

高齢者を考慮した津波避難シミュレーションにもとづく津波防災計画手法

－防災ロバストコンパクトシティの構築 その5 釧路市・函館市を対象として－

コンパクトシティ 避難シミュレーション
高齢者避難 津波防災
津波 津波避難ビル

正会員 ○猪俣 咲月 * 同 松下 鯉太郎 ****
同 瀬戸口 剛 **
同 杉本 匠 ***

1. 研究の背景と目的

日本の地方都市では高齢化が急速に進行しており、災害時には高齢者の身体的特性に起因する避難の難しさが深刻な課題である。一方、既成市街地や立地適正化計画における居住誘導区域が津波浸水リスクの高い地区と重なる場合があり、津波防災と都市計画の両立が求められている。既往研究では、市域全体を対象とした避難シミュレーションに基づく都市構造に関する対策提案¹⁾や、避難速度の違いや避難時の混雑を考慮したマルチエージェントシミュレーションによる狭域への分析²⁾が行われているが、高齢者の避難特性（以下、高齢者特性）を考慮した市域全体への分析・対策提案は十分に検討されていない。本研究では、高齢者特性を考慮した津波避難シミュレーション（以下、避難シミュ）を構築し、津波防災計画手法を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の方法

①対象都市において避難シミュにより健常者と高齢者それぞれの避難困難地域を明らかにする。②①の結果に基づいて、現状での高齢者避難可否の空間的・立地的要因を分析する。③高齢者の津波避難に対して津波防災計画的対策の提案及びその効果検証を行う。④以上により、高齢者津波避難における都市計画的対策の効果を明らかにする。

避難シミュの方法について、日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル³⁾の最大クラスの津波浸水想定に基づき、市街地の広域が津波浸水想定区域と重複する函館市と釧路市を対象として避難シミュを行った（図1,2）。避難シミュ^{註1)}では、健常者の避難速度を0.5m/sとし、高齢者の避難速度を0.35m/sとした。津波浸水想定区域外への水平避難、避難ビルへの垂直避難の可否に基づいて、水平避難可能地域、垂直避難可能地域、高齢者のみ避難困難地域、両者避難困難地域に区分した。避難困難総人口を高齢者のみ避難困難地域の高齢者人口と両者避難困難地域の全人口の合計、避難困難高齢者人口を両地域の高齢者人口の合計として定義し、避難困難人口の数値は「避難困難総人口（避難困難高齢者人口）」の順で示す。

3. 現状分析

3-1. 函館市の現状分析

函館市では、高齢者の避難困難地域が分散して確認された（図1b）。避難困難人口は12,196(6,609)人で半数以上が高齢者であった。高齢者の避難困難地域は、周辺に避難ビルが少ない中低層住宅地に多い傾向がある。

3-2. 釧路市の現状分析

釧路市では、避難ビルを中心に同心円状に避難困難地域が広がっている（図2a）。広域に広がる津波浸水想定区域に対して既存避難ビルが少ないため避難ビルに到達できない人口が41,527(17,374)人と多い。また、避難困難人口の約4割が高齢者であり、高齢者の占める割合が大きいことが明らかになった。

4. 高齢者施設の立地に着目した対策検討

高齢者の避難時の安全性および避難後の生活継続を考慮し、高齢者施設に着目して対策検討を行う。実際の整備を想定した実装可能性の高い下記2つの対策手法を検証した。

①既存建物で津波避難ビルの選出基準を満たすものを追加指定避難ビルとする。②①に加えて、既存の高齢者施設を高齢者施設兼避難ビルとして建て替える。

4-1. 函館市における対策検討

函館市での対策効果検証の結果は下記のようになった。

- ① 函館市は既存高齢者施設で津波避難ビルの選出基準を満たす20棟を追加指定することで避難困難人口が1,796人減少し、10,400(5,499)人になる。さらに既存建物181棟^{註2)}（うち高齢者施設5棟）を追加指定する避難達困難人口が9,918人減少し、2,277(1,289)人になる（図1b,c）。
- ② 既存高齢者施設36棟（①の20棟を除く）を高齢者施設兼津波避難ビルとして建て替えると、さらに344人の避難困難人口が解消し1,933(961)人になる。

