

社会的指標によるドクターヘリコプターシステム普及のための要因分析

Analysis of social factors for the spread of medical helicopter systems

二村 禎晃*, 小池 則満**, 栗田 敬司***
Sadaaki Nimura, Norimit Koike, Keiji Kurita

*修 (工) 柴山コンサルタント株式会社 (〒461-0011 愛知県名古屋市中区白壁一丁目 69 番地)

**博 (工), 愛知工業大学准教授, 工学部都市環境学科 (〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247)

***工修 川崎重工業株式会社 (〒504-8710 岐阜市各務原市川崎町 1 番地)

Medical helicopter systems have been in place in Japan from 2001. However, there are only 12 systems operating in 2007. The high cost has been pointed out as the greatest problem for the spread of medical helicopter systems. There have not been any previous studies undertaken about the social factors such as finance, population and so on. This study aims to clarify the relationship between the regional social factors of places where medical helicopter systems do or do not exist. We will apply a logistic-regression analysis and a principal component analysis.

As a result of study, the financial coefficient is an important factor for the spread. In addition, 47 prefectures of Japan have been classified into three groups by the regional social factors. We propose co-operative management between neighbor prefectures for systems to spread. Then, the efficient and economical management of medical helicopter systems can be realized.

Key Words: Medical helicopter, logistic-regression analysis, principal component analysis

キーワード: ドクターヘリコプター, ロジスティック回帰分析, 主成分分析

1. 研究の概要

わが国においても救急医療ヘリコプター、いわゆるドクターヘリコプター (以下、ドクターヘリ) システムの普及が始まっている。平成 19 年 6 月 19 日に成立した「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」における救急医療用ヘリコプターの定義としては、「救急医療に必要な機器を装備し、及び医薬品を搭載していること」や、「救急医療に係る高度の医療を提供している病院の施設として、その敷地内その他の当該病院の医師が直ちに搭乗することのできる場所に配備されていること」とされている。¹⁾ 多くの出動実績から高い救命効果を得られることが徐々に明らかになっている。また、諸外国でもヘリコプター救急の有効性が明らかになっている。²⁾

ところが我が国における普及ペースは非常に遅い。実際に導入した都道府県とそれ以外の県の社会的背景にど

のような差異がみられるのかを論じることは、普及に向けた議論を行う際に重要であると考えられる。本研究は、ドクターヘリシステムが普及している道県の傾向を、社会的指標の多変量解析により明らかにし、ドクターヘリシステムという新しい社会基盤が普及していくための社会的条件について考察することを目的とする。

本研究では、まずドクターヘリ普及の現状、配置に関する明確な基準がないことを述べる。次に、分析に用いる社会的指標について検討する。その指標を用いて、ロジスティック回帰分析と主成分分析を行ない、ドクターヘリシステムの普及に関する考察を行うこととする。

2. ドクターヘリシステム普及の現状と問題点

2.1 普及の現状

ドクターヘリは、我が国で平成 13 年から運用されており、平成 19 年 12 月時点で 12 ヶ所に配備されている。旧厚生省が平成 13 年に「5 年で 30 機」の目標を立ててい

たが、この目標には遠く及ばなかった。我が国のドクターヘリ普及ペースは、1.6ヶ所/年である。現在の普及ペースでいけば、30ヶ所になるのは2017年になる。³⁾一方、ドイツでは1970年～2003年の間に2.0ヶ所/年で普及しており、日本は明らかに遅い普及ペースとなっている。

2.2 普及に向けた課題

普及の課題は、運用費が最大のネックといわれてきた。⁴⁾ドクターヘリの年間運用費は、1機当たり約2億円程度であり、国と都道府県の折半によって負担されている。一般に、ドクターヘリの配備は、都道府県の財政規模が小さいほど困難だとみられている。しかし、救急車の年間運用経費は1台当たり約8,000万円であり¹⁾、その効果を考えれば、ドクターヘリの運用費はそれほど高くないとも考えられる。

そこで本研究では、ドクターヘリシステムの普及しない理由が、財政やその他の社会的要因に関しての明確な指標がないことにあると考え、ドクターヘリが配備されている道県にどのような傾向があるかを、多変量解析によって分析する。

