

平成 2 8 年 6 月 6 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2013～2015

課題番号：25380247

研究課題名（和文）開発途上国のTFP推定と信頼性

研究課題名（英文）Robustness of TFP in Developing Countries

研究代表者

樹神 昌弘（Kodama, Masahiro）

神戸大学・国際協力研究科・准教授

研究者番号：20450512

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,100,000 円

研究成果の概要（和文）：経済成長の要因は、労働、物的資本（生産設備）、それ以外の技術進歩などの要因（全要素生産性）に分解することができる。特に、全要素生産性は、長期の経済成長において大きな役割を果たすことが指摘されてきた。この全要素生産性の大きさの推定については複数の方法が提案されている。それらの複数の方法はどれが望ましく、またどの程度正確なのであろうか。本研究は計算機上で実験を行うことにより、これらの点を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Economic growth can be decomposed into three main factors: 1) labor, 2) capital, and 3) total factor productivity (TFP). In particular, TFP is considered to be the engine of long-run economic growth. Several methods have been proposed for estimation of TFP. Then, which method can estimate true TFP more accurately? In this research, we shed light on this research question. Through Monte-Carlo experiment, we have attempted to address the question.

研究分野：開発経済学

キーワード：全要素生産性 モンテカルロ実験 開発途上国

1. 研究開始当初の背景

持続的な経済成長においては技術進歩が重要な役割を果たす、という知見は広く知られている。また技術水準の推定値としては、全要素生産性 (Total Factor Productivity、以下、TFP) がしばしば用いられてきた。このTFPに関して、著名な経済学者であるポール＝クルーグマンは、1990年代前半当時急成長していた東アジア NIEs について、これらの国々の TFP の値は小さいため、東アジア NIEs の経済成長は持続しないであろうと指摘した。これを機に東アジア NIEs の TFP に関する論争が起きた。論争の中で、東アジア NIEs の TFP は繰り返し推定されてきた。ここで TFP の値について議論を重ねるのであれば、TFP の推定方法は適切なものでなければならない。それでは既存の TFP の推定方法は、TFP を正確に推定できる手法であると言えるのであろうか。この疑問は TFP を推定する上で重要な論点である。

2. 研究の目的

本研究では、TFP を推定する際に現在利用されている方法が、開発途上国の TFP 推定において適切なものであるか否かを数量的に検討することを目的とする。

3. 研究の方法

研究方法としては、計算機上の実験であるいわゆるモンテカルロ実験を採用した。本研究におけるモンテカルロ実験の概要は以下のとおりである。まず TFP を含むマクロ経済データを人工的に生成する。次に、生成したデータの内、TFP のデータは、我々には与えられていないものとして、TFP の推定作業を行う。そこでは TFP 以外の生成したデータを用いることにより、元の TFP の推定をする。このデータ生成、推定という実験を 1000 回繰り返した。ここで、元の TFP の値は我々自身が人工的に生成したものであり、実際には我々はその真の値を知っている。そこで、その真の TFP の値と比較して、推定された TFP の値はどのようなものになるかを分析した。以下、より具体的な方法を記述する。

(1) マクロ経済データの生成

生産関数として、次の関数を想定する。

$$(1) Y_t = A_t F(K_t, L_t)$$

Y は GDP、 A は技術水準、 K は資本、 L は労働を表している。 F は一次同次関数とする。より具体的には、次の 2 つの関数を利用した。

$$(2) Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$$

$$(3) Y_t = A_t [\phi K_t^{-\rho} + (1-\phi)L_t^{-\rho}]^{-1/\rho}$$

すなわち、(2)式はコブ＝ダグラス生産関数、(3)式は CES 生産関数を想定している。

F が特定されており、 A 、 K 、 L の値が分かっている場合には、上述の生産関数から Y の値を計算することができる。

A 、 K 、 L の値については、次の方法により生成した。まず K については、投資 I との間に

次のような関係が成立することが知られている。

$$(4) K_{t+1} = (1-\delta)K_t + I_t$$

この関係式から、 K の初期値と、 I の各期の値が与えられれば、 K の値は全て計算できる。次に、 A 、 L 、 I については、以下の条件を満たすような値を人工的に生成した。なお、以下では説明の簡単化のために、 A 、 L 、 I を一般的に変数 X と呼ぶことにする。

