

『岡山商大論叢』（岡山商科大学）

第42巻第1号 2006年7月

Journal of OKAYAMA SHOKA UNIVERSITY

Vol.42 No.1 July 2006

《研究ノート》

偏向的技術進歩理論について ～Acemoglu を中心に～

山下賢二

On the directed technological change theory

Kenji E. YAMASHITA

1 はじめに

本稿では、Acemoglu (1998, 2002) を中心に、偏向的技術進歩理論を概観する。この理論は、誘発的技術進歩理論とも呼ばれる。

近年、経済成長論の分野では、Acemoglu の論文によって、偏向的技術進歩理論に注目が集まっている。また、経済成長論の分野に留まらず、国内の雇用の状況を分析するといったことにも利用されている。

上述したように、近年注目されている偏向的技術進歩理論であるが、この理論自体は決して新しいものではなく、すでに、Hicks が「誘発的発明」という名称で、著書「賃金の理論」(1932) の中で、議論している。この著書の中で用いられている「発明」という用語は、現在の経済成長論における“innovation”という用語に相当すると考えてよい。Hicks は、「誘発的」発明を「諸要素の相対価格の変化の結果である発明」とし、そ

の他の「発明」を「自発的」発明と呼び、区別している。彼は、一方の生産要素に比して、高価な生産要素の利用を節約するような「発明」を、「誘発的」発明と呼んでいる¹。

その後、Kennedy (1964)、Samuelson (1965)、Drandakis and Phelps (1966) が、「発明可能性フロンティア」という概念を用いて、技術進歩がなぜ Harrod 中立的、すなわち、労働増大的になるのかについての説明を試みた。経験的事実に照らして、技術進歩を Harrod 中立的であると仮定することはできるが、そのような公準を先験的 (a priori) に受け入れる理由がない、という主張に答えようという試みである²。「発明可能性フロンティア」は、Kennedy 以外の研究では、「Innovation 可能性フロンティア」とも呼ばれていることが多いので、本稿でもそれにならって、以下では、「Innovation 可能性フロンティア」という用語を用いることにする。

「Innovation 可能性フロンティア」は、技術進歩によってもたらされる 2 種類の生産要素の生産性の増大率の関係を表したものである。ここで、2 種類の生産要素を労働と資本とする。このとき、労働増大率、すなわち、労働の効率係数の増大率と、資本増大率、すなわち、資本の効率係数の増大率は、「Innovation 可能性フロンティア」上で決定される。「Innovation 可能性フロンティア」は、労働増大率と資本増大率の制約式であり、2 つの要素増大率は trade off の関係にある。「Innovation 可能性フロンティア」の形状は、以下のような式で表されるように、原点に対して凹である。

• Innovation 可能性フロンティア

企業の生産関数を

¹ この Hicks の主張に対しては、Salter (1966) が批判している。Salter によれば、企業は総費用の節約を図っているのであって、より高価な生産要素のみを節約する、というわけではない。

² Samuelson (1965)、Drandakis and Phelps (1966) は、Kennedy (1964) の論文に沿って「Innovation 可能性フロンティア」の説明を行っているが、この「Innovation 可能性フロンティア」に対する批判も展開している。

$$Y = F(AL, BK)$$

ただし、 A ：労働の効率係数、 B ：資本の効率係数とする。

ここで、労働増大率を $a = \dot{A}/A$ 、資本増大率を $b = \dot{B}/B$ とする。この2変数の関係は次のような関数で表される。

$$\begin{aligned} a &= g(b), \\ g'(b) &< 0, \quad g''(b) < 0 \end{aligned} \tag{1}$$

この(1)式で表されているのが、「Innovation 可能性フロンティア」である。

企業は、任意時点において、 \dot{Y}/Y の値を最大化しようとする。これは、所与の要素価格のもとで、費用削減率を最大化することでもある。しかし、 \dot{Y}/Y の値は、所与の「Innovation 可能性フロンティア」に制約される。その結果、労働増大率 a と資本増大率 b は、trade off の関係になるのである。

Drandakis and Phelps (1966) は、この「Innovation 可能性フロンティア」を用いた偏向的技術進歩モデルによれば、資本と労働の代替弾力性が1未満であるとき、技術進歩が Harrod 中立的となることを示した。

