

研究発表（1）6題

司会：横尾 善之

第一会場：杉妻会館 牡丹

河川水害調査方法の標準化に向けて -家屋被害分類-*

呉 修一 東北大学災害科学国際研究所

八木澤順治 埼玉大学大学院理工学研究科

大槻順朗, 永野博之, 二瓶泰雄 東京理科大学理工学部

1. はじめに

H27年9月の関東・東北豪雨災害による利根川水系鬼怒川や鳴瀬川水系渋井川の堤防決壊被害は記憶に新しい。近年、全国各地でこのような洪水氾濫の水害が多発し、被害状況を明らかにするための水害調査が数多く行われている。しかし、水害調査方法が標準化されていないことに加え、得られた調査結果のデータベースが整備されていないため、個々の水害の比較が十分に行えないのが現状である。土木学会水工学委員会緊急水害調査WG（著者ら）では、このような状況を改善するため、河川水害調査方法の標準化に取り組んでいる。

2. 研究の目的

全国各地で洪水氾濫等による水害後に、多くの緊急・本格災害調査が行われている。しかし、標準化された調査方法がなく、かつ、得られた調査結果のデータベースも整備されていないのが現状である。本研究では、水害後の調査方法の共通化・標準化を図ると共に、得られた調査結果のデータベースを構築することを目的とする。これにより、河川水害調査方法の確立・統一化が可能となる。さらに、調査結果のデータベース化を図ることで、従来検討が困難であった個々の水害の比較・検討が可能となる。

3. 研究の内容

本研究は、①水害調査法の標準化、②データベースの構築、③それらのマニュアル化と公開を行う。①では、調査項目として、痕跡水深・水位、家屋被害、堤防被害、の3つを対象とし、従来の調査方法や調査項目を整理して問題点を浮き彫りにするとともに、必要情報の選定を行なう。②では、取得データを簡易に地図中に表示可能にするため、観測データに緯度経度や写真・動画データを含め表計算ソフト（Excel）に取りまとめ、それをGoogle Earth等で閲覧できる形式とする。さらに、③調査方法やデータベース利用方法をマニュアル化し、インターネットでの公開を通じて、行政、民間、大学等の研究者・技術者の使用と調査結果の蓄積を促進する。本研究の有効性は、調査手法およびデータベースの標準フォーマットを提供する事で、様々な団体の多くの方が、効率的かつ有効な水害調査が実施可能となる事である。これにより、1) 個々の河川水害の直接的な比較が容易になる、2) 今後の防災関連河川整備事業の推進に向け実用的な情報が提供される、3) 新たな防災研究の発展（例えば、新たな数値計算モデルの検証や新たな水害リスク指標の構築など）に向け、有効なデータが整備される等の成果が期待される。

本報告では、洪水氾濫に伴う家屋被害分類の標準化に着目して報告を行う。

*Toward standardization of on-site surveys of river flood disasters, Shuichi Kure, Junji Yagisawa, Kazuaki Otsuki, Hiroyuki Nagano, and Yasuo Nihei

4. 家屋の洪水被害分類

土砂災害には即時避難が重要であるが、河川の氾濫や洪水などは避難場所に向かう際に被害が生じた事例も多数あるため、自宅に留まり2階などに垂直避難するほうが有効な場合もある。重要なのは、洪水流に伴い、家屋の流出や大破が生じる危険性があるような家屋では、家屋に留まることは非常に危険であるという点である。つまり、洪水ハザードマップに示されている浸水深に加えて、家屋流出の危険度を表す新たな指標を公表する事が重要となる。これにより、家屋流出の危険性のある家屋では即時に避難を実施する事が推奨されるし、流出の危険性が殆どない家屋では、自宅に待機したほうが被害の生じる可能性が低く、これらを判断する際に非常に有益な情報となりえる。これらの判断を正確に行うためには洪水氾濫が生じた事例で、家屋の被害状況をしっかりと記録し流体力等に応じて比較検討することが重要となる。



図-1 大規模半壊の一例（撮影写真：大槻順朗）

既往研究では家屋の洪水被害分類に関して、河田・中川（1983）は、①全壊、②流失に2分類している。佐藤ら（1989）は、①板目、畳、壁以外の被害が認められない、②家屋に若干の被害があるものの、住居可能な状態である、③住居不可能なほどの大きな被害を受けているもの、に3分類している。鈴木らは、①全壊・流失、大破（壁および柱の大部分以上が壊れ、あるいは失われている）、②中破（柱は残っている。壁の大部分は破壊されている）、③=小破（窓等は破壊されても、壁の大部分は残っている）、④=浸水のみ（浸水が判断されるが、壁・柱・窓に損壊は見当たらない）、に4分類し洪水の流体力評価を試みている。

5. 本研究で提案する洪水被害分類

本研究では鬼怒川の洪水氾濫被害に基づき、①全壊（基礎無し）、②全壊（基礎有り）、③大規模半壊（or 損壊大）、④半壊（or 損壊小）、⑤浸水のみ、の5分類を用いることを提案とする。大規模半壊と半壊の境界が水平避難か鉛直避難かの判断となるように分類する。これは、洪水氾濫時の避難において水平避難すべきか、垂直避難で十分であったのかを考える際に、大規模半壊が一つの分類になるという考えに基づいている。これらの分類を実際の被害調査時に、家の目視、外壁の損傷、だいたいの水位痕跡で分類できるように整理する。これは、被害調査現場で床上浸水深等を詳細に計測するのは困難な場合が多いためである。一例として、③大規模半壊と判断された事例を図-1に示す。図-1に示すよう、家屋自体の被害は少ないが洗掘が大きく流出の危険が高かったと想定される場合は、本研究の分類では大規模半壊と分類される。今後は、上記分類の調査票の雛形および調査マニュアルを作成し、土木学会を通じて公表する予定である。

参考文献：

- 1) 河田恵昭・中川一，三隅川の洪水災害 -洪水氾濫と家屋の被害-，京都大学防災研究所年報，第27号，B-2，pp.179-196, 1983.
- 2) 佐藤智・今村文彦・首藤伸夫，洪水氾濫の数値計算および家屋被害について -8610号台風による吉田川の場合-，水理講演会論文集，Vol.33，pp.331-336, 1989.
- 3) 鈴木進吾・越村俊一・原田賢治・岡本学・福留邦洋・菅磨志保・河田恵昭，2004年7月新潟豪雨水害の災害調査による家屋被害関数の構築，水工学論文集，Vol.49，pp.439-444, 2005.

東北地方の土砂災害発生時

の流域スケールの雨水貯留量に関する検討

福島大学共生システム理工学類 阿部 伸太郎

福島大学共生システム理工学類 横尾 善之

1. はじめに

土砂災害と流域の貯留量との関係についてこれまではタンクモデルから土壌雨量指数として推定されてきたが、パラメータの決定が難しいため全国一律で計算されており、不確実性があると考えられている。この問題点を解決する方法として、まず、パラメータ少ない上に、多くの研究分野で用いられている自己回帰分析法（AR法）である Hino & Hasebe (1985) の成分分離の手法を用いた。そして、降雨流出過程を成分分離した上で、Kirchner (2009) の方法を適用した。しかし、この貯留量推定法は日本の流域に適用できないことから成分分離の手法を用いて降雨流出過程を成分分離した上で Kirchner (2009) の方法を適用すれば貯留量を良好に推定できることを示した Kobayashi & Yokoo (2013) や貯留量と流量の非線形な関係を線形なものに変更し、論理的不整合を排除した貯留量の推定法の開発した千葉・横尾(2015)によって研究されている。そこで、本研究ではこれらの研究を応用させることで、土砂災害について新たな関係性を見出すのが主な目的である。

2. 方法

過去に土砂災害が発生した流域のうち一級河川を対象とし、流量と雨量のデータを用いた。国土交通省の水文水質データベースから、流量データ及び、雨量データを発生した年と過去2年の合計3年間について取得した。この理由は初期値の影響を受けるのを防ぐためである。日野・長谷部が提案した手法では、まず流出高データを片対数プロットし、流出高の逓減部から傾きの異なる複数の逓減部を特定した。次に、この逓減部に指数関数をあてはめて求めた逓減係数の逆数の時定数を利用して数値フィルターを作成した。

千葉・横尾 (2015) にならい、Kirchner (2009) の貯留量を以下の手順で推定した。まず毎時の河川流量データの逓減部を対象に、流量減少量と流量の関係を調べた。次に、両者の関係に線形関係を仮定し、その傾きを求めた。この傾きを利用することで、流量減少量と流量の関係を導くことができる。なお、流量減少量と流量の関係を求める際には、無降雨の時間帯を対象にして、蒸発散量が流量よりもはるかに小さいことを条件にデータを選別することで、水収支式中の降雨と蒸発散量を見捨てる。この場合、流量減少量と流量の関係式を積分することで、流域スケールの雨水貯留量と流量の関係式が導かれる。詳細は、千葉・横尾 (2015) が詳しくまとめている。なお、求まる貯留量は、ある基準面からの高さとして計算されるため、実際の貯留量や貯留高を計算できる訳ではない。しかし、土砂災害に関しては、貯留量の絶対値よりもその変化が重要であるため、問題にならない。

*Estimating rain-water storage at watershed-scale on the occurrence of sediment disaster by Shintaro Abe and Yoshiyuki Yokoo

また、土砂災害のデータは国土交通省砂防部が発生後に対策を講じたものとして、ホームページ上で公開しているものを利用した。その後、土砂災害が発生した時間帯の成別貯留量と時間積算雨量の関係を精査した。加えて、全国のおよそ 80 地点で土砂災害発生時の貯留量を示したマップを作製した。

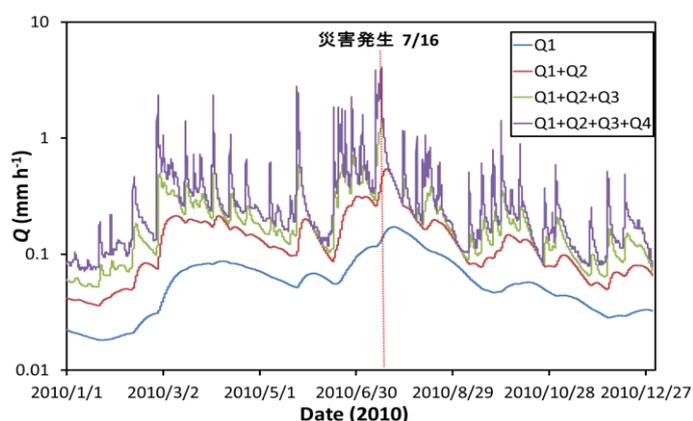


図1 発生流域の成分分離結果

3. 結果

土砂災害の発生と貯留量についての関係性において、表面流でなく、中間流のほうがより、積算の降水量と同期していることが分かった。表面流のほうが降雨に対する反応は鋭敏であるが、降雨がなくなると反応がすぐに定常状態に戻る。一方で、中間流では降雨に対する反応は表面流に比べて遅いものの、積算降水量と同調して変化しており、降雨が止んだ後も反応している。この点において、急な激しい降雨だけでなく、断続に降り続く場合でも、正確に危険性を把握しやすいのではないかと考える。

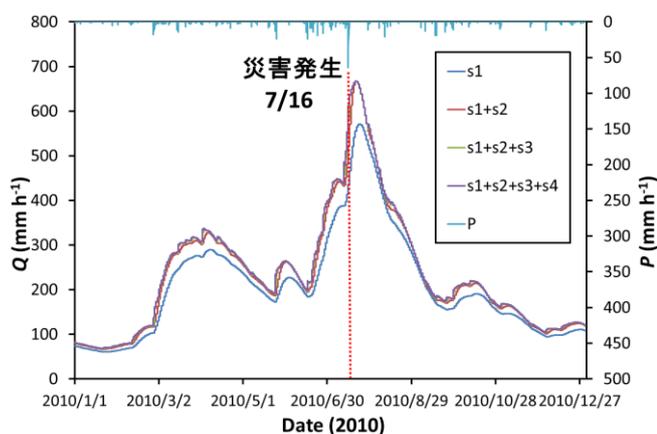


図2 発生流域の貯留量推定結果

参考文献

- Hino, M., Hasebe, M. (1984) Identification and prediction of nonlinear hydrologic systems by the filter-separation autoregressive (AR) method: Extension to hourly hydrologic data, *Journal of Hydrology*, 68, 181-210. DOI: 10.1016/0022-1694(84)90211-7.
- Kirchner, J. W. (2009) Catchments as simple dynamical systems: Catchment characterization, rainfall-modeling, and doing hydrology backward, *Water Resource Research*, 45, W02429, DOI: 29/2008WR006912.
- Kobayashi, S., Yokoo, Y. (2013) Estimating watershed-scale storage changes from hourly discharge data in mountainous humid watersheds: toward a new way of dominant process modeling, *Hydrological Research Letters*, 7, 97-103, DOI: 10.3178/hr1.7.97.
- 千葉宇彦, 横尾善之(2015), 流域スケールの雨水貯留量推定法の理論的修正とその効果, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.71, No.4, I_289-I_294.

裏磐梯毘沙門沼の集水域における降雨流出機構に関する研究

福島大学共生システム理工学類 菅原 惇

福島大学共生システム理工学類 横尾 善之

1. はじめに

裏磐梯毘沙門沼では水質に関する研究は多いが、流出機構に関する研究は少ない。水量に関して渡辺・横尾 (2013)が水収支式を用いた裏磐梯五色沼湖沼群の毘沙門沼の地下水量の推定の研究を行い、藤元・横尾 (2015)では毘沙門沼の流量や各成分量、平均滞留時間、千葉・横尾 (2015)の貯留量推定方法に倣い貯留量推定を行った。千葉・横尾 (2015)の手法では水収支式にある未知数の蒸発散量を考慮するため流量の逓減部の夜間無降雨の時間を流量とし貯留量の推定を行ったが、毘沙門沼では季節ごとによって流量のピークの時間が違うため正確な貯留量の推定ができていない。そこで本研究ではそれらを考慮した貯留量の推定を行うとともに毘沙門沼の流動体を把握することを目的とする。

2. 方法

本研究は毘沙門沼の流入地点および流出地点において、自記水位計（応用地質，S&DL mini 5 m レンジ）を設置して水位の連続観測をするとともに、流入地点では毎月の表流量を河川用電磁流速計により現地観測を行った。また、観測データより流量を算出し、求めた流量をフィルター分離法より成分分離することで各成分量を求めた。さらに一週間毎に流量のピークとなる時間を調べ、流量のピークの±6時間をKirchner (2009)の手法の夜間に相当する時間とし貯留量の推定を行った。

3. 結果

3. 1 成分分離結果について

図1に毘沙門沼の成分分離結果を示す。毘沙門沼の流入水は4つの成分に分離することができた。図1より、表面の2成分は降雨に対し敏感に反応を示しているが流量の増加を説明するに至っていないことが分かった。また、4月から5月にかけて流量が増加していることにより流量増加の要因は主に融雪によるものであることが読み取れる。そして、基底流量は年間を通し大きな変動がなく安定した値をとっていることも分かった。

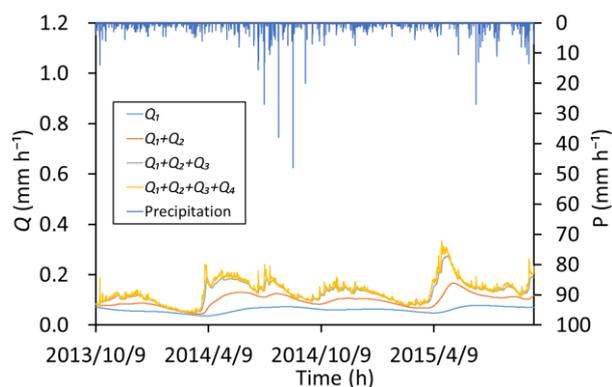


図1 成分分離結果

3. 2 貯留量について

図2に蒸発散する時間を考慮した貯留量を、図3に考慮をしていない貯留量を示す。それぞれ傾向は似ているが図2に示した貯留量が図3に示した貯留量よりも減少している。これは表面流成分である Q_4 が図2に示した貯留量では流量の平均値が高いがそれ以外の成分では平均値が低く、貯留量に大きく影響するのは表面流ではなく基底流であるため貯留量が減少したと考えられる。

謝辞

本研究は福島大学共生システム理工学研究科プロジェクト研究「遷移途中にある自然環境を自然遺産として良好に保全するための研究モデルの策定-磐梯朝日国立公園の人間-自然環境系(生物多様性の保全)に関する研究-」[文部科学省特別経費(プロジェクト)採択事業]の成果である。

参考文献

- 日野幹雄・長谷正彦(1985), 水文流出解析, 森北出版, 84~93.
- Kirchner, J.W. (2009), Catchments as simple dynamical systems: Catchment characterization, rainfall-runoff modeling, and doing hydrology backward, *Water Resource. Res.* Vol. 45, W02429, DOI: 10.1029/2008WR006912.
- 渡辺泰世・横尾善之 (2013), 裏磐梯毘沙門沼の表流量調査の中間報告, 共生のシステム, 13 (磐梯朝日遷移プロジェクト・裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書), 11-17.
- 千葉宇彦・横尾善之 (2015), 流域スケールの雨水貯留量の推定法を利用した降雨流出過程のスケール依存性の検討, *東北地域災害科学研究*, 第51巻, 183-188.
- 藤元大季・横尾善之 (2015), 裏磐梯毘沙門沼の上流域における雨水の貯留・流出過程の推定, *東北地域災害科学研究*, 第51巻, 201-206.

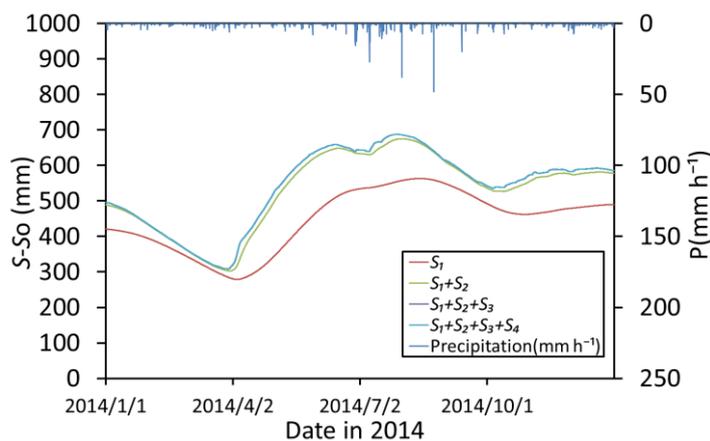


図2 蒸発散する時間帯を考慮した貯留量

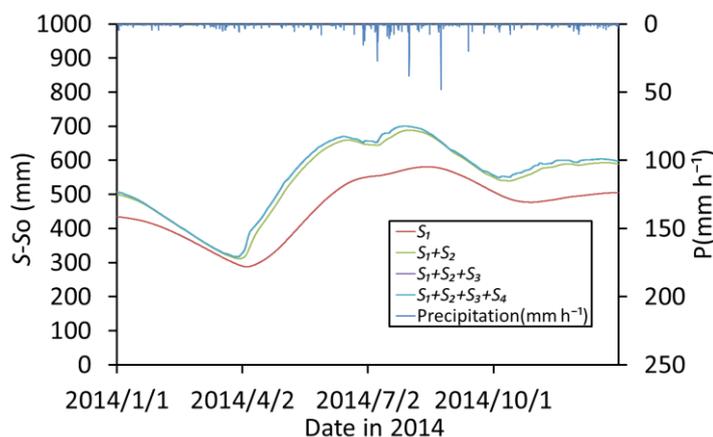


図3 千葉・横尾 (2015)の手法の貯留量

東北地方の流域における降雨流出機構のスケール依存性

福島大学共生システム理工学類 加藤 光

福島大学共生システム理工学類 横尾 善之

1. はじめに

降雨流出過程における「スケール問題」は1995年に広く注目されて以来、20年経過した現在でも未解決のままである。「スケール問題」を包括的に取りまとめた Kalma & Sivapalan (1995) は、河川流量などの水文量の空間的ばらつきが流域面積の増加と伴って減少することを示す「空間代表性」と、時空間スケールの変化に伴って主要な降雨流出過程が変化することを示す「スケール依存性」の2つで構成していると報告している。「空間代表性」に関する研究は多く存在するが、「スケール依存性」に関してはほとんど研究されていない。本研究は流量データのみから解析できる成分分離手法を用いてスケールに応じて変化する降雨流出過程を客観的に把握し、「スケール問題」の解明を目指す。

2. 方法

本研究は東北地方の一級河川の流域を対象とし、国土交通省の水文水質データベースから河川流量の毎時のデータを取得して、河川流量を日野・長谷部(1985)が提案した成分分離を用いて成分分離した。成分分離では、まず片対数表示にした流量の逓減部分を複数の直線に分ける。次に、その逓減部分を指数関数にあてはめて求めた逓減係数を用いて時定数 T_c を求める。時定数 T_c の決定する際には、菅野・横尾 (2015)を用いて行う。この時定数 T_c を用いて式(1), (2)に代入して式(3)の数値フィルター $\omega(\tau)$ を求める。求めた $\omega(\tau)$ を式(4)に代入して T_c の大きい成分である Q' を成分分離する。

$$c_0 = (2.1/T_c)^2 \quad (1)$$

$$c_1 = 2.1^2/T_c \quad (2)$$

$$\omega(\tau) = \begin{cases} \frac{c_0}{\sqrt{\frac{c_1^2}{4} - c_0}} \exp\left(-\frac{c_1}{2}\tau\right) \sinh\left(\tau\sqrt{\frac{c_1^2}{4} - c_0}\right) & (\tau \geq 0) \\ 0 & (\tau < 0) \end{cases} \quad (3)$$



図-1 対象流域の観測点位

$$Q'(t)=\alpha \sum \omega(\tau) Q(t-\tau) \quad (4)$$

3. 結果

図-2 から図-3 は対象流域の成分分離結果の一部である。図-4 各流域の発現したプロセス結果である。縦軸の $\log_5 T_c$ は値が小さいほど流出が速いプロセス，値が大きいほど流出が遅いプロセスに相当する。図-4 より，流域面積の増加に伴って流域内に存在するプロセス数が変化しているのがわかる。具体的には， $\log_5 T_{c1}$ から $\log_5 T_{c4}$ の比較的速い流出プロセスは対象流域すべてに発現しているが，遅い流出プロセスである $\log_5 T_{c5}$ は流域面積が約 1000 km² 以上の対象流域にしか発現していない。このことから，プロセス数は流域面積に依存している可能性があることがわかる。

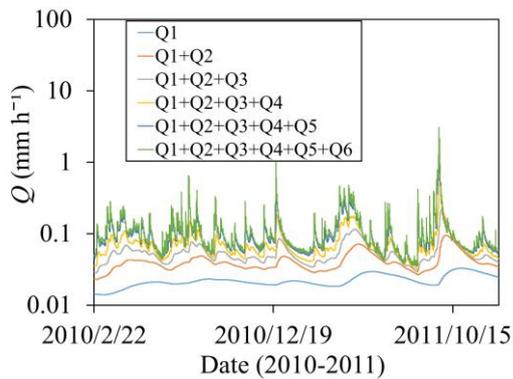


図-2 馬淵川の成分分離結果

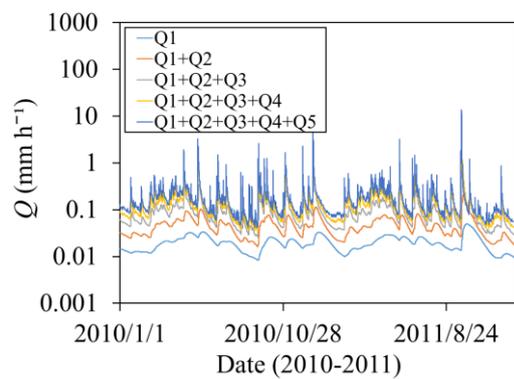


図-3 名取川の成分分離結果

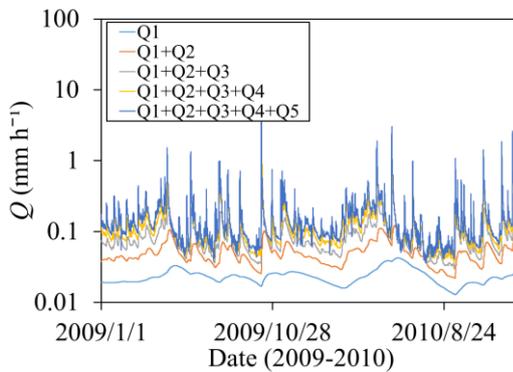


図-4 鳴瀬川の成分分離結果

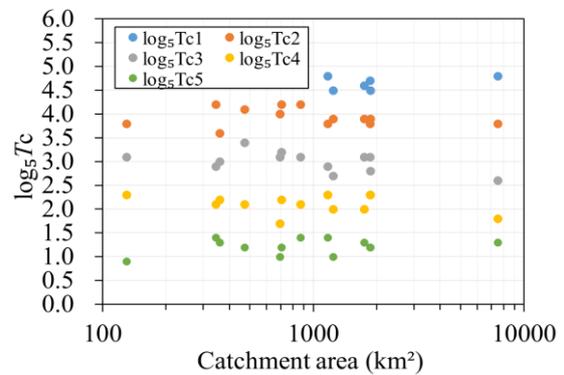


図-5 流域面積と発現するプロセス数

参考文献

Sivapalan, M. and Kalma, J.D. (1995), *Scale issues in hydrological modelling*, John Wiley and Sons, Chichester, UK, 489p.

菅野裕嗣・横尾善之 (2015), 降雨流出過程における主要プロセス数の推定, 東北地域災害科学研究, 51, 195-200.

日野幹雄・長谷部正彦(1985), 水文流出解析, 森北出版, 254p.

猪苗代湖の pH の簡易推定モデルの構築とその応用

福島大学共生システム理工学類 蓮沼 遼
福島大学共生システム理工学類 横尾善之

1. はじめに

猪苗代湖は長瀬川上流の桧原湖、小野川湖、秋元湖と湖周辺を起源とする中性の河川水と、酸川上流に位置する硫黄川の強酸性の河川水が長瀬川に流入し、湖水は硫酸酸性の栄養状態となっている (長林ら, 2009)。湖水の水質は化学的酸素要求量 (COD)の値が低く、平成 14 年から平成 17 年まで 4 年間連続で水質日本一であった。最近の 20 年間に猪苗代湖の pH が上昇し、平成 5 年からは湖岸付近で黒色浮遊物の発生が報告され始めた。猪苗代湖の中性化が進むと、化学的・生物学的な環境変化が水質を悪化させることが懸念されている。長林ら(2009)は pH 推定式を提案・利用してこれまでの pH 上昇の原因を検討したが、将来の pH の変化に関する検討は示されていない。本研究では、主要流入河川である長瀬川からの水と硫酸イオンの流入を考慮した猪苗代湖の水収支と硫酸イオン収支を計算し、それを基に pH の簡易推定モデルを作成した。

2. 方法

図 1 に猪苗代湖流域の概要図を示す。本研究では、福島県の調査結果と猪苗代湖水環境保全対策調査報告書 (福島県, 2007)を使用して、水収支式、硫酸イオン収支式を作成し、pH の推定式を求めた。まず、水収支式は長林ら(2009)の式(1)より猪苗代湖の水収支を月単位で計算する。この時、水温成層期による混合層の変化を、7 月から 11 月までを表層から 20 m まで、12 月から 6 月までを表層から 50 m として求めた。また、式(2)より湖内における硫酸イオンの収支を計算する。この時、湖への酸性雨の直接降雨、長瀬川からの流入負荷量は一定値を与えている。

$$\frac{dV}{dt} = Q_{in} + RA_s - Q_{out} \quad (1)$$

$$\frac{dV}{dt} = Q_{Nin} S_{in} + L_R - Q_{out} S \quad (2)$$



図-1 猪苗代湖概要図

3. 結果

水収支式の計算結果を図2に示す。長期的な平均値はゼロであるため、本モデルは猪苗代湖の水収支を適切に計算できていることが分かる。

福島県の観測データに基づいて猪苗代湖における pH と硫酸イオン濃度の関係を求めて作成した pH の推定式を式(3)に示す。

$$\text{pH} = 374.23(\text{SO}_4^{2-})^{-1.218} \quad (3)$$

この推定式を用いて推定した pH 推移を図3および4に示す。本モデルは硫酸イオンのみを考慮して計算したが、長林ら(2009)よりも実測値に近づいていることが分かる。

次に、今後30年の pH の推移を福島県による過去の硫酸イオン濃度の観測データを指数近似して、硫酸イオン濃度の将来変化を推定した結果を図5に示す。これまでの傾向が続くとすると硫酸イオンが今後も減少し、それに伴って pH の値は上昇し続けると推定された。

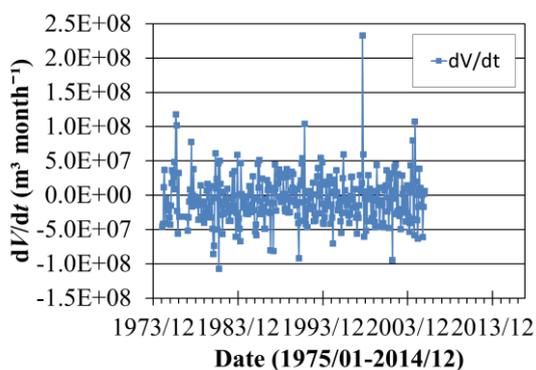


図-2 水収支式の計算結果

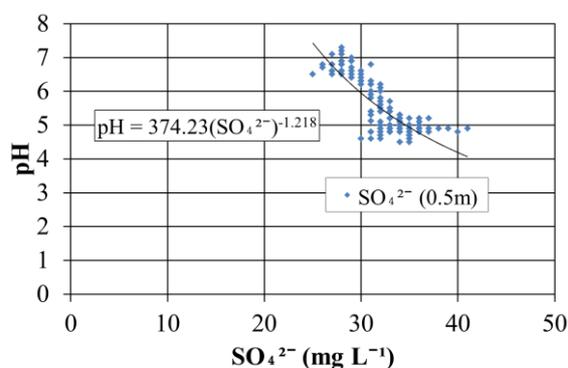


図-3 pH と硫酸イオン濃度の関係

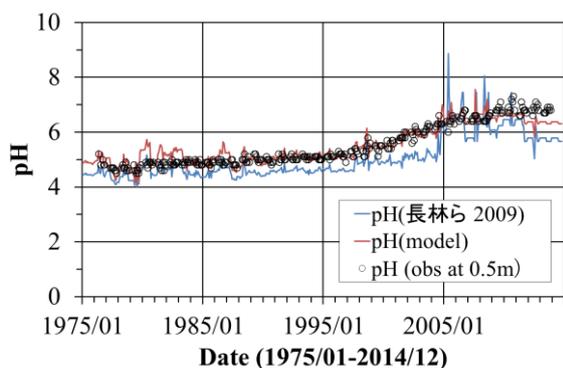


図-4 pH の実測値と計算結果の比較

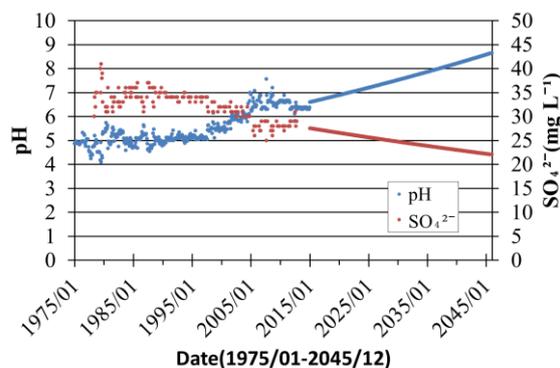


図-5 pH の推定値と硫酸イオン濃度の関係

参考文献

長林久夫・平山和雄・山田泰正 (2009), 猪苗代湖における pH の長期的推移に関する検討, 水工学論文集, 第 53 巻, I_327-I_332.

福島県 (2007), 福島県水質年報/平成 19 年度, 福島県生活環境部, 316p.ほか

裏磐梯毘沙門沼集水域における降雨流出機構と水質変動の関係

福島大学共生システム理工学類 皆川 光樹
福島大学共生システム理工学類 横尾 善之

1. はじめに

國井ら(2013)は、裏磐梯五色沼湖沼群における周辺環境の悪化や水の色の変化を指摘している。水の色の変化に関連すると考えられる裏磐梯五色沼湖沼群の流出機構については、三浦ら(2014)が融雪期における流出機構の研究を行い、藤元・横尾(2015)は年間を通じた流出機構の研究を行っている。また、廣瀬・横尾(2015)は、水質の観測データと流量を4成分に成分分離した結果を比較・解析し、降雨に対して反応が遅い2つの流量成分を説明できる水質を発見した。しかし、降雨に対して反応が早い2つの流量成分を説明できる水質項目を見つけることができていない。そこで本研究は、降雨に対して応答が早い2つの流量成分を説明できる水質項目を見つけ、毘沙門沼の降雨流出機構を解明することを目的としている。

2. 方法

本研究では福島県裏磐梯地域五色沼湖沼群の1つである毘沙門沼の流入口で調査を行った。(図-1)平成25年4月9日から自記水質計(ワイエスアイ・ナノテック社, EXO-2)を設置し、毎時の水質(イオン以外)を測定した。また、平成26年6月25日より同様の自己水質計を用いてイオンの測定も行った。得られた水質と流量の時系列変化から、両者の関係を調べた。なお、流量に関しては、菅原ら(2015)のデータを使用した。

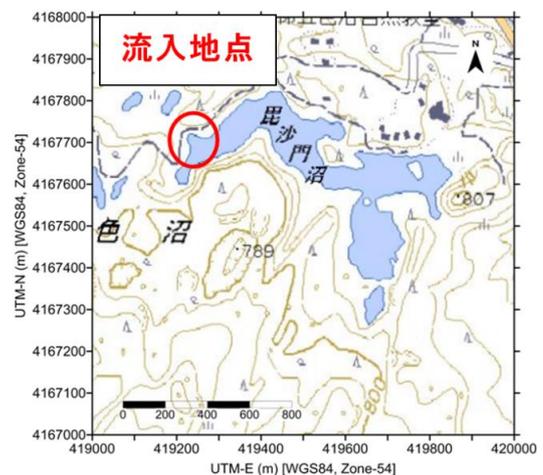


図1 毘沙門沼の調査地点

3. 結果

水質成分のモニタリング結果を図2, 図3に示し、菅原ら(2015)の流量を成分分離した結果を図4に示す。水温は、8月が最高点で2月~3月が最低点となり、気温と同様の変動を示すことが分かった。TDSは4月をピークとする変動があり、流量の増減に伴う関係性が見られた。

図5に、2つの水質成分を説明変数として重回帰分析で Q_3 を推定した結果を示す。 Q_3 が実測値であり、 Q_3' が重回帰分析で求めた値である。これらの実測値と重回帰分析で求めた結果から Q_3 成分は、水温とTDSの2つの水質で説明できる可能性がある。しかし、実測値と重回帰分析で求めた値を比べてみると4月から6月にかけてのピークは、似た変動を再現することができたが2013年の7月から2015年の3月までの変動を細かく再現することができなかった。したがって、 Q_3 を

*Relationships between changes of dominant rainfall-runoff components and water quality indices in the watershed of the Bishamon pond of the Ura-Bandai Japan by Kouki Minakawa and Yoshiyuki Yokoo

説明するのには、まだ不十分であり、さらなる研究が必要である。

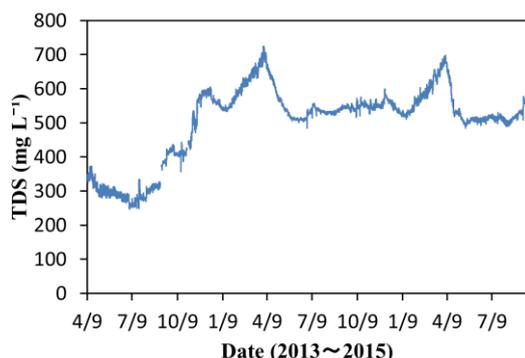


図2 TDSのモニタリング結果

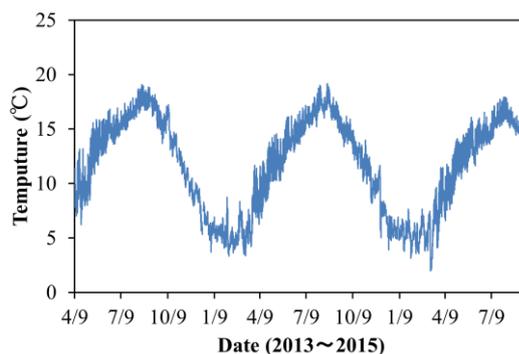


図3 水温のモニタリング結果

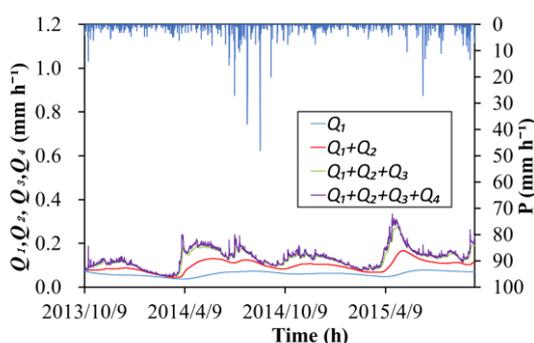


図4 表面流に近い流量成分

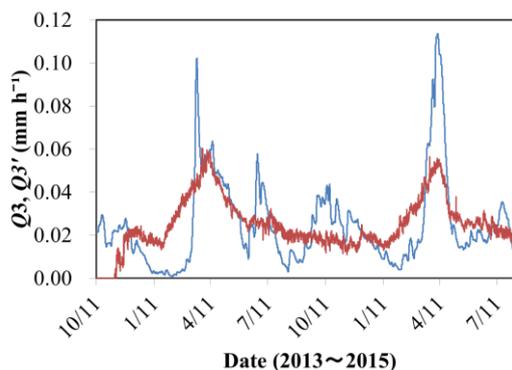


図5 実測値のモデル式の比較

参考文献

- 國井芳彦・渡邊稔・佐久間智彦 (2012), 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に関する調査結果 (第2報), 磐梯朝日遷移プロジェクト 裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書, 26-35.
- 三浦淳・渡辺泰世・横尾善之・藪崎志穂 (2014), 裏磐梯毘沙門沼における融雪期の流入表流量と水質の関係, 東北地域災害科学研究, 第50巻, 245-250.
- 藤元大季, 横尾善之 (2015), 裏磐梯毘沙門沼の上流域における雨水の貯留・流出過程の推定, 東北地域災害科学研究, 第51巻, 201-206.
- 廣瀬将也, 横尾善之 (2015), 裏磐梯毘沙門沼への流入表流水の起源推定に向けた水質データ解析, 東北地域災害科学研究, 第51巻, 207-212.
- 菅原惇・皆川光樹・藤元大季・廣瀬将也・横尾善之(2015), 裏磐梯毘沙門沼集水域の主要な降雨の貯留・流出過程と水質変動の関係, 裏磐梯朝日遷移プロジェクト, 裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書, 96-104.

研究発表（2）6題

司会：朝倉 良浩

第二会場：杉妻会館 百合

阿賀野川流域における積雪分布の長期変動*

日本大学工学部土木工学科 ○佐藤 豪
日本大学工学部土木工学科 朝岡良浩

1. はじめに

IPCC 第 5 次評価報告書によると、北半球高緯度において積雪面積の減少が報告されている。北半球中緯度に位置する日本の阿賀野川流域は温帯気候に属し、世界でも有数の豪雪地帯である。積雪は豊富な水資源として生活用水、灌漑用水、水力発電などに利用されている。温帯の豪雪域における積雪量の長期変動を評価した研究事例は少なく、気候変動の影響検出および積雪を有効活用するうえで重要である。本研究では積雪水量推定モデルを用いて阿賀野川流域の積雪分布を推定し、長期変動について調査することを目的とする。

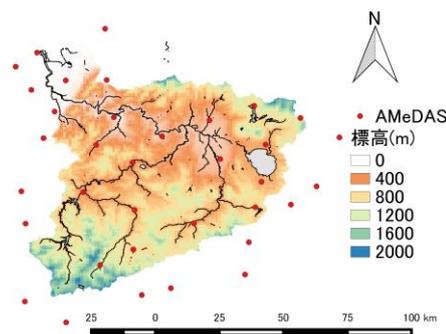


図 1 阿賀野川流域の概要

2. 積雪水量分布の推定

研究対象地域は阿賀野川流域(流域面積 7710km²) である。積雪水量は流域内の各グリッドに(1)式を適用して推定した。

$$\frac{d(SWE_{i,j})}{dt} = SF_{i,j} - Melt_{i,j} \quad (1)$$

ここで、 SWE は積雪水量(mm)、 SF は日降雪量 (mm/day)、 $Melt$ は日融雪量 (mm/day)、 dt は計算時間間隔(1 日)、 dx は空間解像度(1km)である。降雪量は標高依存性と雨雪判別式を用いて推定した。融雪量は Degree-day 法から推定した。入力する気象データは AMeDAS(Automated Meteorological Data Acquisition System)の気温、降水量、蒸気圧の観測データと重み付距離平均法を用いて空間整備した。使用した AMeDAS 観測点数は 37 地点(流域内は 19 地点)である。計算期間は 1985 年から 2015 年の 30 年間とし、各年の 10 月 1 日から翌年 7 月 31 日までとした。

3. 結果および考察

3.1 計算結果の検証

奥只見丸山の積雪重量計による実測値¹⁾と、モデルによる推定値を比較した(図 2)。最大値の相対誤差は 10%、積雪期間の平均誤差(MAE)は 114mm/day であった。積雪量の空間分布の検証として衛星画像から抽出した積雪域²⁾とモデルから推定した積雪域を比較した。図 3 に 2014 年 5 月 5 日の結果を示す。積雪の有無の一致率は 80%以上と概ね良好な精度であった。

* Long term change in snow water equivalence distribution in the Agano River basin by Takeshi Sato and Yoshihiro Asaoka

表 1 積雪水量の統計値

期間	平均 (m^3)	標準偏差 (m^3)
1985~2015	4.41×10^9	1.06×10^9
1985~2000	3.97×10^9	0.94×10^9
2000~2015	4.85×10^9	1.01×10^9

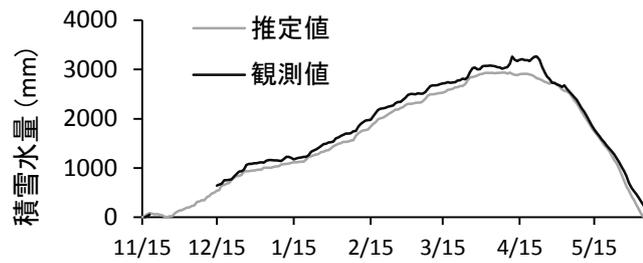


図 2 積雪水量の検証（奥只見丸山）

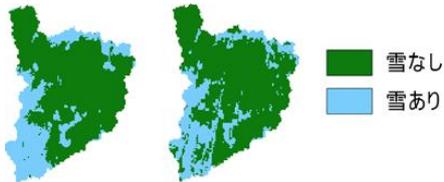


図 3 積雪域の検証

左：モデル推定，右：衛星観測

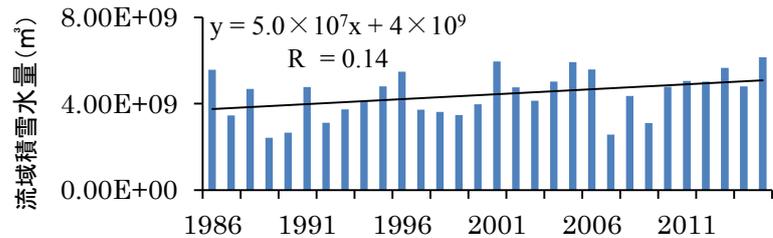


図 4 年最大積雪水量の変動

3.2 積雪量の長期変動

阿賀野川流域における積雪水量の長期変動を図 4 および表 1 に示す。対象期間（30 年間）の傾向として、流域の積雪量は長期的に僅かな増加を示し、年々変動は大きい。対象期間の後半（2001~2015 年）は前半（1985~2000 年）よりも平均値・標準偏差が大きく、積雪量の増加傾向だけではなく、多雪・小雪といった極端な積雪量に偏る傾向になりつつある。

4. おわりに

本研究では、積雪水量推定モデルを用いて阿賀野川流域を対象として 1985 年から 2015 年までの積雪水量を推定した。これにより、積雪量は長期的に僅かな増加傾向および年間積雪量の較差が拡大しつつある傾向を示した。今後は積雪水量の変動と気候変動の関係を明らかにすることが課題である。

5. 謝辞

本研究で利用した積雪重量計の観測データは国立研究開発法人 防災科学技術研究所から提供して頂きました。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) Yamaguchi Satoru; Abe Osamu; Nakai Sento; Sato Atsushi: Recent fluctuations of meteorological and snow conditions in Japanese mountains, *Annals of Glaciology*. Vol. 52, No. 58, pp. 209-215, 2011.
- 2) 齋藤 翼・朝岡良浩：人工衛星と確立密度関数を用いた日本全域の積雪期間の評価，平成 27 年度東北地域災害研究集会（投稿中）。

アンデス地域における熱帯氷河の縮小を考慮した流出解析*

日本大学工学部土木工学科 ○船木 翔太

日本大学工学部土木工学科 朝岡 良浩

東京工業大学大学院総合理工学研究科 木内 豪

1. はじめに

南米ボリビアの首都圏は、上流域の熱帯氷河の融解水を水資源として利用している。一方、熱帯氷河は気温変化に敏感に反応するため、近年の地球温暖化に伴う急速な氷河の縮小や消滅が報告されている。氷河の急速な縮小や消滅は、水資源の枯渇を惹起するため、将来にわたり安定した水資源確保を行なうための対策を講じる必要がある。このため現在までに氷河変動やダム流量の観測¹⁾あるいは、氷河融解・流出モデル²⁾が開発されてきた。本研究の目的は、さまざまな氷河面積を考慮した流出解析を行い、流出に対する氷河融解の寄与について評価することである。

2. 研究対象地域

本研究は、首都圏から北西に 30km 離れたトゥニ貯水池(標高 4437m)の集水域(約 90km²)(図-1)を対象とした。トゥニ貯水池は 3 河川が流入しており、大きく 3 つの集水域に分けることかできる。トゥニ貯水池へ自然流入するトゥニ川集水域と、導水管から人工流入させているコンドリリ川集水域とワイナポトシ西川集水域である。トゥニ貯水池は首都圏の浄水場へ 1m³/s で送水しており、首都圏の水需要の約 30%を賅っている。

3. 研究手法および使用データ

3.1 氷河融解・流出量推定方法

氷河面積の高度分布と気象データを氷河融解・流出モデル GRM(Glacier Runoff Model)²⁾にインプットし、トゥニ貯水池の各集水域を対象として流出解析を行なった。表-1 に示す氷河面積と高度分布の 4 ケースに、氷河の融解が発生しないと想定したケースを加えた計 5 ケースの流出解析を行なった。モデルに入力する気象データは全ケース共通して 2011 年 7 月 1 日から 2013 年 7 月 1 日の観測データを使用した。

3.2 氷河面積と高度分布の算定方法

人工衛星 LANDSAT5 および 8 から観測された画像データ(水平分解能 30m)を用いて、氷河域

表-1 コンドリリ氷河の面積

YEAR	AREA(km ²)	倍率
1987	2.33	1.24
1992	2.52	1.34
2003	2.05	1.09
2014	1.88	1.00

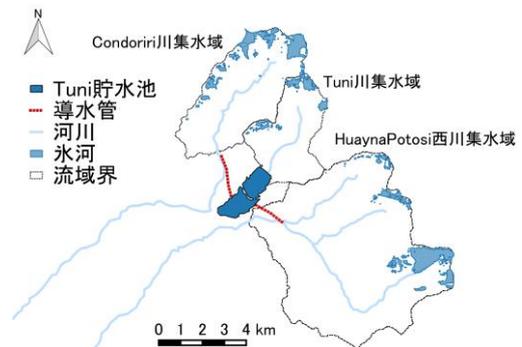


図-1 トゥニ貯水池集水域の概要

*Sensitivity analysis of runoff with tropical glaciers decline in the Andes by Shota Funaki, Yoshihiro Asaoka and Tsuyoshi Kinouchi

を抽出し、氷河面積の算定(表-1)を行ない、標高データと重ね合わせ氷河面積の高度分布を算定した。これを、3つの集水域で氷河面積の異なる4つの年代(1987年, 1992年, 2003年, 2014年)で行なった。氷河域の抽出には、NDSI(Normalized Difference Snow Index)を用いた。

4. 結果および考察

コンドリリ川集水域における流出量の再現計算の結果を図-2に示す。氷河面積を仮定した流出量と、氷河融解が発生しないと仮定した流出量の差分をとり、氷河融解による流出量を算出した。2014年の氷河面積のケースでは年間の流出に対して0.2%の寄与率であった。同様に、氷河面積1.09倍, 1.34倍, 1.24倍のケースでは10%, 17%, 21%の寄与率となった。年流出量に対する氷河融解水の寄与率が、氷河面積1.34倍のケースに比べ1.24倍のケースの方が大きい割合となった要因として、高度分布の違いが考えられる。また、氷河融解水の寄与は乾季の終わりから雨季の始まりの約2ヶ月間(10月~11月)に集中していることが明らかになった。

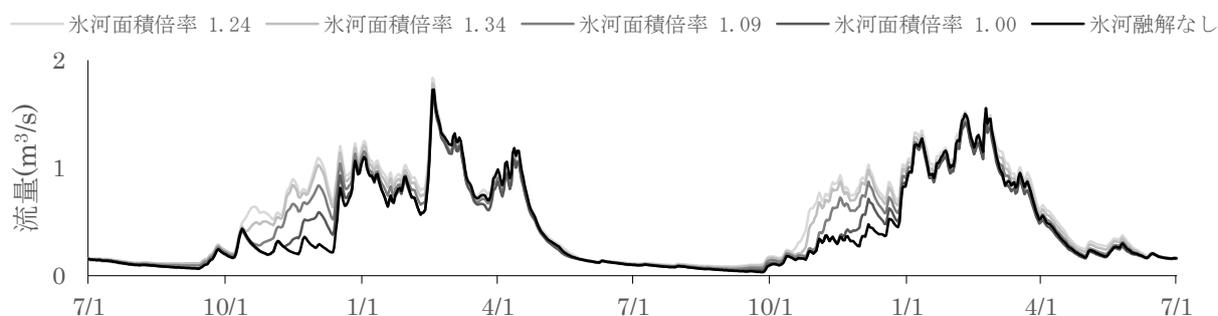


図-2 コンドリリ川集水域の流出量の再現計算

5. 終わりに

本研究は、熱帯氷河が分布するトゥニ貯水池の集水域に氷河融解・流出モデルを適用し、年間の流出量に対する融解量の寄与を氷河面積に応じて評価した。その結果、トゥニ貯水池に流入するコンドリリ川集水域において1987年~2014年に氷河面積が19%低下し、それに伴い流出量に対する氷河融解量の寄与率は21%から1%未満に低下していることが示された。今後は、流出量の推定結果をもとに、トゥニ貯水池の水資源運用の評価を行なう予定である。

謝辞:本研究の一部は科学研究費補助金(15H06642, 代表:朝岡良浩)の助成を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) Tong Liu, Tsuyoshi Kinouchi, Fabiola Ledezma : Characterization of recent glacier decline in the Cordillera Real by LANDSAT, ALOS, and ASTER data, Remote Sensing of Environment, Vol.137, pp.158-172, 2013.
- 2) T. Kinouchi, T. Liu¹, J. Mendoza, and Y. Asaoka: Modeling glacier melt and runoff in a high-altitude headwater catchment in the Cordillera Real, Andes, Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., Vol.10, pp.13093-13144, 2013.

