

福井県経済における技術進歩の研究

松 岡 博 幸*

A study on Technical Change in Fukui Prefecture's Economy

Hiroyuki Matsuoka

Economics explains the sources of the economic growth of a country or a region are an increase of capital stocks, the increase of labor force and technical changes. We can ascertain the contribution of each source to the economic growth by estimating production functions or using other methods. In this paper, by estimating a production function, the contribution values of the three factors to the economic growth in Fukui Prefecture were obtained as follows: increase of capital stocks: 77%, increase of the labor force : 3%, and technical change : 20% .

However, this method of estimation has some issues. The most important one is that we have no choice but to calculate technical change as the remaining percentage of the other influence, that is, increase of capital stocks and increase of labor force. But, the capital stocks, by themselves, may include a portion of technical change. If so, the contribution value of technical change to the economic growth would be underestimated. To solve the problem, we need capital stocks data excluding the portion of technical change. However, at present, it is very difficult to gather such data.

I. はじめに

経済学, 特にマクロ経済学では, 一地域あるいは一国の生産全体の増加に寄与する要素として, 「資本の増加」, 「労働力の増加」, 「技術の進歩」を想定している。

例えば, 機械, 設備といった資本ストックの増大は, 生産 (GDP) の増大に寄与し得るし, 働く人々 (労働者) が増えれば, 生産も増大するであろう。また, 技術の状況は, 労働の質を高め, 生産の増大に寄与する。

ただ, 技術の進歩や技術革新に関しては, 例えば, 我われの身近な生活空間での技術的向上 (例えばインターネット環境の改善) や大学・研究所での地道な研究開発など, その形態は様々である。したがって, ある一定期間の技術進歩に関して何らかの形で数値で表そうとする試みは大きな困難がともなうことは容易に察しがつく。

そこで, 従来, 生産に貢献する要素, 即ち, 資本の増加, 労働の増加, 技術進歩の内, 比較的計測可能な資本設備の増大や労働投入増大の寄与を最初明らかにし, その残った要因 (残差) としての技術進歩の「経済的」貢献を確認する作業を経済学では行ってきた。例えば, その嚆矢は, MIT (マサチューセッツ工科大学) のロバート・ソロー (R. Solow) である。

この研究では, 生産関数を推計することによって, あるいは年々の資本分配率や労働分配率を求めることより, 技術進歩の経済成長への貢献を明らかにする方法を紹介する。その後, 福井県についての若干の計測を試み, 最後に, このような計測をめぐる問題点について考え

* 経営工学科

てみたい。

Ⅱ. 地域経済成長の3源泉

福井県という一地域経済を考えた場合、第1に、その経済規模が拡大（成長）するのは、県民が貯蓄をし、それが投資として生産設備の拡大のために使われるからである。成長を強く推進するのは、民間設備投資であり、貯蓄率が高ければ、それが投資として利用され、高い成長を可能とする。投資は生産を拡大させ、所得を生み出し、それが新たな需要を創出する。また、それが企業による新たな投資を誘い、福井県は成長を続けることができる。

企業による投資意欲が盛り上がらない場合や投資意欲があっても資金を集めることが困難な場合には、成長の初期段階でつまづいてしまう。また、投資が行われても、製品が売れない場合には、所得の増加は実現しない。

このように、資本ストック（資本蓄積）とそれに見合う需要の存在は、最も重要な地域経済成長の源泉である。

第2に、資本ストックと並んで、労働力の増大が成長の源泉である。工業化による経済成長が進むときには、農林水産業といった第一次産業から鉱工業の第二次産業へと労働移動が大量に起こる。このような農漁村における潜在的な失業者の工業部門への移動は、現在の中国の例をみても分かるように、重要な現象である。もちろん、産業間の労働移動だけでなく、一地域全体の労働人口の増大も経済成長にとって重要である。

ただ、多くの発展途上国の例をみても分かるように、労働人口の増大は経済成長の十分条件ではない。発展途上国では、高い人口成長にもかかわらず、多くの国の経済成長率は低いからである。これは、労働力の供給に見合うだけの労働需要が存在しないため起こる。したがって、労働供給は、その地域の経済成長の上限を設定するという意味で重要な要素である。

資本ストックの増大と労働人口の増大が重要な経済成長の要因である。第3の注目すべき成長要因は、技術の進歩である。技術進歩という用語自体かなり漠然としているが、

- ① 教育水準向上による労働の質の向上
- ② コンピュータやオートメーション化といった技術革新による生産効率の向上
- ③ 注目すべき新製品の開発
- ④ 企業組織の改善
- ⑤ 金融や流通システムの効率化

