

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月21日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21530256

研究課題名（和文） 日本経済における資本に体化された技術進歩と新規投資

研究課題名（英文） Embodied Technological Progress and Investment in Japan

研究代表者

徳井 丞次（TOKUI JOJI）

信州大学・経済学部・教授

研究者番号：90192658

研究成果の概要（和文）：資本に体化された技術進歩の仮説は、資本財そのものの性能の向上がそれを投資して利用する部門の生産性上昇の要因となる可能性を示唆するものであるが、それは翻って投資が停滞する 1990 年代以降の日本経済の生産性低迷を説明できるかもしれない。本研究では、ミクロデータを使った実証分析を整合的になるように、中間投入を明示的に含む生産関数から資本に体化された技術進歩の枠組みを導出し、その枠組みに基づいて推計された資本に体化された技術進歩率をマクロに集計して、日本経済のTFP上昇率と比較し、資本に体化された技術進歩率が無視できない要因であることを確認した。

研究成果の概要（英文）：The embodied technological progress implies high productivity growth in investment intensive sectors. At the same time, it may account for low productivity growth in the Japanese economy after 1990s, which investment appears to be stagnated. This research drives the framework of embodied technological progress explicitly taking into account material input in firm-level production process. We also consider the aggregation problem of industry-level (or firm-level) embodied technological progress into macro-economy. Using these frameworks we show that the embodied technological progress is non-negligible factor of productivity growth in the Japanese economy after 1990s.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	500,000	150,000	650,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計			

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・経済政策

キーワード：生産性、技術進歩、資本ストック、設備投資

1. 研究開始当初の背景

生産性のけん引力としてIT投資に注目が集まって久しいが、そこではIT機器の生産分野に限らず、IT機器を投資し利用する部門でも生産性上昇効果が達成させるとの

期待があった。こうした着眼点を投資と資本の観点に限ってみると、資本財そのものの性能の向上がそれを投資して利用する部門の生産性上昇の要因となる可能性、すなわち資本に体化された技術進歩の役割に焦点が当

たってくる。

翻って、1990年代以降の日本経済は生産性上昇率の低迷と低成長に喘いでいる。こうした生産性低迷の一因も、投資の停滞と、それがもたらす資本に体化された技術進歩の未実現によって説明できるのではないか。このように考えて、この問題に取り組み、幾つかの論文に纏めてきた(徳井丞次・乾友彦・落合勝昭(2006)、徳井丞次・乾友彦・落合勝昭(2008)、徳井丞次・乾友彦・金榮慤(2008))。

2. 研究の目的

本研究は、研究代表者が加わった従前の研究で検討が不十分であった、中間投入による産業連関を考慮した場合の資本に体化された技術進歩の取り扱いを中心に研究を発展させようとするものである。事業所・企業のミクロデータを利用して生産活動の分析を行う場合には、当然、中間投入を明示的に考慮する枠組みがより望ましい。その一方で、資本に体化された技術進歩の分析枠組みは、マクロ経済学からスタートしたこともあって、中間投入を明示的に含む展開は十分に検討されぬまま、一足飛びにミクロデータの実証分析に進んでしまった感がある。

そこで、ここでは明示的に中間投入を含む生産関数の枠組みから出発して、資本に体化された技術進歩の定式化をまず行う。さらに、その枠組みに基づいて推計された個別産業の資本に体化された技術進歩率をマクロに集計する方法を展開し、その結果を日本経済全体のTFP成長率と比較して評価する。

3. 研究の方法

事業所・企業のミクロレベルや産業レベルの実証分析では、生産要素として中間投入を明示的に考慮して扱うことが多いので、ここでは中間投入がある場合についての資本に体化された技術進歩の取り扱いを導出する。すなわち、資本に体化された技術進歩が存在する場合には、資本の質の向上を反映させた資本ストック(効率単位資本ストック)を計測する必要があることを導く¹。また、資本に

¹ Johansen [1959] と Solow [1960] は共に、技術が資本に体化されるというアイデアを採用しているが、Johansen [1959] はこれに加えて、いったん据え付けられた資本の資本労働比率はそれ以降変更できないと仮定している。これに対して、Solow [1960] は生産要素の結合比率は資本の耐

