川崎医療福祉学会誌　Vol. 9　No. 1　1999　19–24

原　著

病院費用構造の計量経済学的分析：実証分析(1)

斎　藤　観之助*1

要　約

本研究の目的は，わが国の医療サービス生産に関わる費用構造を実証的に把握することである．そのために，投入要素価格と病院サービス生産量から構成される Translog 型の病院費用関数を準備し，1984～1997年のデータを用いて，2段階最小自乗法により，パラメータを推定した．また，推定した病院費用関数から，短期および長期の病院費用曲線を導出することを試みた．

分析の結果，わが国の医療福祉サービスの費用構造を解明し，規模の経済の存在を検証するには，病院費用関数がきわめて有効であること，長期および短期の費用構造を把握するには，病院の規模を表す変数を費用関数に加える必要があることが分かった．

はじめに

本研究の目的は，わが国の医療サービスに関わる費用構造を実証的に解明し，医療サービス供給体制の在り方について，具体的な政策判断材料を提供することである．そこで，先行の第Ⅰ部[1)]では，計量経済学的フレームワークを準備し，病院費用関数の理論モデルを構築した．また，実証分析のためのデータの利用可能性も併せて検討した．本稿では，これらの先行分析を前提にして，費用関数の特定化を行い，わが国の1984～1997年までの病院規模別データを用いて，最小自乗法により，わが国の病院費用関数を推定する．さらに，推定結果を用いて，シミュレーション計算を行い，その理論的インプリケーションを検討する．

推定作業に先だって，最初に，第Ⅰ部で提示した理論モデルを簡単に再掲しておく[2)]．まず，病院の生産関数を

$$y = f(x_1, x_2, \cdots, x_n) \tag{1}$$

と仮定する．ただし，y は医療サービスの生産量であり，$x_i (i = 1, 2, \cdots, n)$ は，病院設備，各種医療機器，あるいは医師看護婦等の医療スタッフ，さらには薬剤等，医療サービス生産に必要な本源的生産要素や中間投入要素の投入量である．f は，こうした投入要素の任意な組み合わせと，それらによって生産可能になる医療サービス量との技術的関係を把握した関数である．一方，医療サービス生産に要する病院の総費用Cは定義的に

$$C = C_{fix} + \sum_{i=1}^{n} p_i x_i \tag{2}$$

と規定される．ここで，C_{fix} は病院の既存設備に関する減価償却費や固定資産税あるいは賃貸料等，医療サービスの生産量 y に関係なく必要とされる固定費用であり，p_i は賃金や薬剤の仕入れ価格等のように予め市場で決定された投入要素の価格である．

以上のような前提条件の下で，病院が効率的運営という観点から，費用最小化を行動基準[†]とするならば，その最適条件を満たす費用関数は

$$C = C_{fix} + V(y, p_1, p_2, \cdots, p_n) \tag{3}$$

の形で表される．これは次のように求めることができる．すなわち，任意の水準 $\overline{y}$ に予め定められた医療サービス

$$f(x_1, x_2, \cdots, x_n) = \overline{y}$$

を生産するとき，費用関数(2)を最小にする必要条

*1 川崎医療福祉大学　医療福祉学部　医療福祉学科
（連絡先）斎藤観之助　〒701-0193　倉敷市松島288　川崎医療福祉大学

† 効率性による費用最小化基準は，医療関係者には理解しにくい概念のようである．ここで言う費用最小化とは，費用を削減して医療サービスの質量を低下させることを意味するのではなく，同水準の医療サービスを提供する際に，無駄遣いをしないという意味である．例えば，誰もいない医局やカンファレンス室に照明をつけっぱなしにしたり，必要のない薬剤を過度に投与したり，あるいは1人の労働力で処理できる仕事のために2人の労働力を雇うような無駄遣いを避けようという，ごく常識的な最適概念であることを再確認しておきたい．

