

DEAに基づく限界費用価格形成：NTT電話基本料金に関する一考察

東京理科大学 末吉俊幸

1. はじめに

本研究の目的は DEA (Data Envelopment Analysis) を使い NTT の電話基本料金の限界費用価格を推定し、日本の料金規制のあり方を政策決定の立場から考察する事にある。この研究を進めるにあたり、2つの重要な視点を述べる。

始めに、チャーンズ、クーバー両先生によって DEA が提唱されて以来、従来の DEA 研究目的は企業、学校、公共団体などの組織効率を評価する事にあつた。日本でも DEA は“経営効率測定手法”と訳されている [12]。本研究は従来の効率測定の為の DEA を全く離れ、サービス(製品)の価格推定の為の DEA を考察する。その意味で全く新しい DEA の応用を本論文の中で提示してみる。[価格推定の為に DEA を最初に使った研究は [10] の中にみられ、ラムゼイ最適に基づく理論展開がなされている。]

二番目に、伝統的な公共事業経済学によれば、公益事業には自然独占性 (Natural Monopoly) があり、それらの産業によって独占価格が設定されるのを排除する為に政府が料金規制を行い、最適な料金水準あるいは料金体系を導く必要があると考えている。この考えは NTT が民営化された後でも残っており、日本の電話料金の水準は郵政省の行政規制の権限下に入っている。料金水準を決定する場合、始めに考えられるのは「限界費用価格形成」である。この限界費用原理に基づく価格設定が社会的資源配分、又、社会福祉を最大化することから、ラムゼイ最適 [6] と呼ばれ、経済学において公共事業(ガス、電気、電話など)の価格規制の基礎になっている事は、周知の事実である。[この限界費用原理に基づく価格設定の研究は古く、なんとアレクサンダー大王の時代にまで遡る。([1] の P.969 を参照)]

さて、この価格形成を研究する上で重要な事は、従来の経済学では理論体系のみが確立されて、実証研究が全くなされていない事に注目する必要がある。[3] の

研究の中で、600 本近い論文が紹介されているが、なんと実証研究は 5 本以下である。日本でも、論文、本、新聞、雑誌、その他で [例えば [2] や [5]] 経済学の研究者は(ラムゼイ最適) 限界費用に基づく電話料金の規制をいつも唱えているが、本研究の知る限りでは、日本で実証的に電話料金を推定した研究は僅かに宮嶋 [4] のものしかない。[この宮嶋 [4] の研究を高く評価するが、2変数(市内、市外)の区別しかなく、NTT の電話料金を議論するレベルに達していない。この研究も方法論に問題がある。]

では何故、理論研究だけが深くなされて、実証研究がなされなかったのでしょうか? その理由は複数(例えば、10 個以上)のサービス(製品)の限界費用価格を推定する方法論 (Methodology) が全く確立していなかったからである。言い替えると、経済学者は NTT に対して限界費用に基づく価格設定の重要さは説くが、実際のデータを使い、NTT がサービス料金を設定するにはどの様にしたら良いかを教えてくれない。従って、本研究では NTT が実際に使えるレベルの方法論を DEA を使って提示してみる。

なお、本研究ではページ数が限定されているので、理論的考察はなるべく避け、NTT の限界費用に基づく価格設定を政策決定の立場で考察してみる。本研究に関係する論文として、一連の研究 [7, 8, 9, 10, 11] が存在するので興味のある読者は参照されたい。特に、[10] では NTT の通話料金を (a) 市内通話と (b) 距離別に 12 種に分けられた市外通話に区分し、通話料金の問題を取り扱っているので注目されたい。

最後に、本論文は次のように構成される。まず、第 2 章では、コストに基づく DEA を提示する。第 3 章では、コスト DEA 法がどのような形で限界費用価格形成に関わるかを述べてみる。第 4 章では、NTT のデータにその DEA 法を当てはめて、公共政策の視点で考察する。第 5 章では、結論と将来展望を述べる事にする。

2. 費用推定の為の DEA

本研究では NTT のコストと電話の基本サービスの関係を調べる為に次の様な DEA モデルを使ってみる。

$$\begin{aligned} & \text{Min } c, \\ & \text{s.t. } -\sum_{j=1}^n c_j \lambda_j + c \geq 0, \\ & \quad \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq Y_k, \\ & \quad L \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j \leq U, \\ & \quad c \geq 0 \text{ and } \lambda_j \geq 0, \quad (j = 1, \dots, n). \end{aligned} \quad (1)$$

