

# 救急医療システムにおける地域空間情報を用いた圏域的指標の構築に関する研究 -GIS・GPSを用いた人口密度分布にもとづく施設の適正配置について-

日大生産工(院) ○田島 誠  
日大生産工(院) 山田 悟史  
日大生産工 大内 宏友

## 1. はじめに

昭和38年に救急医療業務が消防の任務として消防法上に位置づけられてから、現在では我々の生命身体の安全を守る上で不可欠なサービスとして日常生活に深く浸透している。そうした中、近年における高齢化社会の進展に伴う疾病構造の変化等に起因し、救急出動件数は毎年増加し、搬送人員はこの10年間で324万7129人から現在(平成18年)までに488万6217人まで増加し、高齢者がその内の45.1%を占めている。また、救急出動件数の増加の影響を受け、度重なる救急出動要請による現場到着の遅れが顕著に表れている。これは、今後更なる高齢化社会を迎える我が国において、救急医療業務が抱える大きな課題である。このような現状により、WebGIS・GPSなどの情報技術を利用した救急医療情報システムの導入が各自治体でもなされ始めている。これらのシステムにおける災害情報・活動支援(WebGIS)、車輛動態・位置把握(GPS\*)など、救急医療におけるシステムと国土交通計画、都市・地域計画の分野とによる道路配置計画、施設配置計画整備指針の基準となる指標及び、計画手法論の早急な提示が要請されている。

これまで筆者らは既往研究において、ドクターカーシステム<sup>2)</sup>の先進的事例として千葉県船橋市<sup>1)</sup>におけるドクターカーペア出動システム<sup>3)</sup>の現状を明らかにし、救急と医療との地域施設における複合化による適正配置のガイドライン提示した。また、千葉県千葉市<sup>3) 4)</sup>において救急出動に関するデータを基に、千葉市における救急医療業務の現状を分析し、WebGIS・GPSを用いた救急医療情報システムによる有効性を明らかにした。しかしこれらは出動圏域の可視化による出動分析であり、救急医療業務の対象である市民にどのように、どの程度のサービスがいきわたっているかが明示されていない。

以上を踏まえ本研究では、WebGIS・GPSを用いた地理情報・空間データ、さらに地域情報に着目した圏域的な分析手法により、国土交通計画及び、都市・地域計画における救急医療情報システムと道路配置計画及び、

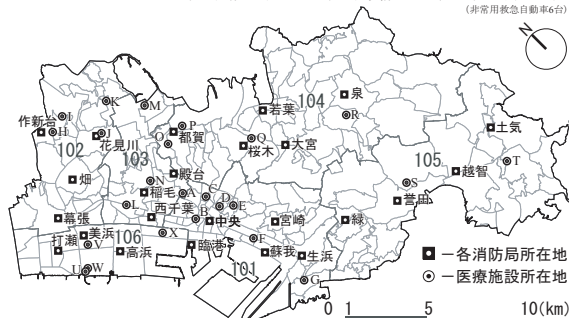
施設配置計画とによる整備指針の判断基準となる人口分布にもとづく指標の提示、及び圏域的計画手法の構築を目的とする。

## 2. 研究概要

### 2-1. 研究対象地域の概要

本研究は千葉県千葉市(以下、千葉市)を対象地域とする。ここで千葉市における救急医療業務体制として市内の全24救急隊、千葉県より救急告知の指定を受けている医療施設を以下に示す。(図-1)

