

震災前後の標高変化を考慮した 岩手県大槌町における津波避難に関する研究

谷本 真佑¹・宇都宮 健太²・川下 亨³・南 正昭⁴

¹正会員 岩手大学助教 理工学部システム創成工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目3番5号)
E-mail:stani@iwate-u.ac.jp

²学生員 岩手大学 大学院総合科学研究科地域創生専攻 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目3番5号)

³非会員 岩手大学 大学院総合科学研究科地域創生専攻 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目3番5号)

⁴正会員 岩手大学教授 理工学部システム創成工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目3番5号)

東日本大震災から9年が経過し、被災した沿岸の地域では現在も復興事業が進められている。事業の進展により、避難場所の数や位置の変化、道路網の変化など、住民の避難行動に影響する事業も各地で見られるようになった。本研究では、震災で大きな被害を受けた岩手県大槌町を対象に、浸水域脱出を優先した避難について解析を行い、最短で避難所へ向かう避難方法との比較を行った。その結果、最短で避難所へ向かうことで浸水域脱出も最短で行える地区が多く存在する一方、浸水域脱出優先避難により、浸水域脱出距離や脱出地点の標高に変化が生じる地区の存在も示された。

Key Words : tsunami evacuation plan, Otsuchi town, Reconstruction town planning

1. はじめに

(1) 復興事業による避難環境の変化

岩手県の沿岸部に位置する市町村では、東日本大震災から9年が経過した現在も、震災からの復興に向けた各種事業が進められている。それらに伴う土地利用の転換や都市基盤の整備が行われる中、土地の嵩上げや指定避難場所の変更などにより、津波からの避難環境が大きく変化しているものと考えられる。津波による大きな被害を受けた岩手県大槌町でも様々な復興事業が行われ、道路網の整備や土地のかさ上げなどにより、避難環境が変化しているものと考えられ、復興事業後における住民の避難への影響が考えられる。

(2) 浸水域脱出を優先した避難方法

津波からの避難では、避難場所へ最短距離で向かうことが最も一般的な避難方法であると考えられる。小柳ら¹⁾は、津波避難タワーの有効性を定量的に示した一方、津波避難タワーへの避難により被害が大きくなる場合もあることを確認している。桑沢ら²⁾は、氾濫域内の緊急避難場所の整備よりも、氾濫から迅速に逃れることを優先した方が人的被害を低減できることを把握した。これらを踏まえて佐藤ら³⁾は、「津波浸水域外への脱出を優先し、そこから1次避難場所に避難する方法」につ

いて提案を行い、適用性と課題について述べている。宇都宮⁴⁾らは、佐藤ら³⁾の研究を踏まえて津波浸水域外への脱出を優先する避難方法の有効性を分析しているが、経路解析に用いた道路網リンク距離が平面距離であるため、標高の変化が大きい経路を分析する際には実際の距離(斜距離)との差が大きくなることが考えられる。

(3) 本研究の目的

本研究では、東日本大震災により甚大な津波被害を受けた岩手県大槌町を対象に震災前と復興事業後の避難環境がどのように変化しているかを明らかにし、「先に浸水域を最短経路で脱出し、その後避難場所への避難をする方法」の適用性を考察することを目的とする。

2. 研究方法

(1) 研究対象地域

本研究では、図-1に示す岩手県大槌町を対象としている。両地区は土地区画整理事業や防災集団移転促進事業によって土地のかさ上げが行われるとともに道路網が変化し、復興事業後の避難環境への影響が予想される。分析対象範囲は大槌町沿岸部のうち東日本大震災の津波による浸水域であり、この範囲内を避難開始地点とし浸

