

ドクターヘリ導入を想定した 過疎地域における効果分析

竹原 良祐¹・高山 純一²・中山 晶一郎³・辰野 肇⁴

¹学生会員 金沢大学大学院自然科学研究科(〒920-1192 金沢市角間町)
E-mail:rtake720@gmail.com

²フェロー会員 金沢大学環境デザイン学系・教授(同上)

E-mail:takayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

³正会員 金沢大学環境デザイン学系・准教授(同上)

E-mail:snakayama@t.kanazawa-u.ac.jp

⁴正会員 (株) 国土開発センター (〒924-0838 石川県白山市八東穂3丁目7番地)

E-mail: tatsuno_hajime@kokudonet.co.jp

重篤な救急患者に対して、高度な救急医療を行うことができる三次救急医療機関は都市部に集中しており、都市部と地方部との地域格差が増大している。今後、高齢者の人口増加により救急要請の増加が考えられる。その改善策として、近年全国に拡大しているドクターヘリの導入が挙げられる。現在、救急医療ではプレホスピタルケアが重要視されており、実際にドクターヘリを導入する事が、救急患者の救命率向上にどれだけ効果を与えるのか検討を行うことは、地域毎に行われる必要があるといえる。本研究では、ドクターヘリ導入による救命率の向上、増加救命人数、逸失利益の算定について石川県を対象に検討を行う。

Key Words : critical care medical center, doctor heli, survival rate

1. はじめに

三次救急医療機関とは、「初期・二次救急医療機関では対応できない複数の診療科領域にわたる重篤な救急患者に対して、高度な医療を総合的に提供する医療機関」である。心筋梗塞、脳卒中などが三次救急の対象疾患となるが、高齢者人口の増加によりその要請が増加している。これは、救急搬送・救急医療体制の高度化の必要性の増大、救急搬送・救急医療体制の地域格差の増大という状況を作り出している。一方で救急医療は、医師・医療スタッフの絶対数不足や救急医療情報システムのリアルタイム更新の不備、高度救急医療機関の地域的偏在等といった課題を抱えている。

三次救急医療機関は、都市部に集中している傾向が強く、都市部と地方部での搬送時間の地域格差が指摘されている。河口ら¹⁾の調査で、青森、秋田、長崎、鹿児島 の 4 県では、60 分以内に三次救急医療機関に運べる住民数が県民の半数以下にとどまっており、全国的に三次救急医療活動の整備が求められている。これは石川県においても例外ではなく、三次救急医療機関は施設数が少ないうえに立地場所も金沢市内に集中しており、郊外地

域からの搬送にはかなりの時間を要しているというのが現状である。

近年、全国でドクターヘリの導入が進んでおり、地方の救急医療施設から離れている地域での救急要請に対応するという動きがみられている。より早く医師の処置を受けられるため、救急医療施設から遠い地域の要請に対応している。実際にドクターヘリを導入する事が救急患者の救命率向上にどれだけ効果を与えるのか。このことは、地域毎に行われる必要があるといえる。

本研究では、ドクターヘリを石川県の奥能登二次医療圏で導入を想定した場合、得られる効果を算出する。ドクターヘリの導入効果を救急搬送に関する時間短縮効果(救急救命率の上昇効果)として推定し、ドクターヘリ未導入県の足がかりになりうる基礎研究としたいと考えている。

2. 既存研究

藤本ら²⁾は、長崎救急医療協議会が運営する救急事務引継書約 4 万件のデータをもとに、脳内出血、くも膜下

出血、急性心筋梗塞、急性心不全、肺炎、CPAの6疾患において疾患ごとに、覚知から医療施設到着までの収容所要時間と救命率の関係の分析を行っている。これによって得られた各疾患の救命曲線から当該地域における現道拡幅計画による収容所要時間短縮を救命人数の増加として便益の算出を試みている。

小池³⁾は、近年、ドクターヘリコプターにおいて、離着陸出来る場所について改めて整理するとともに、夜間離着陸できる場外離着陸場について評価指標を設定し、愛知県を対象に現地調査等を行い、今後の夜間場外離着陸場のあり方について提案を行っている。

