

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760509

研究課題名(和文)ドクターヘリ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 METHOD FOR EFFECTIVE OPERATION OF HELICOPTER EMERGENCY MEDICAL SERVICE AND FACILITY SITE PLANNING

研究代表者

山田 悟史(Yamada, Satoshi)

立命館大学・理工学部・助教

研究者番号：00551524

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：ドクターヘリの運用・普及には、時間的指標を用いた運用効果の検証が重要である。そこで本研究は、消防署・病院・ランデブーポイント(以下RP)・道路・人口・建物の地理的条件をふまえ、任意地点におけるドクターヘリの運用効果を時間的指標として算出し、分布を地図上に可視化することで、視覚的かつ定量的にドクターヘリ運用の検討を行った。滋賀県を事例に、場外離着陸場をRPとして加えた場合、県内に基地病院を配置した場合の効果を検証した。それにより本研究では、要請の判断資料(要請現場毎の運用効果)、配置計画の資料(RP化の効果が高い場外離着陸場、基地病院の選択による運用効果の違い)を提示した。

研究成果の概要(英文)：This study aims to construct a visualization method for understanding the effects of a helicopter emergency medical service. The effects will be calculated for the time that elapses before medical action is initiated and abbreviated. To calculate the elapsed time, the distance between each points will be measured using a GIS while considering geographical factors. The effects will also be investigated from visual and quantitative perspectives while considering the population of the study area. The proposed method will be examined from the viewpoints of the rendezvous point and emergency hospital acting as helicopter bases.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・都市計画・建築計画

キーワード：ドクターヘリ 配置計画 適正配置 基地病院 ランデブーポイント 医療行為開始時間 救命率 人口

1. 研究開始当初の背景

救急医療は国民にとって欠くことの出来ない業務であり、その充実化には、「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」のように国策として審議され、実際に運用されているドクターヘリという方法がある。一般メディアにも数多く取り上げられており、救急医療体制の充実化の新たな手法としてドクターヘリには社会的な期待が寄せられている。しかし、普及には国策レベルの予算と救急医療ソースを投じる必要があるにも関わらず、運用効果を十分に明示・予測出来ない・計画手法が確立されていないという問題点が挙げられる。

ドクターヘリの運用効果は、移動時間の短縮と医師が搭乗している事による医師による医療行為開始までの迅速化である。ドクターヘリの普及に際し、予算・人員・設備などの実現可能性については、実データを用いた報告など、参照可能な資料が数例あり、行政・医療機関自ら検討することが可能である。しかし、地理的条件をふまえた時間的指標から運用効果を明示・予測し検討するための資料は少ない。そこで申請者はこのような現状に対して、実務を担う医療機関・行政に代わり、運用効果の検討手法の研究を学術機関が行うべきだと考え、研究に着手した。

2. 研究の目的

前述の背景に対して、地理的条件をふまえた時間的指標に基づく運用効果の視覚的かつ定量的な検討方法が構築されれば、長期計画として運用効果が高かつコストの低いドクターヘリ基地病院の適正配置を念頭としながら、短期計画として優先度の高い地域から普及させるといった計画の立案が可能になり、ドクターヘリの普及、ひいては我が国の救急医療体制の充実化を推進することが出来る。申請者はこれまでにCG・GISを用いた空間解析に取り組んでおり、その一部で地理的条件をふまえた時間的指標を可視化するという解析を行っていたことが、本研究の着想であり基礎研究にあたる。本研究は、上記成果の応用により、ドクターヘリの運用効果を可視化し、関連施設の適正配置を提示することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 短縮時間の分析方法

ドクターヘリ運用の目的が医師による医療行為開始の迅速化であることをふまえ、本研究では、運用効果を可視化するための時間的指標として、まずは、医師による医療行為開始までに要する時間の短縮時間(以下短縮時間と称す)を算出する。各段階における時間設定・業務の流れを下記に示す。

救命センターは覚知後速やかに消防署に出動要請を出し、救急隊は平均出動準備時間70秒を経て現場へ出動し患者を収容する。この際の走行速度は平均走行速度35km/時、現

表1 分析用GISデータの構成

項目	使用データ
建物形状	ZmapTown II を使用
道路中心線	GIS map for Road より取得
救急車の搬送対象病院	緊急性を有し重要度・緊急度<高>の外傷患者の搬送先病院 11 箇所
消防署	41 箇所
ランデブーポイント	89 箇所
場外離着陸場	77 か所
人口	統計局国勢調査
メッシュ数	1 辺 500m の正方形メッシュ 総数 16543 メッシュ