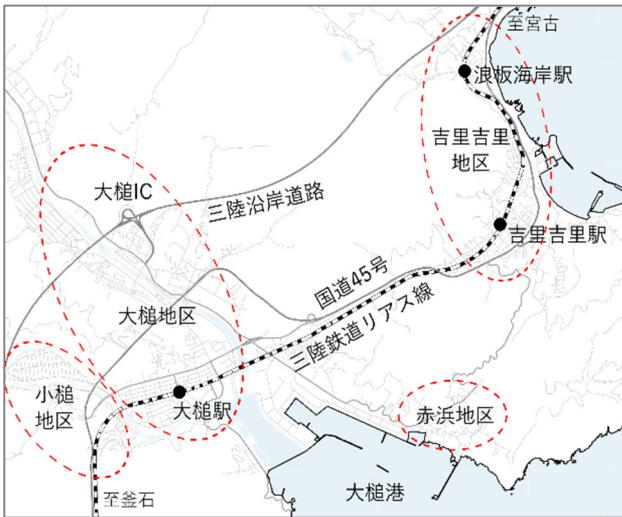


図-1 研究対象地域 (国土地理院・数値地図を使用)

水域外の避難所に移動する経路について分析を行った。

(2) 研究方法の概要

本研究では、震災前後の道路網・避難場所・DEMデータを使用し、避難方法別の避難経路についてネットワーク分析を行い、各々の経路の距離および標高に関する解析を行った。ネットワーク分析では斜距離を用いた。本研究では、避難開始地点から避難場所および浸水域脱出地点までの最短経路とその移動距離について分析するとともに、当該経路上の浸水域脱出地点と避難所の標高についても併せて分析を行った。

(3) 避難方法と避難経路

本研究では、従前の「最寄り避難場所に直接避難する方法」と、佐藤ら 3)によって提案された「先に浸水域を最短経路で脱出し、その後避難場所への避難をする方法」の両者を比較している。本研究では、最

寄り避難場所に直接避難する方法のことを「避難所優先」と、先に浸水域外を最短経路で脱出し、その後避難場所への避難をする方法のことを「浸水域脱出優先」と表記することがある。図-2は本研究で検討した2つの避難方法の模式図である。青色で示した経路が直接避難を優先した場合の避難経路、オレンジ色で示した経路が浸水域脱出を優先した場合の経路である。浸水域と道路網の交差した地点を「浸水域脱出地点」、避難開始地点から浸水域脱出地点までの移動距離を「浸水域脱出距離」、避難開始地点から避難場所に到達するまでの移動距離を「避難距離」とした。本稿では、浸水域脱出を優先することによる避難距離および浸水域脱出距離の変化と、浸水域脱出地点および到達避難所の標高についての分析結果を示す。

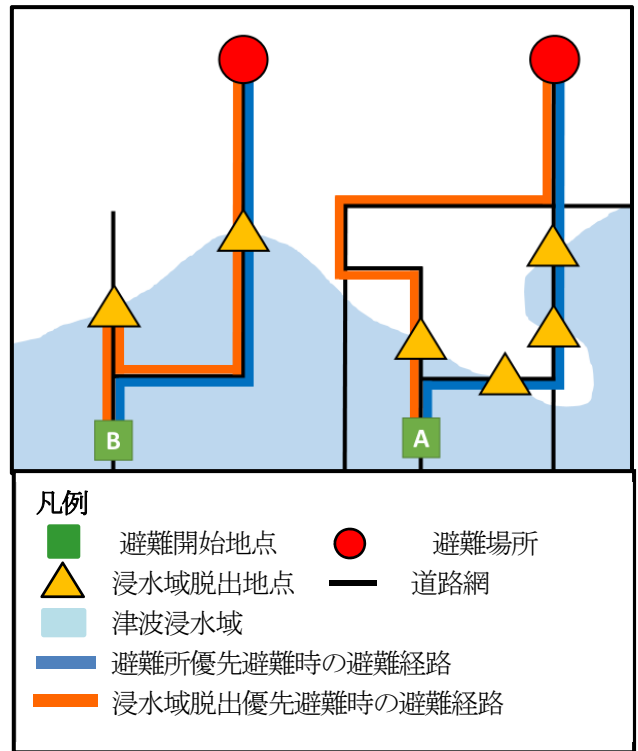


図-2 避難方法と経路

3. 避難方法の違いによる距離の変化

(1) 避難所到達までの距離の変化

震災前の道路網および避難場所のデータを用い、浸水域脱出優先時と避難所優先時の避難距離を解析し、両者の差を算出したところ、図-3に示す結果が得られた。図中のメッシュの赤色が濃くなるほど距離差が大きくなり、浸水域脱出優先避難による避難距離の増加が大きいことを示す。また、黄色のメッシュは距離差が0となる地点で、浸水域脱出を優先しても、避難所までの距離が避難所優先時と変わらないことを示す。

