

## 医療サービス生産に関する効率性分析の展望

喜田泰史\*<sup>1</sup> 清水昌美\*<sup>2</sup> 荒谷真由美\*<sup>2</sup> 坂本 圭\*<sup>2</sup> 平田智子\*<sup>2</sup> 植田麻祐子\*<sup>2</sup>

### 要 約

今日の医療サービスにおける様々な問題の背景として、医療資源が地域間あるいは診療科間において偏在していることがある。そこで、具体的かつ整合的な医療資源の最適地域配置問題を検討することが重要となる。本研究の最終的な目的は、最適地域配置問題を検討する手法として実証的な線形計画モデルを構築することである。しかし、線形計画モデルを構築するには医療サービスに関する生産性など多くのパラメータを推定する必要がある。ところが、医療サービス分野ではこうしたパラメータを、正規分布を仮定した、統計学的手法によって推定することは以下の理由で困難であるとされてきた。すなわち、①規模の経済 ②ケースミックス ③病院の行動モデルの選択 ④医師の役割 ⑤不確実性の5点である。これら5点の中でも、②のケースミックスの問題については、生産物の定義、医療サービス投入要素の同質性、患者の同質性という3つの問題に詳しく分けることができる。これらの3つの問題は特に、経済学的に生産性を把握することを難しくしていた。

ところが、1970年代後半に Charnes らによって、統計学的手法に基づいたパラメータ推定によらない、生産性の推定を可能にする手法として、DEA (Data Envelopment Analysis) という手法が提示された。この手法はそれぞれの DMU (Decision Making Unit) にとって、最も有利な可変ウエイトで効率性の測定を行うというものである。これにより、線形計画モデルに用いる生産性の推定が可能になるのではないかと考えたことが本稿の動機である。そこで、本稿では、今後の医療サービス分野の最適地域配置問題を解く準備として、生産性を推定する DEA について以下の構成でのレビューを行う。

- ①効率性の概念および具体的モデル、効率的フロンティア、CCR モデルなど DEA の諸概念の説明
- ②DEA を用いた先行研究

レビューの結果、データ制約を考慮しなければならないが、最適地域配置問題に関する線形計画モデルにおけるパラメータの推定には DEA が有効であることがわかった。

### 1. はじめに

現在、日本の医療サービスは、各都道府県によって、地域特性を考慮した地域医療計画が立てられ、国民皆保険を前提に、「いつでも、どこでも、誰でも、平等に」提供されることが理想となっている。しかし、現実では産科医や小児科医に代表されるような、特定の診療科の医師不足によって生じる、医療資源の偏在や不足が社会問題となっている<sup>1)</sup>。この問題の背景には、医師法における「医師臨床研修制度」や、医療法における診療科の自由標榜の保証<sup>1)</sup>といった医療制度などがあるとされている。しかし、少子高齢化に伴う就労人口の減少や医療需要の増加

によって、医療保険の財政的問題がより一層深刻化することが考えられる。この現状を打開するためには、単に全国津々浦々に医療資源を増やせばよいという図式が成り立つとは考えにくい。すなわち、地域間あるいは診療科間において医療資源が偏在し、非効率的に医療資源が利用されているという現実を視野に入れて、限られた医療資源で最大の効果をあげることのできる医療提供体制を再構築していくことが急務となる。そのための1つの方策として、医療資源の最適地域配置を具体的かつ整合的に分析できるモデルを開発することが必要であろう<sup>2)</sup>。

ところで、生産資源の最適地域配置問題を検討す

\*1 川崎医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 医療福祉マネジメント学専攻

\*2 川崎医療福祉大学 医療福祉マネジメント学部 医療福祉経営学科

(連絡先) 喜田泰史 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-Mail: kitakunn@nifty.com

ることができる，具体的かつ実証的な1つの手法としては，オペレーションズ・リサーチや地域経済分析の分野で用いられている，線形計画法が一般的である<sup>2)</sup>。

医療資源の地域間での偏在の問題に関しても，大山<sup>3)</sup>や谷川ら<sup>4)</sup>による先行研究があるが，それらの研究では，高度医療機器や救急医療機関といった，特定の物的資源に関する配置問題が扱われており，人的資源や金銭的資源をも含んだ，地域内での総合的な医療資源の地域配置問題は取り扱われていない。また，診療科間での医療資源の偏在に関する分析については，梅里ら<sup>5)</sup>が疾患別診療行為区分別に医療費分析を行ってはいるものの，診療科間に存在する偏在を解消する手法について，具体的に言及しているわけではない。

ところで，線形計画法を用いた分析を行うには，一般的にパラメータと呼ばれる，統計学の手法をもとに推定された変数を用意する必要がある。経済学的には，投入量と産出量の関係を表す生産関数や，産出量と投入量にかかわる費用との関係を表す費用関数を把握することが必要である。これらの生産関数や費用関数を統計学的に推定する手法をここでは，パラメトリックな手法と呼ぶことにする<sup>†3)</sup>。

