

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*

A Study on Evaluation of Emergency Medical Service considering Traffic Accidents*

二神 透**, 大野訓***, 柏谷増男****

by Tohru FUTAGAMI, Jun OONO, Masuo KASHIWADANI****

1. はじめに

近年、自動車交通の増加に伴い交通事故件数も増加の傾向をたどってきている。その結果、交通事故による死亡者の数も増加の傾向にあり社会的な問題となっている。この問題に対して、日本でも救急救命士制度の導入が1991年に始まっている。しかし、その後の学会の調査によると導入後も呼吸や心臓が停止した患者の蘇生率は向上していない事が明らかになった。一般に、救急医療のサービス指標は、救急指定病院までの搬送時間が用いられる¹⁾。ドイツではいかに早く患者の手当を行うか、救急医療の目的はその一点に注がれている。そのために、ヘリコプターの導入がなされ、交通事故死者数1971年の指数を100とすれば40%弱まで減少している²⁾。しかし、日本の地方都市レベルにおいて、現実的にヘリコプターを導入することは、過密市街地へのヘリポートの設備や財政面など問題が多い。そこで地方都市においては、適切に救急告示病院を指定するとともに、救急車両をいかにスムーズに運行させ、サービス時間の短縮化を図っていくかが当面の課題であろう。

本研究では上述した問題に着目し、はじめに、松山市域の交通事故を対象に救急医療サービスについての現状分析を行う。具体的には、現在、曜日単位のグループで指定されている³⁾救急告示病院のサービス水準(15分以内に搬送可能な地域のカバー率)

についての分析を行う。そして、それらの分析を基礎に救急告示病院(18個)について、1グループを3病院のユニットとして、MCLP(Maximal Covering Location Problem)を用いて最適施設配置についての検討を行う。つぎに、市域全体のサービスの公平性を確保するために、消防施設をも含めたLSCP(Location Set Covering Problem)について検討する。最後に、救急車の道路走行性の改善とサービス水準の関係について、若干の考察と今後の課題を整理する。

2. 松山市の救急医療の現状分析

(1) 救急車両の出動状況とネットワークデータ

松山市は、人口46万人の地方中核都市である。図1は、松山市の道路ネットワークと、消防施設、救急医療施設の配置を表している。図中右上については、波線の円で囲まれている中心市街地の拡大図

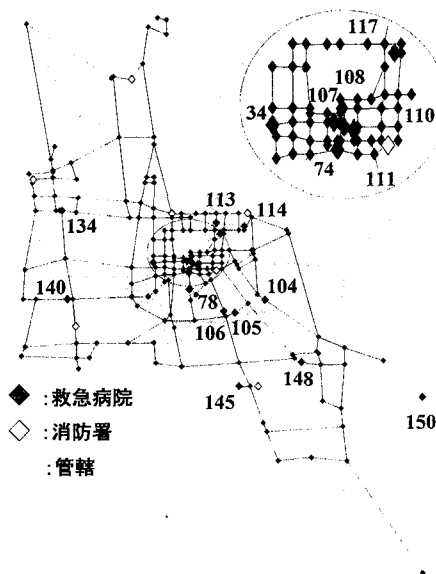


図1 松山市の救急医療体制

*キーワード: 地域計画, 救急医療サービス

**正会員 学博 愛媛大学講師 工学部環境建設工学科

(松山市文京町3番、TEL089-927-9837、FAX089-927-9837)

***学生員 愛媛大学大学院理工学研究科土木海洋工学専攻

(同上)

****フェロー 工博 愛媛大学教授 工学部環境建設工学科

(松山市文京町3番、TEL089-927-9825、FAX089-927-9843)

を表している。また、図中の数値は、救急告示病院のノード番号を表している。松山市の道路網の特徴は、中心市街地でグリッド状、郊外に向けて放射状となっており、近年、環状道路が整備されつつある。図1より、消防施設は、管轄おきに比較的分散して配置されているのに対して、救急告示病院は中心市街地に集中していることが分かる。ちなみに、市内には、7つの消防施設があり7つの救急車（内2台は高規格救急車）と2台の救急予備車が装備されている。年間の出動件数は、約12,000件強である⁽³⁾。一日当たりの、平均出動回数は、34件である。ここで、交通事故に着目すると、年間3,300件弱で、急病と交通事故で、全体の75%を占めている⁽³⁾。

図2は、交通事故における時間別出動件数を表している。この図より、出動のピークは通勤時の午前8～9時と、午後5～6時であることが分かる。当然、この時間帯は交通量も多く、道路によっては交通混雑のため救急車の走行に支障を来すことが予想される。本研究では、交通事故患者の搬送は特に緊急性を要するため、救急車の速度を道路の混雑時（午後5時）における実走速度で想定する。

