

令和 7 年度  
東北地域災害科学研究集会  
講演予稿集

開催：令和 7 年 12 月 22 日(月) ・ 23 日(火)

会場：いわき産業創造館 セミナー室・会議室 1

## <第2会場>

いわき産業創造館 会議室 1

第1部 12月22日(月) 13:00～14:45

(司会：堀合 紳弥 先生)

第2部 12月23日(火) 10:15～11:30

(司会：柴山 明寛 先生)

第3部 12月23日(火) 12:30～14:00

(司会：植松 康 先生)

第4部 12月23日(火) 14:45～15:15

(司会：佐藤 健 先生)

# R7年度東北地域災害科学研究集会 発表プログラム 第二会場(会議室 1)

12月22日(月) (会議室 1)	【第1部】司会: 堀合 紳弥 先生			
	第1部	13:00-13:15	降雹予測ノモグラムの福島県における適用性	○横山仁、出世ゆかり、下瀬健一、飯塚聡(防災科学技術研究所)
		13:15-13:30	令和5年7月秋田豪雨時の浸水調査データの検討	○山崎悠輝(秋田大学理工学部)、齋藤憲寿、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)
		13:30-13:45	水害時における車椅子利用者の避難経路リスク分析-健常者との比較を通して-	○田村諒(東北大学工学研究科)、佐藤健(東北大学災害科学国際研究所)
		13:45-14:00	追従走行モデルによる歩車相互作用を考慮した津波避難交通シミュレーション	○堀合紳弥、奥村誠(東北大学災害科学国際研究所)
		14:00-14:15	東北大学キャンパスにおける帰宅困難者数の推定	○佐藤奨真(東北大学大学院工学研究科)、柴山明寛(東北大学災害科学国際研究所)
		14:15-14:30	遠地津波発生時の仙台港周辺における避難者動態	○芳賀駿輔(東北大学工学部)、佐藤奨真(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)
		14:30-14:45	がんばる避難施設の潜在能力について	○酒井悠里(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)
		14:45-15:00	休憩	
		15:00-17:20	公開講演 (企画展示ホール)	

12月23日(火)  
(会議室 1)

	9:15-10:00	地区総会(セミナー室)	
【第2部】司会: 柴山 明寛先生			
第2部	10:15-10:30	1964年新潟地震と福島県一福島民報・福島民友新聞の記事からの考察一	水田敏彦(秋田大学情報データ科学部)、○鏡味洋史(北海道大学)
	10:30-10:45	都市直下型地震時の重症者を対象とした災害拠点病院の医療需給の評価	○久保公佑(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)
	10:45-11:00	東日本大震災の被災地における児童数動態についての研究～経済基盤と人口動態という初期条件の比較分析～	○服部開斗(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)
	11:00-11:15	地域密着型産業が被災地のコミュニティレジリエンス形成に果たす役割ー移転再建を経験した酒造の事例研究ー	○岩佐優稀子、岡田彩(東北大学大学院情報科学研究科)
	11:15-11:30	福祉避難所における電力供給に関する一考察	○柴山明寛(東北大学災害科学国際研究所)
	11:30-12:30	昼食	
【第3部】司会: 植松 康 先生			
第3部	12:30-12:45	ラーメン骨組における連続補剛されたH型鋼梁の数値解析モデルの構築	○日高達哉、吉野裕貴(仙台高等専門学校)
	12:45-13:00	Augmented Kalman Filterによる建物非観測階応答推定	○大野晋(東北大学災害科学国際研究所)
	13:00-13:15	PLA装置を用いた圧力載荷実験による薄板の応力分布の把握	○柴田清跳、吉野裕貴(仙台高等専門学校)
	13:15-13:30	通常型および改良型通気工法外壁システムに求められる耐風圧性能	○植松康(東北大学未来科学技術共同研究センター)、細川敬士郎(NTT都市開発㈱)
	13:30-13:45	鉄鋼スラグ製ジオポリマーの硬化剤濃度と材齢が組成に与える影響の観察	○加賀谷史、齋藤憲寿、齋藤菜月(秋田大学大学院)、南田悠(旭川工業高等専門学校)
	13:45-14:00	補剛間隔の異なる並列H形鋼梁の横座屈性状の把握	○小室陽輝、吉野裕貴(仙台高等専門学校)
	14:00-14:15	休憩	
【第4部】司会: 佐藤 健 先生			
第4部	14:15-14:30	大雨経験を踏まえた学校防災の展開:酒田市と鶴岡市の大雨時学校対応	○村山良之(東北大学災害科学国際研究所)、熊谷誠(山形大学地域教育文化学部)、佐藤翼(酒田市教育委員会)、本間洋亮(鶴岡市教育委員会)
	14:30-14:45	学校防災マニュアル更新におけるいくつかの視点	○古市剛久(宮城教育大学防災教育研修機構)、加勢幸美、遠藤宏紀、三井雅視(宮城教育大学附属小学校)
	14:45-15:00	学校統廃合がもたらす地域防災への影響	○堀口和泉(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)
	15:00-15:15	地域における防災活動プロモーターの交代支援に関する実践	○熊谷誠(山形大学地域教育文化学部)
	15:15-15:30	女性が力を発揮するコミュニティ防災教育の推進	○佐藤健(東北大学災害科学国際研究所)
	15:30-15:45	若年被災者の声を活用した震災伝承活動	○齋藤由美子、佐藤健(東北大学災害科学国際研究所)
	15:45-16:00	津波避難ゲームの提案と教育効果	○家護谷駿(東北大学大学院工学研究科)、奥村誠(東北大学災害科学国際研究所)

<第2会場 会議室 1>

— 第1部 (7題) —

司会：堀合 紳弥 先生

12月22日(月) 13:00~14:45

# 降雹予測ノモグラムの福島県における適用性

○横山仁・出世ゆかり・下瀬健一・飯塚聡（防災科学技術研究所）

## 1. はじめに

近年、損害保険の支払総額が 1,000 億円を超えるような大規模な雹害が発生しているが、農業分野でも 2022 年 5、6 月に被害総額が史上 2 番目となる約 91 億円の雹害が、福島、群馬、埼玉等の東北、関東甲信各県を中心に発生している（農水省調べ）。雹害は一般に局所的であることが多いが、ひとたび降れば壊滅的な被害となることが多く、依然として主要な農業気象災害となっている。農業分野でも降雹予測が期待されるなか、小元・米谷（1976）<sup>1)</sup>は、全国的な常襲地帯とされる関東地方を対象とした降雹予測手法を考案した。筆者らが関東地方で現在も適用できることを確認しているが、関東に隣接し、雹害が同様に多発する福島県においても活用できれば有用である。そこで、福島県における過去の農業被害事例をもとにその適用性を調べた。

## 2. 降雹予測ノモグラムの概要

雷注意報や竜巻注意情報等のほか、天気予報での「大気の状態が非常に不安定」等の文言は雹を伴う可能性がある情報として用いられるが、現状で雹に限定した気象庁の予測情報はない。そうしたなか、民間気象会社による降雹予測の有料サービスが始まるなど、近年多発する降雹被害を背景に雹に対する社会の関心が高まっている。一方、農業分野では、降雹直前に予測情報が得られたとしても、短時間で広大な農地に対策を施すことは現実的に難しく、できるだけリードタイムの長い情報が求められる。そのため、以前からさまざまな経験則や天気俚語等が有力な情報として活用されてきた。しかし、それらを実際の農業現場での判断材料とするには具体性に乏しく、外れた場合、多くの時間と労力が費やされ、場合によっては減収となることもありうる<sup>2)</sup>。こうした状況のなか、小元・米谷（1976）<sup>1)</sup>は、雹雲の形成に大気安定度と対流圏中層の気温が関係していることに着目し、群馬県藤岡市での独自の高層気象観測結果をもとに、ショワルター安定指数 (SSI) と 500hPa の気温により推定する降雹予測ノモグラムを考案した。これは、当日午前 9 時の館野（茨城県つくば市）の高層気象観測データから関東地方における午後の降雹を予測するもので、詳しい時刻や場所の特定はできないものの降雹の可能性を数時間前の比較的早い段階から知ることができる点で、農業分野で活用しやすい手法である。約 50 年前に考案されたものではあるが、筆者らが、2017～2025 年の関東地方における適用性を確認したところ、おおむね 7 割の事例で降雹が予測されており<sup>3)</sup>、より手軽にインターネットで高層気象データや SSI を調べることのできる現在においては有用な手法といえる。もし、この手法が北関東と同様に全国的な常襲地帯のひとつとされる福島県においても適用できれば、同県の農業関係者にとって有益な情報となるものと考えられる。

## 3. 降雹予測ノモグラムの福島県における適用性

雹による農業被害は、以前はクワやタバコ、コンニャク等の工芸作物が多くを占めていたが、近年、農業施設とともに果樹の被害が増えており、農作物の全被害額の 7 割以上を果樹が占めることも珍しくない<sup>2)</sup>。そこで、福島県農林水産部の情報<sup>4)</sup>をもとに、気象庁のホームページに高層気象観測データが掲載されている 1988 年以降で、1 億円以上の果樹被害が発生した事例の降雹日を抽出した。抽出の結果、1988～2022 年までで 27 日間あり、ここには、記録が残る範囲において全国で農林水産被害額が史上 2 番目（91 億 1 千万円）となった 2022 年 5～6 月の事例<sup>5)</sup>も含まれている。一般に、我が国における雹害のほとんどが暖候期の盛夏以前に発生しているとされるが<sup>2)</sup>、今回抽出された降雹も 5～7 月に発生しており、全体の 63% が 5 月に発生していた（図 1）。次に、降雹予測ノモグラムに、各日の午前 9 時における 850hPa の気温及び相対湿度から算出した SSI と、500hPa の気温とをプロットし適用性を調べた（図 2）。図中の点線で区切られた A～C は、

---

\* Applicability of hail prediction nomograms to reduce agricultural damage in Fukushima Prefecture by Hitoshi Yokoyama, Yukari Shusse, Ken-ichi Shimose and Satoshi Iizuka

小元・米谷（1976）が、A：降雹の可能性大、B：雷雨になっても降雹の可能性小、C：降雹、雷雨の可能性ともに小、にそれぞれ区分したものである。降雹日をあてはめた結果、全体の74%にあたる20日がAの領域に入っており、関東地方とほぼ同様の適中率となっていた。このことから、福島県においても降雹予測ノモグラムが適用できる可能性が示された。なお、雹が降ったにも関わらず、B、Cの領域にプロットされた日も、それぞれ3日（11%）及び4日（15%）あった。関東地方における検証<sup>3)</sup>では、降雹時間帯が遅いほど予測が外れる傾向が確認されており、今回もその可能性が考えられるが、現時点で発生時間帯の情報が不明なため、要因の解析等詳細については今後の検討課題である。

#### 4. おわりに

降雹予測ノモグラムの福島県への適用性について、1988～2022年までの1億円以上の果樹被害をもたらした事例をもとに検討した。その結果、降雹は関東地方と同様の的中率で予測されており、福島県においても降雹予測手法として適用できる可能性が示された。降雹予測に不可欠な高層気象観測は、かつて仙台でも行われていたが現在は行われていないことから、関東地方を対象に考案された降雹予測ノモグラムが南東北の福島県においても適用できることが示されたことは、今後の同県における農業被害の軽減にとって有意義である。パソコンやスマートフォン等によってインターネットが身近な現在においては、農家をはじめとした農業関係者が現場で手軽に活用できる予測手法と考えられることから、今後、判別の自動化や精度向上を図るとともに、関東に隣接する他県への適用性についても検討を進めたい。

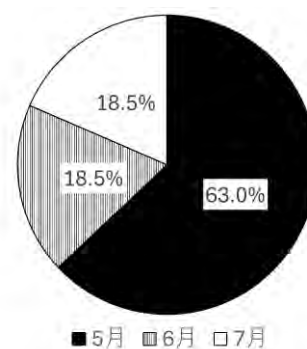


図1. 福島県における雹による農業被害発生月（1988～2022年に発生した1億円以上の果樹被害）

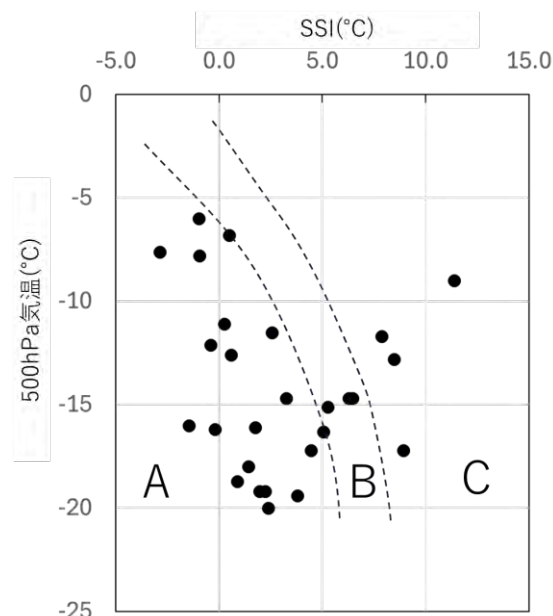


図2. 降雹予測ノモグラムにあてはめた降雹日午前9時のSSI及び500hPa気温（A：降雹の可能性大、B：雷雨になっても降雹の可能性小、C：降雹、雷雨の可能性ともに小）

#### <参考文献>

- 1)小元敬男,米谷恒春：関東地方の雷雨(その1)－雷雨日の大気鉛直構造の数値解析－, 国立防災科学技術センター研究報告, 14, 65-78, 1976
- 2)小元敬男：9.雹害, 農業気象災害と対策, 養賢堂, 197-216, 1991
- 3)横山仁, 出世ゆかり, 下瀬健一, 飯塚聡：近年の降雹事例における降雹予測ノモグラムの適用性について, 日本農業気象学会 2025 年東北支部大会要旨, 2025
- 4) 福島県農林水産部農業振興課：令和4年5月及び6月に発生したひょう害の記録, <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/566123.pdf> (2025年8月13日閲覧)
- 5)横山仁,出世ゆかり,下瀬健一,鈴木真一：令和4年6月2日に群馬県及び埼玉県で発生した降ひょう被害, 自然災害科学, 43(4), 789-801, 2025

# 令和 5 年 7 月秋田豪雨時の浸水調査データの検討\*

秋田大学理工学部

山崎 悠輝

秋田大学大学院理工学研究科 齋藤 憲寿・渡辺 一也

## 1. はじめに

近年、全国的に停滞性の前線による大雨の被害が相次いでいる。秋田県では令和 5 年 7 月 14 日から 16 日にかけて複数の観測所で 24 時間降水量が観測史上最大を記録するなど、県内各地で内水・外水氾濫等の被害が起きた。この豪雨災害に対する既往研究<sup>1)-4)</sup>では、浸水深調査データの基準がバラバラで統一されていない。そこで本研究では、それぞれの調査データの基準を揃え、統一性を持たせたデータで被害の状況を一つのマップにまとめることで災害の全体像の把握と今後の防災対策に活かすことを目的として検討した。

## 2. 研究対象

本研究では、令和 5 年 7 月 14 日から 16 日にかけての秋田豪雨災害で氾濫が起きた秋田市の 1 級河川である太平川を対象とした論文<sup>1)-4)</sup>を基に浸水調査データをまとめた。それぞれの調査範囲と太平川を図-1、調査方法を表-1 として示す。

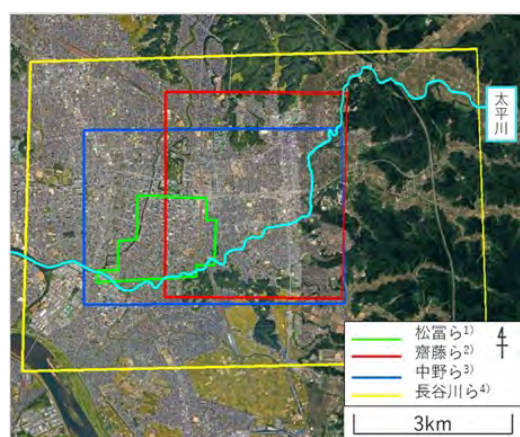


表-1 調査方法

	松富ら <sup>1)</sup>	齋藤ら <sup>2)</sup>	中野ら <sup>3)</sup>	長谷川ら <sup>4)</sup>
調査方法	自動レベル・標尺を用いた現地調査	地域住民へのヒアリング、画像解析	メジャーを用いた現地調査	レベルを用いた現地調査
調査範囲	秋田駅南西	秋田駅北西	太平川周辺	太平川周辺
データ数	104	154	42	140
浸水深の基準	T.P. (m)	地面からの高さ (m)	地面からの高さ (m)	地面からの高さ (m)
調査時期	2023年7月29日～10月4日	-	2023年8月5日～11月4日	-

図-1 調査範囲

## 3. 研究方法と調査結果

本研究では、表-1 に示した松富ら<sup>1)</sup>のデータを基準に浸水深を東京湾平均海面の高さ T.P. (m) にし、齋藤ら<sup>2)</sup>・中野ら<sup>3)</sup>・長谷川ら<sup>4)</sup>の図から浸水深（地面からの高さ・T.P.）と標高、座標をそれぞれの地点で求め、Excel と Google Earth Pro を用いて視覚的に把握しやすくしたものを図-2 として示す。図-2 から浸水深は 0 m~0.75 m の浅いものが広範囲に分布する一方で局所的に 1.0 m~2 m の深い浸水が集中している箇所があることがわかる。出羽国秋田郡久保田城画図<sup>5)</sup>（図-3 に加筆）と見比べると、旧河道や堀として用いられてきた比較的標高の低い場所

\* Analysis of Flood Survey Data during the July 2023 Akita Heavy Rain by Yuki YAMAZAKI, Noritosi SAITO and Kazuya WATANABE



に水が滞留していることが分かる。太平洋で起きた外水氾濫と内水氾濫の複合的な洪水が広範囲で浸水被害を起こした。地形的特徴が浸水被害の分布に影響をもたらしていると考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、令和5年7月秋田豪雨における複数の浸水調査データの基準を統一し浸水深分布図を作成した。その結果、浸水の深さや広がり方が把握しやすくなり地形的構造が浸水被害に大きく関わっていることがわかつ

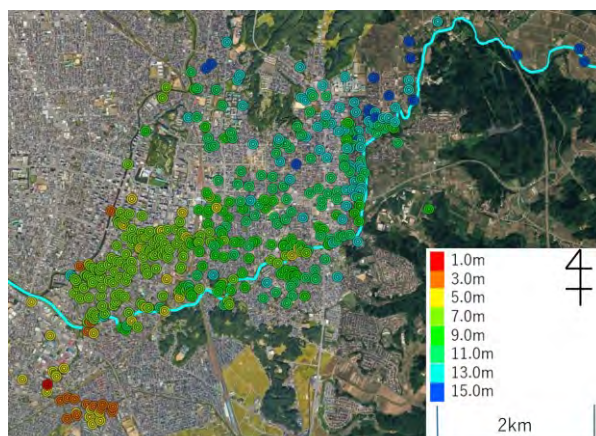


図-2 浸水深分布図 (T.P.)

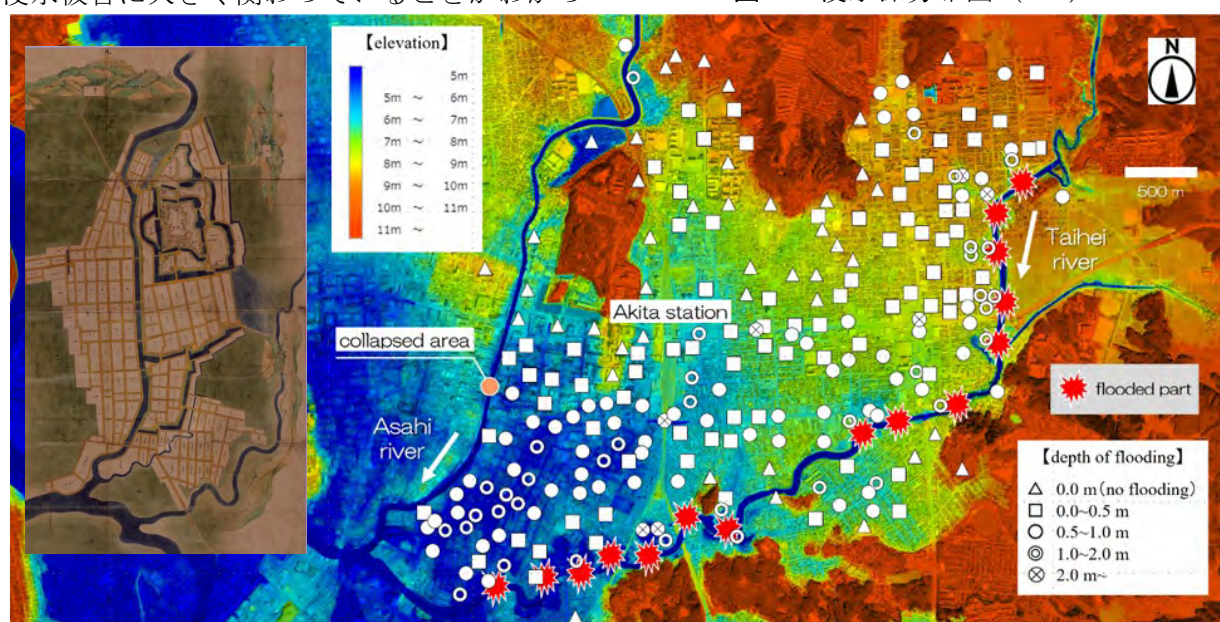


図-3 秋田駅周辺の最大浸水深度分布

た。今後はデータの調査方法による制度の差の補正やシミュレーションを用いて想定以上の降雨や決壊が起きた時の浸水状況を検討し防災対策に生かしていく必要がある。

#### 参考文献

- 1) 松富英夫, 鎌滝孝信, 今野史子: 2023年7月秋田豪雨による秋田市中心市街地の氾濫について, 東北地域災害科学研究, 第60巻, pp.67-70, 2024.
- 2) 齋藤憲寿, 渡辺一也: 2023年秋田豪雨における秋田市駅東地区の被害について, 東北地域災害科学研究, 第61巻, pp.71-76, 2025.
- 3) 中野晋, 蔣景彩, 金井純子, 西村実稔, 渡辺一也, 徳永雅彦, 樫本誠一: 令和5年7月豪雨における秋田市内の浸水被害と避難情報発令の課題, 令和6年度自然災害フォーラム論文集, pp.19-28, 2024.
- 4) 長谷川兼一, 石戸脩斗, 二瓶泰雄, 窪田利久: 浸水被害住宅の真菌汚染と復旧手法に関する調査研究 その4 2023年7月の大雨による秋田市内の住宅関連の被災状況, 日本建築学会大会学術講演梗概, Z-1分冊, 9p, 2024.
- 5) 国立公文書館デジタルアーカイブ: 出羽国秋田郡久保田城画図, <<https://www.digital.archives.go.jp/gallery/0000000412>>, 2025/11/14 参照.