場滞在時間は平均現場滞在時間846秒とする。ドクターヘリを用いる場合、救急隊はRPに向かう。一方ドクターヘリは、通報者の救命センターへの通報と同時にキーワード判定などを用いた要請を受けて離陸準備に入り、平均離陸準備時間223秒を経てRPへ向う。この際の巡航速度は平均巡航速度261km/時とする。ドクターヘリには第三次救急医療機関に所属する医師が搭乗しており、救急隊がRPに到着した段階で医師による医療行為が開始される。以上の流れに基づいて短縮時間を算出する。この際に必要な経路距離は救急車のみの場合、測定点の最寄り消防署と最寄りの救急車の搬送対象病院までの最短経路の合計距離とし、ドクターヘリを用いる場合は、測定点から最寄り消防署と最寄りRPまでの最短経路の合計距離とした。

(2)救命率向上率の分析方法

救急医療において経過時間と救命率は単純な線形の比例関係でない事から、同じ短縮時間であっても、短縮時間が生じた時間帯によって救命率の向上率は異なると考えられる。そこで、本研究では、短縮時間に加え救命率の向上率を算出する。経過時間と救命率の関係は様々な事例があるが、本研究では、救急医療業務において一つの指標として用いられているカーラーの救命曲線から短縮時間ごとに向上すると考えられる救命率を算出する。なおカーラーの救命曲線は心停止・呼吸停止・大量出血の三種が主に知られているが、本研究では、ドクターヘリ搬送事例報告が多く、救命率向上率の検討対象となり得る症例として大量出血を選定した。

(3)GISデータの作成

本研究はGISを用いて短縮時間と救命率向上率の算出に必要な経路距離の計測を行った。表1にGISデータの構成を示す。救急車の搬送対象となる病院は、第二次以上救急医療機関33箇所とすることも検討したが、カーラーの救命曲線において大量出血を選択したことに合わせ、出血を伴い重症度と緊急度が<高>である外傷患者の受け入れが24時間365日体制で対応可能とされている11病院(以下救急車の搬送対象病院と称す)とした。(4)章のドクターヘリ基地病院は、現在滋賀県と連携をしている大阪大学医学部付属病院高度救命救急医療センターとした。同章における県内独自運用をした場合の運用効果の検討においては、滋賀県内の第三

図1 短縮時間の分布図

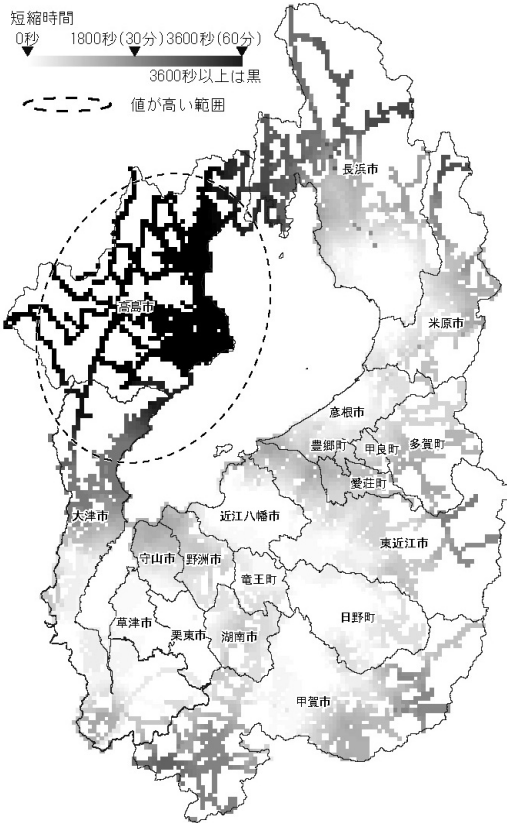
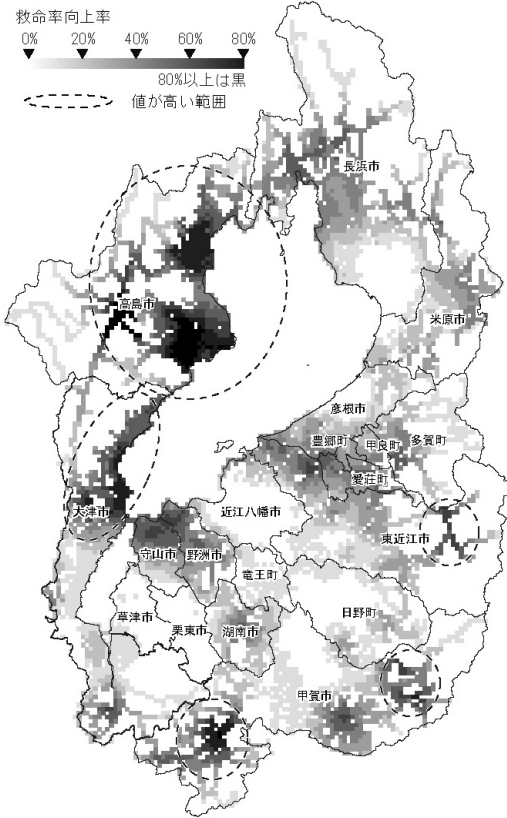


