

地震災害リスクを考慮した広域医療搬送評価のためのシミュレーションモデルの開発

富山大学大学院 正会員 ○馬場美智子
富山大学大学院 奥寺 敬
(株)インテルテック研究所 正会員 吉田 禎雄

1. はじめに

大量の傷病者が発生する大震災では、傷病者が一部の病院に集中や、病院への搬送における混乱が発生すると想定される。このような状況下では、被災地内の医療機関だけでは対処が困難な状況が生じるため、周辺及び広域的な医療機関の協力・支援が必要となる。広域搬送や、被災地外からの医療機関による被災地での医療支援・救護活動への取組みは進展してきている。広域搬送においては、ドクターカー・ドクターヘリの導入に加え、防災ヘリ、民間ヘリの活用方法についても検討が始まった。広域的な医療支援・救護活動についても、厚生労働省が都道府県ごとに、DMAT（災害医療派遣チーム）を整備し、運用が始まっている。

広域医療搬送体制は、緊急性を伴うことから、人的・物的資源の有効活用が求められ、搬送システムの効率性が問われる。そこで、システムの効率性を評価する手法を構築し、搬送計画の検討に活用することを目的として、災害医療体制の中でも重要な問題の一つである、医療搬送体制の効率性を評価するためのツールとして、広域医療搬送シミュレーションモデルを開発することとした。本稿では、開発するシミュレーションモデルの構成要素、構造、評価項目について示すこととする。

2. シミュレーションモデルの概要

(1) システムの構成要素

システムの主な構成要素は、①搬送エリア、②災害現場、③傷病者、傷病ランク、④搬送手段、⑤病院、⑥広域医療施設、⑦交通ネットワークの7つに分類した。それぞれの構成要素の詳細を表-1に示す。

(2) 評価項目

様々な条件設定について、シミュレーションの結果を評価するための指標は、傷病者、搬送手段、病院に関する情報である。詳細は表-2に示す。

表-1 シミュレーションの構成要素

①エリア（対象地域、対象地域外、市内）
対象地域は、被災現場を含むシミュレーションを実施する地域であり、複数の市町村が含まれている。対象地域外は、対象地域の外にあり、傷病者を受け入れる広域医療施設が存在し、救援の医師や搬送施設を提供する地域とする。市内は、搬送手段となる救急車が所属するエリアを区別するためのものであり、一般には市町村行政界がこのエリアを区分する境界となる。
②災害現場
災害による傷病者が発生している場所であり、災害の種類によって、1箇所に集中している場合と市内に多くの災害現場が分散している場合がある。
③傷病者、傷病ランク
救助を待っている傷病者である。シミュレーション上、ある傷病ランクの傷病を負っているものとする。傷病ランクは、搬送順序や病院での処置時間などに影響を及ぼす傷病種別をランク分けしたものである。災害の種類によって異なるが、手術が必要な重傷、不要な重傷、重症、透折、軽傷などのランクが設定できる。
④搬送手段
傷病者の搬送手段は、救急車とヘリコプターの2種類とする。ヘリコプターは、ヘリポート間の搬送に使われる。また、搬送手段は、搬送可能な最大傷病者数以内であれば複数の傷病者を搬送できる。
⑤病院、中核病院
傷病者の処置をする救急病院であり、傷病ランク別の処置可能性や、ベッド数の制限などを設けることができる。また、病院の中でも高度医療が可能な病院でヘリポートを持っているものを中核病院という。災害の種類によっては、まず中核病院に搬送し、トリアージを実施した後、他の病院に再移送する場合もある。
⑥広域医療施設
対象地域外にある救急病院で、ヘリコプターによる域外移送を受け入れる施設である。シミュレーション上は、受け入れ患者数に制限はないものとする。
⑦交通ネットワーク
傷病者の収容、搬送を行う経路となる道路、空路を指す。道路については、交通混雑を加味することができる。傷病者の搬送は、時間最短の経路にて行うものとする。なお、交通ネットワークのノード名の下2桁はエリア番号を意味するものとし、病院、救急車の基地、傷病者の発生場所などは、全てノードに対応づける。

表-2 シミュレーションの評価項目

①傷病者に関する情報
・傷病ランク別・搬送傷病者数
・傷病ランク別・総搬送時間
・傷病ランク別・病院到着後の総待ち時間
・傷病ランク別・処置完了までの総時間
②搬送手段に関する情報
・搬送手段別・搬送傷病者数
・搬送手段別・総搬送時間
・搬送手段別・総待ち時間
③病院に関する情報
・病院別・傷病ランク別・傷病者数
・病院別・傷病ランク別・総待ち時間
・病院別・傷病ランク別・総処置時間
・病院別・傷病ランク別・再移送傷病者数

キーワード 広域医療搬送、地震リスク、シミュレーション、指揮命令系統、傷病者

連絡先 〒930-0194 富山市杉谷 2630 富山大学大学院医学薬学研究部 TEL 076-434-7786

3. シミュレーションの構造と構成要素の挙動

シミュレーションモデルの構造を図-1 に示し、構成要素の挙動を説明する。なお、本シミュレーションはタイムスキャン方式で実行し、30 秒を1 単位として1 週間分のシミュレーションを行う。

(1)交通ネットワーク

交通ネットワークは、道路と空路を設定する。道路ネットワークは、2 次緊急輸送道路（概ね主要市町村道以上）程度を対象とし、被害状況によって閉鎖や交通規制が行われる。また、災害発生後の混雑による速度の変動をも考慮する。ヘリコプター搬送の経路はヘリポート間を結ぶ直線距離とする。