しかし，Cowling<sup>6)</sup>によると，医療サービス分野において，パラメトリックな手法を用いる際にいくつかの課題があり，斎藤<sup>7)</sup>はそれらを以下のようにまとめている。

#### (1) 規模の経済

医療サービスの生産について，経済学的分析を行うためには，医療サービスの生産構造と経済学の理論との整合が図られなければならない。特に，短期および長期の生産関数について，理論的かつ実証的に矛盾なく分析することが必要である。ここでは，短期および長期は物理的時間を指すものではなく，生産能力としての資本設備が一定の場合と変化する場合とについて検討するという意味である。また，生産規模について，規模の経済が存在するのかが否かを把握することも重要となる。

#### (2) ケース・ミックス

病院では，様々な診療科が，外来部門と入院部門，あるいは救急部門といった異なる部門において，医療サービスを提供している。つまり，どの生産要素をどれだけ用いて医療サービスを生産したのかによって，異なった生産性を把握することが必要である。このような医療サービスは複合生産と呼ばれ，生産性の把握が困難となる。こうした特徴を有する医療サービスの生産性を検討するには，多部門生産の概念を援用することができる。これによって，

部門ごとに生産性を検討するのではなく，病院全体での最適な部門別サービス構成を用いた生産性を検討することが可能となった。

このような問題を Newhouse<sup>8)</sup> はケース・ミックスの問題として取り上げ，生産関数の推定という視点から以下の3点を挙げて，その難しさを指摘している。

#### (a) 生産物の定義の問題

何をもって生産物とするかについては，電力のように kWh という単一の尺度で計ることができる場合と，飛行機旅行におけるエコノミークラスとファーストクラスの違いのように同じ距離を移動するにしても，異なったサービスを生産している複合生産的な場合とがある。前者の場合，生産物の測定を行うのは比較的容易である。しかし，後者の場合には，生産物の質や投入要素が異なり，単一の尺度で測ることが困難となる。一般的に，生産物の評価を行う場合，生産物の質を単一尺度で計らねばならないからである。医療サービス分野は，電力における kWh の例より，飛行機旅行における複合生産の例に似ている。なぜなら，医療サービス分野では前述のように，外来部門，入院部門，あるいは救急部門のどれを利用するかや，入院サービスにおいて個室と大部屋のどちらを利用するかといった例が考えられるからである。

#### (b) 医療サービス投入要素の同質性の問題

医療サービスを提供するには，医師や看護師などの人的資源や，CT や MRI などの物的資源が必要となる。しかし，これらの資源は，全く同じ性能を持っているとは言えない。とりわけ，医師や看護師は国家試験において，最低限の質の保証がなされてはいるものの，それぞれの専門性や経験により，得手不得手がある。それ故に，医療サービスを生産するための投入要素が同質ではないため，これを調整することが課題となる。また，臨床と同時に研究や教育を行っている大学病院のような存在は，医師や看護師が医療サービスだけではなく，教育サービスなど他の部門の生産活動にも投入されているため，問題はより一層複雑である。

#### (c) 患者の同質性の問題

病院間の効率性を比較する際には，提供する医療サービスが全く同じであったとしても，患者とその疾病に多様性があるが故に，病院の特徴によって生産される医療サービスが異なることが課題となる。例えば，急性心筋梗塞の患者がどの病院に運ばれるかは，患者の疾病構造が同質であっても，アクセスの距離や医師の診断によって偏りが起こりうる。したがって，正規分布を仮定したパラメトリックな方

法での効率性測定が困難になる。

### (3) 病院の行動モデルの選択

病院の生産構造を把握するためには、病院がどのような行動原理に基づいて行動するかを把握しておくことが重要である。経済学において、病院の最適行動分析は1960年代に取り上げられ始めた。しかし、当初の病院の行動についての考察は、経済学の伝統的な仮定である、利潤極大化原理に基づいたものである。しかし、この原理を医療サービス生産へ適用することは、その性質上必ずしも適当であるとは限らない。

そこで、この前提は後に Newhouse<sup>9)</sup> らによって、非営利企業の行動分析に基づく病院行動モデルの構築へと展開した。

### (4) 医師の役割

医療サービスの供給過程における投入要素としては、前述のように、医師、看護師などの労働力や、CTやMRIなどの資本や薬剤を挙げることができる。しかし、これらの様々な投入要素によって医療サービス生産を行っているなかで、医師だけは性質が異なっている。なぜなら、医師は、医療サービス生産の投入要素の1つであると同時に、医療サービスの内容を決定する役割を担っているからである。すなわち、医師は医療サービス生産を行う過程で、診断という行為によって、どのようなサービス生産を行うかについての意思決定を行っている。したがって、医師については、同じ物量（医師の人数）でも、採用する生産方式が異なる可能性がある。すなわち、同様の疾病を持つ患者が別の医師のもとで治療を行った場合に、異なった方法で医療サービスが行われる可能性がある。

### (5) 不確実性

医療サービスを提供するにあたっては、需要と供給の2つの側面において、不確実性が存在する。まず、需要の側面における不確実性として、個人の医療サービス需要が変動しやすいという性質がある。つまり、人はいつどのような病気を患うか、患った病気がいつ回復するのかについて、予測することが難しいため、ここに需要側面での不確実性が発生する。

