

包絡分析法(DEA)の 病院における労働生産効率の評価への適用

南 商堯, 石川 光一

1. はじめに

人口の高齢化の進展, 疾病構造の変化, 医学技術の進歩に伴い, 最近医療を取り巻く環境には大きな変化がみられている。1992年には医療法改正が行なわれ, 良質な医療を効率的に提供する医療供給体制の確保を目的に新しい医療システムを作り上げようとしている。

医療体系の中で中心的な役割を果たしているのは病院であり, 効率的な医療システムの確立とともに各々の病院の運営効率性の向上は, 限られた医療資源の効率的な活用のための必須条件である。

病院が消費する資源には資本, 原材料, 労働などが挙げられるが, もともと病院は労働集約的産業であり[1], 労働生産性の向上は運営効率向上の最も大事な課題の1つである。

効率向上のためにはまず効率性を評価し, それをもとに目標を立て, 実際の運営に反映するという一連の過程をくり返さなければならない。

ところで病院は機能別, 部門別に専門化され, そこに従事する人的資源が多様であり, それぞれの病院の状況も異なるのでこれらのいくつかの側面を多次元でみると同時にそれぞれの病院の特性を生かした相対評価をする必要がある。

包絡分析法(DEA)は多様な人的資源の部門別生産効率を同時に考慮し, 総合的評価を行なうことができるだけでなく, 最も効率的である最優秀機関を規準に職種別, 部門別に, 効率向上のための目標値を提示してくれるので病院の労働生産効率の評価および効率向上の計画を立てるのに有用な方法として使われると考えられる。

DEAは意思決定単位(Decision Making Unit;

DMU)の相対効率性を測定する方法としてCharnes, Cooper, Rhodesにより提案され[2], 非営利機関の効率性の測定に有用な方法として使われてきた。最近では営利企業の運営成果の評価にも使われるようになり, 目的によってさまざまなモデルが開発されつつある[3]。

本研究はDEAモデルが病院における労働生産効率性評価へ適用可能であるか否かを検討したものである。

2. DEAモデルの概要

2.1 DEAモデル

DEAで効率とは入力変数の加重和に対する産出変数の加重和の比率で定義される。つまり, 複数個の投入と産出にそれぞれウェイトをかけて和を作り, 産出/投入という比率で効率性をみようとするものである。

DEAモデルは次の式で表示される。

$$\text{目的関数 } \text{Max } z_{j_0} = \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj_0}$$

$$\text{制 約 } \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 1 \quad (j = 1, 2, \dots, m)$$

$$u_r, v_i > 0 \quad (r = 1, 2, \dots, s, i = 1, 2, \dots, m)$$

X_{ij} : j 番目DMUにより使用される i 番目投入の量

Y_{rj} : j 番目DMUにより生産された r 番目産出の量

u_r, v_i : 特定DMUに対する各々の投入と産出へ配分するための値として実質乗数(virtual multiplier)と呼ばれる

z_{j_0} : 特定DMU z_{j_0} に対する効率測定値

(目的関数の解が1の場合は効率的であり, 1より小さいほど効率が劣ることになる)

[双対モデル]

$$\text{目的関数 } \text{Min. } \theta - \epsilon \left[\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right]$$

なむ さんよう, いしかわ こういち

東京大学 医学部

〒113 文京区本郷7-3-1

$$\begin{aligned} \text{制 約 } \theta X_{j_0} - \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j - s_i^- &= 0 & (i = 1, 2, \dots, m) \\ \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ &= Y_{rj_0} & (r = 1, 2, \dots, s) \\ \lambda_j, s_i^-, s_r^+ &\geq 0 & (j = 1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

θ : 効率値, 投入変数の値を制約式が許容する最小値に減少させる.

s_i^-, s_r^+ : Slack変数, 非効率のDMUの投入・産出の過多過少を表わす.

λ_j : 双対変数, 効率値の評価に影響を与えると同時に投入・産出の調節量が計算できる乗数

以上のモデル (CCRI) は生産可能集合のなかで当該の活動の出力を最小限保証したうえで, 入力値を最小にする活動を求めることである. それに対して現在の入力を前提として期待できる最大の出力を生産可能集合の中で求めるモデル (CCRO) も考えられる. それは次のLPにより定式化される.

目的関数 $\text{Max } \eta$

$$\begin{aligned} \text{制 約 式 } \quad \eta x_0 - X\mu &\leq 0 \\ \eta y_0 - Y\mu &\leq 0 \\ \mu &\geq 0 \end{aligned}$$

(CCROモデルでの効率値はCCRIモデルによる効率値の逆数であり, 目的関数の解は1より大きいほど効率性は劣ることになる)

※DEAモデルに対する詳しい内容は[3], [4]を参照

3. DEA分析の方法

DEAは同一種類の経営主体に属する機関で, 同一条件にある類似機関を比較評価するための方法である.

