

令和元年度
東北地域災害科学研究集会
講演予稿集

開催：令和元年 12 月 26 日(木) 27 日(金)

会場：山形大学小白川キャンパス A6 基盤教育 2 号館

<第1会場>

山形大学小白川キャンパス
A6 基盤教育 2号館 213室

第1部 12月26日(木)13:00 - 14:30
(司会:片岡 俊一先生)

第2部 12月27日(金)10:00 - 12:00
(司会:水田 敏彦先生)

第3部 12月27日(金)13:30 - 15:30
(司会:佐藤 健先生)

<第1会場:213室>

令和元年(2019年12月26日(木))

【第1部】 司会:片岡 俊一先生		
13:00-13:15	高速道路の斜面災害の分析におけるMachine Learningの適用	○芳賀奈津美(東北大学大学院工学研究科)、長尾和之(東日本高速道路株式会社)、澤野幸輝(株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北)
13:15-13:30	2019年台風19号による人的被害の特徴(速報)	○牛山素行(静岡大学防災総合センター)・横幕早季(静岡大学防災総合センター)
13:30-13:45	降雨の時間変化による地下水位の非定常変動を考慮した斜面崩壊リスクの評価-福島県の降雨特性を考慮した評価事例	○山岸泰河(日本大学大学院工学研究科土木工学専攻)、中村晋(日本大学工学部)
13:45-14:00	福島県いわき市における令和元年台風19号における被害と復旧対応	○杉安和也(東北大学)、橋一光(福島工業高等専門学校都市システム専攻)、丹野淳(福島工業高等専門学校都市システム専攻)、松本行真(近畿大学)
14:00-14:15	令和元年 山形県沖の地震による鶴岡市沿岸部の津波避難行動について-鶴岡市三瀬地区のアンケート調査結果から-	○熊谷 誠(岩手大学地域防災研究センター)、村山 良之(山形大学大学院教育実践研究科)、南 正昭(岩手大学理工学部)
14:15-14:30	台風19号における丸森町の被害調査報告	○柴山明寛(東北大学災害科学国際研究所)、森口周二(東北大学災害科学国際研究所)、橋本雅和(東北大学災害科学国際研究所)

15:00-17:10	公開シンポジウム 特別講演会(222室)
-------------	----------------------

令和元年(2019年12月27日(金))

9:00-9:50	地区総会(第1会場 213 室)
-----------	------------------

【第2部】 司会:水田 敏彦先生		
10:00-10:15	2019年山形県沖地震とその石造鳥居を中心とした被害	○川辺孝幸(元山形大学地域教育文化学部)
10:15-10:30	常時微動連続観測に基づく特別豪雪地帯住宅の冬期振動特性	○水田敏彦(秋田大学地方創生センター)
10:30-10:45	火山砕屑物が堆積する青森県南地域の表層地盤増幅の振幅依存性	○稲葉令子(弘前大学大学院)、片岡俊一(弘前大学理工学部)
10:45-11:00	火山性深部低周波地震に見られる特徴的地震波形:数値モデリングに基づく生成機構の検討	○春山太一(弘前大学大学院理工学研究科)、小菅正弘(弘前大学理工学研究科)、前田拓人(弘前大学理工学研究科)
11:00-11:15	地震波干渉法に基づく青森県周辺のレイリー波群速度分布とその周期依存性	○石田早祐美(弘前大学大学院理工学研究科)、前田拓人(弘前大学理工学研究科)、小菅正裕(弘前大学理工学研究科)
11:15-11:30	2019年山形県沖地震の陸上余震観測	○岡田知己(東北大学大学院理学研究科)・酒井慎一(東京大学地震研究所)・吉田圭佑(東北大学大学院理学研究科)・内田直希(東北大学大学院理学研究科)・中山貴史(東北大学大学院理学研究科)・平原聡(東北大学大学院理学研究科)・松澤暢(東北大学大学院理学研究科)・日野亮太(東北大学大学院理学研究科)・篠原雅尚(東京大学地震研究所)・Richard Sibson(オタゴ大学)
11:30-11:45	2019年山形県沖の地震による仙台市内の地震動特性	○大野晋(東北大学)
11:45-12:00	稠密微動アレイ探査による岩手県陸前高田市の造成地におけるS波速度構造の推定	○齋藤早紀、山本英和、齊藤剛(岩手大学理工学部)

12:00-12:30	ポスター発表(ポスター掲示会場 1Fフリースペース)
12:30-13:30	昼食

【第3部】 司会:佐藤 健先生		
13:30-13:45	1914年秋田仙北地震を詠んだ川越守固の短歌	○鏡味洋史(北海道大学(名))、水田敏彦(秋田大学地方創生センター)
13:45-14:00	緊急時資産退避作業のゲーム論的検討	○奥村誠(東北大学)、森合 一輝(東北大学)
14:00-14:15	母子福祉避難所の防災性能評価に関する基礎的研究	○佐藤美樹(東北大学工学部)、佐藤健(東北大学災害科学国際研究所)、定池祐季(東北大学災害科学国際研究所)
14:15-14:30	2015年蔵王山膨張イベントの変動源	○三浦 哲・山本 希・太田雄策・出町知嗣・立花憲司・市來雅啓(東北大学大学院理学研究科)
14:30-14:45	福祉避難所の開設・運営に与える影響評価	○佐久間友梨(東北大学大学院工学研究科)、佐藤健(東北大学災害科学国際研究所)、定池祐季(東北大学災害科学国際研究所)
14:45-15:00	機械学習を用いたインフラ設備の劣化損傷状態推定	○齊藤雅和(八戸工業大学土木建築工学科)、橋本憲二(八戸工業大学)、小笠原亮介(八戸工業大学)、高瀬慎介(八戸工業大学)、金子賢治(八戸工業大学)
15:00-15:15	グリーンインフラと防災-平地林等既存緑地の機能と課題に関する考察-	○横山仁、根本征樹、中村一樹、日高達也、飯塚聡(防災科学技術研究所)、佐藤健(東北大学)
15:15-15:30	仙台市立 七郷小学校 の 新領域・防災安全科 に関する研究	○加賀谷 碧(東北大学工学部建築社会環境工学科)、佐藤 健(東北大学災害科学国際研究所)

<第1会場：213室>

— 第1部 —

司会：片岡 俊一 先生

令和元年12月26日（木）

6題（13：00~14：30）

高速道路の斜面災害の分析における Machine Learning の適用*

東北大学 芳賀奈津美 風間基樹
東日本高速道路株式会社 長尾和之
株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北 澤野幸輝

1. はじめに

高速道路切土盛土斜面では豪雨に対する維持管理が課題となっている。東北地方の高速道路斜面が降雨を誘因として崩壊に至った事例は、被災土量が 10m^3 未満のものから $1,000\text{m}^3$ 程度の大規模なものまで、切土では 1994 年から 2017 年の間に 92 件、盛土では 1993 年から 2017 年までの間に 90 件報告されている。このような被害を防ぐためには、地質・地形・降雨パターンなどに基づく危険度評価等が求められるが、未だにそのリスク評価方法が明確となっていない。そこで本研究では斜面崩壊の大きな誘因の 1 つと考えられる降雨に着目し、点数化された斜面特性と共に時間雨量と累積雨量をデータセットとして Machine Learning (ML) を適用し、斜面災害のリスク評価について検討を行った。

2. Machine Learning

本研究ではプログラミング言語 Python とライブラリである Tensor Flow を用いてニューラルネットワーク (NN) を構成した。NN は脳の神経細胞を模擬したネットワークモデルであるパーセプトロンを用いて学習を行うアルゴリズムである。本研究では入力層、中間層 2 層、出力層から成る 4 層の NN を用いて計算を行い、ステップ数を変化させた際の学習結果の変動を比較した。中間層の活性化関数はシグモイド関数、出力層ではソフトマックス関数を採用した。

3. データセット

深層学習に用いたデータセットの一部を表-1 に示す。

表-1 データセット

崩壊判定	地形	土質・地質	構造	素因評価合計	年数	時間雨量 [mm/h]	1w累積雨量 [mm]
0	0.7	1	0	0.75	19.4	59	307.8
0	1	1	0	0.9	5.4	38	303.2
0	1	1	0	0.9	15.9	27	279.2
1	0.7	1	0	0.75	26	58.5	152.4
0	0.7	0.875	0	0.7	27.6	41	334.4
0	0.7	1	0	0.75	3	29	180
1	0.7	1	0	0.75	20.8	35	160.8
1	1	1	0	0.9	24.8	64	830.4
0	1	1	0	0.9	3.1	27	429
0	0.7	1	1	0.85	23.9	23	245.3

学習に用いたデータセットは崩壊データが 92 件、非崩壊データが 801 件である。このうちランダムに選んだ 713 (うち崩壊 74, 非崩壊 637) 件を学習データ、180 (うち崩壊 18, 非崩壊 162) 件を検証データとした。入力項目には地形、土質・地質、構造の 3 項目を点数化したものとその合計点を正規化した 4 つの数値、1 週間累積雨量、最大時間雨量を採用した。判定は非崩壊を 0、崩壊を 1 として学習させ、試験データの出力は崩壊または非崩壊どちらかの確率が大きい方をそのデータセットに対応する学習結果とした。崩壊斜面を扱ったデータでは崩壊が発見

*Application of Machine Learning in the analysis of highway slope failures by Natsumi HAGA

された時刻の直前 1 週間の累積雨量と直前 1 週間以内の最大時間雨量を用いた。非崩壊データは崩壊が発生した斜面の供用開始から崩壊発生前までの間に、同斜面が経験した降雨のうち 1 週間累積雨量が大きかった降雨イベントとその 1 週間の最大時間雨量をデータセットとして使用した。

崩壊、非崩壊合わせたデータセットの 1 週間累積雨量と最大時間雨量のみを比較した際のグラフが図 1 である。この図を見ると、1 週間累積雨量と最大時間雨量の 2 軸では崩壊が発生した降雨と発生しなかった降雨境界を見つけることは不可能である。

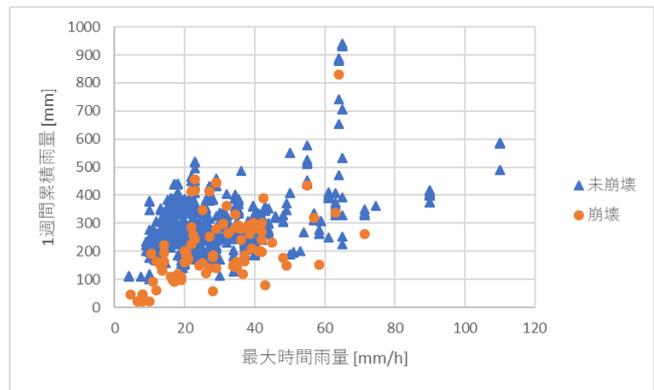


図-1 降雨データ比較

4. 結果

図-2,3 は学習を行った結果である。図-2 は学習ステップ数と、学習データの正解率、検証データの正解率、崩壊を正しく崩壊と判定できた確率(敏感度)それぞれとの関係を示す。学習率は 92.0~94.4%，検証データ正解率は 93.3~96.1%の間を推移した。一方で敏感度を見ると 44.4~66.7%と低い数値で推移していることがわかる。これは全体の正解率が崩壊データに比べて約 8.7 倍データ数がある非崩壊データの判定結果に大きく影響されていることを意味する。図-3 は ML の結果を検討する際によく用いられる混同行列を使って整理した結果である。混同行列の表し方は図-4 の通りである。これを見ると崩壊を非崩壊と判定した FP は 6~10 であり、検証データ内の 18 件の 33~56%の崩壊を見逃していることを示す。

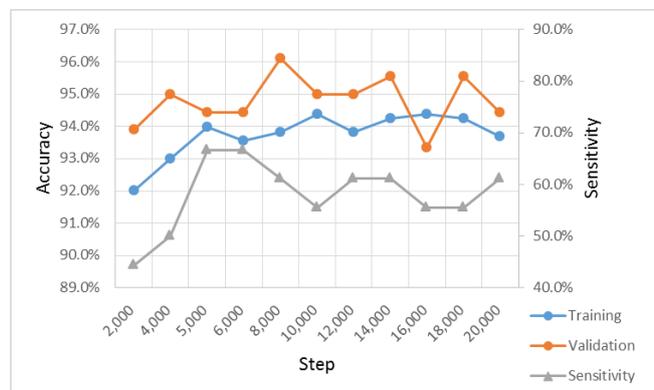


図-2 正解率と敏感度

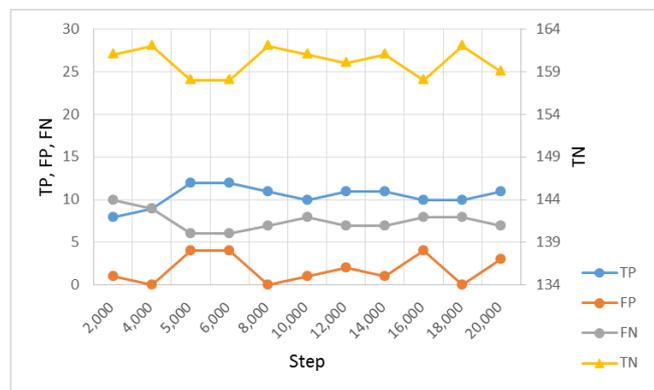


図-3 結果詳細

5. 結論

本研究では実際の斜面崩壊データを用いてリスク評価における ML 適用の可能性を考察した。斜面災害のリスク評価に ML が適用できることが示唆された一方で、見逃しの発生という課題が浮き彫りになった。また学習時のステップ数を 2000~10000 回の間で変化させたところ、学習の正解率にほとんど変化は見られなかった。ステップ回数が大きくなれば計算時間も増大するため、本研究においては 5000~10000 回程度が適切と考えられる。

		予測	
		1	0
実	1	TP	FP
	0	FN	TN

図-4 混同行列

2019 年台風 19 号による人的被害の特徴(速報)*

○牛山素行・横幕早季(静岡大学防災総合センター)

1. はじめに

2019 年 10 月 12～13 日にかけて日本付近を通過した台風 2019 年 19 号は、東海～東北地方にかけての広い範囲に被害をもたらし、死者・行方不明者は 11 月 18 日時点の消防庁資料¹⁾によれば 88 人となっている。日本において風水害による人的被害の発生状況については公的機関等による系統的な統計や調査は行われておらず、このため筆者らはこれまで 1999 年以降の風水害の死者及び行方不明者(以下では「犠牲者」)発生状況調査法の探索、継続的分析を行ってきた²⁾。これまでの調査結果を踏まえ、2019 年台風 19 号(以下では「台風 19 号」)による犠牲者について、近年の他の災害と比較した特徴を速報する。

2. 調査方法

筆者らの風水害犠牲者の調査対象は、総務省消防庁が「災害情報」で公表、台風、大雨関係事例による犠牲者(近年は発生市町村名と人数のみ収録)である。対象犠牲者に関する詳しい情報を、新聞記事、公的資料、各種文献、地理院地図、住宅地図、空中写真、Google ストリートビュー、現地調査などをもとに整理分類し、「高精度位置情報付き風水害人的被害データベース」を構築している。11 月 18 日時点の消防庁資料¹⁾では、10 月 25 日に発生した大雨による被害が含まれているが、内数(死者 13 人)が示されているためこれを除き、死者・行方不明者 88 人(うち関連死 1 人)を本稿での調査対象とした。比較対象とした既往風水害の犠牲者は、1999～2018 年の 1259 人(以下では「1999-2018」)である。

3. 結果

1)概要 11 月 18 日現在、台風 19 号による死者 85 人、行方不明者 3 人、計 88 人である。都道府県別では、福島県 30 人、宮城県 19 人など 13 都県で生じた。福島県が比較的多いが 1/3 程度であり、特定の地域に集中せず広範囲で被害が生じた事が特徴である。同日時点の家屋被害は全壊 2230 棟、半壊 13024 棟、床上浸水 22802 棟などとなっている。主な家屋被害として全壊、半壊、床上浸水の合計を算出し、同様な資料が公表されている 1999 年以降の 79 事例について家屋被害と犠牲者の関係を散布図にすると図 1 となる。降水量の多寡は地域によって意味が大きく異なり、単純な合計値等でその規模の激しさは表現できないが、主な家屋被害の数は、人口の分布とも密接に関係し、家屋自体は避難ができないことから、風水害時において社会が受けた外力の規模を表す指標となり得る。図 1 中右端の点が台風 19 号で、本事例は家屋被害の規模(外力規模)に対して、人的被害が比較的少なかった事例とも考えられる。

2)原因外力 犠牲者発生の原因外力別の傾向を見ると図 2 となる。なおここで「洪水」とは河川からあふれた水に起因する犠牲者であり、「河川」は増水した河川等に接近して転落するなどしたケースである。1999-2018 では「土砂」が相対的に多く 46%で、「洪水」「河川」の順となっているが、台風 19 号では「洪水」が半数を占め、「河川」と合わせると水関係犠牲者が 7 割と

*Characteristics of victims caused by typhoon No.1919 disaster (prompt report) by Motoyuki Ushiyama

なる。1999-2018 と異なり、水関係犠牲者の比率が高かったことが台風 19 号の特徴である。

3)犠牲者発生場所と浸水想定区域等 水関係犠牲者の内、発生位置を概ね推定できた 58 人について、国土交通省「重ねるハザードマップ」を元にその場所が浸水想定区域(計画規模)または浸水想定区域(想定最大)の範囲内か否かを検討した結果が図 3 である。1999-2018 では範囲内が 4 割程度だが台風 19 号では 5 割以上となった。なお「重ねるハザードマップ」では未収録だが、いわき市では浸水想定区域図が公開されており、それも参照すると範囲内は 40 人で 7 割に上る。さらに、「重ねるハザードマップ」に示された地形分類図の情報を参照すると、犠牲者のほぼ全員が地形的には洪水の可能性がある「低地」で発生したことが読み取れた。

4. おわりに

台風 19 号では水関連犠牲者が多く生じたが、既往事例よりも浸水想定区域内での発生が多く、ほぼ全員が地形的には洪水の可能性がある場所だった。中小河川では浸水想定区域の指定が進んでおらず「範囲外」となりやすいが、地形分類図を用いればその補完が十分可能であることが示唆された。当日は他の観点からも報告する。

引用文献

- 1) 総務省消防庁: 令和元年台風第 19 号及び前線による大雨による被害及び消防機関等の対応状況 (第 5 5 報), <https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/taihuu19gou55.pdf>, (2019 年 11 月 18 日参照).
- 2) 牛山素行・横幕早季:2017 年の豪雨災害による人的被害の特徴,東北地域災害科学研究,No.54,pp.131-136,2018.