など多方面に渡る広い内容を含んでいるとここでは理解しておく。

Ⅲ. 技術進歩の計測法

このように、一地域あるいは一国の産出量 Y は、長期的には、資本ストック (K)、労働投入量 (N)、技術の状況 (A) によって決まってくる。

特に、技術は、資本ストックや労働投入量の質を高める要因として、次のように定式化される。

$$Y = AF(K, N) \quad (\text{Ⅲ-1})$$

このような関数 F を更に具体的に定式化する場合、最も代表的な形で生産の技術的關係（生産関数）を示すと

$$Y = AK^\alpha N^{1-\alpha} \quad (\text{Ⅲ-2})$$

のように表される。 Y , A , K , N は時間 t とともに変化し、また、 α は一定の値をとる ($0 < \alpha < 1$)。

後半の仮定は、経済学的には、投入要素 (A, K, N) の規模に関して収穫一定を表すことになる。即ち、資本ストック K、労働投入量 Nなどを λ 倍すれば、産出量 Y も λ 倍になるという仮定である。ここで、 $(\alpha-1)$ を β とすると

$$A(\lambda K)^{\alpha}(\lambda N)^{\beta} = \lambda^{\alpha+\beta}(AK^{\alpha}N^{\beta}) = \lambda^{\alpha+\beta}Y$$

となり、これはⅢ-2式が $\alpha + \beta$ 同次であることを表している。この生産関数は $\alpha + \beta = 1$ を仮定しているので、一次同次の、即ち、規模に関して収穫一定の生産関数であることがわかる。一次同次であれば、例えば、投入物を2倍にすれば、産出物も2倍となり、投入物1単位当たり平均生産物は一定となる。

Ⅲ-2 式の対数をとると

$$\log Y = \log K^{\alpha} + \log N^{1-\alpha} + \log A \quad (\text{Ⅲ-3})$$

$$= \alpha \log K + (1-\alpha) \log N + \log A \quad (\text{Ⅲ-4})$$

となる。更に、例えば資本ストック K に関して微分すると、

$$\frac{d(\log K)}{dK} = \frac{1}{K}$$

であり、K が時間 t の関数で、t で微分すると

$$\frac{d(\log K)}{dt} = \frac{d(\log K)}{dK} \cdot \left(\frac{dK}{dt}\right) = \frac{1}{K} \cdot \frac{dK}{dt}$$

となるから、同様に(Ⅲ-4)式全体を t について微分すると、

$$\frac{1}{Y} \frac{dY}{dt} = \alpha \frac{1}{K} \frac{dK}{dt} + (1-\alpha) \frac{1}{N} \frac{dN}{dt} + \frac{1}{A} \frac{dA}{dt} \quad (\text{Ⅲ-5})$$

を得る。

$\frac{dY}{dt}$ を \dot{Y} 等々とおくと

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \alpha \frac{\dot{K}}{K} + (1-\alpha) \frac{\dot{N}}{N} + \frac{\dot{A}}{A} \quad (\text{Ⅲ-6})$$

したがって経済成長率は、

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \alpha \frac{\Delta K}{K} + (1-\alpha) \frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta A}{A} \quad (\text{Ⅲ-7})$$

で近似できる。

左辺は経済成長率、右辺の第1項は資本ストックの増加率とその係数 (α)、第2項は労働投入量の増加率とその係数 ($1-\alpha$)、最後の項は技術進歩率を表している。資本ストックが1%成長すれば、経済は α %成長し、労働人口が1%成長すれば、経済規模は $(1-\alpha)$ %成長することになる。

Ⅲ-7 式から、技術進歩率そのものは、

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta Y}{Y} - \alpha \frac{\Delta K}{K} + (1-\alpha) \frac{\Delta N}{N} \quad (\text{Ⅲ-8})$$

で求めることができる。

ここで、 α や $(1-\alpha)$ の性格に関してであるが、完全競争の下での企業の利潤極大化を前提とすると、資本ストック K の限界生産性は、資本ストックの相対価格に等しくなり、また、同じように、労働 N の限界生産性は、労働の相対価格に等しくなる。そこで、資本の使用料を r 、賃金を w 、財・サービスの価格を p とし、

$$\frac{\partial Y}{\partial K} = \alpha AK^{\alpha-1}N^{1-\alpha} = \frac{\alpha AK^{\alpha}N^{1-\alpha}}{K} = \alpha \frac{Y}{K} = \frac{r}{p} \quad (\text{III-9})$$