この DEA モデル (1) で使われる変数は次の様に定義される。

- (a) c_j : j 年次の基本サービスを提供する為の生産費用、
- (b) Y_j : j 年次の基本サービスを表す出力ベクトル、
- (c) λ_j : 各データをつなげ convex ball を作る為の j 番目の変数、
- (d) c : コストの推定値を表す変数。

この (1) 式の特徴は $k = 1, \dots, n$ の順に n 回解く事にある。更に、この (1) 式の双対モデルは、

$$\begin{aligned} & \text{Max } ZY_k + \sigma_1 L - \sigma_2 U, \\ & \text{s.t. } -vc_j + ZY_j + \sigma_1 - \sigma_2 \leq 0, \\ & \quad (j = 1, \dots, n), \quad (2) \\ & \quad v \leq 1, \\ & \quad v \geq 0, Z \geq 0, \sigma_1 \geq 0 \text{ and } \sigma_2 \geq 0. \end{aligned}$$

で表現される。この双対モデル (2) で使われる変数は次の様に定義される。

- (a) v : (1) の最初の制約式に関する双対変数、
- (b) Z : (1) の二番目の制約式に関する双対変数のベクトル、
- (c) σ_1, σ_2 : (1) の最後の制約式に関する双対変数。

本研究では双対モデル (2) を使って NTT のコストと基本料金の関係を調べる。何故ならば、(1) に比べて (2) の方がよりアプリアリな情報を組み込み易く、現状の料金体系を DEA 分析に組み入れる事により、より現実性のある DEA 解を求められるからである。数学的に正しくても、実施不可能な解では政策決定の立場ではあまり意味を持たない。勿論、料金水準を現在のように政治的にのみ決定する事にもあまり感心しない。政治

的配慮、更に、NTT の会社運営に必要な情報を DEA モデルの中にできるだけ組み込み、それらを入れない場合と比較しながら、DEA 解を解釈するのが良いと思われる。DEA の面白さは数学的に最適な答を求めればかりでなく、政策決定に関与する人々の思惑をできるだけ入れ込んで、政策的に実施可能な答を出してくれる所にある。その意味で合意形成の手法と考えて頂きたい。但し、あまり入れ過ぎると DEA 解が常識的になり、面白くなくなるので程々にする必要がある。

3. 限界費用価格形成の為の DEA 分析

2つの DEA モデル (1) と (2) から、その最適値において

$$c^* = Z^* Y_k + \sigma_1^* L - \sigma_2^* U. \quad (3)$$

という条件が導かれる。解のユニーク性を仮定しながら、この (3) 式より点 (c_k, Y_k) に接する直交平面は、

$$c = Z^* Y + \sigma_1^* L - \sigma_2^* U. \quad (4)$$

と表され、その傾きは、

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial c}{\partial y_1}, \frac{\partial c}{\partial y_2}, \dots, \frac{\partial c}{\partial y_s} \right) &= Z^*, \\ &= (z_1^*, z_2^*, \dots, z_s^*). \end{aligned} \quad (5)$$

となる。この (5) 式の左辺は複数 (s 個) のサービスに対する限界費用を表している。右辺は DEA (2) より求められる双対変数ベクトルである。この様に、DEA の双対変数を求める事によって、各々のサービスの限界費用を求める事ができる。[(3) 式は生産経済学上、極めて大きな意味を持ち、そこから幾つかの重要な理論展開がなされているので、興味ある読者は [7, 8] を参考されたい。]

次に、(3) 式的双対変数を更に公共事業経済学の立場で解釈してみる。説明を分かり易くする為、収穫一定 (Constant Returns-to-Scale) を仮定する。その仮定下では (3) 式は

$$c^* = Z^* Y_k. \quad (6)$$

となる。(6) 式の左辺は明らかにコストを表し、右辺の Y_k はサービス量を表している。この事から、 Z^* は利益 = 0 (収入 = 費用) の時のサービス (製品) 価格を表していると考えてよい。この状態はラムゼイ最適の第一解と呼ばれ、経済学において公共事業の料金体系を考える上の基礎となっている [6]。何故ならば、消費者が最も安い価格で公共事業のサービスを受けられるからである。結果として、社会福祉が最大化された状態を示