図2 救命率向上率の分布図



次救急医療機関である4病院を基地病院の候補とした。なお解析はメッシュを用いて行い、1辺500mの正方形メッシュ(メッシュ数16543)中心点をネットワーク解析の起点として使用した。

4. 研究成果

本研究の解析は3段階になっており、まず運用方針に関わる資料として、11年度からドクターヘリの共同運用を開始した滋賀県を事例に運用効果を可視化した(4.1)。次に、場外離着陸場をランデブーポイント(以下RPと称する)化した場合の運用効果の算出を行った(4.2)。そして基地病院を滋賀県に配置した場合の運用効果の算出を行った(4.3)。各段階の成果の概要を後述する。

(1) 大阪大学医学部附属病院高度救命救急医療センターとの連携運用による運用効果の可視化

救急車のみを用いた救急医療体制(以下case0と称する)からの短縮時間を滋賀県全体として集計すると表2になる。解析対象メッシュの83.06%に短縮時間が生じており、平均短縮時間は1280.83(約21分)であるが、地理的条件によって場所毎の短縮時間は異なり、図1のようになった。次に、「ドクターヘリ運用の対象症例と考えられる「大量出血」に対する救命率の向上率として運用効果を分析した。各メッシュの医療行為開始時間から、救急車のみを用いた場合とドクターヘリ運用時の救命率を算出し、その向上率を滋賀

表2 運用効果に関わる指標

短縮時間		救命率			
短縮されたメッシュ数	6261.00	救命率向上メッシュ数	5945.00		
短縮メッシュ割合(%)	83.06	救命率向上メッシュ割合(%)	78.87		
短縮時間合計(秒)	8019280.84	救命率向上率の合計(%)	146762.68		
メッシュの平均短縮時間(秒)	1280.83	メッシュの平均救命率向上率(%)	24.69		
短縮時間×人口数		救命率向上率×人口数			
種	全世代に対する割合	種	全世代に対する割合		
0-14歳	76030213.27	14.85%	0-14歳	2553455.33	15.09%
15-39歳	152762380.55	29.84%	15-39歳	5266937.06	31.13%
40-64歳	173045578.10	33.80%	40-64歳	5681267.17	33.58%
65歳以上	106551565.57	20.81%	65歳以上	3240648.13	19.16%
年齢不詳	3590443.46	0.70%	年齢不詳	131787.83	0.78%
全世代	511980280.95	100.00%	全世代	16874095.53	100.00%

県全体として集計した結果が表2である。救命率が向上したメッシュは解析対象メッシュの75.38%となっており、短縮時間が生じたメッシュの94.95%に減少している。平均救命率向上率は24.69%であるが、救命率向上率の分布は図2のように場所に拠って差のある分布となった。このように、救命率向上率の分布を可視化することで、大量出血に対する救命率に限定した場合ではあるが、どの地域まで救命率の向上が期待出来るのか、運用時において要請が有効な地域は何処なのかを読み取る事が出来る。

(2) 新設RPの配置計画の検討

滋賀県には、現在運用中のRPの他に防災ヘリが着陸可能な場外離着陸場が指定されている。これらは、RPとして運用されていないが、ヘリが離着陸可能な状態にある。そこで、関連施設の配置計画の検討として、現在の大阪大学医学部附属病院高度救命救急医療センターとの連携運用の状態(以降caseA-1と称する)で場外離着陸場77箇所全てをRP化した場合(以降caseA-2と称する)の運用効果を比較した。算出結果のみ表2に示す。次に、RP化した全77箇所のうち、

