

ドクターヘリによる救急搬送を円滑にするための地上活動の現状分析に関する研究

長田 哲平¹・田中 絵里子²・小早川 悟³・梅澤 淳志⁴

¹正会員 宇都宮大学助教 大学院工学研究科 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2)

E-mail:osada-teppej@cc.utsunomiya-u.ac.jp

²正会員 日本大学助教 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

³正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

⁴非会員 ジェイアール東日本コンサルタンツ株式会社 東北支店 技術部

わが国の救急医療においては、ドクターヘリによる患者搬送が行われており、救命率の向上や地域医療格差の是正に貢献している。これらドクターヘリを利用するためには、傷病者が発生した場所からドクターヘリとの合流地点（ランデブーポイント）まで救急自動車による搬送が必要となる。救急自動車を利用することで、交通渋滞に加えて、合流地点におけるヘリコプターの受入準備など地上における道路や広場などの施設などの影響を受けることが想定される。

そこで本研究では、入手できた千葉県ドクターヘリと救急車の搬送実績データをマッチングし、救急要請から病院に収容されるまでの間における地上における活動時間及び、合流地点の選択傾向を分析した。その結果、近い合流地点でも地点がどのような施設かにより利用が難しい状況にあるなどの実態を明らかにした。

Key Words : *Doctor Helicopter, Air Rescue, Ambulance, Rendezvous Point, Emergency Medical*

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

救急搬送では、緊急を要する傷病者を医療機関まで救急自動車（以下、救急車）で搬送する。近年では、より重度で緊急性の高い心臓発作や脳卒中、事故などによる重症外傷などの傷病者を、ヘリコプターで高度な医療機関（三次救急医療機関）まで搬送する救急医療用ヘリコプター（ドクターヘリコプター）も利用されている。

ドクターヘリコプター（以下、ドクターヘリ）は、医療資機材を搭載したヘリコプターで、初期治療を行える医師・看護師を傷病者のもとに届け、治療開始までの時間短縮を図るとともに、医師・看護師が処置を行いながら高度な医療機関に迅速に搬送することができる。それ以外にも、医療機関からの要請によって重篤な患者を高度な医療機関に搬送する病院間搬送も行う。

ドクターヘリによる傷病者の救急搬送は、ヘリコプターが離着陸できる場所まで傷病者を救急車で搬送し、ヘリコプターとの合流点（ランデブーポイント）でヘリコプターに患者を移し替えて行われる。そのため、救急車が利用する経路上における渋滞などの道路環境や、ヘリ

コプターの離着陸場所として指定された場所の用途がドクターヘリの運用に影響を与える。

そこで本研究では、ドクターヘリやドクターヘリ活動に関わる救急車が出勤した時刻、ランデブーポイント（以下、RP）の位置、傷病者が発生した救急現場の位置などのドクターヘリと救急車の搬送実績データを用いて、地上におけるから活動時間、ランデブーポイントの選択傾向の現状分析を行った。

(2) 既存研究の整理と本研究の位置づけ

救急搬送に使われるヘリコプターには、消防防災ヘリコプターやドクターヘリなどがある。これらの救急搬送に関わるヘリコプターに関連する研究として、ヘリコプターを利用することによって救命率が向上したのかなどの医療的なアプローチの研究と、医療用ヘリコプターの普及や、効率的な利用、利用する際の安全性などに関する研究がある。

古田ら¹⁾の研究は、救急搬送に使われるヘリコプターの中でも消防防災ヘリコプターについて、着陸拠点の最適な配置モデルを提案することを目的に、出勤に関する時間を用いてモデル化をおこなっている。そして、モ

