

生産性分析研究の新たな方向

衣 笠 達 夫

1 はじめに

著者は長年にわたって生産性分析を実施してきた。ここでその歴史を簡単に振り返って、21世紀の生産性分析の方向を模索してみたい。次節では過去の歴史を簡単に振り返る。3節では生産性分析の今後の方向を著者なりに考えてみたい。

2 生産性分析の歴史の概括

以下本節では1970年代以降、2000年初頭までの生産性分析の歴史を振り返ってみる。

(1) 総要素生産性分析

企業、産業、個別組織の生産性、効率性を計測する手段は、過去40年の間に飛躍的な進歩を遂げた。現在、各企業や政府組織に注目を浴びている総要素生産性分析(TFP, Total Factor Productivity)は、1960年代半ばに研究が開始された(Jorgenson (1963))。その後、70年代から90年代にかけて、このTFP分析は研究者の間で一斉を風靡するようになった。

この分析手法は、総要素生産性分析あるいは全要素生産性分析と呼ばれ、生産性分析の中では大きなウエイトを占める。従来の単一要素生産性分析もしくは偏要素生産性分析は計測結果に偏りをもたらす。これにたい

して総要素生産性分析は投入要素をすべて計算に入れるために、より真実に近い値もしくは歪みのない計測結果が得られるのが特徴である。総要素生産性分析は Solow (1957) の残差項の考え方を応用して、Solow (1957) の生産関数の変位を生産性の変化として捉えるものである。

TFP 分析は現在のところ大きく分けて 2 種類の方法がある。ひとつは指数化手法であり、もうひとつはトランスログ関数法である。このうち指数化手法は、海外ではすでに 80 年代から研究者間だけではなく、企業の内部において研究が進んでいたようである。筆者が 1990 年代初めに海外の学会で研究発表する際に、海外の多くの企業関係者が指数化手法による TFP 分析を発表していた風景が、まことに印象的であったことを思い出す。当時、日本の企業内においては指数化の TFP 分析を用いた研究は、いまだ端緒についたばかりであり、筆者もいくつかの企業関係者に対して TFP 指数（離散型の Divisia 指数もしくは Törnqvist 指数）の作成と使用方法を教授したことがあった。90 年代後半には公益事業において、インセンティブ規制の指標に TFP 指数の概念が導入されたこともあり、わが国でも一斉に盛んになった。

ところでこの TFP 指数分析も多くの情報が得られるが、関数形を特定化して分析することによって得られる情報も多い。そこで出現したのがトランスログ型関数による分析である。Christensen et. al (1971) によって開発された同次形のトランスログ型関数で示される指数（同次トランスログ指数）が、離散型の Divisia 指数もしくは Törnqvist 指数と正確に一致するという Diewert (1976) の証明によって、多くのトランスログ型関数による分析が進むこととなった。特に生産関数に比べてデータの取り扱いが簡単で、得られる情報が多い、トランスログ型費用関数の推定は 80 年代後半以降、研究者間で多数の論文が発表されている。

(2) 制約条件を含んだ分析

上記の総要素生産性分析の応用の一分野として、関数内に制約条件を含んだ分析がある。これは下記の三つに分けることができる。

①制約条件をラグランジュ乗数として明示的に導入し、これを推定して判別する方法。

Boyes (1976), Cowing (1978), Fuss/Waverman (1983), Nelson/Wohar (1983), Peterson (1975), Spann (1974) 等。

②シャドー費用を用いて配分の非効率性を導入し、一般化費用関数を推計して判別する方法。

Atkinson et al. (1980, 1984, 1986 and 1994) 等。

③生産関数もしくは費用関数、要素需要式等を推計し、推計されたパラメータを用いて投入要素間の限界生産力比や費用関数の構造を計算する方法。

Courville (1974), Nemoto/Nakanishi/Madono (1993) 等。

このうち、①と③の推定は、式設定さえ間違えずに行うことができれば、簡単であるが、②の推定は困難である。②の一般化費用関数の推定は、多数の非効率性の混入した関数システムを同時推定する必要があり、整合的な結果を得ることはかなり難しい。その為かどうかはわからないが、最近では余り実施されていない。労多くして得るところが少ないと考えられるのだろうか。

