



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	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
Author(s)	栗木, 麻衣; 寺下, 貴美; 小笠原, 克彦
Description	研究資料
Citation	日本医療・病院管理学会誌, 46(4), 241-250
Issue Date	2009-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40100
Type	journal article
File Information	ogasawara_JJSHA46_241.pdf



研究資料

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 ——

栗 木 麻 衣 寺 下 貴 美 小笠原 克 彦

ドクターヘリは莫大な費用がかかるという問題から導入が進んでいない。我々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、ドクターヘリ事業の費用効果分析を試みた。現在、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分析した。費用は年間事業費と患者にかかる医療費とし、効果はドクターヘリと救急車の救命数の差とした。得られなかったデータについては推定値を用いた。救命1人あたりの費用と余命1年あたりの費用を計算し、感受性分析を行った。救命1人あたりの費用は3,993,075円であった。余命1年あたりの費用は20歳の患者で142,610円、57歳の患者で210,161円であった。本研究では仮定条件が多く、算出された結果は推定値にすぎないが、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った。

キーワード：ドクターヘリ，費用効果分析，感受性分析

I. はじめに

ドクターヘリは医師がヘリコプターに搭乗する救急搬送システムであり、その最大の目的は重篤な患者が発生した場所に医師と看護師をいち早く派遣し、治療を行うことにある¹⁾。事故・急病や災害等の発生時に、消防機関・医療機関等からの要請に対し、医師等が搭乗して速やかに救急現場に出動することによって、搬送時間の短縮のみならず、救命率の向上や後遺症の軽減に大きな成果を上げることが期待される。

ヘリコプター救急医療は1960年代末期のドイツで始まり、その後アメリカ・イギリス・スイスに広まった。ドイツのヘリコプター救急医療は多くの国のモデルとなっている。その特徴は法律により15分

以内に救急治療を着手することが定められており、病院を拠点とする半径50kmの地域でドクターヘリを運航し、網羅的に全国土をカバーしていることである。また運行費は健康保険でまかなわれており、国からの補助金は無い^{2,3)}。日本では1980年よりへき地・離島からの患者搬送手段としてヘリコプターが使われてきた⁴⁻⁶⁾。阪神・淡路大震災の際、道路が寸断され救急車の代替搬送手段としてヘリコプターが使われたことが普及のきっかけとなった⁷⁾。現在、病院常駐型のドクターヘリは16の県で18機配備されているが⁸⁾、ドクターヘリの救急医療体制が整っていない地域がまだ多く残されており、ドクターヘリの普及が望まれている。特に広大な面積を持つ北海道では、札幌に1機が配備されているだけで、道東地域や道北地域が飛行範囲外となり全域をカバーすることができない。このため2機目、3機目のドクターヘリの導入が計画されている⁹⁻¹¹⁾。

一方、ドクターヘリの運用にかかる事業費は1ヶ所あたり年間約2億円であり¹²⁾、そのうち1億7千万円が国および都道府県から補助されている。これまで都道府県にとってヘリコプター運航費の負担は重く¹³⁾、これが全国で導入が進まない大きな理由であるとする意見もあったが²⁾、2007年に制定・施行された「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（平成十九年六月二十七日法律第百三三号）」（以下、「ドクターヘリ法」）では助成金を交付する仕組みが構築された¹⁴⁾。また2009年3月には、総務省は「特別交付税に関する省令」を改定し、ドクターヘリ法で規定する救急医療用ヘリコプターの運航に要する経費について、自治体が負担する額の半分が特別交付税から支払われることになり（平成二十一年三月一七日総務省令第二一号）、運航費の3/4を国から、1/4を都道府県が負担することとなった。これにより普及促進へとつながることが期待されている^{15,16)}。しかし補助金で基準とされた出動件数は年間240件で見積もられており、それを上回る出動による経費は拠点病院の負担となる。2008年度の全国のドクターヘリの出動実績では平均出動件数は約352件（全5,635件）であり、12箇所では240件を上回っている^{8,17)}。北海道においても389件の出動がある。またドクターヘリ法附則では、法律施行後3年を目途に費用効果を算出し、適用の可否について検討されなければならないとし、費用の適正化についても言及している¹⁴⁾。特にドクターヘリ事業にはかなりの費用がかかるため、その費用が効果に見合っているものかを示し、配備を全国的に促進するためにも、自治体および拠点病院に対する費用負担の問題を解決しなければならないと考えられる¹⁸⁾。

海外でのドクターヘリに関する研究は古くから行われており、搬送時間の短縮や医療スタッフの搭乗における効果の研究、患者のトリアージなど幅広く報告され、費用効果分析・費用便益分析の研究についても盛んに行われている¹⁹⁻³²⁾。日本においては、症例報告や搬送時間についての研究が報告されているが³³⁻³⁸⁾、費用効果に関する報告はまだ少ない。救急ヘリ病院ネットワークでは費用も踏まえた効果の研究を行っているが^{39,40)}、本来の費用効果分析手順であるプログラム間の比較、感受性分析、増分分析までは行われていない⁴¹⁾。