また、供給の側面における不確実性は、医師をはじめとする、医療サービス生産の投入要素である人的資源の能力や知識の差によってもたらされる。たとえば、同じ疾患を患った場合でも、診察や治療にあたる人的資源の能力や知識の違いによって、提供する医療サービスが異なってくる。これが、供給側面における、医療サービス生産の不確実性の1例である。これらの需要と供給という両側面において不確実性が潜在していることを考えると、医療サービス

における生産性の分析をおこなうためには不確実性に対応する必要がある。

以上の5点が医療サービスにおけるパラメトリックな手法を用いる際の課題であるが、これらの他に日本の医療制度特有の課題として、各種統計データの公開が進んでいないという実情もある。このことから、日本の医療サービス分野において、パラメトリックな手法、つまり生産関数や費用関数を把握するパラメータの推定は、他分野におけるパラメータ推定に比べ困難であるとされてきた。

ところが、1970年代後半に、以上のような問題点を克服し、生産性の推定を可能にするノンパラメトリックな分析手法である包絡線分析法 Data Envelopment Analysis（以下 DEA と呼ぶ）が Charnes<sup>10)</sup> によって、提示された。この手法は、入力と出力の比を用いて事業体 Decision Making Unit（以下 DMU と呼ぶ）間で相対的な比率尺度を比較するものである。このことから、投入量と産出量といった大枠のデータを用いるだけで推定が可能となるため、生産関数や費用関数のパラメータ推定の際に求められる十分なデータ数を用意する必要がない。したがって、上記のような課題をもつ医療サービス分野の効率性評価に有用であると考えられる。また、DEA は近年、筒井<sup>11)</sup> による電気事業の部門別効率性分析や、宮良<sup>12)</sup> による公営バスの効率性評価などに用いられている。

ところで、この研究の最終的な目的は、冒頭で述べた「いつでも、どこでも、誰でも、平等に」という理想的な医療資源の最適配分を検討することである。線形計画法を中心とするプログラミングモデルの手法はそのための適切な解を得る可能性が大きいというのが、筆者らの基本的な立場である。本稿の目的は、医療資源の最適地域配置問題を解く線形計画モデルに必要な生産に関するパラメータの把握に適応可能な DEA に関する先行研究のレビューを行うことにある。

## 2. DEA の概要

### 2.1. 効率性概念

DEA は Farrell<sup>13)</sup> の効率性の概念に基づいている。河口<sup>14)</sup> によると Farrell の効率性概念は図1で説明される。経済学において、投入量と産出量の技術的組み合わせを示す生産関数の中で、産出量と与件とした投入要素の組み合わせが図1に示されている。（ただし、投入要素は2財である）すなわち、図1中の、曲線 SS' は一定の産出量 ( $y_1$ ) が与えられた場合の、2つの投入要素の投入量 ( $x_1, x_2$ ) の可能な最小限の組み合わせを表していることになる。この SS' を等量線と呼ぶ。

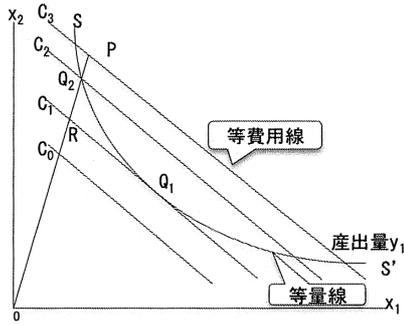


図1 生産量が与件の場合の投入要素  $x_1$  と  $x_2$  の関係  
出所:「医療の効率性」p5より筆者作成

仮に、点  $P$  において  $y_1$  だけの生産活動を行うことを想定した場合、等量線  $SS'$  上の任意の点  $Q_2$  における生産活動より、点  $P$  は2つの投入要素 ( $x_1, x_2$ ) を共に多く使用していることがわかる<sup>†4)</sup>。このことから、点  $P$  における産出は点  $Q_2$  における産出に比べ、非効率的であるといえる。Farrel は、このように同一生産量という条件のもとで、最小の投入資源の組み合わせを表す等量線からの乖離の度合いを Technical Efficiency (技術効率性) として定義し、 $OQ_2/OP$  で表されるとした。

一方、投入要素の価格および総費用額が与えられているとするならば、費用は一定の傾き(要素費用の相対価格)を持つ直線群(等費用線)で表される。(図1中では  $C_0 \sim C_3$ ) 例えば、図1の  $C_0$  は同一費用を費やす場合の投入要素  $x_1$  と投入要素  $x_2$  との組み合わせを表したものである。したがって、等費用線は原点  $O$  に近づくほど、費用は安くなり、右上方にシフトしていくほど、高くなる。このことから、 $y_1$  を生産する場合、等量線  $SS'$  と等費用線  $C_1$  とが接する点  $Q_1$  における生産活動が最も安く、最大の生産を得ることができることになる。したがって、 $Q_2$  を通る等費用線  $C_2$  においては、費用の最小化に成功しているとはいえない。そこで、 $Q_2$  における非効率性を資源配分効率性と定義して、 $OR/OQ_2$  で表される<sup>†5)</sup>。