本研究では現実に存在する病院のデータにもとづき, 次の過程で一部変更した仮想データを作成した. これらのデータは現実の病院のデータを一部変更してあるが現実の病院の特性は保持しており, 本方法の妥当性の検討に最も適したデータと考えられる.

まず, これらの病院の地域特性, 診療内容, 病院の規模などを考慮した20変数を用い主成分分析を行なった. そして, 主成分分析の結果得られた6つの成分でクラスター分析を行ない3つのクラスターの中で第1クラスターと第2クラスター2つのクラスターを合わせた22病院を最終分析対象とした. これらの病院を仮にA~V病院と名づける. クラスター分析は反復最適化法による分割型的手法として k -means法を用いた. 最終分析対象になった22病院は地域人口数が多い地域

表1 D効率値および優位集合

病 院	CCRI効率	CCRO効率	優 位 集 合
E	1.0000	1.000	E
G	1.0000	1.000	G
M	1.0000	1.000	M
N	1.0000	1.000	N
R	1.0000	1.000	R
V	1.0000	1.000	V
K	0.9765	1.024	E (.54632) M (.33213)
F	0.8457	1.182	E (.66689) M (.62258)
A	0.7750	1.290	E (.23148) M (.92499)
B	0.7603	1.315	E (.49103) M (.87806)
J	0.9618	1.040	E (.53958) G (.13549)
C	0.7887	1.268	E (.2726) G (.848)
D	0.9488	1.054	E (.01839) N (.06712) R (.87017)
I	0.8553	1.169	E (.29793) N (.62763) R (.12972)
O	0.8646	1.157	E (.20241) M (.23054) N (.43807) R (.26306)
P	0.7713	1.297	E (.00707) M (.32737) N (.50214) R (.06737)
U	0.8925	1.120	M (.19507) N (.69161) R (.25574)
T	0.8147	1.227	M (.36483) N (.45995) R (.18513)
L	0.8454	1.183	E (.41702) M (.4455) R (.10118)
Q	0.7937	1.260	M (.53542) N (.13927) R (.40849) V (.02488)
S	0.8586	1.165	M (.02629) N (.96354)
H	0.7586	1.318	M (1.64948)

にあり、比較的病院の規模が大きい病院である。

DEAモデルは主に入力（医師職、看護職、医療技術職、事務職）の調節を対象としたCCRIモデルと出力（診療収入）の調節を対象としたCCROモデルを用い、病院の人的資源の医業収入に対する生産効率を測ってみた。最後には階層的分析を行ない効率改善のための段階的な目標を確認してみた。

病院の人的資源の効率（労働生産性）を評価するための投入変数としては全職員を医師職、看護婦職、医療技術職、事務職に分類しその職種別人員数を、産出変数としては基本診療料、投薬料、注射料、処置・手術・麻酔料、検査料、レントゲン診断料、その他の緒収入を含めた入院医療費と外来医業費をとらえた。

地域特性の調整のためのデータは平成2年度の地域医療基礎統計（財団法人厚生統計協会）を参考にし、作成した。

4. DEA評価の結果

4.1 全体病院の効率性評価

22病院のCCRI, CCROモデルによる評価結果は表1のとおりである。まず、対象病院は相対的に効率的である効率フロンティア集団と相対的に効率が低い非効率集団に分けられた。効率値が1である6つの効率フロンティア病院は対象病院の中で与えられた人的資源で医業収益を確保することにおいて最も生産性が高い病院であり、他の病院の生産効率評価の規準になる。残りの16の病院は同じ医業収益を上げるのに効率病院に比べ多くの人的資源を必要とするかあるいは同じ人的資源で効率病院より少ない医業収益を上げている、相対的に効率が劣る病院である。これらの非効率病院の効率値はCCRIモデルによる評価では0.7603から0.9786までで、その逆数をとるCCROモデルの場合は1.315から1.024までであった（表1）。

ところで、DEA効率値による順位はそのまま全体の効率性の順位を表わすものではない。なぜならば各々の病院の効率性を評価する規準になる優位集合が異なるからである。効率値による順位が意味をもつならば同じ優位集合により評価された病院同士の間だけに限定される。

非効率的であると評価された病院を優位集合によって整理してみると9つの異なる優位集合によって効率が評価されたことがわかる。評価の規準になった優位集合別にはE, M病院が4病院の規準になって最も多い病院の優位集合であった（表1）。

