

付録

略語一覧

用語	解説
GED4GEM	A <u>G</u> lobal <u>E</u> xposure <u>D</u> atabase for <u>GEM</u>
GEM	<u>G</u> lobal <u>E</u> arthquake <u>M</u> odel
GHEC	<u>G</u> lobal <u>H</u> istorical <u>E</u> arthquake <u>C</u> atalogue
GMF	<u>G</u> round <u>M</u> otion <u>F</u> ield
GML	<u>G</u> eography <u>M</u> arkup <u>L</u> anguage
GMPE	<u>G</u> round <u>M</u> otion <u>P</u> rediction <u>E</u> quation
GSIM	<u>G</u> round <u>S</u> haking <u>I</u> ntensity <u>M</u> odel
GSRM	<u>G</u> lobal <u>S</u> train <u>R</u> ate <u>M</u> odel
HDF	<u>H</u> ierarchical <u>D</u> ata <u>F</u> ormat
MFD	<u>M</u> agnitude <u>F</u> requency <u>D</u> istribution
NRML	<u>N</u> atural <u>R</u> isk <u>M</u> arkup <u>L</u> anguage
OQ	<u>O</u> pen <u>Q</u> uake
PSHA	<u>P</u> robabilistic <u>S</u> eismic <u>H</u> azard <u>A</u> nalysis
SES	<u>S</u> eismic <u>E</u> vent <u>S</u> et
SSHA	<u>S</u> cenario <u>B</u> ased <u>S</u> eismic <u>H</u> azard <u>A</u> nalysis
SSM	<u>S</u> eismic <u>S</u> ource <u>M</u> odel
UHS	<u>U</u> niform <u>H</u> azard <u>S</u> pectra
XML	<u>e</u> <u>X</u> tensible <u>M</u> arkup <u>L</u> anguage
xmlns	<u>x</u> ml <u>n</u> ame <u>s</u> pace

用語辞典

用語	解説
aleatory uncertainty	認識論的不確定性、認識論的ばらつき
asset、アセット、資産	建物や人口を含む特定の価値を持つ要素。たとえば、ある場所での個々の建物であったり、単一の場所でもに位置する、グループ化されたり、同じタクソミーで分類されるいくつかの建物であったりする。
consequence モデル、コンセクエンスモデル	damage-to-loss モデルとしても知られ、物理的被害と損害率の程度を設定する。たとえば、各被害状態の修繕費と建替え費の比率など。これらのモデルは fragility モデルを vulnerability モデルへ変換する際に使われる。
consequence 関数	damage-to-loss モデルとしても知られる。物理的被害と損害率の程度を設定する
epistemic uncertainty	偶然的な不確定性、偶然的ばらつき
exposure モデル、エクスポージャーモデル	地理的位置に従ってグループ化された資産、タクソミーと値
fragility モデル、フラジリティモデル	exposure モデル内のすべての資産のフラジリティをモデル化するために使われる fragility 関数のセット
fragility 関数、フラジリティ関数、	与えられた地震動と超過確率の関数
Geography Markup Language	Open Geospatial Consortium (OGC)によって開発された地理的特徴を表現する XML ベースのマークアップ言語
geojson	JavaScript Object Notation を用いて空間データをエンコードし非空間属性を関連付けるファイル形式
Ground Motion Prediction Equation	地震動予測式 (OpenQuake では通常、距離減衰式を使用する)
Ground Shaking Intensity Model	地震動強さのモデル (OpenQuake では通常、距離減衰式を使用する)
hdf5	米国立スーパーコンピュータ応用研究所 (NCSA) が開発した階層型データフォーマット HDF のバージョン 5
ISC-GEM	International Seismological Center 編集による地震カタログ
Magnitude Frequency Distribution	マグニチュード別度数分布
NumPy	プログラミング言語 Python において数値計算を効率的に実行するための拡張モジュール
Python	汎用のプログラミング言語
taxonomy、タクソミー	資産を分類するために使われるスキーム。建物においては、水平荷重に対する抵抗システムとその材質、高さ、建築の時期を含む多くの属性(計数)を考慮する分類スキームが GEM によって提案されている。タクソミーは exposure モデル内の資産と関連する被害関数や被害率関数をリンクするために使われる
Uniform Hazard Spectra	一様ハザードスペクトル
Vs30	表層地盤 (地表からおおよそ 30m 程度の深さまで) の平均 S 波速度
vulnerability モデル、バルナラビリティモデル	exposure モデル中のすべての資産の脆弱性をモデル化するために使用される vulnerability 関数のセット
vulnerability 関数	exposure モデル中の資産の脆弱性をモデル化するために使用される
スケーリング則	地震の規模マグニチュードと断層面積の関係
距離減衰式	地震の規模と距離の関係を表した式