河口は、これらの技術効率性と資源配分効率性の概念をまとめ、両者の積が経済的効率性になることを説明している。したがって、 $Q_1$  における経済的効率性が1となることから、生産量  $y_1$  において、点

$Q_1$  が最も経済的効率性であるといえる。

しかし、この経済的効率性の概念を医療サービス分野に全て用いることは困難である。なぜなら、技術効率性は投入要素や産出量によって推計が可能であるのに対し、価格が必要となる資源配分効率性は、市場原理が働きにくい(完全競争が成立しにくい)分野では、価格が社会的価値と乖離するので、推計が困難な場合が多いからである<sup>14)</sup>。医療の場合はこのような完全競争が成りたっていない。そこで、Charnes らは、上述の Farrel の効率性概念の1つである技術効率性に基づき、社会的価値と取引価格が一致しない非営利機関が提供するサービス市場の効率性評価の手法として DEA を提示した。

刀根<sup>15)</sup>によると、DEA とは、比率尺度によって DMU の効率性を相対比較することであるとされている。具体的には、出力と入力比率を DMU 間で相対的に比べることにより、どの DMU が効率的なのかを計測するということを意味している。

2.2.1 入力1出力モデル

ここでは、DEA の概念を理解するために、以下の簡素化された刀根<sup>16)</sup>による例を用いて説明する。すなわち、投入要素の種類が1つ、産出物の種類が1つの例を考えてみたい。ここでは、表1のように、投入要素としては医師を、産出物として、外来患者数を想定した A~L の医療機関を考えてみる。これを2次元平面上に表したのが図2である。

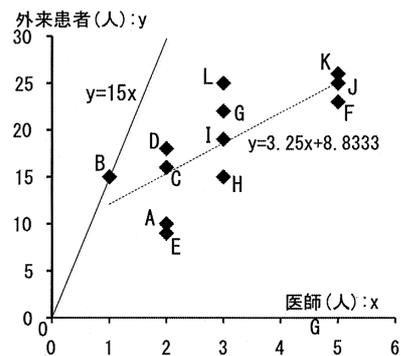


図2 1入力1出力  
出所:「経営効率性の測定と改善」より一部データを用いて筆者作成

表1 1入力1出力モデル

病院	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
医師数(人):x	2	1	2	2	2	5	3	3	3	5	5	3
外来患者数(人):y	10	15	16	18	9	23	22	15	19	25	26	25

出所:「経営効率性の測定と改善」より一部データを用いて筆者作成

ここで、図2に記された2つの直線を見ても、点線で示される  $y=3.25x+8.8333$  の直線が、前述のパラメトリックな手法である回帰分析によって求められた推定式である。この場合、点線より上方に位置する点での生産が効率的とされ、逆に、点線より下方に位置する点での生産は非効率的とみなされる。

一方、点線に対して、プロットされた点を全て包むように引かれた  $y=15x$  の実線が<sup>†6)</sup>、DEAで用いられる包絡線である。最も効率的なこの実線と各点との乖離を参考に、効率性評価を行うのが包絡線分析法である。

### 2.3. 2入力1出力モデル

前節では、医療機関における投入要素としての医師数と、産出物としての診療報酬という2つの変数を用いてDEAの簡単なモデルを考えた。本節では少しでも一般的なモデルに近づくため、新たな投入要素の指標として、看護師数を加えた3つの変数を用いる刀根の数値データをもとに作成した表2に基づき、DEAについて述べたい。

前節においては、変数は2つであったため、2次元で図示することが容易であった。しかし、ここでは3つの変数を用いた例を提示するため、3次元の図示は複雑である。そこで、表2の数値データを、表3のように診療報酬1億円あたりの看護師数( $x_1/y$ )と診療報酬1億円あたりの医師数( $x_2/y$ )に変換すると2変数になり、図3のように平面上に図示することができる。

表2 2入力1出力モデル

病院	A	B	C	D	E
看護師数(人) : $x_1$	8	35	48	12	2
医師数(人) : $x_2$	6	15	6	6	4
診療報酬(億円) : $y$	2	5	6	3	1

出所：「経営効率性の測定と改善」より一部データを用いて筆者作成

表3 標準化された2入力1出力モデル

病院	A	B	C	D	E
看護師数(人) : $x_1/y$	4	7	8	4	2
医師数(人) : $x_2/y$	3	3	1	2	4
診療報酬(億円) : $y$	1	1	1	1	1