件は

$$\frac{f_1}{p_1}=\frac{f_2}{p_2}=\cdots=\frac{f_n}{p_n}=\frac{1}{\lambda} \tag{4}$$

$$f(x_1,x_2,\cdots,x_n)-\overline{y}=0 \tag{5}$$

である．ただし，λ はラグランジュ乗数であり，$f_i(i=1,2,\cdots,n)$ は

$$f_i=\frac{\partial y}{\partial x_i}\geq 0 \qquad (i=1,2,\cdots,n)$$

で表される各投入要素の限界生産性である．ここで，最適条件としての(4)式の意味するところは，総費用 C が最小であるためには，全ての投入要素の限界生産性 f_i が，その価格 p_i と一定比率 $1/\lambda$ で均等に比例しなければならないということである．この条件が満たされるならば，(4)式と(5)式の計 $(n+1)$ 本の連立方程式から，$(n+1)$ 個の未知数 $(x_1,x_2,\cdots,x_n,\lambda)$ を，与件変数である目標生産量 $\overline{y}$ 及び要素価格 p_i の関数として表現することができる．こうして得られた未知数 x_i を(2)式の費用関数に代入することによって，目標生産量に対応する最小化費用を求めることができる．このようにして，目標生産量 $\overline{y}$ を適宜変化させて，同じ手順を繰り返すことにより，最小化費用条件を満たす費用関数(3)式を得ることができる．これが，第Ⅰ部で基本モデルとして示した理論モデルの骨子である．

費用関数の特定化

本稿では，実際のデータを用いて，理論モデルとして示された上記の病院費用関数(3)式を推定する．推定作業を行うには，理論モデルの病院費用関数(3)式を，具体的な関数型に特定化することが必要である．

1）基本モデル

費用関数の具体的な関数型は，上記の理論モデルにおける(1)式の生産関数の型に依存している．一般に，以下の(6)式で示されような Translog 型生産関数（Transcendental Logarithmic Production Function）

$$\log y=\alpha_0+\sum_{i=1}^{n}\alpha_i\log x_i + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\alpha_{ij}(\log x_i)(\log x_j) \tag{6}$$

を仮定すると，これに対応して，

$$\log C=\gamma_0+\beta_0\log y+\sum_{i=1}^{n}\beta_i\log p_i + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\beta_{ij}(\log p_i)(\log p_j) + \sum_{i=1}^{n}\delta_i(\log y)(\log p_i)+\frac{1}{2}\delta_0(\log y)^2 \tag{7}$$

の形のTranslog型費用関数が得られる[3,4]．

ところで，病院費用構造の実証分析においても，A.Dor，D.E.Farley[5]やS.Zuckerman，J.Hadley[6]らが Translog 型の費用関数による分析を試みている．本稿においても，基本的には，上記の Translog 型の費用関数を前提として分析を行っている．また，ベッド数や患者受け入れ能力等の病院規模の変化を伴う長期と病院規模の変化を伴わない短期の費用構造を区別して分析するためには，T.Cowing ら[7]が指摘するように，資本ストック等の病院規模を示す変数を費用関数に追加する必要があることが分かっている．

2）実証モデル

本稿では以上のような点を考慮したうえで，推定すべき実証モデルとして次の(8)式で表される病院費用関数を準備した．

$$\log C=\gamma+\beta_0\log y+\sum_{i=1}^{4}\beta_i\log p_i + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4}\beta_{ij}(\log p_i)(\log p_j) + \sum_{i=1}^{4}\delta_i(\log y)(\log p_i) + \frac{1}{2}\delta_0(\log y)^2+\rho_0\log Sc \tag{8}$$

ここで，C は病院総費用，y は病院サービスの生産量，$p_i(i=1,\cdots,4)$ は投入要素価格であり，$i=1$：医師平均賃金，２：看護婦平均賃金，３：医薬品平均価格，４：医療機器平均価格である．また，Sc は病院規模を表す変数である．

使用データ

前掲の(8)式で表されるわが国の病院費用関数を推定するために，表１に示されるデータを用いた．表１において，病院規模別に把握されている変数，C，y，Sc は認可ベッド数がそれぞれ，50床未満，50～99床，100～299床，300～499床，500床以上の５階級に分類されている．また，これら３つのデータは，医療保険点数改訂のためのバックデータであり，原則的には隔年毎にしか存在しない．本稿では，1984年，1987年，1989年，1991年，1993年，1995年，1997年の７時点のデータを用いた．回帰分析に際しては，

表１　変数及びデーター覧

変数名	変数	データ	単位	資料名	発行所
C	病院総費用	病院規模別総費用	円	医療経済実態調査	中央社会保険医療協議会
y	病院サービス量	病院規模別患者数(入院＋外来)	人	医療経済実態調査	中央社会保険医療協議会
p_i $i=1$	投入要素価格：賃金	所定内給与額(医師)	円/月	賃金構造基本統計調査	労働省
2	投入要素価格：賃金	所定内給与額(看護婦)	円/月	賃金構造基本統計調査	労働省
3	投入要素価格：薬剤	卸売物価指数(医薬品)	1995年=100	物価指数年報	日本銀行
4	投入要素価格：機器	卸売物価指数(医療用機器)	1995年=100	物価指数年報	日本銀行
Sc	病院規模	病院規模別認可ベッド数	人	医療経済実態調査	中央社会保険医療協議会