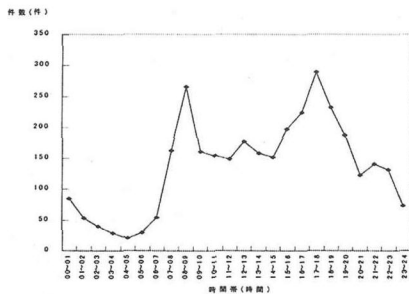


図2 時間別出動件数（交通事故）

（2）救急告示病院の指定とサービス水準

松山市は、図1に示した18の救急告示病院を、表1に示すように、曜日毎に7つのグループで運用している。本節では、（1）で想定した道路の走行速度の基で、現在のグループ毎のサービス水準について、以下の3点から評価を行う。ただし、ここでの搬送条件は、事故現場から最も近い消防署より救急車が出発し、最も近い告示病院へ搬送する直近法によるものである。

- 1) 15分内搬送カバー領域
- 2) 平均搬送時間
- 3) 告示病院の搬送比率

はじめに、搬送時間の目安となる15分（現場駆けつけ時間＋処置時間＋病院までの搬送時間）を制約条件として、各グループについてカバー率（全ノード数に占めるカバーノード数）の算定を行った。

表1 救急告示病院の運用体制

グループ	救急病院
A	74,105,114
B	78,108
C	107,134,148
D	113,140
E	106,111,150
F	34,110
G	104,117,145

表2 各グループの平均搬送時間

グループ	平均搬送時間(分)
A	15.5
B	16.0
C	13.5
D	15.8
E	15.5
F	15.7
G	16.0

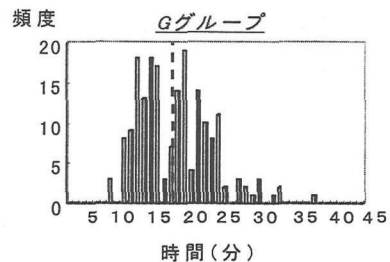
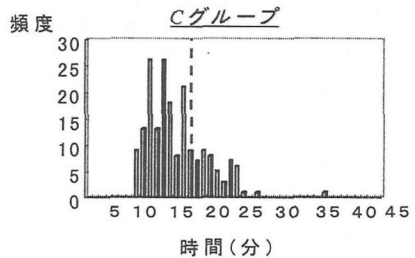


図3 搬送時間の分布

その結果、最もカバー率が高いグループは、Cグループであり70%、最も低いグループはGグループで47%となり、グループ間でサービス水準の格差が大きいことが分かる。ここで、表1のCグループ、Gグループの配置パターンの比較を行うために、図1を参照すると、Cグループの場合、中心部に1つ、北西部、南東部にそれぞれ1つ配置されている様子が分かる。一方、Gグループの場合、2つの施設が市街地中心部に、1つの施設が南部に配置されている。

つぎに、各グループの平均搬送時間を算定し、表2にまとめた。この結果より、最も搬送時間の速いグループはCであり、最も遅いグループはB、Gとなり、それらの間には1分30秒の格差が生じている。そして、Cグループの搬送時間は、その他のグループと比較しても卓越して小さいことが分かる。ここで、各グループ毎の、各交差点における搬送時間の分布状況を調べた。それらの一部を、図3に示す。この図より、Cグループは、10分、13分に頻度のピークがあること、また35分も時間を要する交差点が存在していることが分かる。一方、Gグループでは、12分、14分、そして19分にもピークがあり、また、25分以上の時間を要する交差点が13個存在している。

最後に、各グループについて、救急告示病院への搬送分担率の算定を行った。その結果、図4に示すように、Cグループでは、搬送分担率が比較的分散しているのに対して、E、Gグループでは、特定の告示病院に集中することが分かる。特に、Eグループでは、3つの救急病院の、1つに84.3%集中している。図1で、Eグループの配置パターンを確認すると、市街地中心部に1つ、南部に1つ、南東部末端に1つとなり、中心部に位置する施設のみが北側の地域のほとんどを分担しなければならないことが分かる。

以上より、上述した3つの視点から松山市の救急医療の問題点を整理すると、救急告示病院の配置パターンによって平均搬送時間に格差があり、長時間の搬送時間を要する交差点が存在する。また、各グループで時間内カバー率の格差や、告示病院間での分担割合の格差が大きいことが明らかになった。

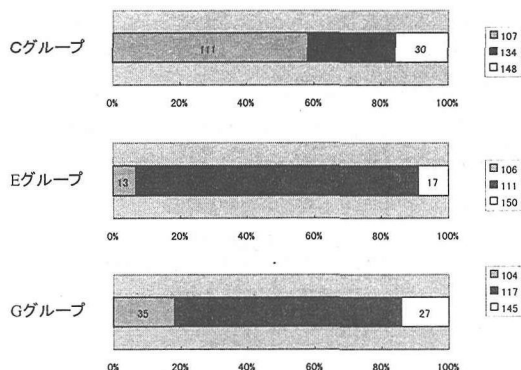


図4 救急告示病院の分担率

3. 施設配置によるサービス水準の確保

(1) 既存救急告示病院の最適配置

松山市の場合、現在の運用体制のもとでは、市内全域の交差点に対して、15分以内の搬送を確保することは困難であることが明らかになった。現状のグループの体制下では、カバー率の最大値は70%にすぎない。そこで、本節では、既存の18の救急告示病院について、カバー率を最大とする病院の再配置についてMCLPからのアプローチを試みる。

