

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 29 日現在

機関番号：33901

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21530240

研究課題名（和文）

事業所間の技術の共有が設備投資の調整費用にもたらす影響に関する理論と実証分析

研究課題名（英文）

Technology and Capital Adjustment Costs: A Micro evidence of automobile electronics in the auto-parts suppliers.

研究代表者

打田 委千弘 (UCHIDA ICHIRO)

愛知大学・経済学部・准教授

研究者番号：50305554

研究成果の概要（和文）：

本研究は、Cooper and Haltiwanger (2006) にしたがって、凸性のみならず、非凸性あるいは非可逆性をもつ資本の調整費用関数を想定し、理論的な含意が対応する調整費用関数の形状について推定する。日本の自動車部品産業の事業所レベルのデータ（『工業統計表』）を用いて、最適化の条件である Bellman 方程式につき、Simulated Method of Moments の手法を適用する。とりわけ、General Purpose Technology (GPT; David, 1990; Jovanovic and Rousseau, 2005) である自動車の電子制御化が、資本の調整費用に及ぼした影響について計測する。具体的には、特許の取得データと事業所の製品項目のデータを用いながら、電子制御燃料噴射装置 (PET) ・電動パワーステアリング (EPS) ・ABS ・エアバッグ ・ナビゲーション ・ワイヤーハーネス ・リチウムイオン電池の 7 つの技術を取り上げる。推定の結果、自動車の電子制御化の導入は、日本の自動車部品事業所の設備投資を可逆的にすると同時に、事業所のリストラ ・労働者の再訓練 ・組織改編などによって起こる事業所の規模に比例する固定費用が顕著になったことがわかる。

研究成果の概要（英文）：

In order to make quantitative evaluations on the nature of capital adjustment costs, in the face of technological changes, we estimate capital adjustment cost functions, either convex, non-convex, or irreversible (Cooper and Haltiwanger, 2006). A simulated method of moments is applied to the Bellman equations at an establishment level of the Japanese auto parts suppliers (Census of Manufactures), where experiencing a technological change of automobile electronics, an application of general purpose technology (David, 1990; Jovanovic and Rousseau, 2005). Identifying when and where auto-electronics technologies have been embodied in the auto parts suppliers, we use patent acquisition data and plants' products items: electronically-controlled fuel injection; electric power steering; anti-lock brakes; airbags; navigation; wire harnesses; and lithium-ion batteries. For the overall auto parts suppliers, there are no adjustment costs in any form, neither convex, non-convex, nor irreversible. As for the sectoral plants with the automobile electronics embodied in the tangible capitals, we clearly detect a significant existence of the convex adjustment costs. Anomalously, auto-electronics also makes investment decisions reversible. Moreover, the fixed costs of plant restructuring, worker retraining, or organizational restructuring emerge, especially in a form of costs proportional to plant size rather than the opportunity cost of investment. The nature of adjustment costs implies economic policy measures to compensate for the output losses from the capital adjustment costs in the face of general purpose technologies.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000円	480,000円	2,080,000円
2010年度	800,000円	240,000円	1,040,000円
2011年度	900,000円	270,000円	1,170,000円
年度			
年度			
総計	3,300,000円	990,000円	4,290,000円

