

ドクターヘリの課題に関する研究

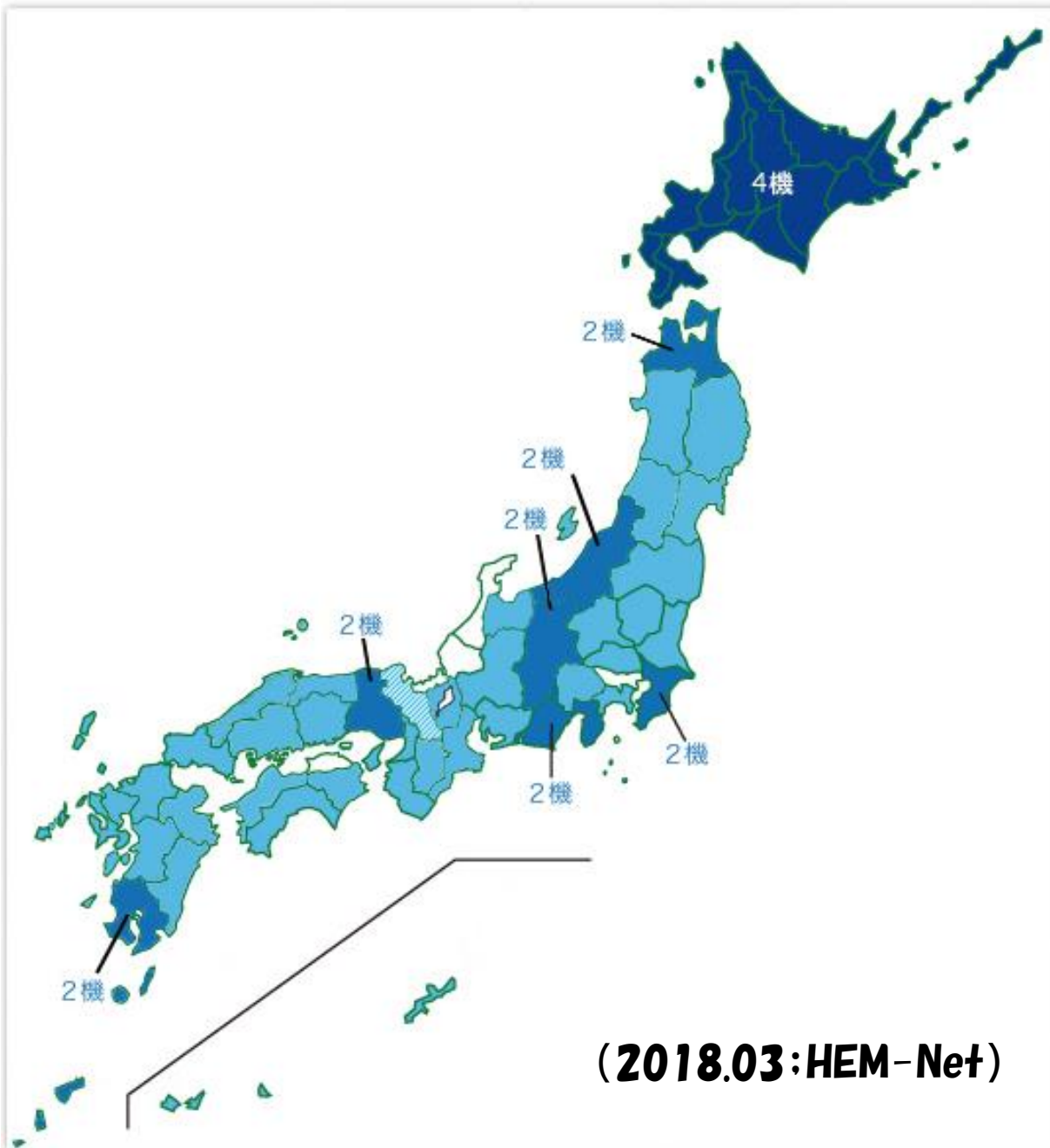
2018.09.27

東海大学救命救急医学

猪口貞樹

1. ドクターヘリの配置とカバー人口

ドクターヘリの配置状況 (平成30年3月)



平成30年3月時点で、**42道府県**に**52機**配備されている。

石川県は平成30年度より開始(**43道府県に53機**)。

京都府は滋賀県・兵庫県・大阪府がカバー。

未配備都道府県は、**東京都、福井県、香川県**。

ドクターヘリの活動範囲と配置

<現状>

- 救命効果を目的とする場合、ドクターヘリの活動範囲は主に重症外傷への医療介入開始までの時間で規定されている。
- へき地医療、病院間搬送等では、半径150kmくらいまで利用されることがある(主に距離で規定される)。
- 救急車搬送で10分以内(搬送先病院より7km以内)にカバーされる範囲はドクターヘリ不要と考えられる。
- ドクターヘリによるカバー範囲(基地病院からの距離)の上限。

厚生労働科学研究(坂本分担班): 50~70km程度

ドイツ: 70km程度

スイス: 50km程度



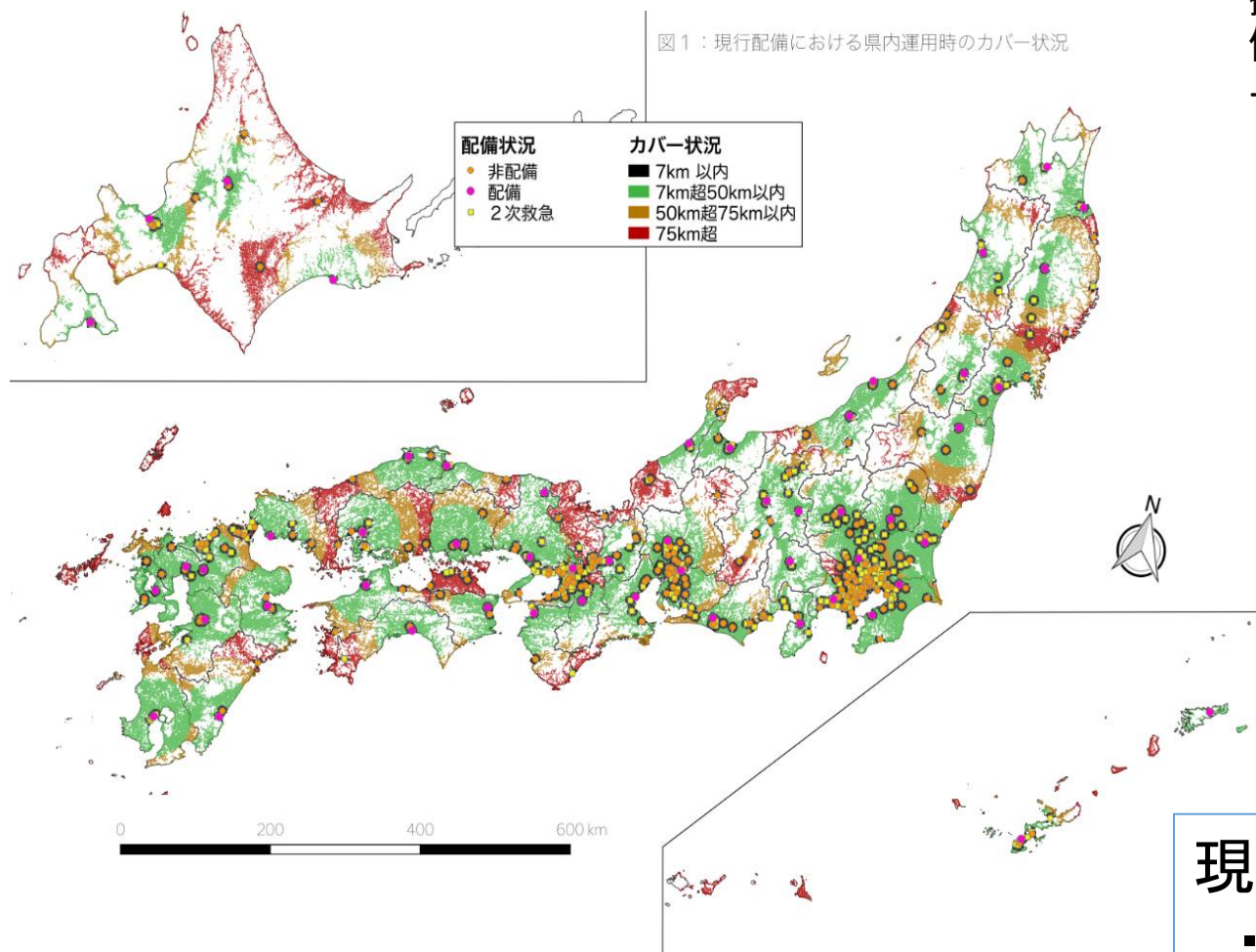
以下に区分し、オペレーションズ・リサーチ分野における数理最適化の手法を用いてドクターヘリの配置・運用を検討した。

救急車の搬送先病院から7km以内(ドクターヘリ不要)

基地病院から7~50km、50~75km、75km超(効果なし)

ドクターヘリのカバー人口1

(H29年度厚生労働科学研究:43道府県:53機、道府県内運用、**現状配置**、1kmメッシュ)



搬送先病院:ドクターヘリによる搬送が相当であると判断された傷病者が搬送される病院。

→救命救急センターまたは二次救急医療機関のうち、「病床数250床以上」かつ「年間救急車受入件数2,500件以上」。

ドクターヘリの対象人口(百万人)

全国の人口:127.09

搬送先から7km以内:93.73(73.75%)

搬送先から7km超:33.7(26.25%) = 対象人口



基地病院からの距離と人口(百万人)

7~50 km:24.22(72.59%)

50~75 km:5.29(15.87%)