デルを用いてヘリポート、ヘリコプター配置の最適化の検討を行っている。また、同様に古田ら²⁾は、ドクターヘリについても検討を行っている。

宗広ら³⁾は、ドクターヘリが3機導入されている北海道を対象に、緊急離着陸場の利用実態と課題を基地病院へのヒアリングから明らかにしている。

ドクターヘリの運用する上で重要である救急車を対象とした研究として、鈴木⁴⁾は、救急車による救急搬送時間を短縮するために医療施設の最適配置モデルを提案している。モデルでは、病院までの総搬送時間が最小となるように、病院と救急車の配置を同時に決定する数理解計画問題を解いている。また、高山⁵⁾は、救急患者の救命率を向上するための地上搬送方式として、ドクターカーと救急車のドッキングシステムを提案している。その中で、救急車とドクターカーのドッキングポイントの選定基準を明らかにし、ドクターカーの導入効果の算定を試みている。

既存研究では、ドクターヘリなどの医療用ヘリコプターの普及のための実態分析や、救急車やドクターカーなどの車両による地上搬送の効率化の検討を行っている。しかしながら、ドクターヘリによる患者搬送を円滑化するための地上活動に関する分析は行われていない。そこで本研究では、ドクターヘリを対象に、ドクターヘリによる救急搬送を円滑的に行えるように、ドクターヘリ活動に伴う地上における活動実態を分析した。

2. 分析対象の設定

(1) 分析対象とするドクターヘリと出動データ

ドクターヘリは、2011年時点で33道府県で導入されている⁶⁾。このうち、本研究では、年間搬送件数が1,390件と全国で最も多く、ヘリ機体を2機（基地病院は、日本医科大学千葉北総病院と君津中央病院）保有している千葉県ドクターヘリを対象とした。また千葉県ドクターヘリのうち、2009年から運航された君津中央病院を基地病院とするドクターヘリ（君津ドクターヘリ）を対象とした。

また、本研究では、過去3年（平成21～23年度）の君津ドクターヘリの出動要請の中で、延べ出動要請が258件と最も多い夷隅都市広域市町村圏事務組合消防本部（以下、夷隅）の救急出動データを分析対象とした。

(2) 分析対象とする地上活動時間

分析においては、夷隅がドクターヘリ出動要請を行った258件のうち、救急車の出動データとマッチングできた平成23年度の121件を分析対象とした。

また分析した活動時間は、①傷病者が発生した場所

（救急現場）から救急要請を行い、消防本部が救急要請を受けてから救急車が出動し救急現場に到着した時刻（出動～現場）、②救急現場を離れた時刻とランデブーポイントに到着した時刻（現場～RP）を用いて分析を行った。

3. ドクターヘリ搬送に伴う地上活動時間

(1) ドクターヘリ搬送と救急車搬送による治療開始時間の比較

表-1に、ドクターヘリで患者を搬送した場合と救急車で患者を搬送した場合の治療開始までの時間を比較した。ここで、ドクターヘリで患者を搬送した場合の治療開始までの時間は、救急現場から傷病者を収容した救急車とドクターヘリが合流できた時点とし、救急車搬送による治療開始時間は病院に到着した時点とする。

その結果、ドクターヘリは、救急車に比べて平均で2分の迅速性がある。また、ドクターヘリの治療開始までの時間をみると、最短で救急要請から17分後に治療が開始されていることから、ドクターヘリの目的である早期治療が達成されていることがわかる。

なお、ドクターヘリによる救急搬送では、消防本部に救急現場から救急要請が入った時点で消防本部がドクターヘリに出動要請する場合と、救急要請を受けて出動し救急現場に到着した救急隊の判断によって出動要請される場合がある。したがって、ドクターヘリの出動は、救急車の要請と必ず同時ではないこともあるため、ドクターヘリの方が治療開始までに時間がかかる場合もある。

表-1 治療開始までの時間

	ドクターヘリ	救急車 ⁷⁾
平均時間	0:32	0:34
最大	1:12	/
最小	0:17	
標準偏差	0:09	

(2) 地上活動時間の比較

表-2は、ドクターヘリによる救急搬送に伴い救急車が消防署を出動し救急現場に到着するまでと、救急現場からRPに到着するまでの距離、所要時間を示したものである。

表より、消防署を出動してから救急現場に到着するまでと、救急現場からRPに到着するまでの距離は多少短くなっているが所要時間は長くなっている。この原因として、利用するRPの選定やRPでのドクターヘリの受入準備に時間を要していることや、RPまでの経路上の渋滞などが発生していることが考えられる。