出所：「経営効率性の測定と改善」より一部データを用いて筆者作成

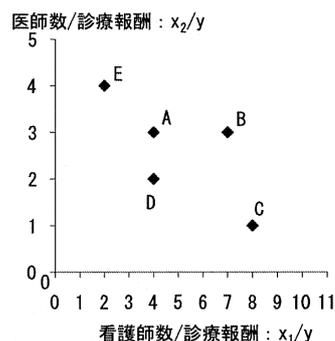


図3 2入力1出力の平面上プロット  
出所：「経営効率性の測定と改善」より筆者作成

#### 2.3.1. 効率的フロンティアの推定

図3で図示された各点のうちまず、点Cと点Eに注目する。Cは医師の投入量が最小という意味で、効率的な点であると言える。同じく、Eは看護師の投入量が最小と言う意味で効率的な点であると言える。次に、点Cと点Eとを結び暫定的な効率的フロンティアECを生成する。すると、図4のようになる。しかし、この状態では点Dの生産可能領域が効率的フロンティアECに比べ、より効率的である原点方向に近い位置に存在するため、暫定的な効率的フロンティアECは最も効率的な点Dを包絡しているとはいえない。そこで、暫定的な効率的フロンティアECを変化させ、点Dを通る線EDCへと変化させる。さらに、原点方向にDMUを表す点が存在する場合、以下同様な作業を繰り返し、暫定的な効率的フロンティアより更に効率的な生産可能領域が存在しなくなった時点で最終的な効率的フロンティアが推定できる。ここでは点D以外に効率的な生産可能領域は存在しないので、最終的に、EDCが効率的なフロンティアとして得られる(図5を参照)

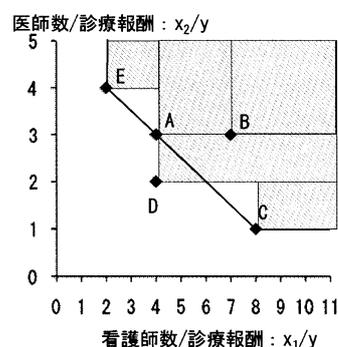


図4 効率的フロンティア作成の第1段階  
出所：「経営効率性の測定と改善」より一部データを用いて筆者作成

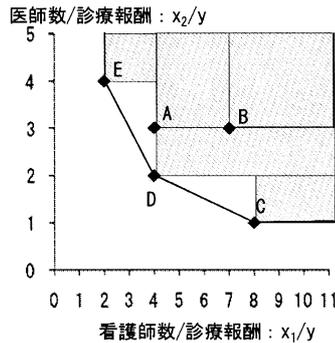


図5 効率的フロンティアの完成  
出所:「経営効率性の測定と改善」より一部データを用いて筆者作成

2.3.2. 固定ウエイトと可変ウエイト

ところで、2つ以上の生産要素を用いた生産活動について検討する際には、生産要素をどのような比重で利用するかという、ウエイトの決定が必要となる。ここでいうウエイトとは、図3において原点から個々の点(AからE)とを結んだ線分の傾きで表されている。例えば、Aにおけるウエイトは、半直線OAの傾きによって表される。

一般的にウエイトには固定ウエイトと可変ウエイトの2種類がある。固定ウエイトとは、複数のDMU(A~E)を分析するにあたり、単一のウエイトで効率性を評価する方法である。一方、可変ウエイトとは、DMUごとに異なるウエイトが存在することを認めた考え方である。図5で示された効率的フロンティアEDCは明らかに原点から各点への傾きが異なっていることを考慮すると、後者の可変ウエイトの考え方が適用されている。

2.3.3. 線形計画による効率的フロンティアの求め方

この可変的フロンティアの概念に基づき、表3の病院群の効率性評価を線形計画によるDEAの手法を用いると次のように表すことができる。

・A病院に最も有利なウエイトでA病院の効率性評価を以下のように表すことができる。

<A> 目的関数  $\max \theta = u$

$$\text{制約式} \begin{cases} 4v_1 + 3v_2 = 1 \\ u \leq 4v_1 + 3v_2 \cdots (A) \\ u \leq 7v_1 + 3v_2 \cdots (B) \\ u \leq 8v_1 + v_2 \cdots (C) \\ u \leq 4v_1 + 2v_2 \cdots (D) \\ u \leq 2v_1 + 4v_2 \cdots (E) \\ v_1 \geq 0, v_2 \geq 0, u \geq 0 \end{cases}$$

ただし、uは生産量(診療報酬)のウエイトであるが、この場合は1財の産出量なので、 $0 \leq u \leq 1$ で

ある。また、 $v_1, v_2$ はそれぞれ看護師( $x_1$ )と医師数( $x_2$ )の可変ウエイトである。このモデルの意味するところは、A病院の生産方式を表す $4v_1 + 3v_2$ のもとで、AからEまでの各病院が投入量で規定される生産能力以内で、生産量のウエイトuを最大にする問題を解くことである。

これを解くと、 $v_1 = 0.1429, v_2 = 0.1429, u = 0.8571, \theta = 0.8571$ となる。 $\theta$ は先述の技術効率性を意味する数値であり、その性質から、 $\theta \leq 1$ である。・B病院に最も有利なウエイトで、B病院の効率性評価を行うには、A病院と同様に以下の線形計画を用いる。

