

復興後の道路ネットワークに基づいた 津波避難計画検討のための基礎的研究

佐藤 史弥¹・南 正昭²

¹学生会員 岩手大学 工学研究科社会環境工学専攻 (〒020-8550 岩手県盛岡市 上田三丁目18番8号)
t5716001@iwate-u.ac.jp

²正会員 岩手大学 工学研究科社会環境工学専攻 (〒020-8550 岩手県盛岡市 上田三丁目18番8号)
minami@iwate-u.ac.jp

東日本大震災の被災地では、復興に伴う土地利用、交通インフラ、津波避難路等の新たな整備に伴い、津波からの避難環境が震災前に比して大きく変化している。津波避難の際、1次避難場所が浸水によって孤立することは、その先の避難や救援活動を困難にすることから、あらかじめ回避することが望まれる。そこで将来の津波避難計画の立案においては、復興後の道路ネットワーク上で孤立する場所を明らかにし、対策を検討する必要があると考えられる。本研究では、岩手県陸前高田市を事例として、復興後の道路ネットワークを設定し、津波避難の際に孤立する可能性のある場所を抽出し対策を考察した。浸水域内から浸水域外、1次避難場所、他の1次避難場所あるいは2次避難場所への避難について、孤立の可能性を調べるとともに対策について考察した。

Key Words : tsunami evacuation plan, isolation area, the Great East Japan Earthquake

1. 序論

(1) 復興後の避難環境の変化

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5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。

(2) 津波避難の際の孤立する可能性

津波避難の際、避難先によっては孤立する可能性が考えられる。避難先に、さらに津波が浸水した場合にその先に避難できず危険な危険性や、津波の浸水に伴う避難経路の途絶により、津波の浸水状況によっては、数日間その場所に滞在しなければならなくなる可能性が存在する。東北地方太平洋沖地震の津波からの避難の際も、こうした事例が多数報告されている。^{1)~2)}

このような津波避難者にとってのリスクを回避するために、新たな津波避難計画の立案においては、復興後の道路ネットワーク上で孤立の可能性のある場所を明らかにし、あらかじめ対策を検討する必要があると考えられる。

(3) 既往研究

本節では、本研究と関連の深い東北地方太平洋沖地震の避難行動と避難計画に関する既往研究を挙げたうえで本研究の位置づけを述べる。

東北地方太平洋沖地震の避難行動に関する既往研究としては、川崎ら³⁾や諫川ら⁴⁾、菊地ら⁵⁾の研究が挙げられる。

川崎ら³⁾は東日本大震災の前後で千葉県御宿町を対象に行ったアンケート調査の結果を比較分析することで、震災前に想定していた避難行動とは異なる現実の避難行動の多様性、自動車避難の多さ、避難距離の長さ、浸水域にとどまる事例の多さを明らかにした。諫川ら⁴⁾の報告によると東日本大震災時の避難意思の決定に津波警報や避難の呼びかけなどの外的要因は統計的に有意に影響してはいるものの、その効果は限定的であったとしている。また、避難行動の特徴として、避難率の低さと共に、避難以外の移動行動が多く、避難を行った人でも避難に先立って何らかの移動を行った人がいると報告している。

菊地ら⁵⁾は東北地方太平洋沖地震の津波で被害を受けた岩手県沿岸の小中学校を対象に、被災した学校施設の概要と避難状況を明らかにし、避難行動の事例から津波避難対策に求められる要素を明らかにした。

津波避難計画に関する既往研究としては、本間ら⁶⁾や佐藤ら⁷⁾の研究が挙げられる。

本間ら⁶⁾は従来のハザードマップに関する現状の課題を整理し、気象庁が発表する津波予報に対応した津波ハザードマップ及び津波避難計画の必要性を指摘した。佐藤ら⁷⁾は宮城県亘理町において、徒歩と自動車を組み合わせた避難訓練を行い、自動車を使った津波からの避難の検討を行った。

これらの既往研究では、東北地方太平洋沖地震での避難行動の分析や、避難計画に関する提言は行われているが、復興後の被災地の避難環境の変化に着目し、復興後の道路ネットワーク上での孤立箇所の抽出と対策についての研究はまだ十分に行われてはいない。

