

救急医療システムにおける地域空間情報を用いた施設の適正配置

日大生産工(学部) ○宇野 彰 (株)教育施設研究所 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重要なサービスとなっている。近年、高齢化社会が進み疾病構造の変化により救急出動件数は毎年増加している。総務省消防庁の「平成18年度版救急・救助の概要」によると搬送人員は10年間で324万7129人から平成18年までに488万6217人に増加しており、その内の45.1%を高齢者(65歳以上)が占めている。また救急出動件数の増加の影響により、相次ぐ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。このような現状に対して災害情報・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、国土交通計画及び、都市・地域計画の分野との関連による道路配置、施設配置の整備指針の基準となる圏域的な指標及び、計画手法の早急な提示が要請されている。

本研究では、GIS・GPSを用いて救急医療システムの有効性を圏域的に明示することによる施設の適正配置の指標の構築を目的としている。

これまで本研究においてドクターカーシステム*2の先進的事例として千葉県船橋市¹⁾におけるドクターカーペア出動システム*3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有効性を明示した。また千葉県千葉市²⁾³⁾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出動圏域の面積から明示した。

以上を踏まえ本稿では、救急医療業務の対象である市民にどのような救急医療システムで、地域の領域範囲ごとに、いかなる程度のサービスのサービスが供給されるかを明らかにし、GIS・GPSを用いた地理情報・地域空間データに着

目して圏域的に分析することで、人口分布にもとづいた救急医療サービスを受給可能と考えられる圏域内人口数を明かにする。これ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により検討可能な施設配置及び、道路配置整備計画等の圏域的な指標の提示を目的とする。

2. 研究・研究対象地域の概要

本稿はGIS・GPSを利用した救急医療システムを運用している千葉県千葉市(以下、千葉市)を対象地域とする。千葉市では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り、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の促進(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最も近い車両が現場に向かう自動出動システム*4による折返し出動を行っている。

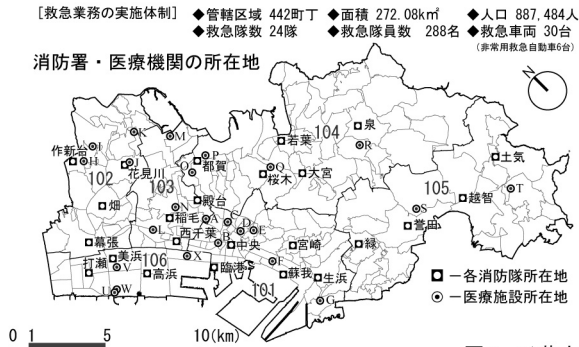
ここで千葉市における救急医療業務体制として市内の全24救急隊千葉県より救急告知の指定を受けている医療施設を図1に示す。

本稿では、千葉市消防局の協力により得られた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、要請現場区・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月の出動に関する全5649件を有効資料とする。

3. 地域空間情報にもと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を受けていることから、道路網を地域空間情報としてとらえ、道路網を考慮した



各区人口構成	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
人口数(人)	170,911	179,892	147,672	151,671	101,829	135,509
高齢者数(人)	27,988	22,135	18,907	21,335	10,884	11,259
高齢者率(%)	16.38	12.30	12.80	14.07	10.69	8.31

千葉県救急告示指定医療機関		
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: 石堀岡病院	O: 福住病院千葉	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

Study on Optimal Location Planing Using Regional Information
 in Emergency Medical System
 Akira UNO, Makito TAJIMA, Satoshi YAMADA, Hirotomoto OHUCHI

分析を行う必要がある。この分析を本稿ではGISソフト*5を用いて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*6として算出する。さらに救急出動による搬送者の約半数が高齢者(65歳以上)であることから受給可能な高齢者数は重要な要素と考えられることから受給可能な人口数に加えて受給可能な高齢者数も算出することとする。

なお、本稿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. 空間情報によるネットワークデータの指標の構成と作成手順

ここではGISソフトにおける地域の人口分布情報及び道路網の空間情報によるネットワークデータの構成と指標を提示し作成手順を可視化する。(図2)

- ① 数値地図上の町ごとの面積を算出し各町の情報に属性値*7として入力する。さらに総人口数・総高齢者数を各町の属性値として入力する。
- ② 入力された面積・総人口数・総高齢者数より、各町の人口密度・高齢者密度を算出し各町の情報に指標の属性値として入力する。
- ③ 市内の消防署(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 各消防署の所在地から要請現場(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)*8」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)算出された「市内一律の速度{0.43(km/min)}」を道路情報に指標の属性値として入力する。
- 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)」を道路情報に指標の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「時間(min)」を算出し、道路情報に指標の属性値として入力する。

