

松山市の救急搬送時間マップを用いた救急医療機関の 戦略的指定計画に関する研究

Study on the Strategic Specification Plan of the Emergency Hospitals utilizing
the Emergency Conveyance Time Map in Matsuyama City

二神透*, 柏谷増男**, 渡部正康***, 前川聡一****

Tohru Futagami, Masuo Kashiwadani, Masayasu Watanabe, Souich Maekawa

*学博, 愛媛大学准教授, 総合情報メディアセンター (〒790-8055 松山市文京町3)

** 工博, 愛媛大学教授, 大学院理工学研究科環境建設工学専攻 (〒790-8055 松山市文京町3)

*** 学士, 愛媛大学技術職員, 工学部環境建設工学科 (〒790-8055 松山市文京町3)

**** 医博, 愛媛大学非常勤講師, 愛媛大学医学部 (〒791-0295 東温市志津川)

In this paper, the emergency conveyance service level for Matsuyama city is analyzed. Specifically, comparison examination of evaluation of a unit, evaluation of a fiscal year employment plan, and the evaluation of the optimal proposal is carried out by making a conveyance time value into an index using the emergency processing table in the 2005 or 2006 fiscal year.

As a result, since many of hospitals are concentrating on a city area, it will be necessary to perform an addition of the hospital in the suburbs, or the exchange with the hospital of the city area central part, and to raise a service level.

Key Words: An emergency hospital employment plan, a time map, a conveyance record table, emergency service

キーワード: 救急病院運用計画, 時間マップ, 搬送記録表, 救急サービス

1. はじめに

救急搬送時間は、患者の救命率にとって重要なファクターであり、救急サービスの水準としての指標となる。現在、ドクターヘリや、FAST（現場急行支援システム）が、救急搬送時間の短縮化を図るための手段として導入されつつあるが、全域的な配備には時間を要すると考えられる。救急搬送に関する研究は、種々のアプローチによって行われている。例えば、実データを基に地域間の救急車両速度の偏差に着目し、走行を規定する要因の分析¹⁾や、地域の症例別患者搬送需要を分析した研究²⁾が行われている。二神らは、救急医療サービスを公共サービスの側面からとらえ、消防署ならびに救急病院の指定といった、施設の配置・指定に着目した救急医療のサービスの分析を行っている³⁾。しかし、救急車両の速度を一定として仮定するとともに、救急需要を交通事故発生データに限定しているなど、現実的なサービス水準の分析は行われていない。救急搬送サービスを公共サービスととらえた場合、需要地域（要請者発生地域）から、搬

送病院までの時間コストの積和が、救急サービスの指標となる。この時間コストについては、救急車両の速度モデルとネットワーク解析による算定⁴⁾が基本となる。しかし、現在のところ、救急車両の一般的な速度予測モデルは開発されていない。そこで、本研究では、救急医療研究者より提供を頂いた、松山市消防署の平成17年、18年の救急出動記録表を基に、地域別の救急病院搬送時間マップを作成し、現状の問題点を明らかにするとともに、平成18年～21年現在まで運用されている14の告示病院の計画案とそれらの代替案によるサービス水準の評価並びに課題を整理する。

2. 救急医療サービス時間モデルと評価指標

2.1 救急駆け付け搬送モデル

救急搬送のプロセスは、一般的に、覚知から出動、現着、現発、到着といった搬送記録データに基づく時間分布のデータが基礎となっている。しかし、救急出動記録表には搬送経路の記述がないため、出動から現着、現発

