

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26820267

研究課題名(和文)ドクターヘリ及びドクターカーの運用効果の可視化と関連施設の適正配置

研究課題名(英文)VISUALIZATION OF OPERATIONAL EFFECT OF DOCTOR HELICOPTERS AND DOCTOR CARS AND APPROPRIATE PLACEMENT OF RELATED FACILITIES

研究代表者

山田 悟史(Yamada, Satoshi)

立命館大学・理工学部・任期制講師

研究者番号：00551524

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文):本研究はドクターヘリ及びドクターカーの運用効果を算出し、基地病院とランデブーポイントの配置計画を検討したものである。運用効果の指標は、医師による医療行為開始時間、救命率、人口をもとにした4指標である。対象は関西広域連合とし、場外離着陸場のランデブーポイント化、三次救急病院を候補とした基地病院の追加の運用効果をGISと既往研究から算出した。これに基づき、場外離着陸場のランデブーポイント化、及び基地病院の追加の効果上昇が平坦化する施設数、効果が大きい適正配置を提示した。具体的な方法、数値や施設名称・位置については研究成果報告・発表済み原稿を参照して頂きたい。

研究成果の概要(英文):In the present study, we investigate the efficient deployment of base hospitals and rendezvous points for medical helicopters and ambulances. The target area is the frame of Kansai emergency medical cooperation plan. We first assessed the operational effect of using landing fields as rendezvous points, and then the operational effect of selecting tertiary emergency hospitals as additional points. From the number of deployments and order of priority of both of these vehicles, we recommend an efficient deployment system.

研究分野：都市計画

キーワード：ドクターヘリ ドクターカー 基地病院 ランデブーポイント 救急医療 適正配置 関西広域連合

1. 研究開始当初の背景

救急医療体制の充実化の取り組みの中にドクターヘリ及びドクターカーという方策がある。ドクターヘリは救急医療の専門医・看護師らが搭乗した状態で救急現場へ向かい、ランデブーポイント(以降、RPと呼称する)で傷病者を收容し病院へ搬送する間にも救急医療処置を行うことのできる救急医療システムである。ドクターカーは救急医療の専門医・看護師らが車に搭乗し直行する救急医療システムである。搬送手段は異なるがどちらも期待される主たる効果は医師による初期医療行為開始の迅速化による救命率の向上である。救命率及び医療行為開始時間は施設の位置に依存する。そのため、救急車・ドクターヘリ・ドクターカーの三者をふまえて地理的条件から任意地点毎の運用効果を定量化し関連施設を計画することが重要である。しかし、三者をふまえた広域救急医療連携における関連施設の定量的な配置計画を提示した成果は見当たらない。そのため、例えば広域救急医療連を公表している関西広域連携の枠組みで三者を連携運用した場合の運用効果、及び関連施設の配置計画を検討する定量的な手法・知見を実務者に提示出来ていない。

2. 研究の目的

前述の背景をふまえて本研究は、地理的条件(消防署・病院・RP・道路網・人口分布)に応じた任意地点毎のドクターヘリ及びドクターカー運用効果として、医師による医療行為開始までに要する時間の短縮時間と短縮による救命率向上率の算出とそれを楽しむ可能な人口の算出を行う。それによりRPや基地病院といった関連施設の配置計画の定量的な検討を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 研究の流れ

広域救急医療連携計画の枠組みを研究対象とし、運用効果の可視化と定量的な配置計画の検討を以下の手順で行う。まず、後述する既往状態におけるドクターヘリ及びドクターカー運用体制(CASE-01)の運用効果を分析する。これは現場毎の要請判断に関わる資料でもあり以降の章における比較対象でもある。次に、関西広域救急医療連携計画の枠組み内の場外離着陸場をRP化した場合に得られる運用効果を定量化する(CASE-02)。そして、三次救急病院を基本候補としたドクターヘリ基地病院の追加配置数と段階的な配置計画を検討する(CASE-03)。さらに、ドクターカー基地病院の追加配置数と段階的な配置計画を検討する(CASE-04)。最後に、ドクターヘリ及びドクターカー基地病院とRPの段階的な配置計画について考察し、その一段階の運用効果の上昇を示す(CASE-05)。