RP化の運用効果が高い場外離着陸場を分析した。本研究では、RP化した場外離着陸場が最寄りRPとなるメッシュの指標①～④の値を場外離着陸場毎に集計した合計値を採用した。そして値が高い場外離着陸場は、RP化により大きな短縮時間又は高い救命率向上率を生じさせ、かつそれを多くの人口に提供可能な状態にすると判断した。RP化の運用効果が高い上位20位までの場外離着陸場の運用効果を4指標毎に累積した結果、全ての場外離着陸場をRP化した合計値に対する割合が、短縮時間71.43%、救命率向上率69.84%、短縮時間×人口81.83%、救命率向上率×人口81.71%となった。なお複数指標において上位20以内の場外離着陸場は表3のようになった。4指標で上位となる場外離着陸場11箇所あり、蒲生運動公園、東洋紡績グラウンド、野村運動公園グラウンドの値が特に高い。なお、高島市に運用効果が確認出来るにも関わらず、4指標において上位20位になる場外離着陸場が1か所のみであるのは、市内に8か所場外離着陸場が位置しているため、運用効果が分散し個別での値が低いためであるので、2箇所程度のみをRP化するという選択も有効と考えられる。

(3) 基地病院の配置計画の検討

滋賀県で独自運用を開始する場合の検討として、滋賀県内の長浜赤十字病院、近江八幡市立総合医療センター、済生会滋賀県病院、大津赤十字病院の4か所何れかをドクターヘリの基地病院とした場合の運用効果と、その基地病院で全ての場外離着陸場をRP化した場合の運用効果をそれぞれ算出した。各ケースの基地病院を表4に、caseA-1からの変化割合の比較を表5に示す。RPが現状の場合、割合は何れのcaseにおいても、短縮時間の平均は約-0.4%、合計が約+3%、救命率向上率の平均は約+6%、合計が約+9%、短縮時間×人口の全世代の合計が約+6%、救命率向上率×人口の全世代の合計が約+11%となった。場外離着陸場全77箇所をRPに加えた場合は、割合は何れのcaseにおいても、短縮時間の平均は-2%、合計が約+11%、救命率向上率の平均は約+13%、合計が約+31%、短縮時間×人口の全世代の合計が約+28%、救命率向上率×人口の全世代の合計が約+47%となった。両者ともにcaseBの近江八幡市立総合医療センターが僅かに高いが差は微小である。

(4) まとめ

本研究の成果を下記にまとめる。

ドクターヘリ運用方針に関わる資料として、任意地点の運用効果を短縮時間と救命率向上率から県内に網羅的に可視化した。短縮時間の分布図は、症例に限らず救急医療体制が相対的に高く向上した地域を示しており、総じてドクターヘリの要請が有効な地域の判読が可能な図である。救命率向上率の分布

表3 上位20位に含まれる場外離着陸場

RP番号	名称	RP番号	名称
4	指標で上位20位以内	3	指標で上位20位以内
43	森林スポーツ公園野球場	75	スポーツ公園グラウンド
89	安土町民グラウンド	86	五個荘中学校グラウンド
101	東洋紡績グラウンド	115	烏丸半島多目的広場
108	平田グラウンド	116	農村運動広場
113	布施公園	125	総合運動公園駐車場
124	蒲生運動公園	2	指標で上位20位以内
130	下笠消防訓練場	78	東近江市町民スポーツセンター
134	市民グラウンド	85	市立運動公園
136	運動公園グラウンド	87	文芸の郷多目的グラウンド
142	雨山総合グラウンド	92	八幡商業高校グラウンド
157	甲南庁舎裏柳川河川敷	120	守山市民スポーツ広場
1	指標で上位20位以内	121	ふれあい公園
4	鏡岡中学校グラウンド	133	野村運動公園グラウンド
70	多賀町民グラウンド	155	土山グラウンド
154	甲南中央運動公園サッカー場	164	信楽運動公園

表4 配置計画の検討case表

NO	ドクターヘリの基地	RP	NO	ドクターヘリの基地	RP
caseA	大阪大学医学部付属病院	1 2	caseD	済生会滋賀県病院	1 2
caseB	近江八幡市立総合医療センター	1 2	caseE	大津赤十字病院	1 2
caseC	長浜赤十字病院	1 2			