表2 優位集合出現回数

効率的病院	優位集合出現回数	相対頻度 (%)
M	12	28.6
E	11	26.2
N	8	19.0
R	8	19.0
G	2	4.8
V	1	2.4

病院個別にはM病院が他の病院の効率評価に12回も現われ非効率の程度を評価するのに最も多く規準になった病院であった（表2）。しかし、これはM病院が最も効率的であるということではなく投入・産出の構成比率が多く他の病院と最も似通いながら効率的に運営されているということである。そのほかの効率フロンティア病院の参照回数は表2のとおりである。

E, M病院が優位集合になった4病院の効率値は表1のとおりである。この中で最も低い効率値をみせているのはB病院で0.7603（1.315）であった。

この4病院はE, M病院に比べ同じ産出を得るのにより多くの投入を与えているか、あるいは同じ投入でより少ない産出を得ている病院であるということになる。

4.2 効率改善のための参考値

DEAで非効率的であると評価された病院の場合は優位集合の双対変数によって効率向上のための参考値を計算することができる。つまり、優位集合のそれぞれの変数に双対変数を加重値としてかけ合わせると効率向上のための目標値になる。この目標値と当該病院の実測値との差引を求めると過剰投入・過剰産出に関する情報を得ることができる。

たとえばE, M病院が優位集合になった4病院の中でK病院の過剰投入の調節に比重をおいたCCRIモデルによる分析では現投入水準に比べて医師職には36.8%、看護職には2.3%、医療技術職には16.4%、事務職には22.3%の節減可能要因があるという結果になった（表3）。過剰産出の方に比重をおいたCCROモデルの場合は外来・入院部門でそれぞれ2.4%の増加可能要因があった。

これはK病院がE, M病院のように効率を高めるためには上記した過剰投入を減らすかもしくは過剰産出を増加させなければならないことを意味する。

また優位集合のE, M病院は全く同じ比重をもってK病院の効率を評価するのではなくK病院とより似通っ

表3 E, M病院を優位集合とする
非効率病院の効率改善のための参考値

病 院	CCRIモデル(効率値) 差(-:余剰, +:不足)	CCROモデル(効率値) 差(-:余剰, +:不足)
K	(0.9765)	(1.024)
医 師	(-36.8%)	(-35.3%)
看 護 婦	(- 2.3%)	(0.0%)
医療技術	(-16.4%)	(-14.4%)
事 務 員	(-22.3%)	(-20.5%)
外 来	(0.0%)	(2.4%)
入 院	(0.0%)	(2.4%)
F	(0.8457)	(1.182)
医 師	(-21.6%)	(- 7.2%)
看 護 婦	(-15.4%)	(0.0%)
医療技術	(-22.8%)	(- 8.7%)
事 務 員	(-30.0%)	(-17.2%)
外 来	(0.0%)	(18.2%)
入 院	(0.0%)	(18.2%)
A	(0.7750)	(1.290)
医 師	(-32.1%)	(-12.4%)
看 護 婦	(-22.5%)	(0.0%)
医療技術	(-27.1%)	(- 6.0%)
事 務 員	(-30.7%)	(-10.6%)
外 来	(0.0%)	(29.0%)
入 院	(0.0%)	(29.0%)
B	(0.7603)	(1.315)
医 師	(-25.6%)	(- 2.1%)
看 護 婦	(-24.0%)	(0.0%)
医療技術	(-28.6%)	(- 6.0%)
事 務 員	(-31.2%)	(- 9.5%)
外 来	(0.0%)	(31.5%)
入 院	(0.0%)	(31.5%)

※ %は (目標値-実測値)÷実測値×100

た投入・産出要素をもつ病院の方が大きい比重を示すことになる。表1ではDEAの双対変数によって計算された比重値が表われているが高い数値の方が効率性分析と目標値の計算により大きな影響を与えていることになる。K病院の場合はM病院よりE病院の方が効率評価および目標値の計算により大きな比重を占めている。

そのほかのF, A, B病院のCCRI, CCROモデルによる効率改善のための参考値を合わせて分析してみると全体的に医師の方に非効率の要因が大きいという結果になった(表3)。CCROモデルによる産出増加要因が最も大きい病院はB病院で効率向上のためには現在の産出水準の31.3%を増加させなければならないという結果になった(表