[救急業務の実施体制] ◆管轄区域 442町丁 ◆面積 272.08km<sup>2</sup> ◆人口 887,484人  
(H13.1.1 現在) ◆救急隊数 24隊 ◆救急隊員数 288名 ◆救急車両 30台  
(非常用救急自動車6台)



| 区No.     | 101     | 102     | 103     | 104     | 105     | 106     |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 名称       | 中央区     | 花見川区    | 稲毛区     | 若葉区     | 緑区      | 美浜区     |
| ①人口数(人)  | 170,911 | 179,892 | 147,672 | 151,671 | 101,829 | 135,509 |
| ②高齢者数(人) | 27,988  | 22,135  | 18,907  | 21,335  | 10,884  | 11,259  |
| ②/①(%)   | 16.38   | 12.30   | 12.80   | 14.07   | 10.69   | 8.31    |

| 千葉県救急告知指定医療機関     |              |                  |
|-------------------|--------------|------------------|
| A: 国立病院機構千葉医療センター | I: 最成病院      | Q: 千葉中央メディカルセンター |
| B: 井上記念病院         | J: 幸有会記念病院   | R: 泉中央病院         |
| C: 斎藤労災病院         | K: 千葉脳神経外科病院 | S: 千葉南病院         |
| D: 千葉大学医学部付属病院    | L: 稲毛病院      | T: あすみが丘外科整形外科   |
| E: 千葉市立青葉病院       | M: 山王病院      | U: 千葉市立海浜病院      |
| F: 川鉄千葉病院         | N: 千葉中央病院    | V: みはま病院         |
| G: 石郷岡病院          | O: 稲佐病院千葉    | W: 千葉県救急医療センター   |
| H: 平山病院           | P: みつわ台総合病院  | X: 汐見丘病院         |

図-1 千葉市における救急医療業務概要

千葉市では「総合指令情報システム」と称して119番通報の受付・出動から救急・災害活動の終了までをコンピューター管理によるシステムを導入した。このシステムの目的としては、消防局指令センターと医療施設とのネットワークの強化による情報共有化促進(WebGIS)、車両位置把握で効率的な配車などによる現場到着の迅速化と現場活動の支援強化(GPS)があり、帰署途中の車両で現場にもっとも近い車両が現場に向かう自動出動システム<sup>4)</sup>による折返し出動を行えることである。

Study on build the model of Construction of Areal Guidelines using Regional Information  
in Emergency Medical System

- Study on Optimal location planing statistical distribution of population density using GIS/GPS

Makoto TAJIMA, Satoshi YAMADA, and Hirotomo OHUCHI

本研究では、千葉市消防局の協力により得られた千葉市における救急出動に関する記録を用いている。記録には月日、出動隊名、覚知時分、現場到着時分、現場出発時分、医療機関到着時分、帰署時分、現場発生区・町名、搬送先医療機関区・町名が記載され、平成11年4月、平成12年4月出動に関する全5649件を有効資料として扱っている（表-1）。

表-1 時間及び距離に関する値（例：中央隊）

| 覚知時分       | 現場時分       | 現場時分       | 到着時分       | 帰署時分       |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| 4/01 00:21 | 4/01 00:27 | 4/01 00:30 | 4/01 00:33 | 4/01 01:06 |
| 4/01 01:00 | 4/01 01:06 | 4/01 01:16 | 4/01 01:25 | 4/01 02:21 |
| 4/01 01:10 | 4/01 01:14 | 4/01 01:28 | 4/01 01:37 | 4/01 04:01 |
| 4/01 06:54 | 4/01 06:59 | 4/01 07:07 | 4/01 07:09 | 4/01 07:48 |
| 4/01 08:21 | 4/01 08:26 | 4/01 08:29 | 4/01 08:32 | 4/01 10:00 |

## 2-3. 千葉市における既往研究

千葉市における既往研究では、カーラーの救命曲線(Fig. -3)により事故発生後、心臓停止状態から応急処置（心肺蘇生法）を受けるまでの時間が、3分経過すると死亡率は50%となり、5分後にはさらに高率となることがわかっている事から時間と死亡率の関係における時間的検知より時間的指標として0-3(分)及び0-5(分)として定めた。そして、0-3(分)及び、0-5(分)以内で出動可能な出動圏域を圏域的指標とし、道路網を地域空間情報としてとらえ、道路網のネットワーク解析を行い、救急施設と医療施設の複合化による地域空間情報と関連した出動圏域の可視化及び、得られた圏域的指標の重ね合わせにより圏域を3類型(図-2)に分類し、各類型の広がり方と特徴を踏まえ分析・評価した。さらに地域境界外の救急施設を視野に入れ、圏域的指標の再検討・類型化することにより、より現状を捉えた分析・評価をすることで道路計画・施設配置計画の整備指針の指標を明示した。

