

ドクターヘリ運用効果の可視化に関する研究（2） —ドクターヘリ基地病院の適正配置—

○大山 智基*1 吉川 優矢*1 山田 悟史*2
大内 宏友*3 及川 清昭*4

キーワード：救急医療，ドクターヘリ，GIS，可視化，医療行為開始時間

1. はじめに

近年、救急医療施策のひとつとしてドクターヘリに大きな注目が集まっている。ドクターヘリの全国的な配備が国策として審議され、平成19年には救急医療用ヘリコプターを用いた救急医療の確保に関する特別措置法¹⁾が制定された。しかし、救急医療体制の充実に伴う予算の肥大化という現実的な問題があり、自治体のドクターヘリ導入には依然として各自治体の財政力指数が大きく影響している。打開策として、関西広域救急医療連携計画(案)²⁾のように都道府県を越えた枠組み内でドクターヘリを連携して運用することにより、運用費負担や運航範囲の重複を解消し、一体的な広域救急医療体制を確保しようという試みが行われている。

著者らは、同名論文その1において地理的条件をふまえた時間的指標を用いて任意地域のドクターヘリの運用効果を定量化し、その分布を地図上に可視化することで視覚的かつ定量的にドクターヘリ運用効果を把握する方法を提案し、滋賀県を事例に運用効果の検討を行った。本研究では、複数の自治体で連携してドクターヘリを運用した場合のドクターヘリ運用効果や基地病院の適正配置計画、関連施設の整備計画の検討を行う。

2. 研究概要

2-1. 解析対象地

四国地方4県（徳島・香川・愛媛・高知）を事例に解析を行う。四国地方は道路交通的に1つのまとまりとして機能しているが、土地の大部分が山地であるため市街地が分断されてしまっている。そのため、空路で山地を越える搬送が可能なドクターヘリの運用は効果的であると考えられる。しかし、平成24年1月現在運用は高知のみにとどまっており、既往研究等も発表されていない。

2-2. 解析方法

本研究ではドクターヘリ運用効果として、任意の地域で傷病者が発生した場合^{注1)}に119番通報から医師による医療行為開始までに要する時間^{注2)}を、救急車のみでの搬送システム（以下既存システム^{注3)}）とドクターヘリを用いた搬送システム（以下DHシステム^{注4)}）の両方で求め、ドクターヘリの運用による医療行為開始時間の短縮時間を算出^{注5)}する。

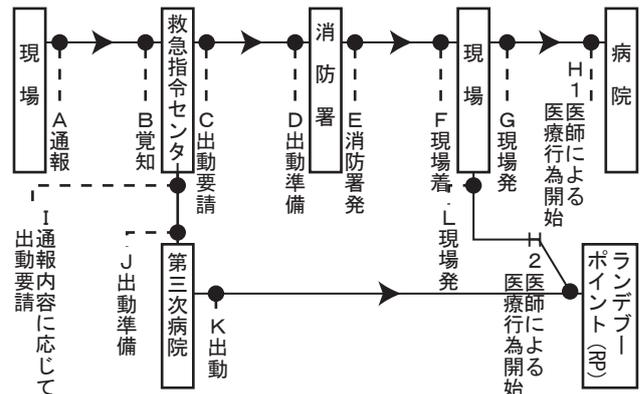


図1. 救急搬送の流れ

表1. 使用データ一覧

道路中心線	GIS for Road より取得
消防署	GIS for Road より取得 150箇所
第2次以上の救急指定病院	四国各県の資料より取得 164箇所
ランデブーポイント	四国各県の資料より取得 533箇所
人口	統計局国税調査より取得
解析用メッシュ	一辺500mの正方形 79196メッシュ