これら５階級，７時点のデータをプールして合計35個のサンプルを用いて，２段階最小自乗法によってパラメータ推定を行った．

推定結果および分析

１）推 定 結 果

推定に際しては，サンプル数が35と十分に多くないので，自由度を保つためには，見かけ上の従属変数を減らす必要があり，(8)式を以下の(8)*式のように単純化した．

$$\begin{aligned}\log C =&\gamma + \beta_0 \log y + \sum_{k=1}^{2} \beta_k \log pm_k \\ &+ \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{2}\sum_{l=1}^{2} \beta_{kl}(\log pm_k)(\log pm_l) \\ &+ \sum_{k=1}^{2} \delta_k (\log y)(\log pm_k) \\ &+ \frac{1}{2}\delta_0 (\log y)^2 + \rho_0 \log Sc \qquad (8)^*\end{aligned}$$

ただし，$pm_k = \omega_{2k-1}p_{2k-1} + \omega_{2k}P_{2k}(k=1,2)$ であり，pm_1 は医師と看護婦の加重平均賃金，pm_2 は医薬品と医療機器の加重平均価格である．推定結果は以下の通りである．

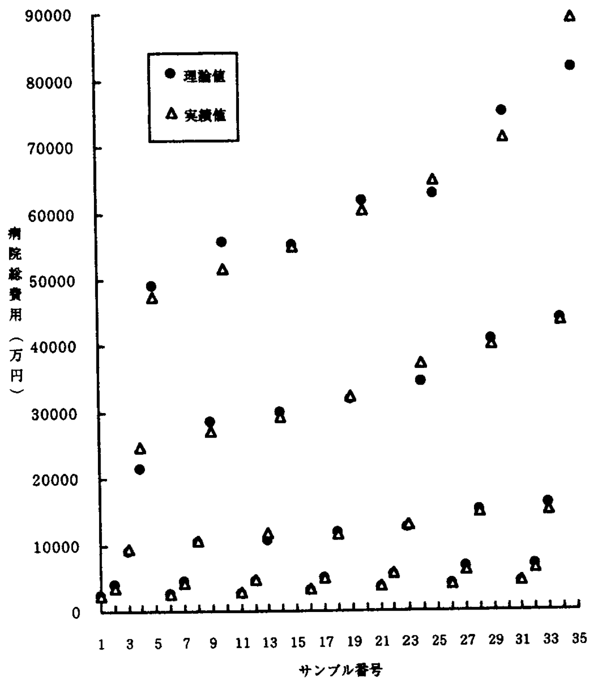
$$\begin{aligned}\log C = &\underset{(3.093^{***})}{7.2331} - \underset{(-0.778)}{0.5861} \log y + \underset{(0.207)}{9.5114} \log pm_1 \\ &- \underset{(-0.226)}{7.24678} \log pm_2 + \frac{1}{2}\Big[\underset{(0.732)}{6.5786}(\log pm_1)^2 \\ &- \underset{(-1.703^{*})}{6.2077}(\log pm_1)(\log pm_2) \\ &+ \underset{(0.622)}{5.7894}(\log pm_2)^2\Big] \\ &- \underset{(-2.945^{***})}{0.1911}(\log y)(\log pm_1) \\ &+ \underset{(0.583)}{0.02678}(\log y)(\log pm_2) \\ &+ \underset{(2.405^{**})}{0.3064}(\log y)^2 + \underset{(4.397^{***})}{0.4195} \log Sc\end{aligned}$$

$$\overline{R}^2 = 0.9642 \qquad S = 1880.73 \qquad (9)$$

ここで，各推定パラメータ下の(　)内数値はt-値であり，片側検定を行い，有意水準１%, 3%, 5%を満たすパラメータついては，それぞれ***, **, * を付している．また，$\overline{R^2}$ は自由度修正後の決定係数，S は標準誤差である．(9)式の全体的な適合状況は図１に示されているが，図から，(9)式は，統計的にはほぼ良好な説明力を備えていることが分かる．

