

# 救急活動記録を用いた 救急病院運用体制の評価と改善案の提示

宮本 拓史<sup>1</sup>・二神 透<sup>2</sup>・前川 聡一<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生員 学士 愛媛大学大学院理工学研究科 (〒790-8577愛媛県松山市文京町3番)

E-mail: miyamoto.hiroshi.06@cee.ehime-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 学博 愛媛大学総合情報メディアセンター (〒790-8577愛媛県松山市文京町3番)

E-mail: futagami.toru.mu@ehime-u.ac.jp

<sup>3</sup>非会員 医博 南松山病院 救急医師

本研究では、救急隊員により記録されている平成18年から21年の救急活動記録を用い、救急病院の運用計画を評価した。評価指標として、救急車が現場から救急病院まで、患者を搬送する際の所要時間、すなわち搬送時間を用い、松山市全体での搬送時間期待値と地域ごとの搬送時間期待値の分布を分析した。その結果、中心部は搬送時間が短い傾向があり、郊外地域の中でも、北部地域が特に搬送時間が長いことがわかった。しかし、中心部においても、搬送時間の長い地域が存在した。幹線道路周辺では、郊外地域においても、搬送時間は短い傾向にあった。さらに、現在の救急病院輪番体制を組み替えることで、搬送時間期待値をより小さくするような救急病院の運用体制を求めた。

**Key Words :** *emergency conveyance record data, facility location, response interval, transport interval*

## 1. はじめに

救急医療サービスとは、住民全てが受けることのできる公共サービスである。また、患者の救命を考える上で、救急要請から、病院到着までの所要時間の短縮は非常に重要な課題であるといえる。従って、救急医療サービスの対象とする全ての地域において、住民がある一定の時間内に救急病院まで搬送されることが保障される必要がある。さらに、現在救急出動要請は増加傾向にあり、さらなる業務の効率化が求められる。

このような問題点から、救急サービス施設の配置に関する研究が行われている。柏谷ら<sup>1)</sup>は、松山市のネットワークを作成し、各リンクに走行速度を与え、最短経路から消防署の適正な配置を求めている。このとき与えた速度は、道路交通センサスから求められた値を用いている。しかし、救急車の走行速度は、信号で停止しないことや、患者の容態に注意しながら運転することから、一般車両とは異なると考えられる。また、近年の財政状況から、既存の施設配地を最適に変更することは困難であり、現在すでに存在する医療施設を活用し、より効率的な改善案を提示する必要がある。著者ら<sup>2)</sup>は、松山市の救急搬送の実際の記録を用い、地域ごとにサービス時間を求め、地域間の救急サービスの公平性と効率性に関し

て評価し、Cゾーン単位での分析を行っている。また、輪番制で運用されている救急病院の組み合わせを変え、松山市の救急車の総走行時間が最も少なくなるような輪番制を求めている。ここで言う、サービス時間とは、消防署に救急出動要請があつてから、患者を病院に搬送し終わるまでの所要時間である。これは、出動要請から病院に搬送するまでが救急サービスであり、出動要請から出動までの所要時間や出動要請現場での処置時間も含めて分析を行ったものである。しかし、救急走行を交通問題として捉えた場合、純粋な車両の走行時間にのみ注目する必要がある。また、分析にはCゾーンによるゾーニングが用いられているが、Cゾーンよりも詳細なゾーニングによる分析が必要であると考えられる。Daniel<sup>3)</sup>らは、医療従事者の観点から区分した救急医療時間区分モデルを提案している。その特徴は、事故などのイベントの発生から、消防署での出動要請受信、救急隊の出動、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プロセスを明確化している点にある。なかでも、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、病院到着、処置移送、回送と区分している。門脇ら<sup>4)</sup>は、松山南消防署の救急車両に搭載したGPSとWebカメラを用い、およそ5ヶ月間、

救急車両のプロブデータを取得している。このプロブデータは、GPSによる1秒ごとの位置情報を含んでいるため、走行経路の走行時間を求めることができるが、救急走行阻害の要因の特定にとどまっている。二神ら<sup>9)</sup>は、各交差点から、救急病院へ15分以内で搬送できる交差点のカバー率を、救急受付当番を担当する救急病院グループのサービス水準とし算定している。算定の際に用いられる交差点から各救急病院のグループへの搬送時間に、交通事故発生データから、各交差点の交通事故発生率を与え、重みづけをしている。このサービス水準を最大にするような救急病院の最適配置を求めている。この時、松山市ネットワークモデルを作成し、最短経路の走行時間を搬送時間として用いているが、救急車両の走行動態の特殊さから、実データを用いた駆けつけ・搬送時間を用いるべきであると考えられる。