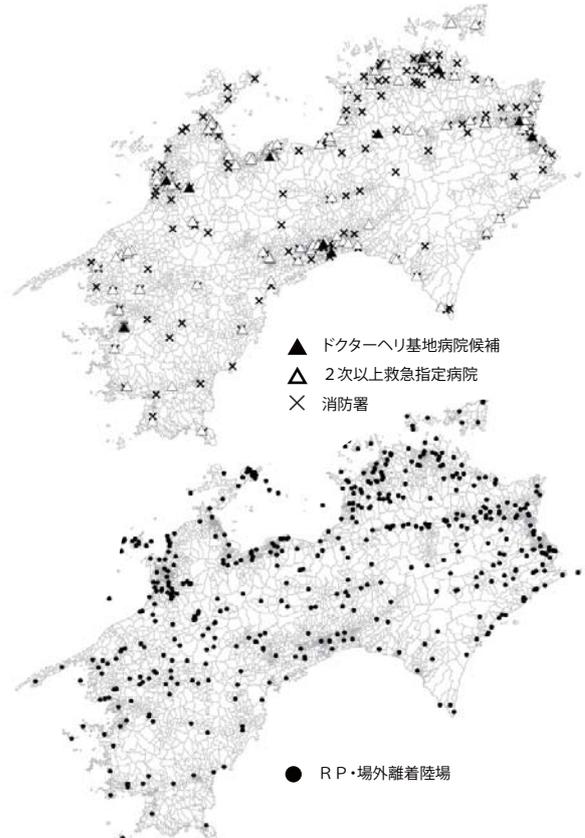


図2. 救急搬送に必要な施設布置図

表 2. 基地病院候補一覧

A	徳島県立中央病院
B	徳島大学病院
C	徳島赤十字病院
D	徳島県立三好病院
E	高知赤十字病院
F	高知県近森病院
G	高知県・高知市病院企業団立高知医療センター
H	香川県立中央病院救命救急センター
I	香川大学医学部附属病院救命救急センター
J	愛媛県東予救命救急センター（県立新居浜病院）
K	愛媛県県立中央病院救命救急センター
L	愛媛大学医学部付属病院
M	愛媛県南予救命救急センター（市立宇和島病院）