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = (1-\alpha) AK^{\alpha}N^{(1-\alpha)-1} = \frac{(1-\alpha) AK^{\alpha}N^{1-\alpha}}{N} = (1-\alpha) \frac{Y}{N} = \frac{w}{p} \quad (\text{III-10})$$

とおくと

$$\alpha = \frac{rK}{pY} \quad (\text{III-11})$$

$$(1-\alpha) = \frac{wN}{pY} \quad (\text{III-12})$$

を得る。

III-11, 12 式の分母は、産出物の価値（名目産出高）であり、したがって、 α 、 $(1-\alpha)$ は、それぞれ資本 K の産出物の価値に占める分け前（資本分配率）、労働 N の産出物の価値に占める分け前（労働分配率）を表していることになる。

なお、(III-2) 式から

$$Y = AK^{\alpha}N^{1-\alpha} = AK^{\alpha} \frac{N}{N^{\alpha}} = A \frac{K^{\alpha}}{N^{\alpha}} N \quad (\text{III-13})$$

$$\frac{Y}{N} = A \frac{K^{\alpha}}{N^{\alpha}} = A \left(\frac{K}{N} \right)^{\alpha} \quad (\text{III-14})$$

となり、対数をとると

$$\log \frac{Y}{N} = \log A + \alpha \log \frac{K}{N} \quad (\text{III-15})$$

を得る。

$$\log Y - \log N = \alpha (\log K - \log N) + \log A \quad (\text{III-16})$$

であるので、III-16 式を時間 t について微分すると

$$\frac{1}{Y} \frac{dY}{dt} - \frac{1}{N} \frac{dN}{dt} = \alpha \left(\frac{1}{K} \frac{dK}{dt} - \frac{1}{N} \frac{dN}{dt} \right) + \frac{1}{A} \frac{dA}{dt} \quad (\text{III-17})$$

となる。

$\frac{dY}{dt}$ を \dot{Y} 等々とおくと

$$\frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{N}}{N} = \alpha \left(\frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{N}}{N} \right) + \frac{\dot{A}}{A} \quad (\text{III-18})$$

$$\frac{\Delta Y}{Y} - \frac{\Delta N}{N} = \alpha \left(\frac{\Delta K}{K} - \frac{\Delta N}{N} \right) + \frac{\Delta A}{A} \quad (\text{III-19})$$

を得る。

式の左辺

$$\frac{\Delta Y}{Y} - \frac{\Delta N}{N}$$

は、1人当たりの経済成長率を表している。また、右辺の

$$\frac{\Delta K}{K} - \frac{\Delta N}{N}$$

は、資本ストックと労働力の成長率格差を表しているので、労働者1人当たりの資本ストック量（資本装備率）の増大を示していることになる。労働者1人当たりの資本ストック量（資本装備率）が増加することを資本の深化(deepening of capital)というが、Ⅲ-19式は、1人当たり経済規模の拡大が、資本の深化と技術進歩によってもたらされることを表している。資本の深化が1%進めば、1人当たりの経済規模が α %成長することになる。

また、今までの展開と本質的には同じものであるが、Ⅲ-1式において、資本Kの限界生産物（資本を1単位増加させた場合のYの値）を Y_K 、労働の限界生産物を Y_N 、技術進歩Aの限界生産物を $F(K, N)$ とすると、この場合、これらすべての生産要素が増大したときの生産量(Y)の変化(ΔY)は、

$$\Delta Y = F(K, N) \Delta A + F_K \Delta K + F_N \Delta N \quad (\text{Ⅲ-20})$$

となる。右辺第1項については、K, Nを不変とし、Aを1単位増加させると、

$$(A+1)F(K, N) = AF(K, N) + F(K, N) = Y + F(K, N)$$

であるので、Yから $F(K, N)$ だけ増加することになる。

ΔY , ΔK , ΔN , ΔT をそれぞれ $t-1$ 期から t 期への変化とすると、その変化率は、

$$\frac{\Delta Y}{Y_{t-1}} = F(K_{t-1}, N_{t-1}) \left(\frac{\Delta A}{A_{t-1}} \right) + F_K \frac{\Delta K}{K_{t-1}} + F_N \frac{\Delta N}{N_{t-1}} \quad (\text{Ⅲ-21})$$

$$= \frac{\Delta A}{A_{t-1}} + F_K \frac{K_{t-1}}{Y_{t-1}} \frac{\Delta K}{K_{t-1}} + F_N \frac{N_{t-1}}{Y_{t-1}} \frac{\Delta N}{N_{t-1}} \quad (\text{Ⅲ-22})$$