# 水害時における車椅子利用者の避難経路リスク分析

## —健常者との比較を通して—

東北大学工学研究科 ○田村 諒  
東北大学 災害科学国際研究所 佐藤 健

### 1. はじめに

近年、令和元年度東日本台風をはじめとした被害の大きな水害が多く発生している。これらの水害による被害者として要介護者、身体障害者などが多く含まれている。こうした被害軽減に向け個別避難計画の作成を行っているが、交通可能性や浸水状況などは考慮されていないと考える。そこで本研究では大雨による避難対象者の避難経路について地理的制約を考慮し、健常者との比較を通じ、車椅子利用者の避難リスクについて分析する。

### 2. 研究方法

車椅子利用者の推計、分配を行う。これらと浸水範囲を重ね合わせ、避難対象者を特定する。避難対象者の避難経路のルート解析を行い、車椅子利用者と健常者の比較を行う。

#### 2.1. 分析対象

宮城県仙台市若林区を対象地域とし名取川、広瀬川の洪水による浸水を対象の水害とする。対象者は要介護 3 以上、身体障害者手帳 1 級、2 級所持者で車椅子利用者とする。

#### 2.2. 分析方法

##### 1) 車椅子利用者の推計・分配

厚生労働省、総務省の公表しているデータを用いて、対象の車椅子利用者の推計を行った(図 1)。車椅子利用者を老年人口比による確率分布を行い若林区内に分配した。

##### 2) 避難対象者の特定

1)の分配した車椅子利用者を重ね合わせることで避難対象者の特定をした。

##### 3) 避難経路分析

以下のシナリオに基づいて 2)の避難対象者の避難経路の解析を行った。

シナリオ 1: 勾配によらずどのルートも通行可能 (健常者の避難)

シナリオ 2: 1/8 以上の勾配のルートは通行不可 (車椅子利用者の避難)

グループ A: 要介護 3 以上の認定者 グループ B: 身体障害者手帳 1 級、2 級所持者
<b>STEP1 A の車椅子利用者数の算出</b> $\text{車椅子利用者数} = \text{要介護認定者数} \times \text{車椅子利用率}$ $\text{車椅子利用率} = \frac{\text{車椅子貸与件数}}{\text{要介護認定者数}}$
<b>STEP2 B の車椅子利用者数の算出</b> $\text{車椅子利用者数} = \frac{\text{身体障害者手帳所持者数}}{\text{所持者数}} \times \text{車椅子利用率}$
<b>STEP3 A と B で重複している車椅子利用者数を算出、除外</b> $\text{重複者数} = \frac{\text{身体障害者手帳所持者数}}{\text{所持者数}} \times \text{要介護認定者数}$ $\text{要介護認定率} = \frac{\text{要介護認定者数}}{\text{老年人口}}$ $\text{車椅子利用者数} = \text{重複者数} \times \text{車椅子利用率}$
<b>STEP4 施設入所者の車椅子利用者数を算出、除外</b> $\text{車椅子利用者数} = \text{施設入所者数} \times \text{車椅子利用率}$
<b>STEP5 若林区内の車いす利用者数の算出</b> $\text{仙台市の車椅子利用者数} = \text{STEP1-4 の総計} \times \frac{\text{仙台市の要介護認定者数}}{\text{宮城県の要介護認定者数}}$ $\text{若林区の車椅子利用者数} = \text{仙台市の車椅子利用者数} \times 0.13$ <p>0.13: 仙台市における若林区の人口割合</p>

図 1 車椅子利用者の推計手法

### 3. 車椅子利用者の推計・分配

図 1 の推計手法をもとに計算を行い若林区内に対象の車椅子利用者は 354 人いることが明らかになった(図 2)。これらを若林区内の居住者のいるエリアに老年人口比による確率分布を行った。また、Plateau の建物ポリゴンデータと建物高さデータを使用し、現在ある建物、階数の属性を持たせた空間分布とした。

### 4. 避難対象者の特定

3 より分配した車椅子利用者と浸水想定範囲を重ね合わせ避難の必要な車椅子利用者を特定した(図 2)。0.5m 以上の浸水範囲内にいた車椅子利用者は 142 人であった。その中で浸水が想定される階にいた車椅子利用者は 124 人であり、残りの 18 人は浸水想定深さより高い階にいた。

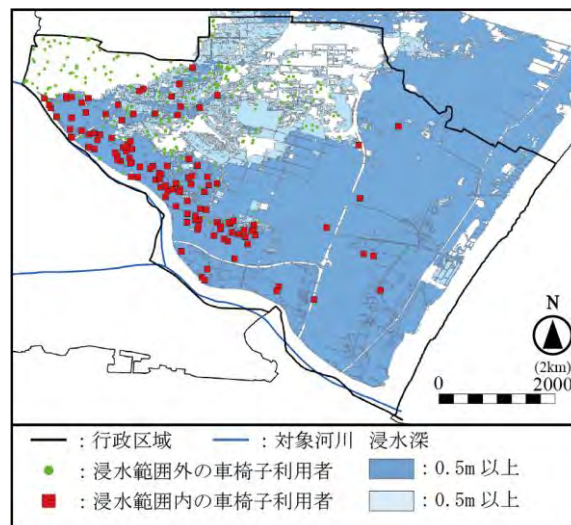


図 2 車椅子利用者分布と浸水範囲

### 5. 避難経路分析

4 より判明した避難対象者と避難所の位置データを用いて、健常者を想定したシナリオ 1 と車椅子利用者を想定したシナリオ 2 のそれぞれで避難経路解析を行い、比較する。

#### 5.1. 避難所・避難経路変更なし

124 人のうち 99 人はシナリオ 1、2 どちらも避難経路に違いがなく勾配の影響が無かった。

#### 5.2. 避難所変更なし・避難経路変更あり

18 人は勾配により通過できない道ができたことで、避難経路がシナリオ 1 よりも長くなった。最大でシナリオ 1 の 2.83 倍避難経路が長くなったケースがあった。平均では 1.43 倍ほど避難経路が長くなったことが判明した。

#### 5.3. 避難所変更あり・避難経路変更あり

9 人は勾配によりシナリオ 1 の避難所まで到達できず別の避難所となった。避難経路としては、1.002 倍とほとんど変化がないケースから 3.58 倍と長くなるケースがあった。平均では 2.43 倍ほど避難経路が長くなったことが判明した。

#### 5.4. 避難失敗

3 人は勾配により、どこの避難所にも到達できないケースが発生した。

### 6. まとめ

仙台市若林区は比較的平坦な土地であるため、対象者の 8 割は避難に影響はなかったが、2 割は勾配により避難経路が長くなる、目指す避難所が変更になることが明らかになった。また、勾配により避難することができないエリアが発生してしまうことも明らかになった。今後、立体交差している道路、歩道橋などの地理的制約を考慮したより現実 に即した避難経路、また、内水氾濫による冠水など、より厳しい条件下での避難経路の差について明らかにしていく。

### 謝辞

本研究の遂行にあたり、貴重なご助言を賜りました関西大学橋本雅和先生に感謝いたします。

# 追従走行モデルによる歩車相互作用を考慮した

## 津波避難交通シミュレーション\*

東北大学災害科学国際研究所 堀合 紳弥

東北大学災害科学国際研究所 奥村 誠

### 1. はじめに

2011 年東日本大震災では、津波避難時の車両利用による渋滞などの課題が浮き彫りとなり、震災以前より提唱されていた原則徒歩避難とする津波避難計画が改めて推奨されてきた。しかし、令和 2 年に千島海溝・日本海溝地震による津波浸水想定が公表され、やむを得ない場合の車両避難を容認<sup>1)</sup>する動きが増加している。車両避難が多数発生した場合、歩道が整備されていない細街路などの路線では、歩行者と車両の接触機会が増加し、交通流の悪化が懸念される。

本研究では、追従走行モデル(以下、走行モデル)を歩行および走行速度の制御に応用し、接近する他者との相互影響を考慮したマルチエージェントシステムによる歩車混在避難交通モデルを構築する。構築したモデルに基づいて、図-1 に示す青森県八戸市中心市街地を対象とし、津波発生時の歩車混在避難による相互影響が、地区全体の交通流へ与える影響を分析する。

### 2. 歩行速度制御への走行モデルの応用

これまで堀合・奥村<sup>2)</sup>は、津波避難時における避難車両の交通流を検討するため、歩行者の接近による車両走行に与える影響を考慮した、避難車両交通モデルを構築している。しかし、歩行者自体は一定速度でのスムーズな移動とし、歩行速度の制御や歩行者間の相互影響は考慮



図-1 研究対象地域(左)と計算対象範囲(右)

---

\* Tsunami evacuation traffic simulation Considering Mixed Pedestrian and Vehicle Traffic in Snowy Season by Shin-ya Horiai and Makoto Okumura

されていない。歩車混在避難時における歩行者の集中や、歩行者と車両の接近など、他者との相互影響を考慮するため、歩行速度および走行速度の制御に走行モデルを応用して、歩行者と車両ともに移動速度を制御可能とする歩車混在避難交通モデルを構築する。

### 3. 計算方法

シミュレーションにはマルチエージェントシステム NetLogo6.4.0 を使用する。構築する歩車混在避難モデルの計算アルゴリズムを図-2に示す。歩行者および車両エージェントは、自身の周辺を通行する最直近の他エージェントを検知した場合、走行モデル<sup>3)</sup> (式(1))に基づき、相対距離および速度を計算し、加減速を行い、最大加速度は歩行者  $0.5\text{m/s}^4$ 、車両  $0.9\text{m/s}^2$  の範囲で速度を制御する。

歩行者エージェントは、他の歩行者または車両からの影響を受け、渋滞車列の追い抜きや、先行する歩行者が自身より遅い場合の追従等を行う。車両エージェントは、街路等での走行空間の状況を想定し、歩行者を追い抜き、または、追い抜けない場合の走行を行う、

### 4. おわりに

本研究では、交通工学での走行モデルを応用し、歩行者および車両の速度制御を行う歩車混在避難交通モデルを構築する。やむを得ない場合の車両利用による歩車混在下での避難を想定し、相互影響を考慮した避難交通流の計算を可能とする。詳細な計算結果は講演時に示す。

### 5. 参考文献

1) 八戸市役所：八戸市津波避難計画

[https://www.city.hachinohe.aomori.jp/soshikikarasagasu/kikikanrika/keikaku\\_plan/4435.html](https://www.city.hachinohe.aomori.jp/soshikikarasagasu/kikikanrika/keikaku_plan/4435.html). 2022.

2) 堀合紳弥, 奥村誠：降積雪期における歩行者への追従を考慮した津波避難車両交通シミュレーション, 東北地域災害科学研究, 第 61 巻, 2025.

3) T. V. Mathew: Transportation Systems Engineering, 2014.

4) 山田昇吾：歩行空間評価を目指した歩行加速度の性状把握と歩きやすさとの関連に関する基礎的研究, 大林組技術研究所報, No. 84, 2020.

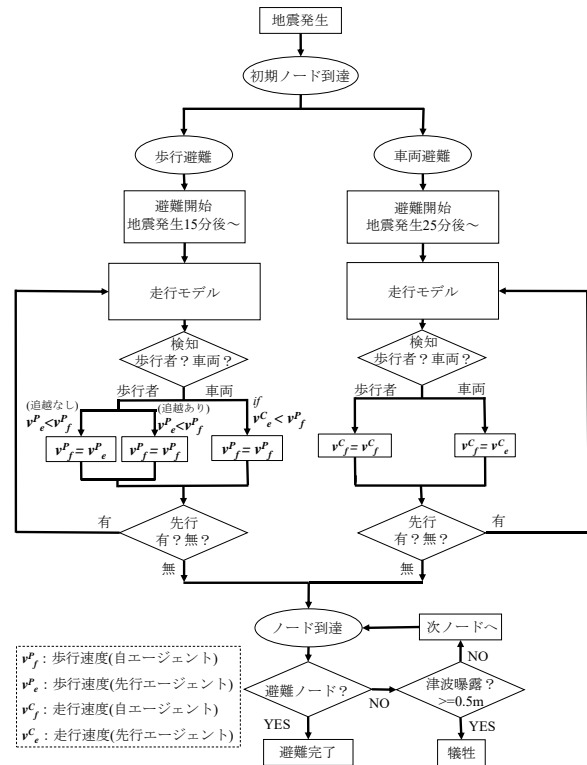


図-2 計算アルゴリズム

$$\alpha_f^t = \alpha \left[ \frac{(v_f^t)m}{(x_e^{t-\Delta t} - x_f^{t-\Delta t})l} \right] (v_e^{t-\Delta t} - v_f^{t-\Delta t}) \quad \dots(1)$$

ここに、 $\alpha_f^t$ ：加速度、

$\alpha, l, m$ ：モデルパラメータ、

$t$ ：時間、 $\Delta t$ ：反応時間、

$e$ ：他エージェント、

$f$ ：自エージェント、

$x$ ：位置、 $v$ ：速度

# 東北大学キャンパスにおける帰宅困難者数の推定\*

東北大学大学院工学研究科 ○佐藤奨真

東北大学災害科学国際研究所 柴山明寛

## 1. はじめに

2011年3月11日金曜日の14時46分に東北地方太平洋沖地震が発生し、地震の影響で新幹線や在来線、バスなどの公共交通機関が停止した。公共交通機関が停止した影響により各駅周辺では、帰宅困難者で大混雑した。一部の帰宅困難者は、駅から近い避難所等に避難し、帰宅困難者まで受入を想定していなかった避難所では混乱が生じた<sup>1)</sup>。仙台市では、この教訓を受け、平成27年に仙台駅周辺帰宅困難者対応指針を策定し、帰宅困難者用の一時滞在場所の確保及び企業や学校等の一斉帰宅の抑制などの対策を行った<sup>2)</sup>。著者らは、モバイル空間統計を用いてイベントや時間帯による帰宅困難者人数への影響を評価し、仙台駅周辺における居住地別の帰宅困難者人数の増加にイベントごとの違いがあることを明らかにした<sup>3)</sup>。しかし、帰宅困難者の問題は駅周辺に限らず、大学キャンパスにおいても、オープンキャンパスや大学祭開催日に地震が発生した際には多くの帰宅困難者が発生することが予想される。既往研究では、廣井ら<sup>4)</sup>や森田<sup>5)</sup>の研究がなされているものの、時間帯やイベント等による帰宅困難者人数への影響を評価した研究は十分ではない。そこで本報告では、大学キャンパスにおける帰宅困難者対策の課題を把握するために、時間帯やイベントによる帰宅困難者人数の変動を推定した。

## 2. 帰宅困難者数の推定方法

本研究では、帰宅困難者人数を推定するために、東北大学青葉山キャンパス周辺滞留者の内、仙台市外の居住者かつ自家用車以外の交通手段を用いている人を帰宅困難者と定義した。滞留者人数は、モバイル空間統計の人口分布統計データを用いて居住地別の滞留者数を算定した。交通手段に関しては、宮城県令和4年観光客の実態に関するWEBアンケート<sup>6)</sup>より居住地別の宮城県観光時の交通手段データを用いた。宮城県内居住者が自家用車を用いる割合は83.5%、宮城県外居住者が自家用車を用いる割合は52.4%である。モバイル空間統計のデータとアンケート結果を用いて、滞留者のうち、仙台市外の宮城県内居住者の16.5%、及び宮城県外居住者の47.6%を帰宅困難者として人数を推定した。推定エリアは東北大学青葉山キャンパスを網羅した図1の枠線内である。

## 3. 推定結果

2025年4月21日(月)~23日(水)の帰宅困難者人数を図2のグラフに示す。平日の10時台から15時台において1,000人以上の帰宅困難者が発生することが明らかになった。21日(月)の14時台の帰宅困難者人数は1,717人で空間分布は図3のようになっている。図4に最もキャンパス内滞留者が多くなるオープンキャンパス開催日(2024年7月30日(火), 31日(水))の帰宅困難者人数を示す。オープンキャンパス開催日30日(火)の12時台の帰宅困難者人数は3,380人で、

---

\* Estimation of the Number of Stranded Persons on the Tohoku University Campus by Shoma Sato and Akihiro Shibayama



平時の2倍以上の帰宅困難者が発生することがわかった。

4. 結論

本研究では、東北大学キャンパスにおける帰宅困難者人数の推定を行った。推定結果より、東北大学青葉山キャンパスにおいて平時では昼間に 1,000 人以上の帰宅困難者が発生することがわかった。また、キャンパス内滞留者が最も多くなるオープンキャンパス開催日には平時の2倍以上の帰宅困難者が発生することが明らかになった。これより、大学キャンパスにおける帰宅困難者対策では、時間帯やイベント等によって帰宅困難者人数が大きく変動することに留意する必要があると言える。

参考文献

1) 仙台市, 帰宅困難者対策, <https://www.city.sendai.jp/anzensuishin/kurashi/anzen/saigaitaisaku/torikumi/kitaku.html>, 2024 年 4 月 23 日.  
2) 仙台駅周辺帰宅困難者対策連絡協議会, 仙台駅周辺帰宅困難者対応指針, <https://www.city.sendai.jp/anzensuishin/kurashi/anzen/saigaitaisaku/torikumi/documents/sendaiiekishishin0607.pdf>.  
3) 佐藤奨真, 柴山明寛, 佐藤健, 奥村誠: 仙台市におけるイベント時の帰宅困難者数の推定とその評価, 日本自然災害学会学術講演会講演概要集, Vol.43, pp.23-24, 2024  
4) 廣井悠, 関谷直也, 中島良太, 藁谷峻太郎, 花原英徳: 東日本大震災における首都圏の帰宅困難者に関する社会調査, 地域安全学会論文集, No.15, pp.343-353, 2011.  
5) 森田匡俊: 大規模災害時における大学キャンパスからの帰宅意志に関する研究, 人文地理学会大会, pp.80-81, 2013.  
6) 宮城県, 令和4年観光客の実態に関するWEBアンケート, <https://www.pref.miyagi.jp/documents/12827/r4.pdf>.

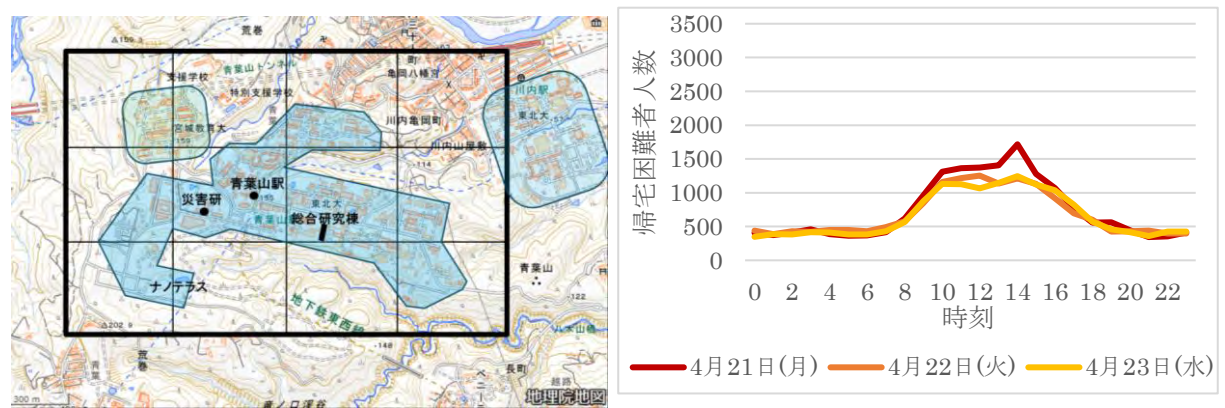


図1 対象としたメッシュエリア (地理院地図(電子国土web)に追記して記載)

図2 2025年4月21日(月)~23日(水)の帰宅困難者人数

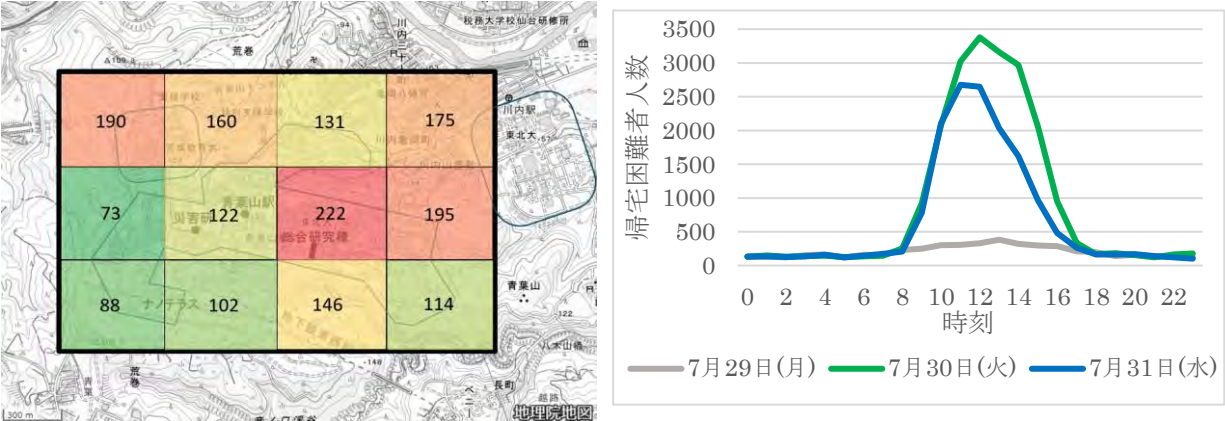


図3 2025年4月21日(月)14時台における帰宅困難者人数

図4 2024年7月29日(月)~31日(水)の帰宅困難者人数

# 遠地津波発生時の仙台港周辺における避難者動態\*

東北大学工学部 ○芳賀 駿輔

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 佐藤 奨真

## 1. はじめに

遠地津波における避難では、遠地津波に対する知識不足や切迫感の欠如からくる避難行動に対する様々な課題が指摘されている。例えば、佐藤らは、避難行動の抑制や避難したにもかかわらず最大波が来たときには危険な自宅に帰ってしまうことについて指摘をしている<sup>1)</sup>。