表-2 救急車の地上活動データ

	出動～救急現場着		救急現場発～RP着	
	距離 (km)	所要時間 (分)	距離 (km)	所要時間 (分)
平均	4.8	0:07	4.3	0:14
最大	18.7	0:22	13.9	2:24
最小	0.0	0:01	1.1	0:00
標準偏差	3.9	0:03	2.6	0:14

(3) ドクターヘリ搬送と地上搬送切り替えの比較

ドクターヘリは、必ずしも傷病者をドクターヘリによって搬送するわけではなく、状況によっては、医師が傷病者を乗せた救急車に同乗して搬送することがある。

表-3は、ドクターヘリに搭乗した医師の指示により救急車による地上搬送に切り替え傷病者を医療機関まで搬送した場合と、ドクターヘリで医療機関へ搬送した場合の搬送時間、旅行速度を示したものである。

表より、地上搬送に切り替えた場合は平均所要時間が長くなるとともに、平均旅行速度が遅くなっていることがわかる。

表-3 地上搬送切り替えとドクターヘリ搬送の比較

	地上搬送切り替え		ドクターヘリ	
	所要時間 (分)	旅行速度 (km/h)	所要時間 (分)	旅行速度 (km/h)
平均	0:45	21.4	0:38	29.3
最大	1:10	34.7	1:28	150.0
最小	0:17	9.4	0:12	2.8
標準偏差	0:15	6.5	0:12	23.3

4. RPIに関する分析

(1) 使用されたRPの分析

図-1に夷隅におけるRPの位置を示す。夷隅は、いすみ市、勝浦市、大多喜町、御宿町の2市2町からなり、12か所のRPが指定されている。内訳は、運動場が5か所、学校が4か所、野球場が2か所、駐車場が1か所となっている。なお、図-1は、RPが11か所になっているが、これは、大多喜町でRPとして指定されている個所が、スポーツ施設であり、広大な用地であることから2個所指定されているが、表示において一地点として表記したためである。なお、平成23年度のドクターヘリによる救急搬送では、12か所のうち10か所が使用され、4個所の指定外の場所をRPとして利用していた。

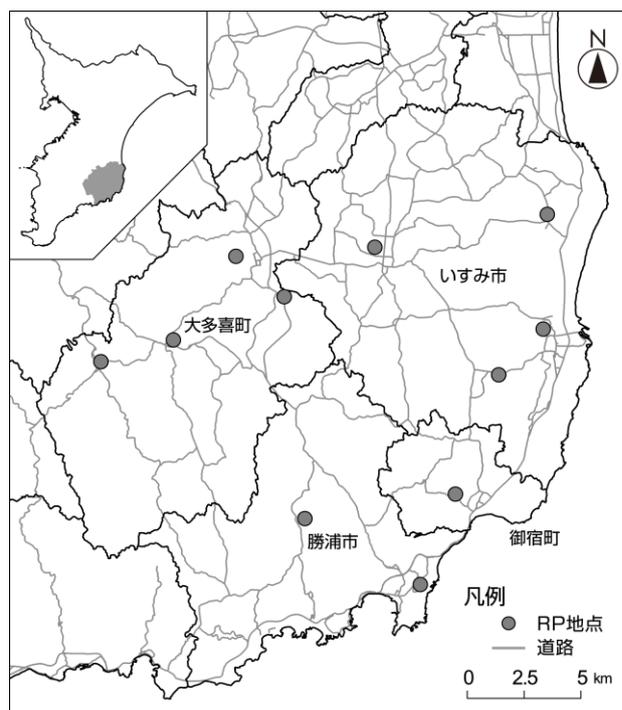


図-1 夷隅におけるRPの位置

(2) RPへの到着状況

RPに到着したドクターヘリと救急車の到着時刻を分析する。なお、ここでは、マッチングデータにおいて救急現場においてドクターヘリの出動要請を行った89件を対象とする。その結果、ドクターヘリと救急車のRPへの到着順番で、①同着(27件)、②ドクターヘリ早着(46件)、③救急車早着(16件)となった。

