



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	人的被害を減らす津波避難対策特別強化地域の防災システム構築アプローチ
Author(s)	加藤, 知愛; 佐渡, 新; 椎名, 希美
Description	第41回寒地技術シンポジウム セッションID: I-022
Citation	寒地技術論文・報告集, 第41回寒地技術シンポジウム, セッションID: I-022 https://doi.org/10.69227/ctc.41.0_022
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/98528
Type	conference paper
File Information	41_022-KatoH.pdf



人的被害を減らす津波避難対策特別強化地域の 防災システム構築アプローチ

Approach to building Disaster prevention and evacuation system in Municipalities
with Special tsunami evacuation measures reinforcement to reduce Human casualties

加藤知愛¹, 佐渡 新², 椎名希美¹
1Tomoe KATO, 2 Arata SAWATARI, 1 Nozomi SHIINA

¹ 北海道大学

¹ Hokkaido University

² 日本工学院北海道専門学校

² Nippon Engineering College of Hokkaido,

Key Words: 防災システム構築, 津波対策特別強化地域, GIS, 避難誘導, 防災計画

1. はじめに 研究の背景と研究課題

道内39の市町村が津波対策特別強化地域に指定され、予測される巨大地震から市民の生命を守るための防災対策の強化が図られている。北海道が公表した被害想定では、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震による最大クラスの津波が発生した場合に、津波対策特別強化地域の指定を受けた登別市には、最短到達時間39分で最大12mの津波が来る¹⁾。津波が冬季・深夜に発生し、かつ早期避難率が低い場合は約2万人の市民に被害が及ぶ²⁾。加藤等の研究グループは、2022年に開発した防災システム構築（Disaster Prevention Evacuation System : DPES）を活用して、当該自治体の避難計画の検証と新しい避難計画の立案を支援している³⁾。

北海道登別市の DPES は 5 階層からなる。5 階層とは、防災システムを把握する第 1 階層(DPES 1.0)、避難に関する情報を取得する第 2 階層、GIS を用いて危機を可視化し検証する第 3 階層、望ましい計画を構築する第 4 階層(DPES 2.0)、DPES 2.0 を検証して、より効果の高い避難計画を更新する第 5 階層である。登別 DPES は、2023 年に第 3 階層～第 4 階層に至り(DPES 2.0)、2023 年度の避難訓練後に避難計画を更新して (DPES 3.0)、第 4 階層～第 5 階層にシフトした。現在、DPES 3.0 に IT インフラを組み合わせた DPES 3.1 のフェーズを構築中である⁴⁾。

本研究は、橋本⁵⁾、奥野・橋本等⁶⁾の GIS を用いて被害を可視化する方法論に、防災政策過程と実施プロセスを分析対象に加え、GIS、津波予測、住民の避難訓練の避難行動のデータを用いて、登別市における防災政策を検証する。

本研究では、2024 年度の冬季総合防災訓練で実測した住民の避難行動の避難経路・時間・速度・距離のデータを収集・解析し、取得済の 2023 年の夏季防災訓練のデータの

解析結果と比較照合して、第1に、冬季・夏季の避難行動の特徴の違いを明らかにする。第2に、そこで得られたインサイトから、津波避難対策特別強化に資する措置を導出する。第3に、現在の登別市の防災政策の妥当性を検証する。

本稿では、第2章で、避難訓練（冬季・夏季）の事例研究を行い、第3章で分析結果を提示し、第4章で考察を加える。

2. 事例研究

2. 1 避難行動調査（冬季）

(1) 調査概要

2024 年度登別市は、令和 7 年 2 月 1 日に全市総合避難訓練において、災害想定「震度 5 強の地震発生と大津波」で、「午前 8 時 30 分に大津波警報発表により避難指示が発令された」シナリオに沿って避難訓練を実施した。北海道大学防災政策ユニットは、当避難訓練を参与観察し、第 1 に、避難訓練アプリと GPS ロガーを活用して、住民の避難行動の 4 要素（a 避難経路、b 所要時間、c 避難速度、d 避難距離）を計測した。第 2 に、上記データを Google earth 上にプロットして津波の予測データと重ねる動画コンテンツ「避難行動と津波予測 2025.2」を制作して、その有効性を評価した。