また、2025 年カムチャツカ半島付近の地震では長時間の避難に関する課題がメディア等で取り上げられ、屋外や津波避難タワーなど空調設備が整っていないことによる熱中症被害が話題となった。しかし、長いリードタイムを生かし、高台にとどまるのではなく内陸部に避難することで行動の制限がなくなり熱中症など二次被害においては解決できるものと考えられる。

そこで、本研究では内陸部への避難に着目し遠地津波における避難行動の把握を目的とする。

## 2. 対象地域と対象津波警報の概要

### (1) 仙台港周辺の地域特性

本研究では仙台港周辺の赤枠で囲んだ地域を対象地域とする(図 1)。当地域はハザードマップにおける津波避難エリア I (図 1 の赤エリア)と津波避難エリア II (図 1 の黄エリア)を含む地域である。エリア I には港湾施設や物流倉庫、工場等に加え、アウトレットモールや水族館などの大規模商業施設も立ち並ぶ地域で、来訪者がとても多い地域であり、エリア II には主に住宅が建ち並ぶ地域である。なお、黒の枠線は 500m メッシュを示しており、本研究では用途地域指定等を考慮して太線をエリア境界として研究を行う。津波警報等が発表された場合は指定されたエリアよりも内陸側に避難することが指示される。津波警報等に対応する避難指定エリアは表 1 の○印のエリアである。

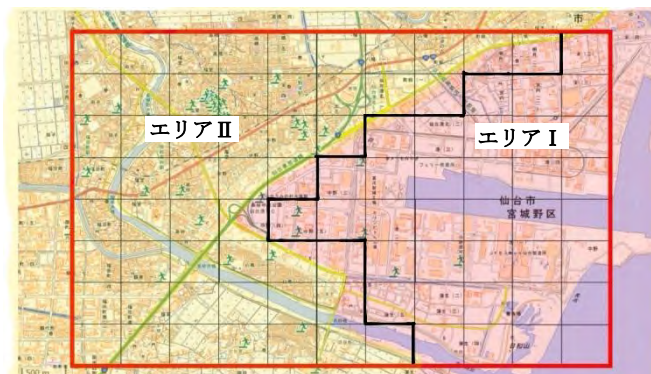


図 1: 対象地域(国土地理院)

表 1: 津波警報等の種類と避難指定エリア

	津波注意報	津波警報	大津波警報
エリア I	○ (注 1)	○	○
エリア II	—	—	○

注 1) 海岸線や河口を含むエリアのみで、海岸堤防より内陸側に避難

### (2) 対象津波警報

2025 年 7 月 30 日 8 時 25 分、カムチャツカ半島付近で Mw8.8 の地震が発生し、同日 8 時 37 分に津波注意報、9 時 40 分に津波警報が発表された。宮城県到達予想時刻が 10 時 30 分で予想高さ 3m

\* Evacuation Dynamics Around Sendai Port During Tsunami of distant origin by Shunsuke Haga, Takeshi Sato, and Shoma Sato

であった。20 時 45 分に注意報に切り替え、翌日 16 時 30 分に解除された。第一波到達が 11 時 35 分、最大波が 30 日 23 時 20 分 (0.9m) であった。

3. 当日の人口動態

対象エリア全体の人口動態を見るためにモバイル空間統計による推計を用いて当日の 1 時間ごとの人口推移を調べた。比較対象として前週 7 月 23 日を挙げている。推計の結果を下図に示す。避難指示の出ているエリア I については 9 時までは平常通り増加傾向にあるが、9 時-11 時に人口減少が認められ津波の影響が見られる。エリア II については避難指示が出ていないことから平常通り横ばいまたは増加傾向になると考えられるが、実際は減少に転じておりエリア II にも津波の影響が見られることが確認できた。

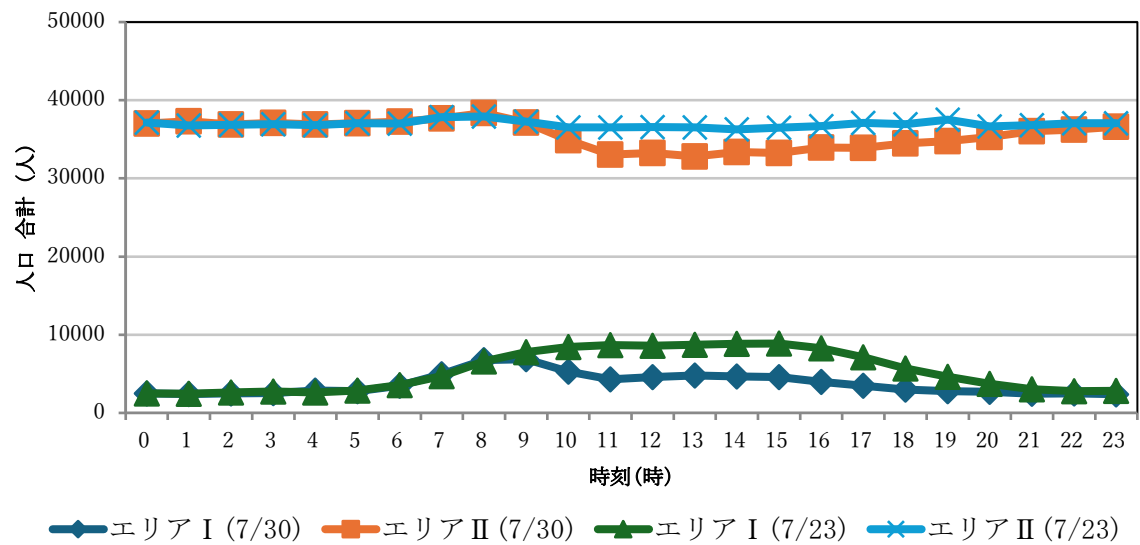


図 2:推定エリア別人口推移

4. まとめ

モバイル空間統計から当日の人口推移についてエリア I のみならずエリア II にも影響があったことが確認された。メッシュごとの人口属性の違いにエリア別人口推移の原因があると考えられ、今後はメッシュごとに人口属性や人口推移を見ることでこの原因の解明を行い、避難者動態を詳しく見ていく。

(参考文献)

1) 佐藤翔輔, 成田峻之輔ほか: 避難行動の実態, 2025 年カムチャツカ地震津波速報会  
[https://irides.tohoku.ac.jp/research/prompt\\_investigation/2025kamchatka-eq.html](https://irides.tohoku.ac.jp/research/prompt_investigation/2025kamchatka-eq.html)

2) 仙台市: 「津波からの避難の手引き」 第 6.5 板 (令和 7 年 1 月)  
<https://www.city.sendai.jp/hinan/kurashi/anzen/saigaitaisaku/jishintsunami/tsunamihinanmap.html>

3) 仙台市: 令和 7 年 7 月 30 日に発生したカムチャツカ半島付近の地震に伴う津波警報にかかる被害状況等について (第 4 版)  
<https://www.city.sendai.jp/okyutaisaku/saigai/kakosaigai.html>

# がんばる避難施設の潜在能力について\*

東北大学大学院工学研究科 ○酒井悠里

東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

## 1. 背景と目的

仙台市は、東日本大震災における学校教職員と地域住民との連携・協働が不足した避難所運営に関する教訓から、避難所運営委員会と地域の避難施設の在り方を見直し、2013年4月に改訂地域防災計画を施行した。避難所運営委員会<sup>1)</sup>は、災害時の組織的な運営を目的に、地域の連合町内会の役員・仙台市の担当者・施設管理者（多くの場合は市立学校の管理職）を中心に構成されることとなった。また、避難施設が不足しないように、小学校などの指定避難所に加えて、町内会の集会所などを避難施設に活用する「地区避難施設（以下、がんばる避難施設として表記）」<sup>2)</sup>を、改訂地域防災計画に位置付けることとなった。

がんばる避難施設の運用については地域に一任されることとなっているが、一般的には単位町内会が集会所などを事前に地域の避難所運営委員会に届け出ることによって登録される仕組みである。単位町内会は、当該町内会の集会所などをがんばる避難施設として登録し、災害時は避難所運営委員会と連携しながら、自主運営することとなる。がんばる避難施設が活用されれば、指定避難所への避難の集中が軽減され、指定避難所運営の負担も軽減されることとなる。さらに、がんばる避難施設に避難する人々は、顔の見える関係であることから、指定避難所よりもストレスが少ない環境で避難生活を送ることができる。加えて、指定避難所となっている学校の早期再開など多様な副次的効果も期待できる。

そして、2025年7月に内閣府防災は、能登半島地震を踏まえて、災害対策基本法に基づき作成される防災基本計画を修正し、自治体が協定・届出避難所を事前に把握するように努めることを位置付けた<sup>3)</sup>。能登半島地震では、自主避難施設が多く開設されたが、自治体が自主避難所の支援を行うのに必要な情報を得るのが困難なケースがあり、支援が十分に行き届かなかったとされている。能登半島地震に限らず、過去の災害が発生した際にも、自主避難施設が開設された事例はあり、国はこのような実情を踏まえて防災基本計画の見直しを行ったものである。

本研究では、国が防災基本計画に協定・届出避難所を位置付ける前から、仙台市が地域防災計画に位置付けたがんばる避難施設に着目し、現状と課題を整理した上で、その潜在能力について示唆することを目的とする。

## 2. がんばる避難施設の現状と課題

仙台市の場合は、全ての指定避難所ごとに避難所運営委員会が設置されており、平時から活動しており、災害時は当該委員会が中心となり避難所運営を行うこととなる。がんばる避難施設は、そこに避難する人々が自主運営することが前提となっており、災害時の公的支援として、指定避難所において支援物資を受け取ることが可能である。400を超えるがんばる避難施設が登録されており、最も多く登録されている施設は町内会の集会所であり、そのほかマンション、寺院、高齢者施設なども登録されている。町内会の集会所が最も多く登録されるのは、連合町

---

\* The latent potential of “Gambaru Hinanshisetsu” of Sendai City by Yuri Sakai and Takeshi Sato

内会の役員が避難所運営委員会の構成メンバーとなることから、当該地域の避難所運営を鑑みて、登録しやすいためである。また、マンションが登録されるのは、マンションごとに単位自治会を作ることができ、その単位町内会が連合町内会の構成メンバーとなるからである。

がんばる避難施設の課題は、明確な登録基準がなく、当該施設の防災対策の判断は各避難所運営委員会に委ねられていることである。著者の先行研究<sup>4),5)</sup>では、がんばる避難施設の分譲マンションに着目して防災対策を調査した結果、旧耐震基準で設計された建築物の存在が明らかになった。加えて、全ての当該分譲マンションに自主防災組織が結成されているが、防災訓練や食糧などの備蓄にはばらつきがあることが明らかになった。このような防災対策の状況は、当該分譲マンションに限らず、その他のがんばる避難施設も同様と推測される。

### 3. がんばる避難施設の潜在能力

まず、がんばる避難施設に避難する人々にとって、災害時に指定避難所よりもストレスが少ない環境で、避難生活を送ることができる。例えば、マンション居住者の場合は、マンションの集会室や自室などの住み慣れた場所で避難生活を送ることができる。また、自宅と指定避難所に距離がある場合は、指定避難所に避難するよりも早く避難することが可能である。

また、がんばる避難施設が事前登録制のため、避難所運営委員会が災害時にその開設を把握することができ、情報の共有や支援物資の提供を行うことが可能である。さらに、避難所運営委員会経由で、行政も必要な情報を得ることが可能である。つまり、がんばる避難施設が災害時に孤立になることを防ぐこととなる。

しかし、がんばる避難施設ごとに防災対策にばらつきがあることから、このような効果を発揮できるかは、がんばる避難施設ごとに異なるものと考えられる。

### 4. おわりに

がんばる避難施設は、その運用が避難所運営委員会に一任されている結果として、集会所以外にも多様な施設が登録されていると考える。また、400 を超えるがんばる避難施設が登録されているのは、自主避難施設の需要が反映されている結果である。国が防災基本計画に協定・届出避難所を位置づけたことから、多くの自治体で当該制度を導入されることとなる際に、仙台市のがんばる避難施設がロールモデルになると考える。

<参考文献>

- 1) 仙台市:地域防災計画共通編【令和7年4月】, pp151, [https://www.city.sendai.jp/kekaku/kurashi/anzen/saigaitaisaku/torikumi/kekaku/documents/r7-4\\_chibou\\_kyoutuu.pdf](https://www.city.sendai.jp/kekaku/kurashi/anzen/saigaitaisaku/torikumi/kekaku/documents/r7-4_chibou_kyoutuu.pdf), (2025. 11. 15 閲覧)
- 2) 仙台市:地域防災計画共通編【令和7年4月】, pp90, [https://www.city.sendai.jp/kekaku/kurashi/anzen/saigaitaisaku/torikumi/kekaku/documents/r7-4\\_chibou\\_kyoutuu.pdf](https://www.city.sendai.jp/kekaku/kurashi/anzen/saigaitaisaku/torikumi/kekaku/documents/r7-4_chibou_kyoutuu.pdf), (2025. 11. 15 閲覧)
- 3) 中央防災会議:防災基本計画, pp44, [https://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon\\_basicplan.pdf](https://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon_basicplan.pdf), (2025. 11. 15 閲覧)
- 4) 酒井悠里・佐藤健:仙台市のがんばる避難施設に着目したマンション防災力の評価、日本自然災害学会学 特別号、第41回、pp. 55-64、2022
- 5) 酒井悠里・佐藤健:仙台市における分譲マンションタイプの「がんばる避難施設」の防災力評価 - 「杜の都防災力向上マンション認定制度」の認定基準を適用した場合の分析 -、日本自然災害学会、43号、pp. 415-426、2024



<第 2 会場 会議室 1>

— 第 2 部 (5 題) —

司会：柴山 明寛 先生

12 月 23 日(木) 10 : 15~11 : 30

# 1964 年新潟地震と福島県

## ー福島民報・福島民友新聞の記事からの考察ー\*

秋田大学情報データ科学部 水田 敏彦  
北海道大学 ○鏡味 洋史

### 1. はじめに

1964 年新潟地震は新潟県北部沖で発生した  $M=7.5$  の地震で被害は新潟県のみならず日本海沿岸の山形県・秋田県，内陸の福島県にも被害が及んでいる。筆者らはこの点に着目し新潟県以外の被害について文献調査を進め<sup>1), 2)</sup>，福島県については被害の大きかった会津地方について議論している<sup>3)</sup>。また被害の大きかった塩川町（現喜多方市）で 30 周年を記念して刊行された体験談集<sup>4)</sup>から被害及び影響について読取っている<sup>5)</sup>。本論では福島県全県について地元の新聞記事を読み直し，福島県に及ぼした影響を考察してみる。

### 2. 福島県の地方新聞

福島県の主要地方新聞に福島民報と福島民友新聞がある。福島県新聞史<sup>6)</sup>によると，福島民報は 1892 年の創刊で現在に至る。福島民友新聞は 1895 年創刊で，1941 年戦時統制で廃刊となるが戦後 1946 年に復刊し現在に至っている。本社は共に福島市にあり全県をカバーしている。

### 3. 福島県全域の市町村別の被害

本論では範囲を福島県全県に広げて，福島民報と福島民友新聞の地震に関する記事を見直し市町村別一覧を作成した。会津以外での被害は，中通りの福島市・信夫郡信夫村・伊達郡桑折町・伊達町，浜通りの平市で軽微な被害が報告されている。人的被害については福島市，伊達郡伊達町で避難中の転倒等が報じられている。

### 4. 県都，地方中心都市での地震時の様子

**福島市および近郊：**県都福島市の様子を報じた記事は多い。地震発生当日の福島民報 16 日の夕刊 1 面では『「電車もストップ」路上に飛び出す“青い顔”』と題し，買物客・昼食客・事務所等から路上に飛出す人，セトモノ店などの被害の様子を伝えている。飲食店のボヤ，高压電線の切断等を報じている。福島民友新聞の 16 日夕刊 1 面には同じく市内の様子を伝え，県繭検定所の煙突の折損，磐梯吾妻スカイラインでの落石，学校の様子なども報じている。福島市の北郊の伊達町・桑折町の市街地の被害の様子が同 17 日朝刊 7 面に掲載されている。

**郡山市：**福島民報の当日 16 日夕刊 1 面に掲載されている。市内の官公庁・病院・映画館から飛び出す様子が報じられている。ある映画館では関東地震の映画をたまたま上演していた。

---

\*The 1964 Niigata Earthquake and Fukushima Prefecture: A consideration of articles from the Fukushima Minpo and Fukushima Minyu Shimbun by Toshihiko Mizuta and Hiroshi Kagami

平市：浜通りで市内の様子を報じているのは平市で福島民報の17日朝刊3面で大通りの地割れ、病院の煉瓦塀の崩壊、商店街の被害を報じている。

## 5. 国鉄の被害と復旧に関する報道

ライフラインの報道の中でも鉄道の被害とその復旧に関する報道は多く福島駅での混雑の様子などが報じられているので、これを中心に取り上げる。道路、電気、電信・電話などのライフラインの被害及び復旧状況は逐次報道されているが断片的である。被害報告書、例えば土木学会の報告書<sup>7)</sup>に詳細な記載があるので、それを確認することとする。

## 6. 地震に関連した話題

新聞記事の中には地震に関連した話題が多く掲載されている。例えば、新津で地震に遭遇した岩館村小学校の修学旅行生の安否とその後の様子、西会津町大山祇神社参詣の新潟からの団体客の様子、新潟県粟島に出かけ消息不明の猪苗代の釣人の動向、など逸話が多い。これらの話題は前述の体験談集<sup>4)</sup>にも取上げられており比較して詳細を紹介する。

## 7. まとめ

本論では、1964年新潟地震の福島県の被害について、地元新聞の福島民報・福島民友新聞の記事を読み直し、当時の市町村別に被害および地震の影響について一覧表を作成した。県都である福島市およびその周辺では軽微な建物被害や煙突の折損などが報じられるとともに、昼時の地震で市中での驚愕、そして建物等からの避難の様子が報じられていることを、紹介した。

規模が大きな地震の被災地周辺部の被害およびその影響については、貴重な履歴にも拘わらず余り議論されていない場合が多い。今後とも同様な地震災害の例についても取り上げていきたい。

## 文献

- 1) 水田敏彦・鏡味洋史：1964年新潟地震による秋田県の被害に関する文献調査，日本建築学会技術報告集，26-63，814-819，2020.
- 2) 水田敏彦・鏡味洋史：1964年新潟地震による新潟県以外の被害に関する広域的考察，日本建築学会技術報告集，28-69，1072-1077，2022.
- 3) 水田敏彦：1964年新潟地震の福島県会津地方における被害に関する文献調査，日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)，709-710，2023.
- 4) 佐藤一男：激震 会津を襲った新潟地震：80人の証言，歴史春秋出版，228pp，1995.
- 5) 鏡味洋史・水田敏彦：地震体験記から読み解く，福島県会津での1964年新潟地震，歴史地震，40，186，2025.
- 6) 佐藤民實：福島県新聞史，日本新聞協会編，地方別日本新聞史，59-68，1956.
- 7) 土木学会新潟震災調査委員会：昭和39年新潟地震震害調査報告，904pp，1965.