本稿では、実際の救急活動記録から、駆けつけ時間、搬送時間に着目し、まず、現在の救急病院運用体制を評価する。次に、救急活動効率化のために、現在の救急病院をそのまま使い、救急病院の運用体制を変化させ、最適な救急病院運用計画を提案する。

## 2. 松山市の救急病院運用体制と救急搬送記録の概要

### (1) 松山市における救急病院運用体制

現在、松山市では、図-1に赤色の十字で示す14の病院が救急病院として運用されている。これらの救急病院は、1日ごとの輪番制を敷き、患者の受け入れに当たっている。具体的には、表-1のように輪番制の当番には8つの組み合わせがあり、これらは固定されている。すなわち、ある1日の担当が奥島病院と愛媛生協病院の組み合わせであった場合、この2つの病院が24時間中救急患者の受け入れを担当しており、基本的に救急隊はどちらか都合の良い病院を選択して患者を搬送する。図-2に赤色丸印で松山市の消防署・支署の位置を示す。消防署は、比較的に松山市全体に散在していることが分かる。

### (2) 救急搬送記録の概要と特徴

松山市では、救急活動1件ごとに、活動の内容を救急隊員が記録している。本稿では、この記録を救急活動記録と呼ぶ。救急活動記録は、松山市消防局に、Excel形式で保管されている。その記録の内、平成18年1月から平成21年12月までの4年分の救急活動記録を、個人情報に関わる項目を削除した上でいただいた。救急活動記録に記録されている項目を表-2に示す。駆けつけ先については、町丁目単位までが記録されている。時刻に関わる項目については、秒単位まで記録されている。

これらの項目から図-3に示すように、現場到着時刻と出場時刻の差から、駆けつけ時間を、病院到着時刻と現場出発時刻の差から、搬送時間を求めた。駆けつけ時間と搬送時間を求める際には、分単位を採用した。これは、

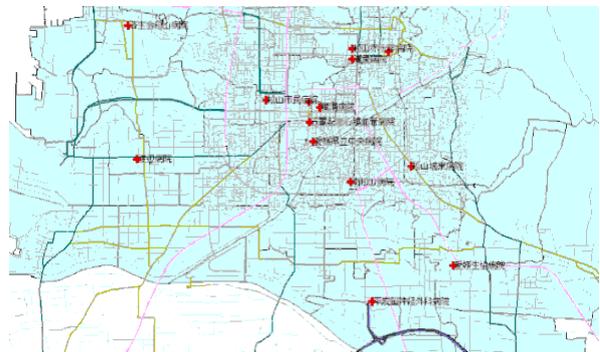


図-1 松山市の救急病院の位置

表-1 救急病院の当番表

輪番制当番(u)	病院番号(h)	病院名
1	1	愛媛県立中央病院
2	2	済生会松山病院
	3	笠置記念心臓血管病院
3	4	松山市民病院
4	5	野本記念病院
	6	平成脳神経外科病院
	7	浦屋病院
5	8	松山赤十字病院
6	9	奥島病院
	10	愛媛生協病院
7	11	南松山病院
	12	梶浦病院
8	13	松山城東病院
	14	渡辺病院



図-2 消防署・支署の位置

表-2 救急活動記録に記載されている項目

救急活動記録の項目	
年	
月	
日	
曜日	
駆けつけ先住所(町丁目まで)	
出動時刻	
現場到着時刻	
現場出発時刻	
病院到着時刻	
搬送先病院名	

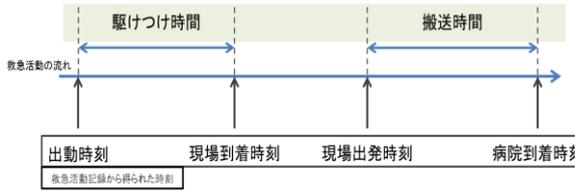


図-3 駆けつけ・搬送時間

秒単位までの記録が欠損した記録が多く存在したためである。

次に、データクリーニングについて述べる。時刻に関わる項目については、出場時刻、現場到着時刻、現場出発時刻、病院到着時刻を表す項目のいずれかが1つ以上が欠損している場合と、出場時刻、現場到着時刻、現場出発時刻、病院到着時刻の4つの時刻が前後している場合、削除の対象とした。また、駆けつけ場所、搬送先病院名が欠損している場合も、削除の対象とした。救急活動記録の中には14の救急病院以外へ搬送する場合も見られた。その件数は、10229件であり、全体に対し、13%程度であった。今回は14の救急病院の運用計画について評価を行うため、それら他の病院への搬送が見られた記録も削除の対象とした。データクリーニングの結果、扱うデータは80913件から64476件となった。

