

システムーワイド・アプローチによる TFP計測とK-指標の理論

土居 拓務

明治大学 兼任講師

Center for Research in Economic Education

Meiji University Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties

システムワイド・アプローチによる TFP 計測と K-指標の理論

明治大学 兼任講師 土居拓務

概要：本稿は、従来の一次同次・完全競争を前提とするソロー残差型 TFP 計測を拡張し、Theil のシステムワイド・アプローチに基づく $1/\gamma$ 次同次生産関数から一般化 TFP 成長率を導出する手法、日本経済全体の規模の弾力性を基準とした K 指標を定義し、産業別の規模の弾力性を「競争不足」「望ましい競争」「過度の競争」の三領域に分類して技術進歩との関係性を評価する枠組みの既存研究を解説する。先行研究を整理したうえで、規模の弾力性がマクロ平均に収束すると仮定し、TFP 残差の測定誤差などの限界を認識しつつ、技術進歩と競争状態の「望ましいバランス」を数量的に捉えることを目指すのである。

キーワード：システムワイド・アプローチ 規模の弾力性 K 指標 ソロー残差 TFP

1. はじめに

日本経済の長期停滞や成長率の低迷を議論するうえで、全要素生産性（Total Factor Productivity : TFP）の動向とその規定要因をどのように捉えるかは、依然として中心的課題である。とくに、産業間・企業間の競争状態が技術進歩に与える影響を検証するには、TFP の計測方法だけでなく、規模の弾力性（規模の経済性）や市場構造をどのようにモデル化するかが重要となる。

従来の成長会計では、一次同次生産関数と完全競争を前提に、出力成長率から投入要素成長率を所得シェアで重み付けして控除した残差として TFP 成長率（ソロー残差）を定義する手法が主流であった。しかし、Hall (1988, 1989) や Basu and Fernald (1995) をはじめとする研究が示すように、現実の産業では不完全競争や規模の経済性、稼働率変動などが存在し、ソロー残差を技術ショックと同一視することには理論的・計測上の限界がある。

本稿は、こうした先行研究を踏まえつつ、Theil (1980) のシステムワイド・アプローチ（ロッテルダムモデルの生産理論）を応用することにより、一次同次性の仮定を緩和した $1/\gamma$ 次同次生産関数にもとづく TFP 計測の枠組み

を整理する。そのうえで、日本経済全体の規模の弾力性を基準とした相対指標として K-指標を定義し、規模の弾力性と競争状態・技術進歩との関係性を評価するための理論的基盤を明らかにすることを目的とする。

以下ではまず、第 2 節で国内外の TFP 研究の蓄積を概観し、日本経済における TFP 計測の位置づけを整理する。第 3 節では、システムワイド・アプローチにもとづき、1 次同次ケースから $1/\gamma$ 次同次ケースへの拡張と TFP の定義を導出する。第 4 節では、日本経済全体を基準とする K-指標の定義と解釈、およびその理論的前提について検討し、産業の競争状態と技術進歩の「望ましい範囲」を相対的に評価するための枠組みを提示する。

2. TFP に関する既存研究の整理

ここでは技術進歩の指標として全要素生産性（Total Factor Productivity : TFP）伸び率を用いる。日本における TFP を用いた技術進歩率の分析としては、黒田 (1981) が日米の生産性推移と市場パフォーマンスを比較し、1 次同次生産関数を前提とした成長会計により TFP を計測した研究が先駆的である。その後、櫻川 (2005) や Solow (1957) による生産量の成長

率から投入要素の成長率とその分配率を控除することによって TFP を導出する、いわゆるソロー残差に基づく手法と、Hall (1988,1990) および Basu and Fernald (1995) による規模の収穫一定や完全競争の仮定を緩和した TFP 計測手法とを体系的に整理し、日本に紹介している。さらに、長澤 (2009) は垂直統合型の TFP 指標を用いて IT 産業の生産性を実証分析し、IT 投資が必ずしも TFP 上昇、ひいては技術進歩率の上昇に直結していないことを示している。

国際的な先行研究としては、Solow (1957) が TFP を「生産要素投入では説明しきれない産出の増加分」として位置づけて以来、Jorgenson and Griliches (1967) がディビジア指数を用いた成長会計の枠組みを整備し、Hulten (2001) が TFP 概念と計測方法を包括的に整理している。また、OECD (2001) の『Measuring Productivity: OECD Productivity Manual』は、産業別・マクロ別の TFP 計測について標準的な定義と実務的な指針を与え、各国の統計機関による生産性指標の整備に大きな影響を与えている。