当日の天候は晴天（若干積雪あり）で気温はマイナス 1.7℃だった。前日に 2 つの町内会の住民に避難アプリと GPS ロガーを配布し、当日持参して避難してもらい、終了地点でアプリデータは送信により、ログデータはロガー回収により取得した。アプリと GPS ロガーの配布数 18、回収数 15、有効データ数 14（アプリ計測 8、ロガー計測 6）、回収率 83.3%、有効回答率 93.3%だった。

(2) 冬季避難訓練における避難経路と避難時間

本調査では、町内会で決定された3箇所の避難場所（青葉小学校、商業施設イオン、亀田記念公園）に至る3経路で測定を行った。

ルート1：沿岸付近から青葉小学校

沿岸の自宅からアプリが示す避難場所に向かって8時32分に避難を開始した住民は、8時49分～8時59分に青葉小学校に到着した。津波は9時2分に着岸し、9時10分に青葉小学校周辺に到達する（図1）。よって、津波到達前に避難は完了できる。但し、小学校手前に急傾斜の坂道がある。



図1 青葉小学校への避難行動と津波予測（冬季）(Author's own diagram)

ルート2：沿岸付近から商業施設イオン

沿岸の自宅からアプリが示す避難場所に向かって8時32分に避難を開始した住民は、8時40分～8時46分に商業施設イオンに到着した。津波は9時2分に着岸し、9時8分にイオン周辺に到達する（図2）。よって、施設の2階に登る時間を考慮しても、津波到達前に避難は完了できる。但し、避難直後に周囲を津波に囲まれてしまう。



図2 商業施設イオンへの避難行動と津波予測 (Author's own diagram)

ルート3：沿岸付近から亀田公園

海岸から少し離れた内陸に位置する自宅からアプリが示す避難場所に向かって8時32分～56分に避難を開始した住民は、8時46分～9時6分に亀田公園に到着した。津波は、9時2分に着岸し、9時14分に亀田公園周辺に到達する（図3）。よって、このルートの避難は、津波到達前に余裕を持って完了できる。



図3 亀田公園への避難行動と津波予測 (Author's own diagram)

(3) 冬季避難訓練における避難速度と避難距離

本調査の結果得られたインサイトは3点ある。

第1に、冬季避難訓練における平均避難時間は16分、避難速度3.72km/h、平均移動距離0.95kmだった。つまり、住民が発令直後に避難行動をとるなら、積雪や吹雪等がなければ、冬季でも浸水前に避難を完了できる。第2に、避難距離は1km以内、避難場所/避難所は、住民の居宅から半径500m圏内にあることが望ましい。第3に、避難行動データと津波予測を重ねた動画コンテンツを見ると、住民が避難ビルの上層階に避難した直後に、津波に囲まれて完全に孤立することがわかった。

よって、ここでは「急斜面の坂道などの道路状況下でかつ悪天候時に住民をいかに避難誘導するのか」「一次避難場所で孤立した住民をいかに救助するのか」が課題になる。

2. 2 避難行動調査（夏季）

(1) 調査概要

2023年度登別市は、令和6年9月9日に全市一斉避難訓練を「日本海溝で巨大地震が発生し、太平洋沿岸に大津波が襲来した」シナリオで実施していた。加藤等の研究グループは、当訓練を参与観察し、第1に、GPSロガーを活用して、住民の避難行動の4要素（a 避難経路、b 所要時間、c 避難速度、d 避難距離）を計測した。第2に、上記データをGoogle earth上にプロットして津波の予測データと重ねる動画コンテンツ「避難行動と津波予測 2023.9」を制作し、避難行動の有効性を評価した。

