

でも、震災直後の傷病者数、その分布、施設の稼働状況など、詳細なデータを入手し得なかった。そこで、便宜的に分析時点は東日本大震災から1年後と設定し、その時点で得られる情報を活用する。

需要人口については、以下のように想定する。まず、基本となる人口データには、総務省統計局が公開している国勢調査の2分の1地域メッシュ（1辺がおよそ500mのメッシュ）のデータを用いる。ここから震災後データとするために、津波浸水エリアの人口を便宜的に0としつつ、仮設住宅への入居人数を反映する、という方法で修正したものを用いる。また、各メッシュの領域内において、国土地理院が公開している建物外形線を頼りに、傷病発生地点となるそれぞれのメッシュの代表点の位置を補正する。これを基に、各点における傷病者発生数について、宮城県の1日当たりの救急発生数を宮城県人口で除した傷病発生率を、各メッシュの人口に掛けて、各メッシュの傷病発生数とする。この傷病発生数は、あくまで平時の実績をベースとした仮のものである。なお、たとえば震災後の救急搬送が増大しているといった報告等もあり、需要人口の予測値は今後再検討が必要である。

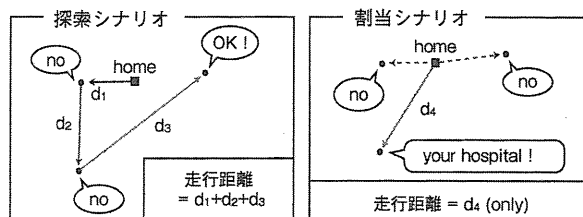
供給側となる施設は、震災後に機能しなくなった4施設を除く71の2次救急医療施設とする。各病院のキャパシティ、つまり受け入れ可能人数には、宮城県内の1日当たりの救急発生数を各病院の1日の外来数の比率に従って各病院に配分した値、つまり各病院の1日当たりの救急分担数の予想値で代用する。

道路網については、2002年度国土地理院発行の数値地図25000を改良し、分析対象時点（2011年3月10日と2012年3月11日）における道路ネットワークデータを独自に作成したものを用いる。

(3) 傷病者の搬送シナリオ

既往研究³⁾によると、日本における2007年の地震発生時の傷病者の搬送は、救急車による搬送が13%、一般車による搬送が54%と報告され

図1 シナリオ設定



ている。災害や地域によってこの比率は異なると考えられるが、多くの搬送は一般車によるものといえる。

傷病者が発生した際、非常時には行く先の医療施設に対して受け入れ可否を確認せずに向かう場合が多いと考えられる。目的地の医療施設に到着し、仮にそこで受け入れが拒否された場合、その病院から近い病院を目指して再度出発するであろう。このように、行く先々で探索するような搬送行動が起こり得る。

したがって、一般車による搬送は医療施設側のキャパシティ不足によって受け入れ拒否される可能性を高めるリスクがあるといえる。このリスクを回避するために、非常時において地域住民が傷病を患った場合に行く先の病院を、事前に割り当てておくことは有効であろう。事前割り当てによって、無駄な探索行動を省くこととなり、ひいては搬送に要する移動距離の削減につながる。

以上を踏まえて、本稿では、非常時の傷病者搬送行動について、「探索シナリオ」と「割当シナリオ」の2シナリオを想定し（図1）、両者を基にした2次救急医療施設へのアクセシビリティにどのような差異が生まれるのか検証する。具体的には、それぞれのシナリオを想定するプログラムによって、最終的に選択する病院と、そこまでの搬送移動距離を求める。

1) 探索シナリオ

傷病発生地点から最も近い医療施設に行き、そこで受け入れ拒否された場合は、そこから最も近い他の医療施設に向かう、というものである。このシナリオでは、受け入れ拒否されるたびに移動するため、距離が延びることになる。