浸水域脱出の優先により、避難所までの距離が増加することが予想されたが、浸水域脱出を優先しても避難距離が増加しないメッシュが対象地域内の広い範囲で確認された。一方、浸水域脱出を優先することで避難距離が増加するメッシュも一定数確認され、図中の西部に位置する小槌地区や中央に位置する大槌地区、東部沿岸に位置する吉里吉里地区・赤浜地区では、浸水域脱出優先による避難距離の増加が751m以上である結果が示された。

復興事業後の道路網および避難場所のデータを用い、震災前と同様に避難方法の違いによる避難距離差を求めたところ、図-4に示す結果が得られた。避難距離差の分布は震災前と類似している傾向が示され、浸水域脱出を優先しても避難距離が増加しないメッシュは、復興事業後においても町内の広い範囲で引き続き確認された。一方、浸水域脱出を優先することで避難距離が増加する

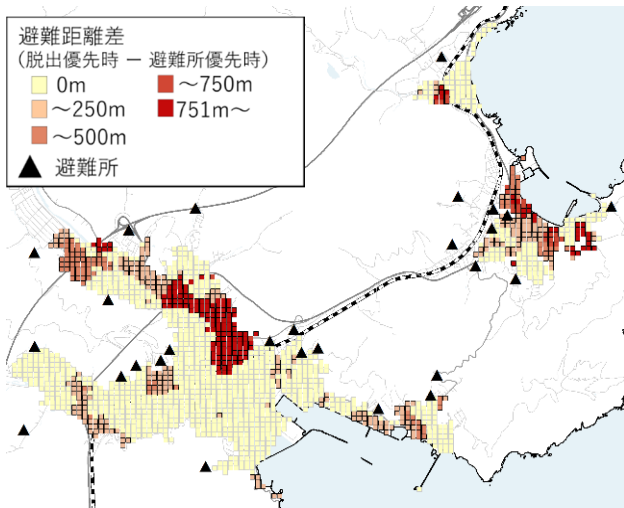


図-3 避難方法の違いによる避難距離差 (震災前)

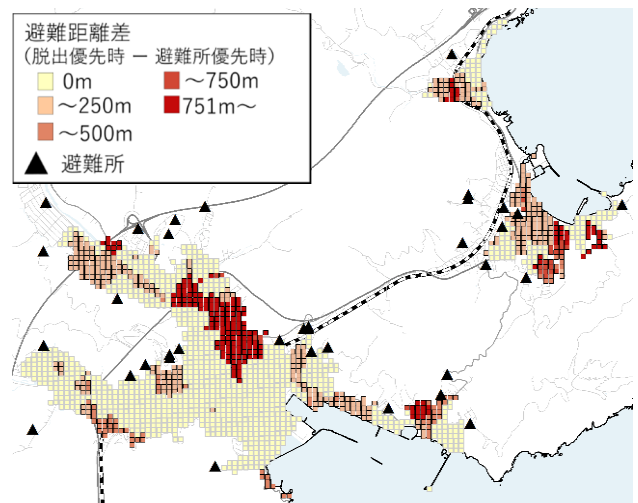


図-4 避難方法の違いによる避難距離差 (震災後)