ドクターヘリの費用効果分析では異なる3つの視

点（病院経営者、患者、行政）が考えられる。ただし日本においては事業費の約9割が行政の負担であることから、まず行政視点からの費用効果を分析することが必要である。今後、助成金自体の削減や出動数の増加による病院負担の増大が起こることによって、ドクターヘリの導入・維持が困難になると推測される。オランダの例では費用効果分析の結果を考慮し、全国導入に至った経緯があり³²⁾、日本においても経済的視点からドクターヘリ事業の効果が他の搬送プログラムと比較して費用に見合ったものであると示すことによって、導入促進へ繋がると考えられる¹²⁾。そこで我々は行政視点に立ち、ドクターヘリ導入を主眼として他のプログラムと比較することを目的に、費用効果分析を行う適切な効果を設定し、北海道に導入されたドクターヘリを対象としてシミュレーションを試みた。

II. 対象と方法

A. 費用効果分析

費用効果分析は複数のプログラムの効果を費用との関連でとらえ、ある1単位の効果を得るために必要な費用について各プログラムの間で比較検討する方法である⁴¹⁾。費用を効果で割ることによって費用効果比を求め、複数のプログラム間で費用効果比を比較し、より効果が大きく費用が少ないプログラムがより優れていると評価する。ドクターヘリに関する費用効果分析の先行研究では、Peterらは1997年までのドクターヘリに関する文献をレビューし、外傷患者におけるヘリコプター救急医療サービスの費用効果を評価することを目的に、同じ費用で実際に搬送して死亡した患者数が予想した死亡者数より少ない場合に費用効果的と定義し、病院側からの視点で分析している²⁹⁾。効果については患者年齢および外傷の程度・重症度から算出されるTRISS (Trauma Injury Severity Score) を用いて搬送患者の予後を予想し、判定された予想死亡者数と実際の死亡者数の差から、増加分の生存者数を設定している。費用としては運用直接経費と増分生存者にかかる医療費との合計としている。ここで運用直接経費の内訳は人件費、資本金、搬送費、保険費、管理費、医療用品費である。費用効果比として救命された患者一人あたりの費用 (Cost per Life Saved: CLS) および余命1年あたりの費用 (Cost per Years

of Life saved: CYL)を算出している。以下に Peter らの用いた CLS, CYL の費用効果式を示す。CYL は CLS を平均割引余命 (Average Remaining Life Expectancy: ARLE) で割ることにより示される。ここで割引とは評価期間が数年以上の長期にわたる場合に費用と効果を年あたりに見積もる概念で、その必要性は人々が将来お金を持つことよりも、現在お金を持っている方を好む時間選好、および社会における利子率から説明できる。従来、割引率として 0.05 がよく用いられてきたが、最近の研究では 0.03 が用いられる傾向にある⁴¹⁾。また Peter らの研究でも 0.03 を用いており、最終結果を比較しやすくするため、本研究では割引率を 0.03 と設定した。この報告はドクターヘリがアメリカで普及してきた初期のデータを利用した費用効果分析であり、現在の日本に近い状況であると考えられたため、我々はこの報告における費用効果式を参考にした。

$$CLS = \frac{C_{100} + M \times S_{100}}{S_{100}} \quad (1)$$

C_{100} : 100 搬送あたりの運用直接経費

M : 期待される外傷生存者の病院精算金

S_{100} : 100 搬送あたりの増分生存者数

$$CYL = \frac{CLS}{ARLE} \quad (2)$$

$$ARLE: \text{平均割引余命} = \frac{1}{n} \times \sum_{j=0}^n \frac{n}{(1+0.03)^j}$$

n : 搬送患者の年齢

B. 対象

対象は北海道において現在導入されているドクターヘリとした。北海道 2006 年度ドクターヘリ運航実績報告書によると、搬送患者の 65% 以上が外傷であるため、外傷患者の搬送を想定した。報告書から「年間事業費」は 207,034,732 円、「全出動件数」は 389 件のうち、「外傷患者数」は 153 名うち「死亡者数」は 21 名であった⁴²⁾。しかし運航実績報告書から患者データは得られなかったため、「患者一人あたりの医

療費」、および「搬送患者の年齢」は推定値を用いる必要がある。そこで「患者の一人あたりの医療費」は社会保険診療支払月報で報告されているデータを利用した⁴³⁾。これは外傷患者を想定したことから、患者の年齢構成が比較的若いと考えられるため「社会保険による医療費」を選択し、また搬送される患者は重症度が高いことが予想されるため「入院における医療費」を選択した。さらに対象地域が北海道であるため、都道府県別報告がある統計として、「北海道の急性期入院医療における一人あたり医療費」である 444,492 円を採用した。「搬送患者の年齢」については外傷データバンクレポート⁴⁴⁾で報告されている外傷患者の年齢分布において、ピークが 2 方性を示すことから 20 歳および 57 歳と想定した。

また本研究では患者データも得られないために TRISS を用いた効果の判定が行えない。小濱らは新たな救急医療施設のあり方と病院前救護体制の評価に関する研究の中で、実際にドクターヘリで搬送された交通事故による外傷例の予後と仮に救急車で搬送していた場合に推定される予後の比較を行っている⁴⁵⁾。報告によるとドクターヘリで搬送した患者の全数は 474 名であり、その患者がもし救急車で搬送されていたなら死亡していたと推定される死亡者数は 136 名であった。我々はこの人数の割合 0.28 をドクターヘリで運ぶべき患者を救急車搬送した場合に予想される死亡者の割合の定数（以下、救急車搬送した場合の死亡者定数）とし、搬送された患者数を掛け合わせることで、救急車搬送された場合の死亡者数を推定した。ここで救急車による搬送を基準として、「救急車搬送では死亡していた患者をドクターヘリで搬送することによって救命できた人数」を効果の定義とし（図 1）、救急車搬送による予想死亡者数からドクターヘリ搬送患者の実死亡者数を差し引いた数（以下、増分生存者数）を効果と設定した。これらより先行研究と同様に、CLS および CYL を算出した。以下に本研究で用いた費用効果式 (3) を示す。