宗広⁴⁾は、北海道におけるドクターヘリの運航実態に関し、道央・道北・道東のドクターヘリを運航する医療機関へのヒアリング調査結果を踏まえ、ドクターヘリの出動状況、ランデブーポイントの利用状況、積雪期の課題について言及するとともに、今後の道路空間の利用方策について提案している。

栗木⁵⁾は、ドクターヘリの導入を費用効果の面から検討するため、北海道で導入されているドクターヘリを対象とし、外傷患者を想定して、費用効果分析を行った。感受性分析の結果から費用効果に大きく影響を与える変数は救急車搬送した場合の死亡者定数と搬送患者年齢であるとしている。

ドクターヘリを取り扱う研究は近年増加しつつあるが、実際に地域レベルでの導入検討、効果分析を行っている研究は少ない。そのため、今後も進行することが予想される緊急出動要請の地域間格差の解消と短時間で確実な効果を挙げなければならない三次救急活動の充実を可能にする本研究は、十分意義のあるものと考えられる。

3. 救急搬送の高度化

(1) 日本の救急医療体制

わが国の救急医療体制を金沢市の医療体制を例に示していく。初期（一次）救急医療機関体制として、在宅当番医制、「在宅当番医制運営事業」を実施している。また、金沢総合健康センターとの協定で、休日・夜間急患センターが運営されている。第二次救急医療機関体制としては、市内11病院が参加し土曜の夜間及び休日に内科、外科、小児科を診療科目とする病院郡輪番制病院運営事業が行われている。また、救急告示医療機関（救急患者を受け入れる意思表示をし、365日24時間で救急隊により搬送される傷病者に関する医療を担当する医療機関として、都道府県知事が認定したもの。）として、石川県内で53病院、29診療所が備えられている。さらに、第三次救急医療機関体制として、県立中央病院に救命救急センターが、金沢大学医学部附属病院に救急部がそれぞれ

設置され、救急医療の万全を目指している。

(2) ドクターヘリとは

実態としては経済的条件や地形的・気象的条件、場外離着陸場の確保の制約などから1990年代に至るまで、離島・僻地・船舶からの急患移送は行われていたものの、ドクターヘリなど機内や事故現場での治療はあまり行われてこなかった。しかし、1990年代から実験が行われ、その有効性が確かめられてからは、各地域での導入が進められている。2001年にドクターヘリ導入促進事業が始まって以来、ドクターヘリへの理解が進んで来ており、2013年6月には、全国35道府県41機へと広まっている。

拠点となる基地病院の構内や病院の隣接地にヘリポートを設置し、そこにヘリを離陸可能な状態で常時待機させており、搬送協定を締結した市町村消防署や広域市町村圏消防本部、警察からの出動要請を、病院内の救急救命センターが受けると、すぐに出動する。そして、消防、警察との交信の上で決定された、学校グラウンドや駐車場など、事前に設定された場外離着陸場に着陸するが、場合によっては消防機関や警察機関が着陸場所を確保した上で災害現場直近に降りることもある。消防機関が着陸場所を着陸可能な状態にしてから、患者の負担にならないよう救急車から少し離れた場所に着陸し、医師と看護師が救急車に向かい、救急車内で初期治療を開始する。患者の状態、および地域の医療事情に応じて、医師、看護師が救急車内に同乗して近隣の医療機関に搬送したり、ヘリで他の病院（基地病院とは限らない）に搬送したりする。ヘリが現場に着陸をしてから離陸するまでの間は消防隊が安全管理を行っている。医療機関や消防機関、警察機関などの連携が必要である。なお、患者負担の搬送費用は無料であり、治療費のほかに往診料等が請求されるだけである。

4. 収容所要時間短縮に関する検討

(1) 対象地域

奥能登地域は珠洲市、輪島市、能登町、穴水町の2市2町からなるが、それぞれいくつかの地区に分かれ、2市2町全体で46の地区から成っている。ここではその46の地区ごとで救急患者が発生すると仮定して、地区ごとに収容所要時間の算定を行っている。

a) 救急搬送需要の現状

本研究の対象地域である石川県奥能登地域（図-1では能登北部）では、奥能登広域圏事務組合を組織しており、輪島市・珠洲市・能登町・穴水町の救急需要に一括して対応している。ここでは、3消防署（輪島消防署、珠洲