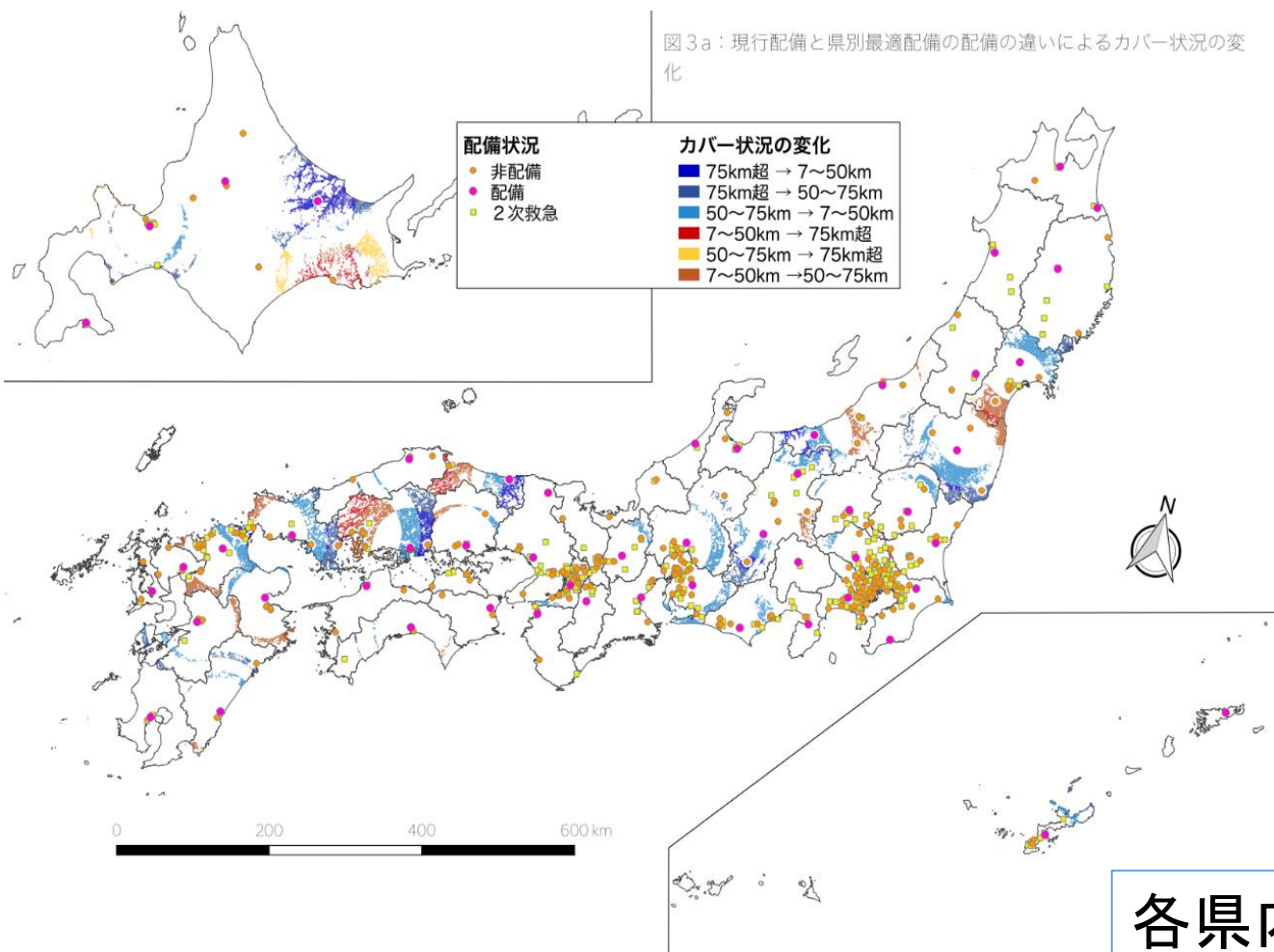
75 km超:3.85(11.55%) = カバー範囲外

現状のドクターヘリの配置において、

- ・対象人口は約**3,400万人**。
- ・カバー範囲外人口は**385万人(11.6%)**。

ドクターヘリのカバー人口2

(H29年度厚生労働科学研究:43道府県:53機、道府県内運用、**道府県内最適配置後**)



ドクターヘリが配備されている道府県において、**県境ありで、ドクターヘリの配備候補(救命救急センター)の病院に再配備(最適配置)した場合。**

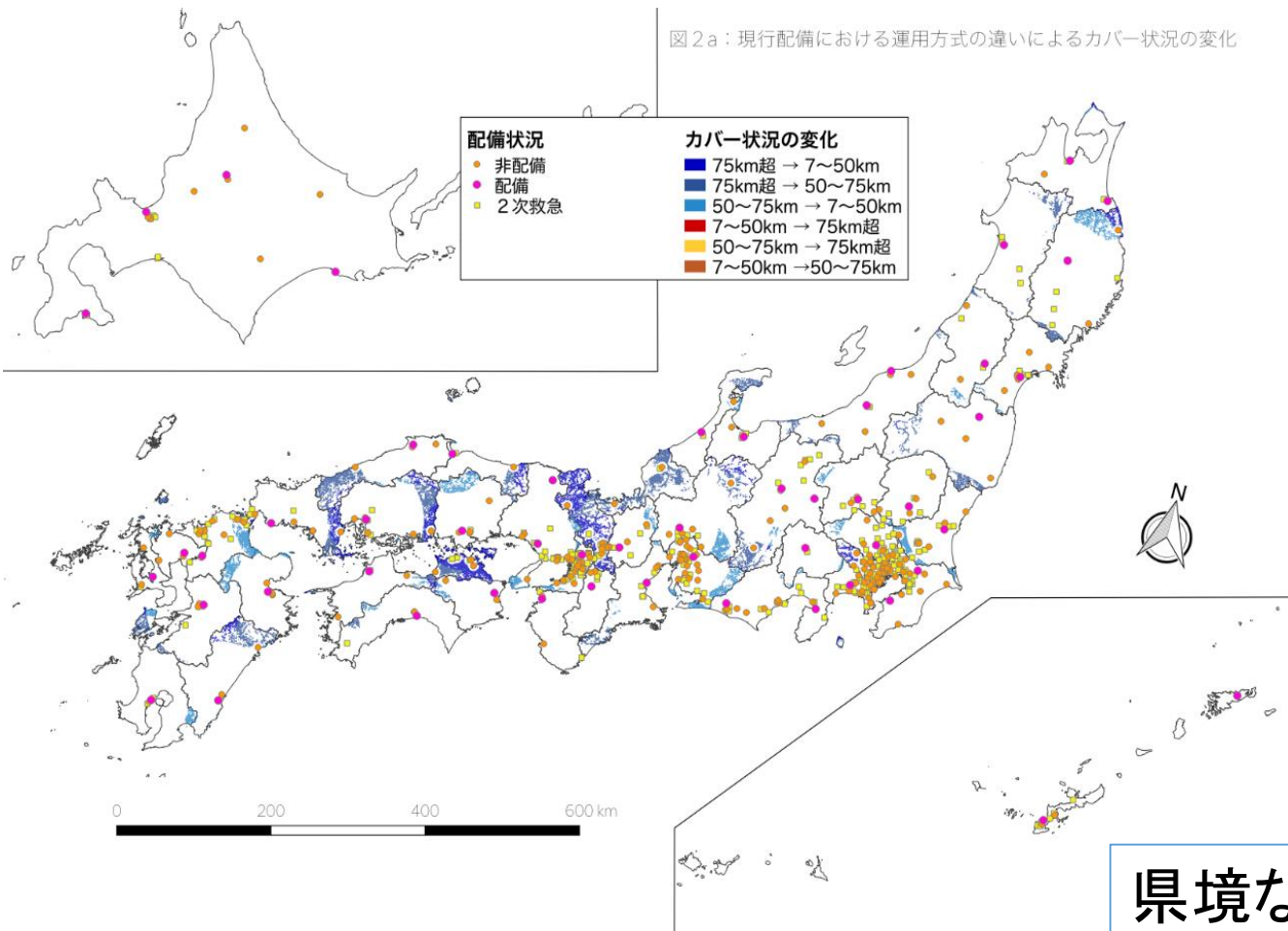
基地病院からの距離	現状人口 百万人 (構成比率)	最適化後 百万人 (構成比率)
7~50 km	24.22 (72.59%)	25.49 (76.38%)
50~75 km	5.29 (15.87%)	4.74 (14.22%)
75 km超	3.85 (11.55%)	3.14 (9.40%)

各県内での配置最適化でカバー範囲外人口は**71万人減少**。

ドクターヘリのカバー人口3

(H29年度厚生労働科学研究: 43道府県:53機、**県境なしで運用**、現状配置)

図2a: 現行配備における運用方式の違いによるカバー状況の変化



ドクターヘリが配備されている道府県において、**県境なしで運用**した場合。

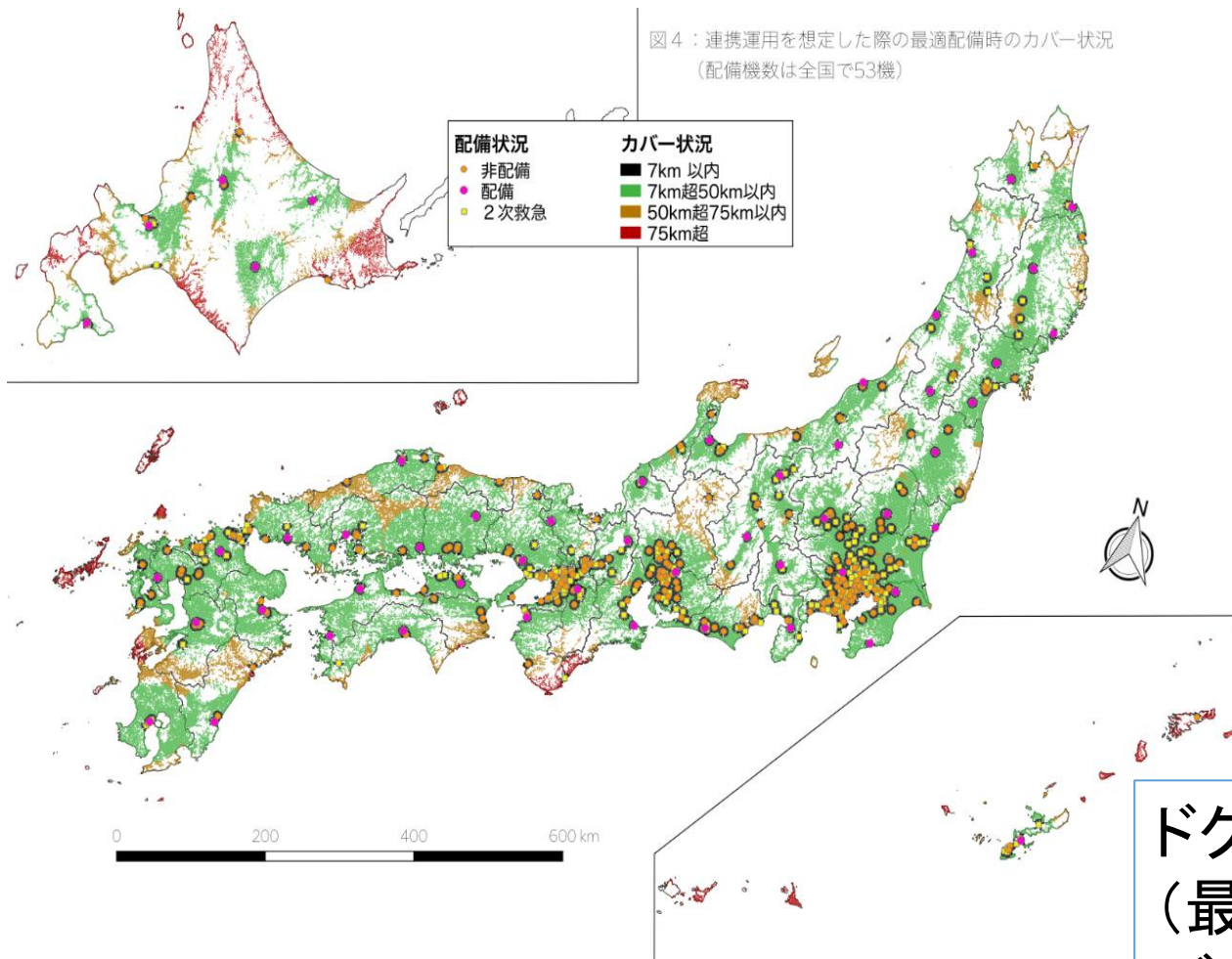
基地病院からの距離	現状人口 百万人 (構成比率)	県境なし運用 百万人 (構成比率)
7~50 km	24.22 (72.59%)	26.59 (79.69%)
50~75 km	5.29 (15.87%)	5.16 (15.46%)
75 km超	3.85 (11.55%)	1.62 (4.85%)

