

Report レポート #01

(一財)北海道開発協会平成24年度研究助成サマリー

GISを援用した 北海道沿岸都市の 積雪期津波避難に 関する空間分析



橋本 雄一 (はしもと ゆういち)

北海道大学大学院文学研究科教授

1993年筑波大学大学院博士課程地球科学研究科専攻単位取得退学、博士（理学）。93年北海道大学に、文学部助手、助教授、大学院文学研究科助教授、准教授を経て11年から現職。専門は都市地理学、地理情報科学。主な編著書に『東京大都市圏の地域システム』（大明堂）、『マレーシアの経済発展とアジア通貨危機』（古今書院）、『地理空間情報の基本と活用』（古今書院）、『GISと地理空間情報—ArcGIS10とダウンロードデータの活用—』（古今書院）。

1 災害に対する社会的脆弱性

「都市の開発」と「災害に対する社会的脆弱性^{ぜいじやく}」とを結びつけて議論することは、今後の防災対策にとって重要である。例えば、津波の危険性が高い海岸近くの低地で住宅開発が進んでいる場合、その地域での人口増加は防災上の問題を増大させ、さらに積雪寒冷地の冬季環境は、この問題を深刻にする可能性がある。冬季に津波が発生した場合、多くの住民が標高の高い場所へ避難することになるが、その経路は積雪で道幅が極めて狭くなっているため混雑して迅速な移動は困難になり、加えて積雪寒冷地は冬季に路面凍結で道が滑るため緩やかな坂道でも高齢者には移動が難しくなる。また、大量の積雪により公園などオープンスペースへ避難できないため、数少ない屋内避難施設だけでは避難者を収容しきれないことも考えられる。

このような問題を取り上げ、都市の社会的脆弱性を議論するには、都市空間に関する詳細な空間データやその分析技術が必要となる。そこで本稿は、GIS（地理情報システム）を援用して、積雪寒冷地における臨海都市の災害時避難に関する分析方法を提案し、その結果から、都市開発と災害に対する社会的脆弱性に関する考察を行う。なお、災害としては津波災害を取り上げ、積雪期と非積雪期の環境の違いに注目する。

2 北海道太平洋岸における津波想定地域の人口推定

東北地方と違い、北海道の主要都市は海岸部にあるため、津波想定地域には多くの人口が分布している。その状況を確認するため、本稿は、まず総務省が作成した国勢調査小地域データ（2010年）と、北海道が作成した太平洋沿岸市町村の津波想定データをGISで読み込み、津波想定地域の人口を推定した（図1）。なお、この計算で得られる数値は被害想定人口とは異なる。推定の結果、北海道全域で459,896人、太平洋沿岸で439,179人が津波想定地域に居住しているという結果が得られた。2010年現在の国勢調査における北海道の人口は5,507,456人であるため、約12人に1人が津波想

定地域に居住していることになる。

この結果を市町村別にみると、津波想定地域の人口が最も多いのは、釧路市の129,132人であり、函館市、苫小牧市、登別市、北斗市、室蘭市と続く（図2）。次に、太平洋沿岸において津波浸水高別に人口推定を行うと、最多は2.0～3.0mの70,207人であり、続いて1.0～2.0mの69,226人、3.0～4.0mの57,238人となる。これを累積比率としてみると、2.0m未満では31.69%と津波想定地域の人口の3分の1程度、4.0m未満では60.57%と3分の2程度になり、6.0m未満では80.42%となる（図3）。建物1階分の高さを3.5mとした場合、この結果からは、強固なビルの3階以上へ避難することにより、多くの人が津波被害を逃れられる可能性があると思われる。

さらに、市町村の中で津内想定地域の人口が最も多い釧路市、函館市、苫小牧市を取り上げ、津波浸水高ごとに人口の推定を行うと、釧路市では津波高4.0～5.0mの想定地域で最も人口が多く、函館市では、それより低い2.0～3.0mの地域で、苫小牧市では、さらに低い1.0～2.0mの地域で最多となる（図4）。このように、地域において人口の多い津波高が異なるため、それに対応した防災策を取る必要がある。