２）短期費用と長期費用

本研究の第Ⅰ部において，短期及び長期の費用関数の関係は，図２のように示されていた．すなわち，ベッド数や患者収容能力等の病院規模が不変の短期の場合は，例えば，(1)ベッド数100床，(2)ベッド数400床，(3)800床に対応した短期費用関数 SCF$^{(1)}$, SCF$^{(2)}$, SCF$^{(3)}$が図２のように描かれる．一方，長期の場合は，ベッド数や患者収容能力等の変化を通じて病院規模を変えることができるので，長期費用



注：推定値は(9)式より推定した値である。

図１　費用関数の適合状況

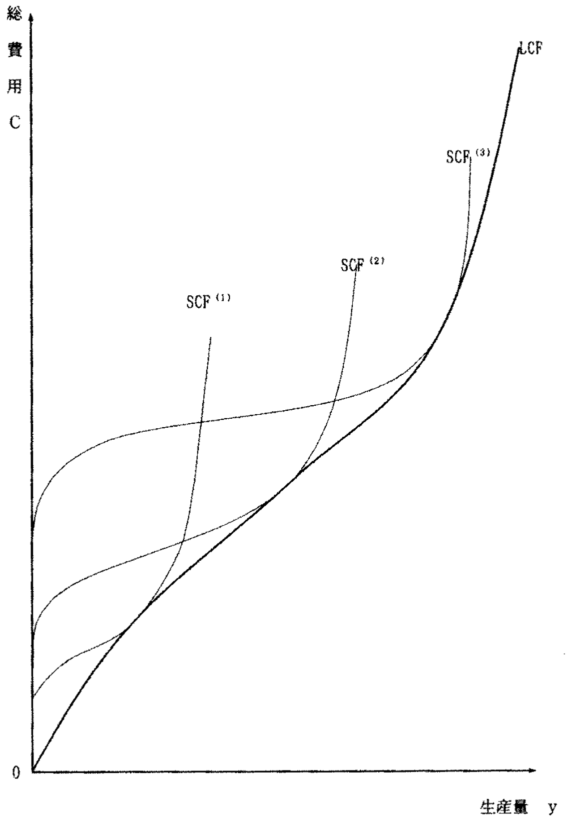


図 2 短期及び長期費用関数

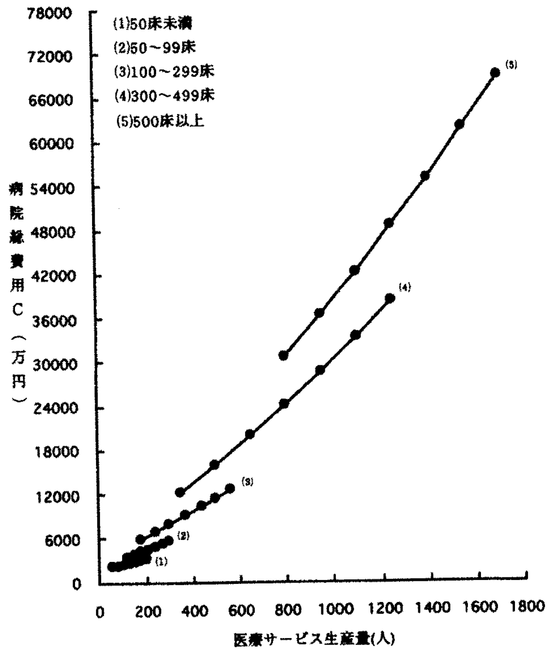


図 3 短期及び長期費用曲線の推定

関数は短期費用関数の最小点を結んだ包絡線 LCF として描くことができる．

ところで，(9)式の推定結果から上記のような短期及び長期の費用関数を観察することができるであろうか．この点を確認するために，(9)式を用いて以下のようなシミュレーション実験を行った．すなわち，(9)式において，サービス生産量 y と長期変数である病院規模 Sc に注目し，他の変数は不変と仮定して，病院規模別の総費用 C を推計した．具体的には，投入要素価格である医療従事者平均賃金 pm_1 および医療製品平均価格 pm_2 は，観察期間中の平均値で不変とし，規模変数 Sc は，50床未満，50～99床，100～299床，300～499床，500床以上の5階級に対して，それぞれ認可ベッド数の観察期間中の平均値35床，75床，170床，357床，660床を与えた．これらの規模変数 Sc に対して，サービス生産量 y を，その近傍で適当に与え，規模別総費用 C を求めた．結果は図3に示されている．このように，規模変数を含めた費用関数からは，規模別の総費用を算出することによって，長期と短期の費用関数を把握することが可能である．しかし，図3からも明らかなように，本稿の(9)式の推定結果は，図2で示されるような長期および短期の費用関数の関係とは逆に，小規模な病院ほど，費用関数が割安であるという非現実なものとなっている．

