Ⅰ.総括研究報告

厚生労働行政推進調査事業費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業）
総括研究報告書

研究課題：ドクターヘリの適正配置・利用に関する研究

研究代表者　　猪口　貞樹　　東海大学医学部外科系救命救急医学　教授

研究要旨
本研究の目的は、ドクターヘリの効率的かつ効果的な配備について提言することである。本年度は、2 年間の研究の１年目として、以下の各課題について検討した。

(1) **ドクターヘリの数理モデル作成**：ドクターヘリ適正配置数理モデルを作成するための評価指標等の検討および使用するデータの収集を行った。
(2) **ドクターヘリの費用便益分析**：支払意志額（WTP）を用いた費用便益分析により、全国各地域のドクターヘリに対する便益を推定した。対象人数の範囲を変化させても 8 割以上の病院では正味の便益が正であるという結果が得られた。
(3) **ドクターヘリレジストリの分析**：ドクターヘリレジストリのうち使用可能な登録症例 9,282（ドクターヘリ：4,171、地上搬送：2,881）から分析用データベースを作成した。登録傷病、搬送手段別の傷病分布等に顕著な偏りはなく、効果検証に耐えられるものと考えられた。
(4) **ドクターヘリ安全管理基準の作成**：専門家の意見を集約して「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準試案」を作成した。次年度はこれをもとに、搭乗する医療クルーへの教育と搭乗要件、全国ドクターヘリインシデント/アクシデント収集システム、標準運航要領、標準運用手順書について検討を行い、「ドクターヘリ安全管理基準」を完成させる。
(5) **ドクターヘリ以外の医療関連ヘリ安全管理基準の検討**：長崎県離島医師搬送システムを調査したところ、洋上飛行を前提にした安全装備がなされていたが、悪天候への対応について、さらに検討が必要と思われた。
(6) **患者搬送に用いるヘリコプターの機体に関する検討**：重症患者を搬送する本邦ドクターヘリでは、現行通りに双発エンジンの機体を使用すべきである。一方、緊急性を要さない医師派遣や全身状態の安定した患者の搬送に対しては、単発エンジン機の活用も検討対象になると思われた。

【分担研究者】
髙山　隼人・長崎大学病院地域医療支援センター副センター長
中川　雄公・大阪大学医学部附属病院高度救命救急センター　助教
野田　龍也・奈良県立医科大学公衆衛生学講座講師
鵜飼　孝盛・慶應義塾大学理工学部管理工学科　助教
【研究協力者】
髙嶋　隆太・東京理科大学工学部経営工学科　准教授
田中　健一・慶應義塾大学理工学部管理工学科　准教授
伊藤　真理・東京理科大学工学部経営工学科　助教
荻野　隆光・川崎医科大学救命科　教授
北村　伸哉・君津中央病院　救命救急センター長
早川　達也・聖隷三方原病院　救命救急センター長
篠崎　正博・岸和田徳洲会　救命救急センター長
中川　儀英・東海大学医学部外科学系救命救急医学准教授
西川　渉・特定非営利活動法人 救急ヘリ病院ネットワーク（HEM-Net）理事
高岡　信・全日本航空事業連合会ドクターヘリ分科会　委員長

辻　友篤・東海大学医学部外科学系救命救急医学講師

Ａ.研究目的

本研究は、ドクターヘリの効率的かつ効果的な配備について提言することを目的としている。平成２８年度は、２か年にて実施する研究計画の1年目にあたる。

平成１３年より整備が始まった救急医療用ヘリコプター（以下ドクターヘリ）事業は、早期の救急医療の開始を目的とした救急現場への医師派遣システムである。これまで全国的な配備が進められてきた結果、平成２８年年度末時点で全国５１機が運航されている。一方、これまでは各都道府県の実情により配備がなされてきたため、適正な社会投資といえる配備機数や基地病院の配置について、国全体としての検討は十分にはなされていなかった。

平成２７年度厚生労働科学特別研究「ドクターヘリの適正な配置及び安全基準のあり方に係る研究」（主任研究者猪口貞樹）を行い、外傷に対するドクターヘリの救命効果とコスト効率性、基地病院の適正配置および安全管理上の課題について研究を行い、現時点における適正配置案も提示したが、定量的な分析は未だ不十分である。

そこで本研究では、オペレーションズリサーチの手法を用いてドクターヘリの数理モデルを作成し、定量的な評価を行う予定である。併せてドクターヘリ整備政策の費用便益分析、ドクターヘリ

レジストリのデータ分析を行う。
　また、本邦ドクターヘリには、現在のところ統一された安全運航・運用のための基準が存在しない。このため、本研究では、「ドクターヘリ安全管理基準」を作成する。

B.研究方法

　本年度は以下6つの課題について研究を実施した。

(1) ドクターヘリの数理モデル作成
　オペレーションズ・リサーチ、数理最適化の手法を用いて、適正な基地病院の配置、配備機数についての検討のためのモデル分析を行う計画である。本年度は、このための評価指標等の検討、使用するデータの収集と検討を行った（鵜飼、中川他）。