1は現在のRPのみ
2は全場外離着陸場をRPに加える

表5 基地病院の配置計画の検討結果

case	指標① 短縮時間				指標② 救命率向上率			
	メッシュ数	メッシュ割合	合計	平均	メッシュ数	メッシュ割合	合計	平均
caseB-1	3.35	3.35	2.90	-0.44	3.03	3.03	9.74	6.51
caseG-1	3.29	3.29	2.88	-0.39	2.98	2.98	9.71	6.54
caseD-1	3.35	3.35	2.89	-0.45	3.03	3.03	9.72	6.50
caseE-1	3.35	3.35	2.84	-0.5	3.03	3.03	9.61	6.39
caseA-2	9.54	9.54	7.45	-1.9	12.06	12.06	18.47	5.72
caseB-2	13.45	13.45	11.46	-1.76	16.15	16.15	31.71	13.40
caseG-2	13.35	13.35	11.44	-1.69	16.06	16.06	31.68	13.45
caseD-2	13.45	13.45	11.44	-1.77	16.15	16.15	31.69	13.38
caseE-2	13.45	13.45	11.35	-1.85	16.15	16.15	31.51	13.22

case	指標③ 短縮時間×人口数					指標④ 救命率向上率×人口数						
	全世代	0-14歳	15-39歳	40-64歳	65歳以上	不明	全世代	0-14歳	15-39歳	40-64歳	65歳以上	不明
caseB-1	6.09	6.11	6.12	5.87	6.52	2.01	11.02	10.95	10.56	10.69	12.69	3.44
caseC-1	5.96	5.98	5.97	5.74	6.41	1.98	10.90	10.83	10.44	10.58	12.59	3.41
caseD-1	6.07	6.09	6.10	5.85	6.50	2.01	11.00	10.93	10.54	10.67	12.67	3.44
caseE-1	5.98	6.00	6.02	5.77	6.40	2.01	10.89	10.82	10.44	10.57	12.54	3.44
caseA-2	19.80	21.54	22.44	19.54	15.94	4.34	31.70	33.55	34.35	31.45	27.53	7.15
caseB-2	28.87	30.77	31.67	28.21	25.31	6.50	47.72	49.71	49.94	46.91	45.47	10.78
caseC-2	28.70	30.61	31.48	28.04	25.15	6.45	47.57	49.57	49.79	46.76	45.31	10.74
caseD-2	28.83	30.73	31.63	28.18	25.27	6.50	47.69	49.68	49.92	46.88	45.43	10.78
caseE-2	28.63	30.54	31.44	27.98	25.03	6.50	47.47	49.47	49.72	46.66	45.15	10.78

*数値はcaseA-1の値に対する変化割合である。-符号以外は全て増加割合を示す。

図は、特に大量出血の患者が発生した場合においてドクターヘリ要請が有効な地域の判読が可能な図である。

新設RPの配置計画として、全場外離着陸場をRP化した場合の運用効果を算出し、運用効果が高い場外離着陸場を提示した。20箇所のみをRP化により、77箇所全てをRP化した場合の約70%の運用効果を得られることから、値は20箇所のみをRP化した場合の値より低い値であるが、第一段階目として優先的にRP化が望まれる場外離着陸場と考えられる。特に、4指標全てにおいて上位20以内となった11箇所、高い値を示した蒲生運動公園、東洋紡績グラウンド、野村運動公園グラウンドの優先度が高いと考えられる。また、上位20位のみRP化で得られる運用効果は全てをRP化した場合の70%であるが、それは県内に基地病院を配置した何れのcaseよりも高い。このことから、本研究が用いた4指標においては、20箇所のRP化は、県内に基地病院を配置する場合と同程度以上の運用効果が得られると考えられる。

基地病院の配置計画として、4指標から見た現状からの運用効果の変化を分析した。基地病院の配置による運用効果の差は小さく、

RP が現状のままの場合は、指標①短縮時間の平均約 4%減，合計約 3%増，指標②救命率向上率の平均約 6%増，合計約 9%増，指標③短縮時間×人口の全世代の合計 6%増，指標④救命率向上率×人口の全世代の合計が約 11%増となった。短縮時間及び救命率向上と人口の関係の変化については，21 分-24 分を主に 25 分以下で医療行為が開始可能な人口が約 14 万人増加した。救命率でみると 80%-90%を主に 70%以上の救命率を提供可能な人口が約 7 万人増加した。なおこれらの地域の多くは，caseA-1 において、救急車が RP にてドクターヘリ到着を待っていた地域であると考えられ、何れの case でもほぼ類似であった。