(2)救急搬送

①救急車搬送

救急車は、傷病者の収容地点から、病院と道路の状況を考慮し、受け入れ可能病院と使用可能経路を選択して、最短経路で傷病者を選択する。

②ヘリコプター搬送

ヘリコプターは、指揮命令系統の下、傷病者の収容地点から選択された受け入れ可能医療機関に傷病者を搬送する。

(3)病院の受け入れ

医療機関が受け入れ可能な場合、受け入れ窓口は医師数と想定する。傷病者は、トリアージを行い、重症患者から処置されることとする。

(4)傷病者の発生

傷病者は、発生位置と傷病ランク別発生数によって表す（表-3）。傷病ランクは、搬送順序や病院の選択におけるトリアージのための情報として使われる。

表－3 傷病ランク別特性例

傷病ランク	優先順位	入院	透析	空輸	搬送時間(分)	中核病院からの再移送対象	平均処置時間(分)	重傷者換算係数	発生確率
重傷（1）	1	○	×	○	30	×	60	1.0	変動
重傷（2）	2	○	×	○	60	○	30	0.8	
重症	3	○	×	○	60	○	180	0.5	
透析患者	4	×	○	×	240	○	20	0.3	
軽傷	5	×	×	×	120	○	15	0.2	

(5)指揮命令系統

搬送体制等の指揮命令系統は、被災状況、搬送手段、病院の状況、外部からの救急車と医療関係者の応援状況等に関する情報の有無によって異なる処理が実施できる。情報の種類としては、交通ネットワーク、搬送手段及び病院の受け入れ状況等である（表-4）。

表－4 指揮命令系統処理における情報の種類

搬送手段情報	道路情報		経路探索での対応	
	あり	なし	リンク別利用可能性、速度低下を考慮	利用可能性、速度低下を無視
搬送手段情報	傷病者選択、収容移動		病院選択	
	あり	なし	他の輸送手段が搬送した場合、次の傷病者を検索	既収容済み輸送手段の到着予定時刻も考慮
病院情報	個別病院情報		病院選択及び処置終了時間	
	あり	なし	利用可能性、処置終了時間を考慮	利用可能性の考慮
病院情報	個別病院情報		病院選択及び処置終了時間	
	あり	なし	利用可能性、処置終了時間を考慮	利用可能性の考慮
病院情報	個別病院情報		病院選択及び処置終了時間	
	あり	なし	利用可能性、処置終了時間を考慮	利用可能性の考慮
病院情報	個別病院情報		病院選択及び処置終了時間	
	あり	なし	利用可能性、処置終了時間を考慮	利用可能性の考慮

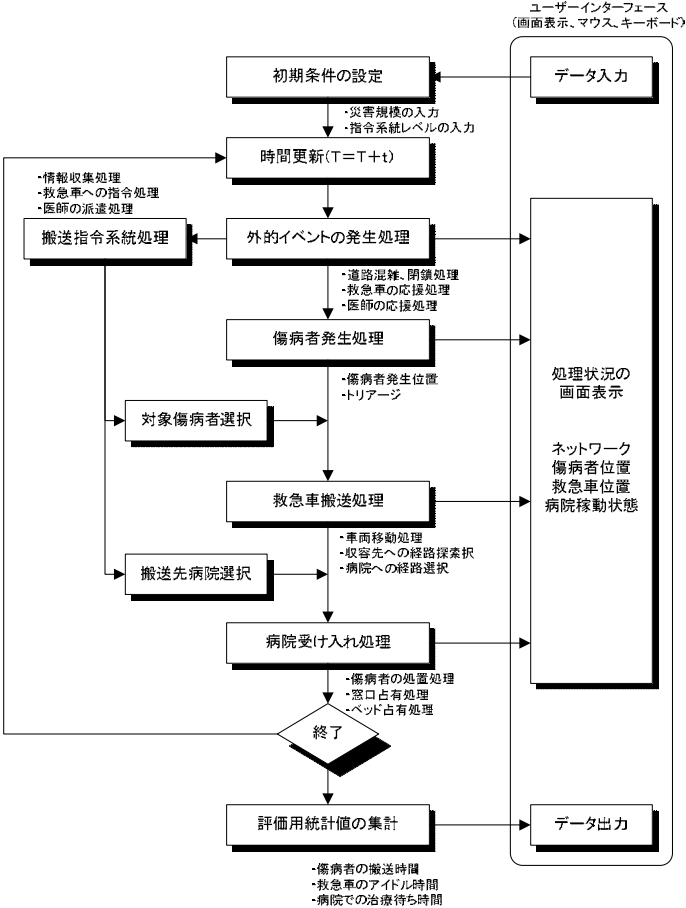
(6)災害情報と外的イベントの発生

地震災害の程度、規模、地点を設定し、災害規模に応じて道路被害、道路混雑状況、病院被害が決定される。また、道路混雑の変動、外部からの救急車と医療関係者の応援状況の変化を想定する。

4. おわりに

本稿では、広域搬送体制評価のためのシミュレーションモデルの構造について説明した。救急車の搬送の挙動は、関係者の意見も加え精度を高めていくなど課題も残っている。さらに、本モデルを用いて対象地を選定し、実証的な検証を行っていきたい。

※本研究の一部は、科学研究費補助金〔基盤研究（C）18510153、代表者：奥寺敬〕、特定非営利活動法人北陸救急災害医療機構の補助により実施された。



図－1 シミュレーションの構造