

## モバイル空間統計を用いた津波浸水域内の 時空間的な曝露人口の動的解析

東北大学工学部 学生会員 ○石垣 雅生  
東北大学災害科学国際研究所 正会員 マス エリック  
東北大学災害科学国際研究所 正会員 越村 俊一

表-1 津波避難ビルの一例

施設種類	避難場所	収容可能人数
1 ショッピングセンター	駐車場4,5,6階	71645人
2 立体駐車場	駐車場4,5,6階, 屋上	9493人
5 分譲マンション	1-15階廊下, 駐車場2階, 屋上	4431人
:		:
15 小学校	校舎4階, 屋上	2422人
116 病院	5階ラウンジ, 屋上	490人
:		:
336 賃貸マンション	4階廊下	10人
337 賃貸マンション	4階廊下	8人

### 1. はじめに

地震による津波の浸水が予想されているエリアには、一時的に津波から避難をするための津波避難ビルが存在している。避難ビルには収容可能人数がそれぞれ決まっており、場所や建物の種類によって異なっている[1]。人口に対して周辺の避難ビルの数や収容可能人数が少なければ避難に時間がかかり、周辺の人口が多ければ混雑し逃げ遅れる可能性がある。このように、津波による生存可能性は避難ビルまでの距離、収容人数、周辺地域の人口密度、避難時間、津波到達時間など様々な要素で成り立っている。そこで、本研究では、南海トラフ地震で被害が大きいと予測されている、高知県高知市を対象として、津波の浸水が予想される地域における浸水時曝露人口のサバイバビリティ(生存可能性)に着目して、避難場所までの距離、収容人数、周辺地域の人口密度、避難時間、津波到達時間など、様々な要素を考慮した動的推定を試みる。また、本研究において、リアルタイムの人口分布を評価するため、株式会社NTTドコモが提供するモバイル空間統計[2]を活用した。

### 2. 使用したデータ

#### (1) 津波避難ビル

津波避難ビルとは、津波浸水予測区域内の市民が、津波の衝撃や浸水した水から身体を守るため、一時的に高所に避難するための人工構造物のことである。本研究で対象とした高知市では、津波避難ビルにはショッピングセンター、立体駐車場、学校、病院、ホテル、賃貸マンション、工場などが指定されており、緊急避難ビル一覧には、施設名、所在地、構造・階層、避難場所、収容可能人数が示されている。令和4年1月6日時点で、337施設、合計収容可能人数282666人の津波避難ビルが指定されている。表-1に津波避難ビルの一例を示す。

#### (2) モバイル空間統計

モバイル空間統計とは、各基地局のエリアごとに所在する携帯電話を把握する仕組みを利用して携帯電話の台数を集計し、地域ごとにドコモの普及率を加味することで推計した人口推定データで、1時間ごとの人口を、24時間365日把握することができる[2]。モバイル空間統計は、清家ら(2011)、寺田(2014)により、データの信頼性[3]、有用性[4]が十分にあると検証されている。図-1では津波の予測浸水域内の人口分布データを表示した。

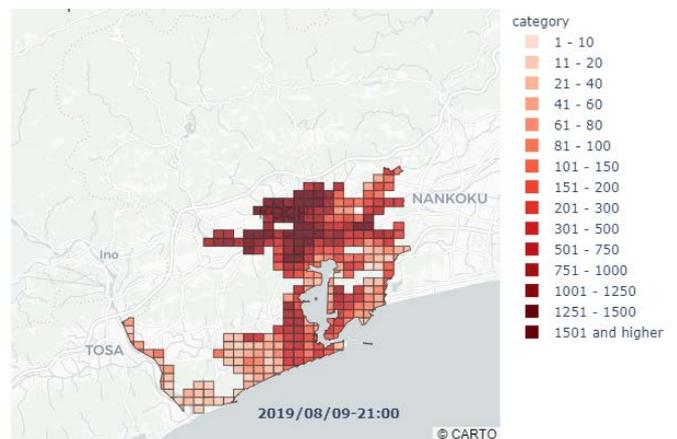


図-1 予測浸水域内の人口分布(2019年8月9日21時)

データ提供：モバイル空間統計/ドコモ・インサイトマーケティングを利用

### 3. 手法

#### (1) ボロノイ図

ボロノイ図とは、空間分割手法の代表的な手法の一つ

キーワード：モバイル空間統計、人口分布、津波曝露、リアルタイム、避難

連絡先：仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 E401, TEL: 022-752-2082, FAX: 022-752-2083

であり、ある距離空間上の任意の位置に配置された複数個の母点に対して、他の点がどの母点に近いかによって領域分けされた図である。重み付きボロノイ図では、各サイトに距離計算に影響を与える重みがあり、ボロノイセルが大きくなる。

