

北海道日本海沿岸における津波避難の空間分析

工藤由佳*・橋本雄一**

A spatial analysis of evacuation from tsunami in the coastal area of the Sea of Japan, Hokkaido

Yuka KUDO*, Yuichi HASHIMOTO**

Abstract: The purpose of this study is to propose a method to verify the impact of tsunami evacuation routes becoming impassable due to landslide. First, this study clarifies areas where evacuation is difficult when part of the evacuation route is impassable. Next, it analyzes regional characteristics from the impact of snow cover on tsunami evacuation. The study estimates the population trends in difficult-to-evacuate areas with Rumoi City, Hokkaido as the study field. In 2017, the tsunami inundation assumption for the coastal area of the Sea of Japan in Hokkaido was revised, and the tsunami inundation area in this city has expanded significantly. Finally, the study proposes measures to improve the tsunami evacuation plan.

Keywords: 避難困難地域 (difficult-to-evacuate area), 道路ネットワーク分断 (road network disconnection), 積雪寒冷都市 (heavy snow and cold city), 留萌市 (Rumoi city)

1. はじめに

1.1. 研究の背景と目的

2011年の東日本大震災を教訓に、日本では「津波防災地域づくりに関する法律」(平成二十三年法律第二百二十三号)が成立した。これによって津波浸水想定の設定が自治体に義務付けられ、多くの自治体で浸水域や浸水深に関するシミュレーションが行われた。北海道日本海沿岸についても、2017年に新たな想定が発表され、自治体では津波対策が検討されている。加えて、上記地域のように冬季に氷点下の日が続く積雪量の多い積雪寒冷地については、2020年に中央防災会議「防災対策実行会議」の下に設置された「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」が指摘するように、冬季の避難について様々な条件下での対策を検討する必要がある。

積雪寒冷地において津波避難を研究したものには内藤・橋本(2018)や橋本(2013)などが挙げられるが、いずれも太平洋沿岸の津波浸水想定が研究の中心であり、日本海沿岸の想定を用いたものは稀である。また、津波から避難する際避難路が必ず利用できるとは限らないため、伊藤ら(2019)や村上ら

(2015)など、建物倒壊や液状化といった津波避難を阻害する事象を組み込んだ研究が行われている。同様に地震発生時起こり得る事象で、避難路の封鎖(以下、道路ネットワーク分断)を引き起こすものに土砂災害があるが、これに関してはほとんど研究が行われておらず、このような分断による避難への影響を検証する方法は確立されていない。

そこで本研究は(1)道路ネットワーク分断による避難への影響を検証する方法を提案し、(2)避難が困難とされる地域の特性から津波防災上の課題を明らかにすることを目的とする。

研究の対象地は北海道日本海沿岸に位置する留萌市とする(写真1, 図1)。先述のように日本海沿岸



写真 1 留萌市西部の留萌港周辺
(2017年7月25日撮影)

* 学生会員 北海道大学大学院文学院修士課程 (Graduate student, Hokkaido University)

〒060-0810 札幌市北区北10条西7丁目 E-mail: yuka910@eis.hokudai.ac.jp

** 正会員 北海道大学大学院文学研究院 (Hokkaido University)

の津波浸水想定は見直されているため、本研究では2010年に公開されたものを旧想定、「津波防災地域づくりに関する法律」に基づいて作成され2017年に公開されたものを新想定と呼ぶ。留萌市は新想定になったことで浸水面積が1.6平方キロメートル拡大し、新想定での浸水面積は旧想定との1.3倍となっている。また、市街地が浸水域に含まれたことで浸水域内の人口が著しく増加した地域である（橋本，2017）。さらに、市の縁辺部は土砂災害警戒区域や土砂災害危険箇所が数多く分布する丘陵地であり、地震発生時に道路ネットワーク分断の恐れがある。