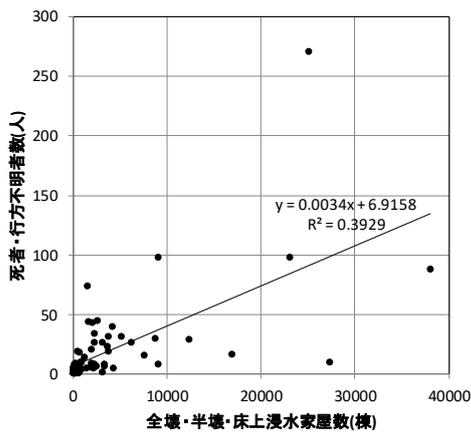


図 1 主な家屋被害と人的被害の関係

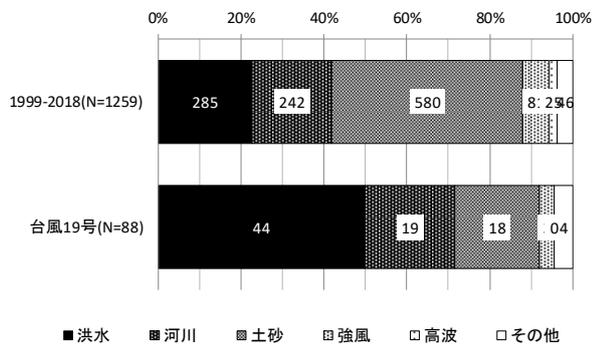


図 2 原因外力別犠牲者数

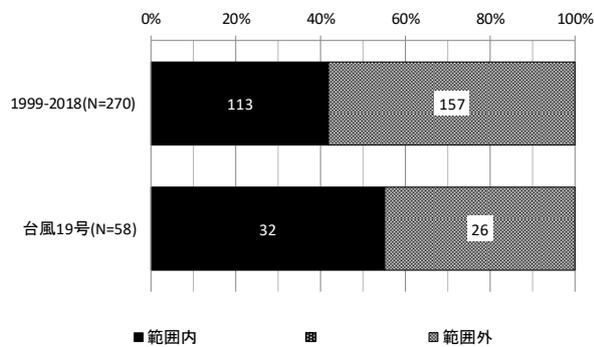


図 3 犠牲者発生位置と浸水想定区域

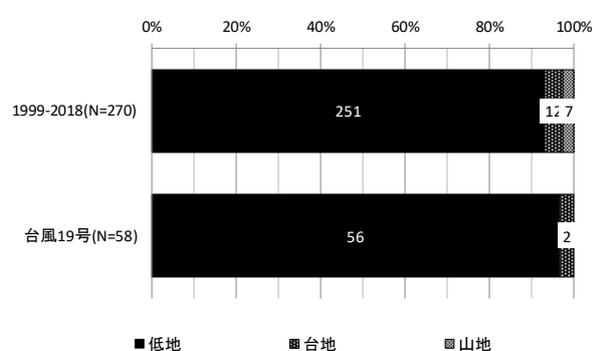


図 4 犠牲者発生位置と地形分類

降雨の時間変化による地下水位の非定常変動を考慮した

斜面崩壊リスクの評価-福島県の降雨特性を考慮した評価事例-

日本大学大学院工学研究科土木工学専攻 ○山岸泰河 日本大学工学部 中村晋

1. はじめに

近年降雨による土砂災害の被害が増えており、福島県においても平成23年7月の新潟福島豪雨、平成27年9月の関東東北豪雨、今年の10月に発生した台風19号による降雨を起因とした土砂災害が生じている。降雨に起因する斜面崩壊の可能性を評価し、崩壊リスクに関するハザードマップを作成して避難等に係わるリスク情報を公開することが必要である。本研究では時間変動を考慮して非定常的に斜面崩壊フラジリティ評価を行い、降雨パターンを分類してより定量的に斜面崩壊の検討を行った。

2. 降雨タイプの分類

降雨は国土交通省が定義した「累加雨量」に基づいた。無降雨が一定期間（6時間程度）続くと累加雨量がリセットされ、その後に雨量を検出すると新たな雨（降り始め）とすると定義されており、本研究でも同様に連続時間降雨量を求めた。本研究では白河市の1987年～2016年に発生した降雨を対象とし、気象庁¹⁾の降雨データより白河市における雨群は3497回発生していた。その雨群を時間最大降雨量2mmごとに分類し、それらから降雨タイプを集中型、継続型、断続型の3種類に分類した。30～32mm以上における時間最大降雨量ごとの降雨タイプの分類と降雨発生回数を図-1に示した。時間最大降雨量の大きな雨群は少なく、降雨タイプは集中型と継続型となり、断続型が生じていない。

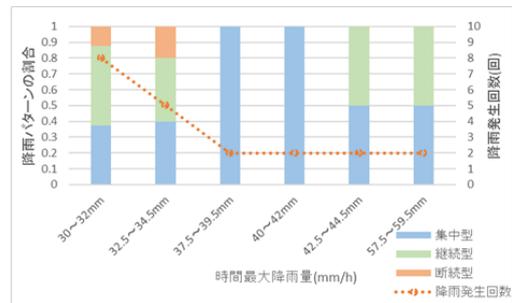


図-1 時間最大降雨量ごとの降雨パターンの割合および発生回数

3. 降雨タイプに応じた地下水位の変動

まず、2章で示した三つの降雨タイプに対する雨群の時間降雨量の非定常変動を図-3に示す。次に、それら降雨タイプに応じた地下水位の変動として、時間に応じた斜面位置と地下水位の関係を図-4に示す。

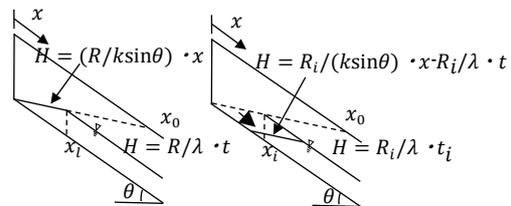


図-2 近似解による地下水位の発達・減水モデル

次に、降雨の非定常性を考慮した地下水位の評価には、図-2に示す森脇ら²⁾による近似解からみた地下水流の発達・減水過程に基づき算出した。

その解析に用いた斜面モデルの構造条件は土

層厚1.0m, 斜面長10m, 斜面勾配40°である。連続降雨量88mmの継続型において4時間後に斜面長8mで地下水位100cmに到達、連続降雨量96mmの断続型では最大の地下水位は約70mmにとどまった。また連続降雨量59.5mmの集中型では最大の地下水位が約80mmとなった。以上より、地下水位は継続型が最も高くなり、集中型も断続型と比較すると高くなった。また断続型は、無降雨が多く発生することにより地下水位が減水し水位が長時間で連続して発達しないため、連続降雨量が同じでも他のタイプに比べ、地下水位の上昇量が小さい。

4. 地下水位上昇による斜面崩壊の可能性と降雨タイプの関係

降雨タイプに応じた地下水位の上昇による斜面崩壊の可能性として、すべり安全率が1となる地下水位(以後、限地下水位とよぶ)と降雨による地下水位上昇量を比較する。限界地下水位 Z_{wcl} は鈴木³⁾による斜面安定

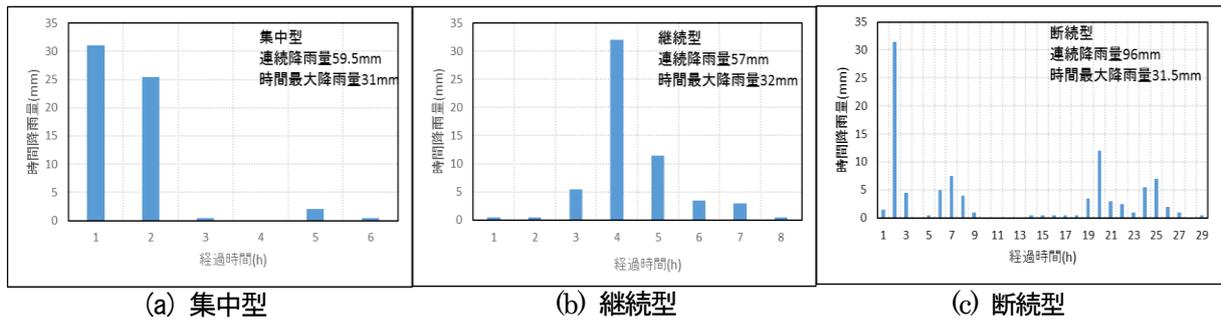


図-3 各降雨パターンの連続降雨量

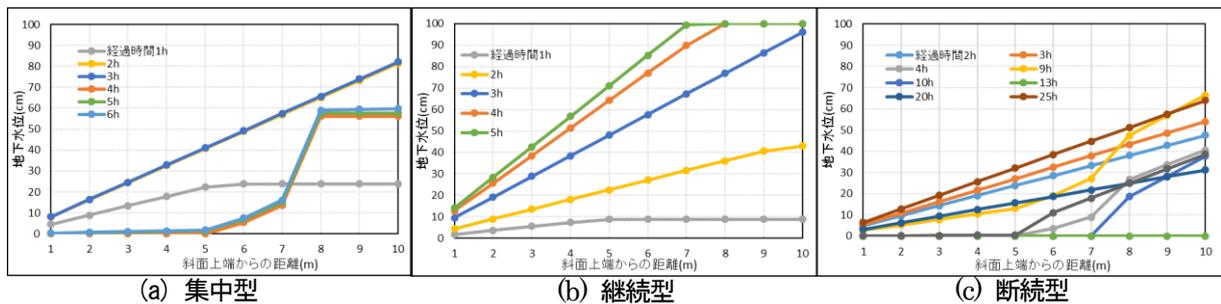


図-4 各降雨パターンの地下水位

表-1 斜面モデルの構造・材料特性

不飽和土の単位体積重量	$\gamma_1=13.916\text{kN/m}^3$
飽和土の単位体積重量	$\gamma_2=17.248\text{kN/m}^3$
土層圧	$D=1\text{m}$
粘着力	$C=5\text{kN/m}^2$
摩擦角	$\Phi=35^\circ$
斜面勾配	$\theta=40^\circ$

モデルの考え方にに基づき、式(1)により算出した。

$$Z_{wc} = \frac{C/\cos^2\theta - D\gamma_1(\tan\theta - \tan\phi)}{(\gamma_1 - \gamma_2 + \gamma_w)\tan\phi - (\gamma_1 - \gamma_2)\tan\theta} \quad (1)$$

斜面モデルの構造・材料特性は表-1に示したとおりであり、限界地下水位 Z_{wc} は0.88mとなった。降雨タイプ

に応じた地下水位と限界地下水位の比較として、降雨タイプに応じた雨群の時時間最大降雨量と連続降雨量の関係を図-5に三つの記号で表し、白抜きの記号で示した雨群は限界地下水位に達しない場合、塗りつぶされた記号の雨群は限界地下水位以上に地下水位が上昇したものを示している。これより、集中型と継続型は時間最大降雨量と連続降雨量との関係がある一定の値になると、地下水位は限界地下水位を超えるが、断続型についてはその境界が他タイプと異なっていることが分かる。

5. まとめ

本研究では降雨タイプを三つに分類し、降雨タイプに応じた地下水位の非定常変動を考慮した斜面崩壊の可能性について検討を行った。断続型の降雨タイプは、地下水位の上昇過程が他のタイプと異なり、斜面の不安定限界を与える時間最大降雨量と連続降雨量の関係も異なることが分かった。

参考文献

- 1) 国土交通省気象庁:連続時間降雨量の定義及び過去の気象データ
- 2) 森脇寛・矢崎忍・黄文峰:降雨浸透に伴う地下水流の発達・減水過程と斜面崩壊に及ぼす影響に関する考察, Landslide, Vol.43, No.1, pp.9-19, 2006
- 3) 鈴木雅一:強度定数を用いた斜面崩壊発生限界雨量のモデル化, 新砂防, Vol.43, No.6, pp.3-8, 1991

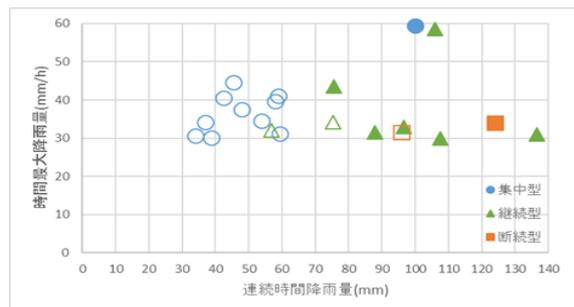


図-5 限界地下水位と降雨タイプに応じた連続時間降雨量と時間最大降雨量の関係

福島県いわき市における令和元年台風 19 号での被害と復旧対応

杉安和也（東北大学）、橘一光・丹野淳（福島工業高等専門学校）、松本行真（近畿大学）

1. 台風 19 号の概要といわき市の被害状況

令和元年台風 19 号の襲来により、福島県いわき市は市内の 2 級河川である夏井川水系および鮫川水系において、氾濫水位の超過による浸水が発生した。これにより 11/20 現在、死者 8 名（※直接死のみ（溺死））、建物被害 13,452 件（※り災証明申請数）が確認されている¹⁾。本災害により、いわき市は市内各所で床上ないし床下浸水による住家被害が生じた。一方で、先の台風 15 号で被災した千葉県内のような強風による窓割れ、屋根瓦の落下等はほぼ見られていなかった。この浸水が生じた地域は、夏井川水系の好間、赤井、平窪、小川、内郷地区、鮫川水系の遠野地区等であるが、夏井川水系の好間地区、鮫川水系の遠野地区の一部を除き、事前に想定されていた洪水ハザードマップの浸水予測範囲とほぼ重なる。この被害範囲は、東日本大震災で被災した沿岸部でなく、当時被害を受けなかった内陸の市街地周辺であった。この他に、浄水場が被災したことにより、以降約 2 週間に渡り、浸水被害が生じていなかった地区を含めた最大約 45,400 戸において断水が発生した（※10/27 解消）。これにより市内の経済活動にも無視できない影響が生じている。筆者らは、台風襲来の 2 日後から、本稿執筆時点で計 5 回（10/14, 20, 26, 11/3, 10）の現地調査を実施し、その被害状況と復旧対応について調査してきた。本稿はその速報である。

2. 注意喚起（警報）の発令状況（10/11-13）

いわき市では、市民防災メール等の広報手段を用いて市内が暴風圏に含まれる前日(10/11 17 時)の段階から、避難所の開設予定情報を開示していた。以降、襲来当日に「避難準備・高齢者等避難開始」情報(10/12 10 時)、「避難勧告」(同日 15 時-)、「避難指示」(同日 19 時-)を順次発令している。このプロセス上で、10/12 23 時の段階では、一部の避難所で、避難車両の駐車スペースが枯渇したことにより、新規の受け入れを停止し、避難所の増設と他避難所への誘導を行っている（図 1）。

これは浸水が想定されていた地域内での避難所の開設を一部見送ったこと、そもそも浸水想定地域内で避難所として活用可能な公共施設が限られていたことにより、特定の避難所に自動車による避難者が集中してしまったことにより生じたものである。一方で、避難所への移動を見送った場合は、自宅 2 階に移動（垂直避難）するしかないが、H30 住宅土地統計量調査によると、いわき市に現存する全住宅のうち、18.6%(26,030 戸)は 1 階平屋建て構造であり、このような住宅の住民がどのように避難していたか、今後検証していく必要がある。

また、避難勧告・避難指示については、氾濫水位に達した河川ごとに発令されている。これは、いわき市のような広域合併自治体の場合、本来であれば居住地の避難行動に影響しない遠隔地の氾濫情報も配信されており、住民は居住地周辺の正確な氾濫情報を区別できずにいた可能性がある。

10/11 17:11 避難所開設のお知らせ(予定)
→12日午前10時に開放予定

10/11 17:55【お知らせ】台風19号の接近について

10/12 10:03 避難準備・高齢者等避難開始(警戒レベル3)

10/12 15:13 警戒レベル4 避難勧告発令

10/12 16:32 避難所の増設について

10/12 19:21 避難指示(緊急)発令:新川

※氾濫水位達する恐れがあるため

10/12 23:22 避難所の一部受入停止について

※受け入れ定員に達した避難所の新規受け入れを停止

図 1 市民防災メール上での告知

* Damage assessment and disaster response of 2019 typhoon No.19 Hagibis at Iwaki city, Fukushima by Kazuya Sugiyasu, Ikkoh Tachibana, Jun Tanno and Michimasa Matsumoto

3. 被災1週間後の物資状況調査 (10/20)

平浄水場の被災にともない、浸水が生じていない地域（四倉，久ノ浜・大久地区）においても断水が生じたため，それに対応するための各種物資が必要とされた。下記は 10/20 に四倉地区の DIY ショップでの在庫状況を調査したものである。

- 水運搬用ポリ缶：在庫はあるものの、購入制限あり（例：1 家族 3 個まで）
- ブルーシート：厚手のものが売り切れ状態（薄手のものは在庫あり）
- 汚泥撤去用土のう袋（フレコンバック含）：売り切れ
- 窓割れ防止対策用養生テープ：売り切れ
- ハウス補修テープ：売り切れ
- アルコールティッシュ、フェイスシート、ボディシート：品薄・もしくは売り切れ
- マウスウォッシュボトル：一部商品が売り切れ
- 高圧洗浄機：在庫切れ

その他：ペット用のトイレ脱臭・抗菌砂、除湿剤、業務用洗剤、ロープ、ガソリン携行缶、ドラムコードリール、延長コード、ランタンライト、ヘッドライト、長靴、使い捨てポリ手袋、レインコート等が売れ行き好調
なお、いわき市では自治体・企業に対処して、「マスク」「軍手」「厚手ゴム手袋」「タオル」「土のう袋」の提供を呼び掛けていた。これらは浸水によって生じた住居内の汚泥撤去，災害ごみ搬出に必要な物資の提供を呼び掛けたものである。

4. 断水期間中 (10/13-27) の市内各企業の対応

断水が解消されるまでの約 2 週間の各企業の断水対応は以下のとおりである。

- ①入浴施設：一時閉鎖されるも入浴支援も兼ねて短縮営業再開
- ②宿泊施設：事例 1：新規の宿泊受付を一時停止し、既存予約者対応のみに限定
事例 2：大浴場を有する施設は個室のシャワーの使用を禁止し、大浴場のみを使用飲用水を無償配布する、等
- ③飲食関係：メニュー数を絞る、皿・お椀等を使い捨て容器に変更、ラップ掛け等を行い使用し、節水
- ④トイレ関係：多くの商業・公共施設が常設トイレを閉鎖、公共施設ではのちに、仮設トイレ、水の汲み置きバケツを用意し、対応

5. 自動車冠水による影響と支援施策

今回の浸水被害は家屋のみではなく，自動車にも及んでいる。被災直後からおよそ 1 週間は，赤井，平窪地区において，路上に冠水し自走不可能となった車両が各所に放置されており，いわき駅前に続く主要道上で，最大 4-5km にも及ぶ渋滞が発生していた。なお，渋滞の要因には放置車両の他，通水地区のコインランドリーの入庫待ち渋滞を確認している。

この自動車を失った被災住民の支援として，いわき市はカーシェアリング事業提携の枠組みを活用し，被災者向けに「1 世帯あたり 1 週間に 2 回，最大 3 時間，無料で自動車の貸し出しを受けられる」カーシェアリングサービスを 5 台体制で実施している(10/24 より)。

6. いわき市・福島県による住居支援施策

今回の被災者向けに，いわき市・福島県ではいくつかの住居支援施策を提供している。11/25 時点では，①市営・復興・仮設住宅への入居（受付終了），②県内ホテルへの一時避難，③みなし仮設入居支援（原則一年間）等を提供している。これらは東日本大震災対応の中で確立された支援スキームを流用したものである。いわき市では，今後，台風 19 号での初動対応検証を実施することを検討している。東日本大震災でのノウハウを持つ自治体が今後どのように復旧を進めていくのか，引き続き調査していく。

令和元年山形県沖の地震による鶴岡市沿岸部の津波避難行動について

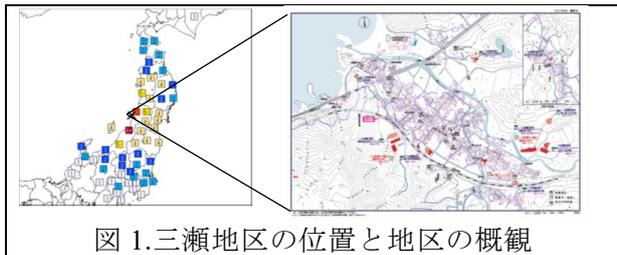
—鶴岡市三瀬地区のアンケート調査結果から—*

岩手大学地域防災研究センター 熊谷 誠
山形大学大学院教育実践研究科 村山 良之
岩手大学工学部 南 正昭

1. はじめに

令和元年6月18日22時22分に山形県沖を震源とするM6.7の地震が発生し、新潟県村上市で震度6強、山形県鶴岡市で震度6弱を記録した。新潟県、山形県の2県で半壊、一部破損の建物被害が発生し、沿岸部では住民の津波避難が生じた。地震後に各研究機関が行った調査から夜間の避難方法や安否確認、避難場所での受け入れなどの課題が明らかになっている。筆者らも地震後の避難について調査を行うなかで地元自治会が行った避難調査の取りまとめに協力してきた。本稿では山形県鶴岡市沿岸部の三瀬地区の避難行動の調査結果について報告する。