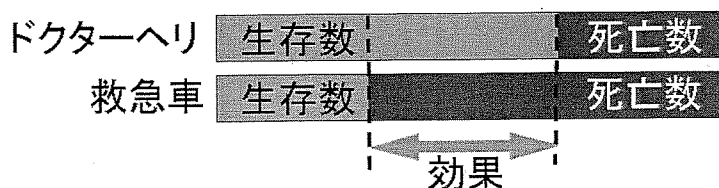


図1 救急車を基準としたドクターヘリの効果

$$CLS = \frac{C_{100} + M \times S_{100}}{S_{100}} \quad (3)$$

C_{100} : 100 搬送あたりの運用直接経費

$$= C_a / T_a \times 100$$

C_a : ドクターヘリ年間事業費

T_a : 全ドクターヘリ出動件数

M : 患者一人あたりの医療費

S_{100} : 100 搬送あたりの増分生存者数

$$= (k \times P_t - P_d) / P_t \times 100$$

k : 救急車搬送した場合の死亡者数定数

P_t : ドクターヘリ搬送した外傷患者数

P_d : ドクターヘリ搬送した死亡患者数

C. 感受性分析

本研究では変数に推定値を用いたため、設定した推定値の費用効果に対する影響を確認しなければならない⁴¹⁾。推定した費用として、「一人あたりの医療費」、「救急車搬送した場合の死亡者数定数」、「搬送患者の年齢」の3変数に対して感受性分析を行い、CYLにおける影響を観察した。本研究では推定値の影響の程度を領域ごとに観測するため、変数を上限値と下限値の間で連続的に変化させ、グラフ化した。図2に影響の程度を表す概念図を示す。この図では変数の数値が0.2~0.4の間で変化する場合のCYLの変化量が大きい、0.6~1の間で変化する場合のCYLの変化量は小さい。変化量が大きい場合には、この変数が結果に与える影響が大きいことを意味している。本研究において「一人あたりの医療費」は492,153~295,075円(最高額: 宮崎県, 最低額: 沖縄県)⁴³⁾の間で変化させ、「救急車搬送した場合の死亡

者数定数」は0~1(救急車では搬送すると完全に死ぬ状態からドクターヘリと同じ数だけ死ぬ状態まで)の間で変化させた。「搬送患者の年齢」は0~100歳の間で変化させた。

III. 結 果

A. 費用効果比の算出

100 搬送あたりの増分生存者数は救急車搬送した場合の死亡者数定数を0.28に設定した場合15人と推定された。100 搬送あたりの費用は53,222,296円となった。これらの値より計算されたCLSは3,993,075円であった。20歳の平均余命⁴⁶⁾は63年であることよりARLEが28年と計算され、20歳におけるCYLは142,610円と算出された。同様に57歳の患者では平均余命が28年であることよりARLEが19年となり、CYLは210,161円と計算された。

B. 感受性分析

以下に本研究で推定値として用いた「救急車搬送した場合の死亡者数定数」の影響(図3)、「一人あたりの医療費」の影響(図4)、「搬送患者の年齢」の影響(図5)を示す感受性分析の結果を示す。図3では本研究で設定した救急車搬送した場合の死亡者数定数0.28はグラフにおける傾きが急で、変化量の大きい領域に位置している。この値が前後することによって費用効果比に対し大きく影響を及ぼすことを示している。それに対し、図4では一人あたりの医療費を都道府県別に変化させたグラフを示している