1.2. 分析の手法

本研究では、津波の到達までに津波浸水域の外または浸水域内の安全な避難施設への避難が困難な地域を避難困難地域とする（図2）。そして、道路距離を用いて避難可能な範囲を作成し、浸水域からそれらを除くことで避難困難地域の画定を行う。従来の避難困難地域画定手法は避難路が全て利用可能であることを想定していたのに対し、本研究では工藤・橋本（2020）同様、道路ネットワークのうち土砂災害警戒区域または土砂災害危険箇所に含まれる部分を通行不可と設定することで土砂災害による道路ネットワーク分断を考慮した避難困難地域を画定する（図3）。そして道路ネットワーク分断を考慮しない場合と考慮した場合の避難困難地域及び当該地域内の人口を比較することで、その避難への影響を検証する。

また、冬季の分析では国土交通省（2011）を参考に設定した夏季の避難可能距離500mに日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討ワーキンググループが示した避難速度の通減率を乗じ、積雪期400m、凍結時360m、豪雪時240mを各条件下での避難可能距離とする。なお、本研究では道路データとして国土基本情報の道路中心線データ、浸水域データとして北海道が提供している津波浸水結果GISデータを用い、避難施設は『留萌市防災ガイド・マップ』に記載されている住所からポイントデータを作成して用いる。

人口推定では、夜間人口は総務省統計局の国勢調査小地域データ（2000～2015年、5歳階級別人口）、

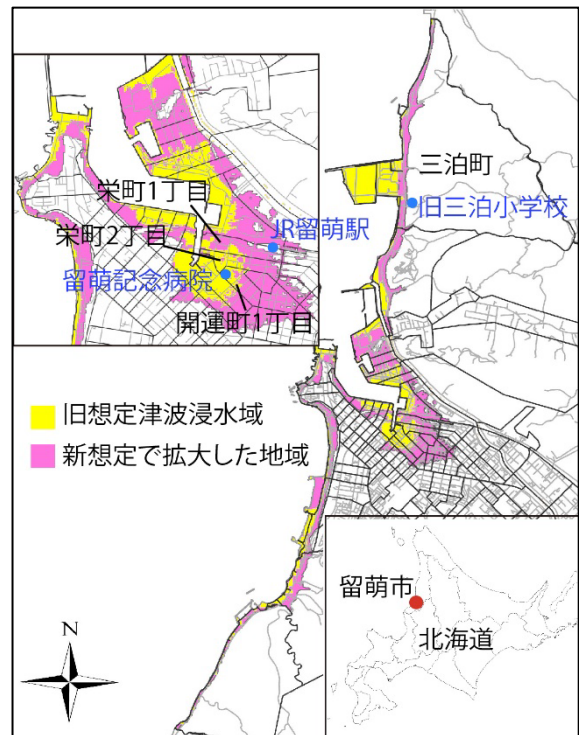


図1 留萌市における津波浸水想定の変化（北海道の提供する津波浸水結果GISデータより作成）



図2 本研究における避難困難地域のイメージ（「津波防災まちづくりの計画策定に係る指針（第1版）」を基に作成）

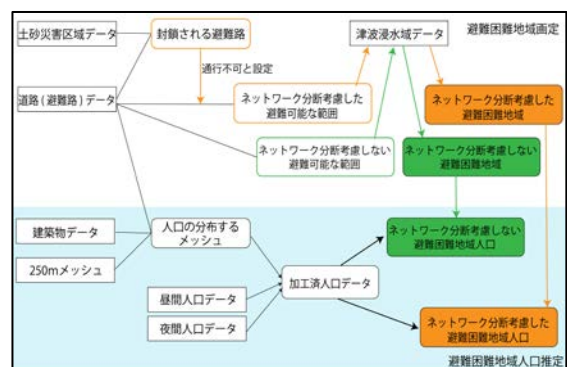


図3 分析方法フローチャート

昼間人口は株式会社日本統計センターの推計昼間人口データ（2000～2015年、5歳階級別人口）を用いる。また、これら人口データは人口密度の過度な低下を防ぐために加工を行う。まず、対象地域を250mメッシュで覆い、基盤地図情報建築物データと道路データを重ねる。メッシュ内に建築物と道路の両方が存在するメッシュを人口が分布しているものとして抽出し、このメッシュと小地域ポリゴンが重なる部分の面積を当該小地域の面積として人口密度を求める。そして得られた人口密度を用いて面積按分を行い、避難困難地域人口を推定する。

