

.総合研究報告

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

研究目的：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・利用について提言することである。以下の各課題について研究を実施した。

- 1. ドクターヘリ数理モデルの作成に関する研究：** ドクターヘリの搬送時間と生存退院に対する効果を分析したところ、傷病発生現場から収容先医療機関まで 10～40 分で生存退院が有意に増加すると推測された。搬送時間 10 分は救急車搬送距離 7km に相当した。上記と先行研究の結果に基づきドクターヘリ配置の数理モデルの評価指標を作成し、様々な条件下で検討を行った。各県に現行の配備機数を配備するという制約の下で配備病院と同一県内の人口のみを評価指標の対象とする場合、現行配置の評価指標は評価指標最大化配置の 95%以上であることから、各県において自県内を対象とする場合、ドクターヘリの現行配置は概ね妥当と考えられた。また非カバー地域は県境付近に多く、地域連携が重要と思われた。
- 2. ドクターヘリレジストリのデータ分析に関する研究：** JHEMS のデータを集計し、さらに重症成人外傷の受傷 1 か月後の転帰に対するドクターヘリの有効性を検証した。ドクターヘリ搬送による重症成人外傷の 1 か月生存への影響は明らかでなかったが、1 か月脳機能カテゴリー良好例が有意に増加することが判明した。
- 3. ドクターヘリの費用便益分析に関する研究：** ドクターヘリに対する支払意思額（WTP）を調査したところ、全国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と推定された。また、地域内の人口密度によって、WTP そのものや WTP に影響する因子が異なることが明らかになった。
- 4. ドクターヘリ安全管理基準の作成に関する研究：** ドクターヘリの安全な運用・運航に望まれる医療クルーの教育方針（指針）、全国基地病院が共通で使用するためのインシデント/アクシデント分類表と報告フォーマット、ドクターヘリの標準運航要領・標準運用手順書、についてそれぞれ検討し、専門家の意見を集約のうえ、～ を反映させた「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準」を作成した。今後は、これを速やかに普及させる必要がある。
- 5. ドクターヘリ以外の医療関連ヘリ安全管理基準の作成に関する研究：** ドクターヘリ以外の医療関連ヘリの安全管理基準を検討するため、離島への医師派遣システムである長崎県の Nagasaki Islands Medical Air System (NIMAS) 事業の訪問調査を行った。双発エンジン、エマージェンシーフロート、オートパイロット、空中衝突防止装置 (TCAS) など、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：** 単発エンジンの機体について検討した結果、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と考えられた。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。

今後の展望：本研究の結果は、ドクターヘリを安全かつ効果的に運用していくための基盤となるものであり、特に「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準」を、速やかに全国基地病院に提供し安全管理の普及をはかりたい。また本研究から、ドクターヘリの効果的・効率的な運用を行うための要請基準や要請方式などについてさらに調査・研究を実施すること、安全情報を共有するためのデータベースおよび全国ドクターヘリの運用状況を登録するデータベース（ドクターヘリ・レジストリ）を整備し、本邦ドクターヘリの運用状況を継続的に検証・改善していくための基盤を整備することが、今後の重要な課題と考えられた。

【分担研究者】

高山 隼人・長崎大学病院地域医療支援センター副センター長
辻 友篤・東海大学医学部外科学系救命救急医学講師
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・防衛大学校電気情報学群情報工学科

講師

高嶋 隆太・東京理科大学工学部経営工学科 准教授
田中 健一・慶應義塾大学工学部管理工学科 准教授
荻野 隆光・川崎医科大学救急医学 教授
早川 達也・聖隷三方原病院高度救命救急センター長

【研究協力者】

伊藤 真理・東京理科大学工学部経営工学科 助教
 北村 伸哉・君津中央病院 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
 篠崎 正博・岸和田徳洲会 救命救急センター顧問
 小林 誠人・公立豊岡病院組合立豊岡病院 救命救
 急センター長
 土谷 飛鳥・独立行政法人国立病院機構水戸医療セ
 ンター 副救命救急センター長
 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 前委員長
 辻 康二・全日本航空事業連合会ドクターヘリ分科
 会委員長
 加藤 幸洋・中日本航空株式会社東京支社 支社長
 平井 克弥・中日本航空株式会社東京支社 航空
 営業部長
 横田 昌彦・セントラルヘリコプターサービス株式
 会社 取締役
 坂田 久美子・愛知医科大学病院 看護師長
 藤尾 政子・川崎医科大学病院 看護師長
 岩崎 弘子・JA長野厚生連佐久医療センター 看
 護部
 山崎 早苗・東海大学医学部付属病院 看護師長
 峯山 幸子・東海大学医学部付属病院 看護部