日本経済に特化した TFP 研究としては、黒田の一連の研究に加え、深尾・宮川ほか (2003, 2004) が JIP (Japan Industrial Productivity) データベースを構築し、産業別 TFP の推計を通じて 1970 年以降の日本経済の成長要因を詳細に分解している。また、日本銀行によるサーベイ研究 (たとえば「生産性の経済学—我々の理解はどこまで進んだか—」) は、TFP の計測方法やデータベース整備、資源配分の歪み、IT 化や無形資産が生産性に与える影響などを整理し、日本における TFP 研究の全体像を示している。以上の蓄積のうえに立ち、本稿は 1 次同次性の仮定を緩和した $1/\gamma$ 次同次生産関数を用いて TFP 伸び率を計測し、各産業の競争状態と技術進歩との関係を検証する (表 1)。

表 1 TFP 研究の一覧

文献	対象・データ	手法・前提	主な示唆	本稿との関係
黒田 (1981)	日本・米国のマクロおよび産業別生産性指標 (戦後日本)	一次同次生産関数を用いた成長会計により TFP を計測し、日米の生産性推移と市場パフォーマンスを比較。	日本における TFP 概念を用いた技術進歩分析を本格導入し、日本の高成長期以降の生産性動向を整理。	日本経済で TFP 分析がどのように導入されたかを示す基礎文献。本稿はその枠組みを拡張し、 $1/\gamma$ 次同次生産関数で TFP を測定する。
Solow (1957)	戦後アメリカ経済のマクロ時系列データ	出力成長率から資本・労働投入の成長率を所得分配比率で加重した値を差し引くことで、残差として TFP 成長率 (ソロー残差) を定義。	成長会計の標準的枠組みを提示し、TFP = 要素投入で説明されない技術進歩として位置づけた。	本稿で用いる出力成長率—ディビジア数量指数 = TFP という基本的な定義の原点。ここから一次同次仮定を緩めた拡張が本稿の方向性である。
Jorgenson & Griliches (1967)	米国のマクロ・産業別データ	成長会計を発展させ、価格・数量の測定誤差や集計の問題を精緻に扱いながら TFP を定義。KLEM 型	TFP 成長の多くは測定誤差や投入量の変化に起因しうることを指摘し、TFP = 無知の測度とい	本稿がディビジア指数とシェアに基づく TFP の理論的整合性を重視する際の理論的背景。

		アプローチの理論的基礎。	う見方を批判的に検討。	
Jorge nson, Kur oda & Ni shimi zu (1987) および P rodu ctivit y in Asia (2007)	日本・米国やアジア諸国の産業別ネデータ	トランスログ型生産関数理論に基づき、産業別のTFPレベルと成長率を日米あるいはアジア諸国間で比較。	日本の産業別TFPが1970年代以降に鈍化し、製造業とサービス業で大きな差があることを示す。	本稿が5産業のTFP成長と競争状態を比較する際の国際的な産業別TFP分析との接点になる。
櫻川 (2005)	TFP理論・計測に関する既存研究のサーベイ（主マクロ）	Solow型成長会計に加えて、Hall (1988, 1989) や Basu & Fernald (1995) など、不完全競争・規模の収穫一定を仮定しないTFP計測手法を整理。	ソロー残差が市場構造・マークアップ・稼働率に敏感であることを指摘し、TFPを純粋な技術ショックとみなすことの限界を示す。	本稿が1次同次を仮定しない1/y次生産関数によるTFP測定の理論的出発。櫻川が紹介した流れを実証的に展開。
Hall (1988, 1989)	米国の産業別ネデータ（出力・労働・価格等）	ソロー残差を用いて価格と限界費用の乖離（マークアップ）や規模の経済を推定し、完全競争・収	多くの産業で価格>限界費用であると、ソロー残差が需要ショックや稼働率変動を反映すること	本稿が規模の弾力性1/yを仮定してTFPを測る際、収穫一定を前提にしないTFP計測という点の問題意識を適用している。

