

201205015A

平成24年度厚生労働科学研究費補助金

(厚生労働科学特別研究事業)

総括・分担研究報告書

ドクターヘリ・ドクターカーによる超急性期からの

医療提供体制ニーズの把握に係る研究

研究代表者 青木 則明

(特定非営利活動法人ヘルスサービスR&Dセンター 理事長)

平成25年(2013年)3月

平成24年度厚生労働科学研究費補助金

(厚生労働科学特別研究事業)

総括・分担研究報告書

ドクターヘリ・ドクターカーによる超急性期からの

医療提供体制ニーズの把握に係る研究

研究代表者 青木 則明

(特定非営利活動法人ヘルスサービスR&Dセンター 理事長)

平成25年(2013年)3月

目 次

I. 総括研究報告

ドクターヘリ・ドクターカーによる超急性期からの 医療提供体制ニーズの把握に係る研究 -----	5
研究代表者 青木 則明	

II. 分担研究報告

1. 「重症外傷・脳卒中の性・年齢別年間発生数の推定手法」 -----	17
酒井 未知・青木 則明・大田 祥子・奥地 一夫	
2. 「全国救命救急センター、ドクターカー・ドクターヘリの保有施設、 防災ヘリ基地およびt-PA対応医療機関リスト」 -----	31
清水 健伸・青木 則明	
3. 「重症外傷における都道府県別カバー状況」 -----	59
酒井 未知・青木 則明・大田 祥子・横田 順一朗	
4. 「脳卒中における都道府県別カバー状況」 -----	73
酒井 未知・青木 則明・大田 祥子・奥地 一夫	
5. 「ドクターカー・ドクターヘリ導入の医療経済的効果と、 カバー率向上を目指した最適配置案に対する費用対効果の検証」 -----	87
青木 則明・酒井 未知・大田 祥子・清水 健伸・奥地 一夫・横田 順一朗	

III. 研究成果の刊行に関する一覧表 -----	103
---------------------------	-----

IV. 研究成果の学会発表・抄録 -----	107
------------------------	-----

V. 参考資料 -----	109
---------------	-----

研究者名簿

研究代表者	青木 則明	テキサス大学 健康情報科学大学院 准教授 NPO法人ヘルスサービスR&Dセンター 理事長
研究分担者	横田 順一朗	市立堺病院 副院長 日本臨床救急医学会 代表理事
研究分担者	奥地 一夫	奈良県立医科大学 救急医学講座 教授
研究分担者	大田 祥子	一般社団法人HIMAP 代表理事
研究分担者	清水 健伸	一般社団法人HIMAP 主任研究員
研究分担者	酒井 未知	NPO法人ヘルスサービスR&Dセンター 研究部 副部長

I. 総括研究報告

「ドクターヘリ・ドクターカーによる超急性期からの
医療提供体制ニーズの把握に係る研究」

研究代表者：青木則明 テキサス大学健康情報科学大学院 准教授

NPO 法人ヘルスサービス R&D センター（CHORD-J） 理事長

研究要旨

【背景・目的】本邦ではアクセシビリティの改善を目的として、ドクターカーやヘリコプター（ドクターヘリや防災ヘリ）の導入が進んでいるが、搬送が必要な患者数の定量化、ドクターカーやヘリコプター搬送の臨床的効果の評価、これらを踏まえた配置の適正化に関する検討はほとんど行われておらず、これらは本邦において喫緊の課題である。本研究の目的は、ドクターカーやヘリコプター搬送に対する医療需要の定量化・視覚化を行い、現時点の救急医療体制における需給バランスを評価し、ヘリコプターの配備による医療経済的効果を検証することである。

【方法】重症外傷（Load and Go 対応の外傷）と脳卒中（脳梗塞、脳内出血、くも膜下出血）の緊急性を要する2つの疾患について、地理情報システム（Geographic Information System : GIS）を活用し、全国における患者数の推定を行った上で、救急車、ドクターカー、ドクターヘリ・防災ヘリによるカバーの状況を定量化・視覚化した。また、現状の配備における臨床的効果（予想されるアウトカム改善）とその医療経済的効果を定量化した。さらに、新規にドクターヘリを配置すべき場所を求めた上で、新規設置することの医療経済的効果を算出した。

【結果】年間の重症外傷の発生数は29,785例、脳卒中の発生数は343,135例で、日中と夜間の患者発生頻度はほぼ1:1であったため、日中・夜間それぞれの患者数は重症外傷14,893人、脳卒中171,568人と推定された。ヘリが運用できない状況（夜間）は重症外傷12,137人（81.5%）、脳卒中146,614人（85.5%）がカバーできていると試算されたが、日中、ドクターヘリと防災ヘリを県境を越えて運用することで、重症外傷14,291人（96.0%）、脳卒中164,810人（96.1%）がカバーできると試算された。ヘリコプター搬送の年間の医療経済効果は、脳卒中で約38億円、重症外傷で約30億円、救急搬送される患者の中で緊急性の高い患者（緊急度＝赤）では約126億円と試算された。新規に配置することで、アウトカム改善が期待できる患者数は、重症外傷では2.0人、脳卒中では83.8人であり、重症外傷では年間約1.9億円、脳卒中では年間約3.3億円、合計年間約5.2億円の医療経済効果が期待された。

【結論】本研究では、様々な限界点はあるが、救急搬送の手段を地域、広域、あるいは国全体で評価するためのアプローチを明示した上で、評価の実例を示すことができた。今後は各地域でより詳細な分析を行い、今回試算した医療経済的効果を実際のものにしていくには、搬送リソースの活用に対するモニタリングを継続的に実施し、PDSAサイクルを回して行く事が重要であり、そのための病院前と医療機関のデータを地域や都道府県レベルで統合していくための仕組み作りが必要と考えられる。

A 背景・目的

A.1 背景

救急医療において、発症あるいは事故発生から治療開始までの時間、いわゆる「アクセシビリティ」がアウトカムと大きく関連すると考えられている。(1-3) 本邦ではアクセシビリティの改善を目的として、ドクターカーやヘリコプター（ドクターヘリや防災ヘリ）の活用が進みつつある。中でも、ドクターヘリは平成24年度末に全国40機が運航し、平成25年度以降もさらに配置が進む予定であり、年間で総額80~100億円の経費が投入されている。また、厚生労働省は平成25年度予算要求で特別枠としてドクターヘリ事業を要求中であり、予算獲得後の配置計画策定のためのエビデンス作りが求められている。