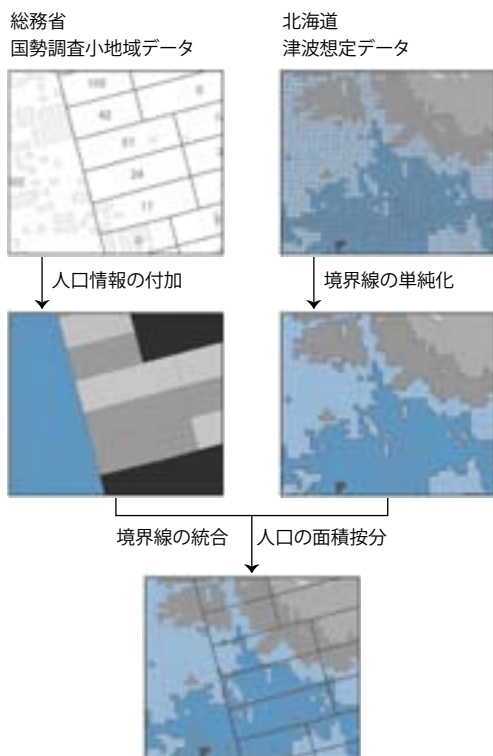


図1 人口推定の方法

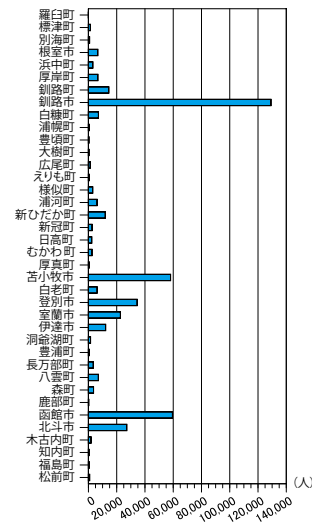


図2 津波想定地域の市町村別人口推定値（2010年）

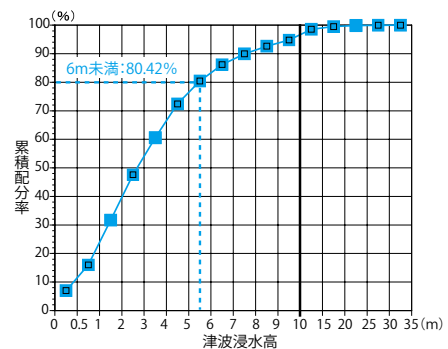


図3 津波浸水高ごとの人口の累積配分率（2010年）

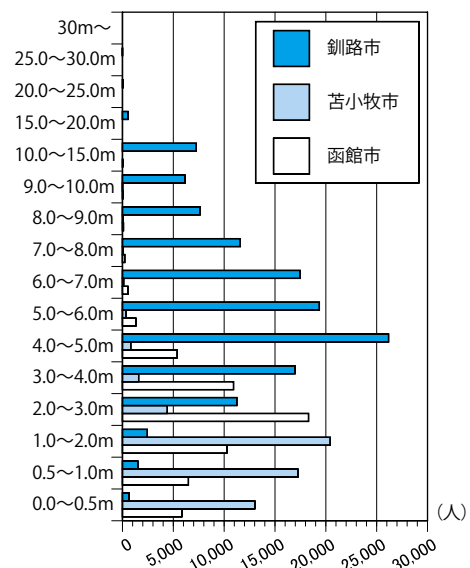


図4 臨海都市の津波想定地域における浸水高別人口推定値（2010年）

3 ネットワークボロノイ領域分割による避難圏域分析

ここから本稿は、津波想定地域に最も多くの人口が分布する釧路市を対象地域とする。2012年6月に北海道から公表された津波想定をGISで可視化して旧釧路市の部分を示すと、釧路市の海岸付近で想定される津波高は10mを超えており、その範囲は市街地西部ではJRよりも北側にまで及んでいる（図5）。

ここで本稿は、避難場所にとどの程度の避難人口を収容できるのか考察するため、ネットワークボロノイ領域分割を用いて各避難場所の圏域（避難圏域）を設定する（図6）。避難場所を母点、道路網をネットワークとした事例を示すと、一般的な平面ボロノイ領域は河川などを考慮しない単純な空間分割を行うのみであるが、本稿が提案するネットワークボロノイ領域は「河川を橋でしか通行できない」といった条件を付加した空間分割を行うことができるので、現実的な圏域設定を行うことができる（相馬・橋本,2005）。なお、2013年2月現在、釧路市の指定避難施設と津波緊急一時避難施設は192施設あり、本稿は、そのうち津波発生時の避難場所である114施設を母点としてネットワークボロノイ領域分割を行う。さらに、設定された避難圏域から、内部に津波想定地域を含まないものを除外して、80カ所の避難圏域について分析を行う。

設定された避難圏域内における2010年時点での避難場所の収容能力をみるため、津波想定地域人口から避難場所の収容可能人数を引いて非収容人口を算出すると、すべての人口を収容できる避難場所は80カ所の中