使用可能な GMPE の一部の紹介

本文中で使用した地震動予測式と GEM GMPE Project で選ばれた地震動予測式を下記に示す。太字は GEM GMPE Project で選ばれた地震動予測式である。

GSIM を設定ファイル（たとえば、job.ini など）あるいは地震動予測式ロジックツリーファイル（たとえば、gmpe_logic_tree.xml など）内で変更する。必要なパラメータについては、「3.3.2 (6) その他のパラメータ」(p.64) に示した。震源距離のパラメータ (R_{RUP} , R_{JB} , R_x など) は自動的に計算されるため、必要なパラメータではないが、参考のために示した。

参考文献	GSIM	地震動指標	適用範囲	必要なパラメータ
Abrahamson et al. (2016) ⁵⁷⁾	AbrahamsonEtAl2015Sinter	PGA, SA	Subduction Interface	R_{RUP} , hypo_depth, M_w
	AbrahamsonEtAl2015SSlab		Subduction IntraSlab	R_{RUP} , hypo_depth, M_w
Akkad and Bummer (2010) ⁵⁸⁾	AkkaBommer2010	PGA, PGV, SA	Active Shallow Crust	R_{JB} , rake, M_w , V_{S30} ,
Atkinson and Boore (2003) ⁵⁹⁾	AtkinsonBoore2003Sinter	PGA, SA	Subduction Interface	R_{RUP} , hypo_depth, M_w ,
	AtkinsonBoore2003SSlab		Subduction IntraSlab	
Atkinson and Boore (2006) ⁶⁰⁾	AtkinsonBoore2006	PGA, PGV, SA	Stable Shallow Crust	R_{RUP} , M_w , V_{S30}
Boore and Atkinson (2008) ⁶¹⁾	BooreAtkinson2008	PGA, PGV, Sa	$M_w=5-8$, $R_{JB}<200\text{km}$, $V_{S30}=180-130$ 0m/s	R_{JB} , rake, M_w , V_{S30}
Chiou and Youngs (2008) ⁴³⁾	ChiouYoungs2008	PGA, PGV, Sa	Active Shallow Crust	R_x , R_{JB} , R_{RUP} , rake, dip, ztor, M_w , V_{S30} , z1p0
	ChuouYoungs2008SWISS01			
Pezeshk et al. (2011) ⁶²⁾	PezeshkEtAl2011	PGA, SA	Stable Shallow Crust	R_{RUP} , M_w
Si and Midorikawa (1999) ⁴⁵⁾	SiMidorikawa1999Asc	PGV	Active Shallow Crust	R_{RUP} , hypo_depth, M_w
	SiMidorikawa1999Sinter		Subduction Interface	
	SiMidorikawa1999SSlab		Subduction IntraSlab	
Silva et al. (2002) ⁶³⁾	SilvaEtAl2002MblgAB1987NSHMP2008	PGA, SA	Stable Shallow Crust	R_{JB} , M_w
	SilvaEtAl2002MblgJ1996NSHMP2008			
	SilvaEtAl2002MwNSHMP2008			
Toro et al. (1997) ⁶⁴⁾	ToroEtAl1997MblgNSHMP2008	PGA, SA	Stable Shallow Crust	R_{JB} , M_w
	ToroEtAl1997MwNSHMP2008			

