

個人属性を考慮した避難困難人口を用いた 津波避難ビルの収容人数に関する基礎的研究

佐藤 史弥¹・谷本 真佑²・南 正昭³

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)
stani@iwate-u.ac.jp

³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

東日本大震災の復興計画は、津波シミュレーションの浸水深によって、各地域の復興まちづくりの基礎となる防災手法を決定している。浸水深が一定以上の地域では大規模な土地の整備と土地利用規制が行われ、浸水深が一定以下の地域は、津波浸水域内にも街を再建している。後者の地域では既存のインフラを利用した避難計画を立案する必要がある。特に津波避難ビルの指定は有効な対策であると考えられる。津波避難ビルを指定する際は、避難困難地域を抽出するが、その際に個人属性を考慮しなければ、避難困難者数を過大評価する可能性がある。本研究は、避難者の個人属性を考慮して、津波避難困難者数を算出した。その避難者が津波避難ビルに避難した場合に、津波避難ビルの収容人数と避難者数の空間分布から対象地域の課題を明らかにし、対策を考察した。

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

1. 序論

(1) 復興計画・復興事業の地域差

東日本大震災から6年が経過し、岩手県沿岸市町村では復興計画に基づき復興が進みつつある。東日本大震災からの復興計画は、その地域が受けた被害や、将来に襲来する可能性のある津波の浸水状況によって、地域ごとによって必要な事業や計画が異なっている。

宮古市東日本大震災復興計画(基本計画)¹⁾によると、東日本大震災において津波の浸水深が2mを超えると建物被害が大きくなるという調査結果²⁾から、「頻度の高い津波」の高さに対応する防潮堤等の海岸保全施設の整備を行うという条件下で「最大クラスの津波」が襲来した場合の浸水域と浸水深によって、各地域で行われる復興まちづくりの基礎となる防災手法を決定している。

具体的には、上記の津波シミュレーションで浸水しない区域及び浸水深が一定以下の区域では、ハード面の対策として津波避難ビルの指定や避難タワーの建設、避難場所の再指定を行い、ソフト面の対策として津波避難対策、防災教育を充実させるとしている。また浸水深が一定以上の地域では、上記の対策に加えて、ハード面の対

策として高台移転や土地のかさ上げ、ソフト面の対策として用途規制を行うとしている。

後者の地域は大規模な土地の整備と、土地利用の規制を行うため、津波が浸水する危険性のある範囲内に、産業や商業的な利用を目的とする昼間人口は集積しているが、居住地としての土地利用が制限されているため夜間人口は小さい。

しかし前者の地域は、津波が浸水する危険性については、防潮堤によって軽減されるものの、街は従来で再建されるため、後者の地域に比べると、津波が浸水する危険のある範囲に昼夜通して人口が分布する地域であると考えられる。そのため、このような地域では、既存の街のインフラや建物を用いて、津波避難対策を行う必要がある。特に津波避難ビルは既存の建物を避難場所として利用するため、ハード面において大規模な整備を行わない地域では、有効な対策であると考えられる。

(2) 岩手県沿岸地域における津波避難ビルの必要性

津波避難ビルは、1次避難場所までの距離が遠く避難困難である人が利用する避難施設であると考えられる。そのため、低地が長く続く平野部などで利用される事例が多くみられる。また、南海トラフ巨大地震の津波の浸

水が想定される市町村は平野部の市町村が多いことに加え、東日本大震災に比べると、津波の到達時間が早いという特徴もあり、岩手県と同じリアス式海岸の特徴を持つ和歌山県でも、津波避難ビルや津波避難タワーの指定が進んでいる³。既往研究においても、平野部や、南海トラフ巨大地震の津波浸水域における津波避難ビルの必要性について議論した論文は多く存在している^{4)~8)}。

岩手県沿岸市町村では、短い距離で高台に避難できる環境にあり、津波の到達時間も比較的猶予があったため、震災前までは津波避難ビルの指定について議論されてはいたものの⁹、実際に津波避難ビルとして指定されている建物は少なかった¹⁰⁾。しかし東日本大震災以降、岩手県沿岸地域でも徐々に津波避難ビルの指定が進められており、今後は岩手県でも津波避難ビルを安全に利用するためのルール作りが求められている。

