

救急医療システムにおけるドクターカーのペア出勤方式による実態圏域の可視化について

○島崎 翔*1 小島 俊希*1
木村 敏浩*2 大内 宏友*3

キーワード：救急医療 WebGIS ドクターカー ドクターヘリ 実態圏域

1. はじめに

我が国における救急医療業務は、我々の生命身体の安全を守る上で重要なサービスとして日常生活に深く浸透している。昨今の社会不安や少子高齢社会の更なる進行に伴う疾病構造の変化等により、救急出動件数は増加の一途を辿っている。総務省消防庁「平成26年度版 救急救助の現状」によると、救急出動件数は年々増加傾向にあり、これに伴う救急車両の覚知から現場到着及び病院収容までの時間の遅れが顕著である。

この現状に対して、各自治体ではWebGIS・GPS*1)*2)などの搬送の効率を高める救急医療情報システムの導入や早期の初期治療開始が可能なドクターカーシステム*3)の導入を進めている。ドクターカーシステムは、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である。特徴として、ドクターヘリ*4)のように場外離着陸場を必要としないため、ドクターカーと救急車両とが最短距離で連携することが可能である。救急搬送における病院及び消防署から現場への出勤方式は、おおまかにペア出勤方式*5)、ランデブー方式*6)、ドッキング方式*7)の3方式で運用されている。なかでも、ペア出勤方式は電話による通報での症状による判断から、現場直近の救急隊の出動と同時に、ドクターカーステーションのドクターカーが出動する方式であり、治療開始が最も早く行うことが可能であるといえる。ドクターカーの先進事例である船橋市では、ドクターカーと救急車両とのペア出勤方式を用いて連携しており、より早い初期治療開始が可能な方式で運用している。

本研究は、圏域的な分析をすることで、千葉県船橋市の救急医療業務の実態を明らかにしドクターカーステーションと消防署との適正配置について分析・考察する。

2. 既往発表論文

ドクターカーシステムの先進的事例として千葉県船橋市におけるドクターカーペア出勤システムの現状を明らかにし^[2]、救急と医療との地域施設における複合化による有効性を明示した。本稿では、この成果に基づくものであり、新たにドクターカーペア出勤方式における算出方法の精査による医療実態圏域を作成している。

また、本研究における既発表論文は以下の通りである。

千葉県千葉市における救急出動に関するデータをもとに救急医療業務の現状を分析し^[3]、救急医療情報システムによる有効性を出勤圏域の面積から明らかにした。

ドクターヘリに関連して、日本におけるドクターヘリ事業が模範としているミュンヘンモデル*8)を基に、日本医科大学千葉北総病院(以下、北総病院)を中心とした50km圏内のランデブーポイント*9)(以下、RP)におけるドクターヘリと救急車両の連携による実態圏域の可視化^[4]を行った。

さらに滋賀県を事例にドクターヘリの運用効果を時間的指標と人口から可視化し^[6]、現場毎の要請判断に関わる資料の提示と、RP及び基地病院の配置計画の定量的な検討結果を提示した。

そこで本稿では、命を守る生命環境モデルの構築に向け、北総病院及び船橋市消防局の協力によって得られた実際の出勤記録を基に医療実態圏域を可視化することで、船橋市におけるペア出勤方式によるドクターカー及びドクターヘリと地域との連携による実態圏域の分析することで施設適正配置のガイドラインの策定に向けた基礎資料を提示することを目的とする。

