

2011年東日本大震災の被災地企業アンケートデータから作成した産業の地震・津波 フラジリティ曲線 Seismic and tsunami fragility of industries, revealed by the 2011 Tohoku-oki earthquake

桑原 保人^{1*}; 長谷川 功¹; 吉見 雅行¹; 行谷 佑一¹; 堀川 晴央¹; 中井 未里¹; 増田 聡²
KUWAHARA, Yasuto^{1*}; HASEGAWA, Isao¹; YOSHIMI, Masayuki¹; NAMEGAYA, Yuichi¹; HORIKAWA, Haruo¹;
NAKAI, Misato¹; MASUDA, Satoru²

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²東北大学大学院経済学研究科
¹AIST, GSJ, ²Graduate school of Economics and Management, Tohoku University.

今後の地震・津波災害を想定し、これに備えるため、東日本大震災の被災地企業アンケートデータから産業の地震・津波フラジリティ曲線を作成した。本アンケートは東北大学大学院経済学研究科・震災復興研究センターの地域産業復興調査研究プロジェクトの一環として行われたものであり、企業の被害データ数はおよそ7,000である。ここでは、事業所の揺れや津波による直接被害の程度（直接被害率）を表す指標を、(有形固定資産被害額) / (有形固定資産) で定義した。各事業所位置での計測震度は、産総研の QuiQuake システムの結果を利用した。津波浸水深については、2011年東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループの結果を利用し、実際の調査データを補間することによってデータの無い場所の値を推定した。これらのデータを用い、横軸に計測震度または津波浸水深、縦軸に事業所の直接被害率を取り、産業のフラジリティ曲線を得ることができた。曲線は、震度、浸水深の増加とともに被害率も高くなり傾向を示し、一般家屋で通常用いられるフラジリティ曲線と同様の傾向である。さらに、被害率の大きさを大・中・小・ゼロに区分し、各被害率区分の頻度と計測震度・浸水深の関係を調べたところ、この関係は二項分布に従う確率モデルでよく説明できることがわかった。二項分布を規定するパラメータは、各震度での直接被害率の平均値のみであり、非常に単純なモデルで被害率の分布が推定可能であることを示す。以上の結果は、今後の巨大地震による産業の被害想定に有効であり、また、実際の地震直後の被害推定にも利用できる。

キーワード: 地震, 津波, 産業, フラジリティカーブ, 2011年東日本大震災
Keywords: Seismic, Tsunami, fragility curve, industry, the 2011 Tohoku-oki earthquake

環太平洋地域で発生した巨大地震の震源域データの作成 Compiling the source area data of large earthquakes occurred in Pacific Rim

石川 有三^{1*}
ISHIKAWA, Yuzo^{1*}

¹ 石川 有三
¹ Y. Ishikawa

1. はじめに

地震活動の特性を調べる場合、まず震源分布を描くが、多くの場合震源の位置を一つのマークで示している。これは実際の震源断層が空間的広がりを持っているにもかかわらず、点であるかのように誤解させる表示法である。示される地震のマグニチュードによってマークの大きさを変えるが、地震の規模が大きくなると破壊域はマークで示された場所にとどまらず、数倍から数十倍の広がりを持つ場合がある。そのような場合は、マーク一つで示すと実際の被害地域やその付近のテクトニクスを理解する上でも不適切な表示になる。確かにいろんな機関で作られている震源カタログの震源情報はすべて点情報になっており、それを使って空間的広がりを示すことは出来ない。そこでここでは余震域を用いて震源断層の空間的広がりを表せるようにそのデータを作ってみた。

2. データの作成

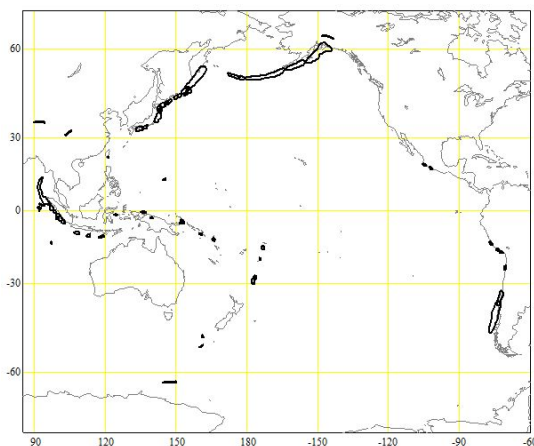
1960年代に世界標準地震計観測網が展開されてから、世界の震源分布特性が明瞭になってきたが、近年は、世界の地震観測網がさらに展開されより規模の小さな震源の位置も正確に求められるようになった。また、波形データから震源メカニズムだけでなく震源断層のモデルを推定できるように成り、震源を点では無く広がりを持った空間で捕らえられるようになってきた。そこで今回、国際地震センターと米国地質調査所の震源カタログ(PDE)を用いて余震分布から環太平洋地域で発生した巨大地震の震源域データを作成した。ただ、PDEは2009年からアジア、ヨーロッパ地域の震源検知能力が落ちているので注意する必要がある。