している。民間企業の場合、利潤を追求しなければならない事、又、価格は市場メカニズムによってある程度決められるので、このラムゼイ最適解は意味を持たない。しかし、公共事業の場合、社会利益(福祉)が優先され、利益=0をベースとして料金を決定する事は、政策決定上大きな意味を持つ。[テレコミュニケーションの中でよく言われる“ユニバーサル・サービス”も基本的にはこの社会福祉を優先するという考えにそっている。]

さて、本研究では、実際のNTTのデータを使いDEAの双対変数から導かれる限界費用価格とNTTの料金を比較、考察するわけであるが、この比較を行う上で、次の様な新しいインデックス(RPI: Ramsey Price Index)を提示する。

$$RPI = \frac{p_{rk} - z_{rk}^*}{p_{rk}}, (r = 1, \dots, s). \quad (7)$$

ここで、

p_{rk} : k 年次の r 番目のサービス価格(実際価格)

z_{rk}^* : k 年次の r 番目の限界費用価格を表す双対変数(推定値)

このPRIを使い、実際のサービス価格がどの程度限界費用価格からかい離しているかを把握でき、更に、その事から政策決定上重要な情報を得る事ができる。

4. NTTの基本料金値上げの是非

“1995年2月1日より電話基本料金が値上げされた。基本料金の値上げは1977年以来18年ぶり、値上げ率は平均16.4%と言われている”(毎日新聞1995年2月1日)。本研究では基本料金問題に提案したDEA法を当てはめ、その値上げの是非を考察し、その政策決定をレビュー(review)してみる。今回の電話料金値上げを行う際はDEAによる料金推定値を政策決定時に使って頂きたいものである。[今まで、NTTや郵政省に対して料金推定の為の手法を示さなかった公共経済や政策科学に携わる研究者にも問題があると思う。]

4.1 NTTのデータ

本研究で使われるデータはNTTが毎年郵政省に提示する“基本料の変遷”と“電話役務損益の状況”から取られたもので、表1と表2は、その基本料金に関するデータとその値上げの内容をまとめたものである。本研究では、事務用加入者数と住宅用加入者数をそれぞれDEAのアウトプットとし、又、営業費用をコストと

してDEAモデル(2)の中に組み入れ、アウトプットに関する双対変数を推定し、実際の基本料金と比較する。

表1: NTTの基本サービスに関するデータ

	年次				
	1989	1990	1991	1992	1993
加入者区分					
事務用	16,355	17,079	17,618	17,945	18,304
住宅用	35,637	37,005	38,217	39,304	40,483
(単位: 1,000)					
損益					
営業収入	10,087	10,527	10,945	11,283	11,521
営業費用	11,702	12,426	12,499	12,768	13,169
(単位: 億円)					

表2: 基本料金値上げの内容(1995年2月)

加入者区分	加入者数		
	40万以上	40~5万	5万未満
事務用			
改定料金*	2,600円	2,450円	2,300円
(現行料金)	(2,350円)	(2,050円)	(1,750円)
住宅用			
改定料金	1,750円	1,600円	1,450円
(現行料金)	(1,550円)	(1,350円)	(1,150円)

*) 1995年10月以降の改定料金(毎日新聞2月1日)

4.2 DEA解

[7]の研究の中で規模の経済性との関係で数学的に証明されている事だが、DEAモデルの欠点は複数のアウトプットを組み入れた時に、その双対変数がゼロになる可能性にある。双対変数がゼロという事は限界費用に基づくサービス(製品)価格がゼロになる事を意味している。飛行機会社のFrequent Flyerチケット(ただのサービス券)をみてもわかるように、価格=ゼロは理論的にはあり得るが、NTTの基本料金を考察する上では不適当と考えられる。従って、前に述べた様に、何らかの形のアプリオリな情報を入れ込んで、ゼロの双対変数を無くす必要がある。その為、本研究ではNTTと郵政省の方々にインタビューを電話で行った。インタビュー調査によると、基本サービスをコストの視点から見れば、事務用にかかる費用も住宅用にかかる費用も同じである事が一般的な意見であった。従って、事務用加入者数の双対変数(z_1)は住宅用のそれ(z_2)と等しい($z_1 = z_2$)という条件をDEAモデル(2)の中に入