東北地方における県別・月別の林野火災発生数の推定に関する検討

福島大学共生システム理工学類 菅野 隼也

福島大学共生システム理工学類 横尾 善之

1. はじめに

現在、日本では年間約 2,000 件程度の林野火災が発生し、その焼損面積は約 1,000ha、損失額は年間約 5 億円であることが総務省消防庁の資料(2005)から読み取れる。この資料には、林野火災の発生件数についての都道府県別・月別のデータが記載されている。また、既往研究から林野火災の発生には、気象的要因、地理的要因、人為的要因があることが分かっている。本研究では、東北地方における林野火災の発生件数についてのデータと気象や地理などの統計情報との関係を調べ、林野火災の発生数を県別・月別に推定する簡単なモデルを作成することを目的にしている。

2. 方法

林野火災発生数の気象的要因、地理的要因、人為的要因を調べ、林野火災発生数との関係性が予想されるものをモデルに組み込む変数の候補に挙げ、それらのデータと林野火災発生数との相関を取る。それらの中から相関が高く、必要な変数を絞り込んでモデルを構築する。また、本研究では林野火災発生数を森林面積当たりの林野火災発生数にする。

3. 結果

気象的要因については、気象庁(2011)の平年値データに収録されている気象データとの関係を調べた。対象とした各県の気象観測地点名は北から、青森、盛岡、秋田、仙台、山形、福島である。既往研究から林野火災発生数との関係が予想されるものとして、相対湿度と風速を取り上げ、各県の月別の林野火災発生数との相関をとった。相対湿度については、東北地方の全において負の相関がみられ、風速に関しては秋田を除く 5 県で正の相関がみられた。県別の林野火災発生数と総務省統計局の日本統計年鑑(総務省統計局, 2016)にまとめられている地理的特性との相関を調べたところ、県全体の面積における 20°以上の傾斜の面積の割合と負の相関がみられた。林野火災の人為的要因としてはたき火、たばこ、放火(放火の疑いも含む)、火入れ、火遊びなどがあるが、それらが行われた数を県別・月別に把握して統計資料にとりまとめることは難しいため、人為的要因をモデルに組み込むことは不要とした。

各県ごとに県全体の面積における 20°以上の傾斜の面積の割合、相対湿度、風速の 3 つの変数を用いて以下の式(1)をモデルとして構築した。

$$N_f = \begin{cases} a \cdot T^{-0.801} + b \cdot H_r + c \cdot W_v + d & (N_f > 0) \\ 0 & (N_f \leq 0) \end{cases} \quad (1)$$

*Estimating monthly forest fire occurrences in the Tohoku region, Japan by Junya Kanno & Yokoo Yoshiyuki

ここで、 N_f , T , H_r , W_v はそれぞれ森林面積当たりの林野火災発生数、県全体の面積における20°以上の傾斜の面積の割合、各月の相対湿度、各月の風速である。また、 a , b , c , d は県別に最適化するパラメータである。

推定グラフの結果は以下の図1~6であり、概ね良好に推定できていることがわかる。

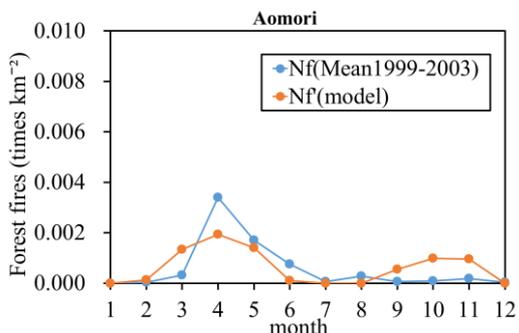


図1 青森県の1999~2003年の平均林野火災発生数と推定結果

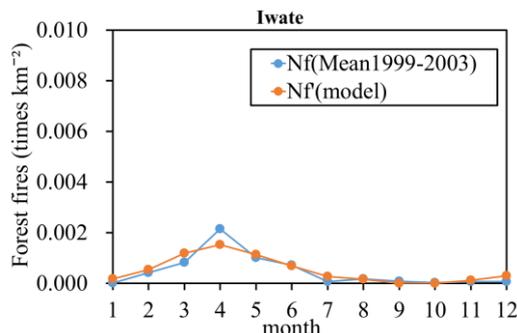


図2 岩手県の1999~2003年の平均林野火災発生数と推定結果

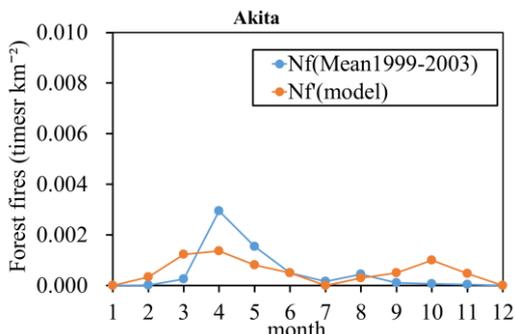


図3 秋田県の1999~2003年の平均林野火災発生数と推定結果

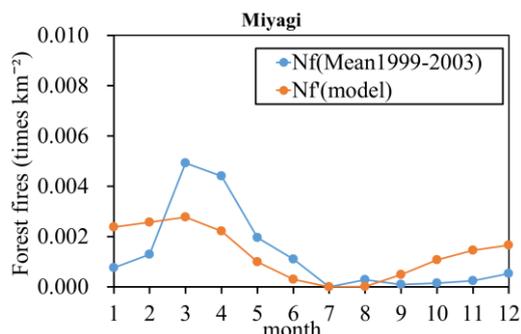


図4 宮城県の1999~2003年の平均林野火災発生数と推定結果

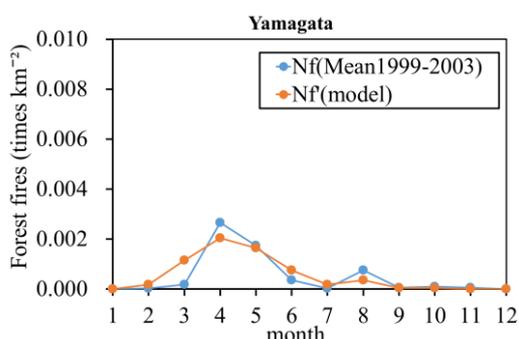


図5 山形県の1999~2003年の平均林野火災発生数と推定結果

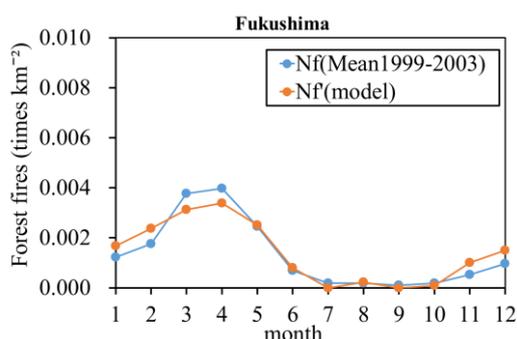


図6 福島県の1999~2003年の平均林野火災発生数と推定結果

参考文献

総務省消防庁(2005), 林野火災の有効な低減方策検討会報告書(平成16年度), 3-24

気象庁(2011), 平年値データ(統計期間1981~2010年),

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

総務省統計局(2016), 第65回 日本統計年鑑, 第1章, 21-23,

<http://www.stat.go.jp/data/nenkan/01.htm>

2015年ネパール・ゴルカ地震にともなうランタン谷での

氷河崩壊・岩盤崩壊について*

山形大学・八木浩司，群馬大学・若井明彦，
弘前大学・檜垣大助，北見工大・山崎新太郎

1. はじめに

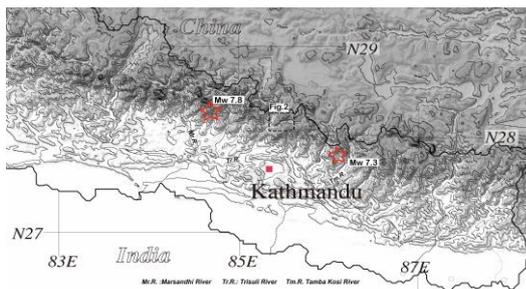


図1 2015年ネパール・ゴルカ地震の震源と地形概観

2015年4月25日午前11時56分、カトマンドゥ北西約80kmのゴルカ郡パルパック付近、深さ15kmを震源とする地震(Mw7.8:USGS,2015)が発生した。また、5月12日には、カトマンドゥ東北東約70kmのドルカ郡・シンドゥパルチョーク郡との境界付近、深さ15kmを震源とする規模の大きな余震(Mw7.3:USGS2015)が発生した。断層破壊域は、マルシャンディ川から東にタマコシ・ボテコシにかけてのヒマラヤ山脈主稜から低ヒマラヤのカトマンドゥを含む

山地地域であった(図1)。このため、海拔6000-8000mの高ヒマラヤから海拔1000-2500mの低ヒマラヤの山地斜面が強震に見舞われ、多数の斜面災害が発生した(檜垣ほか,2015)。

2. ランタン谷で発生した氷河崩壊・岩盤崩壊

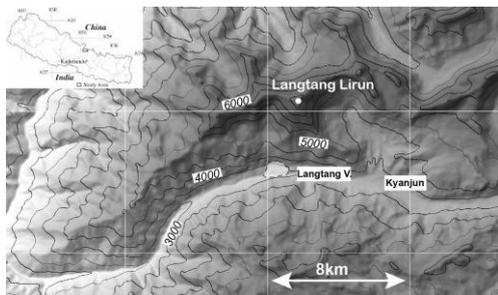


図2 ランタン谷を襲った雪崩・
岩屑雪崩(破線枠内)と周辺の地形

2015年ネパール・ゴルカ地震にともなう土砂災害で最も規模が大きく被害の大きかったものは、ランタン谷における雪崩・土石流災害である。ランタン谷は、ネパールの首都カトマンドゥの約60km北側に位置する氷期に形成されたU字谷である(図2)。7000m級のランタン・ヒマール主稜と海拔3000-4000mのU字谷が比高1000m程度の岩壁で画され、同主稜南面から流下する氷河は、このU字谷に直交する懸垂谷を形成している。ヒマラヤ主稜での岩盤崩落などを起源とする災害に晒されやすい地形環境を呈している。今回の地震でそれが現実のものとなり、氷河性段丘上におけるランタン村は、幅500m、長さ800m以上にわたって村の北側に位置する主稜線からもたらされた雪崩や岩屑に覆われた。

地震直後、ランタン村を大規模な雪崩が襲ったように新聞等で報じられた。Websiteに掲載された撮影された写真(Himali Sherpa,2015)は、雪崩堆積物とされたものが淡褐色を呈していた。

*Avalanches and rock avalanches induced by 2015 Nepal Gorkha Earthquake in Langtang valley, Nepal Himalaya by Hiroshi Yagi, Akihiko Wakai, Daisuke Higaki & Shintaro Yamasaki

衛星画像解析では流下してきたデブリの飛散状況や色調の差から、デブリには多量の泥質物質が含まれ、複数回流下したことが予想された。このため筆者は、ランタン村を覆った物質を泥



写真 1 ランタン川を埋積する雪崩と岩屑

厚さ約 30m の堆積物が川を埋積する。上部の 5m が岩屑雪崩・土石流堆積物、下部は岩屑が混入した氷河起源の雪崩堆積物

質 slush と称し(八木,2015)、氷河および岩盤の崩落が同時あるいは複数回発生したと予想した。さらに 6 月 1 日に実施した上空からの観察では、ランタン村周辺の地表には、数メートル大の巨礫を含む岩屑や流動痕をもつ土石流堆積物を確認できた。すなわち、ランタン村周辺では、雪崩や岩屑雪崩から変質した土石流などの地変が繰り返し発生したことが確認された。また、家屋や地表に露出した構造物が吹き飛ばされたり、谷壁を覆った亜高山帯針葉樹林がなぎ倒されていたことから、流下した雪崩や土石流は、U 字谷底や対岸の U 字谷壁に激突し、その衝撃により爆風を発生させたことも予想された。

10 月下旬に雪氷研究グループと合同で実施した現地調査では、ランタン川を埋積するデブリの構造は、下部が雪崩堆積物、上部が岩屑雪崩堆積物であることから(写真 1)、最初に土砂成分に富む雪崩が発生し、遅れて岩屑雪崩・土石流が到達したことが明らかとなった。上述のとおり 4 月 30 日撮影の画像は、泥質 slush が映し出されていた。6 月 1 日の上空から観察では、地表は岩屑・土石流堆積物によって覆われていた。4 月 25 日の本震では、氷河の崩壊に伴う雪崩が複数回発生したことが伝えられていたため、筆者らは当初、雪崩に覆われていたものがその後融解して現れたものではないかと考えた(八木, 2015)。しかし、現地住民の証言から、彼等が本震で被災シカトマンドゥに避難する前には岩屑雪崩は発生しておらず、余震後帰村した住民によって発見されたことが明らかになった。従って、ランタン村周辺の地表を広く覆う岩屑主体のデブリは、本震で発生した雪崩のデブリを覆って、5 月 12 日の余震にともなう岩盤崩落によってもたらされたと考える方が合理的である。

3. 引用文献

檜垣大助・長谷川修一・八木浩司・若井明彦(2015)ゴルカ地震によるネパールでの地盤災害緊急調査報告。日本地すべり学会誌, 52-4, 43-46.

Himali Sherpa(2015) Langtang area completely damaged by the earthquake

<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=881781361883296&set=pcb.881781555216610&type=3&theater> (2015 年 12 月 10 日参照)

八木浩司(2015) 2015 年ネパール(Gorka)地震にともなう斜面災害. 2015 年ネパール中部地震への被災状況把握と支援に関する緊急シンポジウム講演資料
http://irides.tohoku.ac.jp/media/files/archive/20150508_nepal_eq_yagi.pdf(2015 年 12 月 10 日参照)

USGS(2015) M7.3 - 19km SE of Kodari, Nepal,

http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us20002ejl#general_summary

関東・東北豪雨災害速報 福島県南会津町 桧沢川の被害報告

○川越清樹(福島大学共生システム理工学類), 今泉直也(福島大学共生システム理工学類)

関東・東北豪雨により栃木県, 茨城県, 宮城県で甚大な水害が生じたが, 福島県でも南会津町を中心に水害が多く記録されている。福島県では, 前線の影響により 6 日より降水が認められ, 9 日から 11 日にかけて湿った空気の流入より大気状態が不安定化し,断続的に強雨が生じた。9 日未明から 11 日明け方にかけて高気圧からの東よりの風と日本海の低気圧をまわる西よりの風との収束域にあたり, 発達した積乱雲が次々に発生した。県内広域で非常に激しい雨が生じ, 記録的な大雨となった。

福島県内で被害の多く認められた南会津町の桧沢川の状況を報告すると, 阿賀川に合流するまでの至る所で, 落橋, 堤防決壊, 堤防溢水による氾濫が多く認められている。河川は阿賀川に合流するまで大局的に西—東方向へ流下する河川だが, 200 から 300m ピッチで狭窄部を含みながら蛇行しているが, 狭窄部, 屈曲部で大きな被害が認められている。また, 本河川の特徴として流木による被害が多く認められている。河道形状による側面とともに堤防越流の痕跡の周辺では, 橋脚やそこにとどまる流木が認められている。流木による河道閉塞により河道からの溢水が波及して氾濫していることも推測される。なお, 落橋した高橋でも流木が残されている。研究報告ではこの分析結果を発表する。



図 1 桧沢川被害状況図

貯水池における気候変動影響評価のための基盤情報整備

○新垣和(福島大学大学院共生システム理工学研究科), 鈴木絢美, 馬場彩香, 川越清樹(福島大学共生システム理工学類)

地球温暖化に伴い様々な水循環への影響が予見されているが、閉鎖水域における水循環に関しては、気温上昇と出水の二極化(多流量・少流量)が生じる可能性が高い。こうした、温暖化に起因した影響の他、閉鎖水域の上流側の土地被覆及び人間活動が加われば富栄養化の発生頻度が高まり、水資源の危機的状況も示唆される。こうした背景を踏まえて、本件旧では、気候変動による富栄養化の影響評価を誘導できる「温暖化 → 富栄養化」の定量化を気候帯の貯水池比較より明らかにする取り組みを試みた。富不栄養化の過程をふまえて、広域で気候変動に伴う「貯水池の富栄養化」の影響を評価するために基準になりうるアルゴリズムを開発することを最終的な目標とする。本研究では、富栄養化の要因となる気候・気象的要因、出水も関連付けられる水理的要因の関係をふまえて包括的な富栄養化を誘導するための基盤情報整備を試みている。また、本研究では、気候変動に伴う月変化の影響も見積もることが特徴として挙げられる。既に亜熱帯地域に属する沖縄県では4月にアオコが発生して大量に魚が斃死する被害が生じたことも報告されており、こうした月の影響を見積もることは、水質悪化する時期が把握できるため、浄化装置稼働時期等の湖水メンテナンス特定にも有用な成果になりうる。具体的には、東北地方、および福島県の貯水池を対象に月別の水質状況を貯水池回転率(水理的条件)、暑さ指数(気象・気候的条件)の関係より評価した。また、水質に関しては、柏崎が開発した富栄養化指標 TSI(Trophic State Index)を用いた。

評価結果の概要は以下のとおりである。

- ① 月で富栄養化レベルを超えるのが「鳴子ダム」、「こまちダム」であり、6月から9月に富栄養化する結果が明らかにされた。
- ② 月で TSI60 以上になるダムは上記以外に「浅瀬石川ダム」、「三春ダム」、「月山ダム」、「小玉ダム」、「東山ダム」が挙げられる
- ③ 四十四ダム、田瀬ダム、鳴子ダム、月山ダム、湯田ダム、御所ダム、大川ダム、東山ダムは年間で TSI が 10 以上の差を示すダムであり、水質変化差が大きくなる特徴を有する。

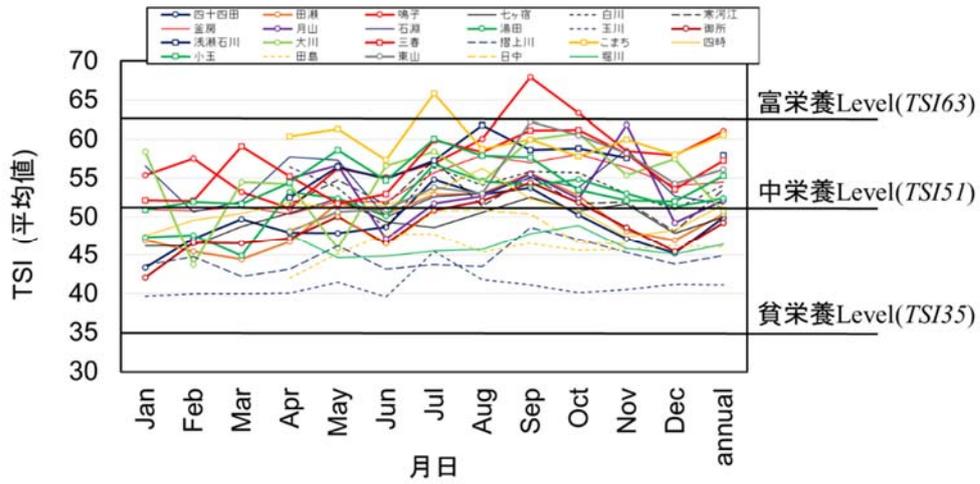


図1 月毎の富栄養化推移

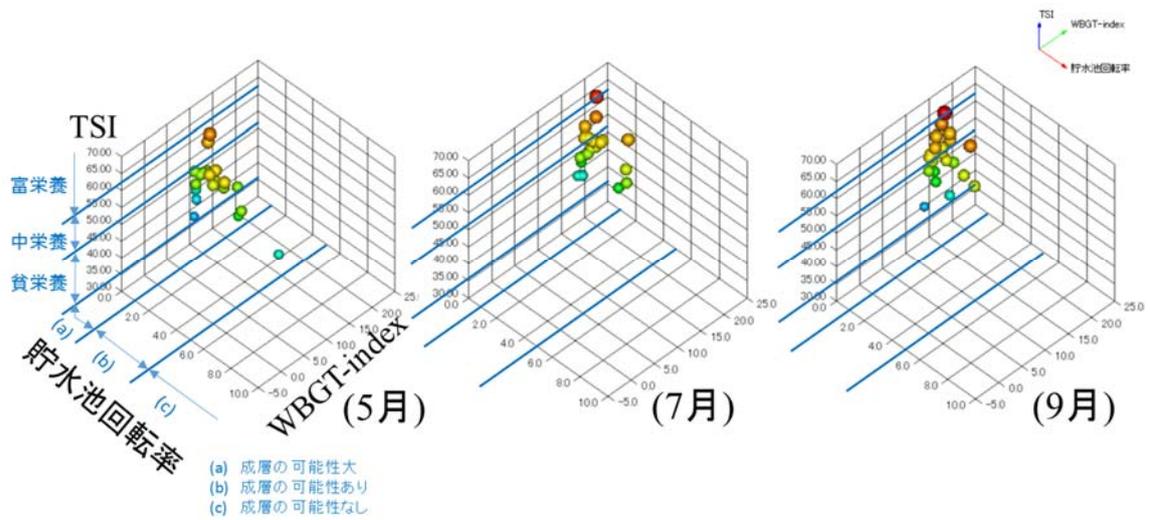


図2 月毎の富栄養化関係図

古地図，地図履歴を用いたから水域時空間情報マップの開発

○折笠和生(福島大学共生システム理工学類)，伊藤圭祐(福島大学大学院共生システム理工学研究科)，川越清樹(福島大学共生システム理工学類)

東日本大震災があり，地盤沈下，復興等で自然環境，社会開発行為で沿岸域の地形改変が成されている。ただ，こうした改変は今始まったことではない。昔から成されてきた。地形の過去を知ることは，防災や環境の回復を考える上でも非常に重要なことである。なぜなら，改変により隠蔽された脆弱なエリアを理解できる可能性を有するためである。また，環境の地域潜在性を理解できる側面をもつ。こうした情報は，将来の災害回避を誘導する上で重要な成果になりうる。この実用の事例として治水分類図(国土交通省国土地理院)の利用による危険潜在性が挙げられる。しかしながら，治水分類図は一級河川の流域で整備されている程度であるため，更に拡張して情報整備することが必要である。以上より，本研究では，古地図，地図履歴を用いて福島県沿岸域の水域時空間情報マップの開発を試みている。最終的には，防災マップを開発する上での情報を集め，データセットを構築することを目標とする。データとして古地図（伊能図），米軍空中写真を用いて数値情報を整備して比較検討を進めた。

結果として，河口域および現行の港湾施設で地形変化が大きい一方で，福島県沿岸域は潟湖の開拓が多いことが明らかにされた。

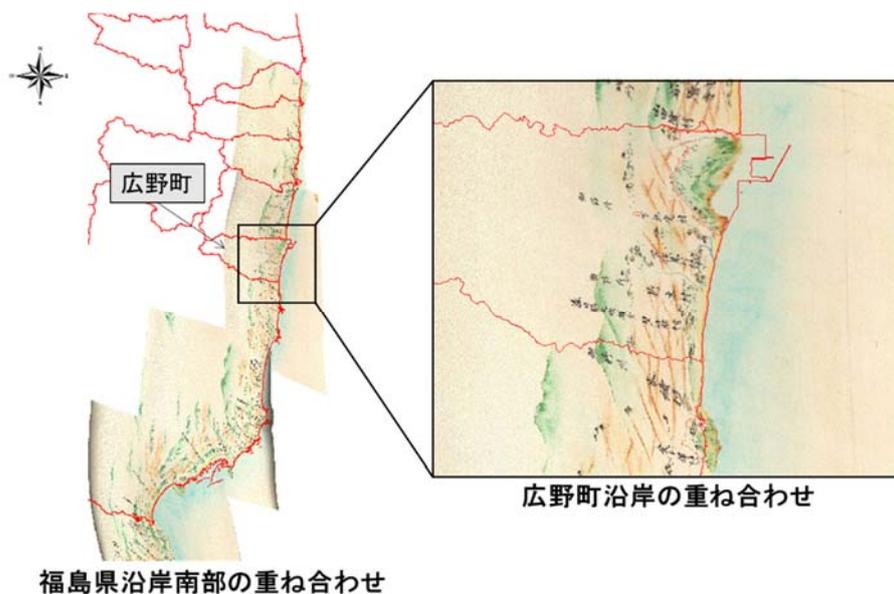


図1 福島沿岸域の沿岸地形重ねあわせ結果

福島県沿岸域を対象にした台風－高潮の規則性評価

○五賀翔太(福島大学共生システム理工学類), 伊藤圭祐(福島大学大学院共生システム理工学研究科), 川越清樹(福島大学共生システム理工学類)

東日本大震災があり, 津波, 高潮に対する対策として防潮堤の整備が進んでいる. ただし, こうした整備は L1 のものであり, L2 レベルの現象が生じた場合は, ハードで安全性が担保しきれないため, ソフト(情報, 防災体制)で対応しなければならない. そのため, 今後の長期的にわたる時間変化に伴う最大事象の予測を精緻化させるための試みは引き続き検討しなければならない課題である.

福島県を対象にした場合, 位置的に台風の抜ける境界になるため, 高潮の影響も大きく変化する可能性を有している. そのため, 台風と高潮の関係を照査することが必要になる. 本研究では, 今までの台風と潮位の関係を調べて, 分析し, 「台風－潮位」の規則性を求めると, 将来の海水温度変化予測に補完して, 概ねの高潮による潮位を推定できる可能性を見据えた検討を進めている.

研究の手順は以下のとおりである.

- ① 仙台と小名浜の潮位を調べ, 異常に潮位上昇した時を調べる.
- ② 異常潮位と台風発生時期との関係を調べる.
- ③ 台風の諸条件(最低気圧, および最低気圧発生位置, 海水温度 etc)との関係を調べる.
- ④ 条件と潮位による影響の沿岸域のマップとの比較を行う.

仙台と小名浜の潮位と台風を調べた結果, 台風でも経路により影響を受ける, 受けないの関係が明らかにされた. また, 台風以外の低気圧でも潮位の大きな変化を促す事象の存在が明らかにされた.

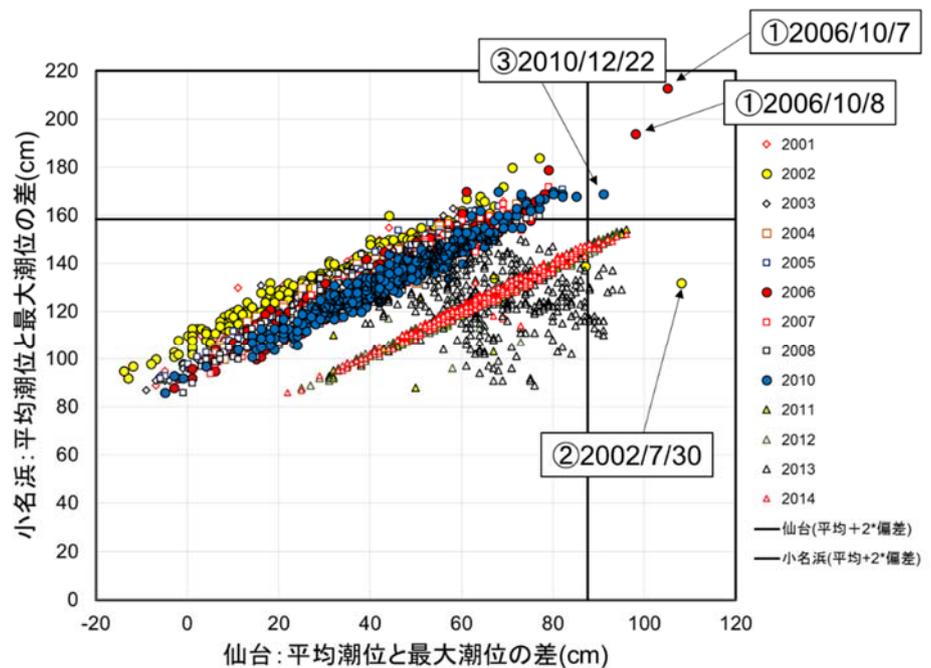


図1 小名浜と仙台の潮位の差と時期の関係

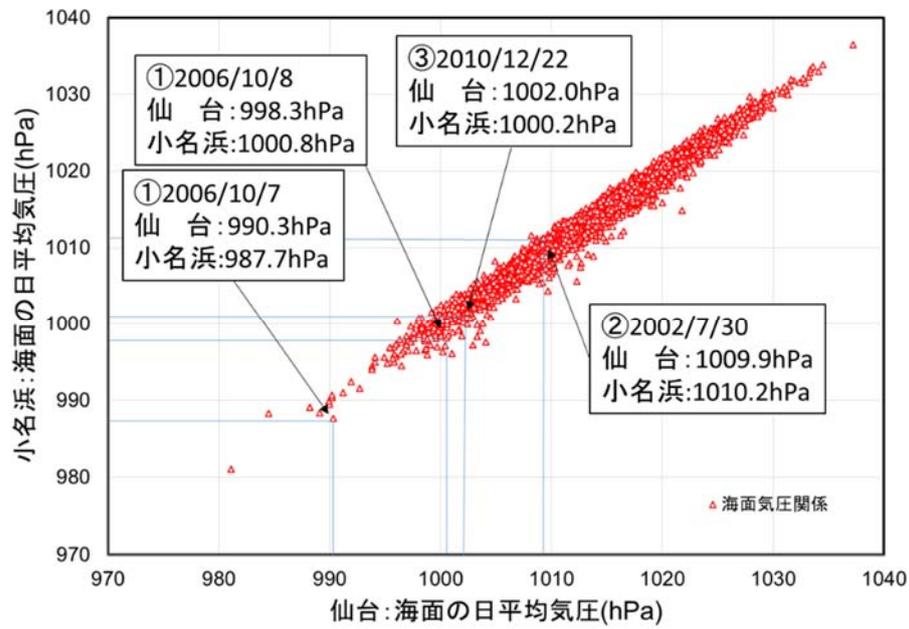


図2 小名浜と仙台の低気圧の関係

積雪の化学組成に基づく日本海の波及影響評価

○鈴木絢美(福島大学共生システム理工学類), 新垣和(福島大学大学院共生システム理工学研究科), 馬場彩香, 川越清樹(福島大学共生システム理工学類)

数値気候モデルに基づく大気水循環系のシミュレーションより気候システムの温暖化が指摘され, 局所的な地域に対する極端な降水事象の発生が見積もられている. こうした将来の予見に対し, 様々な社会基盤, および自然環境への影響も推測され, 研究だけでなく行政機関の実務も含めた領域で温暖化に対する適応も検討されている. 温暖化と日本列島の雪の関係は不確定要素も含まれるものの, 日本列島自体が巨視的に雪氷圏の境界付近に位置するため, 気候変動に応じて敏感に積雪変化する可能性を含んでいる. 特に, 東北地方日本海側から北陸地方は, 冬季西高東低の気圧配置よりシベリア, 中国大陸から乾燥かつ寒冷な気団の流れ込みやすい地域であるため, 東進する寒冷・乾燥な気団が日本海上空を通過することで大量の水蒸気を含み冬季に降雪を与える雲を発達させ, 気候変動による感度が大きいと見積もられる. こうしたプロセスを精度よく理解するためには, 数値計算だけにとどまらず実際の雪の実測を行い分析するアプローチも必要である. 阿賀野川の積雪調査解析は既に経年で取り組んでいるが, これらの背景を踏まえて本研究では, 阿賀野川流域を対象に海と流域の積雪分布特性を把握するための化学分析を進めた.

調査解析は積雪試料をサンプリングし, イオンクロマトグラフィーを用いたイオン組成の同定と安定同位体による分析を進めた. これらの結果を基に阿賀野川流域の積雪分布特性を検討する. 積雪は温度, 水蒸気の物理量や待機情報を残存させる特性をもつ. そのため, 領域に分布する多点で積雪の物質構成を化学的に示し空間的な比較を行うことで, 地域固有性, および周辺環境との関係性を明らかにすることも可能である. 本研究では, 阿賀野川流域に分布する積雪を流域全体で網羅してサンプリングしている.

結果として, ①から⑤に示すとおりである.

- ① 2015 年の安定同位体比の調査結果に基づけば阿賀野川流域のほとんどは日本海の海水を起源とした積雪が分布していたことが明らかにされた.
- ② 各調査の結果を統合してみると, 沿岸から距離の長い, もしくは高い標高の観測地点については, 表面海水温の他に地域固有の特徴も大きく影響する可能性を含んでいることが明らかにされた.
- ③ 阿賀野川流域奥部に位置する長瀬川は地域固有的な影響度が強く, イオンや安定同位体比より不安定かつ統計的に海水と相関性の弱い結果が得られた.
- ④ ほとんどの積雪の特徴は存在しているものの, 降雪が少ない場合は, 出羽山地よりも奥部の水系が西—東方向へ急変する位置 (距離的に 75km から 100km) で日本海の海水からの影響が弱まる結果を得た.
- ⑤ 海水の蒸発過程にも関与してイオン濃度は減少するため, 短時間スケールの積雪の状況も把握しなければ明瞭な地域特徴を示せない可能性がある結果も得られた.
- ⑥ 長瀬川流域以外に地域固有の特徴を示す地域として, 只見川上流域(南会津町)が挙げられ,

太平洋海水に依存した降雪が供給されている可能性が明らかにされた。

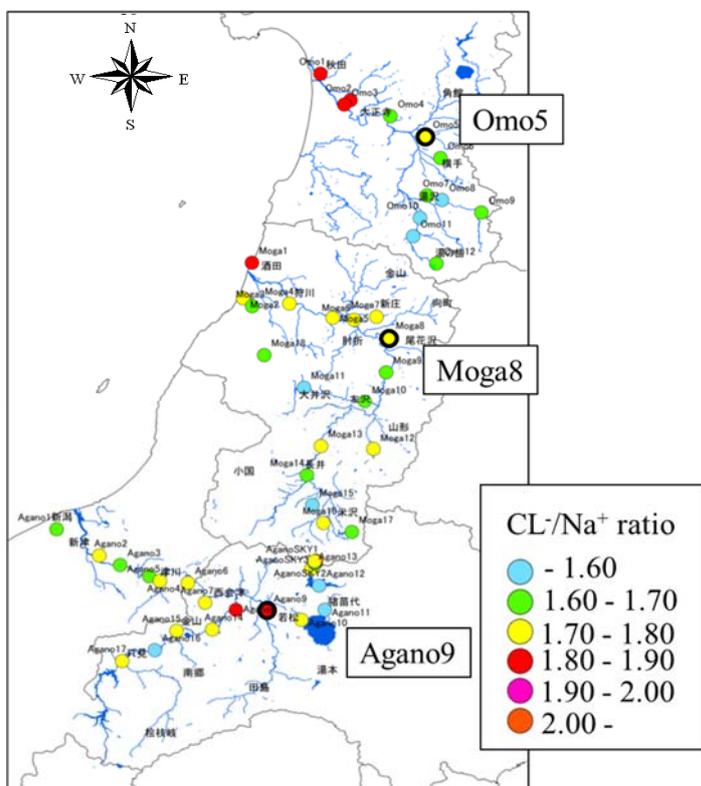


図1 日本海沿岸流域の CL^-/Na^+ 濃度比の空間分布

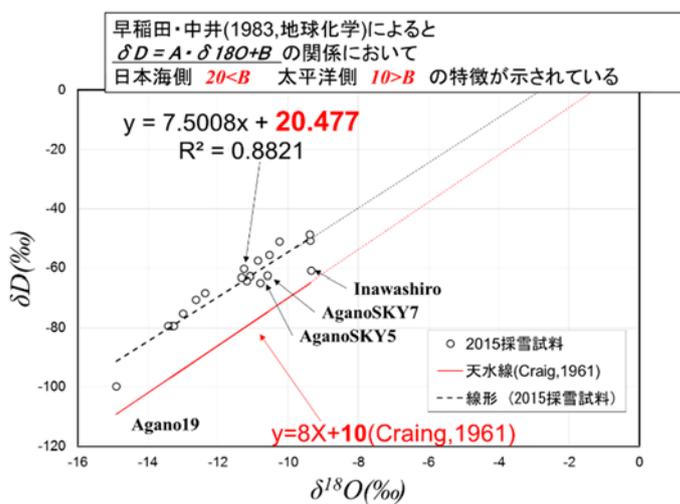


図2 $\delta^{18}O$ と δD の関係

除染地域の裸地斜面の土砂動態観測調査

○田村裕亮(福島大学共生システム理工学類), 伊藤圭祐(福島大学大学院共生システム理工学研究科), 川越清樹(福島大学共生システム理工学類)

2011年東日本大震災により福島第一原子力発電所事故が発生し、放射性物質の拡散と土壌汚染が生じた。この対応として除染による表土2~5cm土壌剝離(土地改変)による除染が進められているが、こうした改変に伴い植生繁茂の変化と、裸地面の増加が認められる。また、裸地化した斜面においては、Gullyが発達し、強雨により進行が危惧される。今後の温暖化などに伴う強雨頻度の増加予測を考慮すれば、更に土砂収支が変化する可能性を有している。こうした影響は環境条件に大きな負荷を与える危険性も有している。この課題に対して、Gullyの量、発生箇所、流出性質を把握して、土砂生産の特徴を求めることが必要になる。また、こうした特徴を明らかにすることで精緻な将来像の予見につながる。本研究では、Gullyの量、発生箇所、流出性質を把握する為に、3Dプロファイラーを利用してGully変化の空間的な解明をすすめるとともに、土壌試験を実施することでGully発生の特性を明らかにすることを進めた。

この結果としてGullyの進行度は植生の繁茂状況に左右されていることと、土砂と促進条件になりうるに降雨に規則性はなく、土砂強度の弱い箇所が変化していくことが明らかにされた。



図1 3Dプロファイラーによる地形データ(2015年5月時)

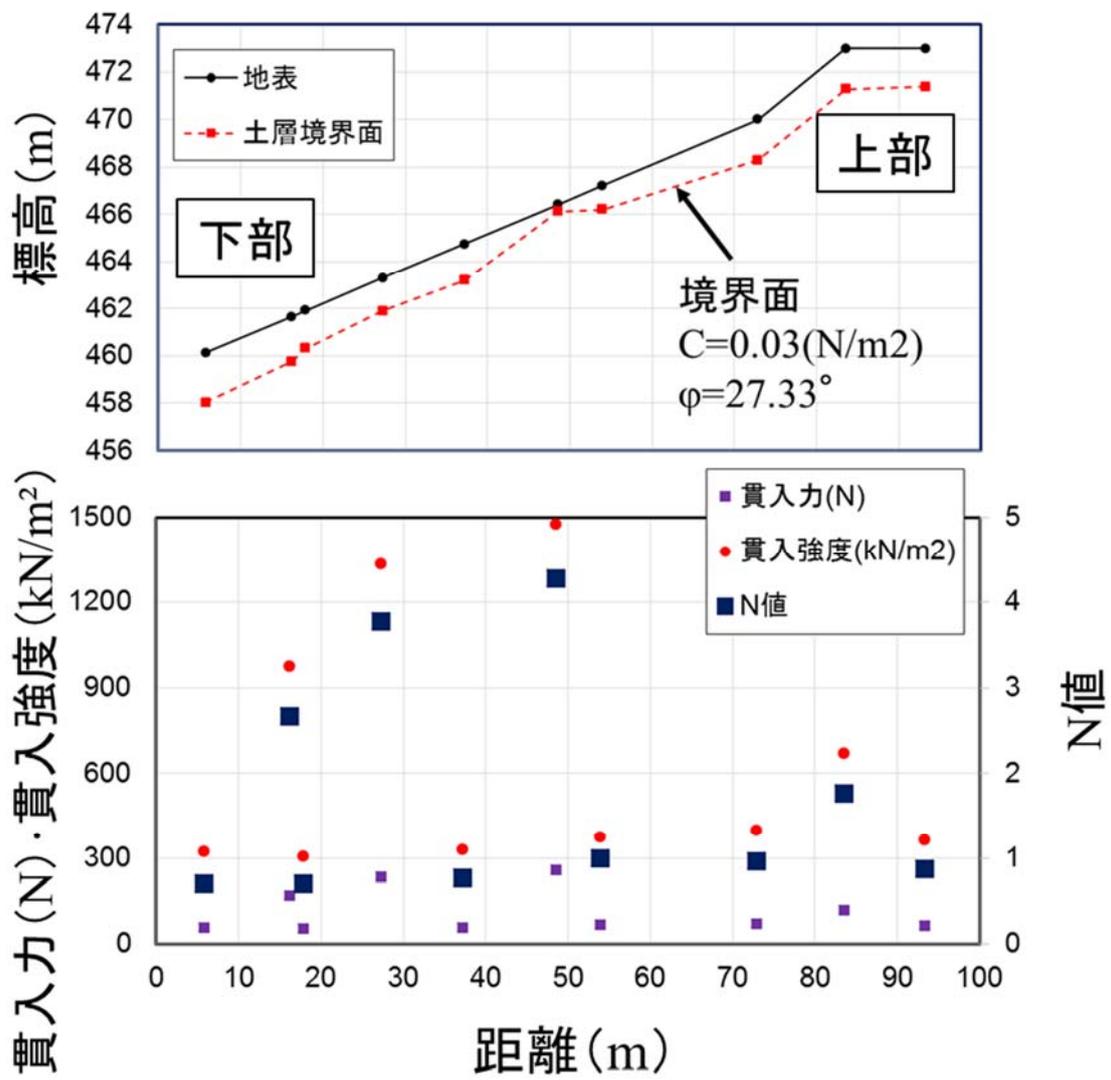


図2 調査地の斜面における土層強度

豪雨による貯水池の水質変化の比較検証

○馬場彩香(福島大学共生システム理工学類), 新垣和(福島大学大学院共生システム理工学研究科), 鈴木絢美, 川越清樹(福島大学共生システム理工学類)

地球温暖化による気候変動により見積もられる気温上昇, 極端な降雨から水質汚濁の増加の懸念がされている. 貯水池に対する豪雨の影響を広域のデータを利用し見積もるために, 溶解性物質(イオン組成)を調べることで, 豪雨による貯水池水質の特性の比較検証を行った. 地域により気候特性の分かれた福島県を中心に対象領域とし地域性の解明を行うことで, 温暖化による降水極端化で水資源がどうなるかを検討した.

研究の方法は貯水池で積雪直後と豪雨直後に採水を行い, その試料をイオンクロマトグラフィー法による陰イオン, 陽イオンの分析とアルカリ度手規定法による重碳酸イオンの分析を行うことで水質を求め, 比較することで特性を明らかにしている. 研究対象は, 山形県, 福島県の複数ダムである.

結果として, 融雪時期は中通り・浜通りは【Ca(HCO)₃】₂型, 会津地方は【Na】₂【SO】₄, NaCl型, 福島県外は【CaSO】₄, 【CaCl】₂型が多いことが明らかにされ, 豪雨に伴い寒河江ダムのイオンの含有量の増加が目立ち, 他のダムでは全体的にイオンの含有量減少が認められた. なお, 寒河江ダムの豪雨のデータは2013年7月の山形豪雨時のデータである. この豪雨イベントではイオン流出が最も多く認められたことを示唆しているが, 土砂崩壊現象も多く認められていることが報告されていることから, 土砂生産した場合は大きく水質が変化することを示している.

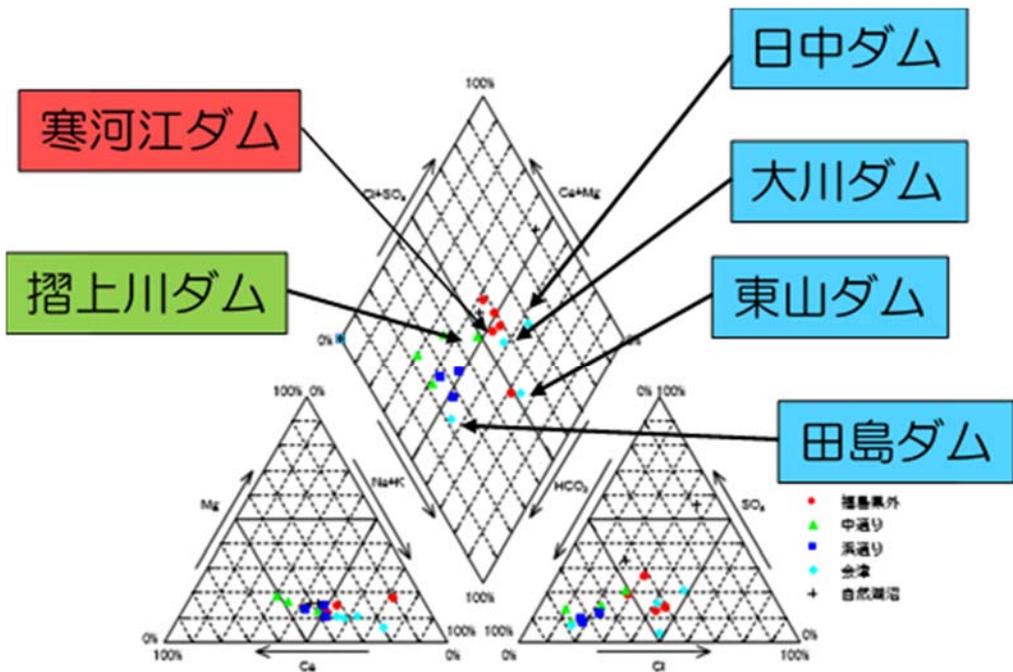


図1 融雪時期のトリリニアダイアグラム

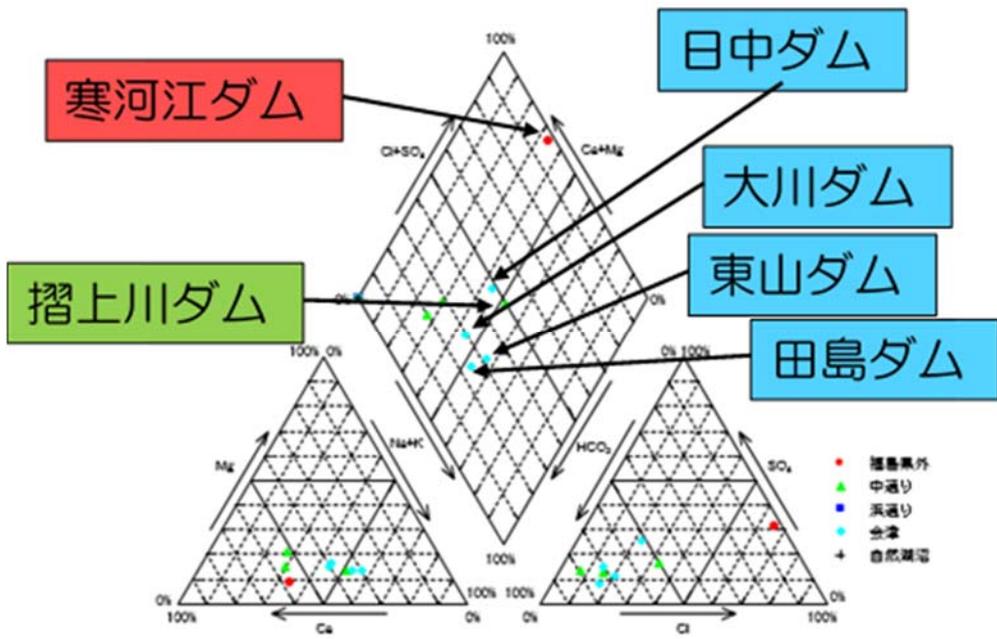


図2 豪雨時期のトリリニアダイアグラム

研究発表（3）8題

司会：山下 啓

第一会場：杉妻会館 牡丹

東北地方太平洋沖地震津波についての各種波源モデルの比較

— 福島第一原子力発電所周辺における検討

東北大学災害科学国際研究所 今村 文彦
防災技術コンサルタント・岩手大院 岩間 俊二
防災技術コンサルタント 国枝 雄一

1. はじめに

東日本大震災から間もなく5年を迎える。この間、地震・津波についての現地調査の実施や観測データの整理、さらに様々な解析が進み、いくつかの津波波源（断層）モデルも提案されている。いずれも広域での発生とその内部での複雑なエネルギー解放（すべり分布）が示されているが、扱うデータや範囲によって、モデルに差も存在していることも事実である。目的や対象に応じて波源モデルの検討が必要になる。本研究での目的は、福島第一原発サイトでの再現計算を実施するために、防波堤沖1.5kmに設置された波高計の観測データを主眼として最も適したモデルを提案することである。

2. 対象の波源モデルと計算の諸条件

東日本大震災での断層モデルは様々なデータを活用し、インバージョン手法により推定されているが、データ全体（全域）での誤差を小さくさせるため、ある局所的な場所での精度は落ちる場合がある。この時には、改めてそこでのデータを再現するための修正が必要であり、ここでは、福島第一原発サイトでの再現性を高める検討を行った。本研究で参考にした波源モデルは杉野モデル(2013)、内閣府(2012)モデル、東電モデル(L67)であり、その初期波形の空間分布（経時変化も含む）を図-1に示す。それぞれ、断層の数や空間分解能、すべり分布などが異なることが分かる。内閣府モデル及び東電モデルは、水位の鉛直変位での計算においては、断層の深さを慎重に設定し、断層水平変位から鉛直変位成分への影響も考慮している。

津波伝播の解析手法としては、ネスティング手法を用いて外洋（空間格子サイズ1350m）から沿岸でのサイト（2m）まで分割し、浅水理論を用いて遡上計算まで行っている。潮位は、津波来襲時のT.P. -0.40mを、地震によるサイト内平均地盤沈下量は-0.66mを与えている。沿岸部では岩礁海岸などがいないために、粗度係数として $n=0.03$ を採用している。

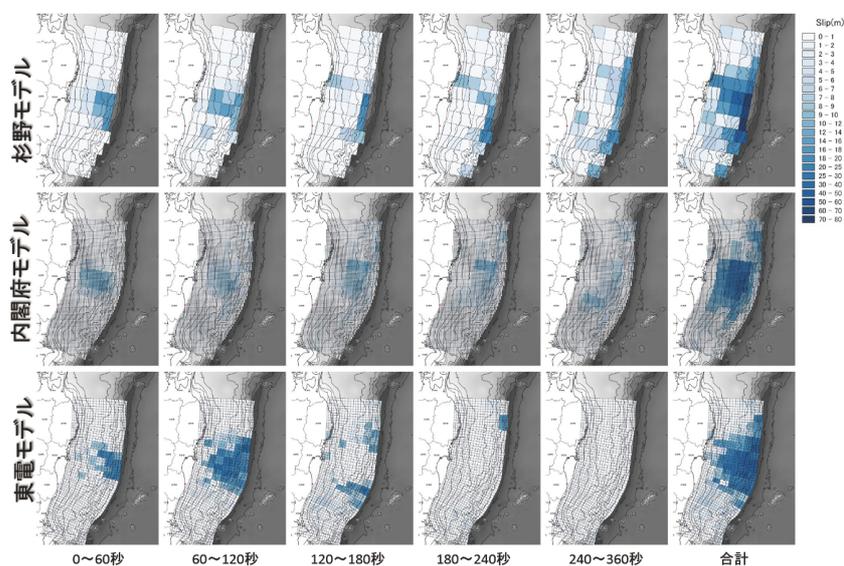


図-1 各波源モデルのすべり分布の経時変化

3. 波高計での比較とモデルの改良

* Comparison of tsunami source models of the 2011 earthquake – at Nuclear Power Plant of Fukushima No1 by Fumihiko Imamura, Shunji Iwama, and Yuichi Kunieda

福島第一原発周辺で唯一観測できたのは防波堤沖での波高である(図-2の破線)。この波形の特徴としては、地震後、15:20頃までに第一波の引き波が生じ、そのあと15:27頃に第一波の押し波ピークが観測されている。その後、水位が低下し、第二波が来襲するが、ここでは1段目と2段目に分かれていることが示されている。なお、第二波2段目の来襲途中で波高計が計測上限に達しそれ以降計測不能になっている。今回対象とした3つのモデルの比較を図-2(実線)に示す。いずれも第一波の到達時間や形状の再現はよいが、第二波の2つの成分についてはそれぞれで差異が見られる。図-1に示したように波源が広域で複雑なために、福島第一原発には、様々な方向から津波が来襲するため、第二波での差異を調整するには多数ある断層のすべり量の調整には膨大な組み合わせが必要になると考える。

そこで、比較的断層数が少なく、第二波の2つの段階の成分も確認できる杉野モデル(2013)について調整することにした。以下は、このモデルでの各小断層に注目し改善のプロセスを示す(図-3)。E28のすべり量を210秒で+4m, S21断層のすべり量を30秒で+4m, 90秒で-5m, 210秒で+5mにした場合、第一波と第二波の間の水位落ち込みが改善された。次に、急上昇する第二波1段目及び1分後に再上昇する2段目の波形を再現するためにS01断層のすべり量を30秒で+15m, 90秒で+2m, 150秒で+4mに調整した結果、観測波形とほぼ一致するようになった。その結果を図-4に示す。第一波の初期段階での差異は見られるものの、それ以外的一致が見られ、ほぼ再現出来たと判断出来る。

4. まとめ

既存の波源モデルを比較し検討することで福島第一原発サイトの沖で観測された津波波形を正確に再現できるモデルを提案できた。今後はこの改良モデルを用いて、サイトでの浸水計算などを行い痕跡値と比較しながら、当時の発電所施設にどのようなプロセスで進入し、影響を与えたのか、詳細に検討して行きたい。

5. 参考文献

内閣府(2012),中央防災会議資料

東京電力(2013),東京電力報告資料(L67モデル)