である。右辺第1項については、

$$Y_{t-1} = A_{t-1} F(K_{t-1}, N_{t-1})$$

$$F(K_{t-1}, N_{t-1}) = \frac{Y_{t-1}}{A_{t-1}} \quad \text{であるから}$$

$$\frac{Y_{t-1}}{A_{t-1}} \frac{\Delta A}{Y_{t-1}} = \frac{\Delta A}{A_{t-1}}$$

となる。

生産物の価値をPとすると、完全競争下、企業の利潤極大という条件では、労働の限界生産物の価値($P \times F_N$)と限界支出(W)が、あるいは、資本の限界生産物の価値($P \times F_K$)と限界コスト(C)が等しくなるので、

$$PF_N = w \quad F_N = \frac{w}{P} \quad (\text{Ⅲ-23}) \quad PF_K = C \quad F_K = \frac{C}{P} \quad (\text{Ⅲ-24})$$

である。

(Ⅲ-4), (Ⅲ-5)式を (Ⅲ-3)式に代入すると、

$$\frac{\Delta Y}{Y_{t-1}} = \frac{\Delta A}{A_{t-1}} + \frac{C_{t-1}}{P_{t-1}} \frac{K_{t-1}}{Y_{t-1}} \frac{\Delta K}{K_{t-1}} + \frac{W_{t-1}}{P_{t-1}} \frac{N_{t-1}}{Y_{t-1}} \frac{\Delta N}{N_{t-1}} \quad (\text{Ⅲ-25})$$

$$= \frac{\Delta A}{A_{t-1}} + S_K \frac{\Delta K}{K_{t-1}} + S_N \frac{\Delta N}{N_{t-1}} \quad (\text{III-26})$$

S_K , S_N は, それぞれ,

$$S_K = \frac{C_{t-1} K_{t-1}}{P_{t-1} Y_{t-1}} \quad (\text{III-27})$$

$$S_N = \frac{W_{t-1} N_{t-1}}{P_{t-1} Y_{t-1}} \quad (\text{III-28})$$

である。

III-27, 28 式は, 生産物の価値 ($P_{t-1} Y_{t-1}$) に占める資本の取り分 ($C_{t-1} K_{t-1}$), 労働の取り分 ($W_{t-1} N_{t-1}$) を示しており, それぞれ, 資本分配率 (S_K), 労働分配率 (S_N) を表している。年々の資本分配率, 労働分配率が求まれば, 技術進歩率も求まることになる。

$$\frac{\Delta A}{A_{t-1}} = \frac{\Delta Y}{Y_{t-1}} - S_K \frac{\Delta K}{K_{t-1}} - S_N \frac{\Delta N}{N_{t-1}} \quad (\text{III-29})$$

IV. 若干の計測

データとしては,

産出量 Y : 福井県内総生産

資本ストック : 福井県内民間企業資本ストック + 福井県内社会資本ストック

労働力 : 福井県内就業者数

を用いており (1975 年～98 年), 例えば, III-15 式に関する実際の回帰式は以下のとおりである。

$$\log \frac{Y}{N} = 0.04723 + 0.53952 \log \frac{K}{N} \quad (\text{IV-1})$$

(0.792) (11.440)

$$R^2=0.8561 \quad S=0.03487 \quad DW=2.054$$

() 内は t 値, R^2 , S , DW はそれぞれ, 決定係数, 標準誤差, ダービン=ワトソン比である。

また, IV-2 式のように, 推計されたパラメータの値を用い, 各年の資本ストック, 労働力, 技術進歩の経済成長への寄与を計算し, 推計期間の平均を求めると, 図1の結果が得られる。