		獲一定の仮定を緩和。	を示す。	
Basu & Fernald (1995)	米国の製造業別データ	規模の経済・マークアップ・需要ショックを同時に識別する構造モデルを構築し、TFP残差が本当に外部性なのかを検証。	見かけ上のTFPスピラーの多くは仕様誤差に過ぎない可能性を指摘し、TFPの計測上のバイアスを明らかにした。	本稿がTFP伸び率と競争状態を議論する際、TFP≠純粋な技術ショックの可能性を踏まえつつ、規模の弾力性に関連する立場をとる。
Nakajima, Nakamura & Yoshio ka (1998)	日本の製造業（1964-1988）の産業別ネデータ	同次度（同次性）kの生産関数を仮定し、指数理論に基づく方法で規模の経済と技術進歩を分解し、TFP成長の要因を推計。	規模の経済と技術進歩を分離してTFPを測る実務的手法を提示し、日本製造業におけるTFP成長の源泉を明らかにした。	本稿の1/y次同次生産関数モデルと同様、同次性を明示的に推定してTFPを分解するアプローチの先行例として位置づけられる。
Miyagawa (2006)	日本経済のマクロ・産業別TFPに関する理論実証研究のサーベイ	TFP測定理論と日本の生産データを整理し、生産性停滞要因（資源配分、IT投資、無形資産など）を概	日本でのTFP研究の全体像を提示し、JIPデータベース等の整備と成長会計の成果をまとめている。	本稿を日本におけるTFP計測と産業の別分析のフローとしての一部と説明する際の背景になる。

		観。		
長澤 (2009)	日本のIT関連産業の産業別データ(TFPおよび労働生産性)	全要素生産性と全労働生産性を用いて、IT投資と生産性の関係を実証分析。	IT投資が必ずしもTFP上昇(技術進歩率の上昇)に直結していないことを明らかにした。	本稿が5産業について投資＝技術進歩とは限らない可能性を念頭に、TFPと競争状態を分析する理由づけとなる。

3. システムワイド・アプローチによる TFP の定義

本節では、まず通常の1次同次生産関数の理論を解説し、そのうえで Theil (1980) のシステムワイド・アプローチ(ロッテルダムモデルの生産理論)の応用に基づく水野(1986)、Hall (1990, 1998) による $1/\gamma$ 次同次のケースを解説する。

(1) 利潤最大化行動と要素シェア

企業は、資本ストック K と労働投入量 L を用いて実質産出量 Y を生産する。生産技術は、時間 t とともに変化する一般的な生産関数である式(1)を仮定する。

$$Y = F(K, L, t) \quad (1)$$

企業は、与えられた生産関数のもとで利潤を最大化すると仮定する。

$$\pi = pY - rK - wL \quad (2)$$

Y : 実質生産量(付加価値ベースの産出)

K : 投入資本ストック量

L : 投入労働量(就業者数または労働時間)

r : 資本の価格、すなわち資本1単位当たりの

レンタル料(ユーザーコスト)

w : 労働の価格、すなわち労働1単位当たりの賃金率

p : 産出物の価格

π : 利潤

ここで、産出物の実質価格を $p=1$ とおけば、 $\pi = Y - rK - wL$ と計算することができ、利潤 π を0とすれば、 $Y = rK + wL$ の関係式が成り立つ。利潤最大化の一階条件は式(3)のように表せる。これは資本の限界生産物価値＝資本価格 r 、労働の限界生産物価値＝賃金 w という、完全競争下の通常条件である。

$$\frac{\partial F}{\partial K} = r, \quad \frac{\partial F}{\partial L} = w \quad (3)$$

両辺にそれぞれ K/Y 、 L/Y を掛けると、式(4)が得られる。

$$\frac{\partial F K}{\partial K Y} = \frac{rK}{Y}, \quad \frac{\partial F L}{\partial L Y} = \frac{wL}{Y} \quad (4)$$

左辺はそれぞれ「資本(労働)の産出弾力性」、右辺は「産出に占める資本費用(労働費用)の比率」である。ここで $Y = rK + wL$ から式(5)、(6)のように定義できる。

$$f_K = \frac{rK}{rK + wL} \quad (5)$$

$$f_L = \frac{wL}{rK + wL} \quad (6)$$

よって、 f_K は総費用($rK + wL$)に占める資本費

用のシェア、 f_L は労働費用のシェアとなる。価格を実質化し、完全競争と収穫一定の条件を仮定すると、総費用と総収入は一致するので、これらは同時に産出に対する資本・労働の所得シェアとみなせるのである。