県境なしで運用すると、カバー範囲外人口は**約220万人減少して半分以下**になる。

ドクターヘリのカバー人口4

(H29年度厚生労働科学研究: 43道府県:53機、**県境なしで最適配置後、県境なしで運用**)

図4：連携運用を想定した際の最適配備時のカバー状況
(配備機数は全国で53機)



全国ドクターヘリを、県境なしで救命救急センターに再配備(最適配置)し、さらに県境なしで運用した場合。

基地病院からの距離	現状 百万人 (構成比率)	県境なし運用 百万人 (構成比率)	全国最適化 百万人 (構成比率)
7~50 km	24.22 (72.59%)	26.59 (79.69%)	29.69 (88.98%)
50~75 km	5.29 (15.87%)	5.16 (15.46%)	2.80 (8.40%)
75 km超	3.85 (11.55%)	1.62 (4.85%)	0.87 (2.62%)

ドクターヘリ53機を全国で県境なしで再配備(最適配置)のうえ県境なしで運用すると、カバー範囲外人口は、さらに**約75万人減少する。**

まとめⅠ：ドクターヘリの配置とカバー人口

【結果】

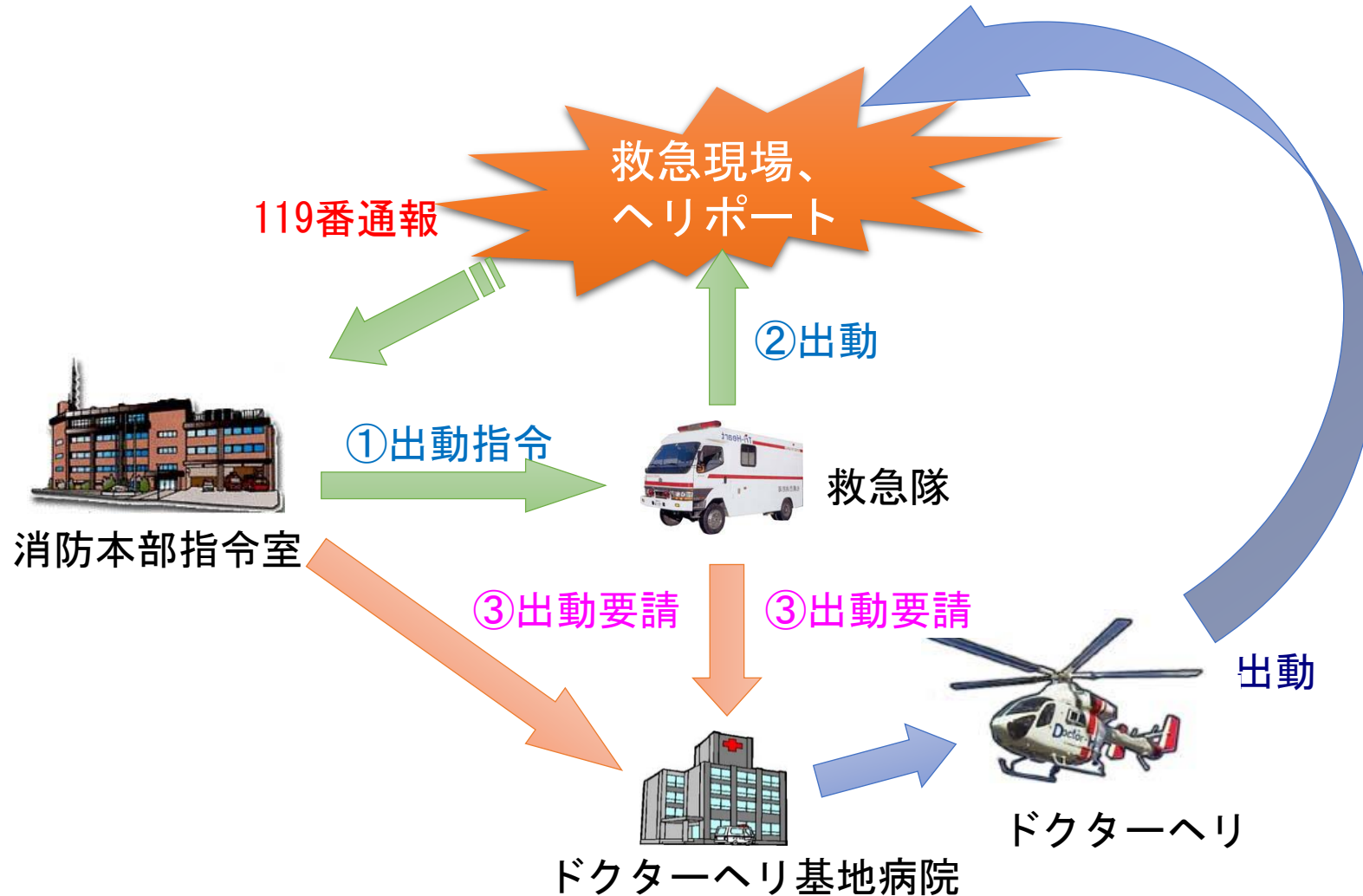
- ドクターヘリの対象人口は全国で約3,400万人。現在の配置で、道府県内運用した場合のカバー範囲外人口は385万人(11.6%)。
- 現配置でのカバー人口は、都道府県単位でみた場合は最適配置に近い。最適配置した場合はカバー範囲外人口は現行より71万人減少。
- **県境なしで運用**した場合、カバー範囲外人口は現行より**220万人(約60%)減少**。
- 県境なしで全国最適化のうえ県境なしで運用すると、カバー範囲外人口はさらに約75万人減少する。

【考察】

- 今後も**都道府県間の連携運用を強化**することが望ましい。
- 配置の見直しや追加配置に当たっては、①カバー範囲外人口の減少に加えて、②配置可能な救命センターの有無、③過重なカバー人口の解消(重複要請の回避)、④未導入県の解消、なども考慮する必要がある。

II. ドクターヘリの要請方式と 重複要請について

ドクターヘリの要請方式(要請のタイミング)