さて、「Innovation 可能性フロンティア」を用いたこのモデルは、技術進歩がどの生産要素に偏向するか、すなわち、企業はどのような生産要素の効率係数を増大させようとして、技術進歩を行うか、ということについて、考察しているという点では、すぐれたものがある。後述するが、後年、Acemoglu はこの点に再び注目したのである。

しかし、このモデルには、「ミクロ的基礎付け」が不十分という批判が浴びせられた。特に、Nordhaus (1973) が指摘したように、技術進歩が誰によってもたらされるか、という点が不明瞭なのである。このような「ミクロ的基礎付け」の不十分さゆえに、このモデルはやがて注目されなく

なっていた。

技術進歩についての「ミクロ的基礎付け」を考慮した本格的なモデルが展開されるのは、主として1980年代後半以降に発展した「内生的成長理論」においてである。(Lucas(1985), Romer(1990), Segerstrom, Dinopoulos and Anant(1990), Grossman and Helpman(1991a,b), Aghion and Howitt(1992))

これらのモデルでは、技術進歩における「人的資本」(human capital)の役割が強調されており、特に、利潤最大化を企図した、R&D(研究開発)への人的資本の投入という、企業のミクロ的行動について注目している。

しかし、これらのモデルにおいては、技術進歩の方向性、すなわち、「企業の行う R&D はどの生産要素の生産性を上昇させることに向けられている(偏向している)のか」ということについての研究は、特に行われていない。

Acemoglu は、これらのモデルで、見落とされていた「技術進歩の方向性(偏向性)」、すなわち、「どの生産要素に偏向した R&D が行われ、そして、なぜ、その生産要素に偏向したのか」という問題に力点をおいた分析を行っている。一方、主な内生的成長理論では通常、労働増大的な技術進歩が仮定されている。

また、主な内生的成長理論では、「長期にわたる」技術進歩に注目している。それに対して、Acemoglu の研究では「任意の時点」における技術進歩に注目している。この違いは、モデルの中で注目されている、R&D によって生み出された「新技術(新知識)」の性質の違いにも反映している。主な内生的成長理論では、「新技術」の既存の技術に対する「代替性」が注目されるが、Acemoglu の研究では、特定の生産要素の生産性に対する、新技術の「補完性」に注目している。

本稿の構成は以下のとおりである。第2節では、用語上の必要な区別について述べる。第3節では、Acemoglu の研究の概要を述べる。第4節で

は、Acemoglu の貢献点と今後必要とされる研究課題について述べる。

2 用語上の必要な区別

～「要素集約的」、「要素増大的」、「要素偏向的」の違い～

本節では、Acemoglu の理論を説明する前に、要素偏向的技術進歩モデルを理解する上で、まぎらわしい用語の区別を行っておく。

「要素集約的」とは、ある財を 1 単位生産するにあたって、他の財を 1 単位生産する場合に比べて、特定の生産要素の他の生産要素に対する使用比率が高い、ということである。

例えば、skilled labour（以下では、“skill” と略す。）と unskilled labour（以下では、“unskill” と略す。）の 2 種類の生産要素を用いて、2 種類の財 M と財 N を生産できるとする。ここで、財 M と財 N の 1 単位あたり生産関数を次のように設定する。

$$\text{財M} : Y_M = M(H_M, L_M)$$

$$\text{財N} : Y_N = N(H_N, L_N)$$

ただし、 H_k : 財 k を 1 単位あたり生産に要する skill 投入量、 L_k : 財 k を 1 単位あたり生産に要する unskill 投入量 ($k=M, N$)

$$\frac{H_M}{L_M} > \frac{H_N}{L_N}$$

のとき、財 M は「skill 集約的」な財という。このとき、同様の理由で、財 N は「unskill 集約的」な財という。

「要素増大的」とは、特定の生産要素について、その投入量が一定であるにも関わらず技術進歩により、ちょうどその生産要素の投入量を増加したのと同じ効果をもたらされるような技術進歩の性格をあらわしたものである。

例えば、生産関数の形が、

$$Y = F(AH, L)$$

であるとき、技術 A の進歩は、「skill 増大的」技術進歩と呼ばれる。

このような「要素増大的」技術進歩に対して、「要素偏向的」技術進歩とは、技術 A の進歩が、特定の生産要素の限界生産性の、他の生産要素の限界生産性に対する比率を高める場合、その特定の生産要素に偏向した技術進歩のことをいう。