(2) 1次同次生産関数とディビジア数量指数
生産関数が1次同次(規模の弾力性が1, すなわち収穫一定)であると仮定すると、オイラーの定理から式(7)を定義できる。

$$Y = \frac{\partial F}{\partial K}K + \frac{\partial F}{\partial L}L \quad (7)$$

そして、式(7)を微分してYで割ると式(8)となる。

$$d\ln Y = \frac{\frac{\partial F}{\partial K}K}{Y} d\ln K + \frac{\frac{\partial F}{\partial L}L}{Y} d\ln L \quad (8)$$

ここで、産出物の実質価格を $p=1$ と置いた式(2)、利潤最大化条件である式(3)より、式(8)の右辺の一部を式(9)、式(10)に書き換えることができる。

$$\frac{\frac{\partial F}{\partial K}K}{Y} = \frac{rK}{rK + wL} = f_K \quad (9)$$

$$\frac{\frac{\partial F}{\partial L}L}{Y} = \frac{wL}{rK + wL} = f_L \quad (10)$$

式(9)、式(10)を再び式(8)に代入することにより、式(11)を得られる。

$$d\ln Y = f_K \cdot d\ln K + f_L \cdot d\ln L$$

(11)

右辺は資本と労働の対数変化率のシェア加重平均であり、ディビジア (Divisia) 数量指数 $d\ln Q$ と呼ばれる。 $d\ln K$ は資本投入量の伸び率、 $d\ln L$ は労働投入量の伸び率、 f_K 、 f_L はそれぞれの要素が費用(ひいては所得)に占める比率であり、投入要素量の伸び率の加重平均を表している。

一方、左辺の $d\ln Y$ は生産量の伸び率を表している。理論通りであれば、資本投入量の伸び率 $d\ln K$ に資本の比率 f_K を乗じた $f_K d\ln K$ と労働投入量の伸び率 $d\ln L$ に労働の比率 f_L を乗じた $f_L d\ln L$ の合計値(ディビジア数量指数 $d\ln Q$) は $d\ln Y$ に等しくなる。しかし、現実には生産量の伸び率 $d\ln Y$ は資本と労働だけでは説明できない。技術水準、組織の改革、制度変化などの K や L の投入量として観測されない要因も影響しているからである。そこで、式(11)の残差を全要素生産性伸び率(技術進歩率)と定義したものがソロー残差と呼ばれる全要素生産性の伸び率(TFP成長率) ρ である(式(12))。

$$\rho = d\ln Y - (f_K \cdot d\ln K + f_L \cdot d\ln L) \quad (12)$$

ρ : ソロー残差に相当する全要素生産性の伸び率(TFP成長率)

$f_K \cdot d\ln K + f_L \cdot d\ln L$: ディビジア数量指数 $d\ln Q$

ただし、この式(12)による全要素生産性の伸び率(TFP成長率) ρ の計測値は次の2点の仮定が置かれた上での数値になる。(1) 生産関数が1次同次(規模の収穫一定)であること、(2) 産出および要素市場が完全競争で、長期的には利潤がゼロである(ゼロに近い)ことである。そのため、規模の経済や不完全競争が存在する現実の産業構造を十分に反映できない

という限界がある。

(3) システムワイド・アプローチの応用による $1/\gamma$ 次同次生産関数への拡張

そこで、Theil (1980) のシステムワイド・アプローチ理論に基づくロツテルダム型の生産モデルを用い、生産関数が 1 次同次でない ($1/\gamma$ 次同次である) 場合の式を定義する。

$$F(\lambda K, \lambda L, t) = \lambda^{1/\gamma} F(K, L, t) \quad (13)$$

式 (13) において、 λ が 0 より大きい ($\lambda > 0$) であると仮定する。その場合、 $1/\gamma$ は生産関数における同次性の次数であり、規模の弾力性 (returns to scale) (= 規模の経済性) となる。この規模の弾力性 (規模の経済性) $1/\gamma$ は以下の関係がある。

$$\begin{aligned} 1/\gamma = 1 & \dots \text{収穫一定} \\ 1/\gamma > 1 & \dots \text{収穫逓増} \\ 1/\gamma < 1 & \dots \text{収穫逓減} \end{aligned}$$