A. 研究目的

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・利用について提言することである。

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29年度末時点で全国52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、エキスパートオピニオンによる現時
 点の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、ドクターヘリの効果検証に
 基づき、ドクターヘリ配置の数理モデルを作成し、
 定量的な評価を行った。併せてドクターヘリレジ
 ストリの分析、ドクターヘリの費用便益分析を行
 った。

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、安全管理に関する様々
 な課題についても検討のうえ、「ドクターヘリの
 安全な運用・運航のための基準」（以下安全管理基

準）を作成した。

B. 研究方法

以下の課題についてそれぞれ研究を実施した。

(1) ドクターヘリ数理モデルの作成に関する研究

ドクターヘリの有効性と搬送時間(辻(友)、
 猪口)

日本外傷データバンク (JTDB) に登録され
 た重症成人外傷のデータを用い、搬送時間
 区分ごとにロジスティック回帰モデルを用い
 てドクターヘリの生存退院に対する効果を検
 討した。さらにドクター・ヘリレジストリ
 (JHEMS) のデータから救急車搬送の搬送
 時間と距離の関係について検討した。

ドクターヘリ数理モデルの作成(鶴飼、田中、
 中川(雄))

必要なデータを収集のうえ、基地病院を中
 心とする同心円に挟まれた範囲の人口を評価
 対象として、ドクターヘリの適正配置数理モ
 デルを作成した。上記 項および先行研究の
 結果から、搬送距離 7km~50km 人口と 50
 ~75km 人口に、それぞれ 1:0.5 の重みを付
 け加算したものを評価指標として、様々な条
 件下で配置の最適化を行い検討した。なお、
 一定規模以上の救急医療機関から 7km 以上
 の人口は全国で 3,336 万人 (全人口 12,709
 万人の 26.2%)、うち現行配置で基地病院から
 7~50km の居住者は 2,605 万人 (78.1%)、
 50~75km が 531 万人 (16.9%)、75km 以上
 が 201 万人 (6.0%) である。

(2) ドクターヘリレジストリのデータ分析に関する研究 (高山・野田・小林・土屋)

JHEMS 登録症例の概要を集計した。さらに、
 このデータを用いて重症成人外傷の転帰に対
 するドクターヘリの有効性を検討した。

(3) ドクターヘリの費用便益分析に関する研究 (高 嶋・鶴飼・伊藤)

ドクターヘリに対する便益を算出するため、
 アンケート調査により支払意志額 (WTP) を
 推定し、費用便益分析を行った。平成 28 年度
 は日本全国を対象とし、29 年度は県内の地域
 差について検討した。

(4) ドクターヘリ安全管理基準の作成に関する研 究 (猪口、辻(友))

フライトドクター・フライトナースの教育(荻
 野・北村・中川(儀)・坂田・藤尾・峯山)

熟練したドクターヘリ医療クルーの意見を集約のうえ、医療クルー（フライトドクター・フライトナースなど）として必要な要件や医療クルーに求められる教育（知識や技術等の習得）について検討した。

インシデント・アクシデント情報の収集・共有化（北村・篠崎・中川（儀）・辻（友）・坂田・岩崎・山崎・西川・辻（康）・加藤・横田）

医療クルーおよび運航関係者の意見を集約し、各基地病院で収集されたインシデント/アクシデントとそれに対する予防策を全基地病院で共有するシステムを構築するため、共通のインシデント/アクシデント分類表と報告フォーマットについて検討した。

運航要領・運航手順書の作成（早川・高山・辻（康）・加藤・平井・平田）

ドクターヘリ基地病院および運航会社で構成された分担班で、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した。

「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準」の作成

平成 28 年度に以上 ~ を踏まえて、「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準」について検討した。

(5) **ドクターヘリ以外の医療関連ヘリ安全管理基準の作成に関する研究**（高山）

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、安全管理について検討した。

(6) **患者搬送に用いるヘリコプターの機体に関する検討**（猪口、西川）

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、文献調査、実地調査を行い検討した

（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) **ドクターヘリ配置の数理モデルの作成に関する研究**

ドクターヘリの有効性と搬送時間

重症成人外傷患者をドクターヘリ搬送すると、搬送時間 10~40 分では、救急車搬送より有意に生存退院しやすいことが明らかになった。一方、搬送時間 10 分以内ではやや生存退院しにくく、搬送時間 40 分以上ではややしやすかったが、いずれも有意ではなかった。JHEMS のデータから搬送時間 10 分の救急車搬送距離を推定したところ、約 7km であった。

ドクターヘリ数理モデルの作成

各県に現行の配備機数を配備するという制約の下で配備病院と同一県内の人口のみを評価指標の対象とする場合、現行配置の評価指標は評価指標最大化配置の 95% 以上であったことから、各県において自県内を対象とする場合、現行配置は概ね妥当と考えられた。またドクターヘリの非カバー地域は配置に影響を受けやすい県境付近に多く、地域連携が重要と思われた。

