[redacted]

マレイ・ブラウン

『技術変化の理論と計測』

Murray Brown, *On the Theory and Measurement of Technical Change*, Cambridge Univ. Press, 1966, pp. xii+214.

1. はしがき　経済理論のなかで生産関数論が占めるウェイトが極めて大きいことはいうまでもない。有名なコッブ・ダグラスの生産関数は早くから分析の対象となっ

たが，この関数は，古典的な形では，技術進歩の問題や経済成長の問題を充分解明する力を持っていない。最近10年間に行われた生産関数論[1]は，この種の問題を分析するのに好都合なように工夫されてきた。このような試みはまたコッブ・ダグラス型のより一般的な研究でもある。いわゆるCES(constant elasticity of substitution)生産関数はK. J. Arrow, H. B. Chenery, B. S. Minhas, R. M. Solowのグループと M. Brown, J. S. de Caniのグループによってそれぞれ独立に研究されてきたが，そこでは技術と成長の問題が手際よく取り扱われている。

本書はこの種の研究に貢献してきた学者の1人M. Brownの手による著書である。本書を一読してわかることは，これが生産関数論のテキストとして一般読者に益することが大きいということであるが，それと同時に，本書は，著者の言葉を借りていえば，技術進歩と計量経済学的接近へ1歩前進しようと意図している。(p. vii)

この書評では，生産関数の理論的側面に注視し，計量経済学的な分析についてはこれを割愛した。その理由は，紙面の関係もさることながら，近い将来，もう少し系統的に測定の問題を取り扱いたいからである[2]。

2. 本書の内容　本書は3部と4つの付録から構成されている。第I部は技術進歩の分析を行うための一般的な仕組みを取扱い，第II部はこの一般的な仕組みに基づいて技術変化を測定するための知識を説明し，最後の第III部では，技術変化の経験的な測定を問題としている。このうち，本稿では，第I部について，順を追って各章の内容を紹介することにしよう。

第I部は5章から成る。そのうち最初の第2章(第1章は序説)では生産理論で技術進歩をどのように取り扱うかを問題とする。すなわち，新古典派的な生産関数の一般的な仕組みのなかで技術変化の分析用具としての定義を与えている。技術変化には一般的に2つの型が区別される。そのうちの1つは中立的，他は非中立的といわれる。これらの概念は生産関数のワク内で定義される。

(1)　生産関数は産出の最大量とそれを生産するための投入との間の関係をあらわすものであり，そのためには，ある与えられた産出量を生産するのにいろいろな比率で投入を相互に共働させる方法をあらわすものである。

(2)　生産関数は抽象的技術(abstract technology)を具体化したものであって，ある種の技術と経済量とから抽象化されたものである。抽象的技術には4つの特性がある。(i)　技術の能率。これは投入量がきまりかつ抽象的技術の他の特性がきまったとき，どれだけの産出がえられるかを示すものである。(ii)　技術的に決定される規模の経済。これは，各投入が比例的に変化したとき，企業活動の規模ではなく，技術水準に依存して決定される産出の比例的な変化の度合である。(iii)　技術の資本集約度。代替の弾力性が一定であり，相対的要素価格が変らない場合，資本集約度の特性が大きければ，これに伴って資本・労働投入比率が大きくなることを指す。(iv)　資本が労働に代替される容易さ，つまり代替の弾力性。代替の弾力性が比例的に変化するのに対応して，相対的な要素投入が比例的にどれだけ変化するかをあらわす特性であって，等量曲線のグラフに即していえば，代替の弾力性はその曲線の曲率によって測られ，これが大きければ大きいほど，等量曲線の曲率は小さくなる。

以上のように中立的，非中立的技術進歩を，4つの特性によって定義すれば，中立的進歩は限界代替率を変えるものではない。これに対して非中立的変化はこれを変えるものである。資本の限界生産力が，労働・資本の結合比率を与えたとき，労働の限界生産力に比して，増加するならば，労働節約的もしくは資本使用的変化は，他の条件にして等しいかぎり，労働の限界生産力を資本の限界生産力に比して大きくする。

中立的技術変化は技術の能率の変化ないし技術的に決定された規模の経済の変化を包含する。非中立的変化は資本集約度および代替の弾力性の変化と関係している。

第3章ではコッブ・ダグラスの生産関数を取り上げ，これについて，生産量と技術との変化を分析する。ここではまず3つの基準を挙げる。

第1の基準は，限界生産力がプラスであることである。第2には限界生産力が少くとも産出量のある範囲を越えると，減少するということ，第3には，関数が先験的に規模に関する収益に何等の制限もつけないということである。制限のついていないコッブ・ダグラスの生産関数はこのような3つの基準を満足している。

第4章ではいわゆるCES生産関数を取り上げる。この関数が上記の3つの新古典派的基準を満足することを

1)　この方面のテキストとしては，Brownの著書のほかに，R. G. D. Allen, *Macro-Economic Theory, A Mathematical Treatment*, Macmillan, 1967がある。なお，技術進歩と分配の問題を論じた最近の文献として，J. G. M. Hilhorst, *Monopolistic Competition, Technical Progress and Income Distribution*, Rotterdam Univ. Press, 1965を挙げておく。

2)　測定についての最近の研究としては，Marc Nerlove, *Estimation and Identification of Cobb-Douglas Production Functions*, Rand McNally and Co., Chicago, 1965がある。

明らかにし，さらに周知の一般的特性と技術進歩に即して説明を行っている。第5章で長期，短期，趨勢の3つの期間を定義して，おのおのの生産過程を説明したのち，第I部の中心問題である第6章に移る。