対象とした地震は、1970年以降のPDEカタログでマグニチュード8以上の深さ100km以下の環太平洋で発生した42個。それ以前は20世紀に発生した主なイベントを含めた。追加した主な地震は、1938年アラスカ地震、1944年東南海地震、1946年南海地震、1952年カムチャッカ地震、1957年アリューシャン(アンドレアノフ島)地震、1960年チリ地震、1964年アラスカ地震、1965年アリューシャン(ラット島)地震、1968年十勝沖地震である。

基本的に本震発生日から一ヶ月間の余震分布を囲むような領域を選んだ。また、一ヶ月以内の大余震が発生していた場合、メカニズムが異なり余震分布が空間的に離れていた場合は、その大余震は別の誘発された地震として扱い、余震域には含めなかった。

ここで作成した震源領域データは、産総研のサーバーで公開する予定である。

キーワード: 震源域データ, 巨大地震, 環太平洋
Keywords: source area, large earthquake, Pacific Rim



確率論的津波ハザード評価のための特性化断層モデル群の設定について A set of characterized earthquake fault models for the probabilistic tsunami hazard assessment in Japan

遠山 信彦^{1*}; 平田 賢治¹; 藤原 広行¹; 中村 洋光¹; 森川 信之¹; 長田 正樹¹; 松山 尚典²; 鬼頭 直²
TOYAMA, Nobuhiko^{1*}; HIRATA, Kenji¹; FUJIWARA, Hiroyuki¹; NAKAMURA, Hiromitsu¹; MORIKAWA, Nobuyuki¹;
OSADA, Masaki¹; MATSUYAMA, Hisanori²; KITO, Tadashi²

¹ 防災科学技術研究所, ² 応用地質株式会社

¹ NIED, ² OYO CORPORATION

日本全国を対象とした津波ハザード評価(藤原・他、2013、連合大会; 平田・他、2014、本大会)のうち、「確率論的津波ハザード評価」のための津波シミュレーションには、将来起こり得る全ての地震を対象とする各種不確かさを考慮した特性化断層モデル群が必要である。

ここでは、日本海溝周辺で発生する地震を対象とした特性化断層モデル群の設定例について津波波源設定の考え方とともに紹介する。

最初に、津波の発生原因としては地震以外にも火山、地すべりなどもあるが、当面は地震によるものを対象とし、かつ、日本列島への影響が大きい日本周辺で発生する地震による近地津波を対象とする。

次に、地震調査研究推進本部による「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(第二版)」(平成23年11月25日)を参考に、津波を伴う地震を①東北地方太平洋沖型地震、②最大クラスの地震、③その他の地震(複数の領域が連動するが、①②に含まれないもの)、④単独領域型地震(震源の長期評価がされているもの)、⑤津波地震、⑥プレート内の正断層地震、⑦震源不特定地震に分類する。海域の活断層については未解明の部分が多く、同長期評価にも記載がないためここでは取り扱わず、将来考慮することとしている。②③及び⑦については想定しうる地震として漏れがないように追加したものである。また、⑥以外は同長期評価における評価対象領域を参考に、「全国1次地下構造モデル(暫定版)」における太平洋プレート上面に設定する。

個別の特性化断層モデルの設定に際しては、まず巨視的パラメータとして断層面積 S から地震モーメント M_0 を求める。 M_0 と S の関係式は、阿部による「日本付近に発生した津波の規模(1498年—2006年)」(<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/tsunamiMt.html>)に記載されている1498年—2006年に津波が観測された地震でかつ太平洋側で発生した地震について、主として佐藤編著(1989)「日本の地震断層パラメータ・ハンドブック」により断層モデルの情報を整理して経験的な関係式を求めている。なお、剛性率 μ は浅部で小さく深部では大きいという研究事例があるが、ここでは $5 \times 10^{10} (\text{N/m}^2)$ で深さに関わらず一様と仮定した。