消防署、能登消防署）・6 分隊（穴水分署、門前分署、町野分遣署、内浦分署、柳田分署、大谷分遣署）の消防拠点のうち、すべての消防拠点において救急隊を配置している。また奥能登地域において、平成 22 年中の救急出動件数は 2947 件で、石川県全体に占める救急出動件数の割合はおおよそ 7.8%となる。

b) 奥能登地域の構成

奥能登地域の高齢化率は他の地域と比較して非常に高く、救急要請が多い石川中央や南加賀地域と比較すると 1.5 倍以上である。また、将来予測としては奥能登地域の過疎化の進行や高齢者の増加により、高齢化率は急速に上がると予測されている。

高齢者は成年者に比べて心筋梗塞や脳卒中などの重篤な症状に陥ることが多く、より早く処置を行わなければ死に至る可能性が高くなると推測される。しかし、奥能登地域には重篤患者を中心に受け入れる三次救急医療機関がなく、能登中部地域にある公立能登総合病院まで搬送することため、他地域に比べて搬送時間が長くなることが多い。以上より、救急搬送需要は少ないが高齢化率が高く、三次医療機関までの搬送時間が多くかかる奥能登地域においてドクターヘリ導入を検討することは意義があると考ええる。

c) 救急要請場所の設定

本研究では対象地域である奥能登地域をいくつかの地区に分けて、それらの地区から救急要請があると仮定する。（輪島市16地区、珠洲市10地区、能登町16地区、穴水町4地区）



図-1 石川県内の地域分類

(2) 収容所要時間短縮に関する検討

a) 収容所要時間短縮の算定方法

まず、公立能登総合病院から奥能登地域の各離着陸場までの時間を地図ソフトで算出した。以下に算出結果を示す。出動準備時間は5分、ドクターヘリの平均速度は 200km/hとした。



図-2 奥能登地域の離着陸場

表-1 公立能登総合病院から各離着陸場までの時間

	離着陸場	住所	公立能登総合病院 までの直線距離 (km)	離着陸場到着 までの時 (分)
①	輪島市輪島野球場	輪島市福舟町敷波30-2	38.8	16.64
②	輪島高等学校グラウンド	輪島市河井町18-42-2	38.6	16.58
③	輪島市町野野球場	輪島市町野町東大野出60	45.5	18.65
④	大谷中学校グラウンド	珠洲市大谷町11-78	54.6	21.38
⑤	珠洲市宮グラウンド	珠洲市野々江町6-1	53.2	20.96
⑥	穴水町市営グラウンド	穴水町由比ヶ丘いの32	20.8	11.24
⑦	輪島市門前町野球場	輪島市門前町清水7-1	32.1	14.63
⑧	鹿波台運動公園駐車場	能登町字鹿波23-54	32.3	14.69
⑨	能登町柳田野球場	能登町字柳田梅部90	51.4	20.42
⑩	内浦陸上競技場	能登町字布浦20-5	42.6	17.78
⑪	珠洲市総合病院	珠洲市野々江町1-1	53.1	20.93
⑫	能登町富都野球場	能登町字出津イ5	34.1	15.23
⑬	穴水陸上競技場	穴水町由比ヶ丘イ42	20.7	11.21
⑭	輪島マリンタウン	輪島市マリンタウン地先埋立	39.1	16.73
⑮	穴水町あすなろ広場	穴水町字川島サの127番地1	21.9	11.57
⑯	能登空港	石川県輪島市三井町衛10-11-1	27.9	13.37

表-1より奥能登地域ほとんどの離着陸場に対して、20分以内に到着することが出来る事がわかる。ドクターヘリ導入なしの場合、患者が発生すると救急車が現場に向かい、基本的には現場から公立能登総合病院へ搬送したのちに、医師による初期治療が施される。それに対し、ドクターヘリを導入した場合は、要請されてから公立能登総合病院を出発して離着陸場へ向かい、そこで患者を乗せた救急車とドッキングした時点で初期治療を施すことになる。そこで、本研究では119番通報があり、出動要請後にドクターヘリが離着陸場に到着するまでの時間と、消防署から救急車が現場へ行き、患者を乗せてから、離着陸場に到着するまでの時間を求めることで、初期治療開始までの時間を算定する。

b) 各地区からの搬送所要時間

各地区から公立能登総合病院までの搬送所要時間は以下の通りである。なお、所要時間の算定には、高速自動車の平均速度を 90km/h、一般道路の平均速度を 60km/h とした上で、地図ソフトで算出した値を用いている。