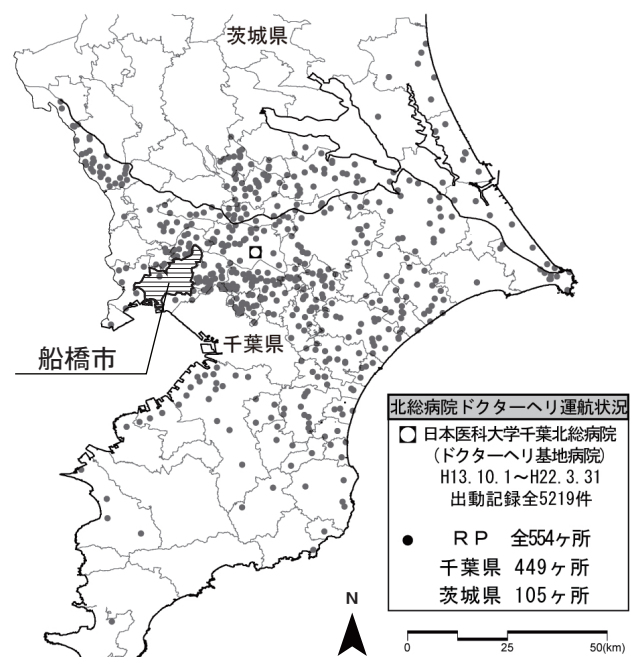


図1 研究対象地域(ドクターヘリ飛行範囲)

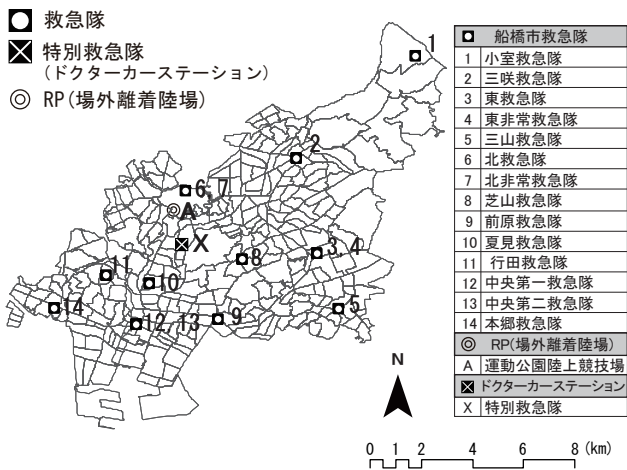


図2 研究対象地域

3. 研究対象地域

北総病院は 2001 年 10 月 1 日からドクターヘリの運航を開始し、千葉県のみならず茨城県と協定を結び同県の南部地域までを飛行範囲としている。また千葉県船橋市（以下、船橋市）は 2007 年 4 月 1 日より WebGIS・GPS を利用した救急医療システムを運用している。本論では、北総病院及び船橋市消防局の出動記録^{*10)}より得られた救急出動の範囲を研究対象地域とする(図1)(図2)。

出動圏域 - 現場救急隊長からの要請

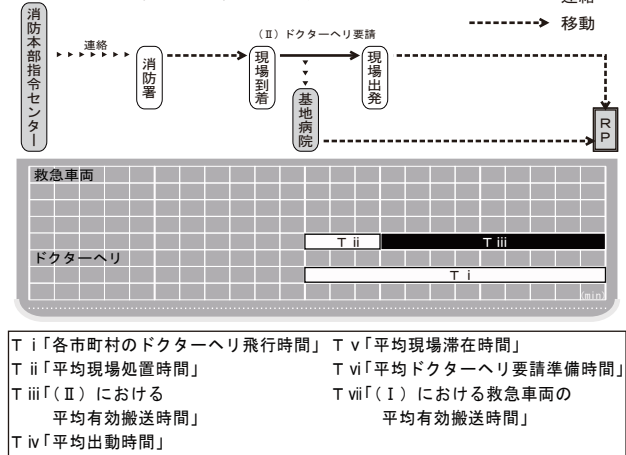


図3 出動におけるドクターヘリと救急車両の時間的指標

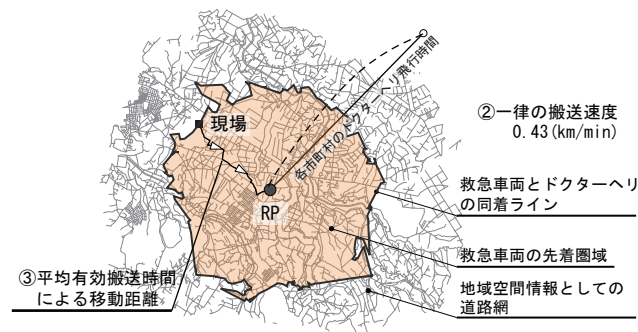


図4 圏域可視化の概略

4. ドクターヘリの出動形式

現場救急隊長からの要請による出動方式。(図3)

