

大規模地震災害発生時の長期浸水域内からの要医療支援者の搬送計画モデル

高知大学 正会員 ○坂本 淳

四電技術コンサルタント 正会員 小笠原 誠

四電技術コンサルタント 非会員 石川 ひとみ

1. 研究の背景と目的

高知市では、近年発生確率が高まっている南海トラフ地震による市内中心部の長期浸水が懸念されている。この被害を最小限にとどめるため、高知県を中心とした関係機関は様々な観点から検討を進めている。このうち、医療対策・体制の検討では、浸水域内にとどまっている要医療支援者を、ボートによって可能な限り浸水域外へ搬送するためのシミュレーションが行われている¹⁾。しかし現段階では、浸水域内にとどまることが想定される要医療支援者数を72時間以内に浸水域外へ搬送するための必要ボート数の算出にとどまっている。当該報告書でも指摘があるように、ボートが十分用意できない可能性が高い中で、要医療支援者を効率的に浸水域外へ搬送するためには、限りあるボートを事前にどこに優先的に配置すればよいか検討する必要がある。

そこで本研究では、高知市の長期浸水域内にとどまる患者をボートにより効率的に浸水域外へ搬送するための計画モデルの提案を行う。

2. 提案モデル

本研究で提案するモデルは、長期浸水域内で一定以上の要医療支援者を有する地点から、想定される最寄りの進出拠点までの距離が一定以下となる進出拠点ペアの組み合わせの中で、ネットワーク全体のアクセシビリティ(ACC)が最大となるものを特定し、各進出拠点の必要ボート数を算出するものである。

2-1 ネットワークデータの整理

まず、対象地域の道路ネットワークの個々のリンクについて、長期浸水域に該当するかどうかの判断を行う。次に、長期浸水域内外を接続する全ノードを、進出拠点の候補とする。さらに、長期浸水域内の個々のノードに、想定される要医療支援者数を入力する。

2-2 計算手順

まず、全進出拠点候補からすべての組み合わせ nC_r を計算し、各組み合わせパターンを整理する。次に各組み合わせパターンについて、要医療支援者数が σ 人以上の全地点から最寄りの進出拠点までの最短距離が ϵ km以下の組み合わせを特定する。次に、特定した各組み合わせについて、Hansen²⁾により提案されたアクセシビリティ指標を基本とした式(1)を用いて、各進出拠点ノードのアクセシビリティを計算する。ここで、 ACC_i は各進出拠点ノード i のアクセシビリティ、 D_j はノード j の要医療支援者数、 $f(c_{ji})$ は距離減衰関数である。距離減衰関数については、関連する研究分野で多く用いられている負の指数関数に基づくものを採用する(式(2))。ここで c_{ji} は距離であり、ノード ji 間の最短距離をダイクストラ法で算出して代入する。 α は関数の変化率を調整するためのパラメータであり、 c_{ji} が小さいほど $f(c_{ji})$ は大きな値となり、距離の影響を受けにくい。最後に全進出拠点のACCを式(3)で算出する。ここで w は進出拠点数であり、進出拠点数の増加によりACCが大きくなる影響を除去するためである。ここからACCが最大となる進出拠点パターンを特定し、各 ACC_i の値の絶対値から必要ボート数を比例配分する。

$$ACC_i = \sum_{j=1} D_j \cdot f(c_{ji}) \quad (1)$$

$$f(c_{ji}) = \exp[-\alpha \cdot c_{ji}] \quad (2)$$

$$\max ACC = \frac{\sum_{i=1} ACC_i}{w} \quad (3)$$

3. 高知市へのモデル適用

3-1 ネットワークデータ整理

まず、平成27年度道路交通センサスをベースとした高知市を中心とする道路ネットワークを作成し、これを長期浸水範囲図(満潮時)¹⁾に基づいて長期浸水域リンクとして識別する(長期浸水域内には136リンク、114

ノードが存在). 次に, 長期浸水域内外を接続する全 17 ノードを進出拠点の候補として整理する. さらに, 文献 1)を参考として, 長期浸水域内の個々のノードに要医療支援者数を入力する. これは以下の①~③を合計した値である.

- ① 医療救護施設・病床数: 災害拠点病院 (2 施設), 救護病院 (12 施設), 病院 (17 施設), 診療所 (5 施設) のそれぞれの位置から近接するノードを特定し, 各施設の病床数を 0.9 倍して算出
- ② 大規模社会福祉施設: 3 施設の位置から近接するノードを特定し, 50 人/施設 (介護度 4, 5) を設定
- ③ 在宅の要医療者: 各ブロック割 (北部, 江ノ口・下知, 高須, 潮江, 長浜の 5 ブロック) 別の人口透析, 免疫機能障害, B 型肝炎該当者数から, 該当ブロック別のノード数で除した値を均等配分以上の結果を可視化したものを図-1 に示す.