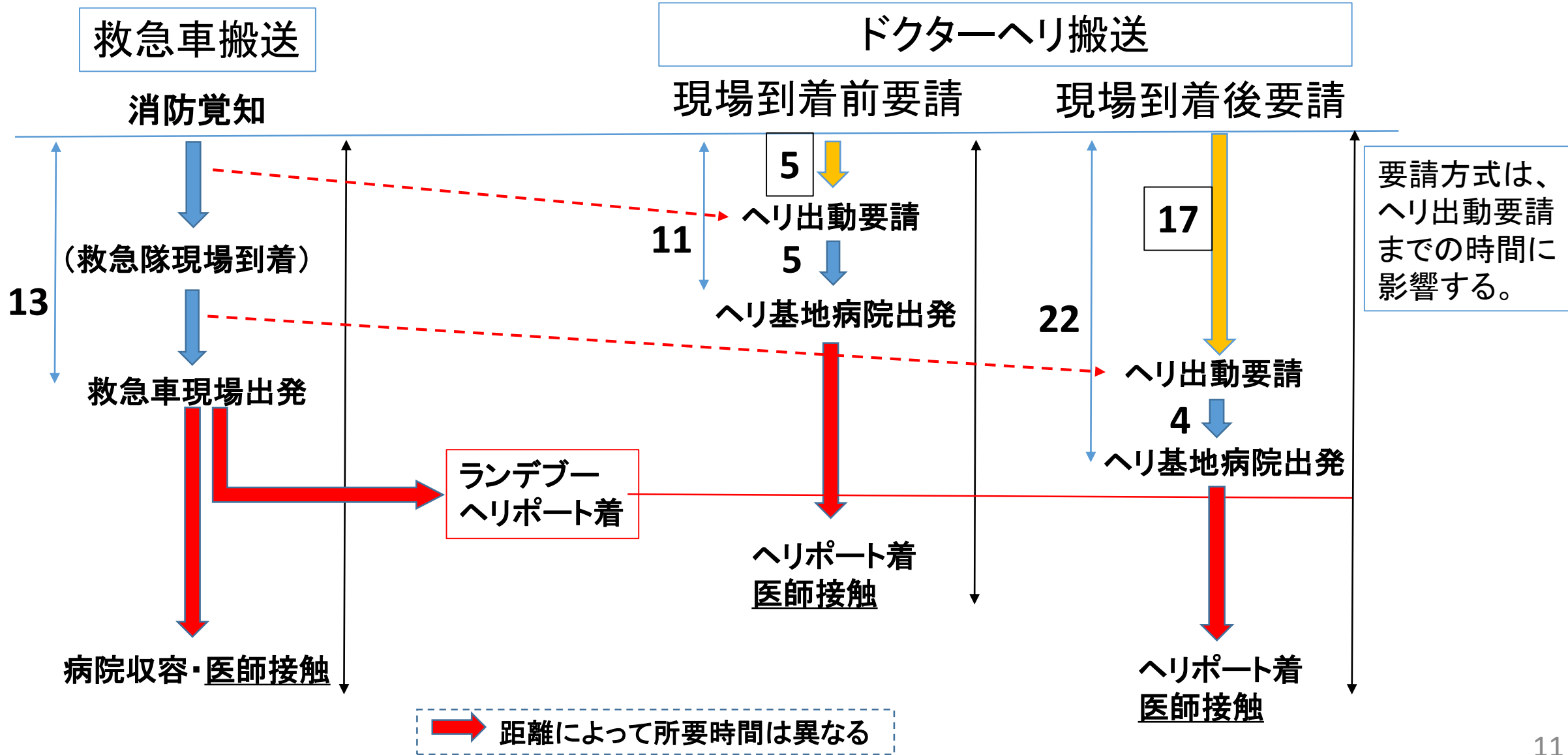


①救急隊現場到着前要請:患者情報に特定のキーワードがあれば、指令室からドクターヘリ要請。

②救急隊現場到着後要請:救急隊が現場到着後に傷病者の状況を観察のうえ、基準を満たせばドクターヘリ要請。

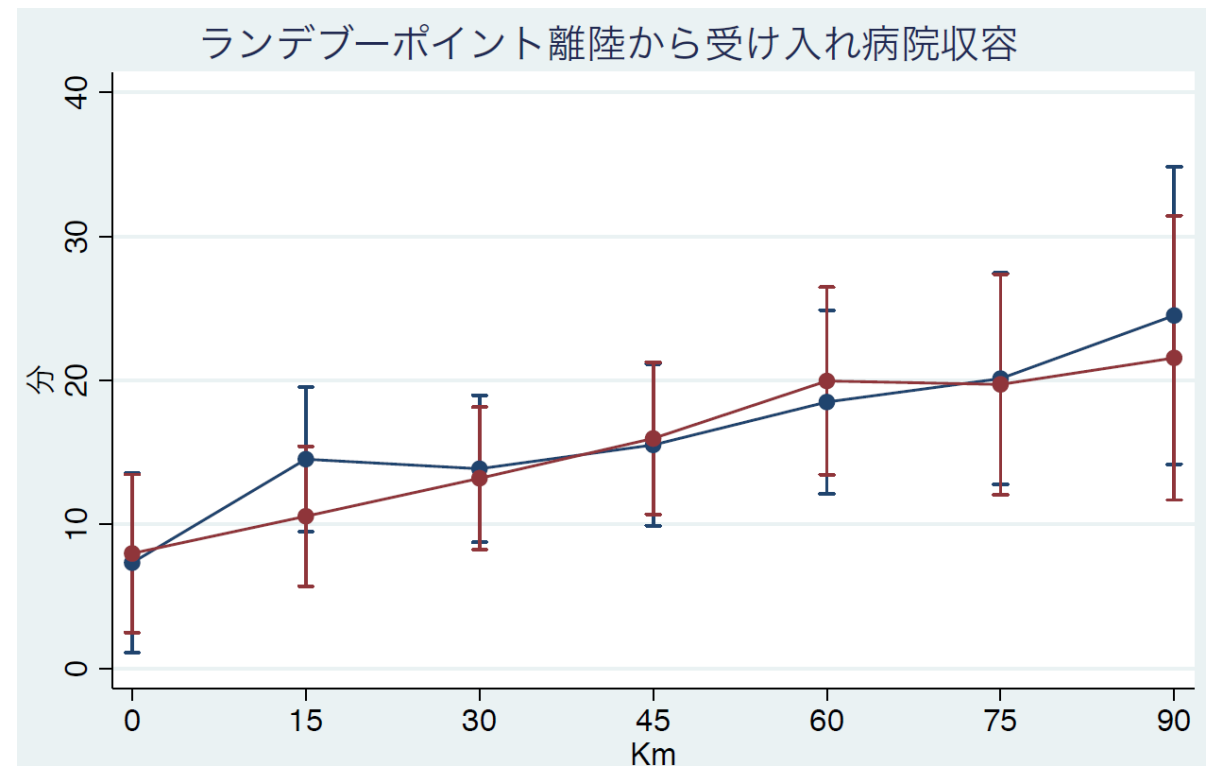
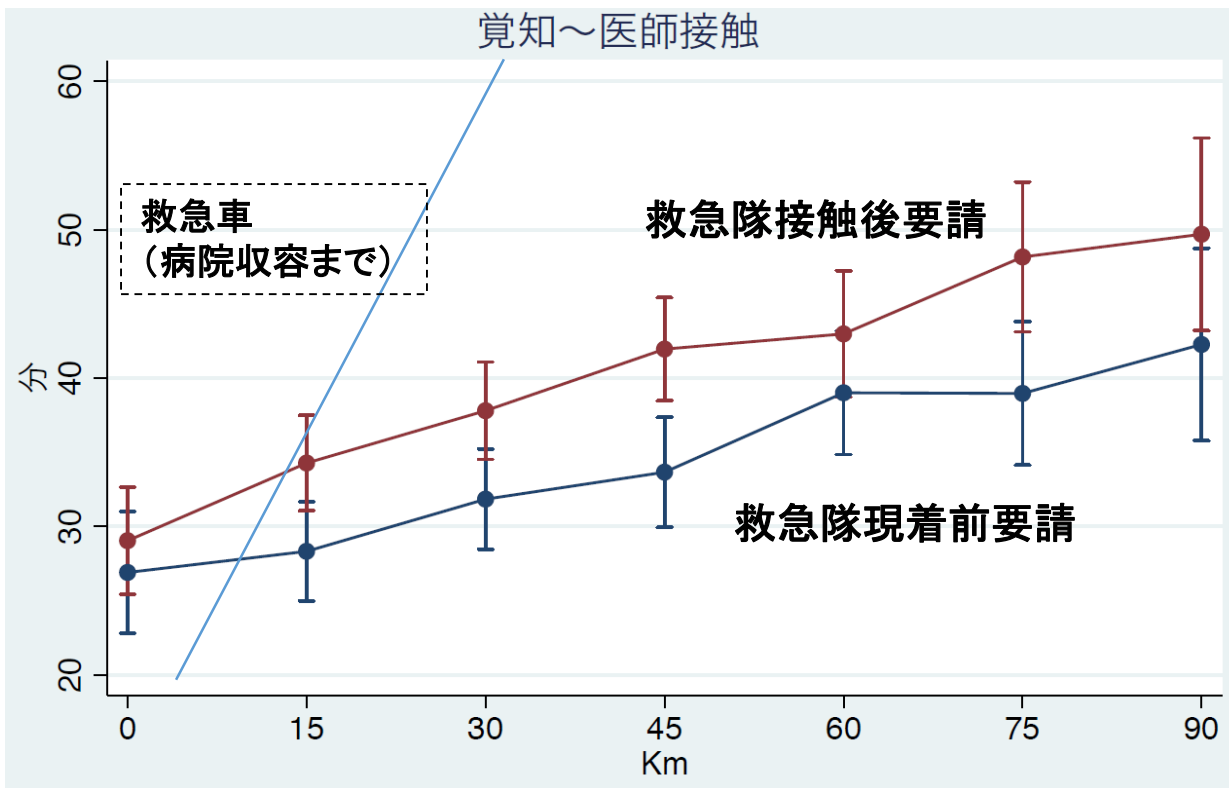
搬送・要請方式と医療介入までの時間経緯

(日本航空医療学会ドクターヘリレジストリ登録外傷例: 値は中央値(分))



基地病院から現場ランデブーポイントまでの距離と 消防覚知から医師接触・病院収容までの時間

(H30年度厚生労働科学研究:日本航空医療学会ドクターヘリジストリ登録外傷例;エラーバーは95%CI)
(多変量線形回帰モデルを用いた予測所要時間に対する距離と要請方式の交互作用プロット)