### 3. 救急病院運用体制の評価と最適運用計画

#### (1) サービス水準の定義

あるゾーンへ救急車が駆けつけ、救急病院へ搬送する際の救急車の走行時間、即ち、あるゾーンの駆けつけ時間と搬送時間の和の平均値を、あるゾーン*i*のサービス時間 $S_i$ とする。このとき、 $S_i$ は、次式(1)

$$S_i = T_{ri} + \left[ \sum_{u=1}^8 \left( \frac{\sum_{h=1}^{14} A_{tih} T_{tih} d_{uh}}{\sum_{h=1}^{14} A_{tih} d_{uh}} \right) / 8 \right] \quad (1)$$

のように表される。ただし、あるゾーン*i*は、町丁目によりゾーニングする場合は、 $i = (1,2,3, \dots, 616)$ であり、

Cゾーンによりゾーニングする場合は、 $i = (1,2,3, \dots, 79)$ である。ここで、 $T_{ri}$ は、ゾーン*i*への平均駆けつけ時間を表す。 $u = (1,2,3, \dots, 8)$ であり、輪番制の当番を表し、 $h = (1,2,3, \dots, 14)$ は、救急病院を表す。どの番号の救急病院がどの番号の当番に含まれるかは、表-1のとおりである。 $T_{tih}$ はあるゾーン*i*から救急病院*h*までの搬送時間の平均値を表し、 $A_{tih}$ はその件数を表す。 $d_{uh}$ は、当番*c*に救急病院*h*が含まれる場合1、そうでない場合0を返す1,0変数である。なお、ゾーニングに用いるのは町丁目によるゾーンである。例えば、当番*c* = 2の場合、式(1)の( )内は、次式(2)で表される。

$$A_{ti2} T_{ti2} + A_{ti3} T_{ti3} / A_{ti2} + A_{ti3} \quad (2)$$

これは、当番*u*が複数の救急病院を含む場合、救急病院への搬送件数の割合を用い、搬送時間を求めることを表している。

このようにして求められた $S_i$ にある地域*i*の人口 $P_i$ を重みとして乗し、さらに、松山市全地域について和を求める。これを松山市のサービス水準*S*とする。このとき、*S*は、次式

$$S = \sum_{i=1}^{616} (S_i P_i) \quad (3)$$

で表され、この値は松山市民全員が救急搬送された際の救急車の駆けつけ・搬送時間の総和を表す。したがって、サービス水準*S*の値が小さいほど、より効率のよい輪番制であるということが出来る。なお、人口データは、松山市ホームページ (<http://www.city.matsuyama.chime.jp/>) より、平成23年4月1日現在のものを使用した。

#### (2) 最適運用計画の定義

前節で示した松山市のサービス水準*S*を最小にする救急病院の組み合わせを最適運用計画とする。このとき、輪番の当番の数、当番を担当する救急病院の数は変化させず、当番を担当する救急病院の組み合わせを変化させる。また、表-1に示す14の救急病院の内、輪番を1つの病院で担当する、病院番号1, 4, 8の3つの病院については、輪番制の組み替えを行わないこととする。これは、それらの3つの病院がどれも規模が他の病院と比べて大きく、他の病院では1つの病院で1つの当番担当することは不可能であると考えられるためである。

以上の条件の下、救急病院の当番の組み合わせを変更し、全てのパターンについて松山市のサービス水準*S*を求め、その値が最小となる輪番制を最適運用計画として採用する。

### 4. 既往分析との比較並びに考察

#### (1) 松山市Cゾーンにおける既往分析について

著者ら<sup>2)</sup>の既往分析による、最適運用計画と、その時の松山市のサービス水準 $S$ を表-3、表-4に、 $S_i$ の地域分布を図-4に示す。なお、凡例を図-5に示す。この分析で用いられたゾーニングは、松山市Cゾーンである。また、駆けつけ・搬送時間の抽出には、平成18年の1年間の救急搬送記録が用いられている。

