

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 有効な医療圏域の可視化について

日大生産工（学部） ○島崎 翔
日大生産工（院） 牧野内 信
日大生産工 大内 宏友

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。「平成23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。

このような現状に対して、各自治体ではWebGIS・GPS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、医師と看護師がヘリコプターに同乗し患者の元へ向かい、早期の初期治療開始が可能なドクターヘリ^{*1)}の導入を進めている。このドクターヘリは、地上搬送での問題解決策として、正式な搬送手段に位置づけられ、平成25年5月には全国35ヶ所41機の運航で、全国的なドクターヘリネットワークが形成され始めている。

これらを踏まえドクターヘリ事業は、救急医療業務における先進的システムと都市・地域計画及び国土交通計画との連動による、救急医療業務の整備指針の指標及び都市・地域計画手法論の早急な提示が求められている。

2. 既往研究概要

救急医療の関連研究としては、建築計画において中山らは、救急医療施設の運営方法と患者構成との関係を調査する事により、救急患者の属性と受け入れる施設の運営方法との間の問題点を考察し救急施設計画の基礎資料としての成果を得ている。ⁱ⁾

筆者らはこれまで、ドクターヘリの導入が急がれている一方で、それらの効果と配置に関してドイツと日本におけるドクターヘリの運用とドクターヘリの配備を進める際のランデブーポイント^{*4)}（以下、RP）について明らかにし、千葉県千葉市におけるドクターヘリ出動における有効なガイドラインを作成した。さらに筆者らは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^{*5)}」を用いて、日

本医科大学千葉北総病院（以下、北総病院）を中心とした千葉県におけるドクターヘリと救急車両の連携による有効圏域の可視化を行った。^[4] (2010)

以上の既往研究の成果をもとに、ドクターヘリの出動記録^{*6)}を用いて、ドクターヘリ出動の現状により近い出動の圏域を可視化し、北総病院から同心円で分けけた距離ごとの特性についての各市町村ごとの人口密度、RP数を比較し、分析することで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有効な医療圏域を構築するためのガイドラインとなる基礎資料を作成する。

3. 研究対象地域

北総病院は2001年10月1日に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。本稿では、北総病院の出動記録より得られた飛行範囲を研究対象地域とする。（図1）

出動記録としてドクターヘリの運航を開始した2001年10月1日～2010年3月31日までのドクターヘリの出動に関する記録全5219件を扱う。

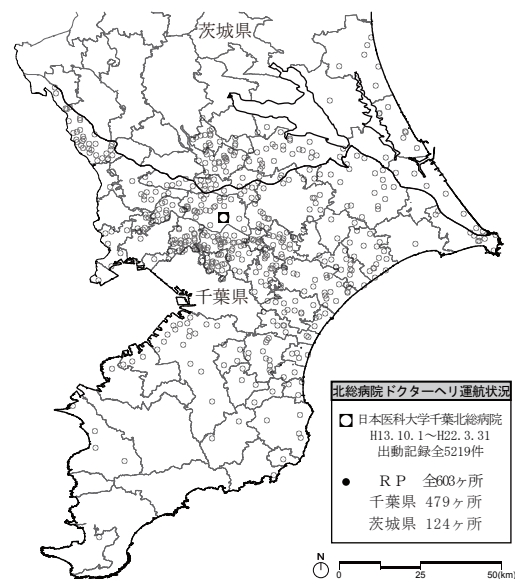


図1 研究対象地域

Study on Visualization of the effective medical sphere by collaboration of
emergency vehicles and air ambulance for the emergency medical system

Sho Simazaki, Makoto Makinouchi and Hirotomo Ohuchi

4. 研究対象地域におけるドクターヘリの出動形式

RPにおける医師と患者の早期接触が、初期治療の開始を早め、救命率の向上に繋がることから、ドクターヘリ出動において欠かすことの出来ない救急車両とのランデブー方式は、出動形式(I)(II)を採用している。

(I) 消防本部指令センターからの要請

通信指令担当者が覚知内容からドクターヘリの必要性を判断する場合

(II) 現場救急隊長からの要請

救急隊長が現場で傷病者を観察し、ドクターヘリの必要性を判断する場合

本稿では、ドクターヘリの出動において最も多い出動形式(II)現場救急隊長からの要請に着目する。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。(図2)

