

# マクロスケールにおける「津波からの避難しやすさ」の評価： アクセシビリティに基づくエバキュエイタビリティ指標の構築と測定

田中耕市・駒木伸比古・貝沼恵美

## An Evaluation of 'Ease of Evacuation from Tsunami' on a Macro Scale: Building and Measuring of Evacuability Measure Based on an Accessibility Measure

Koichi TANAKA, Nobuhiko KOMAKI, and Emi KAINUMA

**Abstract:** The purpose of study is to build 'evacuability measure' in order to evaluate the ease of evacuation from tsunami. We measure evacuability in case study area and investigate the result and its validity. The measure is based on road distance to higher places or buildings than an estimated height of tsunami. Evaluability is low in most of low-lying coastal land in peripheral suburban area because higher elevation places and mid-to-high-rise buildings are not found. On the other hand, it is relatively higher in the southern part of case study area with ria coast where an estimated height of tsunami is critically high. Since low-lying coastal land is limited in the area, it is accessible for residents to higher places than estimated height of tsunami. The result shows more critical situation in the low-lying coastal land in peripheral suburbs than in the ria coastal area.

**Keywords:** 避難 (evacuation), 津波 (tsunami), アクセシビリティ (accessibility), 道路網 (road network)

### 1. はじめに

東日本大震災における未曾有の津波被害は、地震後の迅速な避難行動の不可欠性をあらためて証明することになった。従前から取り組まれてきた避難行動シミュレーション（渡辺・近藤, 2009）などの研究に加えて、東日本大震災における実際の避難行動（諫川ほか, 2012）や、避難場所の検討（川邊ほか, 2012）など、地震後の避難に関する様々な視点からの研究が新たに取り組まれている。

内閣府や地方自治体では従来の想定を見直して、より大きな地震規模を前提とした津波ハザードマップの再作成が進められている。しかし、津

波ハザードマップではその場所の「津波の高さ」の情報が提供される一方で、「避難のしやすさ」の情報は提供されていない。それを客観的に評価することができれば、日本全国の沿岸地域のなかでも特に危険な地域や、「避難のしやすさ」の程度を相対的に把握することができる。それによって、どの地域の津波対策を優先すべきかを、マクロな視点から明らかにできよう。

本研究の目的は、俯瞰的視点から津波の避難が困難な地域を明らかにするために、「津波からの避難しやすさ」を客観的に評価するエバキュエイタビリティ (evacuability) 指標を確立および測定することである。

### 2. 研究方法

#### 2.1. 指標の構築

田中耕市 〒310-8512 茨城県水戸市文京2-1-1

茨城大学人文学部

Phone: 029-228-8169

E-mail: gis [at] mx.ibaraki.ac.jp

エバキュエイタビリティ指標は、津波が浸水するそれぞれの場所からみた「津波が浸水しない場所」までの最短移動距離とする。「津波が浸水しない場所」には、津波高を上回る標高の地点と、最上階が津波高を上回る建築物が含まれる。避難者は道路上を移動すると考えて、各測定地点から避難可能地点までの距離には原則として道路距離を適用する。標高  $xm$  (メートル) 未満の測定地点  $i$  のエバキュエイタビリティ  $Eix$  は以下のように表わされる。

$$Eix = \begin{cases} diC_{xi} = diR_i + dR_iC_{xi} & dij \geq diC_{xi} \\ dij = diR_i + dR_iR_j + djR_j & dij < diC_{xi} \end{cases} \quad (1)$$

地点  $R_i$  は地点  $i$  から最近隣の道路ネットワーク上の地点、 $C_x$  は標高  $xm$  の等高線と道路ネットワークの交点、地点  $j$  は標高  $xm$  以上のフロアを有する建築物ポリゴンの中心点である。 $C_{xi}$  は  $C_x$  の地点群のうち地点  $i$  から最近隣のものであり、 $R_i$  は地点  $i$  から最近隣の道路ネットワーク上の地点群のうち、地点  $i$  から最近隣のものである。 $diR_i$  は地点  $i$  から地点  $R_i$  までの直線距離、 $dR_iC_{xi}$  は地点  $R_i$  から  $C_{xi}$  までの道路距離である。測定地点  $i$  は 50m メッシュ地点を使用して、約 50m ごとのエバキュエイタビリティを測定する。