# 都市直下型地震時の重症者を対象とした災害拠点病院の医療需給の評価

東北大学大学院 工学研究科 ○久保 公佑  
東北大学 災害科学国際研究所 佐藤 健

## 1. はじめに

都市部での直下型地震時では、建物損壊等で多数の負傷者が発生し、地域で許容できる医療需給のバランスが崩れ、医療逼迫などが懸念される。1995年兵庫県南部地震では、被災地内の病院と後方病院の入院患者 6107 例のうち 527 例の 8.6%が死亡し、外傷の入院患者の死亡数のうち発災から 3 日以内に 7 割以上が死亡した<sup>1)</sup>。本災害の提言として、医療機関は、災害時に被災傷病者の収容や初期治療、後方病院への患者の搬送など、それぞれの能力に応じて機能するべきと提言<sup>2)</sup>がなされている。したがって、医療機関は、想定される災害時の負荷に合わせた対策を取る必要性があり、そのためには医療需給の評価が有効である。既往の研究では、直下型地震時における医療機関の医療需給の評価の研究<sup>3,4)</sup>はなされてはいるが、発災からの経過時間別での医療需給の評価はなされていない。そこで本研究では、重症度の高い負傷者の救命を行う災害拠点病院を対象に、重症度の高い負傷者に着目した経過時間別での医療需給の評価を行う。本報告では、医療需給の評価方法を提案するとともに、その結果から考察を行う。

## 2. 医療需給の評価方法

医療需給の評価の対象地域と想定地震は、仙台医療圏<sup>5)</sup>の 9 つの災害拠点病院を対象とし、仙台医療圏内で発生が懸念されている長町-利府断層帯の地震を想定地震とした。長町-利府断層帯の地震の重傷者数は、宮城県第五次地震被害想定調査結果のオープンデータ<sup>6)</sup>を用いた。

図-1 に各災害拠点病院の診療圏を示す。診療圏は、災害拠点病院に 3 時間以内に重傷者を搬送できる圏域とした。3 時間以内としたのは、トリアージの赤タグとなった場合、未処置の状態で 3 時間を経過すると高い確率で死亡するためである<sup>8)</sup>。3 時間の内訳は、重傷者の救助活動を 1 時間、搬送時間を 2 時間と仮定した。担架で搬送することを想定し、移動速度を 2.5km/h とした。診療圏内の重傷者数は、宮城県全体の重傷者数の推計値である 796 人のうち 721 人（約 91%）に該当し、圏外の重傷者数は 75 人（約 9%）となった。

医療需要を重傷者の受診数とし、医療供給は ICU 病床等（ICU 病床：集中治療室，HCU 病床：高度治療室，EICU 病床：救急集中治療室）の病床数とした。重傷者受診数の経過時間別の推計方法は、1995 年兵庫県南部地震時の医療機関の入院数と入院日数<sup>9)</sup>を参考にし、地震発生から 1 日後の重傷者の入院率を 60%，3 日後を 75%とした。さらに、重傷者の入院数のうち ICU 病床等での集中治療が必要な割合を 20%と設定した<sup>1)</sup>。災害拠点病院の医療需給の評価は、各災害拠点病院で ICU 病床等での治療人数を推定し、その推定値を各災害拠点病院の ICU 病床等の病床数で除した値を医療需給比として推定した<sup>3)</sup>。本推定では、重傷者の外因や ICU 病床等の病床の平時の利用率を考慮しないこととした。

---

\*Evaluation of Medical Supply and Demand at Disaster Base Hospitals based on the prediction of seriously injured trauma person during Vertical-type earthquake under the city by Kosuke Kubo and Takeshi Sato

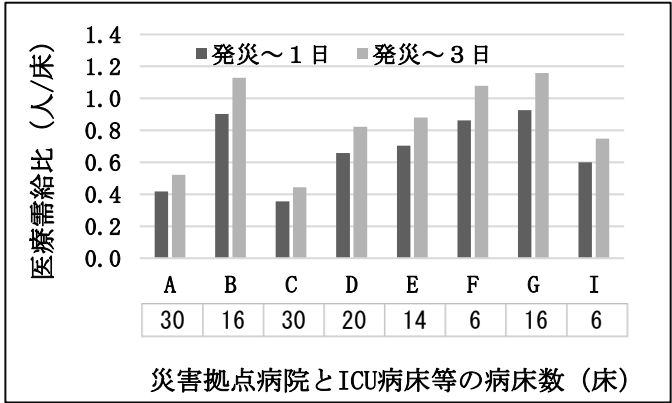
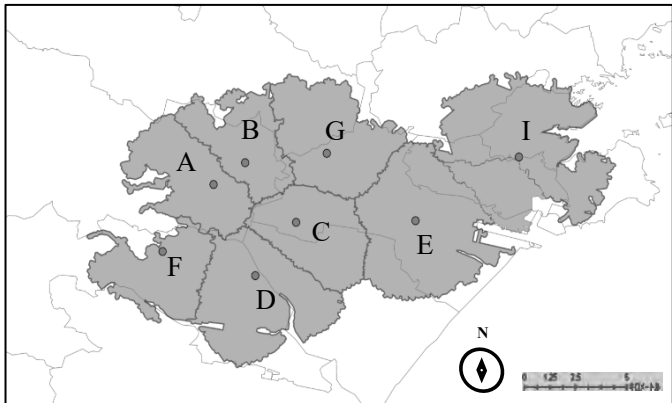
### 3. 推定結果と考察

図-2に各災害拠点病院のICU病床等の病床数及び医療需給比の推定結果を示す。発災から3日以内の医療需給比は、B、F、G病院の3病院が1.0を超えた。

ICU病床等での集中治療の医療需給比は、発災から3日以内に1.0を超えたのは3病院であった。その3病院の重傷者の一部は、ICU病床等で集中治療を受けられないこととなる。そのため、発災から1日から2日以内に重症患者を他の医療機関に転送する必要がある。各災害拠点病院の医療需給比の差は、B、G病院などからA、C病院に患者を転送することで、小さくすることができる。他にも、仙台医療圏外への搬送や建物の耐震化を進めることなどにより、災害拠点病院の負荷を軽減することができる。医療需給比が1.0を超えない災害拠点病院でも、平時からICU病床等は使用されている点を鑑みると医療需給に余裕がない状況となる。

### 4. まとめ

仙台医療圏内の9つの災害拠点病院を対象として、長町-利府断層帯の地震を想定した際の、重症度の高い負傷者に関する経過時間別の医療需給の評価を行った。今後は、想定医療圏域外で発生する重傷者の受診やICU病床等の平時の利用率なども考慮して検討する。



### 参考文献

- 1) 平成7年度厚生科学研究費補助金(健康政策調査研究事業) 阪神・淡路大震災に係る初期救急医療実態調査班 研究報告書.
- 2) 丸川征四郎・尾崎孝平・吉永和正・他:防災医療計画と災害医学に関する提言, 日本蘇生学会, Vol.14, No.3, pp.138-143, 1996.
- 3) 森村尚登・間田千晶・安部猛・他:地域災害医療計画策定のための新たな災害医療需給均衡指標(災害医療リスクリソース比)の導入, 日本集団災害医学会, Vol.21, pp.10-17, 2016.
- 4) Kohei Takahashi, Naoto Morimura, Ichiro Takeuchi, et al: Creating a new index to evaluate imbalance in medical demand and supply when disasters occur, Acute Medicine & Surgery, Vol.5, pp. 329-336, 2018.
- 5) JMAP 地域医療情報システム, [https://jmap.jp/cities/detail/medical\\_area/403](https://jmap.jp/cities/detail/medical_area/403), 2025年11月10日.
- 6) 宮城県防災会議地震対策等専門部会:宮城県第五次地震被害想定調査報告書, 令和5年11月.
- 7) 宮城県及び市町村共同オープンデータポータルサイト, [https://miyagi.dataeye.jp/datasets\\_condition](https://miyagi.dataeye.jp/datasets_condition)
- 8) 布施理美・鈴木慎吾・他:施策検討を可能とする首都直下型地震を想定した災害医療シミュレーション・システムの開発, 日医大医学会誌, Vol.15, No.4, pp170-181, 2019.



# 東日本大震災の被災地における児童数動態についての研究

## ～経済基盤と人口動態という初期条件の比較分析～

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

### 1. はじめに

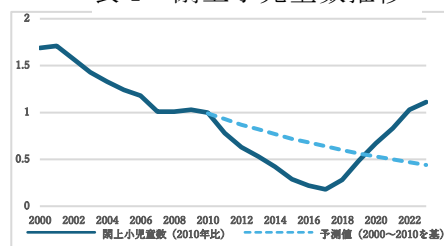
震災の津波被災地における復興プロセスは、長期的な課題であり、その「真の復興」を評価する上で、地域の未来を担う子育て世帯の人口動態は、最も重要な指標の一つである。持続可能なコミュニティの再生は、この世代の定住・帰還なくしては成し得ないからである。しかし、被災後の子育て世帯の動態は、地域によって一様ではなかった。小学校の児童数推移という客観的なデータを時系列で分析すると、同じ津波被災地でありながら、その動態が明確に分岐している現象が観測される。



図 1 研究対象地域

名取市関上小学校（表 1）の場合、震災を境に児童数が大幅に減少したが、2017 年頃から増加に転じている。ただし、この増加は元の住民の帰還のみならず、外部からの流入や学区制撤廃による学区外からの通学者が含まれる。一方で、岩沼市玉浦小学校（表 2）は、震災後に児童数が増加傾向を示している。さらに、南三陸町戸倉小学校（表 3）のように、震災直後に大幅な減少を経験しながらも、その後下げ止まる動態を示した地域も存在する。

表 1 関上小児童数推移



このような違いは、なぜ生じたのか。その要因は複合的であるが、本研究では、この分岐の土台となった、震災という巨大なインパクトが加わる以前の各地域の「初期条件」に焦点を当てる。具体的には、この 3 校の各地域が有していた「脆弱性」と「地域特性」を比較するため、「経済基盤（勤務地データ）」と「人口動態（震災前のトレンド）」の 2 つの要素について、比較・分析を行う。

表 2 玉浦小児童数推移

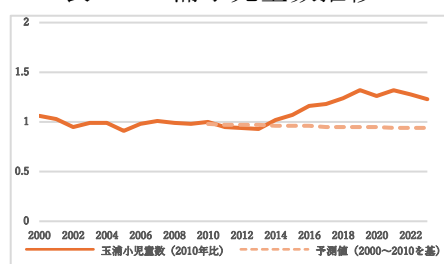
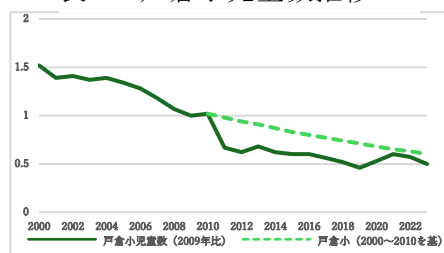


表 3 戸倉小児童数推移



### 2. 経済基盤の分析

ここでは、国勢調査のデータを基に、各学区の自市町内勤務者割合をまとめた(図 2)。関上、玉浦では市外勤務者が約半数を占めた一方で、戸倉

では町内勤務者が約 8 割であった。分類するとすれば、閑上、玉浦は市外勤務者の割合が高く、経済的基盤が外部にあるベッドタウンタイプである。このタイプは、津波で「家」は失っても「職場（収入源）」は維持された可能性が高いと考えられる。戸倉は町内勤務者の割合が極めて高く、経済的基盤が地元にある地域完結型タイプである。このタイプは、津波で「家」と「職場（地元の漁業・水産加工業など）」を同時に喪失した可能性が高いと考えられる。

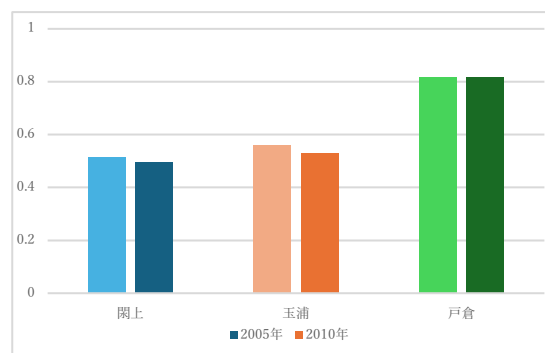


図 2 自市町内勤務者割合

### 3. 人口動態の分析

ここでは、各市町村の統計書を基に各学区の震災以前の人口推移を図にした。(図 3)

閑上、戸倉は減少トレンドであるが、玉浦は 2005 年ごろから増加に転じている。これは、震災以前のスタートラインの段階で衰退の局面にあったか、活力を維持していたかという根本的な体力の差であると考えられる。次に、これを児童推移と比較した図を示す。(図 4) これを見ると、閑上と戸倉では、人口減少に対しての児童数減少が明らかに大きいことが分かる。一方で玉浦は総人口、児童数ともに同じ傾向を示していることが分かる。これより、閑上、戸倉では総人口が減少する中で、それを上回るスピードで児童数が失われる二重の減少トレンドにあり、コミュニティの基盤が震災前から極めて脆弱な状態にあったといえる。

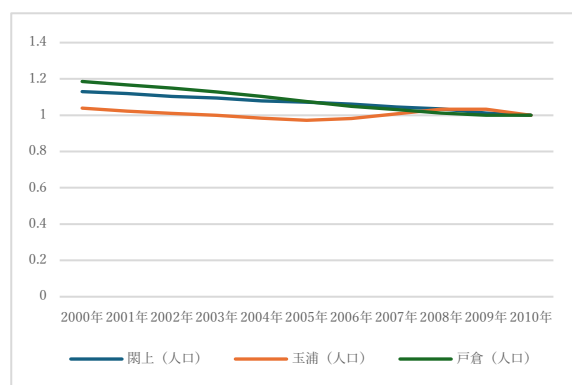


図 3 人口推移 (2010 年を 1 として)

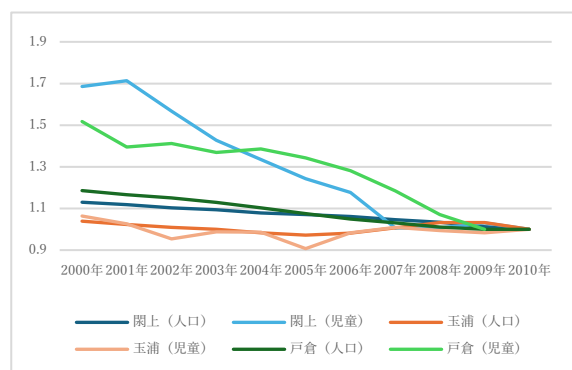


図 4 人口推移と児童数推移  
(2010 年を 1 として)

### 3. まとめ

震災前の初期条件は明確に異なっていた。経済基盤は、閑上・玉浦がベッドタウン型、戸倉が地域完結型となった。人口動態は、玉浦が人口・児童減少が少なく、一方で閑上・戸倉は人口減少に対しての児童数減少が明らかに大きく、脆弱性が大きかった。今後は震災後の復興過程の比較・分析によって、動態分岐の要因を探っていく。

#### 参考文献

- 1) 名取市：名取市統計書，平成 12 年～令和 5 年度 2) 岩沼市：岩沼市統計書，平成 19～令和 4 年度
- 3) 南三陸町：南三陸町統計書，平成 12 年～令和 5 年度
- 4) 国勢調査，平成 17 年・平成 22 年国勢調査，小地域集計，男女，従業地・通学地別就業者数（15 歳以上）－町丁・字等

# 地域密着型産業が被災地のコミュニティ・レジリエンス形成に果たす役割 —移転再建を経験した酒造を対象とした事例研究—\*

東北大学大学院情報科学研究科 岩佐優稀子 岡田 彩

## 1. はじめに

地元資本を中心に展開する地域密着型産業は、地域の自然や歴史・文化的風土などと密接に関係し、単なる産業活動にとどまらず、地域アイデンティティの一部となることが指摘されてきた(木村,2019, 柳川,1971). 本稿で対象とした酒造もその一つといえ、日本酒は地域での祭祀儀礼や贈答文化を支える文化的資源として位置づけられている. しかし、こうした産業は災害の影響を地域と同時に受けるため、被災時には事業継続が困難となる場合が少なくない(江尻, 2020). 東日本大震災では津波によって醸造環境が流失するなど、酒造業にとって深刻な被害が発生し、操業を断念した事例も見られた. 一方で、他地域への移転を通じて酒造りを継続した蔵も存在する. その背景には地域社会とのつながりや文化的役割が重要であったことが示唆される. 地域に適した復旧復興が重要視される中、地域密着型産業の再建が被災地域に与えた影響を、当事者の語りから捉え直すことは、産業を軸とした復興に新たな視覚を提示するものと考えられる.

## 2. 研究の目的

本研究は、東日本大震災により被災し、他地域へ移転して操業を再開した酒造業の再建プロセスを事例として、被災以前からの地域コミュニティとの関係に着目し、コミュニティレジリエンスの形成・強化のプロセスを明らかにすることを目的とする. 対象とする清酒製造業は、立地する地域コミュニティの自然・歴史・文化の面でアイデンティティ形成に深く関係してきた産業である. 清酒製造業が災害によって土地や歴史ある資源を失ってもなお再建し、酒造を存続させたことには、一企業の存続以上の含意があると考えられる. これを明らかにすることで、同様の産業を有するコミュニティにおける災害対策への知見提供を目指す.

## 3. 手法

本論では、移転再建を経験した酒造へのフィールド調査を行い、得られた質的データを社会学のソーシャルキャピタル理論と照合しながら分析することで、地域密着型産業が地域のコミュニティレジリエンスにいかに寄与したかを検討する.

## [参考文献]

- ・江尻行男(2020). 酒蔵の災害危機突破に関する一考察わが国酒造会社の災害復興に関連して,危険と管理,51,pp223-237.
- ・木村雅則(2020). 地場産業から地域密着型産業へ,松本歯科大学紀要,第 47,pp2-13.
- ・柳川啓一(1971). 祭の神学と祭の科学—会津田島祇園祭覚書—,11,pp57-72.

---

\*The Role of Locally Rooted Industries in Building Community Resilience in Disaster-Affected Areas  
—A Grounded Theory Approach Focusing on Sake Breweries Experiencing Relocation and Rebuilding—  
by Yukiko Iwasa Aya Okada

# 福祉避難所における電力供給に関する一考察\*

東北大学災害科学国際研究所 ○柴山明寛

## 1. はじめに

大規模な自然災害では、電気やガス、上下水道、通信網などのライフラインの途絶の影響により、社会生活が著しく低下するとともに、医療などでは生命維持が困難を極め、応急対応や復旧・復興の遅延に繋がる。近年の大規模災害において長期間の大規模な停電が発生した事例として 2011 年東日本大震災や 2018 年北海道胆振東部地震、2024 年能登半島地震などである。また、地震災害だけではなく、風水害においても電柱倒壊などにより、停電等が発生している。電力は、社会生活に欠かせないものであり、避難生活の安定や社会全体の復旧・復興などを迅速化することが可能である。さらに、安定的に電力供給ができることで、夏場や冬場など過酷な環境下でも避難生活等の環境を整えることができ、災害関連死を減少させることにも繋がる。また、要配慮者等が避難する福祉避難所については、呼吸器など生命維持に関係する医療機器の電力供給も必要であり、急務な対策が必要と考える。そこで本研究では、水素燃料電池車に着目し、水素燃料電池車による福祉避難所への電力供給について検討する。

## 2. 2024 年能登半島地震における災害関連死について

自然災害で亡くなる要因は、大きく分けて 2 つに分類される。一つ目は、地震や津波、土砂災害、洪水等の直接的な被災で犠牲になる「直接死」である。二つ目は、直接的な被災では無く、その関連で亡くなった「災害関連死」である。2024 年能登半島地震では、2025 年 5 月時点で地震や津波、土砂災害等で直接亡くなった直接死が 228 名、災害関連死は 364 名と直接死を上回る死者となった<sup>1)</sup>。詳細に災害関連死を分析するために、石川県輪島市が公表している災害関連死の認定結果<sup>2)</sup>を用いて分析を行った。輪島市の災害関連死の認定がなされた 115 件のうち、災害関連死に至った経緯や認定理由を御遺族が承諾した範囲で公開した 45 件について分析したものを図 1 に示す（2025 年 6 月 11 日時点）。

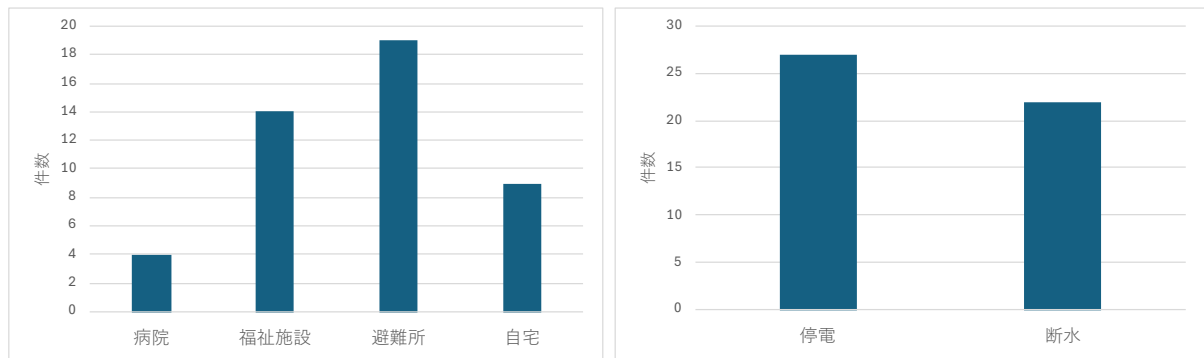


図 1 輪島市の災害関連死の要因（左：関連死に関係した場所，右：関連死に関係した要因）

\* An Examination of Electricity Provision in Welfare Shelters by Akihiro Shibayama

災害関連死の主な要因の場所としては、「避難所」が最も多く、45 件中 19 件であった。次に、ライフライン関係では、「停電」が関係している要因が多く、45 件中 27 件であった。クロス集計した場合、避難所と停電が関係しているものは、27 件中 9 件、福祉施設と停電が関係しているものは、14 件中 8 件であった。避難所や福祉施設などが、停電で暖房が使用できなかったことや停電・断水などで心身の負担が増したことが、停電や断水で施設環境が悪化し転院や移動の負担がかかったこと、などである。

### 3. 福祉避難所の電力供給実験

夏場の災害時における災害関連死の防止を目的として、実際の福祉避難所になる高齢者施設を使用して水素燃料電池車を用いた電力供給実験を 2025 年 9 月 25 日に実施した。実験場所は、福島県いわき市の特別養護老人ホームはなまる共和国とした。電力供給実験には、トヨタ自動車の 2 世代目の MIRAI（水素燃料電池車、FCEV）を使用し、DC 外部給電（ホンダ社製 Power Exporter 9000、もしくはニチコン社製 Power Mover）もしくは車内コンセント（AC 外部給電）から施設内のエアコンに給電の実証実験を行った（写真 1）。図 2 に各給電方法による消費電力量を計測したものを示す。どの給電方法を使用しても消費電力には変化は無いことがわかった。

実験の結果、FCEV+DC 外部給電を用いた場合には、6～8 畳のエアコンを 12 台程度は稼働が可能であることがわかった。また、福祉施設の全ての 80 部屋に電力供給する場合は、FCV が 6 台程度必要となる。ただし、ひと部屋を複数人で部屋を共有することができれば、FCV を減らすことが可能となる。FCEV の車内コンセント（AC 外部給電）では、2 台程度のエアコンの稼働は可能であることがわかった。



外部給電器→ポータブル電源→エアコン



写真 1 実験の様子

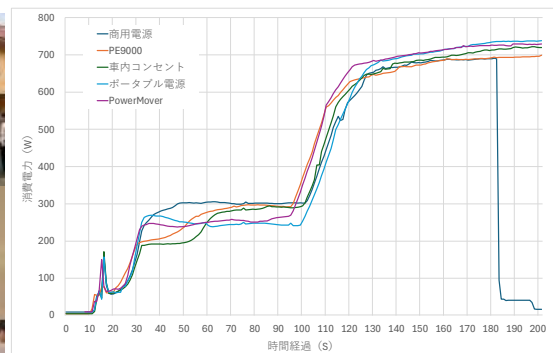


図 2 エアコンへの電力供給

### 4. 結論

本報告では、水素燃料電池車による福祉避難所への電力供給の実証実験を行った。今後は、暖房を使用した消費電力量を計測する予定である。

### 参考文献

- 2) 石川県：令和 6 年能登半島地震でお亡くなりになった方の氏名等（第 1 報～第 24 報），<https://www.pref.ishikawa.lg.jp/saigai/202401jishin-taisakuhonbu.html#simei>
- 2) 石川県輪島市：令和 6 年能登半島地震に係る災害関連死の認定（令和 6 年 5 月 23 日～12 月 24 日），<https://www.city.wajima.ishikawa.jp/article/2024052300015/>

<第2会場 会議室 1>

— 第3部 (6題) —

司会：植松 康 先生

12月23日(火) 12:30~14:00



# ラーメン骨組における連続補剛された H 形鋼梁の 数値解析モデルの構築\*

仙台高等専門学校 日高 達哉  
仙台高等専門学校 吉野 裕貴

## 1. 序

地震災害のリスクが高い日本において、体育館等の大空間構造物は避難所等の防災拠点としての社会的役割を担っている。このような大空間構造物の梁には、屋根折板や母屋のような非構造部材が材長方向に連続して取り付く設計がされており、梁の横座屈に対する補剛効果が期待できる。既往の研究<sup>1)</sup>では、図 1 に示す繰り返し逆対称曲げモーメントを受ける連続補剛された H 形鋼梁の部分架構載荷実験が行われ、屋根折板による補剛効果を明らかにしている。