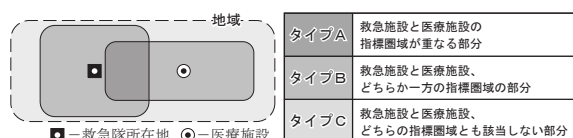


図-2 指標的圏域の重ね合わせによる類型化の概念図

## 3. 地域空間情報に基づいた救急医療の分析手法

### 3-1. 分析手法の概要

救急医療業務は道路網による影響や制約を大きく受けていることから、千葉市における道路網を地域空間情報としてとらえ、道路網のネットワーク解析により、千葉市におけるWebGIS・GPSを用いた救急医療情報システムにおける地域空間情報と関連した出動圏域の可視化を行い、人口分布に関する地域情報より圏域内の受給可能な人口数を算出する。さらに救急出動による搬送者の約半数が高齢者であることから受給可能な高齢者数は本研究において重要な要素と考えられることから加えて受給可能な高齢者数も算出する。なお、本研究では国土地理院刊行の数値地図2500（空間データ基盤）、平成12年国勢調査結果を用いる。

## 3-2. 空間情報を用いたネットワークデータの構築

本研究で行う千葉市における地域の人口分布情報及び空間情報によるネットワークデータの構築における構成と手順を以下に示す。

- ① 町ごとの面積を算出し各町の情報に属性値として入力する。さらに総人口数・総高齢者数を属性値として入力する。
- ② 属性値として入力された面積と総人口数・総高齢者人口数より、各町の人口密度・高齢者密度を算出し各町の情報に属性値として入力する。
- ③ 千葉市の地域における消防局(全24救急隊)、救急告知指定医療施設を数値地図上にプロットする。
- ④ i) 各消防局の所在地から現場(町の重心)までの最短経路(km)の長さを計測し、各救急隊における「平均出動距離(km)」として求める。  
ii) 救急出動に関する記録より、各救急隊における「平均出動時間(min)」を求める。各現場までの速度(km/min)を算出する。iii) 各救急隊における「平均出動距離(km)」と「平均出動時間(min)」より「市内一律の速度(km/s)」として求める。iv) 数値地図の道路情報に属性値として「市内一律の速度{=0.43(km/min)}<sup>\*6</sup>」を入力する。
- ⑤ 数値地図の道路情報における各々の線分の長さ(m)を計測し、「道路の長さ(km)」を数値地図の道路情報に属性値として入力する。
- ⑥ 「市内一律の速度(km/s)」と「道路の長さ(km)」より数値地図の道路情報の線分を通過するのにかかる「時間(min)」を算出し、数値地図の道路情報に属性値として入力する。

以上の手順により、本研究で扱う人口分布情報及び道路情報によるネットワークデータの構築を行う。なお、ネットワークデータ解析を行う条件としてルート上でのUターンはしないことを条件として解析を行う。

## 4. ネットワーク解析による圏域的指標における受給可能な人口数及び面積

### 4-1. 救急隊による出動の圏域的指標における受給可能な人口数及び面積

既往研究によって得られた救急医療業務における時間的指標0-3(分)、及び0-5(分)を用いて、千葉市の消防局を基点とした救急隊における0-3(分)及び、0-5(分)以内で出動可能な出動圏域を圏域的指標（以下、出動指標の圏域）とし、ネットワークデータ解析により可視化する。出動指標の圏域の面積を各町ごとに算出した値と各町の属性値の人口密度・高齢者密度より受給可能な人口数・高齢者数を算出する。(図-3)

