

# 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 -

工藤由佳\*・橋本雄一\*\*

## A spatial analysis of difficult-to-evacuate area in a heavy snow and cold city on the complex humanitarian emergencies -A case study of Rumoi city, Hokkaido-

Yuka KUDO\*, Yuichi HASHIMOTO\*\*

**Abstract:** This study aimed to clarify the difficult-to-evacuate areas in the case of the complex humanitarian emergencies composed of tsunami disaster and slope failure. The survey area is Rumoi city, Hokkaido. The tsunami inundation assumption in the Sea of Japan was revised in 2017, and the tsunami inundation area in the city has expanded significantly. This study has developed a method to determine the difficult-to-evacuate area, assuming that the tsunami and slope failure will occur at the same time. The study also analyzed the effects of snow cover in winter. Finally, this study sought a proposal for improving evacuation plans.

**Keywords:** 避難困難地域 (difficult-to-evacuate area), 積雪寒冷都市 (heavy snow and cold city), 複合災害 (complex humanitarian emergencies), 留萌市 (Rumoi city)

### 1. はじめに

東日本大震災を契機として中央防災会議を中心とした地震及び津波の新たな想定や防災対策が進められており、2014年には日本海側における最大クラスに相当する津波断層モデルが設定された。それを受けた北海道は2017年に日本海沿岸の津波浸水想定見直し結果を公表している。

ここで想定される海溝型の地震で発生するのは津波だけではない。東日本大震災や胆振東部地震では地震に伴い斜面崩壊が発生しており、地震と津波に加え土砂災害が発生する可能性についても検討した複合災害対策が求められる。しかし、既存の研究の多くは地震と津波のみを対象としたものが多く地震と津波以外の災害事象が同時に発生した場合を想定したものは稀である。

さらに、2020年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では、積雪寒冷地における大きな地震や津波の災害について検討することの必要性を指摘している。このような積雪寒冷地における津波避難について研究したものには内藤・橋本（2018）や橋本（2013）などが挙

げられるものの、これらの研究の多くは太平洋側の津波浸水想定が中心であり、日本海側の想定を用いた研究は少ない。

そこで本研究は、日本海側の積雪寒冷地を対象地とし、地震と津波に加え土砂災害の発生と積雪による避難への影響を考慮した避難困難地域を画定する分析方法を開発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の留萌市とする（図1）。当市は津波浸水想定見直しにより津波浸水想定域が大きく拡大し（橋本、2017），北部と南部は土砂災害の危険性がある丘陵地である（図2）。

### 2. 研究の方法

#### 2.1. 避難困難地域の画定

本研究では津波が到達するまでに避難施設への避難または津波浸水想定域外への避難のいずれも困難である地域を避難困難地域とした。そして土砂災害や積雪による影響を明らかにするため、地震と津波のみ発生した場合と地震と津波に加え土砂災害が発生した場合について以下の方法でそれぞれ避難困難地域及びその人口を求め、比較を行った（図3）。

\* 学生会員 北海道大学文学院修士課程 (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)