建築物の高さは建築物の階数から推測する。足永・鍵屋 (2010) をもとに、1 階分の高さを 3m、建築物の土台の高さを 0.5m と仮定した。また、全ての建築物で必ずしも屋上に上れるとは限らないため、最上階の床面の高さが津波高を上回った場合にのみ、避難可能であるとみなした。したがって、建築物  $j$  を避難可能とみなす有効高度  $h_j$  は以下のとおりである。

$$h_j = ej + (f_j - 1) \cdot 3 + 0.5 \quad (2)$$

建築物  $j$  が立地している地点の標高を  $ej$ 、建築

物  $j$  の階数を  $f_j$  とする。 $h_j$  が  $x$  以上である場合のみ、避難可能な建築物とみなす。

ただし、現実には必ずしもすべての建築物に避難できるわけではない。そのため、本研究のエバキュエイタビリティの測定に際しては、避難可能地点を①「津波高を上回る標高地点」のみとするケースと、②「津波高を上回る標高地点」に「最上階が津波高を上回る建築物」を加えるケースを個別に考慮する。そして、それぞれ津波高を 10m, 20m とした想定に基づき、1)津波高 10m①、2)津波高 10m②、3)津波高 20m①、4)津波高 20m②の 4 つのパターンについて、エバキュエイタビリティを測定する。

## 2.2. 使用データと事例対象地域

本研究では、全国でエバキュエイタビリティを測定することを視野に入れて、全国を対象に画一的に整備されているデータ（全国デジタル道路地図データ、国勢調査、国土地理院 10m メッシュ標高データ、ZMapTownII）を利用した。

事例対象地域は四国地方徳島県の沿岸部 4 市 4 町とした。徳島県は近い将来における南海トラフを震源とする南海地震による大きな被害が予測されている。2013 年 1 月に地震調査研究推進本部が公表した南海地震の予測発生確率は、30 年以内で 60% 程度、50 年以内で 90% 程度にまで至った。徳島県における予想最大津波高は最大 24m と公表されている。

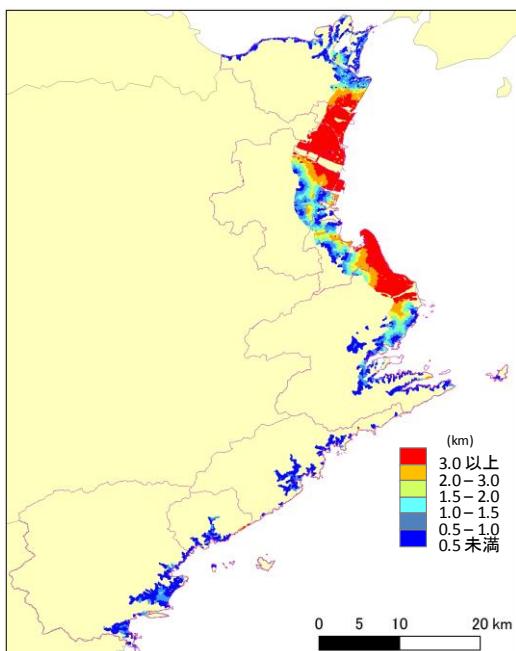
## 3. エバキュエイタビリティの測定

津波高が 10m のケースにおける測定地点数は 55,355 であり、うち居住地点数は 21,730、居住人口は 299,522 である。これは、沿岸 8 市町の総人口の約 62.3% にあたり、徳島県総人口の 37.4% に相当する高い値となった。津波高が 20m のケースにおける測定地点数は 61,500、うち居住地点数は 23,285、居住人口は 309,648 である。測定の結果、津波高 10m①（津波高を上回る標高地点のみ）のケースでは、1km 以上の移動を強いられる人口は