さらに、断層モデルに微視的パラメータとして大すべり域、超大すべり域などすべり不均質を導入する。大すべり域、超大すべり域は、既往研究を基に得られた断層全体に対する一定の面積比で設定し、それぞれ平均すべり量の2倍、4倍(是永・他、2014、本大会)とする。大すべり域の配置は1つの震源断層に対して南北方向(海溝軸に平行)に北、中央、南の3通り、傾斜方向(海溝軸に垂直)に浅部、中央部、深部の3通り、合計9通りを基本とし、海溝軸沿いに大すべり域を設定する場合には、超大すべり域があるものも追加で設定する。但し、上の⑦震源不特定地震などは、想定する地震規模が小さいことから、「中央に平均すべりの2倍の大すべり域」の平均的なモデル一通りのみの場合を特性化断層モデル群として波源設定を行うものとする。

以上のようにして日本海溝周辺における特性化断層モデル群設定の結果、地震規模 $M_w 7.0$ から 9.4 までの地震について合計1800を超えるモデル数となる。現在、これらのモデル群について、個別に津波シミュレーションを実施し、地震の発生確率やそれに基づく沿岸での津波高さについての確率論的津波ハザードの評価などを検討しているところである。

本研究は、「日本全国を対象とした津波ハザード評価の取り組み」の一環として実施された

キーワード: 津波ハザード評価, 確率, 特性化断層モデル

Keywords: tsunami hazard assessment, probability, characterized earthquake fault model

日本全国を対象とした津波ハザード評価の取り組み Tsunami hazard assessment project in Japan

平田賢治^{1*}; 藤原広行¹; 中村洋光¹; 長田正樹¹; 大角恒雄¹; 森川信之¹; 河合伸一¹; 青井真¹; 山本直孝¹; 松山尚典²; 遠山信彦²; 鬼頭直²; 村嶋陽一³; 村田泰洋³; 井上拓也³; 斉藤龍³; 秋山伸一⁴; 是永眞理子⁴; 阿部雄太⁴; 橋本紀彦⁴

HIRATA, Kenji^{1*}; FUJIWARA, Hiroyuki¹; NAKAMURA, Hiromitsu¹; OSADA, Masaki¹; OHSUMI, Tsuneo¹; MORIKAWA, Nobuyuki¹; KAWAI, Shin'ichi¹; AOI, Shin¹; YAMAMOTO, Naotaka¹; MATSUYAMA, Hisanori²; TOYAMA, Nobuhiko²; KITOH, Tadashi²; MURASHIMA, Yoichi³; MURATA, Yasuhiro³; INOUE, Takuya³; SAITO, Ryu³; AKIYAMA, Shi'ichi⁴; KORENAGA, Mariko⁴; ABE, Yuta⁴; HASHIMOTO, Norihiko⁴

¹ 防災科研, ² 応用地質, ³ 国際航業, ⁴ 伊藤忠テクノソリューションズ

¹NIED, ²OYO, ³KKC, ⁴CTC

津波対策を進める上で将来襲来し得る津波に関するハザード情報は必要不可欠な情報となる。平成23年東北地方太平洋沖地震によって東日本にもたらされた甚大な津波被害を踏まえ、防災科研は今後発生する可能性がある地震津波に対する事前の備え・対策に資することを目的とし、平成24年度から津波ハザード評価の研究開発への取り組みを開始した(藤原・他、2013、連合大会)。本取り組みは2通りの研究課題からなる; 1つ目は日本全国の海岸および陸上に影響を与える可能性があるすべての地震津波を考慮する「確率論的津波ハザード評価」の研究、2つ目は特定の地震を対象におこなうシナリオ型の津波予測の研究である。

「確率論的津波ハザード評価」として、(1) 全国を概観した確率論的津波ハザード評価と(2) 地域詳細版の確率論的津波ハザード評価の研究に着手している。全国を概観した確率論的津波ハザード評価の概要は以下のとおりである。