で25カ所あり、その比率は31.25%となる（図7）。逆に収容しきれない避難場所は55カ所であり、68.75%を占める。そのうち、1,000人以上の非収容人口が発生する避難場所は16カ所で、特に市街地西部や釧路駅の北側の地区に多くの非収容人口が目立つ。なお、これらの地区ほどではないが、釧路駅の南側や市街地東部の海岸部でも、多くの非収容人口が発生している。このように、釧路市では津波想定地域の人口に対して避難場所の収容能力が不足しており、住宅が増えつつある市街地西部で著しいことがわかる（図8）。

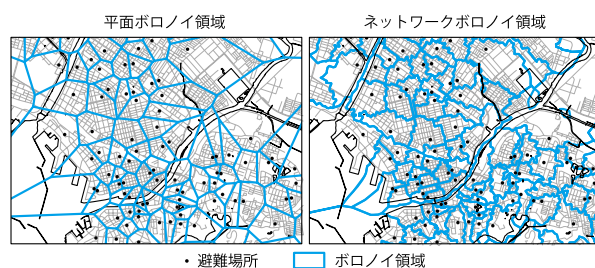


図6 ネットワークボロノイ領域分割の事例

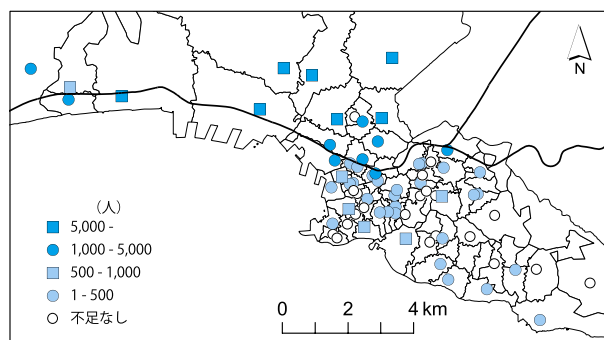


図7 避難圏域ごとの非収容人口（2010年）

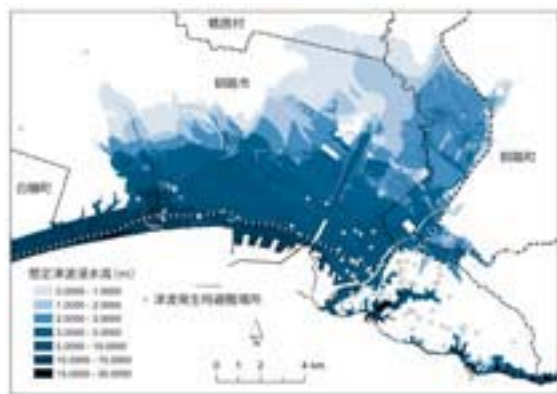


図5 釧路市における津波想定地域

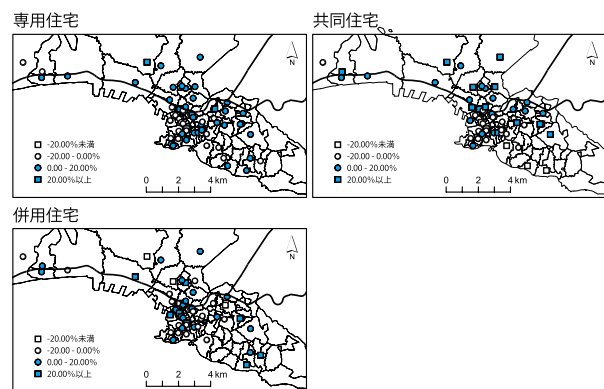


図8 避難圏域ごとの用途別延べ床面積の変化（2002～2010年）
都市計画基礎調査データにより作成

4 ネットワークバッファによる到達圏分析

さらに本稿は、津波到来までの時間的制約による避難可能距離を考慮した分析を行うために、ネットワーク空間上のバッファ生成を用いて、避難場所への到達圏を設定する。通常、空間データにおいて任意の点からのバッファは円形になるが、ここではネットワーク空間上で避難場所から一定距離にある範囲（ネットワークバッファ）を到達圏とする方法を用いる（図9）。なお、避難場所からの距離としては、2011年に国土交通省が発表した『東日本大震災の津波被災現況調査結果（第3次報告）』を参考にして500mとする。計算の結果、2010年における到達圏人口は、津波想定地域に居住する人口の30.03%であり、残りの69.97%は到達圏外となる。

