方法と図化方法は、「3.6 各計算タイプにおけるハザード・リスクの計算方法」(p.105~) および「3.7 計算結果の図化方法」(p.169~) に示したとおりである。

出力ファイルのうちハザードの計算結果を QGIS で図化したものを図 4.6.13 に示した。今回の計算は、地盤の情報を使わないため、断層面に沿った形で出力される。Risk Modeller's Toolkit を使用した建物分類ごとの計算結果を図 4.6.14、図 4.6.15 に示す。

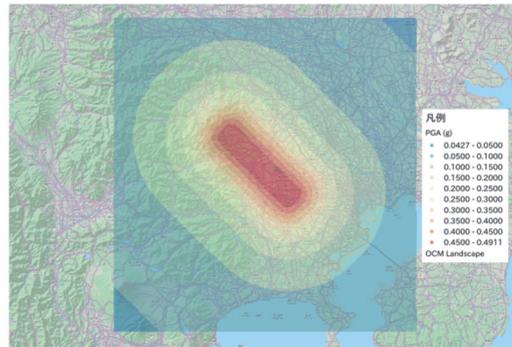


図 4.6.13 計算された PGA 分布

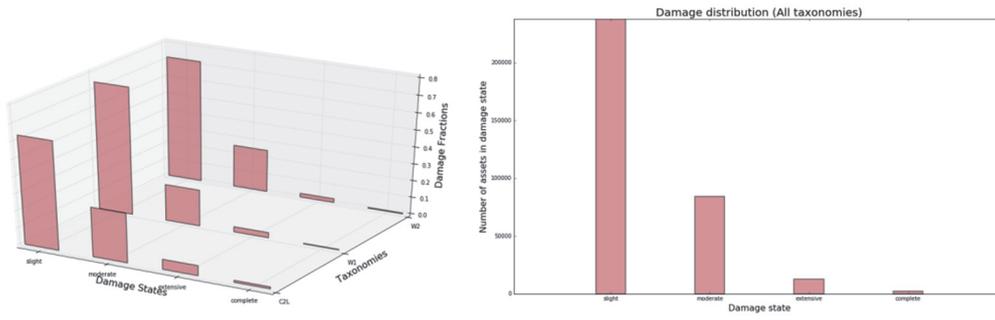


図 4.6.14 建物分類ごとの被害状況

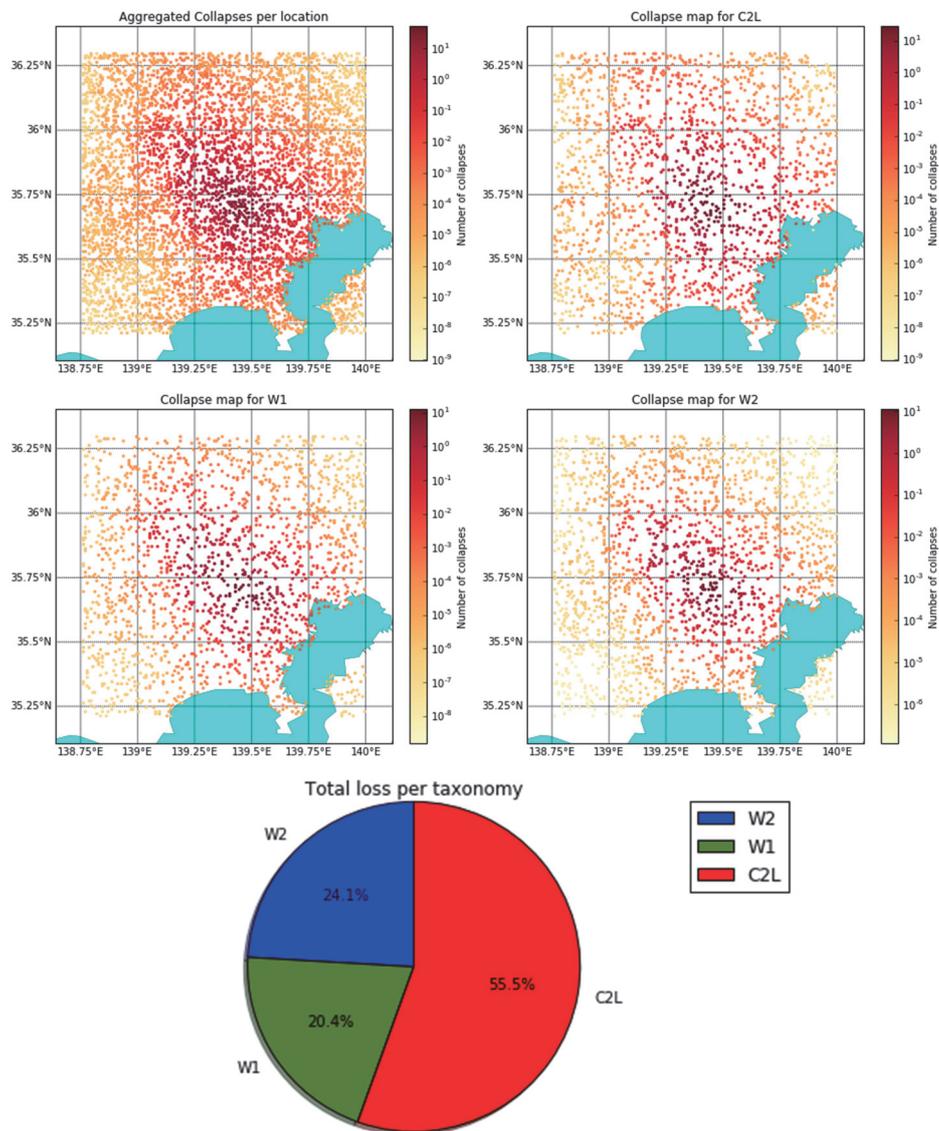


図 4.6.15 建物分類ごとの建物倒壊図

4.7 確率論的地震リスク解析

4.7.1 必要な情報

次に、確率論的地震リスク解析のうち、fragility モデルを使用した確率論的地震被害解析を行う。ここで、必要となる情報は、確率論的ハザード解析の結果、解析地点の exposure モデル、各資産の被害率曲線 (fragility model) である。このうち、ハザード解析の結果は、確率論的地震ハザード解析その 3 の結果を使用する。

4.7.2 必要なファイル

以下のように設定ファイルと震源モデルのロジックツリーおよび地震モデルのロジックツリーが必要となる。

1. 震源モデル (ファイル 4.3.1 とファイル 4.4.1)
2. 震源モデルロジックツリーファイル (ファイル 4.4.2)
3. 地震動予測式ロジックツリーファイル (ファイル 4.5.1)
4. 設定ファイル (ハザード) (ファイル 4.4.4)