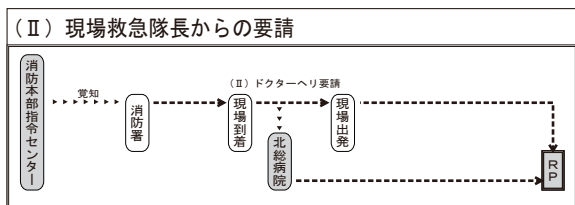


図2 ドクターヘリ出動形式

5. 分析手法と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(図3)

救急車両は地理的条件や道路網による影響や制約を大きく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る。その分析をArcGIS*7)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う。

なお、本研究では国土地理院刊行の『数値地図25000(空間データ基盤)』を用いる。(図3)

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既往研究で算出した救急車両の「一律の搬送速度(m/min)」を数値地図の道路情報に属性値*8)として入力する。

③出動記録より現場救急隊長要請の平均有効搬

送時間、消防本部指令センターの救急車両の平均有効搬送時間を算出し、「平均有効搬送時間(min)」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。

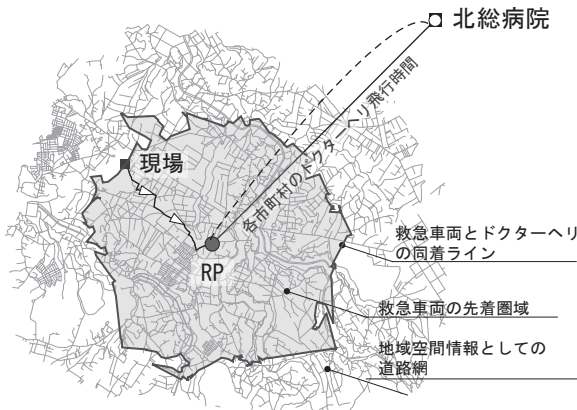


図3 ドクターヘリと救急車両のランデブー圏域算出の概略

6. 地域特性における有効圏域の分析

1) 覚地～RP到着における距離別による圏域比較(図6)

北総病院から等距離の他地域において覚知から到着・着陸までの時間に差が生じていることがわかる。

流山市、鎌ヶ谷市などの千葉県北西部は等距離の他地域と比較して、ドクターヘリの到着が遅れる場合が多い。

2) 各市町村別における人口密度について(図4)(表1)

千葉県北西部は人口密度が高く、千葉県南部や茨城県南部では低いことがいえる。

同心円上の20km～60km圏域内による等距離に位置する地域を比較すると、その人口密度の違いが顕著である。

3) 各市町村におけるRP1ヶ所に対する人口数(図5)(表1)

人口密度と同様に千葉県北西部を中心にRP1ヶ所に対する人口が多いことがわかる。また、茨城県南部では、千葉県北西部のような集中して多い地域はみられない。

千葉県南部の太平洋沿岸部のRP数が人口数に対して少ない。

船橋市では人口数614,482人に対してRP数が1ヶ所のみである。

全体として人口に対してのRP数が比例していない市町村が多いことがわかる。

4) ドクターヘリ有効圏域における人口数とRP数について

人口密度が高いほどドクターヘリの着陸・到

着に遅れが発生する地域が多い。

北総病院からの40km圏内の流山市に比べ、60km圏内の野田市のほうがドクターヘリの到着・着陸までの時間が短い。

流山市は人口密度の高さに比べ、R P 数が非常に少ないが、野田市は人口密度が低く、R P 数が多いことによって覚知からドクターヘリの到着・着陸までの時間に差があること可能性がある。