2. 避難困難地域の人口推定

避難困難地域の分析は新想定津波発生を想定し、非積雪期、積雪期、凍結時、豪雪時を道路ネットワーク分断の有無によってさらに分けた8つの条件で避難困難地域の画定を行った（図4）。

2.1. 小地域別避難困難地域人口

道路ネットワーク分断を考慮しない場合、非積雪期は避難困難地域人口が昼夜間共にわずかである。しかし積雪の影響を考慮すると市の中心部や北部の一部地域において避難困難地域が拡大し、避難困難地域人口も人口の集中する市街地を中心に増加する。特に栄町、開運町、元町における増加が顕著である

（図5）。道路ネットワーク分断を考慮した場合は上記地域における変化が少ない一方で、黄金岬周辺の大町や市の北部にある三泊町において非積雪期から沿岸の大部分が避難困難地域となる。これにより避難困難地域人口も非積雪期から多くなっており、この数は積雪によって増加することがない。そのため、当該地域は道路ネットワーク分断による避難への影響が積雪による影響を上回っていると言える。

2.2. 年代別避難困難地域人口

図6は2015年の避難困難地域人口を年齢別に示したものである。これによると避難困難地域人口の多くが60歳以上であり、夜間人口は昼間人口に比べ高齢層と若年層との差が大きい。一方で昼間人口は高齢層に加え40代前半の数も多いことがわかる。

避難困難地域人口に占める道路ネットワーク分断による増加分の割合に注目すると、豪雪時以外では

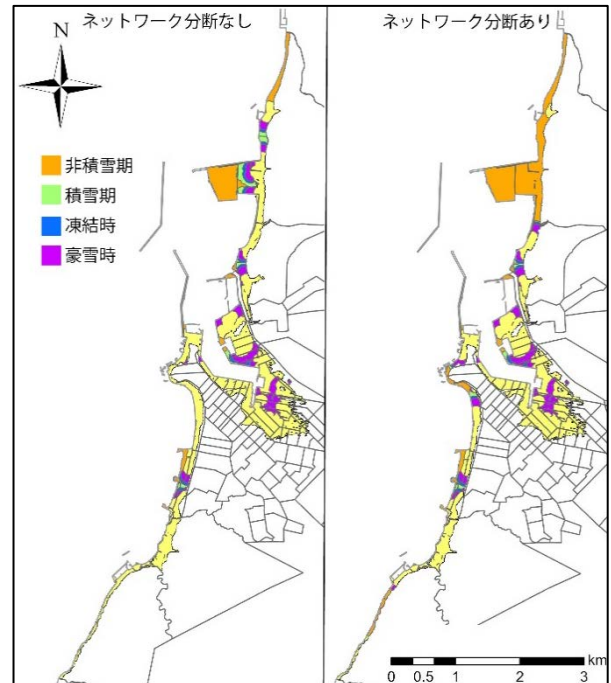


図4 避難困難地域（浸水結果GISデータ及び1.2.の手法で画定した避難困難地域データより作成）

5割以上が分断による避難困難地域人口となっており、夜間は各年代で避難困難地域人口の大半を占めている。豪雪時は、道路ネットワーク分断による避難困難地域人口の増加が比較的少ないものの、若年層より高齢層の方が分断による避難困難地域人口の割合が大きい。

3. 避難困難地域人口の経年変化

この章では、避難困難地域人口が最も多かった豪雪時について2000～2015年の推移を見る（図7）。

3.1. 夜間人口

夜間人口では2000～2005年の20代後半や2005～2010年の20代後半と40代後半、2010～2015年の40代後半と60代前半でわずかに人口の流入が見られる。これらについて小地域ごとの同年齢集団の増減を分析したところ、2000～2005年の20代後半と2005～2010年の20代前半については栄町1丁目における増加が突出していた。また、2005～2010年の40代後半は元町2丁目において、2010～2015年の60代前半は栄町2丁目において人口の流入が見られた。また、栄町2丁目については20代後半から30代前半でも流入が見られたが、他の小地域において同年齢層が大幅に流出しており、図7には表れてい