(2) **ドクターヘリレジストリのデータ分析に関する研究**

JHEMS のデータを集計し、これを用いて、重症成人外傷の受傷 1 か月後の転帰に対するドクターヘリの有効性を検証した。ドクターヘリ搬送は重症成人外傷の 1 か月生存に対する影響は明らかでなかったが、1 か月脳機能カテゴリー（CPC）良好例が有意に増加することが判明した。

(3) **ドクターヘリの費用便益分析に関する研究**

全国を対象とした調査では、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 × リスク削減 WTP とし、費用便益分析を行った。45 か所の基地病院のうち、41 か所の総便益が、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。

同一県内の調査では、人口の少ない地域の WTP が比較的高い値であった。人口の多い地域では、年収、家族構成、ドクターヘリの将来使用可能性が WTP に影響を及ぼすが、人口の少ない地域では、将来使用可能性にのみ依存する傾向が明らかになった。

(4) **ドクターヘリ安全管理基準の作成に関する研究**

フライトドクター・フライトナースの教育

ドクターヘリ医療クルーとして必要な要件や医療クルーに求められる教育（知識や技術等の習得）について検討のうえ、ドクターヘリの安全な運用・運航に望まれる医療クルー教育方針（指針）を作成した。

インシデント・アクシデント情報の収集・共有化

全国基地病院が共通で使用するためのインシデント/アクシデント分類表と報告フォーマットを作成し、その運用方法を検討した。

運航要領・運航手順書の作成

基地病院の医師および運航業者の意見を集約して、ドクターヘリの標準運航要領・標準運用手順書を作成した。

「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準」の作成

平成28年度に作成した試案に上記～を加え、「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準」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作成に関する研究

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。機体はベル式429型、実運航145日/年、就航率は75.0%、年間運営経費は平均74,329千円。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おり、洋上飛行を前提にした安全装備がなされていた。

(6) 患者搬送に用いるヘリコプターの機体に関する検討（猪口、西川）

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) ドクターヘリ配置の数理モデルの作成に関する研究

ドクターヘリの有効性と搬送距離

ドクターヘリの搬送速度には、運用方式や要請のタイミング、臨時離着陸場での処置時間など多くの要素が影響するため、今後は

JHEMSのデータなどを精緻に分析のうえ、検証を行う必要があると考えている。

ドクターヘリの数理モデルの作成

本研究では、重みを付け加算した人口を評価指標に用いて最適化を行い、現行配置は概ね妥当との結論を得た。今後は運用方式や要請のタイミングなどによる有効範囲の相違を調査のうえ、さらに精緻化して検討する必要があると思われる。

また、本数理モデルを用いて、今後特に問題のある地域の洗い出しや、特定地域に対する具体的対応の結果予測など、様々な状況をシミュレートできると考えている。

(2) ドクターヘリレジストリのデータ分析に関する研究

十分な症例数を得るため、JHEMSの症例登録を平成29年12月まで延長したため、本年度の研究では、概要の集計と重症成人外傷の転帰に対するドクターヘリの有効性の分析のみを行った。今後、各疾病に対する有効性や運用方式、要請タイミングの影響などについて、さらに詳細な検討を行う必要がある。

なお、現在のJHEMSは、効果検証のために時限つきで運用したものであるが、今後は全国ドクターヘリの運用状況を継続的に把握するための症例登録システムに項目を修正のうえ、存続させることが望ましい。

(3) ドクターヘリの費用便益分析に関する研究

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。一方、同一県内の調査からは、人口の少ない地域でWTPの中央値が高かったが、離島などでは人口密度が非常に少ないため、総WTPが低くなったものと考えられた。

(4) ドクターヘリ安全管理基準の作成に関する研究

フライトドクター・フライトナースの教育

本年度は、ドクターヘリの安全な運用・運航に望まれる医療クルー教育方針（指針）を作成して、安全管理基準に反映することができた。今後は、これに準拠して、全国ドクターヘリの医療クルーに対する教育システムを整備し、継続的に実施していくことが課題である。

インシデント・アクシデント情報の収集・共有化

有化

本研究において、全国基地病院が共通で使用するためのインシデント/アクシデント分類表と報告フォーマットを作成し、その運用方法を検討して、安全管理基準にも反映することができた。

今後は、web で入力できるインシデント/アクシデント収集システムと全国基地病院のデータベースを速やかに構築し、各基地病院間や厚生労働省をはじめとする関連諸機関間で安全情報を迅速に共有できる体制を整備する必要があると考えている。

運航要領・運航手順書の作成

基地病院の医師および運航業者の意見を集約して、ドクターヘリの標準運航要領・標準運用手順書を作成し、安全管理基準の中に記載した。これによって、各基地病院におけるドクターヘリの運用が標準化に向かうことが期待できる。