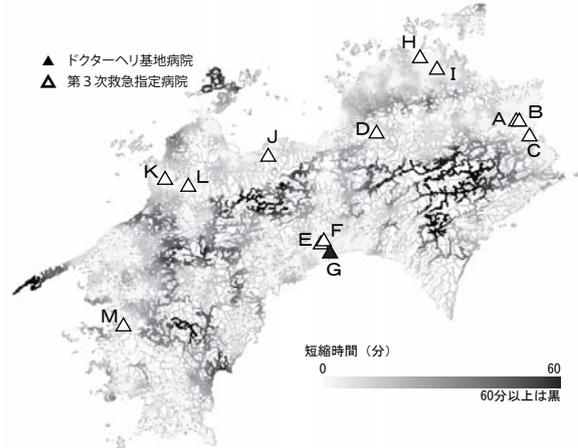


図 4. DHシステム（G）の短縮時間分布

平均医療行為開始時間
59分8秒

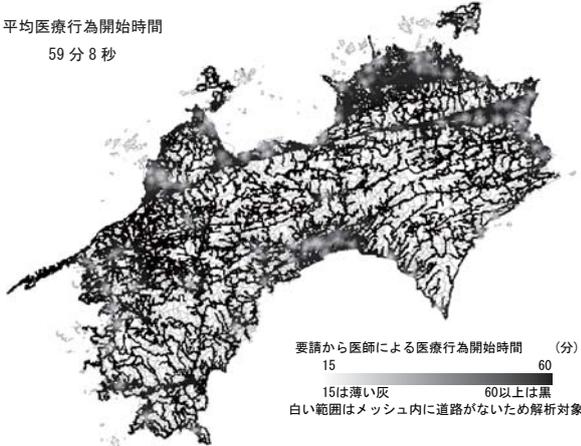


図 3. 既存システムの医療行為開始時間分布

平均医療行為開始時間
46分24秒

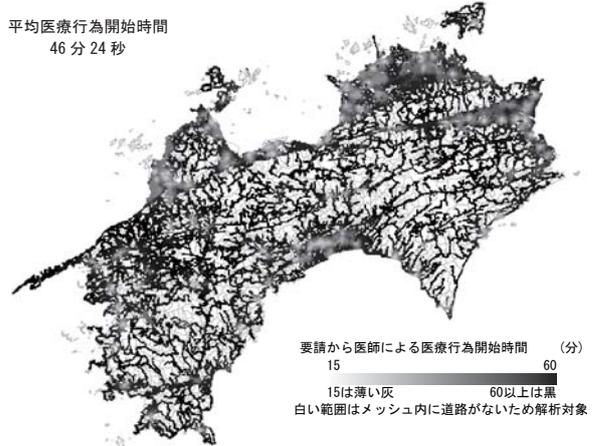


図 5. DHシステム（G）の医療行為開始時間分布

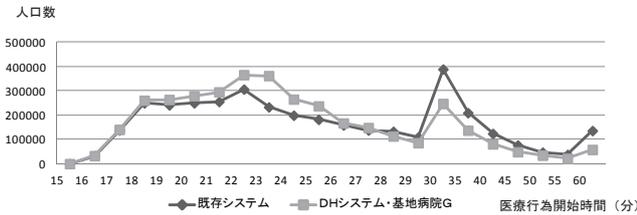


図 6. 医療行為開始時間区分ごとの人口

3. 解析結果

3-1. 既存基地病院の運用効果

既存基地病院Gでは、合計約 3277 万秒の短縮となった。短縮時間分布を図 3 に示す。特に、山間部・僻地・島部を中心に高い運用効果を示している。既存システムと比較して、医療行為開始時間は短縮メッシュあたりで 16 分 39 秒、全体では 12 分 40 秒の短縮となった。医療行為開始時間分布(図 5・図 6)を比較すると、市街地で灰色の地域が拡大しており、既存システムの搬送体制が整っている地域でも運用効果が現れている。短縮メッシュ内の人口は約 143 万人となった。図 7. 医療行為開始時間区分ごとの人口グラフの変化をみると、医療行為開始時間の早期化がされており、30 分以内^{注6)}に医療行為開始が可能な人口が約 39 万人増加した。各分布図は実運用時のドクターヘリ要請の必要性判断の資料となりうる。

表 3. 基地病院 1 箇所での運用効果上位 3 位

順位	1	2	3
基地病院	E	F	G
短縮されたメッシュ数	32884	32859	32812
短縮メッシュ割合(%)	41.5	41.5	41.4
短縮時間合計値(秒)	32800996.4	32792875.8	32766242.6
メッシュあたりの平均短縮時間	16分37秒	16分38秒	16分39秒
平均医療行為開始時間	46分24秒	46分25秒	46分25秒
短縮メッシュ内の総人口(人)	1465693	1459141	1425163

各項下段は既存基地病院Gでの値を 100 とした相対値

3-2. 基地病院 1 箇所での運用効果シミュレーション

表 3 に上位 3 位の運用効果を示す。基地病院 1 箇所では、Eでの運用が最も効果的という結果となった。短縮時間合計は約 3280 万秒、平均医療行為開始時間は 46 分 24 秒で短縮メッシュあたりで 16 分 37 秒、全体で 12 分 44 秒の短縮となった。短縮メッシュ内の人口は約 147 万人である。既存基地病院Gと比較して、時間的指標での変化量は最大 0.11%、人口では 2.84%と比較的小さい。これはEGはいずれも高知県の 3 次救急指定病院であり、四国地方のほぼ中央に近接して設置されているためと考えられる。

表 4. 基地病院 2 箇所での運用効果上位 3 位

順位	1	2	3
基地病院	D.M	D.L	D.K
短縮されたメッシュ数	34213 104.04	34132 103.80	34115 103.74
短縮メッシュ割合(%)	43.2 104.04	43.1 103.80	43.1 103.74
短縮時間合計値(秒)	33123015.2 100.98	33118965.4 100.97	33115789.5 100.96
メッシュあたりの平均短縮時間	16分8秒 97.06	16分10秒 97.28	16分11秒 97.32
平均医療行為開始時間	46分17秒 99.73	46分17秒 99.73	46分17秒 99.74
短縮メッシュ内の総人口(人)	1856939 126.69	1867590 127.42	1865503 127.28

各項下段は既存基地病院Gでの値を 100 とした相対値

表 5. 基地病院 3 箇所での運用効果上位 3 位

順位	1	2	3
基地病院	C.J.M	B.J.M	A.J.M
短縮されたメッシュ数	34268 104.21	34266 104.20	34265 104.20
短縮メッシュ割合(%)	43.3 104.21	43.3 104.20	43.3 104.20
短縮時間合計値(秒)	33145229.6 101.05	33143386.4 101.04	33143332.1 101.04
メッシュあたりの平均短縮時間	16分7秒 96.97	16分7秒 96.97	16分7秒 96.97
平均医療行為開始時間	46分16秒 99.71	46分17秒 99.71	46分17秒 99.71
短縮メッシュ内の総人口(人)	1897780 129.48	1901851 129.76	1900421 129.66