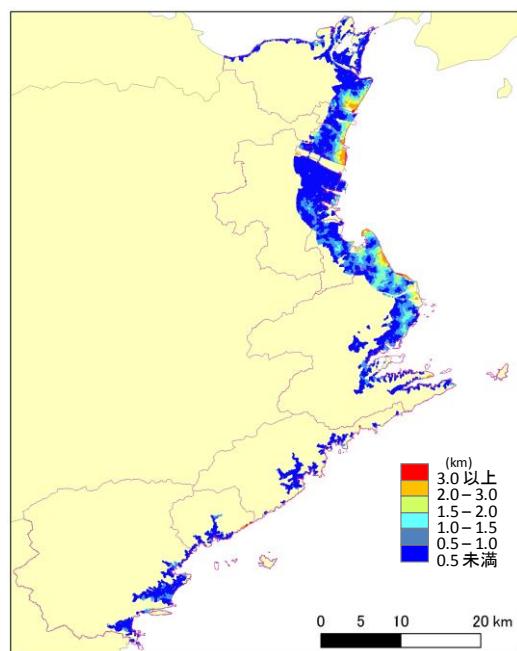
6割強（19.2万人）に及び、2km以上でも4割弱（11.3万人）を占めた（図-1, 図-2）。一方、津波高10m②（津波高を上回る標高地点と建築物）のケースでは、1km以上の移動は約4%（1.2万人）、2km以上では約0.6%（1.9千人）に減少した。建築物への避難を可能とすることにより、特に人口

が集中する平地の都市部においてエバキュエイタビリティが大幅に改善されたことが要因である。次に津波高20mにおいて測定したところ、①のケースでは、1km以上の移動は人口の8割強（25.3万人）、2km以上の移動は約55%（16.7万人）に至った。津波高20m②のケースでは、1km

