

震災時における傷病者の行動と搬送計画に関する一考察

Study on behavior of injured in an earthquake

小池則満* 秀島栄三** 山本幸司*** 深井俊英****

by Norimitsu Koike, Eizo Hideshima, Koshi Yamamoto, Toshihide Fukai

1. はじめに

地域防災計画の策定にあたっては、避難誘導計画とともに、傷病者の救護計画、搬送計画が重要となるが、これに関する記述が十分でないとの指摘がある¹⁾。傷病者の救護計画や搬送計画の策定にあたっては、傷病者数の予測とともに、その動態を明らかにする必要があるが、マイカーなどの私的交通機関が傷病者の搬送に介在する場合における傷病者の行動や搬送先コントロールに関する研究事例はほとんどない。このため、多くの地域防災計画においては、傷病者発生数の予測、あるいは被災地外への医療機関間の転送に関する記述を設けるにとどまっているのが現状であるといえる。

一方、災害医学分野では、山本が災害の定義を「その規模や傷病者数から通常の地域内の救急体制では対処出来ない場合」としているように、多数の傷病者が殺到することによって、適切な医療活動が行えなくなる事態を問題としている²⁾。したがって、適切な分散収容が大きな課題となる。

そこで本研究では、文献レビューによって震災時における傷病者の発生および行動特性について把握するとともに、予測モデルの構築を試みる。これを用いてシミュレーション分析を行い、被災地中心の医療機関に対する負担軽減を図る方法について探ることとする。

2. 震災時における傷病者搬送活動の問題点

キーワード：防災計画、傷病者搬送

* 正員 修(工) 愛知工業大学 土木工学科

****正員 工博 愛知工業大学 土木工学科

〒470-0392 豊田市八草町八千草 1247

Tel 0565-48-8121(2523). Fax 0565-48-3749

** 正員 博(工) 名古屋工業大学 社会開発工学科

***正員 工博 名古屋工業大学 社会開発工学科

〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町

Tel 052-735-5496. Fax 052-735-5496

(1) 傷病者搬送に関する研究レビュー

傷病者の行動について、災害医学分野よりいくつかの指摘がなされている。

まず、杉本は過去の災害におい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機関へは向かわないという特徴を指摘している³⁾。鶴飼らは我が国における災害の事例を調査し、特に阪神・淡路大震災において激甚な被害地区内にある医療機関へは 1000 人以上の傷病者が殺到したのに対し、数 km 離れた医療機関には 100 名に満たない傷病者しか来院しなかったとしている⁴⁾。

また、吉岡らによれば、阪神・淡路大震災における初診医療機関への交通手段は、図-1 に示すように、不明を除いても担架や自力歩行、自家用車をあわせた私的交通手段によるものが 4 割を越えている⁵⁾。したがって、消防などによって統制の取れた搬送活動を行うことは困難であったといえる。また、救急車、自家用車、病院車、公用車をあわせた割合が 3 割を越えており、自動車が重要な搬送手段のひとつであったことがわかる。

一方、小池らは航空機事故を想定した傷病者搬送シミュレーションモデルを構築し、救急車の速度向上が傷病者搬送に及ぼす効果について考察している⁶⁾。ここでは、被災地内の医療機関から被災地外への搬送について議論が行われているものの、私的交通手段の介在しない完全にコントロールされた条件

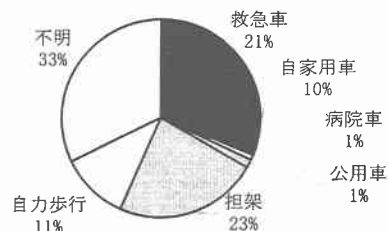


図-1 震災当日における傷病者の搬送手段⁵⁾

下での搬送活動を想定しており、震災時における被災地内の傷病者の行動については、別途研究が必要であろうと考えられる。

(2) 本研究の視点

以上の通り、傷病者の行動に関する調査や搬送活動についての研究事例が見られるが、私的交通手段による傷病者の行動をコントロールする方法については議論がなされていない。

しかし、たとえば周辺道路の交通が円滑で、かつ医療機関に関する情報が与えられていれば、多少距離があったとしても被災地外の受入能力に余裕のある医療機関へ自発的に移動する可能性がある。こうした可能性を考慮して、耐震設計や復旧作業の優先順位を定めれば、傷病者をほかの医療機関に転送する必要性が小さくなり、あらゆる意味で医療機関や傷病者への負担低減が図られると考えられる。

そこで本研究では、まず震災時における傷病者の行動モデルを構築し、各医療機関に来院する傷病者数を予測する。次に、道路の閉塞状況を変更することによって来院する傷病者数の変化を観察し、道路の耐震設計や復旧作業の優先順位について考察する。これにより、被災地内における医療機関の負担低減を考慮した傷病者計画の策定が可能になると思われる。