消防本部指令センターが覚知後救急隊へ出動要請し、救急隊長が現場で傷病者を観察した後に、ドクターヘリの必要性を判断する場合。

ランデブー方式では、覚知した消防隊が救急車両で現場へ向かい患者を乗せ、救急現場から直近のRPへ向かう。一方、基地病院で待機しているドクターヘリは消防機関からの出動要請とともにRPに向かって出動し、RPにおいてドクターヘリと救急車両がランデブーする。その際、救急車両がドクターヘリ到着前にRPに到着し、ドクターヘリが安全に着陸可能な場所を確保することで、より円滑な患者の受け渡しが可能となる。

5. 地域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

ArcGIS を用いたネットワークデータの作成手順について示す(図4)。

- ①出動記録より、ランデブー方式を採用した出動で使用されたRPの座標を求め、数値地図上にプロットする。
- ②既往学術論文にて算出した救急車両の「一律の搬送速度 0.43(km/min)」を数値地図の道路情報に属性値として入力する。
- ③出動記録よりT iii、の時間を算出し、RPを中心としてドクターヘリが到着するまでに救急車両が移動できる時間を属性値として入力する。
- ④数値地図に記録された道路情報の線分上の地点を属性の時間に通過できる「距離(m)」を算出し、数値地図の道路情報に属性値として入力する。上記手順を実行することによりRP1ヶ所における圏域を可視化し、さらに出動形式ごとの出動に用いた全RPで実行した上で結果を数値地図上に可視化し、それぞれ重ね合わせる(図5)。

6. ドクターカー・ドクターヘリと救急隊との連携の出動方式について

航空施行法の改正を受け、今後さらにドクターヘリ運用の可能性が広がったことから、地域の実状に則した救急医療システムの構築が望まれる。

実際の出動記録より、圏域が空白となっている地域、RPが少ない地域の分析を行うことで、RPや救急医療施設等の配置計画の更なる指針を提示することができると考える。特に地域の防災、減災について、救急医療システムにおけるドクターカー・ドクターヘリと救急車両、地域コミュニティとの連携を考慮した検討を行い、各々の利点を活かした機能的補完の可能性について分析を行う必要がある。

そこで本稿では、北総病院の出動記録に基づいた圏域の可視化では圏域が空白となっており、かつドクターカーが

配備されている千葉県船橋市の医療実態圏域を可視化することで、より詳細な地域の施設適正配置のガイドラインとなり得る指標を提示する。

7. ドクターカーのペア出動方式を用いた圏域の可視化

一刻も早い現場到着及び初期治療が必要とされる救急医療業務において、ミュンヘンモデルを基に事故発生から初期治療開始までの時間的指標として0-15分と定める。

船橋市ではドクターカー1台が市全体を管轄としているため、出動要請のガイドラインが整備されていないのが現状である(図6)。

出動記録によれば、ドクターカーと救急隊とがペア出動方式を用いて連携しており、より早期の初期治療開始を目指している。そこでドクターカー出動要請のガイドラインとして、ペア出動方式を用いてドクターカー及び救急隊が15分間移動可能な圏域「ドクターカーの医療実態圏域」をネットワーク解析より可視化する。

また、0-15分移動可能な圏域を可視化した上で、より短時間で医師と患者が接触できる圏域として、ペア出動方式を用いて10分移動可能な圏域を可視化し、それぞれの広がりについて考察する。

