

海への眺望を考慮した 津波からの避難経路の評価

佐藤 史弥¹・平井 寛²・南 正昭³

¹学生会員 岩手大学大学院工学研究科 (〒020-0066 岩手県盛岡市上田 4 丁目 3-5)
E-mail:t2514008@iwate-u. ac. jp

²正会員 岩手大学 (〒020-0066 岩手県盛岡市上田 4 丁目 3-5)
E-mail:hirai@iwate. co. jp

³正会員 岩手大学 (〒020-0066 岩手県盛岡市上田 4 丁目 3-5)
E-mail:minami@iwate. co. jp

海への眺望は、津波からの避難に影響を与える要因であることが、先行研究などから指摘されている。しかし、海への眺望を考慮した津波避難計画に関する研究はまだ行われていない。本研究は復興後の避難経路検討への示唆を与えることを目的とし、田老地区を対象に海への眺望を考慮した避難経路を傾斜による負荷を考慮して分析し避難経路の評価を行った。その結果、復興後の田老地区内で海の見えるポイントを経由し、避難した方が津波が来ない場合の負荷が小さくなる地域と、直接最寄りの避難場所に避難した方が津波が来ない場合の負荷が小さくなる地域と、その避難経路を明らかにした。また、津波が来て2次避難を行う場合の避難場所と避難経路を明らかにした。

Key Words : *tsunami, evacuation, Tohoku Earthquake Tsunami*

1. 背景

東北地方太平洋沖地震による津波によって、岩手県沿岸市町村は壊滅的な被害を受けた。東北地方太平洋沖地震から4年が経過し、被災地では復興計画に基づき復興が進みつつある。壊滅的な被害を受けた市町村では、防潮堤の建設、災害危険区域の設定、高台への移転、土地のかさ上げ、それに伴う土地利用、道路ネットワークの変化によって町そのものの様相が震災前に比べて変化しつつある。また東北地方太平洋沖地震以降、津波からの避難計画の見直しによって、避難場所が減るなど避難計画も変化している。町の環境の変化、避難計画の変化に伴い震災からの復興後の被災市町村では、津波からの避難環境が大幅に変化する可能性があると考えられる。

また避難環境に関する先行研究として、谷下ら¹⁾は浸水深、1960年のチリ地震津波が到達したか、海が見えるか、高台が近くにあるかという4つの要因が犠牲者率に影響を与えている可能性があることを明らかにした。高橋ら²⁾は、津波の挙動を目視することによって、その予想が裏切られたときに2次避難、3次避難が時間的・空間的に可能であったかどうかを実際の生死を分けたとしている。また、東北地方太平洋沖地震の津波からの避難行動の記録を見ても、海の様子が普段とは異なっ

めに避難を開始した例や、海の様子を見てさらに高い場所へ避難するという2次避難のきっかけになった例もあり³⁾海が見えるか否かは避難を行う際に考慮すべき点の一つであると言える。

また南ら⁴⁾の先行研究でも指摘されるように、我が国では海岸近くまで山間部が迫り、津波からの避難の際は急な登坂を余儀なくされる。

従来の避難計画では、津波が来るかどうかにかかわらず最寄りの避難場所まで避難することになっている。避難場所の多くは、高所に位置する為、避難時は登坂による負荷がかかる。しかし、津波の浸水頻度は少ない。お年寄りや、障がい者、援護者を連れて避難をする人にとっては、実際に来るかわからない津波に対して、従来の避難方法で避難し続けることは、将来的に蓄積されていく負荷を考えると、容易ではないと考えられる。

そこで、筆者は2段階の避難方法を考えた。1次避難場所を行い、海を見て津波が迫っているかを見る。津波が来ている場合は、2次避難を行い、来ない場合はそこで避難を終了することで、津波からの避難時の負荷を軽減できるのではないかと考えた。

2. 目的

本研究では岩手県宮古市田老地区を対象として、海が見えるポイントを、2次避難の必要性の有無を判断できる場所として設定し、従来の避難経路と傾斜を考慮した避難時間で比較することによって、避難経路の評価を行った。

1次避難場所として海が見えるポイントに避難することで、津波が来ない場合は、最寄りの避難場所に行くよりも負荷がどの程度軽減するか、また津波が迫ってくる場合は、そこから2次避難場所まで行く場合の負荷が、最寄りの避難所に避難するよりもどの程度増加するのか、これらの評価を行うことで、復興後の避難経路検討への示唆を与えることを目的とする。

3. 分析方法

(1) 分析の概要

本研究は岩手県宮古市田老地区を対象に分析を行う。田老地区復興まちづくり計画⁹⁾によると、復興に向けて田老地区では、乙部高台への住宅地の移転事業、土地区画整理事業による国号45号の移転及び土地のかさ上げ、災害危険区域の指定している。また第一防潮堤の高さを10mから14.7mに上げ、線形の変更を行った。防潮堤の高さを検討するにあたって、岩手県では最大クラスの津波を想定した津波シミュレーションを行い新たな浸水域を算出した。