(2) ドクターヘリの費用便益分析
　日本全国を対象としてドクターヘリに対するアンケート調査を実施のうえ、ドクターヘリに対する支払意志額（以下WTP）およびリスク削減WTPを算出し、費用便益分析を行った。また外傷に対するドクターヘリの有効性・費用効果に関する文献調査を実施した（鵜飼他）。

(3) ドクターヘリレジストリの分析
　日本航空医療学会のデータ収集事業（ドクターヘリレジストリ）に登録されている症例を中間集計のうえ分析し、今後の効果検証、数理モデル作成等に使用可能か否かを検討した（髙山・野田）。

(4) ドクターヘリ安全管理基準の作成
　専門家の意見を集約のうえ、「ドクターヘリ安全運航のための管理基準」試案を作成した（髙山、猪口他）。

(5) ドクターヘリ以外の医療関連ヘリ安全管理基準の検討
ドクターヘリ以外の医療関連ヘリ（医師派遣、離島医療等）の実態を調査し、安全管理基準について検討した（髙山）。

(6) 患者搬送に用いるヘリコプターの機体に関する検討
　ドクターヘリ及びその他の患者搬送用ヘリコプターの機体、特に単発エンジン機について検討した（猪口他）

（倫理面への配慮）
　アンケート調査は、東海大学臨床研究委員会の承認を得て行った。ドクターヘリレジストリの分析は、日本航空医療学会から提供され連結不可能・匿名化されたデータを用いた。本研究は特定の個人や動物等を対象とした研究ではなく、倫理的問題を生じる可能性は少ないと考えられたが、情報管理等や人権擁護等には細心の注意を払った。

C.研究結果

(1) ドクターヘリの数理モデル作成
　数理モデルの評価の規準として、「供給の総量を一定とした際の、定められた指標」、「目標とする指標の値を定めた上で、これを達成する供給量」を用い、需要としては各地の人口に性別・年齢階級別・傷病分類別の年間発生頻度で重み付けを行い搬送対象となる量の推定を行う。その上で、配置された医療機関から一定の距離以内に存在する需要の量、地上搬送との比較における救命率の増分等を指標として用いることを検討した。

(2) ドクターヘリの費用便益分析
　データ収集は調査会社に依頼し、インターネット上で行った。調査対象は 15 歳から 69 歳までの男女で、年齢と住んでいる地域ごとの人口分布に合わせて調査を行った。北海道が 91、東北が 136、関東が 651、中部が 310、近畿が 336、中国が 113、四国が 63、九州が 212 の合計 1,912 サンプルを得た。
　ドクターヘリに対する WTP は、最も高い関東は、最も低い四国の 2 倍以上であったが、地域格差は統計的に有意ではなかった。
　総便益＝対象人数ｘリスク削減 WTP　として費用便益分析を行った。45 か所の基地病院のうち、10～20㎞ 圏内の人口を対象にすると 38 ヵ所、20～30㎞ 圏内の人口を対象にすると 38 ヵ所、30～40㎞ 圏内の人口を対象にすると 41 ヵ所の総便益が、年間の維持費である 2 億円を超えていた。北海道と沖縄に総便益が 2 億円を超えない病院が見られた。

(3) ドクターヘリレジストリの分析
　登録データについて検討した結果、研究に使用可能な登録症例数は、9,282 症例（ドクターヘリ：4,171、地上搬送：2,881）であった。このデータから分析用のデータベースを作成し、ドクターヘリ搬送例と地上搬送例について登録状況を検討した。登録された疾患は、実際のドクターヘリの搬送疾患とほぼ比例しており、登録傷病に顕著な偏りはなく、搬送手段別の疾患分布でも、大きな偏りはなかったため、効果検証に耐えられるものと考えられた。

(4) ドクターヘリ安全管理基準の作成
　本年度は、専門家の意見を集約して、「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準試案」を作成した。

(5) ドクターヘリ以外の医療関連ヘリ安全管理基準の検討
　本年度は、長崎県のヘリコプターによる医師派遣について、実態調査を行った。長崎県離島医師搬送システムは平成 23 年 11 月から開始された。機体は、ドクターヘリに準拠した双発エンジン、洋上運航のためのエマージェンシーフロートを装備し、更にオートパイ

ロットや空中衝突防止装置を装備していた。

(6) 患者搬送に用いるヘリコプターの機体に関する検討

米国 HEMS では単発エンジン機の方が事故率が高いこと、重症・重篤患者を搬送するドクターヘリでは単発エンジン機にトラブルが生じると患者の生命にかかわる可能性が高いこと、本邦ドクターヘリでもこれまでに飛行中のエンジン停止が 2 件発生していること、単発エンジン機では機内が狭く救命行為を行うには困難であることなどが指摘された。

D.考察

(1) ドクターヘリの数理モデル作成

数理最適化問題のモデルとしては、配置病院から一定距離以内にある領域の人口を最大化するという最大被覆問題型のモデルを採用する。ただし、基地病院から近い地域では地上搬送が有利となるため、基地病院を中心とする同心円に挟まれた範囲の人口を対象とする。さらに、人口だけでなく、本研究班で同時に進めているドクターヘリの便益、ドクターヘリによる効果（救命率の向上）なども勘案して計算を行う予定である。