本研究では以上のように，ドクターヘリの運用効果を時間的指標と人口から可視化し，現場毎の要請判断に関わる資料の提示と，RP 及び基地病院の配置計画の定量的な検討結果を提示した。消防署の新設を含めた配置計画，各指標の救急医療業務上の評価のあり方を今後の課題とする。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 4 件)

- ① 著者名：大山智基，吉川優矢，山田悟史，大内宏友，及川清昭，論文標題：ドクターヘリ及びドクターカー運用効果の可視化に関する研究 -短縮時間・救命率向上率と人口を用いた運用効果の検証-，雑誌名：第 36 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集(論文部門)，査読：有，発行年：2013，ページ：109-114，URL：<http://www.aij.or.jp/jpn/symposium/2013/131205-06.pdf>
- ② 著者名：山田悟史，吉川優矢，大山智基，大内宏友，及川清昭，論文標題：ドクターヘリ運用効果の可視化と関連施設の配置計画に関する研究-医療行為開始までの短縮時間と救命率の向上率及び人口を用いた検証-，雑誌名：日本建築学会計画系論文集，査読：有，巻：78 巻，号：692 号，発行年：2013，ページ：2163-2172，URL：<http://ci.nii.ac.jp/naid/40019807855>
- ③ 著者名：吉川優矢，大山智基，山田悟史，大内宏友，及川清昭，論文標題：ドクターヘリ運用効果の可視化に関する研究 (1) -医療行為開始時間と人口を用いた検証-，雑誌名：第 35 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集(論文部門)，査読：有，発行年：2012，ページ：55-60，URL：<http://www.aij.or.jp/jpn/symposium/2012/121213-14.pdf>
- ④ 著者名：大山智基，吉川優矢，山田悟史，大内宏友，論文標題：ドクターヘリ運用効果の可視化に関する研究(2)-ドクターヘリ基地病院の適正配置-，雑誌名：第 35 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集(論文部門)，査読：有，

発行年：2012，ページ：61-66，URL：<http://www.aij.or.jp/jpn/symposium/2012/121213-14.pdf>

〔学会発表〕 (計 6 件)

- ① 発表者名：大山智基，吉川優矢，山田悟史，発表標題：ドクターヘリ及びドクターカー運用効果の可視化に関する研究，発表学会名等：2013 年度 全国共同利用研究発表大会「CSIS DAYS 2013」，発表年月日：2013 年 11 月 23 日，発表場所：東京大学(千葉県)
- ② 発表者名：大山智基，吉川優矢，山田悟史，大内宏友，発表標題：ドクターヘリ及びドクターカー運用効果の可視化に関する研究 - 医療行為開始時間と救命率を用いた運用効果の定量化 - ，発表学会名等：日本建築学会大会(北海道)学術講演会，発表年月日：2013 年 8 月 31 日，発表場所：北海道大学(北海道)
- ③ 発表者名：大山智基，吉川優矢，山田悟史，発表標題：ドクターヘリ運用効果の可視化に関する研究 - 救命率向上率を用いた運用効果の定量化 - ，発表学会名等：日本建築学会近畿支部研究報告会，発表年月日：2013 年 6 月 17 日，発表場所：大阪工業技術専門学校(大阪府)
- ④ 発表者名：山田悟史，大山智基，吉川優矢，発表標題：ドクターヘリ運用効果の可視化に関する研究，発表学会名等：2012 年度 全国共同利用研究発表大会「CSIS DAYS 2012」，発表年月日：2012 年 11 月 3 日，発表場所：東京大学(千葉県)
- ⑤ 発表者名：大山智基，吉川優矢，山田悟史，大内宏友，及川清昭，発表標題：四国地方を事例としたドクターヘリ基地病院の適正配置-ドクターヘリ運用効果の可視化に関する研究-，発表学会名等：日本建築学会大会(東海)学術講演会，発表年月日：2012 年 9 月 12 日，発表場所：名古屋大学(愛知)
- ⑥ 発表者名：大山智基，吉川優矢，山田悟史，大内宏友，及川清昭，発表標題：ドクターヘリ基地病院の適正配置に関する研究 - 地理空間情報を用いた運用効果の定量化 - ，発表学会名等：日本建築学会近畿支部研究報告会，発表年月日：2012 年 6 月 16 日，発表場所：大阪工業技術専門学校(大阪府)

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・助教
研究者番号：00551524