地上搬送に対するドクターヘリの有用性についてはいくつかの報告が存在する。(4-6) 地上搬送に対するドクターヘリの利点は、搬送時間の短縮化にあるが、その性質上、RCTを行うのは困難であるため、ヘリコプター搬送の費用対効果は、未だに明らかにされているとは言い難い。

Taylor らは、ドクターヘリの費用対効果に関する論文について Systematic Review を行い、適格基準を満たす15の費用分析において7本が外傷、4本が非外傷、そして4本は非特異的疾患であったと報告している。(5) このようにヘリコプター搬送の主な対象としては重症外傷が中心となっているが、非外傷性疾患としては、虚血性脳血管障害（脳梗塞）とST上昇型の心筋梗塞、そして産科疾患などがあげられている。

しかし、本邦では、地理条件を含めたドクターカーやドクターヘリなどの医療リソースの最適配置に関する検討はほとんど行われておらず、アクセシビリティ改善によってアウトカムの改善が見込める患者需要の定量化、それらの患者に対するドクターカーやヘリコプター搬送の臨床的効果の評価、これらを踏まえた医療の需給バランスの評価に基づくこれらの配置の適正化は、本邦において喫緊の課題である。

A.2 目的

本研究では、アクセシビリティ改善のための医療リソース配置の現状評価や適正配置の評価を目的として、ヘリコプター（ドクターヘリや防災ヘリ）やドクターカーに対する医療需要の定量化・視覚化を行い、現時点の救急医療体制における需給バランスを評価し、ヘリコプターの配備による医療経済的効果を検証した。さらに、ドクターヘリを新規に配置する場合の最適配置を検討した上で、その医療経済的効果を試算した。

A.3 分担研究報告書

以上の目的を達成するために、本研究では以下の項目に関する分担研究を行った。本統括報告では、以下の分担研究の成果をサマライズして報告する（括弧内は分担研究を担当した研究分担者名）

1. 重症外傷・脳卒中の性・年齢別年間発生数の推定手法（酒井、青木、大田、奥地）
2. 全国救命救急センター、ドクターカー・ドクターヘリの保有施設、防災ヘリ基地およびt-PA対応医療機関リスト（清水、青木）
3. 重症外傷における都道府県別カバー状況（酒井、青木、大田、横田）
4. 脳卒中における都道府県別カバー状況医療提供体制ニーズの把握に係る研究（酒井、青木、大田、奥地）
5. ドクターカー・ドクターヘリ導入の医療経済的効果と、カバー率向上を目指した最適配置案に対する費用対効果の検証（青木、酒井、大田、清水、奥地、横田）

B 研究方法

本研究では、医療経済的評価だけではなく最適配置に向けた医療需給バランスの評価アプローチを検討することも目的としているため、疾患としては重症外傷と虚血性脳血管障害（脳梗塞）を含む脳卒中患者の2疾患を対象として、全国における患者数の定量化、現状の体制におけるカバー割合（医療の需給バランス）の推定、現

状の体制における費用対効果を論じることとした。

具体的には、重症外傷（Load and Go 対応の外傷）と脳卒中（脳梗塞、脳内出血、くも膜下出血）の緊急性を要する2つの疾患について、地理情報システム（Geographic Information System : GIS）を活用し、全国における患者数の推定を行った上で、救急車、ドクターカー、ドクターヘリ・防災ヘリによるカバーの状況を定量化・視覚化した。また、現状の配備における臨床的な効果（予想されるアウトカム改善）とその医療経済的効果を定量化した。さらに、新規にドクターヘリを配置すべき場所を求めた上で、新規設置することの医療経済的効果を算出した。以下にそのプロセスの詳細を記述する。

B.1 都道府県ごとの患者発生数の推定

重症外傷は平成24年5～11月（観察7ヶ月間）の期間に、奈良県救急医療管制支援システム（奈良県で導入された奈良版の e-MATCH : emergency Medical Alliance for Total Coordination in Healthcare）で記録された奈良県全消防の救急搬送例30,701例のうち、重症所見のある外傷190例のデータを利用した。脳卒中は、平成23年2～7月（観察期間6ヶ月間）の奈良県全消防の救急搬送例25,394件のうち、医療機関における確定診断名が脳卒中（脳梗塞、脳出血、くも膜下出血）の924例のデータを使用した。

これらのデータは奈良県全域における搬送症例が記録されている県全体をカバーする population-based のデータである。従って、平成22年国勢調査の性・年齢別人口で除することで人口当たりの重症外傷と脳卒中の発生頻度を定量化することが可能である。国勢調査のデータは性・年齢別（5歳刻み）で利用可能であるため、上記の脳卒中および重症外傷搬送数も性・年齢別（5歳刻み）に分類した上で、性・年齢別人口で除した上で（12/観察期間）を乗じることで、1年間当たりの性・年齢別の救急搬送数数を算出した。

重症外傷はほぼ全例が救急車で搬送されると考えられるが、脳卒中では救急車以外の来院方法も考えられる。そこで、我々が平成21年度に奈良県における急性期医療機関90,370例に対する調査結果を活用し、救急車で来

院する割合を算出し、この数値で脳卒中患者数を割ることで年間発生数を求め、最終的には人口10万人対の発生率を算出した。

都道府県別の患者の発生数は、この年齢・性別の発生率に第3次メッシュ（1km四方）ごとの年齢・性別の人口を乗じることで各都道府県に属するメッシュごとの患者数とした。

また、最終的に求められた患者数の妥当性を検証する目的で、重症外傷患者数は日本外傷データベースの登録症例数と、脳卒中は滋賀県高島市レジストリーと秋田県脳卒中発症登録の登録症例数を比較し、妥当性を検証した。

B.2 GIS を利用した患者数の定量化・視覚化

重症外傷患者は救命救急センター（256施設）、脳卒中は脳卒中ケアユニット入院医療管理料あるいは超急性期脳卒中加算のいずれかに該当する施設（778施設）を対応医療機関とした。本研究では、覚知時刻より医療チーム接触までの時間を30分以内を念頭に、対応機関からの時間距離、あるいはヘリコプター設置拠点からの直線距離に基づいて全国の第三次メッシュを以下のように分類し、GIS上で視覚化した。（図1）