〔救急隊による出動指標の圏域によって受給される人口数及び面積の値とその分析〕

出動指標の圏域の面積は千葉市全体においては0-3(分)では20.3%、0-5(分)では49.5%であったのに対し、受給可能な人口数・高齢者数共に0-3(分)では約35%、0-5(分)では75%であった。

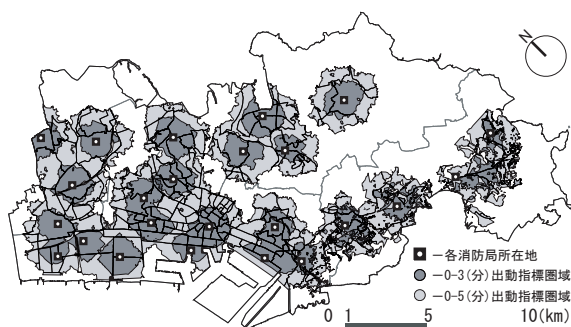


図-3 町毎に分割された救急隊による出動指標の圏域

表-2 救急隊出動圏域による網羅人口数・面積（例：中央区）

| 出動圏域                 | 0-3(min) | 0-5(min) | 中央区全体   | 千葉市     |
|----------------------|----------|----------|---------|---------|
| 人口数(人)               | 59,848   | 133,991  | 170,911 | 887,484 |
| 人口数(%)               | 6.74     | 15.10    | 19.26   | 100     |
| 高齢者数(65歳以上、人)        | 9,334    | 21,775   | 27,988  | 112,508 |
| 高齢者数(65歳以上、%)        | 8.30     | 19.35    | 24.88   | 100     |
| 面積(km <sup>2</sup> ) | 11.22    | 26.39    | 44.38   | 278.08  |
| 面積(%)                | 4.03     | 9.49     | 15.96   | 100     |

表-3 救急隊出動圏域による網羅人口数・面積（例：美浜区）

| 出動圏域                 | 0-3(min) | 0-5(min) | 美浜区全体   | 千葉市     |
|----------------------|----------|----------|---------|---------|
| 人口数(人)               | 72,413   | 120,098  | 135,509 | 887,484 |
| 人口数(%)               | 8.16     | 13.53    | 15.27   | 100     |
| 高齢者数(65歳以上、人)        | 6,279    | 10,147   | 11,259  | 112,508 |
| 高齢者数(65歳以上、%)        | 5.58     | 9.02     | 10.01   | 100     |
| 面積(km <sup>2</sup> ) | 7.64     | 15.2     | 21.09   | 278.08  |
| 面積(%)                | 4.03     | 5.47     | 7.58    | 100     |

これは圏域を視覚的に分析を場合よりも実際は受給される人口数が多いと考えられることを示している。

各区毎に分析すると、中央区では0-3(分)の出動圏域内の受給可能な高齢者は8.3%、区内のわずか30%に留まっており、高齢化率の高い中央区にはさらに0-3(分)で出動できる圏域を広げる必要性を示している。若葉区、緑区にも同じ傾向がみられた。またその逆に、美浜区では0-5(分)での出動圏域によって約90%の人口に受給されており救急隊の施設配置が適当に行なわれていることが分かる。

#### 4-2. 折り返し出動の圏域的指標における受給可能な人口数及び面積

本研究で扱う千葉市の救急医療業務における救急出動に関する記録からは、折り返し出動時の出動の基点の位置の特定が不可能であったため、搬送先である医療機関を折り返し出動の基点とし、折り返し出動について分析を行うこととした。

千葉市における救急告示医療機関を対象とし分析を行う。救急告示医療機関を基点とした折り返し出動の0-3(分)及び、0-5(分)以内で出動可能な出動圏域を圏域的指標(以下、折り返し出動指標の圏域)とし前章と同様に受給可能な人口数・高齢者数を算出する。(図-4)