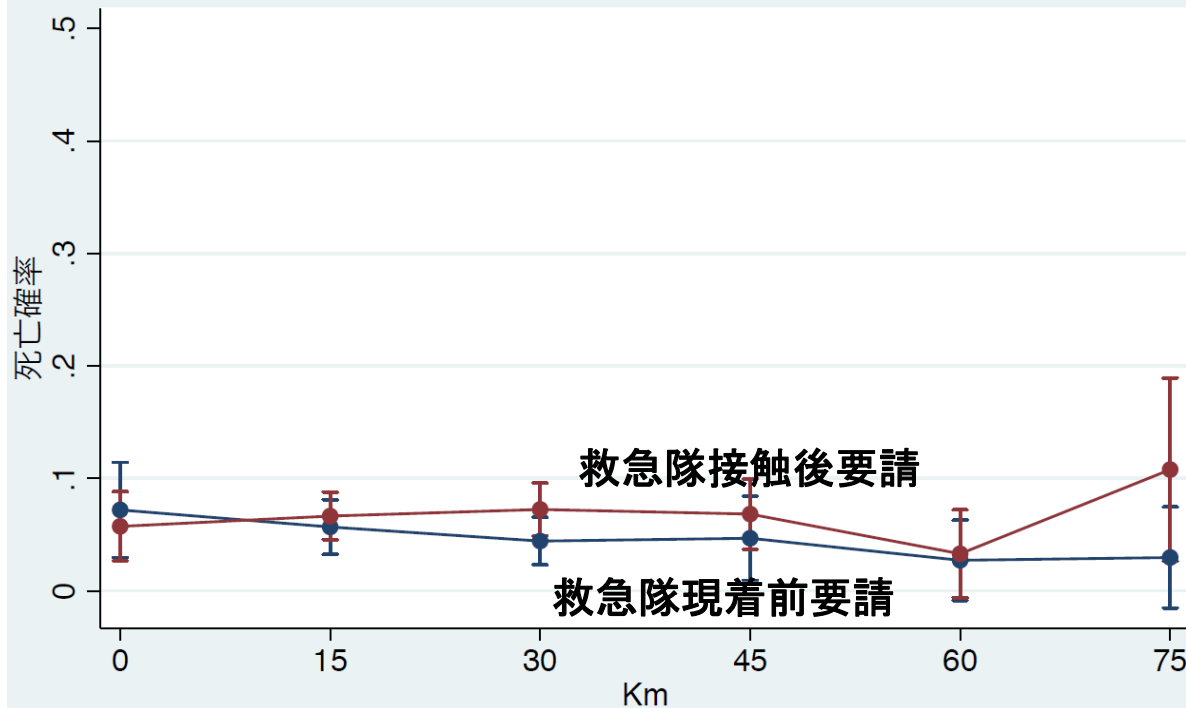
救急隊現着前要請では現着後要請より、

- ①基地病院から15～90kmでは、**医師接触までの時間が5～10分短縮する。**
- ②ランデブーポイントから基地病院までの所要時間はほぼ同じ。

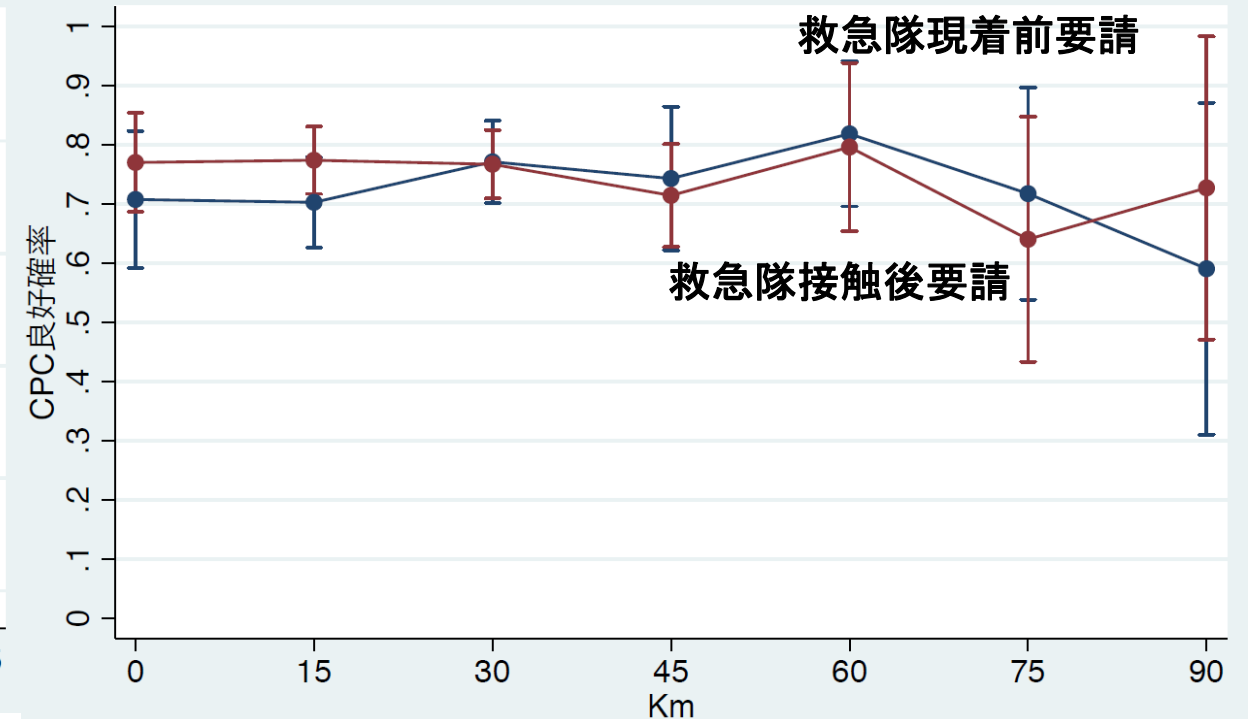
基地病院から現場ランデブーポイントまでの距離と 転帰(死亡率・脳機能(CPC)良好率)

(H30年度厚生労働科学研究:日本航空医療学会ドクターヘリジストリ登録外傷例:エラーバーは95%CI)
(多変量ロジスティック回帰モデルを用いた転帰の予測確率に対する距離と要請方式の交互作用プロット)

要請タイミングと死亡



要請タイミングとCPC



- ・要請方式の転帰に対する有意な影響は見られないが、距離によって異なる可能性がある。
- ・各基地病院における運用方式の相違なども考慮して、現在さらに検討中である。

まとめII-①

搬送・要請方式と時間経緯

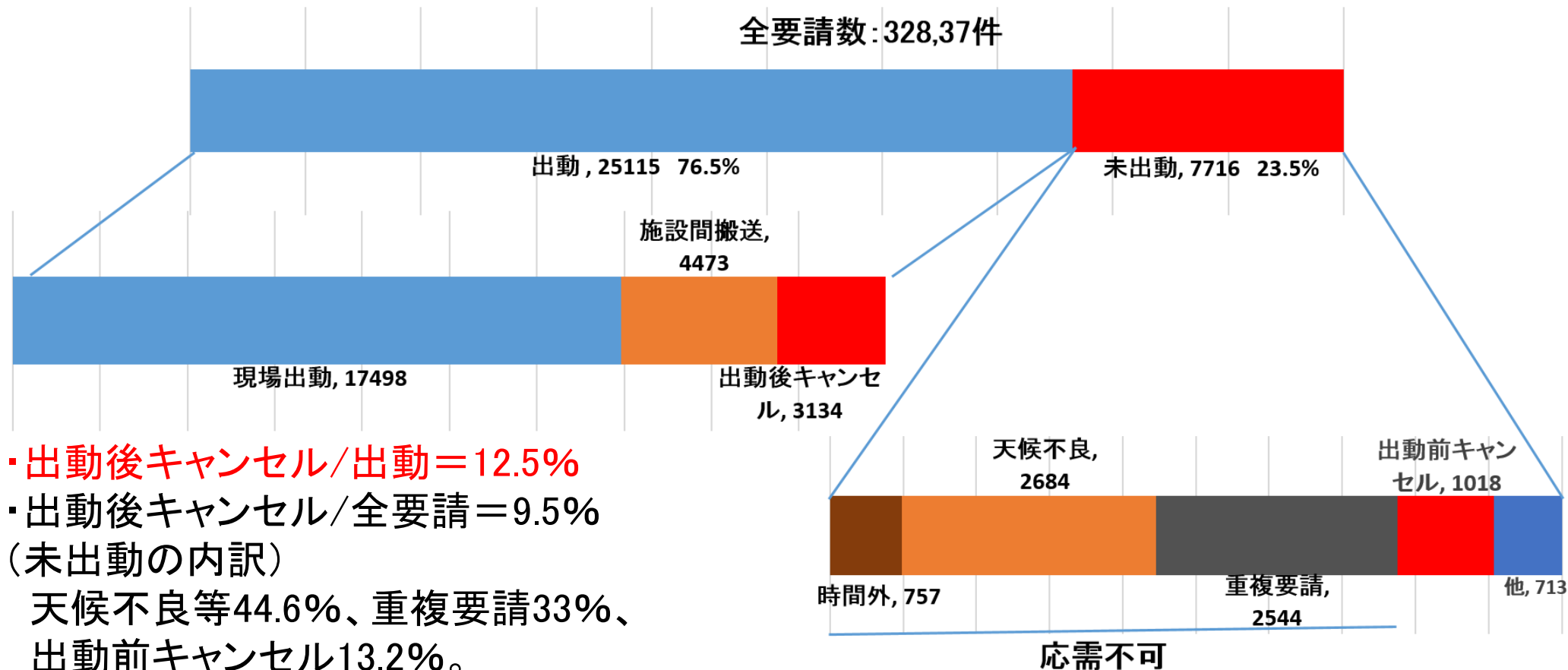
【結果】

- ドクターヘリの救急隊現着前要請では、消防覚知からヘリが基地病院を離陸するまでの時間が現着後要請より11分短い(11分vs22分)。
- 消防覚知から医師接触までの所要時間は、距離15km以上では、**現着前要請の方が5～10分短い。**
- ランデブーポイント離陸から病院収容までの所要時間は、要請方式には影響されない。

【考察】

- 要請方式の転帰に対する影響は、現在検討中。

ドクターヘリ要請後のキャンセル・応需不可 (H28年度:日本航空医療学会集計)

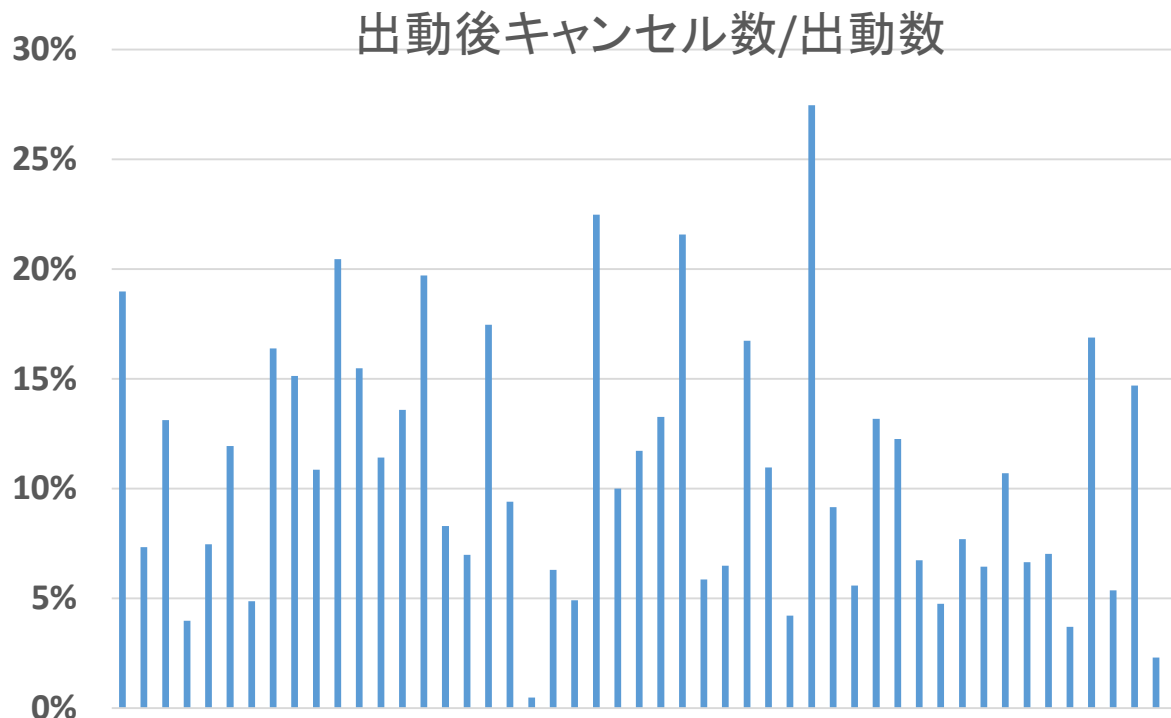


- ・出動後キャンセル/出動=12.5%
- ・出動後キャンセル/全要請=9.5%
(未出動の内訳)
天候不良等44.6%、重複要請33%、
出動前キャンセル13.2%。
- ・重複要請/全要請=7.8%。