1. 救急車でカバーされるメッシュ：対応医療機関から時速50kmでの時間距離が22分以内のメッシュ（覚知～現場到着までの平均時間が全国平均で8分であるため）
2. ドクターカーでカバーされるメッシュ：救急車でカバーされないメッシュの中で、ドクターカーを設置してある救命センターからの時間距離が30分以内のメッシュ
3. 救急車でもドクターカーでもカバーされないメッシュの中で、ドクターヘリあるいは防災ヘリ：ヘリコプター設置拠点から半径50km以内のメッシュ（北海道のみ100km以内）
4. カバー範囲外のメッシュ：上記のいずれかの手段によってもカバーされないメッシュ

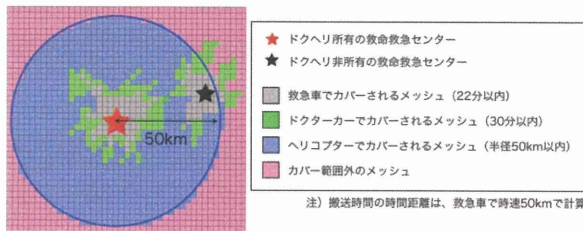


図1. メッシュの種類

B.3 都道府県別のカバー割合の算出

各メッシュを分類した上で、各都道府県別に（1）救急車、（2）ドクターカー、（3）ドクターヘリ、（4）防災ヘリによるカバー患者数を日中と夜間（ヘリコプターが飛行できない時間帯）別に算出し、GIS上で視覚化した。カバーの状況は、下記の6つの運用パターンで算出した。

夜間1：ヘリコプターによるカバーがなく、救急車とドクターカーが同一県内のみをカバーする場合

夜間2：ヘリコプターによるカバーがなく、救急車とドクターカーが県境を越えてカバーする場合

日中1：ドクターヘリが同一県内のみカバーする場合

日中2：ドクターヘリおよび防災ヘリが同一県内のみカバーする場合

日中3：ドクターヘリが県境を越えてカバーする場合

日中4：ドクターヘリおよび防災ヘリが県境を越えてカバーする場合

尚、北海道に関してはいずれのヘリコプター設置拠点も、北海道内のみをカバー可能であったため、夜間1、日中1、日中2のみ算出した。

B.4 費用対効果の検証と新規配置の検討

重症外傷患者と脳卒中患者をヘリコプターで搬送した場合に予想されるアウトカムの改善（重症外傷では死亡率、脳卒中ではtPA投与によるmodified Rankin Scale（mRS）の改善）に対するNumber Needed to Treatに基づいて、ドクターヘリあるいは防災ヘリでカバーされている患者の搬送における臨床効果の改善を定量化した。さらに臨床効果の改善による1年間の医療経済的効果

（Cost Saved / year）を算出し、両疾患の平均余命を乗じて年間の医療経済的効果を推定した。

また、平成24年度に総務省消防庁が実施した「緊急度判定体系実証検証事業」では、救急搬送された患者の最終的な緊急度を検証するために「緊急度検証（暫定）基準」上、緊急度が「赤」の患者の搬送に対する医療経済的効果を同様の手法で検証した。

C 研究結果

C.1 患者発生数の推定

年間の重症外傷の発生数は29,785例、脳卒中の発生数は343,135例と推定された。奈良県のデータから、日中と夜間の患者発生の頻度はほぼ1:1であるため、全国における日中・夜間それぞれの患者発生数は、重症外傷で14,892.7例、脳卒中で171,567.7例と計算された。

C.2 都道府県別のカバー割合の算出

B.3.で示した6つのパターンの中で、（1）夜間で県内のみカバーする場合、（2）ドクターヘリが同一県内のみカバーする場合、（3）ドクターヘリおよび防災ヘリが同一県内のみカバーする場合、（5）ドクターヘリおよび防災ヘリが県境を越えてカバーする場合、の4種類の運用パターンについて、表1に重症外傷、表2に脳卒中のカバー割合を示した。（表1、表2）

ヘリが運用できない状況（夜間の運用パターン1）では重症外傷12,137人（81.5%）、脳卒中146,614人（85.5%）がカバーできていると試算された。日中にカバーされる患者は、重症外傷13,593人（91.3%）、脳卒中159,472人（92.9%）であった。つまり、ドクターヘリが加わることによって（日中の運用パターン1）、重症外傷1,456人（9.8%）、脳卒中12,858人（7.5%）の患者がカバーされることになった。また、ドクターヘリに加えて防災ヘリを利用する（日中の運用パターン2）ことで、重症外傷532人（3.6%）、脳卒中3,322人（1.9%）の患者がカバーされることになり、日中にカバーされる患者は、重症外傷14,125人（94.8%）、脳卒中162,794人（94.9%）となった。

さらにドクターヘリと防災ヘリが県境を超えて運用される場合（日中の運用パターン4）、日中にカバーされる患者は、重症外傷 14,291 人（96.0%）、脳卒中 164,810 人（96.1%）となった。

C.3 GIS を利用した患者数の定量化・視覚化

重症外傷と脳卒中患者の患者数を GIS を利用して視覚化した地図は、参考資料の地図一覧に供覧した。地図一覧では重症外傷と脳卒中の疾患別の 6 つの運用パターン（B.3 参照）について、全国地図（1-1～1-6）と、5 つの地域の拡大地図を掲載してある：北海道（2-1, 2-3, 2-4）、東北・新潟（3-1～3-6）、関東・中部（4-1～4-6）、関西・四国・中国（5-1～5-6）、九州・沖縄（6-1～6-6）。

C.4 現状のヘリコプター搬送の医療経済的評価

前項までの報告から、日中の運用パターン4（ドクターヘリと防災ヘリが県境を超えて運用される場合）を仮定した場合、ヘリコプター搬送によって治療を受けられる事になる患者数は重症外傷で 2,025 人、脳卒中で 16,953（うち、脳梗塞 12,783 人）であった。外傷患者のアウトカム改善（生存）の NNT は 66.7、脳梗塞に対して tPA 治療を行った場合、modified Rankin Scale（mRS）が 0 あるいは 1（FO：Favorable Outcome）となるアウトカムの改善の NNT は 13.1 であるため、アウトカム改善が期待できる患者数は重症外傷で 30 人、脳梗塞で 974 人と推定された。