杉野ら(2013),日本地震工学会論文集,第13巻,第2号

謝辞;本解析に当たり、内閣府や東京電力により波源モデルに関するデータ提供をいただいた。ここに記して謝意を表す。

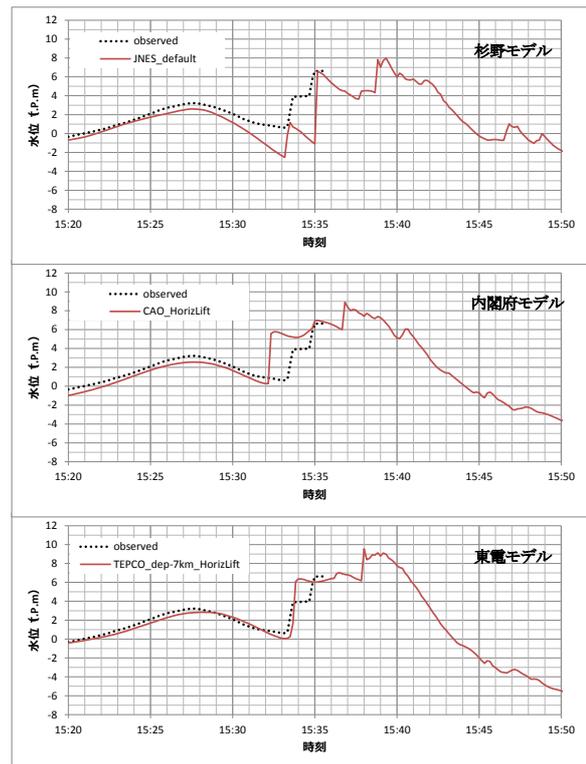


図-2 各波源モデルと観測値(破線)との波形の比較

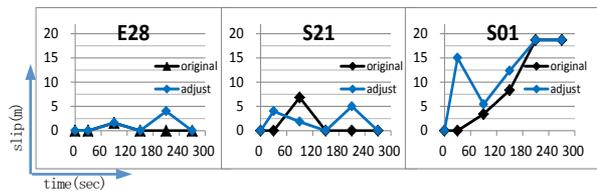


図-3 杉野モデルの断層すべり量調整箇所

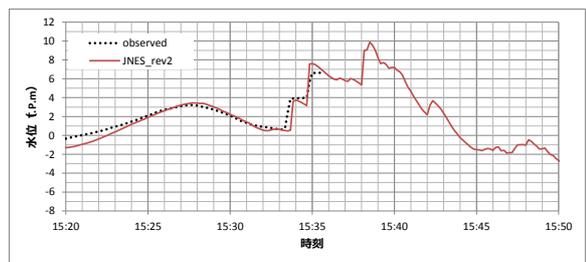


図-4 改良された杉野モデルと観測値(破線)との波形の比較

海底津波観測と陸上測地観測に基づく津波波源即時予測*

東北大学大学院理学研究科 日野亮太・堀内明子・太田雄策 気象研究所 対馬弘晃

1. はじめに

津波の発生直後に沿岸域での津波の到達時刻と波高を予測する手法として、Tsushima et al. (2009)は、沖合観測点で得られた津波波形の逆解析による波源モデル推定とそれに基づく津波波形合成による即時津波予測手法を提案した。その後、リアルタイム陸上測地観測データから地震時地殻変動を検知して(Ohta et al., 2011)推定された震源断層モデルを津波波源モデルとし、これを海底津波観測データに基づいて逐次改善することで、迅速かつ高信頼度で沿岸津波波形を予測することが可能であることを示した(Tsushima et al., 2014)。こうした手法を、海陸で整備が進む地震・津波・測地観測網で得られるリアルタイムデータに適用することで、地震発生直後の津波予測の信頼度を大きく改善できるであろう。これまでの研究では、2011年東北地方太平洋沖地震の際のデータを用いた retrospective な性能評価が行われ、その有効性が示されてきたが、津波注意報が発令される程度の規模の津波が励起されるようなM7~8級の地震に対する津波予測の性能の評価は十分に進んでいない。この程度の地震の発生頻度は高いために、その津波の規模を正確に予測することは、予測情報に対する信頼を確立するために重要である。本研究では、日本海溝沿いでこれまで実施してきた自己浮上式海底圧力計(OBP)によるオフラインの観測により沖合において津波が観測された近地地震を対象として、津波波源と沿岸津波波形の予測性能の評価を試みた。

2. 東北地方太平洋沖地震の最大前震による津波の予測

2011年3月9日に三陸沖で発生したMw7.3のプレート境界型地震(2011年東北地方太平洋沖地震の最大前震)による津波が、震源周辺に設置されていた9台のOBPで記録されている。このデータが地震直後にリアルタイムで取得されていたと仮定し、津波予測の retrospective な評価を行ってみた。この地震の場合、OBPが20~30km間隔で津波の波源域をほぼ取り囲むように配置されていることから、地震発生から6分後までの観測波形から波源モデルを高精度で推定することができ、その波源モデルを用いた数値計算により予測された沿岸での津波波形は、GPS波浪計で観測された津波波形の特徴を忠実に再現している。このことから、沖合津波波形解析に基づく津波予測手法は、M7程度の地震による津波に対しても有効であることが期待できる。ただし、予測波形を実際の検潮記録と比較すると、GPS波浪計の記録ほどの高い一致度は得られない。第1波到達時刻の予測値は2分以内で観測と一致するが、最大波高の観測値と予測値の比は50~200%の範囲でばらつく。沿岸津波波形は、グリーン関数の重ね合わせによって求めているが、検潮記録との不一致の原因が、グリーン関数の計算で用いた沿岸地形データの分解能が不十分なためか、線形長波近似の精度の限界によるものなのかは今後検討が必要である。

*Real-time tsunami source estimation based on offshore tsunami and onshore geodetic data by R. Hino, A. Horiuchi, Y. Ohta, and H. Tsushima

今回の津波の実験条件を表 1 に示した。ここに、Z1 は貯水槽の水位、Z2 は定水槽の水位を表し、 ΔZ は Z1、Z2 の水位差を表している。図 2、図 3 は、表 1 の実験条件のもとに測定した値をグラフに表したものの一例である。この実験から最大最少波高および最大最少流速を求め以降の実験を行う際の基準とする。

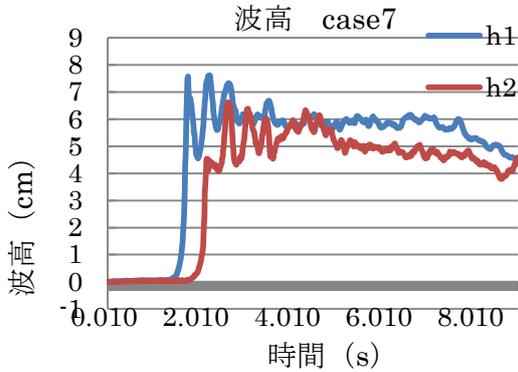


図2水位観測例

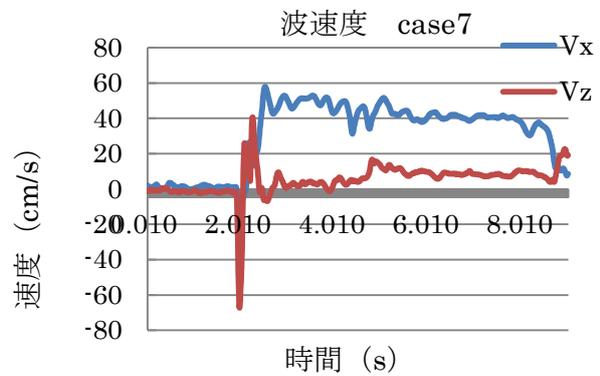


図3流速観測例

4、限界掃流力

図 1 の実験装置を用いて、津波が橋に置かれた個体にどのように作用するかを調べた。その際に使用する個体は表 2 に示した諸元のコンクリート製立方体ブロックを使用した。定水槽側に橋の模型を設置し、その上に個体を置き津波を衝突させた際の、個体の動きを観測した。10 種類の波が、それぞれ 10 種類の個体に衝突した際に、どのくらい動いたかを調べ、個体 3 個分以上動いたものは×、3 個分以内動いたものは△、1 個分以内動いたものは□、動かなかった場合は○とし、それを修正シールズ関数と辺 a と波高の比 a/H_{1max} で整理すると図 4 のようになる。

表 2 実験条件(個体形状：立方体)

	ブロック1	ブロック2	ブロック3	ブロック4	ブロック5	ブロック6	ブロック7	ブロック8	ブロック9	ブロック10
1辺の長さ(cm)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
質量(g)	2160	1510	1000	700	458.22	261.59	134.41	56.1	16.27	2.39
密度(g/cm ³)	2.16	2.07	1.95	2.04	2.12	2.09	2.1	2.08	2.03	2.39

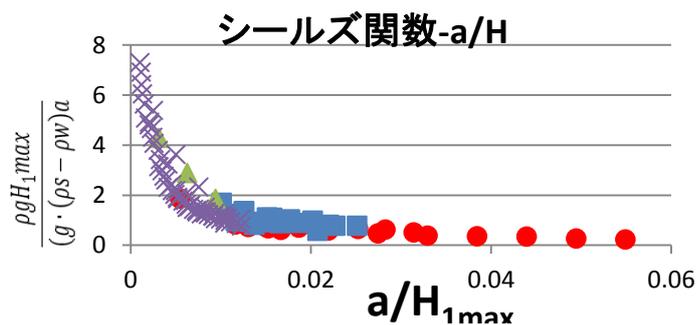


図4 ブロックの動きの観測

図 4 よりブロックの動きは修正シールズ関数(縦軸)である程度できるようである。

6、おわりに

本研究では、津波の波力が個体にどのように作用しているかを、10 種類の波を 10 種類の個体に衝突させ、どのくらい動いたかを調べ検討してみた。

橋に置かれた個体に作用する津波波力に関する研究

八戸工業大土木建築工学科 村岡真怜・佐々木幹夫

1、はじめに

日本列島は、かねてから地震の多い地域であり、その地震によって津波も発生している。平成 23 年 3 月には東日本大震災が発生し、この地震により発生した大津波は多くの人の命を奪った。将来、青森県沿岸にも同様の大津波が押し寄せることが公表されている(H24 青森県)。

津波は我々の社会に重大な損害を与えるものであり、伝播現象の解明や津波に対する防災対策等が必要となっている。本研究では、実験装置で津波を発生させ、橋の上に置かれた構造物に働く津波波力について検討してみる。

2.実験方法

- ①実験水槽で津波を発生させ、流速や波高の測定を行なう。
- ②構造物に見立てた固体を模型の橋の上に置き実験装置で起こした津波を衝突させた際の構造物の動きを観察し、限界掃流力を調べる。
- ③ブロックに荷重計を取り付け、津波が衝突した際の波力について調べる。

3、実験水槽の特性

本実験では図 1 の水槽を使用する。この水槽は、貯水槽側に水を貯め、ゲートを開けることにより水が定水槽に流れ込み津波を発生させる仕組みになっている。津波の波高と流速は定水槽側に計測計を設置し観測を行っている。

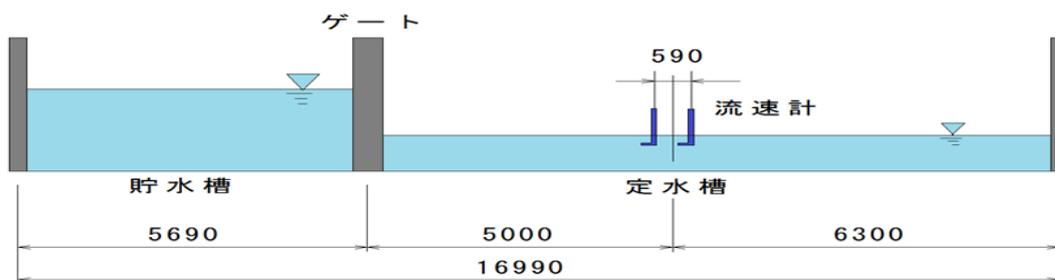


図 1 実験装置概要

表 1 実験条件(津波)

	case-1	case-2	case-3	case-4	case-5	case-6	case-7	case-8	case-9	case-10
Z1	33.2	31.5	29.5	28.5	27.0	25.5	23.0	21.5	20.0	18.0
Z2	5.6	6.5	7.5	8.5	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
ΔZ	27.6	25.0	22.0	20.0	18.0	15.5	12.0	9.5	7.0	4.0

つなぎ空間と開口部を有するRC造建築物前面における津波浸水深の推定法*

秋田大学 松富英夫 紺野友恵 高尾駿介

1. はじめに 建築物に作用する津波の水平力や鉛直力は建築物の前面浸水深 h が推定できれば、既往の研究成果を用いて推定可能な状況にある。

津波氾濫流が開口部を有する幅広の孤立した直方体 RC 造建築物へ直角に入射する場合の入射津波条件を用いた前面浸水深推定法は提案済みである。上述の建築物（幅広である必要はない）が津波氾濫流の横断方向に単列、複数あり、各建築物が互いの前面浸水深に影響を及ぼし合う一般的な場合（図-1 参照）の前面浸水深推定法は未提案である。複列、複数の場合が考えられるが、本研究では対象外とする。そこで、本研究は「つなぎ空間と開口部」を有する直方体の RC 造建築物へ津波が直角に入射する場合を対象に入射津波条件を用いた前面浸水深推定法の一般化を試み、推定値と実験値の比較・検討を通して、提案推定法の有用性を論じる。

2. 前面浸水深の推定法の一般化 先ず、流れのパターンを論じる（図-1）。

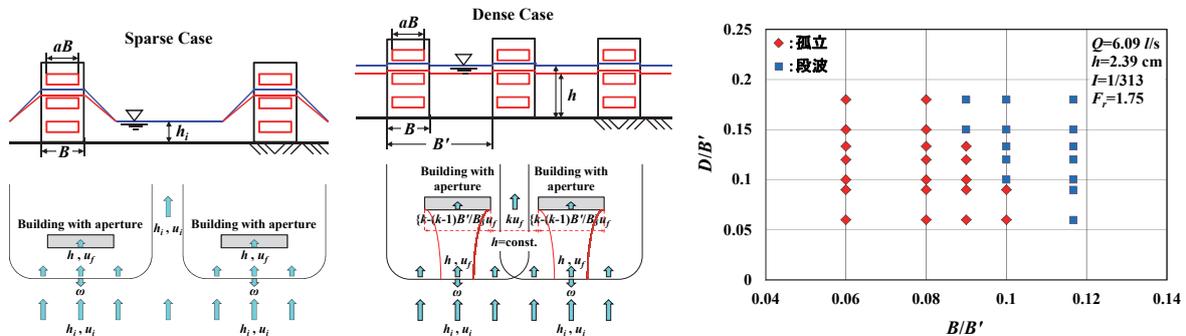


図-1 流れのパターン（左：幅広の孤立した RC 造建築物の場合，中央：狭いつなぎ空間の RC 造建築物の場合，右：反射段波発生条件例（定常流））

水平床上の定常的な入射津波氾濫流を考える。圧力は静水圧分布とする。図-1 の中央に示すように、建築物間のつなぎ空間が狭くて、前面浸水深が津波氾濫流の縦横断両方向にほぼ同様（反射段波領域内の浸水深がほぼ一定）となる場合を考える。建築物の影響を受けていない入射津波の氾濫水深と氾濫流速を各々 h_i と u_i 、入射津波衝突後の建築物背面における浸水深と断面平均流速を各々 h_r と u_r とする。入射津波衝突後の反射段波領域内におけるつなぎ空間と建築物の直前面における断面平均流速 u_{fop} と u_{fB} は異なると推察される。反射段波領域内上流部における断面平均流速（氾濫流の横断方向に一様と仮定）を u_f 、つなぎ空間直前面における断面平均流速 u_{fop} を ku_f ($1 \leq k \leq B'/(B'-B)$ は「支配域幅係数」または「流速係数」とでも呼ばれるべきもので未定、 B は建築物幅、 B' は建築物幅とつなぎ空間幅の合計幅) とする。建築物の前背面における本研究の縦断モデルを図-2 に示す。図中の ω は反射段波伝搬速度で、 $\omega \leq 0$ である。

質量と運動量の保存則から次の前面浸水深係数 h/h_i に関する 3 次式が得られる。

$$\left(\frac{h}{h_i}\right)^3 - \left(\frac{h}{h_i}\right)^2 - \left\{1 + 2F_{ri}^2 \left(1 - \frac{u_f}{u_i}\right)^2\right\} \frac{h}{h_i} + 1 = 0 \quad (1)$$

前面浸水深は、つなぎ空間と建築物の開口率が同じであっても、開口部の位置や形状、内部状況などで異なる。式(1)は u_f/u_i と入射津波のフルード数 F_{ri} をパラメータとして解くことにな

* A method for estimating the reflected tsunami inundation depth at the front of RC building with a connection space and aperture by Hideo MATSUTOMI, Tomoe KONNO and Shunsuke TAKAO

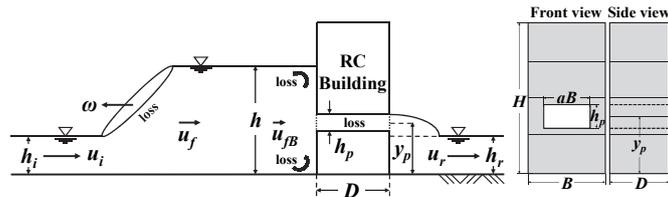


図-2 建築物前面浸水深 h の推定モデルと開口部の定義

るが、 u_p/u_i と開口率や開口部の位置、形状、内部状況、つなぎ空間などとの関係は不定で、無数に考えられる。そこで、個々のつなぎ空間と建築物の諸元に対応できる解法を提案する。

建築物の開口部領域における質量と運動量の保存則より、最終的に解くべき式(2)を得る。

$$\left(\frac{h}{h_i}\right)^3 - \left(\frac{h}{h_i}\right)^2 - \left\{ 1 + 2 \left[F_{ri} - \frac{1}{\{k - (k-1)B'/B\}} \sqrt{\frac{\left(\frac{h}{h_i} - \frac{y_p}{h_i}\right) a^2 \frac{h_p^3}{h_i^3} - A a^2 \frac{h_p^2}{h_i^4}}{\left\{\frac{h_p}{h_i} + f \left(W + \frac{h_p}{aB}\right) \frac{D}{h_i}\right\} \frac{h^2}{h_i^2} - a^2 \frac{h_p^3}{h_i^3}}}\right]^2 \right\} \frac{h}{h_i} + 1 = 0 \quad (2)$$

ここで、 y_p は地面から開口部中心までの高さ、 h_p は開口部の換算高さ（単数または複数の任意形状の開口部を1つの矩形開口部に換算したときの高さ）、 a ($0 \leq a \leq 1$) は開口部幅/建築物幅、 f は合成摩擦係数、 W は開口部の上端位置が前面浸水位より下の場合は1、前面浸水位より上の場合は0.5、 D は建築物の奥行長、 A は建築物背面からの静水圧力項である。

式(2)は逐次計算で解くことにする。 k は幅広の孤立した RC 造建築物 ($k=1$) と狭いつなぎ空間で開口部がない RC 造建築物 ($k=B'/(B'-B)$) を除いて未定で評価法を考案する。

3. 開口部の換算法と前面浸水深の計算法 開口部の多様性に対応するため、単数や複数の任意形状の開口部を1つの矩形開口部に換算する。具体的な換算法と計算法は発表時に述べる。

4. 模型実験 実験で用いた建築物模型の諸元を図-3に示す。模型の外形は2011年東北地方太平洋沖地震津波のときに被災した宮城県女川町の4階建て旅館を模擬している。

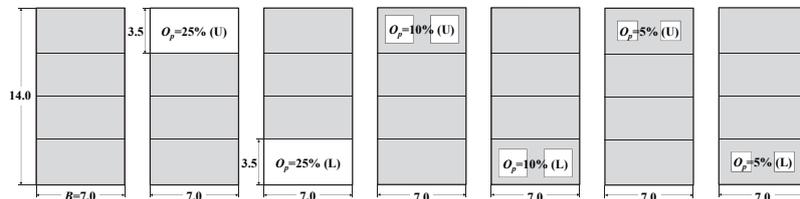


図-3 建築物模型諸元の詳細（縮尺は1/100，単位はcm，奥行 D は全て5.4cm）

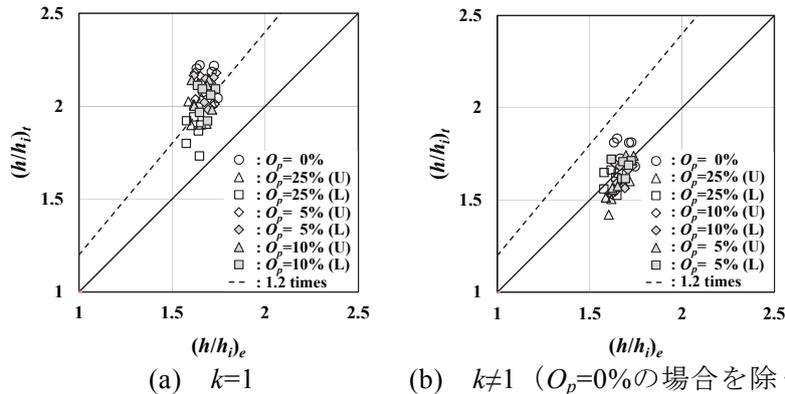


図-4 前面浸水深係数 h/h_i の推定値（式(2)）と実験値の比較

5. 結果と考察 狭いつなぎ空間で開口部を有する場合の前面浸水深係数 h/h_i に関する本研究の推定値と実験値の比較を図-4に示す。図-4(a)は幅広の孤立した RC 造建築物として計算した場合、図-4(b)は狭いつなぎ空間の RC 造建築物として計算した場合のものである。

津波越流による堤防法尻における流れ場の分類に関する水理実験*

東北大学大学院環境科学研究科 金子 祐人, 小森 大輔
 東北大学大学院工学研究科 三戸部 佑太, 田中 仁
 新日鐵住金株式会社 乙志 和孝, 黒澤 辰昭

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、太平洋沿岸の各地で津波の越流による海岸堤防の被災が発生した。特に被害の大きかった岩手、宮城、福島県の3県では、海岸堤防300kmのうち約190kmが全壊、または半壊したと報告されている。堤防破壊の主要な原因として、津波越流により海岸堤防裏法尻に発生した洗掘孔から堤防内の土砂が吸い出されることにより、裏法面が破壊され、全壊に至ることが報告されている (Kato et al.2012)。一方で、洗掘孔により陸側の津波流速が低減する効果が指摘されている (常田・谷本.2012)。本研究では、小型水路における水理実験を行い、粒子画像流速計測法 (PIV) を用いて洗掘孔内部の流れ場を計測し、洗掘孔背後における流速の低減効果について検討を行う。

2. 研究方法の概要

縮尺 1/100 の海岸堤防模型 (高さ:5.2cm, 法面勾配:2 : 1) を設置した延長 110.4cm, 幅 5cm の水路の堤防下流側に固定床で洗掘された底面を再現した (図-1)。固定床で再現する底面は、津波

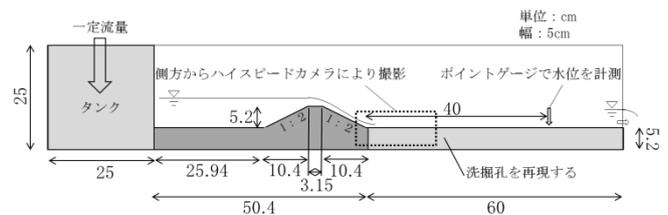


図-1 水路

越流時の海岸堤防背後に生じる洗掘に関する移動床実験 (三戸部ら, 2014) の洗掘過程の底面形状データより、越流水深および越流開始からの時刻が異なる 14 ケース採用した。また、基礎を含む堤防法尻から 40cm (現地換算 : 40m) の場所で計測した水位と流量から、洗掘孔背後における各ケースでの断面平均流速を求め、洗掘孔が発生していないケースの断面平均流速と比較することで、流速の低減率を算出した。洗掘孔内部の流れ場は粒子画像流速計測法 (Particle Image Velocimetry, PIV) を用いて計測し、得られたデータから流れ場と低減率の関係に関して考察した。

表-1 各ケースの実験条件と結果

ケース	越流水深(m)	時刻t(sec)	タイプ	低減率(%)
1	2.0	0	3	0.0
2		30	1	67.5
3		40	1	54.8
4		50	2	60.9
5		60	2	58.1
6		90	1	57.4
7		120	1	54.5
8	2.9	0	3	0.0
9		30	2	37.0
10		40	2	54.4
11		50	1	58.4
12		60	1	52.5
13		90	1	43.3
14		120	2	52.5

3. 結果

堤防法尻周辺における流れ場は 3 タイプに分類することが出来る (金子ら, 2015, 図-2)。タイプ 1

*Classification of Velocity Field around landward toe of Coastal Dikes induced by Tsunami Overflow, by Kaneko Yuto, Mitobe Yuta, Otsushi Kazutaka, Kurosawa Tatsuaki, Komori Daisuke, Tanaka Hitoshi.

は、法尻通過後に流れが沈み込むタイプ。タイプ2は法尻通過後に跳水を起こすタイプ。タイプ3は洗掘孔が無く、水平方向のみの流速を持つタイプである。表-1に各ケースの実験条件、流れ場の分類、低減率を示す。また、流れ場について水理学的な考察を行うために、水路下流方向の流速を持つ部分の平均流速と厚さの最大値よりFr数を求め、低減率との関連を見た(表-2)。タイプ2について、Fr数と低減率の間に強い負の相関があることが確認できた。また実験を観察すると、タイプ2の水面近くの流れは射流のように見えたが、求めたFr数が1を越えていない理由としては、形成されている渦の中心付近の流速が非常に小さくなっており、この流速が正方向の平均流速の値を下げているためであると考えられるため、今後Fr数の算出方法について検討が必要である。

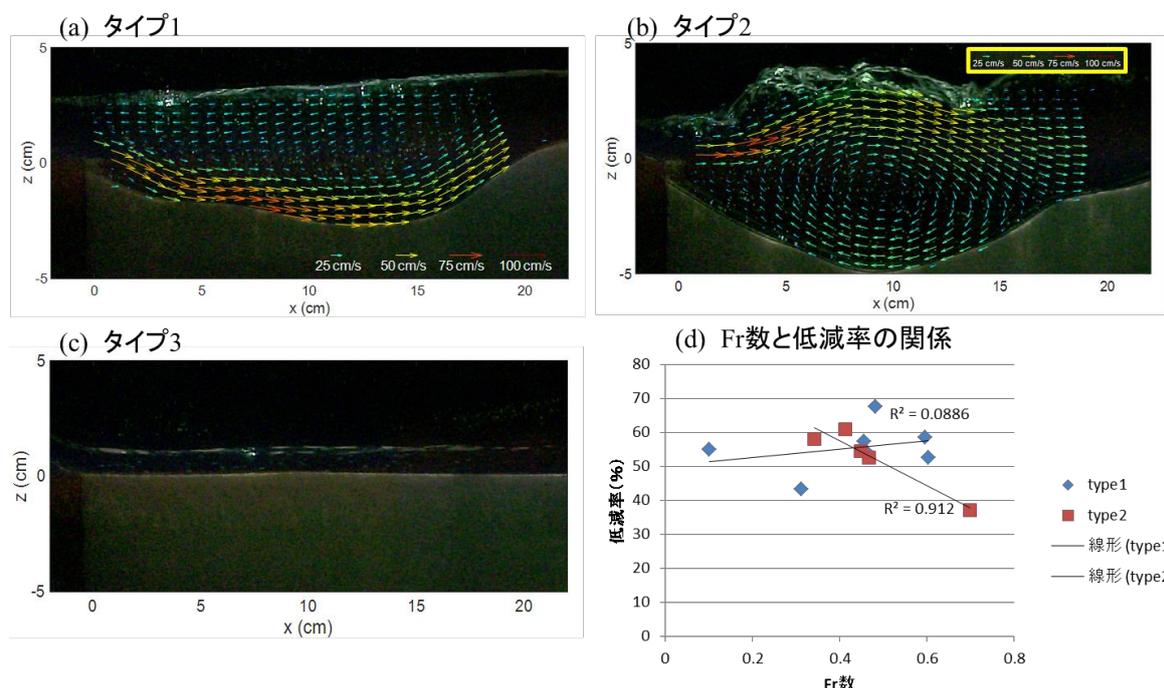


図-2 流れ場の分類と、Fr数と低減率の関係

4. おわりに

津波越流による海岸堤防裏法尻に発生する洗掘孔内部の流れ場を計測し、それらの違いにより3ケースに分類出来ることを確認した。また、正方向の流速を持つ部分の平均流速と、流れの最大厚さよりFr数を求め、低減率との関連を見ることで、タイプ2について強い負の相関があることを確認することが出来た。今後、流れ場や低減率の決定される要因について検討していく。

参考文献

- 1) 常田賢一, 谷本隆介: 2011年東北地方太平洋沖地震における土盛構造の耐津波特性および落掘の形成特性, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.68, pp.I_1091-I_1112, 2012.
- 2) 金子祐人, 三戸部佑太, 田中仁: 海岸堤防裏法尻の洗掘孔の津波流速低減効果に関する水理実験, 土木学会第70回年次学術講演会講演概要集, II-186, 2015.

東日本大震災における 宮城県志津川湾の藻場消失に及ぼした津波土砂移動の影響

東北大学災害科学国際研究所 山下 啓・菅原大助・今村文彦
関西大学社会安全学部 高橋智幸

1. 序 論：東日本大震災では、宮城県南三陸町志津川湾の藻場は甚大な被害を受けた。特に、大津波の影響により砂場に生息するアマモ場の殆どが消失した（小松ら，2014）。ところで、浅海域の藻場は、水質浄化及び窒素固定といった水圏環境の調節機能を有する。その経済的価値は約 \$20000/ha/year であると見積もられており（小路ら，2011），全生態系サービスの中でも特に高い。こうした藻場は浅海域に生息しているが故に、高頻度で津波被害を受けることになる。ところが、藻場の津波被害と津波外力との関係は明らかにされておらず、津波外力への対策の構築が望まれる。そこで、本研究では、津波土砂移動モデル（高橋ら，1999）を用いて、志津川湾の藻場消失に及ぼした土砂移動の影響を調べる。そして、現況の数値モデルの、藻場消失といった局所的な現象に対する適用可能性について検討する。

2. 数値解析手法：津波による土砂移動を再現するために、高橋ら（1999）により提案された掃流砂と浮遊砂を考慮した津波土砂移動モデル（山下ら，2015）を用いる。津波波源は、Satake ら（2013）により提案された津波波源モデルとして、ネスティング計算において、志津川湾のメッシュサイズは、 $\Delta x = 5 \text{ m}$ とする（図-1）。ところで、志津川湾の藻場は、砂場に生息する海草類のアマモ場と、岩場に生息する海藻類の岩礫性藻場に大別される。こうした種による被害形態の違いを把握するために、砂場と岩場を区別した解析を実施する（図-1）。なお、志津川及び戸倉地区における岩礫性藻場（小松ら，2014）は、図-1 の岩場より若干狭い範囲に分布する。

3. 浸水範囲と荒島周辺の海底露出に関する妥当性：図-2 に、本計算による最大浸水高分布を示す。本計算による浸水範囲は、原口・岩松（2011）による結果（図-1 の青色の細い実線）とほぼ一致する。ところで、荒島の周辺海域では、地震後約 160 分後において、海底露出が目撃されている。図-1 の地点 A の周辺海域である。本計算もまた、同時刻における海底露出を再現しており（図-3）、津波計算の再現性は良好である。

4. 流れ・侵食・堆積と藻場消失との関連性：小松ら（2014）の現地調査によると、志津川地区及び戸倉地区におけるアマモ場の殆どが消失し、他方、岩礫性藻場は一部（図-1 の地点 B の岩場）を除いて大部分が残存したことが報告されている。

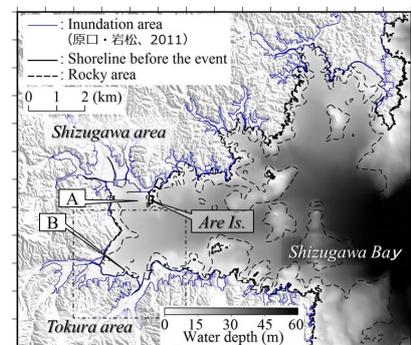


図-1 計算対象地域

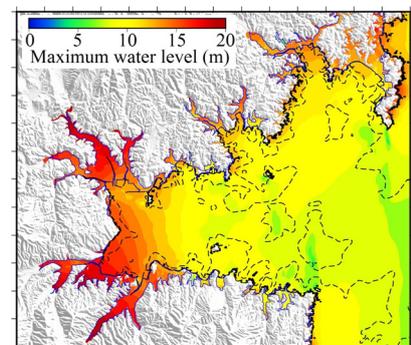


図-2 最大浸水高分布

ここでは、藻場消失と土砂移動の関連性について調べる。図-4及び図-5に、それぞれ、最大流速分布及び最大侵食深分布を示す。島回りや突起部において強い流れが生じている。こうした領域が砂場である場合、大きく侵食していることがわかる。他方、志津川地区及び戸倉地区の汀線付近では、流速が比較的小さい領域においても、侵食深が顕著に大きい。地形の不連続性及び薄い流れによる底面せん断力の増加によるものである。

ところで、アマモの根は約 10 cm であるため、侵食深が 10 cm 以上で流失する。現地調査によると、志津川及び戸倉地区の汀線付近に存在したアマモ場の殆どが流失した。当該地域の侵食深の計算値は 10 cm 以上であり、侵食が流失原因であったと言える。他方、津波による流れは海草や海藻を切断し得るが、「2.」で述べた岩礁性藻場の分布範囲と図-4を比較すると、海藻類は、6-7 m/s 程度の強い流れにも耐えており、コンブ（海藻類）の流失限界流速（10 m/s；川俣・木元，1999）と整合する。今後は、種による耐力の違いを検討する必要がある。

図-1の地点B（戸倉地区）における岩礁性藻場は、砂・泥に変化したことが現地調査より判明している。このように、土砂の堆積により藻場が埋没し、消失する場合が考えられる。そこで、本計算による堆積厚分布を図-6に示す。地点Bの岩場の一部において、最大 25 cm の堆積厚が確認される。他方、現地調査から判明している岩礁性藻場では、地点B以外に 25 cm 程度の堆積厚は認められない。そのため、埋没による藻場消失の閾値として、25 cm の堆積厚を設定し得る。

5. 結論：本研究では、東日本大震災において志津川湾で生じた藻場消失と土砂移動との関連性を数値的に調べた。そして、現況の数値モデルの適用可能性について検討した。本計算によって得られた、侵食深が 10 cm 以上である領域は、アマモ場が消失している領域と整合し、土砂移動計算モデルは藻場消失の評価に有用であることがわかった。また、岩礁性藻場の海藻は、約 6-7 m/s の流速にも耐え抜く一方、約 25 cm の土砂の堆積により埋没し得ることが数値的にわかった。今後、藻の種の違いによる被災メカニズムを調べるとともに、生態系の津波リスク評価の高度化に波及させたい。

参考文献：川俣・木元，沿岸漁場整備開発調査報告書，pp. 100-117，1999.；小松ら，沿岸海洋研究，52 (1)，pp.103-110，2014.；小路ら，浅海域の生態系サービス，p.35，2011.；高橋ら，海岸工学論文集，46，pp. 606-610，1999.；原口・岩松，東日本大震災津波詳細地図<上巻>青森・岩手・宮城，古今書院，2011.；山下ら，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，71 (2)，I_499-I_504，2015.；Satake ら，Bull. Seismol. Soc. Am.，103 (2B)，pp. 1473-1492，2013.

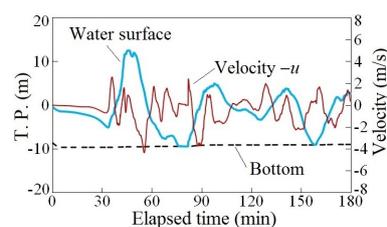


図-3 図-1の地点Aにおける水位・流速・底面位置の時間変化

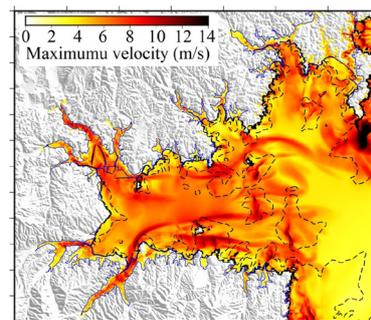


図-4 最大流速分布

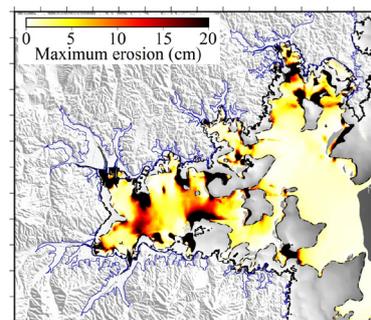


図-5 最大侵食深分布

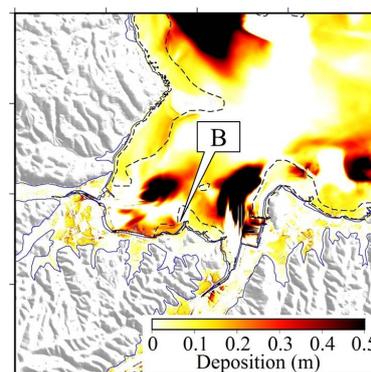


図-6 戸倉地区（図-1の一点破線）における堆積厚分布

秋田県男鹿市におけるイベント堆積物調査*

秋田大学工学資源学部土木環境工学科 高瀬 慎也
秋田大学地域創生センター地域防災部門 鎌滝 孝信
秋田大学工学資源学研究科土木環境工学専攻 松富 英夫

1. はじめに

海域で発生する巨大地震とそれに伴う津波は、沿岸における最も大きな自然災害の一つといえる。日本列島の沿岸各地は津波による被害を数多く受けてきており、これらの被害の低減は沿岸部に位置する自治体やその住民にとって極めて重要な課題である。津波による被害を低減させるためには、ハード対策と同時に住民の防災・減災意識を高め、それを維持していくことが重要である。住民の防災・減災意識を高める方策の一つとして、その地域で過去に発生した自然災害を教材に防災教育をおこなうことが挙げられる。過去に発生してきた地震や津波の情報は古文書等にも記されているが、より長期間にわたる記録を追跡するには地層記録を調べることで、すなわち津波堆積物調査の実施が重要である。津波堆積物を使った古地震・古津波研究は国内外で数多くなされているが、我が国における研究例はそのほとんどが太平洋側のもので、日本海沿岸からの報告は、箕浦らによる一連の研究（1987 など）や平川ほか（2013）、鎌滝ほか（2015）などわずかである。そこで、我々は古地震、古津波に関する証拠を集め、将来における被害の低減に役立てることを目的として、秋田県沿岸域において古津波の痕跡に関する調査を実施している。本研究では、秋田県男鹿市で実施した調査により、津波によって形成された可能性があるイベント堆積物が見出されたので報告する。

2. 調査地域および調査方法

調査地点の選定にあたっては、地震被害想定調査等のシミュレーションで津波による浸水が推定される場所及びその周辺であること、人工改変の影響が少ない場所などを基準とし、空中写真、地形図等で調査地点を抽出した後、現地確認をおこなった。調査地点は、秋田県中部に位置する秋田県男鹿市脇本地区である。調査地点周辺は浜堤列平野をなしており、堤間湿地の湖沼で小型ジオスライサー（高田ほか、2002）によるボーリング調査をおこなった。この地域は、2013年に公表された秋田県地震被害想定調査によると、秋田沖の地震空白域（石川、2002；大竹、2002）を中心とした海域の想定地震および青森沖から山形沖まで震源域を拡げた最大クラスの津波の場合、約2～5mの浸水深が予想されている。したがって、この海域において地震空白域の地震や連動地震が過去に発生していたか否かを評価する上で、その地域における津波堆積物の存在を明らかにすることは極めて重要である。

3. 結果とその解釈

* Event deposits recorded in coastal lowlands on the western coast of Oga city, Akita Prefecture by Shinya Takabuchi, Takanobu Kamataki, and Hideo Matsutomi

採取されたボーリングコア試料には、湖沼や沖積低地に堆積したシルトを主体とした細粒堆積物中に砂を主体とした粗粒堆積物が数枚挟まれることが明らかになった。表層の深度 0～0.53m は平行～低角の斜交層理が発達する細粒砂からなる。深度 0.53～0.60m は、細粒砂混じり有機質シルトからなる。深度 0.60～0.70m は有機質シルト混じり細粒砂からなり、全体に植物片を含む。深度 0.70～0.90m は、有機質シルトからなる。深度 0.90～1.19m は、シルトの薄層を挟む細粒砂からなる。深度 1.19～1.30m は有機質シルトからなり、この中の深度 1.26～1.30m には黄褐色のシルト～粘土がみられる。深度 1.30～1.47m は生物攪拌が発達した塊状の細粒砂およびシルトからなる。深度 1.47～1.62m は、細粒砂からなり、上部は生物攪拌を受けている。全体に植物片を含んでおり、また、不明瞭ではあるが平行～低角の斜交層理が発達している。この中で、深度 0.60～0.70m の有機質シルト混じり細粒砂層と深度 0.90～1.19m のシルトの薄層を挟む細粒砂層には、①基底部分が侵食面であること、②堆積物の下部に下位の地層を侵食し取り込んだものと思われる偽礫が含まれること、③内部に平行層理、斜交層理等の堆積構造が見られること、④材や植物片が密集することなどの特徴が見られる。したがってこれらの粗粒堆積物は、シルトを主体とした細粒の堆積物が堆積する湿地環境に、強い水流を伴った突発的なイベントが発生することで形成されたイベント堆積物と解釈した。このイベント堆積物は調査地点の周辺に大規模な河川が存在しないことから、洪水堆積物の可能性は低いと考えられる。さらに、海岸と調査地点の間には比較的高い砂丘が存在していることや、海岸線からもある程度距離が離れていることから高潮堆積物の可能性も低いと考えられる。したがって、調査地点で観察されたイベント堆積物は、現時点では津波による可能性が最も高いと考える。

4. おわりに

今後、イベント堆積物のより広範囲への分布を明らかにするための調査や他の地域で見出されているイベント堆積物との比較等を進め、歴史地震津波との対応や当地域における津波履歴やその影響範囲等について明らかにしていきたい。また、このイベント堆積物から得られる情報を用いて、周辺住民の地震・津波に対する防災・減災意識の向上につなげていきたい。

引用文献：平川ほか，2013，第30回歴史地震研究会講演要旨集，41p.；石川，2002，日本海東縁の活断層とテクトニクス，155-165.；鎌滝ほか，2015，第四紀研究，54，129-138.；箕浦ほか，1987，地震2，40，183-196.；大竹，2002，日本海東縁の活断層とテクトニクス，175-185.；高田ほか，2002，地質ニュース，579，12-18.

秋田県北部沿岸域にみられるイベント堆積物*

秋田大学地域創生センター地域防災部門	鎌滝 孝信
秋田大学工学資源学部土木環境工学科	高瀬 慎也
秋田大学大学院工学資源学研究科土木環境工学専攻	松富 英夫
応用地質株式会社エネルギー事業部	阿部 恒平

1. はじめに

秋田県では 1983 年 5 月 26 日に発生した日本海中部地震で、県北部沿岸を中心に 79 人が犠牲になるなど大きな津波被害を受けた。このような地震の将来予測をおこなう上で、同地域において過去に発生してきた地震・津波の履歴を明らかにすることが重要である。我が国でも歴史記録以前に発生した古地震に関する情報を古津波の痕跡、すなわち津波堆積物を使って明らかにし、その発生時期や影響範囲の復元を試みる研究は数多くおこなわれている。しかしながらその大部分は太平洋側でなされており、日本海側からの報告はごくわずかである。鎌滝ほか(2015)は、秋田県中～南部沿岸域において津波堆積物の可能性があるイベント堆積物を報告しているが、1983 年日本海中部地震によって津波の被害を受けた地域における古津波履歴に関する情報はない。そこで我々は、古地震・古津波に関する証拠を集め、地震・津波被害の将来予測に資する情報を整備することを目的として、秋田県沿岸域において古津波痕跡に関する調査を進めている。本研究では、秋田県八峰町の沖積低地で実施したボーリング調査により、過去の津波もしくは洪水によって形成された可能性があるイベント堆積物が見出されたので報告する。

2. 調査地域および調査方法

調査地点の選定にあたっては、空中写真、地形図等で調査地点を抽出した後、現地確認を行い、ハンドコアラーにて事前調査をおこなった。その結果、秋田県北部の八峰町峰浜地区に広がる沖積低地でボーリング調査を実施した。この地域は、秋田県地震被害想定調査(秋田県, 2013)によると、秋田沖の地震空白域(石川, 2002; 大竹, 2002)を中心とした海域の想定地震および青森沖から山形沖まで震源域を上げた最大クラスの想定地震(秋田県, 2013)による津波で、5~10m の浸水深が想定されており、1983 年日本海中部地震の際の浸水域でもある。そのため、1983 年日本海中部地震に相当する地震の再来間隔を明らかにするのみならず、前述の地震空白域を中心とした連動地震が過去に発生していたか否かを評価する上で、この地域における津波堆積物の有無は重要な根拠となる。ボーリング調査は外径 116mm のオールコアボーリングでおこない、深さ 8m のコア試料を採取した。試料は室内にて半裁し、堆積物の観察、記載、および放射性炭素年代測定を実施した。

*Event deposits recorded in coastal lowland on the northern part of Akita Prefecture, the eastern margin of Japan Sea by Takanobu Kamataki, Shinya Takabuchi, Hideo Matsutomi, and Kohei Abe

3. 結果と考察

採取されたボーリングコア試料は、下位から順に河川および氾濫原（深度 2.00～8.00m）、湿地（深度 1.48～2.00m）、砂丘（深度 0.24～1.48m）で形成された堆積物および耕作土（地表～0.24m）からなる。その中の深度 1.78～1.96m（以下 Em1 層）および深度 2.00～3.15m（以下 Em2 層）を構成する堆積物は、それぞれ以下のような特徴を持つ。

Em1 層：Em1 層は淘汰の良い細粒～中粒砂からなり、下位の有機質シルトとの境界は侵食面である。また、下部には下位の地層を侵食したと考えられる有機質シルトのリップアップクラスト（偽礫）を含み、平行層理や低角の斜交層理が発達する。この地層は上方細粒化し、上部には植物の葉などを中心とした植物遺骸が多く見られる。

Em2 層：Em2 層は材などを中心とした植物遺骸や軽石を多量に含む淘汰の悪い火山灰混じりのシルトからなり、下位の砂混じりシルトとの境界は侵食面である。この地層の下部には砂質シルトのリップアップクラストや材および軽石が多く含まれ、上方粗粒化する。上部では平行層理や低角の斜交層理が発達し、上方細粒化する。

これら 2 枚の地層はその基底部や内部構造の特徴により、ある程度強い水流によって堆積物が再移動し、それが急速に堆積したイベント堆積物と解釈できる。これらのイベント堆積物が形成された時期は、その上下の地層や内部に含まれる植物遺骸の放射性炭素年代値により、Em1 層が 13～14 世紀頃、Em2 層が 10～11 世紀頃と推定される。ここでそれらイベント堆積物を形成した営力を考えてみる。Em1 層は砂を主体として淘汰が良く、一方 Em2 層はシルトを主体として淘汰が悪く、材など陸源物質を多量に含むという違いがみられる。また、Em2 層の主体となるシルトには火山灰が混ざることや軽石を多量に含むという特徴がある。Em2 層の特徴から、それを形成した営力は現時点では洪水の可能性が高いと考えられる。一方、Em1 層に関しては、Em2 層のような多量の陸源物質がみられないことから、津波堆積物や高潮堆積物の可能性も否定できないと考える。

4. おわりに

今後、イベント堆積物の形成要因を明らかにし、歴史イベントとの対応をつけるために、イベント堆積物のより広範囲への分布調査および試料の各種分析等を進める予定である。

引用文献：秋田県，2013，秋田県地震被害想定調査報告書，553pp.；石川，2002，日本海東縁の活断層とテクトニクス，155-165.；鎌滝ほか，2015，第四紀研究，54，129-138.；大竹，2002，日本海東縁の活断層とテクトニクス，175-185.

研究発表（4）8題

司会：大野 晋

第二会場：杉妻会館 百合

比較的地震基盤の浅い地域における地震動の増幅特性

日本大学工学部土木工学科 中村 晋

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震による地震動の特性として、震源に近い沿岸部のみならず内陸部、例えば福島県内の郡山市や白河市におけるPGAが大きくなっている(図-1参照)。内陸地域における地震被害の原因を把握する上で、地震動の特性、特に地域に固有の増幅特性の特徴を明らかにすることが必要となる。しかし、内陸地域にて、増幅特性を解明するために必要な地震基盤までの地盤構造に関する詳細なデータは得られていない。

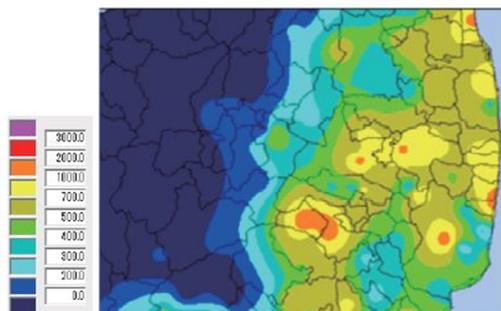


図-1 福島県の本震PGAの空間分布

ここでは、郡山市内開成山公園で実施した常時微動アレー観測域に基づいて推定した郡山市東西方向約10km区間の地盤構造(図-2参照)を踏まえ、郡山市内における地震動の増幅特性の推定を行う。2次元増幅特性の評価手法には、有限要素法、差分法など様々な方法がある。ここでは郡山市内の延長10km、深度150から200mの広い空間をモデル

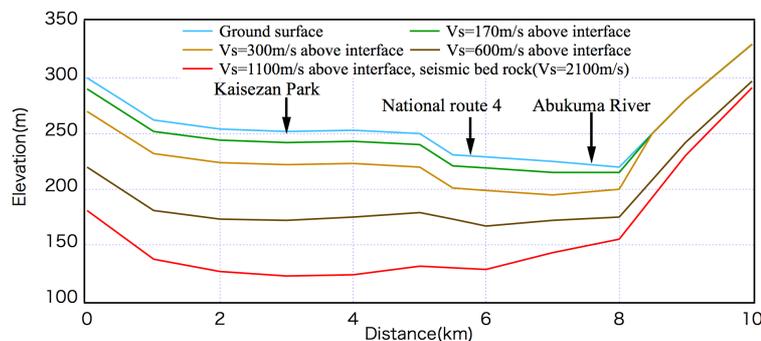


図-2 開成山公園を含む郡山市域東西方向の推定地盤構造

化することが必要である。さらに、対象とする周波数領域が0.1秒から1.0秒までの短周期領域が対象となる。そのような対象を有限要素でモデル化するためには、膨大な要素数が必要となり、計算時間が膨大となることや、波動伝播という観点で減衰特性の評価が出来ないという課題がある。ここでは、地震学分野でも用いられる波動伝播を適切に精度よく推定できる差分法の一つである擬似スペクトル法(Pseudo-Spectral Method, PSM)を用いる。

2. 地震動の増幅特性

郡山市にて推定した東西方向の地盤構造について、SH波の鉛直入射に対する地震動の増幅特性として、地表面各位置の応答加速度波形をPSMにより算出した。ここで、入力波は、地盤の基本的な応答性状の把握に用いられているRicker波を用いる。Ricker波はある周期を中心周期とした単純な波である。

中心周期として、開成山公園周辺から国道4号線までの周波数応答関数より求めた1次卓越周期近傍の0.6秒、2次周期の0.2秒の2つを用い、Ricker波の振幅を1として算出した地表面応答波形を図-3に示す。0.6秒に対して阿武隈川から駅周辺では主要動以降の後続の波群は小さいが、国道から開成山公園にかけて伝播性の波群の生成が認められる。0.2秒に対して阿武隈川から駅周辺では主要動以降の後続の波群は国道から開成山公園にかけて波群と同程度となっており、後続の伝播性の波群の生成は認められない。

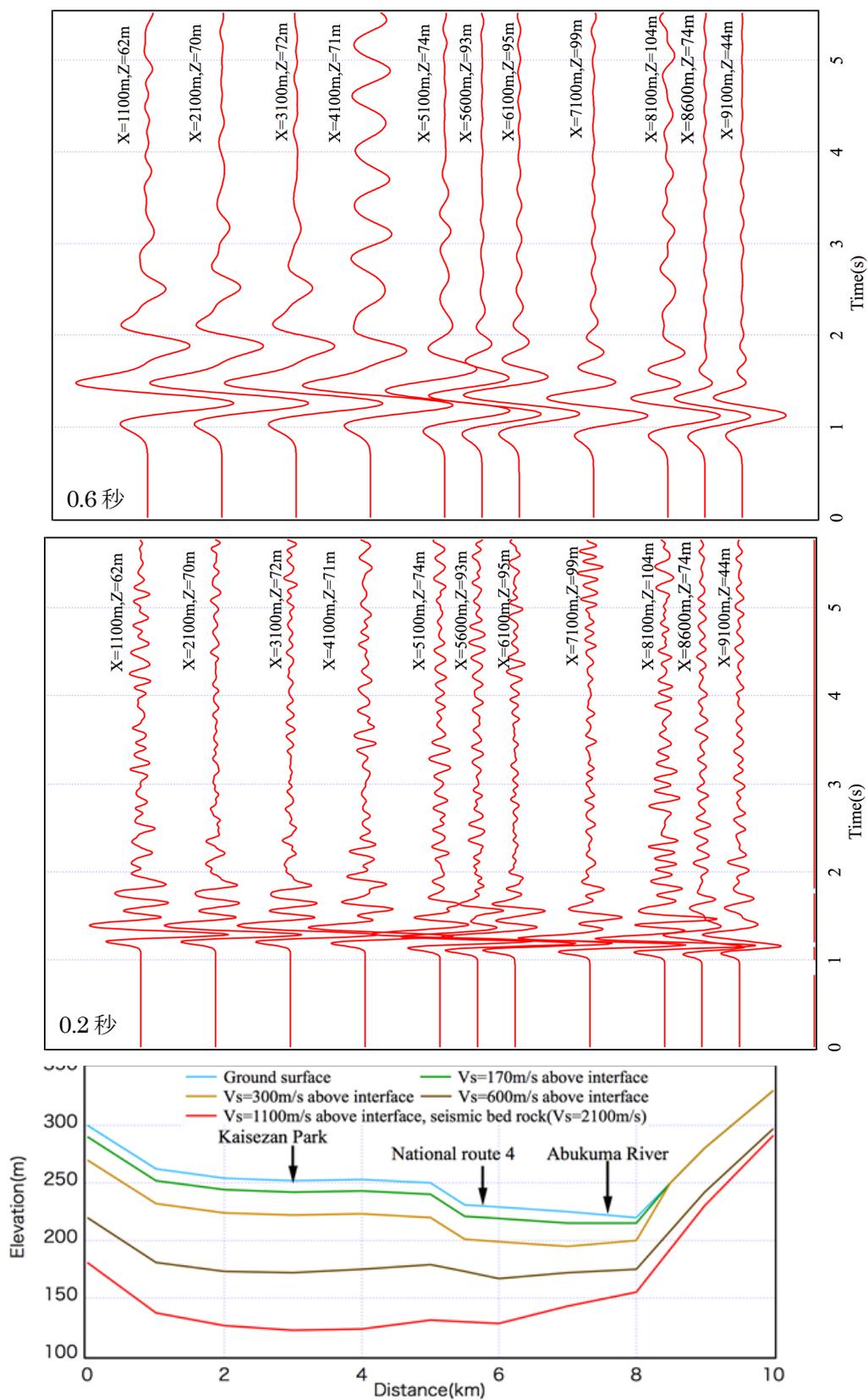


図-3 Ricker 波(周期 0.6, 0.2 秒)に対する地表面加速度波形

2014年中国雲南省昭通地震 (Ms6.5) における建物被害が 龍頭山鎮に集中した原因分析

東北大学災害科学国際研究所	王 欣
愛知工業大学	倉橋 奨
愛知工業大学	呉 浩
東京大学地震研究所	司 宏俊
埼玉大学	党 紀
愛知工業大学地域防災研究センター	入倉 孝次郎

1. はじめに

2014年8月3日16時30分(北京時間)に中国雲南省昭通市魯甸郡(Ludian County, Zhaotong City, Yunnan Province)におけるMs6.5級(Mw 6.2)の地震が発生した。地震規模が中型であるが、人的と建物被害が甚大でした。2014年8月8日15時現在、この地震では死者617人、112人行方不明、3143人負傷になった。死者数の約87%は震源と8.7km離れた龍頭山鎮に(最大加速度949gal)集中した。震源メカニズムが複雑で、発震断層は既知な断層ではなく北東-南西方向と南南東-北北西方向の二つの相互的に交差断層¹⁾であることが余震分布から分かった。しかし、主断層が判断できない。本研究では、龍頭山鎮に被害が集中した原因を究明するため、建築耐震性能、震源のメカニズムおよび地盤の増幅特性の要因を総合的に考慮する。今後、類似な中型地震の被害を予測する時に、今回の地震の経験は有意な参考になれると考える。

2. 龍頭山鎮の建物被害状況

本研究は、震源付近および震源の北東方向と南西方向に5つの強震動観測点の周辺の建物被害調査を実施した。被災地では、レンガ造建物がよく使用しているが、龍頭山鎮以外に建物の倒壊はほとんど見えなかった。龍頭山鎮では建物の倒壊率はかなり大きいである。龍頭山鎮は扇状地の上に建てられた。現地調査によって、建物被害は山間部と川部の被害状況ははっきり違うことが分かった。図1に示す龍頭山鎮の地震前後の衛星写真でも建物の被害状況が異なることが見える。写真1に山間部にある1層が崩れた建物を示す。



図1 龍頭山鎮の地震前後の衛星写真の比較

写真1 全壊の多層レンガ造建物

3. 龍頭山鎮に大加速の生成メカニズム

2014年8月11日8時(北京時間)現在、1335回の余震が記録された。このうち、M4.0~4.9の余震は4回、M3.0~3.9の余震が8回である。図2に示す余震分布により発震断層は共役断層であることが明確したが、どの断層は主断層であることが判断しにくい。共役断層のそ

*Why building damages were concentrated to the Longtoushan Town during the 2014 Ms 6.5 Ludian Earthquake

By Xin Wang, Susumu Kurahashi, Hao Wu, Hongjun Si, Ji Dang, Kojiro Irikura

それぞれの断層面のメカニズム解析を行った研究がある²⁾が、二つの断層面の連動のような震源モデルがない。本研究では、龍頭山の加速度波形と粒子軌跡により判断し、この共役断層の連動型震源モデルを作成して(図3)、龍頭山における大加速度の生成メカニズムを検討する。ディレクティビティ効果は龍頭山に甚大な被害を受けた原因の一つと考える。

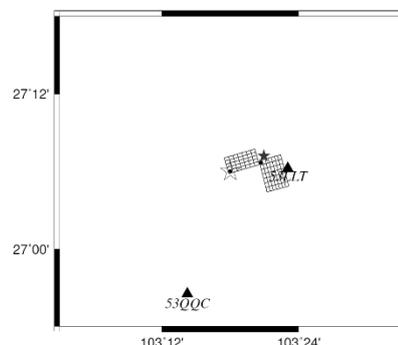
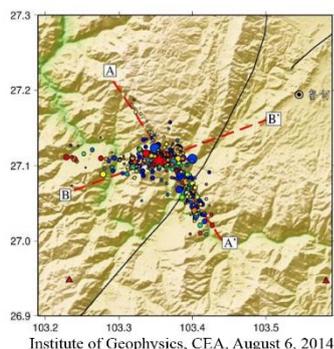


図2 余震分布図(中国地震局地球物理研究より) 図3 共役断層の連動型震源モデル

4. 龍頭山鎮の地盤増幅特性

龍頭山の山側と川側の建物被害が明らかに違う。山側の建物の倒壊率は90%と推定されているが、川側の建物の倒壊は少ない。龍頭山の強震動観測点は山間部に設置された。本研究では山側から川側から3地点(図1にa01, a02とa03)の地盤常時微動を観測した。地盤の表層地盤を推定し、表層地盤の増幅特性の違いを考えて、観測点の地震動を予測した。観測点a01, a02とa03の予測最大加速度(PGA)はそれぞれ779gal, 1101galと660galである。2008年四川地震の被害関数³⁾を用いて、龍頭山と馬樹強震観測点(●)および常時微動観測点(■)のPGAにより予測した倒壊率(CR)を図4に示す。川側の地点a03の倒壊率は他の地点より小さく、現地調査の成果と一致する。

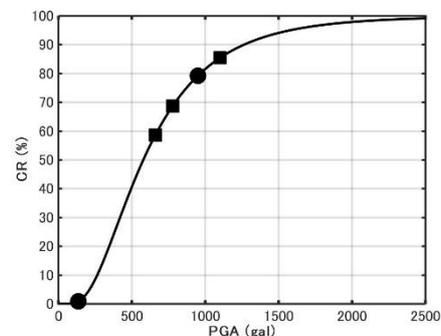


図4 2008年四川地震の被害関数から予測した建物の倒壊率

5. まとめ

昭通地震における建物被害が龍頭山鎮に集中した要因は主に以下の三つと考えられる。

- (1) 建物被害の直接原因はレンガ造の建物の耐震性能低下と大加速度である。
- (2) 大加速度の生成は、共役断層の共同作用と断層のディレクティビティ効果と考えられる。
- (3) 龍頭山鎮の建物倒壊率が山間部で大きく、川側が小さいことは地盤増幅特性の差異と関係する。

参考文献

- 1) Xu L. S., Zhang X., Yan, C., Li C. G., 2014. Analysis of the Love waves for the source complexity of the Ludian Ms6.5 earthquake. *Chinese J. Geophys.* 57(9):pp.3006-3017. (in Chinese).
- 2) Xie Z. J., Zheng Y., et al., 2015. Source parameters of the 2014 Ms 6.5 Ludian Earthquake sequence and their implications on the seismogenic structure. *Seismol. Res. Lett.* 86, no. 6, 1614-1621.
- 3) Wang X., Masaki K. and Irikura K.: Building Damage Criteria from Strong Ground Motion Characteristics During the 2008 Wenchuan Earthquake, *Journal of Earthquake Engineering*, Vol.15, No. 7, 2011, PP. 1117-1137.