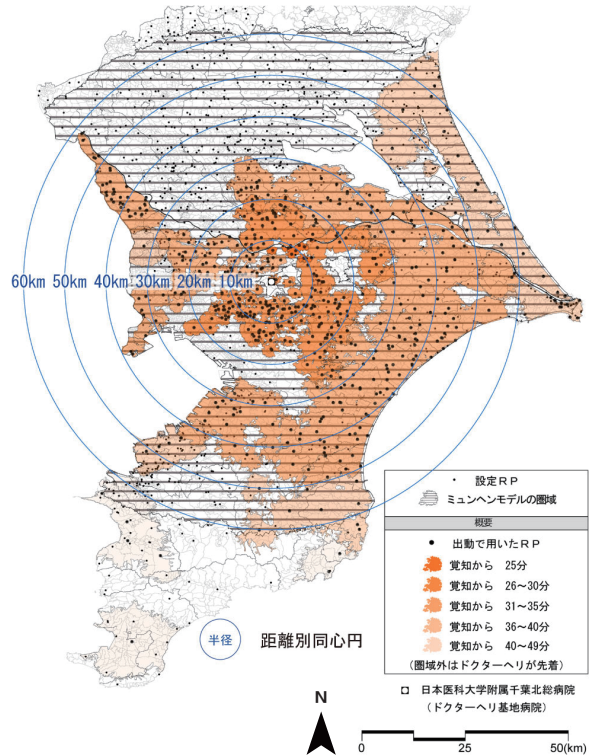


図5 出動形式Ⅱにおける圏域

8. ArcGIS を用いた実態圏域の算出方法について(図7)

- ① 既往研究 [2] より算出された船橋市における市内一律の搬送速度(0.23km/min)を用いて、数値地図上にプロットされたドクターカーステーションから15分間で移動可能な圏域を可視化し、ドクターカーの医療圏域とする。
- ② 救急隊の位置を数値地図上にプロットし、ドクターカーステーションから救急隊への最短ルートを算出する。
- ③ ②における、ドクターカーの15分間移動可能圏域の極限值との交点を〔P〕と設定する。
- ④ Pから救急隊までの距離を算出し、〔Xkm〕とする。
- ⑤ 救急隊からドクターカーステーションへ方向を正の方向と仮定し、救急隊が負の方向へ移動したのちにPへ到達する時間が15分かつ、Pから最も遠い地点に位置する救急現場を〔Q〕、救急隊からQまでの距離を〔Ykm〕と設定する。

以上の手順により、救急隊が出動してから、救急現場Qを経由しPへ到達するまでの距離を $X+2Y$ より求めることができ、 $3.45\text{km} = X+2Y$ を満たす領域を有効な医療圏域として、分析を行う。

9. 実態圏域の考察

9-1. 0-15分圏域について(図8)(図9)(表1)

ドクターカーが単独出動した場合の実態圏域はドクターカーステーションとなる特別救急隊を中心に市内中央部に及んでいる。しかしながら初期治療開始時間の指標である0-15分外の圏域が特に市内東部、北東部に及んで

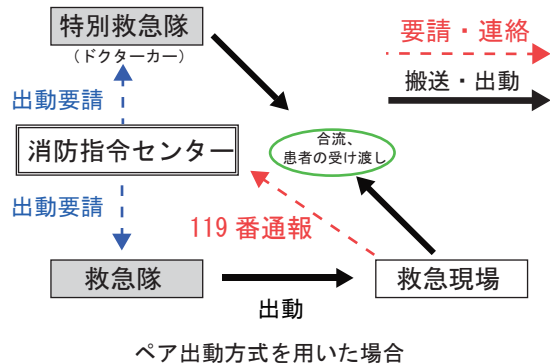
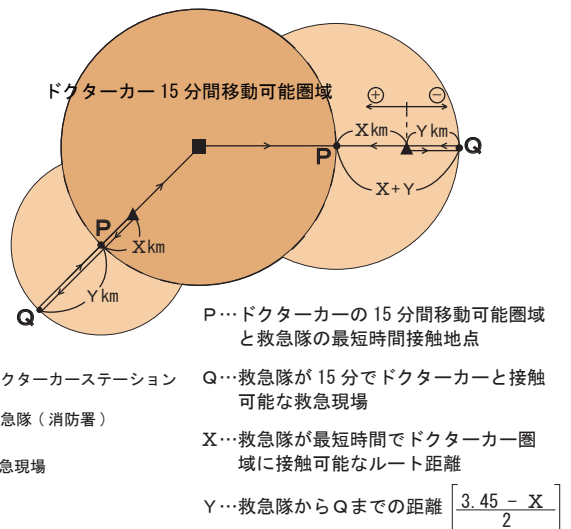


図6 船橋市におけるペア出動方式の概要



※ 3.45kmの値とは船橋市内の一律搬送速度 [0.23 キロメートル毎分] に、本研究における時間的指標である15分を掛けた値

図7 実態圏域の分析手法の概念図(15分間)