各項下段は既存基地病院Gでの値を 100 とした相対値

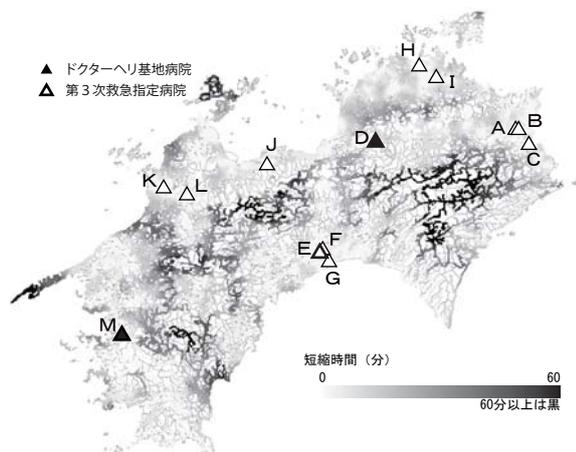


図 7. DHシステム (DM) の短縮時間分布

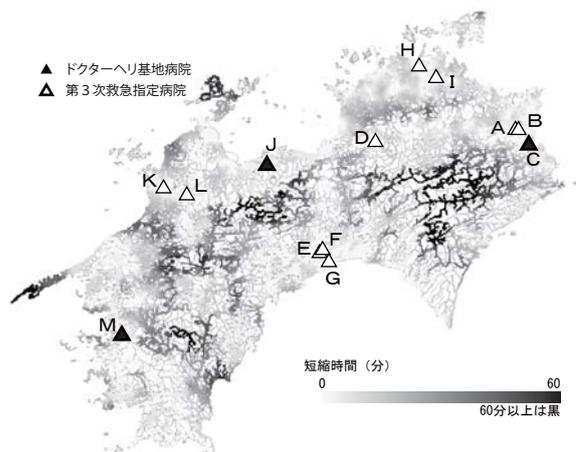


図 9. DHシステム (CJM) の短縮時間分布



図 8. DHシステム (DM) の医療行為開始時間分布



図 10. DHシステム (CJM) の医療行為開始時間分布

3-3. 基地病院 2 箇所での運用効果シミュレーション

表 4 に上位 3 位の運用効果を示す。基地病院 2 箇所では、DMでの運用が最も効果的という結果となった。短縮時間合計は約 3312 万秒、平均医療行為開始時間は 46 分 17 秒で短縮メッシュあたりで 16 分 8 秒、全体で 12 分 51 秒の短縮となった。短縮メッシュ内の人口は約 186 万人である。既存基地病院Gと比較して、時間的指標での変化量は数%だが、人口では約 27%増加する。分布図をみると少々わかりにくい香川・徳島で変化が生じている。この地域に近いDが基地病院になったことで、ドクターヘリ到着が早まったためと考えられる。

3-4. 基地病院 3 箇所での運用効果シミュレーション

表 3 に上位 3 位の運用効果を示す。基地病院 1 箇所では、CJMでの運用が最も効果的という結果となった。短縮時間合計は約 3315 万秒、平均医療行為開始時間は 46 分 16 秒で短縮メッシュあたりで 16 分 7 秒、全体で 12 分 52 秒の短縮となった。短縮メッシュ内の人口は約 190 万人である。既存基地病院Gと比較して、時間的指標では数%、人口では約 29%の増加となった。短縮時間合計値・短縮メッシュ内人口の両指標で、CJMが全組み合わせ中最も効果的となった。

表 6. 基地病院 4 箇所での運用効果上位 3 位

順位	1	2	3
基地病院	A_F_H_M	A_F_I_M	B_F_H_M
短縮されたメッシュ数	34271	34271	34271
	104.22	104.22	104.22
短縮メッシュ割合 (%)	43.3	43.3	43.3
	104.22	104.22	104.22
短縮時間合計値 (秒)	33140171.8	33140171.8	33140171.8
	101.03	101.03	101.03
メッシュあたりの平均短縮時間	16分7秒	16分7秒	16分7秒
	96.95	96.95	96.95
平均医療行為開始時間	46分17秒	46分17秒	46分17秒
	99.72	99.72	99.72
短縮メッシュ内の総人口 (人)	1884823	1884823	1884823
	128.60	128.60	128.60