それぞれの平均余命を考慮すると 1 人の患者のアウトカム改善の効果は重症外傷で 98,800,000 円、脳卒中で 39,300,244 円と推定された。これにアウトカム改善が期待できる患者数を乗じ、脳卒中に関してはアウトカム改善を生じる可能性を 10%と仮定した場合のトータルの医療経済的効果は外傷が年間約 30 億円、脳卒中で年間約 38 億円と推定された。

日中の運用パターン2（ドクターヘリに加えて防災ヘリを利用するが同一県内のみカバー）と比較した場合、県境を越えた運用に基づく医療経済的効果は約 1 億 7,400 万円と試算された。

さらに、総務省消防庁の「平成 23 年中の救急搬送に

おける医療機関の受入状況等実態調査」の報告から、緊急性の高い患者（緊急度が「赤」と判定される患者）は全体の 31.2%であり、これらの患者の NNT を 100、アウトカム改善の可能性を 10%と仮定した場合の医療経済的効果は年間約 126 億円と試算された。

C.5 ドクターヘリの新規配置の検討

重症外傷と脳卒中の患者の中で日中に（1）非カバーの患者数、又は（2）非カバーあるいは防災ヘリでカバーされているに分類されている患者数を、都道府県ごとに算出し、新規配置を検討すると新潟、秋田、福島、広島、愛媛、宮城の 6 ヶ所が新規の設置場所と選択された。新規配置を仮定した地図は、参考資料地図一覧の重症外傷 1-7、1-8、脳卒中 1-7、1-8 である。

これらの 6 ヶ所の新規配置による搬送数の増加とその医療経済的評価を表 1（重症外傷）と表 2（脳卒中）にまとめた。日中の運用パターン 4（ドクターヘリと防災ヘリが県境を超えて運用される場合）を仮定した場合、重症外傷では 130 人が、脳卒中では 1,459 人（脳梗塞に換算すると 1,100 人）の新規の搬送が可能であった。アウトカム改善が期待できる患者数は重症外傷では 2.0 人、脳卒中では 83.8 人、重症外傷では年間約 1.9 億円の脳卒中では 3.3 億円、合計約 5.2 億円の医療経済効果が推定された。しかし、日中の運用パターン 2（ドクターヘリに加えて防災ヘリを利用するが同一県内のみカバー）を仮定した場合、重症外傷では新規搬送が 75 人、脳卒中では 1,090 人（脳梗塞に換算すると 822 人）と減少し、医療経済的効果はそれぞれ 1.1 億円と 2.5 億円の合計 3.6 億円となった。

D 考察

D.1 医療の需給バランスと医療経済的効果の継続的検証の必要性

本研究では重症外傷と脳卒中を対象として、全国患者数を定量化した上で、GIS を利用して地図上に患者発生状況を視覚化し、それらの患者が覚知から 30 分以内に医療チームと接触できる体制にあるかどうかというアクセスビリティを考慮した救急医療の需給バランスを評価した。

その結果、ドクターヘリと防災ヘリが活用可能な日中に県境を超えた搬送を行うと、両疾患ともに患者の約96%がカバーできるという事が試算された。逆にヘリコプター搬送ができない夜間では重症外傷は81.5%、脳卒中は85.5%とカバーされる患者の割合が低下するため、今後、夜間における救急医療体制についてさらなる検討が必要と考えられた。

また、現時点におけるヘリコプター搬送の医療経済的効果は、重症外傷と脳卒中に限定しても年間約68億円と試算された。全救急患者の約30%程度を占める緊急度の高い患者で、かつ、救急車やドクターカーのカバー範囲外の患者についての試算では、年間約126億円の医療経済効果が推定された。今回、分析対象としなかった心筋梗塞や産科疾患なども考慮した場合、現時点における年間予算80億～100億円の費用対効果に関しては十分に説明がつくと考えられた。

同時に、理想的な効果を上げるためにはこれらの疾患に対する適切な搬送が行われているかどうかを定期的に検証していく必要がある。また、今回の医療経済的効果のエビデンスは全て海外の論文に基づいているため、ヘリコプター搬送による臨床的効果が本邦においても存在するかどうかについては今後、本邦でのデータ集積と分析が必要不可欠と考えられる。

しかし、現時点では、これらの検証に必要な病院前の観察記録と医療機関における検査、診断、処置・治療、転帰データを全県レベルで統合するための仕組みを持つ地域はほとんどない。今回は、平成24年より全国で初めて奈良県に導入された救急医療管制支援システム (emergency Medical Alliance for Total Coordination in Healthcare: e-MATCH) におけるデータを活用したが、今後、このような仕組みが全国的に整備され、研究レベルではなく、通常のマネジメントレベルで、搬送リソースの活用に対するモニタリングを継続的に実施し、PDSAサイクルを回して行く事が重要と考えられる。

D.2 本研究の限界点

本研究は、全国レベルのシミュレーションを行う上で、いくつか要因について簡略化し、その点が本研究の限界点になるため、その限界点について考察する。

D.2.1 データソース

D.1 で言及したように、本研究における Population-based のデータは全県規模で救急搬送と確定診断のデータが活用可能な奈良県救急医療管制支援システムのデータに基づいている。今後、各地域における救急医療体制に対する継続的改善を行っていく上でもこのような仕組みが重要になってくると考えられる。

D.2.2 覚知から医療チーム接触までの時間

本研究では、覚知から医療チーム接触までの時間の閾値を30分と仮定して分析した。今回対象として脳卒中や心筋梗塞では、30分単位でアウトカムの改善効果が異なる事が報告されている。(7; 8) 発症から治療開始までの時間は、(1) 発症から覚知まで、(2) 覚知～医療チームへの接触まで (搬送時間)、(3) 医療チーム接触から治療開始までの時間に分類されるため、搬送時間をできるだけ少なくするという点からも30分という閾値は一つの目安になると考えられるが、D.3.4 で考察するようにこの閾値を用いることで救急車のカバー範囲がさらに狭くなることも予想される。