(a) 人工データの X の成長率は、分析対象国の現実データのそれに一致する。

(b) First Difference Filter でトレンドを除去した人工データ X の標準偏差は、分析対象国の現実データのそれに一致する。

(c) 人工データ X の期待値は、上述の標準偏差に依存しない。

これらの条件を満たす系列を生成するために、次の式を利用した。

$$(5) X_t = X_1(1+\mu)^{t-1} \exp\{-(1/4)\sigma^2\} \cdot u_t$$

$$\ln u_t \rightarrow N(0, \sigma^2/2)$$

$$\sigma^2 = \text{var}(\ln X_t - \ln X_{t-1})$$

パラメータ μ は X の成長率を表している。パラメータ σ は上述の(b)の条件に示されている人工データの X の標準偏差を表している。この(5)式を用いて、 A 、 L 、 I の時系列データを生成し、さらに(4)式を用いて K の時系列データを生成する。そのためには、 A 、 L 、 I 、 K の初期値が必要になる。次に、これらの初期値の説明を行う。 K の初期値 (第ゼロ期の K の値、 K_0) と L の初期値 (第 1 期の L の値、 L_1) は、任意の値を選んだ。具体的にはそれぞれ 1 に設定した。その上で、 K_0 と I の初期値 (第 1 期の I の値、 I_1) の比率が、分析対象国の現実の値と一致するように、 I_1 の値を選んだ。次に A の初期値 (第 1 期の A の値、 A_1) を設定する。 K_0 と I_1 が与えられれば、(4)式により K_1 の値を得ることができる。ここまでの段階では A_1 は未定であるが、仮に A_1 、 K_1 、 L_1 の値が決まれば、生産関数である(1)式から、 Y_1 の値を計算することができる。ここで、 A_1 については K_1/Y_1 の比率が分析対象国のそれと同じになるように A_1 の値を選択した。

以上では変数の時系列データの生成方法を説明した。一方、(2)の生産関数には α 、(3)の生産関数には ϕ と ρ というパラメータが含まれている。これらのパラメータの値の決定は、以下の方法により行った。

まず(2)式のパラメータの導出から説明する。後で説明するように、 $1-\alpha$ は労働分配率に一致する。そこで分析対象国の労働分配率を $1-\alpha$ の値として採用した。

次に(3)式のパラメータについて説明する。 ρ は代替の弾力性 η との関係式から導出することができる。

$$(6) \rho = (1/\eta) - 1$$

η が 1 に等しい時、(3)式は(2)式に一致する。この研究では、 η が 1 前後の値である時についての分析を行う。そして、 η の値は分析の中で任意の値を選択する。

ここで仮に ϕ の値が分かっているとすると、

それをこれまでに紹介した方法で選択した Y 、 A 、 K 、 L 、 ρ の値と共に利用することにより、(3)式の下での労働分配率を計算することができる。この労働分配率についてのシミュレーション期間の平均値が、分析対象国の現実のそれと一致するように、 ϕ の値を選んだ。以上の方法により、 A 、 K 、 L の時系列データを生成する。生成したデータを(1)式に代入することにより、 Y の時系列データを生成した。

また、後に示す推定方法においては、賃金データが必要になる。本研究では、労働の限界生産性は賃金 w に等しいと仮定することにより、労働の限界生産性から賃金データを人工的に生成した。

パラメータ等の値を設定する際には、分析対象国の現実の値を参照するというを、これまで繰り返し述べてきた。具体的には、本研究ではタイのデータを参照した。データセットとしては Penn World Tables 8.1 を使用した。

(2) TFP の推定方法

生産関数として、上述の(1)式が与えられているとする。これを全微分することにより、次式が得られる。

$dY_t = F \cdot dA_t + (\partial F / \partial K_t) dK_t + (\partial F / \partial L_t) dL_t$
この式の両辺を Y_t で除し、若干整理する。すると以下の式が得られる。

$$(7) \quad GY_t = GA_t + (\partial F / \partial K_t) K_t / Y_t \cdot GK_t + (\partial F / \partial L_t) L_t / Y_t \cdot GL_t$$

ここで、 GY 、 GA 、 GK 、 GL は、 Y 、 A 、 K 、 L という変数のそれぞれの成長率を表しているものとする。

この(7)式に基づいて、TFP の成長率である GA の値を推定する方法を以下で紹介する。

労働分配率成長会計 (LSGA)

労働の限界生産性は賃金 w に等しいという関係が成立すると仮定する。同様に資本の限界生産性は資本レント r に等しいものとする。この時、(7)式は次のように書き換えられる。

$$(8) \quad GY_t = GA_t + (r_t K_t / Y_t) \cdot GK_t + (w_t L_t / Y_t) \cdot GL_t$$