参考文献	GSIM	地震動指標	適用範囲	必要なパラメータ
Toro et al. (1997) ⁶⁴⁾	ToroEtA11997MblgNSHMP2008	PGA、SA	Stable Shallow Crust	R _{JB} 、M _w
	ToroEtA11997MwNSHMP2008			
Zhao et al. (2006) ⁶⁵⁾	ZhaoEtA12006Asc	PGA、SA	Active Shallow Crust	hypo_depth、rake、M _w
	ZhaoEtA12006Sinter		Subduction Interface	hypo_depth、M _w
	ZhaoEtA12006SSlab		Subduction IntraSlab	

サンプルデータ

本文中で使用したサンプルデータは、損害保険料率算出機構のホームページ上に掲載している (<http://www.giroj.or.jp/>)。第3章のサンプルデータの一覧を表1に、第4章のサンプルデータの一覧を表2にそれぞれ示す。

サンプルデータでは、設定ファイル中の `rupture_mesh_spacing` 変数を2としているため、計算機の搭載メモリ量が少ないと計算できないかもしれないので、注意が必要である。8GBのメモリを搭載した計算機で計算可能なことは確認済みである。もし計算できない場合は、計算範囲・計算格子サイズを小さくするか、`rupture_mesh_spacing` 変数を大きくすれば、サンプルデータを使用した計算は可能である。

表1 第3章のサンプルデータ一覧

zip ファイル名	ファイル名	ファイル番号
3.6.1.1_Scenario_Case.zip	job.ini	ファイル 3.6.1
	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
3.6.1.1a_Scenario_Case.zip	job.ini	ファイル 3.6.1(a)
	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
3.6.1.1b_Scenario_Case.zip	job.ini	ファイル 3.6.1(b)
	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
	site.csv	
3.6.1.1c_Scenario_Case.zip	job.ini	ファイル 3.6.1(c)
	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
3.6.1.2_Classical_PSHA_PointSource.zip	job.ini	ファイル 3.6.6
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.9
3.6.1.3_Classical_PSHA_SimpleFault.zip	job.ini	ファイル 3.6.6
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
3.6.1.3a_Classical_PSHA_PointSourceMod.zip	job.ini	ファイル 3.6.6
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.11
3.6.1.4_Event_Based_PSHA_SimpleFault.zip	job.ini	ファイル 3.6.12
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
3.6.1.4a_Event_Based_PSHA_SimpleFault_ses10.zip	job.ini	ファイル 3.6.12
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10

zip ファイル名	ファイル名	ファイル番号
3.6.1.4b_Event_Based_PSHA_SimpleFault_ses1000.zip	job.ini	ファイル 3.6.12
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
3.6.1.5_Disaggregation.zip	job.ini	ファイル 3.6.13
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
3.6.2.1_Senario_Damage.zip	job.ini	ファイル 3.6.16
	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
	exposure_model.xml	ファイル 3.6.17
	structural_fragility_model.xml	ファイル 3.6.18
	consequence_model.xml	ファイル 3.6.19
3.6.2.1a_Senario_Damage.zip	job.ini	ファイル 3.6.16
	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
	exposure_model.xml	ファイル 3.6.17
	structural_fragility_model.xml	ファイル 3.6.18
	consequence_model.xml	ファイル 3.6.19
3.6.2.2_Senario_Risk.zip	job.ini	ファイル 3.6.20
	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 3.6.2
	exposure_model.xml	ファイル 3.6.17
	structural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.21
	nonstructural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.22
	occupants_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.23
3.6.2.3_Classical_Damage.zip	job.ini	ファイル 3.6.24
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
	structural_fragility_model.xml	ファイル 3.6.18
	consequence_model.xml	ファイル 3.6.19
3.6.2.4_Classical_Risk.zip	job.ini	ファイル 3.6.25
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
	structural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.21
	nonstructural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.22
	occupants_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.23
3.6.2.5_Event_Based_Risk.zip	job.ini	ファイル 3.6.26
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
	structural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.21

