

技術進歩測定の展望

藤野 志朗

経済成長は技術進歩を措いては論じえないが、その測定が実際に試みられるようになったのは一九五〇年代に入ってからである。ここに技術進歩とは、いうまでもなく資本に具現化される新技術をいうのであり、シュンペーターのいう新機軸(innovation)とは区別される。あるいは、新機軸のなかの生産工程の技術的改善にのみ限るといえる。そのことは、たとえば新商品が出現した場合、それと類似の旧商品との間で「変化」を量る共通の尺度をもちえないからであり、それを強行しても指数問題に陥るだけであろうからである。

技術進歩の測定は生産函数分析に基礎をおいているが、この性質上それは当然であろう。ただその場合測定された結果には、純粹に生産技術上の改善のみならず、労働の熟練度の変化や組織の改善等の効果も含まれることになる。投入量増加で説明されない産出量増加部分をすべて技術進歩による効果と呼ぶことになる。ドマーの「残差」である。

技術進歩の測定は種々試みられているが、それを幾つかに色分けすることができる。(1) ソローが最初に行いマッセルが踏襲した方法、(2) 生産函数に時間の要素を一定の形で挿

入し時系列データに当嵌めた方法。これにはパラバニス、ニッターモー、オークルスト、およびブラウソロポフキンがある。(3) クロス・セクション・データと時系列データとを結合して測定する方法。レッサーがそれである。(4) 資本のデータを使用せず測定する方法を工夫したヨハンセン。(5) ファールの等産出量曲線を描いて測定する方法。

これらの方法はいずれも集計値の段階で技術進歩を計測しようとするのであるが、一つの産業をとらえてその産業が実際に経験した生産技術の変化を歴史的に追跡しながら技術進歩を推計しようとするミクロの立場での分析が他方にある。この視点での分析はあまり試みられていないが、そのなかですぐれた研究にセメント業を取り扱った西川伸作氏の論文がある。ここでは上記(1)から(5)までを順次取り上げることにする。

(1) ソローの方法はすでに周知のことであろうが、生産函数 $Y=A(t)F(K, L)$ を時間 t に関して微分整理し、規模に対する収縮不変と要素弾力性 \parallel 分配率の仮定をもうけて、 $A/A \parallel \dot{y} - W \dot{w}/w$ から技術進歩率を計測する。(ただし、 Y, K, L, t は生産量、資本、労働、時間、労働一人当り生産量、労働一人当り資本、分配率とする。記号は以下同じ)。合衆国非農業部門について彼の計測結果(一九〇九年～一九四九年)は、平均約一・五%の技術進歩率であった。問題は分配率を要素弾力性に等しいとおく仮定であろう。その点に関するソロー自身の説明は如何にも弱く感じられる。マッセルはアメリカの製造業についてソローの方法をそのまま適応したにすぎず、多

く語るべきものはない。いずれにしろソローは技術進歩測定に
関して一つの有力な方法を提示したといえるのであるが、上
に指摘したところからこの国にでもそのまま適用することは
危険であろう。

(二) 時系列データから、多重回帰をもとめる方法で、技術
進歩を測定してみようとするのは、多く考えつく方法であろ
う。これには、技術進歩をあらわす項を挿入した生産函数
 $Y = A \cdot K^{\alpha} L^{\beta} f(t)$ の対数をそのまま時系列データにフィッ
トさせる単一方程式分析と、連立方程式の一つとして推計した
ものとの二つがこれまでにある。単一方程式接近にはニッター
モー、オークルスト、ブラウン・ホブキンがあり、連立方程式
接近はバラバニスが試みている。ここで両接近法の問題にまで
立ち入る余裕はないしまたその必要もないが、フィンランドに
ついてのニッターモーとノールウェイについてのオークルスト
の方法は最小二乗法によるもっとも単純で古典的なやり方であ
る。アメリカの非農業部門についてのブラウン・ホブキンの測
定も同様ないが、ただ異なる点は、対象とする全期
間内で母集団が同質か否か、つまり構造変化が起ったか否かの
テストを許容区間を用いて行い、構造変化が起ったか否か
の年の前後を分け、各々を技術的エポックと呼び、それぞれ別
個に生産函数の計測を行い、エポックからエポックにかけて非
中立的技術進歩があったとする。従って単一方程式接近とはい
え、ニッターモーやオークルストの方法よりすぐれているとい
えよう。ただこのような場合、たとえばコンフルエンスの問題