(2) 解析方法

評価指標は、医師による医療行為の開始ま

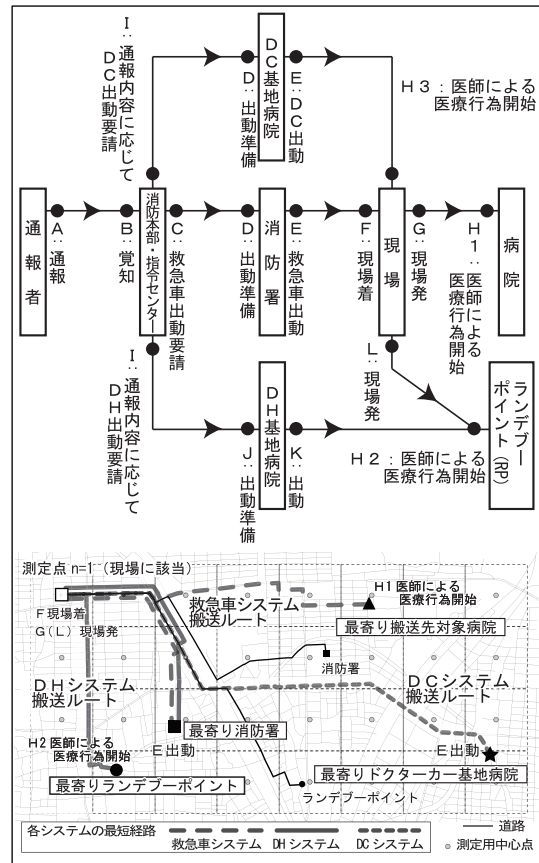


Fig.1 解析の流れ

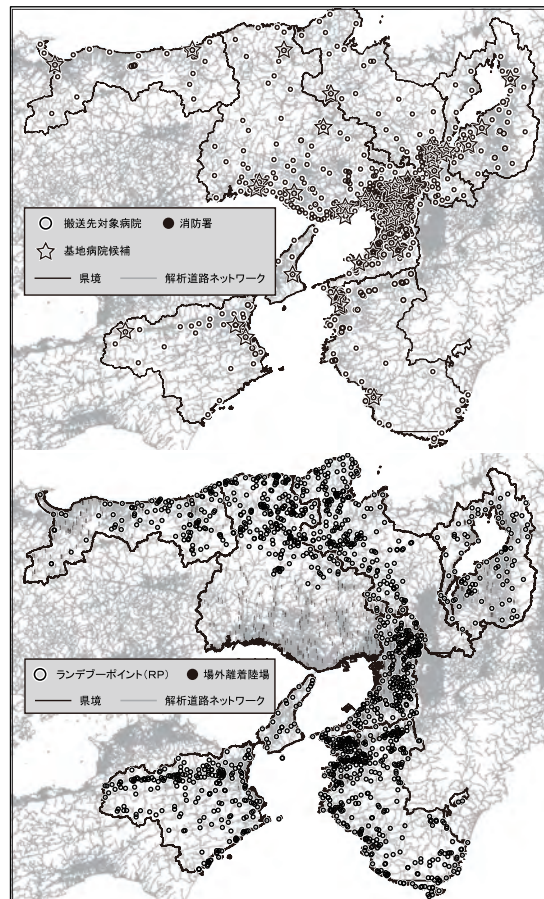


Fig.2 GIS データ

Table 1 運用効果 (CASE-01)

指標① 短縮時間		指標② 救命率向上率			
短縮メッシュ数	65,914	救命率向上メッシュ数	64,267		
短縮メッシュ割合(%)	89.86	向上メッシュ割合(%)	87.61		
短縮時間合計値(秒)	111,768,866	救命率向上率合計(%)	1,807,448		
メッシュの平均短縮時間(秒)	1,696	メッシュの平均向上率(%)	28.12		
指標③ 短縮時間×人口		指標④ 救命率向上率×人口			
世代	値	割合	世代	値	割合
全世代	10,307,362,346	100.00%	全世代	333,120,718	100.00%
0~14歳	1,462,452,151	14.19%	0~14歳	47,990,325	14.41%
15~39歳	3,272,136,732	31.75%	15~39歳	107,983,549	32.42%
40~64歳	3,506,909,355	34.02%	40~64歳	113,834,218	34.17%
65歳~	2,065,864,109	20.04%	65歳~	63,312,626	19.01%