体化された技術進歩率と資本の平均ヴィンテージの関係を導出する。

技術が資本に体化されている場合には、古い資本と新しい資本は異なる技術水準を反映しているので、現存する資本設備をそれが据え付けられた日付け(ヴィンテージ)によって区別する必要がある。現時点を t 時点として、 s 年前、すなわち $t-s$ 時点に据え付けられて残存する資本ストックの量を $K_{t,t-s}$ と表すことにしよう。 $t-s$ 時点の粗投資を I_{t-s} とし、物理的な減耗による s 年後の残存率を D_s とすると、 t 時点のヴィンテージ s の資本の残存量は(1)式のようなになる。ただし、資本の最大残存年数を T 年として、それ以降は全て除却されるものとする $s=1, \dots, T$ である。

$$(1) \quad K_{t,t-s} = I_{t-s} D_s$$

ヴィンテージが異なる資本では体化されている技術水準が異なるので、ひとまずヴィンテージの異なる資本ごとの生産関数を考えて、それから全てのヴィンテージに集計された生産関数を導出することを考えてみよう。したがって、 t 時点にヴィンテージ s の資本 $K_{t,t-s}$ と組み合わせられる中間投入を $M_{t,t-s}$ 、労働投入を $L_{t,t-s}$ と表し、これらを投入することによって生産される産出量を $Q_{t,t-s}$ とし、これらの関係は(2)式のような一次同時のコブ・ダグラス生産関数で与えられるものとする(α は資本分配率、 β は中間投入分配率)。生産関数の中の資本ストックの前に掛る γ が資本に体化された技術進歩率で、 t_0 を基準年として生産関数が定義されている。なお B_t は、企業における資本や労働に体化されていない技術水準(TFPの

用期間を通じて自由に変更できるものと仮定している。この論文で採用する定式化は、Solow[1960]のモデルに沿ったものである。

レベル) を表す².

(2)

$$Q_{t,t-s} = B_t \{(1+\gamma)^{t-s-t_0} K_{t,t-s}\}^\alpha M_{t,t-s}^\beta L_{t,t-s}^{1-\alpha-\beta}$$

産出量、中間投入、労働投入の集計は、それぞれ (3) 式のような単純な足し算でよい.

$$(3) \quad Q_t = \sum_{s=1}^T Q_{t,t-s}$$

$$(4) \quad M_t = \sum_{s=1}^T M_{t,t-s}$$

$$(5) \quad L_t = \sum_{s=1}^T L_{t,t-s}$$

異なるヴィンテージの資本ストックに中間投入と労働投入をどのように配分するかは、利潤最大化 (費用最小化) の条件から求めることができる。その条件は、どのヴィンテージの資本ストックに配置する中間投入もその限界生産性が均等になり、またどのヴィンテージの資本ストックに配置する労働もその限界生産性が均等になることである。中間投入の限界生産性の均等な値を v_t 、労働の限界生産性の均等な値を w_t とそれぞれ書くことにすると、条件式は次の 2 つの式で与えられる。

$$v_t = \frac{\partial Q_{t,t-s}}{\partial M_{t,t-s}} =$$

$$\beta B_t \{(1+\gamma)^{t-s-t_0} K_{t,t-s}\}^\alpha M_{t,t-s}^{\beta-1} L_{t,t-s}^{1-\alpha-\beta}$$

$$w_t = \frac{\partial Q_{t,t-s}}{\partial L_{t,t-s}} =$$

$$(1-\alpha-\beta) B_t \{(1+\gamma)^{t-s-t_0} K_{t,t-s}\}^\alpha M_{t,t-s}^\beta L_{t,t-s}^{-\alpha-\beta}$$

この 2 つ式から異なるヴィンテージの資本ごとに投入する中間投入と労働量を導き (4) 式と (5) 式によって集計すると (6) 式と (7)

² ここでは、労働の質の向上については考慮していない。

式のように中間投入量と労働投入量が、また

(2) 式と組み合わせて異なるヴィンテージの資本ごとの産出量を導き (3) 式によって集計すると (8) 式のような産出量が求められる。

(6)

$$M_t = \left(\frac{v_t}{\beta}\right)^{-\frac{\beta+\alpha}{\alpha}} \left(\frac{w_t}{1-\alpha-\beta}\right)^{-\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha}} \sum_{s=1}^T (1+\gamma)^{t-s-t_0} K_{t,t-s}$$