(i) 地震調査研究推進本部によって長期評価された地震とともに、「震源を予め特定しにくい地震」(地震調査委員会長期評価部会、2002) およびそれ以外の地震を含む、将来発生し得るすべての地震を対象とし、(ii) (i) のすべての地震津波に対してあらかじめ定められたルール(遠山・他、2014、本大会; 是永・他、2014、本大会) に基づき簡素化した「特性化断層モデル」群を設定し、(iii) それらの特性化断層モデル群を対象に、初期水位を計算(新たな計算方法を検討中、秋山・他、2014、本大会) し、最小50mメッシュサイズの陸上・海底地形データを用いて浅水理論に基づき多数の津波予測計算を実施、(iv) 津波予測計算結果の不確実性やすべり不均質の不確実性(阿部・他、2014、本大会) を考慮した確率論的手法を用いて、沿岸津波高を対象としたハザード評価をおこなう。現段階では、昨年度試作した日本海溝沿いの地震を対象とした確率論的津波ハザード評価の改訂作業と南海トラフの地震を対象とした確率論的津波ハザード評価を行うための特性化断層モデル群の検討を進めている。

地域詳細版の確率論的津波ハザード評価に関しては、最小10mメッシュサイズの陸上・海域地形データを用い、陸域の浸水確率、浸水開始時刻などを評価する手法を開発する(平田・他、2014、本大会)。地域詳細版の確率論的津波ハザード評価の結果は、カルテ形式などによる表示を採用し、地域毎の津波危険度が理解できるような表現方法を工夫する。その一環として、現在、浸水深に関するハザード曲線を計算し、確率論的な浸水深分布を評価する方法を検討中である(斉藤・他、2014、本大会)。

シナリオ型の津波予測研究においては、各地域で想定された最大クラスの地震津波が発生した場合の、沿岸津波高、浸水範囲・浸水深などを予測することを目指す。予測結果については、津波堆積物、歴史津波史料、観測記録などの既往記録との比較を通じ、設定したシナリオモデルの妥当性を検討する予定である。

これらの研究開発をおこなう上で、以下の作業が必要となる。(a) 日本全国を対象とした海域、沿岸部陸域の地形データ等の収集・整理と津波計算に必要な海域・沿岸陸域の地形メッシュデータの作成、(b) ハザード評価の信頼性の向上・改善および地域連携強化のため、自治体等の津波ハザードマップなどに関する情報を収集・整理(長田・他、2014、本大会)。

最終的には、このような津波ハザード評価に関する作業の方針、作業の流れ、具体的な作業方法を整理し、標準的な津波ハザード評価手法として取りまとめる。また、津波ハザード情報の利活用の方法について有識者による検討および、自治体防災関係者を対象にした調査などを行っており、多様な想定利用者の具体的な活用方法を広く調査し、ハザード情報や評価データの提供・公開方法についても検討を行っている(大角・他、2014、本大会)。

なお、本研究は地震調査研究推進本部津波評価部会での検討を支援する役目も担っている。

キーワード: 津波, ハザード評価, 確率, シナリオ型津波予測, ハザードマップ, 利活用

Keywords: tsunami, hazard assessment, probability, scenario-type tsunami forecast, hazard map, utilization

地震火山噴火リスク対策のための G-EVER 活動とアジア太平洋地域地震火山災害図プロジェクト G-EVER Earthquake and Volcanic Eruption Risk Management Activities and Asia-Pacific Region Hazard Mapping Project

宝田 晋治^{1*}; 石川 有三¹; Bandibas Joel¹; G-EVER 推進チーム¹
TAKARADA, Shinji^{1*}; ISHIKAWA, Yuzo¹; BANDIBAS, Joel¹; G-EVER, Promotion team¹