例えば、

$$\frac{\partial \frac{\partial F / \partial H}{\partial F / \partial L}}{\partial A} > 0$$

であるとき、技術 A の進歩は「skill 偏向的」技術進歩であるという。

3 Acemoglu (1998, 2002) の概要

Acemoglu (1998, 2002) では、一貫して、「偏向的技術進歩」、とりわけ、「skill 偏向的技術進歩」を中心において、現実経済の分析を行っている。

本稿では、Acemoglu が取り上げた問題のうち、以下の問題についての分析についてとりあげる。

1. アメリカにおいて、過去25年間で skill 偏向的 innovation が加速したのはなぜか？
2. 大学卒以上の学歴の者を skill とし、大学卒未満の学歴の者を unskill としたとき、unskill に対する skill の相対的な供給量は、1960年代後半から上昇しているが、skill premium は1970年代には下がり続けた。しかし、1980年代からは上昇し始めている。それはなぜか？

これらの問題を分析するにあたって、Acemoglu は、技術進歩（あるいは、技術変化）の「偏向」（あるいは、「方向」）を分析する必要があることを指摘した。そこで、長らく、注目されないうでいた「偏向的技術進歩」

の理論に改めて注目し、さらに、その理論を発展させた。

Acemoglu では、上記の問題を分析するために、以下で述べる 2 つの効果に注目し、加えて、2 つの仮説を設けることで、従来の偏向的技術進歩理論に、技術に対する需要面に関してミクロ的基礎付けを加えている。

- 2 つの効果
 - 価格効果
 - 市場規模効果
- 2 つの仮説
 - weak induced-bias 仮説
 - strong induced-bias 仮説

価格効果とは、より高価な財を生産するための技術を開発する R&D を誘発する効果である。企業は新技術の R&D に成功することで、独占利潤を得る。これは、生産要素 $i (= H, L)$ に偏向した技術進歩により得られる、将来にわたる独占利潤の現在価値を V_i とし、開発された財の価格を p_i としたとき、

$$\frac{dV_i}{dp_i} > 0$$

となるような生産要素 i に偏向した R&D が行われるということである。これは、賦存量が少なく、要素価格の高い生産要素に偏向した R&D を誘発する効果であるとも言える。