式 (13) に対してオイラーの定理を取り出す。まず、 λ で両辺を微分すると式 (14) になる。

$$\frac{\partial}{\partial \lambda} F(\lambda K, \lambda L, t) = \frac{\partial}{\partial \lambda} \left(\lambda^{1/\gamma} F(K, L, t) \right) \quad (14)$$

式 (14) の左辺は連鎖律により式 (15) になり、右辺は式 (16) になる。

$$\frac{\partial F}{\partial K}(\lambda K, \lambda L, t) \cdot K + \frac{\partial F}{\partial L}(\lambda K, \lambda L, t) \cdot L \quad (15)$$

$$\frac{1}{\gamma} \lambda^{1/\gamma-1} F(K, L, t) \quad (16)$$

これを $\lambda=1$ として評価すると式 (17) になり、式 (18) に書き換えられる。ここで式 (18) は 1 次同次の式 (7) と比較して Y に $1/\gamma$ が乗じられている。

$$\frac{\partial F}{\partial K}(K, L, t)K + \frac{\partial F}{\partial L}(K, L, t)L = \frac{1}{\gamma} F(K, L, t) \quad (17)$$

$$\frac{\partial F}{\partial K}K + \frac{\partial F}{\partial L}L = \frac{1}{\gamma} Y \quad (18)$$

ここで、生産関数の同次性の仮定にかかわらず、 Y の対数微分についての基本的な関係は、1 次同次の場合と同様に式 (8) で与えられる。

$$d \ln Y = \frac{\partial F}{\partial K} \frac{K}{Y} d \ln K + \frac{\partial F}{\partial L} \frac{L}{Y} d \ln L \quad (8) \text{ 再掲}$$

利潤最大化条件の式 (3) と産出物価格 $p=1$ のもとでは、 $\partial F / \partial K = r$, $\partial F / \partial L = w$ である。また式 (17) より

$$rK + wL = \frac{1}{\gamma} Y$$

が成り立つので、総費用を $C = rK + wL$ とおけば $C = Y/\gamma$ である。このとき、資本費用・労働費用のシェア f_K, f_L は式 (19) (20) である。

$$f_K = \frac{rK}{C} \quad (19)$$

$$f_L = \frac{wL}{C} \quad (20)$$

したがって、式 (21) (22) という関係が得られる。

$$\frac{\partial FK}{\partial KY} = \frac{rK}{Y} = \frac{rK}{C} \cdot \frac{C}{Y} = \frac{1}{Y} f_K \quad (21)$$

$$\frac{\partial FL}{\partial LY} = \frac{1}{Y} f_L \quad (22)$$

これらを式 (8) に代入すると、式 (23) を得る。

$$d\ln Y = \frac{1}{Y} (f_K d\ln K + f_L d\ln L) \quad (23)$$

右辺は、資本と労働の対数変化率を費用シェアで加重したものであり、 $1/Y$ 次同次の場合のディビジア (Divisia) 数量指数に相当する。

一方、左辺の $d\ln Y$ は生産量の伸び率である。現実には、生産量の伸び率 $d\ln Y$ は資本と労働投入だけでは説明しきれず、技術水準、組織改革、制度変化など、投入量として観測されない要因も影響している。そこで、式 (23) の残差を全要素生産性 (TFP) 伸び率として定義すると、式 (24) となる。

$$\rho = d\ln Y - \frac{1}{Y} (f_K \cdot d\ln K + f_L \cdot d\ln L) \quad (24)$$

式 (24) の ρ は、1 次同次性 (収穫一定) を仮定した従来のソロー残差を一般化したものであり、 $1/Y$ 次同次生産関数のもとで技術進歩を捉えるための TFP 成長率である。

式 (24) の右辺第 2 項は、規模の弾力性 $1/Y$ を掛けたディビジア数量指数 $d\ln Q$ である。式

(12) がディビジア数量指数 $d\ln Q$ そのもの (換言すれば、規模の弾力性に 1 を乗じたディビジア数量指数 $d\ln Q$) からソロー残差 (TFP 伸び率) ρ を計算したのに対し、式 (24) は規模の弾力性 $1/Y$ をディビジア数量指数に乗じており、規模の弾力性に 1 を仮定していないことがわかる。

現実の産業では、独占的競争や固定費の存在により、長期的にも利潤 π が完全に 0 になるとは限らない。その意味で、式 (12) は経済理論を過剰に取り入れた式であり、式 (24) はより現実的な枠組みを与えると解釈できる。