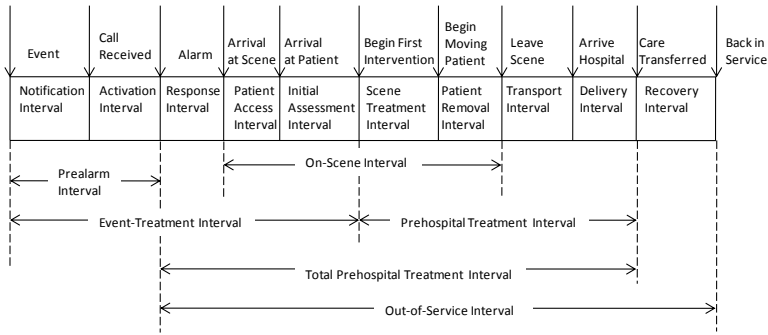


図1 救急医療サービス時間区間モデル⁵⁾

から到着の経路は、幹線道路を含む最短経路を用いて分析を行っている研究が多い^{3),4)}。一方、Daniel ら⁵⁾は、図1に示す、医療従事者の観点から区分した、救急医療サービス時間区間モデルを提案している。その特徴は、イベントの発生から、消防署での電話受信(覚知)、消防出動、現場到着、現場出発、病院到着、処置搬送、回送といった一連の搬送プロセスを明確化している点にある。その中でも、現場時間を、現場到着、患者へのアクセス、現場処置、患者移送、現場出発といったプロセスに区分している。さらに、病院到着後の時間を、病院現着、処置移送、回送と区分している。文献⁵⁾による分析事例では、現場での時間は、Total Prehospital Interval (覚知・駆け付けから病院での治療に至る時間総和)の40%弱を占めていることや、患者の問題行動や症例が現場時間に与える影響を分析している。しかし、Notification Interval (認知時間)、Recovery Interval (回復時間)については言及されていない。しかし、図1の救急医療サービス時間区間モデルによれば、症例の発生から搬送(現発)・病院での処置(救急車両は待機状態)、回送といった、患者・救急車両・救急救命士のプロセスを明確にしており、救急搬送の各プロセスとトータル時間の把握と分析に有用であると考えられる。

2.2 救急医療施設とサービス評価指標

前節で述べたように、イベントの発生時間から、病院到着・搬入時間・回復時間までの時間総和が、救急医療トータルサービス水準となる。一方、イベントの発生(発症・けがの発生)から電話要請までは、イベント発生の状態、電話要請までの状態、電話を受けてから出動までの状態に依存する。同様に、病院到着から、処置室までの時間、回送までの待機時間も個々のケースにより異なると想定されるが、これらの値の記録は救急出動記録表にはない。そこで、本研究では、医療サービス時間を、覚知から病院到着までの時間の総和と定義する。すなわち、図2に示すように、各地域の救急要請件数を x_i 、各地域から救急告示病院 H_j ($j=1,..,m$) までの搬送時間を t_{ij} とすると、地域 i ($i=1,..,n$) から、病院 H_j への割り当ての

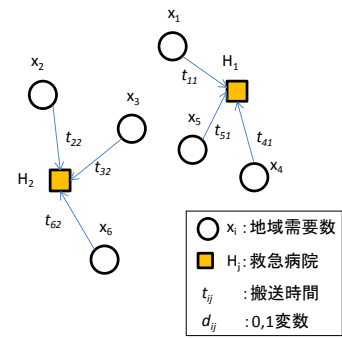


図2 救急病院施設と需要地点の関係

有無(0,1)変数を、 d_{ij} とすると、当該指定の救急病院運用体制 k の救急サービス水準を、

$$S_k = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_i t_{ij} d_{ij} \quad (1)$$

で定義する。

3. 松山市の救急医療体制

3.1 松山市の救急医療体制

松山市の救急医療体制を図3に示す。突然の病気やけがなどが発生した場合、軽症患者は、一次救急指定病院が対象となる。このとき、発生日時が、平日夜間の場合は、市救急医療センターに、休日の場合は、市医師会休日診療所に、中等症以上の患者およびけがの患者は、二次救急病院が対象となり、後述する表1に示すように、14の救急病院が当番制で対応している。最後に、重篤救急患者については、三次救急病院である県立病院(救急救命センター)が対象となる。