(3) 確率的フロンティア関数の推定

確率的フロンティア関数 (Stochastic production frontier) を用いた技術的非効率性の研究は、Aigner/Lovell/Schmidt (1977) と Meeusen/Van den Broeck (1977) の研究が初めであり、その後、1980年代半ば以降現在まで幅広い範囲で行われている。生産フロンティアは、与えられた投入量に対して技術的に可能な最大の生産量を示すものとして定義される。効率的な生産活

動はこのフロンティア上で行われるが、もし、生産活動がこのフロンティアから下に離れたところで行われていれば、可能な最大の生産量を実現していないことになり、そのような生産状態を非効率な状態と呼ぶわけである。このような生産フロンティアはもともと Farrell (1957) が提出したもので Farrell の measure と呼ばれる。Aigner/Lovell/Schmidt(1977)と Meeusen/Van den Broeck (1977) はこの生産関数が確率的に不確定であると仮定してその推定方法を示した。この試みとそれに続く一連の研究によって、非効率性に関する推定方法は 1980 年代に入って飛躍的な進歩を遂げ、さらに 90 年代に入って様々な分野でこれを用いた実証分析が行われている。とりわけ植草／鳥居 (1986)、Caves et al. (1990)、Caves (1992) らは製造業を中心としたいくつかの業種について非効率性の推計とその原因の分析を行っている。また中山 (1999) は日本の企業の非効率性と企業の抱える役員数との関係を分析している。

しかしこの確率的フロンティア生産関数については、トランスログ型の関数では非効率の項を含めた尤度関数がまだ描かれていない。このため論文投稿を行うと、覆面レフェリーから必ずこの点を指摘されるという悲劇に直面することもある。

(4) DEA 分析

効率性を計測する確率的フロンティアモデルとともに、効率性の計測においてしばしば用いられるものに DEA 分析がある。DEA 分析は Data Envelopment Analysis と呼ばれ、もともと OR (Operations Research) の分野で開発されたものである。DEA は Charnes/Cooper/Rhodes (1978) によって、多入力多出力系システムにおける相対的な効率性の評価手法として開発されたものである。この手法は、生産関数や費用関数の推定によって効率性フロンティアを求めるパラメトリックな方法と異なり、線形計画法 (LP) を用いた最適化計算によって生産効率性フロンティアを求めるノン

パラメトリックな方法である。さらに個々の企業が生産フロンティアからどれだけ乖離しているかを、距離関数の逆数を計算することによって相対的な効率性指標を算出する。いわば「産出／投入」の比率を用いて、各企業の効率性を相対比較する方法である。産出（出力）と投入（入力）が複数存在する場合には、それらにウエイトを乗じて足し合わせることによって、単一の産出と投入を形成する必要がある。そのウエイトは先験的・外生的に与えられるのではなく、LP（にスラック変数を含めて）を解くことによって決定される。その決定方法は、それぞれの企業の活動を最もよく評価するような方法で決定される。

経済学の分野では、DEA を用いることによって投入産出のデータから、生産関数を生産フロンティアとして直接に計測できるために、その理論的な有効性が注目されてきた。1990 年代に入って米国を中心にして、主に銀行や医療の分野で産業別に企業の効率性を計測するという実証分析が試みられるようになってきた。この方法は回帰分析におけるような、コブ・ダグラス型やトランス・ログ型などの関数形を先験的に仮定する必要がない。また、非効率性を計測する際に Stochastic Frontier 法では誤差項の分布形を仮定する必要があるが、この方法ではその必要がない。このためによりバイアスの少ない生産性計測手法であるといえる。さらに関数の推定の際に発生する様々な統計的な問題も発生しない。また、経済理論において仮定すべき企業行動における利潤極大化や費用最小化を仮定せずに計測を行うことができる。最後に、多入力多出力系を価格情報を必要としないで、生産フロンティアを計測できる利点は大きいといわざるをえない。その反面、多入力と多出力といいつつ、使用する変数の数によっては結果が変動するという脆弱性、特異なサンプルが存在すればそれによって計算するフロンティアが引きずられてしまうこと、基本的には線形計画法 (LP) を用いるため、最適化計算の際に極端なウエイトを付けてしまうことがあるなどといった問題点もあげられる。

(5) Dynamic Factor Demand モデル

上記のモデルはすべて静学的な分析である。静学的な分析では短期と長期が明確に区別されていない。これに対して、Dynamic Factor Demand モデルでは動学的な費用関数システムを仮定する。