各項下段は既存基地病院Gでの値を100とした相対値

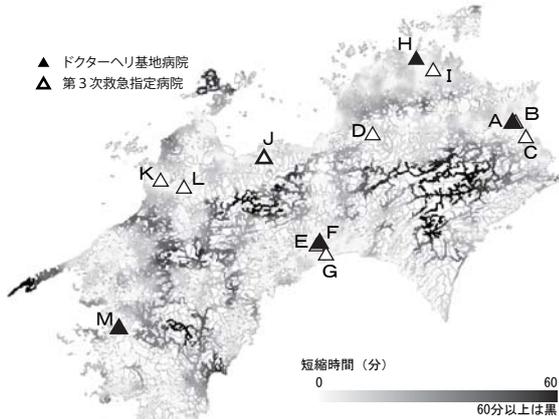


図 11. DHシステム (A F H M) の短縮時間分布

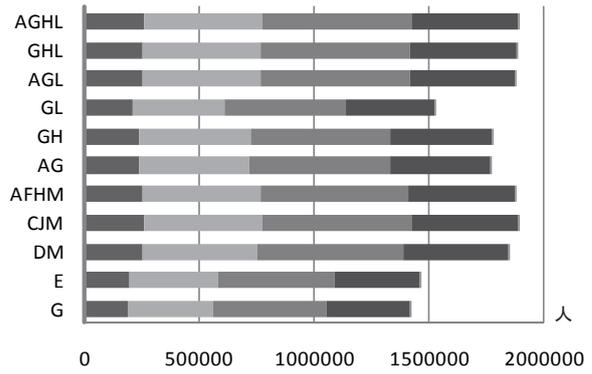


図 12. DHシステム (A F H M) の医療行為開始時間分布

3-5. 基地病院 4 箇所での運用効果シミュレーション

表 6 に上位 3 位の運用効果を示す。基地病院 4 箇所では、A F H Mでの運用が最も効果的という結果となった。短縮時間合計は約 3314 万秒、平均医療行為開始時間は 46 分 17 秒で短縮メッシュあたりで 16 分 7 秒、全体で 12 分 51 秒の短縮となった。短縮メッシュ内の人口は約 188 万人である。C J Mより運用効果が低くなった要因は、J を利用しなくなったことでその周辺部での運用効果が低下したためと考えられる。

組み合わせ



■ 0~14歳 ■ 15~39歳 ■ 40~64歳 ■ 65~99歳 ■ 不明

図 13. 各組み合わせごとの短縮メッシュ内人口

表 7. DHシステム (G) で短縮時間合計値の高い R P

順位	所在県	RP名	短縮時間合計値	人口
1	高知県	馬路村魚梁瀬	1016732.0	285.7
2	高知県	轟公園	739527.4	2025.3
3	徳島県	岩倉	730521.0	70.1
4	愛媛県	松野町総合福祉団地	695848.2	4302.7
5	徳島県	木頭北川グラウンド	694221.2	93.4
6	高知県	とおわ(大井川)	649975.4	1346.8
7	愛媛県	三崎中学校	637836.5	3531.2
8	愛媛県	多々羅公園	631618.9	5206.3
9	高知県	越裏門小学校	623883.2	100.9
10	高知県	松枝	547201.9	276.8

表 8. DHシステム (G) で人口の多い R P

順位	所在県	RP名	短縮時間合計値	人口
1	香川県	一宮新池農村公園駐車場	13319.6	32212.9
2	愛媛県	三島運動公園	13081.9	24647.3
3	高知県	四万十水防	481902.7	23681.9
4	香川県	観音寺市コミュニティーセンター 附属防災ヘリポート	36379.6	22476.8
5	愛媛県	愛媛大学山越運動場	2808.3	22016.5
6	香川県	高松市西部運動センター第2グラウンド	37115.5	22006.5
7	香川県	橋ノ丘総合運動公園内多目的広場	27404.9	21781.3
8	香川県	多度津山	18406.5	18732.0
9	香川県	志度総合運動公園野球場	50204.2	18723.4
10	高知県	東消防署北	4276.3	18410.1