以上の手順により、本稿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。なおネットワーク解析を行う際に、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。

3.3. ネットワーク解析による出動圏域の可視化及び、圏域内の受給可能な人口数と面積の算出

各救急隊の出動圏域の分析を行うため、現状での各救急隊の平均的な出動圏域及び、その圏域内でサービスを受給していると考えられる人口数を以下の手順によって算出する。

- ①数値地図上にプロットされた各救急隊それぞれの場合に対し、各救急隊の「平均出動時間(min)」における出動圏域をネットワーク解析により可視化する。
- ②出動圏域の面積を町毎に算出した値と各町の人口密度・高齢者密度より圏域内の受給可能な人口数・高齢者数を算出する。

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

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、消防署を基点とした出動可能な出動圏域及び、搬送先である救急告示医療機関を折返し出動の基点とした折返し出動による出動

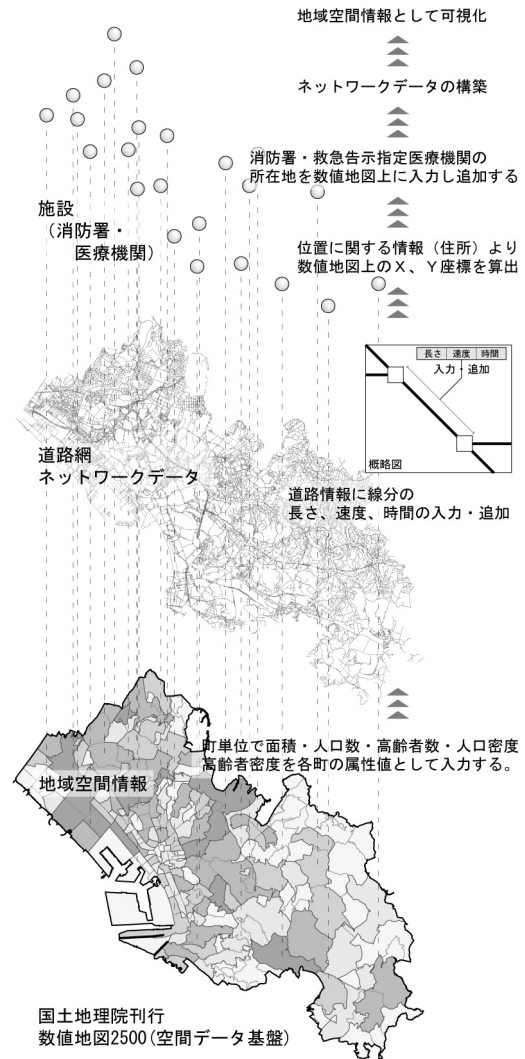


図2 ネットワークデータの構成と作成手順

表1 千葉市の救急隊における出動圏域内の受給人口数・面積

	全救急隊による出動圏域	千葉市の人口構成と面積
受給可能人口数(人)	853,706	総人口数…… 887,484人
受給可能人口率(%)	96.19	
受給可能高齢者数(人)	107,676	総高齢者数… 112,508人
受給可能高齢者率(%)	95.71	
面積(km ²)	217.26	総面積…… 278.08km ²
面積構成比(%)	78.13	

可能な出動圏域を圏域的指標とし、ネットワーク解析により可視化する。それぞれの出動圏域内の面積を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。

4.1. 救急隊の圏域的指標において受給可能な人口数及び面積

消防署からの出動圏域の面積の千葉市全体に対する割合は0-3(分)では約20.3%、0-5(分)では約49.5%であったのに対し、受給可能な人口率・高齢者率は共に0-3(分)では約35%、0-5(分)では約75%であった(表2)。これにより出動圏域の面積の割合に対して、実際の受給可能な人口数は多いことが分かる。

4.2. 折返し出動の圏域的指標において受給可能な人口数及び面積

折返し出動の圏域内の受給可能な人口率・高齢者率は市全体での割合は共に0-3(分)では約37%、0-5(分)では約66%であった(表3)。

5. 自動出動システムにおける出動圏域の類型化

救急医療システムにおける地域施設の施設配置計画及

び、道路配置計画の整備指針の指標を提示する。時間的指標を用いて可視化した消防署を基点とした出動圏域と、医療機関を基点とした折返し出動の圏域を重ね合わせることで作成する。そして各出動圏域の重なり方から圏域を3つの類型に分類し、類型毎の領域内の人口数・高齢者数を算出して、類型毎に分析を行なう。(図3、図4)