能登地域唯一の三次救急医療施設である公立能登総合病院まで46地域平均で1時間00分43秒を要し、最も長い所要時間は珠洲市の目置地区からで、1時間27分、最も短い所要時間は穴水町の穴水地区からで33分だった。また、1時間以上を要する地区は珠洲市、能登町を中心に21地区と奥能登地域全体の地区数の6割弱を占めていること

が判明した。また、最寄りの消防署からのかけつけ時間と現場滞在時間(ここでは全て10分間と定義)を考慮した、搬送所要時間では、平均で1時間17分44秒、最も搬送所要時間の長い目置地区で1時間49分、短い穴水地区で49分だった。42地区が1時間を超える結果となった。

c) 初期治療開始時刻の算定

初期治療開始時刻の算定にあたり、一般的にドクターヘリが要請されることが多いとされる2つのタイミング(119番通報で症状を把握した時点と救急車が現場に到着し、患者の容態を確認した時点)でドクターヘリが要請されたと想定した。その結果を表-2に示す。

表-2 初期治療開始時刻の平均

	病院収容時間		[覚知後] 初期治療開始時刻		[現場到着後] 初期治療開始時刻	
平均	1:17:44		0:23:27		0:33:26	
最大値	目置	1:49:00	諸橋	0:45:00	諸橋	0:45:00
最小値	穴水	0:49:00	門前	0:14:00	門前	0:26:00

ドクターヘリを導入した方がいち早く患者の初期治療を行えることが分かる。各地区から能登総合病院までの収容所要時間が平均で1時間17分44秒であるのに比べ、ドクターヘリを導入すれば平均で、23分27秒(覚知と同時にドクターヘリ要請)、33分26秒(救急現場出発と同時にドクターヘリ要請)で初期治療を開始することができる。ここではドクターヘリがドッキングして行う医師による初期治療の効果と、病院に収容されて行われる治療の効果を同等であるとの仮定の上での検討ではあるが、効果があることを示すことが出来た。

5. 救命率の向上及び逸失利益の算定

(1) 救命曲線

藤本ら²⁾は、長崎市を中心とする1市10町、人口542千人(平成12年)を対象とした救急搬送業務の実態調査から、搬送患者の収容所要時間と救命率の関係を曲線に表している。救急搬送データは、平成9年9月1日から平成13年6月30日までの3年10ヶ月分の42,839件を用い、搬送後2週間以内の死亡者数が100件以上と多く、効果の計測に影響が大きいと見込まれる155件の脳内出血、102件のくも膜下出血、149件の急性心筋梗塞、147件の急性心不全、142件の肺炎、519件のCPA(心肺停止)の6疾患を対象としている。本研究では、これらの救命曲線をもとに救命率の向上を検討する。

(2) 救命率向上の算定

藤本らの救命曲線をもとに、ドクターヘリ導入による

初期治療までの時間短縮に関して、救命率がどれほど向上するのかを算定する。救命曲線をもとに地区ごとに覚知と同時に要請した場合と現場出発と同時に要請した場合の2通りの救命率を算出した。

(3) 増加救命人数の算定

救命曲線から得られた救命率の向上により、年間の増加救命人数を示したのが表-4と表-5である。ドクターヘリの場合、活動時間が制限されるため、参考文献⁶⁾より得た表-3を考慮した上で、増加救命人数を算出した。

「覚知と同時に要請した場合」と「現場出発と同時に要請した場合」が同じ数だけ行われると仮定して、その平均をもって年間の増加救命人数とした(表-6)。

表-3 時間帯別搬送人員

急病	時刻(h:m)			計
	0:00~8:30	8:30~17:30	17:30~24:00	
搬送人員(人)	815652	1440997	970364	3227013
割合(%)	25.3	44.7	30	100

表-4 増加救命人数(覚知と同時に要請)