本研究でも、比較のため、今回得られた平成18年から21年までの救急搬送記録を用い、松山市Cゾーンでゾーニングし、最適運用計画と、その時の松山市のサービス水準 $S$ に、 $S_i$ を求めた。それらの結果を表-5、表-6、図-6に示す。表-3、表-4と表-5、表-6を比較すると、最適運用計画が異なることが分かる。これは、ゾーンによっては、年間を通じ救急活動記録が数件しか存在しない場合があり、特殊な記録の場合は、ゾーンのサービス時間に影響を与えてしまうが、複数年にわたる本研究の救急活動記録では、影響が小さくなっているためであると考えられる。既往分析で用いた、H18年のゾーンごとの救急活動記録件数の割合の分布を図-7に、本研究で用いた、H18年～H21年のゾーンごとの救急活動記録件数の割合の分布を図-8に示す。それらの凡例を図-9に示す。これらを比較すると、H18年の場合は郊外にも割合の高いゾーンがあることが分かる。特に南部のゾーンは図-7と図-8で大きく異なっている。この結果から、H18年の救急活動記録件数には何らかの要因による偏りがあったと考えられる。H18年～H21年の場合、割合の高いゾーンは市中心部と住宅地であり、割合が高くなることは自然であると考えられる。したがって、ゾーンごとの分析を行う際には、なるべく多くの件数を持つ救急活動記録を用いるべきであるといえる。同様に、サービス水準 $S$ についても、変化が見られ、減少していることが分かる。そのため、一人当たりサービス時間も0.1分減少している。しかしながら、その減少割合は大きくない。

表-3 既往分析の結果

輪番制当番(u)	病院番号(h)	病院名
1	1	愛媛県立中央病院
2	7	浦屋病院
	12	梶浦病院
3	4	松山市民病院
	2	済生会松山病院
4	11	南松山病院
	13	松山城東病院
5	8	松山赤十字病院
6	5	野本記念病院
	10	愛媛生協病院
7	9	奥島病院
	14	渡辺病院
8	3	笠置記念心臓血管病院
	6	平成脳神経外科病院

表-4 既往分析による $S$ の値

松山市のサービス水準 $S$ (人・分)	人口(人)	1人当たりサービス時間(分)
7,660,002	506,858	15.1

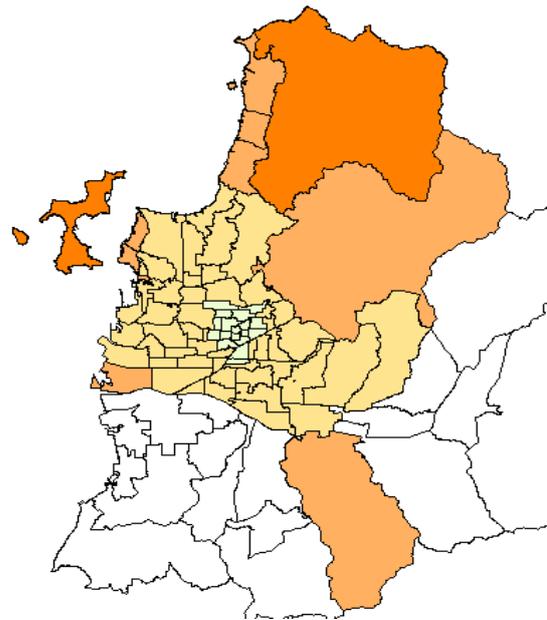


図-4 既往分析における $S_i$ の分布

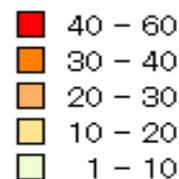


図-5 図-4、図-6、図-10、図-11、図-12、図-13、の凡例

表-5 H18～H21の記録を用いたCゾーンでの最適運用計画

輪番制当番(u)	病院番号(h)	病院名
1	1	愛媛県立中央病院
	2	済生会松山病院
2	13	松山城東病院
	4	松山市民病院
3	9	奥島病院
	10	愛媛生協病院
	14	渡辺病院
4	8	松山赤十字病院
	11	南松山病院
5	12	梶浦病院
	7	浦屋病院
6	3	笠置記念心臓血管病院
	5	野本記念病院
7	6	平成脳神経外科病院
	6	平成脳神経外科病院