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・応用経済学

キーワード：資本の調整費用，General Purpose Technology，自動車の電子制御化，SMM

1. 研究開始当初の背景

マクロ経済の景気循環を規定する大きな要因である設備投資に関わる企業の意思決定は、経営資源の相対的欠乏によって生じるペンローズ効果などの「調整費用」を伴う。Uzawa(1969)らは、調整費用関数が、新規の設備投資の既存の資本ストックに対する比率である投資率に関する微分可能な凸関数として定式化され、限界的調整費用が、設備投資決定の十分統計量となる Tobin(1969)の限界 q と一致することを示した。微分可能な凸関数である調整費用の存在は、マクロ経済について集計された資本ストックの調整を円滑にする役割があると考えられてきた。ところが、企業の事業所レベルのデータを用いた実証研究によると、上記の理論的な想定とは異なり、調整費用関数は屈折した形状を有するため、資本ストックの調整が lumpy となり、極端な場合には不可逆となる推定結果が示されてきた (Caballero, Engel and Haltiwanger, 1995; 1997)。また、カリブレーション手法によりマクロ経済集計量の動向を説明する動学的確率的一般均衡モデルでは、VAR モデルの推定で見られる構造ショックの経済集計量に及ぼすインパルス反応関数の hump shape を説明するために、過去の設備投資の効果を引きずる投資の増加率に依存した調整費用関数が想定されている (Christiano, Eichenbaum and Evans, 2005)。従来標準的に用いられてきた Hayashi(1982)型の調整費用関数は、設備投資と資本ストックに関する一次同次性を満たし、規模を表わす資本ストックの調整を円滑にする一方、フローである設備投資の時間を通じた持続性は生じさせない。それに対して、Christiano et al.型の調整費用関数では、設備投資自体の持続性を生じさせる。Eberly, Rebelo and Vincent(2008)は、この二種類の調整費用関数のうち Hayashi 型の方が、米国

の企業レベルのデータをより良く説明できることを明らかにした。

こうして、設備投資の調整費用関数の定式化は、マクロ経済の景気循環における設備投資の役割を考える上できわめて重要である。一体、設備投資の調整費用とは何を意味するのか。最小単位のマイクロ・レベルである企業の事業所レベルにおいて、調整費用について定量的に明らかにすることは、集計されるマクロ・レベルの調整費用関数の定式化について示唆を与える。こうした問題意識に抛りながら、本研究は、事業所レベルのマイクロの視点から、設備投資における調整費用の意味について、理論的かつ実証的に明らかにすることを目的とする。

マイクロ・レベルの調整費用に関しては、Sims(2003)が不確実性下における企業の情報処理能力 (information processing capacity) の制約が調整費用を生じさせることを理論的に示した。この理論は、企業組織における経営資源の制約を調整費用の源泉とした先の Penrose, 不確実性下における情報処理のための企業組織を強調した Arrow, 企業家の認知限界の克服のための経営行動を唱えた Simon らの企業組織と情報処理能力に関するマイクロ経済学的知見と軌を一にする。不確実性下における企業の設備投資決定に関しては、竹田・小巻・矢嶋(2005)が日本の企業の財務データを用いて、不確実性の源泉が従来の研究が対象としてきた需要側ではなく、供給側の生産性ショックにあることを実証的に示した。また、この生産性ショックに関する不確実性の重要性は、Great Moderation と呼ばれる米国における 1980年代後半以降の安定したマクロ経済にも表れ、Justiniano and Primiceri(2008)は、設備投資に対する固有の生産性ショック (investment-specific productivity shock) の安定性が Great Moderation に貢献してきた

ことを定量的に示した。

本研究では、不確実性の源泉として生産性ショックを考え、生産技術に関する情報の処理、それに伴う経営資源の調整を通じて、設備投資に伴い企業組織に調整費用を生じさせるという仮説の下、設備投資のタイミング・ゲーム・モデルを構築し、集計されるマクロ・レベルの調整費用関数の定式化に活かす。

2. 研究の目的

何をどこまで明らかにするのか

具体的な理論モデルとして、Caplin and Leahy(1994)、Zeira(1987)と同様、各事業所に生じる生産性ショックが *idiosyncratic* か *common* であるかについて不確実である状況における設備投資のタイミング・ゲームを考える。調整費用については、Jovanovic and Rousseau(2007)にしたがい、以下の二つを考える。1つは、*flexible* な技術の共有の困難さ (*putty-clay* 技術) から生じる非可塑性による費用、もう1つは *time-to-plan* (あるいは *gestation lag*) による費用である。この二つの調整費用に直面する事業所は、自らの設備投資を決定する際、他の事業所の選択を観察することにより、生産性ショックの不確実性を減らし、非可塑性費用を小さくすることができる。それと同時に、事業所は観察の期間だけ自らの決定を遅らせることになり、*time-to-plan* による調整費用を生じさせる。事業所にとって最適な設備投資のタイミングは、2つの調整費用を考慮して決められ、もし前者(後者)の調整費用が支配的であれば、設備投資の待ちオプションの価値が相対的に大きく(小さく)なる。さらに、自動車産業に顕著に見られるように、企業間の系列・事業所の物理的近似性・競争条件などから、生産技術の共有の程度 (*flexibility*) は業種や産業構造によって大きく異なると見られる。技術の共有が図られている場合には、調整費用のうち非可塑性費用の比重が相対的に小さくなるため、*time-to-plan* による費用をより重視するようになり、設備投資の待ちオプションの価値が小さくなると考えられる。こうした非可塑性費用の相対的比重に関して、産業・業種別に比較することも興味深い。