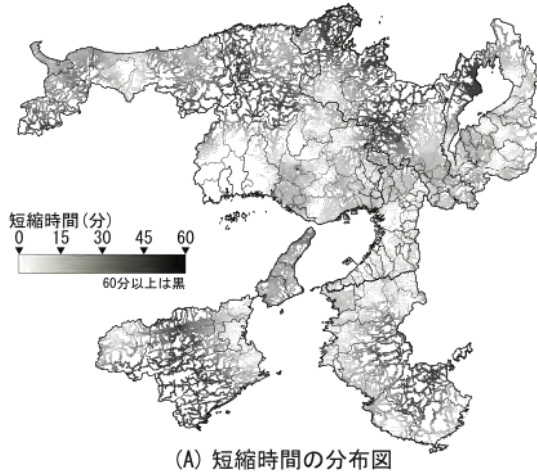


Fig.3 短縮時間の分布 (CASE-01)

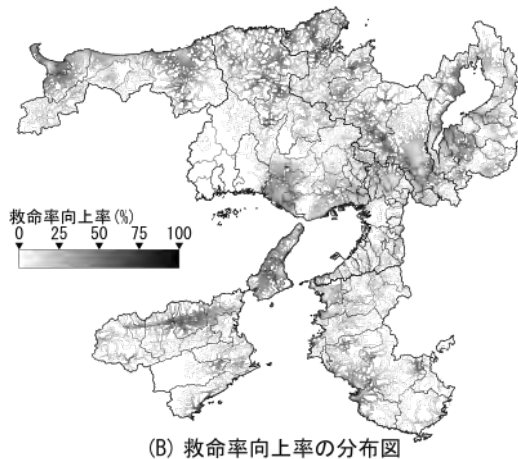


Fig.4 救命率向上率の分布 (CASE-01)

でに要する時間の短縮時間(指標①, 以降, 短縮時間と呼称), 救命率向上率(指標②), メッシュ毎の短縮時間×人口(指標③)・救命率向上率×人口(指標④)とする。

解析においてはまず, 任意の地点毎(解析地点毎)に傷病者が発生した場合の119番通報の覚知から, 医師による医療行為開始までに要する時間を, 救急車を用いた搬送システム(以降, 救急車システム), ドクターヘリを用いた搬送システム(以降, DHシステム), ドクターカーを用いた搬送システム(以降, DCシステムと呼称する)で求め, 短縮時間(指標①)を算出する。Fig.1に救急搬送業務の流れ・道路距離計測概念図を示し, 時間設定と業務の流れを示す解析に必要な道路距離の計測にはFig.2のようなGISデータを用いた。詳細な説明や速度や出動時間, データの詳細

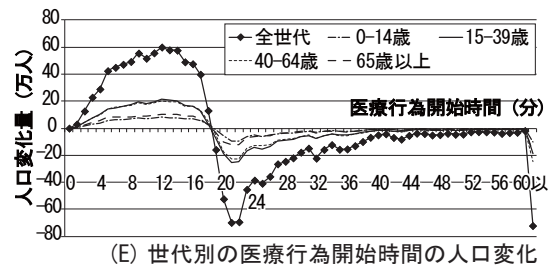


Fig.5 医療行為開始時間と人口(CASE-01)

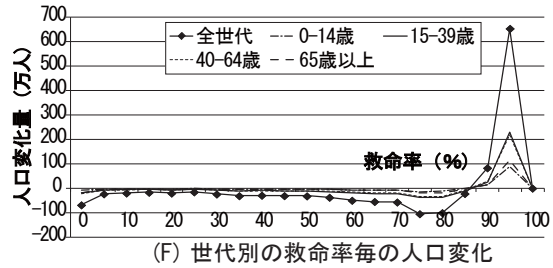


Fig.6 救命率と人口(CASE-01)

は発表済み論文を参照して頂きたい。以上の流れで指標①及び指標②を算出した上で, どの程度の救急医療体制の向上をどの程度の人口に提供可能にしたかという指標として, メッシュ毎の短縮時間×人口(指標③)・救命率向上率×人口(指標④)を算出する。なお救命率とはカラーの救命曲線における大量出血を対象として算出した値である。

4. 研究成果

(1) 既往の体制におけるドクターヘリ及びドクターカー運用効果 (CASE-01)