D.2.3 全国一律の現場までの到着時刻の採用

本研究では救急車の現場までの到着時刻を全国の平均値である8分を使用したが、分担研究報告にあるように地域においては現場到着まで8分以上を要する地域もあるため、実際に地域における救急医療体制を論じる場合には、実際の現場到着までの推定時間を利用する方がいいと考えられる。

D.2.4 現場活動時間に対する仮定

本研究では現場活動時間を考慮せずに分析を行ったが、実際には15分程度の現場活動時間がかかっている。しかし、これらを考慮すると到着までの時間と現場活動時間で8+15分=23分を試算することになり医療機関までの時間距離が7分以内の患者のみが救急車のカバー範囲になってしまう。しかし、その場合にはドクターカーなどで医療チームとの接触をより早める工夫などが可能な場合もあるため、地域ごとにより詳細な分析を行う必要性がある。

D.2.5 ヘリコプターのカバー範囲の推定

本研究では、ヘリコプターのカバー範囲を基地より50km（北海道は100km）で仮定したが、実際には県内をカバーするために100km程度の範囲まで飛んでいる場合がほとんどである。また、本研究では、ドクターヘリの基点をヘリコプター基地ではなく医療機関からと仮定したが、各地域で詳細に分析する場合には地域の実情を加味したシミュレーションが望ましい。

D.2.6 疑い推定の精度

実際にヘリを依頼する場合には確定診断ではなく、各都道府県で実施されている搬送実施基準に基づいて「脳卒中の疑い」とされることになる。本研究ではこの点を考慮に入れず、脳卒中が疑われた患者は全て脳卒中であり、脳卒中の患者は全員脳卒中が疑われる（すなわち、疑いの感度と特異度が100%）と仮定して分析を行った。

D.2.7 臨床効果の推定方法

実際のデータに基づいた性別や年齢分布を考慮するためには、臨床的效果（i. e. 生存年）を推定する時に、実データに基づいたブートストラップ法などを活用した推定を行うべきであるが、今回は分析を簡略化するために、一律、男性の平均余命を用いた推定を行った。

D.2.8 医療経済的効果

本研究では、重症外傷では急性期の1 QALYsの延長に対して約50,000ドル（約500万円）が合理的に説明されるというデータに基づき、脳卒中では発症1年後の1ヶ月に要する費用から推定した。しかし、これらのコストが余命全体で変化する可能性、これらの後遺症を持った患者が死亡率が高くなる可能性を考慮していない。実際にはマルコフモデルなどを活用した費用対効果モデルを構築した分析(7)が望ましいと考えられる。

D.2.9 アウトカム改善を生じる可能性

本研究では、脳卒中の搬送患者と緊急度が高い患者に対するアウトカム改善効果を10%と仮定した。この目的は様々な不確定要因を含めた場合、シミュレーション

上の効果が低減される可能性を含め、やや conservative な定量化を行うことも含めた数値になっている。各地域における医療体制を議論する場合には、実際のtPAの投与割合や発症からの時間の分布などの要因は、その地域の現状を反映させる事が望ましいと考えられる。この点でも、D.1.で述べた病院前の観察記録と医療機関における検査、診断、処置・治療、転帰データを全県レベルで統合するための仕組みが重要であると考えられる。

D.2.10 新規ドクターヘリ設置の条件

本研究では、設置場所は救命救急センターに限定した上で、そのセンターのヘリポートの有無、スタッフの充足の程度などの現状については一切考慮せずに、地理的状況と非カバー患者数などの指標のみを勘案して設置場所を仮定した。従って、実際の地域の現状や検討状況などを反映していない可能性がある。

本研究の目的は配置場所を決定することではなく、最適配置において患者の発生数を考慮した場合にどのようなアプローチが可能かを検討し、実際のデータでその効果を数値化することにある。また、費用対効果分析はあくまでの最大多数の最大幸福という功利主義的な考え方をベースとしたアプローチの限界点を考慮し、数値化された指標を用いたハードサイエンスだけではなく、実際にはそれ以外の様々な要因を含めたソフトサイエンス的な側面からの検討がなされるべきであり、本研究のような定量的アプローチの結果も、あくまでも意思決定支援の材料の一つであると位置づける事が望ましいと考える。

D.3 総括

本研究では、以上のような限界点はあるが、救急搬送の手段を地域、広域、あるいは国全体で評価するためのアプローチを明示した上で、評価の実例を示すことができたと考えられる。今後は、このアプローチを活用することで、地域を絞ったより詳細な分析を行っている非必要があるが、本研究のアプローチはそれらの詳細な分析にも十分に堪えうると考えられる。

E 結論

- ヘリコプターを配備することによって、重症外傷 12,137 人 (81.5%)、脳卒中 146,614 人 (85.5%) から、重症外傷 14,291 人 (96.0%)、脳卒中 164,810 人 (96.1%) がカバーされると推定された。
- ヘリコプター搬送の年間の医療経済効果は、脳卒中で約 38 億円、重症外傷で約 30 億円、緊急性の高い患者 (緊急度=赤) では約 126 億円と試算された。
- 新規に配置することで、重症外傷では 2.0 人が、脳卒中では 83.8 人のアウトカム改善が期待され、その医療経済的効果は、重症外傷では年間約 1.9 億円の脳卒中では 3.3 億円、合計約 5.2 億円と試算された。
- 本研究の目的は配置場所を決定することではなく、最適配置において患者の発生数を考慮した場合にどのようなアプローチが可能かを検討し、実際のデータでその効果を数値化することである。数値化や指標化のみでの判断には限界がある反面、定量的かつ視覚的アプローチを行うことで、様々な立場や意見を持つ意思決定者間での議論が客観的なものになるという効果や、自地域だけではなくより広域の視点からの検討ができるという効果も期待される。
- 本研究では、いくつかの限界点はあるが、救急搬送の手段を地域、広域、あるいは国全体で評価するためのアプローチが明示でき、かつ、評価の実例を示すことができた。今後は各地域で、地域の実情を踏まえた分析を行い、地域医療の体制の継続的改善 (PDSA) を行って行く事が望まれる。
- また、今回、試算した医療経済的効果を上げるためには、疾患に対する適切な搬送が行われているかどうかを定期的に検証していく必要がある。これらの検証に必要な病院前の観察記録と医療機関における検査、診断、処置・治療、転帰データを全県レベルで統合するための仕組みを整備し、研究レベルではなく、通常のマネジメントレベルで、搬送リソースの活用に対するモニタリングを継続的に実施し、PDSA サイクルを回して行く事が重要と考えられる。

