

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：32687

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K03546

研究課題名（和文）機械化が熟練・非熟練労働に与える影響を捉える成長モデルの構築および政策分析

研究課題名（英文）Effects of mechanization on income shares of skilled labor and unskilled labor

研究代表者

中村 勝克（Nakamura, Masakatsu）

立正大学・経営学部・教授

研究者番号：00333998

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：近年、人口知能（AI）などの導入により生産活動の多くの部分が機械化（オートメーション化）され、様々な職業が喪失されるとの懸念がある。他方、一般に新しい技術は経済全体の生産性を高めると同時に、労働の需要を創出するとの指摘もある。本研究では、機械化の程度が明示されるタイプの経済成長モデルを開発し、機械化と高度技術労働（熟練労働）および単純労働（非熟練労働）の長期的関係を分析した。結果、機械化が進捗する中で、それぞれの労働者の役割は減少し続けるものの、労働分配率でみると一定の値に収束することが理論的に示された。すなわち、各労働者は安定的に所得を確保し続け得る。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一国経済の生産能力を規定するものとして「マクロ生産関数」というコンセプトが存在するが、スタンダードなマクロ生産関数を用いたモデルでは、複数部門を想定した長期分析に関して、一定の理論的制約を課す必要がある。そのような中、本研究で用いた設定（生産工程モデルを用いた設定）を採用すると、分析の自由度を高めることができる。例えば、機械化が2種類の労働タイプの分配率に与える長期的な影響などに関しても、本研究では、明確な方向性を示すことができた。今後、研究を深めていくという観点からも、今回の研究は意味がある。

研究成果の概要（英文）：Mechanization or Automation can decrease the number of jobs, while new technology tends to increase labor demand because of raising labor productivity of many firms. This research develops an economic growth model which can be used to analyze several effects of mechanization on the labor shares of skilled labor and unskilled labor on the balanced growth path. Both of the labor shares converge positive values even when mechanization keeps on proceeding.

研究分野：マクロ生産関数と経済成長理論

キーワード：機械化と労働分配率 生産工程モデル Task-basedモデル 2部門経済の均育成長経路

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 研究を開始した当時、人口知能(AI)などの技術進歩が、マクロ経済にプラスに働くのか、マイナスに働くのかといった議論が本格化してきていた。一方、マクロ分析では、当時、特定の生産関数(CES 生産関数)を利用した分析が主流で、機械化(オートメーション化)を直接的に分析したものは限定的だった。そのため、機械化を表現できる生産工程モデル(もしくは Task-based モデル)を用いた分析の必要性が生じていた。

(2) 機械化(オートメーション化)が全ての労働者へ一律に影響を与えるわけではなく、例えば、2種類の労働者、すなわち熟練労働者(もしくは高度技術型労働者(skilled labor))と非熟練労働者(もしくは単純労働者(unskilled labor))に非対称的な影響を与えるとの議論が成されていた。そのため、生産工程モデル(Task-based モデル)に2種類の労働者を含める形での分析の拡張も望まれていた。

### 2. 研究の目的

上述の「背景」を受け、機械化(オートメーション化)の影響を直接的に描写できる2部門の Task-based モデルを開発し、そのモデルによって、経済の均斉成長経路(Balanced Growth Path)を分析する。具体的には、モデルにおける均斉成長経路の存在を確認する。その均斉成長経路において、機械化(オートメーション化)の進捗と、それぞれの労働分配率の安定性が両立し得ることを示す。

### 3. 研究の方法

Zeira (1997) や Nakamura and Nakamura (2008), 中村(2010), Nakamura (2010) によって分析されてきた「生産工程モデル」の基本的な構造は、Acemoglu and Restrepo (2018) によって広く知られるようになった Task-based モデルと同じである。このモデルによって、機械化(オートメーション化)の影響を、マクロ生産関数の段階で直接的に取り入れることが可能となり、AIなどに代表される労働代替的な技術進歩の効果が、経済成長モデルの枠組みで捉えられるようになる。

この研究では、高度技術型労働者(skilled labor)を用いる部門と単純労働者(unskilled labor)を用いる部門に分けて、長期的な経済状態を解明する。つまり、これまでの生産工程モデル(Task-based モデル)を2部門モデルに拡張し、多部門(2部門)成長モデルの枠組みで、機械化(オートメーション化)が生じているときの均斉成長経路(Balanced Growth Path)を理論的に分析する。