現場出動の半数が救急隊現場到着前要請で、出動後キャンセル全てがこの中で発生したと仮定した場合、現場到着前要請の出動後キャンセル率は、 $3,134 / ((17,498 + 3,134) \times 0.5) = 30\%$

出勤後キャンセル率の分布

(平成28年度日本航空医療学会集計:年間出勤数50件以上の基地病院)



各基地病院の出勤後キャンセル率は全出勤数の9.5(0~28)%。
基地病院による格差が大きい。

要請方式とISS

((H30年度厚生労働科学研究:日本航空医療学会ドクターヘルジストリ登録外傷例))

	全症例	救急隊現着前要請	救急隊現着後要請
症例数	5,030	2,410	2,620
ISS<9	1,744 (34.7%)	892 (37.0%)	852 (32.5%)
<16	941 (18.7%)	404 (16.8%)	537 (20.5%)
<25	749 (14.9%)	352 (14.6%)	397 (15.2%)
>25	750 (14.9%)	352 (14.6%)	398 (15.2%)
記載なし	846 (16.8%)	410 (17.0%)	436 (16.6%)

救急隊現着前要請では、ISS9点以下(生命に関わらない外傷)の比率が約4.5%多い。

要請方式と外来転帰

(H30年度厚生労働科学研究:日本航空医療学会ドクターヘリレジストリ登録外傷例)

	全症例	救急隊現着前要請	救急隊現着後要請
症例数	5,030	2,410	2,620
病棟への入院	4,018 79.9%	1,850 (76.8%)	2,168 (82.7%)
外来死亡	77 (1.5%)	41 (1.7%)	36 (1.4%)
帰宅	517 (10.3%)	283 (11.7%)	234 (8.9%)
転医	82 (1.6%)	42 (1.7%)	40 (1.5%)
記載なし	336 (6.7%)	194 (8.0%)	142 (5.4%)

救急隊現着前要請では、外来死亡率・帰宅率がやや高く、入院率が約6%低い。

まとめII-②

ドクターヘリ要請方式とオーバートリアージ

【結果】

- 出動後キャンセルは全出動例の9.5(0~28)%。これらが全て救急隊現着前要請の現場出動で発生していると仮定すると、出動後キャンセル率は約30%。
- 救急隊現着前要請では、外傷例のうちISS9点以下の率が4.5%多く(37%vs32.5%)、入院率が6%低い(76.8%vs82.7%)。

【考察】

- 以上から、救急隊現着前要請による現場出動のうち35%程度がオーバートリアージと推定される。

重複要請率の分布

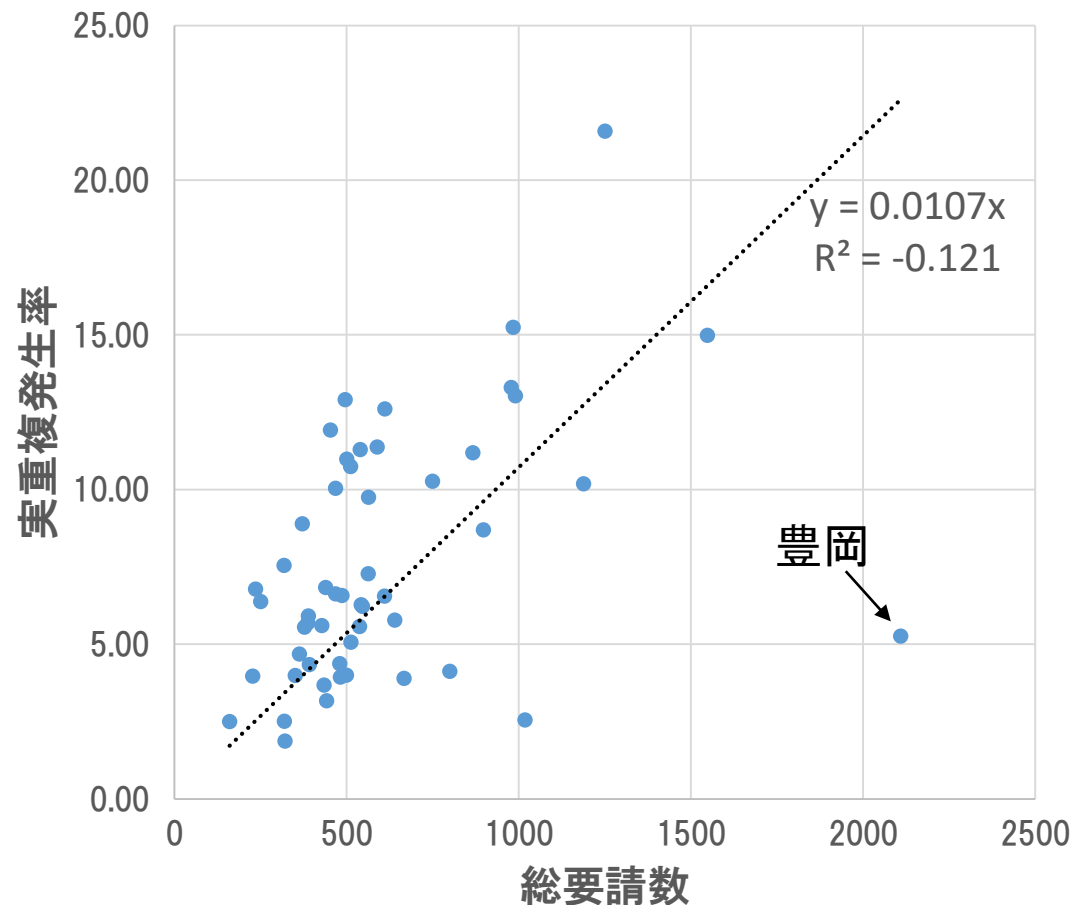
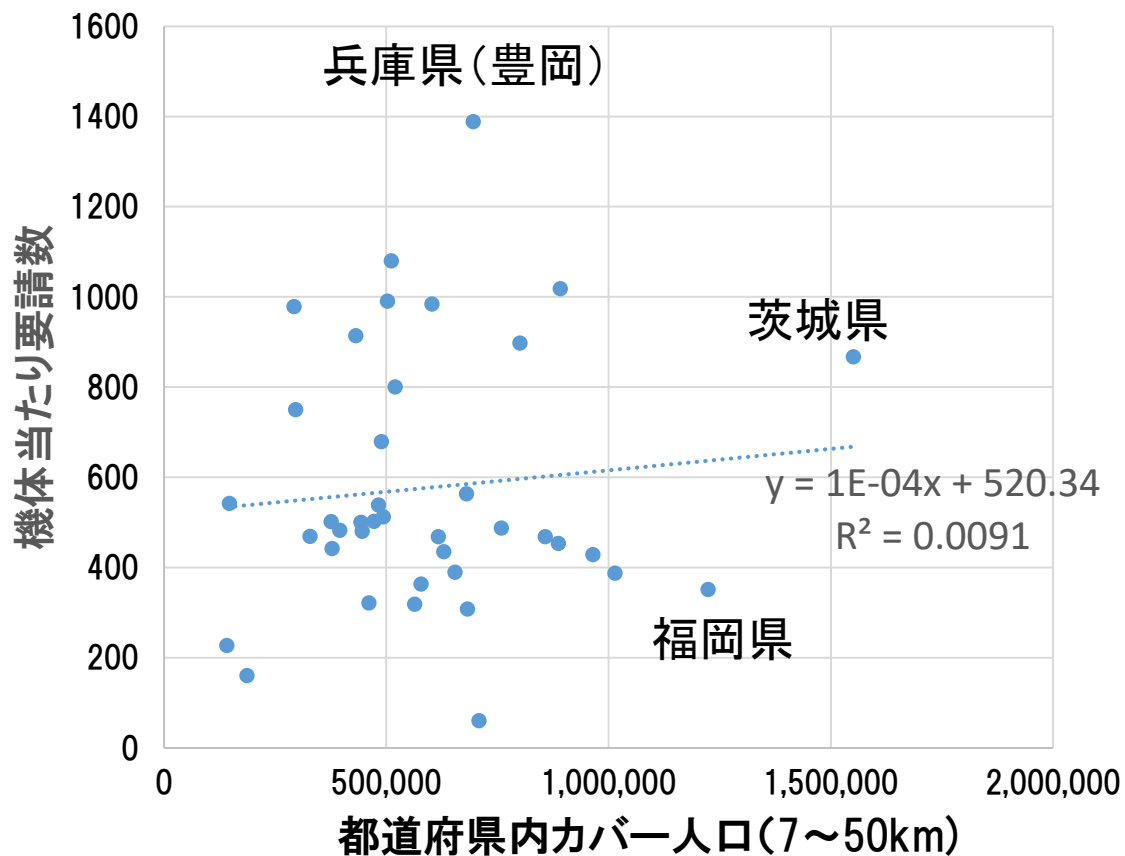
(平成28年度日本航空医療学会集計:年間出勤数50件以上の基地病院)



各基地病院の**重複要請による未出勤率(実重複発生率)**は全要請数の**7.8(1~20)%**。
基地病院による格差が大きい。

機体当たり都道府県内カバー人口と要請数・重複要請数

(H28年度:日本航空医療学会:要請数50以上の基地病院)



・1機体当たりカバー人口と要請数の関連は、**明瞭**ではなく、他の要因が考えられる。

総要請数が増加すると**実重複発生率**も増加する。要請1,000件で11件程度であるが、ばらつきが大きい。

重複要請時の対応と数理モデル

H30年度厚生労働科学研究

各基地病院の実重複発生率はばらつきが大きく、ヘリの運用が一様でないと思われるため、下記2つの数理モデル(待ち行列モデル)を作成した(出動要請は一定の確率で、独立に発生すると仮定)。