3. 本研究の分析手法

3.1 用いる手法について

本研究では、ロジスティック回帰分析と主成分分析を用いて分析を行う。ロジスティック回帰分析では、ドクターヘリの普及に何ほどの程度の影響を及ぼしているかを明らかにし、ドクターヘリの運用に向けた考察を行う。主成分分析では、各都道府県の特性を確認し、ドクターヘリの運用に向けた考察を行う。

3.2 ロジスティック回帰分析とは

ロジスティック回帰分析は、複数の要因をもとにある事象の発生確率を予測する分析手段である。この方法は、医療分野において「因子の組み合わせとその程度が異なり、また同程度の因子を有していても、発症する人もいれば発症しない人もいる確率的な現象」の分析などで用いられている。⁵⁾

ロジスティック回帰分析の回帰式は式(1)のようになり、目的変数 y は $0 \leq y \leq 1$ の範囲の確率値をとる。

$$y = \frac{1}{1 + e^{-(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_px_p + b)}} \quad (1)$$

x : 説明変数, y : 目的変数, a : 回帰係数, b : 定数項

本研究では、ドクターヘリの普及に関連すると考えられる指標を説明変数として、目的変数である評価値を算出する。この評価値が高いほど、ドクターヘリ配備の社会的条件が揃っているとみることとする。

3.3 主成分分析とは

主成分分析は、ある問題に対していくつかの要因が考えられるとき、それらの要因を一つ一つ独立に扱うのではなく総合的に取り扱い、背後にある構造を確認する分析手段である。分析により、固有ベクトルと主成分得点が算出できる。主成分得点により、サンプルの特徴付けや分類ができる。固有ベクトルは、主成分得点を求める際の各要因の重要度である。

本研究では、主成分得点の散布図から、類似している都道府県やその要因について明らかにする。

3.4 分析に用いる指標

本研究で扱うドクターヘリの拠点は、2007年12月までに運用されている12拠点とする。ロジスティック回帰分析の目的変数には、ドクターヘリの運用状況の値を、運用されている場合を「1」、運用されていない場合を「0」、として分析する。

本研究では、11項目の統計データを用いる。この統計データは、「救急活動に関する統計」、「医療の体制に関する統計」、「医療以外の統計」の三つに大きく分けられる。

() 内はデータの出典である。

① 救急活動に関する統計

- ・ 年間救急出場件数 (消防庁)
- ・ 交通事故発生件数 (警察庁)

救急活動の必要性を示したものである。ドクターヘリが対応した交通事故負傷者数は、平成18年度に960人であり、ドクターヘリの全診療人数の20%以上である。⁴⁾

② 医療の体制に関する統計

- ・ 救命救急センター数

ドクターヘリが救命救急センターを拠点としていること、ドクターヘリは救命処置の必要な重傷の患者等を対象としていることから、救命救急センター数を取り上げる。

- ・ 無医地区数 (厚生労働省)
- ・ 無医地区人口 (厚生労働省)