指標毎の集計をTable 1に示す。医師による医療行為開始までに要する時間(以下, 医療行為開始時間)が短縮されたメッシュ(以下, 短縮メッシュ)は65,914メッシュであり, 解析対象メッシュの約90%に医療行為開始までに要する時間に短縮時間(以下, 短縮時間)が生じた。それらの合計である指標①の平均は28分16秒となった。各メッシュの値は地理的条件によって異なっておりその分布がFig.3である。次に, 救命率向上率についてみると, 指標②の平均は28.12%となった。各メッシュの値の分布がFig.4である。短縮時間が大きくても結果として医療行為開始時間が遅く, 救命率の向上が小さい地域もあることが視覚的に分かる。次に, 運用効果と人口の関係を医療行為開始時間ごとに示したのがFig.5であり, 救命率ごとに示したのがFig.6である。これを見ることで具体的にどの程度の運用効果をどの程度の人口に提供可能な状態にしたのかを把握することが出来る。Fig.5をみると医療行為開始時間が約18分以上だった約739.0万人を約18分未満としており, 特に約20分~22分の人口の減少が約191.2万人と大きい。Fig.6をみると救命率が約90%未満だった約737.9万人を

約95%以上としており、特に約95%の人口を約654.5万人増加させている。なお本稿に記載はしていないが、メッシュ毎の最短搬送方法を示した図は要請現場毎の最短搬送方式の目安を示しており、医療圏を横断した場合の広域連携における救急搬送方法の選定の資料としての利用があり得ると考えられる。

以上が既往の体制における運用効果(CASE-01)の概要である。以降は本章の状態に関連施設を追加した場合の運用効果を本章の運用効果と比較することで配置計画を考察する。なお本稿では4指標の変化のみを記載し、医療行為開始時間毎・救命率毎の人口の変化の考察は割愛する。詳細は発表済み原稿にて確認して頂きたい。また運用効果の可視化も本研究の成果であるが、以降は同様に割愛する。

(2) 場外離着陸場のR P化(CASE-02)

防災ヘリの場外離着陸場をドクターヘリのR P化として制度指定した場合の運用効果を分析する。本研究がR P化候補とした場外離着陸場669箇所の全てをR P化した場合(CASE-02)の指標毎の集計をTable 2に示す。表中の変化はCASE-01からの増加割合を示している。指標①である生じた短縮時間の合計は12.04%増加し、平均は5.13%増加した。指標②である救命率向上率の合計は17.89%増加し、平均は9.63%増加した。指標③は14.37%増加し、指標④の17.95%増加した。669箇所の場外離着陸場をR P化することでドクターヘリの運用効果を各指標で約15%前後向上させることが出来ると考えられる。

次に、優先的なR P化が望まれる場外離着陸場を分析するためには、場外離着陸場ごとに最寄りとなる解析メッシュの運用効果を集計した。運用効果上位からの累積度をFig. 7に示す。曲線的な上昇傾向は指標間でやや異なるが、上位100箇所程度において上昇の傾向が平坦化する傾向が読み取れる。指標①と②では累積度が約70%となり、指標③と④では約80%となっている。R Pの追加配置計画として669箇所の場外離着陸場をR P化する際には、運用効果の期待値が高い上位100箇所程度をまずR Pとして運用可能にすることを目指すことが段階的な配置計画であると考えられる。

(3) ドクターヘリ基地病院の追加配置(CASE-03)

ドクターヘリ基地病院の追加配置について分析する。基地病院の候補は三次救急病院から既存を除いた41箇所である。追加数ごとの最適解における割合の上昇は追加数3の時点で平坦化していることから、追加数3とした状態(CASE-03)の指標毎の集計をTable 3に示す。いずれの指標においても変化が約1%以下と小さい。全ての候補病院を基地病院とした場合でも約2%以下である。このことから、医療圏を横断したドクターヘリの広域連携をCASE-01の状態で運用した場合、基地病院を追加せずとも対象となるR Pの多くにドクターヘリ

Table 2 運用効果 (CASE-02)