①同着は、救急現場で傷病者を収容した救急車とドクターヘリがRPに同時に到着したことを示す。

②ドクターヘリ早着は、ドクターヘリがRPに先に到着し救急車の到着を待っている状態を示す。この状態は、RPまでの距離が離れていることや、救急車の経路上において交通混雑に巻き込まれていることや、救急現場で傷病者を救急車に収容するまでに時間がかかっているために生じていると推察できる。特に、交通事故などでは、事故車両から傷病者の救出に時間がかかっていることなどが考えられる。

③救急車早着は、傷病者を収容した救急車がRPに先に到着しドクターヘリを持っている状態を示す。この状態は、RPまで比較的距離が近くドクターヘリの基地病院からRPが離れている場合や、RPでドクターヘリを受け入れるための準備や安全性の確保に時間がかかっていることから生じていると推察できる。

(3) RP別の利用状況

救急隊が、現場から最も近いRPを利用すると仮定し、簡易的にボロノイ分割を行った。図-2にRPごとに想定さ

れるカバー圏域と実際の適合率、図-3にRP別の利用率を示す。

RPごとのカバー圏域内で傷病者が発生した際、最寄のRPが運動場や広場の場合は、カバー圏域の中心にあるRPが利用される傾向にあるが、RPが学校の場合は利用率が低いことがわかる。

これは、小中学校をRPとして利用する場合には、ドクターヘリを着陸させるために生徒の退避や、散水などのドクターヘリ受け入れ準備が必要となるため、利用率が低くなっていると考えられる。