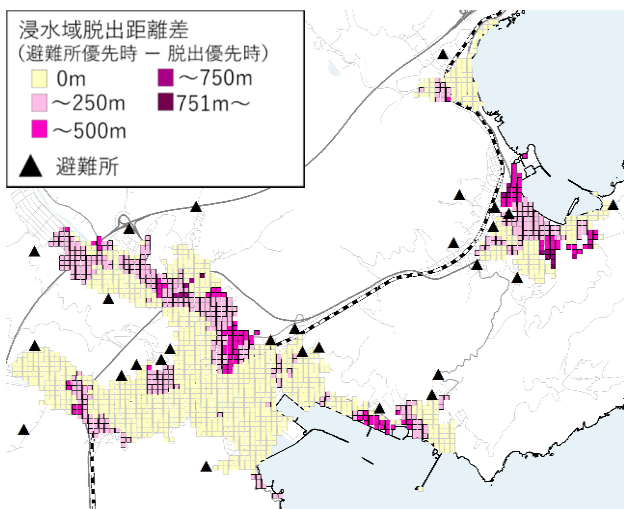


図-5 避難方法の違いによる浸水域脱出距離差 (震災前)

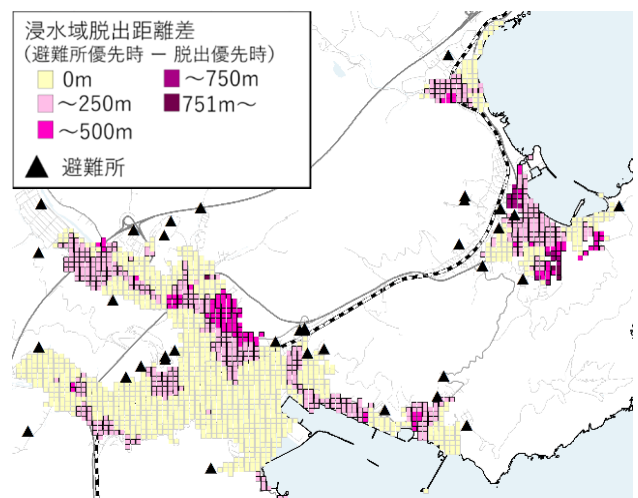


図-6 避難方法の違いによる浸水域脱出距離差 (震災後)

メッシュも同様に確認されたが、震災前と比較しその分布や距離に差が見られた。図の中央部に位置する大槌地区など、復興事業後も依然として総避難距離差が 751m 以上となっている。その一方で、図中の東部沿岸に位置する吉里吉里地区・赤浜地区や、西部に位置する小槌地区では、復興事業後においても浸水域脱出優先避難により避難所までの距離が増加しているものの、復興事業後は増加距離が抑制されることが確認された。

(2) 浸水域脱出距離の変化

本節では、浸水域脱出距離に着目し、浸水域脱出優先時の脱出距離と、避難所優先時の脱出距離を解析し、両者の差を算出した。震災前の道路網および避難所のデータを用いて得られた浸水域脱出距離差の空間分布を図-5に示す。図中のメッシュの赤色が濃くなるほど距離差が大きくなり、浸水域脱出優先避難による浸水域脱出距離の短縮幅が大きい、すなわちより短い距離で浸水域を脱出できる地点であることを示す。また、黄色のメッシュは距離差が 0 となる地点で、浸水域脱出を優先しても、

脱出までの距離が避難所優先時と変わらないことを示す。

前節で示した避難距離の分析結果と同様に、黄色のメッシュが対象地域内の広い範囲で確認された。このことは、避難所優先時と浸水域脱出優先時で脱出距離が変化しないメッシュが多いことを意味しており、一般的な避難方法と考えられる避難所優先避難を行うことで浸水域も最短で脱出できる避難環境であったことを示している。一方、浸水域脱出優先避難により脱出距離が短縮されるメッシュも一定数確認され、前章で示した吉里吉里地区・赤浜地区、大槌地区、小槌地区で脱出距離が短縮されるメッシュが広く分布している傾向が読み取られる。

復興事業後の道路網および避難場所のデータを用い、震災前と同様に避難方法の違いによる浸水域脱出距離差を求めたところ、図-6に示す結果が得られた。浸水域脱出優先による脱出距離の短縮状況は震災前と同様の傾向にあるが、短縮距離や分布に変化が見られる地域もみられた。震災前と同様に、吉里吉里地区・赤浜地区、大槌地区、小槌地区で脱出距離が短縮されるメッシュが広く分布している傾向が読み取られる。また、吉里吉里