基地病院ごとのデータに基づいて重複発生率を推定し、実重複発生率(実際の重複要請による未出動率)と比較した。

・モデル①(通常方式)

ヘリ出動指示から病院収容までの間、2つ目の出動要請には対応しない。

・モデル②(豊岡方式)

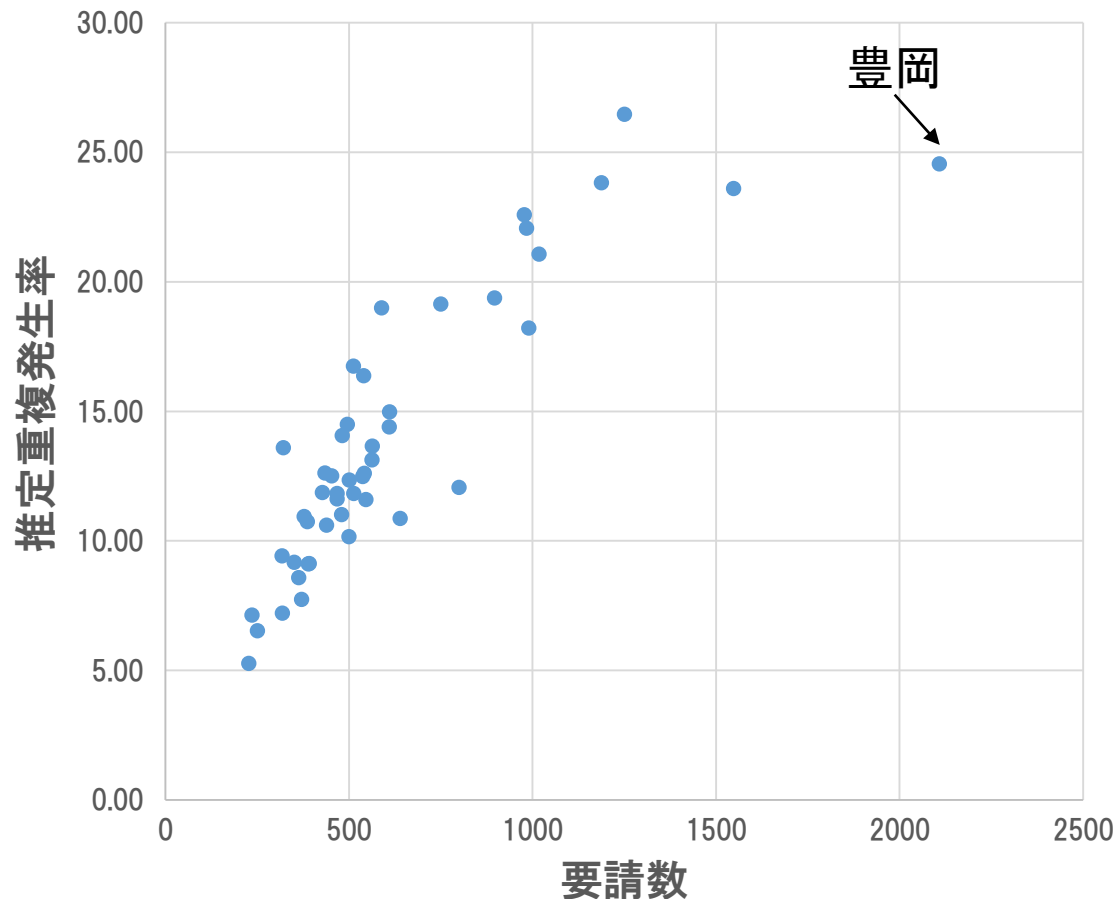
ヘリに医師2名と看護師が搭乗し、離陸から現場着までの間に2つ目の要請があれば、現場に着陸して医師・看護師を投入後、次の要請地点に向かう。

3つ目の要請および患者搬送中の要請には対応しない。

要請数と推定重複要請発生率(モデル①)

(H30年度厚生労働科学研究:H28年度日本航空医療学会集計:重複=重複要請による未出動)

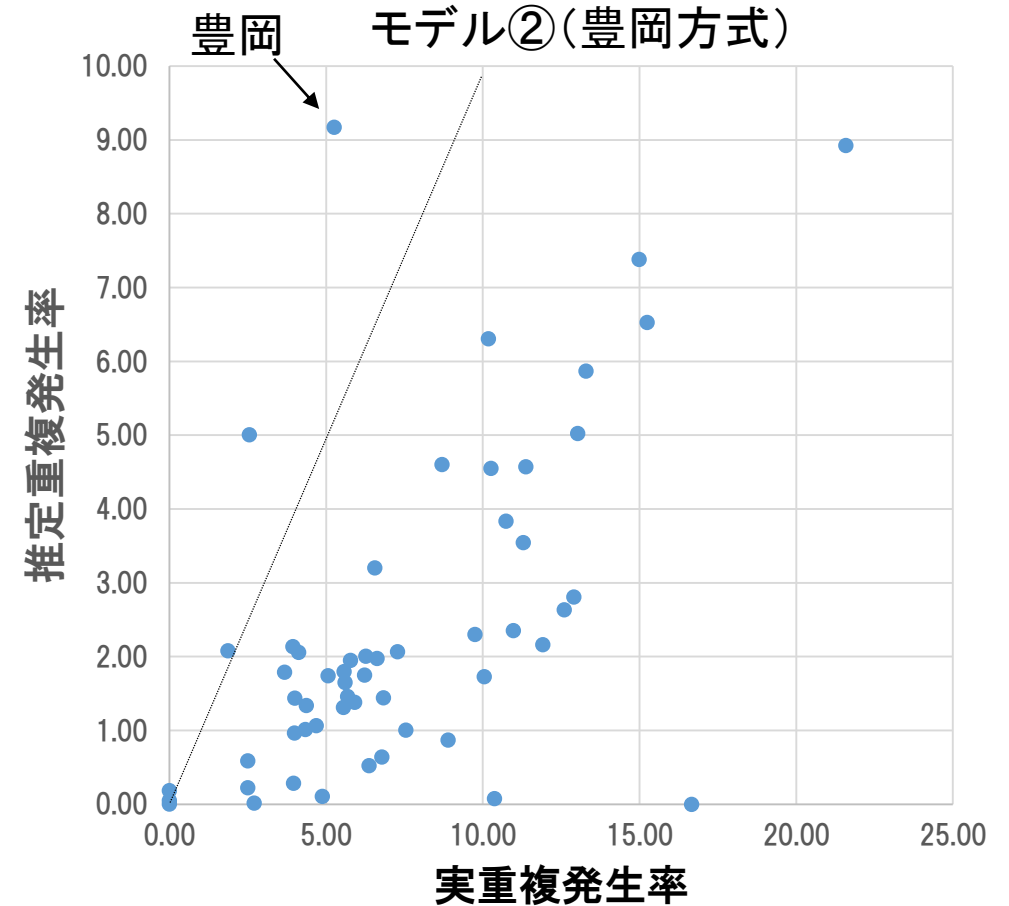
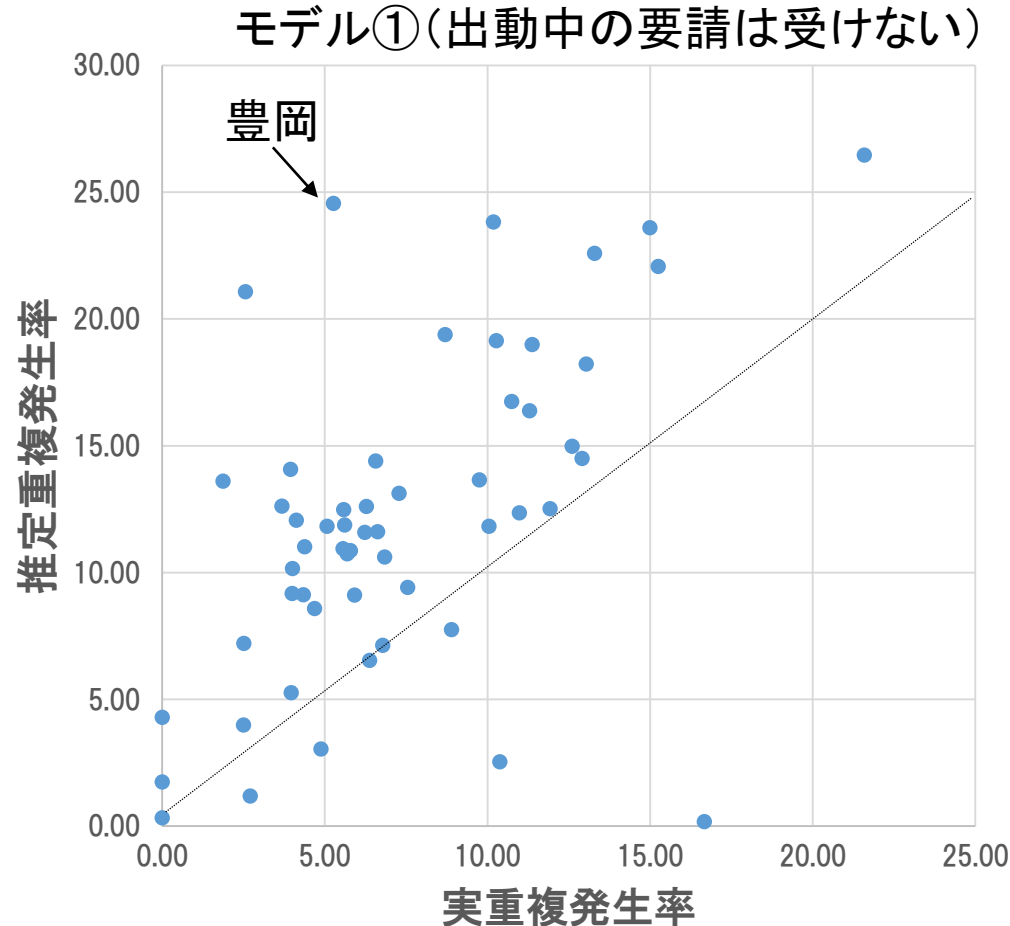
モデル①



- ・各基地病院のデータに基づく推定重複発生率と実要請数のグラフ。
- ・**モデル①**(通常方式:出動中の要請は受け付けない)での推定重複発生率は、**要請数1,000件で20%程度**と、実重複率よりやや高い。