東北地方太平洋沖地震の仙台市における 地震動と建物振動被害率の関係*

東北大学 大野晋・柴山明寛・濱岡恭太

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)により、仙台市では内陸部の広い範囲で多大な震動被害を生じた。日本建築学会で行われた悉皆調査(柴山, 2012)により得られた仙台市内の建物振動被害データを用いて、地震動と建物被害率の関係を検討し、過去の地震被害の関係式との比較を行った。

2. 悉皆調査

悉皆調査は破壊パターンチャートを用いた外観目視により行われた。図1に対象各地区の範囲と、地区内もしくはその近傍で観測された強震記録の観測点位置を示す(大野ほか, 2014)。地区による構造の偏りは大きく、藤田・七郷・岩切地区は木造が、六郷地区では木造とS造(軽量鉄骨)が多くを占めている。悉皆調査の結果はDamage Grade(以下DG)0(無被害)から6(倒壊)まで7段階で得られているが、一部損壊、半壊、全壊に読み替えて用いた。

3. 地震動

強震記録が調査区域内および近傍で得られている場合は観測記録を用い、それ以外の地区では、仙台市内の強震観測点で得られた記録の応答スペクトルから、大野・柴山(2010)の手法により非線形地盤増幅率補正と基盤での空間補間を組み合わせ求めて求めた応答スペクトルを用い、PGVや計測震度に変換して用いた。長町利府断層よりも南東側の沖積低地で系統的に大きな結果となった。

4. 被害率の傾向とまとめ

建築年代と構造種別において被害率を求め、地震動指標との関係について検討した。主な結果は下記の通りである。

- ・建物被害は利府長町断層よりも南東側の沖積低地で大きかった。なお、宅地地盤の崩壊による被害は除外している。
- ・過去の地震被害と同様、建築年代別の被害率の相違が大きく、古いほど被害率が大きいことが確認された。
- ・全壊率については兵庫県南部地震やその後の地震に対して求められた被害率曲線と矛盾せず、特に木造では概ね整合する結果となった。

* Building damage ratio and strong-motion amplitude relationships in Sendai for the 2011 Tohoku earthquake, Japan, by Susumu Ohno, Akihiro Shibayama, and Kyota Hamaoka



図1 被害調査地区と強震観測点位置 (大野ほか, 2014)

遮断振動数を有する水平上下連成波動伝播解析に基づく 波打ち現象を伴う地震被害に関する基礎検討

東北大学工学部 ○大賀 友貴

東北大学災害科学国際研究所 源栄 正人

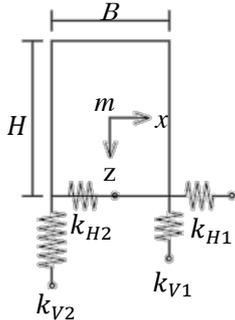
1. はじめに

東日本大震災における特徴的な建物被害として急傾斜に建つ細長い平面（短辺1スパン、長辺1.6スパン）をもつRC5階建ての建物で廊下が上下に波打つ現象に起因する建物被害とし、段差基礎部で梁の損傷や非構造壁の損傷が報告されている1)。また、つり天井の落下被害でも上下の波打ち現象が報告されている。これらの波打ち現象の説明は、バネ支持されたせん断材や曲げせん断材における振動エネルギーの水平移動に起因していることが示唆されており2)、遮断振動数を境に軸方向に伝播する振動数領域と伝播しない振動数領域に分かれることに着目した上下方向の波動伝播問題の研究がなされている3)。

本報告では、前述の被害を受けた急傾斜の杭基礎建物を想定し、バネ支持されたせん断材の水平・上下連成波動問題に拡張し、上下の波打ち現象に着目した動的挙動に関する基礎的検討を行う。

2. 基礎理論

図1に示すばね支持せん断棒モデルを考え、以下の水平・上下連成波動方程式(1)式について特性波動解(2)式の固有値問題を解く。



$$\begin{bmatrix} m & \\ & m \end{bmatrix} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \begin{Bmatrix} u_x \\ u_z \end{Bmatrix} - \begin{bmatrix} GA_x & \\ & GA_z \end{bmatrix} \frac{\partial^2}{\partial y^2} \begin{Bmatrix} u_x \\ u_z \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} \widetilde{k}_H & \widetilde{k}_{HV} \\ \widetilde{k}_{HV} & \widetilde{k}_V \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_x \\ u_z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f_x \\ f_z \end{Bmatrix} \quad (1)$$

但し、 $\alpha = \frac{k_{V1} - k_{V2}}{k_{V1} + k_{V2}}$, $e_x = \frac{B}{i}$, $e_z = \frac{H}{i}$ (i : 回転半径)

$$\widetilde{k}_H = k_H - (k_H e_z^2 + k_V e_x^2)^{-1} k_H^2 e_z^2$$

$$\widetilde{k}_{HV} = -(k_H e_z^2 + k_V e_x^2)^{-1} \alpha k_H k_V e_x e_z$$

$$\widetilde{k}_V = k_V - (k_H e_z^2 + k_V e_x^2)^{-1} \alpha k_V^2 e_x^2$$

$$\mathbf{u} = \bar{\mathbf{u}} e^{\lambda y - i\omega t} = \bar{\mathbf{u}} e^{i\omega(t - \frac{y}{\Gamma})}, \quad \lambda = \frac{-i\omega}{\Gamma} \quad (2)$$

固有値は以下のように求まり、固有値と振動方向に対する y 方向の特性速度 Γ の関係により、伝播特性の境界条件として(4)式が成り立つ。

$$\lambda^2 = \frac{1}{2} \left\{ \left[\frac{(\widetilde{\omega}_h^2 - \omega^2)}{\nabla_x^2} + \frac{(\widetilde{\omega}_v^2 - \omega^2)}{\nabla_z^2} \right] \pm \sqrt{\left[\frac{(\widetilde{\omega}_h^2 - \omega^2)}{\nabla_x^2} - \frac{(\widetilde{\omega}_v^2 - \omega^2)}{\nabla_z^2} \right]^2 + \frac{4\widetilde{\omega}_{hv,x}^2 \cdot \widetilde{\omega}_{hv,z}^2}{\nabla_x^2 \nabla_z^2}} \right\} \quad (3)$$

但し、 $\widetilde{\omega}_h = \sqrt{\frac{\widetilde{k}_H \cdot \nabla_x^2}{GA_x}}$, $\widetilde{\omega}_v = \sqrt{\frac{\widetilde{k}_V \cdot \nabla_z^2}{GA_z}}$, $\widetilde{\omega}_{hv,x} = \sqrt{\frac{\widetilde{k}_{HV} \cdot \nabla_x^2}{GA_x}}$, $\widetilde{\omega}_{hv,z} = \sqrt{\frac{\widetilde{k}_{HV} \cdot \nabla_z^2}{GA_z}}$

$$\text{伝播特性} \begin{cases} \text{伝播} : & \Gamma \text{ (実数解)}, \lambda^2 < 0 \\ \text{非伝播} : & \Gamma \text{ (虚数解)}, \lambda^2 > 0 \end{cases} \quad (4)$$

また、遮断振動数 ω_c による伝播特性の境界条件は以下のように表すことができる。

$$\omega_c < \omega \rightarrow \text{伝播}, \quad \omega < \omega_c \rightarrow \text{非伝播} \quad (5)$$

以上より、杭及び構造体の剛性に固有な遮断振動数が、建物における波動応答の境界条件になることが示唆される。

*Basic Study on Earthquake Damage Accompanying Waving Phenomena Based on Horizontal-Vertical Coupling Wave Propagation Analysis with Cut-off Frequencies

3. 解析方法

図2に解析モデルを示す。モデルは、梁間方向1スパン(8m)、桁行方向に32スパン(1スパン3m)の細長い平面を有する杭基礎建物を仮定する。スパンごとの剛性はFEMによる要素剛性として扱う。また、剛性の領域分けをし、異なる遮断振動数 f_c 域を設定する。Type1は全要素において同一剛性とし、Type2は中央を境に剛性を変える。

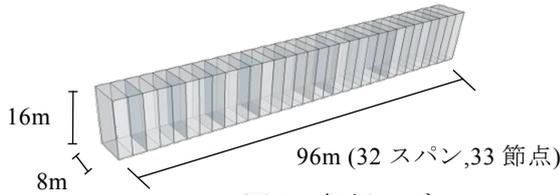
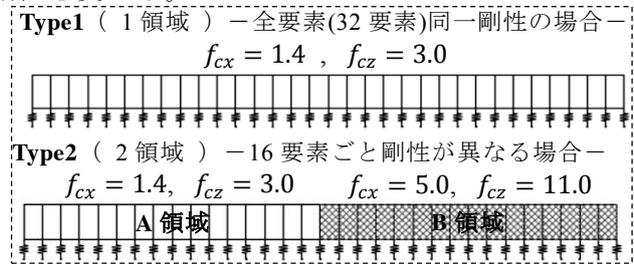


図2 解析モデル



4. 結果

3.で示したモデルを用いて、Newmark- β 法によりFEM離散化時刻歴応答解析を行う。地動入力他に1節点での単点加振を行う。入力波は中心振動数4HzのRicker波を用いる。

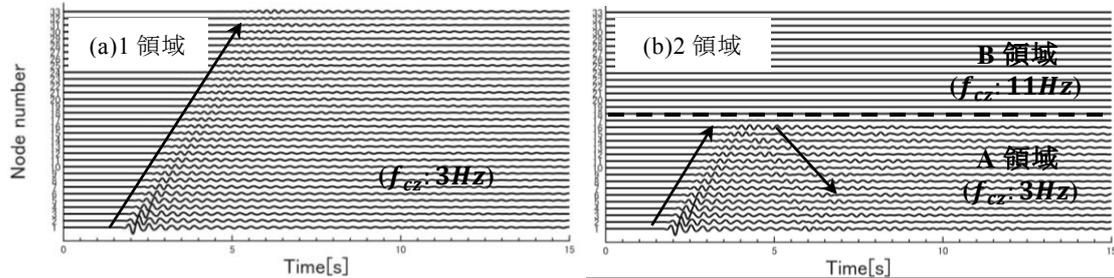


図3 節点1での単点加振時の応答変位 U_z の走時曲線(鉛直成分のみの加振、成層仮定)

図3(a)(b)より、非伝播ゾーン(領域B)には伝播せずに、境界面で反射していることが確認できる。また、図4より、地動入力においても、異なる遮断振動数域を有する場合(b)に波動応答が生じることが確認できる。さらに、図4(右)においては、水平振動に連成した上下振動が確認できる。

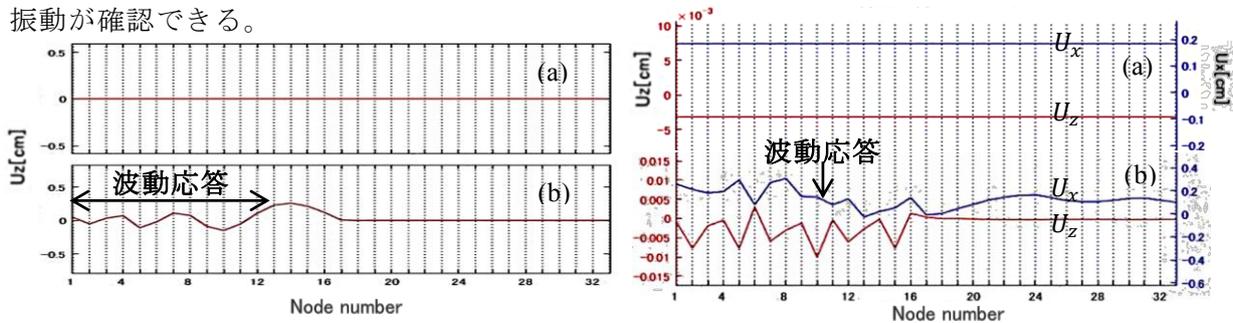


図4 地動入力時の各節点の応答変位 U のスナップショット

(左) 鉛直成分のみの入力, 成層仮定 ($t = 3.84s$) (右) 水平成分のみの入力, 斜層仮定 ($t = 6.43s$)

5. まとめ

本稿では建物固有の遮断振動数が波動伝播の境界条件になること、また、その値が異なる領域を有する場合に地動入力において波動応答を誘発すること、が確認できた。今後は、波動応答による実被害を受けた可能性がある建築物について、伝播特性と波動応答を定量的に検討する予定である。

参考文献

- 1) 日本建築学会、2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報,丸善出版、2011年、2) 源栄正人、天井落下被害を受けた屋内プール施設の屋根とつり天井の動的挙動に関する基礎的検討、第25回日本自然災害学会学術講演、2006年11月、3) 曹森、遮断体を用いた構造物と地盤の振動低減に関する研究,東北大学,博士論文、2014年

岩手県久慈市における微動観測による地盤のS波速度構造の推定*

岩手大学工学部 山本英和, ○石川拓弥, 齊藤剛

1. はじめに

岩手県沿岸北部に位置する久慈市は、地震調査研究推進本部による海溝型地震の長期評価によると三陸沖北部を震源とする M8.0 前後の 50 年地震発生確率が 50% と他地域に比べ非常に高く、地震防災対策を重視すべき都市である (地震調査研究推進本部, 2015)。地盤の揺れやすさを評価するためには表層の S 波速度分布を正確に評価する必要がある。本研究では長ほか(2008)にならって、久慈市において 34 地点で極小微動アレー測定を実施し表層地盤の S 波速度を推定することを目的とした。ただし、検出可能な波長が短い極小アレーでは悪条件下では増幅率算定に重要な地下 30m 平均 S 波速度まで推定できない可能性がある。そのためいくつかの地点で追加の数十 m サイズの通常の微動アレー測定も実施し、総合的に評価することとした。

2. 微動観測

図 1 に微動観測地点を示す。原則として中心に 1 台、円周上に 3 台計 4 台からなる正三角形型のアレー配置により微動を測定した。使用した微動計はセンサーとロガーが一体である白山工業株式会社製の三成分加速度計 JU310 である。サンプリングは 200Hz とした。半径 60cm の極小アレー測定は 34 点、半径 20m アレーは 3 点、半径 40m アレーは 1 点、半径 60m アレーは 6 点で実施した。また本研究では東から測線 AA', BB', CC' を設定した。

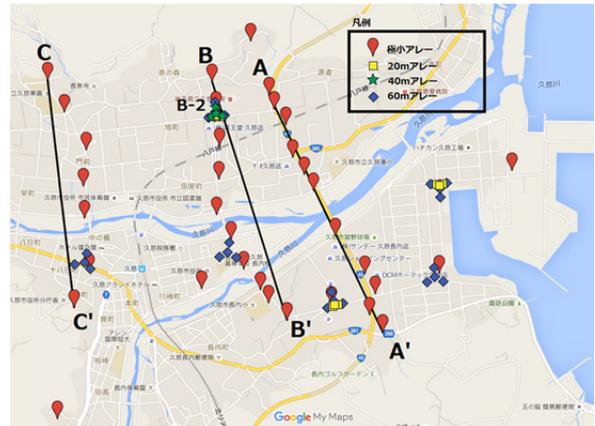


図 1 観測点位置図

3. 結果と考察

微動の H/V は東西動南北動の合成スペクトルを上下動で除して得た。観測点 B-2 の H/V スペクトルを図 2 に示す。図 2 から 1.1Hz(0.909 秒)にピークを確認できる。全観測点でピーク周期を読み取った。図 3 にそれぞれの測線における H/V ピーク周期を示す。図 4 に全観測点における微動 H/V のピーク周期分布を示す。これらから西から東にかけて周期が徐々に増加していることがわかる。このことより久慈の地下構造は、南北は丘陵地に囲まれているので岩盤が浅く、西から東にかけて岩盤が次第に深くなる構造であることがわかる。

位相速度の解析には空間自己相関法(Aki,1957)を利用した。観測点 B-2 の位相速度を図 5 に示す。また図 5 で示される、観測された位相速度を構造する層構造モデルと推定 S 波速度構造を図 6 に示す。図 6 で示した層構造モデルと図 7 で示した観測点 B-2 付近のボーリングデータを比較すると、層構造が類似しているという結果が得られた。また、第一層の S 波速度が 110(m/s)という遅い速度であることから、観測点 B-2 付近は弱い地盤が厚いということがわかる。

謝辞

防災科学技術研究所より微動計 JU310 をお借りしました。記して感謝致します。

* Estimation of S-wave velocity structures in Kuji City by microtremor observations by H.Yamamoto, T.Ishikawa, and T.Saito

一部の図の作成には、GMT(Wessel and Smith, 1998)を用いました。記して感謝致します。

参考文献

地震本部ホームページ(2015) : <http://jishin.go.jp>(閲覧日 2015年12月1日)

地震ハザードステーション(2015) : <http://www.j-shis.bosai.go.jp>(閲覧日 2015年12月1日)

ジオ・ステーション防災科学技術研究所(2015) : www.geo-stn.bosai.go.jp(閲覧日 2015年12月1日)

Aki,K(1957) : Bull. Earthq. Res. Inst., 35, pp. 415-456

長ほか(2008) : 物理探査,61,6,pp. 457 - 468.

Wessel, P. and W. H. F. Smith(1998) : EOS Trans. AGU, 79, 579.

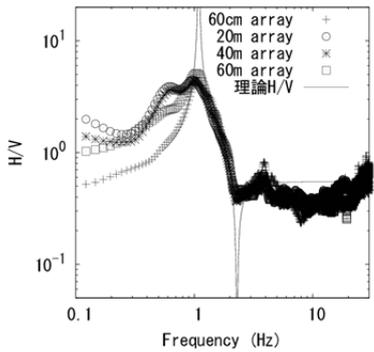


図2 H/V スペクトル図(B-2)

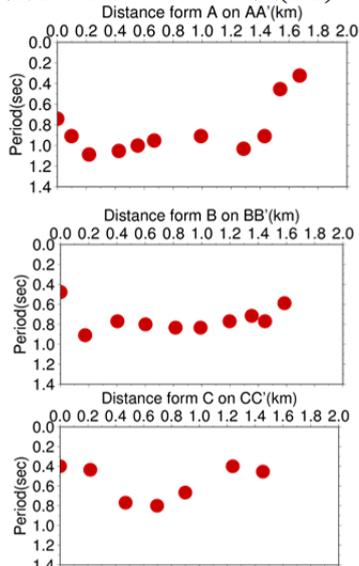


図3 H/V ピーク周期(上から AA',BB',CC')

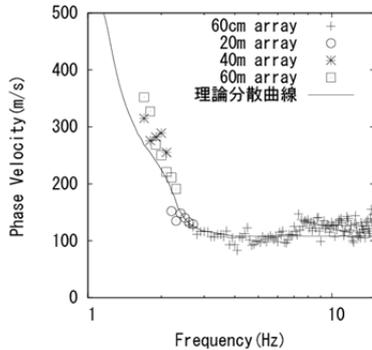


図5 各位相速度と理論分散曲線(B-2)

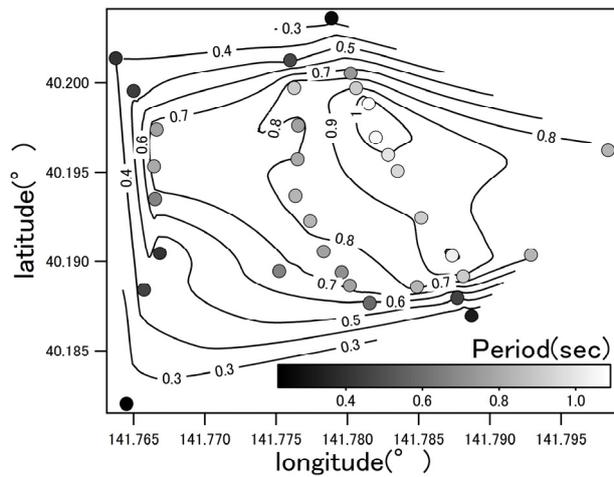


図4 H/V ピーク周期分布
S-wave velocity (m/s)

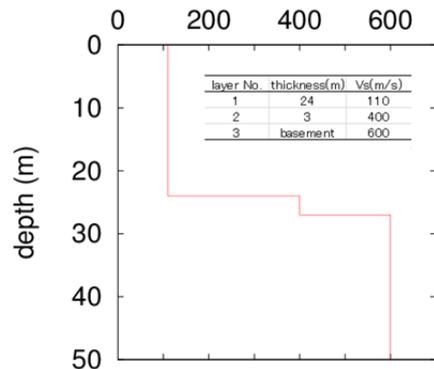


図6 層構造モデルと推定 S 波速度構造

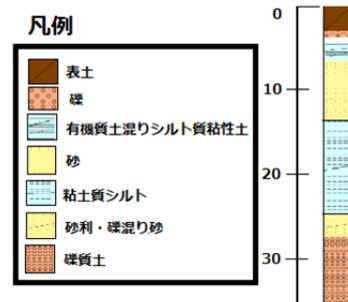


図7 観測点B-2付近のボーリングデータ

福島県の広帯域リニアアレイで観測された常時微動の地震波干渉法解析*

岩手大学工学部 山本英和 ○佐藤史佳 齊藤剛

1. はじめに

東北地方直下では深さ 20km から 30km にプレート間地震や内陸地殻の地震ではない地震の分布が見られ、これらは supraslab 地震と呼ばれている (例えば, Uchida et al., 2010)。その発生原因を明らかにするにはより高い解像度で地震波速度構造を求める必要がある。そこで、広帯域地震計 10 点からなるリニアアレイ連続観測を実施し、地震波干渉法解析により深部の地下構造の推定を試みる。また、リニアアレイ近傍には F-net 観測点 HRO があり、リニアアレイ測線延長上西側に F-net 観測点 SBT が存在する。本解析では F-net の記録も解析に使用した。

2. 広帯域リニアアレイ観測

広帯域リニアアレイ観測は地震予知総合研究振興会により平成 23 年 8 月から平成 26 年 2 月まで実施された。リニアアレイ測線と F-net 観測点 HRO と SBT の配置を図 1, 図 2 に示す。観測機器は広帯域速度計 (Trillium Compact : Nanometrics 製), データロガー (LS-8800 : 白山工業株式会社製) を用いた。また、本解析では観測点 NO1 から NO10 の向きを正, NO10 から NO1 の向きを負の向きと設定した。

3. 相互相関関数の算定

ノイズの影響の軽減と周波数範囲の規格化を目的とし、観測される上下動微動に前処理として時間規格化, 二値化, スペクトルホワイトニングを行った (例えば, Bensen et al., 2007)。前処理を行った 1 時間波形に対し FFT 処理によりクロススペクトルを算出し、クロススペクトルの逆フーリエ変換により相互相関関数を計算した。図 3 に観測点 NO10 と SBT の 1 日平均相互相関関数, 1 ヶ月平均相互相関関数, 8 か月平均相互相関関数を示す。重合することによりノイズが軽減し、位相が明瞭となる。図 4 に 8 か月平均相互相関の全観測点の組み合わせを示す。縦軸は観測点距離を示す。正と負の両方の時間遅れ方向に顕著な位相が見られる。観測点距離の増加とともに位相が遅れていることがわかる。

4. マルチプルフィルタ解析

得られた相互相関関数に対し、マルチプルフィルタ解析 (Dziewonsky et al., 1969) により周期ごとの群速度を算出した。また、フィルターされたシグナルをノイズで除すことにより周期ごとに SN 比を算出した。例として、図 5 に観測点 NO10 と SBT の 2012 年 1 月のマルチプルフィルタ解析から計算される群速度分散曲線と同時に計算される周期ごとの SN 比を示す。SN 比からわかるように、正の方向で周期 3 秒以上から周期 10 秒, 負の方向で周期 2 秒以上か

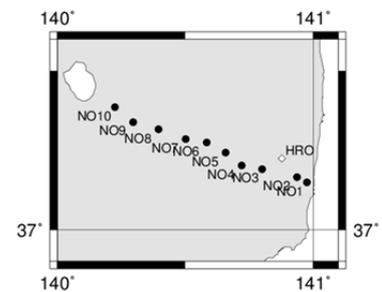


図 1 リニアアレイ測線配置図



図 2 観測点位置図

*Seismic interferometry analysis of microtremors observed in linear array with broadband seismometers in Fukushima Prefecture by H. Yamamoto, F. Sato and T. Saito

ら 6 秒の間では SN 比が 10 以上を示し、それ以外の周期では SN 比が小さい値を示している。SN 比が大きいことは算定された群速度の信頼性が高いことを意味する。また、図 6 に観測点 NO10 と SBT の 8 ヶ月平均相互相関関数から計算された群速度分散曲線と SN 比を示す。SN 比からわかるように、正の方向で周期 2 秒以上から周期 12 秒、負の方向で周期 2 秒以上から 10 秒の間では SN 比が 10 以上を示している。すなわち、数か月間の長期間の平均することにより、より信頼性の高い群速度の周期範囲を決定することが可能となる。

謝辞

地震予知総合研究振興会から広帯域リニアアレイ観測データを提供していただきました。防災科学技術研究所から F-net のデータを提供していただきました。一部の図の作成には、GMT (Wessel and Smith, 1998) を用いました。記して感謝致します。

参考文献

- Bensen, G.D., et al. (2007), *Geophys. J. Int.*, 169, 1239-1260.
 Dziewonski, A., et al. (1969), *Bull. Seism. Soc. Am.*, 59, 427-444.
 Uchida, N., et al. (2010), *J. Geophys. Res.*, Vol. 115, B09308, doi:10.1029/2009JB006797.
 Wessel, P. and W. H. F. Smith(1998), *EOS Trans. AGU*, 79, 579.

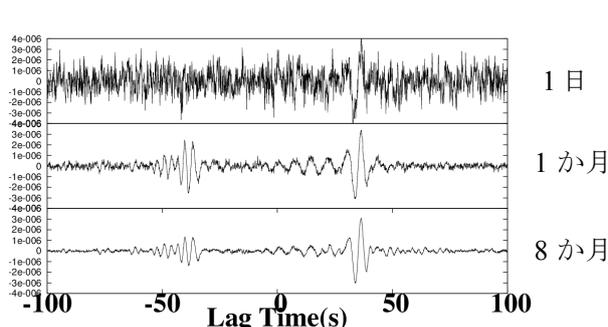


図 3 観測点 NO10 と SBT の 1 日平均相互相関関数，1 ヶ月平均相互相関関数，8 か月平均相互相関関数

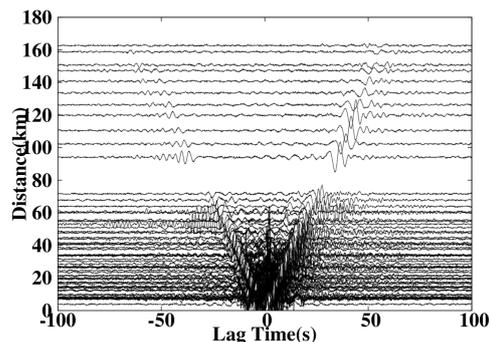


図 4 全観測点の組み合わせの 8 か月平均相互相関関数

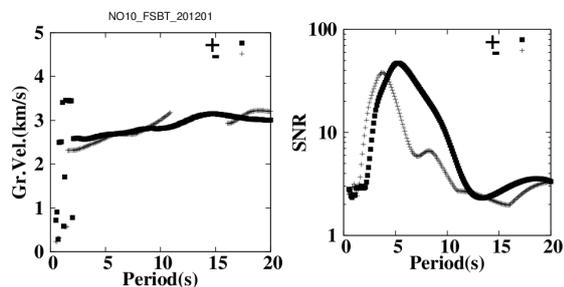


図 5 観測点 NO10 と SBT の 2012 年 12 月の群速度分散曲線と SN 比

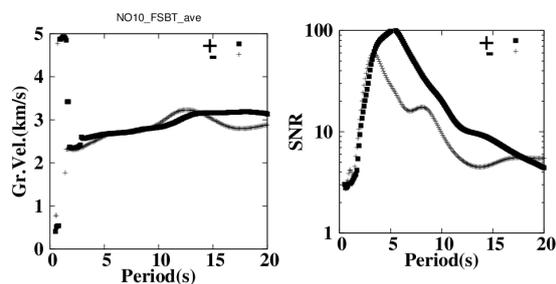


図 6 観測点 NO10 と SBT の 8 か月平均相互相関関数から計算した群速度分散曲線と SN 比

実存建築の振動特性の長期モニタリング*

東北大学工学部 ○畠山智貴

東北大学災害科学国際研究所 源栄正人 大野晋 王欣

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、東北地方太平洋側をはじめとし広範囲に甚大な物的被害をもたらした。災害科学国際研究所が2007年より常時に振動観測を行う宮城県石巻市役所牡鹿総合支所でも、倒壊は免れたものの図1で示すような壁に亀裂が発生、天井が崩落するなどの被害が確認された。その後、当該建物は2度の改修工事を行い現在に至っているが、本報では本建物を対象として観測された3.11の地震記録並びにその前後の地震記録、さらに現在までの振動観測記録の解析から本建物の振動特性の振幅依存性等を評価する。



図1 被害状況 (左)内壁の被害 (右)天井の被害

2. 対象建物および観測概要

2.1 対象建物

対象建物概要を表1に、対象建物位置を図2に示す。

表1 対象建物概要

建物名称	石巻市役所牡鹿総合支所
所在地	宮城県石巻市鮎川浜
竣工年	1975年(昭和50年)
構造種別	RC
基礎種別	直接基礎
構造規模	地上3階/地下階無し
最高高さ	17.4m
延床面積	2820㎡
主用途	事務所
平面 長軸長さ	42.0m(8スパン)
短軸長さ	17.1m(2スパン)



図2 対象建物位置

2.2 連続振動観測概要

対象建物にはリアルタイム SHM システムの一環として、各階に一台ずつ計3台の加速度計を配置している。配置位置は図3に示す通りである。加速度計には微動から強震まで広域に観測が可能な MicroSMA を用いており、サンプリングレートは100Hzで、それぞれが水平2成分、鉛直1成分を測定している。本報ではこのうち最上階水平2成分の記録を用いて、一次卓越振動数の変動から振動特性を評価する。

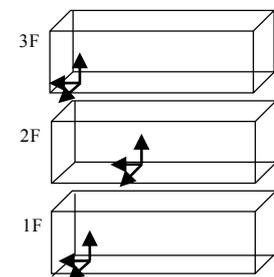


図3 加速度計配置位置

3. 常時微動応答特性

図4(下)は、対象建物2014年1月1日から2015年10月31日までの1年10カ月間の常時微動記録から算出した一時間毎の一次卓越振動数の時間変動である。同図(上)にその間の日毎の平均気温の推移も示す。平均気温については観測建物最寄りの気象台(宮城県石巻市気象台)の観測記録を参照した。本報では例として対象建

*Longterm Monitoring of Vibration Characteristics for a Existing Building

物長軸方向の解析結果を示す。尚、この間計測器類・オンラインシステムのメンテナンス等により一時的に測定が不可能となる期間があったが、その区間については図4(下)中に空白として示す。

4. 地震動応答特性

対象建物観測期間中に得られた地震記録のうち、第3節を踏まえ東日本大震災を基準とする時節に起きた地震について分析した。分析対象諸元は表2の通りであり、LSMから求めた対象建物長軸方向の3.11以前、3.11直後と改修後の最大加速度-一次卓越振動数関係式(振幅依存振動特性式)を図5に示す。

5. まとめ

本分析より得られた主な知見を以下に示す

(1) 常時微動記録の解析から、固有振動数に明瞭な季節変動が発生する。(解析の結果から2015年7月最頻値は4.93Hz、同年2月最頻値は4.63Hzであった)

(2) 地震記録の解析から、東日本大震災により著しく剛性が低下し、単回帰係数の変化から振動特性の振幅依存性にも大きな変化が生じたことが判明した。本研究の地震観測システムにより、東日本大震災以前、震災時、震災後現在の振動特性の振幅依存性を確認することができ、同時に回帰式3(Freq. = -0.163ln(acc.) + 4.6161, R² = 0.8693)から本建物現在の振動特性の振幅依存性が直接的に評価できる可能性が示せたが、これについては今後更に検討したい。

6. 参考文献

Francisco Arrecis, Yoshiyuki Takahashi, Masato Motosaka : Development of an Integrated Early Warning and Structural Health Monitoring System for Real Time Earthquake Information Part 4:The Structural Health Monitoring System、東北地域災害科学研究、第44巻、pp.29-34、2008.3. など

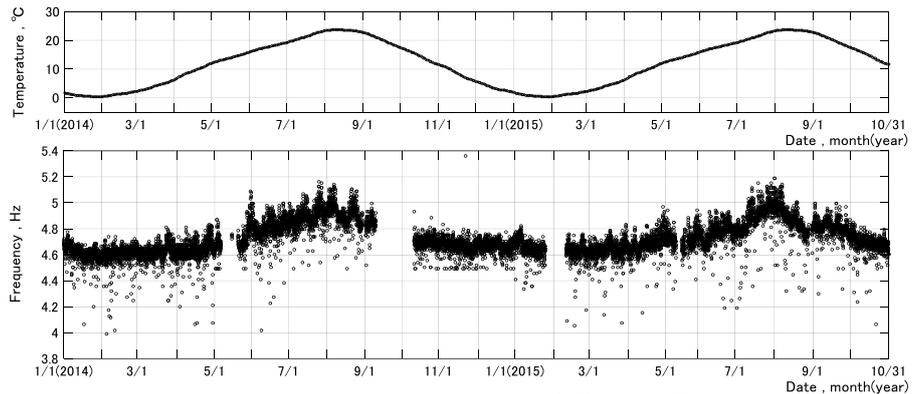


図4(上)平均気温推移 (下)一次卓越振動数推移

表2 分析対象諸元一覧

No.	発生日時		地震情報			最上階最大加速度(gal)		最上階一次卓越振動数(Hz)	
	日付	時刻	震央地名	M	観測地点*最大震度	LD	LD		
1	2009.12.19	4:30	宮城県沖	4.6	2	30.5	3.98		
2	2010.03.13	21:46	福島県沖	5.5	3	42.5	4.17		
3	2010.03.14	17:08	福島県沖	6.7	3	68.3	3.78		
4	2011.03.09	11:45	三陸沖	7.3	3	65.9	3.42		
5	2011.03.10	3:16	三陸沖	6.4	2	23.4	4.27		
6	2011.03.10	6:23	三陸沖	6.8	2	13.9	4.25		
7	2011.03.11	14:46	三陸沖	9	6弱	781.9312(第一波群)	2.81		
818.0647(第二波群)						2.78			
9	2011.03.11	14:54	福島県沖	6.1	3	48.4	3.05		
10	2011.03.11	14:58	福島県沖	6.6	3	38.6	3.30		
11	2011.03.11	15:06	岩手県沖	6.5	4	150.5	2.73		
12	2011.03.11	15:08	岩手県沖	7.4	2	18.0	3.22		
13	2011.03.11	15:13	福島県沖	5.8	2	21.1	3.20		
14	2011.03.11	15:15	茨城県沖	7.6	2	15.3	3.30		
15	2011.03.11	15:22	宮城県沖	4.6	2	31.2	3.32		
16	2011.03.11	15:25	三陸沖	7.5	3	33.8	3.27		
17	2014.12.20	18:49	宮城県沖	4.4	2	30.0	4.00		
18	2014.12.27	6:04	宮城県沖	4.3	2	20.3	4.20		
19	2015.02.11	4:23	宮城県沖	4.2	2	37.2	4.10		
20	2015.02.17	8:06	三陸沖	6.9	2	13.6	4.05		
21	2015.02.26	10:11	宮城県沖	5	2	14.6	4.20		

*宮城県石巻市鮎川浜

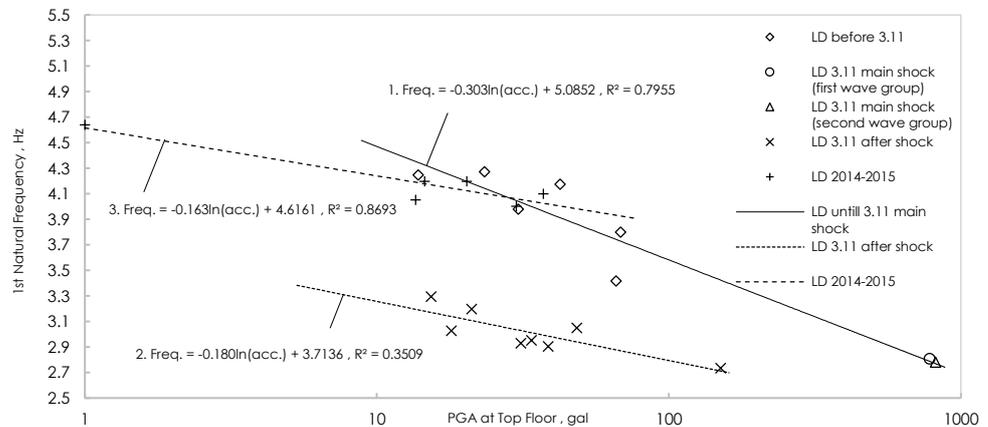


図5 対象建物長軸方向における振幅依存振動特性

が低下し、単回帰係数の変化から振動特性の振幅依存性にも大きな変化が生じたことが判明した。本研究の地震観測システムにより、東日本大震災以前、震災時、震災後現在の振動特性の振幅依存性を確認することができ、同時に回帰式3(Freq. = -0.163ln(acc.) + 4.6161, R² = 0.8693)から本建物現在の振動特性の振幅依存性が直接的に評価できる可能性が示せたが、これについては今後更に検討したい。

サイエンスデリバリー＋教育ツール活用の効果－減災意識の定着率－

東北大学災害科学国際研究所 保田真理

東北大学学際科学フロンティア研究所 野内 類

1. はじめに 2013年度から、はじめた宮城県内の被災地域で減災意識啓発活動を2014年度からは、自然災害科学を10歳から11歳の児童にわかりやすく解説する、サイエンスデリバリー教育と位置づけた。

本研究では状況認知能力、判断力、危機回避行動力の三つの力を育成して行く事を目標として以前から使用していた教育ツール及び、新しく開発した2種類の教育ツールを組み合わせ使用し、教育実施前、実施直後、実施1ヶ月後にアンケート調査を実施し、その効果を検証して行く。

2. 減災学習の手法 今年度は前半の自然災害のメカニズムや災害の実態を座学で学習するパートは、津波を表現するCGや比較実験映像、土砂災害の様子を捉えた定点監視カメラの映像などを使用し、短時間でわかりやすく解説する工夫をし、時間を以前より10分短縮した。その時間を後半に使用し、グループ単位で家庭のなかの危険な場所探しゲームを実施したり、スタンプラリーで次の災害への備えを自分なりに答えてもらい、自分の考えの傾向を見るゲームをしたりするコンテンツに改良を加えた。自然災害科学として災害を理解する事は、これから自分たちが直面する災害の実態を理解し、自分の取るべき行動を考える際に、その知識が役に立つことを説明した。

ポイントは、人間の数回の経験は自然の中ではとても小さな尺度にすぎないこと。注意報や警報が出ても、避難行動を的確にとれない事例があり、情報は自分なりに理解を深める必要があることの認識を高める。後半では、災害時の状況をイメージしながら、家庭での備えを考える危険な所探しゲームや次の災害に遭遇したときの行動を考えるスタンプラリーを実施した。スタンプには色によって考えの傾向がわかるような工夫をしており、選んだ答えに間違いは無いが、自助的傾向、共助的行動、公助的傾向が自他ともにわかり、事例が一つであっても、人により、様々な考え方があり、様々なアプローチで助け合える事の理解を深め、災害時に想定される状況を疑似体験する事によって、

知識と判断する事、行動する事が実体験となり、より深く減災を捉えさせ記憶に残る手法をとった。

表-1 危険な場所探しの特徴

内容	家族が普段使用する場所の家具や調度品の配置等が、安全であるかの確認をする。
使用方法	グループで時間を決めて、危険なところをチェックして、その理由や対策を議論する。

表-2 スタンプラリーの特徴

目的	次の災害のシチュエーションを考え、其々答えを選んでスタンプパネルを完成させる。
内容と方法	それぞれの設問に答え、自分の考えを整理し、次の災害に対する備えのイメージを持つ。

The effectiveness of utilizing educational tools and easy to understand science: The ratio of the establishment of disaster reduction awareness.