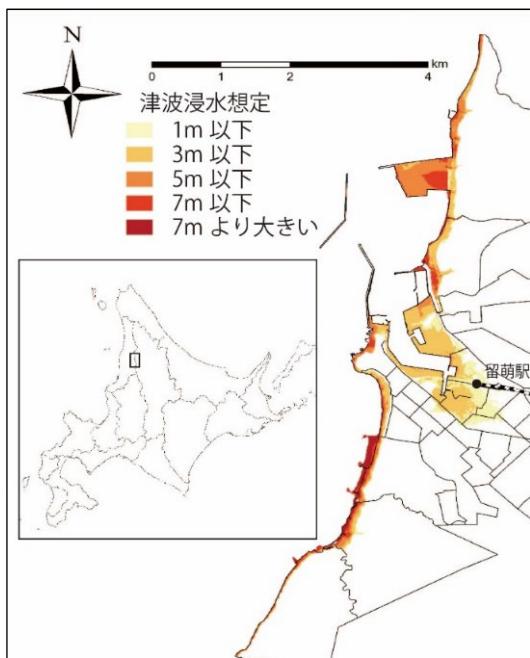


図 1 留萌市における津波浸水想定域

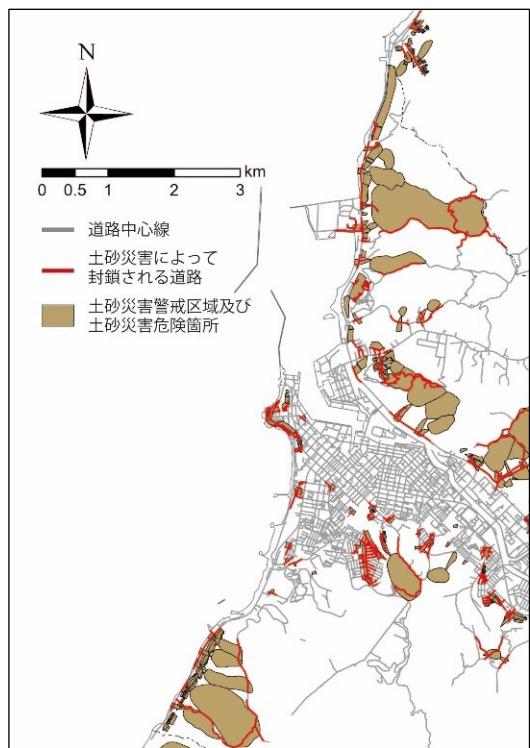


図 2 土砂災害箇所と封鎖される道路

まず、留萌市が指定している避難所、避難場所、津波避難ビルからなる避難施設のうち地震と津波発生時、土砂災害同時発生時、積雪期のそれぞれで利用可能な施設を抽出した。避難所、避難場所につい

ては津波浸水想定域にも土砂災害警戒区域及び危険箇所にも含まれない場所を利用可能とし、津波避難ビルについては土砂災害警戒区域及び危険箇所に含まれないものを利用可能とした。指定されている避難施設のうち、津波発生時に利用不可のものが9箇所、土砂災害発生時に利用不可のものが10箇所であった。また積雪期の分析の際には屋根のない公園等は避難場所として利用することができないものとし、そのような避難施設を除外した。

避難経路のデータは、国土地理院ベクトルタイル提供実験の道路中心線データを用いた。この避難経路のうち土砂災害警戒区域または危険箇所に含まれる部分は土砂災害発生時に道路が封鎖され通行できないものとした（図2）。積雪がない夏季の避難距離については、国土交通省（2011）を参考に500mと設定した。積雪のある冬季の移動距離は竹内ほか（2008）や橋本（2012）を参考に歩行速度低下の係数0.833を夏季の移動距離に乘じ、416.5mとした。

以上のデータをもとに、各避難施設から移動距離の範囲を津波到達までに避難施設へ避難可能な範囲（到達圏）とした。そして津波浸水想定域の外へ避難可能な範囲（脱出圏）は津波浸水想定域の外縁と道路との交点を脱出点とし、その点から道路を通じて移動距離の範囲とした。