■タイプA：消防署及び、救急告示医療機関のどちらの地域施設からも出動要請を受けてから0-3(分)及び、0-5(分)以内での現場到着が可能な類型である。

このタイプの受給可能な市全体に対する人口率・高齢者率は共に0-3(分)では約17.5%、0-5(分)では約54.5%であった。

■タイプB：消防署若しくは、救急告示医療機関から出動要請を受けて0-3(分)及び、0-5(分)以内での現場到着が可能な類型である。

このタイプの受給可能な市全体に対する人口率・高齢者率は共に0-3(分)では約38%、0-5(分)では約32%であった。

■タイプC：本稿において定める救急医療システムにおける時間的指標の0-3(分)及び、0-5(分)以内での現場到着が困難な地域であると考えられる類型である。救急医療システムにおける施設配置計画及び、道路配置計画の早急な検討を要する地域であるといえる。

このタイプの受給不可能な市全体に対する人口率・高齢者率は共に0-3(分)では約44.5%、0-5(分)では13.5%であった。

また、内陸部の隣接する市町村の境界に多く分布していることから、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があると言える。

6. 地域の境界を越えた圏域的指標の考察

6.1. 地域の境界を越えた圏域的指標の可視化

前章の考察より、千葉市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、隣接する市町村(10市町村)における消防署で、千葉市に最も近い消防署(全11救急隊)を選出した。選出した消防署を位置に関する情報(住所など)より、数値地図上のX、Y座標を算出し、数値地図上にプロットする。市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、ネットワーク解析により図として可視化する。

6.2. 地域の境界を越えた圏域的指標の類型毎の領域における人口数及び面積

市外の消防署の出動圏域、市内の消防署を基点とした出動圏域、救急告示医療機関を基点とした折返し出動の圏域との重ね合わせにより、地域の境界を越えた圏域的指標を前章と同様に3つのタイプに類型化し、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。

■タイプA：このタイプの受給可能な市全体に対する人

口率・高齢者率は共に0-3(分)では約19.4%、0-5(分)では約66%であり、市内の救急隊のみで行った類型と比較すると、市境界のある各区で約1%~2%の受給可能な人口率・高齢者率の増加があった。また0-5(分)における受給率は約12%増大している。

これらの事から、地域外の救急医療活動の圏域的指標が地域内の救急医療活動の圏域的指標と重なり合っている確率は低いといえる。この事から救急医療システムの行政単位の枠組を取り扱うことで受給人口率を増加させることが出来るといえる。

■タイプB：このタイプの受給可能な市全体に対する人口率・高齢者率は共に0-3(分)では約39%、0-5(分)では約23.5%であった。市内の救急隊のみで行った類型と比較すると、特に習志野市、八千代市の消防署との連携により、より安全なタイプAの受給可能な人口率が増加した為、0-5(分)での受給可能な人口率・高齢者率が約8.5%減少した。

■タイプC：このタイプの受給不可能な市全体に対する人口率・高齢者率は共に0-3(分)では約41.5%、0-5(分)では約10%であった。市内の救急隊のみで行った類型の比較から、0-3(分)では約2%、0-5(分)では約3%の減少があり他市の消防署からの出動圏域の介入により領域内の受給不可能な人口率・高齢者率を減少させていることが分かる

7. まとめ(地域空間情報を用いた圏域的指標)

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) GISソフトにおいて空間データを用いたネットワーク解析を行うことにより、救急隊の出動範囲を道路網にもとづいたより詳細な出動圏域を可視化し、現状の救

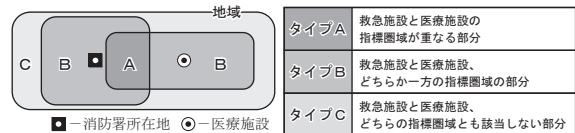


図3 指標的圏域の重ね合わせによる類型化の概念図

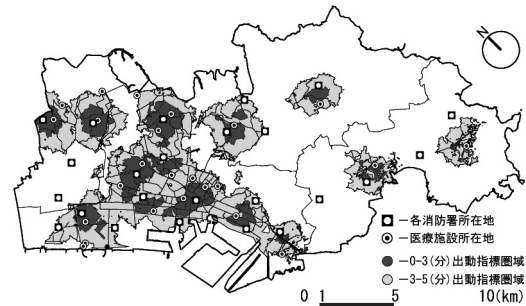


図4 圏域の重ね合わせによる類型化による領域(タイプA)