ドクターヘリ出動の多い地域が、いわゆる医療過疎地域と考え、設定した。たとえば愛知県では、中山間地である県東部地域(新城市や豊田市)などへ多く出動している。⁴⁾

③ 医療以外の統計

- ・ 人口 (統計局)
- ・ 面積 (国土地理院)
- ・ 人口密度
- ・ 政令指定都市数
- ・ 政令指定都市ダミー+特別区ダミー

各都道府県の基礎的データとして取り上げる。「政令指定都市+特別区のダミー」とは政令指定都市が存在するかしないかを「1」、「0」のダミー変数として取り上げる。

- ・ 財政力指数（総務省統計局）

総務省が発表している地方公共団体の財政力を示す指標である。ドクターヘリ運用費用負担との関連を明らかにするために用いる。

4. モデル作成とドクターヘリ普及の分析

4.1 分析の流れ

ロジスティック回帰分析の流れを図-1に示す。

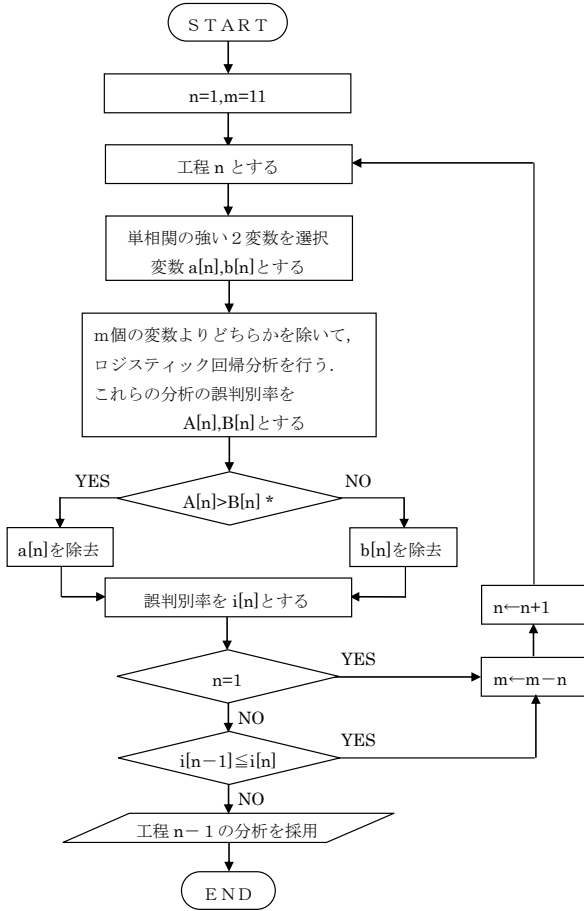


図-1 分析の流れ

まず、すべての説明変数を選択し、分析を行う。この結果、回帰式、回帰係数、目的変数を算出できる。ここで、目的変数の誤判別率を確認する。誤判別率の確認は、確率値である目的変数が「0.5 以上を導入されている」、「0.5 未満を導入されていない」とし、実際の配置と適合するかをみる。これを繰り返し計算して、より誤判別率の小さな説明変数の組み合わせを求め、そのときの回帰式と回帰係数、目的変数について考察する。なお、誤判別率の算出方法は、式(2)に示すとおりである。

$$P = \frac{n}{N} \quad (2)$$

P：誤判別率，N：全個体の数，n：誤判別数

4.2 分析結果と考察

(1) 分析結果

回帰式と回帰係数を、式(3)、表-1に示す。また、評価値（目的変数）を表-2に示す。説明変数は、「面積」、「人口密度」、「政令指定都市数」、「財政力指数」の4つが選択された。このモデルの誤判別率は、11%となった。この結果においては、ドクターヘリを運用していない都府県の評価値を、運用していると誤判別することは無かった。

$$y = \frac{1}{1 + e^{-(0.01x_1 - 0.06x_2 + 1.23x_3 + 6.07x_4 - 4.43)}} \quad (3)$$

表-1 回帰係数

説明変数	回帰係数
面積 x_1	0.01
人口密度 x_2	-0.06
政令指定都市数 x_3	1.23
財政力指数 x_4	6.07

表-2 評価値

都道府県	評価値	都道府県	評価値	都道府県	評価値
北海道	0.96	岐阜県	0.19	奈良県	0.08
静岡県	0.87	長野県	0.19	青森県	0.08
愛知県	0.82	福島県	0.18	鹿児島県	0.08
福岡県	0.69	三重県	0.18	山形県	0.08
神奈川県	0.68	東京都	0.17	富山県	0.07
千葉県	0.53	滋賀県	0.14	徳島県	0.07
宮城県	0.45	岡山県	0.14	大分県	0.07
広島県	0.45	石川県	0.11	宮崎県	0.06
兵庫県	0.42	岩手県	0.11	和歌山県	0.06
埼玉県	0.41	山口県	0.10	佐賀県	0.06
京都府	0.40	愛媛県	0.09	高知県	0.05
大阪府	0.36	福井県	0.09	島根県	0.05
新潟県	0.36	熊本県	0.08	鳥取県	0.05
茨城県	0.23	山梨県	0.08	長崎県	0.05
栃木県	0.21	香川県	0.08	沖縄県	0.04
群馬県	0.20	秋田県	0.08		