千葉県北西部は人口密度が高いことから救急隊がR P への着陸準備、人々の救急誘導に要する時間がかかり、ドクターヘリが着陸できず、上空待機時間が長いと思われる。

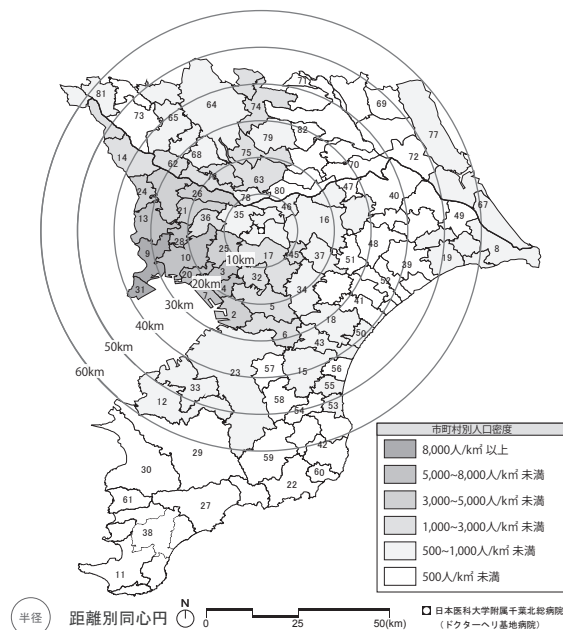


図4 各市町村による人口密度

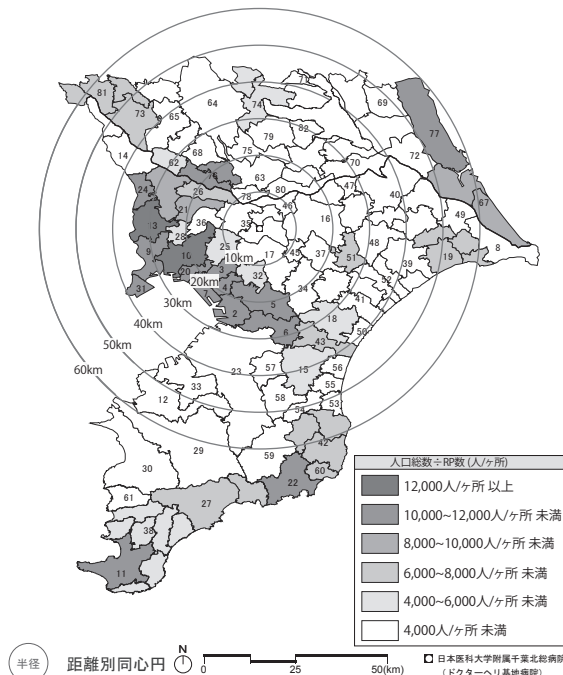


図5 各市町村によるRP 1ヶ所に対する人口数

表1 各市町村別における人口密度及び、RP 数

	人口総数 (人)	面積 (km ²)	人口密度 (人/km ²)	RP数 (ヶ所)	人口総数÷RP数 (人/ヶ所)
県計	6,193,361	5,156	1,201.1	929	6,666.7
1 千葉市	963,985	272.08	3,543.0	14	68,856.1
2 中央区	201,846	44.81	4,504.5	4	50,461.5
3 花見川区	179,764	34.24	5,250.1	2	89,882.0
4 稲毛区	156,641	21.25	7,371.3	2	78,320.5
5 若葉区	151,280	84.21	1,796.5	2	75,640.0
6 緑区	125,468	66.41	1,889.3	2	62,734.0
7 美浜区	148,986	21.16	7,040.9	2	74,493.0
8 銚子市	66,923	83.91	797.6	37	1,808.7
9 市川市	469,396	57.40	8,177.6	12	39,116.3
10 船橋市	614,482	85.64	7,175.2	1	614,482.0
11 館山市	48,124	110.22	436.6	4	12,031.0
12 木更津市	131,267	138.73	946.2	57	2,302.9
13 松戸市	480,383	61.33	7,832.8	2	240,191.5
14 野田市	155,117	103.54	1,498.1	48	3,231.6
15 茂原市	90,798	100.01	907.9	19	4,778.8
16 成田市	130,555	213.84	610.5	49	2,664.4
17 佐倉市	171,862	103.59	1,659.1	50	3,437.2
18 東金市	61,291	89.34	686.0	11	5,571.9
19 旭市	67,752	129.91	521.5	11	6,159.3
20 習志野市	166,541	20.99	7,934.3	4	41,635.3
21 柏市	406,162	114.90	3,534.9	47	8,641.7
22 勝浦市	19,756	94.20	209.7	1	19,756.0
23 市原市	277,568	368.20	753.9	74	3,750.9
24 流山市	168,587	35.28	4,778.5	2	84,293.5
25 八千代市	189,858	51.27	3,703.1	39	4,868.2
26 我孫子市	131,991	43.19	3,056.1	17	7,764.2
27 鴨川市	34,739	191.30	181.6	5	6,947.8
28 鎌ヶ谷市	108,465	21.11	5,138.1	20	5,423.3
29 君津市	87,700	318.83	275.1	24	3,654.2
30 富津市	46,623	205.35	227.0	25	1,864.9
31 浦安市	162,877	17.29	9,420.3	2	81,438.5
32 四街道市	88,851	34.70	2,560.5	21	4,231.0
33 袖ヶ浦市	60,698	94.92	639.5	24	2,529.1
34 八街市	71,388	74.87	953.5	19	3,757.3
35 印西市	91,099	123.80	735.9	34	2,679.4
36 白井市	61,488	35.41	1,736.5	19	3,236.2
37 富里市	49,954	53.91	926.6	19	2,629.2
38 南房総市	40,315	230.22	175.1	10	4,031.5
39 匝瑳市	38,606	101.78	379.3	26	1,484.8