4. K-指標の開発背景

(1) 計算方法と概要

本研究のオリジナリティは、Theil (1980) のシステムワイド・アプローチ (ロッテルダムモデルの生産理論) を応用し、日本経済全体を基準とする相対的な規模の弾力性指標 (K-指標) を導入する点にある (注)。K-指標 (以下、K) は規模の弾力性の絶対値ではなく、日本経済全体と比較した相対値で各産業の位置づけを評価する指標である (水野・河合・土居, 2022)。

経済学では通常、所得弾力性であれば 1、価格弾力性であれば 0、また生産関数の同次性であれば 1 (収穫一定、長期均衡で利潤ゼロ) といった絶対的な基準値にもとづき、財・産業の性質を分類する。しかし、これらの絶対基準だけでは、ある産業の規模の弾力性が「その国の経済全体の中で」どのような意味を持つのかは判断できない。水野・河合・土居 (2022) では、日本経済全体を基準に各産業の規模の弾力性を相対評価する K を定義し、その値から「競争状態と技術進歩との関係がどの程度、望ましい範囲にあるか」を読み取ることを試みる。

規模の弾力性 $1/Y$ の相対的指標 K を、各産業 i の規模の弾力性 $1/Y_i$ と、日本経済全体の規模の弾力性 $1/Y_{\text{macro}}$ との差として次のよ

うに定義するのである。

$$K = \left(\frac{1}{\gamma}\right)_i - \left(\frac{1}{\gamma}\right)_{\text{macro}} \quad (25)$$

ここで $(1/\gamma)_i$ は産業 i の推計された規模の弾力性、 $(1/\gamma)_{\text{macro}}$ は日本経済全体の規模の弾力性である。 K が正であれば、その産業は日本経済全体よりも収穫逓増寄り（資本投資が進み独占的傾向寄り）、 K が負であれば、日本経済全体よりも収穫逓減寄り（競争が激しい）であることを意味する。

表 2 Kの範囲と競争状態の解釈

Kの範囲	競争状態
$K > 1 - (1/\gamma)_{\text{macro}}$ (規模に関して収穫逓増)	日本経済全体と比べても強い収穫逓増。独占的傾向が強く、競争が不十分であるため、技術開発が停滞しやすい状態。
$1 - (1/\gamma)_{\text{macro}} \geq K \geq 0$ (規模に関して相対的収穫逓減)	日本経済全体と比べて、やや収穫逓増寄りではあるが、独占には至っていない相対的収穫逓減の領域。適度な競争状態にあり、技術開発が進みやすい「望ましい範囲」。
$K < 0$ (規模に関して収穫逓減)	日本経済全体よりも強い収穫逓減。過度の競争状態にあり、企業が価格競争に迫られるため、技術開発へ十分な資源を回しにくい状態。

通常、規模の弾力性 $1/\gamma$ については、1 を基準にして、収穫逓増 ($1/\gamma > 1$)、収穫一定 ($1/\gamma$

$= 1$)、収穫逓減 ($1/\gamma < 1$) を分類する。しかし、この絶対基準だけでは「どの程度の収穫逓減なら望ましい競争状態か」「どの程度を超えると企業が疲弊し技術開発が困難になるか」といった実務的な判断は難しい。そこで、各産業であれば日本経済全体の規模の弾力性 $(1/\gamma)_{\text{macro}}$ 、各企業であれば各産業の規模の弾力性 $(1/\gamma)_{\text{macro}}$ を基準とし、差分 K の範囲によって表 2 のように解釈する。

このように K -指標を用いることで、単に「1 を上回るか下回るか」ではなく、「日本経済全体と比較してどの程度、競争が不足あるいは過剰なのか」「どの範囲が技術進歩にとって好ましいのか」を相対的かつ定量的に評価できる。

(2) K-指標の理論的前提

ここで暗黙の前提として、規模の弾力性はより広い集計単位の平均値に向かって収束する傾向を持つと仮定する。具体的には、個々の企業レベルでは、収穫逓増の企業には新規参入や模倣が誘発され、収穫逓減の企業は退出や縮小を余儀なくされるため、時間の経過とともに企業の規模の弾力性は産業全体の平均値に近づくと考えられる。同様に、産業レベルでも、資本・労働の産業間移動や技術の波及効果を通じて、各産業の規模の弾力性は一国全体の平均的な規模の弾力性に収束していく傾向があるとみなせる。

