

復興事業後の標高の変化を考慮した 津波避難に関する研究 ～岩手県陸前高田市を例として～

宇都宮 健太¹・谷本 真佑²・川下 亨³・南 正昭⁴

¹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)
E-mail:t0515010@iwate-u.ac.jp

²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)

³非会員 岩手空間情報研究会 (〒028-3303 岩手県紫波郡紫波町高水寺中田35-42)

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8年が経過しようとしている中、被災した沿岸の地域では復興事業が進められている。事業の進展により、土地利用の変化など避難行動に影響する事業も各地で見られるようになり、その中でも避難場所の数や位置の変化、道路網の変化などは避難行動への影響が大きいものと考えられる。本研究では、旧市街地の広い範囲がかさ上げの対象となった岩手県陸前高田市を対象として、浸水域脱出を優先した避難方法についてネットワーク分析を行うとともに、避難方法別の浸水域脱出地点の標高を集計・比較し、復興事業後と震災前で避難環境を比較して、浸水域脱出を優先した避難方法の適用性について考察を行った。

Key Words : tsunami evacuation plan, Rikuzentakata city, Reconstruction town planning

1. はじめに

(1) 復興事業による避難環境の変化

東日本大震災から8年が経過しようとしている中、被災した沿岸の地域では今もなお復興事業が進められている。事業の進展により土地利用の変化など避難行動に影響する事業も各地で見られるようになり、その中でも土地のかさ上げや新たな道路網の整備は避難行動への影響が大きいものと考えられる。

岩手県陸前高田市でも各復興事業が進展し、道路網の整備や土地のかさ上げなどが進み、避難環境が変化しているものと考えられる。特に本研究で対象としている陸前高田市高田地区および今泉地区は土地区画整理事業¹⁾や防災集団移転促進事業²⁾などによる土地のかさ上げや住宅地の高台移転、道路網の整備などによって街の様相は大きく変化してきており、復興事業後における避難環境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

津波からの避難の際、避難場所に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・有川³⁾は、津波避難タワーの有効性を定量的に確認する一方で、津波避難タワーに避難することで被害が大きくなる場合もあることを確認した。桑沢ら⁴⁾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⁵⁾は、「津波浸水域外に脱出し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。

(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陸前高田市を対象に震災前に比べて復興事業後の避難環境がどのように変化しているのかを明らかにし、その中で復興事業後は震災前に比べて、「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。また、震災前と復興事業後の浸水域脱出地点の標高の変化から、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課題について考察する。

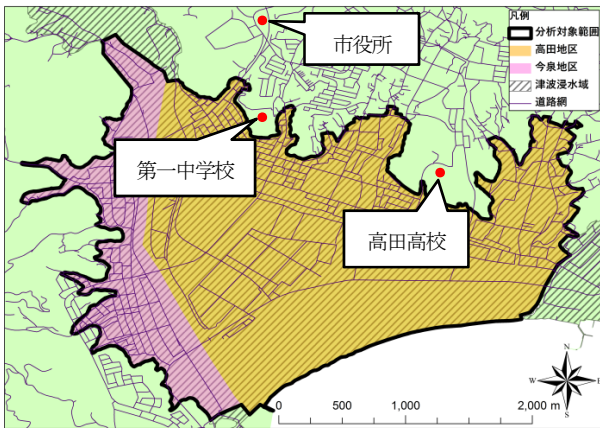


図-1 象地域（陸前高田市高田・今泉地区）

2. 研究方法

(1) 研究対象地域

本研究では、図-1に示す岩手県陸前高田市の高田地区と今泉地区を対象としている。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や高台の整備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に大きな変化が生じていると考えられる。分析対象範囲は高田地区と今泉地区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水域外の目標地点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、震災前と復興事業後のそれぞれの道路網でネットワーク分析を行い、避難方法別の避難経路について距離および標高に関する解析を行った。なお、ネットワーク分析に際し傾斜は考慮せず、平面距離による分析を行った。