れてみた。

さて、表3と表4はそれぞれ双対変数、コスト推定値、更に、そこから得られるDEA効率値をまとめてみたものである。それらの表の中で()の中の数字はアприオリな情報 $z_1 = z_2$ を入れた時のものである。表3と表4の違いは、表4は Constant Returns-to-Scale (RTS) を仮定した場合のDEA解を示しているが、表3では、(2)式において $L = U = 1$ とすることによって、その仮定を無くしている。表3と表4から次の事が実証的に把握する事ができる。

表3: DEA 双対変数とコスト推定値 (RTSに何の制約もおかない場合)

	年次				
	1989	1990	1991	1992	1993
双対変数					
事務用	0 (0.2028)	0.6310 (0.2028)	0.6310 (0.2028)	0.3256 (0.2028)	0 (0.2607)
住宅用	0.2907 (0.2028)	0 (0.2028)	0 (0.2028)	0.1495 (0.2028)	0.3401 (0.2607)
営業費用	11,702	12,426	12,499	12,768	13,169
営業費用	11,702	12,159	12,499	12,768	13,169
推定値	(11,702)	(12,126)	(12,481)	(12,168)	(13,169)
コスト	100%	97.85%	100%	100%	100%
効率	(100%)	(97.59%)	(99.86%)	(100%)	(100%)

(双対変数に制約をおいた時の推定値)

表4: DEA 双対変数とコスト推定値 (Constant RTS の場合)

	年次				
	1989	1990	1991	1992	1993
双対変数					
事務用	0.4969 (0.2230)	0.7094 (0.2230)	0.7094 (0.2230)	0.4969 (0.2230)	0 (0.2230)
住宅用	0.0980 (0.2230)	0 (0.2230)	0 (0.2230)	0.0980 (0.2230)	0.3249 (0.2230)
営業費用	11,702	12,426	12,499	12,768	13,169
営業費用	11,619	12,117	12,499	12,768	13,151
推定値	(11,596)	(12,062)	(12,453)	(12,768)	(13,111)
コスト	99.29%	97.51%	100%	100%	99.86%
効率	(99.09%)	(97.07%)	(99.63%)	(100%)	(99.56%)

(双対変数に制約をおいた時の推定値)

Finding 1 (方法論): アプリオリな情報を組み入れない場合、やはり双対変数の一部がゼロになっている。この問題はアプリオリな情報をDEA分析に組み入れる事によって解決する事ができた。次に、コストの推定値があまり実測値と離れていない事が表3、表4から分かる。この事はDEAによって推定された基本サービスの限界費用価格がNTTにとって受け入れ易く、実施可能なものである事を示している。

次に、表3と表4で示された双対変数に基づいて限界費用価格を算定したものが表5である。例えば、表3の1989年次の $z_1^* = 0.2028$ は $1,690$ (円/月) $\{ = [0.2028 \times 100(\text{億円})] / [1,000 \times 12(\text{月})] \}$ に変換される。表5はこの様にDEAによって推定された限界費用価格を示している。さらに、この限界費用価格と1993年次の基本料金を比較したものが表6で示されている。この表6から次の事が実証的に把握する事ができる。

表5: DEAによって推定された限界費用価格

加入者区分	RTSに仮定なし		Constant RTS
	1989~1992	1993	1989~1993
事務用	1690円	2173円	1859円
住宅用	1690円	2173円	1859円

表6: 1993年度の基本料金と限界費用価格の比較

加入者区分	加入者数		
	40万以上	40~5万	5万未満
事務用			
基本料金	2,350円	2,050円	1,750円
限界費用価格	2,173円 (1,859円)	2,173円 (1,859円)	2,173円 (1,859円)
RPI	7.53(%) (20.89%)	-6.00(%) (8.79%)	-24.17(%) (-6.23%)
住宅用			
基本料金	1,550円	1,350円	1,150円
限界費用価格	2,173円 (1,859円)	2,173円 (1,859円)	2,173円 (1,859円)
RPI	-40.19(%) (-19.94%)	-60.96(%) (-37.70%)	-88.96(%) (-61.65%)