(3) 個人属性による徒歩避難速度の差

津波避難ビルが必要な地域を選定する場合、徒歩避難可能距離を算出し、そこから避難困難地域を抽出し、その地域内で津波避難ビルを選定する¹¹⁾。この時、徒歩避難可能距離は避難可能時間を歩行速度で除した値を用いている。この歩行速度は、自治体によって差があり、岩手県宮古市¹²⁾ 歌山県³⁾ 分速30mを、愛知県¹³⁾ 分速11m~44mを用いている。

過去の津波避難行動を分析した研究などでは、津波からの徒歩避難速度は、避難者に個人属性によって異なる

ことが示されている¹⁴⁾。そのため避難困難地域を抽出する際においても、徒歩避難速度を個人属性によって変化させる必要があると考えられる。特に岩手県の沿岸市町村のような、短い距離で高所の避難場所に避難できる環境化では、避難速度を速く設定した場合、避難困難地域が抽出されず、津波避難ビルが必要な地域が特定できない可能性がある。また避難速度を遅く設定した場合、避難可能な人も避難困難地域の中に含まれている可能性があり、避難困難者数を過大評価してしまう可能性がある。

(4) 本研究の目的

本研究では岩手県宮古市の中心市街地において、避難者の個人属性を考慮して、津波避難困難者数を算出した。それらの避難者が、既存の津波避難ビルに避難した場合、新規の避難ビルを加えた場合の2ケースについて、津波避難ビルの収容人数と避難者数の空間分布を比較することで、当該地域における津波避難ビルにおける課題を明らかにし、対策を考察することを目的とした。

2. 分析方法

(1) 分析方法の概要

本研究は復興後の岩手県宮古市の中心市街地を対象として、ArcGIS NetworkAnalystを用いてネットワーク分析を行った。道路網は、数値地図(国土基本情報)¹⁵⁾道路中