F 研究発表

特になし

G 知的所有権

特になし

H その他

特になし

I 参考文献

1. Hacke W, Donnan G, Fieschi C, Kaste M, von Kummer R, Broderick JP, et al. Association of outcome with early stroke treatment: pooled analysis of ATLANTIS, ECASS, and NINDS rt-PA stroke trials. *Lancet*. 2004, Mar 6;363(9411):768-74.
2. Nicholl J, West J, Goodacre S, and Turner J. The relationship between distance to hospital and patient mortality in emergencies: an observational study. *Emerg Med J*. 2007, Sep;24(9):665-8.
3. Dieker HJ, Liem SS, El Aidi H, van Grunsven P, Aengevaeren WR, Brouwer MA, and Verheugt FW. Pre-hospital triage for primary angioplasty: direct referral to the intervention center versus interhospital transport. *JACC Cardiovasc Interv*. 2010, Jul;3(7):705-11.
4. Thomas SH, Harrison TH, Buras WR, Ahmed W, Cheema F, and Wedel SK. Helicopter transport and blunt trauma mortality: a multicenter trial. *J Trauma*. 2002, Jan;52(1):136-45.
5. Taylor CB, Stevenson M, Jan S, Middleton PM, Fitzharris M, and Myburgh JA. A systematic

review of the costs and benefits of helicopter emergency medical services. *Injury*. 2010, Jan;41(1):10-20.

6. Galvagno SM, Haut ER, Zafar SN, Millin MG, Efron DT, Koenig GJ, et al. Association between helicopter vs ground emergency medical services and survival for adults with major trauma. *JAMA*. 2012, Apr 18;307(15):1602-10.
7. McNamara RL, Wang Y, Herrin J, Curtis JP, Bradley EH, Magid DJ, et al. Effect of door-to-balloon time on mortality in patients with ST-segment elevation myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2006, Jun 6;47(11):2180-6.
8. Lees KR, Bluhmki E, von Kummer R, Brodt TG, Toni D, Grotta JC, et al. Time to treatment with intravenous alteplase and outcome in stroke: an updated pooled analysis of ECASS, ATLANTIS, NINDS, and EPITHET trials. *Lancet*. 2010, May 15;375(9727):1695-703.
9. Aoki N, Kitahara T, Fukui T, J. R. Beck, Soma K, Yamamoto W, Kamae I, Ohwada T. Management of Unruptured Intracranial aneurysm in Japan: A Markovian Decision Analysis with Utility Measurements Based on Glasgow Outcome Scale. *Med Decis Making* 1998, 18; 357-364.

表 1. 重症外傷に対する運用別のカバー割合

	日中運用パターン 1		日中運用パターン 2		日中運用パターン 4	
	人数	カバー割合	人数	カバー割合	人数	カバー割合
救急車	11,741	78.8%	11,741	78.8%	11,904	79.9%
ドクターカー	396	2.7%	396	2.7%	362	2.4%
ドクターヘリ	1,456	9.8%	1,456	9.8%	1,622	10.9%
防災ヘリ	0	0.0%	532	3.6%	403	2.7%
非カバー	1,299	8.7%	768	5.2%	602	4.0%
合計	14,893	100%	14,893	100%	14,893	100%
日中カバーされる患者	13,593	91.3%	14,125	94.8%	14,291	96.0%
夜間運用パターン	12,137	81.5%	12,137	81.5%	12,266	82.4%

表 2. 脳卒中に対する運用別のカバー割合

	日中運用パターン 1		日中運用パターン 2		日中運用パターン 4	
	人数	カバー割合	人数	カバー割合	人数	カバー割合
救急車	145,737	84.9%	145,737	84.9%	147,087	85.7%
ドクターカー	877	0.5%	877	0.5%	770	0.4%
ドクターヘリ	12,858	7.5%	12,858	7.5%	13,920	8.1%
防災ヘリ	0	0.0%	3,322	1.9%	3,033	1.8%
非カバー	12,096	7.1%	8,774	5.1%	6,758	3.9%
合計	171,568	100%	171,568	100%	171,568	100%
日中カバーされる患者	159,472	92.9%	162,794	94.9%	164,810	96.1%
夜間運用パターン	146,614	85.5%	146,614	85.5%	147,857	86.2%

II. 分担研究報告

厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）

「ドクターヘリ・ドクターカーによる超急性期からの
医療提供体制ニーズの把握に係る研究」

分担研究報告書

「重症外傷・脳卒中の性・年齢別年間発生数の推定手法」

研究分担者：酒井未知 NPO法人ヘルスサービスR&Dセンター（CHORD-J） 研究部 副部長
研究代表者：青木則明 テキサス大学健康情報科学大学院 准教授
NPO法人ヘルスサービスR&Dセンター（CHORD-J） 理事長
研究分担者：大田祥子 一般社団法人HIMAP 代表理事
研究分担者：奥地一夫 奈良県立医科大学救急医学講座 教授

研究要旨

- 【背景・目的】 これまでにドクターカー・ドクターヘリの適応となる救急重要疾患の患者数を全県レベルで推定する手法に関する報告はほとんど無い。本研究は、重症外傷、脳卒中を対象に、全国47都道府県の第三次メッシュごとの年間患者発生予測数を定量化、視覚化することを目的とした。
- 【方法】 国勢調査人口データと奈良県の救急搬送例のデータに基づき、重症外傷、脳卒中の性・年齢別の年間発生率を推定した。さらに、地理情報システム（Geographic Information System：GIS）を利用して、全国47都道府県の第三次メッシュごとの年間患者発生予測数を定量化、視覚化した。さらに、本研究の推定値と国内のレジストリーのデータを比較し、妥当性を検証した。
- 【結果】 重症外傷の年間発生率は、男性（全年齢層）で0.03%、女性（全年齢層）0.02%と推定された。脳卒中の年間発生率は、男性（全年齢層）で0.32%、女性（全年齢層）0.24%と推定された。各県の第三次メッシュ内の発生数を合算した結果、全県の重症外傷の年間発生予測数は29,785例、脳卒中全体の年間発生予測数は343,135例と推定された。
- 【考察】 本研究では、医療機関における最終診断名まで含めた population-based で記録されている奈良県救急医療管制支援システムのデータを患者数の推定に利用したが、国内における患者レジストリーの登録患者数と比較した場合、やや患者数を過小評価している可能性が示唆された。しかし、今後、ドクターヘリの費用対効果を検証する上では、過大評価を防ぎ、conservative な結果をベースに議論を始めるという意味を含め、今回の推定値を元に需給バランスや費用対効果等の検討を行うこととした。
- 【結論】 本研究では、地理情報システム（GIS）を活用し、第三次メッシュ単位で性・年齢別の重症外傷、脳卒中患者数を推定する手法を検討した。国内のレジストリーとの比較においても、本研究の推定値は概ね妥当と考えられた。