表2 消防署からの出動圏域内の受給可能な人口数・面積

区域	千葉市		中央区		花見川区		稲毛区		若葉区		緑区		美浜区		千葉市概要
	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	
時間的指標(分)	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	
受給可能人口数(人)	320,456	673,334	59,848	133,991	51,433	131,753	54,774	114,213	59,509	114,230	22,479	59,049	72,413	120,098	総人口数 887,484人
受給可能人口率(%)	36.11	75.87	6.74	15.10	5.80	14.85	6.17	12.87	6.71	12.87	2.53	6.65	8.16	13.53	総高齢者数 112,508人
受給可能高齢者数(人)	39,119	84,604	9,334	21,775	6,271	16,804	7,385	14,791	7,856	15,316	1,995	5,771	6,279	10,147	総面積 278.08km ²
受給可能高齢者率(%)	34.77	75.20	8.30	19.35	5.57	14.94	6.56	13.15	6.98	13.61	1.77	5.13	5.58	9.02	
面積(km ²)	56.47	137.62	11.22	26.39	9.5	22.53	6.52	14.71	14.16	33.65	7.42	25.03	7.64	15.2	
面積構成比(%)	20.31	49.49	4.03	9.49	3.42	8.10	2.34	5.29	5.09	12.10	2.67	9.00	2.75	5.47	

表3 折返し出動による出動圏域内の受給可能な人口数・面積

区域	千葉市		中央区		花見川区		稲毛区		若葉区		緑区		美浜区		千葉市全体
	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	
時間的指標(分)	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	0-3	0-5	
受給可能人口数(人)	331,111	585,997	85,104	131,211	47,261	82,318	89,282	140,758	34,221	86,001	15,988	38,478	59,256	107,231	総人口数 887,484人
受給可能人口率(%)	37.31	66.03	9.59	14.78	5.33	9.28	10.06	15.86	3.86	9.69	1.80	4.34	6.68	12.08	総高齢者数 112,508人
受給可能高齢者数(人)	42,087	73,797	14,201	21,357	5,897	10,598	11,378	17,984	3,972	10,806	1,529	4,023	5,109	9,028	総面積 278.08km ²
受給可能高齢者率(%)	37.41	65.59	12.62	18.98	5.24	9.42	10.11	15.98	3.53	9.60	1.36	3.58	4.54	8.02	
面積(km ²)	52.91	112.64	12.89	23.9	9.5	18.25	11.1	20.07	9.41	24.54	4.32	13.42	5.71	12.47	
面積構成比(%)	19.03	40.51	4.64	8.59	3.42	6.56	3.99	7.22	3.38	8.82	1.55	4.83	2.05	4.48	

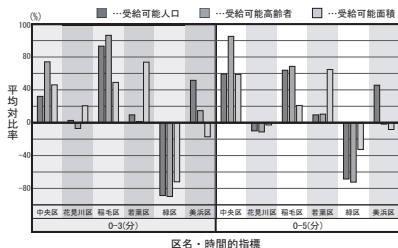


図5 タイプAにおける区毎の各平均値対比率

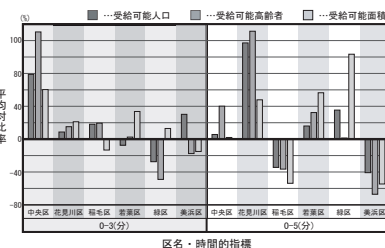


図6 タイプBにおける区毎の各平均値対比率

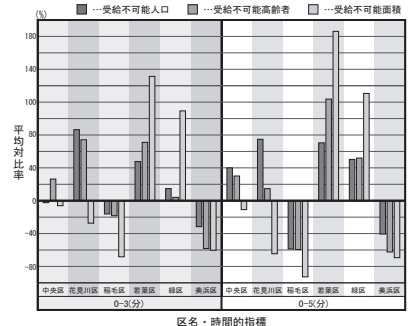


図7 タイプCにおける区毎の各平均値対比率

表4 自動出動システムにおける受給可能な人口率・面積比の全区平均値

指標	平均受給可能人口率(%)		平均受給可能高齢者率(%)		平均受給可能面積比(%)	
	0-3(分)	0-5(分)	0-3(分)	0-5(分)	0-3(分)	0-5(分)
タイプA	2.53	7.85	2.47	7.79	1.15	4.36
タイプB	5.46	4.60	5.42	4.56	3.36	4.20
タイプC	6.29	1.83	6.39	1.93	9.44	5.39

急医療サービスによって受給可能な人口数・高齢者数を算出し、具体的な数値としての出動分析を可能にした。
2) 救急医療業務における時間的指標を構築し、圏域的指標として可視化し、地域における救命率向上の施設配置計画の指標を構築した。