松山市には、4消防署、5支署、2出張所に救急車両が配備されている。救急出動要請の電話連絡は、すべて中央消防署の通信司令完成システムで集中管理している。

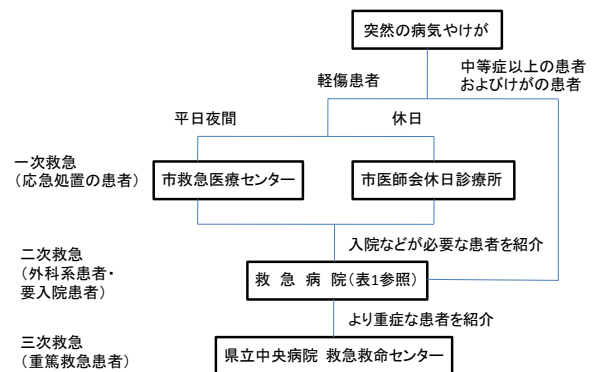


図3 松山市の救急医療体制

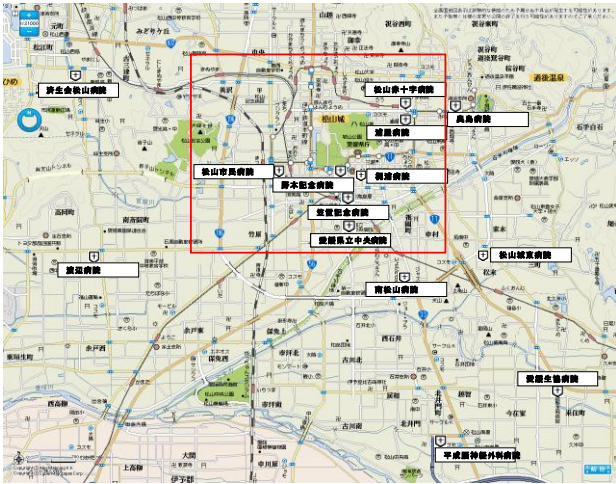


図4 松山市の救急告示病院の配置図

表1 救急告示病院の運用表
(平成18年～21年度)

A	愛媛県立中央病院
B	済生会松山病院
C	笠置記念心臓血管病院
D	松山市民病院
	野本記念病院
	平成脳神経外科病院
	浦屋病院
E	松山赤十字病院
F	奥島病院
	愛媛生協病院
G	南松山病院
	梶浦病院
H	松山城東病院
	渡辺病院

具体的には、加入電話・公衆電話からの通報を受けたオペレータは、通報場所を特定する必要はなく、電話番号が地図情報とリンクされており、瞬時に位置情報を取得できる。

携帯電話からの通報の場合は、オペレータが通報者の住所、あるいは周辺の建物情報と地図情報を検索しながら位置を特定することとなる。位置特定後の、消防署への救急要請は、消防管轄ではなく直近方法を採用しており、要請場所から直近の消防署へ出動要請を行う。この

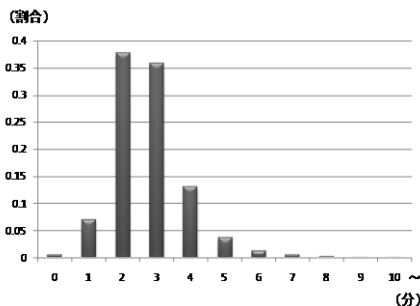


図5 覚知-出動時間の分布

とき、該当消防署の救急車両が出払っている場合は、出動中の救急車両を含めた直近の車両を指定することになる。このための情報システムとして、救急車両に搭載したGPSの位置情報を利用している。すなわち、オペレータが、全車両の、“待機”、“駆け付け搬送”、“回送”一覧パネルを確認し、最短距離からの駆け付け車両の出動要請を行う。現場に駆け付けた救急車両は、図1のOn-Scene Intervalを経て、表1の指定病院への搬送を行う。

3.2 救急通信表と区間モデルとの対応

著者らは、救急医療関係者の協力の下、平成17,18年度の救急通信記録表を入手している。このデータは、救急隊が救急活動しながら現場で記入したものである。全サンプル数は、38,807件である。このデータには、日時、天候、担当消防署、覚知時刻 (Call Received)、出場時間 (Alarm)、駆け付け場所 (町丁目・個人宅名あるいは、建物名等)、現場到着時刻 (Arrival at Scene)、現場出発時刻 (Leave Scene)、病院到着時刻 (病院に到着した時刻) が記載されている。ここで、図5に覚知から出動までの時間分布を示す。平均値は、2.8分であるが、最大値は23分、10分以上の割合は、0.01%弱となっている。ヒアリングによると、出動までに時間を要する理由としては、土地勘の無い通報者との位置確認に時間を要するケースがあるとのことであった。一方、図6は、現場時間の分布である。図1によれば、現場時間の内訳は、患者へのアクセス、初期評価、現場処置、患者移送のインターバルから構成される。これらの時間については、けがの状況や、症例、処置内容により時間が大きく異なることを示唆している。本稿にて分析を行う救急通信記録表には、現場処置時間しか記載されていないため、詳細な分析はできないが、今後、医療分野における現場処置時間の短縮化に関する研究に期待したい。図6より、松山市では、平均現場での時間は、7.6分である。しかし、20分以上の割合が約2%を占めており、前述したように、現場処置時間は、事故・患者の症例等の状況により大きく異なることが分かる。つぎに、参考までに、著者らが採取したGPSを用いたプローブ救急データからサンプル

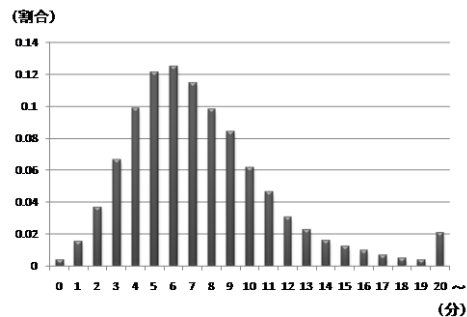


図6 現場時間の分布

表 2 病院到着・回送開始時間の分布

搬送時間帯	病院到着・回送時間(秒)
17時	3093
3時	2366
9時	933
1時	424
19時	870
12時	510
9時	1982
10時	515
13時	909
5時	382
19時	5176

的に、病院到着から、回送までの時間分布について分析した結果⁶⁾を表 2 に示す。表 2 より、少ないサンプルではあるが、この時間分布についても個々のケースで大きく異なることが分かる。

一方、現場までの駆け付け時間 (Response Interval)、ならびに、現場から病院までの搬送時間 (Transport Interval) は、救急出動場所、救急要請場所、搬送救急医療機関場所により異なる。さらに、搬送経路、交通渋滞、避譲阻害、信号機現示パターン等、走行阻害により時間の変動があると考えられる。次章では、救急通信記録票をベースに、実時間搬送データを用いて、地域における救急告示病院までの救急搬送マップを作成し、松山市における搬送時間の分布情報を整理するとともに、松山市医師会による救急告示病院の評価並びに戦略的計画の提案と評価を試みる。

4. 救急搬送時間マップと救急サービスの評価

4.1 救急搬送マップの作成

平成 17、18 年の救急出動記録表には、救急出動消防署、駆け付け場所 (町丁目)、搬送救急病院ならびに、図 1 に示す、一連の Action Interval, Response Interval, On-Scene Interval, Transport Interval 時間が記されている。はじめに、松山市の平成 17、18 年の救急出動記録表の全データ 38,807 件の駆け付け場所 373 町丁目ごとに整理し、GIS ソフト Map Info を用いて、PT 調査の C ゾーン (78 圏) に集約した各地域 x_i から各救急告示病院 H_j までの平均時間分布 t_{ij} を求めた。図 7 は、三次救急病院への要請があった救急救命センターへの各ゾーンからの時間マップ (覚知から搬送までの時間) を示す。縦線のゾーンは、覚知から搬送までの時間が 12 分~24 分までの圏域 (33 圏) を示している。図 7 より、3 次救急病院を中心に、南部・西部のゾーンの搬送時間が早いことがわかる。一方、24~36 分の圏域 (40 圏) は、中心市街地周辺の広大な地域に分布し、36~48 分の圏域は、市北部の海岸線と南部郊外に分布している。48~60 分の圏域は、平成 17 年

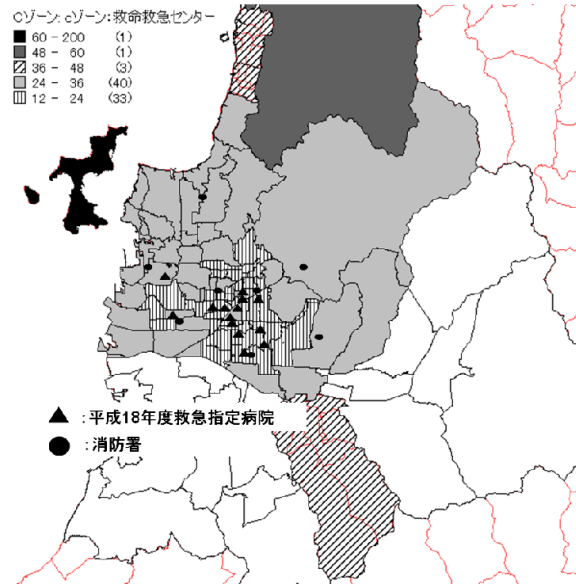


図 7 松山市 3 次救急搬送時間マップ

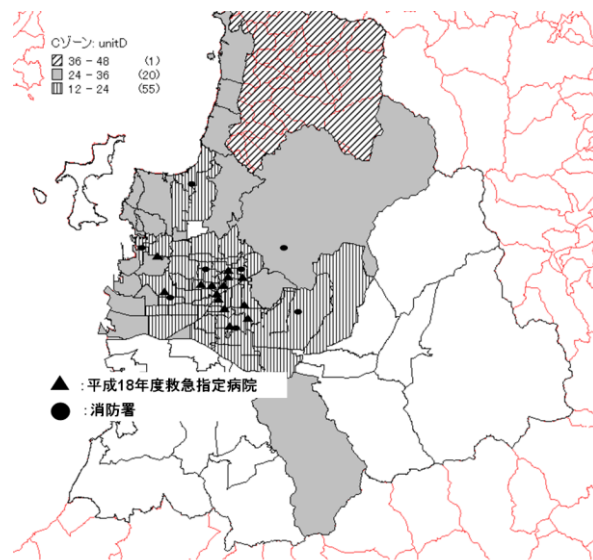


図 8 ユニット番号 D (3 つの救急病院) 時間マップ

度に合併した、旧北条市となっている。60~200 分の圏域は、図北西方向に位置する、興居島 (海上搬送を含む) となっている。以上より、松山市における 3 次救急病院までの覚知から搬送時間の分布は、地域的な偏りを持っていることがわかる。換言すれば、救急車両が出発する消防署の位置や、道路形態、交通量、避譲行動阻害等、様々な影響を受けていると考えられる。

図 8 は、表 1 の救急告示病院の運用表のユニット番号 D (野本記念病院、平成脳神経外科病院、浦屋病院) の運用による時間マップである。野本記念病院は、中心市街地の中央に、平成脳神経外科病院は、中心市街地を離

れ南方に、浦屋病医は、中心市街地の北東に隣接している。図7と比較すると、搬送までの時間帯12~24分のゾーン数が33から55と大きく増加していることが分かる。すなわち、複数の救急病院に指定により、カバーできる時間距離が広がる状態を視覚的に確認することができる。これらの救急病院の位置と都市全体におけるサービス水準については、次節で検討する。

4.2 救急指定病院のサービス水準・運用計画評価

本節では、表1、3の平成18、17年度の救急病院運用計画における各ユニットのサービス水準を、式(1)を用いて算定する。表4に、それらの算定結果を示す。表4の S_k/S_A は、最もサービス水準の値が大きいUnit:A 県立病院の S_A で、 S_k を除いた値である。この値が小さいほど、Unit 単位のサービス水準が相対的に高いことを示す。表4より、最もサービス水準の高いユニットは、平成17、18年度のDであり、同じ3つの救急病院が指定されたケースである。

平成17年度のユニットBも3つの救急病院が指定されているが、Dとは、0.024の差がある。目視からではあるが、図4の松山市の救急告示病院の配置図と、図9の平成17,18年度救急告示病院の運用計画より、17年度ユニットBは、中心市街地の近接する場所に2つの病院が位置し、市街地北西部に、残りの病院が指定されている。一方、ユニットDは、市街地中心部に1つ、南部、北東部に1つと、市街地中心部を挟んで分散している。そのために、各ゾーンからの時間コストが短縮された結果、サービス水準が高くなったと考えられる。本研究では、これらの時間マップを作成しているが、画面の制約上割愛する。

つぎに、年度における運用計画の評価を行う。具体的には、表4の17年度運用計画(16救急病院)と、18年度運用計画(14救急病院)の総サービス水準の比、 $\sum S_k(17年度) / \sum S_k(18年度)$ を算定した。その結果、0.993となり、平成17年度から18年度にかけて2つの救急病院を運用計画から外しているが、本稿で定義するサービス水準の大幅な低下はないことが分かる。換言すれば、既存の14の救急病院の最適な組み合わせ運用を図る必要があるといえよう。そこで、平成18年度の14の救急病院について、規模の大きな病院(県立病院、市民病院、日赤病院)を、従来通り1つとし、残りの11病院について、最適な運用計画を算定した。その結果を、表5に示す。全体のサービス水準と18年度運用計画の比は、0.999となり大きな改善は見られない。このことは、逆にいえば、中心市街地に救急病院が集中しているため、時間と需要者との積和で定義するサービス水準の総和は、大きな改善に繋がらないことを意味している。従って、救急要請件数の多い地域に隣接した箇所の病院を追加配置するか、あるいは、少なくとも中心市街地の病院とのコンバートといった対応が必要であると考えられる。

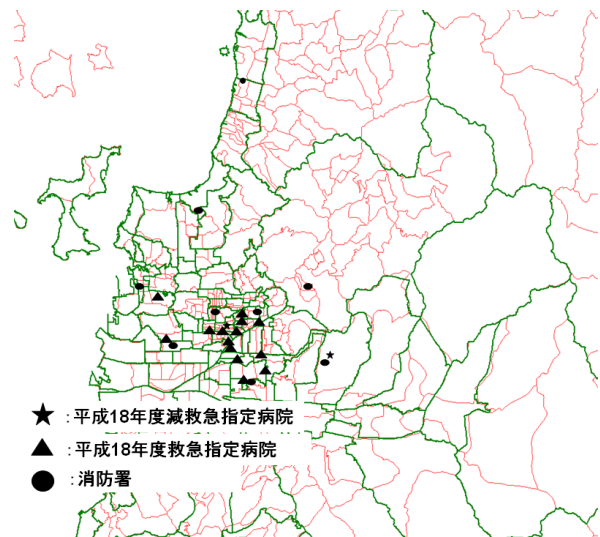


図9 平成17,18年度救急告示病院の運用計画

表3 平成17年度救急指定病院(16病院)

A	愛媛県立中央病院
B	済生会松山病院
	笠置記念心臓血管病院 中川病院
C	松山市民病院
D	野本記念病院
	平成脳神経外科病院 浦屋病院
E	松山赤十字病院
F	奥島病院
	吉田病院
G	南松山病院
	梶浦病院
H	愛媛生協病院
	松山城東病院 渡辺病院

表4 各救急病院のサービス水準

Unit	病院名	S_k	S_k/S_A	
H17	A 愛媛県立中央病院	887982	1.000	
	B 済生会松山病院	済生会松山病院	808222	0.910
		笠置記念心臓血管病院 中川病院		
	C 松山市民病院	869721	0.979	
	D 野本記念病院	野本記念病院	795946	0.896
		平成脳神経外科病院 浦屋病院		
	E 松山赤十字病院	854411	0.962	
	F 奥島病院	奥島病院	846406	0.953
		吉田病院		
	G 南松山病院	南松山病院	830215	0.935
		梶浦病院		
H 愛媛生協病院	愛媛生協病院	842116	0.948	
	松山城東病院 渡辺病院			
H18	A 愛媛県立中央病院	887982	1.000	
	B 済生会松山病院	済生会松山病院	830512	0.935
		笠置記念心臓血管病院		
	C 松山市民病院	869721	0.979	
	D 野本記念病院	野本記念病院	795946	0.896
		平成脳神経外科病院 浦屋病院		
	E 松山赤十字病院	854411	0.962	
	F 奥島病院	奥島病院	873483	0.984
		愛媛生協病院		
	G 南松山病院	南松山病院	827678	0.932
		梶浦病院		
H 松山城東病院	松山城東病院	842116	0.948	
	渡辺病院			

表5 最適組み合わせによるサービス水準

Unit	病院名	S_t	S_t/S_A
A	愛媛県立中央病院	887982	1.000
B	済生会松山病院	768431	0.935
	松山城東病院		
C	松山市民病院	869721	0.979
D	野本記念病院	832184	0.896
	平成脳神経外科病院		
	梶浦病院		
E	松山赤十字病院	854411	0.962
F	浦屋病院	818878	0.984
	渡辺病院		
G	南松山病院	890328	0.932
	奥島病院		
H	笠置記念心臓血管病院	850525	0.948
	愛媛生協病院		
	合計値	6772461	