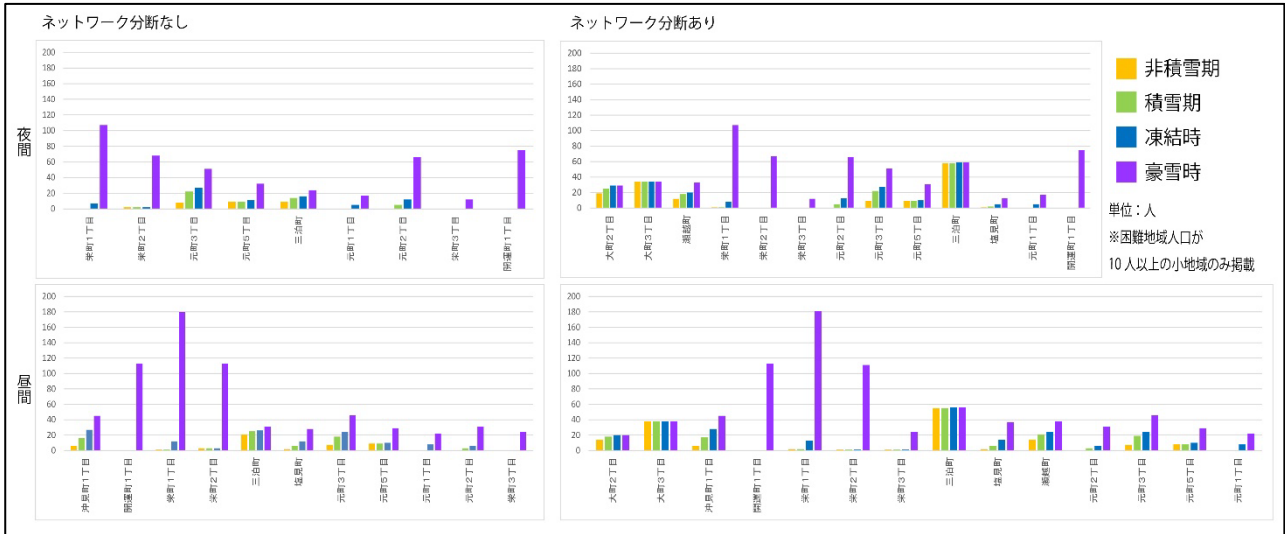


図5 留萌市の小地域別避難困難地域人口（2015年国勢調査小地域データ及び推計昼間人口データより推定）

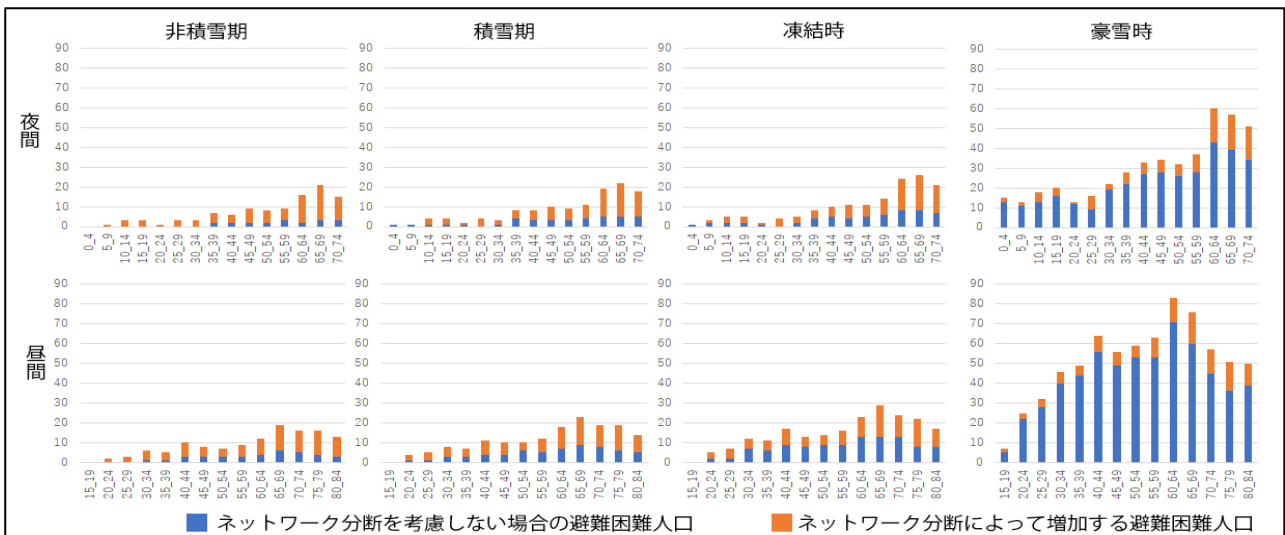


図6 積雪状況ごとの年齢別避難困難地域人口（2015年国勢調査小地域データ及び推計昼間人口データより推定）

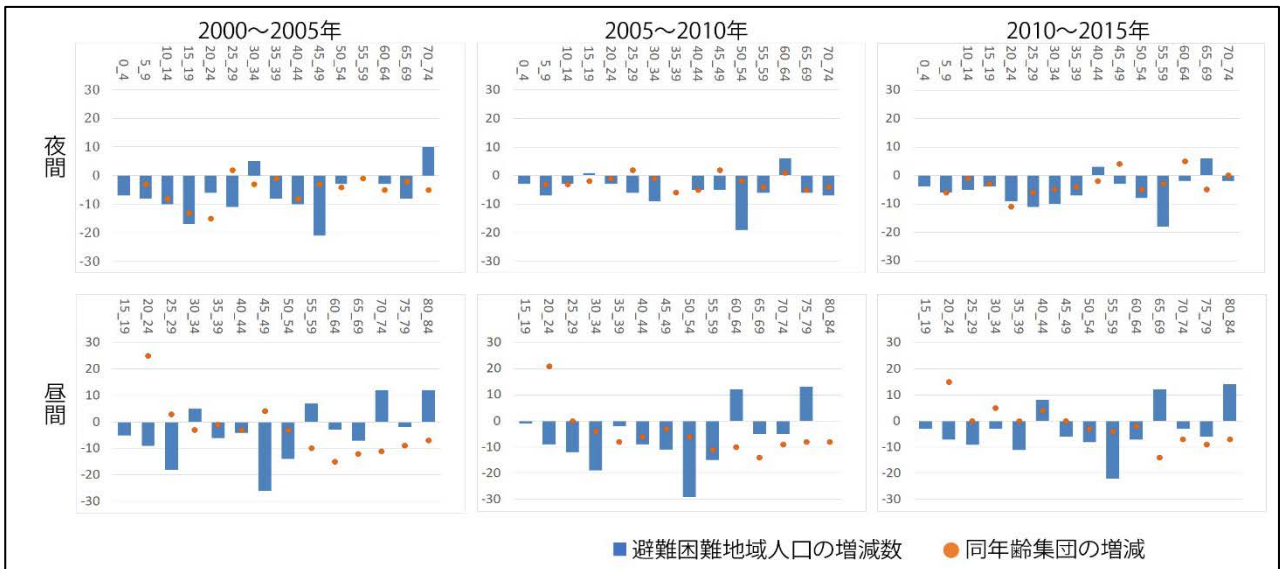


図7 避難困難地域人口の増減（2000～2015年国勢調査小地域データ及び推計昼間人口データより推定）

ない。2010～2015年の40代後半では大幅に流入した小地域はないが大幅に流出した小地域もないため、市全体としては流入傾向が見られる。

これらの地域で人口の流入が見られた原因として、栄町1丁目及び2丁目は地域内に道営団地を含むことが挙げられる。1990年に建設された団地のある栄町1丁目では2010年まで人口の流入があり、2010年以降は2013年に団地が建設された栄町2丁目において人口が流入していた。

3.2. 昼間人口

昼間人口では就労する世代である20代前半における人口流入が最も多い。また、2005～2010年に比べ、それ以外の時期は20代から50代までの年齢層において同年齢集団の増減が少なく、一部年齢集団では増加も見られる。小地域ごとの同年齢集団の増減を分析したところ、2000～2005年は開運町1丁目において20代から50代前半までの人口流入が見られ、2010～2015年は栄町1丁目において20代と30代後半から50代前半までの人口流入が見られた。