40 香取市	79,823	262.31	304.3	40	1,995.6
41 山武市	53,889	146.38	368.1	18	2,993.8
42 いすみ市	39,508	157.51	250.5	5	7,901.6
43 大網白里市	49,756	58.06	857.0	8	6,219.5
44 印旛郡	42,641	51.48	828.3	0	0
45 酒々井町	21,203	19.02	1,114.8	7	3,029.0
46 栄町	21,438	32.46	660.4	18	1,191.0
47 神崎町	63,339	19.85	3,193.3	3	2,113.0
48 多古町	15,290	72.68	210.4	5	3,058.0
49 東庄町	14,647	46.16	317.3	10	1,464.7
50 九十九里町	16,959	23.72	715.0	5	3,391.8
51 芝山町	7,629	43.47	175.5	1	7,629.0
52 横芝光町	24,039	66.91	359.3	19	1,265.2
53 一宮町	11,894	23.02	516.7	5	2,378.8
54 睦沢町	7,118	35.59	200.0	4	1,779.5
55 長生村	14,586	28.32	515.0	4	3,646.5
56 白子町	11,591	27.46	422.1	4	2,897.8
57 長柄町	7,676	47.20	162.6	5	1,535.2
58 長南町	8,483	65.38	129.7	4	2,120.8
59 大多喜町	10,184	129.84	78.4	4	2,546.0
60 御宿町	7,623	24.92	305.9	1	7,623.0
61 鋸南町	8,485	45.16	187.9	3	2,828.3
県計	2,934,287	6096.00	481.3	433	6,776.6
62 守谷市	63,592	35.63	1,776.0	12	5,299.3
63 龍ヶ崎市	79,323	78.20	1,017.5	40	1,983.1
64 つくば市	218,932	284.07	765.0	63	3,475.1
65 常総市	63,672	123.52	520.2	31	2,053.9
66 高萩市	29,862	193.65	156.1	10	2,986.2
67 神栖市	94,132	147.26	641.4	11	8,557.5
68 つくばみらい市	46,350	79.14	578.2	19	2,439.5
69 行方市	36,010	222.38	164.2	34	1,059.1
70 稲敷市	44,707	205.78	220.7	33	1,354.8
71 かずみがうら市	42,555	156.61	275.0	20	2,127.8
72 潮来市	29,672	71.41	418.4	18	1,648.4
73 坂東市	55,264	123.18	451.2	9	6,140.4
74 土浦市	142,636	1165.98	1,166.0	35	4,075.3
75 牛久市	83,425	58.88	1,408.3	28	2,979.5
76 取手市	107,357	69.96	1,542.2	9	11,928.6
77 鹿嶋市	66,641	105.97	629.3	6	11,106.8
78 利根町	16,932	24.90	688.7	12	1,411.0
79 阿見町	47,617	71.39	688.6	18	2,645.4
80 河内町	9,591	44.32	221.1	10	959.1
81 境町	25,138	46.58	542.4	4	6,284.5
82 美浦村	16,499	66.57	252.0	11	1,499.9

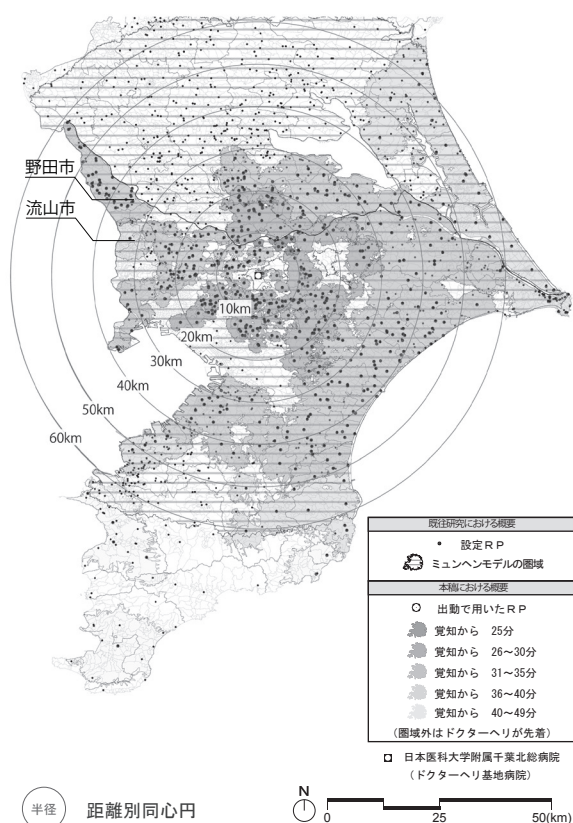


図6 覚地～RP到着における距離別による圏域比較

7. まとめ

北総病院のドクターヘリの出動記録を用いて、千葉県・茨城県南部におけるドクターヘリ出動の現状により近い出動の圏域を可視化し、北総病院から同心円で分けけた距離ごとの有効圏域の特性を分析することでドクターヘリの有効圏域の比較・考察することができた。

