

## 大災害時における医療施設へのアクセシビリティ評価

サスキ リョウ サトウ エイジ  
讃岐 亮\*1 佐藤 栄治\*4  
クマカワ トシロウ スズキ タツヤ ヨシカワ トオル  
熊川 寿郎\*5 鈴木 達也\*2 吉川 徹\*3

**目的** 災害発生時には様々な施設へのアクセシビリティが低下するとともに、施設のサービス供給量には上限があるため、需要者全員がサービスを受けられない事態が容易に起こり得る。特に医療は、災害発生時においてその需要が著しく高くなるサービスの一つである。本研究では、災害発生時における医療施設へのアクセシビリティについて検討し、災害時の傷病者の搬送の在り方を考究する。

**方法** 東日本大震災被災地の宮城県の2次救急医療施設を対象として、震災前後のアクセシビリティ変化を分析するとともに、それら医療施設の受容可能人数を想定し、傷病者が同時大量発生する際の受療可能施設へのアクセシビリティの分析を行う。分析に際しては、アクセシビリティを道路距離と読み替え、地理情報システム（GIS）を用いて道路距離を計測する。さらに、災害時の傷病者搬送は一般車によるものが多数を占めることを踏まえた上で、搬送行動のシナリオとして、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探索シナリオと、事前に決められた施設に向かう割当シナリオの2つを設定して、搬送行動パターンの違いによるアクセシビリティの差異を分析する。

**結果** 誘導型施策として想定した割当シナリオに従えば、探索シナリオと比べて平均距離について30%短縮すること、最大距離については42%短縮することを示した。また、10km以上の長距離移動となる人口が6%減少することを示した。

**結論** 災害時には需要が施設容量を超えて、平時よりも遠い施設の選択もあり得る。そうした中での搬送行動のシナリオとして、事前に行く先を割り当てておく誘導型施策に明確なアクセシビリティ改善効果があることを確認した。全体の平均距離を短縮しつつ、アクセシビリティの著しく低下する人口を減少させるという2つの側面で効果があることも確認した。

**キーワード** 災害、救急搬送、宮城県、GIS、アクセシビリティ、道路距離

### I はじめに

1995年の阪神・淡路大震災、2004年の新潟県中越地震、2011年の東日本大震災といった近年の巨大地震による大震災をはじめとして、多くの地震災害を経験してきたわが国では、防

災・減災・事前復興といったリスクマネジメントの概念に沿った計画が常に求められてきた。とはいえ、災害は予測不能な面を持ち合わせたものでもあり、必ずしもリスクマネジメントの概念だけで対処できるものではないのもまた事実である。そこで重要になるのは、災害発生時

\*1 首都大学東京大学院都市環境科学研究科建築学域助教 \*2 同博士後期課程 \*3 同教授

\*4 宇都宮大学大学院工学研究科助教 \*5 国立保健医療科学院医療・福祉サービス研究部長

におけるマネジメントの概念、つまり、クライシスマネジメントの考え方である。

周知のとおり、災害発生時には様々な地域施設へのアクセシビリティ（到達しやすさ）が低下し、災害の規模が大きいほど、その度合いは大きくなる。特に緊急時に需要が大量に発生する地域施設については、その影響の大きさを考慮して、どの程度の変化がどこで起こるのか、予測したり把握したりする手段を持つことが重要となる。また、大量の需要が発生すれば供給量との関係からサービスを受けられない需要者が生じることにもなるため、それに応じた予測・対処法を持つこともまた、重要になる。

特に医療は、災害発生時のような非常時において需要が高まるサービスの一つである。医療サービスの受療可否の問題と同様に、医療機関へのアクセシビリティが災害時にどのように変化するかという点も現実的には重要な問題になり、その定量把握手法への需要は大きいはずである。