zip ファイル名	ファイル名	ファイル番号
	nonstructural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.22
	occupants_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.23
3.6.2.6_Classical_BCR.zip	job.ini	ファイル 3.6.27
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 3.6.7
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 3.6.8
	source_model.xml	ファイル 3.6.10
	structural_vulnerability_model.xml	ファイル 3.6.21
	vulnerability_model_retrofitted.xml	

表2 第4章のサンプルデータ一覧

zip ファイル名	ファイル名	ファイル番号
section4.2(SinglePlane) .zip	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 4.2.1
	job.ini	ファイル 4.2.3
section4.2(SimpleFault) .zip	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 4.2.2
	job.ini	ファイル 4.2.3
section4.3(ClassicalPSHA) .zip	source_model.xml	ファイル 4.3.1
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 4.3.2
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 4.3.3
	job.ini	ファイル 4.3.4
section4.3(EventBasedPSHA) .zip	source_model.xml	ファイル 4.3.1
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 4.3.2
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 4.3.3
	job.ini	ファイル 4.3.5
section4.4.zip	source_model_01.xml	ファイル 4.4.1
	source_model_02.xml	
	source_model_03.xml	
	source_model_04.xml	
	source_model_05.xml	
	source_model_06.xml	
	source_model_07.xml	
	source_model_08.xml	
	source_model_09.xml	
	source_model_10.xml	
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 4.4.2
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 4.4.3
	job.ini	ファイル 4.4.4
section4.5.zip	source_model_01.xml	
	source_model_02.xml	
	source_model_03.xml	
	source_model_04.xml	
	source_model_05.xml	
	source_model_06.xml	
	source_model_07.xml	
	source_model_08.xml	

zip ファイル名	ファイル名	ファイル番号
	source_model_09.xml	
	source_model_10.xml	
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 4.4.2
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 4.5.1
	job.ini	ファイル 4.4.4
section4.6.zip	earthquake_rupture_model.xml	ファイル 4.2.1
	job_hazard.ini	ファイル 4.6.1
	exposure_model.xml	ファイル 4.6.2
	structural_fragility_model.xml	ファイル 4.6.3
	job_risk.ini	ファイル 4.6.4
section4.7.zip	source_model_01.xml	
	source_model_02.xml	
	source_model_03.xml	
	source_model_04.xml	
	source_model_05.xml	
	source_model_06.xml	
	source_model_07.xml	
	source_model_08.xml	
	source_model_09.xml	
	source_model_10.xml	
	source_model_logic_tree.xml	ファイル 4.4.2
	gmpe_logic_tree.xml	ファイル 4.5.1
	job_hazard.ini	ファイル 4.4.4
	exposure_model.xml	ファイル 4.6.2
	structural_fragility_model.xml	ファイル 4.6.3
job_risk.ini	ファイル 4.7.3	