また、各市町村における人口密度・RP数を示し、算出することでドクターヘリの到着・着陸の時間を比較、考察することができた。

以上より、地域空間情報にもとづいた救急車両との連携によるドクターヘリの有効圏域を分析することで、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有効な医療圏域を構築するために利用可能なガイドラインとなる基礎資料を作成することができた。

8. 今後の方針

本稿で考察したドクターヘリの着陸・到着による時間の差が顕著に出た地域を、地域空間情報にもとづいた圏域的な分析を行い、道路網の複雑性をフラクタル次元を用いて解析することで、ドクターヘリと救急車両との連携による有効圏域の構築、RPの適正配置におけるガイドラインとなる基礎資料を提示する予定である。

<謝辞>

本研究に際し、日本医科大学千葉北総病院救命救急センター松本尚先生及び、救急センターの方々、ご協力頂きました方々及び機関に心から御礼を申し上げます。

また本研究の一部は公益財団法人大林財団の平成25年度研究助成「首都圏における防災・救急医療システムによる施設の適正配置」を受け実施したものである。

【注釈】

*1) 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、患者に救命医療を行うことができる専用ヘリコプター。

*2) 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。

*3) 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に位置を把握することが可能である。

*4) 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。運航調整委員会にて、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おり、ドクターヘリが安全に着陸可能な場所の確保が出来るように、ドクターヘリ法7条で関連機関の協力が求められている。

*5) ミュンヘンモデル

ドイツにおいて確立されている、ドクターヘリが病院に待機し、出動要請から2分以内に医師と救急隊員を載せて離陸し現場へ向う。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。病院で患者を待つのではなく、その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。

*6) ドクターヘリの出動記録

出動記録の項目は、個人情報を除くドクターヘリの出動区分、着陸場所、出動要請時間、北総病院離陸時間、RP着陸時間、救急車両の覚知時間、出動時間、現地着時間、現地発時間、RP到着時間、発生地区等である。本稿では、出動区分がランデブー方式を採用しており、かつ北総病院から離陸し出動した記録のみを有効資料とし、出動区分がランデブー以外の転院搬送、キャンセル、現場直近、その他、無記入であったものを除いた4369件を扱う。

*8) ArcGIS

米国カリフォルニア州Esri社の地理情報システムソフトウェア。

*9) 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。

【既発表論文】

[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観点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] 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、pp499-502、2003.6

[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] 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―」情報・システム・利用・技術シンポジウム、第34回、pp115-120、2011.12

[5] 木村弘・黒岩孝・大内宏友・松原三人：「救急医療システムにおけるドクターカーと救急医療施設との連携よりとらえた適正配置に関する実証的研究」環境情報科学論文集 26、pp. 159-164、2012.12

[6] 牧野内信・岡田昂・手島優・大内宏友：「東北地方のドクターヘリによる広域防災・救急医療システムに関する研究」日本建築学会東日本大震災2周年シンポジウム、pp371-372、2013.3

[7] 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 pp. 2163-217 2013.10

【参考文献】

i) 中山茂樹、伊藤誠：「救急医療施設の運営形態と患者構成―病院の建築計画に関する研究―」日本建築学会論文報告集第406号、pp53-60、1989.12

ii) 宇野 彰：「救急医療システムのドクターヘリと救急車両との連携の可視化による有効圏域に関する実証的研究」平成22年度日本大学修士学位論文

iii) 総務省消防庁、2012年

iv) 高橋 重雄・井上 孝・三條 和博・高橋 朋一 編：「事例で学ぶGISと地域分析―ArcGISを用いて―」、古今書院、2005年

v) ドクターヘリ「飛ぶ救命救急室」西川涉 2009.3

vi) 日本医科大学千葉北総病院：http://hokuso-h.nms.ac.jp/

vii) H E M - N E T：http://www.hemnet.jp/

viii) 千葉県：www.pref.chiba.lg.jp

ix) 茨城県：http://www.pref.ibaraki.jp/