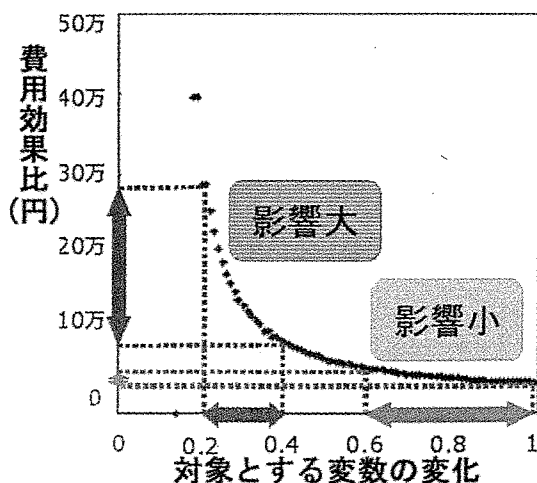


図2 変数の影響の度合いを表す概念図とその解釈

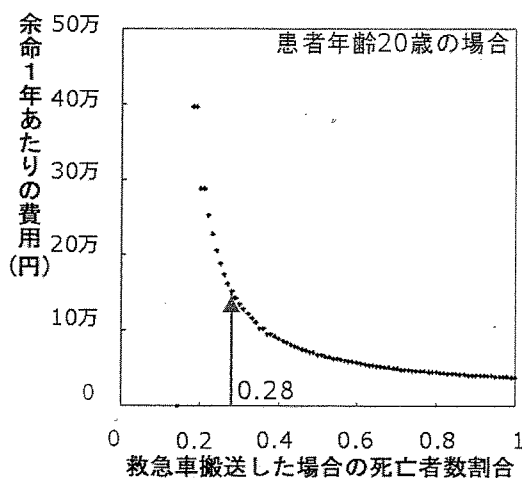


図3 「救急車搬送した場合の死亡者数割合」を変数とした感受性分析

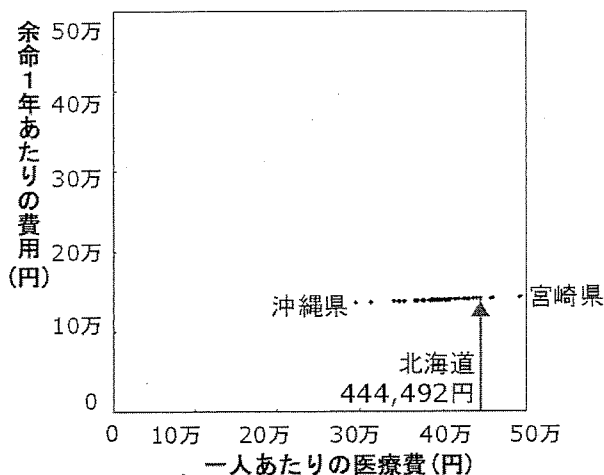


図4 「一人あたりの医療費」を変数とした感受性分析

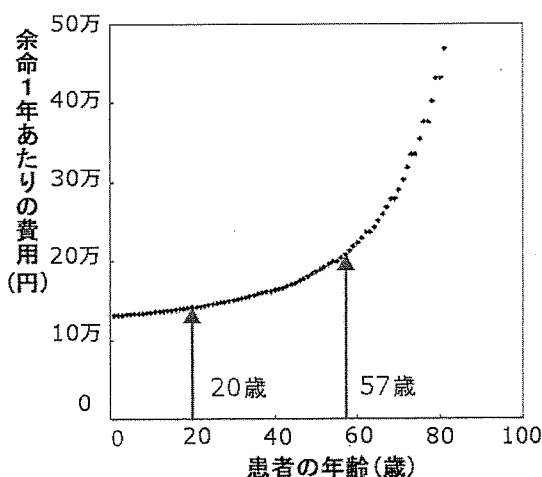


図5 「患者年齢」を変数とした感受性分析

が、グラフ自体の傾きが小さいことから、この値の変化が費用効果の結果に与える影響は比較的少ない。最低額の沖縄県から最高額の宮崎県まで変化させても、費用効果への影響は少ない。患者の年齢に対する費用効果の感受性分析である図5では、搬送患者の年齢が20歳付近ではグラフの傾きは緩やかであり、50歳あたりから傾きは急激に急になる。本研究で設定した20歳と57歳では、20歳付近の変化は費用効果に与える影響は少なく、57歳のあたりで変化した場合は費用効果に大きく影響する。

IV. 考 察

A. 費用効果分析の解釈

本研究で設定した条件における北海道のドクターヘリの費用効果として、CLSは約400万円と算出さ

れた。これは従来の救急車搬送では死亡していた患者をドクターヘリ搬送で1人救命するのに約400万円が必要であることを意味している。Peterらの報告したCLSは約600万円であり²⁹⁾、本研究と比較すると北海道におけるドクターヘリの方が優れていると解釈できる。しかしこれらを一概に比較することはできない。まずPeterらは病院経営側の視点を用いているが、本研究では行政側の視点で分析している。費用に関して日本のドクターヘリ事業は約9割が助成金で運営されているのに対し、米国ではすべて病院が負担しているため、視点の違いにより解釈が異なる。次に設定した効果の想定条件が異なることがあげられる。米国ではドクターヘリの拠点数が約450ヶ所で、本土の約9割をカバーしており、1機分の運航範囲における人口負担は約200万人である²⁹⁾。北海道のドクターヘリでは飛行範囲内が石狩・空知・後志・胆振支庁であり、この4つの支庁の合計人口は約314万人⁴²⁾をカバーしている。北海道のドクターヘリは米国のドクターヘリよりも多くの人口をカバーしていることから、運用規模の違いを考慮する必要がある。

CYLは20歳の患者で約14万円、57歳の患者では約21万円であった。この「余命1年あたりの費用」が意味するものは、現時点での救命された一人あたりの費用である約400万円を患者のその後の生涯にかかった費用とみなし、将来を加味して余命の1年あたりに換算したものである。この結果だけでは、57歳よりも20歳の患者を救命する方が、費用効果は良いと結論付けられてしまうが、日本は国民皆保険制度であり、どの年齢においても等しい医療サービスの提供が保証されている。そのため、日本の救急医療では患者年齢によってトリアージを行うことはなく、この数値を比べることは日本の医療の考え方に適していない。他のプログラムと比較する際には、プログラム間での患者年齢の違いによる費用効果を比較する目的として意味を持つ。

本研究では推定値を多用してシミュレーションを行ったため、実際の費用効果として正確ではない。そのため推定値が結果に与える影響を確認する目的で感受性分析を行った。「一人あたりの医療費」、「搬送患者の年齢20歳」は変化の小さい領域にあり、CYLに対する影響が小さく、「救急車搬送した場合の死亡者数定数」と「搬送患者の年齢57歳」では変化の大きい領域にあり、CYLに対する影響が大きい。この