<B> 目的関数  $\max \theta = u$

$$\text{制約式} \begin{cases} 7v_1 + 3v_2 = 1 \\ u \leq 4v_1 + 3v_2 \cdots (A) \\ u \leq 7v_1 + 3v_2 \cdots (B) \\ u \leq 8v_1 + v_2 \cdots (C) \\ u \leq 4v_1 + 2v_2 \cdots (D) \\ u \leq 2v_1 + 4v_2 \cdots (E) \\ v_1 \geq 0, v_2 \geq 0, u \geq 0 \end{cases}$$

これを解くと、 $v_1 = 0.0526, v_2 = 0.2105, u = 0.6316, \theta = 0.6316$ となる。

以下同様に、C病院からE病院までの各病院についても線形計画を解くことにより、表4の結果を得ることができる。その結果、CからEの3病院は目的関数uが最大値の1を示しているという意味で、効率的であることが分かる。これが図5に示された効率的フロンティアEDCである<sup>†7)</sup>。

表4 2入力1出力のDEAによる計算結果

病院	$x_1$	$x_2$	y	D 効率値	$v_1$	$v_2$	u
A	4	3	1	0.8571	0.1429	0.1429	0.8571
B	7	3	1	0.6316	0.0526	0.2105	0.6316
C	8	1	1	1	0.0833	0.3333	1
D	4	2	1	1	0.1250	0.2500	1
E	2	4	1	1	0.1667	0.1667	1

出所:「経営効率性の測定と改善」より一部データを用いて筆者作成

なお、DEAでは、推定された効率的フロンティアを用いて、効率性を達成していないA病院とB病院の生産形態について改善策を提示することが可能である。例えば、A病院の改善策としては、図6上の3方向の矢印が指し示すように、診療報酬1億円あたりの医師数を減らすか、診療報酬1億円あたり

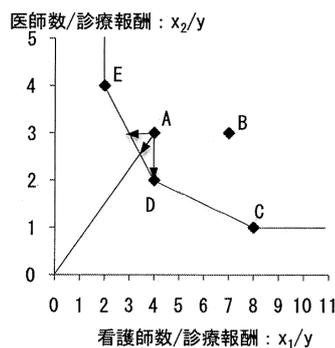


図6 A病院の経営改善策  
出所：「経営効率性の測定と改善」より一部データを用いて筆者作成

の看護師数を減らすか、あるいは両方を減らすことが挙げられる。この3方向の矢印に代表されるような方法でA病院はフロンティア上に移動し、効率的となりえるのである<sup>(8)</sup>。

2.4. CCRモデル(一般化されたモデル)

前節で示した、効率性評価の線形計画問題を、刀根<sup>(17)</sup>に基づき、より一般的な形に変形したものが以下である。ただし、 $y_{io}$  ( $i=1,2,\dots,s$ )は基準となるo病院のi番目の生産量を示し、 $u_i$  ( $i=1,2,\dots,s$ )はその可変ウエイトを示す。一方  $x_{ko}$  ( $k=1,2,\dots,m$ )は基準となるo病院のk番目の生産要素量を示し、 $v_k$  ( $k=1,2,\dots,m$ )はその可変ウエイトを示す。

制約式  $u_1x_{1j} + \dots + u_s y_{sj} - v_1x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}$  は投入要素で決定される生産能力以内で生産しなければならないことを意味している。ただし、この制約式は、病院数(n)本存在することになる。ここでいうCCRとは、このモデルを開発した Charnes, Cooper, Rhodes の頭文字をとったものである。

<CCR<sub>o</sub>> 目的関数  $\max \theta = u_1 y_{1o} + \dots + u_s y_{so}$

$$\text{制約式} \begin{cases} v_1 x_{1o} + \dots + v_m x_{mo} = 1 \\ u_1 x_{1j} + \dots + u_s y_{sj} \leq v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj} \quad (j = 1, \dots, n) \\ v_1, v_2, \dots \geq 0 \\ u_1, u_2, \dots \geq 0 \end{cases}$$

3. DEAを用いた先行研究

Hollingsworth<sup>(18)</sup>によると、1983年から2003年までの間で、Health care serviceの生産性の測定や分析を行った論文が188あるとされ、その中でもDEAを単独で用いた分析は50%であると説明されている。日本で、医療サービス分野においてDEAを用いた分析は、南<sup>(19)</sup>による自治体病院の人的資源についての効率性評価や、その他には、小川、久保<sup>(20)</sup>による2次医療圏の技術的効率性の分析、さらには、河口<sup>(21)</sup>による国立病院の効率性分析、青木、漆<sup>(22)</sup>に

よる公私病院の技術的効率性についての分析、あるいは、木下、開原<sup>(23)</sup>による経営の移譲が病院経営に与えた影響についての分析などがある。

ところで、DEAによる分析を行うためには、どれだけのデータ数を必要とするかについて慎重に吟味しなければならない。経済学における伝統的なパラメトリックな分析手法の1つであるtranslog型関数を用いた分析の場合、Newhouseは投入要素をm個、産出要素をs個とすると、サンプル数nは  $(m+s)(ms+1)/2$ 個以上必要であるとしている<sup>(24)</sup>。一方、DEAの手法について、刀根は、投入と産出との組み合わせが  $m \times s$ 通りあるため、サンプル数としてのDMUの数はこれより多くとるべきであると指摘し、さらに、経験則からは、 $n \geq 3(m+s)$ という基準があると述べている<sup>(25)</sup>。このことから、確かにDEAはtranslog型関数を用いた分析より少ないサンプル数でよいというメリットがある<sup>(9)</sup>。しかしながら、先述のように、日本の医療サービス分野において、サンプル数となる病院の数が少ないという事情を考慮すると、DEAの手法を用いる場合でさえ、投入と産出の内容および、その数を精査しなければならないというデータ制約があることは事実である。