一方、市場規模効果とは、より多く賦存する生産する生産要素に偏向した R&D を誘発する効果である。これは生産要素の数量を q_i としたとき、

$$\frac{dV_i}{dq_i} > 0$$

となるような生産要素 i に偏向した R&D を誘発する効果である。

この 2 つの効果は互いに競合しあう効果である。この 2 つの効果の大小

関係により、「偏向の均衡状態」が導き出される。この「偏向の均衡状態」を表したものが、上述した2つの仮説として表されている。

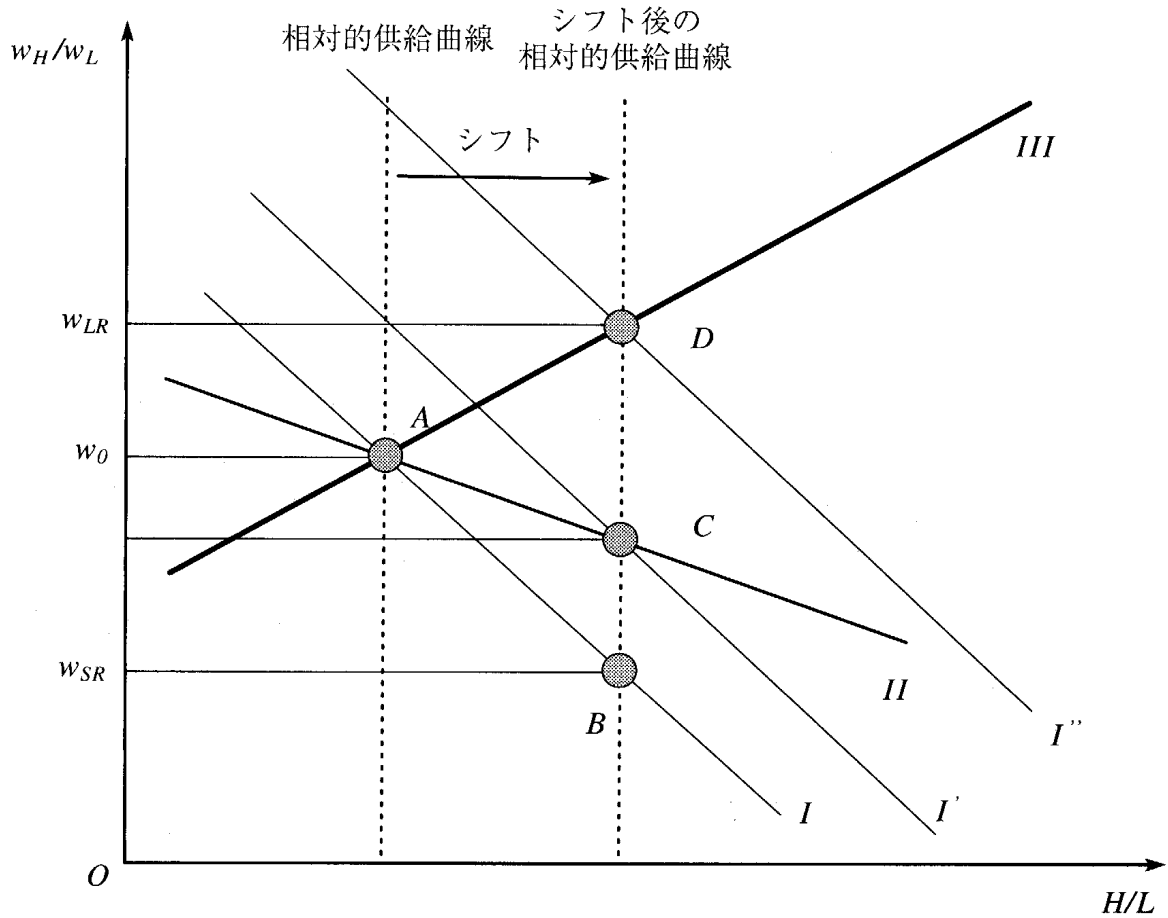
weak induced-bias 仮説とは、生産要素間の代替弾力性とは無関係（ただし、1でない限りにおいて³）に、ある特定の生産要素の、もう一方の生産要素に対する相対的な供給量が多くなるほど、その特定の生産要素に偏向した R&D が行われる、というものである。

一方、strong induced-bias 仮説とは、生産要素間の代替弾力性が十分に大きいならば、ある特定の生産要素に偏向した innovation は、通常 of 代替効果を凌駕し、ある特定の生産要素の、もう一方の生産要素に対する相対的な供給量が多くなるほど、その特定の生産要素に対する相対的な報酬は上昇する、というものである。通常考えられる代替効果のもとでは、ある特定の生産要素の他の生産要素に対する相対的な供給量が多くなるほど、その特定の生産要素に対する報酬は少なくなるので、その特定の生産要素の相対価格と相対的な需要量の関係を示した相対的需要曲線は、右下がりとなる。しかし、strong induced-bias 仮説が成立する場合には、長期的には、その相対的需要曲線は右上がりになる。その背景には、R&D 過程における知識の外部性にとまなう「収穫逓増」がある。

Acemoglu (1998, 2002) では、図表 1 を用いて、上述した問題に答えている。

曲線 I は内生的な技術進歩がない場合の skill の相対的需要曲線である。点 A は初期点であり、点 A における skill premium (skill の unskill に対する相対賃金) が w_0 である。skill の相対的供給が増加したとき、均衡点は点 B に移る。このとき、skill premium は w_{SR} まで下がる。点 B は短期的な均衡点である。weak induced-bias 仮説に沿えば、skill の相対供給の増加は、skill の相対的な需要を増加させるので、曲線 I は、曲線 I' へ上方シフトする。その結果、新しい均衡点は点 C に移る。この均衡点は、

³ Acemoglu (1998, 2002) では、CES 型の生産関数が仮定されている。



図表 1

weak induced-bias 仮説のもとでの、内生的な技術進歩によってもたらされる長期的な均衡点であり、点 A と点 C を結んだ曲線 II が、weak induced-bias 仮説のもとでの長期的な、skill に対する内生的な相対需要曲線となる。