参考 URL

- GEM ウェブサイト
<https://www.globalquakemodel.org/>
- GEM の GitHub サイト
<https://github.com/gem>
- OpenQuake の文書
<http://docs.openquake.org/>
- GEM Hazard Team Wiki
<https://hazardwiki.openquake.org/>
- Global Instrumental Seismicity Catalogue (ISC-GEM)
<http://www.globalquakemodel.org/what/seismic-hazard/instrumental-catalogue>
<http://www.isc.ac.uk/iscgem/>
<https://platform.openquake.org/maps/23>
- Global Historical Seismicity Catalogue and Archive (GHEC and GHEA)
<http://www.globalquakemodel.org/what/seismic-hazard/historical-catalogue/>
<http://www.emidius.eu/GEH/>
<https://platform.openquake.org/maps/24>
- Global Strain Rate Model (GSRM)
<http://www.globalquakemodel.org/what/seismic-hazard/strain-rate-model/>
http://ftp.globalquakemodel.org/strain-rate/GSRM_average_strain_v2.1.zip
http://ftp.globalquakemodel.org/strain-rate/GSRM_gridded_strain_v2.1.zip
<https://platform.openquake.org/maps/26>
- Global Active Faults database (GFE)
<http://www.globalquakemodel.org/what/seismic-hazard/active-faults-database/>
<https://platform.openquake.org/maps/25>
- GEM Global Exposure Database
<https://platform.openquake.org/exposure/>
- GEM Global Earthquake Consequences Database
<https://platform.openquake.org/eecd/eventsmap>
- GEM Physical Vulnerability Functions Database
<https://platform.openquake.org/vulnerability/list>
- Global Ground Motion Prediction Equations (GGMPes)
<http://www.globalquakemodel.org/what/seismic-hazard/gmpes/>
<http://docs.openquake.org/oq-hazardlib/stable/gsim/index.html>
- GEM's Physical Vulnerability project
<https://www.globalquakemodel.org/what/physical-integrated-risk/physical-vulnerability/>

参考文献

- 1) GEM. (2017) The OpenQuake-engine User Manual, *GEM Technical Report 2017–2*, 193, doi:10.13117/GEM.OPENQUAKE.MAN.ENGINE.2.3/01
- 2) Pagani, M., Monelli, D., Weatherill, G. A. & Garcia, J. (2014) The OpenQuake-engine Book: Hazard. Global Earthquake Model (GEM) Technical Report 2014-08, *GEM Technical Report 2014–08*, 67, doi:10.13117/- GEM.OPENQUAKE.TR2014.08
- 3) Crowley, H. & Silva, V. (2013) *OpenQuake Engine Book: Risk v1.0.0*. GEM,
- 4) Global Earthquake Model, Available at: <https://www.globalquakemodel.org>.
- 5) GEM Hazard Team Wiki, Available at: <https://hazardwiki.openquake.org/>.
- 6) EMCA-GEM: EMCA-GEM, Available at: <http://www.emca-gem.org/>.
- 7) EMME-GEM, Available at: <http://www.emme-gem.org/>.
- 8) SARA Wiki, Available at: <https://sara.openquake.org/hazard>.
- 9) European Seismic Hazard Model, Available at: <http://www.efehr.org:8080/jetspeed/portal/hazard.psml>.
- 10) Wesson, R. L., Boyd, O. S., Mueller, C. S., Bufe, C. G., Frankel, A. D. & Petersen, M. D. (2007) Revision of Time-Independent Probabilistic Seismic Hazard Maps for Alaska, *USGS Open File Report 1043*,
- 11) Burbidge, D. R. (2012) *The 2012 Australian Earthquake Hazard Map. Record 2012/71*,
- 12) Leonard, M., Burbidge, D. R. & Edwards, M. (2013) *Atlas of Seismic Hazard Maps of Australia, Geoscience Australia Record 2013/41*,
- 13) Adams, J. & Halchuk, S. (2005) Fourth-Generation Seismic Hazard Maps for the 2005 National Building Code of Canada, *13th World Conference on Earthquake Engineering 2502*, doi:10.4095/214223doi:10.4095/214223
- 14) Martin C., Combes P., R., S., G., L., Carbon, D., A., F. & Grellet, B. (2002) *Révision du zonage sismique de la France: Etude probabiliste*,
- 15) Benito Oterino, B. & Torres Fernández, Y. (2009) *Amenaza sísmica en América Central*, (Entimema).
- 16) Benito, M. B., Lindholm, C., Camacho, E., Climent, A., Marroquin, G., Molina, E., Rojas, W., Escobar, J. J., Talavera, E., Alvarado, G. E. & Torres, Y. (2012) A New Evaluation of Seismic Hazard for the Central America Region, *Bulletin of the Seismological Society of America* **102**,2, 504–523, doi:10.1785/0120110015
- 17) Julio, G., Slejko, D., Alvarez, L., Peruzza, L. & Rebez, A. (2003) Seismic Hazard Maps for Cuba and Surrounding Areas, *Bulletin of the Seismological Society of America* **93**,6, 2563–2590, doi:10.1785/0120020144
- 18) Garcia, J. & Llanes-Buron, C. (2013) Probabilistic seismic hazard zonation for the Cuban building code update, *American Geophysical Union, Spring Meeting 2013, abstract #S43B-18*