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、GISを用いて分析した。

(3) 使用データ

本研究では、道路網、避難場所、浸水域、およびDEMデータ⁶⁾を用いた。道路網に関して、震災前は数値地図(国土基本情報)の道路中心線のデータ⁷⁾を、復興事業後は陸前高田市の土地区画整理事業の計画図⁸⁾を元に、数値地図(国土基本情報)の道路中心線⁹⁾のデータを加工して作成したものをそれぞれ分析に用いた。避難場所に関して、震災前は陸前高田市の東日本大震災の教訓集⁹⁾に記載されている避難場所を、復興事業後は陸前高田市の防災マップ¹⁰⁾に記載されている避難場所を用いた。浸水域は、東日本大震災の津波浸水域¹¹⁾を用いた。DEMデ

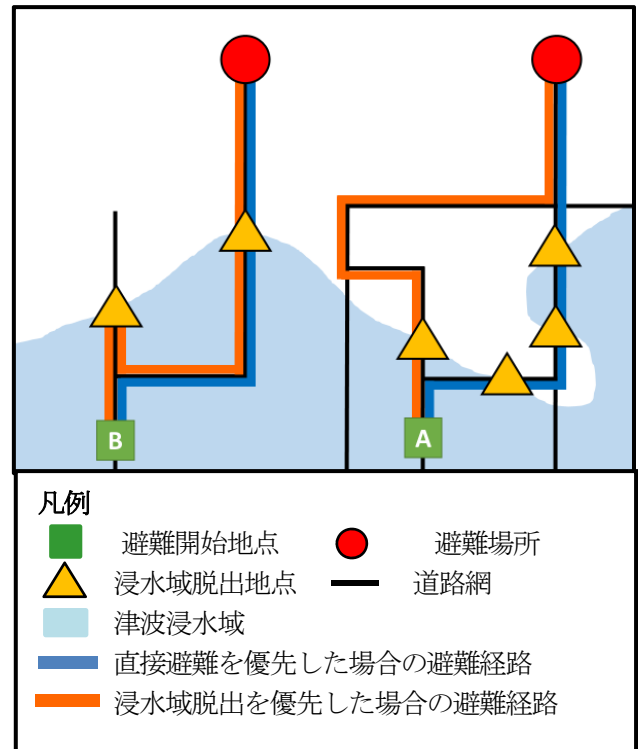


図-2 避難方法と経路

ータ⁹⁾については震災前の50m間隔のデータを用い、主に避難開始地点として用いた。

(4) 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⁵⁾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2つを比較している。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「直接避難を優先した場合」、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「浸水域脱出を優先した場合」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。

3. 避難方法の違いによる避難距離の変化

(1) 震災前

震災前の道路網および避難場所のデータを用い、浸水

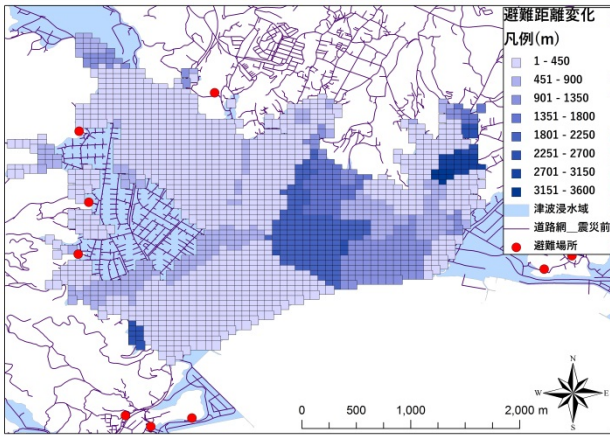


図-3 震災前における避難距離変化の空間分布

域脱出を優先した場合の避難距離と、直接避難を優先した場合の避難距離の差を求めた。その空間分布を図-3に示す。青色が濃いほど避難距離差が大きく、薄いほど避難距離差が小さいエリアであることを示している。

高田地区の中央部や東部、今泉地区の一部に青色の濃いエリアが見られた。これらのエリアでは、浸水域脱出を優先することによる避難距離の増加が比較的大きい傾向にあると解釈できる。