函館市では、対策後においても避難困難人口の内訳では高齢者が約半数を占め、高齢者の避難困難が課題として残る。既存建物の追加指定により避難困難人口は大きく改善する一方で、避難困難地域が細かく分散しているため高齢者施設の建て替え効果は相対的に小さいことが明らかになった。

4-2. 釧路市の対策検討

釧路市での対策効果検証結果は下記のようになった。

- ① 既存建物154棟^{註2)}（うち高齢者施設2棟）を追加指定すると、避難困難人口は23,104人減少し18,424(8,760)人となった。未だ避難困難の地域が目立つ（図2b,c）。
- ② 高齢者施設29棟（①の2棟を除く）を避難ビル兼高齢者施設として建て替えることで避難困難人口がさらに4,676人減少し13,748(6,998)人になる。このうち10棟を建て替えることで避難困難人口が4,267人減少し14,157(7,380)人になる。図中のA・B・Cは周辺に避難ビルが少ない中低層住居地域に立地するため建て替えの効果が大きく、それぞれ1,491(295)人、816(239)人、

715(265)人の避難困難が解消される。

釧路市では、追加指定後も避難困難地域が広範囲に残り、高齢者施設の建て替え効果が大きい。高齢者施設は避難困難地域に立地するものがあり、立地条件によっては1棟あたりの改善効果が大きく、高齢化による将来需要や避難後の生活を考慮すると有効な対策である。

5. 結論

本研究では、避難シミュを用いた分析によって、高齢者の避難可否の現状を明確にし、津波防災計画手法の効果を検証した。津波災害リスクのある地域への対策検討に向け、得られた知見を以下に述べる。

- 1) 避難シミュにより、対策前後の避難困難人口に占める高齢者の人数と避難困難地域の分布を明らかにした。
- 2) 函館市のように追加指定可能な既存建物が多い地域では、既存建物の追加指定により避難困難は大きく解消される。
- 3) 釧路市のように既存建物を追加指定後も避難困難地域が広域に残る地域では、避難困難地域に立地する高齢者施設の高齢者施設兼避難ビルへの建て替えが避難困難の改善に有効である。
- 4) 高齢者の避難困難地域は郊外の中低層住宅地域に多く、高齢者施設も同様の地域に立地する傾向が確認された。一方、これらの地域では区域区分などの都市構造上の制約により新たな大規模避難拠点の整備が困難である。今