5. Exposure モデルファイル (ファイル 4.6.2)
6. Fragility モデルファイル (ファイル 4.6.3)
7. 設定ファイル (リスク) (ファイル 4.6.4)

(1) 震源モデルファイル

ハザードの解析結果は「4.5 確率論的地震ハザード解析その 3」(p.210~) の結果をそのまま用いるため、震源モデルは、ファイル 4.3.1 とファイル 4.4.1 をそれぞれ統合したファイル 4.4.1 の source_model_01.xml~source_model_10.xml 中にファイル 4.3.1 の情報を加えた計 10 ファイルを使用する。

(2) 震源モデルロジックツリーファイル

ファイル 4.4.2 と同じファイルを使用する。

(3) 地震動予測式ロジックツリーファイル

ファイル 4.5.1 とほぼ同じファイルを使用するが、地震動予測式を AkkarBommer2010 および ZhaoEtAl2006SInter に変更する。変更したファイルをファイル 4.7.1 に示した。

ファイル 4.7.1 確率論的地震リスク解析における地震動予測式ロジックツリーファイル

ファイル内容	説明
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>	XML 宣言
2 <nrml xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" xmlns="http://openquake.org/xmlns/nrml/0.5">	nrml 開始タグ <i>xmlns</i> : XML 名前空間
3 <logicTree logicTreeID='lt1'>	logicTree : ロジックツリー <i>logicTreeID</i> : ID