(2) 復興事業後

復興事業後の道路網および避難場所のデータを用い、前節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。

震災前に見られた青色の濃いエリアは見られず、メッシュの表示されていない(=避難距離差が0mである)エリアが震災前より拡大している傾向が確認できる。

(3) 避難距離変化の2時点比較

本節では、前節までで示した避難方法の違いによる避難距離差の空間分布について、震災前と復興事業後で比較する。図-3および図-4より、浸水域脱出を優先した避難による避難距離の増加は復興事業後において抑制される傾向が読み取られる。図-5は、避難距離差の距離帯別に避難経路の本数を集計し、震災前と復興事業後で整理した結果である。図-5より、避難距離差が200m以上となる避難経路の本数が復興事業後に減少傾向にあることや、避難距離差が0~200mである避難経路の本数が復興事業後に増加傾向にあることが確認できる。この要因として、浸水域外にある避難場所が復興事業後に増加したことが挙げられ、直接避難を優先した場合に通る避難経路と浸水域脱出を優先した場合に通る避難経路の差が小さくなったと考えられる。

4. 避難方法の違いによる浸水域脱出距離の変化

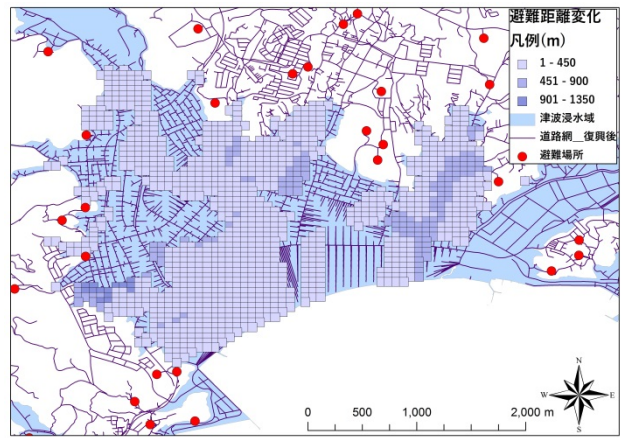


図-4 復興事業後における避難距離変化の空間分布

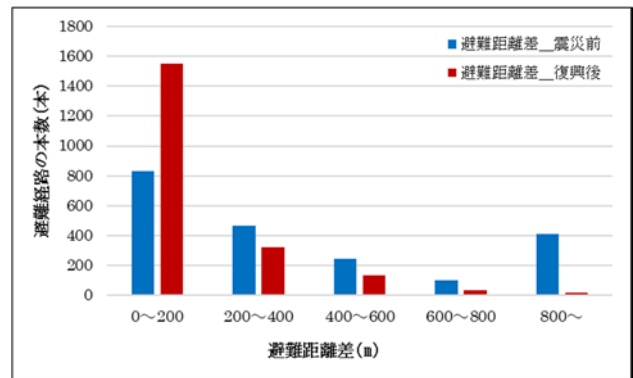


図-5 震災前と復興事業後でみた避難距離差の分布

(1) 震災前

本章では、浸水域脱出距離に着目し、浸水域脱出を優先した場合の浸水域脱出距離と、直接避難を優先した場合の浸水域脱出距離との差を求めた。本節では、震災前の道路網および避難場所のデータを用いた分析結果を示す。得られた浸水域脱出距離差の空間分布は図-6の通りである。赤色のメッシュは、浸水域脱出を優先した場合の浸水域脱出距離が短いエリアを示し、色が濃いほど浸水域脱出距離の短縮幅が大きいことを示す。青色のメッシュは、直接避難を優先した場合の浸水域脱出距離が短いエリアを示し、色の濃さは赤色の場合と同様である。

高田地区の中央部や東部、今泉地区の一部に赤色の濃いエリアが見られた。これらのエリアでは、浸水域脱出を優先することによる浸水域脱出距離の短縮効果が高エリアより比較的大きい傾向にあると解釈できる。

(2) 復興事業後

復興事業後の道路網および避難場所のデータを用い、前節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-7に示す結果が得られた。