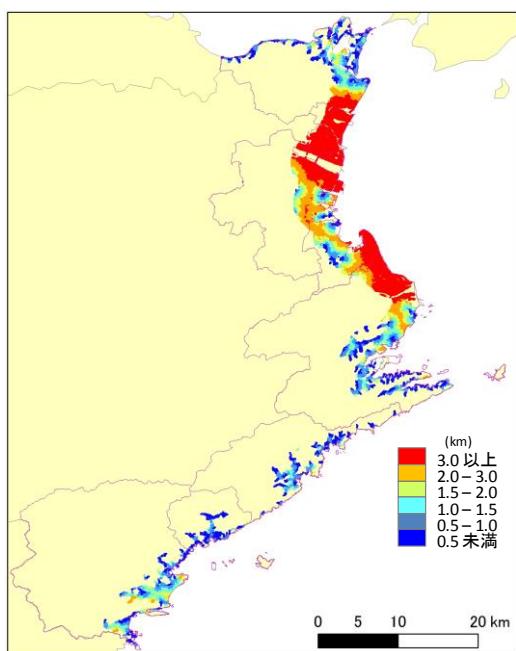
a) 10m①



b) 10m②



c) 20m①



d) 20m②

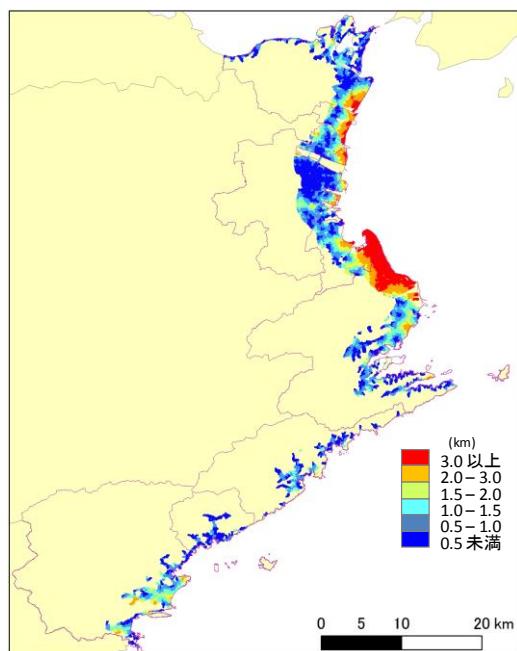


図-1 エバキュエイタビリティの測定結果

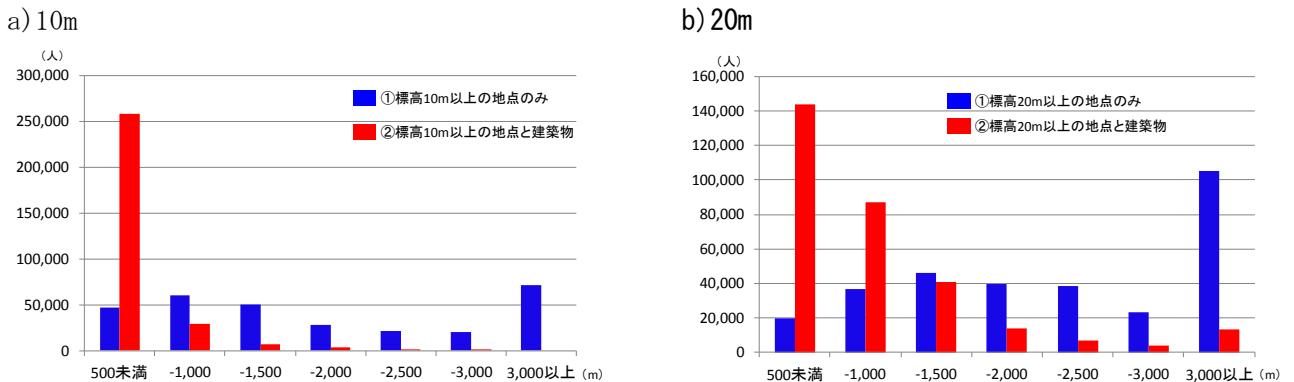


図-2 エバキュエイタビリティを距離帯別に集計した人口

以上の移動は人口の約 25% (7.8 万人), 2km 以上の移動は約 8% (2.4 万人) を占めた。津波高が 10m から 20m に高まることによって、②のケースでは 1km 以上の移動を強いられる人口が 6.6 万人、2km 以上の移動が 2.2 万人増加して、避難が困難な割合が高まった。これは、20m を超える高層建築物の立地は都市中心部に偏っているため、その都市周辺部の平地ではエバキュエイタビリティが大きく悪化したことが要因である。

#### 4. おわりに

本研究では、避難場所を①「津波高を上回る標高地点」のみとしたケースと、②「津波高を上回る標高地点」と「最上階床面が津波高を上回る建築物」としたケースを取り上げた。津波高 10m および 20m の想定ともに、①よりも②のケースでエバキュエイタビリティがきわめて良かった。しかしながら、実際に津波対策を講じるうえでは②の結果ばかりを過信すべきではなく、現実のエバキュエイタビリティは①と②の結果の間にあることに留意しなければならない。②では最上階が津波高を超える建築物全てに避難可能であると想定しているが、現実にはそれらの建築物全てに常時避難できるわけではないためである。したがって②の結果だけを頼るのではなく、①「津波高を超える標高地点」のみのケースのエバキュエイタビリティを考慮に入れて、津波避難対策に取り組む必要がある。

#### 謝辞

本研究は一般財団法人日本デジタル道路地図協会平成 24 年度研究助成「津波からの避難しやすさ」を評価するエバキュエイタビリティ指標の確立」(研究代表者: 田中耕市), および東京地学会平成 25 年度研究助成「「津波からの避難しやすさ」を評価するエバキュエイタビリティ指標の測定」(研究代表者: 田中耕市) の成果の一部である。また、本研究は東京大学空間情報科学研究センターとの共同研究の成果の一部である。

#### 参考文献

- 足永靖信・鍵屋浩司 (2010) : 「地球シミュレータを用いた東京 23 区全域における高解像度のヒートアイランド数値解析」 国土技術政策総合研究所資料, 583 号.
- 諫川輝之・村尾 修・大野隆造(2012) : 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, 日本建築学会計画系論文集, 77(681), 2525-2532.
- 川邊悟史・林 優子・大窪健之(2012) : 津波からの避難時間に注目した社寺の一時避難場所利用に関する有効性評価 : 東日本大震災で被災した宮城県石巻市北上町十三浜を対象として, 歴史都市防災論文集, 6, 157-164.
- 渡辺公次郎・近藤光男(2009) : 津波防災まちづくり計画支援のための津波避難シミュレーションモデルの開発, 日本建築学会計画系論文集, 74(637), 627-634.