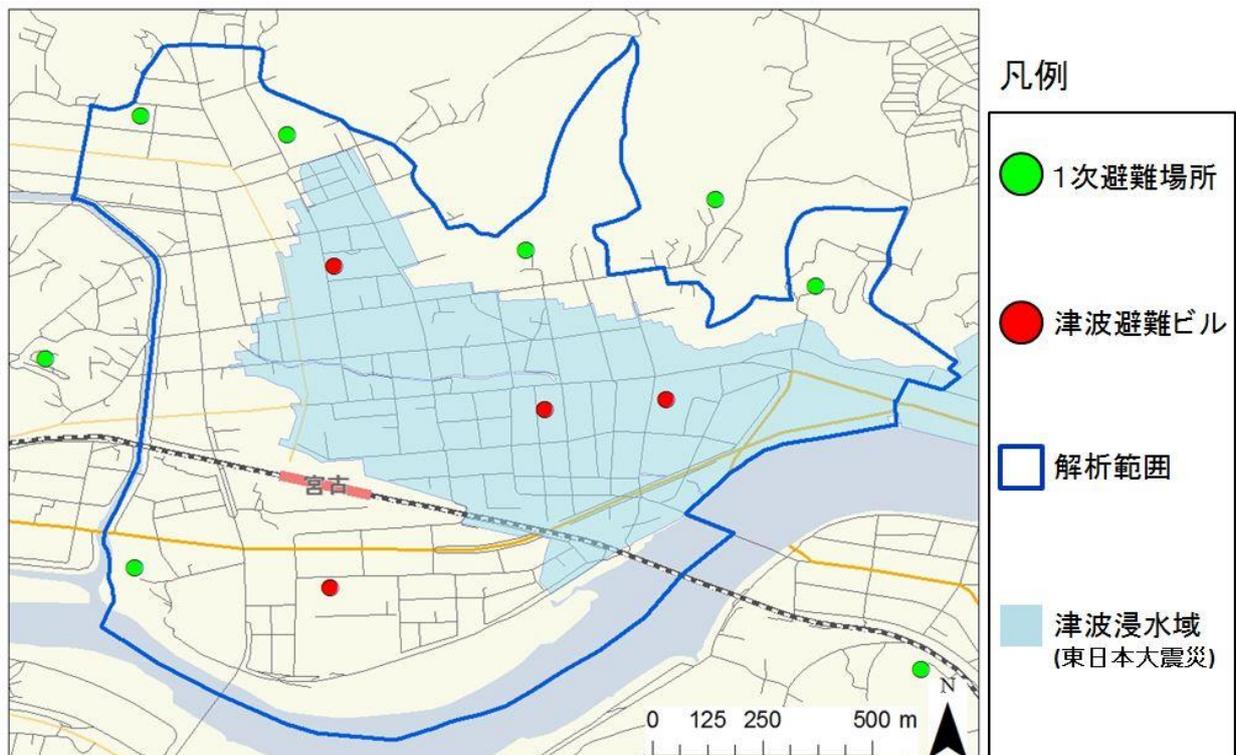


図1 対象地域(宮古市中心市街地)

心線を道路ネットワークとして用いた。

対象地域において、高齢者と高齢者以外を想定した徒歩避難可能距離圏を算出し、津波避難困難地域を抽出した。津波避難困難地域の住民が、既存の津波避難ビルに避難した場合に、既存の津波避難ビルで津波避難困難地域の住民全員が避難できるかを検討する。また、新規に津波避難ビルを設定した場合についても、波避難困難地域の住民全員が避難できるかを検討する。

(2) 対象地域について

本研究では、岩手県宮古市の中心市街地を対象としている。対象地域の詳細図を図1に示す。図1内の青線は宮古市の中心市街地地区を示しており、本研究での解析範囲となっている。東日本大震災でこの中心市街地エリアまで津波が浸水しており、浸水面積は約48.8ha、浸水深は3.3m～5.2mであり、浸水域内には1270棟の建物があったが、その内の14%が流出または撤去せざるを得ない被害を受けた地域である¹⁶⁾。

この地域は前述の津波シミュレーションにおいて、10.4mの防潮堤と水門を整備することで、「最大クラスの津波」が襲来した場合でも、浸水深が1m未満に抑えられる地域であるため、被災前と同じ場所に住宅再建が行われている¹²⁾。津波対策としては、防潮堤の整備の他にも、4棟の津波避難ビルが整備されている^{17) 18)}。

震災前から宮古市の中心市街地であり、様々な年齢層の人口が集積しているこのエリアは、復興後も震災前と比較的変わらない姿で復興するエリアである²⁰⁾。そのため、解析範囲内は津波浸水の危険性に曝されている人が多く分布するエリアであり、津波避難ビルの増設やルール作りが喫緊の課題となっているエリアであると考えられる。

(3) 津波避難困難人口の抽出

(a) 徒歩避難可能距離圏の算出

津波避難困難人口を推計するにあたって、最初に1次避難場所からの徒歩避難可能距離圏を算出した。徒歩避難可能距離は、津波到達時間から避難準備時間の差を歩行速度で除した値として求めた。

解析範囲の津波到達時間は、地震発生後23分である¹²⁾。避難準備時間を5分とし、津波到達時間から避難準備時間を引いた18分を、高齢者の徒歩避難速度を想定した分速30m、高齢者以外の徒歩避難速度を想定した分速60mでそれぞれ除した2種類の値を徒歩避難可能距離として算出した。高齢者は540m、高齢者以外は1080mの徒歩避難可能距離圏を算出した。

(b) 徒歩避難可能距離圏のカバー人口と津波避難困難人口の算出

今回の分析では高齢者を65歳以上、65歳以下を高齢者以外と定義した。徒歩避難可能距離圏のカバー人口として、高齢者の徒歩避難可能距離圏を想定した、1次避難

場所から540m圏内にいる高齢者の人口、高齢者以外の徒歩避難可能距離圏を想定した、1次避難場所から1080m圏内にいる高齢以外の人口を求めた。また、それぞれの距離圏でカバーできなかった範囲を津波避難困難地域とした。その範囲内の人口を津波避難困難人口として算出した。解析範囲内の人口も同様の方法で算出し、それぞれのカバー人口と比較した。