このように作成した到達圏と脱出圏を避難可能地域とし、津波浸水想定域に含まれる地域のうち避難可能地域に含まれない部分を避難困難地域とした。

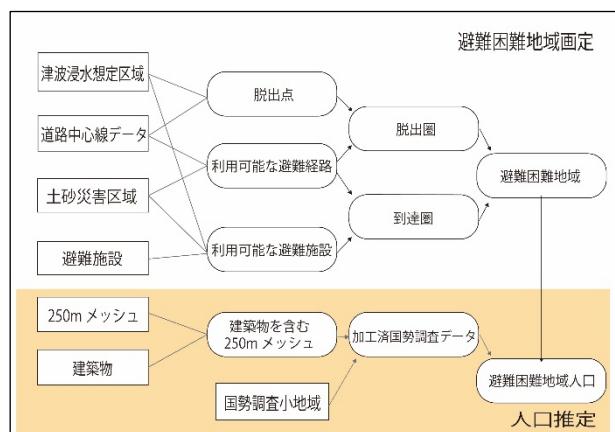


図 3 分析のフローチャート

## 2.2. 避難困難地域人口の推定

避難困難地域の人口を推定するために 2015 年国勢調査の小地域データを用いて面積按分を行った。ここで用いる小地域データは地域内に林野等を含む地域で実際より人口密度が低下してしまうため、以下のようにデータを加工した。(1) 留萌市全体を 250m メッシュで覆い、それに基盤地図情報の建築物データを重ねる。(2) メッシュ内に建築物が存在するメッシュのみに人口が分布しているものとして、抽出する。(3) これらメッシュの面積を用いて人口密度を算出する。これで、面積の大きく人口が少ない地区についても、現実的な避難困難地域人口を推定できる。

## 3. 分析の結果

### 3.1. 土砂災害による影響

地震と津波、土砂災害が同時に発生したことを想定した場合の避難困難地域が図 4 である。避難施設が多く、かつ土砂災害の危険性の少ない市の中心部では到達圏や脱出圏が地域全体に分布し大部分が避難可能であることがわかる。一方、市の北部や南部といった土砂災害の危険性がある市の縁辺部では避難施設が土砂災害によって利用できなくなるため到達圏が存在せず、また避難経路が封鎖されることによって脱出圏も非常に小さくなることから地域のほぼすべてが避難困難地域となっている。

地震と津波のみが発生した場合の避難困難地域とともに、土砂災害や積雪を考慮することで拡大する範囲を示したものが図 5 である。これによると、市の北部と中部の一部地域及び南部において土砂災害発生を考慮したことによる拡大が見られる。表 1 より、夏季において土砂災害が発生することで 119 人が新たに避難困難となり、避難困難地域人口は 401 人となる。

表 1 避難困難地域人口

|            | 夏季  | 冬季  |
|------------|-----|-----|
| 地震・津波のみ発生時 | 282 | 519 |
| 土砂災害同時発生時  | 401 | 628 |