表-6 H18～H21の記録を用いたCゾーンでの最適運用計画による $S$ の値

松山市のサービス水準 $S$ (人・分)	人口(人)	1人当たりサービス時間(分)
7,348,242	488,347	15.0

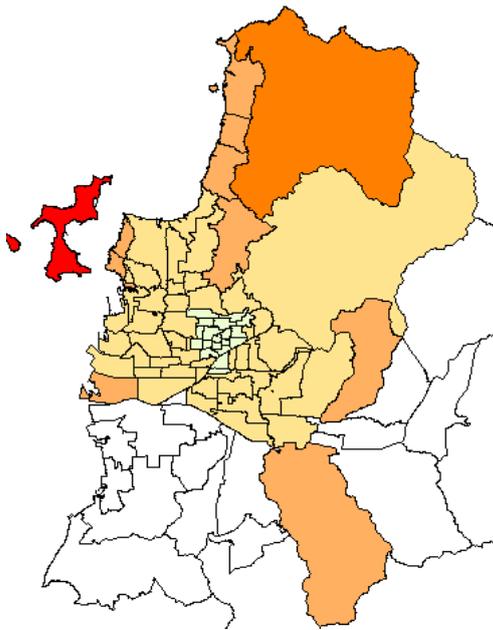


図-6 H18～H21の記録を用いた  
Cゾーンでの最適運用計画における  $S_i$  の分布

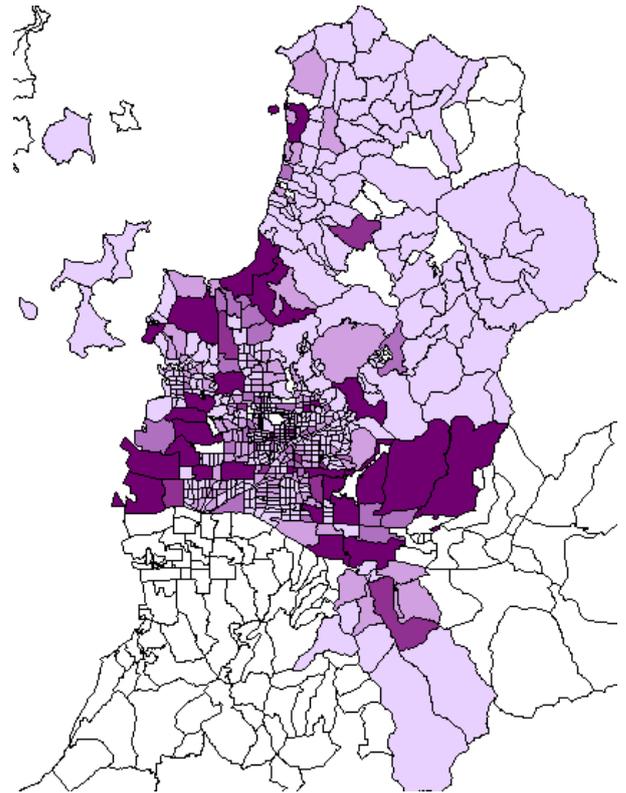


図-8 H18～H21年の救急活動記録による  
町丁目ゾーンごと記録件数の割合の分布

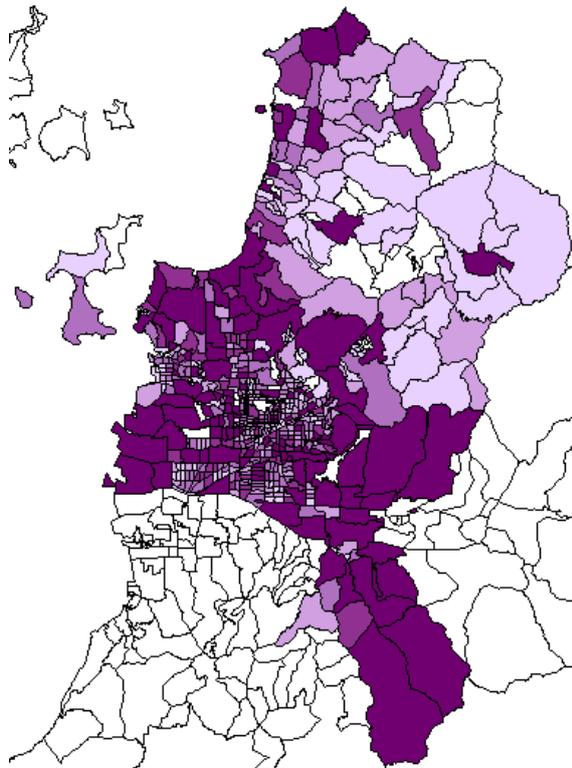


図-7 H18年の救急活動記録による  
町丁目ゾーンごと記録件数の割合の分布

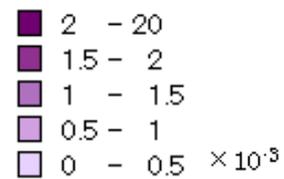


図-9 図-7, 図-8の凡例

## (2) 新しいデータによる町丁目分析結果について

町丁目ゾーニングによる現状の輪番運用体制による松山市のサービス水準  $S$  の値は表-7に示す結果となった。 $S_i$  の地域分布は、図-10、図-11に示す通りである。Cゾーンでの最適運用計画によるサービス水準よりも小さな値を取っていることが分かる。これは、最適運用計画を求める際にゾーニングをCゾーンから町丁目に変更したことが影響を与えている。