4. ドクターヘリ基地病院の適正配置に関する考察

四国における配置計画を下記のように提案する。表 4 で現行の基地病院 1 箇所 (G) でのドクターヘリ運用体制と最も有効な組み合わせである 3 箇所 (C J M)、G を含む組み合わせで最も有効な 4 箇所 (A G H L) でのドクターヘリ運用体制を比較すると、短縮時間合計値の差は 1% 前後にとどまる。したがって、現行の運用体制で十分運用効果が生じており、G はおおむね適正配置といえる。しかし、短縮メッシュ内の人口には約 30%・約 50 万人の差が生じており、運用効果の提供人数という点では現行の運用体制では不十分と考えられる。今後、仮に基地病院を増設する場合、既存の施設・体制を生かしつつ提供人数の増加を図るために、G に加えて人口向上率が高い H・L・A の順に基地病院化し、A・G・H・L での運用体制を整備することが四国におけるドクターヘリ基地病院適正配置計画であると考えられる。各組み合わせでの人口を図 13 に示す。

5. 関連施設・設備の整備に関する考察

短縮時間分布図において白に近い色の地域や、医療行為開始時間分布において既存システム・DHシステム両方で色の黒い地域は、既存の関連施設を利用したドクターヘリ運用では十分な運用効果を得られない地域と考えられる。この地域での医療行為開始時間を短縮するには、付近に新たに救急搬送に関連する施設を建設する必要があるといえる。

表7、8にDHシステム(G)で短縮時間合計値・人口の多いRP上位10箇所を記載する。すべてのRPに対し運用に必要な各種整備を行うことが望ましいが、現実的には難しい。これらのRPはDHシステムにおいて貢献度の高いRPであると考えられ、優先的に整備を行うべきRPと言える。

以上のように、関連施設・設備の整備についても視覚的・定量的な考察が可能である。

6. まとめ

本研究では、以上のように四国地方を事例に都道府県を超えた枠でのドクターヘリ運用効果を定量的かつ視覚的に検討した。また、解析結果を基に四国地方内でのドクターヘリ基地病院の適正配置計画と関連設備・施設の整備計画の考察を行った。これらはドクターヘリ導入の検討や救急車で搬送するべきか、ドクターヘリで搬送するべきかを各地域ごとに判断するための資料となる。本研究で用いた方法は、他の県や地域・第三次救急指定医療機関においても適用可能である。今後は、症例別の実際の救急搬送先の絞込みや短縮時間の重み付け、対費用効果などを踏まえた検討を行う予定である。

謝辞

本研究は、科学研究費助成事業、若手研究(B)24760509「ドクターヘリ運用効果の可視化と関連施設の適正配置」(研究代表:山田悟史)の助成を受けた研究の一環として行われたものである。また、東京大学空間情報科学センターとの共同研究「大地震時における延焼危険地域及びドクターヘリ運用優先地域に関する研究」として提供して頂いたデータを一部使用している。ここに記して謝意を示す。

注

- 1) 傷病者の発生:参考文献5)6)によると重症患者以上と判断した場合の搬送先となる医療機関は、救命救急センターなど第三次救急医療機関、あるいはこれに準ずる第二次救急医療機関及び地域の基幹医療機関とすることとする。そして、ドクターヘリの有効な疾患の例として重傷外傷、心・大血管疾患・脳血管障害などの重症患者が挙げられており、運用実績においても69.4%が重篤または重症患者である。以上より、本研究ではより迅速性が求められる重症・重篤の傷病者の搬送を想定し、既存システムでの搬送先は第二次以上の救急医療機関、ドクターヘリの搬送先は第三次救急医療機関とした。
- 2) 医療行為開始までの時間:覚知から要請までの時間(A-C間とA-B-I間)についてデータが得られず0秒としているため、要請から医師による医療行為開始までの時間となっている。
- 3) 既存システムでの搬送の流れ
救急指令センターは119番通報の覚知後消防署に救急隊の出動を要請し、救急隊は速やかに出動準備に入り現場へと急行する。患者を収容した後、診断や応急処置を施しつつ付近の救急指定病院へ患者を搬送する。救急隊が病院に到着した段階で医師による医療処置を開始出来るものとする。
- 4) DHシステムでの搬送の流れ
ドクターヘリ出動要請は、救急隊が現場で患者の容体を確認してから行う場