本研究では、既往の部分架構載荷実験で用いた実験装置<sup>1)</sup>を基準とした数値解析モデルを構築し、逆対称曲げモーメントを受ける連続補剛された H 形鋼梁の横座屈性状を把握する。

## 2. 連続補剛された H 形鋼梁の数値解析概要

図 2 に数値解析モデルを示す。数値解析は有限要素法汎用プログラム ABAQUS2021<sup>2)</sup>による弾塑性大変形解析である。図 1 の実験装置において、基礎梁に取り付くピンより上部の試験体（梁、柱、屋根折板）及びフレームをモデル化する。試験体を 4 節点シェル要素とし、フレームを 2 節点はり要素で構築する。試験体梁の材料特性として、塑性化後の硬化則には移動硬化則と等方硬化則を合わせた複合硬化則を用い、その他の部材を弾性とする。試験体の初期不整は図 2 の解析モデルを用いた弾性固有値解から得られる 1 次モード ( $L_b/2500$  倍) 及び 2 次モード ( $L_b/10000$  倍) を重ね合わせたモー

ードとして与える。荷重条件は図 3 の載荷プログラムに準じて時間変化を用いた強制変位を  $x$  方向に与える。載荷プログラムは正負交番漸増繰り返し載荷とする。強制変位量は試験体梁の全塑性モーメント  $M_{p,b}(=\sigma_y \times Z_b)$  時の柱の回転角  $\theta_p$  から

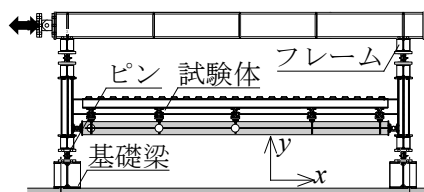


図 1 既往の実験装置<sup>1)</sup>

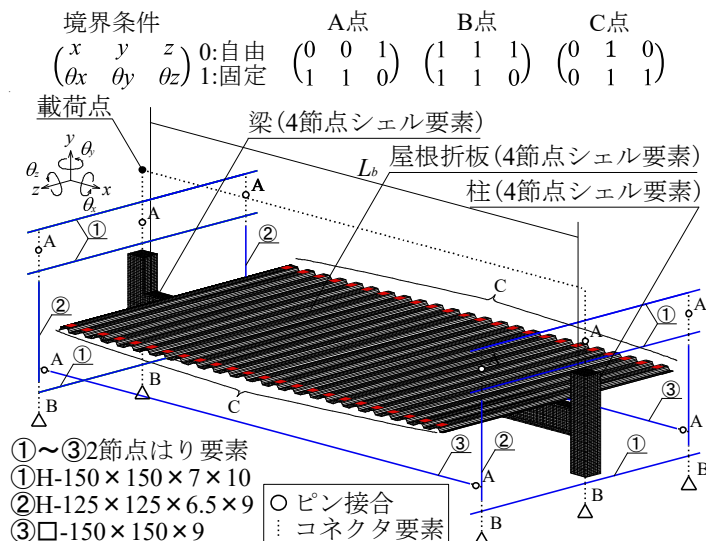


図 2 数値解析モデル

\* Development of a numerical analysis model for continuous braced H-shaped beams based on rahmen model by Tatsuya HIDAKA, Yuki YOSHINO

換算し、回転角 $\theta_p$ の倍数として $\pm 0.5\theta_p$ ,  $\pm \theta_p$ ,  $\pm 2\theta_p$ ,  $\pm 3\theta_p$ ...の各振幅で1回ずつ行う。表1に数値解析モデルを構築した実験試験体一覧を示す。梁断面はH-175×90×5×8, パラメータは補剛形式とする。

### 3. 連続補剛された H 形鋼梁の弾塑性横座屈性状

図4に既往りの実験及び数値解析から得られた材端曲げモーメントと梁面内の材端回転角の載荷履歴を示す。縦軸は柱に生じる曲げモーメントから換算した梁端曲げモーメント  $M$  を全塑性曲げモーメント  $M_{p,b}$  で除した値である。材端曲げモーメント  $M$  は柱の軸歪を梁端に換算した値として求められ、両柱の平均とする。横軸は梁の面内方向の材端回転角であり、柱の  $x$  方向変位から求めた回転角  $\theta$  を回転角  $\theta_p$  で除した値である。補剛の有無によらず、載荷終了時までの載荷履歴が実験と数値解析でよく対応している。

図5に載荷後の梁の変形状態を示す。連続補剛された試験体では、下フランジ側に横座屈変形が確認されたため下フランジを上面として示す。実験および数値解析の両方で、補剛されていない下フランジの圧縮域において面外変形が最大となりよく対応している。

### 4. 連続補剛された H 形鋼梁の弾塑性横座屈耐力

構築した数値解析モデルを用いて、文献1)と同様に H 形鋼梁の弾性座屈荷重式を適用した修正一般化細長比を用いた座屈曲線により、弾塑性横座屈耐力を評価する。評価結果は講演時に示す。

### 5. 結

逆対称曲げモーメントを受ける連続補剛された H 形鋼梁の数値解析モデルは、補剛の有無によらず載荷履歴及び変形状態がよく対応しており、数値解析モデルの妥当性が示された。

#### 参考文献

- 1) 吉野裕貴，廖望，木村祥裕：部分架構載荷実験による連続補剛 H 形鋼梁の横座屈性状に及ぼす補剛効果，日本建築学会構造系論文集，第 87 巻，第 797 号，pp.634-645，2022.7
- 2) ABAQUS/Standard User's Manual version2021

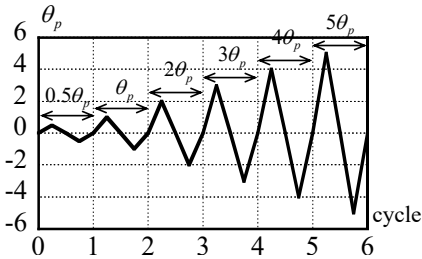
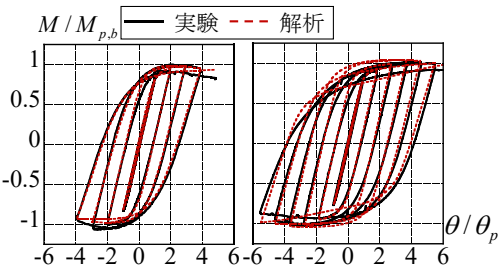


図3 載荷プログラム

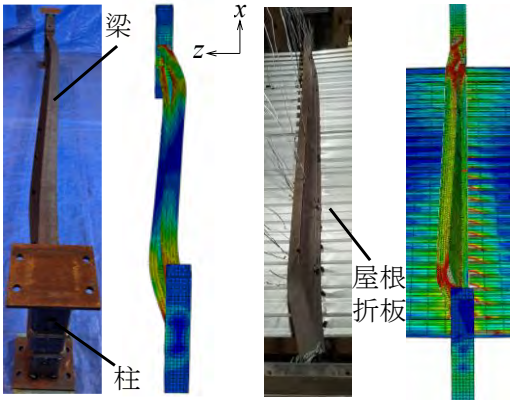
表1 実験試験体一覧

試験体名称	補剛形式	柱断面 [mm]	梁断面 [mm]	梁長 $L_b$ [mm]
NS	無補剛	□-125×125×9	H-175×90×5×8	3725
CS	連続補剛	125×9	90×5×8	



(a) 無補剛 (NS) (b) 連続補剛 (CS)

図4 載荷履歴



(a-1) 実験 (a-2) 解析 (b-1) 実験 (b-2) 解析  
(a) 無補剛 (NS) (b) 連続補剛 (CS)

図5 変形状態

# Augmented Kalman Filter による建物非観測階応答推定\*

東北大学災害科学国際研究所 大野 晋

## 1. はじめに

地震で被災した建物の構造健全性評価のために、加速度計による構造ヘルスマニタリングシステム (SHM) が普及しているが、各階にセンサーがない場合は非観測階の応答推定が必要となる。近年、非線形力を未知変数として状態方程式に組み込み、線形カルマンフィルタのアルゴリズムを適用する Augmented Kalman Filter (AKF) が提案されており<sup>1)</sup>、これを東北大学旧人間環境系研究棟に適用して大地震時の非観測階応答推定を行った結果<sup>2)</sup>について報告する。

## 2. 手法

AKF を用いた非線形力推定手法の概要<sup>1)</sup>を図 1 に示す。運動方程式に非線形力  $z$  を組み込み、それを状態方程式上の未知変数として扱い、線形カルマンフィルタのアルゴリズムで推定するものであるが、線形時の振動パラメータおよび非線形力の分散共分散行列は事前推定する必要がある。前者は微小振幅時の伝達関数のフィッティングで、後者は既往文献に習い L-curve 法で推定した<sup>1)2)</sup>。

## 3. 適用例

図 2 に示す東北大学旧人間環境系研究棟の 1F,5F,9F の観測記録を対象に、1F,9F のみが得られていたと仮定して AKF を適用し、5F の応答波形を推定して観測値と比較した。比較的大きな入力である 2008 年岩手・宮城内陸地震の適用例を図 3 に示す。下段は線形カルマンフィルタ、中段は AKF (加速度出力のみを対象)、上段は AKF (加速度と変位出力を共に対象) であるが、上記の順に 5F 観測値に近い値が推定されていることがわかる。

図 3 は複数の地震について、5F 推定値の 1F 観測値に対する相対変位の適合度 (完全一致の場合 100%) を 9F-1F 間の最大変形角について示したものである。線形カルマンフィルタでは最大変形角が増加するにつれ (非線形化が進むにつれ) 適合度が低下するが、AKF ではその場合でも適合度の低下割合が少なく、特に加速度・変位出力両方を用いた場合が良好な結果を得られていることが確認できる。

## 参考文献

- 1) Wang, L., Guo, J. and Takewaki, I.: Real-time hysteresis identification in structures based on restoring force reconstruction and Kalman Filter, Mechanical Systems and Signal Processing, 150, 107297, 2021.
- 2) 笹ノ間佑太・河野利器・川上陽大・大野晋 (2024) Augmented Kalman Filter を用いた構造物の非観測階における非線形応答推定, 日本地震工学会論文集, 24, 5, pp.176-186

---

\* Response estimation at unobserved floors using Augmented Kalman filter by Susumu Ohno

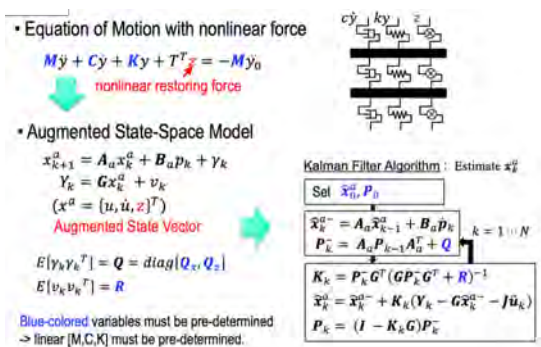


図1 手法の概要

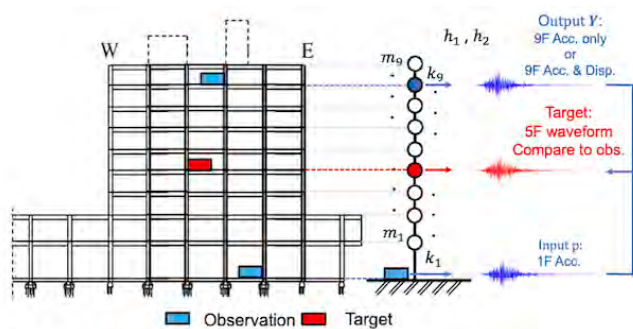


図2 対象建物と観測位置

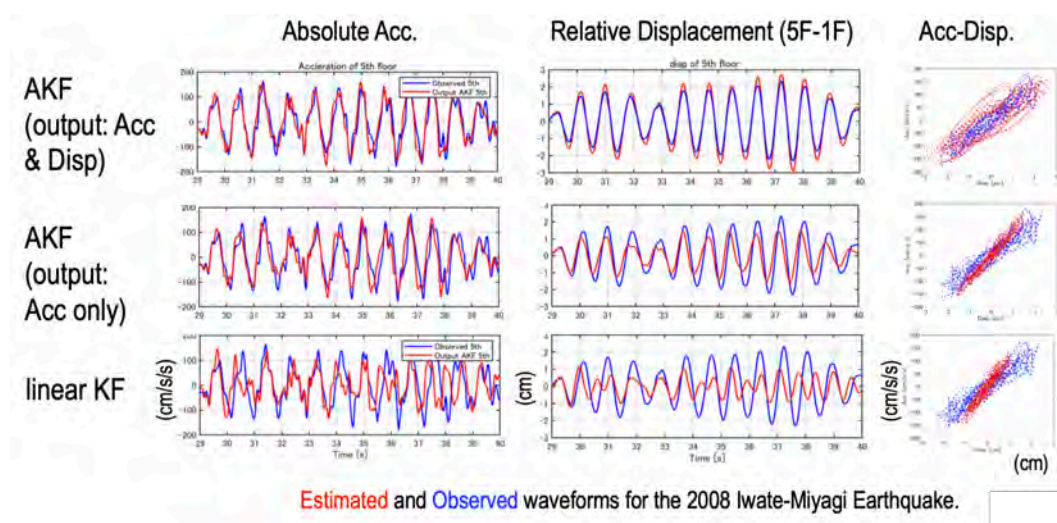


図3 2008年岩手宮城内陸地震に対する適用例

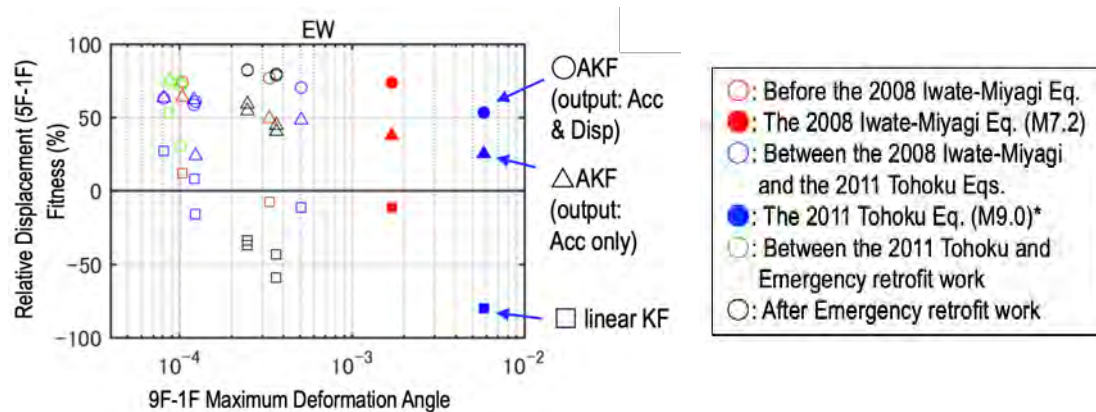


図4 5F 推定波形の適合度と最大変形角の関係



# PLA 装置を用いた圧力载荷実験による薄板の応力分布の把握

仙台高等専門学校 柴田 清眺

仙台高等専門学校 吉野 裕貴

## 1. 研究の背景・目的

近年，地球温暖化に伴う台風の大型化や強風災害の頻発により，建築物や構造物の薄板部材の被害が多く報告されている．薄板構造は軽量で経済的である一方，風圧などの面的荷重を受ける際に局部的な応力集中や大変形を生じやすく，その力学的挙動を正確に把握することが求められている．

本研究では，東北大学が所有する PLA（Pressure Loading Actuator）装置を用いて薄板に圧力を载荷し，面的荷重を受ける際の応力分布および変形挙動を実験的に明らかにすることを目的とする．また，実験結果を理論解析および有限要素解析と比較することで，PLA 装置による圧力载荷実験の有効性を検証し，面的に圧力を受ける薄板の応力分布に関する知見を得ることを目指す．

## 2. 既往の研究

ガヴァンスキ<sup>1)</sup>らは建築物外装材の耐風性能評価手法の妥当性を検討するため，Pressure Loading Actuator（PLA）装置を用いて複合金属サイディングに実際の風圧に近い時間変動圧を载荷し，実験的研究を行っている．しかし，この研究は破壊耐力の評価に主眼を置いており，圧力を受ける試験体全体での応力分布や変形挙動については検討されていない．

## 3. 圧力载荷実験概要

圧力载荷には東北大学が所有する PLA 装置を用いる．圧力の計測には長野計器の KP15 圧力トランスミッターを用いる．圧力载荷プログラムは図 1 に示すような漸増载荷とする．0kPa から-9kPa まで载荷したのち 5 秒間保持する．その後，同じ载荷速度で 0kPa まで降圧し試験終了とする．

図 2 に圧力箱の詳細を示す．圧力箱本体は木材板を用いて作成した．圧力計は圧力箱側面の板に取り付けた．試験体は圧力箱に設置し，四辺は鉄板を挟み込みボルト接合とする．四辺の境界条件は完全固定とし，かつ圧力载荷中における試験体板の端部浮きの発生を抑制し，圧力箱内部の密閉性を保つ．図中の×プロットが歪ゲージ測定点であり，歪の計測には株式会社東京測器のマルチレコーダひずみ測定ユニット TMR-221

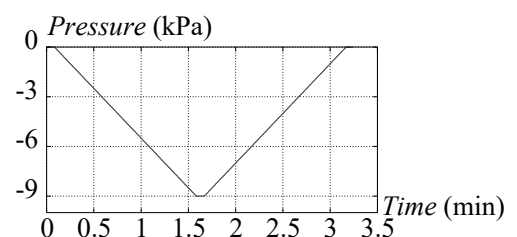


図 1 圧力载荷プログラム

\*Investigation of Stress Distribution in Thin Plates via Pressure Loading Tests with a PLA Apparatus by Shinto Shibata, Yuki Yoshino

を用いる。

#### 4. 圧力载荷実験結果

図 3 に、各計測点における歪分布を示す。PLA 装置による载荷圧力は 1.597 分 (=95.82 秒) に最大値の -9 kPa へ到達した。一方、各計測点の歪は 1.627 分 (=97.62 秒) に最大値を示した。これらの結果より、载荷圧力と歪の発生は時間的にほぼ対応していると判断できる。

図 4 に、歪分布における理論分布と実験値を示す。理論分布は、両端固定支持の部材に部分的な等分布荷重が作用すると仮定したものである。この場合、端部と中央部で歪の符号が反転する分布となる。実験値の傾向を確認するため、理論分布は引張側歪の最大値が C1 の最大値と一致するように基準化し、その値をもとに端部までの歪を分布させた。

実験値については、各計測点における歪の最大値をプロットしている。その結果、端部 (C4) では圧縮側の歪が生じ、中央部 (C1) では引張側の歪が生じた。また、反曲点に相当する位置にある C3 では歪がほぼ 0 となり、理論分布と整合する結果が得られた。

#### 5. 今後の展望

本検討は、試験体平板に対して一方向かつ部分的な歪分布を対象とした基礎的検討である。今後は、本検討に加えて直交方向の歪分布を計測し、二方向の応力状態を総合的に把握する必要がある。

#### 参考文献:

- 1) ガヴァンスキ江梨, 高橋麻衣, 植松康 (2016)「複合金属サイディングを対象とした耐風性能評価法の妥当性検討」『日本建築学会構造系論文集』第 81 巻, 第 720 号, pp.377-383.