言うまでもなく，図3の費用曲線の形状は(9)式の推定パラメータに依存している．本稿では，(9)式の費用関数の推定に際して，パラメータに何らの制約も付すことをしなかった．しかし，短期および長期費用関数が図2に示されるような形状になるには，パラメータ間にいくつかの制約条件が存在する．

そこで，ここでは今後の推定作業のために，パラメータに関する制約条件を，(8)*式のモデルに即して考えてみる．そのために，(8)*式をサービス生産量 y について整理し，次のように書き換える．

$$\begin{aligned}\log C =& \frac{1}{2}\delta_0(\log y)^2 \\ &+ \left[\beta_0 + \sum_{k=1}^{2}\delta_k(\log pm_k)\right]\log y \\ &+ \sum_{k=1}^{2}\beta_k(\log pm_k) \\ &+ \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{2}\sum_{l=1}^{2}\beta_{kl}(\log pm_k)(\log pm_l) \\ &+ \rho_0 \log Sc + \gamma \qquad (8)^{**}\end{aligned}$$

ここで，費用関数(8)**式が逓増的な増加関数であるための条件は，

$$\frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\beta_0 + \sum_{k=1}^{2}\delta_k(\log pm_k) + \delta_0(\log y)}{y} > 0 \qquad (10)$$

および

$$\frac{\partial^2 C}{\partial y} = \frac{\delta_0 - \left[\beta_0 + \sum_{k=1}^{2}\delta_k(\log pm_k)\right] - \delta_0(\log y)}{y^2} > 0 \qquad (11)$$

である．(10)式が常に成立するためには，分子が正値でなければならない．すなわち，投入要素価格 $pm_k(k=1,2)$ やサービス生産量 y のいかなる値に対しても

$$\beta_0+\sum_{k=1}^{2}\delta_k(\log pm_k)+\delta_0(\log y)>0$$

が成立しなければならない．

また，(11)式について見ると，分子が正値ならば(11)式は常に成立する．すなわち

$$\delta_0-\left[\beta_0+\sum_{k=1}^{2}\delta_k(\log pm_k)\right]-\delta_0(\log y)>0$$

が成立しなければならない．

一方，病院規模が大きくなるにしたがって，短期費用曲線が順次下方から交わり，長期費用関数としての包絡線を形成する条件について調べてみる．いま，病院規模 $\overline{Sc_1}$ が $\overline{Sc_2}$ からへ増加する場合を考えて，それぞれの短期費用関数がサービス生産水準 y_c で交わるものと仮定する．ここで，同一のサービス生産水準 y における生産規模 $\overline{Sc_1}$ と $\overline{Sc_2}$ の違いによる短期費用の差を

$$DC(y,\overline{Sc_2}-\overline{Sc_1})$$

と定義すると，病院規模が $\overline{Sc_1}$ の場合の短期費用曲線が病院規模が $\overline{Sc_2}$ の場合の短期費用曲線に下から交わるための条件は，任意の正値の変数 h について

$$\begin{aligned}&DC(y_c-h,\overline{Sc_2}-\overline{Sc_1})>0\\&DC(y_c+h,\overline{Sc_2}-\overline{Sc_1})<0\end{aligned}\qquad(12)$$

が成立しなければならない．この条件を(8)**式に即して見るならば

$$\begin{aligned}&DC(y_c-h,\overline{Sc_2}-\overline{Sc_1})\\&\quad=DC(y_c+h,\overline{Sc_2}-\overline{Sc_1})\\&\quad=\rho_0(\log\overline{Sc_2}-\log\overline{Sc_1})\\&\quad>0\end{aligned}$$

となり，常に(12)式が成立するわけではない．(12)式が成立するためには，(8)**式における病院規模 $\log Sc$ に関する第5項を，例えば

$$(y-y_c)\log Sc\qquad(13)$$

あるいは

$$(\mu-\mu^*)\log Sc\qquad(14)$$

のように修正する必要がある．ただし，μ はサービス生産量 y と病院規模によって規定される病院設備の稼働率であり，μ^* はその最適水準を表わしている．こうした修正によって，(12)式の条件を満たす費用関数を準備するすることができる．しかし，y_c,μ^* の値をパラメータ推定作業に先だって，予め設定する必要がある．