生産関数が一次同次であることから、オイラーの定理により、以下の式が得られる。

$$(9) \quad r_t K_t / Y_t + w_t L_t / Y_t = 1$$

左辺第2項は労働分配率 (Labor Share) を表している。この比率を s と表した上で、(9)式を少し書き換える。

$$(10) \quad r_t K_t / Y_t = 1 - s_t$$

この(10)式を(8)式に代入する。

$$(11) \quad GY_t = GA_t + (1 - s_t) \cdot GK_t + s_t \cdot GL_t$$

労働分配率 s の値は、賃金 (w) と労働量 (L)、GDP (Y) の値から計算することができる。また、 GY 、 GK 、 GL の値も Y 、 K 、 L のデータが存在する場合には計算することが可能である。すると、それらのデータと(11)式を利用することにより、 GA を推定することができる。

この GA の推定方法は、労働分配率 (Labor

Share) を用いた成長会計 (Growth Accounting) 推定であることから、以下では Labor-Share Growth Accounting (LSGA) と呼ぶことにする。

計量経済成長会計 (EGA)

すでに紹介した(11)式を、計量経済学的に推定することも可能である。 s が期間を通じて一定であるとみなすことができるのであれば、 GY を、 GK 、 GL に回帰することにより、(11)式を推定することができる。推定したパラメータ s 、 GY 、 GK 、 GL を(11)式に代入することにより、 GA を推定する。

計量経済学に基づく成長会計であることから、以下ではこの推定方法を計量経済的成長会計 (Econometric Growth Accounting, EGA) と呼ぶことにする。

コブ = ダグラス計量成長会計 (CDEE)

生産関数が(2)式のようなコブ = ダグラス生産関数の場合には、次の式が成立する。

$$(12) \quad \ln Y_t = \ln A_t + \alpha \ln K_t + (1 - \alpha) \ln L_t$$

計量経済学的にこの式の α を推定する。推定したパラメータ α 、 Y 、 K 、 L を(12)式に代入することにより、 A を推定する。以下では、この方法をコブ = ダグラス計量推定 (Cobb-Douglas Econometric Estimation, CDEE) と呼ぶ。

(3) 開発途上国における推定上の問題

開発途上国においては、TFP を推定する際に困難となる点が複数存在する。こうした点が TFP の推定に与える影響を分析することが、本研究の主眼である。本研究では、次のような問題に焦点を当てる。

資本ストックの初期値

開発途上国では、資本ストックデータを得ることが困難であることが少なくない。資本ストックデータの初期値が得られれば、(4)式を利用することにより、それ以降の資本ストックデータを計算することは可能である。投資 I については、SNA データが利用できる。しかし、資本ストックの初期値については、推定が必要となることも少なくない。それでは、資本ストックの初期値の値が不正確であるような場合には、TFP 推定はどれくらい不正確なものになるのだろうか。

資本ストックの減価償却率

上述のと同様に、開発途上国では、資本ストックの減価償却率 δ についても、正確な数値を知ることが難しい。減価償却率 δ の値が不正確であったとしたら、TFP 推定はどのくらい真の値から乖離するのだろうか。

無給家族労働

農業においては、しばしば家族が労働者となるが、その家族労働は統計に含まれていないことがある。こうした家族労働はしばしば無

給家族労働 (Unpaid Family Worker) と呼ばれる。開発途上国では農業セクターのシェアが大きいため、無給家族労働が少なからず存在する。無給家族労働が数多く存在すると、TFP の推定に影響が及ぶであろう。本研究では、賃金データは労働量とは独立に観測しているものとする。一方、労働の一部は無給家族労働であるため観測することができず、労働データに含めることができないという状況を想定する。この時、TFP の推定値はどのくらい不正確なものになるのだろうか。

生産関数
コブ＝ダグラス生産関数は、経済学では頻繁に用いられる生産関数である。しかし、現実には、生産関数はコブ＝ダグラス生産関数以外の関数形となっているかもしれない。例えば、生産関数が CES 生産関数であるような場合には、上記で紹介した TFP の推定方法は TFP の推定についてどの程度有効なものなのだろうか。

4 . 研究成果
本節では、前節で紹介した、開発途上国における TFP 推定上の問題点が存在する場合を想定しながら、50 期分 (50 年分に相当) のデータを人工的に生成する。この人工的に生成したデータを使用して TFP 成長率を推定した。このデータ生成、TFP 成長率推定という実験を 1000 回繰り返した。TFP の推定方法としては、前節で紹介した 3 つの方法 (LSGA、EGA、CDEE) を用いた。以下では、これら 3 つの方法についての推定結果を比較する。