この章では体化された生産関数(embodied production function)を取り扱かう。まずソローの技術変化モデルについて考察する。$C_\nu(t)$ は ν 期において生産され現在も稼働中の資本，ν 型の資本と共働する労働を $N_\nu(t)$，この期間に生産される生産量を $X_\nu(t)$ とする。t 期におけるあらゆる型からえられる生産量 $X(t)$ は

$$X(t)=\int_{-\infty}^{t}X_\nu(t)\,d\nu \tag{1}$$

で与えられる。各型の資本財に対して生産関数が考えられるが，これをコップ・ダグラスの形であらわせば

$$X_\nu(t)=F(\nu,t)N_\nu(t)^{\alpha}C_\nu(t)^{1-\alpha} \tag{2}$$

となる。上式において $F(\nu,t)$ は ν 型の資本財を使用したときの効率であり，つぎのように書かれる。

$$F(\nu,t)=Be^{\lambda\nu+gt} \tag{3}$$

ここに λ はこの型の資本財の生産性進行率，g は時間の経過だけによる生産性進行率であり，したがって g は体化されない技術進歩率を示す。労働の供給関数 $N(t)$ は

$$N(t)=\int_{-\infty}^{t}N_\nu(t)\,d\nu \tag{4}$$

さらに $C_\nu(t)$ は一定の減価をこうむるものとして

$$C_\nu(t)=I(\nu)e^{r(\nu-t)} \tag{5}$$

$I(\nu)$ は ν 型の資本財への投資である。この場合，ν 型の資本財と共働する労働の限界生産力 $m(t)$ は，上式から

$$m(t)=\frac{\partial X_\nu(t)}{\partial N_\nu(t)}=\alpha B\cdot\exp\left[\lambda\nu+gt+\gamma(\nu-t)\right]\times I(\nu)^{1-\alpha}N_\nu(t)^{\alpha-1} \tag{6}$$

と計算され，これから $N_\nu(t)$ を求めると

$$N_\nu(t)=h(t)I(\nu)\exp\left[z\nu+\left(\frac{g}{1-\alpha}-\gamma\right)t\right] \tag{7}$$

がえられる。上式において h は t だけの関数であり

$h(t)=m(t)^{-1/(1-\alpha)}(\alpha B)^{1/(1-\alpha)}$　　また　$z=\dfrac{\lambda}{1-\alpha}+\gamma$

である。(3), (5), (7)式を(2)式に代入すれば

$$X_\nu(t)=B\exp\left[\frac{gt}{1-\alpha}-\gamma t\right]h(t)^{\alpha}e^{z\nu}I(\nu) \tag{8}$$

がえられる[3]。最後に(7)(8)両式を ν について積分して

$$X(t)=Be^{gt}N(t)^{\alpha}J(t)^{1-\alpha} \tag{9}$$

がえられると説く。(p. 80の(6.9)式)[4]ただしここに

$$J(t)=\int_{-\infty}^{t}I(\nu)e^{z\nu}d\nu \tag{10}$$

であり，この式は各型の資本財が生産力の改良要因 $e^{z\nu}$ によって加重されることを示す。(9)式は体化されたソローの技術変化モデルである。最後に古い型の投資財 $I(\nu)$ を新型 $I(T)$ に取り代える場合の限界代替率の公式 $\dfrac{\partial X(t)/\partial I(\nu)}{\partial X(t)/\partial I(T)}=-\dfrac{dI(T)}{dI(\nu)}$ を(9)式に代入して

$$-\frac{dI(T)}{dI(\nu)}=e^{z(\nu-T)} \tag{11}$$

をうる。この式の意味はつぎの如くである。古い投資財を減らして新らしい投資財と買い代える場合，生産量には変化がないようにするには，どのくらいの新投資財が必要であるかが(11)式の意味であり，T をゼロとおけば，ソローの公式となる。ウェイト $e^{z(\nu-T)}$ は ν と T とに関する投資財の限界代替率だけから形成され，他の投入とは無関係であるという意味で，技術的に異質な資本財のアグリゲーションに関するレオンチエフ・ソローの条件を満足する。本書の理論面に関するかぎり，著者の積極的な展開はこの第6章にあると見られる。

3. 終りに　以上Brownの著書の第I部だけを紹介したのであるが，本書の特色を一言にしていえば，初めにも述べたように，最近10年間に発展した生産関数論のテキストとして勝れているという点である。すなわち生産関数と技術変化，経済成長との関係を手際よく整理し，あまりこの方面になじまなかった読者にも，一応理解できる程度に解説している。ただ第I部の中心をなすものと見られる第6章では数式に誤りが見出されるで，ここで，正しい結果を掲げておく。

(6)式を正確に計算すると

$$m(t)=\alpha B\cdot\exp[\lambda\nu+gt+\gamma(1-\alpha)(\nu-t)]\times I(\nu)^{1-\alpha}N_\nu(t)^{\alpha-1} \tag{6a}$$

となる。(7), (8)式は(6a)式を使って誘導することができる。最後に(9)式の正確な結果は

$$X(t)=Be^{kt}N(t)^{\alpha}J(t)^{1-\alpha} \tag{9a}$$

ここに $k=gt-\gamma(1-\alpha)t$ をあらわす[5]。しかし(9a)式のなかの $J(t)$ は依然として(10)式で表されるから，著者の主張には変更はない。

【山田　勇】

3) (6)(7)(8)の3式に対応する原文には誤りがある。

4) この式は次節で問題とする。

5) 6a)式はソローの論文(R. M. Solow, "Investment Functions and Technical Change." in K. J. Arrow, S. Karlin and P. Suppes, ed., *Mathematical Methods in the Social Sciences*, 1959, Stanford Univ. Press, 1960)の(7)式に対応する。(Solow, *ibid*., p. 92.)