後、高齢化に伴い高齢者施設の需要が増加することを踏まえると、高齢者施設の新設・更新時には、津波防災的観点に基づき避難ビルとしての機能も加味した検討が求められる。

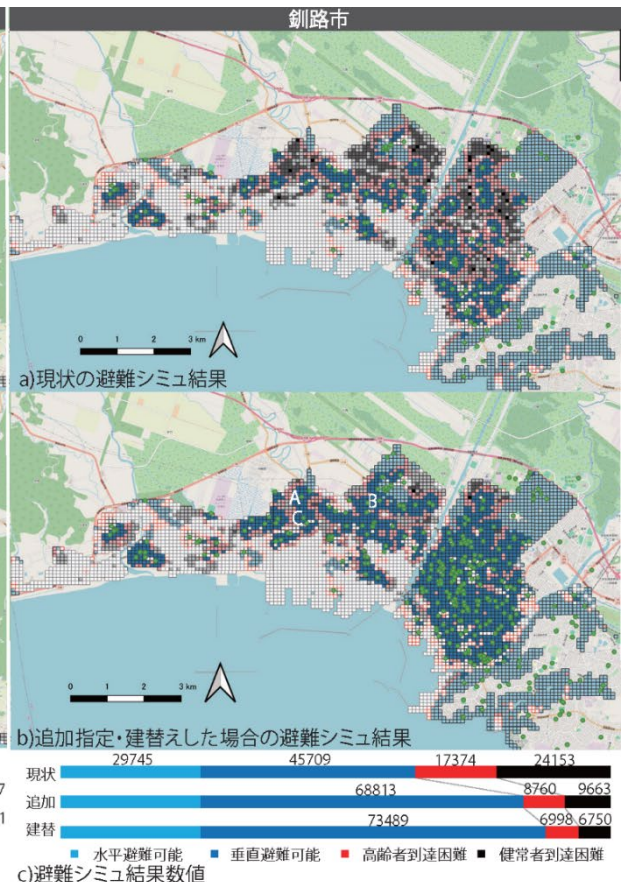
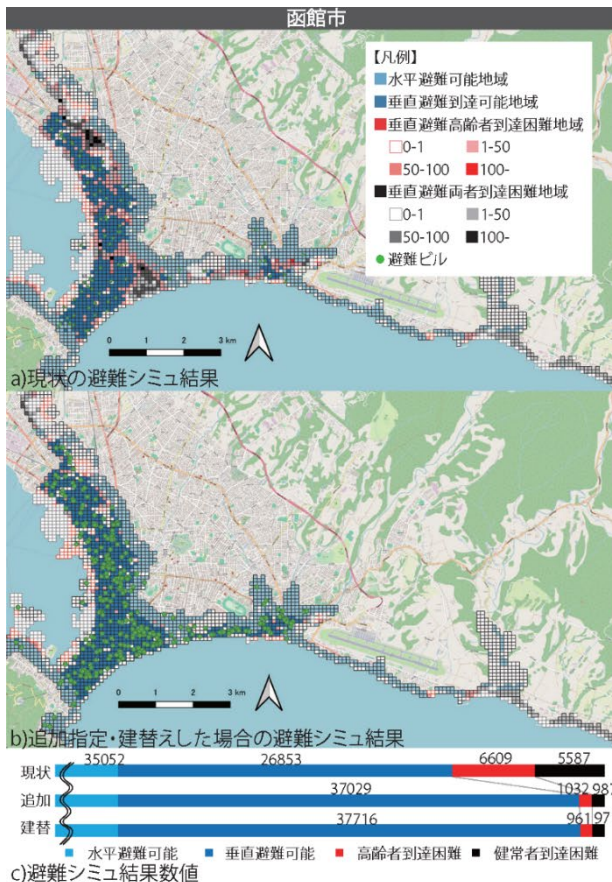
本研究では、避難シミュにより高齢者の避難可否が明らかになり、高齢者施設を避難ビルとして建て替えることの有効性が示された。一方で、避難ビルとして利用する際の収容人数の課題や、将来の需要を踏まえた立地検討については今後明らかにしていく必要がある。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP21K18174 「人口減少都市において防災効果を高めるロバストコンパクトシティの構築」の助成を受けたものです。

【参考文献】1) 川井智大,他5名:津波被害を低減するコンパクトシティの計画手法 -防災ロバストコンパクトシティの構築 その1-,日本建築学会年次大会,2023 2)松下鯉太郎,他4名:マルチエージェントシミュレーションを用いた防災地域まちづくりの計画手法-防災ロバストコンパクトシティの構築 その2 函館市・釧路市を対象として-,日本建築学会年次大会,2024

【注釈】注1) 本研究の津波避難シミュレーションでは次の通り設定した。避難時間〈釧路〉25(最短津波到達時間) - 10(避難準備時間) = 15, 〈函館〉26(最短津波到達時間) - 10(避難準備時間) = 15, 避難ビル〈釧路〉浸水域内の釧路市指定避難ビル131箇所・新設予定避難ビル1箇所, 〈函館〉浸水域内の函館市指定避難ビル78箇所 2) 避難ビルの選出基準を満たす既存建築物。



* 北海道大学大学院工学院 修士課程
 ** 北海道大学 理事・副学長/大学院工学研究院 教授 博士 (工学)
 *** 北海道立総合研究機構 法人本部 研究推進部 工修
 **** 株式会社 竹中工務店 工修

Master Course, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ.
 Executive Vice President, Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 Hokkaido Research Organization, M.Eng.
 Takenaka Corporation, M.Eng.