- 19) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Available at: <http://www.ingv.it/it/>.
- 20) 藤原広行, 河合伸一, 青井真, 森川信之, 先名重樹, 工藤暢章, 大井昌弘, はお憲生, 若松加寿江, 石川裕, 奥村俊彦, 石井透, 松島信一, 早川讓, 遠山信彦 & 成田章. (2009) 「全国地震動予測地図」作成手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料 336,
- 21) GNS Science, Available at: <https://www.gns.cri.nz/>.
- 22) Petersen, M., Harmsen, S., Haller, K., Mueller, C., Luco, N., Hayes, G. & Rukstales, K. (2010) Preliminary Seismic Hazard Model for South America, *Proceedings of Conferencia Internacional. Homenaje a Alberto Giesecke Matto*.
- 23) Petersen, B. M., Harmsen, S., Mueller, C., Haller, K., Dewey, J., Luco, N., Crone, A., Lidke, D., Rukstales, K., Survey, U. S. G., Mark Petersen, Stephen Harmsen, Charles Mueller, Kathleen Haller, James Dewey, Nicolas Luco, Anthony Crone, David Lidke & Kenneth Rukstales. (2007) Documentation for the Southeast Asia Seismic Hazard Maps, *Administrative Report September*, pp.67
- 24) SED | Swiss Seismological Service, Available at: <http://www.seismo.ethz.ch/en/home/>.
- 25) TEC 台灣地震科學中心, Available at: http://tec.earth.sinica.edu.tw/new_web/mission.php?id=8.
- 26) Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Available at: <http://www.koeri.boun.edu.tr/new/en>.
- 27) Frankel, A., Mueller, C., Barnhard, T., Perkins, D., Leyendecker, E. V., Dickman, N., Hanson, S. & Hopper, M. (1996) National Seismic-Hazard Maps: Documentation June 1996, *USGS Open-File Report 96-532*, June, pp.71
- 28) Frankel, A. D., Petersen, M. D., Mueller, C. S., Haller, K. M., Wheeler, R. L., Leyendecker, E. V., Wesson, R. L., Harmsen, S. C., Cramer, C. H., Perkins, D. M. & Rukstales, K. S. (2002) Documentation for the 2002 Update of the National Seismic Hazard Maps, *Russell The Journal Of The Bertrand Russell Archives* pp.1-33
- 29) Petersen, M. D., Frankel, A. D., Harmsen, S. C., Mueller, C. S., Haller, K. M., Wheeler, R. L., Wesson, R. L., Zeng, Y., Boyd, O. S., Perkins, D. M., Luco, N., Field, E. H., Wills, C. J. & Rukstales, K. S. (2008) Documentation for the 2008 Update of the United States National Seismic Hazard Maps, *Unites States Geological Survey Open File Report, 2008-1128 (version 1.1)* pp.128
- 30) 全国地震動予測地図 2016年版 | 地震本部, Available at: http://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/shm_report_2016/.
- 31) Field, E. H., Jordan, T. H. & Cornell, C. A. (2003) OpenSHA: A Developing Community-modeling Environment for Seismic Hazard Analysis, *Seismological Research Letters* 74,4, 406-419, doi:10.1785/gssrl.74.4.406
- 32) Cornell, C. A. (1968) Engineering seismic risk analysis, *Bulletin of the Seismological Society of America* 58,5, pp.1583-1606