2. 調査の対象地域と調査方法

 <p>図1.三瀬地区の位置と地区の概観</p>	<p>調査実施期間：令和元年6月25～7月18日 実施主体：三瀬自治会 調査方法：自記式調査票 自治会区長による配布回収 調査対象：三瀬地区全世帯 (1～4地区)444世帯 回収数：388件(回収率87%)</p>
---	---

3. 調査の結果

「避難行動の有無」については三瀬地区全体の74%が「避難した」と回答している。地区のなかでも最も海に近い4区は区域全体が浸水予想範囲となっており、この区域だけでみると避難率は87%に上っている。一方で、地区の一部が浸水予想範囲となっている3区では「避難した」の回答が71%となっており、若干ではあるが地区全体の避難率を下回っている。

「避難の方法」では地区全体で58%の回答者が「徒歩」を選択している。次いで「自家用車」が37%と続き、これら二つの方法で全体の9割以上を占めている。浸水予想範囲の区域別でみると4区では「徒歩」が55%、「自家用車」が39%、3区では「徒歩」が64%、「自家用車」33%となっており、4区では地区全体と同様の傾向が、3区では三瀬

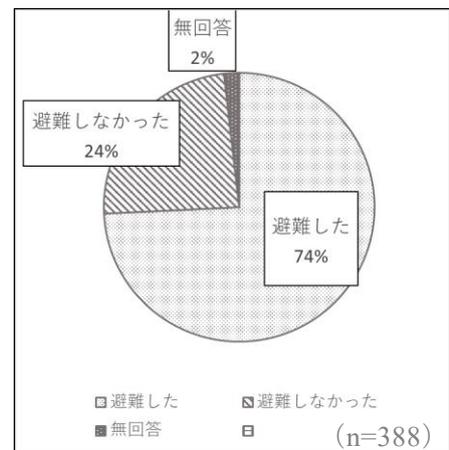


図2.避難行動の有無 (n=388)

* Tsunami evacuation in Tsuruoka city after the 2019 Yamagata earthquake by Makoto Kumagai

地区全体よりも「徒歩」での避難が多い傾向が見られた。

次に「避難開始の時間」を見ると、地区全体では地震から「約 10 分」が 34%と最も多く「約 5 分」の 22%、「約 15 分」の 21%と続き、避難開始時間が最も早い「3 分以内」とする回答は 8%にとどまった。3 区では「約 5 分」と「約 10 分」がそれぞれ 30%を占め、「約 15 分」の 20%、「3 分以内」の 11%と続いている。4 区では「約 10 分」が 35%、「約 5 分」が 31%、「約 15 分」が 12%と続き、「3 分以内」は 6%と 1 割を切っている。

最後に「避難した場所」を見ると、4 区の一次避難場所であり、地区全体の避難所ともなる「中学校」が 43%で最多となっており、次いで 2 区の一次避難場所である「駅前」が 21%、1 区の一次避難場所の「1 地区会館」の 14%と続いている。3 区の一次避難場所は「了願寺」と「気比神社」であったが、今回の避難では 2 か所の避難者を合計しても 5%に届いていない。3 区の結果をみると「中学校」が 67%で一次避難場所へは向かわず、直接、避難所となる「中学校」への避難が見られた。また、4 区では回答者の 96%が「中学校」へ避難していた。

4. 調査結果から見えた課題と今後の研究について

山形県の公表想定により三瀬地区では津波第一波到達時間が 8 分で想定されており、この条件で今回の「避難開始の時間」結果を考えると、浸水予想範囲 3・4 地区における避難可能時間は「3 分以内 (8.2%)」の回答者で「5 分程度」、「約 5 分 (19.1%)」の回答者で“約 3 分”であったと考えられる。また、4 区では地区中心部に位置する「中学校 (豊浦中学校)」への避難が 96%を占めていたが、国道 7 号線の横断が必要なことや、4 区からの徒歩移動で 7~8 分を要するなど不利な位置取りとなっている。加えて、今回は 3 区の避難者も 67%が「中学校」に避難しており、4 地区からの避難者や自動車との混流による中学校アクセス道路での渋滞、事故の危険が増していたことが調査票自由記述などからも明らかになっている。現在、上記で挙げた結果と現地での追加調査による分析を進めており、今後は津波浸水予想範囲の避難可能時間や移動可能距離の検討、自動車避難の是非などについて検討していきたい。

参考文献：気象庁 令和元年 6 月 18 日 22 時 22 分頃の山形県沖の地震について 報道発表資料
鶴岡市 鶴岡市津波災害避難地図 津波ハザードマップ三瀬地区

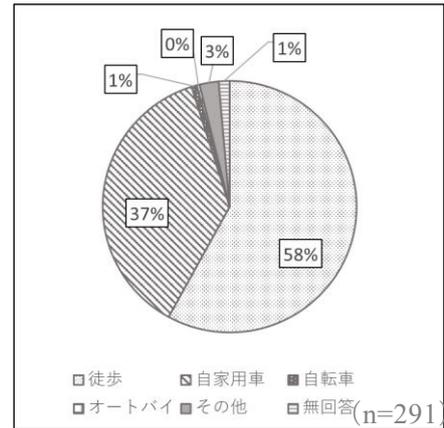


図 3.避難の方法

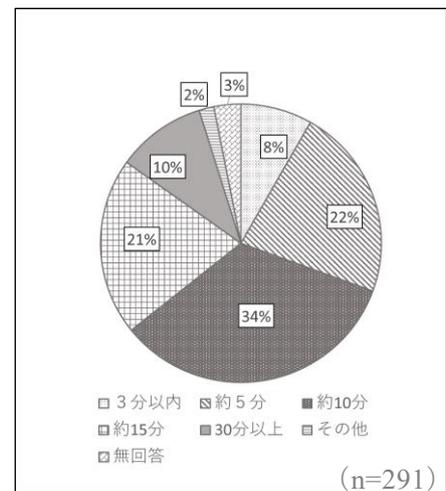


図 4.避難開始の時間

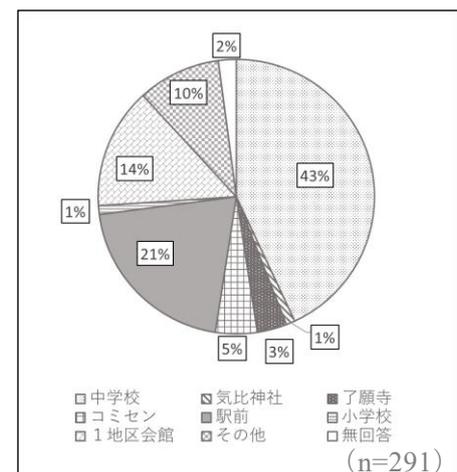


図 5.避難した場所

台風 19 号における丸森町の被害調査報告*

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 森口 周二

東北大学災害科学国際研究所 橋本 雅和

1. はじめに

令和元年台風 19 号は、静岡県や新潟県、関東甲信地方、東北地方の広範囲に甚大な被害をもたらした。著者及び同所属の災害科学国際研究所の研究者は、13 日から宮城県を中心に、被害状況の調査を実施した。本報告では、著者が中心的に調査を行った宮城県丸森町の被害調査の結果について報告を行う。

2. 宮城県丸森町の概要

宮城県丸森町は、宮城県の最南に位置し、人口 13,431 人、世帯数 5,092 世帯（2019 年 9 月 1 日現在）である。高齢化率は、38%（平成 27 年度国勢調査より）となっている。丸森町は、1954 年に昭和の大合併で丸森町、金山町、大内村、大張村、耕野村、小斎村、館矢間村、筆甫村の 8 町村が合併してできた町である。主要な産業は、農林業が中心で、米、酪農、養蚕、果樹、野菜、しいたけ等の栽培を行っているが、米については、専業農家は少なく、委託農家や兼業農家がほとんどである。過去の災害として、地震災害では、2011 年東日本大震災で全壊 1 棟、半壊 38 棟の住家被害及び福島第一原発の放射線被害が発生した。風水害については、内水及び外水被害が多数発生しており、昭和 50 年後半から十数回の被害が発生している。特に昭和 61 年（1986 年）8 月 5 日の豪雨により、全半壊 19 棟、床上浸水 162 棟と甚大な被害であった。著者は、2017 年から宮城県自主防災組織育成事業で丸森町金山地区を 2 年間担当し、2019 年から館矢間地区の担当を行っている。また、2019 年 1 月に丸森町と東北大学災害科学国際研究所は、防災に関する包括協定を締結し、自主防災組織を始めとする防災対策等について議論をはじめたばかりであった。

3. 台風 19 号における丸森町の被害概要

丸森町では、2019 年 10 月 12 日から翌日の 13 日にかけて、丸森雨量計で総雨量 427mm、筆甫雨量計で総雨量 594mm、大内雨量計では 612mm であり、雨量のピークは、筆甫で 12 日 20 時に 74mm、その他の地区が 12 日 22 時に 55～78mm であった。過去 50 年以内では最も多い降雨量であった。丸森町には、1 級河川の阿武隈川や阿武隈水系の支川の内川や新川、五福谷川、雉子尾川などがあり、最高水位が阿武隈川で 23.44m（13 日 5 時）、内川で 9.84m（12 日 21 時）、雉子尾川で 7.11m（12 日 23 時頃）であった。阿武隈川の氾濫危険水位は、22.3m であり、今回の台風で危険水位を越えていたが、丸森町内では河川堤防の決壊はしておらず、一部の越流が

*I Report on damage survey in Marumori Town caused by Typhoon No.19 by Akihiro Shibayama, Syuji Moriguchi, Masakazu Hashimoto

見られた。支川の内川，新川，五福谷川については，河川堤防の決壊が発生した。雉子尾川については，越流が発生した。人的及び建物被害等は，犠牲者 10 名，行方不明者 1 名となり，住家被害としては，全壊 102 棟，大規模半壊 238 棟，床上浸水 827 棟となり，2011 年東日本大震災の際より甚大な被害となった。

4. 調査概要

東北大学災害科学国際研究所では，13 日から丸森町の現地に入り，現在までに十数回の現地調査及び役場での職員に対する災害対応のアドバイス，自主防災組織へのヒアリング等を実施した。また，現地調査では，災害研教員を始め，東北学院大学の飛田先生と千田先生にもご協力をいただき，全地区を数日間かけて河川や土砂災害の要因調査を実施した。以下に本調査の調査結果の一部を示す。

- ・丸森町民は，過去の災害経験をもとに地形や治水等を良く理解しており，特に集水地形や河川近くに居住場所を設けていないことが多く，被害を免れている。
- ・甚大な被害となったのは，これまでの水害経験（S61.8.5）以上に降雨量があったこと，さらに，住民の過去の災害経験が負の動きとなり，避難の遅れ等に繋がった。
- ・各地区のコミュニティーがしっかりしており，特に，自主防災組織や消防団の安否確認，避難誘導，人命救助の活躍，住民所有の重機で道路啓開など実施している。ただし，備蓄食料が水害で被害にあったこと，飲料水に使用できる井戸が少なかったことなどが問題となった。
- ・東日本大震災を経験した役場ではあるが，災害事象が異なったこと，大規模災害になったこと，役場職員が足りないことなどから，被害把握や対応の遅れが見られた。

5. まとめ

本報告では，令和元年台風 19 号の丸森町の被害概要について報告を行った。今後，丸森町の各地区の自主防災組織にヒアリングを実施し，被害の状況，避難状況，本災害の課題や教訓をまとめていき，丸森町の地域防災計画やハザードマップ，自主防災組織のあり方等に対して提言をまとめる予定である。

謝辞：

本報告をまとめるに当たり，丸森町総務課消防防災班及び災害科学国際研究所の教員，東北学院大学の飛田先生，千田先生にご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献：

1) 丸森町，災害対策本部会議資料（2019 年 11 月 22 日）：

<http://www.town.marumori.miyagi.jp/data/open/cnt/3/5471/1/saitai25.pdf>（参照：2019 年 11 月 23 日）

<第1会場：213室>

— 第2部 —

司会：水田 敏彦 先生

令和元年12月27日（金）

8題（10：00～12：00）

2019年山形県沖地震とその石造鳥居を中心とした被害*

元山形大学地域教育文化学部 川辺 孝幸

1. はじめに

2019年6月18日22時22分過ぎに、山形県沖の日本海沿岸を震源とするMj6.7の地震が発生した。この地震によって、深奥に隣接する新潟県村上市府屋で震度6強をはじめ、山形県鶴岡市南部～新潟県村上市北部の海岸沿いの地域で震度6弱～震度5強を観測した。この地震の発震機構解では、図1のように、ともに北北東-南南西走行で南東にゆるく傾く節面と西北西にやや急な角度で傾く節面とが示されたが（気象庁，2019），その後の余震活動の震源分布を考えると，地震を引き起こした断層は，西北西にゆるく傾く面に相当すると考えられる。

筆者は，この地震による詳細な震度分布および強振動の方向を推定するために，地震によって被害を受けたと想定される神社の石造鳥居の損傷の有無と程度。および損傷をもたらした地面の動きの方向を復元するために，鶴岡市南部～村上市北部において，株式会社クレオ プロアトラス X5 および Google map に掲載の約180の神社のうち，131の神社について現地調査をおこなった。

本報告では，石造鳥居の調査結果について報告し，調査結果をもとに推定される個々の震度と強振動の方向について述べる。

2. 調査方法と結果

調査をおこなった131の神社のうち，全鳥居135基のうち，石造鳥居は71基であり，そのうちのほとんどは花崗岩製であった。非石造鳥居は64基で，木製が24，コンクリート製が39で，コンクリート製の割合が高いが，おそらく1964年新潟地震に伴う再建による可能性が高い。

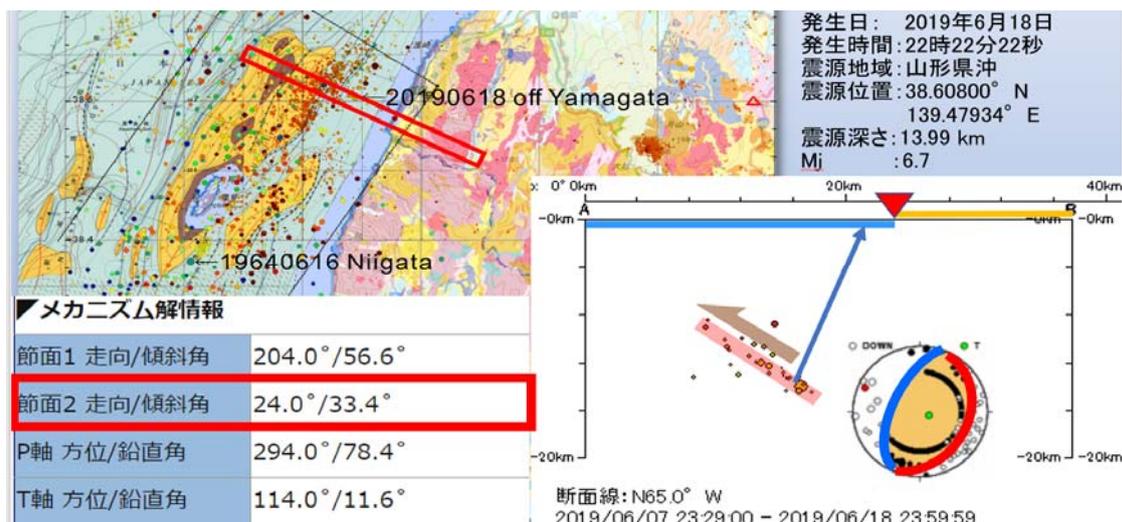


図1 2019年山形県沖地震の諸元・震源解と震源分布断面から推定される起震断層

* 2019 off-Yamagata Prefecture Earthquake and damage of stone torii shrine gates by its quake motion

今回の地震で損傷を受けた石造鳥居は、29基で無被害は42基であった。

損傷を受けた石造鳥居は、川辺（2007）に基づき、損傷の部位と尾の程度によって点数化され、部位ごとの点数の合計をその鳥居の被害度とし、損傷の部位から損傷をもたらした力学を復元し、その反対方向をもって地面の強震動の方向とした、また、被害度から震度への換算は、同じ花崗岩製の鳥居の被害度と気象庁推計震度との対応関係をもとにした換算値を使用した（川辺，2007）。

調査の結果を図2に示す。図に示すように、最大損傷度は新潟県村上市岩崎諏訪神社の倒壊鳥居と山形県鶴岡市鼠ヶ関厳島神社の大規模損傷鳥居の10であり、その他は被害度7が1件、被害度4が1件、被害度3が2件、被害度2が2件、被害度1が21件、無被害が42であった。震度に換算すると、換算震度6弱が最大で2件、換算震度5強が2件、換算震度5弱が23件、換算震度4が42件であった。換算震度と気象庁計測震度および推計震度との関係では、最大深度6強を計測した村上市府屋では換算震度は6弱であった。またおおむね震度4の村上市市街地域では推計震度4と推計震度5弱が混在する状況であった。一方鶴岡市側では、推計震度5強の地域はおもに換算震度5弱～4で、推計震度5弱および4の地域は換算震度5弱～4が混在する状況であった。

石造鳥居の損傷割合をもとにした推計震度は、より細かい鳥居の立地地点での震度を表現していると考えられる。一方、鳥居が物性強度のほぼ同じである同一の岩石種で作られている場合には損傷の割合はほぼ最大加速度の大きさに比例すると考えられるが、計測震度は単に最大加速度の大小では計算されていない。このような値の支持する対象が異なることも違いが生じる原因になっていると考えられる。

鳥居の損傷から推定される地面の運動方向に関しては、おおむね北東方向を示すものが多いが、地震動との対応についてはより詳細な加速度粒子奇跡との関係を検討する必要がある、今後の課題である。

文 献

川辺孝幸, 2007, 2007年能登半島地震における石造鳥居の被害調査から推定される地震動一方法論一. 地球科学, 61, 5, 379-387.

気象庁, 2019, 令和元年6月地震・火山月報（防災編）令和元年6月地震・火山月報（防災編）. <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/gaikyo/monthly/201906/201906monthly.pdf> (2019年7月1日閲覧) .