*網掛け：ドクターヘリ運用中の道県

(2) 回帰係数についての考察

回帰係数の値が最も大きくなったのは、「財政力指数」である。「財政力指数」は、多くのドクターヘリ運用中の道県で値が大きいため、係数が大きくなったと考えられる。

係数の正負（表-1）をみると、「面積」が広いほど、「人口密度」が低いほどドクターヘリの導入されているのが現状であると解釈できる。また、「政令指定都市数」があるほど、「財政力指数」も高いほど、運用される可能性が高いと考えられる。

また、3.4で行った統計の分類のうち、「救急活動に関する統計」と「医療の体制に関する統計」から変数が選択されなかった。しかし、「人口密度」は「年間救急出場

件数」との単相関が 0.94 と大きく、「財政力指数」は「救命救急センター数」との単相関が 0.86 と大きい。このことから、救急や医療に関する情報は、分析で求めた 4 つの変数に集約されていると考えることができる。

(3) 評価値についての考察

ロジスティック回帰式による評価値（表-2）をみると、ドクターヘリ運用中の道県で評価値が 0.5 を超える結果となるのは、北海道、静岡県、愛知県、福岡県、神奈川県、千葉県であり、これらは誤判別されずに評価されたといえる。この 6 道県は、いずれも政令指定都市がある。埼玉県は、政令指定都市があるにもかかわらず評価値が 0.5 に届かない。埼玉県の「政令指定都市数」や「財政力指数」は、上記の 6 道県と比較して大きく異なっていないが、マイナスの回帰係数となる「人口密度」が大きい値であるため、0.5 にならなかったと考えられる。宮城県、広島県、兵庫県は、評価値は 0.5 に届かないが、運用中の埼玉県よりも評価値は高く、ドクターヘリ導入のための条件は比較的整っているとと言える。

ドクターヘリ運用中であるにも関わらず、評価値が 0.5 を大きく下回る結果となるのは、長野県、岡山県、和歌山県、長崎県であった。この 4 県は、4 つの統計のうち突出した値がないため、評価値が低くなったと考えられる。このうち、岡山県はドクターヘリを全国に先駆けて導入しているため、後の拠点配置の傾向とは異なるとも考えられる。また、長崎県は離島への出動が多いことが他の拠点とは違う傾向があると考えられる。

4.3 合同運用を想定した分析結果と普及

ドクターヘリの合同運用の可能性について考察する。合同運用は、いくつかの県で検討されていると報じられているが、ここでは滋賀県・京都府の合同運用に着目した分析を行った。この結果を、式(4)、表-3、表-4 に示す。誤判別率は、11%であった。

分析の結果、滋賀県・京都府の評価値は、4.2 の結果と比較して上がると確認できた。この組み合わせは、政令指定都市の京都府を含むため、滋賀県の評価値が大きく改善され、効果がある組み合わせだと言える。

$$y = \frac{1}{1 + e^{-(0.00x_1 - 0.07x_2 + 1.19x_3 + 6.28 - 4.41)}} \quad (4)$$

表-3 滋賀県と京都府を合わせて分析したときの係数

説明変数	回帰係数
面積 x_1	0.00
人口密度 x_2	-0.07
政令指定都市数 x_3	1.19
財政力指数 x_4	6.28

表-4 滋賀県と京都府を合わせて分析したときの評価値

都道府県	評価値	都道府県	評価値	都道府県	評価値
北海道	0.93	岐阜県	0.20	富山県	0.08
静岡県	0.88	三重県	0.19	青森県	0.08
愛知県	0.83	長野県	0.19	山形県	0.08
福岡県	0.69	福島県	0.18	鹿児島県	0.08
神奈川県	0.68	東京都	0.17	徳島県	0.08
千葉県	0.54	岡山県	0.15	大分県	0.07
宮城県	0.45	石川県	0.12	宮崎県	0.07
広島県	0.45	山口県	0.11	和歌山県	0.06
滋賀京都	0.42	岩手県	0.10	佐賀県	0.06
埼玉県	0.42	福井県	0.09	高知県	0.05
兵庫県	0.42	愛媛県	0.09	島根県	0.05
新潟県	0.35	熊本県	0.09	鳥取県	0.05
大阪府	0.34	山梨県	0.09	長崎県	0.05
茨城県	0.24	香川県	0.09	沖縄県	0.04
栃木県	0.22	奈良県	0.08		
群馬県	0.22	秋田県	0.08		