ファイル内容	説明
4 <logicTreeBranchingLevel branchingLevelID="b11">	logicTreeBranchingLevel: ブランチングレベル
5 <logicTreeBranchSet uncertaintyType="gmpeModel" branchSetID="bs1" applyToTectonicRegionType="Active Shallow Crust">	logicTreeBranchSet: ブランチセット <i>branchSetID:</i> ID <i>uncertaintyType:</i> 不確定性のタイプは gmpeModel <i>applyToTectonicRegionType:</i> 適用する構造は Active Shallow Crust
6 <logicTreeBranch branchID="b1">	logicTreeBranch: ブランチ <i>branchID:</i> ID
7 <uncertaintyModel>AkkarBommer2010</uncertaintyModel>	uncertaintyModel: AkkarBommer2010 が不確定性のモデル
8 <uncertaintyWeight>1.0</uncertaintyWeight>	uncertaintyWeight: 不確定性の重みは 1.0
9 </logicTreeBranch>	logicTreeBranch 終了タグ
10 </logicTreeBranchSet>	logicTreeBranchSet 終了タグ
11 </logicTreeBranchingLevel>	logicTreeBranchingLevel 終了タグ
12 <logicTreeBranchingLevel branchingLevelID="b12">	logicTreeBranchingLevel: ブランチングレベル
13 <logicTreeBranchSet uncertaintyType="gmpeModel" branchSetID="bs21" applyToTectonicRegionType="Subduction Interface">	logicTreeBranchSet: ブランチセット <i>branchSetID:</i> ID <i>uncertaintyType:</i> 不確定性のタイプは gmpeModel、 <i>applyToTectonicRegionType:</i> 適用する構造は Subduction Interface
14 <logicTreeBranch branchID="b21">	logicTreeBranch: ブランチ branchID: ID
15 <uncertaintyModel>ZhaoEtAl2006SInter</uncertaintyModel>	uncertaintyModel: ZhaoEtAl2006SInter が不確定性のモデル
16 <uncertaintyWeight>1.0</uncertaintyWeight>	uncertaintyWeight: 不確定性の重みは 1.0
17 </logicTreeBranch>	logicTreeBranch 終了タグ
18 </logicTreeBranchSet>	logicTreeBranchSet 終了タグ
19 </logicTreeBranchingLevel>	logicTreeBranchingLevel 終了タグ
20 </logicTree>	logicTree 終了タグ
21 </nrml>	nrml 終了タグ

(4) 設定ファイル (ハザード)

ファイル 4.4.4 とほぼ同じファイルを使用するが、intensity_measure_types_and_levels 変数を PGA に変更する。変更したファイルをファイル 4.7.2 に示した。この計算で使用する距離減衰式では、Vs30 の値が必要となる。本来は、地盤情報に基づく値を入れなければならないが、簡単化のために 12~16 行目のように Vs30 の値を追加した。

ファイル 4.7.2 確率論的地震リスク解析における設定ファイル (ハザード)

ファイル内容	説明
1 [general]	general セクション
2 description = Classical PSHA Sample For Sagami Trough	簡単な説明
3 calculation_mode = classical	計算モードは classical

ファイル内容	説明
4 5 [logic_tree] 6 source_model_logic_tree_file = source_model_logic_tree.xml 7 gsim_logic_tree_file = gmpe_logic_tree.xml 8	震源モデルロジックツリー 地震動予測式ロジックツリー
9 [erf] 10 rupture_mesh_spacing = 5.0 11	断層面の分割サイズ (km)
12 [site_params] 13 reference_vs30_value = 760.0 14 reference_vs30_type = measured 15 reference_depth_to_2pt5km_per_sec = 5.0 16 reference_depth_to_1pt0km_per_sec = 100.0 17	観測点パラメータ Vs30(m/s) Vs30 のタイプ Vs=2.5km/s となる深さ(km) Vs=1.0km/s となる深さ(m)
18 [hazard_calculation] 19 random_seed = 113 20 intensity_measure_types_and_levels = {"PGA": [0.005, 0.007, 0.0098, 0.0137, 0.0192, 0.0269, 0.0376, 0.0527, 0.0738, 0.103, 0.145, 0.203, 0.284, 0.397, 0.556, 0.778, 1.09, 1.52, 2.13] } 21 truncation_level = 3.0 22 maximum_distance = 200.0 23 investigation_time = 50 24	統計処理のための乱数のシード値 計算する地震動とそのレベル 偶然的ばらつきのための有界レベル 地震動を計算する最大距離 (km) 超過確率の対象期間(年)
25 [exposure] 26 exposure_file = exposure_model.xml 27	exposure モデル
28 [hazard_outputs] 29 hazard_maps = true 30 poes = 0.01, 0.02, 0.10 31 mean_hazard_curves = true	ハザードマップの出力 超過確率: 1%、2%、10% 平均のハザードカーブの作成