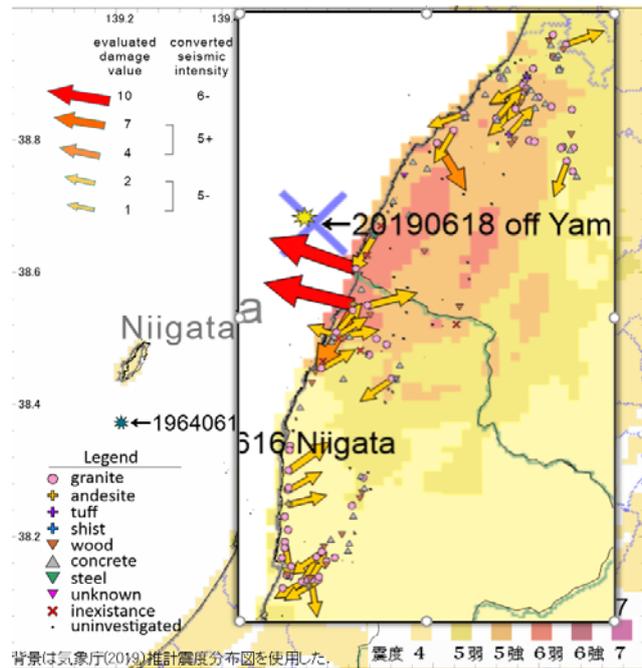


図2 2019年山形県沖地震による鳥居の被害度と損傷をもたらした地面の推定運動方向

常時微動連続観測に基づく特別豪雪地帯住宅の冬期振動特性*

秋田大学 地方創生センター 水田 敏彦

1. はじめに

秋田県は国内でも有数の豪雪地帯であり、豪雪地帯対策特別措置法に基づいて県内全域が豪雪地帯に、県土面積のほぼ半分が特別豪雪地帯として指定されている。このような積雪寒冷地においては、冬期地震が発生した場合、堆積雪や屋根雪による被害の拡大が予想される。特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り、積雪を前提にした防災対策を推進する必要がある。冬期の揺れによる被害を考える際、屋根雪の影響を把握しておくことが重要であり、積雪地域における住宅の耐震性や動的挙動に関する実験や解析が行われている^{1), 2)}。一方、豪雪地帯の住宅では気候、採暖、屋根の雪下ろしなどにより振動特性の変化が考えられるが、冬期振動特性を長期間、継続的に観測した事例³⁾は限られる。そこで、秋田県横手市の特別豪雪地帯に位置する住宅を対象として、冬期振動特性（特に固有周期）の変化を明らかにすることを目的に常時微動連続観測を実施し、本稿では観測結果を報告する。

2. 常時微動観測の概要

2.1 観測を行った地域と住宅

観測対象は、横手市増田町の山間部に位置する狙半内地域にある木造2階建住宅（在来工法、昭和51年築、標高250m）である。図1に観測住宅の立地地点を◎印で示す。図にはアメダスの観測点（湯ノ岱、標高335m）も◇印で併せて示している。また、建物の外観を写真1に示す。なお、観測した住宅は山麓に位置し、地盤上で微動観測したH/Vスペクトル比がほぼフラットな特性を示すことから地盤は良好であると思われる。



図1 観測住宅の位置

2.2 観測概要

微動計の設置場所を写真1中に▼印で示す。絨毯など不安定な場所や生活空間を避けた結果として、2階サンルーム隣の床に設置した。観測機材はサーボ型3成分加速度計（分解能24bit、東京測振製CV-374A）を用い、サンプリング周波数は100Hzとした。観測期間は2018年12月25日～2019年6月12日である。



写真1 住宅の外観

*Winter season vibration characteristics of the houses of special heavy snowfall areas in Akita based on the microtremor continuous observation by Toshihiko Mizuta

3. 観測結果

解析方法はノイズの少ない区間 20.48 秒のデータを選び出し、フーリエスペクトル（平滑化 10 回、Hanning Window）を求めた。フーリエスペクトルの例を図 2 に示す。1 月 19 日に屋根の雪下ろしをしておりピーク周期が大きく変化していることがわかる。また、冬期振動特性の変化を把握するため、スペクトルの 1 次ピークを固有周期として読み取り、アメダス湯ノ岱の積雪深と比較した。一例として 2019 年 1 月の観測結果を図 3 に示す。

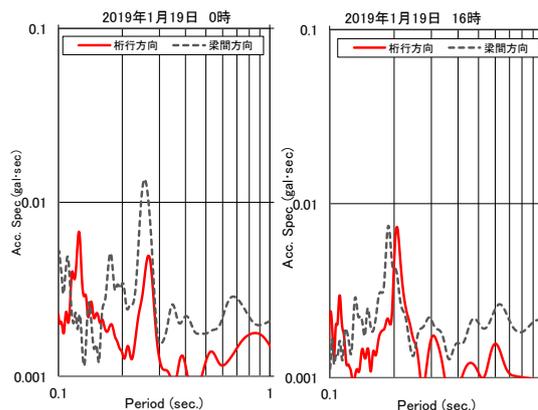


図 2 フーリエスペクトルの例

積雪深と固有周期の変化はよく対応する。固有周期の変化の範囲については、雪下ろし直後桁行方向 0.19 秒、梁間方向 0.17 秒、雪下ろし直前はバラツキがあるものの最大で桁行方向 0.28 秒、梁間方向 0.25 秒であり、1.5 倍程度の変化が見られる。

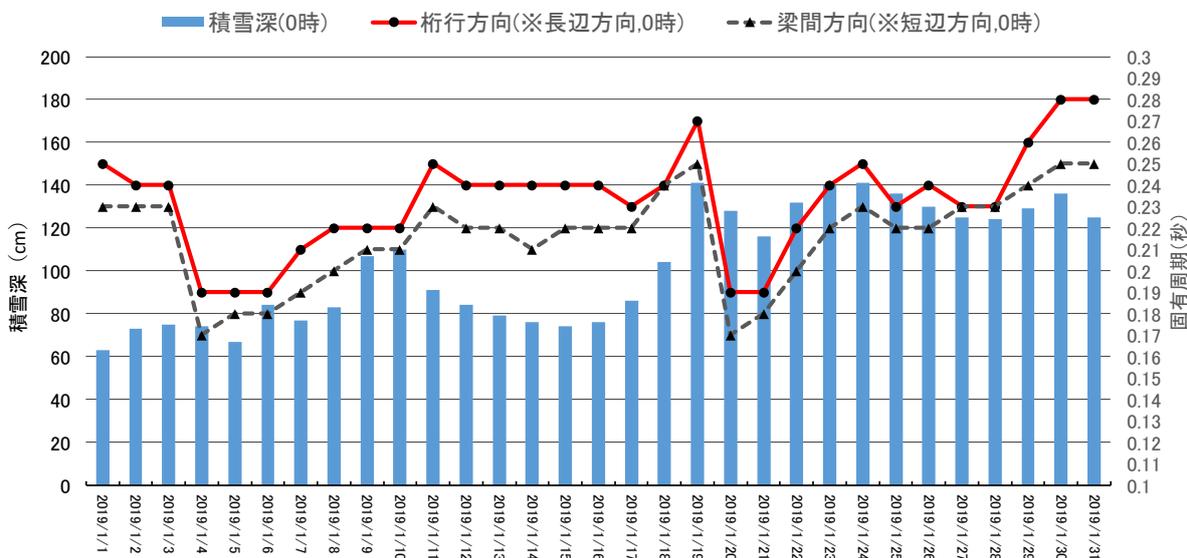


図 3 アメダス湯ノ岱における積雪深（左軸）と対象住宅の固有周期の変化（右軸）の例

4. まとめ

秋田県横手市の特別豪雪地帯に位置する住宅において常時微動連続観測を行い、冬期振動特性を把握することができた。積雪深と固有周期の変化はよく対応し、固有周期の範囲については 1.5 倍程度の変化が見られた。今後は気候や降雪量との比較、時間単位での詳細な固有周期の変化の把握、また、強震観測記録も得られているので微動観測記録との比較も行いたい。

謝辞：本研究は科学研究費補助金（基板研究（C）18K04651）の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 千葉隆弘, 苫米地司, 植松武是, 高橋徹, 大橋好光: 積雪地域における木造住宅の耐震診断と耐震補強に関する研究—札幌市の 2 階建木造住宅を対象とした場合, 日本建築学会構造系論文集, 73 巻 630 号, pp. 1311-1316, 2008.
- 2) 千葉隆弘, 苫米地司, 高橋徹, 植松武是: 積雪期の地震に対する木造住宅の耐震性に関する研究—振動による屋根雪の動的挙動と構造体の応答特性との関係について, 日本建築学会構造系論文集, 74 巻 635 号, pp. 25-32, 2009.
- 3) 片岡俊一: 連続微動観測から見た住宅の固有振動数と積雪との関係, 東北地域災害科学研究, 第 43 巻, pp. 51-55, 2007.

火山碎屑物が堆積する青森県南地域の表層地盤増幅の振幅依存性*

弘前大学大学院 稲葉 令子

弘前大学 片岡 俊一

1. はじめに

火山碎屑物が表層を覆う青森県南地域の台地上において、地震動の増幅倍率が入力振幅によってどのように変化するか、複数の観測点を取り上げて等価線形解析法を用いて計算してみた。具体的には、S波速度構造が分かっている5地点に対して、6種類の地震波を入力して、地点ごとの平均的な特徴を捉えることとした。入力振幅レベルは最大速度で規準化し、0.01 cm/s ~ 50 cm/s の間で10段階とした。

2. 入力地震動

表1に示す6つの地震動を利用した。表中、振幅調整波としたものは道路橋の設計用のものである。観測波のうち、エルセントロ波は日本建築センター、その他は防災科研より入手した。カッコ内は観測点名を表す。

表1 使用地震動

振幅調整波		観測波
1978宮城県沖地震 (開北橋周辺)	レベル1	2011東北地方太平洋沖地震 (牡鹿)
1995兵庫県南部地震 (神戸海洋気象台)	レベル2 タイプI	エルセントロ波
2003十勝沖地震 (清水道路維持出張所)	レベル2 タイプII	2003十勝沖地震 (襟裳岬)

3. 対象地点の地下構造

対象地点は、K-NET 三沢 (AOM011)、八戸工業大学(滝田, 1996)、階上町役場、南八戸変電所(藤野・大上, 1998)、上北変電所(藤野・大上, 1998)の5地点である。対象地点はいずれも数 m~20m 程度の表層の下に S 波速度が 400m/s 程度以上の層(以下、工学的基盤)が存在する。本検討では、工学的基盤以浅をモデル化した。

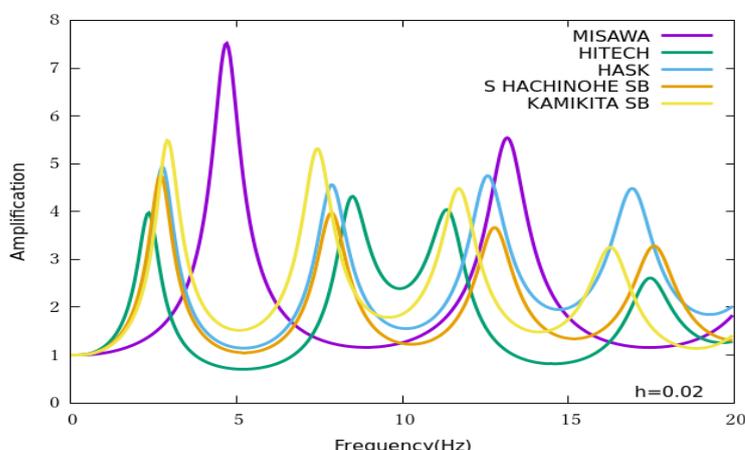


図1 各地点の線形時の増幅特性

層厚と S 波は文献から入手し、単位体積重量の記載がない場合は土質

から推定した。各地点の線形時の増幅特性(各層の減衰定数は 0.02)を図1に示す。基本のピーク振動数は 3~5Hz の間にあり、K-NET 三沢が最も高い振動数でピークを示した。

非線形特性は、土質がロームとあるものは岩手ローム(鉄道総研, 1999)、それ以外は土木研究所が提案している標準的なもの(土木研究所, 1982)を利用した。

* Amplitude dependence of surface ground amplification in the south area of Aomori Prefecture where pyroclastic material is deposited by Inaba Ryoko and Kataoka Shunichi

4. 結果

K-NET 三沢における計算結果を、横軸を入力最大加速度、縦軸を地表と工学的基盤の最大加速度の比として図 2 に示す。地盤の応答解析は最大速度 50 cm/s まで行っているが、図では表層地盤のひずみが 0.1% 以下となった範囲を示している。最大加速度に着目すると、小振幅では大きな倍率であるが、数 10 cm/s² 程度から倍率が小さくなるのが分かる。これは剛性低下の影響と考えている。

入力が大きくなるにつれて、地表の増幅倍率が小さくなる状況を(1)式で近似した。その結果が図中の赤線である。

$$y = \frac{a}{x + b} + c \quad \dots(1)$$

図 3 に、全対象地点で図 2 の赤線と同様に算出した近似曲線を示す。図 3 を見ると、地点によらず、比較的小さな入力加速度でも加速度倍率が低下し、その後は一定値となる傾向が見てとれる。

一方、最大速度の増幅倍率を最大加速度と同様に整理したものが図 4 である。八戸工業大学と K-NET 三沢では、入力振幅が大きくなるにつれて倍率がやや低下しているものの、全体的には入力によらずほぼ一定で変化が小さいことが分かった。

5. まとめ

火山砕屑物が表層を覆う、青森県南地域の台地上で、表層地盤増幅特性が大振幅入力時にどう変化するのか、等価線形解析法を用いて計算した。入力振幅が大きくなるにつれて加速度の増幅倍率は低下し、おおよそ 2 に収束した。一方で、速度の増幅倍率は入力振幅によらず、2~3 でほぼ一定となった。

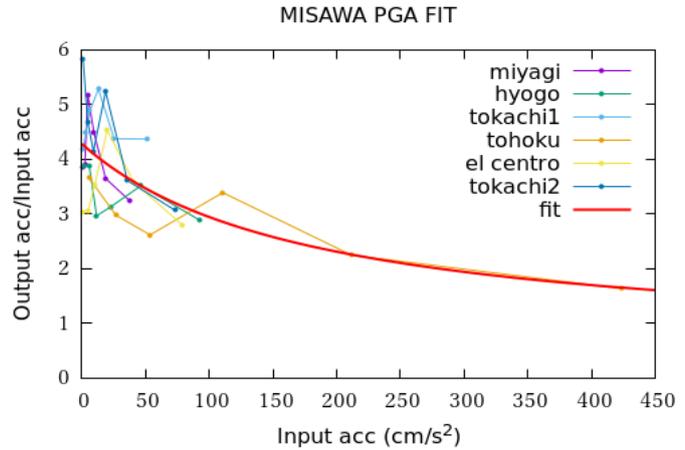


図 4 三沢地盤の加速度増幅倍率

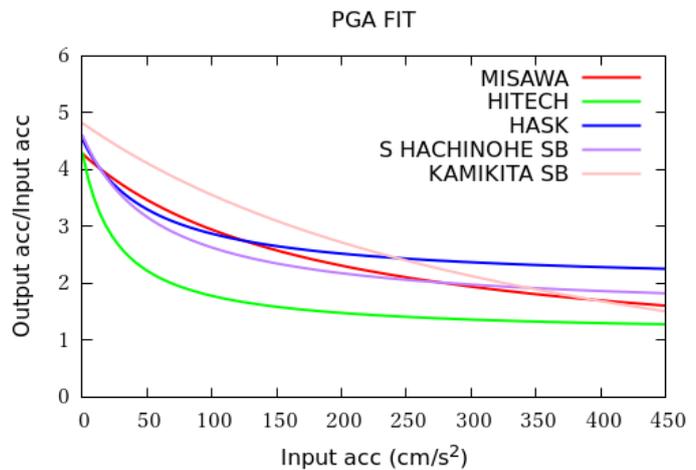


図 4 全対象地点の加速度増幅倍率

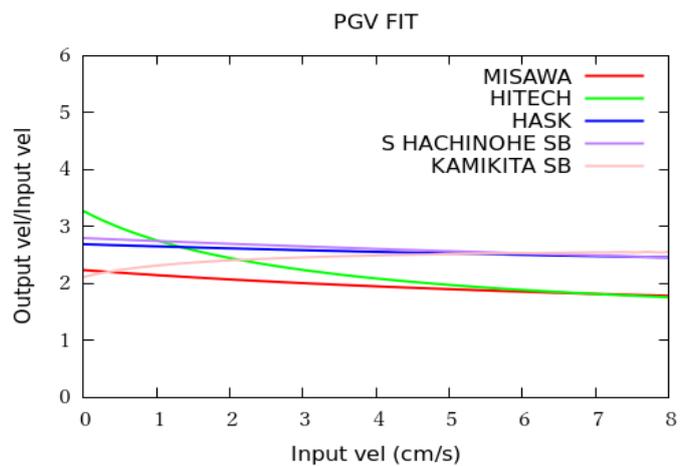


図 4 全対象地点の速度増幅倍率

火山性深部低周波地震に見られる特徴的地震波形：

数値モデリングに基づく生成機構の検討*

弘前大学大学院理工学研究科 春山太一・小菅正裕・前田拓人

1. はじめに

深部低周波地震は、波形の卓越周波数が地震の規模に比して顕著に低く、脆性-塑性境界よりも深部で発生する。また、2015年の箱根火山の水蒸気爆発の前や、2011年と2018年の霧島火山における噴火の前に深部低周波地震が活発化したことが報告されており（Yukutake et al., 2019; Kurihara et al., 2019）、深部低周波地震は火山深部での火山流体の移動により引き起こされることが示唆される。そのため、深部低周波地震の生成メカニズムを明らかにすることは、火山活動の把握において重要である。しかし、深部低周波地震の発生メカニズムについては未解明な部分が多い。そのメカニズムの解明を目指す研究の一つにモーメントテンソル解析があるが、通常モーメントテンソル解析に用いられるような単純な構造に基づく理論波形では、深部低周波地震の複雑な波形、特に、特定の周波数が卓越して継続時間の長い振動となるような波形（図1）を十分に説明することができない。このような波形は、浅部における火山性微動のように、波動の共鳴として数値モデリングが可能と考えられる。そこで、我々は地震波動伝播シミュレーションによって波形を計算し、深部低周波地震に特徴的な波形の出現条件を検討した。

2. 方法

継続時間の長い深部低周波地震では、特定の周波数が卓越して振幅が徐々に大きくなる紡錘型波形が観測されている。本研究では、低速度領域での共鳴により、この特徴の再現を試みた。共鳴体として震源の周辺に地震波低速度領域を置き、力源、震源位置、低速度領域のパラメータを変えて波形を計算した。力源はシングルフォース、ダブルカップルの2種類について、低速度領域はP波・S波速度を $V_p=1.5$ km/s, $V_s=1.0$ km/sとし、深さ30 kmに円柱、クラック状、球、箱型の4種類を用いた。計算には3次元波動伝播シミュレーションコードOpenSWPC（Maeda et al., 2017）を用いた。低速度領域以外の地震波速度は気象庁一元化速度構造（上野・他, 2002）を用い、力源の震源時間関数はベル型の形状を持つKüpper waveletとした。

3. 結果

シミュレーションでは、力源が低速度領域の中にあるときは共鳴による継続時間の長い波形が現れたが、低速度領域の外にあるときはパルス波が現れた。共鳴による波形は、単発の力源

*Seismic waveform modeling of deep low-frequency earthquake in volcanic regions by Taichi Haruyama et al.