徒歩避難可能距離圏内のカバー人口と津波避難困難人口を算出するにあたって、解析範囲内に人口が一様に分布していると仮定した場合、人が居住していない箇所にも人が住んでいることになるため、人が集中している箇所の人口が過小評価されてしまうと考えられる。そこで本研究では、より詳細な人口分布を推計するために、居住メッシュを定義し、500mメッシュの人口を、居住メッシュに分配し、徒歩避難可能距離圏内のカバー人口と津波避難困難人口を算出した。

居住メッシュは、国土数値情報ダウンロードサービス¹⁹⁾内の都市地域土地利用細分メッシュ(平成26年度)の100mメッシュの内、人が居住していると見込まれる、高層建物、低層建物、低層建物(密集地)に属するメッシュとし、それらのメッシュの重心を算出した。平成27年度国勢調査の人口分布500mメッシュ²⁰⁾の人口を、該当する500mメッシュ内に存在する、居住メッシュの重心数で除し、居住メッシュに500mメッシュの人口を分配した。

(4) 津波避難ビルの容量に関する分析

抽出した津波避難困難者が津波避難ビルに避難した際に、津波避難ビルの収容人数を超えずに、避難者全員が避難できるか否か2つのケースを想定し分析を行った。CASE 1は、既存の津波避難ビルに津波避難困難者全員が避難した場合、CASE 2は既存の津波避難ビルに加えて、新規の津波避難ビルを指定することを想定し、津波避難困難者がそれらの避難ビルに避難した場合である。

どちらのケースでも、抽出した津波避難困難メッシュの重心点から最寄りの避難場世も出の最短距離を算出した。同じ津波避難ビルを選択しているメッシュの人口の合計を、その津波避難ビルに対する避難者数とし、収容人数と比較した。また、それらのメッシュの空間分布を示した。津波避難ビルに近いメッシュ内の人から津波避難ビルに避難し、収容人数が埋まっていくとした場合に、収容人数を超えてしまい、最寄りの津波避難ビルに避難できない人がいるメッシュを津波避難ビル容量超過メッシュと定義し、その空間分布を示した。

また、各ケースにおける津波避難ビルの収容人数の合計を総収容人数、津波避難ビル容量超過メッシュの人口の合計値を、総超過人口として算出し、ケースごとと比較した。

津波避難ビルの収容人数は、既存の避難ビルでも収容人数が公表されていない避難ビルも存在した。そのため、既存の避難ビルで収容人数が公表されている津波避難ビルの床面積を算出し、その津波避難ビルの収容人数で除すことで、1人あたりに必要な床面積を仮定し、他の避難ビルの床面積からその値を除し、収容人数を求めた。CASE2で想定する新規の津波避難ビルの収容人数も同様の方法で算出した。

新規の津波避難ビルの設定条件は、数値地図（国土基本情報）¹⁵⁾の建物データの中でも、堅牢建物となっており、その中でも階数が4階建て以上の建物を新規の津波避難ビルとして指定した。この建物データには、階数に関する情報が格納されていないため、階数についてはZENRINの地図を参照した。また、一次避難場所、津波避難ビルは宮古市総合防災ハザードマップに記載されている避難場所を用いた。

3. 結果

(1) 津波避難困難人口の抽出

図2は解析範囲内の高齢者と高齢者以外の人口と、徒歩避難可能距離圏のカバー人口を示している。青いグラフが高齢者以外の人口、赤いグラフが高齢者の人口をしめしている。解析範囲には、高齢者以外の人々が3237人存在しており、高齢者以外の徒歩避難可能距離圏のカバー人口も3237人であることから、解析範囲内の高齢者以外の人々は18分以内に1次避難場所に避難できることが明らかになった。しかし、高齢者の徒歩避難可能距離圏のカバー人口は1073人となっており、686人の高齢者が18分以内に1次避難場所に避難できない可能性があることが読み取れる。

図3は高齢者と高齢者以外それぞれの徒歩避難可能距離圏を示しており、高齢者以外の徒歩避難可能距離圏を桃色、高齢者の徒歩避難可能距離圏を橙色で示している。高齢者以外の徒歩避難可能距離圏は解析範囲全体をカバーしているが、高齢者の徒歩避難可能距離圏は、宮古駅周辺のエリアをカバーしきれていないことが見てとれる。このことから、高齢者にとって、宮古駅周辺のエリアは津波避難困難地域であることが明らかになった。