ことから費用効果に対する影響の大きかった「救急車搬送した場合の死亡者数定数」と「搬送患者の年齢 57 歳」では、今後、より詳細な実データを用いた費用効果分析を行うに際は、これらの値を厳密に設定しなければならない。影響の少なかった「一人あたりの医療費」はほぼ妥当な値であったと考えられる。また「搬送患者の年齢 20 歳」については救命された患者の余命が長いことに起因していると推測され、多少異なった設定をしたとしても、それが結果へ大きく影響することは無いと考えられる。ただしドクターヘリで搬送される患者は元々が重症患者であることが多く³⁹⁾、通常の患者と同様の余命を期待できるかどうかについても、実データで検証する必要がある。

B. 効果の設定

本研究においては個々の患者データが入手不可能であったため、効果を「救急車搬送では死亡していた患者をドクターヘリで搬送することによって救命できた人数」と定義した。これにより救急車搬送を基準にすることで、いわゆる「救急車搬送による正規化」と解釈でき、調整した指標において他の代替プログラムとの比較が可能となると考えられる。例えば、他の施設のドクターヘリ搬送、ドクターカーや消防防災ヘリコプターなどによる搬送、ピックアップ方式による運用を工夫した搬送方式などとも比較できる^{48,49)}。北海道では離島との救急搬送手段として消防防災ヘリコプターが使われてきた経緯があり⁴⁻⁶⁾、特に利用価値があると考えられる。さらに他の疾患による搬送との効果を比較する際にも、救急車搬送を基準とした効果を設定したことで比較可能となる。例えば、交通事故患者の現場搬送と周産期における母体の病院間搬送を比較する際には、予後予測指標の違いにより比較は困難である。交通事故患者では予後の予測に TRISS を用いるが、周産期では TRISS のような明確な指標が定まっていない。そこで後者の効果として「救急車搬送では流産していた母体をドクターヘリで搬送することで出産できた人数」と定義し、救急車搬送を基準にすることで、異なる疾患でもドクターヘリ搬送の費用効果を比較可能となる。

しかし本研究では救急車を基準とした効果を定義したため、救急車搬送との比較はできない。救急車搬送自体と比較するためには、個々の搬送患者の

データから TRISS で予想した死亡者数を算出することで比較する可能である。ただし個々の患者データは搬送先が自施設でない場合や倫理的問題のため入手が困難であると予想されるため、本研究で用いた効果はこれを回避するためにも有用であると考えられる。またドクターヘリ法で記されているドクターヘリ事業の適用の可否についても、本研究で提案した算出方法による費用効果分析により検討可能であろうと考えられる。

C. ドクターヘリ普及に向けた費用効果分析

本研究における費用効果分析では先行研究と比較して費用効果が良いと判断された。しかし Bledsoe らはドクターヘリの搬送患者は大多数が非致命傷患者であり、初期に比べて費用効果が必ずしも良くはないと考察している³²⁾。ドクターヘリの十分普及した欧米諸国では拠点数の多さやカバー人口が少ないなど1機あたりの負担が小さいことが予想される。日本の現状においては普及途上であり、致命傷患者の搬送割合が高く、費用効果が良いと算出されるかもしれない。今後、普及しすぎることにより費用効果が悪いと算出される可能性もある。ドイツのように15分以内に救急治療に当たるようドクターヘリを配置する国もあるが、闇雲にドクターヘリの導入を進めるのではなく、日本全国として費用効果を保ちつつ配置する場所と数を決定する必要があると考えられる。そのためには日本全国として費用効果比の閾値を決定し、その上で配置場所と配置数から制約問題を解くことである。本研究においては1拠点施設においてのシミュレーションであったが、これを現行の18箇所、ひいては導入予定箇所を含め全国土に検討範囲を拡大し、最低必要数、最大設置数を検討する必要がある。

V. 本研究における限界

本研究では先行研究における費用効果比との比較に留まり、本来の費用効果分析の手順である他のプログラムとの比較を行っていない。本研究の位置づけはシミュレーションであるため、推定した費用効果はあくまでも概算値であり、ドクターヘリの効果に対して費用が見合っているかを言及することはできない。本研究で行った費用効果分析については信頼性・妥当性の面で次の問題点が考えられる。

A. 費用における問題点

本研究で参考とした資料では、年間事業費の詳細は公表されておらず、具体的な項目および費用の配分は分からなかった。より厳密な費用効果分析を行うには費用の細目が必要となる。先行研究で考慮されている年間事業費としては、ヘリコプターの変動費（燃料費・飛行手当・整備費）・医師等の人件費・運行調節費（運行調整委員会経費・住民普及啓発費）・ヘリコプターの固定費（操縦士等の変動費・減価償却費・航空保険費）が考慮されている²⁹⁾。本研究においてもこれらの項目が想定されるが、北海道などの積雪地域では融雪設備や防雪設備に関する費用なども発生する。対象とした施設では、ヘリコプターへの降雪・着雪を防止する格納庫、格納庫との昇降式スライディングヘリパット、ロードヒーティング設備、燃料給油設備などが設置されており⁵⁰⁾、施設および地域特有の費用も考慮する必要がある。