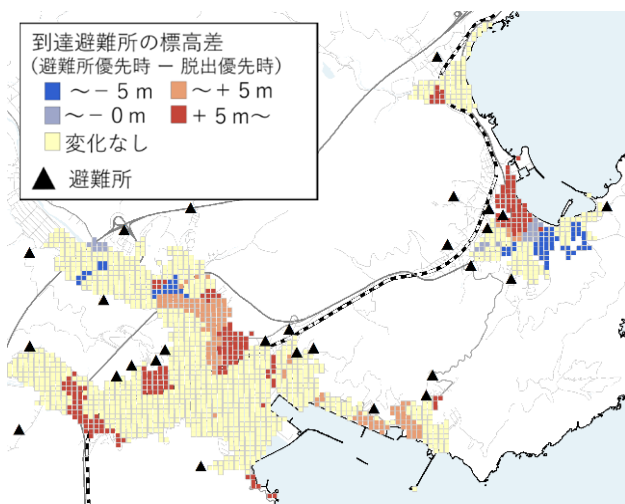


図-7 避難方法の違いによる到達避難所の標高差（震災前）

地区や赤浜地区の一部では、避難所優先時の浸水域脱出距離との差が震災後に拡大し、浸水域脱出避難により脱出距離がさらに短縮されるエリアもみられた。

4. 避難方法の違いによる標高変化

(1) 到達した避難所の標高変化

本節では、到達先の避難所の標高に着目し、避難所優先時に到達した避難所の標高と、浸水域脱出優先時に到達した避難所の標高を解析し、両者の差を算出した。図-7は、震災前の道路網および避難所のデータを用いて得られた、到達先の避難所標高の差の空間分布を示している。赤色のメッシュは避難所優先時に到達した避難所の標高が高くなるエリアであり、青色のメッシュは浸水域脱出優先時に到達した避難所の標高が高くなるエリアをそれぞれ示している。また、メッシュの色が濃くなるほどその差が大きくなる。黄色のメッシュは、いずれの避難方法でも到達先の避難所の標高に変化がみられないエリアである。

対象地域内の広い範囲に黄色いメッシュが分布しており、避難方法により到達避難所の標高に変化がみられないエリアが多い傾向が見て取られる。前章で示した避難距離の分析においても同様の傾向がみられたことから、これらのエリアは避難方法が異なっても避難経路は同一であるものと考えられる。一方、避難方法により到達先の避難所の標高に差が生じるエリアも確認され、前章で避難距離差がみられた吉里吉里地区、赤浜地区、大槌地区、小槌地区を中心に到達避難所の標高に変化がみられた。小槌地区では、脱出優先避難により到達する避難所の標高が5m以上低くなる結果が示された。吉里吉里地区では、小槌地区と同様の傾向を示すメッシュが存在する一方、脱出優先避難により到達する避難所の標高が5