3-2 計算結果と考察

全進出拠点の候補は 17 ノードのため, すべての組み合わせパターンは ${}_{17}C_r$ の r を 1 から 17 まで増加させた 131,071 パターンである. これについて, 2 章で説明した要医療支援者数 σ 人と最短距離 ϵ km を変化させ, この制約条件に合致したそれぞれの組み合わせで ACC が最大となるパターンの ACC_i を求め, 保有ボート数 82 艇¹⁾を比例配分する. なお, 式(2)の距離減衰パラメータ α は 0.1 とする.

計算結果を図-2, 図-3 に示す. 図-2 は要医療支援者数 σ 人を, 図-3 は最短距離 ϵ km の変数を変化させながら, ACC が最大となる進出拠点パターンを特定し, 各 ACC_i からボート数 82 艇を比例配分したものである. なお, 図中の進出拠点 No.は図-1 に対応している. これより, 要医療支援者数と要支援者地点~進出拠点の距離に関する条件が厳しくなるほど (σ , ϵ が小さくなるほど), より多くの進出拠点にボートが配置されることが確認できる.

4. まとめ

本研究で提案したモデルを高知市の長期浸水域の患者搬送計画に適用した結果, 要医療支援者の人数とそこから進出拠点までの距離という制約条件の中で, ACC を最大化する進出拠点の選定とボート数の配分ができた. 今後は道路の特性等の要因を考慮したモデルの改良が必要である.

補注*1: 文献 1)では, 現状で用意できるボート数は 82 艇としている.

<謝辞>本研究の遂行にあたり, 一般財団法人日本デジタル道路地図協会から助成を受けた. ここに記して謝意を表します.

参考文献

- 1) 高知県: 南海地震長期浸水対策検討結果, 2013.
- 2) Hansen, Walter G. "How accessibility shapes land use." Journal of the American Institute of planners 25.2, pp.73-76, 1959.

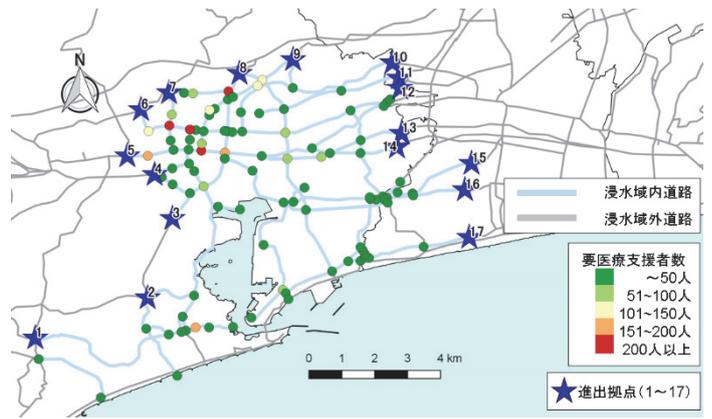


図-1 高知市の計算ネットワーク

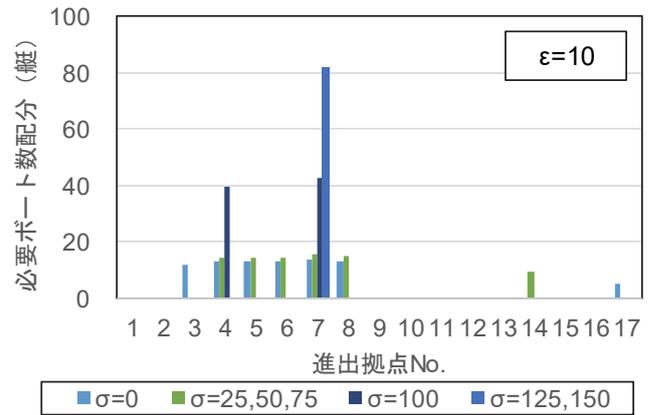


図-2 要医療支援者 σ の閾値変化と必要ボート配分

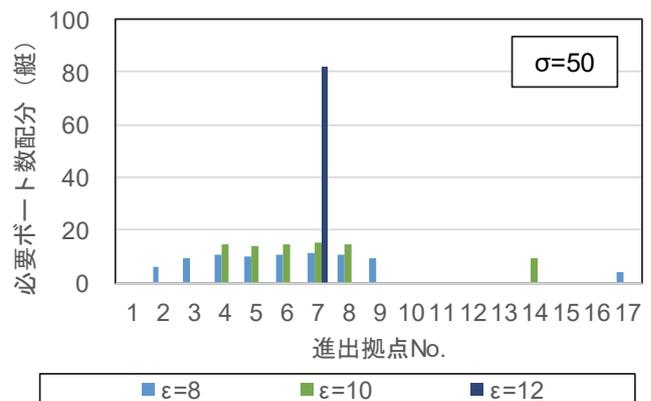


図-3 距離 ϵ の閾値変化と必要ボート配分