3) 圏域的手法を用いて、救急隊並びに救急医療情報システムによる折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、具体的な人口数として明示できた。

4) さらに、救急施設と医療施設のネットワークによる行政単位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、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できた。

5) その指標を用いて評価を行うため、得られた圏域的指標を複合的に重ね合わせるにより地域を3類型に分類した。各類型における圏域の広がり方と特徴を踏まえ各類型の受給人口数を算出し、新たな知見を得ることができた。

6) 行政単位(千葉市)外の救急施設との連携により、圏域的指標の再検討・類型化することにより、隣接する市町村に属する救急隊によって受給可能な人口数の変化を各類型ごとに分析できた。これにより行政単位を越えた新たな知見を得ることができた。

以下に、本稿において得られた各区の圏域的・数値的な指標を用いた成果より特徴的なものを整理する。

[中央区]: 総人口数も多く、市内で最も高齢化が進んでいる中央区では、救急隊・医療機関も共に比較的には密に配置されている。しかし0-3(分)の消防署からの出動圏域内の受給可能高齢者率は、区内においては約35%に留まっており、これは市全体の受給率とほぼ同等であり、市全体での割合も約8.3%(表2)である。受給率からみると全体の水準とほぼ同程度であり、非受給人口数が多い地域でもありと考えられる。

[花見川区]: 花見川区は総人口数が最も多いにも関わらず、特に消防署から3分以内に救急医療サービスの受給率が5.8%(表2)と低く、折返し出動による効果もあまり見込まれない地域(表3)であると考えられる。しかし、隣接する市町村の救急隊とのネットワークの強化による受給人口数の増加が考えられる地域でもある。

[稲毛区]: 救急隊・医療機関も共に多く点在している稲毛区は、受給率が最も高い地域であると考えられ、特に折返し出動による圏域内の受給可能な人口率・高齢者率は共に0-5(分)で約95%以上であり、救急医療サービスの効果が高い地域であると考えられる。

[若葉区]: 若葉区は高齢者率が高いにも関わらず、受給可能人口率より受給可能高齢者率が0-3(分)では約3%、0-5(分)では約5%下がっており。また、受給不可能な人口率・高齢者率は0-3(分)でそれぞれ約58%・約50%である。地域の人口構成に配慮した施設や道路の配置計画の必要性があると考えられる。

[緑区]: 市内の水準と比べても区内においても全体的に受給率が低く、受給可能な人口率・高齢者率が共に0-3(分)では約2.5%、0-5(分)では約22%と低く、この地域は救急医療施設が極端に不足していると考えられ、早急な対策が必要な地域であると言える。

[美浜区]: 稲毛区と同様に受給率が高く、特に消防署からの出動による0-5(分)での出動圏域によって約90%の人口が受給可能であ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り市内で最も救急医療サービスが行き渡っている地域であると考えられる。

以上、本稿において、GISソフトにより空間データを用いたネットワーク解析を行い、各出動圏域を可視化することができ、人口分布等の地域情報により数値的な指標を算出した。さらに、この表4の平均値を基準として、各区の救急医療サービスの受給状態を評価・比較が可能で平均対比受給率として明示した。また、地域の境界を越えた出動圏域に関しても同様の手法を用いて平均対比受給率を示した。これにより救急医療システムにおける現状を圏域的分析手法により明らかにし、行政単位を越えた領域を視野に入れ、国土計画及び、都市・地域計画における整備すべき圏域の設定と、それらを担う行政機関の、施設・道路配置の整備計画策定上の有用な分析・評価方法を提示できたといえる。

<参考文献>

- 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, 1994, pp87-94
- 2) 山本寛大・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
- 3) 山本寛大・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, 2002, pp43-48
- 4) 田島誠・菊池秀和・大内宏友:「救急医療システムにおける地域空間情報を用いた施設配置の適正配置について—GIS・GPSを用いた人口分布にもとづく圏域的指標の構築—」日本建築学会計画系論文集, 第73巻, 第631号, 2008, pp1929-1937

<注釈>

- *1) GPS (汎地球測位システム): GPSとはGlobal Positioning Systemの略である。最も新しい人口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) ドクターカーベア出動システム: 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、その後初めて救命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) GISソフト: 本稿では、ESRIジャパン株式会社ArcGIS Desktop製品のArcViewバージョン9を利用して分析をしている。
- *6) 受給可能な人口数: 救急医療業務におけるサービスを受給することが出来ると考えられる出動圏域内の住民の総数。
- *7) 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。
- *8) 出動時間: 救急出動の記録より得られる、覚知時分から現着時分までの所要時間である。また搬送時間とは現着時分から到着時分までの所要時間である。