さらにドクターヘリ運用に付随するその他の費用も考慮する必要がある。ドクターヘリは単独で運用されることはほとんどなく、着陸地点を確保するための警察官や着陸地点の整備を行うための消防車などの配置、また着陸地点まで搬送する救急車も必要となる。これらの諸費用も考慮して分析を行うことが望ましいが、管轄の違いにより費用の負担が異なるため、取り扱うことが困難である。また医療機関では必要な医療専門職を待機させているが、ドクターヘリ対応には多くのスタッフが関わっており、救急対応以外は通常業務を行っていると考えられる。これらの費用を厳密に算定して費用効果分析を行うには、マネジメントで用いられる活動基準原価計算のような分析手法によって各費用を算定し、ドクターヘリ事業にかかる真の費用を設定する必要がある⁵¹⁾。本研究での試みではここまでの追求はできなかった。

B. 効果の設定における問題点

本研究では救急車搬送を基準として調整した効果を定義したが、本来であれば同一患者をドクターヘリと救急車の両方で搬送し、その予後の違いを真の効果とすべきである。しかし現実的には研究デザインとして設定不可能であるため、TRISSのような予後予測指標を用いた効果を設定せざるを得ない。この想定では救急車の搬送患者に比べ、ドクターヘリの搬送患者はより重症である場合が多いことから、

効果を過大評価している可能性がある。海外の研究では疾患の種類や重症度で分類し、分析を行っている例もある¹⁸⁾。またドクターヘリ搬送と救急車搬送における出勤条件の違いも考慮していない。例えばドクターヘリと救急車の運行時間の違いや天候の影響などが考えられる。ドクターヘリは夜間搬送できないが、救急車は24時間体制であり、天候による影響も受けにくい。特に北海道は冬期の降雪による影響を受けやすい特徴がある。救急車搬送を基準とすることについて特性の違いを考慮した調整も行う必要があると考えられる。

効果についてPeterらと同じ分析を行うとすると実際に北海道でドクターヘリ搬送された患者のデータに基づき救急車搬送した場合の死亡数を予測しなければならない。しかし本研究においては実患者のデータが得られなかったため、小濱らが報告したドクターヘリ搬送の外傷患者と救急車搬送したと仮定した場合の死亡者数から「救急車搬送した場合の死亡者数」を用いて概算した。小濱らの対象とした施設と北海道における施設では医療スタッフの体制や医療技術が異なることが予想されるが、本研究では搬送先病院の能力を同一と仮定してシミュレーションを行った。専門的な医療スタッフが充実しているか、また高度な医療技術が提供できているのかなど、受け入れ先病院の医療技術によって患者の予後は大きく異なることが予想される。分析の妥当性を高める上では個々のドクターヘリ施設における「救急車搬送した場合の死亡者数」の違いを調査する必要があると考えられる。さらに費用効果的に搬送先の医療機関の能力を調整する能力評価指数を組み込むことなど、バイアスを少なくするよう効果の設定を検討しなければならない。

本研究ではシミュレーションとして問題を分かりやすくするため、焦点を外傷患者の現場搬送に限定したが、ドクターヘリ搬送の利用目的としては病院間搬送を含む、他の疾患における救急搬送も実際には行われている。真の費用効果を算定するためにはすべての考える搬送目的、疾患、その転帰を考慮した分析が必要である。これは判断分析で行われるマルコフモデルを用いた判断樹を構築し、厳密に費用効果分析を行うことで可能であり⁵²⁾、今後の研究課題である。

VI. 結 語

本研究では「救急車搬送した場合の死亡者数定数」を用いて、救急車搬送を基準としたドクターヘリ搬送の効果を定義した。更にこれを用いて費用効果分析のシミュレーションを行い、推定値が費用効果比に与える影響を示した。本研究では概算値としてドクターヘリの費用効果比は救命された患者一人あたりの費用が約400万円、余命1年あたりの費用が20歳の患者では約14万円、57歳の患者では約21万円と算出できた。今後の課題として、詳細な事業費の調査、実際の患者データを用いた効果による再検討、他のプログラムとの比較により妥当性の検討が必要である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、貴重なデータを提供していただいた医療法人溪仁会 手稲溪仁会病院の関係者各位に感謝いたします。