(4) 本研究の目的

本研究では、三陸沿岸の復興後の津波避難における道路ネットワーク上の課題を抽出し、対策を検討することを目的とした。

そこで本研究では岩手県陸前高田市の高田地区・今泉地区の復興後の道路ネットワークを設定し、浸水域内から最寄りの浸水域外に避難したときに、その場所からさらに避難できず孤立してしまう危険性、浸水域外にいるにもかかわらず、最寄りの避難場所に避難する際に浸水

域内に侵入してしまう危険性、避難した避難場所が津波が浸水した場合に孤立してしまう危険性という3つの危険性について分析を行うと共に、高田地区・今泉地区それぞれで対策を考察する。

2. 分析方法

(1) 分析方法の概要

本研究では、復興後の岩手県陸前高田市の高田地区・今泉地区を対象とする。対象地域の浸水域内、浸水域外それぞれで避難経路に関して、ネットワーク分析を行った。

浸水域内に関しては、津波が浸水した場合に、浸水域外のポイントで孤立してしまう危険のあるエリアの抽出とそのエリアでの対策についての検討を行った。

浸水域外に関しては、最寄りの避難場所に避難する場合に、浸水域内を通過するエリアの抽出とそのエリアでの対策についての検討を行った。また津波が浸水した場合の1次避難場所同士のアクセス性、1次避難場所から2次避難場所のアクセス性についての分析を行った。

(2) 対象地域について

本研究では、岩手県陸前高田市の高田地区、今泉地区の中でも、復興計画においてかさ上げエリアと平地となっているエリアを対象に分析を行った。対象地域の詳細を図-1に示す。

図-1は高田地区と今泉地区の土地利用計画である。高田地区、今泉地区のかさ上げエリアは共に居住地域と

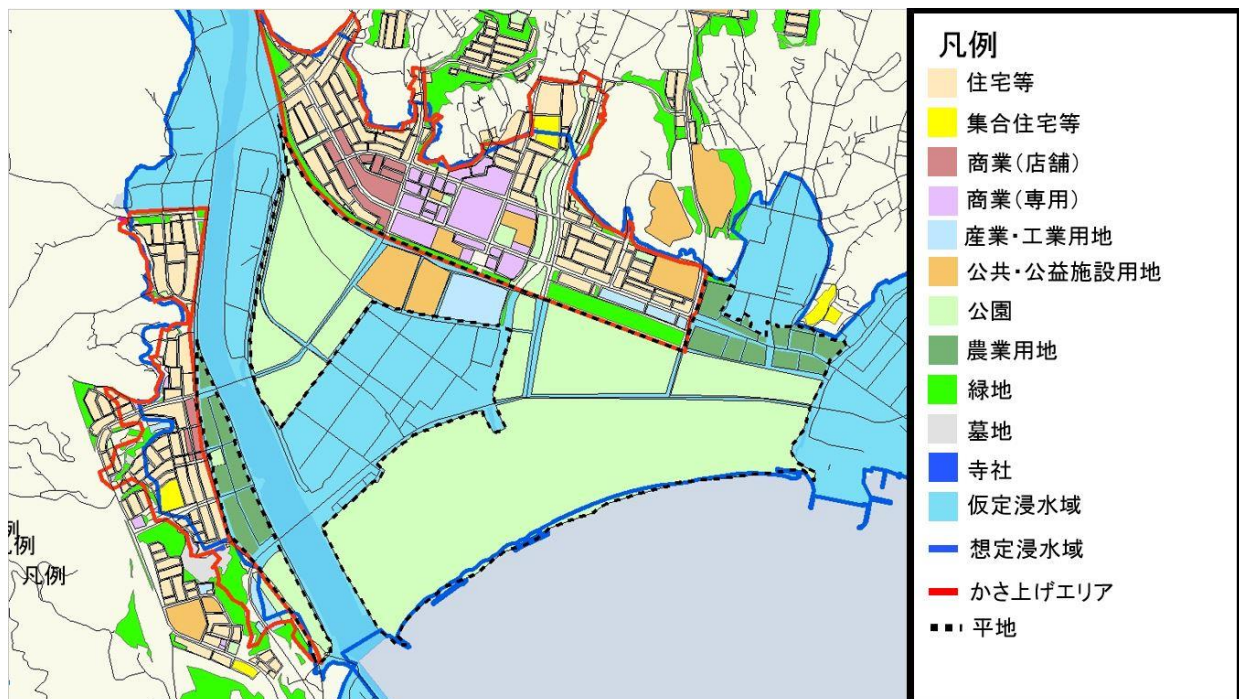


図-1 陸前高田市 高田地区・今泉地区の復興計画図

なっている。特に高田地区のかさ上げエリア内には商業系用地もあり、陸前高田の市街地が形成されると考えられる。それに対し、今泉地区は住宅系用地や集合住宅等を建設する用地があることから、住宅街を中心とする地区になるもの考えられる。