### 4. 研究成果

(1) 中村(2020)で発表した研究成果をベースに説明する。まず、次のような2部門モデルを構築した。すなわち、経済にはZ部門とY部門があり、Z部門では、資本(機械・設備等)Kと、それを用いた高度技術型労働(skilled labor)Hが生産活動を行う。次に、このZ部門の生産活動で成されたものを「合成財(composite goods)」と定義し、この合成財(composite goods)と、単純労働(unskilled labor)Lによって「最終財(final goods)」が生産されるものとする。この最終財(final goods)の生産が成される部門をY部門とする。

加えて、各部門の生産関数には、それぞれ別の生産工程モデルを採用する。つまり、

$$Y = \left[ \int_0^1 y(s)^\alpha ds \right]^{\frac{1}{\alpha}}, \quad y(s) = \frac{z(s)}{\psi(s)} \quad \text{or} \quad \frac{\tilde{l}(s)}{\lambda(s)}$$
$$Z = \left[ \int_0^1 x(s)^\beta ds \right]^{\frac{1}{\beta}}, \quad x(s) = \frac{k(s)}{\phi(s)} \quad \text{or} \quad \frac{\tilde{h}(s)}{v(s)}$$

である。

Y部門、Z部門とも工程数(タスク数)が無数存在しており、その測度を1と規格化している。y(s) および x(s) は、Y部門ならびにZ部門の第s工程(タスク)の活動量で、もしも、その工程(タスク)がZ部門の生産した合成財Zや、資本Kを使用するタイプであるのならば、それぞれ、 $y(s)=z(s)/\psi(s)$  および  $x(s)=k(s)/\phi(s)$  となる。また、それらが労働を使用するタイプの工程(タスク)であるのならば、 $y(s)=l(s)/\lambda(s)$  および  $x(s)=h(s)/v(s)$  となる。z(s) と k(s) は合成財および資本の投入量で、l(s) と h(s) は各部門の効率単位で測った労働(効率労働)の投入量を意味する。なお、 $\psi(s)$ 、 $\phi(s)$ 、 $\lambda(s)$ 、 $v(s)$  はそれぞれの単位投入(すなわち生産性の逆数)を表す。

なお、高度技術型労働(skilled labor)は、生産の管理・マネジメントやシステムのオペレーター等を行うホワイトカラーをイメージし、単純労働(unskilled labor)は、比較的単純な作業を行うブルーカラーをイメージしている点にも留意されたい。

(2) 以上のような2部門生産工程モデルは、競争均衡のもと、以下のような、可変分配パラメータ型 CES 生産関数に集約可能となる。したがって、通常の CES 生産関数をベースに考えると、経済の成長とともに一般に生産関数のフロンティア自体がダイナミックに変化することも示された。

$$Y = \left[ \left( \frac{Z}{\Psi(a)} \right)^\alpha + \left( \frac{\tilde{L}}{\Lambda(a)} \right)^\alpha \right]^{\frac{1}{\alpha}}, \Psi(a) \equiv \left( \int_0^a \psi(s)^{\frac{-\alpha}{1-\alpha}} ds \right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}, \Lambda(a) \equiv \left( \int_a^1 \lambda(s)^{\frac{-\alpha}{1-\alpha}} ds \right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}.$$

$$Z = \left[ \left( \frac{K}{\Phi(b)} \right)^\beta + \left( \frac{\tilde{H}}{\Upsilon(b)} \right)^\beta \right]^{\frac{1}{\beta}}, \Phi(b) \equiv \left( \int_0^b \phi(s)^{\frac{-\beta}{1-\beta}} ds \right)^{\frac{1-\beta}{\beta}}, \Upsilon(b) \equiv \left( \int_0^b v(s)^{\frac{-\beta}{1-\beta}} ds \right)^{\frac{1-\beta}{\beta}}.$$

つまり、通常の CES 生産関数では所与(一定)と想定されている分配パラメータ  $\Psi(a)$ ,  $\Lambda(a)$ ,  $\Phi(b)$ ,  $\Upsilon(b)$  および  $Z$  が可変となり、選択される技術水準  $a$  と  $b$  (資本工程もしくは合成財工程と労働工程の割合、すなわち  $Z$  部門の機械化の度合いと  $Y$  部門の機械化の度合い) に依存するようになる。