A 背景

近年、外傷、脳卒中、急性心筋梗塞等の救急重要疾患のレジストリーの構築が進められているが、これらの登録は自発的な参加となっていたり、疾患特異的な研究を目的としたものであり、救急疾患全体に関して、県レベルでの Population-based の救急患者の発生状況はほとんど把握されていないのが現状である。また、各消防本部が記録している救急搬送に係るデータも消防本部ごとに異なるデータ項目であり、医療機関とのデータが突合されていないために、確定診断名が不明である。

本研究の目的である救急医療リソースの全国的な最適配置を議論するためには、Population-based で集積された救急搬送データと医療機関における確定診断名のデータが必要となる。

一方、奈良県では、平成 24 年 3 月より全県で奈良県救急医療管制支援システム（奈良県で導入された奈良版の e-MATCH: emergency Medical Alliance for Total Coordination in Healthcare）を導入し、全救急搬送データについて医療機関における検査、診断、処置、転帰が記録されている。また、本システム導入に先立って平成 23 年 1 月から搬送実施基準が導入され、平成 23 年 2 月より 7 月にかけて、紙ベースであるが、試験的に記録された搬送データと医療機関における検査、診断、処置、転帰が存在する。

B 研究目的

本研究の目的は、奈良県救急医療管制支援システムに記録された救急搬送記録に基づき、全国 47 都道府県ごとの重症外傷、脳卒中患者の年間発生数を、地理情報システム (Geographic Information System: GIS) を活用して第三次メッシュ (1km 四方の地域メッシュ) 単位で推定することである。さらに、既存の疾患別レジストリーのデータを活用し、この推定値の妥当性の検証を行う。

C 研究方法

C.1 対象疾患の選定

ドクターカー・ドクターヘリの適応となる疾患に関しては、Taylor らによるドクターヘリの費用対効

果の Systematic Review (1) において、適格基準を満たす 15 の費用分析において 7 本が外傷、4 本が非外傷、そして 4 本は非特異的疾患と、重症外傷が中心となっている。非外傷性疾患としては、虚血性脳血管障害 (脳梗塞) と ST 上昇型の心筋梗塞、産科疾患などがあげられている。

本研究班では、医療経済的評価だけではなく最適配置に向けた医療需給バランスの評価アプローチを検討することも目的としているため、疾患としては重症外傷と虚血性脳血管障害 (脳梗塞) を含む脳卒中患者の 2 疾患を対象として、全国における推定患者数を定量化することにした。

C.2 推定に使用したデータ

C.2.1 重症外傷

本研究では重症外傷患者とは、奈良県救急医療管制支援システム (e-MATCH) において救急隊が表 1 の重症所見を記録した患者 (Load and Go 対応の外傷) と定義した。(表 1) 平成 24 年 5~11 月 (観察 7 ヶ月間) の期間に、奈良県救急医療管制支援システムに登録された奈良県全消防の救急搬送例 30,701 例のうち、重症外傷 190 例のデータを使用した。

表1. 重症外傷に該当する重症所見

NO	重症所見
1	開放性頭蓋陥没骨折
2	頸部・胸部の皮下気腫
3	頭頸部から鼠径部までの鋭的損傷
4	筋性防御
5	腹部膨満
6	骨盤の動揺・下肢長差
7	両大腿骨折
8	顔面・頸部の高度損傷
9	外頸静脈の著しい怒張
10	胸部の動揺
11	デグロービング損傷
12	四肢の麻痺
13	四肢の轢断
14	多発外傷

C.2.2 脳卒中

平成 23 年 2～7 月（観察期間 6 ヶ月間）の奈良県全消防の救急搬送例 25,394 件のうち、医療機関の診断名が脳卒中（初発、再発含む脳梗塞、脳出血、くも膜下出血）の 924 例のデータを使用した。

C.2.3 国勢調査人口データ

平成 22 年度国勢調査の地域メッシュ統計（第三次メッシュデータ）を利用した。

C.3 人口あたりの年間発生率の推定

下記の手順で年間発生率を推定した。

C.3.1 救急搬送例の累積発生割合の算出

観察期間内に搬送された重症外傷、脳卒中患者数を、平成 22 年国勢調査の性・年齢別人口で除して、観察期間内の累積救急搬送割合を算出した。

C.3.2 救急搬送例の年間発生率の推定

脳卒中、重症外傷は、いずれも一定の率で発生すると仮定し、累積発生割合に（12 ヶ月／観察期間）を乗じて、年間救急搬送発生率を算出した。

C.3.3 救急車で来院する患者の割合の推定

重症外傷患者はほぼ全例、救急車で搬送されるが、脳卒中は独歩で来院する患者もいるために救急車で来院した患者を救急車来院割合で除した数を持って推定患者数とする必要がある。救急車来院割合は、奈良県内の主立った急性期医療機関（9 施設）に、平成 20 年 4 月 1 日～21 年 3 月 31 日までの期間の午後 18 時 00 分から 7 時 59 分（医療機関の時間外）に、救急車あるいは独歩で来院した 59,652 例のデータに基づいて推定した。59,652 例の救急外来患者の中で、脳卒中と確定診断を受けた 1,751 例のうち、救急車で来院した患者は 846 例で救急車来院割合は 48.3%であった。（表 2）この数字は日本脳卒中データバンク（2）で報告されている 58.0%と大きな開きはないため、本研究では、救急搬送患者数を利用する奈良県の救急車搬送割合を用いて分析を行った。重症外傷は全例救急搬送されると仮定し、年間救急搬送割合をもって年間発生率と見なした。