はじめに、現在の消防施設を固定し18の救急病院の候補地から、最適な3つの病院の再配置を考える。この問題は、施設数を固定(3個)、移動時間を制約(15分)としたMCLPとして定式化される。算定の結果、この最適解は現状のCグループと一致する結果となった。

(2) 施設の追加配置によるサービス水準の確保

既存の救急告示病院の最適配置を考えても、70%の地域をカバーしているにすぎない。また、最適配置の場合でも、消防署から交差点に駆けつけるまでの時間が15分以上の交差点が3箇所あることが分かった。そこで、消防署の追加配置と現在の告示病院以外に新たな病院を追加配置することを考える。ここで消防施設については、固定施設であるため、施設から交差点までの制約時間Sを(7~10分)として、LSCPとして定式化し算定を行った。その結果を表3に示す。これより、現在の消防施設数7に対して、1~3の施設の追加が必要となる。つぎに、

各追加配置施設の基で、搬送制約時間を15分としてLSCPを用いて、C、Gグループについて救急告示病院の追加配置を算定した。その結果を、表4に示す。これらより、救急告示病院側でも10～14の施設の追加配置が必要となる結果となった。

表3 消防署の配置数

所要時間(分)	新たに立地した消防署数(個)
10分以内	1
9分以内	2
8分以内	3
7分以内	3

表4 救急告示病院の配置数

消防署数(個)	救急病院 数(個)	
	Cグループ	Gグループ
8(+1)	14	13
9(+2)	11	12
10(+3)	11	11
10(+3)	10	10

4. 走行性向上によるサービス水準の確保

3. では、施設配置の視点から、救急医療サービスの確保について検討を試みた。しかし、市域全体の救急医療サービスの水準を確保するためには、消防署を含めた多くの救急医療施設を配置しなければならないことが明らかになった。しかし、現実的に、それだけの施設を配置することは、不可能であろう。そこで、救急車をスムーズに走行可能な施策(救急車両通過掲示板の設置や、交差点信号の連動制御)を行い、救急車の走行パフォーマンスを確保した場合のサービス水準についての検討を試みる。

(a) 消防施設近傍のボトルネックとなるリンク

の走行性の改善(現状値から40km/h)

(b) ネットワーク全体の走行性の改善

(現状値の20%up)

まず(a)のケースについては、平均搬送時間に対する影響はほとんど見られない結果となった。消防施設近傍のリンクの走行パフォーマンスをあげるだけでは、地域全体のサービス水準を確保できないことがわかった。つぎに、(b)のケースの算定結果を表5に示す。表より、救急車の走行速度が20%向上すると、Cグループでは1分24秒、Gグループでは1分48秒平均搬送時間が短縮される結果となった。カバ

ー率をみても、Cグループでは9%up(79%)、Gグループでは11%up(58%)となった。この結果より、走行パフォーマンスの確保と施設の配置の両方からの改善が重要であると言えよう。

表5 走行性向上によるサービスの変化

グループ	平均搬送時間(分)		カバー率 の変化
	変更前	変更後	
C	13.5	12.1	9%
G	16.0	14.2	11%

5. おわりに

本研究では、松山市内の救急医療サービス水準を確保することを目的にまず、現状の運行体制と問題を指摘した。つぎに、15分の搬送時間を全域で確保するためには、消防署施設も含めると、13～15もの新たな施設の配置が必要となることを示した。また、救急車両の走行パフォーマンスを確保すれば、現状の施設数でも市域全体の救急医療サービスの水準を高めることを定量的に示した。今後の課題としては、救急車両の走行実態調査を行い、時間帯や道路の形状(車線数、分離帯の有無)など実走速度に影響を与える要因についての分析と、走行誘導型のシステム導入に伴う検討を試みたいと考えている。また、救急告示病院のグループについて、公平な分担のもとでグループ全体の最適サービス水準を確保する配置についての検討も行う必要があろう。そして、上述した救急告示病院の最適配置と、誘導型搬送システムを連動することにより、より高いサービス水準の確保が保証されよう。

(参考文献)

- 1) 大山達雄監訳：公共政策ORハンドブック，朝倉書店，1998.
- 2) NHKスペシャル「死者半減 西ドイツはこうして成功した—第二次交通戦争への処方せん—」，NHK出版，1989.
- 3) 消防年報：松山市消防局(平成9年度版)，1998.
- 4) 二神透，大野訓，柏谷増男，荒川昌子：松山市の交通事故における救急医療サービスの評価と施設配置計画，土木学会四国支部第5回究技術研究発表会講演概要集，pp. 240-241，1999.