¹ 産総研

¹ Geological Survey of Japan, AIST

アジア太平洋地域は地震・津波・火山噴火の大規模自然災害のリスクが高い。一旦災害が発生すれば、高度に発達した国際経済社会では、被災国のみならず、国際的な問題に発展し得る。大規模自然災害への対策は人間の安全保障として、経済の持続的発展のためにも重要である。アジア太平洋地域の地震及び火山災害軽減、リスク対策は、現在各国でさまざまな活動が行われているが、各研究機関、関連組織の協力体制の確立、防災関連情報の共有化等が必要とされている。2012年より発足した G-EVER(アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント) コンソーシアムでは、G-EVER1 協定に基づき、(1) アジア太平洋地域の協調、自然災害軽減の推進、(2) 災害時に役立つ各種災害情報の整備、共有、(3) G-EVER Hub サイトの構築、(4) データ交換、共有、分析のための国際標準化の推進、(5) 既存の VHub, IRDR, GEM, GVM, WOVOdat 等の各種プロジェクトとの連携、(6) "borderless world of science" の推進、世界基準ハザードマップの作成、(7) 研究者、ポスドク、学生等相互交流の推進、(8) 各種ワーキンググループの設立、個別のテーマ毎に横断的な活動の推進等を実施している。2013年10月19-20日に、仙台において、第2回 G-EVER 国際シンポジウム、第1回 IUGS・日本学術会議国際ワークショップを開催した。ここでは、15箇条からなる Sendai 合意を採択した (<http://g-ever.org/en/sendai/>)。2015年3月には、国連世界防災会議が仙台市で開催されポスト兵庫行動枠組みについて検討が行われる。G-EVER では外務省とも連携し、ワークショップ等の開催を計画している。現在、(1) 巨大地震のリスク評価、(2) 巨大噴火のリスク評価、(3) 次世代型火山災害予測システムの3つのワーキンググループと、アジア太平洋地域地震火山災害図プロジェクトが進行中である。

アジア太平洋地域地震火山災害図プロジェクトでは、アジア地域の地震関連情報(地震規模、震源位置、活断層分布、津波による被災域、犠牲者数等)及び火山関連情報(噴火の規模、火山の位置情報、大規模噴火の分布域、犠牲者数等)を CCOP 等関連国等と協力の上で収集整備、また未整備な地域のデータを国際的統一的基準で取りまとめ、「アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システム」として Web 上で公開する計画である。さらに、ユネスコ、世界地質図委員会 (CGMW) の最新版の災害図として「東東南アジア地域地震火山災害図」の印刷物を平成28年に出版する予定である。過去の地震や火山噴火の規模、災害の規模ごとに地図上に表示する機能に加えて、地震、津波災害の分布、降下テフラ、火砕流堆積物等の火山噴出物の分布等を表示する機能など、災害履歴や災害予測情報の比較検討が容易にできるシステムを開発する。また、本システムは、GEM (Global Earthquake Model) による地盤情報等を考慮した地震災害評価システム、GVM (Global Volcano Model)、スミソニアン火山 DB、日本第四紀火山 DB を取り込んだ最新の地震火山ハザード情報システムとする予定である。本プロジェクトは、アジア地域の地質調査機関による CCOP(東東南アジア地球科学計画調整委員会)加盟国や、アメリカ、カナダ、中南米、ロシア、オーストラリア、ニュージーランド等の環太平洋の国々と協力の上、進めていく計画である。作成にあたっては、アジア各国との定期的なワークショップや技術講習会の開催、若手研究者の育成等を予定している。本プロジェクトの社会的効果として、(1) アジア地域各国、及び日本国内で、ハザードマップ作成、国レベルの防災プラン策定、適切な国土利用、自治体の地域防災計画に活用する、(2) 日本国内及びアジアに活動を展開する企業が立地選定等の意志決定や BCP 策定に活用でき、コンサル、保険業等の新たなビジネスチャンスが生まれる、(3) アジアでのインフラ整備、都市計画、設計支援に活用することなどが期待されている。

キーワード: 地震, 火山, リスク, ハザード, 災害図, アジア太平洋

Keywords: Earthquake, Volcano, Risk, Hazard, Hazard Map, Asia Pacific

Observing Schumann Resonance by demodulating High Frequency Waves Observing Schumann Resonance by demodulating High Frequency Waves

CAO, Bingxia^{1*}; ZHOU, Hongjuan¹
CAO, Bingxia^{1*}; ZHOU, Hongjuan¹

¹Harbin Institute of Technology at Weihai

¹Harbin Institute of Technology at Weihai

The limited dimensions of the Earth cause the waveguide between the surface of the Earth and the conductive ionosphere to act as a resonant cavity for electromagnetic waves in the ELF band so that Schumann Resonance (SR) occurs there. It has been suggested that SR may be used to monitor global temperature variations. SR has been used to study the lower ionosphere on Earth and suggested as one way to explore the lower ionosphere on celestial bodies. A new field of interest using SR is related to short-term earthquake prediction. The manmade noises in the ELF band was a problem for observing. A new way to observe SR based on cross-modulation in the low ionosphere is discussed.