文 献

- 1) 特定非営利活動法人救急ヘリ病院ネットワーク, ドクターヘリを, 知っていますか, 李刊誌救急ヘリ病院ネットワーク HEM-Net グラフ, 2005 年秋号, Vol. 1, 2005
- 2) 特定非営利活動法人救急ヘリ病院ネットワーク, HEM-net 国際シンポジウム全記録 独・瑞・米における救急ヘリ運用の実態—ヘリコプター運行費の負担のあり方を中心に—, 11-12, 2006
- 3) 西川渉, 山野豊, 独逸ヘリコプター救急制度の根源, 日本航空医療学会雑誌, 第5巻第2号, 29-38, 2004
- 4) 泉里允勇, 奥尻島におけるヘリコプター救急搬送の現状, へき地・離島救急医療研究会誌, 4巻, 76-79, 2003
- 5) 和久勝昭, 利尻島における航空機搬送の検討, へき地・離島救急医療研究会誌, 4巻, 69-73, 2003
- 6) 浅井康文, 丹野克彦, 狩野恒, 他, 北海道におけるへき地・離島救急医療の展望, 第7回へき地・離島救急医療研究会学術集会誌, 34-39, 2003
- 7) 有吉孝一, 佐藤慎一, 八代谷徹, 他, 神戸市におけるヘリコプター救急医療体制の構築, 日本航空医療学会雑誌, vol. 6 No. 2, 2-7, 2005
- 8) 特定非営利活動法人救急ヘリ病院ネットワーク, ドクターヘリ配備図, 李刊誌救急ヘリ病院ネットワーク HEM-Net グラフ, 2009 年春号, Vol. 14, 2009
- 9) ドクターヘリ来年度導入 道, 整備へ調査概要報告, 北海道医療新聞, 2008 年 10 月 3 日, 第 1748 号, 2008
- 10) 道北, 釧路両圏に導入を 21 年度ドクターヘリ整備 いずれも体制確保, 北海道医療新聞, 2008 年 11 月 28 日, 第 1756 号, 2008
- 11) ドクターヘリ新たに 2 機 道北, 道東に配備へ, 北海道医療新聞, 2008 年 12 月 19 日, vol. 23777, 2008
- 12) 益子邦洋, ドクターヘリの現状と課題, 2008 予防時報 233, 14-21, 2008
- 13) 県の負担大 現実味薄く, 琉球新報, 2008 年 8 月 15 日, 2008
- 14) 佐々木孝治, ドクターヘリ法の成立について, 公衆衛生, vol. 71 No. 12, 1034-1036, 2007
- 15) ドクターヘリ普及促進 自治体負担半額に軽減, 朝日新聞, 2009 年 4 月 8 日夕刊, 2009
- 16) 小濱啓次, 活発化するドクターヘリ日本航空医療学会 ニュース, No. 6, 1-2, 2009
- 17) ドクターヘリの導入で会社悲鳴, 運航費持ち出し, 読売新聞, 2009 年 6 月 21 日, 第 47888 号, 2009
- 18) 二村禎晃, 小池則満, 社会的指標を用いたドクターヘリコプターシステム普及のための要因分析, 愛知工業大学研究報告, No. 43, 145-154, 2008
- 19) Daniel Davis, Jeremy Peay, Benjamin Good, et al, Air Medical Response to Traumatic Brain Injury: A Computer Learning Algorithm Analysis, The Journal of TRAUMA, 64, 889-897, 2008
- 20) David Petrie, John Tallon, Wilma Crowell, et al, Medically Appropriate Use of Helicopter EMS: The Mission Acceptance/Triage Process, Air Medical Journal, Vol. 26, No. 1, 50-54, 2007
- 21) Alex Mitchell, John Tallon, Beth Sealy, Air versus ground transport of major trauma patients to a tertiary trauma centre: a provincewide comparison using TRISS analysis, Can J Surg, Vol. 50, No. 2, 129-133, 2007
- 22) Jenkinson E, Currie A, Bleetman A, The impact of a new regional air ambulance service on a large general hospital, Emerg Med J, Vol. 23, 368-371, 2006
- 23) Marco Diaz, Gregory Hendey, Herbert Bivins, When Is the Helicopter Faster? A Comparison of Helicopter and Ground Ambulance Transport Times, The Journal of TRAUMA, Vol. 58, 148-153, 2005
- 24) Robert Silbergleit, Phillip Scott, Mark Lowell, et al, Cost-effectiveness of helicopter transport of stroke patients for thrombolysis, Academic Emergency Medicine, Vol. 10, No. 9, 966-972, 2003
- 25) Clayton Shatney, Jean Homan, John Sherck, et al, The Utility of Helicopter Transport of Trauma Patients from the Injury Scene in an Urban Trauma System, The Journal of TRAUMA, Vol. 53, 817-822, 2002
- 26) Kurola J, Wang M, Uusaro A, et al, Paramedic helicopter emergency service in rural Finland? do benefits justify the cost?, Acta Anaesthesiol Scand 2, Vol. 46, 779-784, 2002
- 27) SALOMONZA LSTEIN, PETER CAMERON, HELICOPTER EMERGENCY MEDICAL SERVICES: THEIR ROLE IN INTEGRATED TRAUMA CARE, ANZ Journal of Surgery, Vol. 67, 593-598, 1997
- 28) JOSEPH MOYLAN, Impact of Helicopters on Trauma Care and Clinical Results, Annals of surgery, Vol. 208, No. 6, 673-678, 1988
- 29) Snooks HA, Nicholl JP, Brazier JE, et al, The costs and benefits of helicopter emergency ambulance services in England and Wales, Journal of Public Health Medicine, Vol. 18, No. 1, 67-77, 1996
- 30) Peter Gearhant, Richard Wuerz, Russell Localio, Cost-Effectiveness Analysis of Helicopter EMS for Trauma Patients, Annals of emergency medicine, Vol. 30 No. 4, 500-506, 1997
- 31) Alex Lechleuthner, Wolfgang Koestler, Martin Voigt, et al, Helicopters as part of a regional EMS system—a cost-effectiveness analysis for three EMS regions in