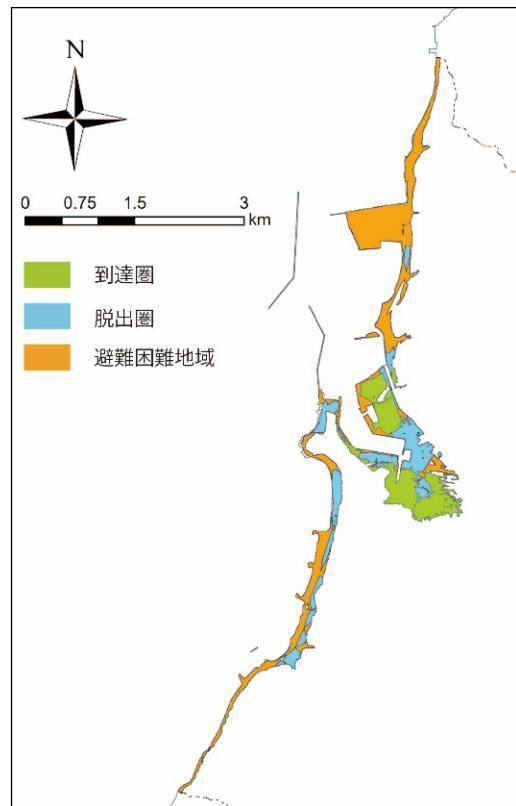


図 4 土砂災害同時発生時の避難困難地域

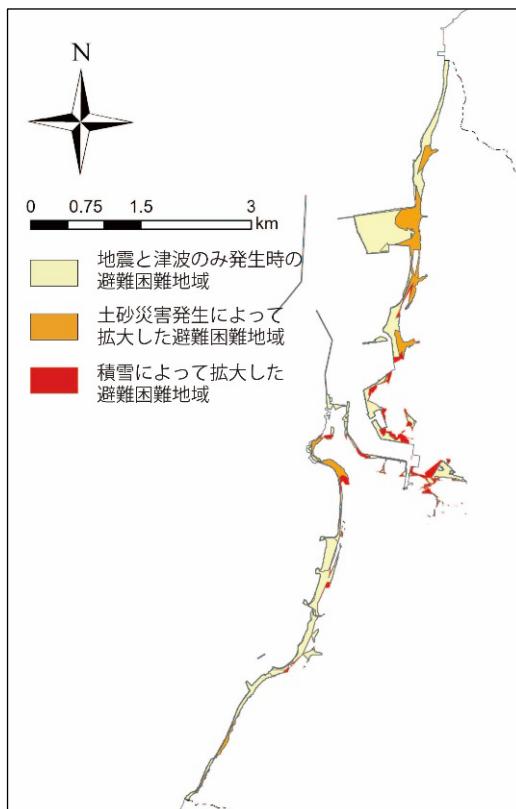


図 5 拡大した避難困難地域人口

### 3.2. 積雪による影響

図5の積雪によって拡大した避難困難地域を見ると、主に市の中心部において避難困難地域が拡大していることがわかる。この地域は市街地となっており人口が集中していることから、表1の土砂災害同時発生時における避難困難地域人口を季節間で比較してみると、積雪の影響を考慮したことによる増加人口は227人となり、土砂災害発生によって増加した人数よりも多くなっている。そして、積雪期に地震と津波に加え土砂災害が発生することを想定した場合、避難困難地域人口は628人と本研究で想定した中で最も多くなる。このとき、留萌市における津波浸水想定域内の人口が3085人であるため、津波浸水想定域内人口のうち5人に1人以上が避難困難となる。

また、市街地で積雪による避難困難地域の拡大が見られる一方で、土砂災害発生による避難困難地域の拡大が見られた市の縁辺部では積雪による拡大がみられない。つまり、土砂災害が発生することによって住民の避難に影響が出る地域と、積雪によって住民の避難に影響が出る地域は異なる。

## 4. おわりに

本研究では、北海道留萌市を対象に地震に伴って発生する津波、土砂災害といった災害事象に加え積雪による影響を考慮した避難困難地域の画定方法を提案し、そこに含まれる人口の推定を行った。分析の結果、地震と津波に加え土砂災害発生や積雪を想定することによって広い範囲で避難が困難となり、避難困難地域の人口は最大で浸水域内人口の20.3%にまで増加することが明らかになった。さらに、避難困難地域が拡大する地域は土砂災害発生時には市の縁辺部であり、積雪期には市の中心部であることも明らかとなった。

以上のように、本研究で提案した手法により土砂災害発生によって避難が困難となる地域や、積雪によって避難が困難となる地域など異なる地域特性を明確にすことができた。現在、既存の防災計画では地震と津波が発生することは想定されているものの、それらに加え土砂災害が同時に発生する場合、

さらに積雪期に災害が起きる場合などの対策は進んでいない。本研究で明らかになったように、複合災害の発生によって避難に影響の出る地域では各地域の特性や内包するリスクに合わせた対策が求められる。

## 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計画（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

- 国土交通省都市局街路交通施設課都市計画課, 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）～」
- 竹内慎一・南慎一・高橋章弘, 2008, 「積雪寒冷地を考慮した津波避難対策の検討」, 『日本建築学会北海道支部研究報告集』, (81), 301-304
- 内閣府防災担当, 『日本海溝・千島海湖沿いの巨大地震対策検討ワーキンググループ（第2回）議事要旨について』
- 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
- 橋本雄一, 2012, 「GISを援用した北海道沿岸都市における積雪期の津波災害時避難に関する地理学的研究」, 『助成研究論文集』, 163-183
- 橋本雄一, 2013, 「積雪寒冷地の沿岸都市内部における津波避難（1）ネットワークボロノイを用いた釧路市の津波避難圏に関する空間分析」, 『日本地理学会発表論文集』2013a (0), 100011
- 橋本雄一, 2017, 『二訂版 QGISの基本と防災活用』, 古今書院
- 留萌市総務部総務課危機対策係, 2018.3, 『留萌市防災ガイド・マップ』, 2018.3
- 留萌市防災会議, 2018.3, 『留萌市地域防災計画』