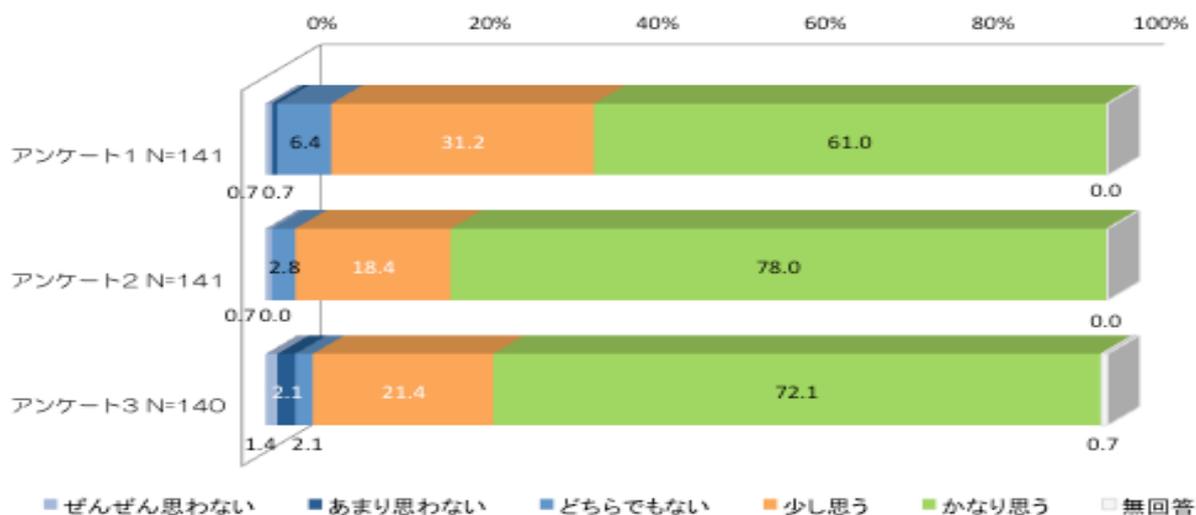
Tohoku Univ. IRIDeS Mari Yasuda, Tohoku Univ. FRIS, Rui Nouchi,

3. 減災学習の結果

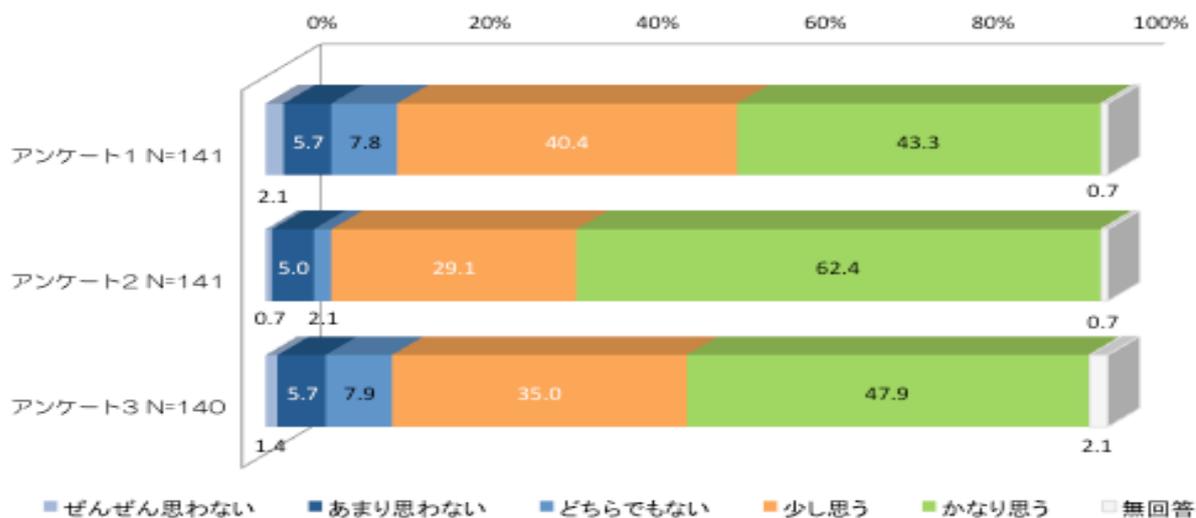
今回は教育効果を見るためにこれまでの事前アンケートと事後アンケートに加え、1ヶ月後アンケートを実施した。図-1 に示すように学習前と学習後でとったアンケートの比較で、**自然災害に備えた家族の決め事は必要**だと強く思う児童が学習前の61.0%から78.0%に増加し、1ヶ月後アンケートでも72.1%をキープしている点は、サイエンスデリバリー授業と教育ツールに一定の効果があつたと捉える。

また、**家族の決め事で家族全員が安全になると強く思う**児童が授業前は43.3%であったが、学習後は62.4%に増加し、1ヶ月後アンケートでも47.9%を保っている。今後もこのスタイルの授業を行う事により、児童の状況認知能力、判断力、危機回避行動力と家庭での減災力を育てて行く事が期待できる。今後も自然災害を科学として捉え、その対策を考えさせる手法を繰り返し実施し、減災意識啓発学習を実施する事が重要である。

図-1 a. 自然災害に備えた家族の決め事は必要か？



b. 家族の決め事で家族全員が安全になると思うか？



研究発表（5）6題

司会：渡辺 一也

第一会場：杉妻会館 牡丹

津波氾濫水密度の土砂堆積や遡上高への影響*

秋田大学 松富英夫 今野史子 齋川 聖

1. はじめに 津波氾濫水の密度 ρ は津波荷重だけでなく、土砂の堆積状況、例えば堆積厚や津波氾濫域長に対する土砂堆積域長の比にも影響すると考えられる。したがって、氾濫水密度は土砂堆積域長を基礎データとして評価する歴史津波の規模に影響を与える。しかし、堆積厚や土砂堆積域長と津波氾濫域長比の密度依存性は実験的にも検討されたことがない。

本研究は工夫に富んだ水理実験に基づいて、歴史津波の規模評価に影響する土砂堆積厚（分布を含む）、土砂堆積域長と津波氾濫域長比 (< 1)、遡上高の密度依存性を検討する。

2. 実験結果 予備実験の結果を以下に示す。遡上距離（高）は密度に逆比例する（土砂なし：196 cm, 土砂厚 2 cm：138 cm, 土砂厚 6 cm：129 cm）。発表時に本実験の結果を報告する。

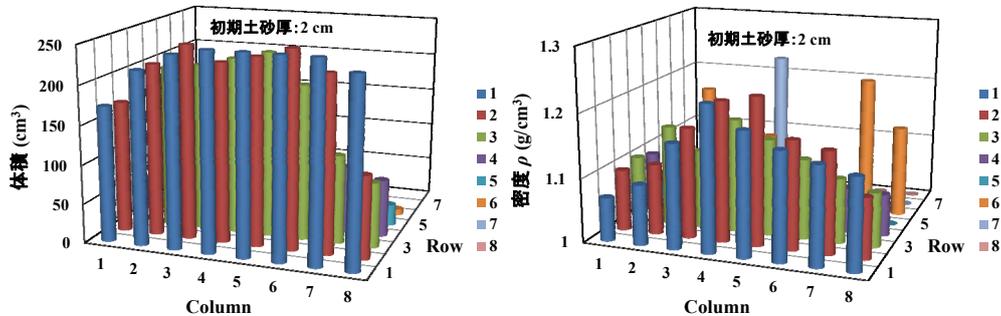


図-1 氾濫水の採水体積（土砂を含む）と密度の空間分布（その1）（手前：上流，奥：下流）

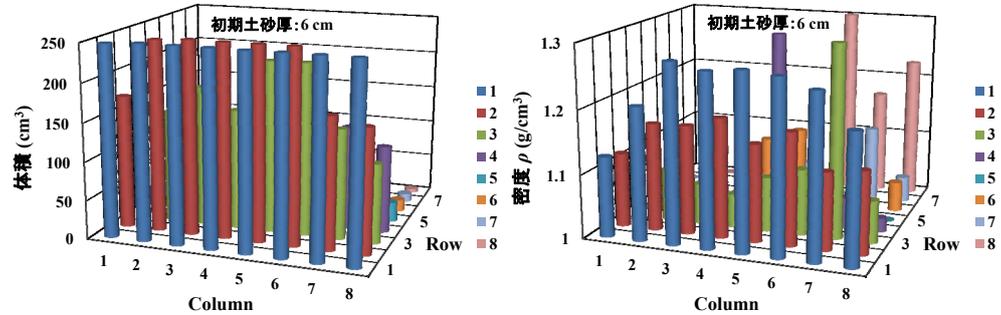


図-2 氾濫水の採水体積（土砂を含む）と密度の空間分布（その2）（手前：上流，奥：下流）

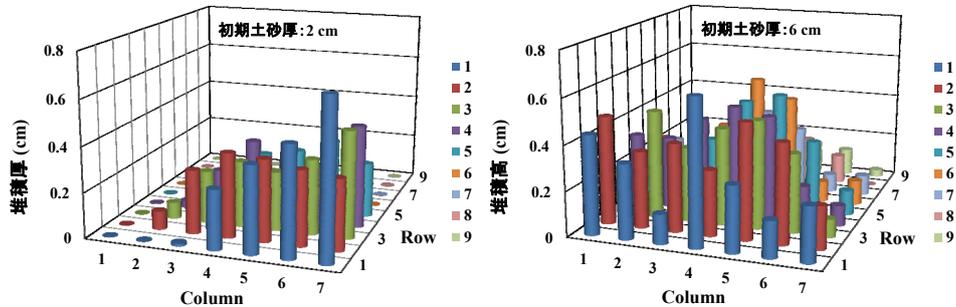


図-3 堆積土砂の空間分布（左：その1，右：その2，各図の手前：海側，奥：陸側）

* Influence of the density of tsunami flooding water on tsunami deposit and run-up height
by Hideo MATSUTOMI, Fumiko KONNO and Satoru SAIKAWA

RC 造建築物に作用する津波鉛直荷重の低鉛直壁隙間間隔への依存性*

秋田大学 松富英夫 登丸夏希

1. はじめに 地震や津波時には想定外のことが生じ得る。津波避難ビルのような人命に関わる RC 造建築物では最悪の場合を想定しておく必要がある。本研究は既報の「津波鉛直荷重低減」に関する研究の継続で、低鉛直壁による津波鉛直荷重の低減特性を実験により検討する。

2. 実験 鉛直荷重の大きな低減が期待できる「コの字型」と「全周型」(図-1)について追加実験を行った。建築物模型と実験条件を図-2 と表-1 に示す。

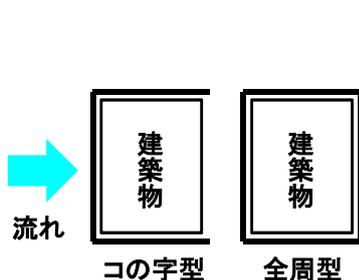


図-1 低鉛直壁の平面配置

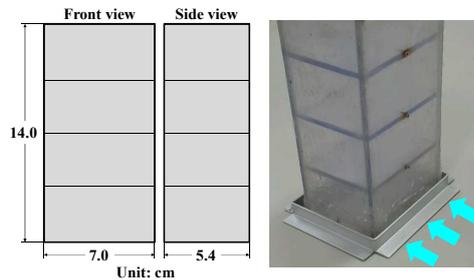


図-2 模型と鉛直壁設置例(全周型)

表-1 実験条件

貯水深 h_U (cm)	20, 25, 30
静水深 h_0 (cm)	6.7
斜面勾配 S	1/23
地盤高 h_G (cm)	2
床高 h_B (cm)	0.5
開口率 O_p (%)	0
鉛直壁幅 B_W (cm)	7.2, 7.6, 8.0
鉛直壁高 h_W (cm)	0.5, 0.7, 1
隙間 B_{gap} (cm)	0.1, 0.3, 0.5

3. 結果と考察 図-3 に「コの字型」における鉛直荷重 F_z の経時変化例を示す。ゲート急開流れにおける貯水深 $h_U=20$ cm の場合のものである。図中には比較のため低鉛直壁なしの場合のものも示している。図から、①低鉛直壁と建築物間の隙間 B_{gap} が小さくなるにつれて、鉛直荷重が小さくなる、②鉛直壁高 h_W が低くなるにつれて、鉛直荷重の低減率が高くなる傾向にあることが判る。さらに下向きの揚力が大きいことも判る。これらの傾向は他の貯水深や全周型の場合においても基本的に言えることであった。前二つの傾向は隙間をなくし、建築物の底面に津波が入らないようにすれば、浮力や揚圧力が作用しないことと合致している。また、隙間があれば、津波が浸入し、鉛直荷重が作用することも示している。

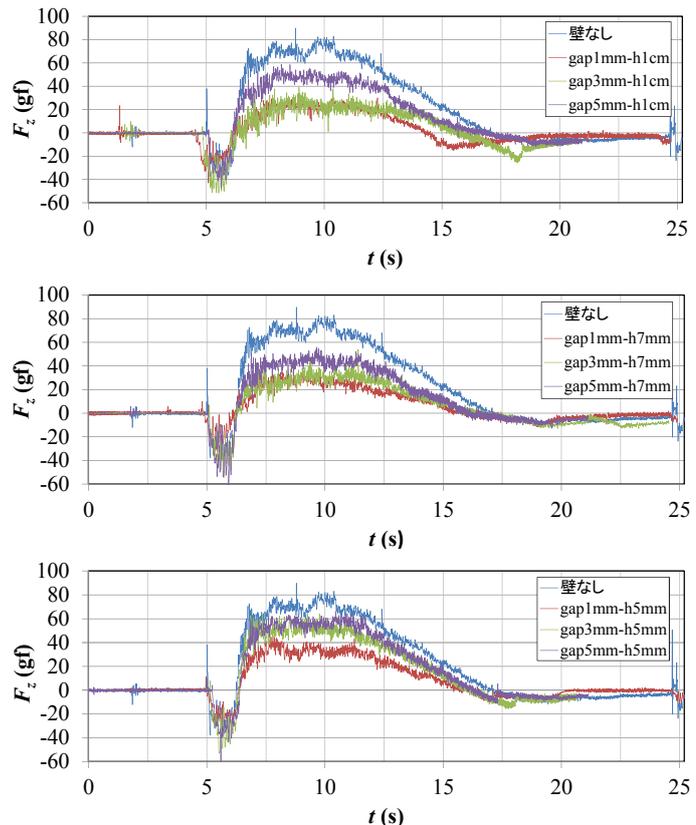


図-3 隙間と鉛直壁高別の鉛直力の経時変化例

* Dependency of the vertical tsunami force acting on RC building on the gap interval between a low vertical protective wall and the building by Hideo MATSUTOMI and Natsuki TOMARU

三沢海岸 2015 年地形変動特性

八戸工業大学工学部土木建築工学科 対馬央人、佐々木 幹夫

1. はじめに

三沢海岸では、三沢漁港防波堤の建設以来、その北側海岸において侵食が急激に進んでいた。三沢海岸の侵食を防ぎ砂浜を残すための対策としてヘッドランド工法が用いられている。ヘッドランド工周辺の海岸地形を定期的に調査することで、地形変動の傾向を把握でき、海岸の地形変動の特性を明らかにすることができる。また同時に、ヘッドランド工法の効果を確認することが可能となる。本研究では、2015 年 4 月から 12 月までの汀線位置を調べることで地形の変動特性を明らかにしてみる。

2. 現地観測

観測は、GPS、小型パソコンを一枚の板に固定して、B1～B13HL 区間（1.4 km）を汀線に沿って歩き汀線位置を月に 1 度の割合で測定した。気象条件により観測実施日は左右されたがおおむね月 1 回の観測は実施できた。

3. 地形変動特性 図 1 は 2000 年 4 月 29 日と 2015 年 4 月 21 日における汀線位置を示す。図において点線は 2000 年 4 月 29 日の汀線位置を示し、細線は 2014 年 12 月 25 日の汀線で、太線は 2015 年 4 月 21 日の汀線を示している。図より、B6HL から B7HL 海岸において太線が 2014 年 12 月 25 日汀線より前進しているが、2000 年 4 月 29 日汀線と比べると南側で後退、北側では前進している。しかし汀線形状は円弧状を示し、この海岸でも海岸の安定化が進んでいると考えられる。一方、B7HL から B8HL 海岸では、2000 年 4 月、2014 年 12 月の汀線位置より前進していることがわかる。汀線形状は円弧状を示し、この海岸でも海岸の安定化が進んでいると考えられる。

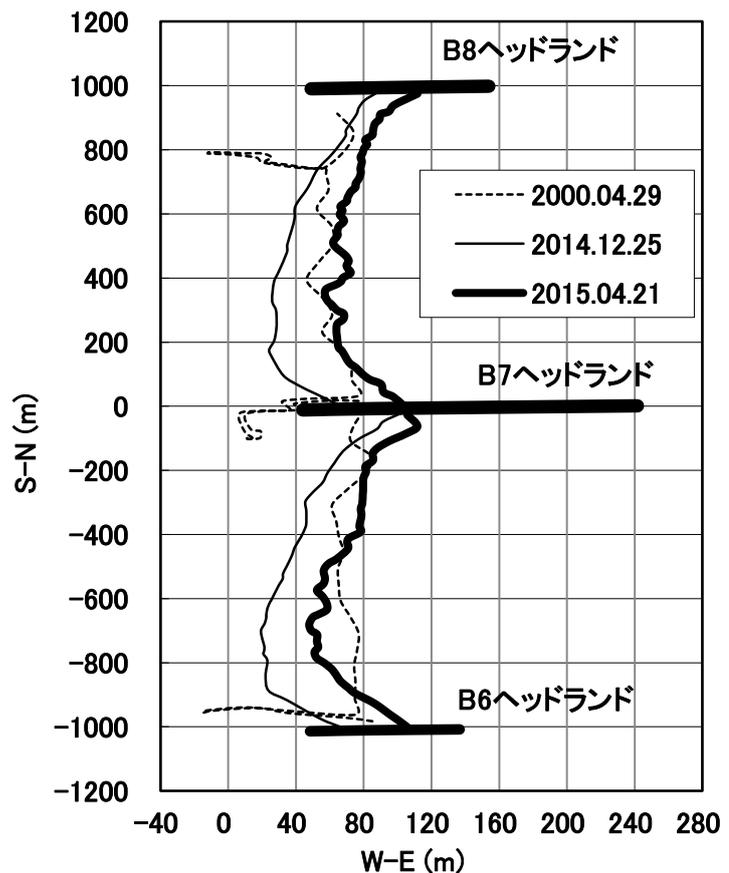


図1 地形変動特性 2000年4月29日、2014年12月25日、2015年4月21日における汀線位置

* Characteristics of shoreline in Misawa coast in 2015 by Hiroto Tsushima and Mikio Sasaki

図2は2000年4月29日から2015年4月29日のB6HLからB8HLの汀線位置を示す。点線は2000年4月29日を示し、細線は2015年4月21日汀線で、太線は2015年11月18日の汀線を示している。図より、B6HLからB7HL海岸において、太線が2015年4月、2000年4月汀線より全体的に後退していることがわかる。一方、B7HLからB8HL海岸では、2000年4月汀線と比べると南側で後退、北側では前進し、2015年4月汀線と比べると後退していることがわかる。しかし、この後退は後述のように、海岸の侵食を意味するものではなく、年変動の範囲内の後退である。

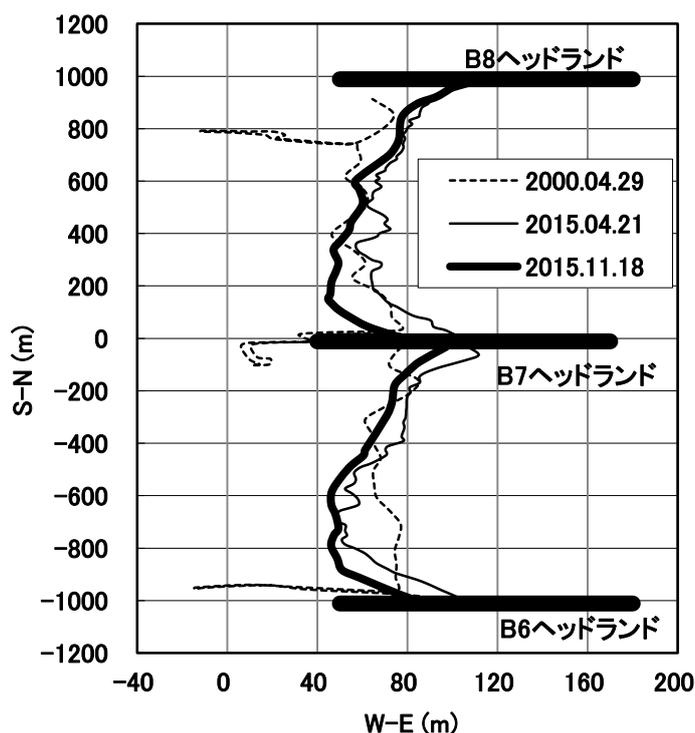


図2 地形変動特性 2000年4月29日、2014年12月25日、2015年4月21日における汀線位置

図3は2015年における4月21日から11月18日までのB6HLからB8HLまでの汀線位置を示している。一番前進しているのは、5月29日の汀線であり、後退しているのは、11月18日の汀線である。他の月はこれら二つの汀線間に位置している。汀線形状はヘッドランドの近くが前進、ヘッドランド間中央部で相対的に後退している形状となっており、その形は円弧に近くなっておりこの形状は海岸がヘッドランドにより安定してきていることを示していると言える。

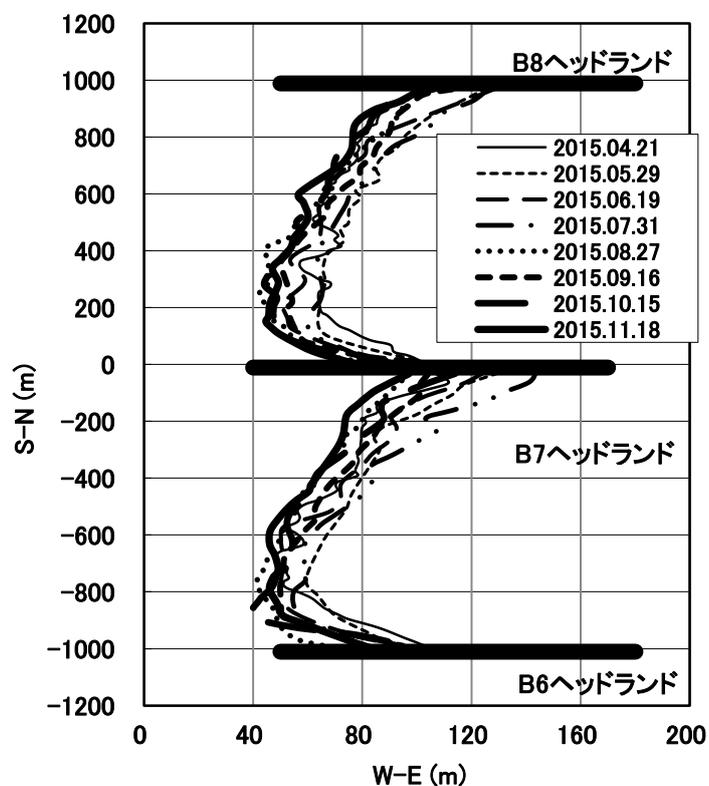


図3 地形変動特性 2015年4月21日から11月18日における汀線位置

4. おわりに

本研究では、2015年4月から1月に月の1度の割合で汀線位置を測定する計画で現地観測を実施した。その結果、ヘッドランドの建設により、三沢海岸は安定してきていることを示すことができた。

ポテンシャル場と Social Force モデルを用いた群衆避難行動の検討*

東北大学大学院 牧野嶋 文泰
東北大学 災害科学国際研究所 今村 文彦
東北大学 災害科学国際研究所 安倍 祥

1. はじめに

津波避難シミュレーションは、災害の発生前に住民の避難行動を予測し、避難途中の潜在的なリスクや、避難に係る事前対策の効果を定量的に評価できる有効なツールの一つである。平面的な歩行者の挙動を表現できるグリッドベースの避難シミュレーション手法の一つにポテンシャル法¹⁾があり、この手法は、避難者の行動特性を取り入れた柔軟なモデリングが可能²⁾な点が長所だが、他の歩行者との回避行動といった、歩行者の基本的な挙動を表現する際に工夫が必要であり、例えば、避難行動ポテンシャルと回避行動ポテンシャルの重ね合わせを行うことが考えられるが、その際に、足し合わせる各ポテンシャル値の大きさのバランスの妥当性が担保できないという欠点がある。そこで本稿では、津波避難シミュレーションの適用に向けて、ポテンシャル法と Social Force ベースの回避行動モデルのハイブリッドモデルを開発し、基礎的な検証を行った結果を紹介する。

2. 開発モデルの概要

開発モデルは、津波避難を想定し、個々の避難者を取り扱えるエージェントベースド手法を採用した。各エージェントの移動は、一般的な Social Force モデルの運動方程式 (式(1)) の時間発展を計算することで表現する。

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = m_i \frac{v_i^0 e_i^0(t) - v_i(t)}{\tau_i} + \sum_{j(\neq i)} f_{ij} + \sum_W f_{iW} \quad (1)$$

この式は、目的地へ向かおうとする力 (右辺第1項)、他者や壁などの障害物から受ける心理的な斥力 (右辺第2,3項) を受ける質点の運動方程式である。詳しくは Helbing and Molnár³⁾を参照されたい。開発モデルでは、式(1)中の e_i^0 (単位移動方向ベクトル) をポテンシャル場から算出し、 $\sum_{j(\neq i)} f_{ij}$ (他者からの斥力) を Karamouzas et al.⁴⁾が実際の人間の歩行データから提案した斥力で与える。開発モデルでは、自然な回避、追い越し行動が可能となるよう、低密度下においては、エージェントに半径 7m, 120° の扇形視野を持たせ、視野内のエージェントにのみを対象に斥力計算を行うのに加え、ポテンシャル場から算出される進行方向に $\mu = 0, \sigma = 1^\circ$ の正規分布に従う不確かさを与えることで Karamouzas et al.⁴⁾のモデルを改良した。本モデルでは、式(1)の第3項の障害物からの斥力は計算しない。これは、将来、複雑な街路にモデルを適用した際に、既往研究⁵⁾で報告されている Social Force モデル中の力の均衡点においてエージェントが移動しなくなる問題点を予防するためである。本モデルでは、斥力計算の代わりに、エージェントが移動計算の結果、次ぎステップでのエージェント中心位置が障害物グリッドとなる場合に、移動しないという単純なルールを設けた。

3. 基礎的検証結果

本稿では、基礎的な検証として、表-1 に示す3ケースの数値実験結果を示す。計算時間刻み幅は 0.01 sec, 人体円の半径は 0.3 m とした。斥力計算にはいくつか固有のパラメータが存在するが、今回は Karamouzas et al.⁴⁾で提案されたパラメータを用いて計算した。各検証テストのスナップショットからエージェント交錯部を切り出したものを図-1,2,3 に示す。200 対 200 のエージェントが対面に交差するケースでは、図-1 に示したように、図上側から下側に向かう赤色エージェントと、下側から上側に向かう灰色エージェントの交錯部で進

* A study on crowd evacuation behavior using a model integrating Potential model and Social Force model by Fumiyasu Makinoshima, Fumihiko Imamura and Yoshi Abe.

行方向に歩行者列が形成された。これは Lane formation と呼ばれる、現実の歩行者が交錯する状況でも同様の現象が見られる他、既往の多くの Social Force ベースのモデルでも、再現されている現象³⁾である。200 体 200 のエージェントが垂直に交差するケースでは、図-2 に示したように、図左方向に進む赤色エージェントと、上方方向に進む灰色エージェントの交錯部では、Stripe formation と呼ばれる縞模様が再現され、これも既往研究で発現が確認されている歩行者の挙動を再現することができた。ボトルネックテストでは、200 体のエージェントが狭窄部に集中し、その後左側に向かうようなポテンシャル場を設定した。図-3 は、狭窄部でのスナッフショットを示している。歩行者がボトルネック部に集中することで混雑が発生し、屋内の狭い出口等に避難者が殺到するなどして発生することが知られている Arching Action も再現されており、斥力を計算しない本手法でも、斥力を計算する場合と同様の結果を得ることができることを確認できた。市街地のような複雑な地形でも本手法が適用できることが期待できる。

4. おわりに

ポテンシャルモデルと Social Force モデルベースのハイブリッドモデルを開発し、その基礎的検証を行った。開発モデルは、実際の歩行者挙動と、既往のシミュレーションモデルで確認されている歩行者挙動を定性的に良く再現することを確認出来た。今後は津波避難シミュレーションに本モデルを組み込み、様々なスケールでの避難行動解析へと応用していく予定である。

参考文献

- (1) 横山秀史, 目黒公朗, 片山恒雄: 避難行動解析へのポテンシャルモデルの応用, 土木学会論文集, No.513, pp.225-232, 1995.
- (2) 牧野嶋文泰, 今村文彦, 安倍祥: 歩車混在を考慮した津波避難シミュレーションの開発-2011年東日本大震災での気仙沼市での検証-, 土木学会論文集 B2, 71(2), pp.1645-1650, 2015.
- (2) Helbing, D. & Molnar, P.: Social force model for pedestrian dynamics, *Physical review E*, **51**, 4282-4286, 1995.
- (3) Karamouzas, I., Skinner, B. & Guy, S. J.: Universal power law governing pedestrian interactions, *Phys. Rev. Lett.* **11**, 238701, 2014.
- (4) 柳沢豊, 山田辰美, 平田圭二, 佐藤哲司: 視線に基づくサブゴール決定過程を取り入れた歩行者モデル, 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No.7, pp. 2160-2167, 2006.
- (5) Helbing, D., Buzna, L., Johansson, A. & Werner, T.: Self-organized pedestrian crowd dynamics: experiments, simulations and design solutions, *Transportation science*, **39**, pp.1-24, 2005.

表-1 数値実験概要

エージェント数	数値実験検証項目
200 vs 200	対面交差
200 vs 200	垂直交差
200	ボトルネックテスト

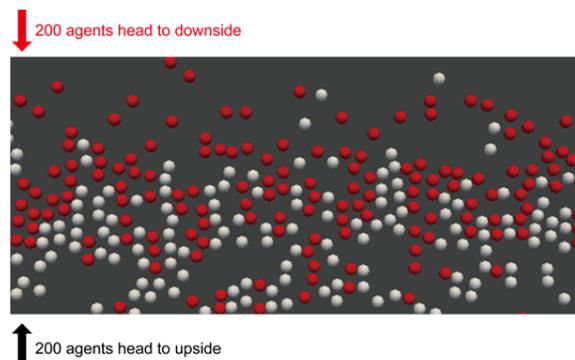


図-1 対面交差のようす

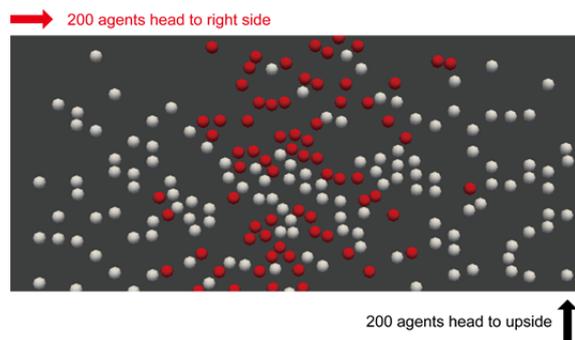


図-2 垂直交差テストのようす

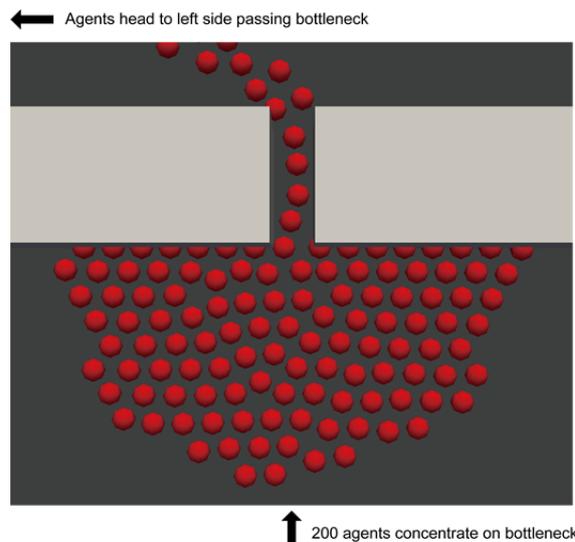


図-3 ボトルネックテストのようす

地震津波と大雨にともなう複合災害対応の事例分析*

—2015年9月チリの地震にともなう津波と大雨に対する石巻市役所の参与観察—

東北大学災害科学国際研究所 佐藤翔輔
東北大学災害科学国際研究所 今村文彦

1. はじめに

複合災害の定義には、「最初の災害による被害に比べて、続いて起こる災害による被害が大きい2つの災害」¹⁾、「同種もしくは異種の災害の時間差によって被害が拡大する災害」²⁾、「最初の災害の後、復旧事業が終了する以前に同種もしくは異種の災害の発生によって被害がそれぞれの単独災害の合計よりも大きくなる災害」³⁾など様々ある。これらに共通するのは、同時もしくは、ほぼそれに近い時間差（数時間、数日、数週、数ヶ月、数年）で、一定のエリアで災害が2回発生することを意味している。

複合災害の発生は決して稀でない状況下におかれつつある。1) 我が国は地震活動期に入っていること（地震活動期に入ったと言われていること）、2) 大雨の頻度が激化していること、3) 市町村合併が進み、1つの自治体が管轄する人口・面積（Exposure）が増大していること、などが、その背景にある。

本研究は、以上を鑑み、複合災害が発生した際の自治体の対応経過を明らかにすることを目的とする。複合災害における災害対応に関する知見は、ほとんど蓄積されていない現状がある。自治体が災害発生前に認識している複合災害の実態について、地域防災計画等の準備の現状にもとづく質問紙調査が実施された⁴⁾のみで、災害が発生した後の対応の実態の詳細は明らかになっていない。自治体の複合災害対応について、事前に想定される状況を実例に学ぶことは、災害対応計画を立案する上で基礎的かつ重要な情報になるだろう。

2. 調査対象

2015年9月17日7:54に、チリ中部沖でM8.3の地震が発生した。当該エリアで津波が発生した後、我が国にも最大0.8mの津波を観測した（9月18日9:38、岩手県久慈港）。9月18日3:00には、気象庁から津波注意報が発表され、全国的に対応が行われた事案となった。また、宮城県内では17日21:27に大雨注意報、18日5:31に大雨警報、18日10:03に土砂災害警戒情報も発表され、実際に大雨冠水や土砂崩れも発生した。人的被害はなかったものの、県内にあるいくつかの自治体は、チリからの遠地津波と大雨への対応を強いられた。

本研究では、上記の遠地津波が観測され、かつ冠水や土砂崩れが発生した石巻市役所（宮城県）を対象にして、同複合災害の対応実態を明らかにする。

*Case study of compound disaster response to earthquake tsunami and heavy rain - Participant observation in Ishinomaki EOC on 2015 Chile earthquake tsunami and heavy rain - by Shosuke Sato and Fumihiko Imamura

3. 調査方法・データ

調査は災害対応の事に行った参与観察と、事後に行ったインタビュー調査の2種類になる。チリ中部での地震が発生した9月17日午前、著者の一人は石巻市役所にて会議があり、現地入りをしていた。石巻市役所において防災アドバイザーを勤めていることから、各種の情報提供と参与観察を目的に、そのまま石巻市役所の災害対策情報連絡室（危機対策課）に入った。参与観察は、17日15:00頃～18日9:00頃まで行った。ここでは、情報連絡室での対応過程の記録を得ている。

インタビューは、2015年12月3日～9日の間、危機対策課の職員11名にパーソナルインタビューを実施した。一人当たりの時間は、30分～1時間で、構造化インタビューの形式で、1) これまで複数のハザードが発生したケースに対応した経験の有無、2) 「これは、複合災害ならではの問題」だと思ったこと、3) その問題への対処事例（事実）、4) その問題への対処案（理想）、5) 今回の対応でよかったと思うこと、6) 今回の対応で改善を要すべきと思うこと、を問うた。回答内容は、その場で付箋に速記し、回答内容の確認と模造紙上での構造化も平行して行い、回答内容をICS（Incident Command System）の5つの機能（後述）で整理した。

表1 インタビュー対象

対象ID	本部連絡室での役割	年代
A	室長A	50
B	室長B	50
C	情報班総括	60
D	対策班長	50
E	情報班長	50
F	情報整理担当	40
G	情報整理担当	20
H	対策班	40
I	対策班	40
J	情報発信担当	40
K	情報発信担当	30

4. 結果・考察

現段階で、明らかになっている本事例の複合災害として対応の特徴・課題は次の通りである。1) 指揮調整：2つの災害への対応を同時に判断できる人材が必要である。2) 事案処理および3) 資源管理：避難所の開設場所がハザードごとに異なるために人員が不足する、さらにその人員配置・移行が困難である。対応が長期化するために、人員の交代制を採用すべきである。支所（合併したエリア）の情報の把握は困難である。3) 情報作戦：2つの災害に関する情報を整理は難しい、2つのハザードを1人の危機管理監でモニタリングすることは難しい。5) 庶務財務：今回の事案では、被害が大きくなかったために、庶務財務の面では大きな問題は発生していない。

謝辞：参与観察における緊急的な調査資機材の調達では、公益社団法人みらいサポート石巻に支援いただいた。インタビュー調査においては、東北大学大学院工学研究科修士1年・平川雄太氏、同大学工学部4年・戸川直希氏に協力いただいた。

参考文献

- 1) 河田恵昭：視点・論点「阪神・淡路大震災20年 複合防災」, <http://www.nhk.or.jp/kaisetsu-blog/400/207668.html>
- 2) 河田恵昭：防災, イミダス2007, p. 659
- 3) 河田恵昭：複合災害への変貌—首都直下地震から首都圏水没に至るシナリオ—, 文部科学省 平成22年度科学研究費補助金 基盤研究(S) 巨大複合災害とその減災戦略—第3回複合災害シンポジウム報告書—, pp. 3-10, 2011.
- 4) 中林一樹, 小田切利栄, 杉本識：自治体合併による複合災害罹災の可能性と防災対策の課題, 文部科学省 平成22年度 科学研究費補助金基盤研究(S) 巨大複合災害とその減災戦略—第3回複合災害シンポジウム報告書—, pp. 69-84, 2011.

水源貯水池における将来の藻類増殖ポテンシャルの評価*

東北大学 工学部 清水 大輔

東北大学 大学院工学研究科 梅田 信

東北大学 大学院工学研究科 澤本 ヤス野

1. はじめに

水源貯水池であるダム湖は閉鎖的な空間であるため、水質汚濁や富栄養化が進行しやすく、改善しにくいという問題がある。一方でダム湖は日本における水道水源のほぼ半分を担っており、水質悪化は上水道利用に影響を与えることが予想される。そのため、水質悪化が起こり得る原因を検討し、予測していく必要がある。

本研究では富栄養化現象を引き起こす原因の一つである水温上昇に関わる温暖化現象に着目し、日本国内の多数のダム湖を対象にして水質変化の予測、展望を行った。

2. 研究方法の概要

本研究では、梅田・落合¹⁾が選定したダム湖を検討対象とした。対象としたダムの地理的分布を図-1に示す。対象ダム選定の際に留意した点は次の通りである。まずダム湖の水質悪化の影響を受けやすいのは、上水道への利用であると考えられるため、利用目的に上水道があるダム湖に限定した。また、温暖化での気温上昇による影響の現れ方に、地域的な傾向があると予想されるため、可能な限り広い分布からダムを選択した。

各ダム湖を対象とした水温解析には、鉛直一次元の水温解析モデルを用いた。予測計算の際に、将来の気候条件を予測する全球気候モデル(GCM)の出力結果に関してはMIROC3.2, MRI-CGCM2.3.2, GFDL-CM2.1, HadGemそれぞれの気温と日射量の月別データを用いた。今回の研究は将来に関する予測であるため、不確実性が多く、複数のパターンで検討する必要があると考えたため、これら四つの出力結果を用いた。濃度シナリオはRCP8.5である。解析対象期間は1981~2000年, 2031~2050年, 2081~2100年の三期間とした。

水温の解析結果をアオコの発生という水質的な評価に結び付けるために、表層水温が20℃を超える年間日数及び表層水温勾配が0.5℃/mを超える年間日数という指標を用いた。この年間日数という指標を用いた理由は、アオコの代表的な原因種である藍藻類は高水温環境で多く発生する傾向が高いことと、表層水温勾配が0.5以上の時にアオコの発生などにより水質障害が発生する可能性が指摘されていることからである²⁾。これと、流入河川のリン濃度の情報を組み合わせ、経験式を作成し、湖内の表層クロロフィルa濃度を評価した。その際将来期間に対する流入総リン濃度については、各ダム湖の流域環境変化が無く、流入河川の水質は実測値から変化しないものと仮定した。つまり本研究では、気候変動による気象条件の変化による日数の増加、すなわち湖内水温環境の変化から、藻類増殖への影響を評価する検討を行った。

*Evaluation of future algal growth potential in water resources reservoirs, by Daisuke Shimizu, Makoto Umeda, and Yasuno Sawamoto

3. 結果

各年代における、富栄養湖に分類されるダム湖の数と、ダム湖内の年平均表層濃度クロロフィル a 濃度についてまとめたものを表-1 に示す。ここで言う東日本とは北海道、東北、関東、北陸、中部の五つの地域で、西日本とは近畿、中国、四国、九州、沖縄の五つの地域である。また、今回富栄養湖と分類したのは、年平均表層クロロフィル a 濃度が 8.0 $\mu\text{g/l}$ 以上のダム湖である。四つ全ての GCM の出力結果で、将来の年平均の表層クロロフィル a 濃度が全国的に増加する可能性が示された。また、富栄養化度判別を行った結果、富栄養湖に分類されるダム湖が増加することがわかった。また富栄養湖に分類されるダム湖の増加数は、西日本に比べて東日本の方が多結果になった。

4. おわりに

今回の研究では、濃度シナリオ RCP8.5 の場合について行った。今後は、可能性のある将来の変化を他の濃度シナリオを用いて、検討していく予定である。

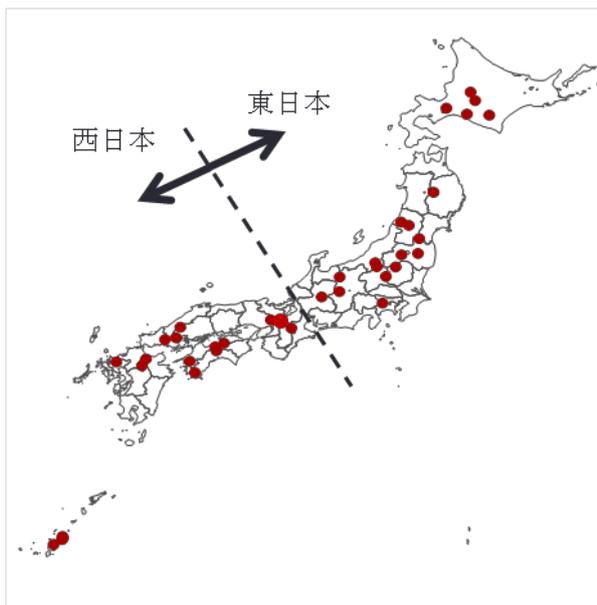


図-1 対象ダムの地理的分布

表-1 各年代における富栄養ダム湖の数と年平均表層クロロフィル a 濃度

MIROC R8.5	富栄養湖に分類されるダム湖の数			富栄養ダム湖の増加数	ダム湖内の年平均表層Chl-a濃度 ($\mu\text{g/l}$)		
	1980-2000	2031-2050	2081-2100		1981-2000	2031-2050	2081-2100
年代							
全国	5	7	9	4	4.3	5.5	7.3
東日本	2	4	5	3	4.1	5.1	6.7
西日本	3	3	4	1	4.6	4.9	5.4

MRICGCM R8.5	富栄養湖に分類されるダム湖の数			富栄養ダム湖の増加数	ダム湖内の年平均表層Chl-a濃度 ($\mu\text{g/l}$)		
	1981-2000	2031-2050	2081-2100		1981-2000	2031-2050	2081-2100
年代							
全国	5	7	8	3	4.3	4.9	5.9
東日本	2	4	4	2	4.1	4.8	6.1
西日本	3	3	4	1	4.6	4.9	5.8

GFDLCM R8.5	富栄養湖に分類されるダム湖の数			富栄養ダム湖の増加数	ダム湖内の年平均表層Chl-a濃度 ($\mu\text{g/l}$)		
	1981-2000	2031-2050	2081-2100		1981-2000	2031-2050	2081-2100
年代							
全国	5	8	15	10	4.3	5.5	7.3
東日本	2	4	9	7	4.1	5.7	8.2
西日本	3	4	6	3	4.6	5.2	6.3

HadGem R8.5	富栄養湖に分類されるダム湖の数			富栄養ダム湖の増加数	ダム湖内の年平均表層Chl-a濃度 ($\mu\text{g/l}$)		
	1981-2000	2031-2050	2081-2100		1981-2000	2031-2050	2081-2100
年代							
全国	5	7	13	8	4.3	5.2	6.9
東日本	2	4	8	6	4.1	5.4	7.7
西日本	3	3	5	2	4.6	5.0	6.1

参考文献

- 1) 梅田信・落合雄太：気候変動による国内のダム湖水質への影響評価，土木学会論文集 G (環境)，Vol.68, No.5, I_127-I_135, 2012.
- 2) Nagayoshi, G., Umeda M., Izumi Y and Okano M.: A study on the operation of an aeration desertification system as a measure for controlling algal bloom and musty odors, International Conference on Large Dams, Barcelona, pp.265-288, 2006.

研究発表（6）6題

司会：王 欣

第二会場：杉妻会館 百合

同化手法を用いたスペクトル情報の即時予測*1

館林大輔*2、源栄正人*3

1・背景・目的

2011年東北地方太平洋沖地震発生時の緊急地震速報では、震源域が広大であり、震源情報の正確な推定ができず、予測震度の過小評価に繋がった¹⁾。また、構造物減災の観点から、震度情報だけでなく、スペクトル情報を発令できる早期地震警報システムの整備が必要である。

これらの背景より、震源情報に頼らず、前線観測点で検知された波形情報をもとに直接、各地の震度情報およびスペクトル情報を予測する手法を検討することが、本研究の目的である。

2・研究手法

データ同化を用いて解析空間におけるエネルギー分布の現状把握を行い、粒子法を用いて波動伝播解析及び地震動予測を行う²⁾。

以下に現状把握及び地震動予測の解析フローを示す。

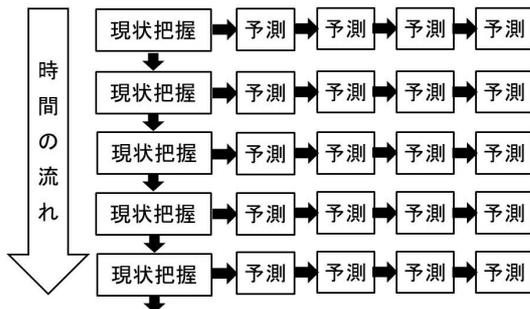


図1 解析ステップと時間との関係

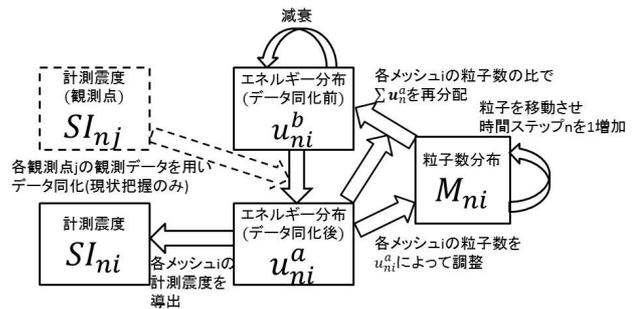


図2 現状把握及び地震動予測の解析フロー

計測震度の予測では、各観測点における計測震度をエネルギーに変換して解析を行う。

スペクトル情報の予測では、振幅スペクトルの各周波数成分をそれぞれエネルギーに変換し、各周波数について並行して複数の解析を行い、同一時間の各周波数成分を結ぶことでスペクトルの予測を行う。以下に解析全体のフローを示す。

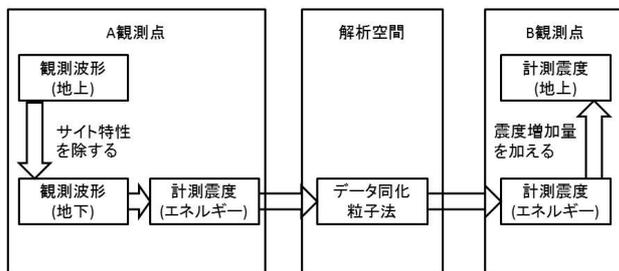


図3 計測震度情報の予測フロー

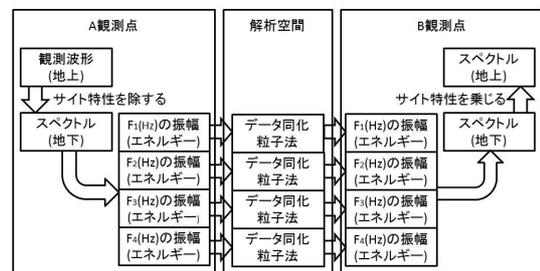


図4 スペクトル情報の予測フロー

*1 Immediate prediction of spectral information using the assimilation technique by Daisuke Tatebayashi

*2 東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻 大学院生

*3 東北大学災害科学国際研究所 教授

3・研究結果

2011年東北地方太平洋沖地震について、K-NET, KiK-netの観測記録を用いて、14時46分26秒を $t=0$ とし、各ステップ間隔を1秒として解析を行った。以下に結果を示す。

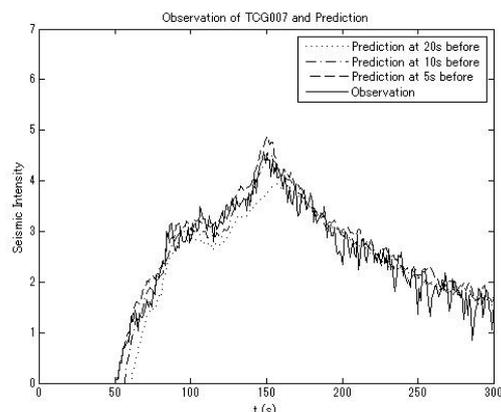
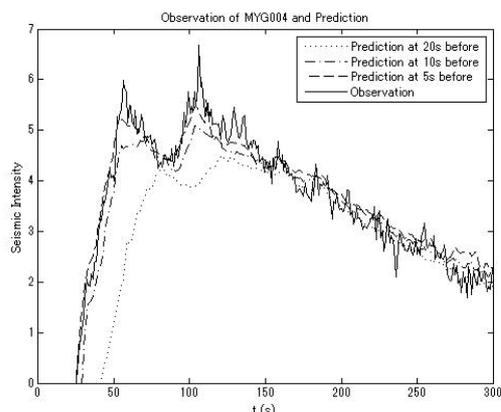


図 5 MYG004(築館・東北)の計測震度予測図

図 6 TCG007(宇都宮・関東)の計測震度予測図

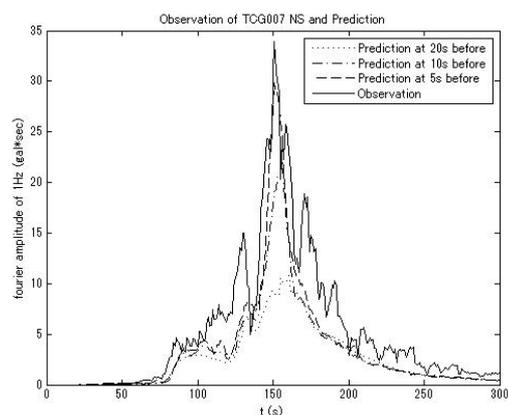
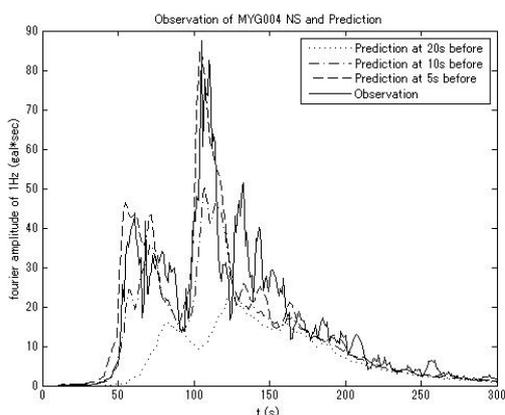


図 7 MYG004・NSの1.0Hz成分予測図

図 8 TCG007・NSの1.0Hz成分予測図

4・考察

計測震度予測について、前線から離れた観測点では、おおむね一致した値を予測できる。

スペクトル予測について、各成分の予測では計測震度予測の場合と比べ、周波数によっては誤差が大きくなる場合がある。

謝辞

防災科学技術研究所のK-NET, KiK-net強震記録を利用しました。記して感謝いたします。

国土技術政策総合研究所のサイト増幅特性データを利用しました。記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 気象庁: 技術部会資料,第4回緊急地震速報評価・改善検討会,2012.10.1
- 2) 干場充之,青木重樹: Numerical Shake Prediction for Earthquake Early Warning: Data Assimilation, Real-Time Shake Mapping, and Simulation of Wave Propagation, 2015

積雪寒冷地の木造住宅の強風被害予測に関する研究

－小屋組接合部を対象として－*

東北大学工学部建築・社会環境工学科 吉田早智子
東北大学大学院工学研究科 今野大輔
京都大学防災研究所 ガヴァンスキ江梨
東北大学大学院工学研究科 植松康

1・はじめに

台風や竜巻などの強風による建物被害は屋根部において多く、既往の木造住宅等の強風被害事例では、屋根葺き材だけではなく野地板や小屋組の被害も報告されている¹⁾。図1は、2004年の台風18号において小屋組の被害がみられた北海道の住宅である。北海道、東北地方などの積雪寒冷地では、住宅の設計時において積雪や地震に比べて強風に対する配慮が十分ではないと考えられる^{2) 3)}。そのため、1991年の台風19号による東北地方の強風被害や2006年11月に佐呂間町で発生した竜巻被害においても小屋組の被害が報告されている^{4) 5)}。このような背景から、積雪寒冷地の小屋組の被害を低減するための対策を行うことが必要である。

小屋組の被害を低減させるためには、小屋組の強風被害予測モデルを確立する必要がある。その結果から適切な耐風性能が確保できるように設計や修繕を行うことで被害を最小限に留め



図1 小屋組の被害

ることができると考えられる。このような確率モデルを確立するためには、小屋組の耐力のモデルと小屋組に作用する外力のモデルを確立する必要がある。本研究では、積雪寒冷地の個々の建物の建築様式に対応させるために実物大要素試験の結果に基づいて耐力のモデル化を行う。したがって、実物大要素試験の結果に基づいて、小屋組の強風被害予測を行うことを本研究の目的とする。

2・本研究での着目点

2006年に佐呂間町で発生した竜巻による小屋組の被害⁵⁾において、被害箇所の半数以上は垂木であったことから本研究では勾配屋根の垂木接合部に着目する。勾配屋根の垂木接合部の実物大要素試験に関しては、喜々津・河合⁶⁾らの研究があるが、試験は1パターンの試験条件にとどまっており、積雪寒冷地の住宅の特徴に対応した各種の垂木接合部の耐力を包括的に評価できるとは言い難い。また、既往の研究において積雪寒冷地の大半の地域で勾配屋根が用いられており、用いられている屋根勾配は様々であることが明らかになった⁷⁾。したがって、屋根勾配など様々なパラメータを考慮し実物大要素試験を行う。

* Development of a stochastic model for predicting wind-induced damage to wooden houses in snowy cold region : Roof frame joints as a case study by Sachiko Yoshida, Daisuke Konno, Eri Gavanski, Yasushi Uematsu

3・試験概要

木造軸組工法の住宅の垂木軒桁接合部を再現した試験体を用いて引張載荷試験を行う。

試験体の概要を図 2 に示す。試験においては、表 1 に示した軒桁の材種、載荷速度、屋根勾配、垂木の支持間隔、垂木の位置を合わせるために打つ位置決め用の釘の有無の 5 つのパラメータを変化させることでそれらの影響を検証する。また、垂木の材種はすべてスギとする。

試験は、「垂木-軒桁金物の試験方法」⁸⁾を参考に行う。実際の風荷重は垂木に対して垂直に作用していることから、試験では図 3 のように試験体を傾けて垂木に垂直に力を作用させる。試験体数は試験パターンごとに 20 体である。

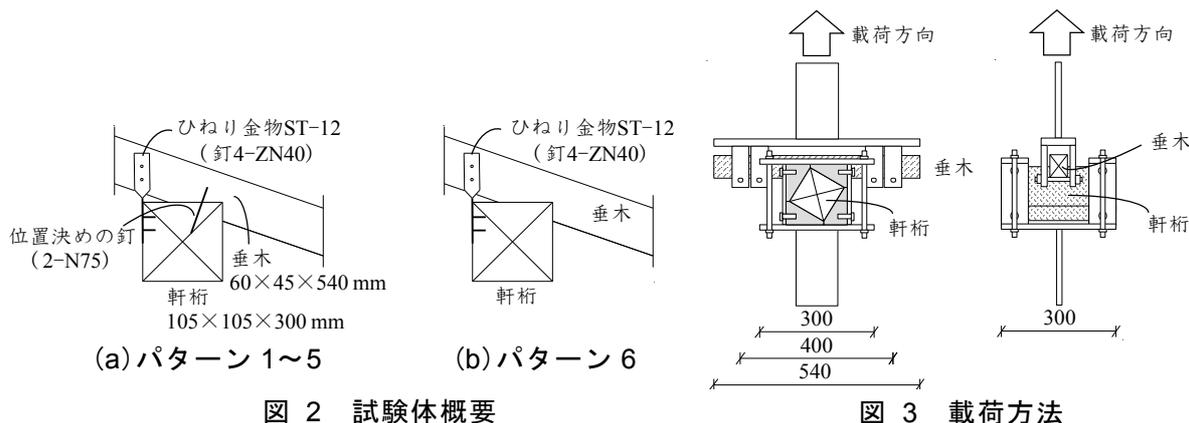


図 2 試験体概要

図 3 載荷方法

表 1 試験パターン

試験パターン	軒桁材種	載荷速度	勾配	支持間隔	位置決め用の釘
		(kN/min)		(mm)	
1	ベイマツ	2	3.5	300	有
2					
3					
4					
5					
6	スギ	2	3.5	400	無

4・まとめ

既往の論文の整理と小屋組の垂木軒桁接合部の引張載荷試験を行った。その結果に基づいて小屋組の耐力のモデル化を行い、強風被害予測を行う。

参考文献

- 1) 日本建築学会: 2004年の強風被害とその教訓—強風被害が残したもの—, 2006.
- 2) 植松康ら: 自治体および消防署における住宅の強風被害調査の実態と建築工学的観点からの提案, 日本風工学会誌, pp.57-64, 2000.
- 3) 堤拓哉ら: 2006年11月7日北海道佐呂間町で発生した竜巻による建物被害—被害調査に基づく積雪寒冷地の建物被害特性—, 日本風工学会論文集, pp.75-83, 2009.
- 4) 植松康ら: 青森県および秋田県における台風9119号による建物被害, 日本風工学会誌, pp.35-47, 1992.
- 5) 高橋章弘ら: 2006年11月7日に北海道佐呂間町で発生した竜巻による被害: その1 建築物の被害状況 (都市防災・竜巻被害, 講演研究論文・計画技術報告), 日本建築学会北海道支部研究報告集, pp.179-184, 2007.
- 6) 喜々津仁密ら: 構成部材の引張載荷試験に基づく木造小屋組の耐風性能評価に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, pp.2181-2188, 2009.
- 7) 千葉隆弘ら: 積雪地域の都市部における木造住宅の屋根雪処理別の地震対策について, 日本雪工学会誌, pp.327-335, 2007.
- 8) 木造建築物用接合金物認定事業における接合金物試験法規格(Zマーク表示金物), (財)日本住宅・木材技術センター, 2015.