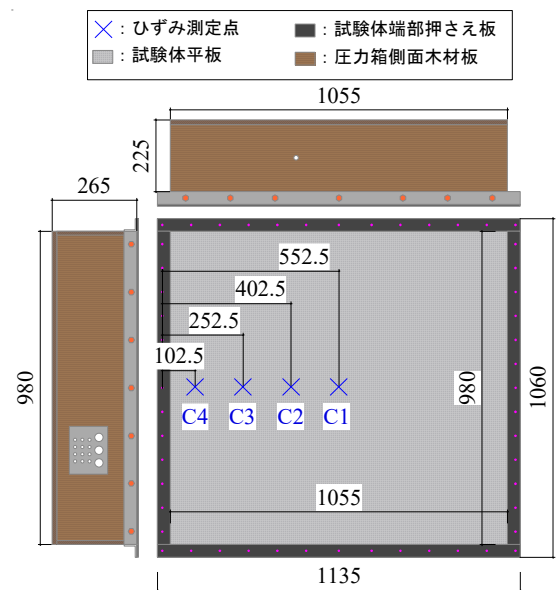


図 2 圧力箱詳細

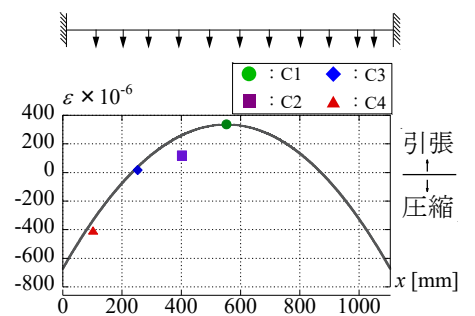


図 4 理論歪分布

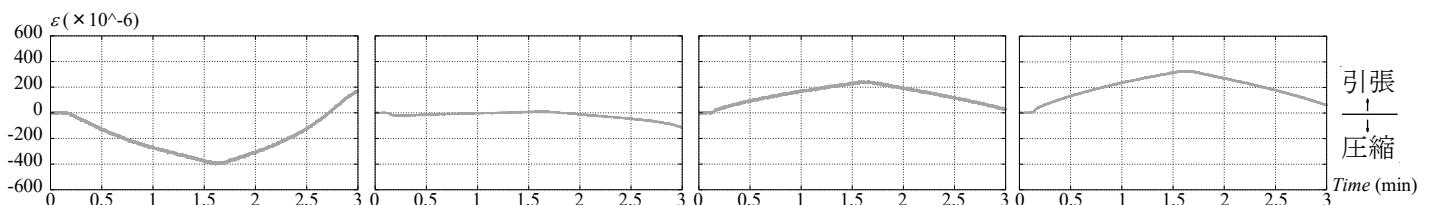


図 3-1 C4

図 3-2 C3

図 3-3 C2

図 3-4 C1

図 3 実験における歪分布



# 通常型および改良型通気工法外壁システムに求められる耐風圧性能\*

東北大学未来科学技術共同研究センター 植松 康

NTT 都市開発㈱ 細川敬士郎

## 1. はじめに

我が国では低層住宅にサイディングを用いた通気工法外壁システムがよく用いられる。これはサイディングの裏側に通気層を設け、湿気を外気に放出することで壁体内の結露やカビを防止するものである。この工法について、渡部・植松<sup>1)</sup>は図1に示すような住宅を対象とし、金属サイディングを用いた通気工法外壁システムの通気層内の風圧(「層内圧」と呼ぶ)を推定する手法を提案した。次に、植松・細川<sup>2)</sup>は、外壁に図2に示すような開口(隙間)を設けることで等圧効果を促し、サイディングの風荷重低減を検討した。その結果、隙間幅 $g$ が大きいほど、また、隙間間隔 $s$ が小さいほどサイディングに作用するピーク風力は低減するが、同時に層内圧の最大・最小ピーク値の大きさが増大することを示した。サイディングは通常外側から留め付けられるので負のピーク風力係数 $\check{C}_{f,out}$ が設計上重要となる。一方、内壁は一般に室内側から留め付けられる上、室内圧係数は負になるので、正の層内圧係数 $\hat{C}_{pl}$ が設計上重要となる。したがって、通気工法外壁システムの耐風圧性能を向上させるためには、 $\hat{C}_{pl}$ の上昇を抑えつつ $|\check{C}_{f,out}|$ をできるだけ低減させるような $g$ と $s$ の組合せを見出すことが課題となる。植松・細川<sup>2)</sup>は一連のシミュレーション結果に基づき、 $g = 1\text{mm}$ 、 $s \approx 0.8\text{m}$ の組合せが最適であるとした。

本研究では、以上のような成果を受け、通常の通気工法外壁システムと上記のような意図的開口( $g = 1\text{mm}$ 、 $s = 0.8\text{m}$ )を設けた改良型通気工法外壁システムについて、サイディングおよび内壁(石膏ボード)の耐風圧性能を信頼性理論に基づき考察する。

## 2. 対象とする建物および外壁システム

ここでは低層住宅の桁行面を対象とする。外壁は金属サイディング(厚さ15mm、幅400mm)横張り、サイディングを留め付ける縦胴縁(幅45mm、厚さ18mm)の中心間距離は455mmとする。壁面下端(地上高さ500mm)の開口幅は10mm、上端(軒高)は小屋裏に開放されており、小屋裏換気条件は「軒下+妻面換気」とする(図3)。この場合、全風向の中で絶対値が最大となる $\check{C}_{f,out}$ および $\hat{C}_{pl}$ の値は表1のようである<sup>2)</sup>。内壁に作用する風力は層内圧と室内圧の差で与えられ、最大ピーク風力係数 $\hat{C}_{f,in}$ は $\hat{C}_{f,in} = \hat{C}_{pl} + 0.5$ で与えられる(平成12年建設省告示第14

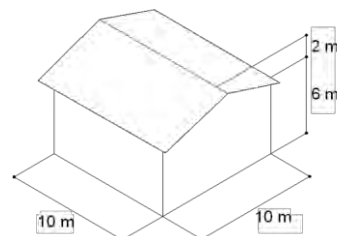


図1 対象建物

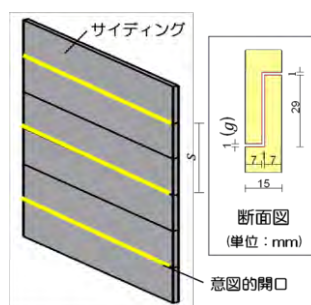


図2 意図的開口

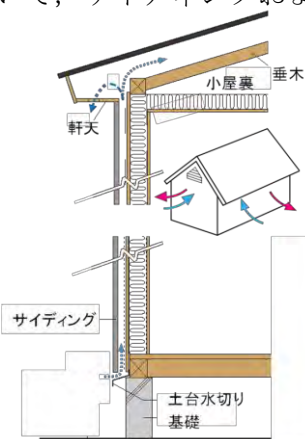


図3 小屋裏換気条件

\* Wind resistant performance required for the ordinary and improved ventilated exterior wall systems  
by Yasushi Uematsu and Keijiro Hosokawa

58号よりピーク内圧係数を-0.5と仮定)。また、サイディングおよび内壁(厚さ9.5mmの石膏ボードを周辺部150mm、中央部200mm間隔でビス留め)の破壊荷重は表2<sup>3),4)</sup>のようである。

### 3. 通気工法外壁システムの耐風圧性能評価

部材の風力 $S$ と耐力 $R$ はいずれもばらつきをもった確率変数であり、破壊は $S > R$ となったとき発生する。いま、 $S$ および $R$ の確率分布がいずれも対数正規分布で表されるとすると、信頼性理論より破壊確率 $P_f$ は次式で与えられる。

$$P_f = \Phi \left( \frac{\ln \left( (\mu_S / \mu_R) \sqrt{(V_R^2 + 1) / (V_S^2 + 1)} \right)}{\sqrt{\ln((V_R^2 + 1)(V_S^2 + 1))}} \right) \quad (1)$$

ここに、 $\mu_S$ 、 $\mu_R$ は $S$ 、 $R$ の平均値、 $V_S$ 、 $V_R$ はそれらの変動係数を、 $\Phi$ は標準正規確率分布関数を表す。単位面積あたりの荷重 $S$ は風力係数を $C_f$ で表すと次式で与えられる。

$$S = q_H \cdot C_f, \quad q_H = \frac{1}{2} \rho U_H^2 \quad (2)$$

ここに、 $U_H$ 、 $q_H$ は屋根平均高さ $H$ における平均風速、平均速度圧であり、 $\rho$ は空気密度を表す。 $C_f$ はサイディングの荷重を計算する場合には $|\check{C}_{f,out}|$ 、内壁の荷重を計算する場合には $\hat{C}_{f,in}$ とする。風荷重の変動係数 $V_S$ はDavenport<sup>5)</sup>を参考に0.3とする。この場合、破壊確率 $P_f$ と $\mu_R / \mu_S$ (中央安全率、 $\xi$ で表す)の関係は図4のようである。外装材の耐風設計では $\xi = 2$ がしばしば用いられる。図4において $\xi = 2$ とすると、 $P_f$ の値はサイディングに対して0.01、内壁に対して0.014となる。逆に、設計荷重に対して $P_f = 0.01$ 以下とするためにはサイディングでは $\xi \geq 2.0$ 、内壁では $\xi \geq 2.1$ としないといけない。次に、 $P_f = 0.01$ を与える荷重が部材の破壊荷重(平均値)に一致する速度圧 $q_H$ および風速 $U_{Hf}$ 求めると表3のようである。これらの $q_H$ は平成12年建設省告示第1454号において基準風速 $V_0 = 40\text{m/s}$ 、地表面粗度区分Ⅲとしたときの設計速度圧の1.6倍(限界耐力計算における安全限界荷重に相当する)に対して、意図的開口のある場合のサイディングと意図的開口のない場合の内壁の値は大きくなっているが、それ以外では1割程度下回っている。

#### 参考文献

1. 渡部 慶, 植松 康: 通気工法を用いた外壁システムの風荷重評価に関する研究, 日本風工学会論文集, 44 (2), 23-32, 2019.
2. 植松 康, 細川敬士郎: 等圧効果を利用した通気工法外壁の風荷重低減の試み, 東北地域災害科学研究, 61, 2025.
3. ガヴァンスキ江梨, 高橋麻衣, 植松 康: 複合金属サイディングを対象とした耐風性能評価法の妥当性検討, 日本建築学会構造系論文集, 81 (720), 377-383, 2016.
4. 細川敬士郎: 低層住宅の通気工法外壁システムに作用する風荷重に及ぼす開口の影響に関する研究, 東北大学修士論文, 2019.
5. Davenport, A.G.: On the assessment of the reliability of wind loading on low buildings, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 11, 21-37, 1983.

表1 サイディングの最小ピーク風力係数 $\check{C}_{f,out}$ と最大ピーク層内圧係数 $\hat{C}_{pl}$

意図的開口	$\check{C}_{f,out}$	$\hat{C}_{pl}$	$\hat{C}_{f,in}$
なし	-2.36	1.03	1.53
あり	-2.00	1.44	1.94

表2 サイディングおよび内壁の破壊荷重

部材	平均値(kPa)	変動係数
サイディング	3.52	0.11
内壁	2.95	0.15

表3  $P_f=0.01$ を与える荷重が部材の破壊荷重に一致する速度圧 $q_{Hf}$ (kPa)と風速 $U_{Hf}$ (m/s)

部材	意図的開口	$q_{Hf}$	$U_{Hf}$
サイディング	なし	747	35.3
	あり	881	38.3
内壁	なし	925	39.3
	あり	730	34.9

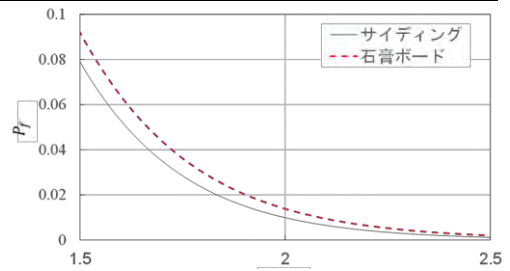


図4 破壊確率 $P_f$ と $\mu_R / \mu_S$ の関係

# 鉄鋼スラグ製ジオポリマーの硬化剤濃度と材齢が

## 組成に与える影響の観察\*

秋田大学大学院 加賀谷 史, 齋藤 憲寿, 齋藤 菜月・旭川工業高等専門学校 南田 悠

### 1. 研究背景・目的

セメント産業における  $\text{CO}_2$  排出割合は、産業セクター中で約 27% を占め<sup>1)</sup>、製造過程での排出量抑制は重要な課題である。一方で現在一般的な普通ポルトランドセメント (OPC) の原料である生石灰  $\text{CaO}$  は、石灰石  $\text{CaCO}_3$  を  $900^\circ\text{C}$  以上の高温で  $\text{CaO}$  と  $\text{CO}_2$  に分解することで製造するため、セメント産業における  $\text{CO}_2$  削減には、OPC の代替品開発及び導入拡大が必須である。そこで近年注目されているのが、原料に生石灰を用いないことから、製造時の  $\text{CO}_2$  排出量が OPC と比較して約 70% 削減可能<sup>2)</sup>とされるジオポリマーセメント (GPC) である。

本研究では鉄鋼スラグのうち、先行研究<sup>3)</sup>にて良好な硬化性を示した道路用スラグ路盤材 (HMS25) を資材に GPC を作製し、硬化剤濃度と材齢が元素組成に与える影響を調査した。

### 2. 実験

#### 2-1. GPC 試料の作製

(1) クラッシャーにより粉碎した HMS25 (Fig.1) を資材とし、 $\text{K}_2\text{SiO}_3$  および  $\text{KOH}$  を同一濃度 (1.0, 2.5, 4.0 M) で含む混合水溶液を硬化剤として調製した。

(2) 資材と硬化剤を 40 g : 8 mL で混合し、円柱状の型に気泡を除去しつつ充填した。充填後はラップで密閉し、恒温乾燥機を用いて  $40^\circ\text{C}$ -24 時間養生した。養生後は型から外し、材齢 28 日まで  $40^\circ\text{C}$  で乾燥させ、これを試料とした。



Fig.1 HMS25 (粗粒と粉碎後)

#### 2-2. 圧縮強度測定, SEM/EDS 分析

材齢 7, 14, 28 日の試料をダイヤモンドソー及び紙やすりを用いて寸法比  $x:y:l \simeq 1:1:2$  の角柱型に切削、研磨し、万能試験機による圧縮強度試験を行った。また、各試料について走査型電子顕微鏡 (SEM) による表面構造観察、並びにエネルギー分散型 X 線分光分析 (EDS) による元素組成分析を行った。

#### 2-3. 耐酸試験, 耐熱試験

各試料について、0.1 M 希硫酸に 1 週間浸漬する耐酸試験、続いて電気炉により  $1000^\circ\text{C}$ -4 時間強熱する耐熱試験をそれぞれ行い、外観の変化および圧縮強度試験結果から耐酸性、耐熱性をそれぞれ評価した。

### 3. 結果と考察

作製した試料の外観 (材齢 28 日) を Fig.2 に示す。硬化剤濃度 4.0 M の試料では、低濃度試

\*Observation about affects for elemental composition of steel slag's geopolymers about concentration of hardening accelerator and age by Fumito KAGAYA, Noritoshi SAITO, Natsuki SAITO and Yu MINAMIDA

料と比較して褐色が強く呈色した。試料の圧縮強度 (Fig.3) は、硬化剤濃度が高い程高値となった。特に 4.0 M は材齢 28 日で 17.8 MPa と一際高く、かつ 7 日で 16.8 MPa と強度成長も早かった。一方で 2.5 M は 7 日で 1.5 MPa、28 日で 11.0 MPa と時間をかけて上昇した。1.0 M は指先で容易に摩耗する程脆く、材齢を経ても強度成長はほぼ無かった。EDS 結果 (Table1) を比較すると、4.0 M は 28 日まで顕著な変化は観察されなかったが、2.5 M は Si、Al の存在比が上昇し、K が下降しており、この変化は GP 反応の進行速度を反映していると考えられる。

耐酸及び耐熱試験後はいずれの試料も強度が低下したが、4.0 M は 2 種の物性試験後も 11.3 MPa (試験前比 63%) に留まった。28 日-4.0 M 試料における物性試験前後の EDS 結果 (Table2) を比較すると、K は大幅に下降した一方で、Ca、Si、Al は上昇した。これは K が物性試験により溶解、飛散したのに対し、Ca、Si、Al は GP の構造を形成していたことから減少幅は小さく、相対的な比率が上昇したためと考えられる。

4. 結言

鉄鋼スラグの 1 種である HMS25 を資材に GPC を作製し、材齢と硬化剤濃度が圧縮強度と元素組成に与える影響を調査した。その結果、硬化剤濃度が高い程高強度となること、強度の上昇中は Ca、Si、Al の存在比も上昇し続けること、4.0 M 試料では耐酸及び耐熱試験後も 10 MPa 超の高強度を維持し、かつ Ca、Si、Al の損失量は少ないことが示唆された。

謝辞

本研究は、公益財団法人鉄鋼環境基金及び JFE スチール株式会社の支援を受け実施された。

参考文献

1) F. Yang, J.C. Meerman, A.P.C. Faaij : Carbon capture and biomass in industry: A techno-economic analysis and comparison of negative emission options, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol 144, 2021.7.  
2) 西松建設技報 Vol.39 「ジオポリマーの特性と施工事例」  
3) 加賀谷 史, 齋藤 憲寿, 南田 悠, 齋藤 菜月 : 産業廃棄物を用いたカルシウム系蓄熱材の作製及びその蓄熱性能の調査, 令和 6 年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会, 2025.11.

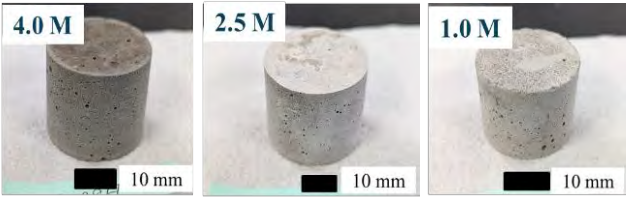


Fig.2 作製した試料(材齢 28 日)

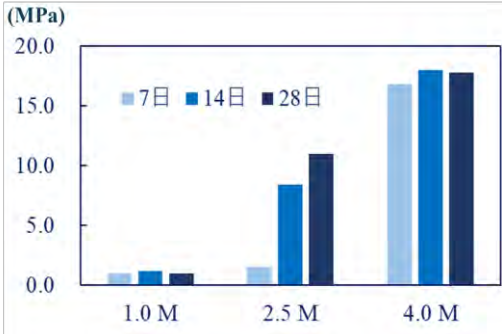


Fig.3 試料の材齢、硬化剤濃度と圧縮強度の関係

Table1 各試料の材齢と EDS 結果

		組成元素の相対存在比抜粋 (atom%)					
硬化剤濃度	材齢	Ca	Mg	K	Si	Al	S
1.0 M	7日	34.7	1.70	29.3	17.2	3.9	12.0
	14日	40.4	4.74	10.3	32.6	9.04	2.53
	28日	32.6	4.72	22.8	28.5	5.59	4.84
2.5 M	7日	21.5	1.62	39.3	18.4	2.63	16.3
	14日	30.1	3.03	23.2	33.0	6.59	3.60
	28日	34.2	4.9	14.7	32.8	10.2	1.93
4.0 M	7日	27.7	3.32	24.3	35.7	5.32	2.98
	14日	29.4	4.76	19.7	33.3	8.28	3.89
	28日	26.5	2.19	27.1	33.2	6.68	2.93

Table2 物性試験前後の EDS 結果

		組成元素の相対存在比抜粋 (atom%)					
硬化剤濃度	状態	Ca	Mg	K	Si	Al	S
4.0 M	試験前	26.5	2.19	27.1	33.2	6.68	2.93
	酸浸漬	40.0	3.01	13.5	41.8	5.86	0.30
	酸加熱	37.1	4.82	7.89	39.2	8.56	1.32



# 補剛間隔の異なる並列 H 形鋼梁の横座屈性状の把握\*

仙台高等専門学校 小室 陽輝

仙台高等専門学校 吉野 裕貴

## 1. 研究の背景・目的

体育館などの避難所となる大空間建築物において、地震時に柱や梁などの主要構造部材に応力が発生した際、それらを介して母屋や屋根折板等の非構造部材に伝達することで損傷が生じ、地震後に避難所として即時利用できなくなる事例が多くみられたり。一方で、梁の横座屈時に非構造部材が補剛材として機能する可能性があることが示されている。

既往の研究<sup>2)</sup>では、無補剛の梁、屋根折板の取り付け連続補剛の梁を対象とした、並列 H 形鋼梁の振動台実験が行われており、屋根折板の有無による横座屈性状の違いおよびラーメン骨組に及ぼす補剛効果を明らかにしている。しかし、実際に屋根折板が直接梁に取り付く事例は少なく、ほとんどが母屋を介して取り付けられているため、母屋が取り付け場合の横座屈性状も把握する必要がある。本研究では、母屋により離散補剛された並列 H 形鋼梁の縮小模型実験を行い、母屋の有無による横座屈性状の違いを把握することを目的とする。

## 2. 並列 H 型断面梁の載荷実験概要

図 1 に実験装置概要図を示す。実験装置は、図 1(a)~(c)に示すような柱・梁-(母屋)で構成された単層の大空間構造物を模した 1 層 1 スパンのラーメン骨組である。繰り返し載荷の際に水平力(質量と加速度の積)を作用させるために、試験体となる梁の直交方向の梁(以下:直交梁)に錘(質量:9kg)を設置している。柱脚部分は  $x$  軸周りのみ回転可能な一方向ピンとする。

図 3 に振動台の載荷プログラムを示す。縦軸は入力加速度  $a(G)$ 、横軸は時刻歴  $t(sec)$  である。本研究では、入力加速度として実験装置の固有振動数近傍である 5.20Hz の漸増する正弦波振動を与え、 $z$  方向に加振することにより試験体に逆対称曲げモーメントを作用させる。

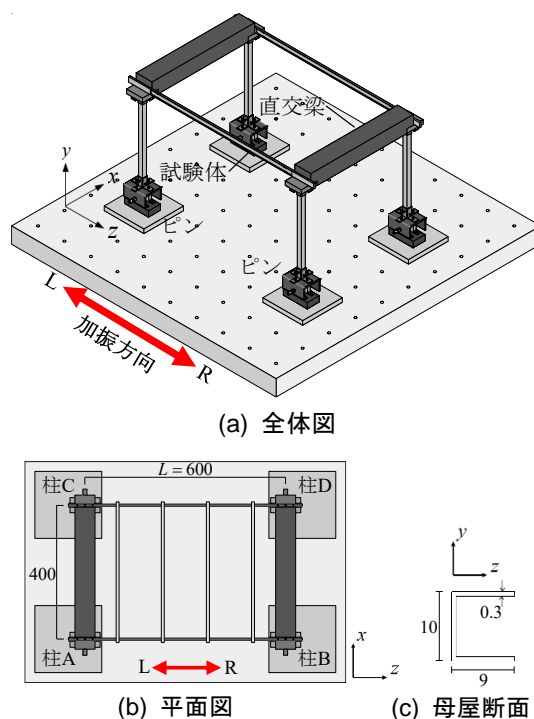


図 1 実験装置概要図

\*Lateral buckling characteristics of parallel H-Shaped-Beams with different brace spacing

by Haruki KOMURO and Yuki YOSHINO

図 1(b)に示すように離散補剛の配置間隔は、無補剛時に横座屈変形量が最大となる梁両端部を起点とし、中間を均等に計 4 点配置した。

図 2 に骨組の計測位置詳細を示す。後述する応答加速度や載荷履歴曲線は、骨組が R 側に傾いたときを正載荷(正值)としている。

### 3. 並列 H 型断面梁の載荷実験結果

図 4 に応答加速度  $a(\text{G})$  と時刻歴  $t(\text{sec})$  の関係を示す。図 4 より  $t=7\text{s}$  付近から応答加速度が急上昇し、無補剛は  $t=17.8\text{s}$ 、離散補剛は  $t=23.3\text{s}$  に加速度最大を迎えた。離散補剛の最大応答加速度は無補剛よりも大きく、骨組により大きな水平力が作用した。

図 5 に載荷履歴曲線を示す。縦軸は柱から換算した材端曲げモーメント  $M$  を梁の全塑性モーメント  $M_{p,b}(=\sigma_y \times Z_p)$  で除した値である。横軸は図 2 ◀プロットで示す水平変位の差を計測間距離で除した部材角  $\theta=(u_1-u_2)/d_h$  を梁の全塑性モーメント  $M_{p,b}$  時の柱の部材角  $\theta_p$  で除した値である。▼▲プロットは正負載荷時の最大荷重の位置を示している。図 5 より、各補剛条件による耐力の違いは、無補剛は  $\theta/\theta_p=1.51$  のとき

$M/M_{p,b}=1.03$ 、離散補剛は  $\theta/\theta_p=1.84$  のとき  $M/M_{p,b}=1.25$  である。補剛により最大荷重は 20%程度、最大荷重時の部材角は 22%程度大きくなり、最大荷重および塑性変形性能がともに向上した。