したがって、最適運用計画を求めるには、より詳細なゾーンでの分析が必要であるといえる。ゾーンごとのサービス時間  $S_i$  の地域分布については、既往分析では見られなかった詳細な分布を見ることができる。中心部のゾーンにおいては、非常に詳細な分布が見られ、隣接するゾーンのサービス時間が10分以下であるにもかかわらず、あるゾーンだけ10分以上

表-7 H18~H21 の記録を用いた町丁目単位でのSの値

松山市のサービス水準S(人・分)	人口(人)	1人当たりサービス時間(分)
7,308,647	488,347	15.0

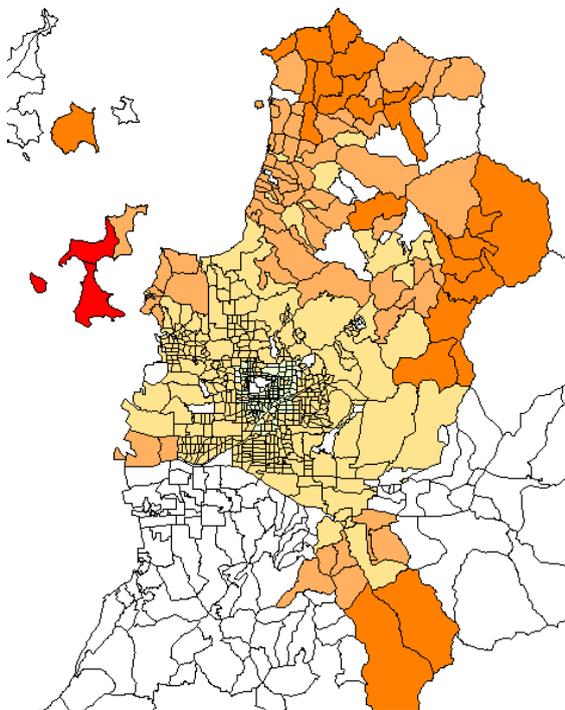


図-10 H18~H21 の記録を用いた町丁目単位のSiの分布

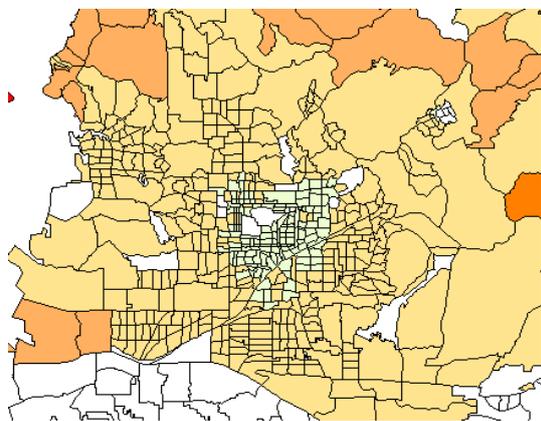


図-11 図-10の中心部の様子

となっているゾーンが存在することが分かる。そのようなゾーンは、幹線道路から遠いことや、救急車の走行する道路状態が悪い、といった原因が考えられる。また、郊外のゾーンにおいても、既往分析との差は顕著であり、中心部から離れていても20分以内の救急サービスがなされている地域が存在することが分かる。これは、そのゾーンが比較的幹線道路に近いことが考えられる。特に、松山市北西部については、松山市を縦断する幹線道路で