(5) exposure モデルファイル

ファイル 4.6.2 と同じファイルを使用する。

(6) fragility モデルファイル

ファイル 4.6.3 と同じファイルを使用する。

(7) 設定ファイル (リスク)

最後に設定ファイルを作成する。ファイル 4.6.4 とほぼ同じであるが、ここでは、リスクのための超過確率の対象期間をハザードとは別途与える変数と離散データによる fragility 関数を補間するサンプルを示した。ここで必要な情報は以下の点である。

1. 計算モードほかの情報 (ファイル 4.7.3 の 2~3 行目)
2. Risk 計算の情報 (ファイル 4.7.3 の 6~7 行目)
3. Exposure に関する情報 (ファイル 4.7.3 の 10 行目)
4. 計算範囲に関する情報 (ファイル 4.7.3 の 13 行目)
5. Fragility モデルの情報 (ファイル 4.7.3 の 16 行目)

ファイル 4.7.3 にサンプルを示した。

ファイル 4.7.3 設定ファイル (リスク)

	ファイル内容	説明
1	[general]	
2	description = Classical Damage calculation	計算概要
3	calculation_mode = classical_damage	モードの選択
4		
5	[risk_calculation]	
6	risk_investigation_time = 1	リスクの超過確率の対象期間(年)
7	steps_per_interval = 4	fragility 関数の補間間隔
8		
9	[exposure]	
10	exposure_file = exposure_model.xml	exposure モデル
11		
12	[boundaries]	
13	region_constraint = 138.7 36.3, 138.7 35.2, 140.0 35.2, 140.0 36.3	計算範囲の制限
14		
15	[fragility]	fragility モデル
16	structural_fragility_file = structural_fragility_model.xml	構造物の fragility モデルファイル

4.7.3 計算方法

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

4.7.4 出力

計算結果の出力方法と図化方法は、「3.6 各計算タイプにおけるハザード・リスクの計算方法」(p.105~) および「3.7 計算結果の図化方法」(p.169~) に示したとおりである。