では単純な減衰振動となり、紡錘型の波形は説明できない。そこで、それが複数の力源によって説明できるか検討した。その結果、力源位置に前のパルスによる波動が戻ってくるタイミングで次のパルスが作用したとき、振幅が増幅し、紡錘型の波形を再現できることがわかった(図2)。また、最大振幅の出現時刻は与える力源パルスの個数により変化した。紡錘型の波形が再現できたとき、シングルフォースによる波形はダブルカップルに比べて低周波成分が卓越し、倍音効果が強く現れた。シングルフォースの振動極性は、水平方向の力源では与えた方向と平行の振動が卓越し、鉛直方向の力源の場合はラディアル成分が卓越した。ダブルカップルの振動極性は、水平方向のずれを与えた場合は与えた方向と平行な振動が卓越し、鉛直方向のずれの場合、節面上の観測点でトランスバース成分が卓越し、P軸・T軸方向の観測点ではラディアル成分が卓越した。

4. 議論

波動伝播シミュレーションにより、低速度領域内で短時間のうちに複数回繰り返す力源を与えることにより、紡錘型の波形を再現することができた。力源としてはシングルフォースとダブルカップルの両者の可能性がある。再現できた紡錘型の波形のスペクトルには倍音が現れている。観測波形のスペクトルでも、スペクトル振幅が間欠的に大きくなっているように見え、観測波形と計算波形のスペクトルは調和的である。振動極性は、水平方向の力源を与えた場合は観測結果と調和的であるが、観測結果はより複雑である。それは共鳴体の形状や力源モデルに起因する可能性がある。今後はより複雑な低速度域を考えたり、力源として **Compensated Linear Vector Dipole (CLVD)** についても検討し、震源モデル化の精緻化をさらに進める。

謝辞

本研究では東京大学地震研究所の EIC 計算機システムを利用しました。

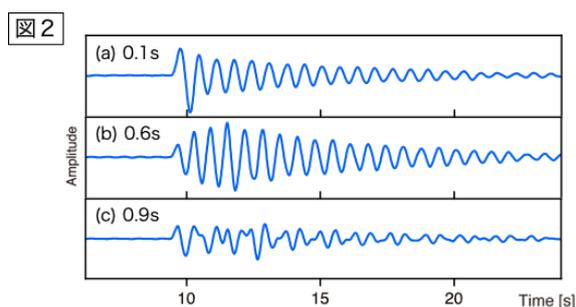
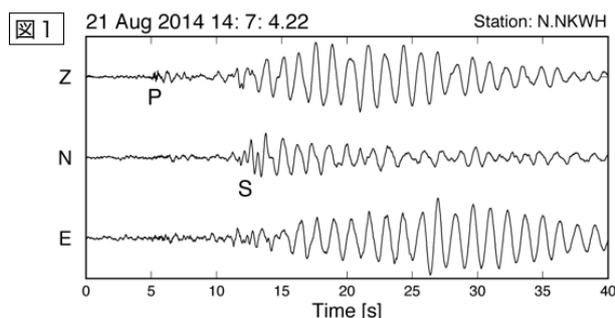


図1. 山形県肘折地域で発生した深部低周波地震の波形例 (小菅・春山, 2018)。

図2. 低速度領域内で力源を複数発与えた場合の波形例。パルス時間間隔が (a) 0.1 s (b) 0.6 s (c) 0.9 s の波形を示す。振幅は最大値で規格化されている。

地震波干渉法に基づく青森県周辺のレイリー波群速度分布と

その周期依存性*

弘前大学大学院理工学研究科 石田早祐美・前田拓人・小菅正裕

1. はじめに

最近、地震波干渉法を用いた地下構造推定が盛んに行われるようになった。地震波干渉法では表面波を解析に用いるので、平野における堆積構造推定が可能である。津軽平野南部で発生した1766年明和津軽大地震の被害分布域には平野部の構造が影響している可能性があるため、構造推定は地震防災の観点からも重要である。先行研究として、地震波干渉法に基づく表面波解析によって日本全域のS波速度構造が推定されている(Nishida et al., 2008)が、津軽平野周辺の詳細な構造が得られているわけではない。一方、自然地震を用いた実体波トモグラフィ(e.g., Nakajima et al., 2001)では、一般に浅部構造が精度よく求まらない。以上のことから、本研究では地震波干渉法を用いて津軽平野を中心とした青森県周辺の表面波群速度推定を行う。

2. 地震波干渉法解析

本研究では、青森県を中心に秋田県・岩手県北部から渡島半島南部にかけての領域の防災科学技術研究所高感度地震観測網Hi-net観測点の連続波形記録を用いて解析を行った。また、津軽平野地域にはHi-net観測点が少ないため、弘前大学の金木農場と藤崎農場に固有周期1sの地震計を設置し、波線密度の向上を図った。臨時観測点を含めた解析期間は、2017年10月19日から2018年3月17日である。地震波干渉法解析はBensen et al. (2007)の手法に基づき、前処理として振幅の平準化、スペクトルホワイトニングを行った。次に、観測点の間相互相関関数を算出し、スタッキングとフィルタリング処理を行い、各周期帯における群速度を推定した。周期帯は4–8 s, 8–16 s, 16–32 sとした(石田・他, 2019, 日本地震学会秋季大会)。

解析に適用した全期間についての相互相関関数をスタックすることでS/N比が改善され、位相が明瞭となった。明瞭なピークの到来時刻は、観測点間距離の増加とともに系統的に遅くなっていることから、表面波のグリーン関数が抽出されたと考えられる。群速度については、各周期帯において青森県の北西部で低速度波線が卓越する特徴が見られた。

3. レイリー波群速度トモグラフィ

群速度の空間分布を推定するため、対象領域を水平面内でブロックに分割し、レイリー波群速度を逆問題により解くブロック・トモグラフィ解析を行った。求めたグリーン関数のエンベロープ振幅が最大となる時刻を観測点間の走時データとして用いた。本研究では、初期速度は4–8 s帯域で2.5 km/s, 8–16 s, 16–32 s帯域で3 km/s, ブロックサイズは4 km×4 km, イタレーシ

*Frequency-dependent Rayleigh wave group velocity around Aomori prefecture inferred from seismic interferometry by Sayumi Ishida et al.

ン回数は5回とした。逆問題を安定して解くためにダンピングやスムージングの値を周期帯ごとに検討した。各周期帯におけるトモグラフィの結果を図1に示す。

すべての周期帯において、青森県北西部で低速度領域が、夏泊半島で高速度領域が確認できた。4–8 s 帯域では、青森県南部で高速度領域が、八戸地域で低速度領域が見られた。8–16 s, 16–32 s 帯域で、青森県南部で低速度領域が見られた。また、16–32 s 帯域では、青森県南東部で高速度領域が見られた。これらの特徴は、地震波干渉法により得られた群速度の波線分布と概ね調和的である。

4. 議論

本研究では臨時観測点を設置したことで、Hi-net 観測点のみの場合よりも津軽平野地域を中心に波線密度が向上し、群速度分布の地域性をより詳細に求めることが可能となった。

本研究で得られた群速度分布を既知の構造と比較すると、4–8 s の周期帯での群速度分布は、J-SHIS 表層マップと対応が良い。この周期は深さ約 5 km までの構造を反映しているため、表層基盤の速度構造を表していると考えられる。夏泊半島の高速度領域はすべての周期帯で見られたことから、表層から深部（深さ～24 km）まで高速度域が存在することを示唆し、この地域に分布する深成岩の岩体に対応する可能性がある。

謝辞

本研究では国立研究開発法人防災科学技術研究所高感度地震観測網 Hi-net の地震波形を利用しました。また、弘前大学農学生命科学部の農場関係者には臨時観測の便宜をはかって頂きました。記して謝意を表します。

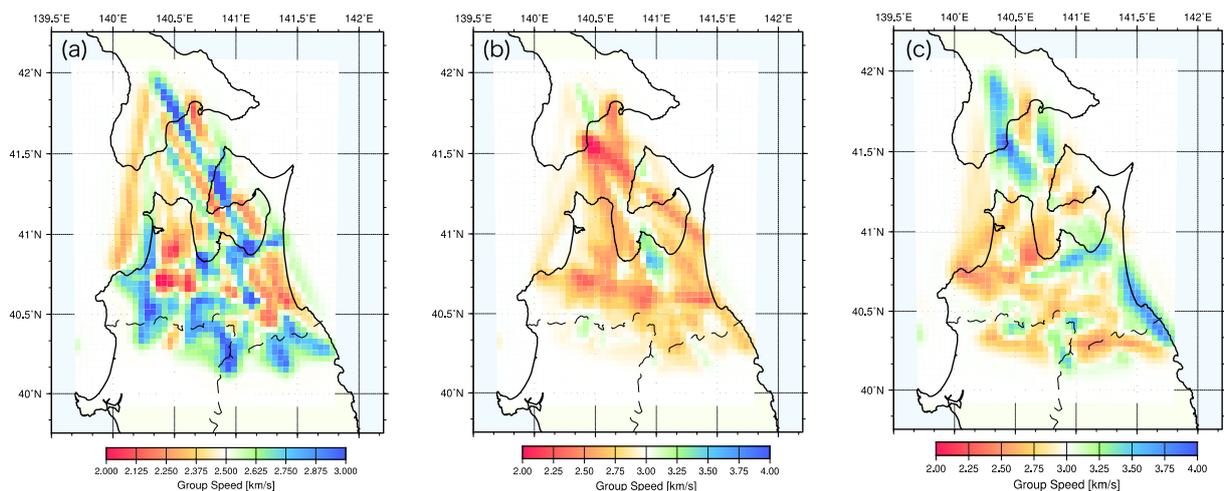


図1. (a)4–8 s, (b)8–16 s, (c)16–32 sにおけるトモグラフィ結果。色は各図下部のスケールに基づくレイリー波の群速度を表す。

2019年山形県沖地震の陸上余震観測*

○岡田知己（東北大学大学院理学研究科）・酒井慎一（東京大学地震研究所）・吉田圭佑（東北大学大学院理学研究科）・内田直希（東北大学大学院理学研究科）・中山貴史（東北大学大学院理学研究科）・平原聡（東北大学大学院理学研究科）・松澤暢（東北大学大学院理学研究科）・日野亮太（東北大学大学院理学研究科）・篠原雅尚（東京大学地震研究所）・Richard Sibson（オタゴ大学）

1. はじめに

2019年6月18日22時22分に、山形県沖においてM6.7の地震が発生した。本震のメカニズム解（気象庁および防災科研）は、P軸が東南東-西北西方向を向く逆断層型の解であり、東傾斜の節面の傾斜は約 30° 、西傾斜の節面の傾斜は約 60° である。

この地震の余震分布を得る際には震源域近傍での高密度観測を行なうと共に3次元速度構造を用いることで精度を上げることができると期待される。また、震源域周辺の地震波速度構造は、この地震の発生機構を知る上で重要な情報となる。東北大学と東大地震研究所は本震発生後震源域近傍において臨時地震観測を行なった。本研究では、臨時地震観測データを用いた余震分布や地震波速度構造について報告する。

2. データ・方法

陸上での臨時地震観測は本震発生後約2日後から開始した。観測はオンライン観測点（東大地震研：4点、東北大：2点）とオフライン観測点（東北大：3点）から構成され、余震域に沿った海岸線沿いに設置した。得られた波形データを定常観測によるデータと合わせて解析に用いた。震源決定は、Okada et al. (2015)の地震波速度構造を初期構造とし、Double-Difference トモグラフィ法により行なった。

3. 結果

余震分布は主に東にゆるやかに傾斜した分布として得られた。従って、本震のメカニズム解の2つの節面のうち、東に傾斜した節面が断層面に対応すると考えられる。本震は東に傾斜した余震の並びに最深部に位置している。この東に傾斜した余震分布の浅部延長は栗島隆起帯の西端付近に対応するように見える。一方、震源域（余震域）南部では、余震分布はやや複雑であり、西にやや高角で傾斜していると見られる余震分布も得られた。これは、本震のメカニズム解の2つの節面のうち、西に傾斜した節面に対応していると考えられる。今回の震源域付近では、インヴァージョン・テクトニクスによる高角の古い正断層の逆断層としての活動が認められており、そのような断層の一部に対応するかもしれない。

*Onshore aftershock observation for the 2019 Yamagata-Oki earthquake by Tomomi Okada, Shin'ichi Sakai, Keisuke Yoshida, Naoki Uchida, Takashi Nakayama, Satoshi Hirahara, Toru Matsuzawa, Ryota Hino, Masanao Shinohara, Richard Sibson

4. 議論

4. 議論

2011年東北沖地震発生後に東北地方などのいくつかの領域で東北沖地震により誘発されたと考えられる地震が発生している (Okada et al., 2011, 2015, Yoshida et al., 2012 など)。それらの地震に対するクーロン応力変化は正であり、東北沖地震による応力変化の正の影響を受けていると考えられる。一方、山形県沖地震の2つの節面での東北沖地震によるクーロン応力変化はどちらも負であった。Uchida et al. (2018) は、今回の地震の震源域を含む領域において東北沖地震後の地震活動の低下を指摘しており、山形県沖地震に対する負のクーロン応力変化と整合しているように考えられる。ただし、東北沖地震の地震後変動の影響や、今回の地震は1964年新潟地震の余震域の北端付近に位置しており、新潟地震の影響も考慮する必要がある。一方、2011年東北沖地震発生後の誘発地震群については、震源域の時間拡大などから間隙流体圧の上昇も原因として考えられている。既往研究および本研究による地震波速度トモグラフィの結果から山形県沖地震の震源域の深部において、低 V_p ・低 V_s ・高 V_p/V_s の領域が確認できることから、山形県沖地震の発生原因として流体の関与も考えられる。

2019年山形県沖の地震による仙台市内の地震動特性

東北大学 大野 晋

1. はじめに

仙台平野内の地震観測記録の分析では、長周期地震動の分布が方位依存性を持つことが指摘されている。2019年6月の山形沖の地震では、あまり得られない西側から入射した場合の地震記録が観測されており、この記録を用いて方位依存性について報告する。

2. 仙台市の長周期地震動特性

これまでの観測記録の分析の結果、東側（太平洋側から）の入射では仙台市南部のみに振幅の大きい場所が集中するが、北側もしくは南側からの入射では南北に帯状に伸びた振幅の大きい地域が出現することがわかっている。3D-FDMによるシミュレーションの結果、前者はS波入射、後者は表面波入射に対応すること、仙台市の複雑な基盤構造が影響していることが指摘されている（Ohno and Koike, 2018）。

3. 山形沖の地震の地震動分布

東北大学災害研及び各機関で観測された仙台市内の地震記録から、大野・柴山(2010)の方法で求めた周期3sの応答スペクトル分布を図1に示す。宮城県沖と岩手宮城内陸地震も比較のために示すが、今回の地震動の分布は宮城県沖に近い性状を示している。なお、波形でもS波主要動の振幅が後続波を上回っており、その点も東側からの入射ケースに近い。

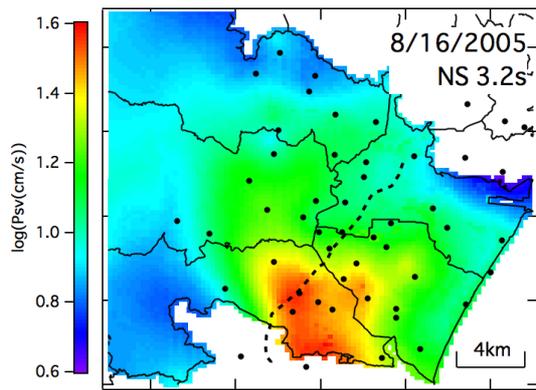
謝辞

気象庁，防災科研，建築研究所，港湾空港技研の記録を用いました。

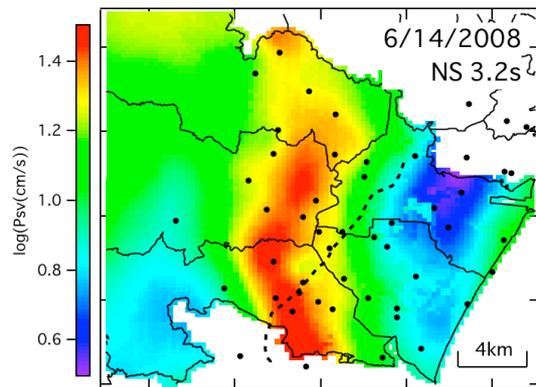
参考文献

大野・柴山(2010) 13JEES, pp.186-192.

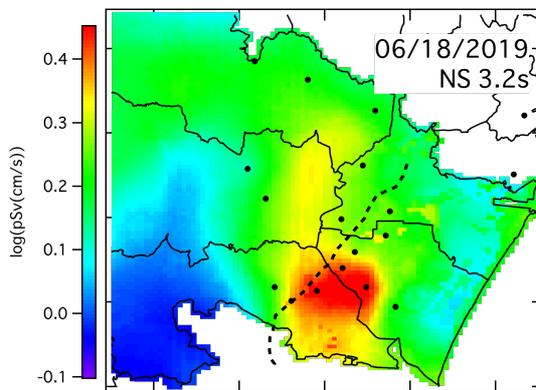
Ohno and Koike (2018) Proc. 16ECEE, Paper No. 11258.



(a) 2005年宮城県沖の地震



(b) 2008年岩手・宮城内陸地震



(c) 2019年山形沖の地震

図1 周期3秒の応答スペクトル分布

稠密微動アレイ探査による岩手県陸前高田市の造成地における S 波速度構造の推定*

岩手大学理工学部 ○齋藤早紀, 山本英和, 齊藤剛

1. はじめに

平成 23 年東北地方太平洋沖地震津波により, 岩手県陸前高田市の海岸平野部では壊滅的な被害を受けた。再びこのような被害を受けないようにするために, 陸前高田市は被害が集中した市中心部を大規模におよび広範囲に嵩上げした。盛土の最大高さは約 12m に達する。本研究では, 嵩上げされた市の中心部の造成地において微動アレイ探査を実施し, S 波速度構造を推定することで, 造成地の地盤の強度を把握することを目的とする。また, 当該地域は震災直後, 山本ほか (2014) により微動アレイ探査による S 波速度構造が把握されている。本研究と既往の研究を比較し, 造成による影響を検討することも目的のひとつである。

2. 極小アレイと道路幅アレイによる微動観測

微動観測は 2019 年 8 月 19 日, 21 日および 26 日に岩手県陸前高田市高田地区造成地で行った。図 1 に観測地点を示す。高田地区中心部商業施設アバッセ高田付近の 22 地点で集中的に微動観測を実施した。微動観測には白山工業株式会社製の微動計 JU310 を 4 台および JU410 を 4 台用いた。サンプリング周波数 200Hz, 1 カ所の測定時間は 15 分である。図 2 にアレイ配置を示す。4 台の JU310 を用いて中心に 1 台, 半径 60cm の円周上に 3 台配置する極小アレイと, 4 台の JU410 を用いた, 道路幅を高さとする平行四辺形型 (菱形) のアレイで同時に微動を測定した。半径 60 cm の極小アレイ微動探査では, 観測の機動性は高いが, 地震防災上有益な波長 40m 程度の位相速度の情報を得ることができない事例が過去の調査では多かった。今回, 地震計間隔 10m から 20m 程

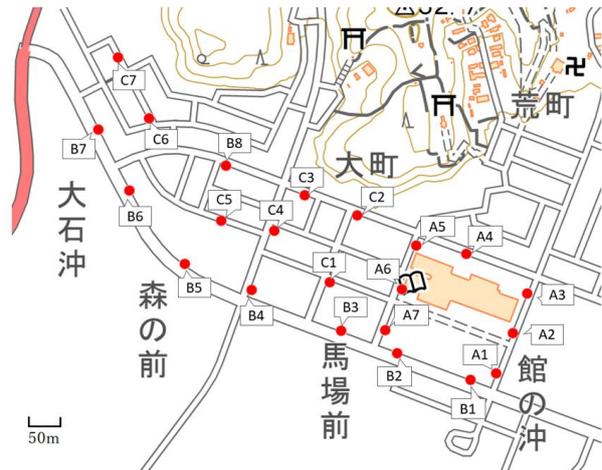


図1 微動観測地点

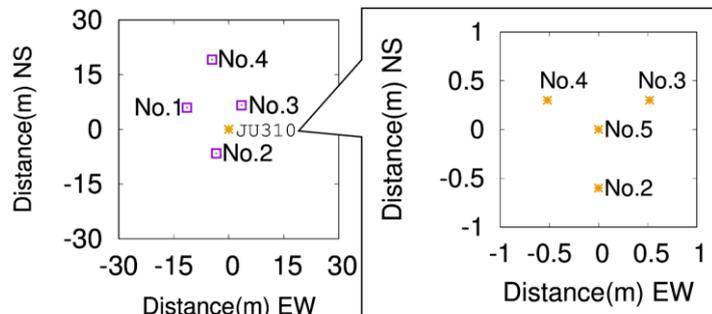


図2 A7におけるアレイ配置図

* Estimation of S-wave velocity structures in the creation land of central Rikuzentakata City, Iwate Prefecture by using dense microtremor array surveys by S. Saito, H. Yamamoto and T. Saito

度の道路幅を基準としたアレイを同時に測定することで、極浅部から深度 30m 程度までの S 波速度構造を 1 回の測定で調査可能にすることを目的とした。

3. 結果

観測された微動記録を 40.98 秒の区間に分割し、FFT によりスペクトル解析を行った。図 3 に H/V のピーク周期分布図を示す。ピーク周期は盛土が薄いと予想される山側では 0.24 秒を示し、盛土の厚い海側では 0.46 秒を示している。

空間自己相関 (SPAC) 法により、位相速度分散曲線を計算した。観測された上下動微動を 20.48 秒区間ごとにクロススペクトルを算出し、

空間自己相関係数を算定した。観測された SPAC 係数を第 1 種 0 次のベッセル関数に適合し、位相速度を得た。図 4 に得られた SPAC 係数と位相速度の例を示す。極小アレイだけの場合、周波数 10Hz から 20Hz の範囲で

しか位相速度は得られないが、道路幅アレイを同時に測定することで、周波数 3.5Hz までの位相速度を得ることができた。

得られた位相速度から波長の 3 分の 1 を深さ、位相速度の 1.1 倍を S 波速度とした疑似 S 波速度構造を計算した。その例を図 5 に示す。深さ 50m 程度まで S 波速度が得られていることがわかる。地表付近の S 波速度は約 300m/s であるが、深さ 50m で約 700m/s を示し、比較的高い値を示していることがわかる。

謝辞

岩手大学理工学部機械科学コース小野寺研究室および白山工業株式会社から微動計をお借りいたしました。観測には陸前高田市の協力を得ました。記して謝意を表します。

参考文献

山本ほか (2014) : 東北地域災害科学研究、第 50 巻、pp. 19 - 24.