The effect of cross-modulation was established by Yampolski et al. between SR and HF signals experimentally. The HF signals called Round-the-world signals (RWS) and large antenna arrays of the radio telescope UTR-2 were used. But the problem is whether the SR can be seen only with a simple antenna. If the answer is yes, we have a new measurement method for SR.

The HF-SR multiple mode nonlinear interaction theory is researched based on the basic theory model established. In the multiple interaction mode theory, the modulation depth is affected by electromagnetic wave phase in the nonlinear effect. Before the experiment, a lot of simulation experiments and theoretical research are carried out, including Schumann Resonance global distribution simulation and multi-mode interaction of HF-SR theory etc.. One simpler half wave cross dipole antenna is used to receive the time service signal of China called BPM. And in the demodulation spectrum of BPM, the first 4 order resonance peaks of the SR are obtained successfully, respectively on 7.5Hz, 14Hz, 20Hz and 26Hz.

The electric field distributions and phase variations of the first 3 order peaks of Schumann Resonance in the earth ionosphere cavity are obtained through a series of SR distributed simulation experiments. The result shows that in the same phase region, the phase of SR only depends on time. At the same time all the points have the same vibration phase. Two points have 180 degree difference phase after a phase mutation point.

The actual multi interaction mode effect between RWS and SR is uncertain. It may change with the propagation conditions. The modulation depth can not be increased significantly in the multiple interaction effects of HF wave and SR propagate around the globe. The main reason is the high frequency wave goes through the the phase jump points of Schumann Resonance. The final depth of modulation in the Yampolski experiment is about 0.7-3.5 times to the modulation depth of single interaction.

RWS goes through around the earth. But the modulation depth of of RWS and SR nonlinear effect is not significantly far greater than that of 1 jump value because of the path length growth.

Using the RWS signal, greater modulation than short reception, for example, 1 hop, can be obtained. But due to the SR wave distribution in the earth ionosphere cavity, the value is less than the direct summation of each modulation results. That is to say, high frequency electromagnetic wave propagates around the earth for nearly a circle. It is modulation result with SR dose not significantly increase compared with that of the obtained by ionospheric reflection arrive at the receiving station.

According to the new theory of HF-SR interaction, a receiving station was established. The system receives the BPM time service signals from the National Time Service Center in PuCheng, 1160 km away from the receiver. The carrier frequency is 10 MHz. By demodulating the BPM signal, the first 4 order peaks of SR are obtained. Maybe it is a new way for SR observing.

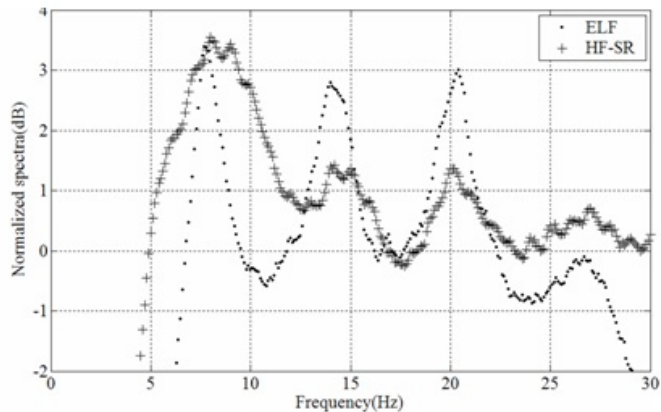
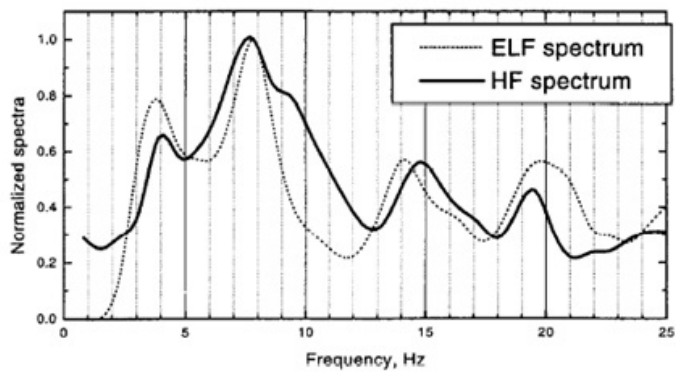
キーワード: earth ionosphere cavity, Schumann Resonance, nonlinear effect, high frequency wave

Keywords: earth ionosphere cavity, Schumann Resonance, nonlinear effect, high frequency wave