5. 都道府県の実態比較とドクターヘリ普及の関係

5.1 分析の流れ

主成分分析には、3.4 でとりあげた統計データを変数として用いる。さらに、単位が異なるデータを同じ尺度で表すために変数を基準化する。基準化は、平均 0、標準偏差 1 となるようにデータ変換を行う。固有ベクトルと主成分得点が算出して散布図に示し、都道府県の実態について考察する。

5.2 分析結果と考察

第二主成分までの累積寄与率は、85%となった。

図-2、図-3 は、横軸が第一主成分、縦軸が第二主成分を表す。図-3 の主成分得点は、図-2 で各軸の正の方向に位置するデータの値が大きいほど、高くなる。

図-2 の固有ベクトルより、図-3 の第一主成分に影響を及ぼしている変数は、「人口」、「交通事故発生件数」、「年間救急出場係数」とみることができる。これより、第一主成分は都市的な条件を示していると考えられる。第二主成分に影響を及ぼしている変数は、「面積」、「無医地区数」とみることができる。第二主成分は、医療に関する地理的条件を示していると考えられる。

主成分得点の散布図（図-3）より、ドクターヘリを運用している拠点をグループ化する。まず、神奈川県、愛知県、埼玉県、千葉県、福岡県、静岡県で一つのグループ(A)とみることができる。すなわち、人口が多く、交通事故や救急の出動件数も高い、都市的な条件を備えたグループである。また、北海道で一つのグループ(B)とみることができる。すなわち、医療に関する地理的条件が特徴的なグループである。さらに、長野県、岡山県、長崎県、和歌山県で一つのグループ(C)とみることができる。すなわち、都市的な条件や医療に関する地理的条件のどちらにも当てはまらないグループである。