上記のように，ここでは，(8)*式の費用関数に即して，パラメータに関する制約条件を検討してきた．しかし，基本的には(6)式で規定される生産関数において，投入要素間の代替関係や関数の同次性についての仮定を検討し，パラメータの制約条件を設定することが必要であろう．また，その制約条件に対応した最小自乗法を用いて推定作業を行うことが大切である．

おわりに

以上のように，本稿では，Translog 型費用関数に基く病院費用関数の実証分析を試みてきた．統計的には説明力の高い結果を得ることができたが，わが国においては，病院費用の実証分析についての先行業績が皆無に近いため，推定パラメータの妥当性をチェックすることはできなかった．しかも，理論的に満足できる結果が必ずしも得られたわけではない．

ところで，本稿で試みたシミュレーション実験でも分かるように，推定された費用関数は，短期および長期の費用構造を定量的に分析する上で，きわめて有効な手段となりうる．分析結果の妥当性を高めるためにも，今後は実証分析の積み重ねが望まれる．本稿を終わるにあたり，以下の2点を今後の課題として指摘しておきたい．第1は，医療費用に関する長期データの蓄積である．本稿で用いた医療費用データは，中央社会保険医療協議会の「医療経済実態調査」の良質データである．しかし，整合的に時系列データとして利用できる期間は1984～1997年の7時点であり，多くのパラメータを含む病院費用関数を推定するのに十分なサンプル数とは言えない．病院費用の長期データの整備と公表が望まれる．

第2は，推定パラメータに関する制約条件の理論的検討とそれに対応した最小自乗法の選択である．推定方法については，本稿では2段階最小自乗法を用いたが，この他にも逐次最小自乗法やZellner推定法等，パラメータ制約に応じて適切な推定法を選択する必要があろう．前述のように，わが国における病院費用構造に関する実証分析はきわめて少なく，どのような関数型が理論的，かつ実証的に適当であるかが分かっていない．今後は，費用関数，あるいは生産関数に関する各種の理論モデルについての病院費用に関する実証分析を蓄積していくことが必要であろう．

文献

1) 斎藤観之助（1998）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.

2) 斎藤観之助（1998)）同上書，25-26.

3) 茂原一洋，大山達雄，斎藤雄志他（1979）Translog 型生産関数の理論と応用，電力中央研究所　経済研究所，東京，pp75-81.

4) 熊倉　修，大山達雄（1981）Translog 型生産関数理論の電気事業への適用，電力中央研究所　経済研究所，東京，pp12-13.

5) Avi Dor, Dean E Farley (1996) Payment Source and the Cost of Hospital Care: Evidence from a Multiproduct Cost Function with multiple Payers. *Journal of Health Economics*, **15**(1), 1-21.

6) Stephen Zuckerman, Jack Hadley, Lissa Iezzoni (1994) Measuring Hospital Efficiency with Frontier Cost Functions. *Jounal of Health Economics*, **13**(3), 255-280.

7) Cowing TJ, AG Holtmann and S Powers (1983) Hospital Cost Analysis : A Survey and Evaluation of Recent Studies. Richard M Scheffler ed. *Advances in Health Economic and Health Services Research*, **4**, 257-303.

（平成11年５月12日受理）

An Econometric Analysis of the Hospital Cost Structure : An Empirical Study

Kannosuke SAITO

(Accepted May 12, 1999)

Key words : HOSPITAL COST, SHORT-RUN AND LONG-RUN COST FUNCTION, SCALE ECONOMY, TRANSLOG FUNCTION, OPTIMAL SCALE OF SERVICE

Abstract

The purpose of this paper is to analyze empirically the hospital cost structure in Japan. The transcendental logarithmic cost function, which contains the input factor prices and the output of hospital services, is assumed. The two stage least square method is used to estimate the parameters of data from 1984 to 1997. This study tried to determine the short and long-run hospital cost curves.

The conclusions drawn are that the estimated hospital cost function is an effective measure to verify the existence of scale economy in the hospital cost structure and to deduce the optimal scale of a hospital. Also it is important to include a scale factor of the hospital in the hospital cost function as an independent variable for analysing the short and long-run hospital cost structures.

Correspondence to : Kannosuke SAITO　Department of Medical Social Work, Faculty of Medical Welfare
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
(Kawasaki Journal of Medical Welfare Vol.9, No.1, 1999 19-24)