- 33) McGuire, R. K. (1976) FORTRAN computer program for seismic risk analysis, *USGS Open-File Report* **76,67**, pp.90
- 34) Frankel, A. (1995) Mapping seismic hazard in the central and eastern United States, *Seismological Research Letters* **66,4**, pp.8
- 35) Woo, G. (1996) Kernel estimation methods for seismic hazard area source modeling, *Bulletin of the Seismological Society of America* **86,2**, pp.353–362
- 36) Schwartz, D. P. & Coppersmith, K. J. (1984) Fault behavior and characteristic earthquakes - examples from the Wasatch and San-Andreas fault zones, *Journal of Geophysical Research* **89,NB7**, 5681–5698, doi:10.1029/JB089iB07p05681
- 37) Chiou, B. S.-J. & Youngs, R. R. (2014) Update of the Chiou and Youngs NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra, *Earthquake Spectra* **30,3**, 1117–1153, doi:http://dx.doi.org/10.1193/072813EQS219M
- 38) Gutenberg, B. & Richter, C. F. (1944) Frequency of earthquakes in California, *Bulletin of the Seismological Society of America* **34,4**, pp.185–188
- 39) Youngs, R. R. & Coppersmith, K. J. (1985) Implications of fault slip rates and earthquake recurrence models to probabilistic seismic hazard estimates, *Bulletin of the Seismological Society of America* **75,4**, pp.939–964
- 40) Wells, D. L. & Coppersmith, K. J. (1994) New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement, *Bulletin of the Seismological Society of America* **84,4**, pp.974–1002
- 41) Bommer, J. J., Strasser, F. O., Pagani, M. & Monelli, D. (2013) Quality Assurance for Logic-Tree Implementation in Probabilistic Seismic-Hazard Analysis for Nuclear Applications: A Practical Example, *Seismological Research Letters* **84,6**, 938–945, doi:10.1785/0220130088
- 42) Thomas, P., Wong, I. & Abrahamson, N. A. (2010) Verification of probabilistic seismic hazard analysis computer programs, *PEER Report* May,
- 43) Chiou, B. S. & Youngs, R. R. (2008) An NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra, *Earthquake Spectra* **24,1**, 173–215, doi:10.1193/1.2894832
- 44) 藤原広行, 河合伸一, 青井真, 森川信之, 先名重樹, 東宏樹, 大井昌弘, はお憲生, 長谷川信介, 前田宜浩, 岩城麻子, 若松加寿江, 井元政二郎, 奥村俊彦, 松山尚典 & 成田章. (2013) 東日本大震災を踏まえた地震ハザード評価の改良に向けた検討, 防災科学技術研究所研究資料 379,
- 45) 司宏俊 & 翠川三郎. (1999) 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集 523, pp.63–70
- 46) 藤本一雄 & 翠川三郎. (2006) 近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均S波速度の関係, 日本地震工学会論文集 **6,1**,