企業が長期にわたって最適な行動をとると仮定する場合、すべての投入要素をフローとして扱っても良いとすれば、短期と長期の区別は必要ではない。しかし投入要素の一部に固定性があり、ストックとして組み込む必要がある時、短期と長期の区別は必要である。このとき当該企業の行動は総費用の期待将来総額の流列を最小化すると仮定される。これは動学的最小化問題になり、汎関数の最小化の解である Euler-Lagrange 方程式を、何らかの関数形に特定化することによって推定することになる。動学モデルは静学モデルと関数形は異ならないが、その関数が Dynamic Programming の手法によって每期、每期 recursive に決定されていくと考える点が静学モデルと異なる。Bernstein/Nadiri(1989), Morrison/Siegel(1999), Nadiri/Prucha(1990, 2000) などがその代表論文である。

この分析手法も推定はかなり困難を伴う。その理由は投資関数と調整費用関数にある。実証分析に当たって、トランスログ関数はすべてデータを対数化する。これに対して投資関数を扱う際には、データの対数化は理論上おかしい。しかしデータを対数化しないで投資関数と調整費用関数を推定する場合、この関数のわずかな変化に、他の対数化した関数形が大きな影響を受けて引きずられてしまい、推定が困難になる。このため、実証分析は余り実施されていない。

3 生産性分析研究の新たな方向

1970 年代以降 2000 年代初等までの生産性分析の歴史を概括してきた。本節では今後の方向を考える。それには以下の三つの方向を考えてみよう。

う。

(1) “質” の包含

第一は、分析の中に“質”を含める分析方法である。生産性分析研究の歴史を振り返ってみるとすぐにわかるように、すべては“量”の計算、推定、分析に終始している。しかし今後、“質”を含めることに大きな意味がある。たとえば環境問題に企業が対処する場合、その支出は従来の分析方法で考えれば、後ろ向きの支出すなわち費用に分類されるであろう。しかし長期に考えてみると環境対策の支出は必ずしも費用とは言い難い点もある。いずれ何らかの形で収益に跳ね返ってくる長期の投資とも考えられる。現在、“質”の分析は、ヘドニック関数の推定（浦上（2001））という形である程度、実施されている。これをもっと拡張するべきであろう。

さらに、昨今の企業評価における評判（reputation）の重要性を考えると、環境への支出や文化対策への支出は、いずれ収益につながってくる長期の投資に分類されるべきであろう。村上ファンドやライブドアに代表されるようないいかげんな儲け方と、節度をもった企業の儲け方とは、“利益の質”が異なるという考え方もある。

(2) インタラクションの影響

第二は、分析の中に企業間のインタラクションを考えることである。企業間のインタラクションは、都市経済学における集積の経済性の分析に用いられる。社会的個人間のインタラクションは、Manski（2000）らによる新しい効用関数の創造に用いられている。産業間のインタラクションはすでにMorrison ら（1997, 1999, 2002）によって生産性分析に導入されている。インタラクションの効果によって、各企業の生産性がどのように変化するのか、上昇するのかそれとも混雑効果によって下降するのか、分析を進めるべきであろう。今後は都市経済学の成果である企業間のインタラク

ションを生産性分析に導入することが考えられる。

(3) 不確定性の導入

第三は、関数形の中に不確定性を導入することである。不確定性の導入は金融工学における金利、株価の動きの予測に用いられるようになったが、昨今ではリアルオプションとして金融経済以外にも用いられるようになってきた。このリアルオプションの手法を生産性分析に導入することが、今後の新しい方向として考えられる (Kinugasa (2006))。特に投資関数の推定には必ず含めることができるので、動的費用関数の推定には必要であろう。

4 おわりに

本稿は、追手門学院大学 経済学部において長年にわたって講義してこられた、宇田 正 先生の退職記念論文集の末席を汚して、加えていただいたものである。経済学はもともと“質”と“量”を共に追求する学問である。“量”のみを追求する研究をしている経済学部の、私を含めた大多数の教員の中において、宇田先生は常に飄々として孤高を守り、“質”を追求してこられた。とそうに私は思っている。少なくともそのように私には見えた。上記3節の「生産性分析研究の新たな方向」のうちの(1)“質”の包含は、まさに宇田先生とわずかなお付き合いをさせていただいている間に、思いついたものである。ここに記して謝するとともに、宇田先生の今後のご健康とご活躍を祈ります。

参考文献

- [1] Aigner, D., C. A. Knox Lovell and P. Schmidt (1977) “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production function Models,” *Journal of Econometrics*, 6(1) pp. 21–37.