また津波からの避難計画⁹⁾も見直された。震災前は高台が18箇所、避難施設が5箇所の合計計23か所の避難場所が存在したが、見直された避難計画では、高台が17箇所、避難施設が2箇所合計19箇所に減少している。

田老地区復興まちづくり計画⁹⁾内での市街地及び災害危険区域と避難場所周辺を解析範囲とした。田老地区の市街地をスタート地点として、最寄りの避難場所まで、

最寄りの海の見えるポイントまで、ポイントから最寄りの避難場所までの避難時間を算出した。避難時間は、傾斜を考慮した道路距離を元に算出した。

海の見えるポイントは、解析範囲内から海が見えるか否かを分析し、田老地区内で海を見ることのできる場所を特定した。

(2) 避難経路の評価方法

a) 避難時間の算出方法

避難経路の評価については、最初に田老地区復興まちづくり計画⁹⁾を参考に、復興後の田老地区の土地利用データ、道路ネットワークデータを作成した。また、見直された避難計画⁹⁾を元に、新たな避難場所データも作成した。

解析範囲内の5mメッシュの重心をスタート地点として、以下の3つの経路の傾斜を考慮した移動時間をEsri社のArc GIS NetWork Analystを用いて算出した。

- A) 各スタート地点から最寄りの避難場所までの移動時間・距離
- B) 各スタート地点から最寄りの海の見えるポイントまでの移動時間・距離
- C) 海の見えるポイントから最寄りの避難場所までの移動時間・距離

A)についてはスタート地点からそれぞれ最も近い避難場所までの避難距離と避難時間を算出した。A)は従来の避難計画で想定されていた避難経路と考えられる。B)までの避難経路は海の様子を見て、その後の避難を行うか判断するための1次避難の経路である。C)については、津波が来ると判断した場合に2次避難を行うための避難経路である。C)の経路については、算出後に避難経路を確認し海の見えるポイントから海に向かって移動し2次避難場所に向かっている経路は危険であると考え、海から遠ざかるように経路を設定し直した。



図1 震災前の田老



図2 復興後の田老

海の見えるポイントについては、その先に避難場所が無く行き止まりになっているものは除外している。また、ハザードマップでの浸水域内に含まれている避難場所は分析対象から除外した。

A)とB)の差を比較することで、海の見えるポイントに避難すべきか否かを判断した。そこから、避難場所の種類によって、田老地区内を分類し、分類されたエリア内の平均避難時間をA)とB), B)+C)で比較することで、海の見えるポイントを経由することによる総避難時間の差を見ることで避難時の負荷の差を求めた。

b) 傾斜による負荷の考慮

本研究では、佐藤ら⁷⁾の研究を元に避難の際の標高による負荷を考慮し、避難距離を算出した。標高による負荷は図3のように、荷重の補正と距離の補正によって表される。

また避難方法は徒歩を想定し、歩行速度は総務省消防庁の津波避難対策推進マニュアル検討会報告書⁸⁾より1m/sとして避難時間を計算した。

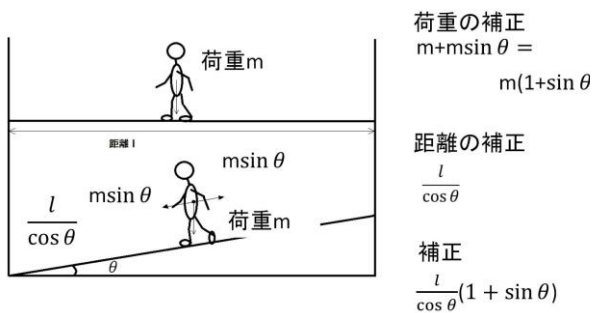


図3 傾斜の補正

(3) 海が見えるか否かの分析

海が見えるか否かの分析については、復興後の地形データを田老地区復興まちづくり計画⁵⁾を参考にしながら、国土地理院が提供する航空レーザー測量⁹⁾のオリジナルデータに新たな防潮堤の高さを入力した。またかさ上げ箇所はグランドデータに各地区のかさ上げ高を足して作成した。

田老地区の市街地での海への眺望については、海からの可視領域に田老地区の市街地が含まれているかをEsri社のArc GIS 3D Analystを用いて分析した。海からの可視領域は、海の水平線をできる限り考慮するために海岸線から沖に向かって3kmまでに50m間隔のポイントデータを作成した。そのポイントからの可視領域を求めた。可視領域と復興後の道路網が重なり、かつ新しく計算した浸水域の外側のポイントを海の見えるポイントとした。