(7)

$$L_t = \left(\frac{v_t}{\beta}\right)^{-\frac{\beta}{\alpha}} \left(\frac{w_t}{1-\alpha-\beta}\right)^{-\frac{1-\beta}{\alpha}} \sum_{s=1}^T (1+\gamma)^{t-s-t_0} K_{t,t-s}$$

(8)

$$Q_t = B_t \left(\frac{v_t}{\beta}\right)^{-\frac{\beta}{\alpha}} \left(\frac{w_t}{1-\alpha-\beta}\right)^{-\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha}} \sum_{s=1}^T (1+\gamma)^{t-s-t_0} K_{t,t-s}$$

以上のようにして導かれた (8) 式は、(6) 式と (7) 式を使って、次の (9) 式と (10) 式のように書き直すことができる。

$$(9) \quad Q_t = B_t J_t^\alpha M_t^\beta L_t^{1-\alpha-\beta}$$

(10)

$$J_t = \sum_{s=1}^T (1+\gamma)^{t-s-t_0} K_{t,t-s} = \sum_{s=1}^T (1+\gamma)^{t-s-t_0} D_s J_{t-s}$$

資本に体化された技術進歩率 γ は、資本の質向上率とも解釈することができるので、(10) 式は、各ヴィンテージの資本残存量に資本の質を反映した効率係数を掛けて集計したものとなっている³。したがって、(10) 式で定

³ 資本の質向上率を γ とし、基準年 (t_0) に導入された資本 1 単位の資本サービスを 1 とすると、それから $t-s-t_0$ 年後に導入される資本 1 単位は $(1+\gamma)^{t-s-t_0}$ のサービスを生み出す。また、基準年を過去のある時点ではなくて、最新年にとれば、最新の資本の技術水準を基準にして、古いヴィンテージの資本では効率が劣ることを反映する係数となるので、 γ は古い資本の陳腐

義される J_t は、効率単位資本ストックと呼ぶことができる。このように、資本に体化された技術進歩が存在する場合でも、資本の質向上率を反映させた効率単位資本ストックで資本を測れば、その資本投入量を使って (9) 式のように生産関数を定義することができる。

次に、(10) 式のように定義された効率単位資本ストックと、資本の平均ヴィンテージとの関係を導いておこう⁴。資本の平均ヴィンテージ V_t は、資本の質を表す指標としてしばしば使われる指標で、次の (11) 式のように定義される。すなわち、現在 (t) 時点で物理的に残存する各ヴィンテージの資本の比率を加重平均のウェイトとして計算した資本の平均年齢である。

$$(11) \quad V_t = \sum_{s=1}^T \frac{sI_{t-s}D_s}{K_t}$$

ただし、(11) 式右辺の分母 K_t は、次の (12) 式で与えられ、現在 (t) 時点で物理的に残存する各ヴィンテージの資本量の単純合計を表す。

$$(12) \quad K_t = \sum_{s=1}^T I_{t-s}D_s$$

(10) 式、(11) 式、(12) 式で定義した J_t 、 V_t 、 K_t は、資本の質の向上率 γ が小さな値をとる場合には、近似式 $(1+\gamma)^{-s} \approx 1-s\gamma$ を使って、次のように関係づけることができ

化率と言い換えることもできる。

⁴ この関係は Sakellaris and Wilson [2004] が使っているが、最初の導出は Nelson [1964] に遡る。ただし、Nelson [1964] は奇妙なことに、資本の質の向上を考慮せずに、物的減耗率を小さいと想定して近似計算を行っている。

る⁵。

$$(13) \quad J_t \approx G(1+\gamma)^t K_t(1-\gamma V_t)$$

ただし、 $G = (1+\gamma)^{-t_0}$ である。

最後に、(13) 式を (9) 式に代入して対数をとって時間微分すると、次の式が得られる。

$$(14) \quad \frac{\dot{Q}_t}{Q_t} = \frac{\dot{B}_t}{B_t} + \alpha\gamma(1 - \dot{V}_t) + \alpha \frac{\dot{K}_t}{K_t} + \beta \frac{\dot{M}_t}{M_t} + (1 - \alpha - \beta) \frac{\dot{L}_t}{L_t}$$