- [2] Atkinson, S. E. and C. Cornwell (1994) “Parametric Estimation of Technical and Allocative Inefficiency with Panel Data”, *International Economic Review*, 35 (2) pp. 231–243.
- [3] *ibid.*, (1984) “Parametric Efficiency Tests, Economies of Scale, and Input Demand in U. S. Electric Power Generation”, *International Economic Review*, 25 (6) pp. 647–662.
- [4] *ibid.*, (1986) “The Relative Efficiency of Public and Private Firms in a Regulated Environment : The Case of U. S. Electric Utilities”, *Journal of Public Economics*, 29(3) pp. 281–294.
- [5] Atkinson, S. E. and R. Halvorsen (1980) “A test of Relative and Absolute Price Efficiency in Regulated Utilities”, *Review of Economics and Statistics*, 62(1) pp. 81–88.
- [6] *ibid.*, (1984) “Parametric efficiency tests, economics of scale, and input demands in U. S. electric power generation”, *International Economic Review*, 25(3) pp. 647–662.
- [7] Bernstein, J. I. and M. I. Nadiri (1989) “Research and Development and Intra-industry Spillovers,” *Review of Economic Studies*, 56(2) pp. 249–269.
- [8] Boyes, W. J. (1976) “An Empirical Examination of the Averch-Johnson Effect,” *Economic Inquiry* 14(1) pp. 25–35.
- [9] Caves, R. E. (1992) *Industrial Efficiency in Six Nations*, Cambridge, MIT Press.
- [10] Caves, R. E. and D. R. Barton (1990) *Efficiency in U. S. Manufacturing Industries*, Cambridge, MIT Press.
- [11] Charnes, A., W. W. Cooper, A. Y. Lewin and L. M. Seiford (eds.) (1995) *Data Envelopment Analysis : Theory, Methodology and Application*, Kluwer Academic Publishers.
- [12] Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978) “Measuring the Efficiency of Decision Making Units,” *European Journal of Operations Research*, 2, pp. 429–444.
- [13] Christensen, L. R., D. W. Jorgenson and L. J. Lau (1971) “Transcendental logarithmic production frontiers,” *Review of Economics & Statistics*, 55(1) pp. 28–45.
- [14] Courville, L. (1974) “Regulation and Efficiency in the Electric Utility Industry”, *Bell Journal of Economics and Management Science*, 5 pp. 53–74.
- [15] Cowing, T. G. and R. E. Stevenson. (eds.) (1981) *Productivity Measurement in*

- Regulated Industries*, Academic Press, N. J.
- [16] Diewert, W. E. (1976) "Exact superlative index numbers," *Journal of Econometrics*, 4(2), 1976, pp. 115–145.
 - [17] Eakin, B. K. and T. Kniesner (1988) "Estimating a Non-Minimum Cost Function for Hospitals", *Southern Economic Journal*, 54(4) pp. 583–597.
 - [18] Farrell, S. J. (1957) "The measurement of productivity efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society*, A 120 pp. 253–281.
 - [19] Fried, H. O., C. A. K. Lovell and S. S. Schmidt (1993) *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press.
 - [20] Fuss, M. A. and L. Waverman (1983) "Regulation and the multiproduct firm : the case of telecommunications in Canada", in Fromm, G. (ed.), *Studies in Public Regulation*, MIT Press, pp. 277–313.
 - [21] Greene, W. H. (1993) "Frontier production functions," in M. H. Pesaran and P. Schmidt (eds.), *Handbook of Applied Econometrics III*, Blackwell.
 - [22] Jondrow, J., C. A. K. Lovell, I. S. Materov and P. Schmidt (1982) "On the estimation of technical in-efficiency in the stochastic frontier production function model," *Journal of Econometrics*, 19(3) pp. 233–238.
 - [23] Jorgenson, D. W. (1963) "Capital theory and investment behavior," *American Economic Review*, 53(2) pp. 247–259.
 - [24] 衣笠達夫 (1995) 『公益企業の費用構造』多賀出版.
 - [25] *ibid.*, (2005) 『公益事業の生産性分析』中央経済社.
 - [26] Kinugasa, T. (2006) "A Dynamic Factor Demand Model under Uncertainty on Japanese Gas Firms : Application of Ito's Stochastic Differential Equation", *Proceedings of the 37th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications*, pp. 208–213.
 - [27] Kumbhaker, S. C. and C. A. K. Lovell (2000) *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press.
 - [28] Manski, C. F. (2000) "Economic analysis of social interactions", *Journal of Economic Perspective*, 14(3) pp. 115–136.
 - [29] Meeusen, W. and J. van den Broeck (1977) "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error," *International Economic Review*, 28 pp. 435–444.
 - [30] Morrison, C. J. (1992) *A Microeconomic Approach to the Measurement of Economic Performance*, Springer-Verlag Press.