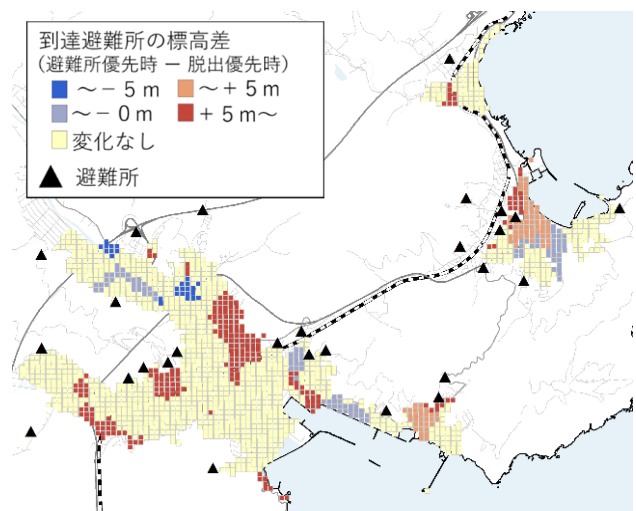


図-8 避難方法の違いによる到達避難所の標高差（震災後）

m以上高くなるメッシュも存在し、地区により異なる傾向が示される結果が得られた。

図-8は、震災後の道路網および避難場所のデータを用いて得られた、避難方法の違いによる到達避難所の標高差の分布である。

震災前に標高差がみられた地域では、復興事業後においても標高差がみられる傾向にあるものの、震災前と比較してメッシュの分布や標高差に若干の差がみられた。

図内の東側に位置する吉里吉里地区では、標高差が5m未満となるメッシュが震災前より増加し、標高差が縮小する傾向が確認できる。一方、図内の中央部に位置する大槌地区では、標高差が5m以上となるエリアが拡大している様子が確認できる。また大槌港周辺では、浸水域脱出優先避難を行った場合に避難所優先避難時より高い避難所が到達するメッシュが震災後に発生したり、反対に避難所優先時よりも低い標高の避難所に到達するメッシュが震災後に発生するなど、震災前後で避難環境が比較的大きく変化しているメッシュがみられた。

より標高の高い避難所への避難は、避難者の安全確保の面からは望ましいものの、高齢者や避難時に支援を要する住民にとっては避難行動の負担増大が予想される。このため、避難方法の差による標高変化の評価には、当地の自然条件や社会条件を踏まえた詳細な検討が望まれる。

(2) 浸水域脱出地点の標高変化

本節では、浸水域脱出地点の標高に着目し、避難所優先時に通過した浸水域脱出地点の標高と、浸水域脱出優先時に通過した浸水域脱出地点の標高を解析し、両者の差を算出した。