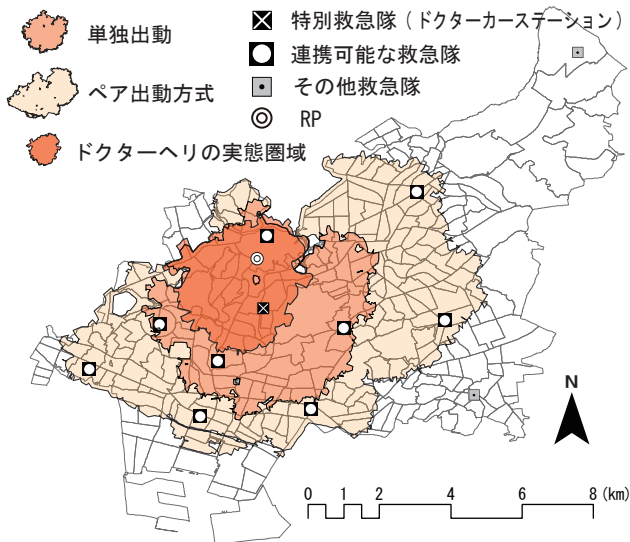


図8 15分間移動可能な実態圏域

表1 救急出動における実態圏域 (15分間)

救急隊	カーステーションからの距離 (km)	圏域面積 (km ²)	受給面積率 (%)	受給可能人口数 (人)
X 特別救急隊		19.89	23.23	136,682
2 三咲救急隊	5.36	28.50	33.28	196,137
3 東救急隊	5.59	29.53	34.48	231,069
6 北救急隊	2.37	20.90	24.40	140,224
8 芝山救急隊	2.98	20.97	24.49	148,809
9 前原救急隊	3.70	23.09	26.96	175,365
10 夏見救急隊	2.26	21.31	24.88	154,527
11 行田救急隊	3.34	22.37	26.12	155,547
12,13 中央救急隊	4.17	24.67	28.81	198,553
14 本郷救急隊	5.54	27.17	31.73	208,777
全救急隊		48.26	56.35	405,595
ドクターヘリ		8.20	9.57	52,177
船橋市全体		85.64	100.00	623,240

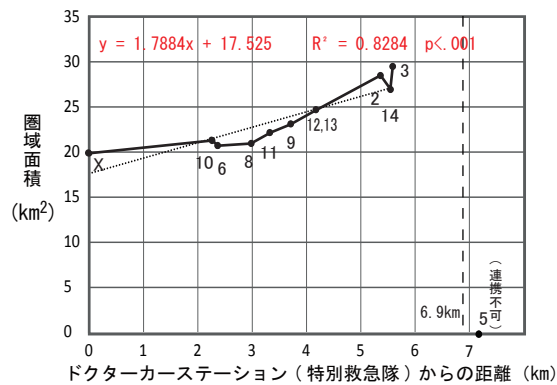


図9 ドクターカーステーションからの救急隊所の距離と圏域面積 (15分間)

いる。

ペア出動方式を用いた場合、ドクターカーの実態圏域は単独出動の場合と比較して広範囲に及び、市内西部、東部まで広がっている。しかし単独出動の場合と同様に市内北東部には圏域外の領域が広がっている。圏域面積は、単独出動の場合は 19.89km² に対しペア出動方式を用いた場合は 48.26km² と、約 2.5 倍まで広がっている。

ドクターカーステーションに近い救急隊との連携ほど実態圏域は狭くなり、遠い救急隊ほど広がるが、救急隊のドクターカーステーションからの距離をしてみると、夏見救急隊が 2.26km で最も近いが、圏域面積は北救急隊が最も狭い。これは船橋市の形状や道路網の形状が関係して