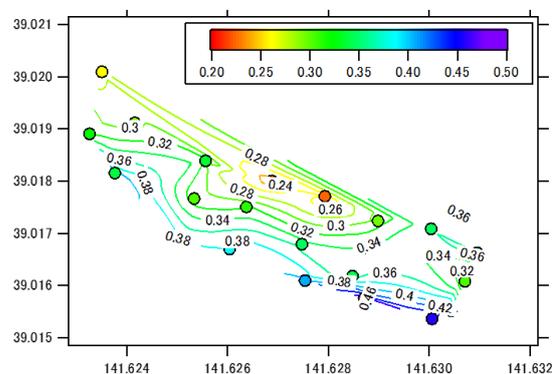


図 3 H/Vスペクトル比のピーク周期分布

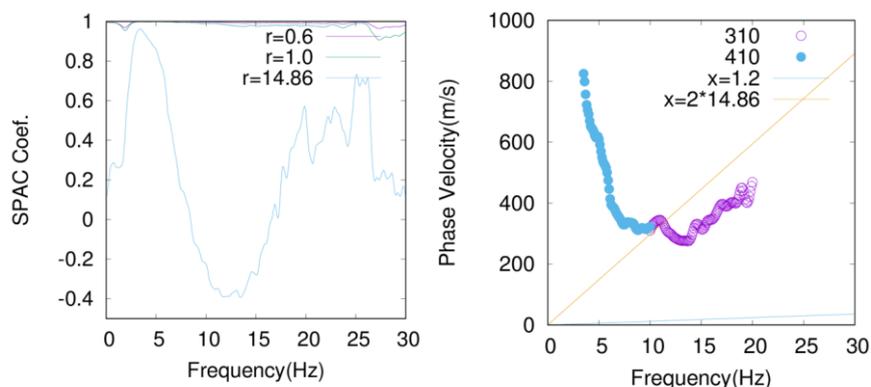


図 4 A7におけるSPAC係数、位相速度

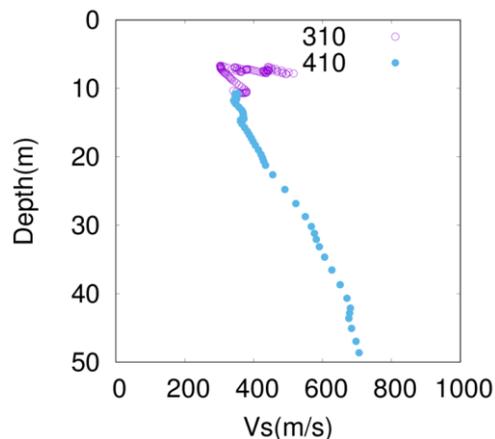


図 5 A7における疑似S波速度構造

<第1会場：213室>

— 第3部 —

司会：佐藤 健 先生

令和元年12月27日（金）

8題（13：30～15：30）

1914年秋田仙北地震を詠んだ川越守固の短歌*

北海道大学 名誉教授 鏡味 洋史
秋田大学 地方創生センター 水田 敏彦

1. はじめに

大規模な地震災害の体験は日記や文学作品として残されることが多い。これらの体験談から地震災害の実態を探ろうとする試みは広くなされている。本論で取扱う1914年秋田仙北地震については筆者らは当時の地震被害報告書、行政史料、新聞記事などを通じて文献調査を進めている^{例えば 1)}。しかし、未だこの地震に関連した文学作品には遭遇していなかった。最近、国会図書館近代デジタルコレクションを利用して文献検索を進める過程で、1917年刊行の川越守固著「かへらぬ日」²⁾という短歌集を探し当てた。1914年仙北地震を詠んだ一連の短歌が掲載されている。小論では、この歌集に掲載されている短歌を紹介する。歌集の著者は当時の仙北郡藤木村の出身で藤木村に於ける避難の様子を詠んでいる。

2. 1914年仙北地震の概要と仙北郡藤木村

本地震の諸元は日本被害地震総覧³⁾によれば、発震時1914年3月15日4時58分、M=7.1である。全壊以上の被害が生じた地域は、北は南秋田郡広山田村、南は平鹿郡植田村、西は由利郡北打越村まで震央から30km程度離れた地域にまで広がっている。藤木村は仙北郡の南端に位置し、1954年大曲市に合併し、さらに2005年周辺の町村を合併し大仙市となっている。藤木村の被害は、死者1、負傷2、全潰64で筆者らは前報¹⁾で、震度6+と判断している。

3. 川越守固と歌集「かへらぬ日」

秋田県における短歌の歴史をまとめた「秋田県短歌史」⁴⁾を参照し、作者の川越守固の略歴を以下に示す。

1890年12月2日：仙北郡藤木村で豪農の長男として生まれる。14,15歳のころから短歌を作る、大曲の農学校【1893年創立、現県立大曲農業高校】に入学

1911年（17歳）中央歌壇「詩歌」に入り前田夕暮等と作歌に励む

1915年（21歳）「デッサン」を中村長二、帯屋久太郎と創刊

1917年（23歳）「かへらぬ日」を東京抒情詩社から出版

1924年（30歳）「溪木集」を水甕社同人尾上柴舟外9名と出版

没年については記載がないが、早世したことが記されている。

「かへらぬ日」²⁾は1917年に抒情社から刊行された歌集で、序に続く、上編、下編の2部の総139頁よりなる。下編に「地震」という表題があり13首の歌が載せられている。

*Morikata Kawagoe's collection of Japanese poem composing evacuation lives in refuge after the 1914 Akita Senboku earthquake by Hiroshi Kagami and Toshihiko Mizuta

4. 「かへらぬ日」の短歌

「かへらぬ日」²⁾に掲載されている短歌を次に掲げる。

最初に「大正三年三月激震あり、畑中の避難所にありてをのきつつよめる歌」との書き出しで始まる。読みやすくするため、番号を付し区切りにスペースを入れて再録した。

- | | | | | | |
|---|-------|----------------------------|-------|---------|---------------------------|
| ① | 地震震ると | おのおの | 走りたり | おほあめつちは | いまだ暗しも |
| ② | 地震震ると | 人ら集ひて | 大篝 | 吹雪の中に | かこみけるかな |
| ③ | みちばたの | 吹雪の中に | より集ひ | かなしき人ら | 火を焚きにけり |
| ④ | 青埴ふく | 地罅 <small>ちひび</small> かなしく | 春のそら | 日のみる下に | わが佇 <small>た</small> てるかな |
| ⑤ | 地底より | 青埴ふきいて | うらうらに | 日に焼ゆるこそ | うたてかりけれ |
| ⑥ | 倒れふす | 家の下びに | 馬をりて | をりをり泣くは | かなしきものは |
| ⑦ | 日はくらく | 空にかげりて | 大海の | 鳴のひびきを | いま地にきく |
| ⑧ | たえまなく | 地震震り来り | み空より | 夜はやうやくに | 近づけるかな |
| ⑨ | たえまなく | 地震震りくれば | 明くるなく | 暮れゆく夜かも | 近づきにけり |
| ⑩ | たえまなく | 地震震りくれば | 生き心地 | なしと歎かす | かなしき母よ |
| ⑪ | たえまなく | 地震震りくれば | 畑中に | てんとをはりて | 幾夜かもねむ |
| ⑫ | 地震震ると | 畑のてんとに | かよりあひ | 妻子がねむる | 旅人のごと |
| ⑬ | 地震震ると | 畑のてんとに | あかす夜の | 小夜のくだちに | なくは何鳥 |

5. 短歌から読取る地震の状況

最初の3首①～③は、畑の中に設けた避難所で火を焚き吹雪の中で過ごしている様子を詠んでいる。次の④⑤では「青埴」ふく、としており液状化が発生したことを表している。⑥は倒れた家と馬の様子を詠んでいる。⑦～⑩は続く余震の様子を、⑪～⑬は畑に設けた避難用のテントでの寝泊まりの様子を詠んでいる。

地震時の村の様子を記した史料は見つかっていないが、今回の一連の短歌から、畑中に避難のテントを設け寝泊まりしていた様子うかがえる。余震が続く中しばらくテント生活が続けられた様子うかがえる。また液状化が発生していたことも詠まれている。

6. まとめ

小論では、文献調査を進める中でたまたま見つけた短歌集の中に1914年仙北地震を題材にした短歌があるのを見出した。掲載されている十数首から吹雪の中での避難生活の様子を探った。被災地の与えた影響は大きく他にも当時の状況を伝える文学作品が残されているかもしれない。文献調査の範囲を広げ進めていきたい。

文献

- 1) 水田敏彦, 鏡味洋史: 1914.3.15 秋田仙北(強首)地震の被害分布に関する文献調査, 日本建築学会技術報告集, 29, 325-328, 2008.
- 2) 川越守固: かへらぬ日, 抒情誌社, 140pp, 1917.
- 3) 宇佐美龍夫, 石井寿, 今村隆正, 武村雅之, 松浦律子: 日本被害地震総覧, 東京大学出版会, pp.265-268, 2013.
- 4) 石田玲水編: 秋田県短歌史, 寒流社, 166pp, 1960.

緊急時資産退避作業のゲーム論的検討

東北大学 奥村 誠
東北大学 森合 一輝

1. はじめに

2019年10月の台風19号豪雨による千曲川の洪水によって北陸新幹線長野車両基地が浸水し、120両の新幹線車両が被災し廃車処分となる予定である。このニュースを受けて、鉄道、バスなどの移動可能な資産を持つ交通事業者は、被災の可能性に対応して安全な場所に資産を移動させる「資産退避作業」を計画しておく必要性が認識された。実際台風19号災害に対して、東北新幹線や福島県郡山市のバス事業者は資産退避を実施した一方、千葉県の子バス事業者は資産退避を行わずバス車両の水没を招いた。退避作業中の危険性を考えると、資産退避作業を行うべきケースとそうでないケースが存在すると考えられる。本研究では、洪水等のリスクに直面する交通事業者が、資産退避作業を行うか否かを分析するモデルを構築する。

2. 意思決定構造の想定

洪水災害による資産被災の可能性がある状況において、時間の推移に遡り、①洪水の危険性が最高となる時点（洪水発生予想時刻）、②災害が激化し資産退避作業が危険になる時点（退避作業終了時刻）、③資産退避作業の実施を事業者が決定する時点（意思決定時刻）の3時点を考える。なお③の意思決定は1回とは限らず複数回行われる可能性がある。意思決定時点における洪水発生確率を p とする。また意思決定が遅く、退避作業が可能な時間が短くなれば、対象資産の退避が終了しない可能性がある。このような状況を表現するため、退避作業の完了確率を q 、退避作業非完了時の資産の退避率を $\beta \leq 1$ とする。

次に発生した状況に応じた損失額を想定する。まず、洪水被災による資産の損失額を A で表す。損失額は当該資産の再調達費用に加え、再調達までに営業が制約されることの影響を含める。一方、資産退避作業を実施するためには労力や電力などが必要となる。ここでは退避作業時間や作業の完了にかかわらず一定値と仮定して退避コストと呼び C で表す。また、退避作業を行うと資産が通常時と異なる場所に移動され、すぐに営業活動が再開できない状況が起こる。洪水が発生すれば翌日は運休とした上で資産を戻す時間が取れるが、洪水が発生しなかった場合には営業開始の遅れによる機会損失が発生する。これを空振り損

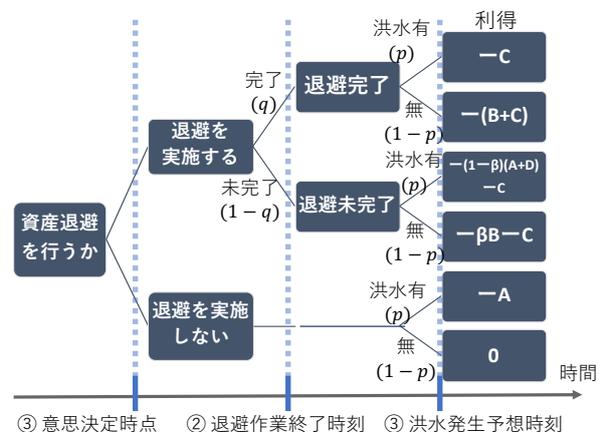


図1 ディジジョンツリーと利得

*Game theoretical analysis of emergent vehicle relocation policy by Makoto Okumura and Kazuki Moriai.

失と呼び B で表す。さらに、資産退避が完了せず安全性の低い場所で被災すると、余分な損失を受けると仮定し、追加被害と呼び D で表す。なお、 $A > (B, C, D) \geq 0$ を仮定する。

退避作業の有無、完了、被災の組み合わせにより、図1に示す6通りの状況が発生し、それぞれの状況における利得が A, B, C, D を用いて計算できる。

3. 期待利得に基づく意思決定の分析

交通事業者が利得の期待値に基づいて意思決定を行うケースを考える。退避活動実施時、非実施時それぞれの期待利得 E_1 および E_2 は以下のように表される。

$$E_1 = -p(1-q)(1-\beta)A - (1-p)\{q + (1-q)\beta\}B - C - p(1-q)(1-\beta)D \quad (1)$$

$$E_2 = -pA \quad (2)$$

$E_1 > E_2$ ならば退避活動を実施し、 $E_1 < E_2$ ならば実施しない。 $E_1 = E_2$ の境界線は式(3)で与えられる p - q 平面上の双曲線で、その右上側が退避実施、左下側が非実施の領域となる。

$$q = \frac{1}{1-\beta} - \frac{\beta(A+B) + (1-\beta)D}{A+B+D} + \frac{(A+B+D)C + DB}{(1-\beta)(A+B+D)^2} \frac{1}{p - \frac{B}{A+B+D}} \quad (3)$$

式(3)の右辺第一項は負であり、 $0 < \frac{B}{A+B+D} < 1$ である。 $(p, q) = (1, 0), (1, 1)$ における E_1, E_2 の大小関係から、双曲線は $\beta \leq \frac{C+D}{A+D}$ の時タイプ1 (図2) または $\beta > \frac{C+D}{A+D}$ の時タイプ2 (図3) となる。

次に、時間の経過とともに災害予測精度が上昇する一方で、活動終了時刻までの時間が減少し、退避完了確率 q が低下していく状況を考える。災害発生確率 p が高まる (p が 1 に近づく) 場合、

図3のタイプ2ならば (p, q) が境界線を横切って右下方に超える時点が存在し、その時点で退避作業を実施する判断に切り替わる。ただし、時間の経過とともに非完了時の退避率 β が低下し、境界線も右方にシフトしている可能性がある。一方、図2のタイプ1の場合、 (p, q) が境界線の左下の領域から出発して右下方に推移しても、途中で境界線を越えないことが起こりうる。これは、対応を逡巡している間に退避活動の有利さが失われてしまう状況を表している。

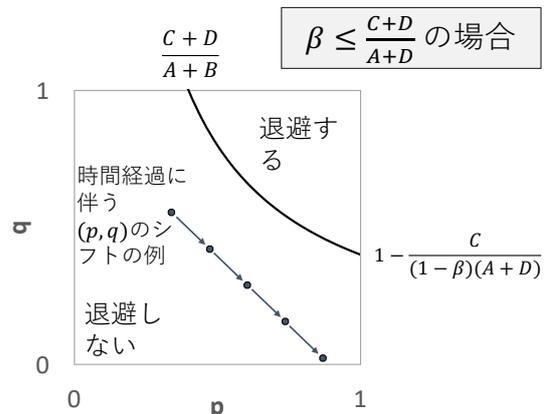


図2 タイプ1の境界線

4. おわりに

以上では、交通事業者が期待利得に基づいて資産退避の実施を判断する場合を検討し、判断の基準となる境界線の形状を考察した。今後は、交通事業者が悲観的でマクシミン基準で判断するケースや、一般市民の期待が時間とともに変化するケースなどに拡張して検討を行いたい。

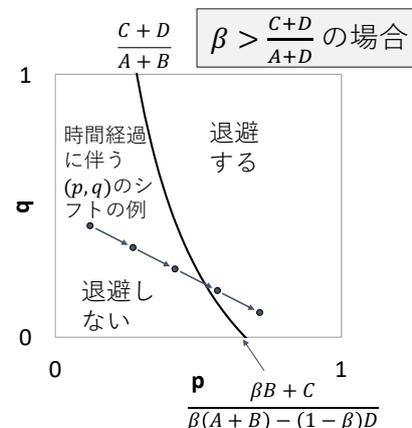


図3 タイプ2の境界線

参考文献 1) 佐藤良太, 谷口綾子: 東日本大震災における路線バス運行現場の災害応急対応, 実践政策学 2(1), pp. 37-44, 2016.