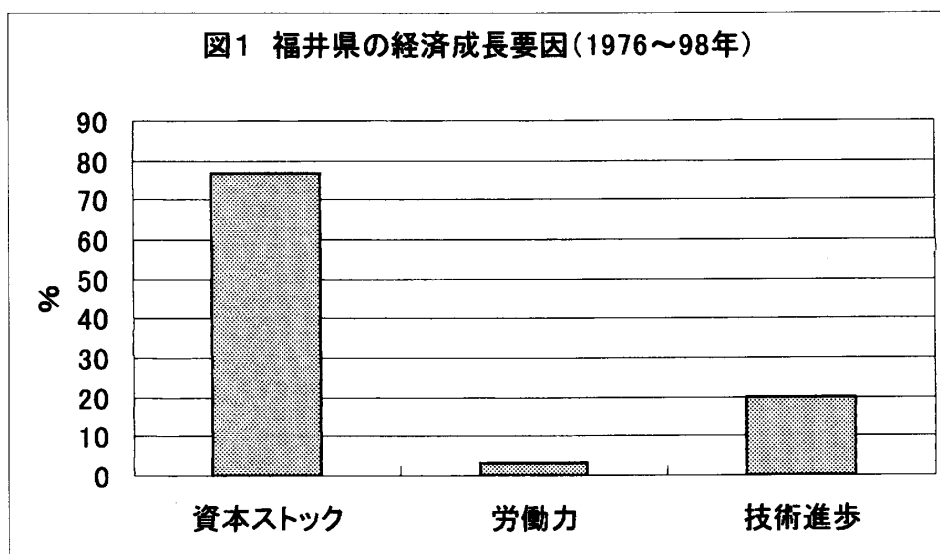
$$\frac{\Delta Y}{Y} = 0.54 \times \frac{\Delta K}{K} + 0.46 \times \frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta A}{A} \quad (\text{IV-2})$$

V. 計測をめぐる問題点

以上, 生産関数を推計すること等によって技術進歩の経済成長への貢献を明らかにする方法を紹介した。ただ, このような推計を行うに当たっては考慮しなければならない点がある。

今まで述べてきたように, $\Delta A/A$ を技術進歩ととらえた。確かに,

$$Y = AF(K, N)$$



と書く限りにおいては、技術を表す指標 A は、資本ストック K や労働 N の質を高める効率化指標として定式化されている。

ただ、具体的な生産関数を

$$Y = AK^{\alpha}N^{1-\alpha}$$

と特定化し、データを当てはめる場合、資本ストック K に当てられるのは、実際の資本ストックである。即ち、資本ストック（金額で表されるが）自体に技術の状況が現れる場合（資本に体化された技術進歩）、それは、資本ストックの経済成長への貢献となり、技術指標 A には反映されない。この限りにおいては、技術の経済成長への寄与が過小評価されることになる。したがって、技術進歩の過小評価をなくすためには、「技術進歩の分を除いた」資本ストックデータが必要となる。しかしながら、これを収集するとなるとかなりの困難が伴うし、仮にそのデータベースを作成したとしても、かなりの程度恣意的なデータとなるであろう。

ただ、言えることは、技術進歩による資本ストック K の質の向上が、その資本ストックの価格に反映されれば、経済成長への資本ストックの貢献となるし、資本ストックの質の向上が価格の上昇のような形で反映されなければ技術指標 A に含まれることになるということである。

したがって、この研究では、福井県の経済成長における技術進歩の貢献を全体の 20% とみているが、上述のデータ制約により、20% 以上とみなしておくのが妥当であろう。

VI. 結び

このようにみえてくると、 $\Delta A/A$ 要因は、資本ストックや労働投入量の増大には反映されない他の要因「全て」と捉えるべきものであり、経済学者が慎重に $\Delta A/A$ をソロー残差と呼んだのは正しい。

ただ、既に触れたように、このような推計には問題が含まれているが、資本や労働の投入では説明できない要因を計る指標として、 $\Delta A/A$ の推計には意味があり、貴重な参考値としてみなされるべきものであるように思われる。

参考文献

- 小川一夫, 得津一郎(2002)『日本経済』, 有斐閣ブックス。
土居丈朗 (2002)『地域から見た日本経済と財政政策』, 三菱経済研究所。
N.G.マンキュー(2003)『マクロ経済学(Ⅰ,Ⅱ)』, 東洋経済新報社。
チャールズ. ジョーンズ(2002)『経済成長理論入門』, 日本経済新聞社。
Aghion, P and D. Howitt(1998), “Endogenous Growth Theory”, MIT.
Solow,R.(1975), “Technical Change and the Production Function.”, Review of Economics and Statistics,
August.

(平成15年11月28日受理)