既往研究を概観すると、平時を想定して医療サービスへのアクセシビリティを評価した研究や、救急車の配置、震災時における傷病者の行動特性について調査した研究、それらを基にしたシミュレーションモデル構築の研究等、アクセシビリティや震災といった観点から医療サービスを論じたものは多岐にわたる。たとえば、Satoh<sup>1)</sup>は、一定レベルの空間的・時間的距離以内での医療施設へのアクセスを保障することが、持続的なヘルスケアシステムの構築に際して重要であるとの認識から、医療機関と利用者との関係を、空間的アクセシビリティ、つまり道路距離によって評価分析した。折田ら<sup>2)</sup>は、傷病発生から医療施設までのアクセシビリティ向上のために高速道路の活用が重要との認識に立ち、救急搬送の観点から高速道路整備の在り方を分析している。震災時の傷病者の行動特性を調査した研究事例には、過去の災害事例調査を踏まえて、傷病者は近隣の医療機関へ殺到し、やや離れた場所の医療施設へは向かわない傾向にあるという特徴を指摘した杉本<sup>3)</sup>や鶴飼ら<sup>4)</sup>の研究が挙げられる。また小池ら<sup>5)</sup>は、こうし

た傷病者の行動特性を考慮しつつ、災害発生時の搬送システムに着目し、各医療機関に来院する傷病者数の予測方法を提案した。馬場ら<sup>6)</sup>は、救急医療搬送システムの円滑な運用には情報の活用や傷病者の処置のルールを定める指揮命令系統が鍵であるとして、広域災害に対応した救急医療搬送システムのシミュレーションモデルを開発した。

以上より、傷病者の搬送行動特性を考慮して行動シナリオを想定し検討した研究はまだ少ない状況にあるといえる。特に、中野ら<sup>7)</sup>や小坂<sup>8)</sup>が指摘するように、震災時の傷病者搬送には一般車が用いられる比率が高いことを踏まえると、それらを考慮した搬送行動のシナリオを設定し、それに基づいたアクセシビリティ評価を行うことは有意義であると考えられる。そこで本研究では、傷病者搬送の効率化に向けた提案を前提に分析を行う。災害発生時に大きな問題となるサービスの供給不足に着目して、医療サービスの受療可否と受療可能施設へのアクセシビリティの分析手法を提案することは、クライシスマネジメントの議論の発展に資すると考えられる。

## Ⅱ 方 法

### (1) 対象地域の概要

本研究で対象とする宮城県は、2011年3月11日に発生した東日本大震災の主要被災地の1つである。津波被害を受けた沿岸地域に着目すると、北部には、岩手県から連続するリアス式海岸の地形が特徴的で、気仙沼市、南三陸町、石巻市の一部は入り組んだ地形の中に存在する。沿岸地域の南部には、仙台平野が広がる。石巻市中心市街地や、仙台市、名取市、岩沼市の沿岸部は、太平洋と市街地を隔てるものがなく広く津波が及んだが、津波被害を免れた地域と接するという特徴がある。

### (2) 使用するデータ

実際に分析を行うにあたり、最大の問題は災害時の情報が入手できないことである。本研究

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<sup>20)</sup>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ス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。

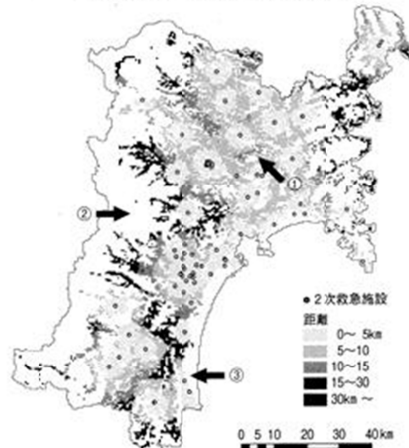
#### 1) 探索シナリオ

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



## 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。

図4 シナリオ別の距離帯別人口ヒストグラム

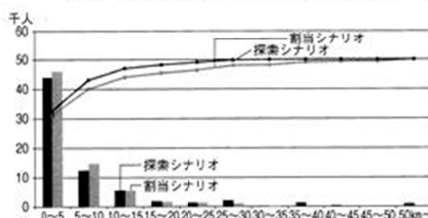
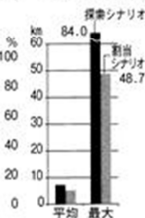


図5 平均・最大距離



## 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を超える移動距離と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、より実際の現実的分析のためには、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<sup>5)</sup>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 Healthcare 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) 鶴岡卓, 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) 中野見太, 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.