「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準」の作成

本研究で作成した「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準」は、可及的速やかに全基地病院へ周知のうえ運用を開始することが望ましい。また、今後も内容を定期的に検討し、継続的に改善していく必要があると考えている。

(5) ドクターヘリ以外の医療関連ヘリ安全管理基準の作成に関する研究

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と思われる。

E. 今後の展望

現在、ドクターヘリの全国配備は概ね完成に近づいており、今後は、安全で効率的な運用体制を確立することが最も重要な課題になると思われる。本研究では、ドクターヘリの効果検証を実施し、

これに基づく適正配置数理モデルを作成、さらに費用便益分析などを行うことにより、ドクターヘリには重症外傷の転帰改善に有意の効果があり、また現在の配置や費用対効果は概ね妥当な範囲内にあることを示すことができた。ドクターヘリ以外の医療関連ヘリについても、調査を実施した。さらに本研究では、現時点における本邦ドクターヘリの運用・運航を標準化するための基礎を形成するため、「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準」を作成した。

これらの研究結果は、今後ドクターヘリを安全かつ効果的に運用していくための基盤となるものであり、特に「ドクターヘリの安全な運用・運航のための基準」については、速やかに全国基地病院に提供し、安全管理を普及することが必要と考えている。

一方、本研究を通して、いくつかの課題が残されていることも明らかになった。特に、ドクターヘリの効果的・効率的な運用を行うための要請基準や要請方式についてさらに調査・研究を実施すること、安全情報を共有するためのデータベースおよび全国ドクターヘリの運用状況を登録するデータベースを整備して、本邦ドクターヘリの運用状況を継続的に検証し、改善していくための基盤を整備すること、が重要な課題と考えられた。

これらについても、遅滞なく実施することが望ましいと考えている。

E. 結論

1. ドクターヘリの対象人口は、全国で3,336万人と推定された。数理モデルを用いた検討では、各県が自県内を出勤対象としてドクターヘリを配置する場合、現行の配置は概ね妥当と考えられた。また非カバー地域は県境付近に多く、地域連携が重要と思われた。今後、本数理モデルを用いて様々な状況をシミュレートして研究ができる。
2. JHEMSの分析から、ドクターヘリでは重症成人外傷の1か月脳機能カテゴリーが良好となりやすいことが判明した。この結果は、さらに精緻な検討が必要と考えている。
3. 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。ドクターヘリに対するWTPは、人口密度の低い地域で高いが、人口が極めて少ないと総便益が低くなるため、一部の僻地・離島で便益が費用を下回った。本邦全体では便益が費用を上回っていると考えられる。
4. 医療クルーの教育、インシデント・アクシデント分類表と報告フォーマット、ドクターヘリの運航要領・運用手順書などについて検討のうえ、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」を作成した。今後は、これを全国基地病院に提供して安全管理の普及をはかりたい。
5. 離島への医師派遣システムでは、洋上飛行に加え、悪天候への対応の拡充が安全管理上必要と

思われた。

6. 重症患者を搬送するドクターヘリでは、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安定した患者の搬送には、単発エンジン機の活用も検討対象になると思われる。

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、高嶋隆太、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、高嶋隆太、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）
- ・ 鵜飼孝盛、田中健一、高嶋隆太、教育講演「ドクターヘリの適正配置」オペレーションズ・リサーチによる医療資源の有効活用、第12回日本病院前救急診療医学会総会・学術集会、品川シーズンテラスカンファレンス（2017年12月8日）第12巻第1号21頁
- ・ 鵜飼孝盛、田中健一、辻友篤、猪口貞樹、「ドクターヘリ基地病院の適正配置に関する数理モデル」、日本オペレーションズ・リサーチ学会2018年度春季研究発表

- 会、東海大学 高輪校舎（2018年3月16日）
- ・ 渡辺武志、高嶋隆太、鵜飼孝盛、伊藤真理、辻友篤、猪口貞樹、ドクターヘリ導入への支払意志額の測定と費用便益分析、日本オペレーションズ・リサーチ学会2018年春季研究発表大会、東海大学高輪キャンパス（2018年3月16日）。
- ・ 荻野隆光、シンポジウム1「ドクターヘリの安全管理 およびシンポジウム3 病院前で活動する看護師に求められる能力と教育について」、第12回日本病院前救急診療医学会（2017年12月8日開催）
- ・ 北村伸哉、シンポジウム1「ドクターヘリの安全管理」全国の基地病院におけるインシデント・アクシデントの情報収集と速やかな共有に向けて、第12回日本病院前救急診療医学会総会・学術集会、品川シーズンテラスカンファレンス（2017年12月8日）
- ・ 早川達也、シンポジウム1「ドクターヘリの安全管理」ドクターヘリの運用・手順の統一化、第12回日本病院前救急診療医学会総会・学術集会、品川シーズンテラスカンファレンス（2017年12月8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