HDS28-06

会場:312

時間:5月1日 17:30-17:45



2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波被害と低地における微地形の関係 Influence of microtopography in lowland to tsunami disaster of 2011 Tohoku Earthquake

五十里 和也^{1*}; 奈良間 千之²
IKARI, Kazuya^{1*}; NARAMA, Chiyuki²

¹ 新潟大学大学院自然科学研究科, ² 新潟大学理学部

¹ Graduate School of Science & Technology, Niigata University, ² Faculty of Science, Niigata University

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震(M9.0)に伴って東日本に大津波が押し寄せ、特に岩手・宮城・福島の3県で甚大な被害を出した。特に海沿いの低地では、津波から逃れるためには内陸に向かわざるを得ず、避難の途中で飲み込まれるケースが問題となった。その点では三陸地方のリアス式海岸は地形的な高台に恵まれているが、仙台平野のような低地は津波に対して極めて脆弱である。本研究では、低地の防災計画に役立つデータを提供するために、仙台平野の津波被害と低地の微地形が遡上に与える影響を分析し、その危険度を定める地形的要因についての評価をおこなった。

仙台平野には浜堤は3列あり、その発達には地域差がみられる。仙台地区では内陸側の浜堤は小さく、分布も不連続である。名取・岩沼地区における現成の浜堤の規模は6mを超え、内陸側にも複数の浜堤が発達する。亘理・山元地区では現成の浜堤の規模は小さいが、内陸側には幅500mわたって比高1-2mの複数の浜堤が形成されている。なお海岸から2-3km内陸側には、盛土を中心とした比高約5mの高速道路がある。

GIS Team of Niigata Univ. (2012) による家屋被害マップのポリゴンデータと、国土院提供の空中写真(2011/3/12)・GoogleEarthの衛星画像(2011/4/6, 2012/4/12)を用いて、浸水域内の家屋を3つのダメージカテゴリに分類した(①津波に跡形もなく流された家屋, ②津波後1年以内に解体された家屋, ③津波1年後も残存している家屋)。このうち、②は流出を免れたものの壊滅的なダメージを受けたため処分され、③は修復の可能性が残っていると判断した。また、電柱・防潮林・流木・侵食痕の方向をマニュアルでデジタルイズし、津波の侵入過程を再現した。特に、電柱と海岸林が倒れた方向は第1波の侵入方向を示し、流木と侵食痕の方向は第2波以降や引き波で流された方向も示すと判断した。

仙台平野の家屋被害について、11,601棟の流出、4,845棟の解体、13,845棟の残存を確認した。海岸から1km圏内では家屋の8割以上が流出したことから、現成の浜堤や防潮林はこの大津波に対する減衰効果をほとんど持たなかったとみられる。一方、海岸から1kmより内陸側の微高地に立地する居住地の被害には地域差がみられた。特に浜堤がほとんどみられない仙台地区では、流木や瓦礫などの漂流物が海岸から1-3km地点まで流されており、家屋被害も内陸側までおよんでいた。ところが浜堤の規模が大きい名取・岩沼地区や、複数の浜堤がみられる亘理・山元地区では内陸側の家屋被害は比較的小さく、漂流物のほとんどが堤間低地に留まっていた。また津波の侵入方向をみると、海岸から1kmまでは直進してきた津波が、内陸側では堤間低地の傾斜を下り降りる方向や、微地形の谷を駆け上がる方向に流れた痕跡がみられ、内陸側の後背湿地になだれ込んで進路が変わっていた地区もあった。また蛇行河川である阿武隈川では、攻撃斜面側の低地に逆流遡上する方向と、海岸の浜堤を乗り越える2方向から津波が侵入しており、滑走斜面側の居住地は浸水を免れていた。これらの結果から、浜堤の存在が漂流物の侵入を防ぎ、堤間低地や微地形の谷が津波の進路となり、わずかな凹地形が津波に対する遊水地の役割を果たしたことが、仙台平野における家屋被害の地域差を生み出したと考えられる。すなわち海岸から1kmより内陸側では、比高わずか1-2mの微高地が家屋被害を軽減させたのである。

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震, 津波, 仙台平野, 低地, 微地形, 空中写真

Keywords: 2011 Tohoku Earthquake, tsunami, Sendai Plain, lowland, microtopography, aerial-photographs

インドネシア, リンジャニ火山の13世紀カルデラ形成噴火 Eruptive Sequence of Rinjani Caldera, 13th Century, Lombok, Indonesia