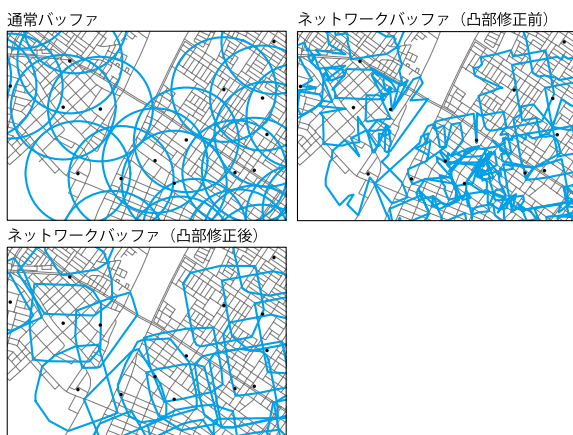


図9 ネットワークバッファ作成の事例

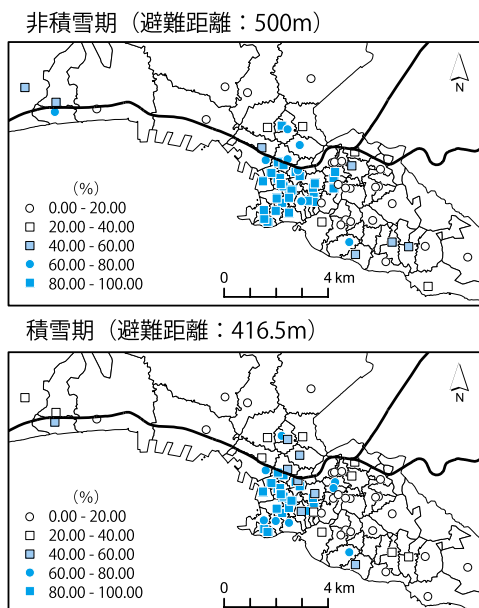


図10 津波想定地域における到達圏内人口の比率（2010年）

釧路市では、積雪期に路面が圧雪で滑りやすくなり、路側帯は除雪した雪の置き場となって道路の幅員がきわめて狭くなるため、単位時間当たりの移動距離が短くなる。ここで、内閣府資料を基にした竹内（2008）を参考に、積雪期の移動距離を非積雪期の0.833倍である416.5mにして到達圏として算出すると、到達圏内の人口は全体の22.92%となる。

避難圏域ごとに到達圏内人口の比率をみると、非積雪期も積雪期も中心部で高く、周辺部で低くなっている（図10）。このことから、釧路市西部や東部に拡大した住宅地では、近隣に津波避難場所がなく、避難時には長距離の移動が必要であることがわかる。このように釧路市では、避難場所の収容能力不足に加えて、避難場所までの移動距離の長さも、1年を通じて問題となっている。

加えて、これら地区では高齢者比率が高いことも問題を深刻化させている（図11）。高齢者は移動に時間がかかるため、津波到達までに避難ビルに入ることができなかつたり、到着した時には満員の状態で避難場所に入れなかつたりする可能性がある。