理論的には、完全競争と技術の完全な拡散が成立する極限において、経済全体の規模の弾力性は 1（収穫一定）に近づくと考えられる。しかし、実際の経済では制度・市場構造・技術水準が絶えず変化しており、すべての産業が 1 に収束するまでには極めて長い時間を要する。したがって、本稿では現実的な均衡ベンチマークとして「1」そのものではなく、観測された日本経済全体の規模の弾力性 $(1/\gamma)_{\text{macro}}$ を基準値とし、その周りで各産業の相対的な位置づけを評価するものである。

5. まとめ

本稿では、TFP に関する国内外の既存研究を整理したうえで、Theil (1980) のシステムーワイド・アプローチを応用し、一次同次生産関数を前提としない $1/\gamma$ 次同次生産関数にもとづく TFP 計測理論を明示的に導出した。その際、利潤最大化条件とオイラーの定理を用いて、規模の弾力性 $1/\gamma$ と資本・労働のコストシェアとを結び付け、ディビジア数量指数に $1/\gamma$ を乗じた形で TFP 成長率を定義できることを示した。これは、従来のソロー残差が暗黙に仮定してきた「収穫一定・完全競争」という制約を緩和しつつ、指数理論の枠組みを維持する計測方法である（水野, 1986 ; Hall, 1990, 1998）。

さらに、本稿は、日本経済全体の規模の弾力性を基準とする相対指標として K を定義し、各産業の規模の弾力性を「日本経済全体からの乖離」として捉える視角を提示した。 K を用いれば、単に 1 を上回るか下回るかという絶対基準ではなく、日本経済全体と比較して競争が不足しているのか、あるいは過度であるのかを、収穫逓増・相対的収穫逓減・収穫逓減という三つの領域に分けて評価することが可能となる。また、規模の弾力性がより広い集計単位の平均値に収束していくという仮定を置くことで、各産業が「望ましい競争状態」にある範囲を、相対的かつ定量的に位置付ける理論的枠組みを与えた。

もっとも、本稿で提示した K の閾値、とくに $0 \leq K \leq 1 - (1/\gamma)_{\text{macro}}$ を「適正な競争状態」とみなす根拠は、現段階では理論的考察と部分的な実証にもとづく作業仮説にとどまる。また、TFP 残差自体が測定誤差や需要ショックを含みうることで、規模の弾力性の推計がサンプル期間やモデル仕様に依存することなど、計測上の課題も残されている。今後の課題としては、 K の理論的基礎のさらなる精緻化、産業・企業レベルのパネルデータを用いた検証、国際比較を

通じた外的妥当性の確認などが挙げられる。

本稿で整理した $1/\gamma$ 次同次生産関数にもとづく TFP 計測理論と K -指標の枠組みは、量的データにもとづき「技術進歩と競争状態の関係」を評価するための一つの有用な出発点を提供するものと考えている。今後、具体的な産業データへの適用と実証分析を積み重ねることにより、適度な企業間競争が日本経済全体の技術進歩と成長にどのように寄与しているのかを、より明確に描き出していくことが期待される。

後注

(注) K -指標の理論は 2020 年に河合が発案し、土居ら (2021)、水野ら (2022)、土居 (2022, 2023) によって発展させている。

参考文献

- 黒田昌裕 (1981) 「日本経済の生産性推移と市場パフォーマンスー日米生産性の時系列比較ー」『季刊現代経済』第 43 巻, 日本経済新聞社, pp.56-72.
- 櫻川幸恵 (2005) 「全要素生産性 (TFP) に関する理論的考察」『跡見学園女子大学マネジメント学部紀要』第 3 号, pp.109-128.
- 土居拓務・水野勝之・王冠傑・郭曉宇・河合芳樹・中村賢軌・李自豪 (2021) 「産業にかかる技術進歩率の計測および K -指標の試作」『情報コミュニケーション学会第 18 回全国大会発表論文集』, pp.94-97.
- 土居拓務 (2022) 「日本林業における K -指標比率と全要素生産性ラチェット効果量の計測」『九州経済学会年報』第 60 集, pp.45-52
- 土居拓務 (2023) 「北海道林業の規模の経済性と市場集中度を比較考慮した K -指標の理論精緻化に向けた事例研究」『九州経済学会年報』第 61 集, pp.63-72.
- 長澤克重 (2009) 「全労働生産性と全要素生産性からみた IT 化の経済効果」『立命館産業社会論集』第 45 巻第 3 号, pp.1-15.