〔折り返し出動指標の圏域によって受給される人口数及び面積の値とその分析〕

出動指標の圏域内の受給可能な人口数・高齢者数は千葉市全体で共に0-3(分)では約37%、0-5(分)では66%であった。

各区毎で分析すると、特に緑区内では人口数・高齢者数は共に0-3(分)では約15%、0-5(分)では約37.5%であり、区内西部において他の地域よりも医療機関が少ない事の影響と考えられる。またその逆に稲毛区では圏域内の受給可能な人口数・高齢者数は共に0-5(分)で95%以上と

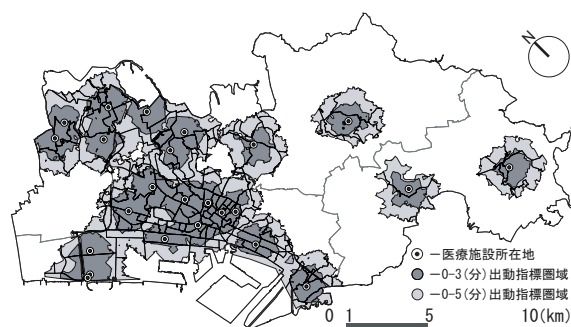


図-4 町毎に分割された折り返しによる出動指標の圏域

表-4 救急隊出動圏域による網羅人口数・面積（例：緑区）

| 出動圏域                 | 0-3(min) | 0-5(min) | 緑区全体    | 千葉市     |
|----------------------|----------|----------|---------|---------|
| 人口数(人)               | 15,988   | 38,478   | 101,829 | 887,484 |
| 人口数(%)               | 1.80     | 4.34     | 11.47   | 100     |
| 高齢者数(65歳以上、人)        | 1,529    | 4,023    | 10,884  | 112,508 |
| 高齢者数(65歳以上、%)        | 1.36     | 3.58     | 9.67    | 100     |
| 面積(km <sup>2</sup> ) | 4.32     | 13.42    | 66.42   | 278.08  |
| 面積(%)                | 1.55     | 4.83     | 23.89   | 100     |

表-5 救急隊出動圏域による網羅人口数・面積（例：稲毛区）

| 出動圏域                 | 0-3(min) | 0-5(min) | 稲毛区全体   | 千葉市     |
|----------------------|----------|----------|---------|---------|
| 人口数(人)               | 89,282   | 140,758  | 147,672 | 887,484 |
| 人口数(%)               | 10.06    | 15.86    | 16.64   | 100     |
| 高齢者数(65歳以上、人)        | 11,378   | 17,984   | 18,907  | 112,508 |
| 高齢者数(65歳以上、%)        | 10.11    | 15.98    | 16.81   | 100     |
| 面積(km <sup>2</sup> ) | 11.1     | 20.07    | 21.2    | 278.08  |
| 面積(%)                | 3.99     | 7.22     | 7.62    | 100     |

なっており区内に均等に医療施設が配置されている効果であると考えられる。

#### 5. 救急施設と医療施設の複合化による出動圏域における類型別の受給可能人口数及び面積

千葉市の救急医療システムにおける地域施設の道路配置計画及び、施設配置計画の整備指針の指標の提示・圏域的計画手法の構築のため、時間的指標を用いて可視化した消防局を基点とした出動指標の圏域と、医療機関を基点とした折り返し出動指標の圏域を重ね合わせ、既往研究で得られた圏域の類型毎の領域内の受給可能な人口数・高齢者数を算出し、各類型毎に分析を行なう。(図-5)

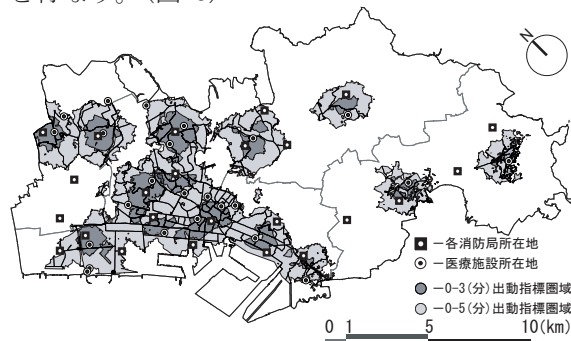


図-5 重ね合わせによる出動指標の圏域(タイプ A)