### 4. 終わりに

本稿では無補剛と離散補剛の一例により、母屋補剛の有無による耐力の違いについて把握を行った。補剛間隔の異なる梁の横座屈性状の違いや詳細な補剛効果に関しては講演時に示す。

#### 参考文献

- 1) 吉敷祥一, 仲田章太郎, 黒澤未来: 東北地方太平洋沖地震等による被災を経て補強・補修された屋内運動場の地震被害調査, 日本建築学会 技術報告集, 第 28 巻, 第 70 号, pp.1230-1235, 2022.10
- 2) 久保理博飛, 吉野裕貴, 木村祥裕: 縮小ラーメン模型における連続補剛 並列 H 形鋼梁の横座屈挙動, 日本建築学会東北支部研究報告集, 第 86 号, pp.9-12, 2023.6

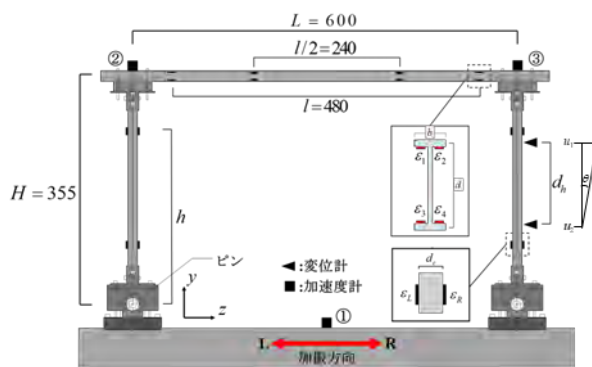


図 2 計測位置詳細図

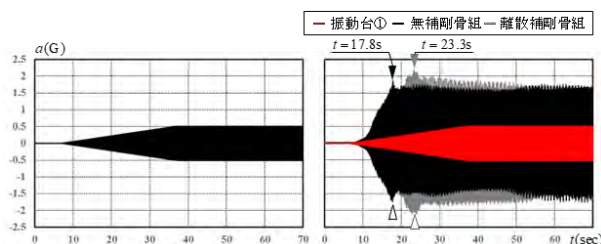
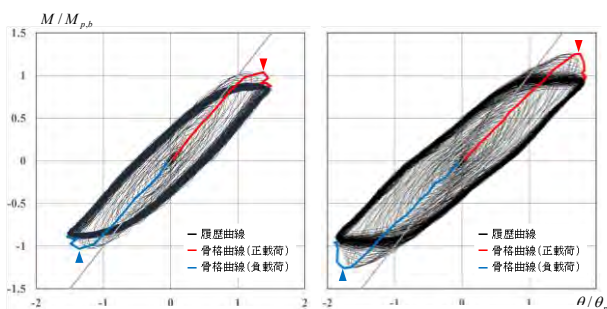


図 3 入力加速度

図 4 応答加速度



(a) 無補剛

(b) 離散補剛(4 点)

図 5 載荷履歴曲線



<第1会場 会議室 1>

— 第4部 (7題) —

司会：佐藤 健 先生

12月23日(火) 14:15～16:00

# 大雨経験を踏まえた学校防災の展開:酒田市と鶴岡市の大雨時学校対応\*

○村山良之（東北大学災害科学国際研究所），熊谷誠（山形大学地域教育文化学部），  
佐藤翼（酒田市教育委員会），本間洋亮（鶴岡市教育委員会）

## 1. はじめに

近年大雨の頻度が高まっており，台風と異なり予めの対応が困難な梅雨前線等による突然の大雨に対しても適切な対応が求められる。2024 年 7 月に山形県北部において，児童生徒在校時に大雨が発生し，学校現場等は対応を迫られた。その際の酒田市における大雨対応経験を基に，酒田市と鶴岡市の両教育委員会は，児童生徒在校時の突然の大雨に対して，学校現場が，各種情報を収集しそれを基に学校待機，引き渡し等を適切に判断できることを目指す，大雨対応の学校防災マニュアル（ひな形）を作成し，2025 年度から運用している。本発表は，酒田市における 2024 年 7 月の大雨と学校対応の実態と課題を明らかにして，2025 年度に運用を開始した大雨対応の学校防災マニュアル（ひな形）の枠組について報告するものである。

## 2. 酒田市における 2024 年 7 月の大雨と学校等の対応

酒田市には，大雨注意報は 7 月 24 日に発表されていたが，7 月 25 日朝 8 時台のちょうど児童生徒登校直後に，大雨警報（土砂，浸水）と土砂災害警戒情報が立て続けに発表された。酒田（市西部の低地）と酒田大沢（市東部の山間地）の AMeDAS で記録された時間雨量は図 1 のとおりである。この大雨によって市内各所で内水氾濫が発生し，また酒田大沢付近では荒瀬川の氾濫や土砂災害も発生した。

酒田市長は，8 時 29 分山間部を含む市の東部地区に避難指示を発令し，さらに 11 時 12 分には全市に拡大した。これを受けて，教育委員会は，市立学校に対して引き渡し等をしないよう情報提供した。その後，教育委員会は，学校とのやり取りを経て，雨が弱まった 14 時頃に，14 時半から引き渡しとの情報を学校に提供した。そして，17 時半頃に全児童生徒の引き渡しが完了した。その後，最上川の水位上昇が続き，26 日午前 2 時すぎに，最上川氾濫の影響を受ける地区に緊急安全確保が発令された。最上川の水位は朝まで上昇が続いたが，越水はギリギリで免れた。（以上は酒田市提供資料等による）。

この大雨と対応のポイントを以下のように

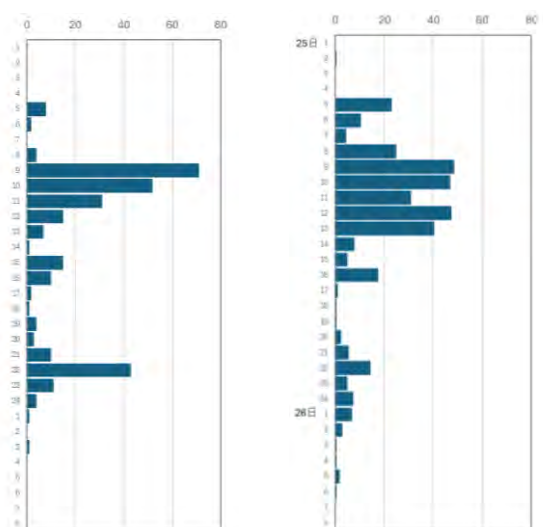


図 1 酒田(左)と酒田大沢(右)における時間雨量  
2024 年 7 月 25 日 0 時～26 日 9 時

\* School Disaster Prevention Initiatives Based on Heavy Rain Experiences: Responses to Heavy Rain in Sakata City and Tsuruoka City by Yoshiyuki Murayama, Makoto Kumagai, Tsubasa Sato and Yosuke Honma

まとめることができる。①大雨警報の発表は避難指示までのリードタイムが（ほとんど）ない等事前に避難情報の示唆を与えるのが困難な大雨であった。②発令された避難情報は、警戒レベル3 高齢者等避難がスキップされ、いきなり警戒レベル4 避難指示だった。③降雨がほぼ止んだ後で最上川越水の危険性が高まった。④この大雨事例において、児童生徒、保護者、教職員に人的被害はなかったが、引き渡された後に自宅周辺で被災しかけた生徒がいた。⑤土砂災害や河川氾濫のために引き取りに行くことが困難だった地区もある状況下で引き取りに向かった保護者等がいたと考えられる。⑥全市に避難指示、一部地区には緊急安全確保が発令されているなか、そして多くの学校には避難所が開設されているなか、引き渡しが行われた。

### 3. 酒田市と鶴岡市における大雨対応マニュアル改定

酒田市および隣接する鶴岡市の教育委員会は、大雨時の学校対応の基本方針を示すべく、学校防災マニュアル（ひな形）の改定案を提示することになり、発表者4人が原案を作った。各市教育委員会、防災担当部局での検討を経て、2025年度版が提示された（図2は内容例）。

その骨子は、大雨時に参照すべき様々なリアルタイム防災情報（図2の①～⑨）を基に、引き渡し、集団下校等の可否を学校現場が判断できるよう、その判断基準を示すものである。図2に示すとおり、引き渡しができるのは、警戒レベルおよび警戒レベル相当情報（下記の②～④）の全てがレベル3以下という厳しい条件が設定された。鶴岡市も基本的には同様の骨格となっているが、②の気象情報が全市対象で発表されるため、学区にあてはまるかを③のキキクルなどで検討したうえで判断する等の違いがある。

ここで用いられたリアルタイム防災情報は、石巻市教育委員会の防災主任研修プログラム開発に際して、佐藤健ら同市支援チームが整理、提示したものであり、本件はその応用例である。

#### ○引き渡しができる条件

警戒レベル3（高齢者等避難）以下 かつ 以下の全てを確認できること

- ①今後、天候回復が見込まれること 引き渡し開始後に避難指示発表の懸念がないこと
- ②学区周辺の気象情報が土砂災害警戒情報（レベル4相当：紫）になっていないこと
- ③学区周辺のキキクル（土砂、浸水、洪水）が危険（レベル4相当：紫）になっていないこと
- ④学区内にある河川が氾濫危険情報（レベル4相当：紫）になっていないこと（指定河川のみ該当）
- ⑤市ホームページの災害情報で学区内に浸水等がないこと、学区内に避難指示が出ていないこと
- ⑥学区内の道路冠水しやすい場所等が冠水していないこと：目視確認（教職員、地域住民）
- ⑦その他地域住民（CS設置校は運営委員住民、消防団・自主防等）等から浸水等の情報がないこと
- ⑧市教育委員会から、学校待機の指示がないこと
- ⑨近隣の学校で学校待機の判断がないこと

図2 2025年版酒田市学校防災マニュアル（ひな形）の内容例（引き渡しができる条件）

### 4. おわりに

2025年度幸いにも両市においてこのマニュアルが必要な事態は発生しなかったが、2025年度版のマニュアルを2024年7月大雨時に当てはめると、7月25日～26日夕方まで児童生徒は学校待機となる。両市教育委員会や学校では、宿泊を含む長時間の学校待機への備えや、大雨時の情報伝達の仕組みづくり等、さらに2026年度版への改定について、検討を継続している。

# 学校防災マニュアル更新におけるいくつかの視点\*

宮城教育大学防災教育研修機構 古市 剛久

宮城教育大学附属小学校 加勢 幸美

宮城教育大学附属小学校 遠藤 宏紀

宮城教育大学附属小学校 三井 雅視

## 1. はじめに

宮城教育大学付属学校（仙台市青葉区上杉地区及び青葉山地区）及び同附属小学校（上杉地区）がそれぞれ整備している防災マニュアルは、定期的に内容の検討と更新が行われている。2025 年度における検討を通して浮かび上がったいくつかの点について、その概要を報告する。

## 2. 現行の防災マニュアル

現行の「災害等対策基本マニュアル（宮城教育大学附属学校部）」は、第一部で「災害」、第二部で「事件・事故」に関する対応の原則が示されている。第一部では、第 1 章で火災（登校日、休校日）、第 2 章で大地震（登校日、休校日）、第 3 章で災害時の登下校について、第二部の第 4 章及び第 5 章では不審者、第 6 章では水泳事故、第 7 章ではいじめ、第 8 章では校内暴力について、それぞれの状況における対応事項とワークフローが示されている。また、第三部として、第 9 章では緊急連絡網、第 10 章では消火器等設置場所一覧、第 11 章では災害備蓄用品リストについて整理されている。

## 3. 更新作業における視点

### (1) 学校の立地環境における災害ハザードと災害リスクの認識

村山良之は一連の論考（村山, 2015; 村山ほか, 2019 など）において学校防災マニュアルの自校化や教員の防災資質の向上への鍵の一つとして、学校の立地と学校周辺の地形の特徴を把握し、想定すべき災害ハザードを特定する重要性を強調している。宮城教育大学附属幼稚園、附属小学校、附属中学校から成る上杉地区は、仙台上町段丘上の平坦地に立地し、その敷地北縁の北約 100 m には西北西から東南東の方向へ梅田川が流れる。その一方、附属特別支援学校がある青葉山地区は、仙台青葉山段丘Ⅲ面にあたる緩やかな凹凸がある平坦面の縁に立地し、南東側を流れる三居沢とは 30 m ほどの落差がある急峻な斜面（崖）で境され、北西側は広瀬川に面する谷へと続く傾斜地となっている。このように対照的な地形環境に立地する上杉地区と青葉山地区とでは自然災害をもたらすハザードは異なり、自然災害を被るリスクにも違いがある。今回の更新では、冒頭にこうした学校の立地条件としての地形に関する特徴を記載した上で、災害ハザードと災害リスクについてそれぞれの地区の状況を整理する項目を設ける方向で検討している。

---

\*A few perspectives on updating a school manual of response to disasters by Takahisa Furuichi, Yukimi Kase, Hiroki Endo and Masashi Mitsui

## (2) 地域避難所（指定緊急避難場所）に関する枠組み及び地域との連携

宮城教育大学附属小中学校（上杉地区）は平成9年（1997年）9月から仙台市地域防災計画に基づく地震災害時の「地域避難場所」（災害対策基本法第49条の4における「指定緊急避難場所」）に指定されている。地域避難場所とは、居住者等が災害から命を守るために緊急的（一時的）に避難する施設又は場所であり、避難広場のみの機能を有する場所（すなわち、使用するのは校庭のみ）である。なお、仙台市は豪雨や停電などで帰宅困難者が生じた際は、仙台駅、長町駅、泉中央駅周辺に設置される一時避難施設（多くは民間施設への委託）で受け入れることにしており、地域避難場所での受け入れは想定していない。一方、避難した居住者等が災害の危険がなくなるまで一定期間滞在し又は災害により自宅へ戻れなくなった居住者等が一時的に滞在する施設は「指定避難所」と呼ばれ、地域避難場所とは区別される。地域避難場所の運営は別途指定される指定避難所の運営に紐づけられており、指定避難所の運営は「地域住民（町内会等）」、「仙台市」、及び「施設管理者」により構成される「避難所運営委員会」が担っている。従って、地域避難場所としての宮城教育大学附属小中学校（上杉地区）は付近の指定避難場所の避難所運営委員会での議論や意向を踏まえて準備することが求められていることになり、この避難所運営委員会を特定し連携していくことが欠かせない。特に避難所運営委員会で地域住民の意向を代表する地元町内会等との意思疎通が重要となる。自主防災組織や町内会のリスト化は村山（2015）などが強調する防災マニュアル自校化への鍵の一つでもある。また、宮城教育大学附属小中学校（上杉地区）の周囲には数多くの市立学校があり、指定避難場所として指定されている市立学校との意思疎通や連携も重要である。今回の検討作業を通して、地域避難場所に関するこうした枠組みと現状が確認され、マニュアル更新のために必要な作業についても改めて認識された。

## 4. おわりに

一般に、学校防災マニュアルではフローチャートが多用されて災害や事故が発生した際の対応において利便性が高い構成になっているが、そもそもその学校の災害ハザードとは何か、その災害の発生リスクはどの程度あるのか、地域との連携体制はどうなっているかなどについては含まれていないことも多い。学校自らがハザードとリスクを探知し、適切に対応するためには、これまでマニュアルの背後にあって注目されることが乏しかった学校の立地環境に関する情報や知見の整備、危険判断能力の一層の向上、日頃からの地域との連携なども重要であろう。

### <参考文献>

- 村山良之(2015):防災教育ノート―災害論・学校防災・防災教育―。環境保全(山形大学環境保全センター), 18, 77-87.
- 村山良之・小田隆史・佐藤健・桜井愛子・北浦早苗・加賀谷碧(2019):防災のための地形ミニマム・エッセンシャルズを求めて―石巻市教員研修プログラムの開発―。2019年日本地理学会秋季大会発表要旨集, p.126.

# 学校統廃合がもたらす地域防災への影響\*

東北大学工学部建築・社会環境工学科 ○堀口 和泉

東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

## 1. はじめに

学校は、地域住民にとって身近な存在であり、多くの学校が防災拠点として指定されていることから、地域防災にとって重要なリソースであるといえる。しかし近年の少子化に伴い、全国で学校の統廃合が進んでおり、避難所の減少や地域コミュニティの衰退といった課題が懸念される。学校統廃合については、教育の観点から適正規模化や、都市建築学の観点から廃校活用に関する研究が進められるなか、防災に着目した研究は進んでいない。廃校を活用した様々な施設には避難所指定を受け続けている事例もあり、そのような施設が現在どのように地域防災に関わっているのか調査することを本研究の目的とする。

## 2. 調査対象・調査方法

調査対象は、宮城県気仙沼市の水梨小学校が松岩小学校へ統合された事例と、栃木県大田原市の寒井小学校、蜂巢小学校が川西小学校へ統合された事例である。どちらも少子化を背景とした統合である。

気仙沼市立水梨小学校は閉校後「多機能型事業所いっぽ」<sup>1)</sup>が活動しており、指定緊急避難場所・指定避難所<sup>2)</sup>・福祉避難所<sup>3)</sup>となっている。大田原市立蜂巢小学校は閉校後「Hikari no café 蜂巢小珈琲店」<sup>4)</sup>となり、指定緊急避難場所・指定避難所<sup>5)</sup>となっている。(寒井小学校も指定緊急避難場所・指定避難所であるが、平常時の活動は見受けられない。)

本研究では、「特定事業所いっぽ」「Hikari no café 蜂巢小珈琲店」の職員の方へ、防災訓練の実施状況や、地域コミュニティと施設の関わりについてインタビュー調査を行った。

表1 調査対象の概要

対象施設	旧小学校名	閉校年	活用事業者	施設概要	避難所登録
特定事業所いっぽ	気仙沼市立水梨小学校	2019	NPO 法人水梨かふえ	放課後デイサービス等	指定緊急避難場所 指定避難所 福祉避難所
Hikari no café 蜂巢小珈琲店	大田原市立蜂巢小学校	2013	社会福祉法人エルム福祉会	カフェ 障害者就労支援	指定避難所 指定緊急避難場所

## 3. 結果

「多機能型事業所いっぽ」「Hikari no café 蜂巢小珈琲店」へのインタビュー結果を表2にまとめた。

\*The impact of school consolidation on community-based activities for disaster risk reduction by Izumi Horiguchi and Takeshi Sato



表2 インタビュー結果

	多機能型事業所いっぽ (宮城県気仙沼市水梨地区)	Hikari no café 蜂巢小珈琲店 (栃木県大田原市蜂巢地区)
防災訓練の実施状況	オープン当時は月に一度行っていたが次第に減少し、現在は年2-3回行っている。火災時の訓練と、職員がスロープを出したり車椅子で避難させる練習。	年に2回、消防法で定められた訓練。福祉施設に義務化されているBCP研修。また、震度6を想定した机上訓練も実施。
地域防災訓練の実施状況	ほとんど実施されていない。 2-3年前に山火事訓練を水梨小で実施していたが、それ以来実施なし。	蜂巢小で開催された防災訓練は一度も実施されていない。 体育館が避難所指定されているが、発災時のフローは行政と連携が取れておらず、防災倉庫もない。
地域住民との関わり	月に一度開催する「キッズかふえ」の運営に15名程の地域の高齢者が携わっている。 開放している体育館では、週に1度体操教室が開かれており、参加者はおおよそ30名。	ギャラリー・体育館を貸し出しており、地域内外を問わず利用されている。 感謝祭を年に1度開催。大田原市全ての小学校へ開催案内を出し子供達も多く集まる。 地域の方が出店してくれている。 毎週グラウンドゴルフを校庭で行っている地域住民がいる。
閉校後の地域の変化	人口減少。イベントの中心が松岩小に移り、水梨地区の方はほとんど参加していない。地区運動会等を実施していた、コミュニティ推進協議会の解散してしまった。 水梨小が避難所として指定されていることに反対している住民もいる。	蜂巢小は昔から小規模校であり、閉校してから人口が減っているという感じはしない。 蜂巢小は引き続き地域住民に利用され続けている。

#### 4. まとめ

今回は閉校後も避難所に指定され、平常時も活用されている事例を取り上げインタビュー調査を行った。どちらの事例においても旧小学校での地域避難訓練は実施されていない状況であるが、地域コミュニティが必ずしも縮小しているわけではないということがわかった。また、避難所に指定されている一方で、発災時の対応は行政と連携が取れていないという課題も見受けられ、閉校後も避難所として運営し続けることの困難さが見受けられた。

今後は、行政や統合後の学校の視点も加えて調査を続け、学校統合後も防災訓練をはじめとする地域防災力を維持向上するために必要な要因を探る予定である。

#### 参考文献

- 1) 多機能型事業所事業所『いっぽ』: <http://www.mizunashi-ippo.com/index.htm>
- 2) 気仙沼市: 避難所・避難場所について: <https://www.kesennuma.miyagi.jp/sec/s009/010/010/010/090/1274405542061.html>
- 3) 気仙沼市: 福祉避難所の設置・運営に関する協定: <https://www.kesennuma.miyagi.jp/sec/s002/020/030/050/020/130/08/20241119koureikaigoka.pdf>
- 4) Hikari no café 蜂巢小珈琲店: <http://www.hikarinocafe.com/>
- 5) 大田原市: 指定緊急避難場所・指定避難所 <https://www.city.ohawara.tochigi.jp/docs/2013082767868/>

# 地域における防災活動プロモーターの交代支援に関する実践\*

○熊谷誠（山形大学地域教育文化学部）

## 1. はじめに

地域における防災活動は、同種の防災の取り組みである消防団活動や地域における住民自治・福祉・みまもりなどの互助活動と同様、地域住民の手による取り組みである。そして、これらの取り組みは全国で進む人口減少と高齢化による担い手不足により自治会活動と同様に維持・継続の危機に直面している。

地域では上記のような担い手不足や住民の高齢化に伴う要配慮者の増加が生じているほか、地域での防災活動をみるとマンパワーはなんとか集められるが、これを主導・けん引するプロモーターの存在が不可欠となる事態が生じている。

地域における防災人材の育成では、各地の自治体が防災士等の養成研修を開講しており、大学などでも防災知識の取得や活動実践をカリキュラムとした防災リーダー育成などに取り組んでいる。組織に対する働きかけでは地域における消防団による防災力を補完する目的から自主防災組織の立ち上げが進み、令和6年度には全国で86.4%と高い組織率となっている。しかしながら、防災士等の取得者数、自主防災組織の組織率は年々増加傾向にあっても地域の活発な活動の充実化には結びついていないと言え、その効果は限定的なものにとどまっている。