本研究は、こうした理論モデルから導かれる実証的命題について、事業所レベルのデータである経済産業省『工業統計調査』、『企業活動基本調査』の個票データの恩恵を活かして、統計的に検定することを目的とする。とりわけ『工業統計調査』甲表調査票のうち設備投資の待ちオプションを表す代理変数として、「建設仮勘定」「リース契約」あるいは「除却」の項目に着目する。

学術的な特色・独創的な点および予想される結果と意義

本研究の特色は、ミクロ経済学、マクロ経済学それぞれの視点ごとにある。ミクロ経済学上の特色は、企業組織における情報処理能力の制約から生じる設備投資の調整費用というミクロ経済学の知見に基づき、事業所間の技術の共有に焦点をあてながら、理論モデルの構築、『工業統計調査』個票データを用いる事業所レベルの推定を行う点にある。また、マクロ経済学上の特色は、調整費用の定式化について明確になることが期待できる点にある。事業所レベルのミクロの調整費用が非可塑性による費用によって占められる場合には、事業所を資本ストックで加重した産業レベルのマクロの調整費用関数は、代替関係にある事業所の資本ストックの相関を通じて、設備投資の資本ストックに対する比率である投資率に依存することになると予想される。一方、ミクロの調整費用を *time-to-plan* による費用が占める場合、設備投資の進捗の遅れが問題となり、投資の増加率に依存するマクロの調整費用関数が見込まれる。

3. 研究の方法

(1) データの加工・生産性、調整費用関数の推定 (担当：打田) 事業所レベルのデータを用いた生産性と設備投資の関係に関する実証研究は、米国に関しては

Power(1998)など幾つか存在するが、日本については事業所データの入手が困難であったため皆無である。これまで地域経済における金融機能を分析対象としてきた打田(研究代表者; 研究業績の打田(2005, 2006, 2007)参照)と、産業連関のマクロ経済的帰結について研究してきた竹田(研究分担者; 研究業績の竹田・小巻(2007)参照)は幸い、経済産業省経済産業研究所における企業生産性プロジェクトのメンバーであり、2007年度および2008年度に文部科学省科学研究費補助金基盤研究(C)「経済成長と技術の関係に関する空間計量経済学を用いた指標:自動車産業の事業所の例」(研究課題番号:19530254)の助成を受け『工業統計調査』個票データを用いて自動車産業の事業所レベルの生産関数を推定した。そこでは、各事業所間における技術の共有の影響を明示的に考慮して、事業所間の空間的距離に加え、トヨタ自動車の技術協力団体である『協豊会』に代表される垂直的系列組織に事業所の上部組織が所属するか否かの質的指標をコントロールした上で、生産性を計測した。

打田・竹田両研究者は、2009年度以降も引き続き、同プロジェクトとして『工業統計調査』および『企業活動基本調査』の個票データを用いて、本研究のテーマである生産性と