大震災後の浸水想定での浸水域には、高田地区、今泉地区の両方の地区で居住地域となる場所が含まれており、それに対して土地のかさ上げにより対処するエリアとなっている。そこで本研究では、かさ上げエリア内には津波は浸水しないものとし、この仮定した浸水域を用いて分析を行う。

また、表-1は高田地区、今泉地区それぞれで指定されている1次避難場所、2次避難場所を示している。今回の分析では、高田地区・今泉地区それぞれで指定されている1次避難場所・2次避難場所を避難場所と設定して分析を行った。

(3) 使用データ

本研究では、ArcGIS NetworkAnalystを用いてネットワーク分析を行い、移動距離を算出する。ネットワーク分析では、復興後の陸前高田を想定した道路ネットワークデータを用いた。復興後の陸前高田のネットワークデータは陸前高田市の土地区画整理事業の計画図⁹⁾を元に、数値地図（国土基本情報）の道路中心線のデータ⁹⁾を加工して作成した。

1次避難場所、2次避難場所は、岩手県のHP内に記載されている各市町村の指定避難所、陸前高田の防災マップを基に作成した。^{10)~11)}

浸水域には、岩手県HPで公表している津波浸水シミュレーションで算出された浸水域を用いている。¹²⁾

高田地区・今泉地区被災市街地復興土地区画整理事業等事業計画（案）の説明会の資料¹³⁾を基に、高台エリア、かさ上げエリア、平地エリアのデータを作成した。

(4) 浸水域内での分析

浸水域内からの避難経路については5mメッシュの重心点をスタート地点として、最寄りの1次避難場所まで避難する避難経路と最寄りの浸水域から出るポイントを經由し、1次避難場所までの避難経路の2つの避難経路を算出した。浸水域から出るポイントは仮定浸水域と道路網が交差する点とした。

また、最寄りの浸水域から出るポイントを經由し、1次避難場所まで避難する避難経路は、浸水域外のポイントを經由した後は、再び浸水域内には侵入せず1次避難場所まで行く経路を算出している。この条件で経路を算出することで、津波が浸水した場合に避難経路が寸断されてしまい、孤立してしまう箇所を算出した。

最短経路で浸水域外に避難しようとした際に、算出し

表-1 避難場所一覧

分類	高田地区	今泉地区
1次避難場所	<ul style="list-style-type: none"> ・サンビレッジ ・松原苑 ・典人会グループホーム ・氷上山 ・社会福祉法人高寿園 ・小泉公民館 ・鳴石公園 ・和野会館 ・希望ヶ丘病院 ・光照寺 ・市斎苑駐車場 ・氷上神社 ・ひかみの園 ・鳴石が丘会館 	<ul style="list-style-type: none"> ・泉増寺高台 ・諏訪神社 ・荒川沢地区高台 ・垂井ヶ沢地区高台 ・金剛寺高台 ・荒川地区高台 ・気仙成田山
2次避難場所	<ul style="list-style-type: none"> ・高田高等学校 ・第二体育館 ・第一中学校体育館 ・高田地区 ・コミュニティセンター 	<ul style="list-style-type: none"> ・長部地区 ・コミュニティセンター ・気仙小学校体育館

た孤立箇所に避難してしまう可能性があるエリアを抽出した。

(5) 浸水域外の分析

(a) 浸水域内を通過する避難経路の抽出

浸水域外からの避難経路については、5mメッシュの重心点から最寄りの1次避難場所への経路を浸水域内の通行ができない場合とできる場合の2種類の条件で避難経路の距離を算出した。これらの避難経路を比較することで、最寄りの避難場所まで最短経路で避難する場合に浸水域内を通過してしまうエリアがあるかを算出した。

上記の条件に基づいて算出した避難経路の距離を各エリアごとで平均し比較することで、そのエリアで浸水域を迂回して避難する場合にどの程度、避難距離が長くなるかを分析した。

(b) 避難場所間のアクセス性

この分析では、高田地区・今泉地区それぞれの地区で各1次避難場所をスタート地点として、スタート地点以外の全ての1次避難場所と2次避難場所までの最短距離の経路を算出する。また、避難経路を算出する際の条件として、浸水域内を通行不可とした。この条件を付ける