(2) 津波避難ビルの容量に関する分析

図4はCASE1、図5はCASE2の分析結果をそれぞれ示している。そのメッシュが選択した津波避難ビルごとに色を分け、津波避難ビル容量超過メッシュを車線で示している。また、桃色の棒グラフはその津波避難ビルの避難者数、青色のグラフが収容人数を示している。

図4を見ると、既存の津波避難ビル4棟のうち、3棟で避難者数が収容人数を超えていることが見てとれる。このことから、津波避難困難地域の高齢者が既存の津波

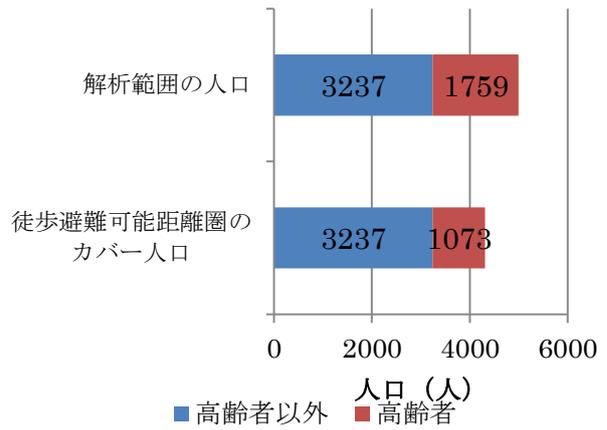


図2 解析範囲内の人口と1次避難場所からの徒歩避難可能距離圏

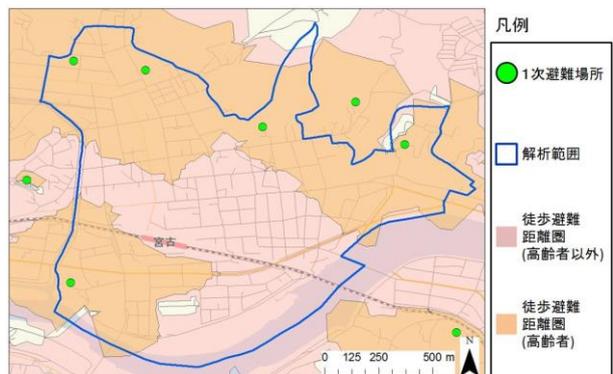


図3 1次避難場所から徒歩避難可能距離圏

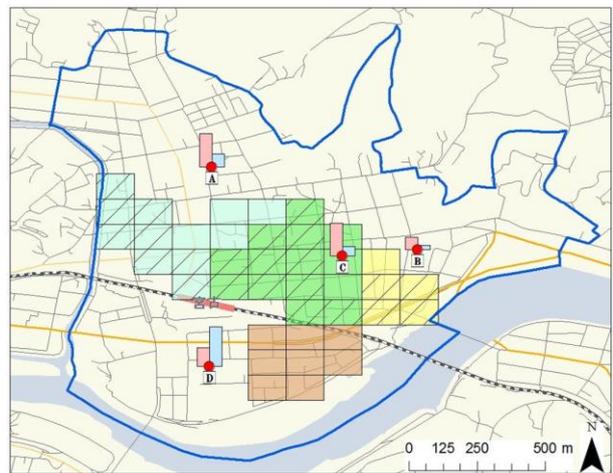


図4 津波避難ビルの避難者数と収容人数の比較 (CASE1)

避難ビルに避難した場合、津波避難ビルの収容人数が足りずに、避難者があふれる可能性があると考えられる。

図5を見ると、新規の避難場所を指定した場合でも、避難者数が津波避難ビルの収容人数を超えていることが見てとれる。また選択されていない津波避難ビルも存在しており、避難者が集中すると新規の避難ビルを設定した場合でも、避難者全員を収容できない可能性があることが明らかになった。

図6は各ケースの津波避難ビルの総収容人数と総超過人数を示している。総収容人数を見ると、CASE1は津波避難ビルの総収容人数が471人であるが、CASE2は750人に増加していることがわかる。それに対し、総超過人数はCASE1は367人、CASE2は326人と僅かな減少は見られるものの、ほぼ同じ値となった。