C.3.4 脳卒中の年間発生率の推定

脳卒中は、年間救急搬送発生割合を脳卒中患者の救急車来院割合（表 2）で除して、脳卒中全体の発生割合を算出した。

C.4 第三次メッシュ（1km 四方）単位の発生数の推定

各都道府県の第三次メッシュ（1km 四方）単位ごとに、重症外傷、脳卒中患者数を推定した。GIS では、地図上に 1km 四方の枠（第三次メッシュ：以下メッシュ）を作成する（図 1）。第三次メッシュは全国 47 都道府県に 387,210 メッシュ存在し、そのうち人口があるメッシュは 152,734 メッシュ（39.4%）である。各メッシュは独自の ID をもち、各メッシュ内の国勢調査人口（性・年齢 5 歳階級別）が入手可能である。今回は、各メッシュ内の性・年齢 5 歳階級別の人口に、奈良県救急搬送記録に基づき算出した、重症外傷、脳卒中の性・年齢 5 歳階級別の年間発生率を乗じて、各第三次メッシュ（1km 四方）の発生数を算出し、各県のメッシュ内の患者数を合算して、全国 47 都道府県の重症外傷、脳卒中患者の年間発生数を推定した。

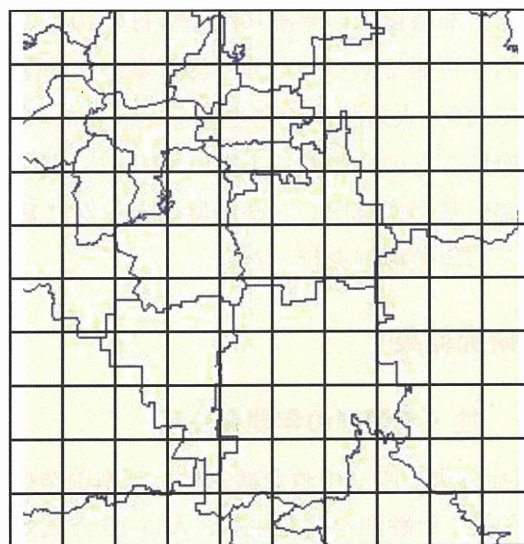


図 1. 第三次メッシュ

C.5 国内レジストリーとの比較検証

C.5.1 重症外傷

奈良県救急搬送記録に基づく重症外傷発生予測数の妥当性を検証するため、日本外傷データバンク（JTDB）(3)の登録患者数との比較検証を行った。日本外傷データバンク（JTDB）は、2011年12月31日時点で全国の160施設（救命救急センター含む）が参加しており、2013年5月時点で13万例以上の外傷患者が登録されている世界第二位の規模の外傷患者レジストリーである。今回は日本外傷データバンクにおけるAIS3以上の登録患者数と、本研究の重症外傷患者発生予測数を比較した。

C.5.2 脳卒中

奈良県救急搬送記録に基づく脳卒中発生予測数の妥当性を検証するため、1) 滋賀県高島市レジストリー(4)、2) 秋田県脳卒中発症登録(5)との比較検証を行った。各レジストリーと奈良県救急搬送記録の対象、追跡期間、悉皆性等を(表3)に示した(表3)。秋田県のレジストリーでは、奈良県データに基づく推定値と同じ、年齢5歳階級ごとの10万人対発生数が入手可能であった。一方滋賀県では、34歳以下の層と、35歳以上の年齢10歳階級毎の10万人対発生数が入手可能であったため、滋賀県の年齢階級に合わせて、10万人対脳卒中発生数を比較した。さらに、都道府県ごとの発生数も上記2つのレジストリーの発生率に基づき算出し、奈良県のデータに基づく発生数との比較検証を行った。

D 研究結果

D.1 性・年齢別の年間発生率

重症外傷、脳卒中救急搬送例、脳卒中全体、それぞれの性・年齢別年間発生率、人口10万人対発生数を示した。(表4)重症外傷の年間発生率は、男性(全年齢層)で0.03%、女性(全年齢層)0.02%と推定された。脳卒中の年間発生率は、男性(全年齢層)で0.32%、女性(全年齢層)0.24%と推定された。

D.2 都道府県別の重症外傷・脳卒中の年間発生予測数

各都道府県の発生予測数を表5に示した。(表5)重症外傷の年間発生予測数は全県で29,785例、脳卒中全体の年間発生予測数は全県で343,135例と推定された。

奈良県のデータから、日中と夜間の患者発生の頻度はほぼ1:1であるため、全国における日中・夜間それぞれの患者発生数は、重症外傷で14,892.7例、脳卒中で171,567.7例と計算された。

D.3 国内レジストリーとの比較

D.3.1 重症外傷

日本外傷データバンク(Japan Trauma Data bank: JTDB)における2010年~2011年の年間登録患者数と本研究の推定した重症外傷年間発生予測数を都道府県ごとに比較した。(表6) JTDB登録施設/救命センター数が75%を超える16都府県の中の9施設で、JTDB登録実績/予測数(割合)が50%を超えていた。また、年間登録患者数が50例以上の14都府県中、9都府県ではJTDB登録実績/予測数(割合)が50%を超えていた。

D.3.2 脳卒中

滋賀県高島市レジストリー、秋田県脳卒中発症登録、奈良県救急搬送記録のデータに基づく人口10万人対脳卒中発生数を表7に示した。(表7)初発の脳卒中発生予測数(年齢調整)は、滋賀県高島市(男性152.4、女性97.3)と秋田県(男性167.4、女性101.8)、再発含む脳卒中発生予測数(年齢調整)は、秋田県(男性211.2、女性123.5)と奈良県(男性173.3、女性92.1)であった。

また、都道府県別の脳卒中全体、の年間発生予測数を示した表5には、国内のレジストリーとの比較検証のため、滋賀県高島市レジストリーの性・年齢別発生率に基づく脳卒中発症予測数(初発)、秋田県脳卒中発症登録の性・年齢別発生率に基づく脳卒中発症予測数(初発、再発含む)を併記した。(表5)初発の脳卒中発生予測数(全国)は、滋賀県高島市レジストリーの推定値は(全国で319,902人/年)、秋田県脳卒中発症登録による推定値は(全国318,153