覚知	発症者数(人)	搬送所要時間での救命率【A】	ドッキングした時点での救命率【B】	【A】での救命人数(人)	【B】での救命人数(人)
脳内出血	39.36	0.102	0.596	4.01	12.70
くも膜下出血	17.47	0.006	0.303	0.10	2.42
急性心筋梗塞	32.29	0.224	0.745	7.23	14.75
急性心不全	29.62	0.212	0.754	6.28	13.46
肺炎	71.31	0.306	0.718	21.79	34.94
合計	190.06			39.41	78.26

表-5 増加救命人数(現場出発と同時に要請)

現場	発症者数(人)	搬送所要時間での救命率【A】	ドッキングした時間での救命率【B】	【A】での救命人数(人)	【B】での救命人数(人)
脳内出血	39.36	0.102	0.505	4.01	11.11
くも膜下出血	17.47	0.006	0.188	0.10	1.52
急性心筋梗塞	32.29	0.224	0.728	7.23	14.51
急性心不全	29.62	0.212	0.742	6.28	13.30
肺炎	71.31	0.306	0.649	21.79	32.74
合計	190.06			39.41	73.18

表-6 増加救命人数(平均)

	増加救命人数(人)
覚知と同時に要請した場合	38.85
現場にて要請した場合	33.77
平均	36.31

奥能登地域で5疾患にて救急搬送される患者は、年間で約190人である。従来通り公立能登総合病院へ搬送してから治療を開始した場合、約40人が救命される。それに対し、ドクターヘリを導入し、ドッキングした時点で施す初期治療を病院で施す治療と同等であるとみなした場合、約76人が救命される結果となった。

(4) ライブニッツ式

ここでは、救命人数の向上の算出結果を利用し、ドクターヘリの導入効果の算定を行う。本研究では、ドクターヘリ導入による救命1人当たりが生み出す利益を死亡1人当たりの逸失利益として算出する。逸失利益の算定には、交通事故の裁判などで用いられているライブニッツ式計算法を用いる。下記の式にライブニッツ式を示す。

$$T = Aqs \quad (1)$$

T: 損害の現在価値

A: 年収

q: (1-生活費控除)

s: ライブニッツ係数

各疾患の平均発生年齢は全国的な統計がないため、本研究では、参考文献 1) より抜粋した(表-7)。ライブニッツ係数は、表-7の年齢に対応したものをを用いている。

表-7 各疾患の平均発生年齢

病名	平均年齢
脳内出血	67.9
くも膜下出血	63.8
急性心筋梗塞	71.6
急性心不全	78.5
肺炎	77.9

表-8 ドクターヘリ導入による利益
(覚知と同時に要請した場合)

覚知	増加救命 人数(人)	発症者の 平均年齢 (歳)	ライブニッツ 係数	死亡に伴う 損失利益 (万円/ 人・年)	死亡に伴う 損失利益 (万円/ 年)
脳内出血	8.7	67.9	6.463	788.7	6853.1473
くも膜下出血	2.3	63.8	7.108	867.5	2015.026
急性心筋梗塞	7.5	71.6	5.076	619.5	4653.2921
急性心不全	7.2	78.5	3.546	432.8	3108.2031
肺炎	13.1	77.9	4.329	528.3	6945.3243
合計	38.9				23574.993

表-9 ドクターヘリ導入による利益
(現場出発と同時に要請した場合)

現場	増加救命 人数(人)	発症者の 平均年齢 (歳)	ライブニッツ 係数	死亡に伴う 損失利益 (万円/ 人・年)	死亡に伴う 損失利益 (万円/ 年)
脳内出血	7.1	67.9	6.463	788.7	5595.5493
くも膜下出血	1.4	63.8	7.108	867.5	1237.7442
急性心筋梗塞	7.3	71.6	5.076	619.5	4509.7165
急性心不全	7.0	78.5	3.546	432.8	3039.3138
肺炎	10.9	77.9	4.329	528.3	5783.7796
合計	33.8				20166.103