■タイプA：このタイプの領域内の人口数・高齢者数は千葉市全体で共に0-3(分)では約17.5%、0-5(分)では54.5%であった。この地域は消防局及び、医療機関どちらの地域施設からも0-3(分)及び、0-5(分)以内での現場到着が可能であり、急病患者の半数以上を占める高齢者にとって特に有効な地域である。高齢化率が市内で最も高い中央区内でも千葉市の受給率と同レベルであり、何らかの対策の必要性を示している。

■タイプB：このタイプの領域内の人口数・高齢者数は千葉市全体で共に0-3(分)では約38%、



0-5(分)では32%であった。0-3(分)で最も受給率が高いのは中央区の高齢者で12.5%であった。  
■**タイプC**：このタイプの領域内の人口数・高齢者数は千葉市全体で共に0-3(分)では約44.5%、0-5(分)では13.5%であった。各区毎に分析すると0-3(分)において受給不可能な人口数を延ばしているのは花見川区と若葉区であることが分かる。これらの区には救急医療システムにおける道路・施設配置計画の早急な検討を要する地域である。

また、千葉市の境界に多く分布しているので、隣接する地域の救急隊の協力によって補うことの可能性の検討を行う必要性がある。

## 6. 地域の境界を越えた圏域的指標における受給可能人口数及び面積

前章の考察より、千葉市の地域に隣接する市町村における消防局を基点とした圏域的指標を明らかにするため、千葉市に隣接する市町村(10市町村)における消防局で、千葉市に最も近い消防局(全11救急隊)を選出した。千葉市の地域外の消防局を基点とした救急隊における0-3(分)、及び0-5(分)以内で出動可能な出動圏域を圏域的指標とし、前章と同様に圏域を類型化して各タイプ毎の領域内の人口数・高齢者数を算出し分析を行なう。(図-6)

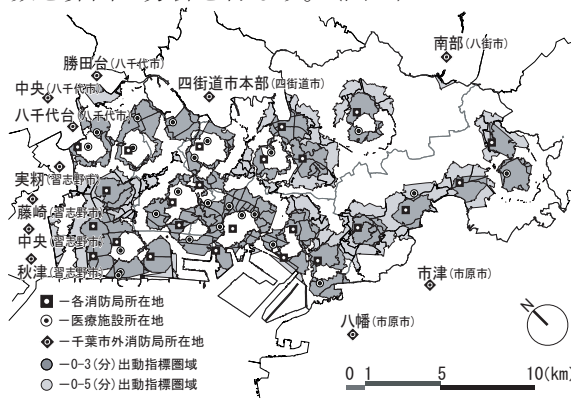


図-6 地域の境界を越えた圏域的指標による類型化(タイプB)

■**タイプA**：このタイプの領域内の人口数・高齢者数は千葉市全体で共に0-3(分)では約19.4%、0-5(分)では66%であった。市境界のある各区で1~2%の受給可能な人口数・高齢者数の増加があった。

■**タイプB**：このタイプの領域内の人口数・高齢者数は千葉市全体で共に0-3(分)では約39%、0-5(分)では23.5%であった。特に習志野市、八千代市の消防局からの圏域の貫入によりタイプAに人口数が移行した為、0-5(分)での領域内の人口数が8.5%減少した。

■**タイプC**：このタイプの領域内の人口数・高齢者数は千葉市全体で共に0-3(分)では約41.5%、0-5(分)では10%であった。他市の消防局からの圏域の貫入により領域内の人口数・高齢者数を減少することが出来ていることが分かる。