- [31] *ibid.*, (1999) *Cost Structure and the Measurement of Economic Performance*, Kluwer Academic Publishers.
- [32] Morrison, C. J. and J. P. Cohen (2002) “Spatial and Supply/Demand Agglomeration Economies, Working paper 2002–05, University of California, Davis.
- [33] Morrison, C. J. and D. Siegel (1997) “External Capital Factors and Increasing Returns in U. S. Manufactures,” *Review of Economics & Statistics*, 79(4) pp. 647–655.
- [34] *ibid.*, (1999) “Scale Economies and Industry Agglomeration Externalities : A Dynamic cost Function Approach,” *American Economic Review*, 89(1) pp. 272–290.
- [35] Nadiri, M. I. and I. R. Prucha, (1990) “Dynamic Factor Demand Models, Productivity Measurement, and Rate of Return”, *Structural Change and Economic Dynamics*, 1(2) pp. 263–289.
- [36] *ibid.*, (2000) “Dynamic Factor Demand Models and Productivity Analysis”, in C. R. Hulten ed. *New Development in Productivity Analysis*, Studies in Income and Wealth 63, pp. 103–173.
- [37] 中山徳良 (1999) “日本企業の生産性と役員数,” 『日本経済研究』 38 pp. 48–61.
- [38] *ibid.*, (2003 b) 『日本の水道事業の効率性分析』 多賀出版.
- [39] 中島隆信 (2001) 『日本経済の生産性分析』 日本経済新聞社.
- [40] Nelson, R. A. and M. E. Wohar, (1983) “Regulation, Scale Economies, and Productivity in Steam Electric Generation”, *International Economic Review*, 24(1) pp. 59–77.
- [41] Nemoto, J., Y. Nakanishi and S. Madono (1993) “Scale Economies and Overcapitalization in Japanese Electric Utilities,” *International Economic Review*, 34(4) pp. 431–440.
- [42] Peterson, H. C. (1975) “An Empirical Test of Regulatory Effects,” *Bell Journal of Economics*, 6 pp. 111–126.
- [43] Pindyck, R. S. and J. J. Rotemberg (1983) “Dynamic Factor Demand and the Effects of Energy Price Shocks”, *American Economic Review*, 73(5) pp. 1066–1079.
- [44] Schmidt, P. (1985) “Frontier Production Functions,” *Econometric Review*, 4(2) pp. 289–328.
- [45] Spann, R. M. (1974) “Rate of Return Regulation and Efficiency in Produc-

- tion”, *Bell Journal of Economics and Management Science*, 5 pp. 38–52.
- [46] Solow, M. R. (1957) “Technical change and the aggregate production function”, *Review of Economics and Statistics*, 39(3) pp. 312–320.
- [47] 末吉俊幸 (2001) 『DEA——経営効率分析法——』朝倉書店.
- [48] Toda, Y. (1976) “Estimation of a cost function when the cost is not minimum : The case of Soviet manufacturing industries, 1958–1971,” *Review of Economics and Statistics*, 58(3) pp. 259–268.
- [49] 刀根薫 (1993) 『経営効率性の測定と改善, 包絡分析法 DEA による』日科技連.
- [50] 鳥居昭夫 (2001) 『日本産業の経営効率』NTT 出版.
- [51] 植草益, 鳥居昭夫 (1986) “Stochastic Production Frontier を用いた日本の製造業における技術非効率度の計測,” 『経済学論集』53(3) pp. 2–23.
- [52] 浦上拓也 (2001) 『日本の水道事業の需要・供給に関わる計量分析』神戸大学経営学研究科博士論文.

(2006 年 7 月 31 日受理)