表-8 H18~H21 の記録を用いた町丁目での最適運用計画

輪番制当番(u)	病院番号(h)	病院名
1	1	愛媛県立中央病院
2	3	笠置記念心臓血管病院
	7	浦屋病院
3	4	松山市民病院
	2	済生会松山病院
4	9	奥島病院
	11	南松山病院
5	8	松山赤十字病院
6	5	野本記念病院
	10	愛媛生協病院
7	6	平成脳神経外科病院
	12	梶浦病院
8	13	松山城東病院
	14	渡辺病院

表-9 H18~H21 の記録を用いた町丁目単位での最適運用計画におけるSの値

松山市のサービス水準S(人・分)	人口(人)	1人当たりサービス時間(分)
7,262,778	488,347	14.9

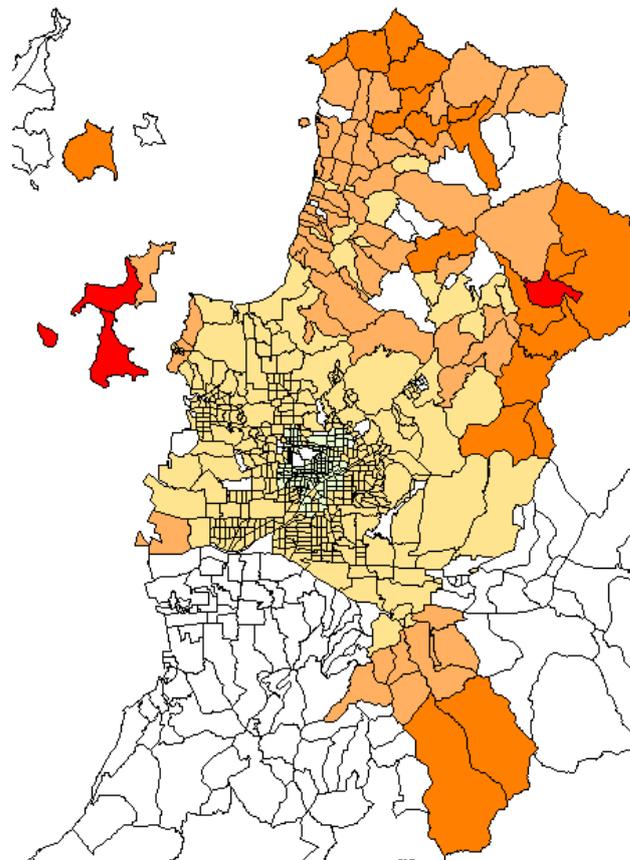


図-12 H18~H21 の記録を用いた町丁目単位の最適運用計画におけるSiの分布

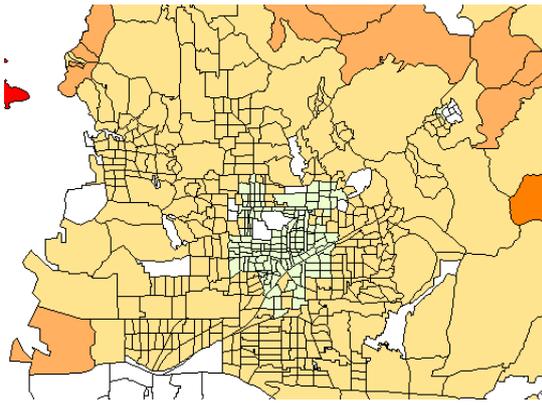


図-13 図-9の中心部の様子

ある、国道196号線の影響を受け、サービス時間が比較的小さくなっていると考えられる。

次に、最適運用計画の時の輪番体制と松山市のサービス水準 $S$ を表-8、表-9に示す。また、 $S_i$ の地域分布は、図-12、図-13に示す。表-8から、Cゾーンでのゾーニングによる分析結果と異なっていることが分かる。やはり、ゾーニングを詳細にし分析したためであるといえる。サービス水準 $S$ は、改善前と比べると、0.6%ほどの減少にとどまっている。図-10と図-12を比較すると、西部沿岸地域に、サービス時間が減少したゾーンが見られる。特に、住宅地の多い、松山市南部、西部は人口が多いため改善されたと考えられる。