合と、119番通報内容によって救急指令センターのオペレーターが行う場合がある。近年では人命優先の観点から後者を奨励する事例が多いため、本研究では将来的な検討も考慮して後者を採用した。救急指令センターが119番通報内容のキーワードからドクターヘリによる救急搬送の必要性を判断する。必要と判断された場合、消防署への救急車出動要請とともに、ドクターヘリ基地病院へドクターヘリ出動が要請され、出動準備後、救急車は現場へ、ドクターヘリはランデブーポイント(以下RP)へ急行する。救急隊は現場到着後すみやかに患者の状態を確認し、再度ドクターヘリでの救急搬送の必要性を判断する。必要と判断された場合RPへ患者を搬送し、ドクターヘリと合流後ドクターヘリに搭乗した医師により患者へ医療行為を施しつつ空路で病院へ搬送する。不要と判断された場合、既存システムと同様に患者は救急車によって病院へ搬送され、ドクターヘリは基地病院へ帰還する。ドクターヘリには第三次救急指定医療機関に所属する医師が搭乗しており、救急隊がドクターヘリと合流した段階で医師による医療処置を開始出来るものとする。医療行為開始時間は、救急車で病院への搬送時間・救急車でRPへの搬送時間・ドクターヘリのRP到着時間の大小関係により決定する。
注5)算出式

- V1:救急車の平均走行速度35km/時
 - V2:ドクターヘリの平均巡航速度261km/時
 - T1:救急車の平均出動準備時間70秒
 - T2:ドクターヘリの平均離陸準備時間223秒
 - T3:救急隊の平均現場滞在時間846秒
 - L1:測定点nから最寄り消防署までの距離
 - L2:測定点nから最寄り第二次以上の救急指定病院までの距離
 - L3:測定点nから最寄りランデブーポイントまでの距離
 - L4:ドクターヘリ基地病院から測定点nの最寄りランデブーポイントまでの距離
 - t1:救急車が出動要請から第二次以上の救急指定病院への患者の搬送に要する時間
 - t2:救急車が出動要請からランデブーポイントへの患者の搬送に要する時間
 - t3:ドクターヘリが出動要請から測定点n最寄りランデブーポイント到着に要する時間
 - t4:既存システムで出動要請から医師による医療行為開始までに要する時間
 - t5:DHシステムで出動要請から医師による医療行為開始までに要する時間
 - t6:測定点nにおいて医療行為開始までに要する時間の短縮時間
- $$t1 = T1 + L1 / V1 + T3 + L2 / V1$$
- $$t2 = T1 + L1 / V1 + T3 + L3 / V1$$
- $$t3 = T2 + L2 / V2$$
- $$t4 = t1$$
- $$t1 < t2, t3 \text{ (救急車で現場から病院へ向かうのが最短) の場合 } t5 = t1$$
- $$t3 < t2 < t1 \text{ (RPでドクターヘリが救急車到着まで待機) の場合 } t5 = t2$$
- $$t2 < t3 < t1 \text{ (RPで救急車がドクターヘリ到着まで待機) の場合 } t5 = t3$$
- $$t6 = t1 - t5$$

なお、各数値は以下を参照した。

- 平均移動速度:参考文献6)に記述されている平均移動速度35.3km/時を参考に35km/時とした。また、同文献の救急隊へのアンケート結果によると、振動のため患者への負担を考慮すると40km/時以上では走行出来ないという意見があったと記述されている。
- 平均巡航最大速度:参考文献4)に記述されている各機体の最大巡航速度の平均値261km/時としている。
- 平均出動準備時間:消防署への電話アンケート調査及び京都市消防局提供資料から平均値70秒としている。
- 平均離陸準備時間:参考文献4)に記述されている北海道210秒、千葉県185秒、神奈川県236秒、平均値260秒(地域不明)、参考文献5)に記述されている北海道における2009年度までの夏期平均値212秒、冬期232秒、の平均値223秒としている。
- 平均現場滞在時間:参考文献7)に記述されている東京都1053秒、福岡市668秒、鎌ヶ谷市816秒の平均値846秒としている。

注6)カーラーの救命曲線の変曲点である時間。

[参考文献]