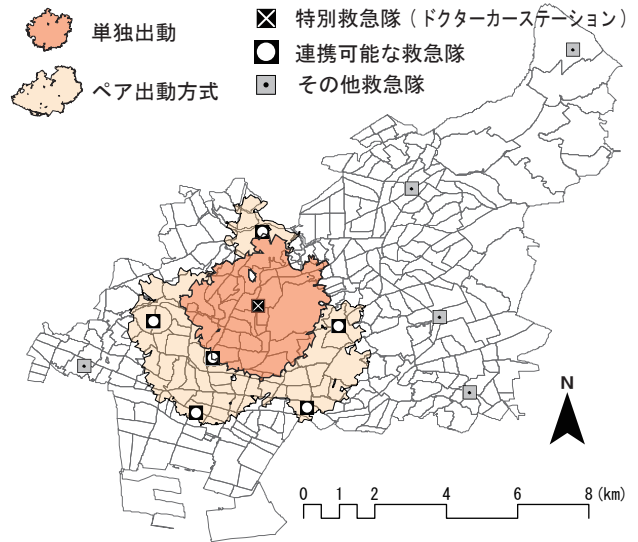


図10 10分間移動可能な実態圏域

表2 救急出動における実態圏域 (10分間)

救急隊	カーステーションからの距離 (km)	圏域面積 (km ²)	受給面積率 (%)	受給可能人口数 (人)
X 特別救急隊		8.52	9.95	51,204
6 北救急隊	2.37	9.76	11.40	60,326
8 芝山救急隊	2.98	10.22	11.93	57,137
9 前原救急隊	3.70	12.44	14.53	74,711
10 夏見救急隊	2.26	9.69	11.31	67,947
11 行田救急隊	3.34	11.26	13.15	75,705
12,13 中央救急隊	4.17	13.56	15.83	113,116
全救急隊		20.56	24.01	161,271
船橋市全体		85.64	100.00	623,240

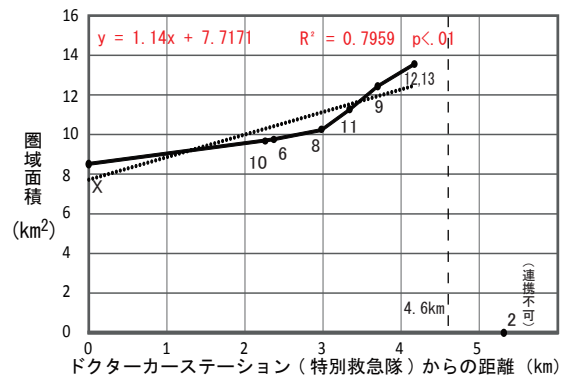


図11 ドクターカーステーションからの救急隊所の距離と圏域面積 (10分間)

いと考えられる。

ドクターカーステーションからの距離が最も遠いのは東救急隊で、ペア出動方式を用いた圏域面積も最も広いことがわかる。

施設間距離から小室救急隊と三山救急隊とは連携が取ることができないため市内北部に圏域は及んではいない。

また、ペア出動方式の人口受給数は単独出動と比べ、約 3 倍となる。

ドクターヘリの実態圏域はドクターカーの単独出動に対して狭く、重複しており、受給人口数も少ない。これは船橋市におけるドクターヘリの出動記録が 1 例のみであるためと考えられる。

9-2. 0-10分圏域について (図10)(図11)(表2)

ドクターカーが単独出動した場合の実態圏域は 0-15 分

圏域と同様に市内中央部に及んでいるが、移動時間が短い
ため0-15分と比較して狭い領域が広がっている。

ペア出動方式を用いた場合のドクターカーの実態圏域
は、ドクターカー単独出動の場合と比較して広範囲に及
んでいるが、0-15分圏域とは異なり三咲救急隊、東救急隊、
本郷救急隊とは連携できないため圏域は狭くなっている。

圏域面積は単独出動 8.52 k m²、ペア出動方式 20.56 k
m²と約2.5倍まで広がっている。

また、ペア出動方式の人口受給数は単独出動と比べ、
約2.5倍となる。

9-3. 出動時間の圏域比較

ペア出動を用いた15分間の圏域と10分間の圏域の比
較により、ペア出動方式は5分間の時間差において圏域
面積と受給人口数に倍以上の広がりがあることがわかる。
圏域の広がりによって連携する救急隊は3ヶ所増える。

ドクターカーステーションから各救急隊までの距離と
実態圏域の面積には高い正の相関が認められた。相関係
数として15分間の出動圏域 (R=0.8284, P<0.01)、10分
間出動圏域 (R=0.7959, P<0.1) 共に高い相関関係があ
ることがわかる。