注) RPI: Ramsey Price Index

() は Constant RTS を仮定した場合の推定値。

Finding 2 (料金問題) : Constant RTS を仮定しない場合、限界費用に基づく基本サービスの価格推定値は一律 2,173 (円/月) で、又、それを仮定した場合は一律 1,859 (円/月) になっている。この数字を基に計算した RPI から日本のテレコミュニケーションに関する 2 つの政策決定に関する特徴が分かる。つまり、NTT の基本サービスの料金体系は (a) 住宅用の基本サービス料金をその限界費用以下におさえ、そこから発生する損失を事務用の基本サービス料金で補填している。(b) 更に、その補填度は、加入者区分の小さいグループへ行く程大きくなっている。[民間企業が限界費用価格以下でサービスを提供する事は本当に意味があるのでしょうか? 大きな社会問題として議論する必要があると思われる。]

次に、DEA によって推定された限界費用価格と改定された料金を比較して、その値上げの是非を考えてみる。

Finding 3 (料金値上げ) : 興味深い発見は DEA によって推定された限界費用価格 (1,859 円 - 2,173 円) が事務用の改定料金 (2,300 円 - 2,600 円 : 加入者数別で見た改定料金の幅) と住宅用のそれ (1,450 円 - 1,750 円 : 加入者数別で見た改定料金の幅) の間に入るという事実である。この事は RPI で言い換えると事務用の改定料金が全て正、逆に、住宅用のそれが全て負になる事を意味している。このように **Finding 2** で示された日本の電気通信事業の特徴はキープされているものの、その料金アンバランスをある程度解消した今回の料金改定であると考えると良い。

5. 結論

本研究は、従来の効率測定から離れ、DEA によって限界費用価格を推定する方法論を提示した。又、その応用として、提唱した DEA 法を NTT の基本料金の値上げの問題に当てはめ、その是非を実証的に研究考察してみた。

次に、DEA の視点で本論文の問題点をまとめてみる。始めに、本研究では (2) の双対変数のユニーク性を仮定した。解のユニーク性を仮定しない場合どの様にしたらよいかは Sueyoshi [7] の中で詳しく述べられているので参照されたい。二番目に、公共事業でない一般の民間企業の場合、限界費用価格は意味を持たないので、利益を最大化するか、又、ある一定の利益を確保するサービス価格を決定する DEA モデルを開発する必要がある。この事は重要な将来の研究テーマと思われる。

参考文献

- [1] Faulhaber, G.R.: Cross-Subsidization : Pricing in Public Enterprises, *American Economic Review*, Vol.65 (1975), 966-977.
- [2] 林敏彦 (編): 講座・公的規制と産業 (3), 電気通信, NTT 出版, 1994.
- [3] Mitchell, B.M. and I. Vogelsang: *Telecommunications Pricing : Theory and Practice*, Cambridge University Press, 1991.
- [4] 宮島勝 (編): 電気通信政策の解剖, 自費出版, 1993.
- [5] 奥野正寛, 鈴木興太郎, 南部鶴彦 (編): 日本の電気通信 : 競争と規制の経済学, 日本経済新聞社, 1993.
- [6] Ramsey, F.: A Contribution to the Theory of Taxation, *Economic Journal*, Vol.37 (1927), 47-61.
- [7] Sueyoshi, T.: Measuring Scale Efficiencies and Returns to Scale of Nippon Telegraph & Telephone in Production and Cost Analyses, *Management Science*, (Printing, 1995).
- [8] Sueyoshi, T.: Divestiture of Nippon Telegraph & Telephone, *Management Science*, (Printing, 1995).
- [9] Sueyoshi, T.: Production Analysis in Different Time Periods : An Application of Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*, (Printing, 1995).
- [10] Sueyoshi, T.: Marginal Cost-Based Pricing for NTT Telephone Services, *European Journal of Operational Research*, (Submitted, 1995).
- [11] Sueyoshi, T.: Privatization of Nippon Telegraph & Telephone: Was It a Good Policy Decision ?, *European Journal of Operational Research*, (Submitted, 1995).
- [12] 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.