ことによつて、その避難場所が津波が浸水した場合に他の避難場所に避難できず孤立してしまう可能性のある避難場所であるか、1次避難場所から1次避難場所の避難、1次避難場所から2次避難場所までの避難が可能であるかがわかる。最後に、各地区の1次避難場所が避難できる1次避難場所の個数と2次避難場所の個数を算出した。

3. 結果

(1) 浸水域内からの避難について

図-2は浸水域内から避難する際に、最寄りの浸水域外のポイントを経由して避難した場合、孤立してしまうエリアを赤色の枠で示している。また数字は各エリアのエリア番号である。高田地区では東部と北部に、今泉地区では北部に孤立箇所が分布していた。



図-2 浸水域内から最寄りの浸水域外に避難した時に孤立する可能性のあるエリア

(2) 浸水域外の避難について

(a) 浸水域内を通過する避難ルートの抽出

図-3は浸水域外から最寄りの避難場所に避難する際に浸水域内を通過してしまうエリアを赤色の枠で示している。数字はエリア番号である。また、最寄りの避難場所までの避難ルートを黒色、浸水域を迂回して最寄りの避難場所まで避難ルートを青色で示している。

また図-4はこれらのエリアの各エリアの平均避難距離と、これらのエリアで浸水域を迂回して避難する場合の各エリアの平均避難距離を示している。

浸水域外から避難するにもかかわらず、浸水域内を通過してしまうエリアは今泉地区にのみ分布していた。エリア1の最寄りの避難場所は泉増寺高台であり、そこに行くまでの浸水域内の移動距離が247mとなった。またエリア2の最寄りの避難場所は気仙成田山であり、そこに行くまでの浸水域内の移動距離が153mとなった。エリア3の最寄りの避難場所は諏訪神社であり、そこに行くまでの浸水域内の移動距離が112mとなった。

浸水域を迂回して避難する場合、エリア1、2では荒川沢地区高台が最寄り避難場所であり、エリア1の平均避難距離は845mと、最寄りの避難場所に比べて331m避難距離が伸びた。またエリア2の平均避難距離は1065mと、最寄りの避難場所に比べて382m避難距離が伸びた。また、エリア3は浸水域を迂回して避難する場合の最寄り避難場所は、迂回しない場合の最寄り避難場所と変わらず諏訪神社となった。また浸水域を迂回した場合の平均避難距離も332mと迂回しない場合の避難距離と比べても2mと差がない結果となった。

(b) 避難場所間のアクセス性

図-5の青色の棒グラフは各1次避難場所から避難することのできる2次避難場所の個数、赤色の棒グラフが各1次避難場所から避難することのできる2次避難場所



図-3 浸水域外から避難する際に浸水域内を通過する可能性のあるエリア

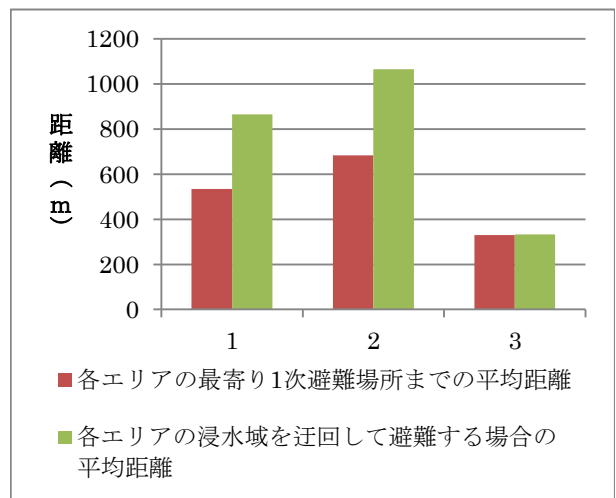


図-4 各エリアの平均避難距離の比較図

の個数を表している。

高田地区の1次避難場所サンビレッジ〜鳴石が丘会館では避難できる1次避難場所の個数が12ヶ所であり、津波が浸水した場合でも、高田地区で指定されている13ヶ所の1次避難場所が互いに避難できる。また、避難できる2次避難場所の個数が3ヶ所であり、津波が浸水した場合でも高田地区の指定している1次避難場所は2次避難場所すべてに避難できる。