10. まとめ

出動記録を基に、ドクターヘリの医療実態圏域が空白
となっている千葉県船橋市のドクターカーペア出動を用
いた圏域を可視化することで救急医療の実態における圏
域の広がりを確認することができた。

また、ドクターカーステーションから各救急隊までの
距離、面積、受給人口数についての考察を行うことで、
ペア出動における連携が困難な地域を把握することがで
きた。これらにより今後、新規での救急隊・ドクターカー
ステーションの配置をする際に適正な施設距離間の配置
検討が可能に有効であるものとする。

以上により、国土交通計画及び、地域計画における地
域空間情報に基づいた圏域的な分析をすることで、救急
医療システムにおける施設適正配置のガイドラインの策
定に向けた基礎資料を提示した。

今後の方針として、本稿で得られた成果を基に搬送患
者の症状別に対応した有効な医療の実態圏域を作成し、
ドクターカーのペア出動と病院施設との連携を視野に入
れた検討を行う予定である。

【謝辞】

本研究に際し、船橋市消防局局長山崎喜一氏をはじめ、ご協力を
頂きました日本医科大学千葉北総病院救命救急センターの方々へ心
から御礼を申し上げます。

【注釈】

*1) WebGIS:GIS (Geographic Information System) の基本技術とした
Web の技術を利用したシステム。LAN などのネットワークを用
いることにより、GIS を利用・情報を共有する場合に用いら
れている。現在では、各自治体や一般企業で用いられている。

*2) GPS:Global Positioning System の略称。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。

*3) ドクターカーシステム：救命率向上のために医師を救急現場に
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。

*4) ドクターヘリ：救急医療用の医療機器等を装備したヘリコプ
ターであり、救急医療の専門医と看護師が同乗し救急現場等
に向かい、現場等から医療機関に搬送するまでの間に救命医療
を行うことができる。

*5) ペア出動方式：電話による通報での症状により、現場直近の消
防署から救急隊の出動と同時に、ドクターカーが出動する方式。

*6) ランデブー方式：先に出動した救急隊の現場からの無線による
要請を受けて、ほかの救急隊が病院を経由して、医師を連れて
現場に向かう方式。

*7) ドッキング方式：先に出動した救急隊からの要請により、ドク
ターカーがその搬送途中へ出向いていく方式。

*8) ミューヘンモデル：ドイツにおいて確立されている、病院で患
者を待つのではなく、現場で救急治療を行うというヘリコプター
救急の基本理念。ドクターヘリが病院に待機し、要請から2分
以内に医師と看護師を載せて離陸し現場に向かう。飛行範囲は
半径50km以内とし、15分以内に患者のもとへ到着する。

*9) ランデブーポイント：救急隊とドクターヘリが合流する緊急離
着陸場。公共の運動場、公園や小中学校の校庭など事前に設定
されている。

*10) 出動記録：本稿では、船橋市消防局の協力により得られた平
成21年1月1日～12月31日の出動に関する全27087件を扱っ
ている。さらに、日本医科大学付属千葉北総病院の協力により
得られた船橋市における平成13年10月1日～平成22年3月31
日の救急出動に関する記録として1件を扱っている。

【既往学術論文】

- [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，pp87-94，1994.12
- [2] 岡田昂・手島優・宇野彰・大内宏友：「救急医療システムにお
けるドクターヘリと地域の連携による医療圏域の構築（ドク
ターヘリと救急車両との連携による有効圏域について）」第34回情
報・システム・利用・技術シンポジウム，pp115-120，2011.12
- [3] 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，pp1929-1937，2008
- [4] 牧野内信・宇野彰・大内宏友：「救急医療システムにおけるドク
ターヘリと救急車両との連携による実態圏域に関する実証的研究」
日本建築学会計画系論文集，第80巻，第711号 pp1159-1168，
2015.5
- [5] 牧野内信・手島優・木村敏浩・大内宏友：「防災・救急医療シ
ステムにおけるドクターヘリと救急車両との連携による医療圏域
の構築に関する実証的研究，第36回情報・システム・利用・技
術シンポジウム，R20，2013.12
- [6] 山田悟史・吉川優矢・大山智基・大内宏友・及川 清昭：「ドク
ターヘリ運用効果の可視化と関連施設の配置計画に関する研究（医
療行為開始までの短縮時間と救命率の向上率及び人口を用いた
検証）」日本建築学会計画系論文集 第78巻，第680号，
pp2163-2173 2013.10
- [7] 島崎 翔・大平 晃司・木村 敏浩・大内 宏友：「道路網形態のフ
ラクタル次元と救急搬送に基づく実態圏域との相関」日本建築
学会技術報告集 第21巻，第49号，pp1301-1306，2015.10