ちなみに、これらのデータ制約から、先述の南は、投入変数として、医師、看(准)護婦(士)<sup>(10)</sup>、OTやPTなどの医療技術員、事務員の4変数、産出変数として、外来保険点数と入院保険点数の2変数、合計6変数を17の病院データを用いて推定している。

青木、漆は投入変数として、病床数、事務職員、医師、看護婦<sup>(10)</sup>、准看護婦<sup>(10)</sup>、その他職員、投薬・注射の7変数、産出変数として、1日あたり平均入院患者数および外来患者数の2変数、合計9変数を88の病院データを用いて推定している。

小川、久保は、投入変数として、2次医療圏内の医師総数、看護師総数、准看護師総数、事務職員総数、療養病床等数、一般病床等数の6変数、産出変数は青木、漆を参考に、2次医療圏の技術的効率性を測定するという目的から、療養病床も含めたデータを用い、一般病床、療養病床の1日あたり入院患者数、および外来患者数の3変数、合計9変数を363の2次医療圏データを用いて推定している。

河口は、投入変数として、医師数、看護師<sup>(10)</sup>数の2変数、産出変数として、入院患者数と外来患者数の2変数、合計4変数を65の病院データを用いて推定している。

木下、開原は、投入変数として、病床数、総職員数、医師数、看護師数の4変数を、産出変数として、診療科数、1日当りの入院患者数、1日当りの外来患者数、1日当りの総収益の4変数、合計8変数を

用い、23の病院における、2時点の合計46データを用いて推定している。

以上のように、投入要素と生産物の選択はデータの内容によって、様々な組み合わせを考えることができる。しかし、現実には必要なデータが開示されている病院数は限られており、分析も当面はそれらの病院を中心に行わなければならないことも事実である。いずれにしても、本研究の今後の課題は、医療資源の最適地域配置問題を検討する理論的なLPモデルを構築した上で、DEAによって現実に推定

できるパラメータ群の組み合わせを導きだし、実証分析を行うことである。

本稿執筆にあたり、ご指導、有益な助言を賜りました、川崎医療福祉大学教授 斎藤観之助先生をはじめ、広域モデル研究会のメンバー及び、政策研究大学院大学客員教授 刀根薫先生、電力中央研究所筒井美樹氏、日本経済研究所 吉田秀一氏、国際医療福祉大学大学院木下善皓氏に深く感謝致します。尚、残存するであろう誤解や誤りは、もちろん筆者の責任である。

## 注

- †1) 自由標榜の保証は医療法施行令第3条の2において規定されている。
- †2) 奈良県地域医療連携課では、県内の医療機関から患者に関するデータを集め、病院や医師の数とドッキングした上で、医師の配置を検討するという分析を試みている。
- †3) ここでいうパラメトリックな手法とは、母集団が正規分布することを仮定した上で、十分なデータ数から多重回帰分析や分散分析によってパラメータを推定する手法である。
- †4) 点Pは等量線SS'よりも内側にあるので、 $y_1$ を生産することが可能である。
- †5) Farrelはこのことを、Price Efficiencyとよんでいる。
- †6) 全ての点の中で、原点からの傾きが最もきついもの(効率的である)という意味である。
- †7) DEA分析では、CからEまでの病院を、DEA分析において効率的であるという意味からD効率的とよぶ。
- †8) 図6上の3方向の矢印は、改善の例を挙げたものであり、これ以外にも効率的フロンティア上に移動するA病院の改善策は無数に存在する。
- †9) translog型関数よりDEAが少ないサンプル数で分析が可能であることは、 $\frac{(m+s)(m+s+1)}{2} \geq m \times s$ を証明すればよい。  
すなわち、上式を変形して、  