3. 傷病者搬送モデルの構築

(1) 傷病者の行動に関わる要因

傷病者が医療機関を選択する際に、影響を及ぼす要因としては、次のようなものが想定される。

①現在地から医療機関までの距離

前述の通り、過去の災害においては傷病者はできるだけ近距離にある医療機関へ向かうという指摘がある。また、移動距離の短い方が傷病者にとって良いことは言うまでもない。したがって、現在地から医療機関までの距離は、傷病者の医療機関選択において影響の大きな要因であると考えられる。

②医療機関ステータス

医療機関のその地域における知名度やかかりつけ医師の存在、地域の基幹病院としての機能を通常

時より果たしているか、といった背景によって決定されるステータスが、医療機関選択に影響を及ぼす要因のひとつであると考えられる。

③道路状況

災害時においては完全情報下での交通行動は期待できないが、たとえば、報道や口コミ等による交通情報を利用することにより、交通が寸断されている道路区間を使用しなければ到達できない医療機関や被害の大きい医療機関への傷病者の移動は少なくなるものと考えられる。たとえば、阪神・淡路大震災においては、六甲大橋は通行不能というデマが発生したために、対岸から六甲アイランド内の医療機関へ向かった傷病者は少なかったといわれる⁷⁾。したがって、現在地から目的医療機関への最短経路上における最も走行阻害の大きいと考えられる区間の道路状況も大きな影響因子の一つであると考えられる。

医療機関の選択は、以上のような因子が複合した形で決定されていると考えられる。この「距離」、「医療機関ステータス」、「道路状況」という3つの因子によって決定される医療機関の患者を集める力（商業施設の集客力に相当するもの）が概念的に存在するものと仮定し、本研究ではこれを医療機関ポテンシャルと呼ぶことにする。

(2) モデルの構築

前節の考察に基づき、本研究では、式(1)のようなロジスティック曲線によって医療機関ポテンシャルを決定する。

$$P_{ij} = 1 - \frac{1}{1 + 10^{m_j} \cdot \exp(-k_{ij} \cdot D_{ij})} \quad \dots (1)$$

P_{ij} : 地区 i からみた医療機関 j の医療ポテンシャル、
 D_{ij} : 地区 i から当該医療機関 j までの距離、 m_j : 医療機関 j のステータス、 k_{ij} : 道路閉塞指数

式(1)のロジスティック曲線は、距離 D_{ij} が短く、医療機関ステータス m_j (1~3 までの3ランク) が高いほど医療機関ポテンシャルは高くなるが、道路閉塞率 k_{ij} (0~1.0) が大きい場合は、徒歩圏である2~3 km 圏内の傷病者のみが来院する確率が高

くなるような形状変化をすることから、医療ポテンシャルを決定する式として、適当であると考えられる。

次に、地区 i から医療機関 j へ向かう傷病者数 N_{ij} は、次式で算出するものとする。

$$N_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^n P_{ij}} \cdot N_i \quad \dots (2)$$

ここに、 N_{ij} :地区 i から医療機関 j へ向かう傷病者数、 N_i :地区 i で発生する傷病者の総数

この N_{ij} 値を用いることによって、医療機関 j において対応に必要な傷病者数 N_j は次式で表されることになる。

$$N_j = \sum_{i=1}^n N_{ij} \quad \dots (3)$$

ここに、 N_j :医療機関 j における傷病者の総数

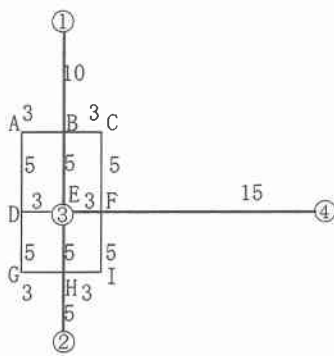
4. ケーススタディ

(1) シミュレーションの初期設定

3. において構築したモデルを用いて、シミュレーション分析を行い、医療機関への傷病者の移動について考察する。本研究では、図－2に示すような都市を想定する。それぞれの格子点上（図中のアルファベットA～I）で傷病者は100名ずつ発生することとし、式（1）、（2）に基づいて、それぞれの4カ所の医療機関

（図中の①～④）へ向かう数を予測する。図中の数字は格子点間の距離（km）を示している。

医療機関ステータスは、初期値ではすべて同じ値に設定した。閉塞率は、図－2中にお



図－2 道路図

いて太線で示した幹線道路系および細線で示した街路系ともに0.8と設定した。これは被災後、家屋の倒壊や渋滞による交通障害の発生を想定したものである。

(2) シミュレーション結果

初期設定による計算結果について、各地区から各医療機関へ向かう傷病者数を表－1にまとめる。これを見ると、傷病者の多くは市街地中心地区に位置する医療機関③へ集中し、南側のG、H、I地区の傷病者の半数が近隣の医療機関②に向かっていて、これは、過去の災害における傷病者の傾向をほぼ再現しており、妥当といえる。

表－1 シミュレーション結果

地区	①	②	③	④
A	2	0	98	0
B	2	0	98	0
C	2	0	98	0
D	0	0	100	0
E	0	0	100	0
F	0	0	100	0
G	0	50	50	0
H	0	50	50	0
I	0	50	50	0
合計	6	150	744	0