*1 日本大学大学院生産工学研究科建築工学専攻博士前期課程

*2 株式会社梓設計

*3 日本大学大学院生産工学研究科建築工学専攻 教授・工博

VISUALIZATION OF THE EXISTING AREA BY DOCTOR CAR OF USING THE PAIR DISPATCH METHOD OF THE EMERGENCY MEDICAL SERVICE

○Sho Shimazaki*1 Shunki Kojima*1
Toshihiro Kimura*2 Hirotomo Ohuchi*3

Keyword : Emergency medical service, WebGIS, Doctor car, Air ambulance, Existing area

The aim of this paper is to visualize the current area serviced by emergency medical providers using actual dispatch records obtained from Chiba Hokusoh Hospital and Funabashi City Fire Department to construct a life environment model to protect human health and well being. The visualization of the existing service area performed in cooperation with regional doctor cars and air ambulances within the pair spending scheme in Funabashi, Chiba, Japan, presents basic data that can be analyzed to create guidelines for the optimal location of medical facilities.

Additional guidelines can be generated for arrangement plans, such as for RP and emergency medical facilities, by performing an analysis from actual dispatch records of an area that has less RP and a lacunose sphere of service. The creation of such guidelines will prove especially useful for disaster prevention and reduction. A study that takes into account the collaboration of doctor cars, air ambulances, and emergency vehicles in the emergency medical system within a community will result in an analysis of functional complements that applies the merit of each complement. Network analysis is used to visualize the movable sphere that is serviceable by a doctor car and emergency services during a 15-minute time period using a pair dispatch system and to validate a guideline of the doctor car dispatch system, “Medical Actual Sphere of Doctor Car.” The sphere that is reachable by a doctor and patient within a shorter time period is also discussed, using a sphere that is movable during a 10-minute time period using a pair dispatch system.

The area of the actual sphere of the 0 to 15-minute time period using a pair dispatch method is 48.26 km², which is about 2.5 times larger than the case using single dispatch, which is 19.89 km². Moreover, the population serviced by the pairs dispatch system is approximately triple that of the single dispatch system. The area of the actual sphere of an air ambulance is 8.2 km², which is smaller than a single dispatch of a doctor car.

The area of the actual sphere of the 0 to 10minute time period using a pair dispatch method is 20.56 km², which is about 2.5 times larger than the case using single dispatch, which is 8.52 km². The population serviced by the pairs dispatch system is about 2.5 times larger than that of the single dispatch system.

Comparing the actual sphere of the pair dispatch from the 0 to 15-minute period with a sphere of 48.26 km² to the 0 to 10-minute period with a sphere of 20.56 km², it is found that although the time difference is only 5 minutes, the actual sphere observed more than doubles. The limited distances that doctor car stations and emergency services can collaborate between the facilities include the Higashi emergency squad with 5.59 km in 0-15 minutes and Chuo emergency squad with 4.17 km in 0-10 minutes. It is evident that the closer to the limited distance, the actual sphere is widened.

Thus, based on dispatch records, the sphere serviced by a doctor car in the pairs dispatch system of Funabashi, Chiba, is visualized and the distances between facilities and the areas serviced are discussed. As a result, basic data is created that can be the basis of guidelines for the optimal location of facilities within the emergency medical system.

*1 Graduate Student, Graduate School of Industrial Technology, Nihon Univ.

*2 M.Eng.,Azusa Sekkei Co., Ltd.

*3 Prof.,Dr.Eng.,Dept of Architecture Graduate School of Industrial Technology,Nihon Univ.