- 1) 救急医療用ヘリコプターを用いた救急医療の確保に関する特別法、参議院法制局、2007.6
- 2) 関西広域救急医療連携計画(案)、関西広域医療連携計画策定委員会、2012.1.17
- 3) 小濱啓次、杉山貢、西川渉:ドクターヘリ導入と運用のガイドブック、メディカルサイエンス社、2007.10
- 4) 救急搬送における重症度・緊急度判断基準作成委員会報告書、財団法人救急振興財団、2004.6
- 5) 小池則満、秀島栄三、山本幸司:地域特性と救急車の走行速度に関する分析-名古屋を事例として-、地域学研究3(1)、127-140、1999.
- 6) 守谷俊、丹正勝久:救命救急活動の現状-どのようなプレホスピタルケアが必要なのか-、国際交通安全学会誌 Vol.134, No. 3, 2009.12
- 7) 大山智基、吉川優矢、山田悟史:ドクターヘリ基地病院の適正配置に関する研究-地理空間情報を用いた運用効果の定量化-、日本建築学会近畿支部研究報告集第52号、377-380、2012.6

- *1 立命館大学大学院理工学研究科環境都市専攻、博士課程前期
- *2 立命館大学理工学部建築都市デザイン学科、助教、博士(工学)
- *3 日本大学生産工学部建築工学科、教授、博士(工学)
- *4 立命館大学理工学部建築都市デザイン学科、教授、博士(工学)

Study on visualization of the operational effectiveness of Medical Helicopters (2)

- Appropriate Location of base hospitals in Helicopter Emergency Medical Service -

○Tomoki OYAMA*1 Yuya YOSHIKAWA*1 Satoshi YAMADA*2
Hiroto OHUCHI*3 Kiyooki OIKAWA*4

Keywords : Emergency Medical Service, Medical Helicopter, GIS
Visualization, The time required to start a medical procedure

Introduction

Recently, Medical Helicopters have gained much attention as one of the measures available for emergency medical services (EMS). The expansion of EMS requires a large amount of money. The introduction of Medical Helicopters has been affected by local government finance. In order to reduce the duplication of operating expenses and range, trials of the use of Medical Helicopters in more than one prefecture have been carried out by organizations like the Union of Kansai Governments.

In the previous paper, the authors proposed a method of quantifying the operational effectiveness of Medical Helicopters in a target prefecture in terms of time saved based on geographical conditions by visualizing this distribution on a map. The purpose of this paper is to apply the method to a framework beyond a given target prefecture and consider the operational effectiveness and proper placement of base hospitals for Medical Helicopters.

Method and Target

The operational effectiveness of Medical Helicopters used in more than one prefecture is analyzed by calculating the time required to start a medical procedure from the initial emergency call at arbitrary points in both Ambulance EMS and Helicopter EMS. In this paper, the target range is the Shikoku region, which includes Tokushima, Kagawa, Ehime, and Kochi prefectures.

Results and Conclusions

Regarding the operational effectiveness of Medical Helicopters at the existing base hospital “G” (Kochi Health Sciences Center), the total amount of time saved is about 32.77 million seconds and starting time of medical practice is reduced for about 16 minutes 39 seconds per time shortening meshes, about 12 minutes 40 seconds per all mesh. Population in time shortening meshes is about 1.4 million.

Improved operational effectiveness was shown in the case simulating the use of three EMS helicopters at base hospitals “C” (Tokushima Red Cross Hospital), “J” (Ehime prefectural Niihama hospital), and “M” (Uwajima City Hospital). The total amount of reduced time for starting medical procedures is about 33.15 million seconds. About 16 minutes 7 seconds are saved per time shortening meshes, with about 12 minutes 52 seconds per all meshes. Population in time shortening meshes is about 1.9 million.

Operational effectiveness at the existing base hospital “G” is the same as in the best simulation; the change is only a few percent in terms of time saved. “G” is an appropriate base hospital. However, there is about 30 percent change in terms of population served.

Should be base hospital of Medical Helicopter determined based on the amount of population increase. If Shikoku region were to add a new base hospital for a Medical Helicopter, the location should be determined based on population.

Future works

There are plans to analyze other target prefectures and expand frameworks in future.

In order to obtain analytical results that reflect the realities of EMS more, it is need to consider the actual circumstances of emergency medical transportation in each hospital.

*1 Graduate student, Dep. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ.,

*2 Assistant Prof., Dep. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ., Dr. Eng.

*3 Prof., Dep. of Architecture College Industrial Technology, Nihon Univ., Dr. Eng.

*4 Prof., Dep. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ., Dr. Eng.