図2 探索シナリオのアクセシビリティ

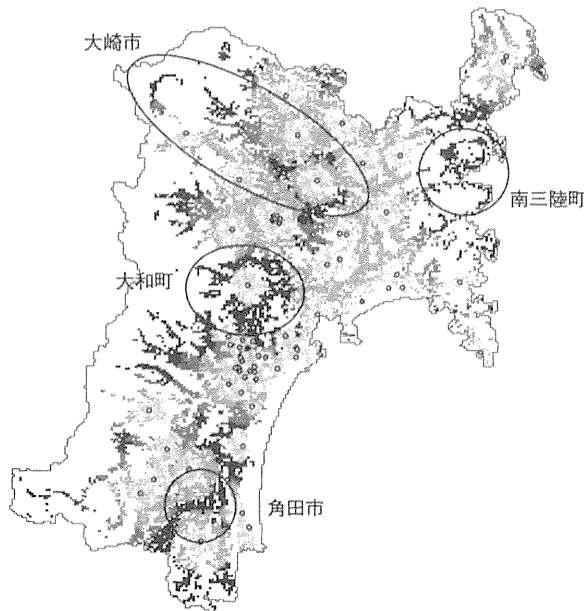


図3 割当シナリオのアクセシビリティ

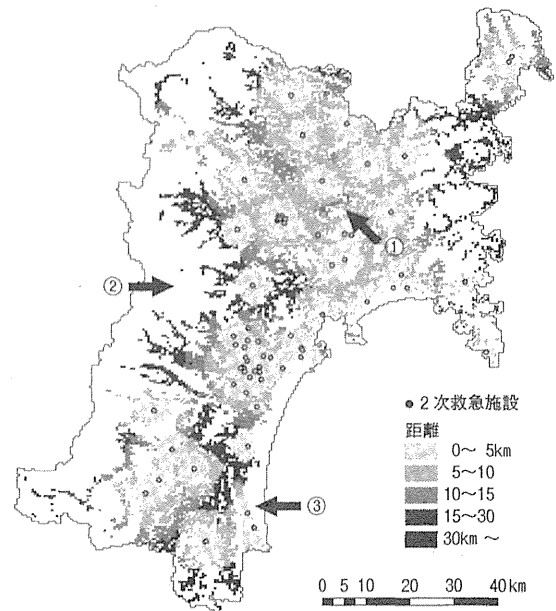


図4 シナリオ別の距離帯別人口ヒストグラム

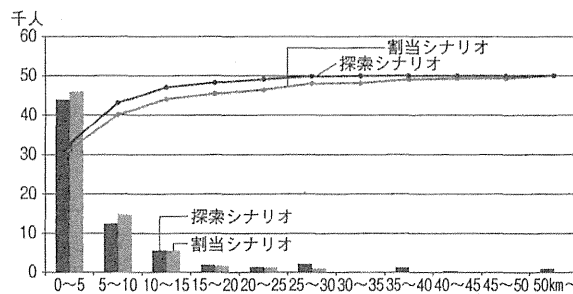
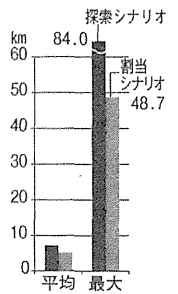


図5 平均・最大距離



2) 割当シナリオ

事前に割り当てられた医療施設に向かう、というものである。具体的には、傷病発生点から全医療施設までの距離を事前に計測し、医療施設に近い人が受療の優先順位が高いという法則に従って、どの施設に向かうべきか決定するものである。そのため、全傷病者の搬送移動距離を最小化する論理とは異なる。なお、これは完全情報下での交通行動を期待するシナリオであり、災害時にこれを期待することは非常に困難であるが、論理が単純でプログラム作成の容易であるという理由から、本研究では試行的にこのシナリオを設定した。

Ⅲ 結 果

(1) 探索シナリオ

まず探索シナリオのマップ(図2)を観察すると、病院から近いほど距離が短くなる傾向が強い。一方で病院から遠いメッシュでは、近くの病院に受け入れてもらえず、移動距離が長くなるケースも見られる。それは、0~5kmの距離帯の外側がすぐに30km以上の距離帯に移行す

るような地域(図中の大和町の周縁)に表れている。このように、探索シナリオでは受け入れが拒否されるリスクが視覚的に捉えられる。具体的に見ていくと、県北東沿岸部の南三陸町や、内陸に位置する大崎市の郊外地域、大和町の周縁地域、県南東沿岸部の角田市の郊外地域において、探索を繰り返すことで30kmを超える移動距離になってしまう地域がある。

(2) 割当シナリオ

割当シナリオの図(図3)では、事前に行き先の病院が決定されていることから、探索シナリオよりも搬送にかかる移動距離が短くなる傾向があり、それが地図にも表れている。探索シナリオのマップと比べて顕著に表れているのは、先に言及した30km以上となるエリアが、割当シ

ナリオのマップでは大幅に減少していることである。たとえば、図中の②や③の地域に表れている。一部には、探索シナリオよりも距離が延びるエリア（図中①の地域）は存在するものの、総じて移動距離は短縮し、アクセシビリティの改善が見られるといえる結果である。

（3） 距離帯別人口ヒストグラム

距離帯ごとの人口のヒストグラムを観察して（図4）、2シナリオのアクセシビリティの差異を検証していく。5km未満で病院に到着し、その病院を利用できる傷病者数は、探索シナリオでは約44,000人で、全体の62.4%を占める。割当シナリオにおいては、46,000人で、全体の65.3%となる。割当シナリオの人数の方が、探索シナリオのそれよりも多い。5km以上10km未満の傷病者数についても同様である。

10km以上の距離帯では、探索シナリオの人数が割当シナリオよりも多くなる。10km以上の移動を強いられる傷病者数の合計は、探索シナリオでは約14,000人で全体の19.9%を占める。割当シナリオでは約10,000人であり、全体の13.8%である。このように、遠距離移動となる人数が、割当シナリオでは減少することがわかる。