$$(m+s)(m+s+1) \geq 2ms$$

$$m^2 + s^2 + 2ms + m + s \geq 2ms$$

$$m^2 + s^2 + m + s \geq 0$$
となる。
- †10) 看護師の表現法は各論文の原文を用いた。

## 文 献

- 1) NHK:医療再建 医師の偏在 どう解決するか。総合テレビ, 2008年12月21日放送。
- 2) 斎藤観之助: 地域経済の長期分析 第II編: 地域配分モデルの体系とパラメータの推定。電力中央研究所報告, 1981。
- 3) 大山達雄: 高度医療機器配置に関する地域間格差分析と最適配置モデル分析。オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, 44(7), 361-364, 1999。
- 4) 谷川琢海, 小笠原克彦, 大場久照, 櫻井恒太郎: ミニ・サム型施設配置モデルを用いた救急医療機関の最適配置の分析。病院管理, 43(3), 249-259, 2006。
- 5) 梅里良正, 久保喜子, 本田由幸, 細井啓子, 寺崎仁, 大道久, 三宅史郎: 病院経営管理を目的とした疾患別診療行為区分別医療費分析。病院管理, 30(4), 339-346, 1993。
- 6) Cowing TG Holtman AG and Powers S: Hospital Cost Analysis: A Survey and Evaluation of Recent Studies. *Advances in Health Economics and Health Service Research*, 4, 257-303, 1983。
- 7) 斎藤観之助: 病院費用構造の計量経済学的分析: 準備的考察。川崎医療福祉学会誌, 8(1), 21-30, 1998。
- 8) Newhouse JP: Frontier estimation: How useful a tool for health economics?. *Journal of Health Economics*,

- 13, 317-322, 1994.
- 9) Newhouse JP: Toward a Theory of Nonprofit Institutions: An Economic Model of a Hospital. *American Economic Review*, **60**, 64-74, 1970.
- 10) Charnes A, Cooper WW and Rhodes E: Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, **2**(6), 429-444, 1978.
- 11) 筒井美樹: マルムキスト指標を用いた日米電気事業の部門別効率性比較. 電力中央研究所報告, 2000.
- 12) 宮良いずみ, 福重元嗣: 公営バス事業の効率性評価. 会計検査研究, **26**, 25-43, 2002.
- 13) Farrel MJ: The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society Series A(General)*, **120**(3), 253-290, 1957.
- 14) 河口洋行: 医療の効率性測定. 第1版, 勁草書房, 東京, 5, 2008.
- 15) 刀根薫: 経営効率性の測定と改善. 日科技連出版社, 東京, 1, 1993.
- 16) 刀根薫: 経営効率性の測定と改善. 日科技連出版社, 東京, 2, 1993.
- 17) 刀根薫: 経営効率性の測定と改善. 日科技連出版社, 東京, 17, 1993.
- 18) Hollingworth B: Non-parametric and Parametric Applications Measuring Efficiency in Health Care. *Health Care Management Science*, **6**, 203-218, 2003.
- 19) 南商堯, 郡司篤晃: 医療機関における効率性評価に関する研究. 病院管理, **31**(1), 33-40, 1994.
- 20) 小川光, 久保力三: 2次医療圏の技術的効率性. 医療と社会, **15**(2), 39-50, 2005.
- 21) 河口洋行: 「経営・運営の変化が医療及び医療機関に与える影響に関する研究」報告書第五章, 労働科学研究, 134-151, 2006.
- 22) 青木研, 漆博雄: Data Envelopment Analysisと公私病院の技術的効率性. 上智経済論集, **39**(1,2), 56-73, 1994.
- 23) 木下善皓, 開原成允: 経営の移譲が病院の運営効率に与えた影響. 病院管理, **45**(3), 195-204, 2008.
- 24) Newhouse JP: Frontier estimation: How useful a tool for health economics?. *Journal of Health Economics*, **13**, 317-322, 1994.
- 25) 刀根薫: 経営効率性の測定と改善. 日科技連出版社, 東京, 119, 1993.

(平成21年5月15日受理)

## Review of Efficiency Analysis of Productivity in Health Care Services

Yasufumi KITA, Masami SHIMIZU, Mayumi ARATANI, Kei SAKAMOTO,  
Tomoko HIRATA and Mayuko UEDA

(Accepted May 15, 2009)

Key words : DEA, production efficiency, care services, LP

### Abstract

In today's medical services health care resources are sometimes unevenly distributed between regional areas or between medical departments. It is, therefore, important to examine concrete and proportionately optimal regional allocation problems in health care resources. The ultimate purpose of this research is to construct a linear programming model that can be used to examine optimal regional allocation problems. In order to build the linear programming model, it is necessary to estimate many parameters related to health care services. However, it has become difficult to estimate these parameters with statistical techniques due to the following factors: (1) scale effects, (2) the case mix dimension, (3) alternative models of hospital behavior, (4) the role of the physician and (5) the effects of uncertainty.

Case mix modeling has three inherent difficulties: the definition of the products, the homogeneity of the inputs and the patients' homogeneity. These issues make the estimation of productivity in economic analysis very problematic. However, Charnes et. al created the technique of DEA (Data Envelopment Analysis) as a solution to these problems. This technique measures efficiency by the most advantageous variable weight for each DMU (Decision Making Unit).

This paper aims to show it is possible to use estimation of productivity effectively in linear programming. Thus, in this paper, the author reviews DEA which estimates productivity as a preparation to solving the optimal regional allocation problems medical service face in the coming years.

Correspondence to : Yasufumi KITA

Master's Program in Health and Welfare Services Management  
Graduate School of Health and Welfare  
Kawasaki University of Medical Welfare  
Kurashiki, 701-0193, Japan  
E-Mail: [kitakunn@nifty.com](mailto:kitakunn@nifty.com)  
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.19, No.1, 2009 25-34)