などをどう処理するのか、問題が残るであろうが、もしそれが
可能ならウォルトの条件付回帰も一つの救いとなるろう。

(三) レッサーは非特定変数法と呼ばれる方法を工夫し、イ
ギリスの石炭産業の技術進歩を測定した。それは時系列データ
に直接方程式を当嵌めることから起る欠点を補うことを目的と
しているが、イギリスの石炭産業地帯を八地域に分け、地域別
のクロス・セクション・データと時系列データを組み合せ、生
産函数はコブ・ダグラス型を仮定して測定を行なっている。こ
れについてはバラバニス⁽¹⁹⁾に要領良く纏めてあるのでその説明は
それにゆずる。

(四) ソールター⁽¹⁵⁾の研究に刺戟されて始めたというヨハンセ
ンは、「あいまいな資本データ」を使わずに技術進歩の測定方
法を工夫しようとしたが、あいまいな資本を利用しない代償と
して強い仮定をおくことを余儀なくされている。コブ・ダグラ
ス生産函数 $Y_{it} = A_{it} K_{it}^{\alpha} L_{it}^{\beta}$ を考え、それを per capita
になおし、賃金率(実は限界生産力)の資本費用に対する相対
的増加率が、各産業ですべて等しいと仮定して、 $\log(a_{it}/a_{i2t})$
 $= \alpha \log W_t + \log(A_{it}/A_{i2t})$ なる式を導出し、 $a_{it} =$ 産業分配
率と仮定して、その分配率と労働生産性 a_{it} とのデータから回
帰式を求めようとする。ヨハンセンの着眼点にも一理あるが、
その計測結果をみればあいまいな資本データを用了た方がよさ
そうに思えるのは、代償の方が大きいためであろう。いずれに
しろヨハンセンの方法は、そのような試みもあるのだという一
例であろう。

(五) 技術進歩を計測する場合多くが生産函数にコブ・ダグラス型をとっているが、そのように最初から生産函数の特化をせず、先ずデータをプロットさせて等産出量曲線を求めて技術進歩を測定しようと工夫したのがファレルである。生産物単位当り要素投入量のある年についてプロットして等産出量曲線を求めるのであるが、ファレルの場合分析の視点がどちらかといえば静態的であり、プロットされた点が等産出量曲線の上にあるか、それよりも内側にあるかによって工場とか企業の技術的能率を判定しようとするに力点がおかれているが、たとえば選ばれた企業群で異時点の組み合わせをプロットして曲線を幾つか求めていけば、ソールターと同様な技術進歩率測定の方法に進みうる。ついでながらファレルのいう総合能率はソールターの最新技術 (best practice technique) と全く同一概念である。

技術進歩の測定についてはこれまで簡単に触れてきたように幾つかの方法が試みられているが、集計値の分析ではレッサーの開発になる非特定変数法がすぐれているといえよう。勿論これとて弾力性が規模(あるいは地域)間で同一などの弱点をもつことはいうまでもない。

これまでのところはミード⁽¹²⁾のいう資本の完全可塑性の仮定を暗黙のうちに認めてきた。カルドア⁽¹⁷⁾がいみじくも指摘し、且つその理論化に失敗した技術進歩と投資の関係がそれである。新技術は新投資や置換投資に具現化されるものであり、たとえそれによってこれまでの資本ストックの技術的改善が多少なりと