震災前に見られた赤色の濃いエリアが縮小し、メッシュの表示されていない(=浸水域脱出距離差が0mである)エリアが震災前より拡大している傾向が確認でき、

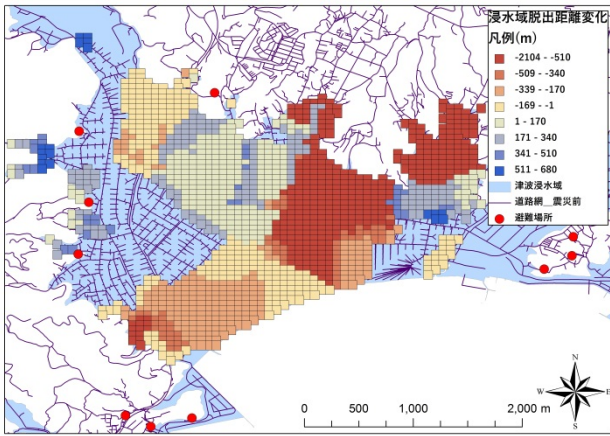


図-6 震災前における浸水域脱出距離変化の空間分布

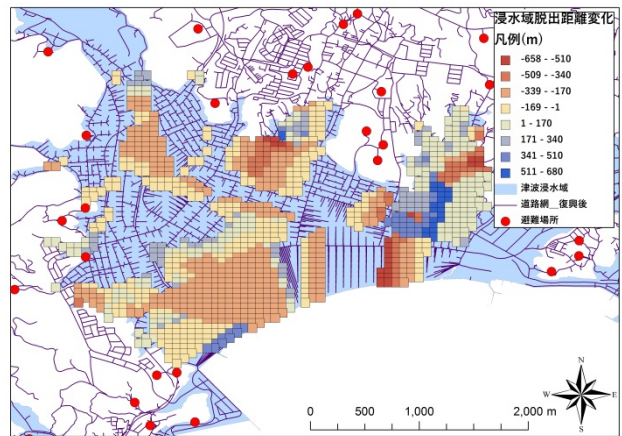


図-7 復興事業後における浸水域脱出距離変化の空間分布

前章で分析した避難距離と類似の傾向が示された。

(3) 避難距離変化の2時点比較

図-6と図-7より、浸水域脱出の優先による浸水域脱出距離が短縮されたエリアは、復興事業後より震災前の方が多傾向が確認できる。また、浸水域脱出距離差が0mである箇所は、震災前より復興事業後の方が多傾向が確認できる。これらの要因として、浸水域外の避難場所が復興事業後において増加したことや、復興事業後の道路網整備における津波避難への配慮が考えられる。浸水域外の避難所が復興事業後より少ない震災前は、直接避難優先時に比較的遠方の避難所へ向かうケースがあり、これに伴い浸水域脱出距離が長くなったと考えられる。復興事業後は、浸水域外の避難場所が増加したことや、避難しやすい道路網の整備により、到達する浸水域脱出地点が直接避難時と浸水域脱出優先時で一致するエリアが増加したと考えられる。

図-8は、浸水域脱出距離差の距離帯別に避難経路の本数を集計し、震災前と復興事業後で整理した結果である。浸水域脱出距離差が100m以上となる避難経路の本数が復興事業後で減少傾向にあることや、距離差が100m未満である避難経路の本数が復興事業後で増加傾向にあることが確認できる。

これらの結果から、復興事業後において浸水域脱出の優先に伴う浸水域脱出距離の短縮が促進されたと解釈できる。

5. 避難方法の違いによる浸水域脱出地点の標高変化

図-9と図-10は、避難方法別にみた浸水域脱出地点の標高を震災前と復興事業後で示した散布図で、横軸は直接避難を優先した場合の標高、縦軸は浸水域脱出を優先

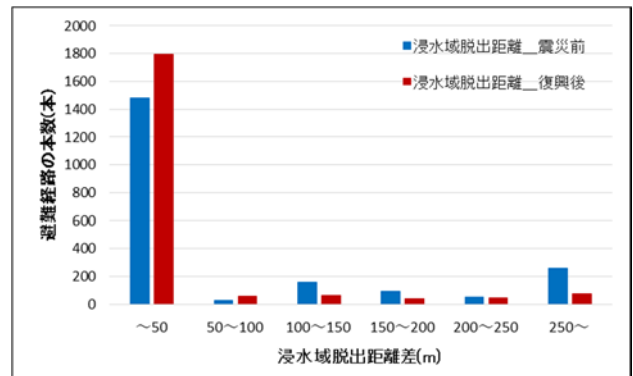


図-8 震災前と復興事業後でみた浸水域脱出距離差の分布

した場合の標高である。

震災前および復興事業後のいずれの時点でも、避難方法の違いにより浸水域脱出地点の標高に差が生じる避難経路の存在が確認された。直接避難優先時と浸水域脱出優先時の両方で浸水域脱出地点の標高を比較すると、浸水域脱出優先時に浸水域脱出地点の標高が高くなる経路本数が多い傾向が震災前および復興事業後のいずれにおいても確認できる。復興事業に伴う標高変化や道路網の変化による経路変化の影響と考えられる。