(2) ドクターヘリの費用便益分析

多くの地域で、ドクターヘリによる便益が費用を上回っていることが確認された。北海道と沖縄の病院が2億円を超えることができなかったのは、この範囲内の人口密度が低いためと考えられた。費用便益分析の結果は、今後ドクターヘリ適正配置の数理モデルに反映することができる。

(3) ドクターヘリレジストリの分析

ドクターヘリレジストリのデータを用いて、分析用のデータベースは、登録病院や傷病に一定の偏りはあるが、ドクターヘリ搬送の効果検証等は十分に可能と思われるため、次年度は、このデータベースを用いて分析を行い、結果を今後ドクターヘリ適正配置の数理モデルに用いる予定である。

(4) ドクターヘリ安全管理基準の作成

本年度作成した「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準試案」をもとに、次年度は、①搭乗する医療クルーへの教育（カリキュラム、質の管理など）と搭乗要件、②全国のドクターヘリインシデント/アクシデント収集システム、③ドクターヘリの標準運航要領、標準運用手順書について検討を行い、これらの結果を加えて、「ドクターヘリ安全管理基準」を完成させる。

(5) ドクターヘリ以外の医療関連ヘリ安全管理基準の検討

長崎県離島医師搬送システムは、洋上飛行を前提にした安全装備がなされていたが、悪天候への対応についてさらに検討が必要と思われた。

(6) 患者搬送に用いるヘリコプターの機体に関する検討

重症患者を搬送する本邦ドクターヘリでは、安全性、機体スペースなどの観点から、現行通りに双発エンジンの機体を使用すべきである。一方、緊急性を要さない医師派遣や全身状態の安定した患者の搬送であれば単発エンジン機の活用も検討対象になる。

(7) 今後の展望

次年度は、分担研究者を増やし、体制を拡充して研究を継続する予定である。

本年度の研究により、ドクターヘリ適正配置数理モデルの基本的な枠組みを検討した。また、WTP を用いた費用便益分析により、全国各地域のドクターヘリに対する便益が推定された。さらに、ドクターヘリレジストリのデータから、効果検証等が可能なデータベースを作成することができた。

次年度は、上記の結果を踏まえて、ドクターヘリ適正配置数理モデルを作成し、これを用いた各種シミュレーションを実施する予定である。

また、本年度作成した「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準試案」をもとに、医療クルーへの教育と搭乗要件、全国ドクターヘリインシデント/アクシデント収集システム等の検討結果を加えて、「ドクターヘリの安全管理基準」を完成させる。

次年度も、ドクターヘリ以外の医療関連ヘリ（医師派遣、離島医療等）の実態を継続して調査する。

E.結論

- ドクターヘリ適正配置数理モデルの評価指標等の検討、使用するデータの収集と検討を行った。
- 支払意志額（WTP）を用いた費用便益分析により、全国各地域のドクターヘリに対する便益を推定した。対象人数の範囲を変化させても8割以上の病院では正味の便益が正であるという結果が得られた。
- ドクターヘリレジストリのうち使用可能な登録症例9,282（ドクターヘリ：4,171、地上搬送：2,881）から分析用データベースを作成した。登録傷病、搬送手段別の疾患分布等に顕著な偏りはなく、効果検証に耐えられるものと考えられた。
- 専門家の意見を集約して「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準試案」を作成した。これをもとに、搭乗する医療クルーへの教育と搭乗要件、全国のドクターヘリインシデント/アクシデント収集システム、標準運航要領、標準運用手順書について検討を行い、「ドクターヘリ安全管理基準」を完成させる。

- 長崎県離島医師搬送システムでは、洋上飛行を前提にした安全装備がなされていたが、悪天候への対応についてさらに検討が必要と思われた。
- 重症患者を搬送する本邦ドクターヘリでは、現行通りに双発エンジンの機体を使用すべきである。一方、緊急性を要さない医師派遣や全身状態の安定した患者の搬送に対しては、単発エンジン機の活用も検討対象になると思われた。

Ｆ.健康危険情報

なし

Ｇ.研究発表

1．論文発表

なし

2．学会発表

・ 遠藤雪乃、髙嶋隆太、鵜飼孝盛、伊藤真理、辻友篤、猪口貞樹、ドクターヘリ整備政策の費用便益分析、「都市のOR」ワークショップ2016、南山大学名古屋キャンパス（2016年12月11日）。

・ 遠藤雪乃、髙嶋隆太、鵜飼孝盛、伊藤真理、辻友篤、猪口貞樹、ドクターヘリ整備政策の費用便益分析、日本オペレーションズ・リサーチ学会2016年春季研究発表大会、沖縄県市町村自治会館（2017年3月17日）。

Ｈ.知的財産権の出願・登録状況

なし

1．特許取得

なし

2．実用新案登録

なし

3．その他

なし