水野勝之 (1986) 「技術進歩理論についての一考察—一般化残差理論と H.タイルのシステム—ワイド・アプローチ—」『北九州大学商経論集』第 21 巻, 第 1 号, pp.65-90.

水野勝之 (1991) 『ディビジア指数』東京: 創成社, p.236.

水野勝之 (1992) 『システム—ワイド・アプローチの理論と応用—計量経済モデルの新展開—』東京: 梓出版, p.229.

水野勝之 (1998) 『経済指数の理論と適用—消費分析への経済指数の適用—』東京: 創成社, p.203.

水野勝之・河合芳樹・土居拓務 (2022) 「規模の弾力性を応用した新たな経済指標 (K-指標) の開発」『明大商学論叢』第 104 巻第 1 号, pp.25-36.

Basu, S. and J. G. Fernald (1995) “Are Apparent Productive Spillovers a Figment of Specification Error?”, *Journal of Monetary Economics*, Vol.36, No.1, pp.165–188.

Hall, R. E. (1988) “The Relation between Price and Marginal Cost in U.S. Industry”, *Journal of Political Economy*, Vol.96, No.5, pp.921–947.

Hall, R. E. (1989) “Invariance Properties of Solow’s Productivity Residual”, NBER Working Paper No.3034, National Bureau of Economic Research.

Hall, R. E. (1990) “Invariance Properties of Solow’s Productivity Residual”, in P. Diamond (ed.), *Growth/Productivity/Unemployment: Essays to Celebrate Bob Solow’s Birthday*, MIT Press, pp.71–112.

Hall, R. E. (1988) “The Relation between Price and Marginal Cost in U.S. Industry”, *Journal of Political Economy*, Vol.96, No.5, pp.921–947.

Jorgenson, D. W. and Z. Griliches (1967) “The Explanation of Productivity Change”, *Review of Economic Studies*, Vol.34, No.3, pp.249–283.

Oxford Academic

Jorgenson, D. W., M. Kuroda and M. Nishimizu (1987) “Japan-U.S. Industry-Level Productivity Comparisons, 1960–1979”, *Journal of the Japanese and International Economies*, Vol.1, No.1, pp.1–30.

Jorgenson, D. W., M. Kuroda and K. Motohashi (eds.) (2007) *Productivity in Asia: Economic Growth and Competitiveness*, Edward Elgar Publishing.

Miyagawa, T. (2006) “Economics of Total Productivity—How Far Do We Understand?”, *Bank of Japan Working Paper Series*.

Nakajima, T., M. Nakamura and K. Yoshioka (1998) “An Index Number Method for Estimating Scale Economies and Technical Progress Using Time-Series of Cross-Section Data: Sources of Total Factor Productivity Growth for Japanese Manufacturing, 1964–1988”, *Japanese Economic Review*, Vol.49, No.3, pp.310–334.

Solow, R. M. (1957) “Technical Change and the Aggregate Production Function”, *Review of Economics and Statistics*, Vol.39, No.3, pp.312–320.

Theil, H. (1980a) *The System-wide Approach to Microeconomics*. Chicago, University of Chicago Press, p.260.

Internet Archive

Theil, H. (1980b) *System-wide Explorations in International Economics, Input-Output Analysis, and Marketing Research*. Amsterdam, North-Holland Publishing Company, p.143.

Abstract

This paper reviews existing studies that extend conventional Solow-residual-type TFP measurement, which is based on the assumptions of first-degree homogeneity and perfect competition, by deriving a generalized TFP growth rate from a $1/\gamma$ -degree homogeneous production function grounded in Theil's system-wide approach. It also introduces the K-indicator, defined using the scale elasticity of the Japanese economy as a whole as a benchmark, and explains a framework in which industry-level scale elasticities are classified into three regimes- “insufficient competition,” “desirable competition,” and “excessive competition” -in order to evaluate their relationship with technological progress. Building on this survey of the literature, the paper assumes that scale elasticities converge to the macroeconomic average and, while recognizing limitations such as measurement errors in TFP residuals, aims to capture quantitatively the “desirable balance” between technological progress and the state of competition.

Keywords

system-wide approach, scale elasticity, K-indicator, Solow residual, TFP