当日の天候は曇り、気温は19.8℃だった。前日に登別市総務部グループ防災から、住民にGPSロガーが配布され、当日持参して避難してもらい、ログデータは、終了地点でロガー回収により取得した。GPSロガーの配布数25、ログデータの回収率は100%、有効データ数は18、有効データ率は72%だった。

(2) 夏季避難訓練における避難経路と避難時間

本調査では、登別市との協議で選択した3つの避難場所（青葉小学校、幌別小学校、真正寺）に至る経路で測定を行った。

ルート1：沿岸付近から青葉小学校

沿岸付近の自宅から青葉小学校に向かった住民は、約 15 分後に到着した。青葉小学校周辺には、予測では 41 分後に津波が到達する。よって、津波到達前に避難は完了できる。但し、避難場所の小学校に着く手前に急傾斜の坂道がある(図 4)。



図 4 青葉小学校への避難行動と津波予測（夏季）(Author's own diagram)

ルート2：沿岸付近から幌別中学校

沿岸付近の自宅から幌別中学校に向かった住民は、避難開始から約 30 分後に全員が到着した。幌別中学校周辺には 39 分後に津波が到達する。よって、津波到達前に避難は完了できる(図 5)。



図 5 幌別中学校への避難行動と津波予測（Author's own diagram）

ルート3：沿岸付近から真宗寺

沿岸付近の自宅から真宗寺に向かった住民は、20 分以内に到着した。この場所には 39 分後に津波が到達する。よって、津波到達前に避難は完了できる。但し、その直後に津波に囲まれて孤立する(図 6)。

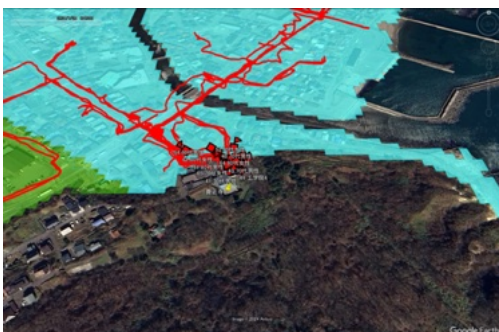


図 6 真宗寺への避難行動と津波予測（Author's own diagram）

(3) 夏季避難訓練における避難速度と避難距離

本調査の結果得られたインサイトは 3 点ある。

第 1 に、夏季避難訓練における平均避難時間は 14.8 分、避難速度 3.9km/h、平均移動距離 0.9 km だった。つまり、発災直後に住民の迅速な避難行動があれば、浸水前に避難を完了できる。その避難時間は冬季データより早く、避難速度も若干速い。第 2 に、冬季と同様、避難距離は 1 km 以内とし、避難場所/避難場所は、居宅から半径 500m 圏内に存在することが望ましい。第 3 に、3 ルートの訓練データと動画コンテンツから、「青葉小学校前の坂道で、高齢者の避難速度が遅くなる」と「真正寺に避難した住民が凝集した状態で、避難直後に周囲を津波に囲まれて孤立する」ことがわかった。

よってここでは、「二次避難のルートの確保」と「避難者を充足する備蓄品の配備」が課題となる。

2. 3 冬季と夏季の避難行動の特徴

2022 年度～2023 年度までの登別市の避難訓練において取得した住民の避難行動のデータ数に 2024 年度の本調査で取得したデータ数を加えると、約 80 データになる。毎年、これらのデータと津波予測のデータを重ねて「避難行動と津波予測」コンテンツを制作して、住民の避難行動を評価してきた。ここでは、今回の調査で得た冬季のデータを加えて、冬季と夏季の住民の避難行動の特徴を可視化する(表 1)。冬季と夏季の住民の避難行動の特徴を比較した結果、得られたインサイトは 2 点ある。

第 1 に、住民が避難指示の発出直後に避難場所へ向かう場合、冬季避難は、積雪量が 2 cm 未満で凍結路面でなければ、平均避難速度と平均避難時間ともに夏季避難との大きな差はない(速度：夏季 3.9km/h、冬季 3.72km/h、時間：夏季 14.8 分、冬季 16 分)。住民は、夏季・冬季とも、障害となる条件がなければ、津波到達前に避難場所に避難できる。