重複要請発生率(実データvs各モデルによる推定)

(H30年度厚生労働科学研究:H28年度日本航空医療学会集計)



- ・実線(黒)は、実重複発生率が推定重複発生率に一致した場合を示す。
- ・実重複発生率は、**モデル①の推定より少ないが、モデル②の推定より多い。**
- ・各基地病院における**運用方式などに地域差がある**と思われる。

まとめII-③

重複要請発生率

【結果】

- 各基地病院の実重複発生率(重複要請による未出勤率)は、要請数の**7.8(1~20)%**で、基地病院間のばらつきが大きい。
- 1機体当たりのカバー人口と要請数の関連は**明瞭ではない**。
- 実重複発生率は要請数が多いと高くなる傾向があり、**要請数1,000件で11%程度**で、ばらつきが大きい。
- 数理モデルによる推定重複発生率は、重複要請への対応などによって異なり、通常の運用方式であれば**要請数1,000件で20%程度**。
- **【考察】**
- 以上の結果から、**ドクターヘリの運用方式に地域差**が想定される。

まとめII:ドクターヘリ要請方式と重複要請

【現状】

- ドクターヘリの救急隊現着前要請では、基地病院から現場の距離が15km以上離れている場合、**消防覚知から医師接触までの所要時間が**現着前要請よりも**5～10分短い**。
- **救急隊現着前要請**では、推定出動後キャンセル率が約30%、さらに現着後要請より外傷の入院率が約6%低く、軽症率が4.5%高いことから、出動要請例の**35%程度がオーバートリアージ**と推定される。
- 重複要請による未出動率(実重複発生率)は**出動要請数が増えると増加**するが、基地病院間のばらつきが見られ、重複要請への対応など、**ドクターヘリの運用方式に地域差**が想定される。

【課題】

- 重複要請時などの運用実態および救急隊現着前要請の妥当性について、さらに**継続して調査・検討を行う**必要がある。

3. 今後への提案

III-1:ドクターヘリの症例登録システム①

(平成28・29年度厚生労働科学研究)

【目的】ドクターヘリの効果の検証

【方法】

- 2015年10月1日～2017年9月31日までに搬送された、ドクターヘリと地上搬送(救急車)症例の登録事業(日本航空医療学会と各基地病院の多施設共同研究)を行った。
- UMINを利用し、日本航空医療学会の委員会がデータベースを作成。
- 登録項目数は、共通111、疾病別4～34。

【結果】

- 参加施設は52施設であるが、100件以上登録している施設は41施設。
- 対象期間の登録数55,257件、ドクターヘリ43,396件、地上搬送11,861件。
- 登録数は、航空医療学会にて集計している出動件数の約74%。
- 日本航空医療学会効果検証委員会および平成28・29年度厚生労働科学研究にて分析を行っている。

III-1:ドクターヘリの症例登録システム②

- ドクターヘリの全体像や効果を捉えるには、DPCデータなど**データ量の多いデータベースの利用は有効**。
- 平成27年度厚生労働科学研究では、日本外傷データバンク(JTDB)を用いたドクターヘリの効果検証を行っている。
- 一方、DPCデータなどは匿名化された入院データベースで、病院前の情報や非入院の症例は含まれていない。
- また、ヘリの要請方式、消防覚知からの時間経緯、搬送距離、重複要請への対応や出動後キャンセルの状況、外来転帰などのデータは得られず、各地域の個別調査と突合することも難しい。
- このため、**ドクターヘリ特有の問題や運用方法の妥当性などを検証するには不十分**。



全国ドクターヘリ症例登録システムが必要

III-1:ドクターヘリの症例登録システム③

(関連するデータベースとの比較)

名称	実施者	目的	対象症例			病院前のデータ (要請方式や時間等)		医療機関のデータ		
			疾病等	期間	地域	救急車	ドクターヘリ	外来	入院	転帰
NDB DPC	国	国民の医療動向の評価 診療報酬の包括評価	全て	継続	全国 DPC病院	×	×	×	◎	退院時
日本外傷デー タバンク (JTDB)	日本外傷研 究機(JTCR)	外傷統計	外傷症例の うち入院	継続	全国 登録施設	◎	△	◎	◎	退院時
SOS-KANTO	日本救急医 学会 関東地方会	心肺停止統計 治療検証	心肺停止	時限	関東地方 参加施設	○	△	○	○	初診～ (退院後も 含め)6か月
熱傷入院患者 レジストリー	日本熱傷学 会	熱傷統計	熱傷症例の うち入院	継続	全国 修練施設	×	×	△	○	退院時
ドクターヘリ レジストリ(現)	日本航空医 療学会	ヘリvs救急車の 効果検証	救急車及び ヘリ搬送	時限 2年	全国 基地病院	○	○	○	○ (◎外傷・ 脳卒中・心 疾患)	初診時～ 1か月
ドクターヘリ レジストリ(新)	日本航空医 療学会	ヘリ統計および運用方 法等の検証	ヘリ搬送	継続	全国 基地病院	×	◎ (運用等 含む)	○	○ (◎外傷・ 脳卒中・心 疾患)	初診時～ 退院時

III-2: 諸外国の状況(特に夜間飛行)について: ① スイスの状況 (平成27年度厚生労働科学研究)

- 民間の非営利団体であるREGA(Swiss Air Rescue Guard)が、航空機による救急医療搬送を行っている。人口757万人。全土で13の基地を運営している。
- 有視界飛行方式(VFR)と計器飛行方式(IFR)の併用で、**全天候・24時間運航**を実施。
- 2014年度の年間出動件数8,739件(疾病3,796件)、うち**20%が夜間飛行**。
- **計器飛行方式(IFR)による飛行経路**が全土に構築されている。
- GPSと連動したコンピュータグラフィック(Rega's vision)により、視界不良でも運用可。
- 気象情報システム、暗視ゴーグル(NVG)、赤外線障害物探索装置など**様々な関連装備**あり。
- フライトシミュレータを用いた**訓練プログラム**が充実。

III-2: 諸外国の状況(特に夜間飛行)について: ②ドイツの状況 (平成27年度厚生労働科学研究)

- ADAC、DRF、ドイツ内務省、エルベ・ヘリコプター会社、ヨハタニー事故援助団体、など、全土で6つの組織が77基地を運営している。
- 原則として昼間の運航であるが、救急医療機関の少ない一部地域などで、夜間運航・24時間運航を実施している。
- ADAC
34基地で45機運用。2010年の年間出動件数44,000件(うち無効出動10%)。夜間飛行は年間900件(24時間運航の4基地で700件、他200件)。夜間飛行では、パイロット2名、暗視ゴーグル(NVG)を装着のうえ有視界飛行方式(VFR)で運用。主に病院間搬送。今後、6時~24時の運航も検討されている。
航空事故は10年間に4件(うち夜間1件)あり、2件(夜間1件)は死亡事故。

III-2: 諸外国の状況(特に夜間飛行)について: ③イギリスの状況 (平成27年度厚生労働科学研究)

- 全国で19の団体が33機の救急ヘリを運用している。2012年度には22,500件のヘリ出動があり、うち70%が現場出動。
- 多くはパラメディックが搭乗しており、医師は乗っていない場合が多い。
- ロンドンHEMS(Helicopter Emergency Medical Service)
 - ロンドン市内の外傷を対象にして、ドクターヘリとドクターカーを統合運用。
 - 2012年の出動件数は約1,800件(うちドクターヘリ1/3、ドクターカー2/3)。
 - 市内対象のため、ドクターヘリの多くは、10分以内の近距離に出動している。
 - 医師はRoyal London Hospital、パラメディックはLondon Ambulance Serviceに所属。いずれも国の機関。
 - 現在、夜間飛行は実施しておらず、夜間はドクターカーを利用している。
 - 最近、医学的データよりPrehospital Medicineの評価があがった。

III-3:ドクターヘリ以外の医療関連ヘリ:①単発エンジンのヘリ (平成28・29年度厚生労働科学研究)

- 米国の研究では、単発エンジンのEMSヘリは**双発エンジン機に比較して事故率は高いが、死亡事故率は同等(非劣性)**であったことが示されている。
- 本邦ドクターヘリの主目的は、重症・重篤患者の搬送であるため、仮に単発エンジン機のエンジンが停止し、オートローテーションで不時着した場合、そこからヘリではなく救急車にて搬送しなければならず、患者搬送が遅れるため、患者の生命にかかわる可能性が高い。
- 本邦ドクターヘリでは、過去にエンジン停止による重大インシデントが2件報告されているが、**双発エンジン機**であったため飛行場に着陸できている。
- **医師派遣や安定した状態の症例の搬送**に単発エンジン機を用いることは可能と思われるが、**運送事業に該当する場合、市街地のヘリポートへの着陸は、オートローテーションでの着陸場所が確保できないと許可されない**可能性がある。
- 以上から、本邦では**単発エンジン機**を本邦ドクターヘリに用いるのは**不相当**と思われる。**単発エンジンのヘリの利用は自家用運航による医師派遣などに限られる**と考えられる。

III-3:ドクターヘリ以外の医療関連ヘリ:②離島・僻地への医師派遣 (平成28・29年度厚生労働科学研究)

- 離島やへき地で医師派遣目的で利用されるヘリコプターの安全運航の標準化を図るため調査を実施している。

- **長崎県離島医師搬送システム**(NIMAS)

公益社団法人地域医療振興協会(JADECOM)の事業である。

ベル式429型を**自家用運航**しており、**実運航145日/年**、**就航率75.0%**。運営経費は平均74,329千円/年。患者搬送は4~12名/年あり。

洋上飛行を行うので、安全のため**双発エンジン**で、機体に**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**(Traffic alert and Collision Avoidance System : TCAS)を装備。

複数の天候情報提供サイトを利用し、**厳しい天候条件**を適応。

搭乗者保険は、ドクターヘリに準拠。

まとめIII：今後への提案

1. 全国ドクターヘリの運用状況把握と評価を継続的に行うためのデータベース「**全国ドクターヘリ症例登録システム**」を確立すべきである。
2. 今後の人口減少と広域搬送の増加に備え、ドクターヘリの**夜間飛行・24時間飛行に関する検討**を行っておくことが望ましい。
3. ドクターヘリは**双発エンジンで十分な安全装備**を持つことが必須。離島・僻地での医師派遣（自家用運航）では単発エンジン機も利用できる可能性はあるが、**洋上飛行には十分な安全装備**が必要。