3)。

4.3 階層的方法による効率性の分類

非効率的と判定された病院を効率化するためには優位集合に属している病院を直接目標にするのではなく、自分より上位にある病院を当面の目標にする方法がある([5], [6]参照)。それはいわば効率的フロンティアを1面ずつはがしてゆき、結果として全病院を階層化する方法である。22病院をこの方法で階層化すれば図1のようになる。すなわち、22病院は3階層からなり、一番下位にある病院は2番目の階層の病院を当面の目標にすることを示唆している。同じような階層化は個別病院に着目して優位集合を次々にはがしてゆくことによっても試みることができる。たとえばA病院の場合、現在は最も効率劣る下位グループに属しているのでも中位グループの病院を当面の効率向上の目標にすることである(図1)。

5. おわりに

22病院に対するDEA分析の結果、対象病院の間の相対効率の評価が可能であり、非効率的であると評価された病院に対し効率向上のための投入産出の調節量に対する具体的な数値を得ることができた。DEA分析の結果は病院の労働生産効率を向上するための評価、計画、実行過程に有用な情報として役に立つと考えられる。

本研究ではできるだけ現在の産出水準を維持しながら投入を減らすというCCRIモデルと現在保有している資源で産出水準を極大化しようとするCCROモデルを用いたがCCRIモデルとCCROモデルはそれ

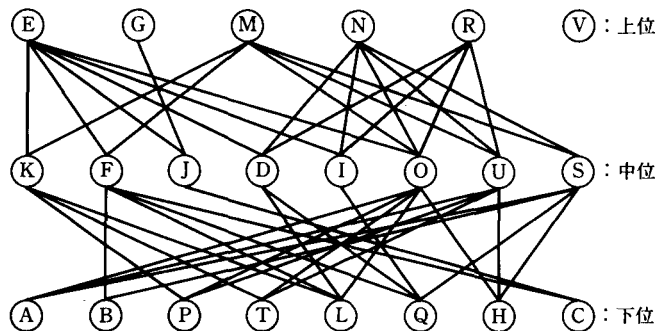


図1 効率的フロンティアによる階層化

ぞれの特性によって政策決定者にし、その事業体の状況や方針に合う情報を提供することができると思われる。

DEA評価は投入・産出の組合せによりその結果が異なってくるので何を投入変数に何を産出変数にするかは重要な問題である。病院の効率性を評価するためにはさまざまな変数が考えられるが[7]、DEAの結果がより現実的な意味があるものになるためには適切な投入・産出変数の確定が必要である。

病院での効率性の評価は質も考慮しなければならない医療の特性上さまざまな困難があるが医療費上昇に伴い医療においても経済性を考慮せざるを得ない[8]のが現在の推移である。米国では事前支払い方式(Prospective Payment System)が施行され、DRG (Diagnosis Related Groups)により病名別重症度別に一定の金額が前払いになって病院はどれくらい費用を押さえるかにその管理能力が問われるようになってきている。人口の高齢化に伴い国民医療費が上昇している中かこれからは病院も限定された資源の有効活用を考慮し、効率向上に務めなければならないと考えられる。

[謝 辞] この論文の作成にあたっては埼玉大学大学院政策科学研究科の刀根薫先生、東京大学医学部附属病院中央医療情報部の開原成允先生からご指導いただき、ここに謝意を表します。

参考文献

[1] 関田康慶, 濃沼信夫, 労働生産性の病院格差に関する

分析, 29(4), 病院管理, 1992, pp. 47-55.

[2] Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes, "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research* 2.

[3] 刀根薫, 経営効率性の測定と改善—包絡分析法DEAによる, 日科技連, 1993年.

[4] 刀根薫, "企業体の効率性分析手法", *オペレーションズ・リサーチ*, 32, pp. 800-803, 1987年; 33, pp. 45-48, pp. 95-99, 1988年. 1978, pp. 429-444.

[5] Thanassoulis, E. and R.G. Dyson, "Estimating Preferred Target Input-Output Levels Using DEA", *European Journal of Operational Research*, 56 (1992) 80-97.

[6] 山田善靖他, "DEAにおける非効率な事業体の改善案", *オペレーションズ・リサーチ学会1993年度秋期研究発表会アブストラクト集*.

[7] 南商堯, 医療機関における効率性評価に関する研究—DEAによる自治体病院の人的資源の効率性評価を中心に—, 東京大学医学部保健学科博士論文, 1993年.

[8] 星野桂子・針谷達志, "病院経営管理指標の統計分析", *病院管理*, 21(1), 1984年, pp. 23.

[9] Michael Norman and Barry Stoker, *Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance*, John Wiley and Sons Ltd, 1991, pp. 31-33.

[10] 木下栄蔵, *多変量解析入門*, 啓学出版, 1993.