表 1 冬季と夏季の避難行動の特徴 (Author's own table)

冬季（2024年度）データ				夏季（2023年度）データ			
	速度 (km/h)	距離 (km)	時間 (km/m)		速度 (km/h)	距離 (km)	時間 (km/m)
1	5.1	0.5	6.3	1	3.9	1.43	21.9
2	4.7	1.1	13.4	2	2.1	0.77	22.1
3	4.2	0.8	12.0	3	4.4	0.33	4.5
4	3.8	1.2	19.6	4	4.6	0.76	9.9
5	2.6	1.1	31.4	5	4.7	0.89	11.4
6	4.6	1.7	21.9	6	4.4	0.46	6.3
7	3.7	0.7	11.9	7	2.9	0.90	18.5
8	2.5	1.4	27.2	8	4.3	0.99	13.8
9	2.0	0.4	10.8	9	5.0	1.39	16.7
10	3.4	0.5	8.7	10	4.3	0.80	11.2
11	3.6	1.0	15.9	11	4.2	0.79	11.3
12	4.4	1.3	18.6	12	2.0	0.79	23.8
13	3.6	0.9	15.4	13	4.0	1.38	20.7
14	3.7	0.7	11.4	—	—	—	—
平均	3.7	0.95	16.0	平均	3.9	0.9	14.8

第2に、夏季・冬季ともに、浸水エリア内の一次避難場所に避難した住民は、二次避難ルートが確保されない限り、波に囲まれて孤立する。同時に道路も浸水するため二次避難や物資供給が困難になる。

よって、「一次避難場所と避難所のそれぞれの機能をどこまで実装できるのか」について、考えなければならない。同時に、この結果を住民に伝えて、可能な限り「より内陸の高台で安全な場所に避難移動を続ける」ように周知する必要がある。

2. 4 登別市の防災システム構築の達成状況

(1) 政策体系とDPESの制度化

登別市の防災政策体系と DPES の制度化の状況を見る。登別市の人口は45,656人で、沿岸部に多くの住民が密集して居住する⁷⁾。

同市は、津波避難対策特別強化地域の指定を受けて、日本海溝千島海溝周辺海溝型地震防災対策推進計画を策定した⁸⁾。そして、本計画に基づく津波避難対策緊急事業5ヵ年計画で、鷺別、美園、若草、新生地区の避難経路及び避難施設の整備、津波避難タワーの建設を含むハード面の取り組みを重点的・計画的に進める方向性を示し、北海道から津波施設等特別対策事業費補助金の拠出について承認された⁹⁾。

(2) ハード面の整備

登別市の防災システム構築のハード面の整備として、第1に、消防防災庁舎および新市役所本庁舎を高台移転し、新庁舎には防災対策本部機能が併設される。議場は一次避難所としての利用も検討されている。第2に、市内83カ所の指定避難所整備と、避難路整備・歩道拡幅(2カ所)が完了した。第3に、海岸沿いに横長の市街地を有する同市では、JR線路や国道36号線が津波避難の障壁となっているが、鉄道営業法の「みだりに線路に立ち入ってはならない」とする規定を災害時に限って緩和し、2023年度にJRとの協議を経て2カ所で緊急時横断を認める運用変更が実現した。今後「大津波警報発令時に限る特例措置」として、横断可能箇所の拡大を求めていくこととしている。

(3) ソフト面の整備

登別市の防災システム構築のソフト面の整備として、防災教育・訓練・情報共有を重視している。2024年度には、市民や町内会、学校と防災訓練・研修会を約30回開催し、また、防災マップの作成・配布、総合防災訓練の実施、備蓄品の整備、避難アプリの導入などを通じ、市民の防災意識向上を図っている。