今泉地区の1次避難場所、泉増寺高台〜気仙成田山に注目する。泉増寺高台は津波が浸水した場合、他の1次避難場所や2次避難場所に避難することができず、孤立してしまう避難場所である。また、今泉地区の1次避難場所は全て、津波が浸水した場合に2次避難場所まで避難できないという結果となった。

4. 考察

(1) 高田地区について

高田地区では、浸水域外から最短経路で1次避難場所まで避難する際に浸水域内を通過してしまうリスクや、津波が浸水した場合に避難場所が孤立してしまうリスクは無かった。しかし、浸水域内から浸水域外に避難しようとしたときに孤立する場所に避難してしまう危険性のあるエリアが存在した。このエリアでの対策としては、避難者が孤立箇所に避難しないように避難時の誘導看板を設置することを検討する必要があると考えられる。

(2) 今泉地区について

今泉地区も高田地区同様に、水域内から浸水域外に避難しようとしたときに孤立する場所に避難してしまう可能性があるエリアが存在した。このエリアは高田地区とは同様に、避難者が孤立箇所に避難しないように避難時の誘導看板を設置することを検討する必要があると考えられる。

また浸水域外にいるにもかかわらず、最寄りの避難場所に避難しようとしたときに、浸水域内を通過しまい、津波のリスクにさらされる可能性のあるエリアがあることが明らかになった。このエリアでも誘導看板の設置が有効であると考えられる。

また今泉地区は、本研究の分析の条件下では、津波が浸水した場合に孤立してしまう可能性の高い1次避難場所が存在した。対策としては、津波が浸水し孤立した場合でも、孤立状態が回復するまでの間、避難者が過ごせるように、備蓄等を行うことが有効であると考えられる。

また同地区の1次避難場所は、本研究の分析の条件下では、津波が浸水した場合に、2次避難場所への避難ができない可能性があるという結果となった。この原因としては、震災前から2次避難場所として、気仙小学校が指定されていたが、気仙小学校が震災前に長部小学校があった場所に移動し、今泉地区からの距離が遠くなったためであると考えられる。