このことは、実証分析を行う際に重要な意味を持ち、生産要素量と産出量のデータだけからでは、厳密な生産フロンティアが推定できないことを示している。したがって、一般に、さらなる補足情報を利用するか、関数形およびパラメータに一定の仮定を課さない限り、生産フロンティアが正確に特定化できないことを理論的に示唆する。

(3) 長期的に機械化(オートメーション化)が進み続ける経済とは、いかなるものか。上述のモデルを用いて分析した。そこで解明されたのは、資本の成長率が高度技術型労働の成長率よりも高いとき、および合成財の成長率が単純労働の成長率よりも高いとき、それぞれ  $Z$  部門および  $Y$  部門での機械化が進捗するということである。このことは、次のように説明される。

資本の成長率(蓄積率)が高く、高度技術型労働の成長率を上回るとき、経済では、資本の供給が相対的に過多となり、反対に高度技術型労働の供給が過少となる。そのことを受けて、高度技術型労働のコストに対する資本コストの比率が低くなり、生産工程は、より割安となった資本を使用するように変化する。つまり、資本を多く投入する技術が生産工程で採用され、 $Z$  部門の機械化(オートメーション化)が進む。

同様に、合成財の成長率が単純労働の成長率を上回ると、合成財のコストが単純労働者のコストに比して低下していき、企業は合成財の使用範囲を拡大させることで効率を高めようとする。すなわち、最終財部門である  $Y$  部門でも機械化(オートメーション化)が進むことになる。

(4) なお、2部門成長モデルの分析が難しくなるのは、2つの生産要素の成長率が外生的に与えられるケースである。通常の新古典派型生産関数を用いた2部門成長モデルでは、2つの生産要素の成長率が異なる場合は、生産関数をあらかじめ Cobb-Douglas 型に設定するか、少なくとも均斉成長経路の近傍で Cobb-Douglas 型に近似できるような生産関数を選択しない限り、全ての要素の分配率が 0 より大きく 1 未満に収束するというノーマルな状況を記述できない。すなわち、何れかの分配率が、長期的に 0 か 1 という特異な値に収束してしまう。

このことは、通常の CES 型生産関数をベースにしたモデルの限界を示していると言えよう。本研究のように2種類の労働タイプを導入する際、単純に CES 型生産関数を用いると、さらなるモデル上の仕組み、例えば、全てのタイプの労働において、その成長率が均一化するような仕組みを用意しない限り、どちらかの労働分配率が 1 もしくは 0 に向かうことは自明となる。

(5) 本研究の最大の貢献は、生産工程モデル(Task-based モデル)を用いることで、成長率が異なるような生産要素が複数(例えば2種類)存在しても、一般に、全ての要素の分配率が 0 より大きく 1 未満というノーマルな状態に収束し得ることを示したことにある。

経済成長に伴って、選択される機械化(オートメーション化)の度合いが常に上昇を続けている場合、つまり経済が「完全オートメーション化」に向かっている場合、上で説明したように分配パラメータが、それに合わせて変化をはじめ。通常の新古典派型生産関数では考慮できなかったこのパラメータ変化が、結果的に、それぞれの生産要素の分配率を 0 より大きく 1 未満というノーマルな状態に導く。

つまり、機械化(オートメーション化)が発生しても、高度技術型労働および単純労働の分配率は一定程度の範囲に収束することが一般的であり、いずれかの分配率が完全にゼロとなるような状況は、反対に特殊なケースといえる。

#### <引用文献>

Acemoglu, Daron and Pascual Restrepo (2018) The race between machine and man: Implications of technology for growth, factor shares and employment. *American Economic Review* 108, 1488-1542.

Nakamura, Hideki (2010) Factor substitution, mechanization, and economic growth.

*Japanese Economic Review* 61, 266-281.

Nakamura, Hideki and Masakatsu Nakamura (2008) A note on the constant-elasticity-substitution production function. *Macroeconomic Dynamics* 12, 694-701.

中村勝克 (2010) 「新古典派生産関数とレオンチェフ型生産プロセス」『商学論集』78, 4, 95-111.

中村勝克 (2020) 「均斉成長経路上の Task-based モデル」『立正経営論集』52, 2, 65-80.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 中村勝克	4. 巻 52
2. 論文標題 均斉成長経路上のTask-basedモデル	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 立正経営論集	6. 最初と最後の頁 65-80
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	中村 英樹  (Nakamura Hideki)  (00272097)	大阪市立大学・大学院経済学研究科・教授    (24402)	