同市は、ハード面・ソフト面の諸計画の立案や防災訓練の実施等に先立って、独自の避難速度の基準「1分間に48m

(約2.88 km/h) 歩行できれば避難できる」を設けている。この基準値は、北海道の想定速度「1分間に30m(約1.8 km/h)」¹⁰⁾よりも速く、東日本大震災の(健康者・平坦部)の平均徒歩避難速度から算出された国の基準値「2.24 km/h (0.62 m/s)」¹¹⁾よりも速い。つまり、登別市の住民の実際の避難速度を考慮した避難速度であるといえる。

3. 結論 解の提示

研究課題1 冬季・夏季の避難行動の特徴の違い

冬季避難と夏季避難の距離の分布は、冬季・夏季ともに0.7~1.4 km に集中している。その差は平均値では明確には認められなかった。しかし同じデータを分散値で見ると、以下のような差が見られた。

第1に、冬季の避難行動データに1km/h以下の低速例があり、速度分布は2~5 km/hに拡散している。一方、夏季データには1 km/h 前後の例もあるが、速度分布は3.5~4.7 km/hに集中している(図7)。

つまり、夏季の移動速度は安定して高く、移動時間も短い。冬季の移動速度は、ばらつきがあり、移動時間も長い。ゆえに、冬季の避難行動には個人差が出やすいと思われる。また、冬季避難には、例えば晴天時であったとしても、積雪や凍結路面などの条件が、避難時間や早さにネガティブに影響すると考えられる。

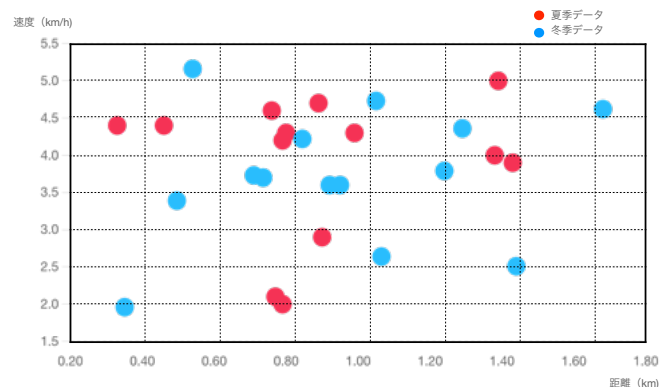


図7 冬季・夏季避難速度と距離の関係 (Author's own diagram)

研究課題2 津波避難対策特別強化地域に資する措置

津波避難対策特別強化地域の自治体においては、冬季避難・夏季避難いずれにおいても、住民や事業所の所在地から半径500m圏内に避難場所が必要である。冬季避難では、道路状況や悪天候の影響を受けるため、その必要性はより高くなる。いずれの住民も事業所も半径500m圏内に避難場所が存在するように、避難タワーや避難ビルなどのハード面の整備と、個別避難計画の策定等ソフト面の整備が求められる。

個別避難計画の策定においては、津波到達時間の他に、

避難行動の実測値や、冬季避難では夏季避難よりも移動時間を要すること等を考慮して、避難経路や避難場所/避難所の配置を決定する必要がある。

研究課題3 登別市の防災政策の妥当性

登別市の防災政策の体系と制度化、ハード面の整備、ソフト面の整備の状況は、津波避難対策特別強化地域が備えなければならない防災システムを充足する方向性で進められている。

その実効性を高めるためには、登別市が独自の避難速度想定（「1 分間に 48m=2.88km/h」）を基準に防災システムを構築することは妥当である。この基準値は、健康な大人や夏季の状況ではやや遅めだが、高齢者や子どもを含む住民全体の避難速度としては「やや控えめ～妥当な値」であり、冬季避難を考慮すると、楽観的ではなく現実的である。

今後、登別市の住民の避難行動の実測値を蓄積し、住民の実態にあった避難速度想定に更新しながら個別避難計画を策定できれば、より実効性の高い避難誘導を実施することができる。