4. 考察

本研究での分析結果から、宮古市の中心市街地に住む高齢者以外の人々は、18分以内に1次避難場所に避難できるため、できる限り山側の1次避難場所に避難し、高齢者などの歩行速度が遅く、1次避難場所までの避難が間に合わない人を優先的に津波避難ビルに避難させる必要があると考えられる。

宮古駅周辺の高齢者686人が避難困難者となる可能性があるが、既存の津波避難ビルの総収容人数が471人であることから、現状の津波避難ビルでは津波避難困難者全員を収容することができない可能性がある。そのため、この地域では、今後も津波避難ビルを指定していくことが必要であると考えられる。

また、CASE1とCASE2で総超過人数に変化が無いという結果は、今回の分析では避難者は最寄りの避難場所を選択するため、容量の少ない避難場所に避難者が集中してしまったことが原因であると考えられる。CASE2の総収容人数は750人であることから、新規の津波避難ビルを指定することで、避難困難者全員分の総収容人数は満たしている。津波避難ビルを指定するだけでなく、特定の津波避難ビルに避難者が集中しないようなルール作りをする必要があると考えられる。

5. 結論

本研究では、岩手県宮古市中心市街地において、高齢者と高齢者以外を想定した徒歩避難可能距離圏を算出し、津波避難困難地域を抽出した。津波避難困難地域の住民が、既存の津波避難ビルに避難した場合と、新規に津波避難ビルを加えた場合について、波避難困難地域の住民全員が避難できるかを検討した。

その結果、宮古市中心市街地の高齢者以外の住民は周

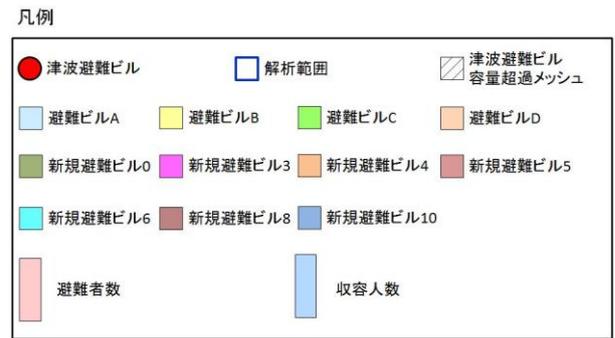
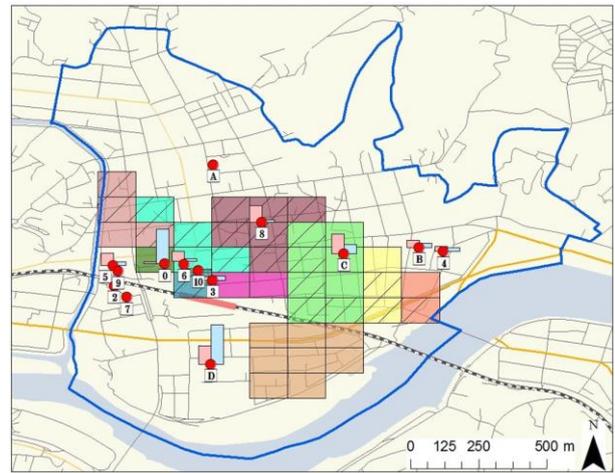


図5 津波避難ビルの避難者数と収容人数の比較 (CASE2)