- Germany, European Journal of Emergency Medicine, Vol. 1, No. 4, 159-166, 1994
- 32) Bryan Bledsoe, Keith Wesley, Marc Eckstein, et al, Helicopter Scene Transport of Trauma Patients with Nonlife-Threatening Injuries: A Meta-Analysis, The Journal of TRAUMA, Vol. 60, 1257-1266, 2006
 - 33) 西川渉, ヘリコプター救急の有効性と大規模災害への対応, 特定非営利活動法人救急ヘリ病院ネットワーク, 2007
 - 34) 本間正人, 大友康裕, 井上潤一, 他, 迅速なヘリコプター搬送が有効であった腹部大動脈瘤破裂の1例, 日本救急医学会誌, No. 10, 415-420, 1999
 - 35) 佐々木浩一, 井本憲志, 土田芳彦, 他, ヘリコプターによる広域搬送で手再接着に成功した手部不全切断の1例, 整形・災害外科学会誌, No. 49, 1531-1534, 2006
 - 36) 満濃千春, 平松隆子, 平井純子, 他, ヘキ地におけるドクターヘリの有用性と問題点, ヘキ地・離島救急医療研究会誌, 3巻, 67-71, 2002
 - 37) 三木靖雄, 愛知県東部の救急医療におけるドクターヘリの出動実績, 第7回ヘキ地・離島救急医療研究会学術集会誌, 56-60, 2003
 - 38) 高橋功, 北海道ドクターヘリの過去・現在・未来, 日本航空医療学会雑誌, vol. 8 No. 2, 29-35, 2007
 - 39) 益子邦洋, ドクターヘリ運用病因におけるヘリ搬送患者に関する費用対効果の研究, 特定非営利活動法人救急ヘリ病院ネットワーク, 2005
 - 40) 山口拓洋, 益子邦洋, 猪口貞樹, 交通事故負傷者の入院日数と医療費に関するドクターヘリの効果, 特定非営利活動法人救急ヘリ病院ネットワーク, 2009
 - 41) 武藤孝司, 保健医療プログラムの経済的評価法—費用効果分析, 費用効用分析, 費用便益分析—, 篠原出版, 1998
 - 42) ドクターヘリ運航調整委員会事後検証部会, 2006年度ドクターヘリ運航実績報告書, 2008
 - 43) 社会保険診療報酬支払基金, 社会保険診療報酬支払月報支部別急性期入院医療における診断群分類別包括評価分診療報酬等支払算定状況, <http://www.ssk.or.jp/toukei/index.html>, 2009.3.18
 - 44) 日本救急医学会診療の質評価指標に関する委員会, 日本外傷学会 Trauma Registry 検討委員会, 日本外傷データベースレポート 2004-2006, <http://www.jtcr-jatec.org/traumabank/index.htm>, 2009.3.18
 - 45) 益子邦洋, ドクターヘリの実態と評価に関する研究, 厚生労働科学研究費補助金新たな救急医療施設のあり方と病院前救護体制の評価に関する研究 平成15-17年総合研究報告書, 37-58, 2005
 - 46) 厚生労働省, 日本人の平均余命 平成19年簡易生命表, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life07/index.html>, 2009.3.18
 - 47) 北海道企画振興部地域行政局市町村課, 道内市町村の基本データ 市町村別面積・人口・世帯数の状況, <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sk/scs/shityousondata.htm>, 2009.3.18
 - 48) 白川洋一, 前川聡一, 西山隆, 他, 山間へき地におけるピックアップ型ドクターヘリコプター運用上の課題—消防防災ヘリコプターを活用するための研究—, 日本救急医学会誌, Vol. 15, 288-296, 2004
 - 49) 山田浩二郎, 山本五十年, 宮田敬博, 他, 医師常駐型ドクターカー制度と救急搬送システムに関するフィールド研究, 日本救急医学会誌, Vol. 5, 261-270, 1994
 - 50) 小野寺英雄, 高橋功, 早川達也, 積雪地におけるドクターヘリ運行体制の確立を目指した基地病院の取り組み, 日本航空医療学会誌, 第8巻, 第2号, 7-10, 2007
 - 51) 松川孝一, 図解 ABC/ABM 第2版, 東洋経済新報社, 2004
 - 52) Kiichiro Tsutani, Ataru Igarashi, Keita Fujikawa, A Health Economic Evaluation of Aspirin in the Primary Prevention of Cardiovascular Disease in Japan, Internal Medicine, Vol. 46, 157-162, 2007

(平成21.4.1受付, 平成21.8.18採用)

連絡先: 〒060-0812 札幌市北区北12条西5丁目
北海道大学医学部保健学科
小笠原克彦
E-mail: oga@hs.hokudai.ac.jp

SIMULATED STUDY OF COST-EFFECTIVENESS ANALYSIS FOR A HELICOPTER AIR AMBULANCE IN HOKKAIDO PREFECTURE

— Simulation using the probabilities of death by ambulance transport in trauma patient —

Mai KURIKI, Takayoshi TERASHITA and Katsuhiko OGASAWARA

A helicopter air ambulance is useful to rapidly transfer trauma patients, but it has not been implemented due to huge cost. The purpose of this paper was to simulate a cost-effectiveness analysis for the helicopter air ambulance program. We focused the helicopter air ambulance has been introduced in Hokkaido Prefecture. The cost was selected based on the operating costs for the helicopter and the medical costs for the survivors. We used the difference between the survivors of ground transport and the survivors of helicopter transport to measure cost-effectiveness. Cost per life saved and cost per year of life saved was calculated, and a sensitivity analysis was applied. Cost per life saved was ¥3,993,075. Cost per year of life saved was ¥142,610 based on a 20-year-old and ¥210,161 for a 57-year-old. The results were an approximation because of the additional hypothetical settings for the simulation, but the probabilities of death by ambulance transport and average age of survivors had a substantial influence on the cost-effectiveness in the sensitivity analysis.

Key words: Helicopter Air Ambulance/Cost-Effectiveness Analysis/Sensitivity Analysis

Department of Health Sciences, School of Medicine, Hokkaido University