4. 考察

本調査結果から得られる政策的示唆は4つある。

第1に、登別市の避難速度想定（48m/m=2.88km/h）は、現実的で妥当である。第2に、登別市の地形上、住民が一次避難場所で孤立するリスクがあるため、二次避難オペレーションシナリオの実装が求められる。第3に、住民が無事に一次避難できるための避難可能な距離は1km未満で、半径500m圏内に避難場所が存在することが望ましい。よって、避難ビルや避難タワーなどの整備は必要である。

第4に、実態にあった個別避難計画を策定するならば、少なくとも3種類の計画が必要である。3種類の計画とは、

- (1) 健康者の徒歩避難する際の実測速度に基づく避難計画、
- (2) 時間を要しながらも徒歩避難できる要配慮者の個別避難計画、
- (3) 徒歩避難が困難な要支援者ための個別避難計画である。

本調査で、4つの課題（「急斜面の坂道などの道路状況下でかつ悪天候時に住民をいかに避難誘導するのか」「一次避難場所で孤立した住民をいかに救助するのか」「二次避難のルートの確保」「避難者を充足する備蓄品の配備」）が浮かび上がった。よって、次の防災訓練では、「一次避難後の二次避難オペレーション」シナリオに基づく実施訓練で、これまで取得してきたように避難経路、避難時間・速度・距離を計測し、その有効性を検証する必要がある。

謝辞

本論文に執筆にあたりご指導を賜りました高松泰先生、有村幹

治先生、ご協力いただいた登別市の総務部総務グループ防災、登別市消防本部、のぼりべつ女性防災ネットワークの皆様、日本工学院北海道専門学校の佐藤幸夫先生に感謝する。

本研究は、JSPS科研費25K16812、25K1558405、令和4年度北海道開発協会、開発調査研究所の研究助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 北海道：北海道太平洋沿岸の津波浸水想定公表について、登別市。
https://www.constr-dept-hokkaido.jp/ks/ikb/sbs/tsunami/shinsuisoutei/pdf/taiheiyosinnkoukyokubetsuzu_cities/25_noboribetsu.pdf
(2024.10.3閲覧)
- 2) 登別市：『広報のぼりべつ』, No.863, pp.2-3, 2022.
- 3) 加藤知愛、米田夏輝：道内自治体における地域防災システム構築と政策イノベーションの実装に関する研究—千島海溝周辺海溝型地震に備える—、北海道開発協会令和4年度助成研究論文集, pp.51-64, 2023.
- 4) 米田夏輝、加藤知愛：津波避難対策特別強化地域における防災システム構築アプローチ、第70回土木計画学研究発表大会論文集, p1-p7, 2024.
<https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/handle/2115/93615>
- 5) 橋本雄一：北海道太平洋沿岸における津波浸水想定域の空間分析。北海道大学文学研究院紀要, vol.165, pp.129-166, 2021.
- 6) 奥野祐介、橋本雄一：歩行速度に着目した疑似的津波集団避難行動分析。地理情報システム学会講演論文集, vol. 30, pp. ROMBUNNO. B30-3-3, 2021.
- 7) 登別市：『登別市統計書』令和3年度版. 2021.
- 8) 登別防災会議：登別市地域防災計画(日本海溝千島海溝周辺海溝型地震防災対策推進計画), p182-196, 2025.
https://www.city.noboribetsu.lg.jp/docs/2019051300081/file_contents/00_tikibousaikaikaku.pdf
(2025.10.3閲覧)
- 9) 津波避難施設等整備特別対策事業費補助金交付要綱。
<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/ktk/181793.html>
(2025.10.3 閲覧)
- 10) 北海道：津波避難計画策定指針, 2023.
https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/9/9/0/9/2/4/5/_/02_津波避難計画策定指針【改正】.pdf
- 11) 内閣府日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討ワーキンググループ：被害想定手法について, 2020.
https://www.bousai.go.jp/jishin/nihonkaiko_chishima/WG/pdf/dai4kai/siroyo3.pdf