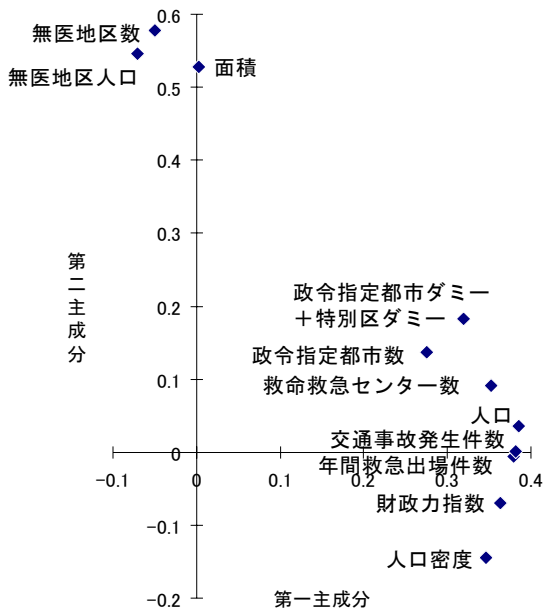


図-2 固有ベクトル

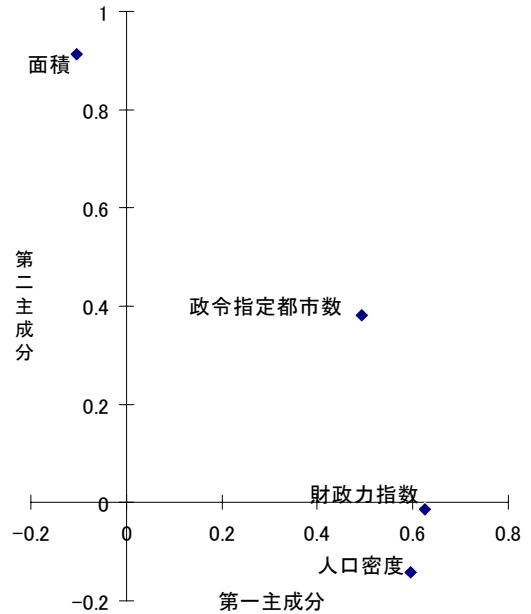


図-4 四変数を用いて分析した場合の固有ベクトル

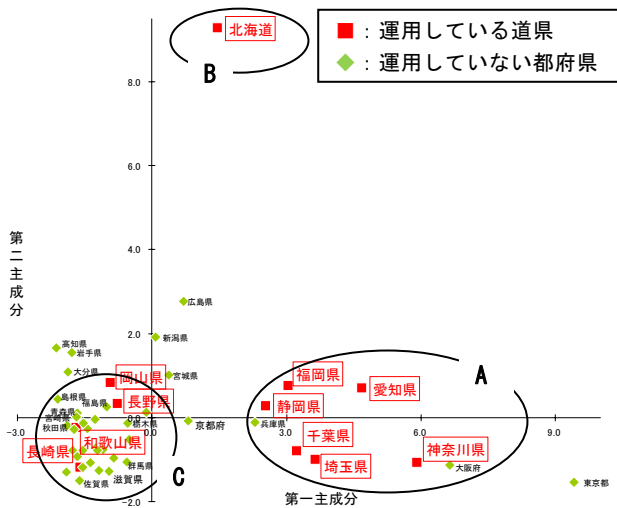


図-3 主成分得点

ドクターヘリを運用している道県以外では、大阪府と兵庫県をAのグループとみることができる。広島県や新潟県は、第二主成分が大きく、Bグループと同じ方向にプロットされている。従って、北海道に近い地域特性にあるといえる。一方、Cのグループは、多くの県が存在する。このグループに属し、ドクターヘリを運用している岡山県や長崎県では、「全国に先駆けて導入している」、「離島への出動が多い」という、特徴的な要素がある。しかし、Cグループには未導入の県が集中してプロットされており、普及が遅くなるのではないかと考えられる。

5.3 四変数を用いた分析結果と考察

ここで、4.2のロジスティック回帰分析で選択された係数だけを用いて、主成分分析を行った。この結果を図-4と図-5に示す。第二主成分までの累積寄与率は、83%となった。

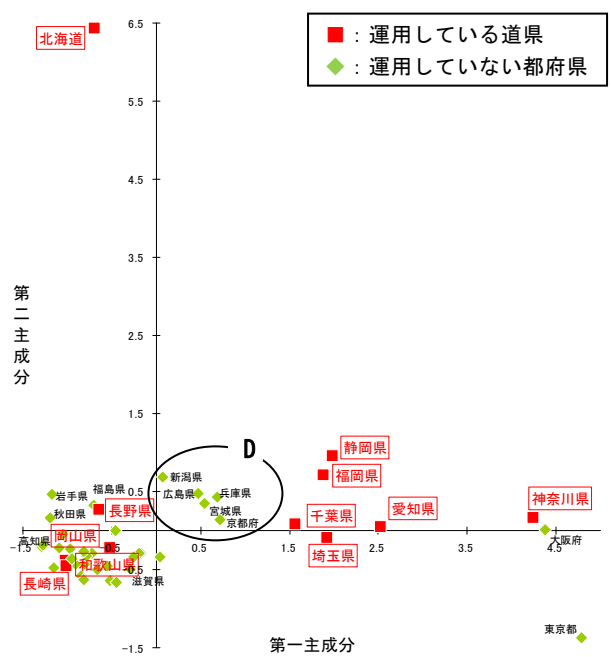


図-5 四変数を用いて分析した場合の主成分得点

固有ベクトルより、第一主成分に影響を及ぼしている変数は、「財政力指数」や「人口密度」とみることができる。これより、第一主成分が都市的な条件を示していると考えられる。第二主成分に影響を及ぼしている変数は、「面積」とみることができる。第二主成分は、地理的条件を示していると考えられる。

5.2の結果と全体の傾向は変わらないが、新潟県、広島県、兵庫県、宮城県、京都府といった、現在運用されていないが図-3のAグループに近い位置にあるグループ(D)を新たに認めることができる。これらは、いずれも政令指定都市のある府県であり、運用できる可能性のある群とみなすことができる。