(1) ベンチマークケース
まず前節で紹介したような問題が発生していない場合のベンチマークケースについて示す。

TFP 成長率の推定：ベンチマークケース			
期	真の値	LSGA	EGA
1-10	0.0173	0.0173 (0.0000)	0.0177 (0.0077)
11-20	0.0176	0.0176 (0.0000)	0.0179 (0.0069)
21-30	0.0175	0.0175 (0.0000)	0.0178 (0.0067)
31-40	0.0173	0.0173 (0.0000)	0.0177 (0.0067)
41-50	0.0175	0.0175 (0.0000)	0.0179 (0.0067)

紙幅が限られているため表からは省かれて

いるが、CDEE についても、時間トレンドを入れた推定と、時間トレンドを入れない推定の 2 つを行っている。

LSGA の列、EGA の列において、括弧のついていない値は、1000 回分の推定結果の平均値を示している。一方、括弧内の数値は、1000 回分の推定結果の平均絶対誤差を示している。つまり、実験の各回において、まず真の値と推定値の差分の絶対値を計算する。そして 1000 回分の実験結果に対応した 1000 回分の差分の絶対値について、その平均値を計算した。換言すると、括弧内の値は、1000 回の TFP 成長率の推定において、真の値から平均的にどの程度乖離した推定値となっているかを示している。

LSGA、EGA、時間トレンドを入れた CDEE の TFP 成長率推定の結果は、真の TFP 成長率の値に近い結果となった。つまりベンチマークケースにおいては、これら 3 つの TFP 推定方法は妥当なものであると言える。

一方、時間トレンドを入れない CDEE の結果は、真の TFP 成長率から乖離したものとなった。以降の分析では、CDEE の結果は、いずれも真の TFP 成長率から大きく乖離したものとなった。つまり、LSGA、EGA による TFP 推定の方がより良好な結果を示した。そこで、以降の分析結果の紹介では CDEE の結果は含めないことにする。

(2) 資本ストックの初期値
開発途上国においては、資本ストックデータが入手できないという状況がしばしば存在する。そこで資本ストックの初期値が不明であるため、初期値をゼロとしたとする。その上で、(4)式により、資本ストックの時系列データを作成し、そのデータを使った TFP 推定について、分析を行った場合の推定結果を考察してみる。

TFP 成長率の推定：K の初期値 = 0			
期	真の値	LSGA	EGA
1-10	0.0173	-0.0876 (0.1049)	0.0285 (0.0116)
11-20	0.0176	0.0046 (0.0130)	0.0378 (0.0202)
21-30	0.0175	0.0138 (0.0036)	0.0380 (0.0206)
31-40	0.0173	0.0162 (0.0011)	0.0380 (0.0207)
41-50	0.0175	0.0172 (0.0004)	0.0383 (0.0208)

LSGA の推定値は、長期的には真の値に近いものになっている。これは(4)式を使って資本

ストック推定を行うと、資本ストックの初期値の影響は長期的には無視し得るほど小さくなるためである。そして、LSGA の場合には、パラメータの推定（労働分配率の推定）は各時点のデータを使っていることから、初期の資本ストックデータが不正確であったとしても、初期から離れた時点のパラメータはその影響を受けない。

一方で、EGA の場合には、パラメータの推定に全期間の資本ストックデータを利用する。このため、初期の資本ストックデータの不正確さは、期間を通じたパラメータの値に影響する。その結果、分析期間の後期の TFP 推定値も不正確なものとなっている。

(3) 資本ストックの減価償却率
減価償却率について、ゼロという値を使用した場合を分析してみる。

TFP 成長率の推定：減価償却率 = 0

期	真の値	LSGA	EGA
1-10	0.0173	0.0022 (0.0151)	0.0055 (0.0148)
11-20	0.0176	0.0107 (0.0069)	0.0132 (0.009)
21-30	0.0175	0.0139 (0.0036)	0.0160 (0.0073)
31-40	0.0173	0.0155 (0.0019)	0.0174 (0.0067)
41-50	0.0175	0.0165 (0.0010)	0.0185 (0.0065)

この場合には、LSGA、EGA は共に、長期的には真の TFP 成長率に近い値を推定している。1000 回の推定結果の平均値の比較では EGA の値の方が真の値にやや近い。一方で平均絶対誤差においては、LSGA の方がより小さな値になっている。つまり、LSGA についての 1000 回の推定結果において、真の値から大きく乖離した結果となったケースは少なかったことを意味している。

(4) 無給家族労働

労働データに含められていない無給家族労働が労働全体に占める割合が、毎年大きく変化しないのであれば、無給家族労働による労働量の計測誤差は、労働の成長率の計算には大きくは影響しない。仮に上述の割合が毎年同じである場合には、労働の成長率は完全に正しく推定することができる。一方で、無給家族労働の問題は、LSGA における労働分配率推定の式である賃金 × 労働 / GDP に影響する。以下に、労働データに含められていない無給家族労働が労働全体に占める割合を 30% と仮