このような津波の浸水に伴う避難経路の途絶について、

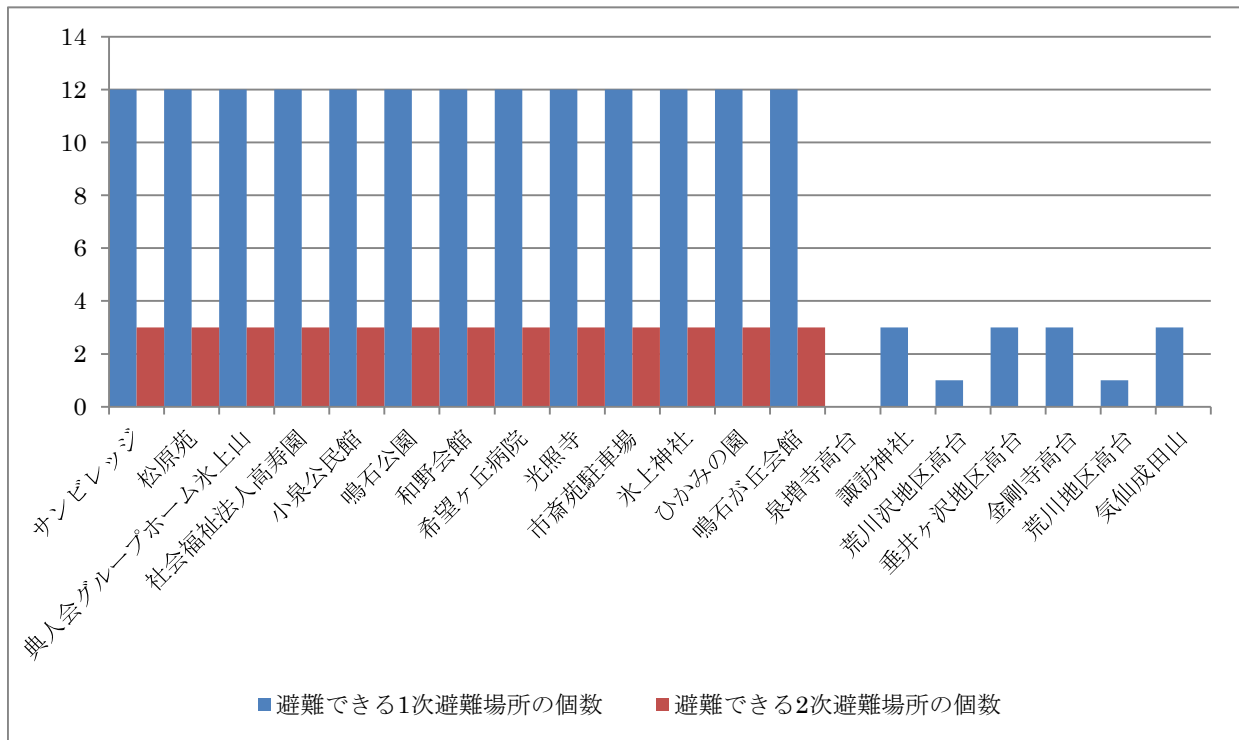


図5 各1次避難場所がアクセスできる1次避難場所・2次避難場所の個数

復興後の新たな道路ネットワークでの新たな避難環境に基づいた対策を検討する必要があると考えられる。

5. 結論

本研究では、岩手県陸前高田市の高田地区・今泉地区の復興後の津波避難における道路ネットワークにおいて、浸水域外外にいるにもかかわらず、最寄りの避難場所に避難する際に浸水域内に侵入してしまう可能性、浸水域内から最寄りの浸水域外に避難したときに、その場所からさらに避難できず孤立してしまう可能性、避難した避難場所が津波が浸水した場合に孤立してしまう可能性、という3つの危険を伴う可能性について分析を行い、対策を考察した。

その結果、浸水域内から浸水域外に避難し、そこから1次避難場所に避難し、またそこから他の1次避難場所・2次避難場所に避難するという流れの中で孤立してしまう可能性のある場所を明らかにした。その結果を踏まえたうえで、孤立箇所に行かないための対策の検討を行った。

今後は、1次避難場所、2次避難場所のアクセス性だけでなく1次避難場所からさらに高所へのアクセス性の分析等を震災前と復興後で比較し、復興後の避難環境の変化を定量的に把握する予定である。

参考文献

- 1) 陸前高田市広田町自主防災会・震災記録政策委員会：広田の未来に光あれ 平成 23 年 3 月 11 日平成三陸大津波 広田町の記録, 2013.
- 2) 岩手大学地域防災研究センター：いのち：宮古市立田老第一中学校津波体験作文集, 2013.
- 3) 川崎拓朗, 村尾修, 諫川輝之, 大野隆造：東日本大震災事前と事後における千葉県御宿町住民の津波避難経路の比較分析, 日本地震工学会論文集, Vol.12, No.4, pp.263-277, 2012.
- 4) 諫川輝之, 村尾修, 大野隆造：津波発生時における沿岸地域住民の行動 千葉県御宿町における東北地方太平洋沖地震前後のアンケート調査から一, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 77, No. 681, pp. 2525-2532, 2012.
- 5) 菊地義浩, 南正昭：東日本大震災における学校施設の津波避難行動に関する調査研究－岩手県沿岸小中学校を対象として－, 日本都市計画学会論文集, Vol.49, No.3, pp.333-338, 2014
- 6) 本間基寛, 片田敏孝：津波予報と連動した津波ハザードマップに関する研究, 土木学会論文集, Vol.B2-65, No.1, pp1321-1325, 2009
- 7) 佐藤 翔輔, 今井 健太郎, 大野 晋, 齋 正幸, 松尾 敏彦, 板原 大明, 今村 文彦：徒歩と自動車を組み合わせた津波避難計画の策定－宮城県亘理町における実践－, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 70 , No. 2 , pp.1371-1375, 2014.
- 8) 陸 前 高 田 市 HP , <http://www.city.rikuzentakata.iwate.jp/kategorie/fukkou/toshikei/totikukakuseiri/totikukakuseiri-t.html>
- 9) 国土地理院：数値地図（国土基本情報）
- 10) 岩手県 HP <http://www.pref.iwate.jp/anzananshin/bosai/kokoro/002497.html>
- 11) 陸前高田市 HP <http://www.city.rikuzentakata.iwate.jp/kategorie/bousai-syoubou/bousai/map/map.html>
- 12) 岩手県 HP <http://www.pref.iwate.jp/kasensabou/kasen/fukkyuu/008327.html>
- 13) 岩手県：高田地区・今泉地区被災市街地復興 土地区画整理事業等事業計画（案） 説明会資料