表-10 ドクターヘリ導入による効果

	導入効果(万円)
覚知と同時に要請した場合	23575.0
現場にて要請した場合	20166.1
平均	21870.5

奥能登地域を対象として、公立能登総合病院にドクターヘリを設置し、運用した場合、年間約36名の救命人数の増加を見込めるということが分かった。また、高齢者一人当たりの平均所得である203.4万円(参考文献7)8)9)の平均)を考慮した上で、約36名の逸失利益をライブニッツ式により算定した結果、ドクターヘリの導入効果は、年間で2億1870.5万円となった。しかし、ドクターヘリの年間維持費用は、ヘリ変動費、医師等人件費、運航調節費、ヘリ固定費等を含め、年間1億6980万円¹⁰⁾と言われている。これらを踏まえ、本研究ではドクターヘリの導入利益を逸失利益を換算した場合、4890.5万円の効果が得られるという結果となった。

6. おわりに

石川県の三次救急搬送では、ドクターヘリは導入されていないが、三次救急医療施設を有さない奥能登二次医療圏においてドクターヘリを導入することは、救命率の向上や救急医療の地域格差の是正にもつながり、安心して生活できる社会の構築に役立つことである。救急医療において近年注目されているプレホスピタルケアの充実を図ることが可能になる。

ドクターヘリを要請するタイミングは、大きく分けて2通りである。119番通報を受けた覚知の場合と、救急隊が救急現場に到着して、必要であるとの判断から要請する場合である。今回、その両方で検討を行い、その2つのパターンが同確率で起こると仮定して計算を行った。結果、年間約36名の救命増加が望め、それは2億1870.5万円の逸失利益であることを示した。

今後の課題として、まずドクターヘリの対象地域及び配備箇所については、現段階では奥能登地域に焦点を当てたため、公立能登総合病院にドクターヘリを配備するとした。しかし、今後、対象地域を石川県全体、また北陸3県(共同導入)へと拡大する場合、新たな配備個所の検討を行う必要がある。現在の搬送状況、今後の需要予測などを考慮した最適配備箇所の決定をしたい。ドクターヘリの出動については、宗広ら³⁾の研究より、ドクターヘリの未出動の原因として、出動中及び同時出動要請が約20%を占めることが判明している。佐賀県、沖縄県を除き全国各地に少なくとも1機は配備されている消防防災ヘリとの役割分担を含めた連携についての検討が必要である。

謝辞：本研究は、平成 22 年度～平成 24 年度科学研究費補助金基盤研究（B）（代表：高山純一，課題番号：22360203）により行った研究成果の一部である。研究助成に対して、ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 河口洋行：3 次救急施設へのアクセス時間に関する研究，病院管理（日本病院管理学会）43 巻 1 号，p35-46，2006 年
- 2) 藤本昭，橋本孝来：救急患者の収容所要時間・救命率曲線を使った道路整備の救命向上効果計測，九州技報第 31 号，p15-21，2002 年 7 月
- 3) 小池則満：ヘリコプター救急を支える離着陸場整備のあり方，土木計画学研究・講演集 vol.43，2011
- 4) 宗広一徳，武本東，高橋尚人，葛西聡：北海道におけるドクターヘリの運行実態と道路空間との連携に関する研究，土木計画学研究・講演集 vol.43，2011
- 5) 栗木麻衣，寺下貴美，小笠原克彦：北海道におけるドクターヘリの費用効果分析の試み：外傷患者における救急車搬送された場合に仮定される死亡者定数を用いたシミュレーション，日本医療・病院管理学会誌，Vol.46，2009
- 6) 平成 24 年版 救急・救助の現況，http://www.fdma.go.jp/neutertopics/kyukyukyujo_genkyo/h2401_kyukyu.pdf
- 7) 厚生労働省：平成 19 年国民生活基礎調査の概況
- 8) 厚生労働省：平成 16 年国民生活基礎調査の概況
- 9) 厚生労働省：平成 13 年国民生活基礎調査の概況
- 10) 益子邦洋：救急医の覚悟が問われる時代，アスカ 21 第 70 号，2009 年
- 11) 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，土木計画学研究・講演集 vol.43，2011
- 12) 救急ヘリ病院ネットワーク HEM-NET，<http://www.hemnet.jp/>
- 13) 現在価値（逸失利益）の計算，<http://www.asahinet.or.jp/~ZI3H-KWRZ/law2traffic2.html>