も実現されるとしても、その効果はそれほど大きいとは考えられない。ヨハンセン⁽⁶⁾はその間の事情を事前の代替性、事後の代替性という言葉で説明しているし、ソールターは計画函数 (planning function)、利用函数 (utilization function) なる概念で説明している。さらに、ソロー、マッセル、カルドア⁽⁸⁾、アーマリーズ⁽⁸⁾等がその線に沿って理論的展開を行なっているが、粗投資による技術進歩測定の方法を考案しているのはソローであり、ソローほど直接それを目的とはしていないがソールターにもある。ソローは機械のもつ一定の型 (vintage) を考え、その特定の vintage をもつ機械についてのコブ・ダグラス生産函数を設定する。ソローが巧妙にも導いた結論では、資本の vintage を理論の出発点として考えながら、実際に技術進歩率を測定する段階では減価償却率と要素弾力性が他から与えられると、それは投資と全体の生産量と全体の労働量のデータから推計されることになる。つまり必要なデータは投資以外これまで同様のものでよいわけである。

ソールターの方法は、生産物単位当り投資と労働についての無差別曲線の原点方向へのシフトをもつて技術進歩を規定する。(ここに生産物とは粗投資とそれに要する労働から産出される付加的生産物である。) ソールターの技術進歩率を示す式は、要素価格が限界生産力に等しいとすれば、技術進歩函数と呼ばれているものと形式的に同じであることが証明できる。こ

こでもしそれを測定しようとするれば技術進歩は残差である。以上幾つかの論文をとりあげ測定の視点から簡単にサーベイ

しつたならば、技術進歩も経済成長に果した役割は大であるからその測定をトランプしてやる価値は十分ある。

- (1) Aukrust, O., "Investment and Economic Growth," Productivity Measurement Review, Feb. 1959.
- (2) Brown, M. and Pophin, J., "A Measurement of Technological Change and Returns to Scale," Review of Economics and Statistics, Nov. 1962.
- (3) Donnar, E. D., "On the Measurement of Technological Change," Economic Journal, Dec. 1961.
- (4) Farrell, M. J., "The Measurement of productive efficiency," Journal of Royal Statistical Society, Part III, 195 f.
- (5) Johansen, L., "A Method for Separating the Effects of Capital Accumulation and Shifts in Production Functions upon Growth in Labor Productivity," Economic Journal, Dec. 1961.
- (6) Johansen, L., "Substitution versus Fixed Coefficients in the Theory of Economic Growth," *Econometrica*, Apr. 1959.
- (7) Kaldor, N., "A Model of Economic Growth," *Economic Journal*, Dec. 195 f.
- (8) Kaldor, N. and Mirrlees, J. A., "A New Model of Economic Growth," *Review of Economic Studies*, June 1962.
- (9) Leser, C. E. V., "Production Functions and British Coal Mining," *Econometrica*, Oct. 1955.
- (10) Massell, B. F., "Capital Formation and Technological Change in United States Manufacturing," *Review of Economics and Statistics*, May 1960.
- (11) Massell, B. F., "Investment, Innovation and Growth," *Econometrica*, Apr. 1962.
- (12) Meade, J. E., *A Neo-Classical Theory of Economic Growth*, 1961.
- (13) 西川俊作『技術進歩と生産構造—マニファクチャー工業に関する経済的研究—』季刊理論経済学、昭和三八年五月。
- (14) Nittamo, O., "Development of Productivity in Finnish Industry, 1925~1952," *Productivity Measurement Review*, Nov. 1958.
- (15) Salter, W. E. G., *Productivity and Technical Change*, 1960.
- (16) Solow, R. M., "Technical Change and the Aggregate Production Function," *Review of Economics and Statistics*, Aug. 1957.
- (17) Solow, R. M., "Investment and Technical Progress," *Mathematical Methods in the Social Sciences* (E. J. Arrow, S. Karlin and P. Suppes, Editors), 1959.
- (18) Valavanis, S., "An Econometric Model of

Growth, U. S. A. 1869~1953," American Economic Review, May 1955.
(61) Valavanis, S., *Econometrics*, 1959. (川勝昭平訳、計量経済学、昭和三八年。)

(2) Wold, H. and Jureén, L., *Demand Analysis—A Study in Econometrics*, 1953.
(一橋大学大学院博士課程修了者)