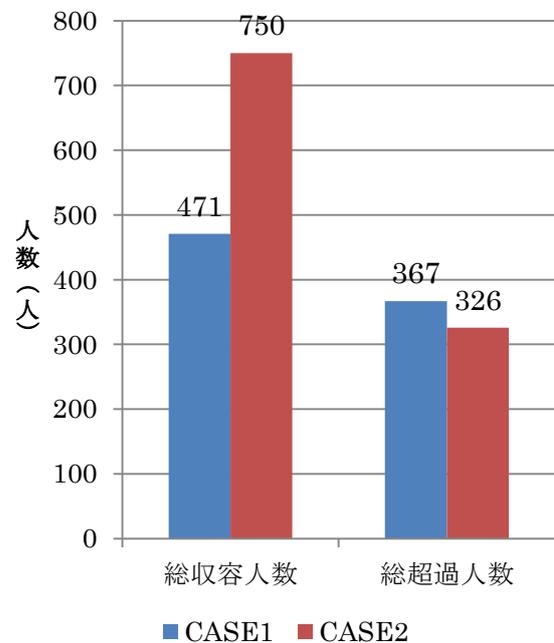


図6 各ケースの津波避難ビルの総収容人数と総超過人数

周辺の1次避難場所に18分以内に避難できるが、宮古駅周辺に住む高齢者は周辺の1次避難場所に18分以内に避難できない可能性があることが明らかになった。また、避難困難である高齢者が既存の津波避難ビルに避難した場合でも、既存の避難ビルでは避難者全員を収容できない場合があることが明らかになった。また新規の避難ビルを指定した場合でも、最寄りの津波避難ビルに避難者が集中すると、避難者全員を主要出来ない可能性があることが明らかになった。

宮古市中心市街地では、今後も津波避難ビルを増やしていくと共に、避難歩行速度の遅い高齢者を優先的に津波避難ビルに避難させることや、特定の津波避難ビルに避難者が集中しないようなルール作りが必要であると考えられる。

本研究の分析上の課題として、津波避難ビルの収容人数や避難者が選択する津波避難ビルを仮定しているため、今後は現地調査を行い、より現実に沿った分析、最適配分に関する分析を行う予定である。

参考文献

- 1) 宮古市：宮古市東日本大震災復興計画【基本計画】，2011
- 2) 国土交通省（都市局）：東日本大震災による被災現況調査結果について（第1次報告），2011
- 3) 和歌山県：津波から「逃げ切る！」支援対策プログラム—津波による犠牲者をゼロとするために—，2014
- 4) 大原 美保：南海トラフ沿岸域における将来的な人口変動を考慮した津波減災戦略に関する検討，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol. 70，No. 4，pp.710-717，2014.
- 5) 大木 麻美，田中 直人：災害時要援護者の避難を想定した津波避難ビルに関する研究—高知県安芸市を事例とした災害時要援護者の基礎的研究—，日本建築学会論文集，Vol. 74，No. 641，pp.1523-1529，2009.
- 6) 山田 崇史，佐々木 雅宏，岸本 達也：津波避難時の避難施設選択モデルを用いた避難施設圏域の推定—復興支援調査アーカイブによる仙台市・名取市・岩沼市の分析—，日本建築学会技術報告集，Vol. 22，No. 51，pp.825-830，2016.
- 7) 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.
- 8) 山田 崇史，秋山 和範，末澤 貴大，岸本 達也：海水浴場における津波避難施設の選択行動モデル化—神奈川県藤沢市をケーススタディとして—，都市計画論文集，Vol. 49，No. 3，pp.549-554，2014.
- 9) 岩手県：津波避難計画策定指針，2004
- 10) 村松拓人，吉原綾，小川雅人，畔柳昭雄，坪井壘太郎：地域・施設の性格から捉えた津波避難ビルの施設計画的研究—東日本大震災の被災地における津波避難ビルの避難利用及び被災状況 その1—，日本大学理工学部 学術講演会論文集，pp637-638，2013
- 11) 内閣府：津波避難ビル等に係るガイドライン，2005
- 12) 宮古市：宮古市津波避難計画（中心市街地・愛宕・光岸地・山口地区版）Ver.1.1，2017
- 13) 愛知県：市町村津波避難計画策定指針，2015
- 14) 総務省（消防庁）：津波避難マニュアル検討会報告書，2013
- 15) 国土地理院：数値地図（国土基本情報）
- 16) 岩手県：東日本大震災の記録，2013
- 17) 宮古市：津波避難施設に関する協定を結びました http://www.city.miyako.iwate.jp/kikikanri/hinan_biru_2.html
- 18) 宮古市：津波避難施設に関する協定を結びました。その2 http://www.city.miyako.iwate.jp/kikikanri/hinan_biru_2_2.html
- 19) 国土交通省国土政策局国土情報化：国土数値情報ダウンロードサービス，<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 20) 総務省統計局：統計 GIS，<https://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do>
- 21) ゼンリン：ゼンリン住宅地図岩手県宮古市 1<宮古>，2017