## 7. まとめ

以上、救急医療システムにおける地域空間情報を用いた圏域的指標の構築に関する研究の成果として、以下のように整理する。

- 1) 既往研究で構築された救急医療業務における時間的指標において、人口分布に関する地域情報及び空間情報を用いたネットワークデータの構築・解析により、救急隊並びにWebGIS・GPSを用いた救急医療情報システムによる折り返し出動による出動圏域内の受給可能な人口数・高齢者数を算出し、現状の救急医療サービスによって受給可能な圏域内の具体的な人口数として明示できた。
- 2) さらに、各区毎に救急医療システムによって受給可能な人口数を算出し、分析することで、道路計画、施設配置の整備指針における判断基準となる具体的な指標を明示出来た。
- 3) 救急施設と医療施設の複合化による受給可能な人口数の明示及び、施設配置と道路計画の評価を行うため、得られた圏域的指標の重ね合わせにより地域を3類型に分類し、各類型ごとに人口数を算出し、分析できた。
- 4) 地域境界外の救急施設を視野に入れ、圏域的指標の再検討・類型化することにより、他市の救急隊によってどのように受給可能な人口数が変化するかを各類型ごとで分析することで施設配置と道路計画における新たな知見を得ることができた。

### <注釈>

- \*1) GPS(汎地球測位システム)：GPSとはGlobal Positioning Systemの略である。最も新しい人工衛星による電波測位システムであり、地球上における自らの位置を把握することが可能である。
- \*2) ドクターカーシステム：今まで患者を医療施設まで搬送することを目的とした救急車に対して、救命率を上げるために、事故発生から医療行為開始までの時間を縮め、医療を救急現場に直接運ぶことを目的とし、医師を乗せた救急隊が出動するシステム。わが国では大別して、ランデブー方式、ドッキング方式、ベア方式の3つがあげられる。
- \*3) ベア出動方式：ベア出動とは、市民からの通報に対し、患者の状態が重症であると判断された場合に、現場直近の救急隊(以下、直近隊)とドクターカーが同時出動を行い、先に現場到着(以下、現着)した隊が初期の救命処置(直近隊)或いは高度な救命治療(ドクターカー)を行うことである。救急車によって患者を医療施設に搬送し、その後初めて救急治療を行う従来の方式と違い、このシステムはドクターカー現着後即治療を行える。
- \*4) 自動出動システム：GPSによって管理された病院搬送後の救急隊の現在地を把握し、救急現場に一番近い救急隊に出動要請をする。
- \*5) 属性値：数値地図上に点・線・面・で表現される図形に対してそれぞれ埋め込まれた情報のことをいう。一般的には数値や文字列による情報が行列によって与えられる。
- \*6) 市内一律の速度：千葉市の救急医療における既往研究において、筆者らは救急出動に関するデータを基に、千葉市の救急出動における時間・距離を一般化することにより、千葉市内の救急出動における市内一律の速度として求めている。

### <引用文献>

- 1) 大内宏友・高倉朋文・横塚雅宜：「救急医療システムを施設配置の関係性に関する実証的研究―地域における医療施設と救急施設との複合化の適正配置に関する研究―」日本建築学会論文報告集第466号、pp87-94, 1994.
- 2) 大内宏友：「地域における医療施設と救急施設の適正配置について―船橋市のドクターカーシステムにおけるケーススタディ―」日本計画行政学会、計画行政第18巻第3号、pp61-72, 1995.
- 3) 山本晃大・金子明代・大内宏友：WebGIS, GPSを用いた救急医療の地域における広域にわたる複合利用システムに関する実証的研究―千葉市における救急施設と医療施設との複合化の適正配置について―、日本建築学会技術報告集第17号、2003, pp499-502.
- 4) 山本晃大・大内宏友「GIS・GPSを用いた救急医療システムと施設配置の関係性に関する実証的研究―千葉市における医療施設と救急施設との複合化の適正配置について―」第25回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp43-48, 2002.