4. 結果

(1) 海が見えるか否かの分析

図4は田老地区の海の見える可視領域を示している。

この図から、田老地区の市街地からは海がほとんど見えないということが分かる。

また、図5は海の見えるポイントを示している。田老地区内に海の見えるポイントは731箇所あり、そのすべてが山沿いに分布していることが分かる。

(2) 避難経路の評価

図6に示すように、エリア1, 2, 5, 7, 11は最寄りの海の見えるポイントよりも最寄りの避難場所の方が避難時間が短いという結果となった。

それ以外のエリアは海の見えるポイントまでの避難時間が最寄りの避難場所までの避難時間よりも短いため、1次避難として安全な海の見えるポイントまで避難し、海の様子を見てから、その後の2次避難を行うかを判断すれば、津波が浸水してこない場合の、避難時の負荷を軽減することができると考えられる。

1次避難時の負荷を最も軽減できるのはエリア8であり、最寄りの避難場所に避難するよりも約8分早く海の見えるポイントに避難できるエリアである。また、その他のエリアも最寄りの避難場所に避難するよりも約1分~2分ほど早く海の見えるポイントに避難できる結果となった。

また、津波が来て、2次避難を行った場合の総避難負荷の差がでる地域は、エリア10, 15, 17であった。エリア10, 15は総避難負荷の差が0.25分, 0.33分と最寄り避難場所に避難する場合とほとんど変わらないが、エリア17は総避難負荷の差が2.4分と避難時間が長くなっている。



図4 可視領域



図5 海の見えるポイント

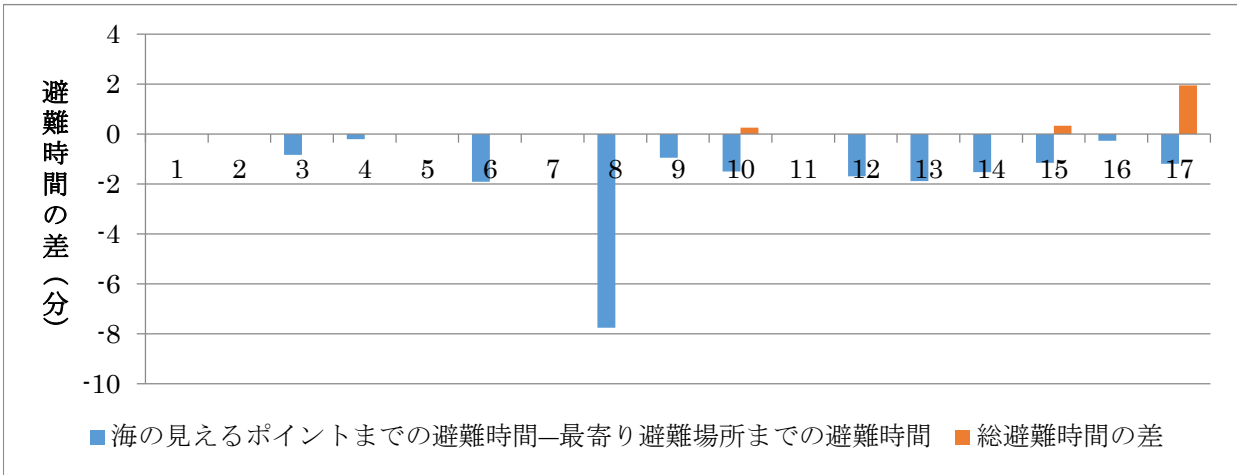


図 6 避難時間の差

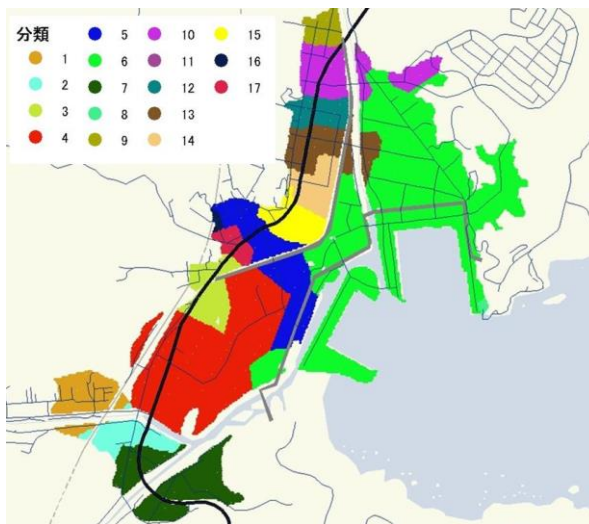


図 7 避難地域の分類

5. 考察

図6は、縦軸は時間（分）を表しており、横軸は図7のエリア番号を示している。青いグラフは、そのエリア内の最寄りの海の見えるポイントまでの平均避難時間から最寄りの避難場所までの平均避難時間の差を表している。青いグラフが下に行くほど、最寄りの海の見えるポイントに避難した方が避難時間が短く、負荷が少ないエリアであると言える。またオレンジ色のグラフは2次避難を行った場合の各エリアの平均総避難時間と最寄りの避難場所までの平均避難時間の差を表している。このグラフが上に伸びるほど、2次避難を行った場合の負荷が増加することを表している。