表－2 幹線系道路の状況が改善された場合

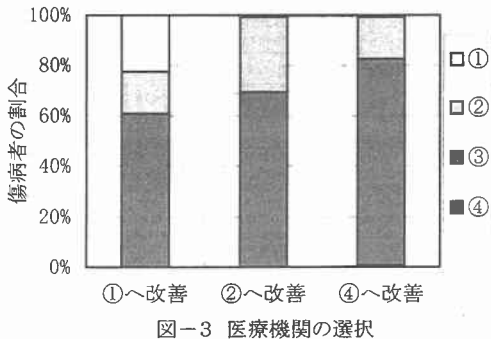
地区	①	②	③	④
A	2	0	98	0
B	19	3	71	7
C	2	0	98	0
D	0	0	100	0
E	2	14	83	1
F	0	0	95	5
G	0	50	50	0
H	0	50	50	0
I	0	50	50	0
合計	25	167	695	13

次に、幹線系道路の閉塞率が0.8から0.4に改善され、郊外への移動がスムーズになった場合の計算結果を表－2に示す。この場合、一部の傷病者が医療機関①、②へ移動し、医療機関③の負担がやや軽減されることがわかる。しかし、過度の集中が生じていることは明らかであり、転送活動が必要と考えられる。

(3) 耐震化の優先順位に関する考察

市街地中心地区にある医療機関③の負担を減らすために、郊外の医療機関へのアクセス改善を図る。図-3に計算結果をまとめる。

「①へ改善」は、A, B, C地区から医療機関①に至る道路の閉塞率を0.4、その他の道路を0.8に設定した場合の結果である。これを見ると、約6割の傷病者が医療機関③に集まっている。しかし、同様に医療機関②へのアクセスを改善した「②へ改善」、医療機関④へのアクセスを改善した「④へ改善」と比較すると、医療機関③の負担がもっとも小さくなっていることがわかる。これは、医療機関②は改善前から、ある程度の傷病者を受け入れているためと考えられる。また、医療機関④は被災地から遠いために、閉塞率が改善されても傷病者に選択されないといえる。したがって、道路の改善は被災地からやや離れた場所に位置する医療機関に対して行うことが望ましいといえる。



(4) 医療機関ステータスを変更した場合

次に、医療機関④のステータスが強く、広域的には当該地域が医療機関④の医療圏内にある場合を考える。表-3にそれぞれの医療機関へ向かう傷病者数についての計算結果をまとめる。

これを見ると、まず標準ケースでは各医療機関へ向かう傷病者数は表-1の結果とほとんど変わらず、市街地中心地区の医療機関③に傷病者が集中することがわかる。そこでCase1としてF地区から医療機関④へ至るアクセス道路の閉塞率が改善された場合の計算結果を示す。医療機関④への移動は若干増えるものの大きな効果はないことがわかる。そこでC, F, I地区から医療機関④へ至るアクセスルートの

閉塞率がすべて0.4に改善された場合をCase2に、加えてB, H地区へのアクセスルートが改善された場合をCase3に示す。この結果、医療機関③への傷病者の集中は、Case3においてかなり緩和されることがわかる。

したがって、市街地の外に大きな医療機関がある場合、そこへ至る道路の耐震対策を行えば、被災地からの傷病者の移動が発生し、被災地内の医療機関の負担を減らすことのできる可能性があるといえる。

表-3 医療機関③へのアクセスを改善した場合の傷病者数

	①	②	③	④
標準	6	150	742	2
Case1	6	150	706	38
Case2	5	125	616	154
Case3	4	123	548	225

5. おわりに

本研究では震災時における傷病者の移動について文献レビューを行ってその問題点を指摘するとともに、傷病者が分散して医療機関へ向かうような交通対策について考察した。

今後、傷病者の交通手段と医療機関選択の関係についても、検討する必要がある。パラメータの検証については、災害時における傷病者の詳細な行動調査が必要となるため、今後の課題としたい。

【参考文献】

- 1) 金田正樹：地域防災計画における災害医療，日本集団災害医療研究会誌，NO. 3, pp. 126-130, 1998.
- 2) 山本保博：災害医学と災害医療，21世紀の災害医療体制，へるす出版，pp. 2-8, 1996.
- 3) 杉本侃：救急医療と市民生活，へるす出版，1996.
- 4) 鶴飼卓，高橋有三，青野允：事例から学ぶ災害医療，南光堂，1995.
- 5) 吉岡敏治，田中裕，松岡哲也，中村顕；集団災害医療マニュアル，へるす出版，2000.
- 6) 小池則満，秀島栄三，山本幸司：航空機事故等緊急災害時における傷病者搬送計画に関する基礎的研究，土木計画学研究・論文集，NO. 16, pp. 371-376, 1999.
- 7) 日本救急医学災害医療検討委員会編；救急医療の試練-阪神・淡路大震災-，メディカ出版，1995.