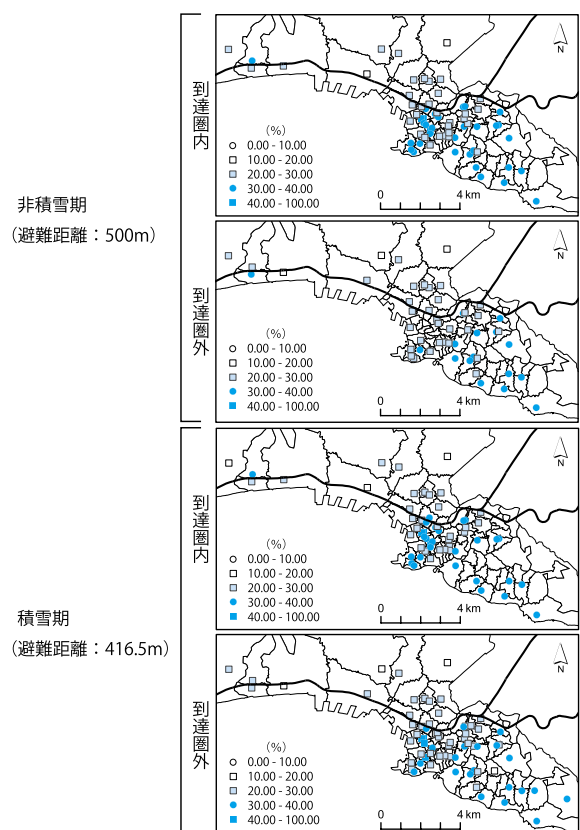


図11 津波想定地域における到達圏内外の高齢者比率（2010年）

5 衛星測位による保育園の集団避難行動

このように開発が進んだ都市において、災害時避難は重要であるにも関わらず、現状は芳しくない。そのため、高齢者や幼児が無事に避難するためには、住民の自助や共助といった日頃の備えが必要になる。例えば、釧路市の津波想定地域にある保育園は、従来の避難場所では避難が困難と考え、新しい津波避難場所を探している。津波想定が6m以上の地域に立地する保育園のうち7カ所で聞き取り調査を行ったところ、多くの保育園が東日本大震災以降に、避難先を近隣の4階以上の建物に変更を行っており、これは避難場所の収容能力不足への対策として有効と考えられる。

ここで避難の実態を把握するため、2012年9・10月と2013年2月に大学生を疑似避難者として保育園から新しい避難先までの避難実験を行い、その移動をGPSロガーで記録した。信号待ち時間を削除して移動時間をみると（図12）、7つの保育園のうち5つが新避難場所に5分以内で到達している。時間がかかっているのは、近隣に高い建物がないため遠距離の避難場所に移動しなければならない保育園であるが、それでも8分前後で到達している。ただし、この時間は集団で移動する場合における先頭の到達時間であり、最後尾まで到達するには、さらに時間がかかる。なお、今回の実験では、いずれの経路もほとんど積雪期と非積雪期の差は僅かであったが、積雪時に狭い坂や階段を急いで上って避難する場合、雪置き場が移動経路上にあり非積雪期と異なる経路を選択しなければならない場合、大きな凹凸のある厚い氷が路面を覆って歩行が困難になる場合など、様々な状況が季節によって生じるため、常に避難経路を迅速に移動できるように整備することが重要と考えられる。

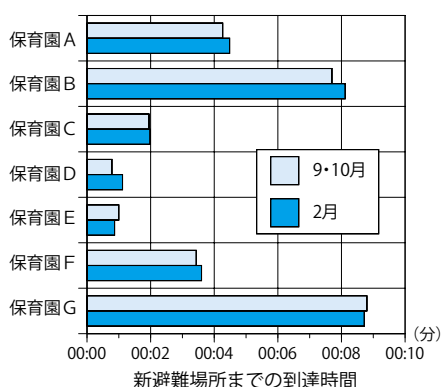


図12 事例保育園の新避難場所までの到達時間

6 地理空間情報の流通加速の必要性

本稿は、積雪寒冷地における臨海都市において、GISを援用した津波発生時避難の分析方法を提案し、その結果から、都市開発と災害に対する社会的脆弱性に関する考察を行った。その結果、北海道は沿岸部で都市開発が行われてきたため、多くの住民が津波想定地域に居住しており、事例とした釧路市では、津波発生時に避難場所までの距離や、その収容能力などに関して解決すべき問題が残されていることが明らかになった。また、季節差に注目した分析からは、積雪期に、これらの問題が深刻化する恐れがあると考えられた。なお、これら問題に対応するため保育所などでは近隣のビルを新しい津波避難場所にするなど、独自の試みを行っていた。

本稿で扱った問題解決のために、公助だけでなく住民による自助や共助が重要であることは言うまでもない。しかし、自助・共助・公助を有効に機能させるためには、正確な情報を迅速に共有するための社会的な仕組みが必要である。一般に災害情報はマクロスケールで公表されるのに対し、対策は町内会や自宅周辺といったミクロスケールで考える必要がある。その間を繋ぐ情報、なかでも位置情報が付加された地理空間情報の流通を加速させることが、自助・共助・公助を有効に機能させ、都市開発によって増大する災害への社会的脆弱性を克服することに結びつくと思われる。この情報流通を加速させるために、自治体は様々な情報の発信者にアクセスし、情報を整理し、必要とする受信者に情報を流すハブ機能を備えることが重要である。また、場合によっては、受信者が必要とする情報を発信者に伝え、より住民ニーズに適合した情報の流通を作っていくことで、自治体は防災力を高めることが可能と考えられる。

参考文献

- ・相馬絵美,橋本雄一(2005): ネットワークボロノイを用いた都市内避難場所の圏域分析. 地理情報システム学会講演論文集,14,443-448.
- ・竹内慎一(2008): 積雪寒冷期を考慮した津波避難対策の検討について.北海道建築指導センターCENTER REPORT,166,2-5.