一方、strong induced-bias 仮説のもとでは、skill の相対需要曲線はさらに上方シフトし、新しい均衡点は点 D に決まる。この均衡点における skill premium w_{LR} は、初期の skill premium w_0 を上回っている。点 A と点 D を結んだ曲線 III が、strong induced-bias 仮説のもとでの長期的な、skill の内生的な相対需要曲線である。

この分析から、1970年代における skill premium の下落は、skill 偏向的技術進歩が起こっていなかったためと言える。一方、skill の相対的な供給量の増加に対して、1980年代以降、企業が利潤動機から skill 補完的な技術

を開発していったため、技術進歩は skill 偏向的なものとなり、また、この時期に、skill premium が上昇したのも、このような内生的な技術進歩により、skill に対する相対的需要が増加したためであると言える。skill premium が w_0 を上回っているのは、strong induced-bias 仮説が成立するためと言える。

4 Acemoglu の貢献点と今後の課題

本稿では、Acemoglu (1998, 2002) に沿って、偏向的技術進歩理論を概観した。Acemoglu では、特に、「なぜ、アメリカにおいて、過去25年間の技術進歩が skill 偏向的であったのか?」「なぜ、unskill に対する skill の相対的な供給量が増加しているにもかかわらず、unskill に対する skill の相対的な報酬は下落するどころか、上昇しているのか?」という問いに対して、偏向的技術進歩理論を用いて、説明を試みている。この説明に当たって、Acemoglu は、長期的には、unskill に対する skill の内生的な相対需要曲線が右上がりになるケースを用いて説明している。Acemoglu の大きな業績は、偏向的技術進歩理論によって従来の内生的成長理論では注目されていなかった R&D の「方向」に改めて注目し、それが現実の経済を説明する上で有益であることを示したことと、従来の偏向的技術進歩理論では、見落とされていた、企業の「ミクロ的行動」である R&D に注目し、内生化したことにある。

今後必要とされるのは、まず、Acemoglu 自身も指摘しているように、このモデルについての実証研究である。Acemoglu が論文の中でとりあげたデータ以外についても同様の例についての実証分析が必要である。次いで、従来の内生的成長理論の中に、Acemoglu によって、装いを新たにした偏向的技術進歩理論の成果をどのように生かしていくか、ということである。後者については、稿を改めて議論する。

参考文献

- [1] **Acemoglu, D.** (1998), “Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality,” *Quarterly Journal of Economics*, 113, 1055–1090.
- [2] **Acemoglu, D.** (2002), “Directed Technical Change,” *Review of Economic Studies*, 69, 781–809.
- [3] **Aghion, P. and Howitt, P.** (1992), “A Model of Growth Through Creative Destruction,” *Econometrica*, 60, 323–351.
- [4] **Drandakis, E. and Phelps, E.** (1966), “A Model of Induced Invention, Growth and Distribution,” *Economic Journal*, 76, 823–840.
- [5] **Hicks, J. R.** (1932), *The Theory of Wage*, London : Macmillan.
- [6] **Grossman, G. and Helpman, E.** (1991a), “Quality Ladders in the Theory of Growth,” *Review of Economic Studies*, 58, 43–61.
- [7] **Grossman, G. and Helpman, E.** (1991b), “Endogenous Product Cycles,” *Economic Journal*, 101, 1214–1229.
- [8] **Kennedy, C.** (1964), “Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution,” *Economic Journal*, 74, 541–547.
- [9] **Lucas, R.** (1985), “On the Mechanics of Economic Development,” *Journal of Monetary Economics*, 22, 3–42.
- [10] **Nordhaus, W.** (1973), “Some Skeptical Thoughts on the Theory of Induced Innovation,” *Quarterly Journal of Economics*, 87, 208–219.
- [11] **Romer, P.** (1990), “Endogenous Technological Change,” *Journal of Political Economy*, 98, S71–S102.
- [12] **Salter, W. E. G.** (1966), *Productivity and Technical Change 2nd edition*, Cambridge, U. K. : Cambridge University Press.
- [13] **Samuelson, P.** (1965), “A Theory of Induced Innovations along Kennedy–Weizsäcker Lines,” *Review of Economics and Statistics*, 47, 444–462.
- [14] **Seegerstrom, P., Anant, T. and Dinopoulos, E.** (1990), “A Schumpeterian Model of the Product Life Cycle,” *American Economic Review*, 80, 1077–1091.