設備投資の関係や資本の調整費用関数について分析している（その後、上記プロジェクトは、「産業・企業生産性向上」プログラムに移行し、研究活動を継続している）。上記の研究成果を最大限活かす本研究では、最新の年度までの個票データへの更新、および調整費用に関して新たに考慮される変数群の扱いが必要となる。そのため、上記研究におけるデータの加工の方法を踏襲し、①『工業統計調査』個票データについて、『有価証券報告書』や『企業系列総覧』など企業活動に関する資料に基づきながら、統計パッケージソフト STATA に読み込めるフォーマットに加工し、②事業所に関する『工業統計調査』と企業に関する『企業活動基本調査』のマッチングの作業を行う。さらに、③マッチさせたデータについて、それぞれの財貨・サービスに対応する価格指数を用いた実質化を行う。上記①、②、③の作業については、打田が中心となり、打田が研究員を務める愛知大学中部地方産業研究所において作業を行ってきた。また、上記研究の経験から、膨大な個票データベースの効率的な構築のためには、64 ビットの CPU を搭載する高速処理のワークステーション、64 ビット CPU に対応したソフトウェアが不可欠である。

また、調整費用関数の推定には、数値解析ソフト Matlab を利用している。

(2). 理論モデルの構築 (担当：竹田)

Hartman(1972)を一般化した竹田・小巻・矢嶋(2005)は、不確実性下における企業の設備投資の意思決定に関する理論的命題を導いた。そこでは、不完全競争市場において企業が、生産する財の価格に対する需要ショック、および生産関数の技術に関する生産性ショックに直面している状況下で動学的な最適化を行う結果、需要ショックの mean-preserving spread が設備投資を低下させることはないのに対して、企業のマークアップ率が大きい場合には、供給ショックの mean-preserving spread は設備投資の低下に繋がることが示された。日本の企業の財務データを用いた実証分析の結果から、不確実性の源泉が Hartman(1972)ら従来の研究が対象としてきた需要側ではなく、供給側の生産性ショックにあることがわかった。また、生産性に関する竹田・小巻(2007)では、社会資本ストックの産業別の生産性に及ぼす効果が、産業連関を通じた生産性の spillover 効果により増幅されるメカニズムについて、計量経済学的モデルを示し、日本の産業連関表データを用いて実証的に分析した。その結果、産業連関における中間投入物を通じた spillover のみならず、R&D 活動によるタイム・ラグを伴った技術の伝播が多く産業で見られることが明らかとなった。本研究は、上記二つの研究を結びつけ、生産性と設備投

資との関係をテーマとする。理論モデルは、各事業所の生産性ショックが idiosyncratic か common であるかについて不確実性がある状況における設備投資のタイミング・ゲーム (Caplin and Leahy, 1994; Zeira, 1987) を参考にして構築される。

調整費用関数の理論的モデルについては、Cooper and Haltiwanger (2006)を利用する。

4. 研究成果

本研究の具体的な研究成果については、"Technology and Capital Adjustment Costs: A Micro evidence of automobile electronics in the auto-parts suppliers."RIETI Discussion Paper Series. 12-E-001(2012) (竹田陽介上智大学教授、白井大地キャノングローバル戦略研究所研究員との共著) で詳細に検討されているため参照のこと。

第一に、本研究では、資本の調整費用関数を具体的に推定するため、日本の自動車部品産業における電子制御化が、自動車部品産業の資本の調整費用にどのような影響を与えたかについて検討している。

自動車部品産業の電子制御化技術とは、人間の五感部分に相当するセンサー、頭脳の部分に対応する ECU、筋肉の部分に対応するアクチュエーター、神経の部分に対応するワイヤーハーネスの四つの部分から成っており、全体のシステムの総称を電子制御化技術と呼ぶ。

理論的に、自動車部品産業における電子制御化の導入が、General Purpose Technology (GPT; David,1990; Jovanovic and Rousseau, 2005)となることを前提とする。

その中で、GPT (電子制御化) の導入が、資本の調整費用に影響を与えると考えられる "investment-specific technology shocks" (Justiniano and Primiceri,2008) と関連することを示している。

資本の調整費用を識別するためには、自動車の電子制御化を体現している (つまり、技術革新が起こっている) 自動車部品製品を特定化する必要がある。本研究では、以下の 7 つの製品群を自動車部品の電子制御化を体現した製品であると考えた。