図-9は、震災前の道路網および避難所のデータを用いた浸水域脱出地点の標高差の空間分布を示している。メッシュの着色方法は、前節の分析と同様である。黄色

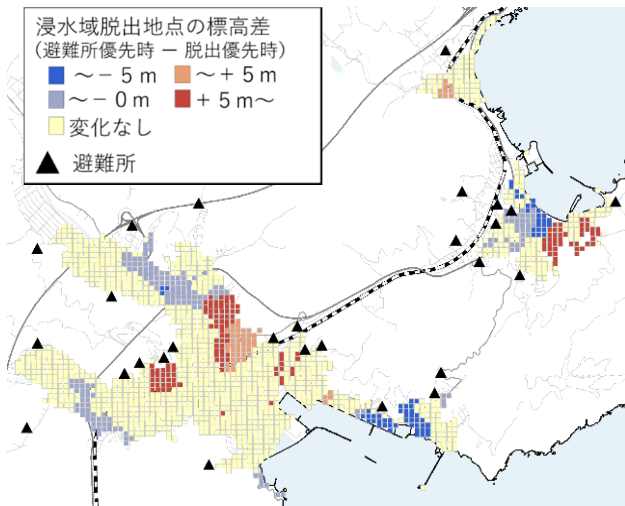


図-9 避難方法の違いによる
浸水域脱出地点の標高差（震災前）

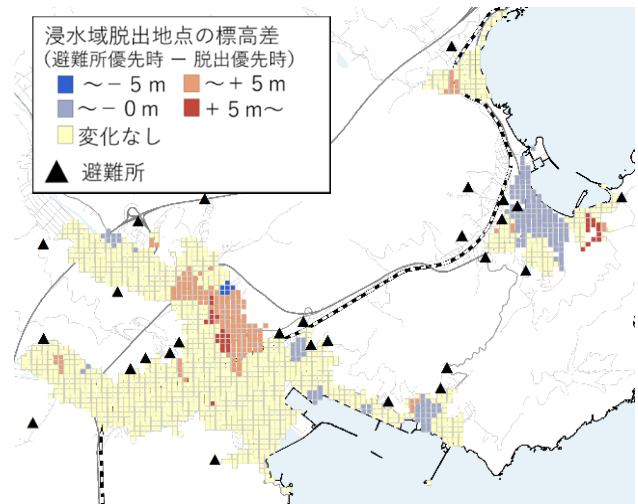


図-10 避難方法の違いによる
浸水域脱出地点の標高差（震災後）

の「変化なし」のメッシュが広く分布している一方、前章で示した距離差の分析や、前項で示した避難所の標高差の分析で差がみられたメッシュを中心に、浸水域脱出地点の標高も変化している様子が確認できる。脱出地点の標高が変化したメッシュの多くは赤く着色され、浸水域脱出優先の避難を行った場合、避難所優先時よりも低い標高で浸水域を脱出できている。中には避難所優先時よりも浸水域脱出地点標高が5m以上低下したメッシュもみられ、吉里吉里地区・大槌地区・小槌地区の一部地域に分布している。一方、吉里吉里地区や大槌地区の一部地域では、浸水域脱出優先の避難により、脱出地点標高が高くなるメッシュも確認された。

震災後の道路網および避難場所のデータを用い、震災前と同様に避難方法の違いによる浸水域脱出地点の標高差を求めたところ、図-10に示す結果が得られた。浸水域脱出地点の標高に変化がなかったメッシュが広く分布している一方、図中の東側に位置する吉里吉里地区や、中央部に位置する大槌地区や大槌港周辺を中心に、避難方法の違いによる脱出地点の標高差がみられた。脱出優先避難時の脱出地点標高が高くなることを示す青のメッシュは吉里吉里地区や大槌港周辺で多く、反対に脱出優先時の脱出地点標高が低くなる赤のメッシュは大槌地区で多い傾向が示された。また、震災前と比較すると、標高差の示されたメッシュの多くは標高差が5m未満に収まる傾向にある。

5. おわりに

本研究では、東日本大震災の津波により甚大な被害を受けた岩手県大槌町を対象に、津波浸水域内からの脱出を優先する避難方法の適用性を検討するため、避難所

へ最短距離で避難する方法（避難所優先避難）と浸水域脱出を最短で行う避難方法（浸水域脱出優先避難）について解析を行い、それぞれの避難経路における避難距離、浸水域脱出距離、到達避難所の標高、浸水域脱出地点の標高について分析した。その結果、大槌町では避難所優先避難と浸水域優先避難とで各距離や標高に変化がみられないメッシュが広く存在し、避難所優先避難をすることが最短で浸水域脱出を行う避難行動に繋がるエリアが震災前後とも多いことが確認された。一方、浸水域脱出優先避難により各距離や標高に変化がみられるメッシュも一定数存在し、浸水域脱出避難の採用による避難の安全性向上が期待できる地域の存在も確認された。

避難所優先避難を行うことで津波浸水域を最短で脱出可能な避難環境が望ましいが、全てのエリアでこれを達成するには、自然条件や社会条件等による制約を考慮する必要がある。本研究では、避難所優先避難が浸水域脱出も最短で行える避難方法であるとは限らないエリアの存在を岩手県大槌町を例に示すとともに、脱出地点や避難所の標高も変化することを示した。

今後の課題として、特に避難所周辺の道路における勾配を考慮した分析や、対象地域の自然条件や社会条件を踏まえた浸水域脱出優先避難の適用可能性を考察することが挙げられる。

参考文献

- 1) 小柳雄揮, 有川太郎: 津波避難シミュレーションを用いた津波避難タワーの効果の検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 72, No. 2, I_1567 - I_1572, 2016.
- 2) 桑沢敬行, 細井教平, 片田敏孝: 津波避難場所の誘導効果とそれを踏まえた設置場所のあり方に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 71, No. 3, pp. 117-126, 2015.
- 3) 佐藤史弥, 南正昭, 谷本真佑: 津波避難の脱出に着

目した津波避難に関する研究，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol. 73, No. 5, I_241-I_251, 2017.

- 4) 宇都宮健太，谷本真佑，川下亨，南正昭：復興事業後の標高変化を考慮した津波避難に関する研究～岩手県陸前高田市を例として～，土木計画学研究・講演集，Vol.59, P109, CD-ROM, 2019.
- 5) 金藤耕輔，宇都宮健太，谷本真佑，南正昭：復興事業による状況変化を考慮した津波避難環境の震災前後比較～岩手県大槌町を例に～，土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集，CD-ROM, 2020.