CASE-02 場外離着陸場のRP化					
指標① 短縮時間			指標② 救命率向上率		
項目	値	変化	項目	値	変化
短縮メッシュ数	70,247	6.57%	救命率向上メッシュ数	69,107	7.53%
短縮メッシュ割合(%)	95.76	6.57%	向上メッシュ割合(%)	94.21	7.53%
短縮時間合計値(秒)	125,228,322	12.04%	救命率向上率合計(%)	2,130,811.38	17.89%
平均短縮時間(秒)	1,783	5.13%	平均向上率(%)	30.83	9.63%
指標③ 短縮時間×人口			指標④ 救命率向上率×人口		
世代	値	変化	世代	値	変化
全世代	11,788,464,082	14.37%	全世代	392,914,804	17.95%
0~14歳	1,683,368,385	15.11%	0~14歳	57,003,018	18.78%
15~39歳	3,720,901,249	13.71%	15~39歳	126,493,328	17.14%
40~64歳	4,020,082,909	14.63%	40~64歳	134,557,516	18.20%
65歳~	2,364,101,540	14.44%	65歳~	74,860,943	18.24%

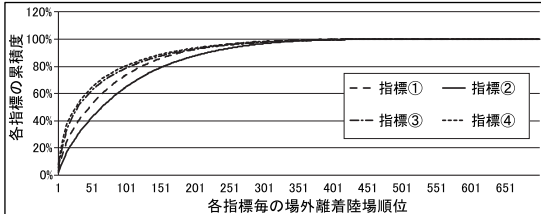


Fig.7 RP 増加の効果の推移

Table 3 運用効果 (CASE-03)

CASE-03 DH基地病院3箇所追加					
指標① 短縮時間			指標② 救命率向上率		
項目	値	変化	項目	値	変化
短縮メッシュ数	66,333	0.64%	救命率向上メッシュ数	64,686	0.65%
短縮メッシュ割合(%)	90.43	0.64%	向上メッシュ割合(%)	88.18	0.65%
短縮時間合計値(秒)	112,348,995	0.52%	救命率向上率合計(%)	1,836,876.83	1.63%
平均短縮時間(秒)	1,694	-0.12%	平均向上率(%)	28.40	0.97%
指標③ 短縮時間×人口			指標④ 救命率向上率×人口		
世代	値	変化	世代	値	変化
全世代	10,371,834,616	0.63%	全世代	336,550,749	1.03%
0~14歳	1,471,736,275	0.63%	0~14歳	48,485,573	1.03%
15~39歳	3,289,651,193	0.54%	15~39歳	108,918,488	0.87%
40~64歳	3,528,671,047	0.62%	40~64歳	114,992,815	1.02%
65歳~	2,081,776,101	0.77%	65歳~	64,153,874	1.33%

が約15分以内に到着可能な状態になると考えられる。

(4) ドクターカー基地病院の追加配置(CASE-04)

ドクターカー基地病院の追加配置について分析する。基地病院の候補は既存を除いた29箇所である。追加数ごとの最適解における効果の上昇は追加数5箇所(②長浜赤十字病院, ⑩市立福知山市民病院, ③兵庫県立姫路循環器病センター, ④徳島赤十字病院, ⑤徳島県立三好病院)において平坦化する傾向があることから、この状態にした場合の指標毎の集計をTable 4に示す。指標①である短縮時間の合計は8.32%増加し、平均は3.12%増加した。指標②である向上率の合計は13.25%増加し、平均は7.03%増加した。指標③は10.40%増加し、指標④の10.63%増加した。基地病院候補②⑩③④⑤の5箇所の候補病院を基地病院化することでドクターカーの運用効果を各指標で約10%前後向上させることが出来ると考えられる。29箇所の候補病院から基地病院の追加配置を検討する際には、運用効果の上昇が高い組合せである5箇所の基地病院化が段階的な配置計画と考えられる。5候補の選定を前提とした各組合せ数における指標の変化をFig. 8に示す。追加数1においては③追加の値が高い。③の追加を前提にさらに追加にする場合には④追加の値が高い傾向にある(追加数2)。同

Table 4 運用効果 (CASE-04)

CASE-04 DC基地病院5箇所追加					
指標① 短縮時間			指標② 救命率向上率		
項目	値	変化	値	値	変化
短縮メッシュ数	69,238	5.04%	救命率向上メッシュ数	67,999	5.81%
短縮メッシュ割合 (%)	94.39	5.04%	向上メッシュ割合 (%)	92.70	5.81%
短縮時間合計値 (秒)	121,065,436	8.32%	救命率向上率合計 (%)	2,046,873.81	13.25%
平均短縮時間 (秒)	1,749	3.12%	平均向上率 (%)	30.10	7.03%
指標③ 短縮時間×人口		指標④ 救命率向上率×人口			
世代	値	変化	世代	値	変化
全世代	11,378,877,842	10.40%	全世代	368,544,441	10.63%
0~14歳	1,623,330,452	11.00%	0~14歳	53,371,762	11.21%
15~39歳	3,601,480,074	10.07%	15~39歳	118,930,911	10.14%
40~64歳	3,868,499,633	10.31%	40~64歳	125,830,808	10.54%
65歳~	2,285,567,684	10.63%	65歳~	70,410,960	11.21%