人工衛星と確率密度関数を用いた日本全域の積雪期間の評価*

日本大学工学部土木工学科 ○齋藤 翼
日本大学工学部土木工学科 朝岡 良浩

1. はじめに

積雪は農業用水や工業用水など水資源として多く利用されている。しかし利点だけではなく、災害を引き起こす側面も持ち合わせており、落雪による事故も毎年多発している。また豪雪による被害や、小雪による代掻き期の流量減少など問題点が多くある。本研究は、第1に積雪期間の極値の推定に適した確率密度関数について検討する。第2に日本全域の積雪期間を確率密度関数を用いて推定し、小雪年と多雪年における消雪日の極値マップの作成を目的とする。

2. 研究手法

2.1 確率密度関数

本研究では AMeDAS(Automated Meteorological Data Acquisition System)観測点の積雪深データを用いて積雪消雪日の確率密度関数を構築し、極値の再現性について検討した。確率密度関数を作成した観測点は、30年以上の積雪深を観測している AMeDAS とし、観測点数は99である。使用した確率密度関数は正規分布とグンベル分布である。再現性の評価には SLSC(Standard Least Squares Criterion)を用いた。

2.2 積雪判別指標

衛星データによる日本全域の積雪期間の再現には SPOT4(Satellite Pour l' Observation de la Terre)を用いた。期間は1999年~2013年、空間解像度は約1kmである。また、雲の影響を最小限に抑えるために10日を1旬とするコンポジットデータを使用した。積雪判別には齋藤・山崎(1999)にならい積雪判別指標 S_3 を用いた。 S_3 は以下の式(1)で表され、0.05以上なら積雪、0.05未満なら無積雪と判別できる。

$$S_3 = \frac{band3(band2 - band4)}{(band3 + band2)(band3 + band4)} \quad (1)$$

ここで、band はそれぞれ SPOT4 のセンサーが観測している値であり、band2 は赤の反射率(0.61~0.68 μ m)、band3 は近赤外の反射率(0.78~0.89 μ m)、band4 は中間赤外の反射率(1.58~1.75 μ m)である。

3. 結果および考察

AMeDAS 観測点のデータから作成した正規分布およびグンベル分布の SLSC を図1および表1に示す。

*Evaluation of snow cover duration over Japan derived from satellite remote sensing and probability density function by Tsubasa Saito and Yoshihiro Asaoka

99 観測地点の SLSC から求めた平均値より、グンベル分布より正規分布の方が積雪期間の極値の推定に適していることが明らかになった。これより、SPOT データから抽出した各グリッドにおける 15 年分の消雪日のデータを正規分布に当てはめ再現期間 10 年の多雪年、小雪年および平均値の消雪日を推定した(図 2)。白い箇所はデータ数が少ないため今回はデータ無しとした。多雪・小雪ともに平均と比べ 5 旬以上の大きな差があることが明らかになった。これらは、極端な積雪条件の対策に有用であると考えられる。

表 1 AMeDAS 観測点の SLSC の平均

	SLSC の平均
正規分布	0.12
グンベル分布	0.17

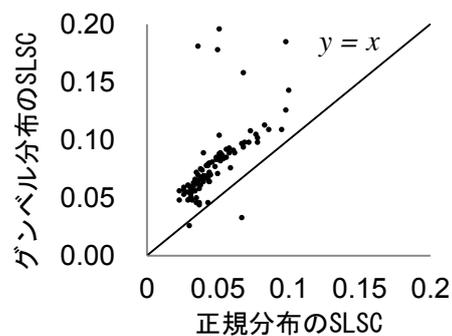


図 1 AMeDAS 観測点における SLSC の比較

4. おわりに

本研究は確率密度関数を用いて再現期間 10 年の消雪日マップを作成した。本研究で得られた成果は極端な積雪条件の対策に有益であると考えられる。今後は積雪深、積雪水量の再現確率に展開することが課題である。

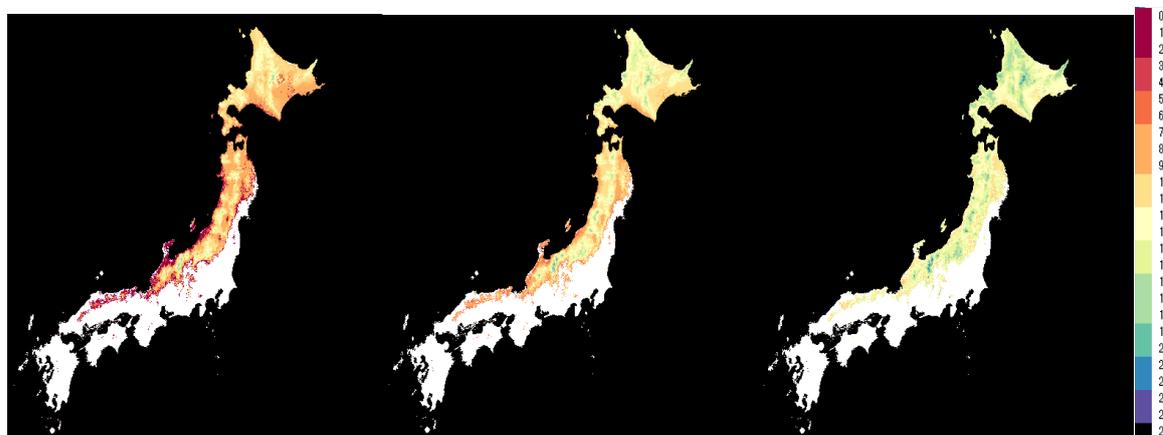


図 2 確率密度関数から推定した消雪日

(旬)

左：再現期間 10 年(小雪年) ， 中：平均値 ， 右：再現期間 10 年(多雪年)

参考文献

- 1) 斎藤篤思・山崎剛：積雪のある森林域における分光反射特性と植生・積雪指標，水文・水資源学会誌，Vol. 12, No. 1, pp. 28-38, 1999.

大型商業施設における避難者対策の実態把握と考察*

東北大学工学部 ○桜井梨那

東北大学災害科学国際研究所 佐藤健

東北大学大学院工学研究科 木村宇応

1. 研究の背景と目的

東日本大震災において、仙台市中心部や駅・大型商業施設からの避難者を受け入れた避難所は、避難者数が2000人以上（3月13日7:00時点）となり他の地域に比べ多くの避難者を受け入れていることが明らかになった¹⁾。また震災当時、小学校に大型商業施設が隣接している地域では、大型商業施設から多くの人が避難していた²⁾。現在、仙台市では震災当時の帰宅困難者の問題を受けて、企業の一斉帰宅の抑制や一時滞在場所の指定などの帰宅困難者対策を進めている³⁾。このような避難者発生の地域特性を把握し、今後の巨大災害に対する地域防災計画や避難所計画の改善に向け、その地域特性を事前に考慮されることが期待されている¹⁾。

先行の研究において、従業者に焦点を当て帰宅困難者数を推定したものはあるが⁴⁾、買い物客等の従業者以外に焦点を当て推定したものは少ない。また、大型商業施設の避難者が、指定避難所へ与える影響を定量的に明らかにしたものはあまり見られない。

以上のような背景から、大型商業施設からの避難者が対象地区の指定避難所へ与える影響を評価・考察し、大型商業施設の避難者対策の有用性を明らかにすることを目的とする。本稿ではヒアリング調査による大型商業施設の避難者対策の実態把握と、大型商業施設からの避難者が対象地区へ与える影響について考察を行った。

2. 対象地区

大型商業施設から指定避難所へ避難した人が多くいたことが、ヒアリング調査²⁾で明らかにされた仙台市内の小学校区を対象とする。小学校区の一部詳細を図1に示す。指定避難所である小学校に、2店の大型商業施設が隣接している。地区内は住宅街で共同住宅が多く、他に避難所に影響を与えるような商業施設や宿泊施設はない。

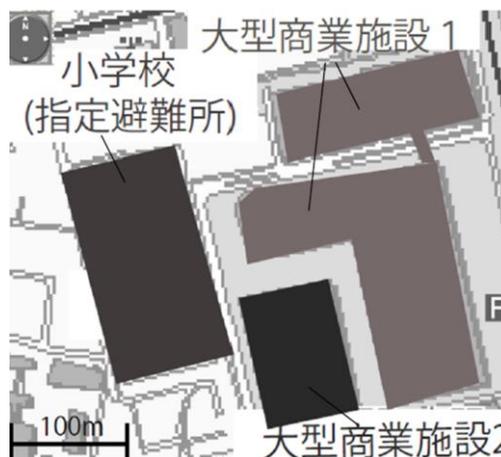


図1 対象地区一部詳細⁵⁾

3. ヒアリング調査

対象地区の小学校に隣接する2店の大型商業施設の防災担当者を対象に、ヒアリング調査を行った。大型商業施設内の滞留者について・東日本大震災当時の様子・現在の帰宅困難者対策について質問した。

3-1. 大型商業施設内滞留者について

両施設とも休日の利用者数が平日に対し1.5倍から2倍に、従業員数も休日は、平日の1.1倍から1.4倍になることが分かった。交通手段については、両施設とも公共交通機関の割合が全体の約25%、自家用車の割合が全体の50%を占める。

ヒアリング結果から休日に発災した場合、東日本大震災当時よりも多くの避難者が発生する可能性が考えられる。また、道路が利用できない場合は、多くの帰宅困難者が発生すると考えられる。

3-2. 東日本大震災当時の様子について

商業施設に隣接している小学校(指定避難所)に利用者を誘導したことと、利用者の判断で小学校に直接避難していた事実が確認できた。また、駐車場のスロープが破損し、震災当時、車が出せない状況になっていたことが分かった。商業施設内は、建物の安全が確認できなかったため利用者を避難させていなかった。

これらの結果は、「大型商業施設から緊急避難してきた人達が大勢押し寄せていた」という東日本大震災当時の状況について指定避難所へ行った先行のヒアリング調査結果²⁾と一致している。これらが、商業施設からの避難者が指定避難所の大部分を占めた原因と考えられる。

*Study of large commercial buildings' countermeasure for evacuees by Rina Sakurai

3-3. 現在の帰宅困難者対策について

両施設とも建物の安全確認ができる技術系職員が常駐していないことから、自身の施設内に利用者を避難させることについて考えていないことが分かった。帰宅困難者対策としては、帰宅できる利用者は帰宅を、帰宅困難者は一時滞在場所へと案内させる。つまり、誘導によって商業施設から指定避難所へ向かう避難者を減らすことを考えている。

この効果を示すためには、商業施設利用者の年齢・性別・交通手段・居住地までの距離等の属性により、帰宅困難者の発生ポテンシャルを推定する必要があると考えられる。

4. 大型商業施設からの避難者数推定と考察

大型商業施設から指定避難所へ向かう避難者が指定避難所へ与える影響を定量的に評価する。パーソントリップ調査と人員積み上げ法⁶⁾により、大型商業施設2店合計と小学校区全体の1時間ごとの滞留者数を推定した。その推定結果に、先行の研究⁷⁾を参考に、東日本大震災に関する市民アンケート⁸⁾から算出した避難率を用いて、避難者数を推定した。その結果を図2に示す。

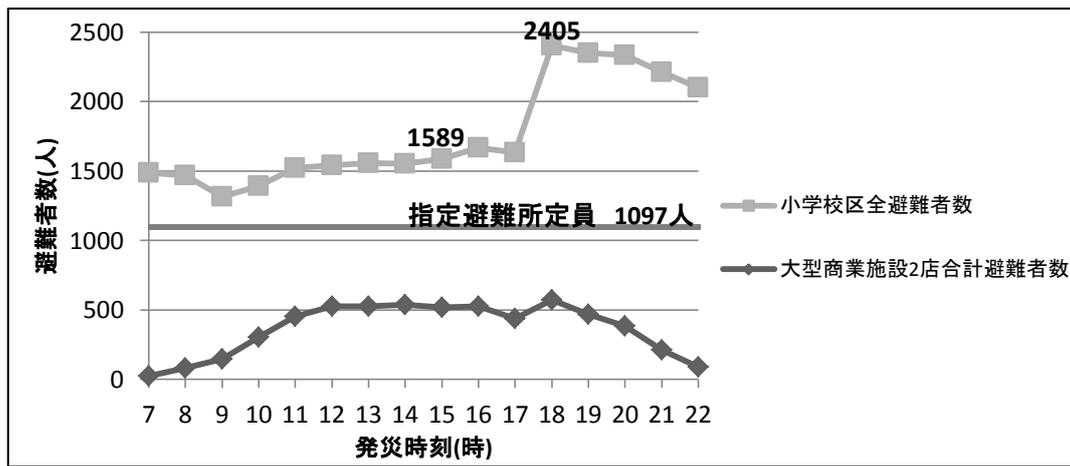


図2 小学校区内全避難者数と大型商業施設避難者数の時刻別推移

2011年3月12日7時(発災翌朝)の対象地区での実避難者数は1530人であった^{注1)}。これを、対象地区内で15時(発災時刻)に避難所へ避難した人数と考える。推定による15時に、指定避難所へ避難した人数は、1589人で、2011年3月12日7時の対象地区での実避難者数とほぼ一致した。しかし、実避難者数には、指定避難所以外の施設へ避難した避難者も含まれているため注意が必要である。

推定結果から大型商業施設からの避難者数は、15時において、全避難者数に占める割合は約33%、指定避難所定員に占める割合は約47%となる。また、全避難者数が最も多くなる18時には、全避難者数に占める割合は約24%、指定避難所定員に占める割合は約52%を占める。対象地区において、商業施設からの避難者は大きな影響を与えていることが確認できた。

5. まとめと今後の展望

ヒアリング調査により、大型商業施設の避難者対策について把握することが出来た。また、大型商業施設の避難者対策の有用性評価のために、施設内滞留者の帰宅困難者数を推定する必要性を確認した。大型商業施設からの避難者数推定により、大型商業施設からの避難者数低減が指定避難所へ大きな効果を与えることが示唆された。

今後の展望としては、ヒアリング調査の結果を受け、商業施設内滞留者のうち、帰宅困難者がどの程度いるのか推定し、誘導による効果を定量的に示す必要があると言える。

【謝辞】ヒアリング調査において、大型商業施設の防災担当者様から貴重な情報をご提供頂きました。また、ヒアリング調査実施のため多くの方にご協力頂きました。ここに記して、皆様に深く感謝いたします。パーソントリップ調査集計結果は、宮城県土木計画課から提供していただきました。心より感謝申し上げます。

【注1】本研究の実施にあたり、仙台市消防局から2011年3月11日から5月31日までの避難所ごとの避難者数に関する貴重な非公開データを提供して頂いた。

【参考文献】1)佐藤健、戀水康俊、昆野辰樹：東日本大震災における仙台市内の避難者発生地域特性、日本地震工学会 第12巻、第4号(特集号)2012年

2)日本安全教育学会：東日本大震災における学校の被害と対応に関するヒアリング調査記録集(増補第四版)2014年3月

3)仙台駅周辺帰宅困難者対策連絡協議会：仙台市帰宅困難者対応指針 2014年5月

4)木全淳平、樋本圭佑、西野智研、田中峰義：全国的に整備される統計資料を利用した都市圏内就業者の時刻別空間分布の推定—京阪神大都市圏を対象としたケーススタディー、日本建築学会計画系論文集 第78巻、第686号 p.891-898 2013年4月

5)仙台市：せんだいぐらしのマップ <http://www2.wagmap.jp/sendacity/top/> 2015年11月5日閲覧

6)辻正矩：産業別従業者数データを用いた建物内人員積み上げ法による地区滞留人口の推計—小地域レベルにおける滞留人口の推計法に関する研究・その3—日本建築学会論文報告集第337号 1984年3月

7)木村宇広、佐藤健：避難者数の時刻変動を考慮した避難所負担の定量的評価と対策効果—仙台都市圏の避難所を例に一、日本建築学会大会学術講演梗概集、F-1分冊 p.339-340 2015年9月

8)仙台市：東日本大震災に関する市民アンケート調査<報告書> 2012年3月

首都直下地震を想定した応急仮設住宅の供給能力に関する定量的評価*

東北大学工学部 ○鈴木 裕陽
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

1. はじめに

東日本大震災では、仮設住宅の建設の遅れ等により避難所の開設期間が長期化し、避難者の健康状態の悪化や学校業務への支障が懸念された¹⁾。今後30年間に70%の確率で発生が予測されている首都直下地震においても、倒壊や火災焼失により多くの被災者が住家を失い、膨大な数の応急仮設住宅が必要となることが想定されている²⁾。そこで本研究では、首都直下地震時の大量の仮設住宅需要の発生に備えた事前の対策を検討し、長期避難者と避難所施設が平常時の生活をより早く取り戻すための有用な知見を得ることを目的とする。本稿では、東京都23区を対象に、首都直下地震を想定した応急仮設住宅の必要戸数と供給可能戸数の推計を行った結果を報告する。それにより、対象地区における応急仮設住宅の供給能力を定量的に評価し、首都直下地震に備えた事前の対策が必要な地区の存在を明らかにしていく。

2. 東日本大震災における避難所閉鎖と応急仮設住宅の供給に関する考察

図1は、東日本大震災における宮城県の避難所数と応急仮設住宅の入居戸数の推移を表している。宮城県の避難所数は、発災から3日後にピークを迎えた後、数日で急激に減少している。しかし、発災から4か月が経過しても300ヶ所以上の避難所が残り、仮設住宅の建設の遅れは震災後の大きな課題となった¹⁾。

一方で、最終的な応急仮設住宅の供給戸数の内訳を見ると、その半数以上が賃貸住宅の空き家を利用した借り上げ仮設住宅であることが分かる。災害時には、建設型の仮設住宅だけでは供給量に限界があることから、こうした既存の空き家ストックの活用も有用な供給手段として検討すべきであると考えられる。

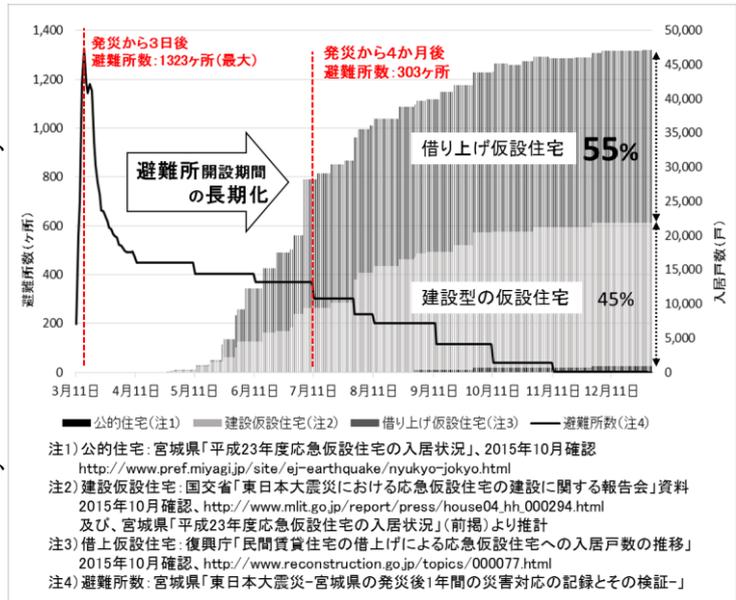


図1 避難所数と応急仮設住宅の入居戸数の推移

3. 首都直下地震を想定した応急仮設住宅の必要戸数と供給可能戸数の推計

3-1. 想定条件の設定

表1に本研究で想定する被災条件を示す。本研究では、平成24年の東京都被害想定³⁾を参考データとし、想定被害が最も大きい東京湾北部地震をモデルとする。また、火災による建物被害は時間帯や風速により異なることから、4つの気候条件に分けて推計を行う。ここで、対象地区における応急仮設住宅の供給能力を表す指標として「充足度」という言葉を式1の通り定義する。

表1 想定する被災条件

想定する被災条件 ³⁾	
地震	東京湾北部地震(M7.3)
建物被害	ゆれ、液状化、急傾斜地崩壊、火災、津波による建物被害(全壊・半壊、焼失)
気候条件	(1)冬の朝5時 風速8m/s (2)冬の昼12時 風速8m/s (3)冬の夕方18時 風速4m/s (4)冬の夕方18時 風速8m/s
充足度	$\frac{\text{応急仮設住宅の供給可能戸数}}{\text{応急仮設住宅の必要戸数}} \times 100 [\%] \text{ (式1)}$

*Quantitative assessment of capacity for supplying temporary housing against the Tokyo Inland Earthquake

3-2. 被害棟数の抽出と応急仮設住宅の必要戸数の推計

今回は中央区と墨田区を例として、東京都の被害想定から建物全壊・全焼・半壊棟数を原因別に抽出し、応急仮設住宅の必要戸数を推計した。右の表2に集計した結果を示す。ただし、必要戸数の算出式は、先行研究⁴⁾において阪神・淡路大震災から2か月後の時点で全壊・全焼被災者の約80%、半壊被災者の約35%が仮住まいに移動していることを参考に決定している。

3-3. 応急仮設住宅の供給可能戸数の推計

まず、対象地区の地域防災計画に記載している仮設住宅の建設予定地面積から建設可能戸数を算出する。ここでは阪神・淡路大震災の実績⁵⁾に基づき、仮設住宅の必要面積を80m²/戸として計算している。建設のみの場合で充足度評価を行うと、中央区で16%、墨田区で3~4%となり、どちらの地域においても必要戸数に対し建設可能戸数が少ないことが分かった。

次に、賃貸住宅の利用可能戸数の推計を行う。平成25年度の住宅・土地統計調査⁶⁾から、住宅総数と賃貸住宅の空き家戸数を抽出し、空き家率を求めた。これを総被害棟数に乘じ、被災した賃貸住宅空き家の戸数を推計する。最後にそれを賃貸住宅空き家全体から除くことで、災害後に利用可能な賃貸住宅の空き家戸数を算出した。建設可能戸数と合わせて充足度評価を行うと、中央区では100%を大きく上回る値が算出され、賃貸住宅の活用によって応急仮設住宅の供給能力が大幅に高まることが分かった。一方で、墨田区の充足度評価は35~58%と算出され、賃貸住宅を最大限活用した場合でも十分な応急仮設住宅の供給を行うことができない可能性が示された。ゆえに、墨田区では首都直下地震時に応急仮設住宅が不足する恐れがあると考えられる。以上の結果をまとめたものを表3に示す。

表2 被害棟数と必要戸数の推計

区		中央区	墨田区	
全壊・全焼棟数A (棟)	ゆれ	1,926	9,826	
	液状化	15	76	
	急傾斜地崩壊	0	0	
	延焼火災	①冬朝5時 風速8m/s	2	699
		②冬昼12時 風速8m/s	61	5,001
		③冬夕18時 風速4m/s	96	9,241
		④冬夕18時 風速8m/s	101	9,341
	津波	39	31	
	合計	①	1,982	10,632
		②	2,041	14,934
③		2,076	19,174	
④		2,081	19,274	
B 半壊棟数 (棟)	ゆれ	2,523	9,560	
	液状化	842	4,245	
	急傾斜地崩壊	0	0	
	津波	467	232	
合計	3,832	14,037		
総被害棟数 C = A + B (棟)	①	5,814	24,669	
	②	5,873	28,971	
	③	5,908	33,211	
	④	5,913	33,311	
応急仮設住宅 必要戸数 D = A × 0.8 + B × 0.35(戸)	①	2,927	13,419	
	②	2,974	16,860	
	③	3,002	20,252	
	④	3,006	20,332	

表3 供給可能戸数の推計と充足度評価

区		中央区	墨田区
建設可能戸数 E (戸)		476	571
充足度 (%) = E/D	①	16	4
	②	16	3
	③	16	3
	④	16	3
住宅総数 F (戸)		92,260	140,210
賃貸住宅空家戸数 G (戸)		5,460	8,680
空き家率 H = F/G (%)		5.9	6.2
被災した 賃貸空家戸数 I = H × C (戸)	①	344	1,527
	②	348	1,794
	③	350	2,056
	④	350	2,062
賃貸住宅 利用可能戸数 J = G - I (戸)	①	5,116	7,153
	②	5,112	6,886
	③	5,110	6,624
	④	5,110	6,618
充足度 (%) = (E+J)/D	①	191	58
	②	188	44
	③	186	36
	④	186	35

4. まとめと今後の課題

本研究では、首都直下地震を想定した応急仮設住宅の供給能力について定量的に評価した。それにより、災害時に応急仮設住宅が不足する可能性がある地区の存在を明らかにした。今後、充足度が低い地区を対象に首都直下地震時の大量の仮設住宅需要に備えた対策を検討し、その対策が避難所開設期間の長期化抑制にどの程度有用であるか定量的に評価する予定である。

<参考文献>

- 宮城県：東日本大震災—宮城県の発災後1年間の災害対応の記録とその検証—、第1章 p.36-37、第4章 p.359-366、<http://www.pref.miyagi.jp/site/kt-kiroku/kt-kensyou3.html>、2015年10月確認
- 内閣府：防災対策推進検討会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ 最終報告、2013年12月、http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg/、2015年10月確認
- 東京都：首都直下地震等による東京の被害想定報告書、東京都防災会議、2012年4月、<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/taisaku/1000902/1000401.html>、2015年11月確認
- 木村玲歌ら：阪神・淡路大震災後の被災者の住まいの決定に関する研究、地域安全学会論文集 No.1 p.93-102、1999
- 内閣府：災害復興対策事例集 【19950124】 応急仮設住宅の供給（兵庫県）、2014
http://www.bousai.go.jp/kaigirep/houkokusho/hukkousesaku/saigaitaio/output_html_1/case199501.html、2015年11月確認
- 総務省統計局：平成25年住宅・土地統計調査、<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/kekka.htm>、2015年11月確認

東北地方における既存不適格鉄骨造屋内運動場の耐震性能および

耐震改修に関する調査報告

東北大学大学院工学研究科 今野 大輔, 渡部 慶, 植松 康

1. はじめに

1995 年の耐震改修促進法の策定により、1981 年に施行された新耐震基準策定以前に建設された既存建築物を中心に耐震診断、および耐震改修が徐々に行われてきた。特に、学校施設のような多数の者が利用し、災害発生時には避難所としても用いられるような一定規模以上の建物の中で既存不適格建物(特定建築物)には、建築物が現行の耐震基準に準ずる耐震性能を確保するよう耐震診断、および耐震改修を行うように求められている。文部科学省が発表した全国の公立学校施設の耐震化率¹⁾によると、全国の公立小中学校で 95.6%、高等学校においては 93% の耐震化が完了している。しかし、耐震診断・改修についての詳細なデータの系統的な整理は行われてはいない。さらに、東北地方においては東日本大震災により学校施設も多くの被害を受けたが、耐震診断により示される耐震性能と被害の大きさの関連も明確に示されていないといった課題もある。

筆者らは、上述した課題に寄与することを目的として、これまで東北地方 4 県における耐震診断済みの鉄骨造屋内運動場を対象とし、傾向分析やその改修方法についての調査研究、データベースの作成を行ってきた^{2),3),4),5)}。そこで、本研究においては作成されたデータベースに基づき、耐震診断結果や改修方法に関する傾向分析や、その地域性について考察を行う。

2. 調査概要

本研究で調査対象とした耐震診断データは、耐震診断もしくは耐震改修の概要書より取得した。データベースに入力した項目は、表 1 に示す通りである。データベースに入力した物件数は、秋田県で 113 棟、岩手県で 198 棟、宮城県で 164 棟、福島県で 237 棟である。

表 1 データベース入力項目

建物概要	建物名称, 棟名, 屋根架構種類, 竣工年, 延床面積, 架構形式(梁間, 桁行), 基礎, 所在地(住所・緯度経度), 構造材料強度の採用値, ボルト寸法・強度, 屋根荷重, 積雪深, 桁行・梁間スパン長, 軒高, 棟高, 構面数, ブレース構面数, ブレース断面寸法,
診断概要	診断年月, 診断者, 診断方法, 計算方法, 計算ソフト
桁行方向診断結果	固有周期 T , 桁行構造耐震指標 I_s 値, 保有水平耐力に関わる指標 q 値, 保有性能基本指標 E_0 , 保有水平耐力 Q_u , 靱性指標 F , 層せん断力の高さ方向分布係数 A_i , 建物重量 W , 形状係数 F_{es} , ブレース接合部の破断形式, ブレース接合部の保有・非保有耐力接合の判定
梁間方向診断結果	梁間構造耐震指標 I_s 値, 保有水平耐力に関わる指標 q 値, 保有性能基本指標 E_0 , 保有水平耐力 Q_u , 靱性指標 F , 層せん断力の高さ方向分布係数 A_i , 建物重量採用値, 形状係数 F_{es} , 各部の要素耐力, 塑性ヒンジ発生位置
改修計画(結果)	耐震改修後の I_s 値, q 値, F 値改修方法, 交換・補強した部材断面寸法

3. 耐震性能に関する指標

本研究で調査対象とした屋内運動場のほとんどが、屋内運動場等の耐震性能診断基準⁶⁾(以下、屋体基準)に準じて耐震診断が行われていた。屋体基準においては、屋内運動場の耐震性能を構造耐震指標 I_s 値および保有水平耐力に関する指標 q 値を用いて示している。屋体基準における安全性の判定基準は表 2 のようになり、倒壊危険性の程度で評価される。

表 2 屋体基準による安全性判定基準

	耐震性能の判定	倒壊の危険性
Case1	$I_s < 0.3$ または $q < 0.5$	高い
Case2	Case1,2 以外	ある
Case3	$I_s \geq 0.7$ かつ $q > 1.0$	低い

4. 調査対象 4 県における耐震性能の傾向、及び地域性に関する考察

調査対象とした秋田県・岩手県・宮城県・福島県の 4 県における耐震診断時の安全性判定基準の割合を梁間・桁行方向別に表 3 に示す。調査対象とした屋内運動場の多くが梁間方向にラーメン構造、桁行方向にブレース構造を採用したものであり、ブレースの断面不足や非保有耐力接合が原因となって桁行方向の耐震性能が不足している事例が多かった。その為、梁間方向より桁行方向の方が Case1,2 に該当する割合が高い。次に、各県の違いにすると、梁間方向に関しては、宮城県、岩手県、秋田県では Case3 に多く該当しているが、福島県では Case1, 2 に集中している。桁行方向では、福島県と秋田県において倒壊危険性の高い Case1 の割合が比較的高いという結果となっ

表 3 各県の安全性判定結果割合の比較

た。このような差には、地域性があるものと考えられ、特に東北地方においては設計積雪深などの影響があるものと推察される。

安全性判定基準	梁間方向				桁行方向			
	福島	宮城	岩手	秋田	福島	宮城	岩手	秋田
Case1(危険高)	33%	2%	3%	12%	65%	29%	19%	52%
Case2	53%	18%	12%	22%	27%	47%	70%	39%
Case3(危険低)	14%	80%	85%	66%	8%	24%	11%	9%

5. まとめ

東北 4 県における鉄骨造屋内運動場を対象として、耐震診断・改修事例の調査を行った。

調査対象の屋内運動場は、ほとんどが梁間方向に比べて桁行方向の耐震性能が劣っていた。また、他県との比較により、耐震診断時における安全性判定の傾向が概ね同様であることを確認したが、積雪深等、細かな地域性が関与している可能性も示唆された。

謝辞

本研究は、社団法人日本鉄鋼連盟の建築鋼構造研究ネットワーク東北地区活動の一環として行われている。

参考文献

- 1) 文部科学省：「公立学校施設の耐震改修状況調査の結果について」, 2015
- 2) 今野大輔 植松康：宮城県における鉄骨造屋内運動場の耐震診断事例に関する調査研究。日本建築学会東北支部研究報告集, 2014
- 3) 今野大輔 植松康：岩手県における鉄骨造屋内運動場の耐震診断事例及び改修方法に関する調査研究。日本建築学会東北支部研究報告集, 2013
- 4) 渡部慶 今野大輔 植松康：福島県における鉄骨造屋内運動場の耐震診断事例に関する調査報告。日本建築学会東北支部研究報告, 2015.
- 5) 小幡昭彦 高橋なつ美 西田哲也 菅野秀人 小林淳 三浦伸：秋田県における屋内運動場の耐震性能診断事例に関する研究 その 1 耐震診断事例の傾向と考察。日本建築学会東北支部研究報告集, 2011
- 6) 文部科学省大臣官房文教施設企画部：「屋内運動場の耐震性能診断基準（平成 18 年版）」, 第 2 刷, 2008

研究発表（7） 10題

司会： 吳 修一

第一会場： 杉妻会館 牡丹

阿武隈川流域内の森林の蒸発散による河川流出への影響評価*

日本大学工学部 橋本 佑紀

日本大学工学部 朝岡 良浩

1. はじめに

森林の蒸発散によって森林の表面に付着した水や土壌内の水を大気中に戻す。地表水が大気中に戻ることにより、河川への流出量が増える。蒸発散量が多いと流出量は減少するが、使用できる水資源が減少する。また、蒸発散が少ないと流出量は増加し、水資源は増加する。本研究では、森林の蒸発散量と正規化植生指標(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)を用いて比較し、森林による河川流出への影響を評価する。

2. 対象地域

本研究では、一級河川阿武隈川流域、須賀川流量観測所の流域(図1)を対象とする。阿武隈川は福島県旭岳を水源とし東に流れ、白河から北上し宮城県が河口となる。須賀川流量観測所の流域面積は910.2km²、標高299mである。須賀川流域内の白河、石川、玉川アメダス観測所の気象データを使用する。



3. 研究方法

3.1 流域水収支の評価

流域内の水収支は式(1)で表すことができる。

$$R = P - E \dots (1)$$

ここで、R: 河川流量(m³)、P: 降水量(m³)、E: 蒸発散量(m³)である。蒸発散量は式(2)より可能蒸発散量を算出し、蒸発効率を乗じて算出する。

図1 阿武隈川流域

$$E_H = 0.14 D_O^2 P_t \dots (2)$$

ここで、E_H: 可能蒸発散(mm/d)、D_O: 日照時間(12hour/dを1とする)、P_t: 平均気温(°C)に対する飽和絶対湿度(g/m³)である。式(1)、(2)より蒸発効率は次式で表すことができる。

* Impact assessment of evapotranspiration on river runoff in the Abukuma River basin
by Yuki Hashimoto and Yoshihiro Asaoka

$$\beta = \frac{(P-R)}{E_H} \cdot \cdot \cdot (3)$$

ここで、 β :蒸発効率、 A :流域面積(m²)である。

3.2 NDVI

NDVIは、人工衛星 SPOT4 の近赤外(0.61~0.68 μ m)、可視域の赤(0.79~0.89 μ m)の反射率のデータを用いて式(4)より算出する。SPOT の空間分解能は約 1km、解析には月最大値の合成データを使用した。

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \cdot \cdot \cdot (4)$$

4. 結果および考察

須賀川流域内の年間の流出量、降水量、流出率 (R/P)、可能蒸発散量、蒸発効率、NDVI を表 1 に示す。各年の流出率および NDVI はほぼ一定であったが、一方で蒸発効率は降水量が多い 2010 年に高い値となった。これは、豪雨によって森林による蒸発・蒸散の配分が異なると推察され、豪雨イベント時の NDVI について調査する必要がある。

5. おわりに

本研究は阿武隈川の上流域を対象として、流域水収支の観点から森林植生が河川流出に及ぼす影響を評価した。植

生活動には衛星画像から得られる NDVI を利用した。過去 4 年間で流出率はほぼ一定であったが、降水量の増加に伴い蒸発効率が增加する傾向が確認された。今後は降水イベント時の NDVI の値と流出量の関係を解析する予定である。また地域によって森林の種類、流量、降水量、気温が異なるため、他地域での検証を行う必要がある。

図 1 蒸発効率と NDVI

年	R (m ³)	P (m)	$\frac{R}{P}$	E _H (m)	β	NDVI
2009	783,000,000	1.282	0.67	0.700	0.60	0.60
2010	955,000,000	1.574	0.67	0.737	0.71	0.61
2011	739,000,000	1.237	0.66	0.717	0.59	0.60
2012	700,000,000	1.165	0.66	0.714	0.55	0.58

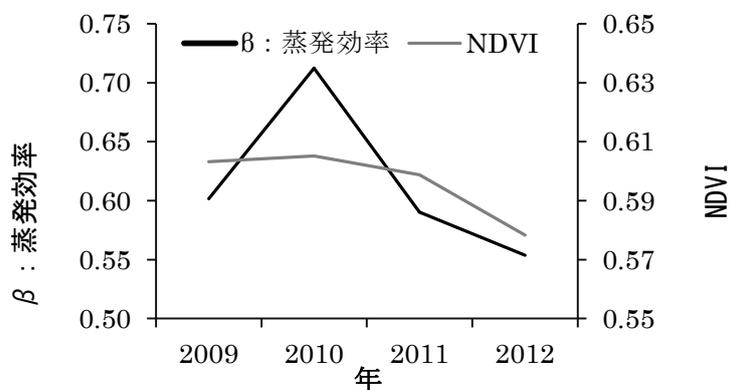


図 2 蒸発効率と NDVI の比較

郡山市街の区画情報を用いた氾濫解析シミュレーションの改善*

日本大学工学部土木工学科 ○小澤 恒太
日本大学工学部土木工学科 朝岡 良浩
日本大学工学部土木工学科 長林 久夫
日本大学工学部土木工学科 手塚 公裕

1. はじめに

近年郡山市では、都市の進展や集中豪雨の増加に伴い都市域での内水氾濫による被害が問題となっている。図1に郡山の確率雨量を示す。また、上記の原因以外に郡山市街では汚水と雨水が同じ管で処理される合流式下水道が採用されており、浸水時には汚水が地表面に溢れ、衛生面での被害も深刻化する。対策として郡山市では分散型貯留施設の検討が行われおり、効果を検証する手法として氾濫解析シミュレーションは有効である。これまでに下水道管及び地表面の流れについては水理学に基づいた数値解析手法が提案されてきたが、雨水の下水管流入については流出係数を用いて推定することが多い。そのため、貯留施設の効果を検討するためには詳細な区画分類とそれに応じた流出係数の設定が必要である。本研究では、郡山市街地を対象として区画情報に基づいて流出係数を設定することにより氾濫解析モデルの改善を目的とする。対象地域を図2に示す。

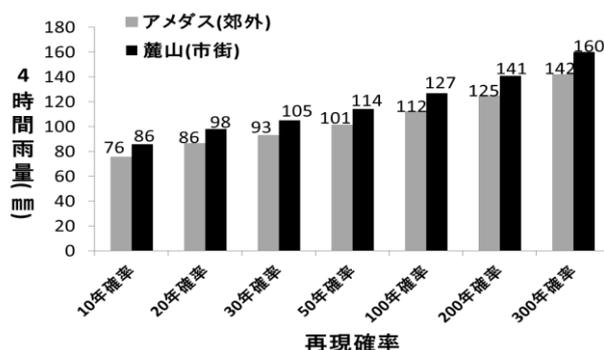


図1 郡山市の確率雨量



図2 研究対象地域

2. 研究手法及び使用データ

2.1 氾濫解析シミュレーション

本研究では郡山市街地を対象として解析シミュレーションの改善を行った。地域モデルは土地利用を表すDMデータ、地表面の流入を示すTINデータ、下水道管渠の情報が示されている郡山市の下水道台帳、過去の現地調査で明らかとなった集水樹のデータを使用し、下水道の解析には1次元不定流解析、地表面の解析には2次元不定流解析を解析シミュレーションソフトInfoWorks上で統合した。

* Improvement of inundation analysis simulation using information on city planning in the Koriyama city by Kota Kozawa and Yoshihiro Asaoka

2.2 土地利用・建物利用の分類

対象地域の降雨の流入を細かく設定するため郡山市の都市計画データを用いて土地利用，建物利用の判別コードを作成した。判別コードを表1に示す。土地利用コードの宅地は建物利用に分類される。以上の土地利用コード，建物利用コードに応じた流出係数を設定し，氾濫解析モデルにおいて雨水の下水管流入を推定した。

表1 判別コード

コード	土地利用	建物利用
	分類	
1	道路用地	木造(屋根あり)
2	宅地(舗装)	非木造(屋根なし)
3	宅地(未舗装)	マンション
4	平面駐車場	商業ビル
5	空き地	立体駐車場

3. 結果及び考察

上記で設定した土地利用，建物利用に関する情報を氾濫解析モデル組み込み（図3），2010年7月6日の降雨を対象としたシミュレーション結果を図4に示す。建物利用の流出係数によっては浸水域が道路から区画内に移動する。そのため，氾濫域や河川への放流量に基づいて土地利用・建物利用コードに応じた流出係数を設定する必要がある。



図3 改善後の氾濫モデル

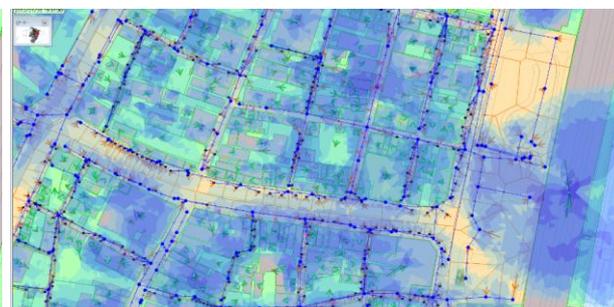


図4 シミュレーション結果

4. おわりに

本研究では，郡山市街地における氾濫解析シミュレーションの改善点について報告した。今後は解析結果を基にモデルの調整，精度の向上を行い分散型貯留施設の効果について検証する。

謝辞

本研究はシビルソフト開発株式会社および国立研究開発法人 国立環境研究所の支援を受けて実施された。また航空測量のデータはアジア航測株式会社，下水道関連資料は郡山市から提供を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 筒井智大（2015）：2010年7月6日の集中豪雨における郡山駅前の浸水解析と課題，日本大学工学部土木工学科 卒業研究論文。
- 2) 戸田圭一・井上和也・村瀬賢・横尾英男（2000）：豪雨による都市域の洪水氾濫解析，土木学会論文集，No.663/II-53，pp.1-10。
- 3) 川池健司・井上和也・戸田圭一・野口正人（2004）：低平地河川流域での豪雨による都市氾濫解析，土木学会論文集，No.761/II-67，pp.57-68。

十三湖における遡上塩水の鉛直構造

八戸工業大学 鈴木 祥高・佐々木 幹夫、東北大学 田中仁・梅田信

1. はじめに

十三湖は岩木川の河口に位置し、岩木川は十三湖を通り湖口から日本海に流れている。十三湖の湖口を現地では水戸口と呼んでおり、水戸口への導流堤建設が始まったのが大正 15 年であり、完成は昭和 22 年である。この導流堤建設により、湖には定期的に塩水が遡上するようになり、湖内の汽水湖環境は河口閉塞時の湖に比べると安定するようになってきている。湖に生息するシジミも自然産卵、自然繁殖するようになり、シジミは安定して獲れるようになってきている。しかし、漁獲量は年変動を繰り返しており、汽水環境のどの変化がシジミ漁に影響を与えているかについては未だに未解明といえる。そこで本研究では、湖における汽水環境特性を明らかにすることを最終的な研究目的とし、今年度は昨年度に続き、遡上塩水の現地観測を行い、遡上している塩水の鉛直構造を検討してみる。

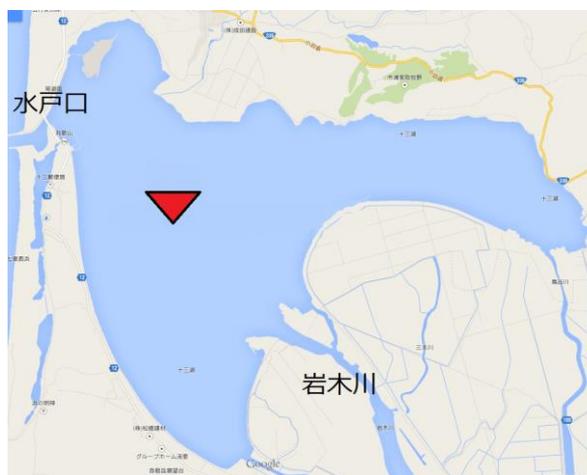


図 1 塩分観測位置 (▼ 塩分水温計・流向流速計設置)

2. 観測方法

観測は自記式の塩分計、流向流速計を用いて、7月中旬から9月中旬にかけて行った。図1に観測地点を示す。観測地点に流向流速計、塩分計を設置した。写真1に流向流速計と塩分計の固定状況を示す。(図1赤色印) 流向流速計は底面から 57 cm の位置に設置した。設置は観測地点に船で行き船上よりロープに固定した塩分計を鉄パイプに縛り付けて固定した。写真2は計測器の設置状況を示す。塩分計の位置は湖の底より約 15 日間隔で 30 cm、60 cm、90 cm、120 cm の位置に設置した。写真3は計測器設置完了後の様子を示す。左に塩分計、右に流向流速計を設置した。



写真 1 現地観測の状況

3. 結果と考察

* Perpendicular structure of salt water moved into Lake Jusan by Y.Suzuki, M.Sasaki, H.Tanaka, and M.Umeda



写真2 計測器の設置状況



写真3 計測器設置完了後の様子
右側：流向流速計、左側：塩分計

図2に塩分の観測結果を示す。観測は7月28日から8月2日に湖底より60cmの位置で行っている。縦軸は塩分濃度を示し、単位はpsuである。横軸は時間で単位は日である。塩分は7月28日と29日は朝から上昇し、すぐに減少した。昼から夜にかけて濃度

が低い時間が続いた。8月1日朝には塩水が上昇しすぐに減少したが、塩分は高い濃度が続いていた。2日は午前中に再び上昇し、午後に上昇しているが濃度はやや低い。図3に水戸口の順流と逆流を示す。縦軸は流量を示し、単位は m^3/s であり、横軸は時間で単位は日である。

流量がプラスのときは順流（湖から海へ）、マイナスのときは逆流を示す。28日には午前と午後に数回逆流が生じている。午前および午後の逆流は図2の塩分濃度が高くなっている観測に対応している。その他の日も同様午前と午後に逆流が生じている。この逆流は図2の塩分濃度は高くなっている観測に対応している。水戸口の逆流は湖の中央まで塩水を遡上させており、塩水の遡上は水戸口の流れて概略判断できる。7月28日および29日の午前の逆流は規模が小さいが図2に示すように塩分濃度の変化は大規模であり、逆流の大きさと塩分濃度の大規模な変化は対応していない場合も見られる。

3. おわりに

湖に塩分計を設置し塩分の現地観測を実施し、遡上塩水の鉛直構造を調べてみた。

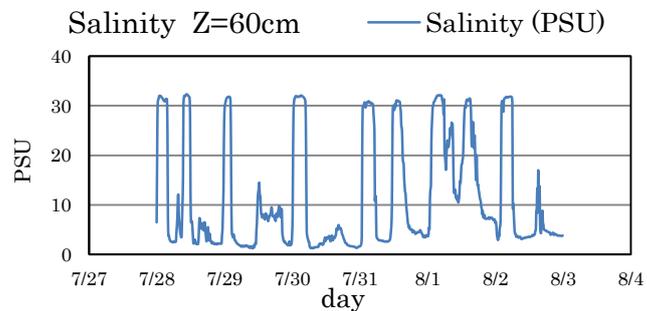


図2 塩分観測結果

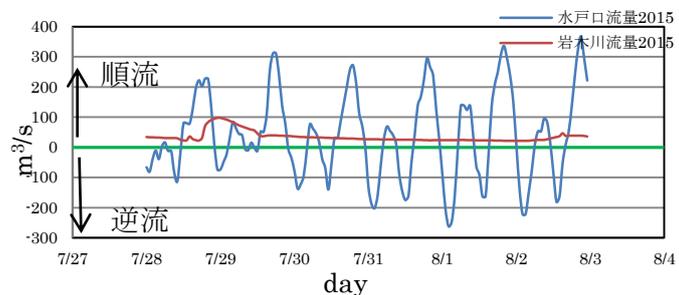


図3 水戸口の順流と逆流

波浪データを使用した海上風推定手法に関する検討*

秋田大学 学生会員 ○高橋 侑矢
秋田大学大学院 正会員 渡辺 一也

1. はじめに

海洋の流動を研究する上で海上風は流れの情報と共に、重要な物理量の一つである。従来、海上風については、船舶やブイにより観測されてきた。他にも観測塔を利用する方法もあるが、多大な費用が掛かり、局所的な観測しかできないという問題点がある。近年では、衛星を利用した海上風推定が可能となり、風向・風速データを得ることが困難であった海域においても、空間的な風向・風速分布が観測可能となった。しかし、衛星を利用した海上風推定では空間・時間分解能が低く、構造物のある海域や沿岸域における推定は困難である場合が多い。そこで本研究では、時間分解能の高い波高・周期データを使用し、海上風の推定を行う手法について検討した。

2. 研究方法

(1)データ観測地点

本研究では、新潟沖、第二海堡、アシカ島、神戸港、小松島、荊田、玄界灘の7地点において、NOWPHASによって観測された波浪・海上風データを用いて海上風を推定する。

(2)使用データについて

本研究において用いるデータは、NOWPHASの2001年1月1日から2006年12月31日までに2時間間隔で測定されたものである。海上風の推算の検討においては、データの整理より2004年1月1日から2004年12月31日までの1年間の波浪データ(波高, 周期), 風データ(風速, 風向)を使用した。比較の実測値として使用した海上風の風速と風向は同じ地点で行われているが、観測地点の高さは場所によって異なっている為、べき法則を用いて地上10mにおける基準風速へと換算している。

(3)海上風の推定手法について

海上風を推定する為に Huang らによって提案されている SMB 法を用いた。さらに、Toba の $3/2$ 乗則から海上風を推算した。使用した式を表-1 に示す。しかし、Toba の $3/2$ 乗則では、係数を決定する必要があるが、従来の方法²⁾では最小二乗法により係数を決めていたが、この係数の値により、海上風推定の精度が著しく変化する可能性がある。そこで、本研究では係数の設定に対して従来の方法だけではなく、新しい手法として平均二乗誤差 (RMSE) を最小にする手法の検討も行う。

(4)Toba の $3/2$ 乗則の係数の決定について

Toba の $3/2$ 乗則の係数の決定にあたっては従来の最小二乗法によるものと図-1 に示されるように、 B を 0 から 0.1 まで変化させた場合に推定値と実測値の RMSE の誤差が最小となるよう

*Examination of ocean wind estimating technique using SMB method and Toba $3/2$ -power law by Yuya TAKAHASHI and Kazuya WATANABE

表-1 波浪推算式

提案者	波浪推算式	各諸元
Huang	$\frac{gH_s}{U_{10}^2} = 0.26 \tanh \left[\left(\frac{1}{f_m U_{10}} \right)^{3/2} \frac{(3.5g)^{3/2}}{10^2} \right]$	g : 重力加速度 (m/s ²) H _s : 波高 (m) U ₁₀ : 海上10mの風速 (m/s) f _m : 波浪スペクトルのピーク周波数 (Hz)
Toba	$\frac{gH_{1/3}}{U_*^2} = B \left(\frac{gT_{1/3}}{U_*} \right)^{3/2}$	g : 重力加速度 (m/s ²) H _{1/3} : 有義波高 (m) U ₁₀ : 海上10mの風速 (m/s) T _{1/3} : 有義周期 (Hz) B : 係数

に B を決定したケースの 2 種類について検討した。ここでは一例として 7 地点の中で海上風推定手法により推定値の差の大きかった苅田における検討を示す。

3. 結果の比較と考察

海上風の実測値と推定値の比較を図-2、図-3、図-4 に示す。それぞれの相関係数を表-2 に示す。Toba の 3/2 乗則で海上風を推定した図-2、図-3 を見ると推定値が実測値に近い値を示しており、適切に海上風を推定できていると考えられる。これらとは逆に、SMB 法で海上風を推定した図-4 を見ると推定値は実測値に比べて小さくなる傾向がみられ、適切に海上風が推定できるとは言えない。表-2 のそれぞれの相関係数を踏まえて、Toba の 3/2 乗則と SMB 法での海上風の推定を比較すると、Toba の 3/2 乗則での推定の方が有効であると考えられる。

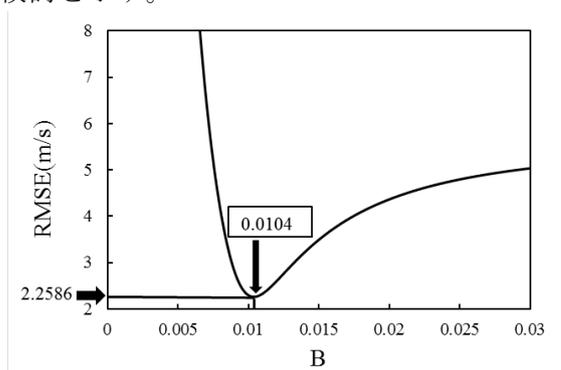


図-1 RMSE を使用した係数 B の決定

表-2 実測値と推定値間の相関係数

Toba		SMB
RMSE	最小二乗法	
0.85	0.86	0.79

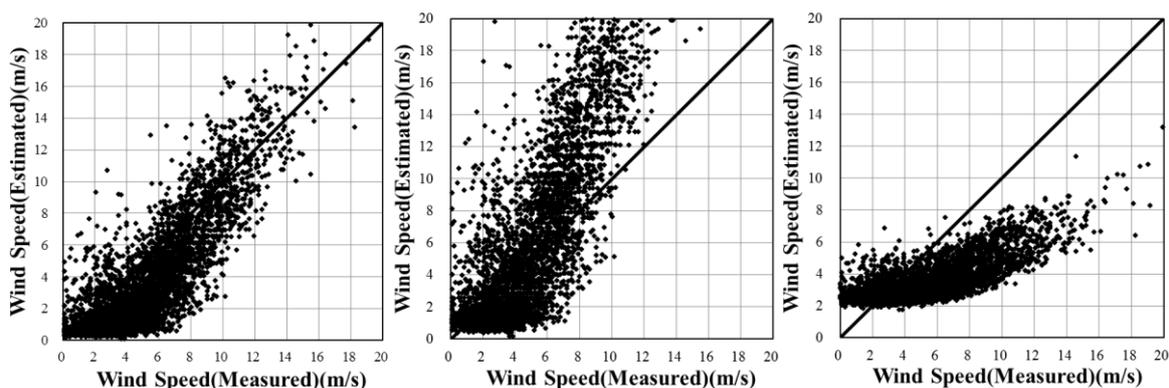


図 2 Toba3/2 乗則(新方法) 図 3 Toba3/2 乗則(最小二乗法) 図 4 Huang の SMB 法

参考文献

- 1) Weimin Huang, Shicai Wu, Eric Gill, Member, IEEE, Biyang Wen, and Jiechang Hou : HF radar wave and wind measurement over the Eastern China Sea, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol.40, No.9, 2002.
- 2) 後藤智明・末次広児・小舟浩治：海上風の抵抗則と風波の発達則，海岸工学論文集，第 37 巻，pp.170-174,1990.