開運町1丁目における若い世代の人口流入の原因として地域内の病院の存在が挙げられる。この病院では2005年に病床数を大幅に増やしており、病院関係者の増減が当小地域における昼間人口の増減に大きく影響していると考えられる。

3.3. 積雪寒冷地の津波避難における道路ネットワーク分断の影響と課題

分析の結果、従来手法のように道路ネットワークが健全な状態での避難を想定した場合には避難可能であっても、避難時の状況によって避難困難となる地域が存在した。豪雪時の避難困難地域では、就労環境の変化や団地建設によって比較的若い世代が流入していた。留萌市はこれら地域の開発を推進している（『留萌市都市計画マスタープラン』）が、この地域が避難困難地域であることは今後のまちづくりにおける課題である。

一方道路ネットワーク分断によって避難困難となる地域では若い世代の流入がないため地域の高齢化が進行している。留萌市は大規模災害発生時には家族や町内会（自主防災組織）による避難支援を勧めている（『留萌市地域防災計画』）が、避難支援活動

の担い手も高齢化している地域においては限界がある。また、道路ネットワーク分断による影響が大きい三泊町では、旧三泊小学校周辺など数少ない高台への道路ネットワークが分断されることで50人以上が避難困難地域となるため、高台へと避難するための頑丈な階段や迂回路を作るなどリスクを軽減させるための対策が必要である。

4. おわりに

本研究は(1)道路ネットワーク分断による避難への影響を検証する方法を提案し、(2)避難が困難とされる地域の特徴から津波防災上の課題を明らかにすることを目的とした。

道路ネットワーク分断による避難への影響を検証する方法として、土砂災害によって通行不可となる道路を設定することで従来手法に改良を加えた。これにより道路ネットワーク分断によって増大する津波リスクが明確に数値化できるようになった。

冒頭で述べたように、「津波防災地域づくりに関する法律」によって津波浸水想定が公表されているが、その分析手法の検討はまだ十分に行われていない。本研究は浸水想定を活用して地域の津波リスクを評価するだけでなく、道路ネットワーク分断による影響を検証することで当該地域の特徴に合わせた適切な防災計画を策定するための手法を提案した点において意義があると思われる。

付記

本研究は、文部科学省「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究（第二次）」及びJSPS科研費19K01166「千島海溝地震による津波の避難行動モデル化と情報統合システム構築」における成果の一部である。

参考文献等

伊藤恵理・川瀬博・畑山満則・長嶋史明，2019，「観測情報に基づく建物倒壊率を考慮した津波避難シミュレーション」、『京都大学防災研究所年報』B，246-253
工藤由佳・橋本雄一，2020，「積雪寒冷都市における

- 複合災害時の避難困難地域に関する空間分析－北海道留萌市の津波浸水想定域の事例－, 『地理情報システム講演論文集』, 29
- 国土交通省都市局街路交通施設部都市計画課, 2011,
「東日本大震災の津波被災現況調査結果（第3次報告）～津波からの避難実態調査結果(速報)～」
- 国土交通省都市局都市安全課・街路交通施設課, 2013,
「津波防災まちづくりの計画策定に係る指針（第1版）」,
- 内藤健裕・橋本雄一, 2018, 「積雪寒冷都市における津波避難困難地域に関する空間分析－北海道釧路市を事例に－」, 『地理情報システム講演論文集』, 27
- 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（案）積雪寒冷特有の影響を踏まえた被害想定手法』
- 橋本雄一, 2017, 『二訂版 QGIS の基本と防災活用』, 古今書院
- 村上啓介・前原翔太・椎葉倫久, 2015, 「浸水域の時間的広がり」と地盤の液状化を考慮した津波避難困難エリアの抽出に関する研究」, 『土木学会論文集 B3（海洋開発）』 71（2）, 707-712
- 留萌市, 『留萌市地域防災計画』, 2018.3
- 留萌市, 『留萌市都市計画マスタープラン』, 改定1, 2003～2022
- 留萌市総務部総務課危機対策係, 『留萌市防災ガイド・マップ』, 2018.3