- (1) 電子制御燃料噴射装置 (PET)
- (2) 電動パワーステアリング (EPS)
- (3) ABS
- (4) エアバッグ
- (5) ナビゲーション
- (6) ワイヤハーネス
- (7) リチウムイオン電池

また、上記 7 製品群が、どの時期から電子制御化に移行したかを識別するため、特許庁『特許公報』電子図書館によって、上記製品群のキーワード検索により、特許取得数の推

移から時期を特定化している。

資本の調整費用関数の理論的背景は、これまでに記述した通りであるが、本研究でベースとする理論モデルは、Cooper and Haltiwanger (2006)である。Cooper and Haltiwanger (2006)は、資本の調整費用関数の形状として、凸性 (Hayashi,1982)、非凸性 (固定費用として、利潤に対する機会費用、事業所規模に比例する費用を考慮)、非可逆性 (取引費用として、資本に対する購入価格と売却価格の差として定義) を定式化しており、本研究でも同様の定式化を用いている。

利用したデータは、1986年から2007年までの経済産業省『工業統計表』(事業所レベルのマイクロデータ)である。

データの特性をCooper and Haltiwanger (2006)と比較するため、記述統計量を計測している。それによると、我々のデータは、負の投資比率が比較的低いことや正のスパイク比率が高いという特徴がある。これらの情報は、以後に行うSMM (Simulated Method of Moments) におけるターゲット指標として用いるため、重要である。

資本の調整費用関数を推定する方針は、Cooper and Haltiwanger (2006)と同様に、全サンプルデータと各製品群別データ (各製品群の組み合わせ) について、(1)利潤関数をSystem GMMで推定し、(2)Dynamic discrete-choice をベースとしたBellman方程式をSMMで推定する、という二段階となっている。SMMは、Fackler and Tastan(2008)を利用している。

SMMは、サンプルデータから計算されたMomentsとシュミレーションデータ (ここでは、Bellman方程式から導出されるシュミレーションデータ) のMomentsの差を最小にするように調整費用パラメーターを推定する方法である。従って、元のサンプルデータの分布形態がどのようなものであるかが重要となる。

SMMの推定結果であるが、全サンプルを用いたものは、調整費用の係数となる、凸性、非凸性、非可逆性の係数が有意でないという結果であった。

一方で、各製品群別サンプルで推定を行ったところ、幾つかの重要な製品群 (EPS, ABS, ワイヤハーネスの製品群を含んだサンプル) では、凸性の性質を持つ調整費用関数の形状となっており、事業所規模に比例する固定費用の係数が有意となることや、非可逆性を示す係数が1と有意に異なることが示された。これらの結果は、日本の自動車部品事業所の設備投資を可逆的にすると同時に、事業所のリストラ・労働者の再訓練・組織改編などによって起こる事業所の規模に比例する固定費用が顕著になったことを示している。

政策的なインプリケーションとしては、資

本の調整費用が発生すると想定される部分に、補助金的なサポートを取り入れることで、GPTの導入を後押し、日本企業の技術革新を誘導できることである。

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1件)

Ichihiro Uchida and Yosuke Takeda, Daichi Shirai “Technology and Capital Adjustment Costs: A Micro evidence of automobile electronics in the auto-parts suppliers.” RIETI Discussion Paper Series. 12-E-001(2012).査読無

[学会発表] (計1件)

Ichihiro Uchida and Yosuke Takeda, Daichi Shirai “Technology and Capital Adjustment Costs: A Micro Evidence of Automobile Electronics in the Auto-Parts Suppliers.” 11th Comparative Analysis of Enterprise Data & COST Conference 2012,27 April 2012(Congress Centre of Bundesagentur fuer Arbeit:Germany)

[その他]

ホームページ等

<http://www.rieti.go.jp/jp/publications/nts/12e001.html>

(研究成果についての、ノンテクニカルサマリーのHPアドレス)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

打田 委千弘 (UCHIDA ICHIHIRO)

愛知大学・経済学部・教授

研究者番号：50305554

(2) 研究分担者

竹田 陽介 (TAKEDA YOSUKE)

上智大学・経済学部・教授

研究者番号：20266068