Long-term morphological change on Darang Coast, Vietnam

Nguyen Trong Hiep¹ Hitoshi Tanaka² Yuta Mitobe³ Nguyen Trung Viet⁴ Vo Cong Hoang⁵

1. INTRODUCTION

Darang River mouth is located in Tuyhoa City, south central Vietnam. Recently, the erosion of shoreline in this area has been becoming serious. Figure 1 shows the location map of study area. This river pours into Pacific Ocean at Da Rang River mouth which is located in Tuyhoa City, central Vietnam, about 400km northeast of Hochiminh City.

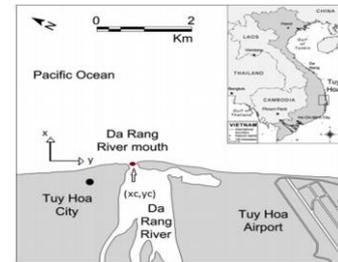


Figure 1. Study area

In this research, by utilizing the Satellite (Landsat Image) images acquired from U.S. Geological Survey (USGS) database from 1988 to 2015. All the images had taken has been already rectified to the WGS-84 (World Geodetic System – 84. Detected shoreline positions, wet-dry line, are extracted from rectified satellite images in direction along the beach based on the difference of color intensity of water and land sides. Afterwards, based on the detection shoreline data, analysis has been done to observe the formation of both sides of the river mouth by using even and odd method. This analysis shows the symmetric or anti-symmetric formation of the sand spits which is happening due to the shifting of the river mouth in several time intervals.

2. RESULTS AND DISCUSSION

2.1 Shoreline Change

In order to make more details on the shoreline variation of entire study area, amount of shoreline accretion or erosion, Δy is evaluated and shown in Figure 2. The amount of shoreline accretion or erosion is obtained when subtracting value of all shoreline position data sets by the value of the first shoreline position data set. That calculation is expressed by equation (1)

$$\Delta y(x, t) = y(x, t) - y_0(x) \quad (1)$$

where y_0 is the first shoreline position data set (March, 20, 1988)

2.2 Temporal variation of center point

To apply the Even&Odd method, the center point or known as the narrowest point should be decided. However, the river mouth changes in various periods and the center point is only almost stable for a short period. As a consequence, figure 3 showing the temporal variation of the center point indicates the intervals that the center point can be obtained for each interval time.

(1) Undergraduate Student, Water Resources University, Hanoi, Vietnam

(2) Professor, Department of Civil Engineering, Tohoku University, 6-6-06 Aoba, Sendai 980-8579, Japan

(3) Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Tohoku University, 6-6-06 Aoba, Sendai, 980-8579, Japan

(4) Associate Professor, Water Resources University, Hanoi, Vietnam

(5) Graduate Student, Department of Civil Engineering, Tohoku University, 6-6-06 Aoba, Sendai 980-8579, Japan

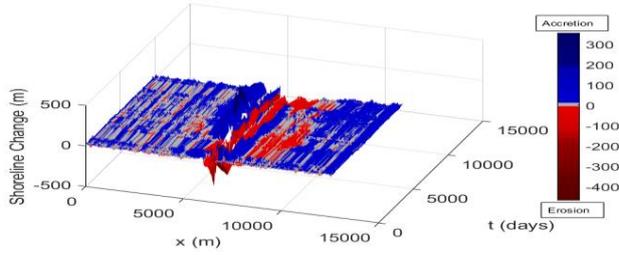


Figure 2. Shoreline change , Δy (m)

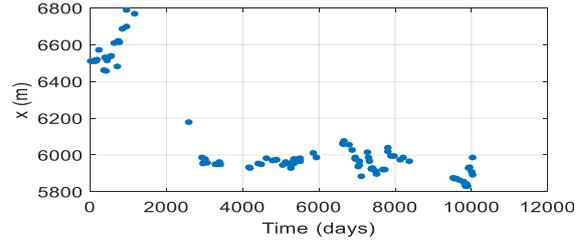


Figure 3. Temporal variation of center point (x_C, y_C)

2.3 Even&Odd Analysis

The total shoreline change $f(x')$ at an alongshore distance $x' = x - x_C$ from the inlet is composed of an even (symmetric) component, $f_E(x')$ and an odd (asymmetric) component, $f_O(x')$:

$$f(x') = f_E(x') + f_O(x') \quad (2)$$

Where $f_E(-x') = f_E(x')$ and $f_O(-x') = -f_O(x')$. The even and odd components are extracted from the total (measured) shoreline change expressed by:

$$f_E(x') = \frac{f(x') + f(-x')}{2} \quad (3) \quad f_O(x') = \frac{f(x') - f(-x')}{2} \quad (4)$$

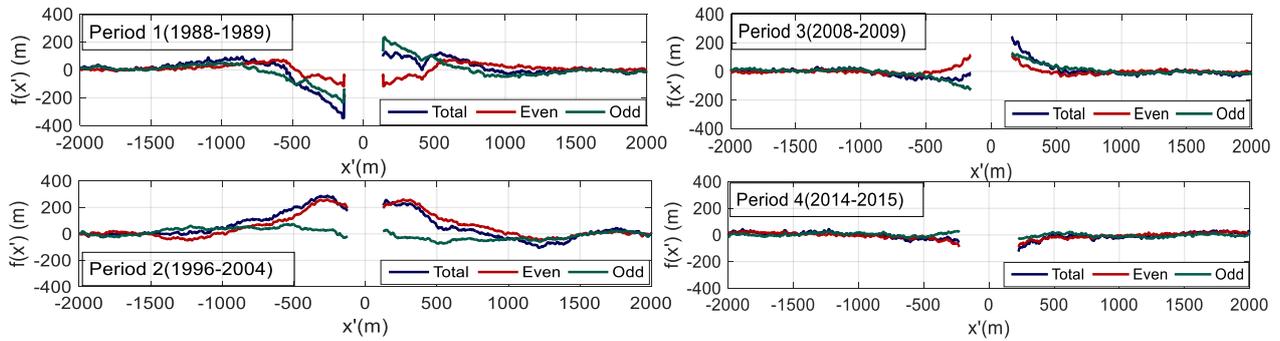


Figure 4. Darang Even&Odd analysis

In the period 1,3, it can be seen that the shoreline of the sandspit located in the right side of the river mouth increases while that of the left side decreases; as a result, the predominant process is odd or asymmetric. In the period 2,4, the phenomenon are differing that during the interval 1996-2004, the shoreline of both sides of the river mouth advanced whereas in the time from 2014-2015, the trend of shoreline near the river mouth is reduction. That indicates the even or symmetric formation of the river mouth in that periods.

3. CONCLUSION

Through the analysis, the formation change of both side sand spits can be observed. And river mouth position and sand spits shape change has a strong relationship due to the simultaneous occurrence of phenomena.

4. REFERENCES

- Hallermeier, R.J. (1981). Sediment Management at Inlets. *Coastal Engineering*, Vol. 6(3), pp38-42.
- Rosati, J.D. and Kraus J.D. (1997). "Interpretation of Shoreline-Position Data for Coastal Engineering Analysis" Coastal Engineering Technical Note CETN-IV-10, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Application of Simulating Waves Nearshore (SWAN) model for wave simulation in Gulf of Thailand

Wongnarin Kompor¹, Hitoshi Tanaka²

Chaiwat Ekkawatpanit³, and Duangrudee Kositittiwong³

Abstract

Evaluation of ocean wave is important matter for human in coastal area. Understanding characteristic of ocean wave such as ocean wave height can use to determine the fishing area for fishermen, evaluate the coastal erosion, determine ship transportation in ocean and evaluate the ocean wave energy which is the new source energy in recent year for example.

There are some researches which studied and implemented a simulation of ocean wave height in Gulf of Thailand e.g. Kanbua et al. [1] who implemented the significant wave height in the Gulf of Thailand during Typhoon Linda 1997 by Wave Model (WAM) and Neural Network Approaches, Wannawong et al. [2] studied the wave energy potential in 2011 by numerical model (SWAN model) at Gulf of Thailand, Kositittiwong et al. [3] simulated the significant wave height by wind-wave model called Waves Model (WAM) in Gulf of Thailand 2011 for computational fluid dynamics simulation based on Navier-Stokes equation, Thanathanphon et al. [4] developed an operational wave forecasting system for Gulf of Thailand by using SWAN model.

Thus, simulate the ocean wave height by numerical model is presented in this study. The numerical model used in this study is Simulating Waves Nearshore (SWAN) model, which is the third generation wave model and based on wave action balance energy equation. The implementation of the SWAN model, which running between January and December 2014 (1-year), is used the wind data from the Navy Global Environmental Model (NAVGEM) dataset reanalyzed 10 m winds over Gulf of Thailand (GoT) with 6-hourly time step. The bathymetry dataset used in SWAN model is ETOPO1 which provide by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). The model covers the area 99°E to 103°E and 11°N to 14°N. The results from SWAN model is compared with the near real time satellite significant wave height from Jason-2 satellite. The scatter plot of observed data with modelled data, spatial comparison along satellite track, comparison the wind speed between observed and modelled data from NAVGEM and monthly validation statistic are presented in this study.

The results from time series show an agreement between observed and modelled data. However, some time series show error. This error is probably due to various times of observed data when compared. The results of this study is a preliminary step to find the wave energy potential in Gulf of Thailand and will be used as input data in Computational Fluid Dynamics (CFD) model to generate the ocean wave energy.

¹Master Student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi Bangkok, Bangkok, Thailand

²Professor, Department of Civil Engineering, Tohoku University, 6-6-06 Aoba, Sendai 980-8579, Japan

³Lecturer, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi Bangkok, Bangkok, Thailand

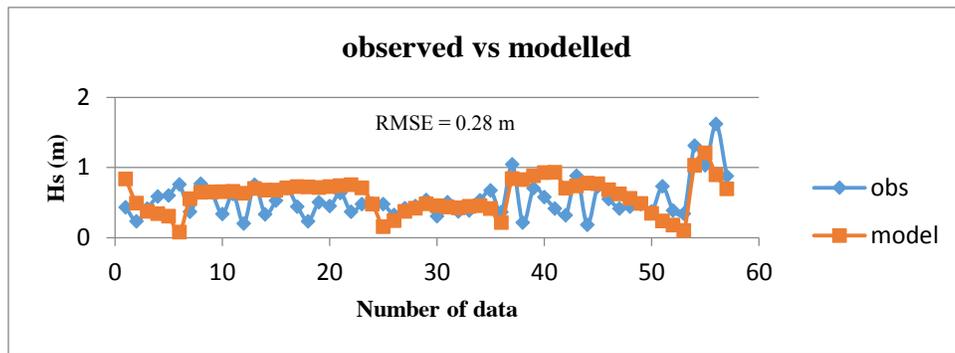


Fig.1 Graph comparison between observed and modelled data

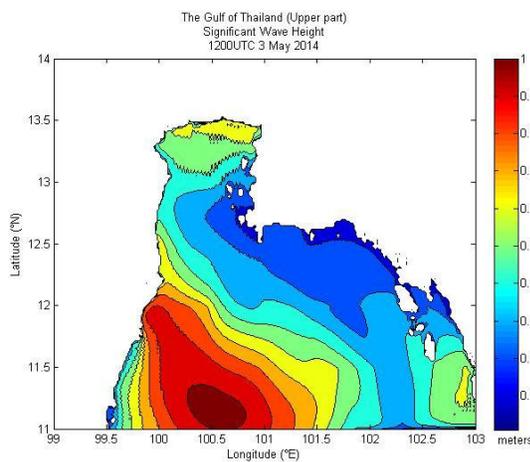


Fig.2 Significant wave height in the Gulf of Thailand

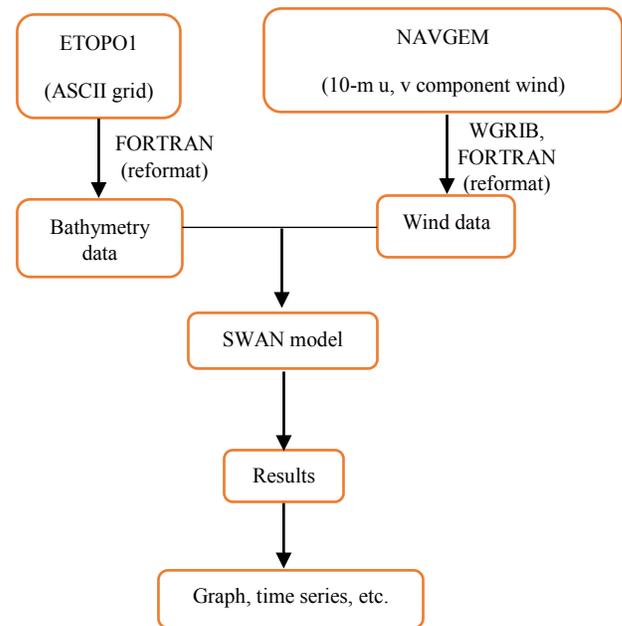


Fig.3 Procedures

References

- [1] Kanbua W., Suphatarid S., and Tang M., “Ocean wave forecasting in the Gulf of Thailand during Typhoon Linda 1991 : WAM and neural network approaches”, ScienceAsia (2005), pp. 243-250
- [2] Wannawong W., Ekkawatpanit C., and Kosigitiwong D. “Assessment of wave energy resource from the deep sea to the coastal area of Gulf of Thailand”, Grand Renewable Energy, Tokyo, Japan, 27 July-1 August
- [3] Kositgittiwong D., Ekkawatpanit C., Wannawong W., “Numerical simulation of ocean waves for hydropower generation in Thailand”, Proceeding of the 19th IAHR-APD Congress, 2014, Hanoi, Vietnam
- [4] Thanathaphon W., Wannawong W., Srisomphon P., Bunyaanuneat S., “Development of an operational wave forecasting system for the Gulf of Thailand by using simulating waves nearshore (SWAN) model”, National Convention on Civil Engineering 20th”, 8-10 July, Chonburi, Thailand

Temporal variation of shoreline positions on Cua Dai beach, Vietnam

Dinh Van Duy¹, Hitoshi Tanaka², Yuta Mitobe³, Nguyen Trung Viet⁴

1. Introduction

Vietnam has a coastline of 3260km, which offers a great opportunity for economic development, but also poses a pronounced challenge to the disaster prevention and mitigation. Though, the erosions of beaches are commonly observed at many places, there are few studies on the erosion of coastal areas. Viet et al. (2014) pointed out the mechanism of seasonal erosion of sandy beach on the right hand side of the Cai River mouth, in Nha Trang City, central part of Vietnam. Duc et al. (2012) analyzed the evolution and physical mechanism of the erosion at the estuary areas of the Red River system, northern part of Vietnam caused by the unequal distribution of river sediment. As for the basin of Thu Bon River and Vu Gia River, Nam et al, 2014; Loan and Umitsu, 2011 conducted researches regarding to the flood assessment, land use changes, environmental changes, etc.,

The main purpose of this study is to investigate the temporal variation of shoreline positions at Cua Dai beach in recent years through the satellite image analysis. The shoreline change rate at Cua Dai beach is also briefly introduced.

2. Study area and data collection

This study focuses on the Cua Dai River mouth (Hoi An City, Quang Nam province, central part of Vietnam) and its adjacent coast (Figure 1). Cua Dai River mouth is where the Thu Bon River flows into the Pacific Ocean. The Thu Bon River (152km in length) has the average annual discharge of about 327m³/s.

This study utilizes satellite images from Google Earth. Images are available in 2002, 2004, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 and 2015. All images are rectified to WGS-84 (World Geodetic System – 84). The line measured 144.94 degree counter clockwise from the North is selected as the baseline and the point which has coordinates 217289.08 E and 1754078.07 N on WGS-84, is selected to be the origin ($x=0m$) for measurements done in this research. Shorelines positions are extracted from rectified images every 1m along the coast. Shorelines positions are not eligible for tidal correction due to the lack of capture time.

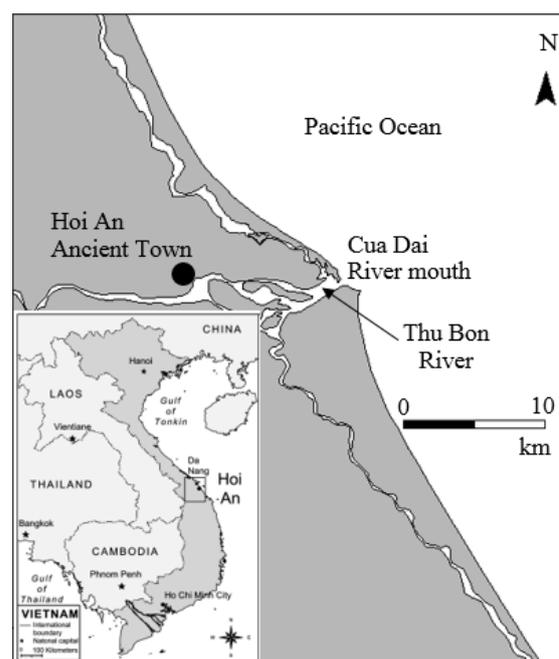


Figure 1. Location map of study area

¹ Graduate student, Department of Civil Engineering, Tohoku University, 6-6-06 Aoba, Sendai 980-8579, Japan

² Professor, Department of Civil Engineering, Tohoku University, 6-6-06 Aoba, Sendai 980-8579, Japan

³ Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Tohoku University, 6-6-06 Aoba, Sendai 980-8579, Japan

⁴ Associate Professor, Thuyloi University, 175 Tay Son, Dong Da, Hanoi, Vietnam

3. Results and discussion

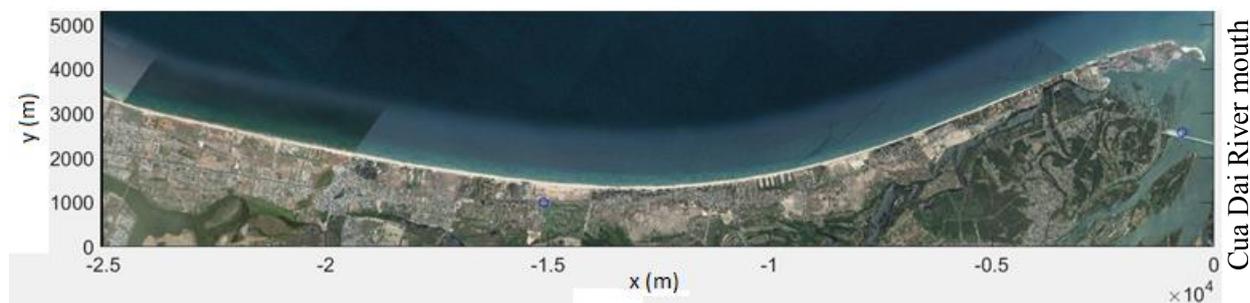


Figure 2. Northern part of the study area

The study area includes the Northern and Southern parts of the beach. Figure 2 shows shoreline shape of the Northern part which extends 25km from the river mouth. The shoreline change rate of this area is presented in figure 3.

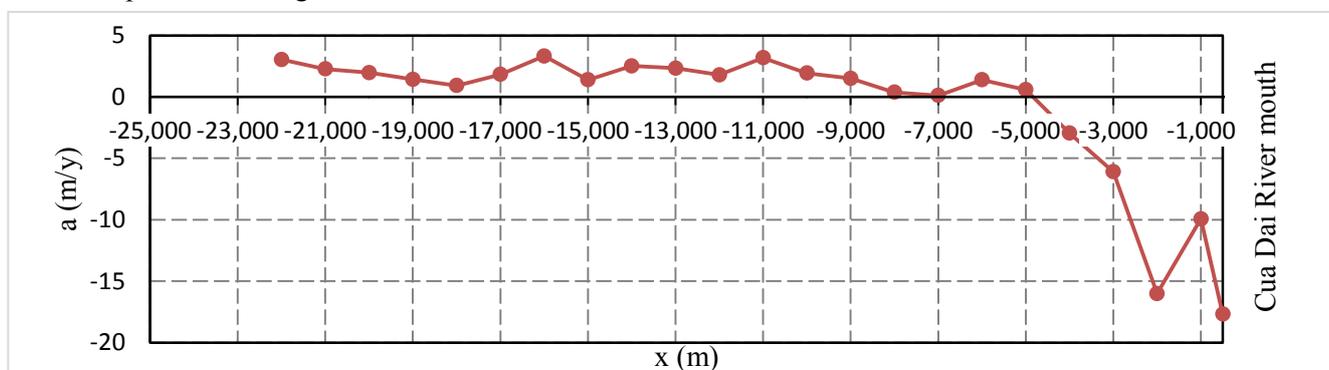


Figure 3. Shoreline change rate

Figure 3 represents the shoreline change rate in the Northern beach of Cua Dai River mouth. As can be seen from the figure, the shoreline near the river mouth retreats significantly (approximately 17m per year) while the the advance of the shoreline can be observed in the area far from the river mouth (roughly 3m per year). Specifically, the erosion zone expands to about 5km from the river mouth. At about 5km from the river mouth, the shoreline starts to advance downcoast. It can also be concluded from figure 3 that longshore sediment movement is predominant. Therefore, one-line model can be applied as a first approximation to discuss the delta development and erosional process.

4. References

Duc, D. M., Nhuan, M. T. and Ngoi, C. V. 2012. "An analysis of coastal erosion in the tropical rapid accretion delta of the Red River", *Vietnam. Journal of Asian Earth Sciences*, Vol. 43(1), pp. 98-109.

Nam, D. H., Mai, D. T., Udo, K. & Mano, A. (2014). "Short-term flood inundation prediction using hydrologic-hydraulic models forced with downscaled rainfall from global NWP", *Hydrological Processes*, Vol. 28(24), pp. 5844-5859.

Loan, H. T. K. & Umitsu, M. 2011. "Micro-landform classification and flood hazard assessment of the Thu Bon alluvial plain, central Vietnam via an integrated method utilizing remotely sensed data", *Applied Geography*, Vol. 31(3), pp. 1082-1093.

Viet, N. T., Duc, N. V., Hoang, V. C., Tanaka, H., Uu, D. V., Tung, T. T., Lefebvre, J. P. and Almar, R. 2014. "Investigation of erosion mechanism on Nha Trang Coast, Vietnam", *Proceedings of the 19th IAHR-APD Congress*.

DSM の自動作成による 2011 年津波時の沿岸被災把握

東北大学災害科学国際研究所 武田 百合子・有働 恵子・越村 俊一

1. 研究の目的と背景

近年、リモートセンシング技術は急速に進化しており、衛星画像から迅速、簡便に地表面高さのデータ Digital Surface Model (DSM)を作成することが可能となってきた。これらを活用し、災害時において迅速かつ簡便に地表面の変化をとらえることができれば、被災地域や被災状況を推定するにあたり極めて有効なツールとなる。しかしながら、これまで衛星画像を用いた DSM による災害状況把握についての十分な検証は行われておらず、効果的に活用されていないのが現状である。本研究では、DSM による迅速な被災状況把握の手法を開発するため、2011 年の東北地方沖地震津波により甚大な被害を受けた仙台湾南部海岸を対象に、リモートセンシングソフトウェア ERDAS IMAGINE Photogrammetry によって作成した DSM と数値標高モデル 5m メッシュ DEM を比較することにより、作成した DSM の妥当性を検証し、災害被害把握への有効性を評価することを目的とする。

2. 使用データと研究の方法

2006 年 12 月 28 日と 2011 年 4 月 10 日に仙台湾で観測された ALOS/PRISM 直下視・後方視の衛星画像データ (図-1a, 1b) からそれぞれ DSM を作成し、(以下 DSM2006, DSM2011 と記す) 2 時期の DSM の差から 2011 年津波による被災状況の把握を試みた。DSM 作成に使用した ERDAS IMAGINE では、空中三角測量に必要な画像情報および RPC ファイル補正のための地上基準点(GCP)の設定後は、ステレオモデルの構築から DSM 作成まで自動処理され、総作業時間 90 分程度で作成が可能である。作成した DSM の妥当性の検証には、東北地方整備局から提供された 2006 年および 2011 年のレーザー測量に

よる数値標高モデル 5m メッシュ (以下, DEM2006, DEM2011 と記す) を使用した。DSM から地物の高さを含んでいない DEM を差し引いた残差は, DEM を地面の基準とした建物や樹木等の高さのみならずことができ, その残差特性からは土地被覆状況の把握が可能である。作成した DSM から DEM の標高値を差し引いて残差を算出し, 残差分布を国土地理院 20 万分の 1 土地利用図 (図-1c) に基づいて被覆別に分類し, 被覆状況と残差特性の比較を行った。

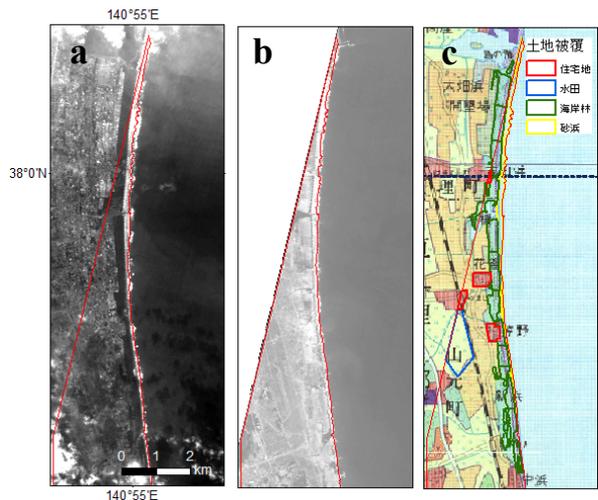


図-1 a)2006 年 12 月 28 日および b)2011 年 4 月 10 日撮影 ALOS/PRISM 衛星画像, c)国土地理院 20 万分の 1 土地利用図

3. DSMによる津波被災把握の結果

2006年および2011年についてそれぞれDSMからDEMを差引いた残差について、土地被覆別にヒストグラムを作成し、その妥当性を確認した。次に、DSM2011からDSM2006を差引いた残差特性から被災状況の把握を行った。図-2に示す海岸林領域では-4m以上となる特徴的な残差が出現した。2011年3月12日に撮影された空中写真との比較を行ったところ、残差分布により抽出した被災域と同じ領域において海岸林が被災しておりDSMによる被災把握が妥当であることを確認した。一方、水田や砂浜など地物の存在しない低平地においては妥当な結果が得られなかった。既往研究においては衛星画像の輝度値の変化が乏しく画像間の対応点が取りにくいことが影響しているという報告もあり¹⁾、これが原因の一つと考えられる。土地被覆が砂浜に分類される領域のDSMはDEMに相当する。そこで、DSM2011と被災前のDEM2006との残差特性から砂浜侵食状況の把握を試みた。図-3に示す互理海岸(吉田浜地区)には、平均T.P.6.2 mの堤防が存在していたが津波により破堤し、また堤防陸側が侵食され水路が形成された²⁾。DSM2011とDEM2006との残差では堤防付近で-2.0 mから-10.0m程度の侵食がみられ、この被災状況を把握することが可能であった。以上から、被災前後ともにDSMを用いた残差特性からは土地被覆状況を反映した海岸林の被災状況の把握が可能であり、被災後のDSMと被災前のDEMとの残差特性からは津波による砂浜侵食状況の把握が可能であることを確認した。

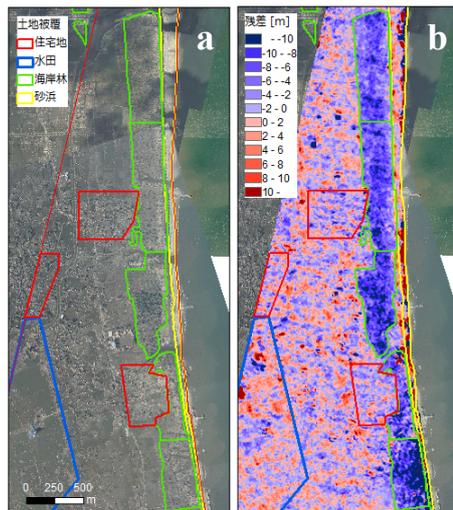


図-2 a)2011年3月12日撮影空中写真
b)自動作成DSM2011からDSM2006を差引いた残差分布

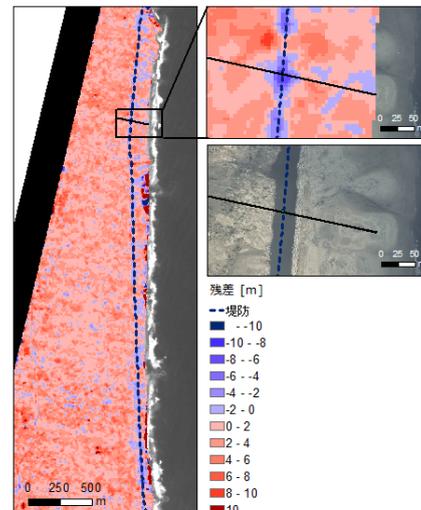


図-3 DSM2011からDEM2006を差引いた残差分布における海岸堤防付近の侵食と2011年3月12日撮影空中写真。青色破線は堤防位置を示す。

4. まとめ

被災前後のDSMの残差により海岸林の被災状況を把握することには有効であったものの、地物が存在しない低平地では妥当な結果が得られなかった。日本のように被災前のDEMが存在する地域では被災前のDSMの代わりにDEMを代用することで被災状況の把握が可能であることを確認した。

参考文献

- 1) 池田良生, ALOS/PRISM 画像を使用した標定精度および DSM 精度の検証, 写真測量とリモートセンシング 48(2), 2009.
- 2) 有働恵子, 武田百合子, 田中仁, 真野明: 東北地方太平洋地震津波による宮城県仙台湾南部海岸の海浜変形特性, 土木学会論文集 B2(海岸工学), vol. B2-69, 2013.

日本全国の降水長期変化特性に関する研究

東北大学工学部 森田 興輝

東北大学災害科学国際研究所 有働 恵子

1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル第5次評価報告書(IPCC AR5,2013)によれば、地球温暖化によって気温や海水温、海面水位の上昇のほかに降雨特性の変化も予測されている。

海面上昇や降水特性の変化は、流砂系にも影響を及ぼす。海岸においては既にダムや砂防堰堤による河川の土砂の堰き止め、コンクリート骨材としての砂利の採取などが主たる要因となって砂浜が侵食されており、将来の気候変動による流砂特性の変化は海岸に重大な影響を及ぼす可能性がある。海岸侵食への適切な対応策を講じるためには将来の海面上昇による砂浜消失に加えて河川からの土砂の流入量を正確に予測する必要がある。本研究では河川からの土砂供給量の予測に向けて、レーダー・アメダス解析雨量のデータを用いて日本全国における過去の降水長期変化特性を明らかにし、過去の土砂流出量との関係を明らかにすることを目的とする。

2. 研究手法

使用するデータとしては、(財)気象業務支援センター発行のレーダー・アメダス解析雨量のデータを用いた。このデータは日本全域を1kmメッシュに細分化し、各メッシュ地点の1時間降水量を30分ごとに記録したものである。解析雨量はアメダスの地上雨量計を用いた補正が行われたものであり、過去数十年分の広域データが整備されている。このデータを用いて5kmメッシュで各年の年降水量および降雨強度を計算し、年毎の変化の傾向を調べた。降雨強度とは、瞬間的な雨の強さを1時間あたりに換算した雨量である。

土砂流出量と降水の関係を知るためのデータとして、土砂生産量強度マップ(岡野ら,2004)を使用した(図-1)。このマップは2000年度末における全国46ダムの貯水池堆砂実績データから貯水池に流入したと考えられる流入土砂量(堆積量換算)を算出したものである。このデータと年降水量および降雨強度を比較した。

3. 結果

年降水量の例として2014年の年降水量を図-2に示す。図より北陸地域、近畿地方南部、四国南部、宮崎県周辺の降水量は多く、北海道や瀬戸内海近郊の降水量は少なくなっている。また土砂生産量強度と年降水量を比較すると、降水量の多い地域ほど比流下土砂量も多くなっていた。

集会時には、降水特性と土砂生産量の定量的な関係について発表する。

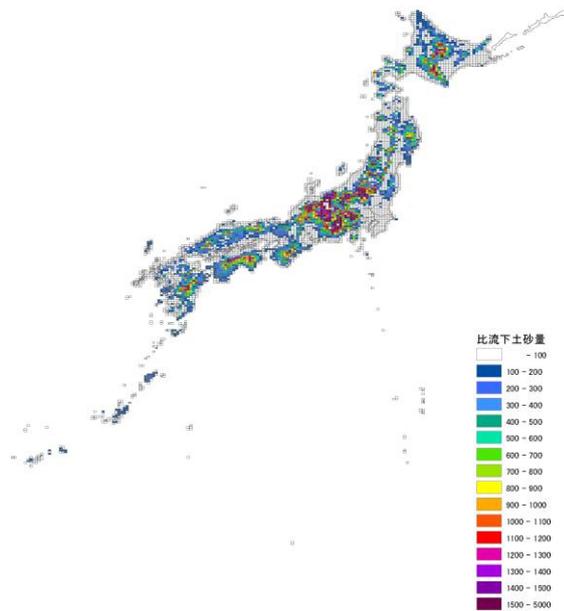


図-1 土砂生産量強度マップ (岡野ら,2004)

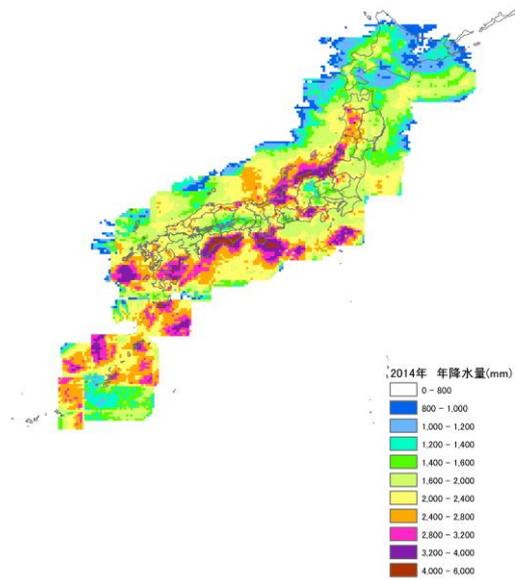


図-2 2014年 年降水量

参考文献

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate Change 2013: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by T.Stocker et al., Cambridge Univ. Press, New York., 2013.

岡野眞久・高柳淳二・藤井隆弘・安藤明宏：ダム貯水池流入土砂量に基づく堆砂管理についての考察 -土砂生産量強度マップの開発の事例-, ダム工学, 14(3), 167-176, 2004

H27 年東北豪雨に伴う渋井川の洪水再現計算

東北大学工学部 杉井伸之

東北大学災害科学国際研究所 呉修一, 有働恵子

1.はじめに

H27 年 9 月 9 日から 11 日にかけて、台風 17 号、18 号の豪雨の影響で鳴瀬川水系渋井川の堤防決壊に伴う洪水氾濫が大崎市古川西荒井地区で生じ、住宅の床上・床下浸水や農地の冠水などの大きな被害が生じた。土木学会の平成 27 年 9 月鳴瀬川水系渋井川豪雨災害調査報告によると、渋井川と多田川の合流部の背水効果により、渋井川の水位が上昇し堤防が浸透破壊したものと推測されている¹⁾。本洪水氾濫による建物の大破や流出等の甚大な被害は生じなかった。しかし今後本洪水よりも大きい洪水が起こり、建物流出の被害が出る可能性を検討する事は極めて重要である。本研究では、渋井川の洪水の再現計算を実施することで洪水氾濫メカニズムや背水効果の定量的評価に加え、渋井川流域で起こりうる可能最大洪水の評価や洪水波が建物に与える可能最大流体力の評価をすることを目的とする。

2.研究手法

(1)対象流域

鳴瀬川は宮城県の中北部に位置しており、本研究の対象流域は鳴瀬川(下中の目～三本木橋)、多田川、渋井川である(図-1)。渋井川は一級河川鳴瀬川水系多田川の支流であり、流域面積約 18.6 km²,河道長約 14.3 km である。



図-1 対象流域

(2)データ

本研究では H27 年 9 月の洪水を再現するが、洪水氾濫モデルのキャリブレーションは、H23 年 9 月の出水を対象としモデルの地質・地形・流出パラメータを調節する。モデル入力雨量として渋井川流域雨量を気象庁解析雨量の H23 年 9 月 20 日 9 時から 3 日分、H27 年 9 月 10 日から 3 日分を使用した。渋井川流域の雨量の当時の状況は、9 月 10 日 23 時頃から降雨強度が増し、11 日 3 時 30 分頃まで豪雨が続いた。水位に関して、鳴瀬川水位は国土交通省の水文水質データベースから、多田川水位は宮城県から入手した。当時の渋井川は水位が観測されておらず、H27 年 9 月の水位データは存在しない。H23 年 9 月の渋井川の水位データ(西荒井水位観測所)を宮城県から入手した。河川横断面形状は、鳴瀬川(26.0km~35.7km)、多田川(0.0km~3.5km)において国土交通省東北地方整備局から、多田川(3.5km~8.1km)、渋井川(0.0km~2.2km)において宮城県からそれぞれ入手した。対象流域付近の 10m メッシュ標高データ、土地利用データは ESRI 社提供のデータを使用した。

(3)洪水氾濫計算の概要

本研究で使用する洪水氾濫計算には、降雨流出計算、河道部の洪水追跡計算、洪水氾濫計算の3つのモジュールが存在する。降雨流出計算では渋井川流域雨量を入力値としてKinematic Wave²⁾法に基づき降雨流出量を算定した。流域パラメータについては、表層土層厚400mm、流出係数0.4、マンニングの粗度係数0.1を一例として与えている。河道部の洪水追跡計算においては上流端境界条件として既定流量一定値を与え、下流端境界条件として鳴瀬川の水位を与えた。初期条件は、仮想計算から定常状態に近い河川状況を作成し使用した。河川の横断面形状は実測が存在する箇所は実測値を与え、不明な箇所は仮想的な矩形断面を与えた。河床の粗度係数は全河川統一として0.03を設定し、降雨流出解析で得られた流量を渋井川への横流入量として、1次元不定流の式を解いている。その後、河川からの氾濫流を2次元不定流の式を用い計算を行う。

3.計算結果の一例

降雨流出解析結果の一例を図-2に示す。9月11日の未明から降雨が強くなり、それに伴い渋井川の流量も増加した。最大流量は9月11日4:00の25.9 m³/sであり、雨量は4:00を境に減少しそれに伴い流量も逡減

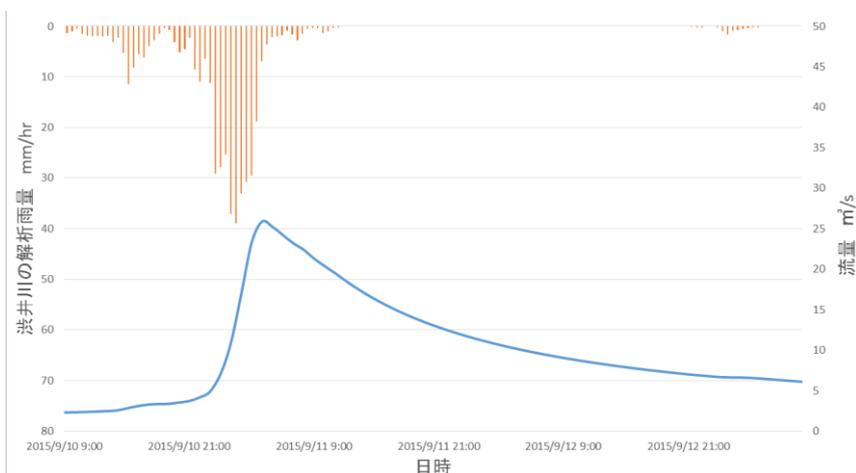


図-2 渋井川の雨量と計算流量の時間変化

している。本計算結果は速報であり、パラメータ等のキャリブレーションは不十分である。ピーク流量や波形等は今後変更になる可能性がある点に注意されたい。

4.まとめ

本研究ではH27年9月東北豪雨により洪水被害が生じた渋井川の流量状況を降雨流出計算より算出した。研究集会ではこの計算した流量のみならず、河道部の洪水計算(1次元洪水解析)、洪水氾濫計算(2次元氾濫解析)の結果および可能最大洪水、可能最大流体力についての解析結果を発表する。

参考文献

- 1) 呉・森口・馬淵・堀合・小森・渡辺・松林 平成27年9月渋井川・渋川・名蓋川・大江川豪雨災害調査報告(第2報), 2015年11月8日
http://donko.civil.tohoku.ac.jp/FieldSurvey20150910/PDF/ShibuiRiver_ver2.pdf
- 2) 呉・山田 表面流の発生機構を考慮した斜面多層降雨流出計算手法に関する研究 土木学会論文集, 第49巻, 2005年2月

研究発表（8）9題

司会：柴山 明寛

第二会場：杉妻会館 百合

仙台高等専門学校校舎を対象とした人工社会モデルによる 災害時の避難行動に関する検討

仙台高等専門学校 飯藤將之

仙台高等専門学校 本郷 哲

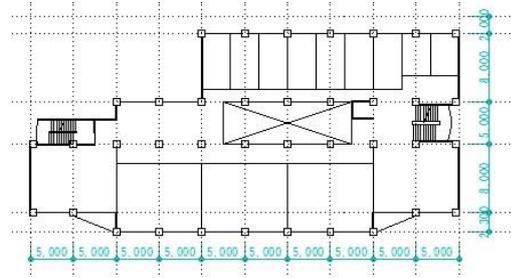
仙台高等専門学校本科学士 黒田瑛里佳

1. はじめに

仙台高等専門学校・名取校（以下、仙台高専と略す）では、1年に一度、地震や火災を想定した避難訓練を実施したが、その訓練から学校が設定している経路が推奨されるべきものかどうかを言及することが難しい。本論では、仙台高専の3号棟（総合科学教育棟）を対象として、避難行動のシミュレーションを行い、検討した結果についてまとめる。

2. 3号棟の概要

仙台高専3号棟は、鉄筋コンクリート造5階建てで、東西に50m、南北に最大25.3mとなっている。図1に3～5階のキープランを示す。1学年の人数は約168人であり、2階、3階、4階に、1～3年生の学生のための教室が配置されている。



3～5階

図1 3号棟 キープラン

3. シミュレーションの概要

人工社会モデルの構築に構造計画研究所のartiso3.0を用いた。モデル化にあたり、Universeを校舎全体、空間を各階のフロア、エージェントを人間（学生と教員）とした。この三つの関係を、図2に示すマインドマップをもとに整理した。

		対象		仙台高専3号棟					
避難完了時間	評価値	仙台高専の避難行動シミュレーション	空間	表現	格子空間	初期値	視野		
				要素		学生・教職員	振る舞い	教室=近いドアを選択 出口=近いドアを選択 周囲=人や障害物の確認	歩行速度 位置
				自律的					
				非自律的	壁 階段 机 教室のドア 外へ出るドア				

図2 マインドマップ

対象は、5階建ての建物全体であるが、日中5階にはほとんど人間がいないことから、本シミュレーションでは、空間を1～4階に対応する4層分準備して、4層とも格子モデルで表現する。全層とも、一つのセルを500mm×500mmとして、x方向に0～99、y方向に0～99の座標をもった格子を設定する。エージェントが必ずどこかのセルに存在することになる。尚、z方向は座標0だけとした。非自律的な要素としての障害物（壁、机）ドア、階

段、そしてエージェントがフリーに移動できる領域については、それぞれに RBG 値を定めて、格子モデルで平面図を表現できるようにした。エージェントがフリーに移動できる領域のセルの一つ一つに、避難方向を規定するためのセル高さをもたせた。

4. 3号棟の避難シミュレーション

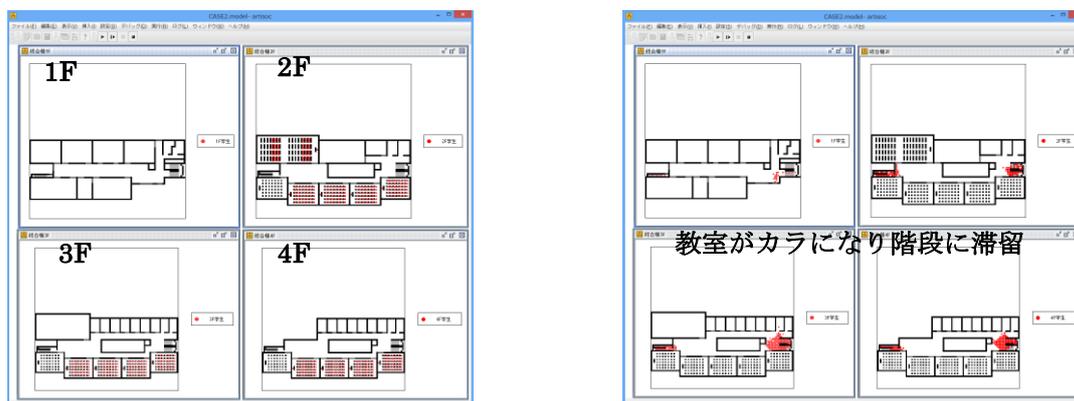
2~4階の教室が授業で満員になっていると仮定して、4階には4×42名=168名の学生と教員4名の合計172名がいるものとし、同様に3階も172名、2階には、172名に加えて大教室に学生72名と教員1名がいるものとして避難シミュレーションを行う。対象エージェントの数は、172名+172名+245名の589名である。

表1にシミュレーションのケースを示す。変数の一つを階段の通行量とし、西：東が1:2の場合と西：東が2:2の場合の2ケースとする。もう一つの変数を階段の選択に基づく避難経路とし、合計8ケースのシミュレーションを行う。表1には避難完了時間も併記する。

表1 シミュレーションのケースと避難完了時間

避難人数	4階 0 : 172	4階 43 : 129	4階 65 : 107	4階 86 : 86
	3階 0 : 172	3階 43 : 129	3階 65 : 107	3階 86 : 86
	2階 73 : 172	2階 116 : 129	2階 138 : 107	2階 159 : 86
階段比	Case-A04	Case-A13	Case-A13'	Case-A22
	10分05秒	7分41秒	6分16秒	6分15秒
西：東=1：2	Case-B04	Case-B13	Case-B13'	Case-B22
	10分07秒	7分26秒	6分21秒	6分00秒

図3に Case-A13 におけるエージェントの動きを示す。(a)が初期状態で、(b)が各階でエージェントが階段に滞留している状態を示している。3階と4階での滞留は、2階踊場での通行量の制限により避けることができない。



(a)初期状態

(b)各階でのエージェント滞留

図3 シミュレーションにおけるエージェントの振る舞い (Case-A13)

5. まとめ

仙台高専 3 号棟を対象に、授業時間を模擬した避難シミュレーションを行った。その結果、1)階下避難を待つエージェントの存在を減すことが重要であること、2)エージェントの適切な分散により避難時間を短縮できること、3)踊場の通行量が避難時間に影響を与えるものの一部例外があること、について発表する。

教員養成課程における学校防災教育-山形大学地域教育文化学部-*

山形大学大学院教育実践研究科 村山 良之

1. 学校防災の科目新設

山形大学地域教育文化学部では、2015年度前期「教員になるための学校防災の基礎」(2単位)が新設され、児童教育コース(小学校教員養成)の入学生に必修科目として設定された。2015-16年度は移行期間で選択科目として開講されている。

教職大学院での実績と学部学生の実態調査結果を踏まえて、授業時数の約半分を地球科学的内容として前半に置き、後半に防災教育と防災管理を置く授業計画とした(表1)。授業担当者として現職教員、山形地方気象台からも支援していただいている。

本報告は、授業実施による成果と課題を明らかにしてさらなる改善を目指すものである。

表1 「教員になるための学校防災の基礎」の授業計画(2015年度実績)

回	テーマ	担当者
01	オリエンテーション	授業の目的・進め方・教員紹介 村山
02	地形学の基礎：地形の成り立ちと災害の痕跡	八木
03	土砂災害	八木
04	地質学の基礎：低地(沖積低地)と台地	八木
05	水害：沖積低地と土地利用	村山
06	地震・津波の基礎	山形地方気象台 太田
07	火山のしくみと火山災害	山形地方気象台 高橋
08	気象の基礎	山形地方気象台 高野
09	気象災害	山形地方気象台 上野
10	学校の防災管理①	前提:ハザード・土地条件 村山
11	学校の防災管理②	学校保健安全法, 東日本大震災の教訓 村山
12	防災教育の実践例①	東日本大震災で明らかになった防災教育の効果 釜石東中, 北六番丁小 村山
13	防災教育の実践例②	教科や特別活動での防災教育, 防災教育計画 村山
14	防災教育の実践例③	防災ゲーム, 道徳 村山
15	学校の防災管理③	学校地域連携, 学校の危機管理 山形市立第七小 齋藤

2. 初年度実施の成果と課題

2015年7月末、授業の最後にあたり、設問項目を設けずに受講生の感想と来年度に向けて改善すべき点を求めた。10分程度で書かれた文章において、以下のような反応が得られた。感想

*School-based Disaster Education and Management in the Teacher-training Course in Yamagata University by Yoshiyuki Murayama

の総数は 39 で、以下に示す感想の例の一部は簡略化等の改変が加えてある。

まず、授業全体に対しては、ほとんどから肯定的な評価を得ることができた。自らの意識の変化に言及したものや、開講されたことへの感謝を書き込んだものが複数ある。

前半に配置した地球科学的な内容に言及した者が多くあり、肯定的な感想が 15 であるのに対して、否定的な感想が 16 で肯定的な感想の数を上回った。

否定的とは、「難しかった」というものがほとんどである。なかには、「最初に難しい話が入ったことで、大切な話になるまえにこの講義をやめてしまった人がいたためもったいなく思った。」というものもある。反対に、肯定的な感想の例を 1 つあげる。「授業の序盤で地形や地質の講義があったことで、後半の防災の授業がよりわかりやすくなりました。地形や地質が異なるために、同じ災害が発生しても受ける被害やその規模がちがうということを理解することができました。この理解があったからこそ、学校ごとの危機管理マニュアルを作成することの大切さにも気がつくことができました。」授業者の意図がうまく伝わったことになる。

じつは同じ受講生の感想のなかに、肯定的と否定的の両方が書き込まれた感想が 9 ある。すなわち否定的な感想 16、肯定的な感想 15 のうち、それぞれ 6 割弱ないしちょうど 6 割がこれにあたる。たとえば、「地形を理解する大切さ、災害が起こるメカニズム等、防災をする意味や方法を具体的に理解することができたと思います。少し不満を言うのであれば、内容が難しすぎ（以下略）」、「地学の知識も、難しい点はあったが、地盤の固さや水の流れなどを考えて自分の住んでいる場所について考えられるようになって良かった。」といった内容である。

前半の地球科学的な内容が難しいという反応は計画段階で予想されたことであり、授業内容について气象台の方々を含む担当者間で確認していた。すなわち、2014 年度児童教育コース学生の実態調査結果（高校で文系 84%、地理選択 23%、地学選択 17%）から、中学校レベルの知識を前提に授業することとしていたが、授業においてさらにかみ砕くなどの工夫が必要であることがわかった。

一方で、肯定的な感想をとまなうものも多くあることは、このような授業の構成で成果があったと解釈できよう。そして、一部の感想にもあるとおり、前半を学ぶ意義、前半と後半の繋がりについて、提示すべきである。前半の知識が自校化（ローカライズ）の土台でありひいては学校防災の鍵であることを、オリエンテーション段階で、ていねいに説明する必要がある。

授業の内容については、後半の充実を求めるものが複数あり、また、一方的な講義ではなく受講生の活動を組み込むことや各授業のまとめやふりかえりの時間を十分取ることなどの授業方法の改善を求めるものが 6 人あった。受講生が活動する場面を授業に組み込むことは、本授業計画段階で考慮していたが、今年度はほとんど実現できなかった。改善に努めたい。

最後に、外部講師（气象台予報官や小学校長）による授業に対して、肯定的に言及したものが 9 ある一方で、否定的なものはなかった。上記のとおり、外部講師についてとくに回答を求めたものではなく、全体の感想のなかであえて述べられたことを勘案すると、専門家や現場の方々による授業がいかに受講生に強く響いたかがわかる。外部講師による授業担当は、来年度以降もぜひとも継続したい。

名取市立下増田小学校における学校防災の実践

名取市立下増田小学校 牛草 学

1・はじめに

東日本大震災後、学校では多様な課題に直面した。児童生徒の安全確保、地域防災の拠点としての役割など、地域の特性に応じた学校防災の推進が強く求められている。宮城県では、「みやぎ学校安全基本指針」が策定され、東日本大震災の復旧期から再生期へと入った。専門家や地域施設などを活用した防災・減災を目指す授業カリキュラムの開発、町内会、自主防災組織など既存組織を生かした地域関係者との連携促進が目指されている。

筆者は、現勤務校において東日本大震災に遭遇し、津波による被災、避難所の運営等の経験をした。さらにその後は、防災主任として、学校内および地域と連携した学校防災に取り組んできた。被災経験を踏まえ、現勤務校において同僚とともに実践した取組について報告する。