定した時の結果を紹介する。

LSGA の結果は、ベンチマークの場合の LSGA の結果と比較して、真の値からより乖離している。しかし、労働量の誤差を 30% という比較的大きな値に設定したのにも関わらず、LSGA の推定結果は、真の値からかけ離れた値となっているわけではない。一方、EGA の 1000 回分の推定結果の平均値は、真の値に近い。ただし、平均絶対誤差で見ると、LSGA の結果は、EGA の結果よりも、真の値から乖離していることが分かる。つまり、EGA の 1000 回の推定結果は、比較的大きく散らばっており、真の値から大きく外れた推定値になることも少なくない。

TFP 成長率の推定：30%の無給家族労働

期	真の値	LSGA	EGA
1-10	0.0173	0.0111 (0.0062)	0.0177 (0.0077)
11-20	0.0176	0.0120 (0.0056)	0.0179 (0.0069)
21-30	0.0175	0.0121 (0.0054)	0.0178 (0.0067)
31-40	0.0173	0.0120 (0.0054)	0.0177 (0.0067)
41-50	0.0175	0.0122 (0.0054)	0.0179 (0.0067)

これに対して、LSGA は真の値から大きく外れることは少ない。しかし、この無給家族労働のケースでは、LSGA は常に小さく外れた値を推定する。

(5) 生産関数

代替の弾力性が 0.5 である時の CES 生産関数の下で TFP 成長率を推定した。

LSGA は完全に正確な値を推定している。一方で、EGA の結果は真の値とは異なっている。EGA による推定では、労働分配率 s を一定であると仮定した上で (11) 式の推定を行っていた。データを人工的に生成した際の生産関数がコブ = ダグラス生産関数の場合には、 s は $1 - \alpha$ の値に一致する。つまり s の値は実際に一定となっている。一方、CES 生産関数の場合には実際には s の値は一定ではない。このため、データを人工的に生成した際の生産関数が CES 生産関数である場合には、(11) 式に基づいて、EGA による TFP 成長率の計算をすると、その結果は不正確なものになる。換言すると、現実の経済において、投入と産出の関係が CES 生産関数に近いものであった場合には、EGA による TFP 成長率の推定結果は不正確なものなる。これに対して、LSGA では、生産関数が一次同次であるということが条

件であり、CES 生産関数がコブ＝ダグラス生産関数かという違いは問題とはならない。

研究者番号： 20450512

TFP 成長率の推定：CES 生産関数			
期	真の値	LSGA	EGA
1-10	0.0173	0.0173 (0.0000)	0.0265 (0.011)
11-20	0.0176	0.0176 (0.0000)	0.0220 (0.0079)
21-30	0.0175	0.0175 (0.0000)	0.0176 (0.0069)
31-40	0.0173	0.0173 (0.0000)	0.0131 (0.0076)
41-50	0.0175	0.0175 (0.0000)	0.0092 (0.0097)

(6)まとめ

本研究では、開発途上国の TFP 成長率の推定をする際に直面することの多い問題を取り上げ、それらの問題の下で LSGA や EGA がどのくらい正確な推定結果を示すことができるのかを検討した。その結果、LSGA は正確な値を示すことが多いことが分かった。資本ストックデータの推定が難しい、資本の減価償却率が不明であるといった問題についても、長期の推定を行う限りにおいては、LSGA はこれらの問題の影響をあまり受けないことが判明した。また、LSGA という推定方法に大きな影響を与えると予想される労働者数の観測誤差に対しても、LSGA の結果は大きくは悪化しなかった。一方、EGA による推定は良好な結果を示す場合もあるものの、推定結果のばらつきが大きいことが問題である。EGA について 1000 回の実験を行った際には、その 1000 回の EGA の推定結果の平均値については、真の値に近くなることも多かった。しかし、現実の推定においては、我々が与えられるデータセットは、1000 回分ではなく、通常は 1 回分のみである。このため現実に推定を行う際には、推定結果にばらつきがあることは大きな問題である。

本研究では検討しきれなかった状況も存在するため、LSGA が常に EGA よりも望ましいとまでは言い切れないものの、本研究の検討の範囲内では、LSGA は EGA に比較してより良好な結果を示していたと判断される。

5．主な発表論文等
特になし

6．研究組織

(1)研究代表者

樹神 昌弘 (KODAMA, Masahiro)
神戸大学・大学院国際協力研究科・准教授