エリア1, 2, 5, 7, 11は、最寄りの避難場所に避難するよりも最寄りの海の見えるポイントに避難する方がエリア2, 5, 11は約1分ほど、エリア1, 7では約7分ほど

避難時間がかかる結果となり、これらのエリアは最寄りの避難場所へ避難した方が負荷が少ない地域であると考えられる。そのため図6では、1次避難を行った際の負荷も、2次避難を行った際の負荷も0となっている。

1次避難の負荷を軽減できる地域の中でも、エリア10, 15, 17の地域は、2次避難した場合の負荷が、最寄り避難施設に避難した場合と変わらないため、津波が来ない場合は負荷が軽減される海の見えるポイントを経由した避難経路を使って避難する方が良いと考えられる。

また、これらのエリアの中でもエリア9, 10, 12, 13, 14, 15の第2防潮堤と山に囲まれている地域は、復興計画の中でも住宅系用地や商業系用地に指定されている場所が多いため、人口が集中することが予想される。

エリア10, 15, 17も海の見えるポイントを経由する避難経路で避難した方が良いと考えられる。これらのエリアは、2次避難を行った際の総避難時間が最寄りの避難場所まで避難した場合よりも長くなってしまいが、海の見えるポイントまでの1次避難の避難時間は軽減されている。市街地まで浸水してくる大津波の頻度を考えると、海の見えるポイントまで避難し、2次避難する頻度は低いと考えたためである。

また、東日本大震災の時に、田老の防潮堤は津波の浸水を7分遅らせたという試算がある¹⁰。海の見えるポイントを経由した方が負荷が少ないとされるエリアでは、海の見えるポイントから、最寄りの避難場所までの避難時間は最大でも3分であるため、防潮堤に津波が到達したのを確認してから避難しても避難場所までは十分に間に合うと考えられる。

6. 結論

復興後の田老地区の市街地では海が見えないということが分かった。そこで、復興後の田老地区を想定し、最寄りの避難場所まで避難する場合、海の見えるポイントを経由して、避難場所まで避難する場合の避難時間を傾斜による負荷を考慮して算出し避難経路の評価を行った。

その結果、復興後の田老地区内で海の見えるポイントを経由し、避難した方が津波が来ない場合の負荷が小さくなる地域と、どの程度負荷を小さくすることができるかを明らかにした。また、津波が来て、海が見えるポイントから2次避難を行う場合の避難場所とどの程度負荷が増加するのかを明らかにした。

前者の地域の中で、最寄り避難場所と、2次避難場所が一致している地域では、海の見えるポイントまで1次避難することで、津波が来ない場合の避難時の負荷を軽減できると共に、2次避難の負荷も変わらないため、本研究で提案した避難経路を積極的に取り入れていくべきであると考えられる。

また、2次避難場所までの負荷が増加する地域でも、海の見えるポイントまでの1次避難の負荷は少ない点と、津波の浸水頻度を考慮すると将来的な負荷は少ないと考えられる。そのため2次避難場所までの負荷が増加する地域でも、海の見えるポイントまで1次避難する避難経路を取り入れた方が良いと考えられる。

参考文献

- 1) 谷下雅義, 浅田拓海: 東北太平洋沖地震による南三陸町行政区別犠牲者率の影響要因, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), vol. 70, No. 4, pp66-70, 2014
- 2) 高橋誠, 松多信尚: 津波による人的被害の地域差はなぜ生じたのか, 地学雑誌, vol. 124, No. 2, pp193-206, 2015
- 3) NHK東日本大震災アーカイブス
<http://www9.nhk.or.jp/311shogen/>
- 4) 南正昭, 安藤昭, 赤谷隆一: 避難経路の高低差を考慮した津波避難計画の支援, 第32回土木計画学研究発表会・講演集, 216, 2005
- 5) 宮古市: 田老地区復興まちづくり検討会
- 6) 宮古市: 宮古市避難計画
- 7) 佐藤栄治, 吉田徹, 山田あすか: 地形による負荷と年齢による身体能力に変化を勘案した歩行寒山距離の検討ー地形条件と高齢化を勘案した地域施設配置モデルその1ー, 日本建築学会計画系論文集, vol. 610, pp133-139, 2006
- 8) 総務省消防庁: 津波避難対策推進マニュアル検討会報告書,
http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h24/tsunami_hinan/
- 9) 国土地理院: 航空レーザー測量
- 10) 岩手県: 第3回岩手県津波防災技術専門委員会会議録