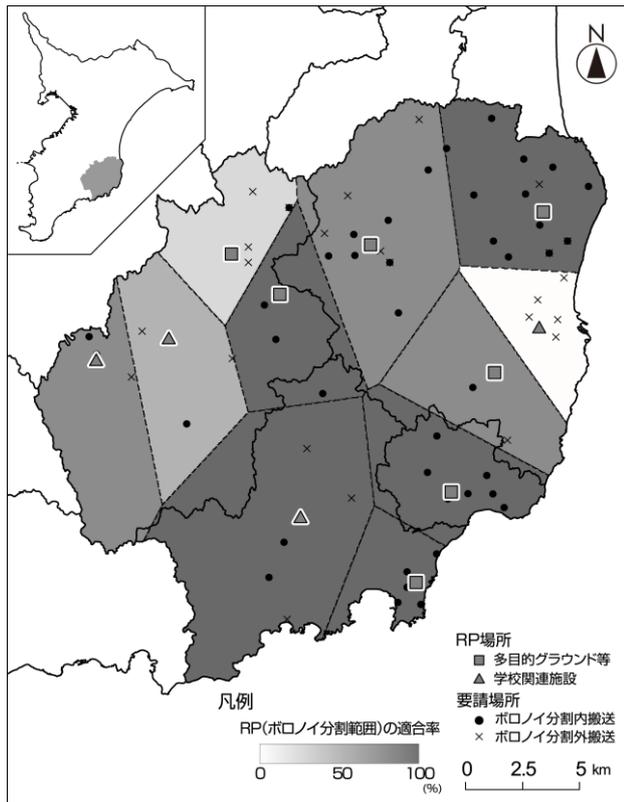


図-2 RPの想定されるカバー圏域と適合率

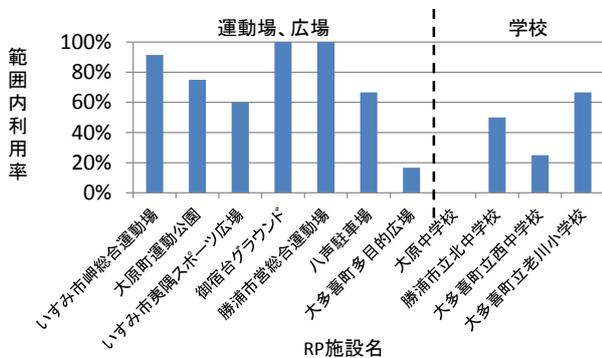


図-3 RP別の利用率

(4) RPカバー圏域と出動データの比較

表-4は、圏域内の現場がRPを使用した場合には範囲内

使用、圏域外の別のRPを使用した場合を範囲外使用とし、所要時間、距離、旅行速度の平均、最大、最小、標準偏差を示したものである。

その結果、平均所要時間にほとんど差が見られないが、範囲外使用では、距離が長くなるとともに旅行速度が速くなっている。これは、範囲内使用をすると渋滞や交差点などが原因となり時間を要すると判断し、範囲外で距離は遠くなるが渋滞や交差点が少ない範囲外使用をしているためだと考えられる。なお、ここでの所要時間はドクターヘリ搬送と救急車による搬送を含めていることから、旅行速度が高くなっている。

表-4 範囲内使用と範囲外使用における所要時間・距離・旅行速度

	範囲内			範囲外		
	所要時間 (分)	距離 (km)	旅行速度 (km/h)	所要時間 (分)	距離 (km)	旅行速度 (km/h)
平均	0:14	2.8	23.8	0:15	5.8	32.4
最大	1:10	8.7	150.0	2:24	19.1	98.0
最小	0:01	0.5	0.6	0:00	1.7	2.8
標準偏差	0:15	1.7	24.4	0:21	3.5	20.6

5. まとめ

ドクターヘリと救急車出動データのマッチングデータの分析から、以下の知見が得られた。

- 1) 出動から救急現場までより、救急現場からRPまで向かう方に時間を要している。このことからRPの選択、RPにおける受入準備に時間を要していると考えられる。
- 2) 救急車による患者搬送とドクターヘリによる患者搬送を比較した場合、ドクターヘリによる搬送の方が搬送時間が短い。このことから、ドクターヘリが地域の救急医療に貢献している。

3) RPのカバー圏域で傷病者が発生した場合に、カバー圏域の中心にあるRPを使う傾向にあるかは、RPの施設用途によって異なり、学校などは低い傾向にある。

今後は、このようなデータをもとにRP設置位置の見直しや等を行っていく必要があると考える。また、道路密度や渋滞箇所、交差点などを考慮にいれた分析を行い、道路環境とドクターヘリ運用の関係についても分析していきたいと考える。

謝辞：貴重な救急医療活動に関するデータをご提供頂きました千葉県ならびに夷隅都市広域市町村圏事務組合消防本部にここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1)古田壮宏, 田中健一「消防防災ヘリコプターの出場拠点とヘリポートの最大被覆型同時配置モデル」都市計画論文集, No.44-3, pp.751-756, 2009
- 2)古田壮宏, 田中健一「ドクターヘリシステムのための平均救命率最大化最適配置モデル」都市計画論文集, Vol.46(3), pp.823-828, 2011
- 3)宗弘一徳, 武本東, 渡邊正義「ドクターヘリの緊急離着陸場の利用実態と将来展望」第55回(平成23年度)北海道開発局技術研究発表会, 2011
- 4)高山純一, 中山晶一郎, 吉村仁「ドクターカー導入のためのドッキングポイントとその効果分析」, 第43回土木計画学研究発表会, 2011
- 5)鈴木勉「ドクターカー・システム導入による救急搬送時間の短縮可能性評価」日本オペレーションズ・リサーチ学会2004年秋季研究発表会, pp.92-93, 2004
- 6)救急ヘリ病院ネットワーク ヘムネット
HEM-Net : <http://www.hemnet.jp>
- 7)総務省消防庁, 2006年「救急・救助の現況」
http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/statistics/pdf/h18_kyukyu_kyujou.pdf