しかし、松山市中心部にはあまり変化は見られない。また、北部郊外地域では、増加しているゾーンもみられる。これは、ゾーンに対して人口で重みをかけたため、人口の多いゾーンが優先されたためである。松山市は、南部に住宅地が多く、人口が集中しており、そのため、北部に何らかの改善が必要である。

## 5. おわりに

本研究では、著者ら<sup>2)</sup>の既往分析によるH18年の救急活動記録を用い、Cゾーンでゾーニングした際の最適運用計画と、H18年～H21年の救急活動記録を用い、既往分析と同様に最適運用計画を求めた際のサービス水準 $S$ と、ゾーンのサービス時間 $S_i$ の分布を比較した。その結果、最適運用計画が異なり、サービス水準 $S$ の値も異なることが分かった。同様に、ゾーンのサービス時間 $S_i$ の値も異なった。これは、救急活動件数が増加したことにより、ゾーンごとの件数に存在した偏りが解消されたためである。このことから、より正確な最適救急病院運用計画を求める際には、救急活動記録を出来る限り多く取

得する必要があることが示唆された。さらに、ゾーニングをCゾーンから町丁目にすることで、より詳細なゾーンにより現状の輪番体制によるサービス水準 $S$ を求め、そのサービス水準を最も小さくするような最適運用計画を求めた。その際の最適運用計画は、Cゾーンによる分析と異なった。この結果は、救急病院輪番制を最適にするためには、より多くのデータで、より詳細なゾーンによる分析が必要であることを示唆している。サービス時間 $S_i$ の分布を求め、改善の前後で比較したところ、松山市中心部から少し離れた住宅地の存在するいくつかのゾーンに改善が見られた。しかし、人口の少ない郊外地域では、逆にサービス時間が大きくなるゾーンがあった。

最適運用計画により、松山市全体でのサービス水準は減少し、全体に対するサービスは向上したといえる。しかし、郊外のゾーンに対するサービス水準は減少し、サービスは低下している。そのため、各ゾーンのサービス時間に一定の上限を設け、ゾーンごとのサービス時間を一定以内に保ち、公共サービスとしての時間的公平性を保つ必要があろう。また、より多くの救急搬送記録を用いるには、今後、継続的に年間の救急活動記録を取得する必要があるが、その際には、ゾーンごとの人口変動を考慮に入れる必要がある。本研究では、分析の際に各救急病院に容量制約を与えていない。したがって、本研究で求めた最適運用計画は、現実的でない可能性がある。そこで、今後の課題として、救急病院に容量制約を与え、分析をする必要がある。

## 参考文献

- 1) 柏谷増男, 佐伯有三, 二神透: 救急サービス施設の適正配置による広域統合化に関する研究, 土木計画学研究・論文集 No.17, pp.179-185, 2000.
- 2) 宮本拓史, 二神透, 河口尚紀: 松山市における救急病院運用計画の評価に関する研究, 平成二十二年度土木学会四国支部 第十六回技術研究発表会講演概要集 (CD-ROM, IV-18).
- 3) Daniel, W.S. et al., "Prospective Validation of a New Model for Evaluation Emergency Medical Service Systems by In-field Observation of Specific Time Intervals in Prehospital Care", *Annals of Emergency Medicine*, Vol.11, No.4, pp.35-38.
- 4) 門脇玄治, 二神透, 河口尚紀, 渡部正康: 松山市の救急駆け付け搬送阻害要因の分析, 平成二十二年度土木学会四国支部 第十六回技術研究発表会講演概要集 (CD-ROM, IV-17).
- 5) 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.

(2011.5.6 受付)

# EVALUATION OF AN EMERGENCY HOSPITAL OPERATION FRAMEWORK AND PRESENTATION OF AN IMPROVEMENT PROPOSAL USING EMERGENCY ACTIVITY RECORD

Hiroshi MIYAMOTO, Toru FUTAGAMI and Souichi MAEKAWA

In this study, we evaluate operation plan of emergency hospital to use the emergency activity record which recorded by Rescue personnel from 2006 to 2009. The expected value in the entire Matsuyama City at the transportation time and the distribution of the transportation time were analyzed by using the rushing time and the transportation time. As a result, the transportation time tends to be short, the northern part region understands the central portion in the suburban area, and it has been understood that the transportation time is especially long. However, large transportation time existed in the central portion. Also in the suburban area, the transportation time was short near the trunk road. In addition, the system of operation of the emergency hospital that made the expected value of the transportation time smaller by rearranging a present system of the emergency hospital duty was estimated.