QGIS を使用した資産ごとの建物被害分布の計算結果を図 4.7.1 に示す。

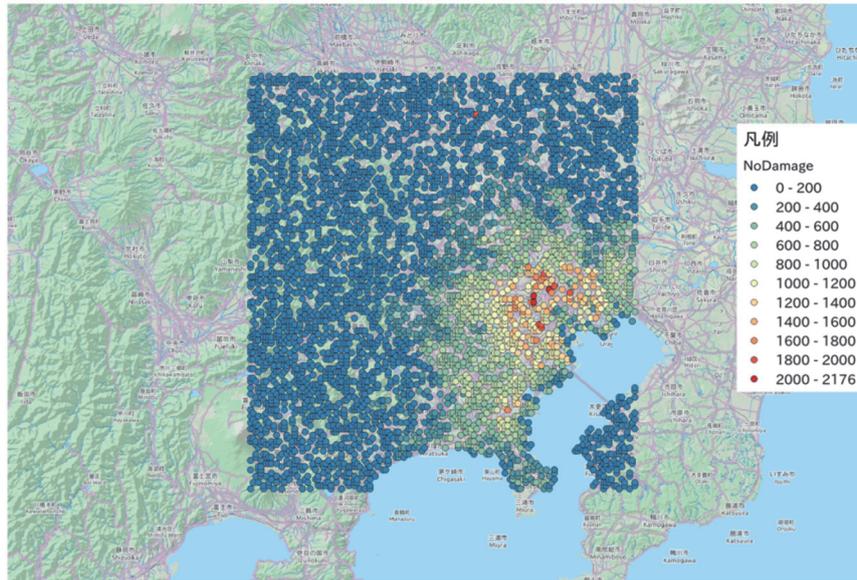


図 4.7.1 計算された確率論的建物被害分布（建物被害なし 50 年で 1%）

4.8 計算時間

OpenQuake-engine では、計算範囲、格子サイズ、震源モデル数などによって計算時間が異なる。計算時間に関しては、使用している計算機にも大きく左右される。今回示す計算時間は、DELL OptiPlex 5040 (Intel Core i7-6700 3.4GHz、メモリ 8GB、HDD1TB、Windows 7 professional (64bit)) を用いて計算した場合の結果である。

現時点 (2017 年 3 月) で最新のプログラムでは、計算処理の高速化・並列化がなされており、バージョン 1.0 の頃と比較するとかなり高速で計算ができるようになっている。その一方で、計算に必要なメモリの使用量も増加しているため、搭載メモリが少ない計算機で計算する場合は注意が必要である。メモリ使用量が物理メモリ以上となる場合もそのまま計算を進めてしまうので、計算が進まない場合や計算機がフリーズする場合は、メモリ不足であると考えたほうが良い。また、最新のプログラムでは、計算機の CPU のコア数が複数であれば、自動で並列処理を行うようなプログラムとなっている。しかしながら、並列化しない場合には 8GB 程度のメモリ量でも問題ない計算でも、並列化して計算を行うと並列処理分のメモリ量を必要として、物理メモリ量以上のメモリ量を割り当てるようであるので、格子サイズを細かくした計算や、領域の広い計算、多数の震源を使用した計算を実施する場合には、注意が必要である。

表 4.8.1 は、確率論的地震ハザード解析その 3 のモデルを使用して、`region_grid_spacing` 変数 (計算地点の格子サイズ) を変更した場合の計算時間を示した。計算範囲は、確率論的地震ハザード解析その 3 と同じ範囲を利用し、格子サイズを 5 通りで計算した。また、計算に使用した計算機では、格子サイズを小さくして並列計算を行うと、メモリが不足するため、並列化しないで計算を実施した。

確率論的地震ハザード解析その 3 のモデルは、約 250km 四方の計算領域である。計算格子サイズを 1.0km とした場合で約 1 分程度と計算時間はあまりかからない。しかしながら、最大のメモリ使用量が約 1.4GB となり、一般の計算機では計算しづらいものとなっている。格子サイズを 500m とした場合では約 4.5GB となっているため、250m メッシュでの計算は、通常の計算機では計算できないことが予想される。

表 4.8.1 計算時間の目安 (`rupture_mesh_spacing = 5.0` の場合)

<code>region_grid_spacing</code> (km)	計算する 観測点数	計算時間 (s)	最大のメモ リ使用量 (MB)	出力サイ ズ (MB)
10.0	143	3	約 110	1.14
5.0	575	5	約 150	3.49
2.50	2272	11	約 300	12.7
1.00	14362	55	約 1400	78.6
0.5	57365	331	約 4500	313

計算範囲と計算格子サイズのみならず、`rupture_mesh_spacing` 変数（断層分割サイズ）にも注意が必要である。断層距離を計算する際に、この変数を用いて断層モデルを分割して計算することになる。この値が小さいと、断層距離を精度良く計算できるようになるが、表 4.8.2 に示したように、この値を小さくすると、多量のメモリを使用することになる。

表 4.8.2 計算時間の目安(`region_grid_spacing = 2.5` の場合)

rupture_mesh_spacing (km)	計算する観測点数	計算時間 (s)	最大のメモリ使用量 (MB)	出力サイズ (MB)
10.0	2272	6	約 150	12.5
5.0		11	約 300	12.7
2.0		48	約 1200	13.8
1.0		200	約 4500	17.8

メモリ使用量が多いために、計算ができない場合は、計算地点を計算範囲と格子サイズで計算するのではなく、点で指定することで対応することも可能である。解析者によっては、計算機の搭載メモリを増やすなどの工夫も必要かもしれない。