5. おわりに

本論文では、松山市の平成 17, 18 年度の救急出動記録表を用いて、松山市 C ゾーンから、各指定救急病院までの、覚知から搬送までの平均時間値を指標として、松山市医師会が指定する計画案のサービスレベルの算定を行った。その結果、3 次救急病院の搬送マップを作成することにより、搬送に至る時間分布の地理的特徴を把握することができた。これらの指標は、救急出動記録表の平均的指標であるため、ミクロレベルにおいては、個々の事例について、病院到着に至るまでのプロセス毎に、問題点を抽出していく必要がある。

病院指定の運用については、平成 17 年と平成 18 年度の運用計画の違いは、担当する救急病院が 2 つ減っていることと、そのために、17 年度と 18 年度のユニット単位の組み合わせが違う点にある。はじめに、それぞれの年度について、ユニット単位のサービス水準の比較を行った。その結果、病院の規模による制約数（単位ユニット 1 つ配置）の比較では、現在 3 次救急として指定されている県立病院よりも、松山市民病院、松山赤十字病院の順にサービス水準が改善される結果となった。

つぎに、平成 18 年度の残りの病院（単位ユニット 1 つ配置）の候補について、単位ユニット 3 つの施設の組み合わせを 1 つ、単位ユニット 2 つの施設の組み合わせ数を 3 つとする最適組み合わせと現状の比較を行った。しかし、改善率の上昇は、ほとんど期待できないことが明らかになった。この原因は、松山市の場合救急指定病院が市街地に集中しているため、組み合わせバリエーションの水準の差が少ないことに起因している。換言すれば、現在の病院数を維持するならば、市街地に位置する病院と郊外の病院を入れ替え、最適水準を満たす組み合わせを検討する必要がある。このとき、新しく追加された病院については、算定に必要な地域から指定病院までの覚知から搬送時間までの時間平均値を、通信記録デ

ータを用いて推定する必要がある。これらについては、今後の課題にしたいと考えている。

以上を整理すると、救急出動記録表を用いて、救急搬送時間マップを作成することは、行政・医師会にとって、救急病院の配置とその時間サービスを視覚的に把握するために有効である。また、救急病院の組み合わせ運用計画案の評価を行うことにより、現況の運用計画、代替計画の相対的評価を行うことができる。しかし、現在の救急指定病院候補については、市街地への集中が過度であり、大幅な改善案は期待できないことが明らかになった。これらの結果を基に、医師会、行政とともに、今後の運用計画についての、課題・検討等の議論が行えればと考えている。

謝辞

最後に、本稿で用いた貴重なデータを採取するために、ご協力頂いた、南松山病院の前川聡一医師、松山市消防局ならびに、松山南消防署の皆様にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 小池則満, 秀島栄三, 山本幸司: 地域特性と救急車の走行速度に関する分析——名古屋市を事例として, 地域学研究 (第 30 巻 1 号), pp.127-140, 1999.
- 2) 志垣智子, 宮野道雄: 大阪市消防局救急出動記録を用いた日常生活事故の人的被害発生危険度評価に関する基礎的研究—疾病による内因性の搬送事案の経年変化と小学校区単位地域分布, 土木学会安全問題研究論文集 Vol.3, pp.137142, 2008.
- 3) 二神透, 大野訓, 柏谷増男: 交通事故に着目した救急医療サービスの評価に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp.301~308, 2000.
- 4) 高山純一, 田中悠祐, 中山昌一郎: 救急車の走行時間信頼性からみた救急力評価に関する研究—金沢市における三次救急—, 土木計画学研究・論文集 19, pp.237-244, 2002.
- 5) Bartholomew, J.T. et al. Requiring On-line Medical Command for Helicopter Request Prolongs Computer-Modeled Transport Time to the Nearest Trauma Center, Prehospital and Disaster Medicine, Vol.11, No.4, pp.35-38, 1996.
- 6) 二神透, 柏谷増男, 前川聡一: 救急処理表と GPS・動画データ分析による救急車両の走行動態に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.138, CD-ROM 4 頁, 2008.
- 7) 二神透: 高速道路上の救急駆け付けにおける認知・指令の情報伝達に関するシミュレータ開発, 高速道路関連社会貢献協議会研究助成研究報告書, 2007.

(2009 年 8 月 7 日受付)