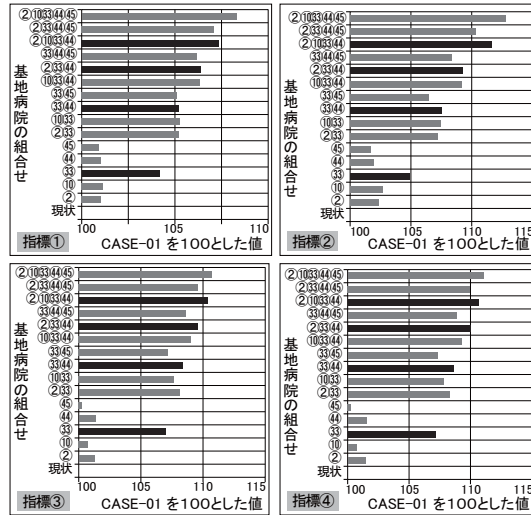


Fig.8 段階的な配置計画

様に検討を続け、一旦基地病院化した病院を変更することなく運用効果の高い追加数5の組合せを目指す段階的な配置計画の順序は、1 ③④②⑩④⑤の順であることを把握した。

(5) まとめと適正配置

本研究の指標からはドクターヘリ基地病院の追加配置は優先的ではないが、相対的に小さい効果を認める場合には、追加配置数「3」が段階的な配置計画であると考えられる。ドクターカー基地病院の追加配置においてまず目指す追加配置数は「5」であり、その組合せと段階的な配置計画の順序は③④②⑩④⑤であると考えられる。RPの追加配置として場外離着陸場のRP化を検討する際には、運用効果上位100箇所程度をRPとして運用可能とすることを目指すことが段階的な配置計画であると考えられる。なお本研究の4指標からは、RP化の運用効果上位100箇所程度の運用効果の累積度(全场外離着陸場の約75%)と③④②⑩④⑤のドクターカー基地病院化の運用効果は同程度と考えられる。

最後に、段階的な適正配置計画の一段階として、5箇所の候補病院のドクターカー基地病院化と運用効果上位100箇所の場外離着陸場のRP化をともに行った場合の指標毎の集計をTable 5に示す(CASE-05)。短縮メッシュ数はCASE-01から6.05%増加し解析対象メッシュの約94%となった。指標①である生じた短縮時間の合計は14.33%増加し、平均は7.81%増加し

Table 5 運用効果 (CASE-05)

CASE-05 場外離着陸場上位100のRP化 DC基地病院5箇所追加					
指標① 短縮時間			指標② 救命率向上率		
項目	値	変化	値	値	変化
短縮メッシュ数	69,904	6.05%	救命率向上メッシュ数	68,812	7.07%
短縮メッシュ割合 (%)	95.30	6.05%	向上メッシュ割合 (%)	93.81	7.07%
短縮時間合計値 (秒)	127,790,761	14.33%	救命率向上率合計 (%)	2,229,497.04	23.35%
平均短縮時間 (秒)	1,828	7.81%	平均向上率 (%)	32.40	15.20%
指標③ 短縮時間×人口		指標④ 救命率向上率×人口			
世代	値	変化	世代	値	変化
全世代	12,309,436,354	19.42%	全世代	408,335,144	22.58%
0~14歳	1,764,610,974	20.66%	0~14歳	59,421,810	23.82%
15~39歳	3,884,798,813	18.72%	15~39歳	131,247,499	21.54%
40~64歳	4,191,617,528	19.52%	40~64歳	139,640,380	22.67%
65歳~	2,468,409,039	19.49%	65歳~	78,025,454	23.24%

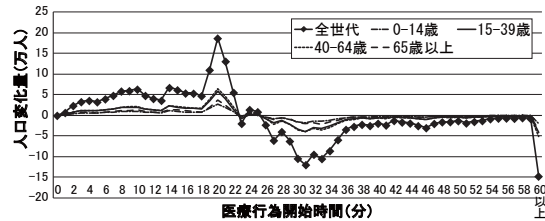


Fig.9 医療行為開始時間と人口(CASE-05)