母子福祉避難所の防災性能評価に関する基礎的研究*

東北大学工学部 ○佐藤美樹
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健
東北大学災害科学国際研究所 定池祐季

1. はじめに

1-1.研究の背景

妊産婦は災害時に特別な配慮を必要とする要配慮者と定められている¹⁾。しかし、東日本大震災をはじめとする過去の災害において、必要とされる支援が母子へ行き届かない事例が多くみられた²⁾。一般の避難所では生活が困難な者が、二次的に避難する場として、福祉避難所があるが、当時、母子が要配慮者という認識の低さから、福祉避難所が開設されても、利用者の多くは高齢者や障害者¹⁾であり、指定避難所での生活が困難な母子は車やホテル・旅館での避難生活を余儀なくされた¹⁾³⁾⁴⁾。

過去の災害における経験から、母子専用の福祉避難所を指定する市区町村が増えている。母子専用の福祉避難所について呼び方は各市町村によるが、本研究では、妊産婦と乳児という対象を認識しやすくするため、「母子福祉避難所」と呼ぶことにする。

福島ら⁵⁾、山地¹⁾の研究では、過去の災害時の妊産婦と乳児の状況を整理した上で、母子福祉避難所の必要性に言及している。しかし、実際に母子福祉避難所に指定された施設が行っている事前対策や、収容能力に関する防災性能を評価する研究は少なく、実際に災害が発生した時に発揮する実力は明らかになっていない。

1-2.研究の目的

仙台市における母子福祉避難所の事前対策と収容能力の実態を明らかにし、仙台市の母子に関する、現段階での防災性能の評価を行うことを、本研究の目的とする。母子福祉避難所の防災性能を評価することで、母子福祉避難所の災害対応力向上を軸とする、地域特性に即した母子防災計画の策定に有益な情報を提供できると考えられる。

2. 仙台市における母子福祉避難所

2-1.仙台市の母子福祉避難所の概要

仙台市は、東日本大震災後、6カ所の母子福祉避難所を指定した。6カ所の施設全てが、看護学科や助産学科をもつ学校や大学であり、6カ所で、合計19組の妊産婦とその家族を受け入れる。

2-2.仙台市へのヒアリング調査と結果

仙台市健康福祉局に、2019年7月にヒアリング調査に伺い、母子福祉避難所の指定に関して情報収集を行った。ヒアリング調査を実施した結果、ベッド付きの実習室や母性等に関する教員をもつ施設を、母子福祉避難所に選定した、ということが分かった。つまり、母子福祉避難所の指定は、普段から周産期と関わっている施設を対象としていることが明らかになった。

* Basic research on the performance evaluation for disaster prevention of welfare shelters for mothers and infants by Miki Sato

また、市内全5区に1カ所ずつ以上、母子福祉避難所を指定しており、増やす予定はないということが明らかになった。しかし、母子福祉避難所の数については、区に1カ所ずつ以上という言及のみで、災害時に避難する母子数や収容可能人数から定めたものではないことが分かった。

3. 東日本大震災時の妊産婦の状況

地震発生後、県外へ避難したり、宮城県で里帰り出産する予定だった妊婦が里帰りをやめたりすることにより、2ヶ月の間に176件の分娩キャンセルがあったことが分かっている⁶⁾。また、当時、仙台市内の拠点病院やクリニック等において、津波被災地からの避難者を含む100名以上の妊産婦がいたことが記録されている⁶⁾。現在母子福祉避難所では、定員を、6カ所で合計19組の家族としており、災害時に配慮が必要な母子を、収容できない可能性が見込まれる。

母子の避難対策としては、指定避難所における工夫と、母子福祉避難所の収容力拡大が考えられる。母子福祉避難所に関しては、現在の母子福祉避難所の対応力向上と、新たな母子福祉避難所の指定が効果的である。さらに、新たな避難所指定については、まだ避難所に指定されていない看護系の施設と、普段は周産期と関わらない施設の活用が必要であるといえる。

4. 仙台市以外の母子福祉避難所の取り組み

普段は周産期と関わりのない施設が、母子福祉避難所として行う事前対策や収容能力の実態を把握することは、看護系の施設が少ない地区での、新たな母子福祉避難所の指定に活用できると考えられる。本研究では、先進的な取り組みを進める世田谷区と文京区に着目する。

世田谷区は、女子中学・高等学校という、普段は周産期と関わらない施設を、母子福祉避難所に指定しているが、医療に関する連携が難しいことを課題としている⁷⁾。

文京区では、保健学科や助産学科を持たない、4つの大学を、母子福祉避難所に指定しており、助産師会や病院とも協定を結ぶことにより、専門職を確保している⁷⁾。

5. 母子福祉避難所に関するヒアリング調査

以下の2つの目的で、仙台市と世田谷区の母子福祉避難所、文京区防災課にヒアリング調査を実施する。母子福祉避難所の設備・備品、避難訓練、受け入れ体制等を整理し、事前対策と収容能力の実態を明らかにすることを目的とする。また、普段から周産期に関わる施設とそれ以外の施設を比較し、施設の属性による取り組みの違いを明らかにすることを目的とする。

6. まとめと今後の予定

仙台市へのヒアリング調査で、母子福祉避難所に指定する対象施設の条件が明らかになった。しかし、各施設の事前対策や収容能力の実態は明らかになっておらず、避難所の数だけでは、母子の収容力を評価できないことが分かった。

今後、母子福祉避難所へのヒアリングで、避難所として指定された後の避難所開設・運営に関する事前対策と収容能力の実態を把握する。さらに、仙台市と世田谷区、文京区との比較・分析を通して、地域特性に即した母子福祉避難所の指定の在り方について考察を行う。

<参考文献>

- 1) 山地久美子:防災体制における妊婦支援の研究—災害時要援護者台帳と福祉避難所を中心に—, 女性史学/女性史総合研究会年報23号, p. 56-60, 2013
- 2) 吉田穂波, 林健太郎, 太田寛, 池田裕美枝, 大塚恵子, 原田菜穂子, 新井隆成, 藤岡洋介, 春名めぐみ, 中尾博之:東日本大震災急性期の周産期アウトカムと母子支援プロジェクト, 日本プライマリ・ケア連合会誌, vol. 38, 特別号, p. 136-141, 2015
- 3) 西日本新聞:生活の窓 避難所 妊産婦に配慮を 授乳室, 水や食料多めに, 2016. 4
- 4) 日本助産師会:日本助産師会熊本地震災害支援活動報告(第2報) 2012. 11
- 5) 福島富士子:東日本大震災時の助産師活動から見た地域における妊産婦ケアシステムの在り方, 2012. 3
<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwd1054/buntankenkyuu-3.pdf> (最終閲覧日:2019. 10. 31)
- 6) 東北大学病院:東日本大震災 東北大学病院記録集
- 7) 東京都社会福祉協議会:『災害に強い福祉』要配慮者支援活動 事例集

2015年蔵王山膨張イベントの変動源*

東北大学大学院理学研究科 三浦 哲・山本 希・太田雄策・
出町知嗣・立花憲司・市來雅啓

1. はじめに

蔵王山では、2012年頃から深部低周波地震の発生頻度が増大しはじめ、2013年以降は火山性地震・微動が観測されている。2015年4月13日には、地震数の急増をうけて気象庁が火口周辺警報を発表するに至ったが、同年6月16日に地震回数が減ったため警報は解除された。同時期には蔵王山周辺のGNSS連続観測網によって僅かな山体膨張も観測された（三浦・他、JpGU2016）が、それ以降は蔵王山周辺の基線長変化は概ね平坦になっている（気象庁、2018）ことから、この期間中顕著な火山性地殻変動は発生していないと考えられる。本報告ではこの期間のGNSS時系列を定常的であると仮定し、それを差し引くことによって従来よりも信頼性の高い火山性地殻変動を抽出し、変動源に関する検討を行う。

2. 火山性地殻変動の抽出

2015年7月から2018年6月までの定常的変動の期間においても、変位3成分の時系列では2011年の東北沖地震の余効変動が依然支配的である。このため、定常的変動を線型、対数、年周、半年周の各関数の和からなる近似関数で表せると仮定して各項の係数を推定し、それを差し引いて火山性地殻変動を抽出した。こうして得られた2015年1月から6月までの期間の地殻変動の水平・上下成分を図1中の黒色で示す。水平成分を見ると山頂周辺を中心とする山体膨張を示していることがわかる。

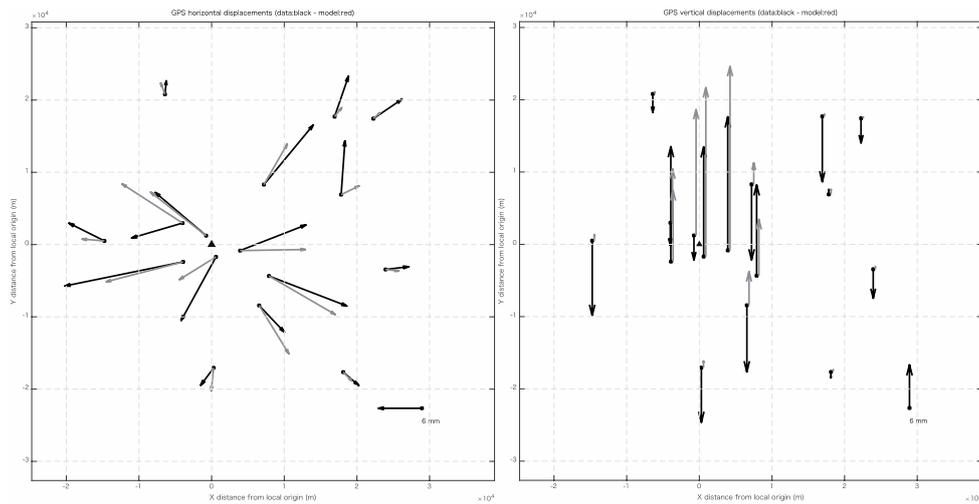


図 1: 2015年蔵王山膨張イベント時の地殻変動。（左）水平変動及び（右）上下変動。
黒色が観測値、灰色が推定された点圧力源モデルによる計算値を示す。局所座標系の原点は最高峰熊野岳山頂、縦横のグリッドは10km毎

* Deformation source of the 2015 inflation event of Zao Volcano by Miura et al.

3. 変動源モデルの推定

変動源の推定には、Geodetic Bayesian Inversion Software (GBIS, Bagnardi&Hooper, 2018) を用いた。GBIS は MCMC 法によりモデルパラメータの事後確率密度分布を求めることにより最適化を行う。変動源モデルとしては、点、球状、円形クラック、回転楕円体の各圧力源、矩形断層などが選択できる。媒質として半無限等方均質弾性体を仮定しているが、Varying Depth Model (VDM, Williams & Wadge, 2000) により地形効果を補正できるように改良を加えた。GBIS において点圧力源（茂木モデル）を仮定し、図 1 のデータを用いてパラメータ推定を行ったところ、変動源の位置は御釜の中心から東側に約 1.0 km、海拔約-4.4 km、体積増加量は $4.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定された。図 2 に各パラメータの事後分布を示す。このモデルから計算された変位を図 1 の灰色の矢印と棒で示す。Ban et al. (2016) による過去約 2 千年間の噴出物の岩石学的研究では、地下約 4~6 km に位置する珪長質端成分マグマに深部由来の苦鉄質端成分マグマが注入・混合して噴出したとされており、今回推定された変動源は、浅部マグマ溜まりの活動と考えられる。

なお、各観測点の標高を考慮せずに推定を行った場合 (Reference Elevation Model, Williams & Wadge, 2000), 変位の Variance Reduction は 25.7%であったのに対し、VDM に基づく推定結果では 33.7%と若干ではあるが改善が見られ、蔵王山のような比較的なだらかな山体の場合でも地形補正の重要性が示唆された。

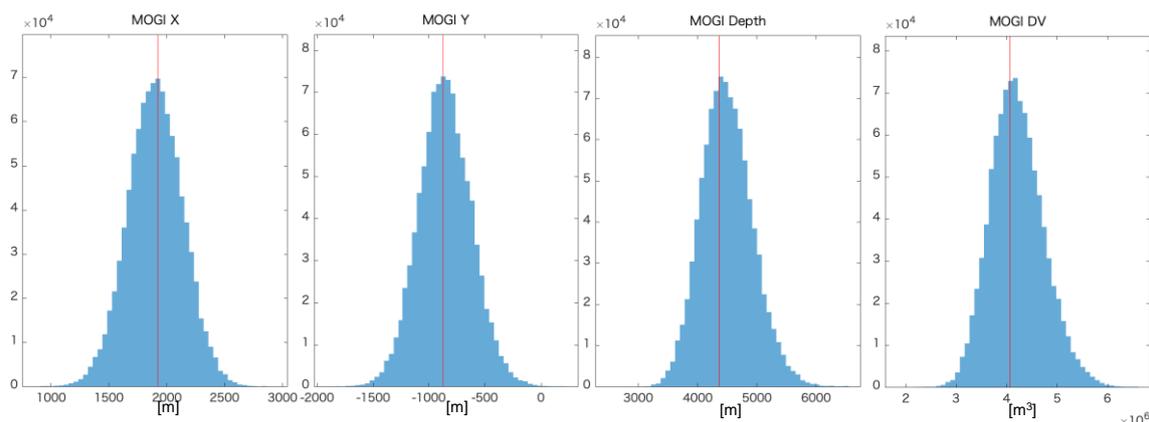


図 2: 推定された事後確率密度分布。左から東西座標, 南北座標, 深さ, 体積変化の各パラメータを示す。

福祉避難所の開設・運営に与える影響評価*

東北大学大学院 工学研究科 ○佐久間 友梨
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健
東北大学災害科学国際研究所 定池 祐季

1. 背景と目的

福祉避難所とは要配慮者のための二次的な避難所のことで、主に福祉施設が指定されている。東日本大震災において、震災関連死が問題視されたことから、2013年に災害対策基本法が改正され、要配慮者向けの避難所基準が新設された。法改正を受け、全国的に福祉避難所の指定数が増加したが、2016年の熊本地震では、福祉避難所が機能しないことが問題となった¹⁾。

災害時の福祉避難所の実態を調査した研究として、神吉らの研究²⁾、岡田らの研究³⁾などが挙げられるが、災害発生後の福祉避難所の受け入れ人数や、使用した空間の調査が中心であり、施設側の事前想定や事前準備に対する、災害発生後の対応を照らし合わせた研究は少ない。

そこで、本研究では、東日本大震災時に仙台市と協定を締結していた福祉施設と、緊急開設した福祉施設に対し、ヒアリング調査を実施し、福祉避難所の円滑な開設・運営に影響を与える条件を明らかにし、その影響を評価することを目的とする。

2. 研究の流れ

まず仙台市について、福祉避難所の指定状況の把握、東日本大震災時の受入状況の分析を行い、その結果をもとに、ヒアリング調査の対象を決定する。次に、対象施設のうち2施設に、事前ヒアリング調査を行い、ヒアリング調査項目を選定する。最後に、全対象施設に対して、ヒアリング調査を行い、福祉避難所を開設・運営に影響を与える条件について考察する。

3. 福祉避難所の指定状況の把握

仙台市における福祉避難所の指定数は、2011年から2019年の間に、52か所から117か所へと増加した(図1)。また、施設種類は5種類から11種類に増加しており、多様化がみられる。また、市は協力を得られた施設を福祉避難所に指定しており、面的な計画がないため、福祉避難所の分布には、ばらつきがみられる。

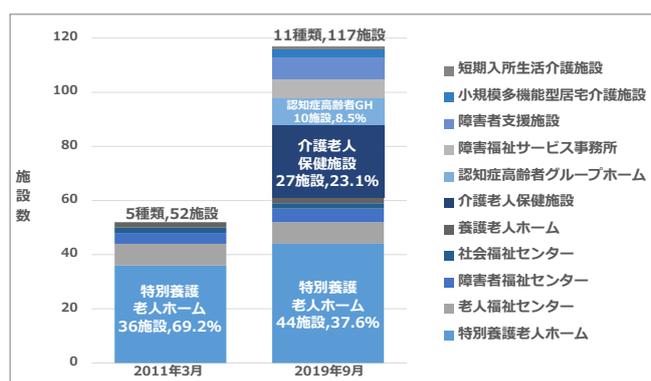


図1. 福祉避難所の指定数の変化と施設種類の内訳

4. 東日本大震災時の受入状況の分析

東日本大震災時に、仙台市では40か所の福祉避難所が開設された。そのうち26か所は事前に指定されていた施設であったが、残りの14か所は、事前指定なしで緊急に開設した施設であった。緊急開設した理由として、認知症の避難者に対応できる施設の不足などが挙げられる。

*Impact assessment on the establishment and management of welfare shelters by Yuri Sakuma, Takeshi Sato and Yuki Sadaike

次に、図2に示す受け入れ人数の傾向を見てみると、比較的小規模な福祉避難所が多い一方で、20人以上を受け入れた施設もあることがわかる。次に、施設種類ごとに見てみると(図3)、通所施設である福祉センターは、比較的受け入れ人数が多い。また、特別養護老人ホームは受け入れ人数のばらつきが大きい、これは併設施設の影響を受けている可能性がある。一方、介護老人保健施設、認知症高齢者GHなどは、比較的受け入れ人数が少ないが、これは事前指定がなかったことや、施設規模などが影響していると考えられる。

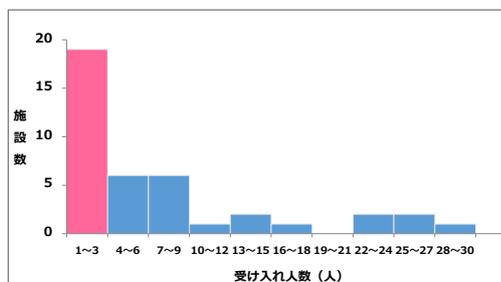


図2. 福祉避難所の受け入れ人数の傾向

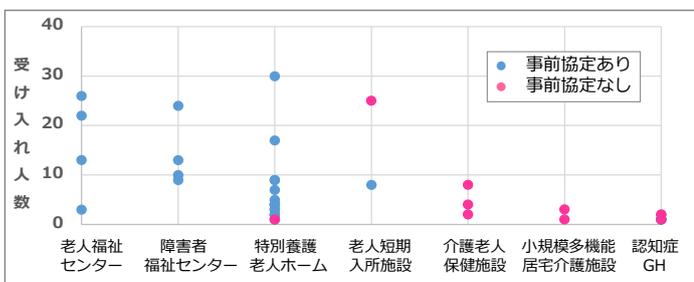


図3. 施設種類ごとの福祉避難所の受け入れ人数の傾向

5. ヒアリング調査対象の決定

3章と4章の分析から、対象施設決定における条件を、次の4つに設定した。①通所、入所施設を含める。②緊急開設した施設を含める。③高齢者向け、障害者向け施設を含める。④山間部、沿岸部に立地する施設を含める。これらの条件を満たす対象施設として、仙台市の若林区と太白区において、東日本大震災時に福祉避難所に指定されていた施設、または緊急開設した施設である16施設を、本研究の対象施設とした。

6. 事前ヒアリングの実施

ヒアリング調査項目の選定を目的とし、障害者向け通所施設Aと高齢者向け入所施設Bに対し、事前ヒアリング調査を行った。施設Aでは、東日本大震災時に受け入れた避難者の多くが障害者であったこと、福祉避難所の開設により通常業務が停止したこと、福祉避難所の受入可能人数を変更したことなどが明らかになった。施設Bでは、避難者の多くが併設するデイサービス利用者であったこと、デイサービス部門を福祉避難所としたことなどが明らかになった。

7. ヒアリング調査項目の選定

4章、6章の結果を踏まえ、施設概要、東日本大震災時の状況、福祉避難所としての現在の取り組みについて、ヒアリング調査項目を選定した。

8. まとめ・今後の予定

仙台市の福祉避難所の指定状況の把握、東日本大震災時の受入状況の分析から、対象施設を決定し、2施設に事前ヒアリング調査を行った。また、分析や事前ヒアリング調査から、福祉避難所の開設・運営に影響を与えられとされる項目を、ヒアリング調査項目に選定した。今後、対象の16施設に対し、ヒアリング調査を実施する予定である。