（4） 平均距離・最大距離

図5に、各シナリオにおける最大の移動距離と、平均移動距離を示す。平均移動距離については、探索シナリオでは7.2km、割当シナリオでは5.1kmであり、割当シナリオは探索シナリオに比べて30%短い。最大距離については、探索シナリオでは84.0km、割当シナリオでは48.7kmであり、探索シナリオに比べて割当シナリオの最大距離は42%短い。

Ⅳ 考 察

本研究では2つの搬送行動シナリオを想定して、それぞれのアクセシビリティの差異を論じた。結果として、平均移動距離に着目すれば、割当シナリオは探索シナリオに比べて30%の短

縮を実現するという結果を得ることができ、需要が同時に大量に発生する際の誘導型施策は、アクセシビリティの改善に大きく貢献することを示した。

最大距離については、より大きな改善効果があり、42%もの短縮効果があることを確認した。10km以上の移動となる人口についても、探索に比べて割当シナリオでは4,000人、6%の削減効果があることが示された。移動が長距離になる傷病者の数を減らすこともまた、医療サービスへのアクセシビリティ確保の観点から、非常に重要な課題であり、その点で誘導型施策の効果は大きい。

以上から、需要が同時大量発生するような場合のマネジメントの手法として、割当シナリオのような誘導施策を打つことは、有効な手段といえる。

一方で、分析手法について課題が残されている。実際にはケアシステムへのアクセスは時間距離で評価されるべきであり、より現実的で現実的な分析のためには、複数の交通速度のデータを組み込んだ解析が必要である。細かな点では、各病院のキャパシティの設定手法や傷病者発生数の仮定方法といった計算の前提条件に関わるものや、割当シナリオにおける行き先の病院の決定手法、完全情報下での行動の想定等も課題に挙げられる。特に、本研究では、割当シナリオにおける病院決定プロセスに、施設への近さを優先順位とした単純な論理を持ち込んでいる。これは、たとえば平時から遠距離移動を強いられる地域の住民は不利になりやすい論理でもある。総移動距離の最小化や、遠距離移動人口の最小化を狙った論理等、どのような論理がクライシスマネジメントとしてふさわしいものかを考究することが、このシミュレーションの発展につながる鍵であろう。

こうした解析の前提条件の改善を踏まえたうえで、一時の需要発生のみを扱うのではなく、災害時に逐次的に発生する需要を想定して、施設キャパシティを考慮しつつ時間の経過を踏まえて時間軸上で需要を処理していくシステムを構築することが、本稿の先に見据える研究課題

である。

医療を扱う行政や事業者は、地域医療計画と同時に地域防災計画における医療サービスの位置づけについて、より一層の論考が求められている。たとえば本稿で扱った傷病者の搬送計画はその一端である。既往研究⁵⁾が指摘するように、一般車による傷病者搬送の実態等を綿密に調査した上で、その搬送行動モデルを構築し、先に挙げた傷病者予測手法とともに、その動態である傷病者搬送計画についての提言を行うことは、喫緊の課題であり、この点についても、今後の研究課題としたい。

本研究は、第72回日本公衆衛生学会総会(2013年)における発表を再構成したものである。

文 献

- 1) Satoh E. Accessibility in the Community Health-care System. *Journal of National Institute of Public Health*. 2010 ; 59(1) : 43-50.
- 2) 折田仁典, 佐藤豪明, 武田弘衛. 救急医療活動からみた高速道路整備課題. *土木計画学研究・講演集*. 1999 ; 22(2) : 639-42.
- 3) 杉本侃. 救急医療と市民生活. へるす出版. 1996.
- 4) 鶴飼卓, 高橋有二, 青野允. 事例から学ぶ災害医療. 南江堂. 1995.
- 5) 小池則満, 宇治和幸, 秀島栄三, 他. 震災時における傷病者行動特性と搬送計画に関する一考察. *土木計画学研究・論文集*. 2001 ; 18(2) : 325-30.
- 6) 馬場美智子, 吉田禎雄, 能島暢呂, 他. 広域災害に対応した救急医療搬送システム評価のためのシミュレーションモデルの開発 - 東海地震を想定した静岡市の人的被害予測を用いた検証. *土木計画学研究・論文集*. 2008 ; 25(1) : 129-40.
- 7) 中野晃太, 高山純一, 中山晶一朗, 他. 地震時における救急搬送業務の実態調査分析 - 能登半島地震と東北地方太平洋沖地震における救急医療活動の比較分析. *土木学会第66回年次学術講演会講演概要集*. 2011 ; IV-026 : 51-2.
- 8) 小坂和子. 宮城県沖地震における負傷者の発生と医療・救急の諸問題. *都市計画 別冊*. 1979 ; 14 : 319-24.