6. 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陸前高田市を対象に、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、津波浸水域内からの避難距離、浸水域脱出距離、浸水域脱出地点の標高について分析し、直接避難を優先する避難方法と浸水域脱出を優先する避難方法で比較を行った。その結果、浸水域脱出を優先することで避難距離は増加する傾向にあるものの、復興事業後は距離の増加が抑制される傾向を示すとともに、浸水域脱出距離の短縮が促進されること、浸水域脱出地点の標高が高くなるエリアが

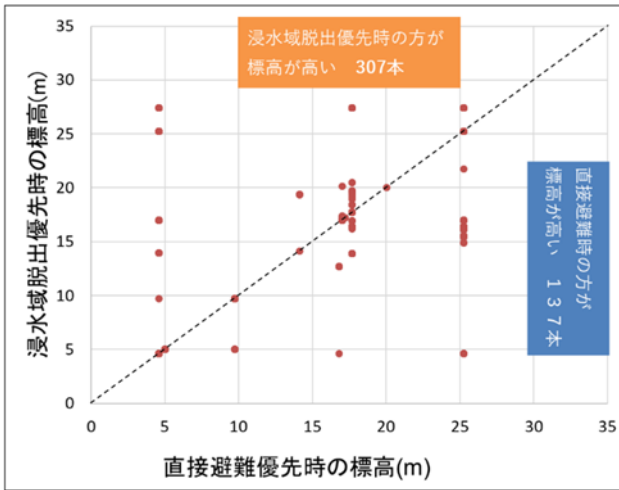


図-9 震災前における避難方法別浸水域脱出地点の標高

多いことを示し、復興事業後の陸前高田市において浸水域脱出を優先した避難方法の適用可能性が示唆される結果が得られた。

本研究では、復興事業後のDEMデータが未整備であったため浸水域脱出地点のみ標高を考慮し、避難経路については平面距離に着目して分析を行った。実際の避難経路には起伏に富んだ経路を有する可能性もあるため、避難経路の傾斜に着目した分析を行う必要がある。また、他地区においても本研究と同様な分析を行い、地域の実情に応じた避難について考察していく必要がある。

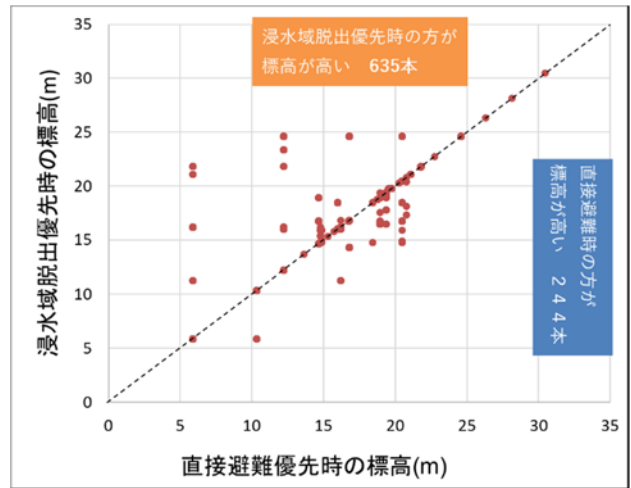


図-10 復興事業後における避難方法別浸水域脱出地点の標高

参考文献

- 1) 陸前高田市：陸前高田都市計画 高田地区被災市街地復興土地区画整理事業・今泉地区被災市街地復興土地区画整理事業
- 2) 陸前高田市：防災集団移転促進事業
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 基盤地図情報ダウンロードサービス,
<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>
- 7) 国土地理院：数値地図(国土基本情報)
- 8) 陸前高田市：高田地区・今泉地区土地利用計画
- 9) 陸前高田市：陸前高田市地域防災計画(資料編)
- 10) 陸前高田市：陸前高田市津波防災マップ(高田・今泉地区)
- 11) 復興支援調査アーカイブ,
<http://fukkou.csis.u-tokyo.ac.jp/>.