本研究では、津波避難ビルを母点、避難ビルの収容可能人数を各母点の重みとして、乗法重み付きボロノイ図のアルゴリズムを用い、重みに反比例する距離によって津波避難ビルの勢力範囲を定めた。また、母点までの距離が大きくなり現実的に避難が不可能になるような領域になることを防ぐため、避難可能な距離による制限をかけた。本研究では、津波到達時間30分、歩行速度1.0m/sと仮定して、距離制限を1800mに設定した。

## (2) サバイバビリティ

サバイバビリティ(生存可能性)には、避難にかかる時間や津波到達時間、避難所の収容可能人数、周辺地域の人口密度など、様々な要素が関係している。逃げられる範囲の中に避難ビルの数が多いほどサバイバビリティは高くなり、周辺の人口密度に対する津波避難ビルの合計収容人数の比率が高ければサバイバビリティは高くなる。

## 4. 結果と考察

### (1) 浸水域内の曝露人口の変動

図-1で示した津波の予測浸水域内の曝露人口の変動を示す(図-2)。

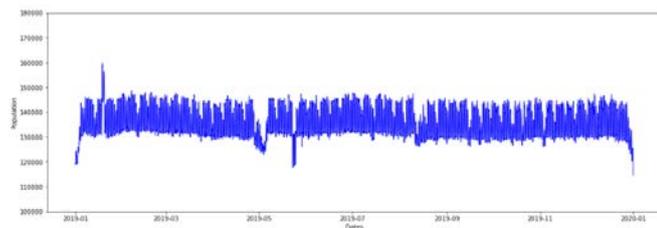


図-2 津波の予測浸水域内の人口変動

### (2) 重み付きボロノイ図

津波避難ビルの収容人数を避難ビルの重みとした重み付きボロノイ図を作成した(図-3)。

### (3) 考察

ボロノイ図では、避難ビルまでの距離のみで領域分けされたいため、避難ビルが密集しているエリアでは、収容人数が大きい避難ビルであってもエリアが小さくなっていたり、避難ビルが散在しているエリアでは収容人数が小さい避難ビルであっても領域大きくなってしまっていた。一方で、重み付きボロノイ図では避難ビルまでの距離と、収容人数をもとに領域分けしたことで、避難ビ

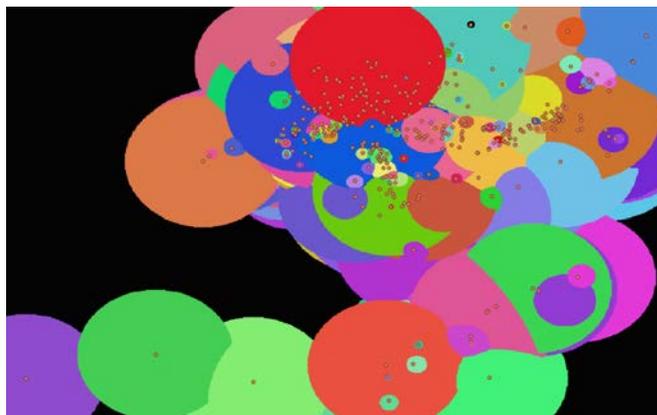


図-3 避難ビルの収容人数を重みとした重み付きボロノイ図の収容人数を大きく反映した領域となった。

### (4) 今後の課題

本研究では、津波の予測浸水域内の曝露人口と、重み付きボロノイ図の領域を基に、空間的なサバイバビリティの分布と、時間的なサバイバビリティの変化を求める。

## 5. おわりに

本研究では、高知県高知市を対象として、津波の予測浸水域内の曝露人口の推定と、ボロノイ図と重み付きボロノイ図によって津波避難ビルが取り得る領域を求め、考察した。避難先の決定には、避難ビルまでの距離だけではなく、収容人数の考慮することで、より最適な避難先を選択できることがわかった。この結果をもとに、高知市の津波の浸水が予想される地域における浸水時曝露人口のサバイバビリティ(生存可能性)の、空間的な分布と時間的な変化について解析を行い、高知市の津波に対する脆弱性の評価に役立てていきたい。

## 参考文献

- [1]国土交通省、津波防災まちづくりの計画策定に係る指針、国土交通省ウェブサイト、[https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi\\_gairo\\_tk\\_000031.html](https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_gairo_tk_000031.html), 2013.
- [2]NTTdocomo、モバイル空間統計、NTTdocomoウェブサイト、<https://mobaku.jp/>
- [3]清家 剛、三牧 浩也、原 裕介、小田原 享、永田 智大、寺田 雅之。まちづくり分野におけるモバイル空間統計の活用可能性に係る研究、日本都市計画学会都市計画論文集, vol.46, No.3, pp.451-456, 2011.
- [4]寺田 雅之。モバイル空間統計：携帯電話ネットワークを活用した人口推計技術とその応用、日本計算機統計学会大会論文集, 28(0), pp.63-66, 2014.