- 47) 藤本一雄 & 翠川三郎. (2005) 近年の強震記録に基づく地震動強さ指標による計測震度推定法, 地域安全学会論文集 **7**,
- 48) 翠川三郎, 藤本一雄 & 村松郁栄. (1999) 計測震度と旧気象庁震度および地震動強さの指標との関係, 地域安全学会 **1**, pp.51–56
- 49) Gamba, P. (2014) *GEM Global Exposure Database – Scientific Features*, *GEM Technical Report* doi:10.13117/GEM.EXP-MOD.TR2014.10doi:10.13117/GEM.EXP-MOD.TR2014.10
- 50) USGS. PAGER, Available at: <http://earthquake.usgs.gov/data/pager/>.
- 51) D’Ayala, D., Meslem, A., Vamvatsikos, D., Porter, K., Rossetto, T., Crowley, H. & Silva, V. (2013) *Guidelines for Analytical Vulnerability Assessment - Low/Mid-Rise*, *GEM Technical Report* **8**, doi:10.13117/GEM.VULN-MOD.TR2014.12
- 52) Rossetto, T., Ioannou, I., Grant, D. & Maqsood, T. (2014) *Guidelines for the empirical vulnerability assessment*, *GEM Technical Report* **8**, doi:10.13117/GEM.VULN-MOD.TR2014.11
- 53) Rossetto, T., Ioannou, I. & Grant, D. N. (2015) *Existing Empirical Fragility and Vulnerability Relationships: Compendium and Guide for Selection*, *GEM Technical Report* **1**, doi:10.13117/GEM.VULN-MOD.TR2015.01
- 54) Brzev, S., Scawthorn, C., Charleson, A. W., Allen, L., Greene, M., Jaiswal, K. & Silva, V. (2013) *GEM Building Taxonomy Version 2.0*, *GEM Technical Report* **2**, 188, doi:doi:10.13117/GEM.EXP-MOD.TR2013.02.
- 55) Allen, L., Charleson, A. W., Brzev, S. & Scawthorn, C. (2013) *Glossary for the GEM Building Taxonomy*, *GEM Technical Report* doi:10.13117/GEM.EXP-MOD.TR2013.03doi:10.13117/GEM.EXP-MOD.TR2013.03
- 56) Federal Emergency Management Agency. (2015) *Hazus–MH 2.1: Technical Manual*, pp.718
- 57) Abrahamson, N., Gregor, N. & Addo, K. (2016) BC Hydro Ground Motion Prediction Equations for Subduction Earthquakes, *Earthquake Spectra* **32**,1, 23–44, doi:10.1193/051712EQS188MR
- 58) Akkar, S. & Bommer, J. J. (2010) Empirical Equations for the Prediction of PGA, PGV, and Spectral Accelerations in Europe, the Mediterranean Region, and the Middle East, *Seismological Research Letters* **81**,2, 195–206, doi:10.1785/gssrl.81.2.195
- 59) Atkinson, G. M. & Boore, D. M. (2008) Erratum to Empirical Ground-Motion Relations for Subduction Zone Earthquakes and Their Application to Cascadia and Other Regions, *Bulletin of the Seismological Society of America* **98**,5, 2567–2569, doi:10.1785/0120080108
- 60) Atkinson, G. M. & Boore, D. M. (2006) Earthquake ground motion prediction equations for eastern North America (ERRATUM), *Bulletin of the Seismological Society of America* **96**,6, 2181–2205, doi:10.1785/0120070023
- 61) Boore, D. M. & Atkinson, G. M. (2008) Ground-motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5%-damped PSA at spectral periods between 0.01 s and

- 10.0 s, *Earthquake Spectra* **24**,1, 99–138, doi:10.1193/1.2830434
- 62) Pezeshk, S., Zandieh, A. & Tavakoli, B. (2011) Hybrid empirical ground-motion prediction equations for Eastern North America using NGA models and updated seismological parameters, *Bulletin of the Seismological Society of America* **101**,4, 1859–1870, doi:10.1785/0120100144
- 63) Silva, W., Gregor, N. & Darragh, R. (2002) Development of regional hard rock attenuation relations for central and eastern north america,
- 64) Toro, G. R., Abrahamson, N. A. & Schneider, J. F. (1997) Model of Strong Ground Motions from Earthquakes in Central and Eastern North America: Best Estimates and Uncertainties, *Seismological Research Letters* **68**,1, 41–57, doi:10.1785/gssrl.68.1.41
- 65) Zhao, J. X. (2006) Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period, *Bulletin of the Seismological Society of America* **96**,3, 898–913, doi:10.1785/0120050122

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

2017年7月発行

発行 損害保険料率算出機構

〒163-1029 東京都新宿区西新宿3-7-1

TEL 03-6758-1300 (代表)

URL <http://www.giroj.or.jp>

応用地質株式会社

〒101-8486 東京都千代田区神田美土代町7番地

TEL 03-5577-4501 (代表)

URL <http://www.oyo.co.jp>

印刷 株式会社 三千和商工

〒105-0004 東京都港区新橋6-10-7