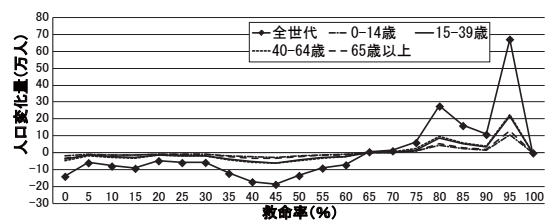


Fig.10 救命率と人口 (CASE-05)

30分28秒となった。救命率向上メッシュ数は7.07%増加し解析対象メッシュの約93%となった。指標②である合計は23.35%増加し、平均は15.20%増加し32.40%となった。指標③は19.42%増加し指標④は22.58%増加した。以上から段階的な適正配置計画としてCASE-05の状態とすることで、運用効果を各指標でCASE-01から約20%前後向上させることが出来ると考えられる。この具体的な内容として医療行為開始時間と救命率ごとの人口変化をFig. 9とFig. 10に示す。医療行為時間が約25分以上だった約130.1万人を約25分未満としており、特に約30分~34分の人口の減少が約50.8万人と大きい。救命率では約60%未満だった約130.7万人を約60%以上としており、特に約80%の人口を約27.7万人、約95%の人口を約67.3万人増加させている。

(6) 今後の課題と展望

今後は、分析の精緻化に関わるGISデータの更新(救急医療業務の流れにおいて採用した引用文献や資料の増加及び独自調査・解析メッシュ数の増加・道路ネットワークの補完や状態反映など)、配置計画に関わる設定の検討(消防署の追加配置・場外離着陸場を候補としないRP追加配置・横断する地域の広域化・ドクターカーやドクターヘリの配備数など)、評価指標の検討(重症及び危篤を対象とした運用効果・実現に要する物的や人的コスト・医療格差)を課題とする。

さらに、上述のような医療従事者による救急医療環境に関する研究の発展に加え、非医療従事者の救命行動による救命率向上の環境を整えるための研究も重要である。本研究は医療従事者の医療行為による救命率の向上を目的としたものであり、成果もこれに資するものである。しかし同時に、本研究の成果は医療従事者による救命率向上の限界の示唆でもある。医療従事者を前提とした救急医療業務の施設配置としての環境は整いつつある。更に救急医療環境を充実させるには、非医療従事者の救命行動による救命率向上に関する環境を充実させることも必要であることを定量的に示唆している。本研究の研究年度の後半においては、このような観点が社会的な注目を集めるようになった。本研究ではこのような観点についても発展的課題として試行的に着手し、手法構築と課題把握を行なった。下記の学会発表欄にある内容を発展させることも今後の展望において非常に重要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

- ①山田悟史, 大内宏友, 及川清昭: ドクターヘリ及びドクターカー関連施設の配置計画に関する研究- 広域救急医療連携をふまえた運用効果の算出による基地病院及びランデブーポイント追加の検証-, 日本建築学会計画系論文集, 第81巻, 第730号, pp. 2775-2785, 2016, 査読あり, <https://doi.org/10.3130/aija.81.2775>
- ②山田悟史, 遠藤伸太郎, 宗本晋作, 小峯力: 非医療従事者の一次救命による救護環境の計画手法に関する研究, 第39回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集: 報告 pp.205-208, 2016, 査読なし

〔学会発表〕(計7件)

- ①山田悟史, 遠藤伸太郎, 小峯力: 市民へのBLS普及の有効性検証と目標値の設定-ランニング中の心肺停止を想定したシミュレーション-, 第20回日本臨床救急医学会総会・学術集会, 2017, 日本臨床救急医学会
- ②山田悟史, 遠藤伸太郎, 小峯力: FirstResponder 育成及び ByStander のFirstAid に対する Self-Efficacy 向上の有効性の検証と AED 配置に関する試行, 第44回日本救急医学会総会・学術集会, 2016
- ③山田悟史, 遠藤伸太郎, 小峯力: マルチエージェントシミュレーションを用いたファーストエイド教育の有効性検証と目標値の設定, 第2回日本救護救急学会総会・学術集会, 2016

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 悟史 (YAMADA, Satoshi)
立命館大学・理工学部・任期制講師
研究者番号: 00551524