古川 竜太^{1*}; 高田 亮¹; Nasution A.²; Taufiqurrohman R.³
FURUKAWA, Ryuta^{1*}; TAKADA, Akira¹; NASUTION, Asnawir²; TAUFIQURROHMAN, Roni³

¹ 産業技術総合研究所地質調査総合センター, ²ITB, ³CVGHM

¹ Geological Survey of Japan, AIST, ²Institute Technology of Bandung, ³Center for Volcanology and Geological Hazard Mitigation

リンジャニ火山はインドネシア, ロンボク島北半分に配列する第四紀成層火山体群の中心にあり, 山頂西部にある径6x8kmのカルデラは13世紀の破局的噴火で形成された(Nasution et al., 2003; 高田ほか, 2003; Nasution et al., 2010; Lavigne et al., 2013). カルデラ形成に先立って, およそ2万年前から1万年前にかけてリンジャニ火山が標高3726m, 総体積100km³の成層火山体を建設した. およそ5000年前からは爆発的噴火を間欠的に起こし, 13世紀の破局的噴火に至った.

カルデラ形成噴火の推移は噴火堆積物から6フェイズに区分できる. 各フェイズ間に顕著な時間間隙を示す証拠は見つかっていない. フェイズ1の小規模な水蒸気噴火のあと, フェイズ2ではプリニー式噴火によって発泡の良い軽石を主体とする降下火砕物を西側の広い範囲に堆積させた. フェイズ2末期では粒径が細くなり, 異質岩片が増加する. フェイズ3では火砕流が発生し, 北麓で層厚10m以上の無層理塊状の軽石流堆積物を分布させた. 南西麓や遠方の地域には成層した火山灰流堆積物が広く分布する. 層厚数cm~50cmまで層厚が変化し, 地形的凹地では厚く堆積し, 下位の降下軽石層を削り込むことがある. 推定噴出源から50km近く離れた南西地域や, 海を隔てたギリ諸島にも堆積していることは, 高い噴煙柱から崩壊した希薄な火砕流堆積物であることを示唆する. フェイズ4はふたたびプリニー式噴火となる. 降下軽石堆積物は級化構造の繰り返しと細粒火山灰が挟在することから, フェイズ2に比べてプリニー式噴煙が不安定であったことを示唆する. フェイズ5では, ふたたび火砕流が発生し, 厚い無層理の軽石流堆積物が山麓を30km以上の範囲を覆って海岸線に到達した. 火砕流堆積物には花崗閃緑岩など地表に露出しない岩石が含まれる. フェイズ6ではプリニー式噴火が発生したが, フェイズ2と4に比べると規模は小さい.

噴火に関与したマグマはSiO₂=62.5-66wt.%, Na₂O+K₂O=7.5-8.7wt.%の粗面安山岩から粗面岩質である. フェイズ3から4にかけてより珪長質な軽石が増加する. フェイズ4のプリニー式噴煙が不安定で, フェイズ5で大規模な火道の浸食が起こったことを考慮すると, フェイズ4から大幅な火道の拡大あるいは新たな火道形成によって, それまで噴出していなかったマグマが吸い出された可能性がある. フェイズ6のプリニー式噴火は崩壊したカルデラ床によって閉塞された細い火道から起こったと考えると説明可能である.

南極およびグリーンランドの氷床試料では西暦1258?1259年相当の層準に硫酸酸性の強いスパイクがあることが以前から指摘されていた(Palais et al., 1992など). 氷床試料から抽出した火山ガラス片の主成分化学組成はこれまでメキシコのエルチヨン火山に対比されていたが, リンジャニカルデラ形成噴火の火山ガラス組成は, 両極地方の火山ガラス組成により近い. よってリンジャニカルデラの形成は1258?1259年頃である可能性がある. Lavigne et al., (2013)は同様の手法で噴火を対比して, 噴火時期は古文書から1257年とした. 両極地方の硫酸堆積量から計算されたSO₂放出量は200メガトンであり(Langway et al., 1988), 最近千年間で最大である. リンジャニカルデラ形成噴火が地球規模の気候変化に影響を与えた可能性が大きい.

キーワード: 火山, カルデラ, 火砕流, インドネシア, 火山灰, アイスコア

Keywords: volcano, caldera, pyroclastic flow, Indonesia, ash, icecore