地域における防災活動の活発化には、地域における防災活動のけん引役、すなわちプロモーターの存在の有無が大きく関わってくる。既述のように防災士や大学等が行う防災リーダーの育成プログラムでは自然災害の知識や地域防災の仕組み、身の回りの防災活動につながる実践的な技能について習得できるが、防災研修や講演会・訓練といった地域のイベント行事の企画運営、関係者による協議体の形成・参加交渉・協議・運営といった企画・運営能力と、これを支える事務処理能力に関する資質能力を育てるものとはなっていない。そのため、こうした防災人材が地域での防災活動を展開できるかどうかは、自身が地域や関係者に対するコーディネートや調整の能力、そして事務処理能力を兼ね備えるか、あるいはこれらの役割を果たす地域活動のけん引役・すなわちプロモーターと協働できるかによるところが大きい。この地域におけるプロモーターは、多くは自治会組織や会議体を支える中間支援組織に所属する職員がこれを担う場合があり、当然、異動・交代が生じる。そして、プロモーター人材の異動・交代時にはしばしば活動の中断・停滞が起こりうる。そこで、それまで地域で積み上げられてきた取り組みが損なわれずに受け継がれ、そこから発展していくためには、後任者へどのように受け継がれ、地域の内外からはどのような支えがあるかが、重要となってくる。

---

\* Practices for Supporting Leadership Transitions among Community-Based Disaster Preparedness Promoters  
by Makoto Kumagai

## 2. 研究の目的

こうした背景の中、本研究は、報告者がこれまで5年前後の長期にわたり地域防災の活動について伴走支援に当たってきた岩手県釜石市中妻地区、山形県鶴岡市三瀬地区において、来年度（令和8年）にかけて長年プロモーターを務めてきた人材の異動・交代が生じることが取り組みのきっかけとなっている。そして、これら地域のプロモーターを含む関係者と筆者らの間では、後任者への引き継ぎ後も従前の取り組みが継続し、後任者の意思で改善、展開されていくことが関心事となっており、そのための取り組み継続の工夫や後任者に対する引継ぎ・伴走支援の準備が急務となっている。

こうしたことから、本研究では、地域防災の活動展開が軌道に乗っている地域においてプロモーターの異動・交代が生じる際に、後任者が円滑に活動を継承し、また継承した内容にとらわれず、自身の意思に基づいて発展的に活動を進めていくための支援の在り方について検討することを目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究では、主にモノグラフ調査の手法を採用し、これまで地域防災の事業活動の際に作成された資料の整理、活動時の参与観察、インタビューを組み合わせ、プロモーター交代前後の取り組みを詳細に記録する。そして、これらの分析を通じて交代時の留意点や外部支援の在り方などについて検討していく。

これまでの進捗として、現任のプロモーターが在職中の現在、それぞれの対象地のこれまでの地域防災の取り組み状況の取りまとめを進めている。また、プロモーターと協議しながら、今後取り組む見込みであった活動を挙げたロードマップと、その目安となる実施目標を検討している。そのほかには、これまでの取り組みの実施にかかる事務手続きについても、書類の発行、関係者への周知・調整、参加交渉といった具体的な事務作業の洗い出し、これら作業の手順・フロー化の整理を進めている。

今後の取り組みとして、後任者引継ぎの初年度には、定例化して軌道に乗っている取り組みの実施に重点を置いた伴走支援を行う見込みである。そして、2年度以降は、初年度の取り組みの振り返りを行い、留意点や課題に合わせた取り組みの見直しに加え、上記のロードマップに整理した活動内容についても、後任プロモーターと協議しながら必要に応じて修正を加え、その実践をサポートしていく。

伴走支援の効果検証と支援時の課題や留意点の抽出については、モノグラフ調査の途中結果などを用いて年度ごとに支援活動の振り返りを行っていく予定である。なお、課題や留意点については、岩手県と山形県の2つの地域間比較も踏まえながら、必要に応じて他地域の抽出結果をそれぞれの支援活動の参考材料としていく。

# 女性が力を発揮するコミュニティ防災教育の推進\*

東北大学災害科学国際研究所 ○佐藤 健

## 1. 背景と目的

「仙台防災枠組 2015-2030」におけるステークホルダーの役割として、「女性の参加は、ジェンダーという視点からの災害リスク管理を進める際に重要である」ことが言及されている。仙台市は、「マルチステークホルダーと進める仙台市の防災環境都市づくりの取り組み」の中で、「男女共同参画の視点に立った地域防災の推進」に取り組んでいる<sup>1)</sup>。

また、我が国は第5次男女共同参画基本計画～すべての女性が輝く令和の社会へ～（令和2年12月25日閣議決定）における第8分野において、「防災・復興、環境問題における男女共同参画の推進」を位置づけている<sup>2)</sup>。

一方で、内閣府（防災）は、地域住民・団体、教育機関（学校等）、地元企業等の連携による地域全体（コミュニティ）による防災教育実践活動を推進することを通じて、地域住民等の防災意識を高め、自発的な防災活動への取組と防災能力の向上に資するとともに、幼少期のこどもから大人までの事前防災能力の向上及び地域を担う意識の醸成、さらに「コミュニティ防災教育」の普及モデルを作成・展開し、全国展開を図るために、地域防災力の向上に資する「コミュニティ防災教育推進事業」を令和7年度に開始した<sup>3)</sup>。

「せんだい女性防災リーダーネットワーク」が事業主体として、令和7年度「コミュニティ防災教育推進事業」の採択（事業名：女性が力を発揮するコミュニティ防災教育の推進を通じた防災人材育成）を受けたことから、事業概要を報告する。

## 2. せんだい女性防災リーダーネットワーク

「せんだい女性防災リーダーネットワーク」は、NPO 法人イコールネット仙台による「女性のための防災リーダー養成講座」の修了生有志で設立された任意団体である。町内会役員、学校支援関係者、民生委員、防災士などが在籍し、自主研修のほか、講座やイベントなど、女性ならではの視点とリーダーシップを生かしながら、被災地の経験と教訓をベースとした地域の防災力を高めるさまざまな活動を行っている。その活動の中心になっているのは、女性の仙台市地域防災リーダー（SBL）<sup>4)</sup>である。

また、仙台市男女共同参画推進センター（エル・パーク仙台）内の市民活動スペースに、防災まちづくりにおける女性のリーダーシップの重要性を発信する「女性と防災コーナー」が併設されている<sup>5)</sup>。せんだい女性防災リーダーネットワークはここを拠点に定例会や交流、イベント等を企画運営している。

## 3. 仙台市地域防災リーダー（SBL）

仙台市地域防災リーダー（SBL）は、2010年度に「仙台市地域防災リーダー養成プログラムに関する検討委員会」が設置され、2010（平成22）年5月11日に初回会合が開催された。2011（平成23）年1月25日に「地域防災リーダー養成プログラムに関する検討報告書」がとりまとめられたが、その直後の2011（平成23）年3月11日、東北地方太平洋沖地震が発生したため、その教訓も反映する形でSBL養成は2012年度から開始されることになった。

---

\* Promoting community-based education for disaster risk reduction that utilizes women's diverse capabilities by Takeshi Sato

SBL の養成プログラム等<sup>6)~9)</sup>は割愛するが、受講要件の最大の特徴は、受講者の個人情報（住所・氏名・性別・電話番号）を地域の町内会と学校、SBL に提供できることとなっている。現在活動している SBL は、988 名（令和 7 年 4 月 1 日現在）であり、うち女性は 266 名（26.9%）となっている。

#### 4. コミュニティ防災教育推進事業の概要

「せんだい女性防災リーダーネットワーク」が事業主体として、展開されている令和 7 年度「コミュニティ防災教育推進事業」の概要を表 1 に示す。仙台市内等の学校や子ども園を対象としたコミュニティ防災教育の実践に加え、多世代のステークホルダーが関わる本提案事業の実践を通して、学ぶ側と運営する側の双方における次世代の地域防災人材の創生が期待される。その事業成果を通して、持続可能なコミュニティベースの防災教育のロールモデルを提示することを目指している。東北大学災害科学国際研究所防災教育協働センターが、本事業の連携・協働のハブとなり事業事務局を担っている。

表 1 事業内容の概要

- |   |
|---|
| ① 学校・家庭・地域等の連携・協働による防災訓練の実践と学び合い<br>② コミュニティ・スクールの枠組を有効活用した防災教育の先進地域の視察と交流<br>③ 子ども園や小学校等での防災教育の実践<br>④ 女性と防災に関する学びのセミナーの開催<br>⑤ 女性ぼうさいサポーターズブックの制作 |
|---|

#### 5. まとめ

せんだい女性防災リーダーネットワークが中心となって取り組まれている令和 7 年度「コミュニティ防災教育推進事業」の概要を報告した。本提案事業は仙台市から宮城県内へ、さらには仙台防災枠組の優先行動の推進と国際社会への今後の波及も期待することができる。

#### 参考文献

- 1) 仙台市：マルチステークホルダーと進める仙台市の防災環境都市づくりの取り組み  
[https://sendai-resilience.jp/sfdrr/multi\\_stakeholders/](https://sendai-resilience.jp/sfdrr/multi_stakeholders/)
- 2) 内閣府（男女共同参画局）：第 5 次男女共同参画基本計画  
[https://www.gender.go.jp/about\\_danjo/basic\\_plans/5th/index.html](https://www.gender.go.jp/about_danjo/basic_plans/5th/index.html)
- 3) 内閣府（防災）：地域防災力の向上に資する「コミュニティ防災教育推進事業」  
<https://www.bousai.go.jp/kyoiku/community-bosuai.html>
- 4) 仙台市：仙台市地域防災リーダー（SBL）とは  
<https://www.city.sendai.jp/gensaisuishin/sbl/sblmain.html>
- 5) 仙台市男女共同参画推進センター：女性と防災まちづくり  
<https://sendai-l.jp/jbf/>
- 6) 佐藤 健・増田 聡・柴山明寛：仙台市地域防災リーダーの養成プログラムの開発，日本地震工学会論文集，15 巻，7 号，pp.474-484，2015.
- 7) 佐藤 健・桜井愛子・小田隆史・村山良之：コミュニティレベルの防災活動の日米比較－米国緊急事態対応チーム CERT と仙台市地域防災リーダー SBL を事例に－，地域安全学会論文集，29 巻，pp. 239-246，2016.
- 8) Aiko Sakurai and Takeshi Sato: Enhancing Community Resilience Through Capacity Development After GEJE: The Case of Sendaishi-chiiki Bousai Leaders (SBLs) in Miyagi Prefecture, The 2011 Japan Earthquake and Tsunami: Reconstruction and Restoration: Insights and Assessment after 5 Years, Springer, pp.113-126, 2017.
- 9) Takeshi Sato, Aiko Sakurai, Akihiro Shibayama, Satoru Masuda : Place-Based Activities of SENDAI BOSAI Leaders(SBLs) for Disaster Risk Reduction, 17th WORLD CONFERENCE ON EARTHQUAKE ENGINEERING, ID: 7g-0009, 2021.

# 若年被災者の声を活用した震災伝承活動\*

東北大学災害科学国際研究所 齋藤由美子, 佐藤健

## 1. 研究の経緯

仙台市が掲げている学校教育に関する主要施策「杜の都の学校教育」の中で、令和5年度から仙台市の全小学校で震災遺構荒浜小学校の見学が位置付けられ、各学校において事前・事後学習を含めた震災伝承活動が進められてきた。事後学習については、震災遺構荒浜小学校の見学の感想を共有することにとどまり、十分な活動とは言えない学校がまだ多いと筆者は感じている。そこで、10代で東日本大震災（以下：震災）を体験した若者達の現在の思いや願いを綴った書籍「声を掬う」を活用した震災伝承活動の開発を試みた。

## 2. 研究の目的

- 同世代の震災体験や現在の思いを知ることが、災害を自分事として考えを深める契機となり、震災の伝承活動のひとつとしてどのような効果があるかを調査する。
- 若年被災者をロールモデルのひとつととらえ、自分の生き方や考え方、人との関わり方を考える契機となり得るか調査する。

## 3. 実践方法

震災遺構荒浜小学校の見学を終えた仙台市内の小学校第5学年に「声を掬う」を読ませた。「声を掬う」は、震災当時荒浜地区に居住していた小中学生7名（以下A～Gと示す）と当時の荒浜小学校の校長先生（以下Hと示す）に、2021年から2023年にかけてインタビューした内容を書籍化したものである。A～Hは、震災当時のこと、自宅跡のこと、荒浜を訪れる人へ伝えたいことなどについて、現在の心境を語っている。実践した仙台市内の小学校第5学年児童には、①共感したところ②心に響く言葉や出来事③自分の生き方に取り入れたいことの3点について、学習アプリ「ロイロノート」を用いて回答させた。

## 4. 実践結果

児童にA～Hのうち、一番心に残った人をあげ、感想を書かせた。先に述べた児童の感想の3つの項目から、A～Hのそれぞれについて、筆者が感じ取った主旨や頻出単語をキーワードとして集計した。（表1）A, B, C, Fの記述が一番心に残ったとする児童の多くが、「震災に焦点化してこの地区はかわいそうな場所と位置付けてほしくない。可能ならばもう一度荒浜で暮らしたい。」という記述から、自分も故郷を大切にしたいと感想をまとめていた。Dは友人を亡くした悲しみを吐露しており、それに自分を重ねて考えた児童が見られた。Eは様々な内容を語っていたことから、児童の回答内容にもばらつきが見られた。Gを挙げた児童は、避難所で誕生日を祝ってもらったエピソードに共感していた。Hは備えや避難の重要性を語っており、児童はそれを受け止めた記述をしていた。また、家財の喪失や身近な方を亡くすといった非常に困難な状況を乗り越え、現在、A～Hらが前向きに自分の道を切り開こうとしているところに共感する児童が多く見られた。全回答数に対する割合に整理したものが表2である。児童は、震災遺構の見学だけでは知り得なかった旧住民の思いを感じ取ることができた。「困難を乗り越える強さ・前向きな気持ちを見習いたい」（14.6%）「命の大切さ・今を大切に生きたい」（9.9%）などの感想が多かったことから、この読書活動は児童にとって、自分の今後の生き方、考え方、人との関わり方を見つめ直す機会になったことがうかがえる。

---

\* Disaster legacy activities utilizing the voices of young disaster victims by Yumiko Saito & Takeshi Sato



## 5. 今後の展開

自分の生き方、考え方、人との関わり方について、児童の変容を評価することは難しいが、指標のひとつとして仙台市内で毎年実施している「仙台市標準学力検査および仙台市生活・学習状況調査」が挙げられる。生活に関する質問紙の中で、将来についての考えを問うものやキャリア教育に関わる内容に関わる項目がある。これらの項目は仙台市全体では、学年が上がるにつれて下降する傾向にある。実践校と他校で前年度からの推移に差があるか調査したい。

今後は、複数の学校にて実践・調査を重ね、キャリア教育につながる効果があるか検証を重ね、震災伝承活動の新たな視点として価値を見出していきたい。

**表 1 児童の感想の中から筆者が感じ取った主旨や頻出単語**

選択した割合	筆者が感じ取った主旨や頻出単語について回答数に対する割合
A 22.5%	故郷への思い (45.3%), 災害の脅威 (13.2%), 震災伝承 (13.2%) 命を大切に (9.4%), 前向きな気持ち (7.5%)
B 12.7%	故郷への思い (40.0%), 前向きな気持ち (26.7%), 災害の脅威 (10.0%), 訓練 (6.7%), 命を大切に (6.7%)
C 8.9%	故郷への思い (52.4%), 前向きな気持ち (19.0%), 災害の脅威 (14.3%) 命を大切に (9.5%), 訓練 (4.8%)
D 2.5%	亡くなった友達について (66.7%), 前向きな気持ち (16.7%) 命を大切に (16.7%)
E 5.1%	故郷への思い (33.3%), 前向きな気持ち (16.7%), 命を大切に (16.7%) 人との関わり (16.7%), 日常生活のありがたみ (16.7%)
F 8.9%	故郷への思い (38.1%), 前向きな気持ち (19.0%), 復興に対する戸惑い (14.3%), 命を大切に (9.5%), 災害の脅威 (4.8%)
G 9.3%	命を大切に (22.7%), 故郷への思い (18.2%), 前向きな気持ち (18.2%) 亡くなった友達について (13.6%), 個人のエピソードに関して (13.6%)
H 5.1%	備え (25.0%), 前向きな気持ち (25.0%), 災害の脅威 (16.7%) 故郷への思い (16.7%), 適切な避難 (16.7%)

**表 2 全回答数に対する割合**

故郷を大切に思う気持ち	68	36.9%
困難を乗り越える強さ・前向きな気持ち	30	16.3%
命の大切さ・今を大切に生きたい	20	10.9%
災害の脅威	17	9.2%
死者への思い・悲しみに共感	11	5.9%
震災伝承	9	4.9%
備えや訓練の大切さ	8	4.3%
復興への戸惑いに共感	5	2.7%
個人のエピソードに触れた内容	5	2.7%
今後の人との関わり方	6	3.2%
日常生活のありがたみ	4	2.2%

# 津波避難ゲームの提案と教育効果

東北大学大学院工学研究科 家護谷駿

東北大学災害科学国際研究所 奥村誠

## 1. はじめに

自然災害からの避難に関する従来の研究は、避難行動を取らない人にいかに避難を促すかに焦点を当てたものが多かった。しかし少なくとも津波に関しては、東日本大震災を契機として「沿岸部で地震を感じたら直ちに避難する」という意識が高まり、「避難意思を有する多くの住民が避難行動をとる」ことから生じる課題を踏まえた研究が必要となる。すなわち、多数の避難者が同時に移動して道路容量を超過し、渋滞が発生して避難に長い時間がかかるという問題の解決策を研究し、住民の理解を深めていく必要がある。ただし、この避難問題では、「避難の究極の目的は、全ての人々の命を守ることであり、その目的のためには個人が最適と考える行動をとることができない可能性がある」、さらに「地震による道路の寸断や堤防等の破損による浸水の変化が起こる可能性があり、状況に応じて臨機応変に対応することが不可欠となる」という特性があるため、「専門家が示す指示にそのまま従えば解決できるというような簡単な問題ではなく」、「各自が事前によく考えて、迅速かつ適切に行動をとる必要がある」ことを住民に理解させる教育が必要となる。

学習過程の中で失敗を経験させることで、より自分の問題として対応策を深く考えることで高い教育効果が期待できることが報告されている。しかし、実際の津波避難の中で失敗を経験させることは生命に直結する危険を伴うため、その代わりに仮想的に失敗を安全に体験できるボードゲームを用意し、失敗を繰り返しながら効果的に学習させることを目指す。

ここでの教育効果としては、参加者が「避難行動の重要な目的は全体としての安全性の達成であること」、「その達成のために、個人的な安全性の追求を目指すだけではうまくいかない場合があること」、「道路の通行可能性や渋滞の発生などの状況に応じて臨機応変に判断する必要があること」、「あらかじめ複数の避難経路を持つておくことが有効であること」などの認識を持つようになることと考える。

## 2. ボードゲームの内容

本研究で提案した津波避難ゲームは、9×9の盤面上の下部に設定された居住地域に存在する住民の駒を、いかに迅速に高台の安全地帯へ避難させるか、という問題に挑戦させるものである。

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
									一
									二
									三
									四
									五
									六
									七
									八
									九

図 1 ボードゲームの盤面

盤面構成を図1に示す。盤面下が海岸側，上が内陸側で，黄色および黄土色のマスは沿岸の居住地域を示し，ここに住民を表す20個の駒を初期配置する。緑色のマスは安全地帯であり，他の色の全てのマスは危険地帯である。赤色のマスは通行止めを意味し，経路の制限を行うことで交通を特定の場所に集中させて渋滞を発生させる。駒は，1ターンにつき，全てを前後左右のいずれか1マス分だけ移動させることができる。各マスには最大2つまでしか駒を配置できないという制約により，道路の交通容量制約を表現している。このゲームの目的は，全ての駒を緑色の安全地帯に入れるまでに必要なターン数の最小化である。

図1の盤面において，6八，5九，および4八の位置にいる住民は，安全地帯を目指す際，中央部を通過する経路が最短となる。しかし，それら全ての住民が中央を通過しようとする，5六地点で競合が発生し，渋滞が生じてしまう。一方，6八および4八の住民は相対的に余裕があるため，中央部を避けた経路に迂回させることで，上記の余裕のない住民に道を譲ることで，全体として最短時間で避難を完了できるという構造になっている。このように，個人にとっての最適行動と全体にとっての最適行動が必ずしも一致せず，一部の個人には最適行動を行わせないことが必要になることを体験的に理解させる。この渋滞の問題は中央6マスの住民によってもたらされており，これを解決することが本ゲームの本質となっている。

### 3. こども行事における教育実践

10月中旬，小学6年生を対象としたイベントにおいて，本ゲームを用いて以下のような流れで実施した。まず，ルールの説明を行い，立入禁止区域を設けていない盤面を用いてプレイさせてルールの理解を促した。続いて図1に示す盤面を用いてプレイをさせた。同一の盤面で複数回プレイを繰り返し，苦戦しているこどもが見られた場合には，本ゲームの本質的な要素である中央6マスの駒だけを用いるゲームを行わせた。最後に，津波避難ゲームの意図と構造について解説を行った。

イベント終了後に実施した自由記述式アンケートの結果，参加した児童24名のうち，約8名が，「避難行動は個人だけでなく全体を考える必要もあるため容易ではなく，状況に応じて慎重に判断する必要がある」といった趣旨の回答を記述した。この結果から，本ゲームを通じて，避難における全体的視点の重要性に対する理解が深まったことが示唆された。

### 4. 今後の展望

最後に，本研究の今後の展望について述べる。これまでの実施は，2回の試行的なものに限られ，アンケートやテストによる教育効果の定量的評価には至っていない。今後，本研究の教育効果の明確化と測定方法の検討が必要である。また，ボードゲームを実際にプレイしてもらう場を設けることが重要であるが，ゲームの電子化を進めてより容易にゲームをプレイできる機会を確保できるようにしたいと考えている。

さらに，一部の自治体は津波避難において自動車避難を容認していることを踏まえ，自動車避難の導入について検討している。歩行者に比べて高速な自動車の動きを表現する方法や，自動車に乗り込むために必要なターン数を考えていきたい。