2・防災教育

2.1 避難訓練の改善

避難訓練の想定に、地震発生から津波警報の発表までを含み、各段階における避難行動等の訓練を計画・実施した。児童には、学校内で自分がいる場所に応じた避難行動を身に付けるとともに、掲示物によって避難行動と避難場所が確認できるように生活環境を整備した。児童だけでなく教職員にも予告しない避難訓練も行った。教職員の判断力および対応力の向上を目指して、突然の避難経路閉鎖や怪我人発生を含む訓練とした。また、軽微な地震発生時には、児童の避難行動および教職員の組織活動の確認を行った。これは最適の訓練と捉えられる。

2.2 学習単元の開発

4年生の総合的な学習の時間において、地名の由来や地域の特性を学び、自然災害から身を守る行動を考える学習単元が開発されている。「みやぎ防災教育副読本」の活用に合わせて、防災教育と各教科・道徳・特別活動との関連を整理した年間計画を作成した。また、被災地における復興教育の単元開発が模索されている。筆者が2013年に6年生を担当した時には、復興のために地域で尽力している人々に焦点を当て、総合的な学習の時間において学習単元の開発を行った。現地調査によって地域で活動する人々の想いや願いに触れ、児童自身の未来への期待を含めた下増田地区の将来像を描く学習を行った。

3・防災管理

3.1 登下校時の巡視マニュアルの作成・運用

児童の登下校時において、津波警報または注意報が発表された際、学区内を教職員が巡視し、

児童の安全確保および避難誘導を行うマニュアルを作成した。津波から逃れるための建物（避難ビル）がない学区南部を重点区域とした。登校した児童の人数確認や安全確保も想定に含んでいる。しかし、登校時は教職員の出勤と重なり、限られた教職員で運用するという困難な課題が残されたままである。そのため、台風や大雪等、他の自然災害時にも適用し、マニュアルの実行性を高めるよう改訂を重ねている。

3.2 備蓄物資の確保・管理

東日本大震災後、3ヶ月ほどで学校内の避難所が閉鎖された。避難所に保管された食料や飲料水、毛布等を引き継ぎ、学校内に保管し備蓄物資とした。合わせて、市教委の許可を受け、名取市に寄せられた救援物資を優先的に確保した。備蓄物資の管理については、一覧表を作成の上、校舎3階に保管し、長期休業期間に消費期限の確認や一覧表の改訂を行っている。これまで、津波警報の発表や豪雨災害の危険から避難所を開設した際、または避難所開設が予想された際に、備蓄物資およびその一覧表が活用された。

4・組織活動

4.1 避難ビル

津波警報が発表された際に利用出来る避難ビルを学区内から抽出し、所有者からの許諾を受け、緊急避難できる建物として一覧表にまとめた。建物は3階建以上であることを原則とし、児童が認識できるように「津波SOS」の表示を建物の入り口等に掲示した。児童には、夏休み前の集団下校訓練時に、実地での指導を行っている。東日本大震災の以後、児童の保護者および地域住民にも周知を図る機会を設けている。

4.2 下増田地区総合防災訓練の実施

下増田小学校区における、地震・津波を想定した避難・引き渡し訓練の計画を立案し、実施した。この訓練では、名取市防災安全課および下増田公民館と連携することで、町内会や消防団といった地域にある既存組織の協力を得ることができた。現段階では、参加者の多くは学校に在籍する児童とその保護者である。一部、学校に隣接する仮設住宅の住民の参加もあった。

5・おわりに

2012年12月7日17時18分、三陸沖の深さ49kmでM7.3の地震が発生し、宮城県に津波警報が発表された。多くの人々の帰宅時と重なり、学校前の道路は避難する車で大渋滞となった。卒業生である中学生は、部活動を終え、帰宅途中で下増田小学校に避難した。避難所運営マニュアルにより、再び教職員による避難所が開設された。19時20分、津波警報が解除された後、避難した人々が帰宅した。しかし、中学生の処遇に苦慮した。保護者への引き渡しを行うのか、自力で帰宅させるのか。結果的に中学生一人ひとり個別に対応し、全生徒の帰宅を確認した。この機会を経て、中学校区に所在する学校が合同で防災訓練を行う必要があるという意識が高まった。地域で生活する児童・生徒の安全は、学校だけで実現することはできない。小中学校相互に、地域と連携した学校防災の取組を模索しているところである。

防災教育の視点から見る中学校社会科地理的分野

山形大学大学院教育実践研究科 黒田 輝

1. 問題と目的

(1) 問題の所在

東日本大震災の経験を踏まえて、文部科学省は 2012 年「学校防災マニュアル（地震・津波被害）作成の手引き」を作成し、学校現場における安全管理体制の見直し推進を支援している。また文部科学省は、同年「学校防災のための参考資料—『生きる力』を育む防災教育の展開」（改訂版）を提示した。その展開例において、中学校では、地理的分野において学習指導要領の記述に関連して防災教育の取り扱いが期待されている。同様に小学校第 3 学年及び第 4 学年の社会科、および高等学校の地理 A においても、防災教育に関する指導計画作成が望まれている。発達の段階に応じた系統的な防災教育を、通常の教科教育のなかで推進することが求められている。

(2) 研究の目的

平成 27 年検定版の中学校教科書では、東日本大震災の経験を踏まえて、自然災害や防災の内容が以前よりも充実しているとされる。とくに、社会科の地理的分野（以下地理）ではその変化が注目される。そこで本研究では、直前の平成 23 年検定版と平成 27 年検定版の中学校地理教科書の比較を行う。明らかになった中学校地理の教科学習における自然災害や防災の取り上げられ方やその変化から、中学校地理を中核としたこれからの通常の教科教育で展開される防災教育を展望することを目的とする。

2. 方法

平成 27 年度、山形県内のうち 14 市町村 49 の中学校で帝国書院発行「社会科 中学生の地理 世界の姿と日本の国土」（以下「帝国書院教科書」）が、他の 21 の市町村の 52 の中学校では東京書籍発行「新しい社会 地理」（以下「東京書籍教科書」）が採択されており、山形県内の中学校の地理教科書は、上記 2 社で占められている。全国的にも、この 2 社の教科書の採択率は高い。そこでここでは、平成 23 年及び平成 27 年検定版の帝国書院教科書と東京書籍教科書を取り上げ、以下の 4 つの項目を設定して比較することとする。

①太字の単語（キーワード） ②小単元（節）のページ数 ③コラムや追究、地理的技能に関する記述 ④自然災害及び防災に関する記述

上記 4 項目で両教科書の比較を行い、地理的分野において防災を追求するのに適した単元を見出す。その際に自然災害や防災に関して、記述に増加が見られた箇所や新たに加わった内容について、考察を行う。

3. 結果 —教科書記述の変化—

*Natural disasters in the textbooks of geography for junior high school in Japan by Hikaru Kuroda

表1 帝国書院「社会科 中学生の地理 世界の姿と日本の国土」の記述分析

学年	第1部 世界のさまざまな地域					第2部 日本のさまざまな地域				
	1章	2章	3章	4章	5章	1章	2章	3章	4章	5章
平成27年検定版	①	12語(0)	19語(0)	7語(0)	7語(0)	18語(0)	78語(7)	78語(4)	78語(0)	6語(0)
	②	13語(0)	24語(0)	86語(0)	9語(0)	10語(0)	34語(0)	94語(0)	18語(0)	18語(0)
平成27年検定版	③	4語(0)	7語(0)	24語(0)	3語(0)	4語(0)	5語(0)	57語(3)	8語(0)	8語(0)
	④	特になし	特になし	干ばつ(2)、火山(2)、地震(2)	特になし	特になし	地震(16)、津波(7)、冷害(3)、干ばつ(1)、ハザードマップ(1)、台風(6)、噴火(7)、自然災害(8)、山くずれ(2)、土砂くずれ(1)、洪水(7)、防災(5)、高潮(2)	地震(4)、津波(3)、ハザードマップ(6)、台風(4)、噴火(12)、自然災害(9)、土砂くずれ(2)、洪水(11)、防災(11)	特になし	特になし
平成27年検定版	①	18語(0)	26語(0)	101語(1)	特になし	19語(0)	100語(15)	117語(3)	117語(0)	10語(0)
	②	12語(0)	18語(0)	73語(0)	9語(0)	13語(0)	35語(0)	98語(0)	10語(0)	10語(0)
平成27年検定版	③	4語(0)	9語(0)	23語(0)	7語(0)	7語(0)	14語(0)	40語(8)	8語(0)	8語(0)
	④	特になし	特になし	地震(3)、洪水(2)、ハリケーン(1)、自然災害(1)、自然災害(13)、山くずれ(1)、土石流(1)、洪水(4)、防災(8)、高潮(1)、減災(3)、自防(2)、共防(3)、公防(2)	特になし	特になし	地震(38)、津波(9)、冷害(1)、干ばつ(1)、ハザードマップ(10)、台風(5)、噴火(5)、自然災害(13)、山くずれ(1)、土石流(1)、洪水(4)、防災(8)、高潮(1)、減災(3)、自防(2)、共防(3)、公防(2)	地震(27)、津波(12)、冷害(4)、台風(7)、噴火(8)、自然災害(1)、洪水(3)、防災(8)	特になし	特になし

表2 東京書籍「新しい社会 地理」の記述分析

学年	第1部 世界のさまざまな地域					第2部 日本のさまざまな地域				
	1章	2章	3章	4章	5章	1章	2章	3章	4章	5章
平成27年検定版	①	19語(0)	31語(0)	74語(1)	7語(0)	76語(6)	71語(1)	71語(1)	71語(0)	71語(0)
	②	14語(0)	20語(0)	55語(0)	13語(0)	34語(0)	73語(0)	16語(0)	16語(0)	16語(0)
平成27年検定版	③	7語(0)	10語(0)	28語(0)	5語(0)	10語(0)	18語(0)	5語(0)	5語(0)	5語(0)
	④	特になし	洪水(2)、山くずれ(1)、土砂くずれ(1)	干ばつ(1)、ハリケーン(1)、噴火(1)	特になし	地震(8)、津波(4)、冷害(2)、山くずれ(3)、防災(5)、自然災害(7)、山くずれ(1)、土砂くずれ(2)、洪水(2)、防災(9)、高潮(2)、津波(2)、津波(1)、土石流(2)	地震(8)、津波(6)、冷害(1)、山くずれ(3)、防災(5)、自然災害(7)、山くずれ(1)、土砂くずれ(2)、洪水(2)、防災(9)、高潮(2)、津波(2)、津波(1)、土石流(2)	地震(19)、津波(5)、防災マップ(1)、台風(4)、噴火(7)、土砂くずれ(2)、洪水(3)、防災(2)	地震(3)、津波(3)、ハリケーン(3)、土砂くずれ(3)、自然災害(4)、山くずれ(2)、茶(2)、防災(1)、地震(3)、新設(1)	特になし
平成27年検定版	①	17語(0)	28語(0)	65語(1)	14語(0)	72語(5)	86語(0)	86語(0)	86語(0)	86語(0)
	②	18語(0)	22語(0)	70語(0)	12語(0)	37語(0)	85語(0)	16語(0)	16語(0)	16語(0)
平成27年検定版	③	5語(0)	18語(0)	25語(0)	8語(0)	12語(0)	33語(0)	11語(0)	11語(0)	11語(0)
	④	特になし	特になし	ハリケーン(1)、噴火(1)、噴火(1)、干ばつ(1)、山くずれ(1)、ハリケーン(1)、山くずれ(1)、洪水(2)	特になし	噴火(1)、地震(47)、津波(19)、防災マップ(5)、防災マップ(1)、ハザードマップ(4)、台風(5)、噴火(7)、土砂くずれ(2)、洪水(5)、自然災害(4)、山くずれ(1)、土石流(1)、地震(3)、新設(1)	地震(19)、津波(5)、防災マップ(1)、ハリケーン(1)、山くずれ(1)、土砂くずれ(1)、ハリケーン(1)、山くずれ(1)、洪水(2)	地震(3)、津波(3)、ハリケーン(3)、土砂くずれ(3)、自然災害(4)、山くずれ(2)、茶(2)、防災(1)、地震(3)、新設(1)	特になし	特になし

自然災害についての記述では両社とも第1部(世界)よりも第2部(日本)記述が多い。中でも第2部2章及び3章において具体的な記述が多い。平成27年検定版で防災に関する記述が大きく増えている。とくに、地震に関する観点の記述が両社とも大幅に増加している。自然災害の種類に関しては記述の増加は見られないものの、ハザードマップや防災といった観点での記述は増加している。また、第2部3章で扱われている日本の諸地域の学習にもコラムを中心に自然災害や防災に関する記述の増加が見られ、特にコラムにおいては防災の観点から記述されたものが新設されている。

地域に根差した防災教育のための教材開発*

－大崎市立岩出山小学校の事例－

東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

1. はじめに

東日本大震災後、学校における防災教育の充実と強化が求められている。また、子どもたちが生活している地元地域の学習材を活用した防災教育は、高い学習効果が期待できる。しかし、自然災害はローカルな自然環境と社会の脆弱性に大きく依存するにも関わらず、地域に根差した防災教育を支援するための教材が数多く存在しているとは言えない。そこで、本報告では東日本大震災後の我が国の学校における防災教育の推進状況を概観するとともに、大崎市立岩出山小学校が開発した地域に根差した防災教育教材の概要を報告する。

2. 学校における防災教育の推進状況

2.1 文部科学省

文部科学省は防災教育の実践研究を通して新しい教育課程・指導方法を開発するための「研究開発学校」として、仙台市立七郷小学校（宮城県）と日野市立平山小学校（東京都）を指定している。研究開発の期間は、平成 25 年度から平成 28 年度までの 4 年間である。

また、「実践的防災教育総合支援事業」として、学校での防災教育に関する指導方法等の開発・普及のための支援事業を全国の都道府県と政令市を対象に募集をかけて平成 24 年度から実施している。宮城県は、平成 24 年度から継続して事業受託者となり、石巻市に再委託して緊急地震速報システムの整備や防災教育の推進を図っている。平成 26 年度の当該事業は、宮城県を含む 2 府 34 県と 4 政令市において実施された。

2.2 宮城県

宮城県は前述した文部科学省の「実践的防災教育総合支援事業」とは別に、「みやぎ防災教育推進協力校事業」を独自に実施し、小中学校における防災教育の推進モデル校を教育事務所管内ごとに指定している。本報告で事例紹介する大崎市立岩出山小学校は、平成 26 年度、27 年度に宮城県から指定された推進協力校の一つである。

また、宮城県は防災教育の充実のために、平成 24 年度から県内全ての公立学校に防災主任を、地域の拠点校には防災担当主幹教諭を、それぞれ役職手当を支給して配置している。平成 26 年度の学校数 694 校に対して、防災主任は 705 名、防災担当主幹教諭は 80 名となっている。

さらに、宮城県教育委員会として平成 24 年 10 月に「みやぎ学校安全基本指針」を策定し、当指針に基づいた「みやぎ防災教育副読本（未来へのきずな）」を平成 25 年度から配布を開始している。

2.3 仙台市

仙台市は「新たな学校防災教育モデル校」として、平成 24 年度から市内の小中学校 18 校を独自に指定して先進的な取組を実践した。なお、モデル校であった七郷小学校が研究開発学校の指定を受けたため、平成 25 年度からのモデル校は 17 校となった。

また、モデル校間における成果の共有と課題解決のための枠組みとして、「新たな学校防災教育推進協議会」が設置され、平成 26 年度まで活動が展開された。太白区では、モデル校の防災主幹、防災主任が中心となり、区内の全ての小中学校の防災主任で構成される「太白区小中学校防災主任連絡協議会」を設置し、モデル校以外への防災教育の普及を図った例もある。

さらに、仙台市教育委員会として、「新防災教育副読本（3.11 から未来へ）」を平成 25 年度から配布を開始している。

*Teaching materials of disaster risk reduction considering place-based education for schoolchildren by Takeshi Sato – In case of Iwadeyama elementary school –

3. 岩出山小学校における防災教育の推進概要

「みやぎ防災教育推進協力校事業」の推進協力校の一つである岩出山小学校では、防災教育の推進に加えて、学校と家庭・地域との連携強化も重要なテーマとしていることから、「学校・地域防災委員会」を設置して地域ぐるみによる防災教育の実践と高度化に取り組んでいる。「学校・地域防災委員会」のメンバーは、岩出山小学校を取り巻く地元地域の多様なステークホルダーで構成されており、岩出山出身者や岩出山小学校の卒業生、関係者も多い。

岩出山小学校は、これまでの研究成果に基づいた自主公開研究会を平成27年11月24日に開催し、「地域を学び、地域を愛する子どもを育てる防災教育」をテーマとしたシンポジウムも同時開催した。この自主公開研究会において、後述する防災教育教材が公表された。

4. 岩出山小学校で開発された地域に根差した防災教育教材

岩出山小学校は、宮城県が編集した「みやぎ防災教育副読本（未来へのきずな）」の活用に加えて、岩出山小学校独自の副読本と位置付けられるような防災教育教材を主幹教諭が中心となり作成した（図1）。その教材は、防災に関する一般論ではなく、岩出山の地域に根差したローカルな情報で構成されている。

歴史編のページには岩出山における災害履歴に関する情報が掲載されており、例えば、明治9年に456戸が焼失した岩出山大火について学習することができる（図1(b)）。また、現代編のページには、台風18号の大雨の影響で平成27年9月11日に発生した渋井川（古川）の堤防決壊による浸水被害の情報に加え、地元の岩出山で発生した土砂災害や浸水被害についても学習することができる（図1(c)）。さらに、この教材には災害だけでなく、岩出山の自然の恵みや魅力に関する情報も掲載されていることから、自然の二面性も併せて学習することができる。



(a) 表紙

(b) 歴史編の情報例

(c) 現代編の情報例

図1 岩出山小学校で開発された防災教育教材

5. おわりに

東日本大震災後、防災教育を含む学校教育において注目度が増しているキーワードとして、「地域に根差した教育、または場の教育（PBE：Place-Based Education）」や、「持続可能な開発のための教育（ESD：Education for Sustainable Development）」がある。共通点は、学習者となる子どもたちにとって身近な地域を学習材とした地域に根差した教育の実践である。地域に根差した防災教育の実践と普及にあたり、学校を支援するための「地域の教育力」が発揮されることが求められる。今後、学校と家庭・地域とが連携した地域ぐるみの防災教育が展開していくにあたり、大崎市立岩出山小学校が開発した地域に根差した防災教育教材や、岩出山小学校の「学校・地域防災委員会」のような枠組みは、他の参考となる好事例の一つと言える。

マルチエージェントモデルを用いた雪害シミュレータの検討と試作*

秋田大学 地域創生センター 水田 敏彦

1. 研究の背景と目的

積雪寒冷地の防災対策を推進するためには冬期間の災害対応が重要となる。特に冬期地震が発生した場合、堆積雪や屋根雪による直接被害の拡大が予想される。さらに、積雪に伴う避難および救助・救急活動といった直後対応には多くの困難が伴う恐れがある。このため日本でも有数の豪雪地帯である秋田県横手市では、地域防災力向上に向けた取り組みとして 2014 年と 2015 年の 2 月に積雪期の地震発生を想定した防災訓練が実施されている。

一方、現行の防災計画は夏期（無積雪）であることを前提としたものが多く、積雪期の災害に関する検討は少ない実情にある。そこで、冬期間における防災上の現状と課題について、横手市役所の危機管理課と消防本部の職員を対象に聞き取り調査を実施した(2013 年 4 月と 2015 年 12 月に実施)。調査の結果、主なものとして以下のようなことが挙げられた。

- ・屋根に雪がある状態の震度に応じた被害の状況を市は想定出来ていない。建物、道路、公共施設、人的の各被害の想定が出来ていない。そのため、救援については考えるところまで達していない。おそらく巨大地震発生時には、除雪自体が無理ではないかと考える。
- ・道路除雪が出来なければ、ほとんどの救助活動に大変な支障が出ると思われる。
- ・屋根雪の重さで家の扉（特に引戸）が動かなくなることがあり、避難等に影響する。また、民家でも非常口（勝手口）は雪で塞がれるところも多く、雪囲いのため脱出口が少なくなる。
- ・積雪時にも迅速に消火活動を行うため、地元各消防団の協力を頂きながら消防水利の除排雪を行っているが、数が多く苦慮している。また、落雪による L P G ボンベ・灯油ホームタンクの本体・配管破損によりガス漏れや灯油漏れが多くなる。建物火災の際、屋根に積雪がある場合、倒壊危険が高いため消火活動には注意が必要である。
- ・地震災害発生時の緊急避難場所は積雪時には雪捨て場となっている。通常の防災計画では積雪時に対応できない。また、避難場所は建物までは除雪がされていると思うが、非常口等はされていないだろう。除雪しない公共施設の駐車場もあることから、有事の際、支援隊に駆け付けてもらっても駐車場の確保に難儀する。
- ・雪があった場合は、企業・会社等でも活動する前に敷地の除雪が必要なため、即支援活動を行なえる状態ではない。
- ・雪崩に関しては想定も出来ないことから、容易に救助に行くことが出来ない。

このように多くの課題が指摘されているが、積雪の影響が全体としてどのようになるかを単純に知ることは難しい。このような相互に影響を与えあうような状況を検討する場合、マルチ・エージェント・シミュレーション¹⁾が有効であると考えられる。そこで、本研究では横手市を事例として取り上げ、マルチエージェントモデルを用いて、雪の影響を考慮可能な地震災害シミュレータの開発を試みることを目的とする。

* Study of snow damage simulator using multi-agent model by Toshihiko MIZUTA

2. 雪害シミュレータの概要

本研究では積雪期の地震を想定した。地震発生後、屋根雪や倒壊した建物の瓦礫が家屋の脱出口や一部の道路を塞ぐ。このような状況で、住民は避難活動を行う。途中、救助要請者を発見した住民は救援するか、避難を続行するか個人の判断で行動し、塞がれている道路や危険な場所は避け、被害の少ない道を通りながら最終的には避難所まで向かう。また、除雪車や重機は救援のため避難所までの除雪や瓦礫の除去等を行う。このようなシナリオを設定してモデルを作成した。

図1は本研究で試作した雪害シミュレータである。エージェントの設計は「住民」「車両（除雪車と重機）」と「建物」「道路」「避難所・避難場所」を定義し、そして被害の状況に応じて生成される「瓦礫」「落雪」「救助要請者」のエージェントをモデル化した。空間のモデル化にあたっては、対象地域は横手市中心部とその周辺とし、セルの1辺を1mとするメッシュ構造の2次元格子モデル、サイズは南北5000×東西4445として構築した。また、コントロールパネル（図1右）により住民や車両の数、速度、除雪能力などの条件を自由に設定できるようにした。

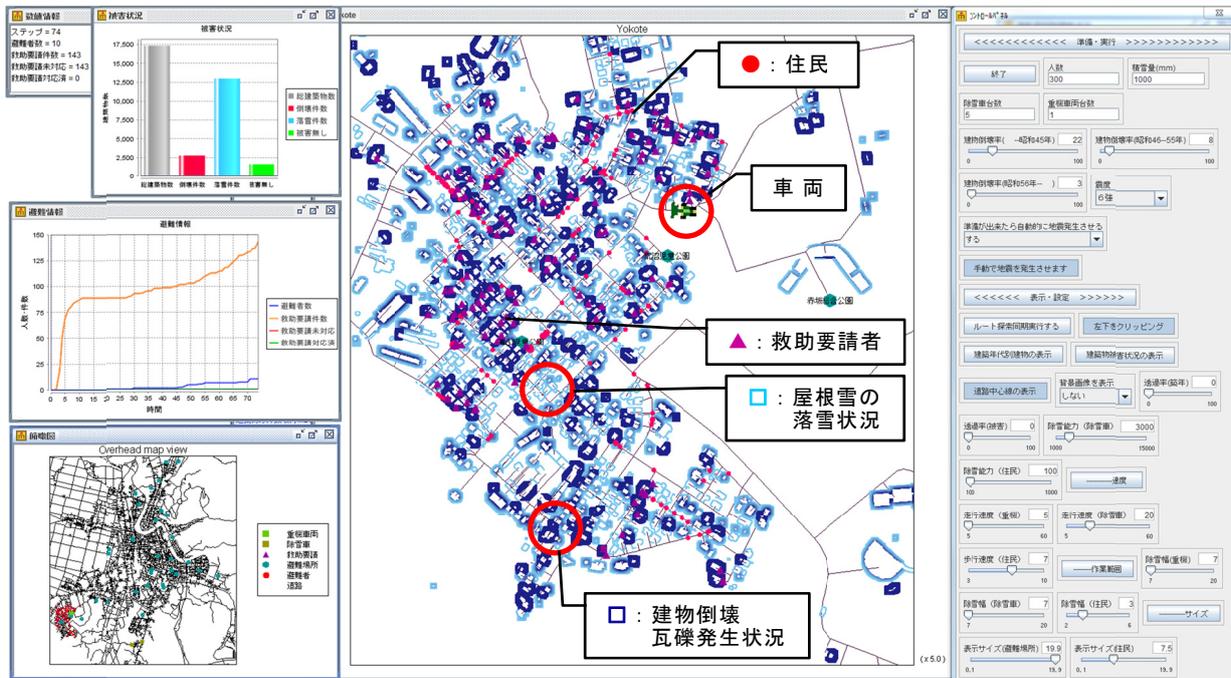


図1 試作した雪害シミュレータ

3. おわりに

本研究では雪の影響を考慮したマルチエージェントモデルを構築し、積雪期地震を想定した災害シミュレータを試作した。今後は、対象地域を山間部へ拡大するとともに、横手市の防災担当者や消防本部職員を交えて妥当性・有効性を検討し、評価を受けて必要な改良を行いたい。

謝辞：本研究は科学研究費補助金（基盤研究（C）15K01258）の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 山影進：人工社会構築指南，書籍工房早山，446pp，2007.

東日本大震災における仙台市の避難実態に基づいた 避難者発生ポテンシャルの評価*

その1：仙台市の町内会住民を対象としたアンケート調査の概要と結果

東北大学大学院 工学研究科 ○木村 宇応
東北大学大学院 工学研究科 濱岡 恭太
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

1. 背景と目的

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、甚大な津波被害を受けた沿岸部に対して、地震動による建物被害が少ない内陸部でも多くの避難者が発生した¹⁾。このことから、避難者発生要因について複合要因を解明する必要がある。

東日本大震災を対象とした避難実態の解明については、アンケート調査によって様々な角度から研究がなされている²⁾³⁾。先行研究では、居住特性や世帯属性による避難割合の違いを定量的に示す結果となった一方で、揺れに対する恐怖心や室内散乱被害など避難との関係が示唆された項目については定量的な関係を解明するまでには至っていない⁴⁾⁵⁾。今回は、これらの項目について定量的に明らかにするために後述する仙台市の小地域を対象としてアンケート調査を行った。その1では、アンケート調査の概要と結果について報告する。

2. 調査手法

仙台市において津波被害がなく、建物被害が軽微であったにもかかわらず多数の避難者が発生した地域である片平地区連合町内会（以下、片平地区と表記）、長町地区町内会連合会（以下、長町地区と表記）を対象としてアンケート調査を行った。調査方法は町内会長に配布を依頼し、後納郵便によって回収した。8,245世帯に配布し、回収数は2,512票（回収率は30.5%）、有効回答数は2,382票で有効回答率は94.8%だった。

アンケート調査票の主な項目は、①回答者属性（性別・年齢）、②世帯属性（世帯人員）、③住居特性（所有形態、構造、築年数）、④震災時における避難有無とその理由、⑤震災前後の家庭内防災対策の変化、⑥震災時の揺れに対する不安度・行動難度・り災証明区分、である。

3. 調査結果

調査結果の一部を抜粋し、以下に示す。

3-1. 回答世帯属性と避難行動のクロス集計結果

図1に回答者の居住形態と避難有無の関係を示す。両地区とも、一戸建世帯では避難割合が15%前後となっているが、共同住宅では片平地区が21%、長町地区が36%と大きな差がみられる。濱岡(2015)によると、小松島地区での避難割合が一戸建世帯で19%と差が見られないが、共同住宅世帯では43%と3地区で異なる結果が示されている⁵⁾。

図2に東日本大震災時の世帯建物築年数と避難の関係を示す。大きな差は見られないものの、建物が古いほど避難割合が大きくなる結果となった。

3-2. 回答者属性と避難行動のクロス集計結果

図3に室内散乱被害と避難の関係を示す。図3から、室内の散乱被害が大きくなるほど避難

*Evaluation of evacuation potential based on actual behavior of residents in the 2011 Great East Japan Earthquake Part1: Overview and the results of the questionnaire survey in Sendai City, by Takanori Kimura, Kyota Hamaoka and Takeshi Sato

割合が大きくなっている。特に、「全く住める状態ではない」と回答した世帯は7割以上が避難を行っていることから、室内散乱被害が避難に非常に大きな影響を与えていることが示された。

図4に世帯のり災証明判定と避難の関係を示す。長町地区では大規模半壊以上、片平地区では半壊以上で多くの世帯で避難行動を行っている。一方で、全壊判定となった建物でも避難行動を行っていないと回答した世帯が多いことは注目すべき点である。

4. まとめ

今回の調査結果では、一戸建世帯と共同住宅世帯の避難割合に差が見られた。共同住宅世帯については、地域差による避難割合の差が示唆される結果となった。また、室内散乱被害の程度、り災証明判定と避難の関係については、正の相関関係が見られる結果を得た。

謝辞。今回、アンケート調査にご協力いただきました片平地区連合町内会、長町西浦町内会、長町一丁目町内会、長町六丁目町内会、長町地藏堂町内会の関係各位に深く感謝の意を示す。

参考文献.

- 1)佐藤健, 戀水康俊, 昆野辰樹: 東日本大震災における仙台市の避難者発生地域特性, 日本地震工学会論文集, 第12巻, 第4号(特集号), 278-287, 2012
- 2)吉森和城, 糸井川栄一, 梅本通考: マンション住民の地震発生後の避難行動とその要因に関する研究—平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震における仙台市マンション住民を事例として—, 地域安全学会論文集, N0.18, 2012.11
- 3)仙台市: 東日本大震災に関する市民アンケート調査, 平成24年3月, http://www.city.sendai.jp/kurashi/bosai/shiryo/_icsFiles/afldfile/2012/04/19/houkokusyo3.pdf, 2015.09.02 現在
- 4)濱岡恭太, 谷端勇紀, 佐藤健: 東日本大震災時の仙台市における避難者発生要因に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 341-342, 2015.9
- 5)濱岡恭太, 谷端勇紀, 佐藤健: 宮城県仙台市の町内会樹民を対象とした東日本大震災時の避難情動の実態に関する研究, 日本建築学会技術報告集, 審査中

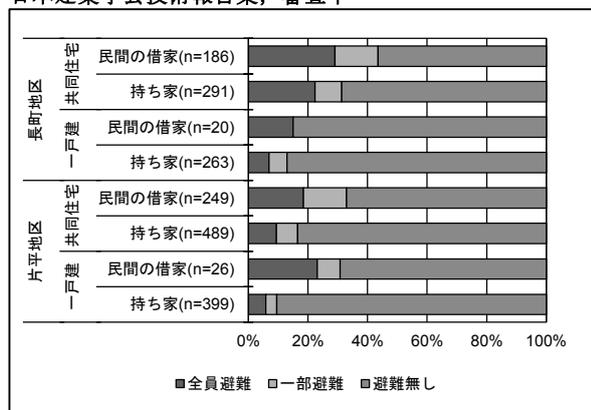


図1. 住居特性と避難の関係

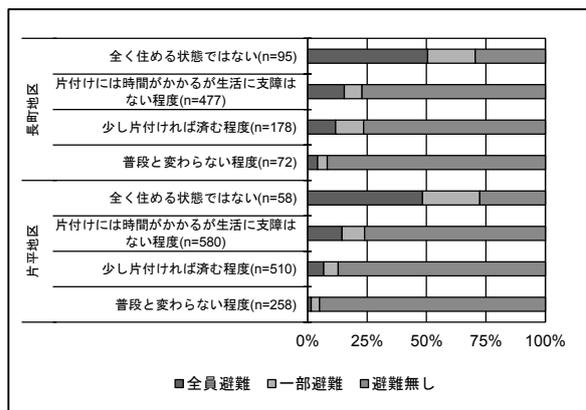


図3. 室内散乱被害程度と避難の関係

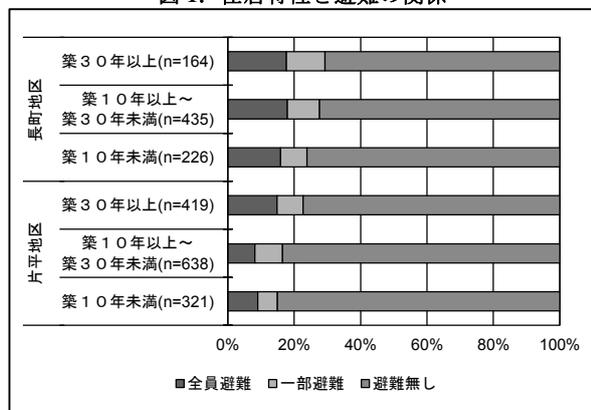


図2. 建物築年数と避難の関係

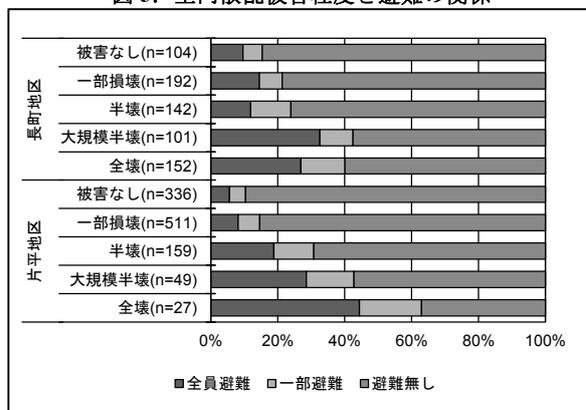


図4. り災証明判定と避難の関係

東日本大震災における仙台市の避難実態に基づいた 避難者発生ポテンシャルの評価*

その2：アンケート結果を利用した避難要因の詳細検討

東北大学大学院 工学研究科 ○濱岡 恭太
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

1. はじめに

その1では、仙台市の町内会住民を対象とした東日本大震災時の避難実態に関するアンケート調査の概要と結果を示した。その2では、アンケート調査結果を利用して避難者発生ポテンシャルについて避難要因の詳細な検討を行う。

2. 分析の目的

避難要因に関しては、先行研究で世帯属性との関係などの検討から、共同住宅居住世帯、中学生より若い子どもがいる世帯（以下、子ども世帯と表記）、単身者世帯、若い世帯が避難割合の高い世帯属性として示唆されたり。本稿では、先行研究におけるアンケート調査と本調査の3地区（小松島地区、片平地区、長町地区）を世帯属性で分類し避難率と避難理由を比較することで、地区別・世帯属性別の特徴を抽出することを目的とする。

3. 分析結果

本稿では、世帯属性別の検討にあたって、回答者全体、災害時要援護者となり得る世帯属性を持つ世帯を除いた世帯（以下、一般世帯と表記）、子ども世帯、65歳以上の人員がいる世帯（以下、高齢者世帯と表記）、単身者世帯の5区分について一戸建て世帯と共同住宅世帯の2つの住居タイプ別に避難率と避難理由の導出を行った。なお、回答者全体以外の区分については、互いの区分の世帯属性を持つ世帯は除いている（例えば、子ども世帯でかつ高齢者世帯の場合、どちらの区分でもカウントしていない）。

3-1. 世帯属性別における避難率の比較検討

表1に、3地区の世帯属性・住居タイプ別の避難率を示す。全体の傾向として、一戸建て世帯よりも共同住宅世帯において避難率が高くなっている。

一般世帯と高齢者世帯では、回答者全体と比較して同等か低い避難率となっている。子ども世帯は、長町地区の一戸建て居住世帯で回答者全体と比較して非常に避難率が高い結果となっている。共同住宅居住世帯では、3地区とも回答者全体に比べて高い避難率となっている。単身者世帯は多少の変動はあるものの、3地区とも回答者全体と大きな違いは見られなかった。

3-2. 子ども世帯の共同住宅居住世帯の避難理由の比較検討

表2に特に避難率の高かった3地区の共同住宅子ども世帯における避難理由を一部抜粋した図を示す。

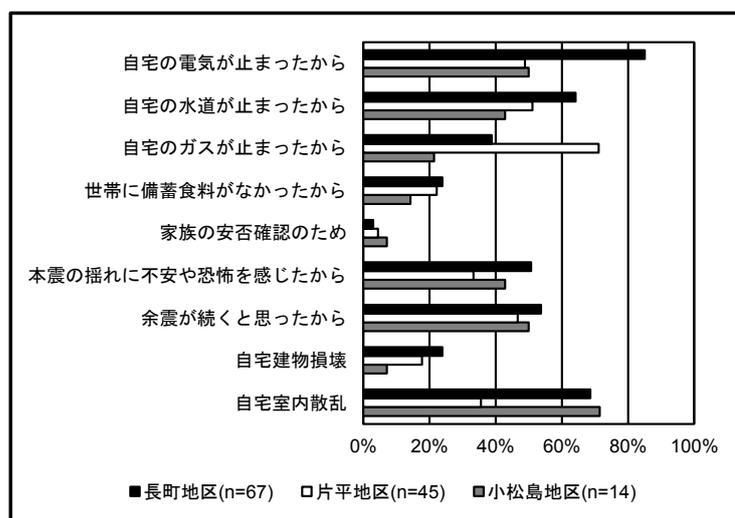
インフラの被害については、電気停止(長町地区 85%、片平地区 49%、小松島地区 50%、以下同順)は長町地区が、ガス停止(39%、71%、21%)は片平地区が避難理由として高い割合となっている。これは、世帯のインフラ特性(オール電化など)が影響していると考えられる。

*Evaluation of evacuation potential based on actual behavior of residents in the 2011 Great East Japan Earthquake Part2: Study of evacuation factors using the survey results, by Kyota Hamaoka and Takeshi Sato

表 1. 3 地区の世帯属性別に算出した避難率

		小松島地区					片平地区					長町地区				
		全員 避難	一部 避難	避難 無し	n	避難率	全員 避難	一部 避難	避難 無し	n	避難率	全員 避難	一部 避難	避難 無し	n	避難率
回答者全体	一戸建て	35	15	220	270	18.5%	31	18	389	438	11.2%	22	16	251	289	13.1%
	共同住宅	35	12	62	109	43.1%	116	89	752	957	21.4%	124	61	340	525	35.2%
一般世帯	一戸建て	6	2	41	49	16.3%	9	4	101	114	11.4%	6	1	61	68	10.3%
	共同住宅	3	4	25	32	21.9%	52	40	312	404	22.8%	40	21	156	217	28.1%
子ども世帯	一戸建て	1	3	21	25	16.0%	3	4	43	50	14.0%	5	4	16	25	36.0%
	共同住宅	11	3	7	21	66.7%	24	21	97	142	31.7%	49	18	79	146	45.9%
高齢者世帯	一戸建て	10	3	88	101	12.9%	11	4	140	155	9.7%	5	6	113	124	8.9%
	共同住宅	3	1	10	14	28.6%	12	11	168	191	12.0%	8	7	36	51	29.4%
単身者世帯	一戸建て	1	2	5	8	37.5%	0	0	6	6	0.0%	1	0	3	4	25.0%
	共同住宅	8	2	15	25	40.0%	6	7	53	66	19.7%	15	5	25	45	44.4%

本震の揺れに対する恐怖心(51%, 33%, 43%)と自宅室内散乱(69%, 36%, 71%)は、片平地区が他の2地区に比べて低い避難割合を示している。対して、自宅建物被害(24%, 18%, 7%)を避難理由にしている世帯は、小松島地区が低い。なお、東日本大震災時の震度は、片平地区、小松島地区が属する青葉区が震度6弱に対して、長町地区が属する太白区が震度5強を記録している²⁾。



4. まとめと課題

本稿では、アンケート調査を行った3地区を対象として避難率と避難理由の比較を行った。先行研究で示唆された共同住宅世帯、子ども世帯の避難率が高いことが確認されたが、単身者世帯では特に大きな違いは見られなかった。共同住宅居住の子ども世帯を対象とした避難理由の検討では、地区ごとの特徴が見られた。今後は、東日本大震災の地震動特性や調査対象地域の地域特性を加味しながら3地区の避難行動との対応関係について検討していく。

表 2. 3 地区の共同住宅子ども世帯における避難理由

謝辞.

アンケート調査にご協力いただいた片平地区連合町内会、長町西浦町内会、長町一丁目町内会、長町六丁目町内会、長町地藏堂町内会、小松島連合町内会の住民の皆様に感謝の意を示します。

参考文献.

- 濱岡恭太, 谷端勇紀, 佐藤健: 東日本大震災時の仙台市における避難者発生要因に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 341-342, 2015.9
- 仙台市, 東日本大震災における本市の被害状況等, <http://www.city.sendai.jp/m/disaster/0311jishin.html>, 2015.12.10 確認

津波に対するオンサイト警報に関する検討*

弘前大学 片岡俊一

弘前大学理工学部 炭田 航

弘前大学理工学部 腰塚優香

1. はじめに

日本では津波警報システムが整備されているが、それ以外にも警報システムを保有することは有益なことだと考えられる。特に警報を出す対象地点周辺のデータを利用した警報システムを考えることは有意義であろう。津波到来前に得られる情報として、警報を出す地点の地殻変動と地震動を利用することを考えた。2011年東北地方太平洋沖地震を対象に、Kamiyama 他¹⁾は GEONET のデータを独自に解析してもとめた地殻変動量と気象庁の津波高さの調査速報の結果を比較し、地殻変動量は津波の警報になる可能性を指摘した。確かに、地殻変動は強震動が終わる時点ではほぼ収束していることから、対象地点の地殻変動が計測できればオンサイト警報となる可能性がある。本報告ではまず、この点について検討する。しかしながら、地殻変動をリアルタイムで得ることは容易でないと思われるので、更に地震動の振幅と津波振幅との関係を検討した。

2. 地殻変動量と津波高さ

本検討では、Kamiyama・他とやや異なるデータセットを用いた。地殻変動量は資料²⁾にある国土地理院が発表した沿岸観測局（以下、GEONET）の変動量一覧を用いた。対象観測局は、青森県の東通から千葉県の館山までの49地点である。一方の津波高さは東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループにより計測された津波痕跡の調査結果（2012年12月29日時点）^{3),4)}を利用した。

GEONET 観測局と津波高さが得られた地点を GIS に展開し、GEONET 観測局からある距離範囲内にある津波高さを平均することで両者の対応をつけた。当初は範囲を2kmとしていたが、津波高さの計測点が GEONET からその範囲にない例や、上記資料で沿岸とされている GEONET 観測局のうち、いくつかは海岸線から2km以上内陸に位置するものがあることから、距離の範囲を広げて津波高さを求めた。

このようにして求めた地殻変動量のうちの沈下量と津波高さとの関係を図1に示す。図から、沈下量と津波高さとは線形の関係があるように見えるが、岩手県北部から青森県にかけての観測点（図に名称が書いてある点）では、沈下量が小さいのに高い津波が観測されている。つまり、沈下量が大きければ高い津波であったが、沈下量が小さくとも津波は来るということになる。さらに、地殻変動量と津波の高さの関係が分かるものとして、2003年十勝沖地震がある。そこで、十勝沖地震の際の関係を調べた。その結果、沈下量が大きくなると津波高さは高くなったが、その度合いは2011年の地震とは異なるものであった。

3. 地震動と津波振幅との関係

地殻変動と津波の高さの両者が既知である地震の数は多くない。そこで、地震動と津波振幅と

* Study on on-site early warning for Tsunami by Shunichi Kataoka, Kou Sumita and Yuuka Koshiduka

の関係を調べてみた。
 気象庁のHPで確認できるデータでは、2001年以降、津波が観測された地震は23あるが、検潮所の近くで強震記録が得られている地震は11であった。このうち、2011年東北地方太平洋沖地震、と千島列島で起きた地震、駿河湾で起きた地震を除く8地震で、検潮所における津波の最大両振幅と地

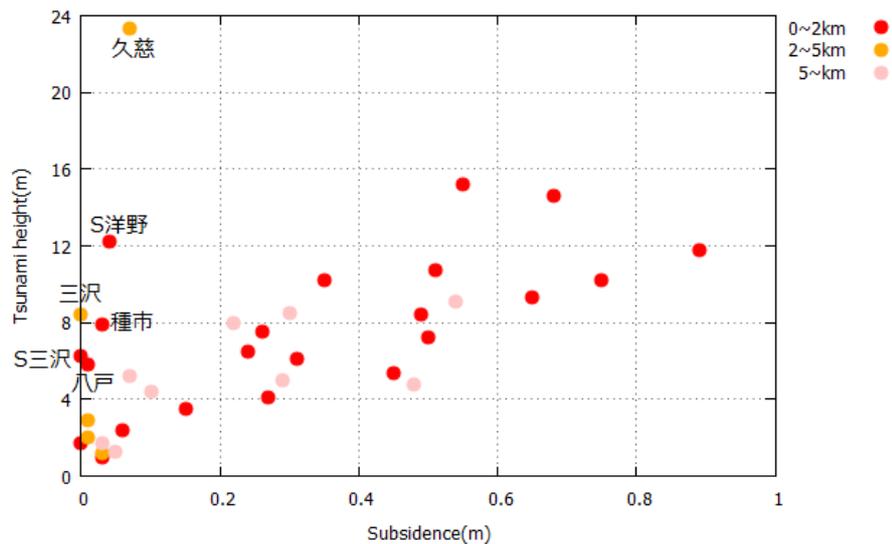


図1 震央および観測点の位置

震動鉛直成分の最大変位との関係を求めた。変位波形は、フリーソフトのSMAD2⁵を用いて加速度記録から積分してもとめた。その際のカットオフ周期は40秒とした。

地震動最大変位と津波振幅との関係は明瞭なものではなかったが、津波振幅の下限は最大変位の10倍（単位は両者cm）で示されるように見えた。この下限を表す経験式は、2011年東北地方太平洋沖地震の際も適用できた。

4. まとめ

津波のオンサイト警報の可能性として、地殻変動量のうちの沈下量と鉛直地震動の最大変位とを取り上げて観測値を用いた検討を行った。現時点では、津波の定量予測は無理であるが、さらに検討を続ける予定にしている。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 26560169 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) Makoto KAMIYAMA, Masata SUGITO and Masumitsu KUSE: Precursor of Crustal Movements before the 2011 Great East Japan Earthquake, Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, March 1-4, 2012, Tokyo, Japan, 226-237.
- 2) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」以降の地震活動の評価，平成26年3月11日，<http://jishin.go.jp/main/chousa/14tohoku/index.htm>
- 3) The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group (2011) Nationwide Field Survey of the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake Tsunami, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Series B (土木学会論文集 B2 (海岸工学)), Vol. 67 (2011), No.1, 63-66.
- 4) 防災科学技術研究所強震観測網：ユーティリティプログラム，Strong Motion Data Analysis Ver.2(SMAD2)，http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/share/utility_top.html

震災アーカイブを利活用するための権利処理のあり方について

東北大学災害科学国際研究所 柴山 明寛

東北大学災害科学国際研究所 Sebastien Penmellen Boret

1・はじめに

東日本大震災では、平成 23 年 6 月 25 日東日本大震災復興構想会議において、復興構想 7 原則の原則 1「大震災の記録を永遠に残し、広く学術関係者により科学的に分析し、その教訓を次世代に伝承し、国内外に発信する」¹⁾との提言が発信され、数多くの震災アーカイブの構築の動きが見られた。例えば、国立国会図書館²⁾や研究機関（東北大学³⁾、東北学院⁴⁾、土木学会⁵⁾など）、メディア関係（日本放送協会⁶⁾、河北新報社⁷⁾など）、民間企業（Google⁸⁾、Yahoo⁹⁾など）、自治体（多賀城市¹⁰⁾、郡山市¹¹⁾、久慈市¹²⁾など）などである。これらの震災アーカイブは、震災記録の収集・公開の目的は多少異なるものの、後世に教訓を伝承する目的は同じである。

震災から 5 年が経過し、これらの震災アーカイブを運営する機関の一部は、震災記録の収集から活用のフェーズに移行しつつある。震災記録の活用方法としては、防災教育や復興ツーリズム、語り部資料などの多種多様な活用方法が模索されている。しかしながら、震災記録を活用する際に大きな障壁となるのが、著作権等の権利処理の問題であり、権利処理がしっかり行われていないと使用が制限されることがある。そこで、本稿では、震災アーカイブを利活用するための権利処理のあり方について、権利処理の課題について述べる。

2・東日本大震災の震災アーカイブの概要

東日本大震災において、震災直後から民間企業が中心となり震災アーカイブが立ち上がり、その後、大学や研究機関、震災から 4 年目には数多くの自治体の震災アーカイブサイトが立ち上がった。東日本大震災の震災アーカイブは、大きく分けて 2 つの種類に分類される。一つは、収集から整理・保存・公開まで行うコンテンツフォルダ機関、もう一つは、複数のコンテンツフォルダと連携し、一元的に検索が可能にするポータルサイトを運営する機関がある。コンテンツフォルダは、東北大学や東北学院大学、土木学会、日本放送協会、河北新報社、各自治体など約数十の機関がサイトの運営を行っている。ポータルサイトとしては、数が少なく、国内では国立国会図書館の「ひなぎく」、海外ではハーバード大学の JDArchive¹³⁾が代表的と言える。これらコンテンツフォルダが保有している震災記録は、日々変化しているため集計が難しいが、2015 年 7 月現在の国立国会図書館の「ひなぎく」に登録されている東日本大震災の震災記録は約 100 万点にもなっている。

3・震災記録の著作権等の権利処理について

*The right processing method for utilizing a disaster Archives by Akihiro Shibayama and Sebastien Penmellen Boret

震災記録を防災教育等に利活用する場合に問題になるのは、震災記録の所有者もしくは著作者の権利許諾が必要であり、この権利処理の内容によって利用側に大きく制限がかかってしまう問題がある。著作者には、人格権、著作権（財産権）、プライバシー権など3つの権利があり、その中の著作権（財産権）には、複製権、上映権、公衆送信権、翻訳権、二次的著作物の権利など複数の権利がある。例えば、インターネット上などに著作物を公開するためには、公衆送信権が必要となり、著作物を第三者が利用する場合には、複製権や翻訳権（翻訳権には著作物の改変も含まれる）が必要となる。また、写真に人物等が写っていた場合、写っている本人からプライバシー権の中に含まれる肖像権の許諾を得る必要がある。これらすべての許諾を得なくては、資料そのものを公開や利用することすらできない現状がある。また、NPO 団体などは、多数のボランティアが撮影した写真記録等を保有しており、ボランティアの個人からは NPO 団体が使用する使用権と複製権を口頭で了承を得ている場合が多く、他機関への譲渡や複製権を権利処理していないがために、利用に制限が出てしまうケースがある。これらを回避するためには、収集の際、著作権等を書面で許諾を得ることが重要である。

4・著作権処理以外の課題について

震災記録の著作権処理の他に、震災記録を提供する側が気をつけなくてはいけないのは、提供する震災記録の利用規約である。提供側が著作物の二次利用ルール（例えば、非営利、営利利用の制限や改変の制限、クレジット標記など）を決めなくてはならない。また、震災記録を利用してある創作物を作成した際に、その創作物を第3者がさらに改変を認めるか否かを決めなくてはならない。震災記録の幅広い利用を考えた場合、第3者が改変し、広めることは良いことであるが、最初の震災記録の著作者が記録の公開を取り下げたいなどの意思があった場合に対処ができなくなる可能性がある。このような問題が起こらないようにするためには、利用規約を十分精査し、幅広い利活用を推進できるような利用規約の作成が必要である。

5・まとめ

本稿では、震災アーカイブを利活用するための権利処理の課題について説明し、著作権処理と利用規約の重要性について述べた。今後も震災アーカイブもしくは災害アーカイブの構築が増える中で、利活用を考えた権利処理が重要である。

【参考文献】

- 1) 東日本大震災復興構想会議： <http://www.cas.go.jp/jp/fukkou/pdf/fukkouhenoteigen.pdf>
- 2) 国立国会図書館「ひなぎく」： <http://kn.ndl.go.jp/>
- 3) 東北大学「みちのく震録伝」： <http://shinrokuden.irides.tohoku.ac.jp/>
- 4) 東北学院「東日本大震災の記録」： <http://archive311.tohoku-gakuin.jp/>
- 5) 土木学会「東日本大震災アーカイブサイト」： <http://www.jsce.or.jp/library/eq20110311/index.shtml>
- 6) 日本放送協会「NHK 東日本大震災アーカイブス」： <http://www9.nhk.or.jp/311shogen/>
- 7) 河北新報社「震災アーカイブ」： <http://kahoku-archive.shinrokuden.irides.tohoku.ac.jp/>
- 8) Google「未来へのキオク」： <https://www.miraikioku.com/>
- 9) Yahoo「東日本大震災 写真保存プロジェクト」： <http://archive.shinsai.yahoo.co.jp/>
- 10) 多賀城市「たがじょう見聞憶」： <http://tagajo.irides.tohoku.ac.jp/>
- 11) 郡山市「郡山震災アーカイブ」： <http://shinsai.koriyama-archive.jp/>
- 12) 久慈市・野田村・普代村「久慈・野田・普代 震災アーカイブ」： <http://knf-archive.city.kuji.iwate.jp/>
- 13) ハーバード大学「東日本大震災デジタルアーカイブ」： <http://jdarchive.org/>