<参考文献>

- 朝日新聞デジタル：福祉避難所、4分の3使えず 熊本地震, 2016. 6. 30
- 神吉優美, 井上由起子, 石井敏：悉皆アンケート調査からみた東日本大震災における高齢者施設の被災実態および復旧状況に関する考察, 日本建築学会計画系論文集, 第78巻, 第591号, p1891-1900, 2013. 9
- 岡田尚子, 山川ひかり, 濱崎遥, 陳佳, 大西一嘉：平成28年熊本地震における要援護者対応に関する研究調査—その4 個別状況調査からみる福祉避難所への避難経緯と受入状況—, 平成29年度日本建築学会近畿支部研究発表会, p309-312, 2017

機械学習を用いたインフラ設備の劣化損傷状態推定

八戸工業大学 齊藤雅和
八戸工業大学 橋本憲二
八戸工業大学 小笠原亮介
八戸工業大学 高瀬慎介
八戸工業大学 金子賢治

1. はじめに

近年、橋梁やトンネルなどの損傷状態の把握を目的として近接目視が行われている。中でもコンクリート構造物のひび割れは劣化の進行速度に大きな影響を与えるため、そのひび割れ幅や位置、長さを記録するように定められている。しかし点検に伴う膨大な作業量、コストが問題となっており、点検員によって判定がばらつくという主観性の問題もある。

これらの解決のため、劣化損傷レベルを自動検出する AI 技術による機械学習を用いて、劣化損傷評価を自動的に行う。

2. 劣化損傷状態推定試験

a) 試験内容

機械学習を行う際の大まかな流れを図-1のフローチャートに示す。使用した画像は青森県県土整備部道路課から頂いた橋梁点検調査書から画像を選び、劣化損傷状態が1~3の画像それぞれ153枚である。使用した画像の一部を写真-1に示す。青森県県土整備部道路課橋梁・アセット推進グループから頂いた橋梁点検調査書から劣化損傷状態ごとに画像の仕分けを行う。劣化損傷種類が複数ある画像があり、その場合は劣化損傷状態の数値が大きい方に仕分けをした。本研究では100回学習を行い学習モデルを作成した。この学習モデルを用いて画像の判別を行う。判別結果は、判別に用いた画像が劣化損傷状態1の場合は1.0と出力されれば判別できていることになる。同様に劣化損傷状態が2, 3の場合も2.0, 3.0と出力されれば判別できていることになる。



図-1 実験過程

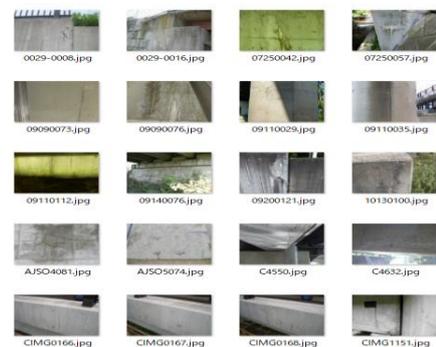


写真-1 劣化損傷状態 1 の写真

b) 試験結果

本研究では約40%の精度の学習モデルとなった。試験結果のグラフを写真-2に示す。グラフの青い線が訓練データ、オレンジの線がテストデータである。学習モデルの精度はテストデータとなるので約40%の精度となる。あまり高い精度とは言えないが劣化損傷状態1~3の画像それぞれ1枚ずつ用いて判別を行った。結果は劣化損傷状態1の画像は1.0, 2は2.0, 3は3.0と判別することができた。判別に用いた画像と判別結果の一部を写真-2~3に示す。

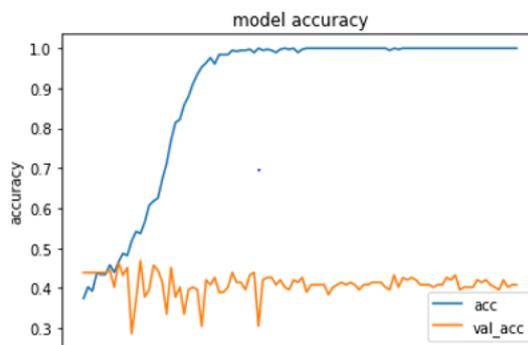


図-2 学習モデルグラフ



写真-2 判別に用いた劣化損傷状態1の画像

```
preds = model_pred.predict(X)
pred_label = ""
label_num = 0
for i in preds[0]:
    if i == 1.0:
        pred_label = labels[label_num]
        label_num += 1
print(pred_label)
```

1.0

写真-3 写真-2の判別結果

3. おわりに

機械学習を用いて橋梁の劣化損傷状態の推定を行うにはまだ改善の余地があると考えられる。学習モデルの精度の精度が低く過学習になっている。そのためより多くの画像を用いて機械学習を行うことで精度の向上が期待できる。本試験では青森県の橋梁のみで試験を行ったため他県の橋梁も用いて試験を行うことが有効であると考えられる。誤った判別結果になった画像には劣化箇所だけでなく汚れや草などの影が映っている傾向がある。この点に気を付けて写真を撮ることで学習モデルの精度向上, 誤った判別を避けることができると考えられる。将来的に画像のみで橋梁の劣化損傷状態推定を行えることが期待できる。

謝辞：本研究を進めるにあたり青森県県土整備部道路課橋梁・アセット推進グループから研究に必要なデータを頂き心より感謝申し上げます。

グリーンインフラと防災

—平地林等既存緑地の機能と課題に関する考察—

○横山 仁、根本征樹、中村一樹、日高達也、飯塚 聡 (防災科学技術研究所)
佐藤 健 (東北大学)

1. はじめに

2019年は、台風15号や19号をはじめ、さまざまな気象災害が頻発し、各地で甚大な被害となった。今後、南海トラフ地震や首都直下地震だけでなく、地球温暖化やヒートアイランド現象等にもなる激しい気象現象の発生が懸念され、防災情報の充実や防災教育等のさらなる推進とともに、安全・安心な街づくり、地域づくりの重要性が増している。そうしたなか、グリーンインフラによる防災機能に期待が寄せられ、近年注目を集めている。ここでは、筆者が気象災害を現地調査した際に確認した緑地による気象災害の被害軽減事例のなかで、一般に脆弱とされる農業における事例についていくつか紹介し、課題について考えてみたい。

2. 降雹での事例

2017年9月25日20時頃に、茨城県南西部を中心に局地的な降雹があり、農業被害が最も大きかったつくば市ではハクサイ、キャベツ、ナス等に穴が開く等の被害がみられた。20時のつくば市における最大瞬間風速は9.6 m/s(北北西)で、比較的強い風を伴っていたとみられる。図1は降雹被害のあった同市内農地の写真であるが、農地の中央付近にある平地林を境に、風上側では葉が破れたり、穴が開くなど甚大な被害があったのに対し、風下側では一部の個体に穴が開く等の被害があったほかは、目立った被害は確認されなかった。



図1. 農作物の降雹被害の違い(林を境に風上側では多くの個体に被害、風下側はほとんど被害なし。下段はそれぞれの拡大写真。平地林の構造:面積716㎡、群落高さ約15m、胸高直径48.5cm、立木密度2.8本/a、枝下高2.5m。構成樹種:スギ・モミ・シラカシ・ケヤキ・サクラ・サカキ・ウメ・イチヨウ)

3. 竜巻での事例

2018年3月1日7時40分頃、茨城県行方市においてJEF1の竜巻が発生し、負傷者3名、住家被害108軒の被害があった。現地調査の結果、竜巻が通過したとみられる地域にある平地林を境に、被害が大きく異なる事例を確認した(図2)。図のaエリアでは農業用ハウス等に被害が発生していたが、bエリアでは、被害はまったく確認されなかった。竜巻は極めて局地性の高い現象であり断定はできないが、bエリアの農業施設は平地林によって被害を免れた可能性が示唆された。

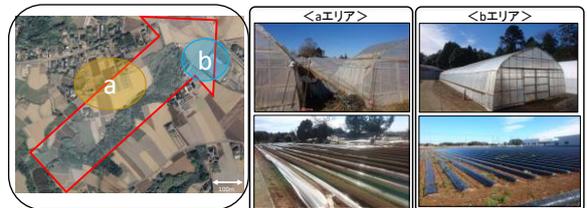


図2. 竜巻が通過したとみられる行方市内の状況(左枠は、現地の空中写真で赤矢印は竜巻の進行方向、aは被害のあったエリア、bは被害のなかったエリア、2010年5月2日、国土地理院撮影。中央枠はaエリアの状況で、上は押しつぶされたパイプハウス、下は剥離したマルチフィルム。右枠はbエリアの状況で、パイプハウス、マルチフィルムともに被害なし)

4. 台風での事例

(1)台風1824号 2018年9月30日に、非常に強い勢力のまま和歌山県に上陸した台風24号により、各地で暴風が吹き荒れ、つくば市でも観測史上2位となる32.7m/s(南南西)の最大瞬間風速を記録した。茨城県全体で11億円を上回る農業被害となり、つくば市内でもハクサイ等の農作物が被害を受けた(図3)。図4は被害現場の空中写真であるが、Aのエリアで、個体が北北東方向に大きく傾斜し、葉が網目状になる等の被害がみられたのに対し、Bエリアでの被害は非常に小さかった(図5)。両エリアともに南から3列(株間45cm、畝間60cm)までの被害状況を調べたところ、Aでは97%の個体に網目状の被害が確認されたのに対し、Bでは12%のみであった。この違いは平地林によるものと考えられたことから、翌2019年に両地点の

風 (1.5m 高) を 1 分毎に計測した。その結果、A での主風向が本事例と同じ南南西となった台風 1919 号通過時の 10 月 12 日 22:13~22:24 における A の風速の平均値が 13.4m/s であったのに対し、B では 7.2m/s となり、A における風速の 54% であった。このように風速が小さかったことが、被害の軽減につながったものと推察された。ただし、普段の栽培面では、林の日陰による若干の生育不良の問題が生産者より聞かれた。

(2) 台風 1915 号 2019 年 9 月 9 日に、強い勢力を保ったまま千葉県付近に上陸した台風 15 号は、同市で最大瞬間風速 57.5m/s を観測するなど、千葉県を中心に大きな被害をもたらした。県内各地でパイプハウスや鉄骨ハウス等多数の園芸施設が被害を受けたが、支持材が屈曲するなどの大きな被害を受けたパイプハウスのある農地 (面積約 2.2ha, 単棟ハウスが 100 棟) において、風上側に林が存在するエリアのハウス群 (44 棟) にほとんど被害が発生していない事例があった (図 6)。被害のなかったハウス群は林から約 120m の間にあり、林に近いほど被害が小さい傾向があった。林はスギやヒノキを主な樹種とする高さ約 15m, 幅約 150m のもので、この林の存在による防風効果が主要因と考えられた。

(3) 台風 1919 号 2019 年 10 月 12 日に、大型で強い勢力で静岡県伊豆半島に上陸した台風 19 号は、関東甲信や東北地方等で記録的な大雨をもたらし、各地で甚大な被害となった。宮城県大郷町でも吉田川左岸の堤防が決壊し付近一帯が水没したが、そのなかで、林により瓦礫が堰き止められたとみられる箇所が複数あった (図 7)。

5. その他の事例

(1) 山林火災 2017 年 4 月下旬~5 月上旬にかけ、東北地方で山林火災が相次ぎ、宮城県栗原市でも 5 月 8 日に 5ha を超える山林火災が発生した。タケやササ等下床植生とともにスギ等の針葉樹の焼損が多く確認された一方で、広葉樹がほとんど焼損せずに焼け止まりの役割を果たしたとみられる事例があった。

(2) 屋敷林 (イグネ) 東日本大震災時における津波の減災効果等既に多くの研究がなされているイグネであるが、農業に対しても防風や防雪の効果が期待されている。しかし、高齢化や人手不足等維持管理に多くの課題があり、今後、効果の定量評価や効果的で効率的な維持管理手法に関する検討が望まれる。

6. 今後の課題

農業における災害現場での事例を紹介したが、これらの林はたまたま残されていたというケースが多い。以前より、防風林等として、その重要性は認識されてきたものの、実際の現場では高齢化等により十分な管理が行えない現状があり、農地面積の大規模化や農作業の効率性、日陰の問題等からむしろ伐採されるケースも少なくない。今後、さらなる気象災害の激甚化が懸念されるなか、グリーンインフラの一つとしてのこうした平地林等既存緑地の効果を再評価し、現実に即した管理法等を検討する必要があると考える。



図 3. 台風によるハクサイの被害 (右は拡大写真、個体が斜めに傾斜し、葉が網目状になっている)



図 4. 被害を受けた農地周辺の空中写真 (2008 年 5 月 6 日, 国土地理院撮影。青矢印は最も風が強かった時間帯の主風向 SSW。平地林の構造: 群落高さ 17.7m, 胸高直径 38.9cm, 立木密度 5.1 本/a, 枝下高 2.0m。構成樹種: スギ・ケヤキ・ヒノキ・サクラ・シデ・ガマズミ・アズマネザサ)



図 5. 被害が小さかった B エリアのハクサイ (北北東方向にやや傾斜しているが、A エリアのような被害はほとんどみられない)



図 6. 被害を受けたハウス(左)と被害を受けなかったハウス(右) (千葉県八街市)



図 7. 林による瓦礫の堰き止め (宮城県大郷町)



図 8. 焼損のない広葉樹 (宮城県栗原市)



図 9. イグネに囲まれた農家 (宮城県名取市)

仙台市立七郷小学校の新領域・防災安全科に関する研究*

東北大学 工学部 ○加賀谷 碧
東北大学 災害科学国際研究所 佐藤 健

1. 研究の背景と目的

1-1. 研究の背景

2017年3月、文部科学省は「主体的・対話的で深い学び」を謳った新学習指導要領を告示した。東日本大震災や熊本地震といった歴史的な大規模災害の発生後に初めて改訂されたこの新学習指導要領には、以前の学習指導要領と比べ、全体的に災害に関する言葉が多く含まれている¹⁾²⁾。

また、文部科学省による「生きる力」を育む防災教育の展開には、発達の段階に応じた系統的な指導および各教科・領域の有機的な関連の必要性が明記されている³⁾。

以上のことから、各教科の単元を災害に関連させ、それらを系統的・体系的に指導していくという今後の我が国における防災教育の方針が見て取れる。しかし、各教科における防災教育に繋がるポテンシャルを持つ単元は、学習指導計画の中に独立して散在している。これらを系統化・体系化し、地域条件の異なるそれぞれの学校に適した形で取り組むための具体的方法は確立されていないのが現状である。

これまで、文部科学省によって研究開発校⁴⁾に指定され、防災教育に取り組んだ学校は日野市立平山小学校（東京）と仙台市立七郷小学校（宮城）の二校のみである。したがって、これらの研究開発校がどのように防災教育を系統化・体系化し、一つの教科または領域として実践したのかを分析することは、今後の学校教育における系統的・体系的な防災教育の展開にとって重要であるといえる。

1-2. 研究の目的

本研究では、文部科学省によって研究開発校に指定された仙台市立七郷小学校における防災教育の実践例を主に分析し、他の学校における実践例との比較等を通して、防災教育の系統的・体系的な指導を行うにあたっての現状の課題を整理していくことを目的とする。

2. 研究の手法

2-1. 研究の流れ

本研究は、自校独自の防災教育プログラムの研究開発に取り組んだ小学校の開発内容の分析、および現場の実態を把握するためのヒアリング調査などを行う。

その後、分析やヒアリング調査の結果から、主に系統的・体系的な観点からその研究開発の評価および課題の発見を行っていく。

2-2. 評価方法

防災教育に関する既往研究や文部科学省発行の資料等^{5)~7)}から、系統的・体系的な防災教育の展開のために特に重要な性質として、次の6項目を独自に定めた。

*Study on a new educational subject of Sendai municipal Shichigo elementary school in which disaster prevention and safety are integrated by Aoi Kagaya

①系統性（各単元が順序だてて構成されていること）、②体系性（各単元が相互に関連した内容であること）、③汎用性（どんな学校でも行える内容であること）、④地域性（その地域特有の条件を考慮していること）、⑤効率性（先生・生徒に過度な負担がかからないこと）、⑥転移性（他教科・領域の学びを深化させること）

以上の観点をもとに評価を行い、対象の防災教育プログラムが有していない性質があれば、「〇〇性における課題」として、その課題の具体的内容や原因を整理していく。

3. 仙台市立七郷小学校における新領域・防災安全科

3-1. 実施概要

防災安全科とは、文部科学省から研究開発校の指定を受けた仙台市立七郷小学校が、平成25年度から28年度までの4年間で創設した新領域としての防災教育プログラムである。

3-2. 分析概要

防災安全科に関する報告書⁸⁾⁹⁾内における研究開発概要、学習指導要領、年間指導計画の分析を行い、その後、当時の防災主任に対してヒアリング調査を行った。

これらの分析に基づいた防災安全科の評価を通じ、③汎用性の課題として、いずれ他校でも実践されるという前提のもと授業の移行計画等が作成されている一方で、複数の科目の要素を含んでおり、確立された指導法やそのための研修はないことが挙げられた。また、⑤効率性の課題として、自校独自の教材を作成することに対する負担や経験の少なさがみられたことが明らかになった。

表1. 研究開発校における授業数移行計画

	各科目における6年間の総授業数（平成28年度）								
	国語	社会	算数	理科	生活	音楽	図工	家庭	体育
平山小学校	1461	349 (-16)	1011	353 (-52)	207	358	358	102 (-13)	593 (-4)
七郷小学校	1439 (-22)	355 (-10)	1011	396 (-9)	187 (-20)	358	358	111 (-4)	595 (-2)
	各科目における6年間の総授業数（平成28年度）					新設された防災科	総授業時数		
	道徳	外国語	特別活動	総合					
平山小学校	209	70	209	0 (-280)	574 (+574)	5854 (+209)			
七郷小学校	187 (-22)	70	173 (-36)	205 (-75)	200 (+200)	5645 (±0)			

表2. 防災安全科のプログラム評価表

有すべき性質	①系統性	②体系性	③汎用性	④地域性	⑤効率性	⑥転移性
達成度	○	○	△	○	×	○

↓一部課題あり
 ↓課題あり

○：十分有している △：一部有している ×：有していない

4. まとめ・今後の方針

仙台市立七郷小学校における防災教育プログラムを、開発内容の分析および当時の防災主任へのヒアリング調査を通して、系統的・体系的な面から評価し、課題をまとめた。

今後は、研究開発校の研究を主軸としつつ、その他の防災教育の実践例も分析・調査し、発生する課題の傾向やその原因について考察を進めていく。また、課題解決に向けた災害科学分野からの具体的な貢献方法や、今後の系統的・体系的な防災教育の展開の方向性について検討していく。

<参考文献>

- 1)文部科学省：平成29・30年改訂学習指導要領，2017.3
- 2)藤岡達也：新学習指導要領と環境教育－自然災害・防災教育の観点から－，環境教育，27巻，1号，p.6-11，2017.7
- 3)文部科学省：「東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議」最終報告，2012.7，http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sports/012/toushin/1324017.htm（2019.10.31閲覧）
- 4)文部科学省：研究開発学校制度について，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kenkyu/htm/01_doc/0101.htm（2019.10.31閲覧）
- 5)佐藤健ほか3名：災害安全教育支援のための防災情報共有プラットフォームの開発，第13回日本地震工学シンポジウム論文集，p.1830-1837，2010
- 6)佐藤健ほか5名：地域に根差した防災教育モデルの開発-仙台市長町地域を例に，安全教育学研究，16巻，1号，p.23-33，2016
- 7)中央教育審議会：新しい時代の教育に向けた持続可能な学校指導・運営体制の構築のための学校における働き方改革に関する総合的な方策について（答申），2019.1，http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/079/sonota/1412985.htm（2019.10.31閲覧）
- 8)文部科学省：平成28年度公開研究会研究紀要 防災安全科，2016.11
- 9)文部科学省：研究開発学校制度平成28年度研究開発実施報告書（要約），2017.9