したがって、資本の計測時に、資本の質の向上を反映させた計測ができなければ、資本に体化された技術進歩率の効果は (14) 式のように、生産性 (TFP) の項にまぎれてしまう。資本のヴィンテージの変化を考慮することによって、TFP と資本に体化された技術進歩率を分離することができる。

4. 研究成果

Domar(1961)と Hulten(1978)によって示されているように、各産業の TFP をマクロ経済に集計する際には、産業間の投入産出関係を通じて生産性上昇効果が他産業にも波及することを考慮すると、ドマー・ウェイト (全産業の付加価値合計に対する各産業の粗生産額の比率) を掛けて集計する必要がある。(14) 式に示されるように、資本に体化された技術進歩の効果も、あたかも TFP と同様に生産性効果として取り出すことができるので、マクロ経済レベルに集計する際にはドマー・ウェイトを掛けて集計する必要がある。

徳井丞次・乾友彦・金榮慤 (2008) では、

⁵ (4) 式は、Gittleman, Raa and Wolff [2003] が Nelson's formula と呼ぶ定式化の離散版である。彼らは、本節で使ったモデルの連続版から出発して Nelson's formula が成り立たないことを証明している。もちろん、Nelson's formula は近似式として導かれるものに過ぎない。彼らの連続版モデルでも、資本の質の向上率が小さければ、近似式として Nelson's formula を導出することが可能である。

製造業のマイクロデータを使って資本に体化された技術進歩率を計測したが、その結果は年率0.2パーセントから0.4パーセントと低いものであった。ドマー・ウェイトを掛けて、製造業の生産性上昇効果が、製造業内の産業連関と、製造業から非製造業への産業連関を通じてマクロ経済全体の生産性に波及する効果を考慮すると、製造業における資本に体化された技術進歩の効果は0.1パーセントから0.3パーセントとなる。この値はなお小さいものの、1990年代以降の日本経済のTFP成長率が1パーセントを大きく下回る水準に低迷していることを考慮にすれば、資本の体化された技術進歩は、日本経済の生産性を論じる上でなお無視することのできない要因であるといえよう。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

徳井丞次、牧野達治、高橋陽子 (2009), 「自営業主・家族従業者と雇用者の生産性格差」RIETI Discussion Paper Series 09-J-018, 2009年06月. pp. 1-32

徳井丞次 (2010), 「企業活動のグローバル化を捉えるための統計整備」日本経済研究センター『経済統計の体系的整備に関する調査』(第2部の第2章)、2010年3月. pp. 59-72

徳井丞次 (2010), 「長野県製造業の未来への挑戦と大学の役割」, 日本経済研究所『日経研月報』2010年11月, 第389号, pp. 24-30.

徳井丞次 (2011), 「第Ⅲ部総括コメント1」, 浅子和美・飯塚信夫・宮川努編『世界同時不況と景気循環分析』東京大学出版会, pp. 349-356.

徳井丞次、荒井信幸、川崎一泰、宮川努、深尾京司、新井園枝、枝村一麿、児玉直美、野口尚洋 (2012), 「東日本大震災の経済的影響 —過去の災害との比較、サプライチェーンの寸断効果、電力供給制約の影響—」, RIETI Policy Discussion Paper

Series 12-P-004, 2012年03月. pp. 1-65.

徳井丞次 (2012), 「信州大学実施研究費の収益率」『信州大学の研究費及び技術移転の経済効果に関する調査研究』, 平成22年度イノベーションシステム整備事業報告書, 2012年4月, pp. 5-63.

徳井丞次、中島健次 (2012), 「産学連携の課題」, 『信州大学の研究費及び技術移転の経済効果に関する調査研究』, 平成22年度イノベーションシステム整備事業報告書, 2012年4月, pp. 65-73.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

徳井 丞次 (TOKUI JOJI)
信州大学・経済学部・教授
研究者番号: 90192658

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: