

ICT投資が生産性に与える効果*

～マイクロデータに基づく検討～

滝澤 美帆、宮川 大介**

<要旨>

本稿では、情報通信技術（ICT）投資が企業の雇用と生産性に与える因果効果について、過去の研究の動向を概観した上で実証的に検討する。実証分析に当たっては、税制がICT投資に与えた影響を計測した企業向けアンケート調査結果を利用した識別戦略によって、税制の変更に起因する外生的なICT投資の増加が、企業レベルの総従業員数、IT人材の割合、社内と外部からのIT人材の雇用数、労働生産性に与えた影響を推定する。情報処理実態調査及び企業活動基本調査の個票データを用いた推定結果によれば、税制ショックに反応したICT投資の結果、社内の非ICT人材がICT資本と補完的なICT人材として再配置されたものの、労働生産性の改善は確認されなかった。これらの結果は、ICT投資が生産性を改善するためには、補完的な生産要素である労働の質（例：ICTリテラシー）を高めるための追加的な投資が必要となることを示唆している。

JEL Classification Codes : J23、J24、M42、C53、C14

Keywords : ICT投資、税制、ICT人材、人的資本投資

* 本稿は、(独)経済産業研究所 (RIETI) におけるプロジェクト「生産性投資研究会」の成果である滝澤・宮川 (2019) へ文献とディスカッションを追加する形で改訂したものである。滝澤・宮川 (2019) の分析に当たっては、経済産業省 (METI) の情報処理実態調査及び企業活動基本調査の調査票情報を利用した。当該政府統計の個票データ利用に当たって RIETI から多大なサポートを受けたことに感謝の意を表したい。本稿の原案に対して、宮川努 (学習院大学)、乾友彦 (学習院大学)、Ahmed Bounfour (Université Paris-Sud)、Yoonsoo Lee (Sogang University)、中島厚志 (経済産業研究所)、矢野誠 (経済産業研究所)、森川正之 (経済産業研究所)、ならびに経済産業研究所ディスカッション・ペーパー検討会の方々から多くの有益なコメントを頂いた。ここに記して、感謝の意を表したい。なお、滝澤と宮川はそれぞれ JSPS 科研費 17K03716、16K03736 の助成を受けている。

** 滝澤美帆：学習院大学経済学部経済学科 教授、宮川大介：早稲田大学商学部 教授。

ICT Investments and Firm Productivity: An Analysis Using Micro Data

By Miho TAKIZAWA and Daisuke MIYAKAWA

Abstract

This paper empirically examines the causal effects of ICT investments on firm employment and productivity. Based on an identification strategy using the survey responses of firms about the impact of the tax benefit on their ICT investments, we find the following: The increase in ICT investments responding to the tax benefit resulted in the conversion of internal non-ICT labor to ICT labor. Second, such conversion did not improve labor productivity. These results suggest that additional investments such as the investment on the quality of ICT labor (e.g., ICT literacy) is necessary for ICT investments to improve firm productivity.

JEL Classification Codes: J23, J24, M42, C53, C14

Keywords: ICT investments, tax benefit, ICT labor, human capital investments

1. はじめに

情報通信技術 (ICT) の普及は生産性の上昇に寄与するのだろうか。ソローの有名なコメント “*You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics*” (Solow 1987) に触発される形で、1990 年代には、この問いへの懐疑的な見解 (例: Harris 1994; Brynjolfsson and Hitt 1998; Gordon 2000) が多く示された。その後、集計レベルのマクロデータを用いた研究が蓄積される中で、近年では、ICT 投資が生産性の上昇をもたらすとする見解が支配的となっている (例: Jorgenson and Stiroh 2000; O’Mahony and Vecchi 2005; van Ark et al. 2008; Spiezia 2012; Kiliçaslan et al. 2017; Gordon and Sayed 2020)。

こうした「大きなストーリー」は、企業などのレベルで計測されたマイクロデータを用いた研究からも支持を得ている。例えば、Syverson (2011) は、ICT 投資がマネジメントプラクティスとの相互作用 (Bloom et al. 2012)、資本ストックの稼働率の改善 (Hubbard 2003)、生産プロセス内の特定のタスクの効率化 (Bartel 2007) などを通じて、企業レベルの生産性改善を実現した事例を紹介している。また、Stanley et al. (2018) は、経済学以外の分野を含む膨大な実証分析のサーベイに基づき、携帯電話やインターネットを中心とする情報通信網の拡大による効率的な情報伝達、膨大なデータと情報処理能力の向上を踏まえた事務処理コストの低下 (例: オンラインバンキング)、顧客管理や業務管理向けのソフトウェアを用いた高スキル労働者の管理による組織運営上の効率性の改善など、ICT 投資が様々な局面において企業の意思決定と業務の遂行を効率化し、生産性の改善に寄与している様子を整理している。更に今日的な描写として、Agrawal et al. (2018) は、大規模データの利用拡大と相まって近年目覚ましい発展を遂げている広義の機械学習手法の活用により、例えば、高精度の予測タスクが実施されることで、民間企業だけではなく公的セクターにおける様々な業務が効率化されている事実を紹介している。

ICT 投資が企業活動にもたらすこうした「便益」の一方で、労働者の立場から見た「脅威」についても議論が展開されている。代表的な研究として、Autor et al. (2003) は、ICT によって代替されるタスクを検討している。ハードウェアとソフトウェアの組み合わせが定型化された事務処理の大部分を人間よりも効率的に実施できるのであれば、それらの業務を担当していた従業員のタスクが ICT によって代替される可能性があるだろう。例えば、多くの企業が急速に研究開発を進めている自動運転技術は、現段階では鉄道交通網の一部を除いて未だ広範囲に亘る実用化は行われていないものの、将来的には職業ドライバーの雇用に大きな影響を与える可能性が高い。

ICT による雇用の篡奪 (replacement effect) が一般的には大きな注目を浴びる一方で、ICT と補完関係にあるタスクの存在も指摘されている (Acemoglu and Autor 2011)。例えば、研究・開発等の業務に従事する高スキルの労働者を典型例として、ICT 投資によって業務がより効率的に実施されるケースがある (Lucchetti and Sterlacchini 2004; Michaels et al. 2014; Akerman et al. 2015) ほか、新しい業務が産みだされる可能性もある。雇用に対するこうし

た直接的効果の他にも、ICT 投資がイノベーションや生産性の改善を通じてより高い付加価値の創出に繋がる可能性 (Gordon and Sayed 2020; Wang and Qi 2021; Pradhan et al. 2022)、機械設備などの有形資本を含む広義の資本と ICT 投資との間の代替・補完の可能性 (Colombo et al. 2013; DeStefano et al. 2018; Na et al. 2020)、それらの総合的な結果としての生産性への影響など、ICT 投資が多岐に亘るチャンネルを通じて企業活動に影響を及ぼし得ることが検討されている。

ICT 投資が企業活動へ与える影響については、こうした多岐に亘る理論的整理が進みつつも、多くの実証研究が相関関係に基づいた議論に留まっていた。ここで、因果関係の識別を念頭に置いた実証研究の最大の難題は、ICT の導入が労働供給や生産性の変動といった様々な要因と同時に決定される点にある。例えば、ICT の導入が進んだ企業とそうでない企業が観察され、前者が後者に比して雇用を減少させていたとする。残念ながら、この観察データを根拠として ICT の導入が雇用の減少を生み出したと主張することは出来ない。これは、何らかの事情 (例：少子高齢化や労働者の移動による労働供給の低下) による賃金上昇に伴って、企業が雇用を抑制せざるを得なくなり、結果として省力化を実現するための方法として ICT を導入した可能性など、ICT の導入と雇用の間に逆の因果関係を含む様々なメカニズムが介在し得るためである。一般的に、ICT 投資と雇用に関する観察データのみから、ICT 投資が雇用に与える影響に関する理論的整理を統計的に検証することは難しい。

個々の企業による ICT 投資の実施が、雇用や生産性に対してどのような因果効果を有しているかを実証的に検討するためには、実証分析上のなんらかの工夫が必要となる。Akerman et al. (2015) や DeStefano (2018) における、ブロードバンドの普及に関するタイミングや地理的異質性に着目した自然実験アプローチや、後述する Gaggle and Wright (2017) における、中小企業のみを対象とした ICT 投資優遇税制に着目した Regression Discontinuity Design (RDD) の利用などは、識別上の仮定を可能な限り緩めた上で ICT 投資の因果効果を推定するための優れた工夫の例といえる。こうした近年の研究は、豊富な企業属性に関するコントロール変数の下で ICT 投資によるアウトカムへの conditional correlation を確認するに留まっていた既存研究を踏まえて、因果効果の明示的な識別に取り組んでいる。

本稿も、こうした近年の先行研究と同様の問題意識から、本邦企業における ICT 投資の実施が雇用と生産性に与える短期的な影響を、因果関係の識別に配慮しながら実証的に検討する。後述の通り、Gaggle and Wright (2017) では、英国における ICT 投資優遇税制が中小企業のみを対象としていた点に注目して、中小企業か否かの境目をを用いた RDD を行い、優遇税制による ICT 投資の外生的な増加が雇用や企業パフォーマンスに与えた影響を推定している。これに対して本研究では、日本において 2003 年の税制改正で導入された「IT 投資促進税制」と 2006 年に創設され 2008 年に延長・拡充された「情報基盤強化税制」に着目することで、税制の変更ショックに起因する ICT 投資の外生的な変化 (増加) を計測し、ICT 投資の実施が雇用と生産性に与える因果効果の識別に用いる。

日本において導入されたこれらの制度は、企業が ICT 投資を行った場合に、その一定割合を法人税額から控除する税額控除や、この税額控除の一部を翌年度に繰り越すことを認める税額繰越、更に ICT 投資の対象となる設備について一定割合を普通償却に加算して償却することを認める特別償却を内容としており、何れも、企業が支払うべき税額の減免を通じて ICT 投資の誘因付けを行うものである。ここで注意すべきは、Gaggle and Wright (2017) の例とは異なり、これらの制度の対象が必ずしも特定の属性を有する企業（例：中小企業）に限定されていない点である。そもそも、日本においては、ICT 投資促進税制の対象が徐々に拡大される形で制度が整備されてきた経緯にあり、その適用範囲に関する分かりやすい断層が存在しない結果、Gaggle and Wright (2017) が用いた RDD を用いることは出来ない。そこで、本研究では分析の第一段階として、上記の ICT 投資促進税制が「企業の ICT 投資に与えた影響」を明示的に調査した企業向けアンケート調査の結果を操作変数として利用することで、税制変更ショックに起因する ICT 投資の外生的な変動を推定する。その上で、分析の第二段階として、こうして推定された外生的な ICT 投資の変動が、企業の雇用や生産性とどの様に関係しているかを推定することで、ICT 投資の実施が雇用と生産性に与える因果効果を識別する。

本研究は、近年の幾つかの研究が試みている ICT 投資が企業の雇用と生産性に与える因果効果の厳密な識別について、追加的な実証結果を提供することを意図している。特に、既存研究が用いてきた自然実験アプローチを補完する形で、企業による主観的な評価を計測したアンケート結果を用いた因果推論を行っている点に特徴がある。現在の所、ICT 投資の因果効果について明示的な因果推論を試みた研究は限られており、本研究の分析は当該分野の実証結果の蓄積に寄与するものと考えられる。

本研究で用いる情報処理実態調査の個票データには、ICT 投資の詳細と税制の利用実績、また、ICT 投資の効果に関する企業の主観的評価に加えて、従業員数やその内訳としての ICT 利用者及び情報処理要員（ICT 人材）の人員数、またそれらの更なる内訳としての社内の ICT 人材と外部からの派遣 ICT 人材の雇用数に関するサーベイ結果が記録されている。また、企業活動基本調査には、労働生産性を計測するために必要となる財務データが格納されている。本研究では、これらのデータのうち分析目的に照らして十分な情報が記録されている二千社程度を対象として、税制の変更後 1 年程度の短期間を対象とした推定を行った。

推定結果は以下の通りである。第一に、税制変更ショックに起因する外生的な ICT 投資の増加は企業レベルの総従業員数には影響せず、理論的な研究で可能性が指摘されていた「replacement effect が総従業員数の純減をもたらしている」という結果は確認されなかった。一方で、第二の結果として、当該 ICT 投資の増加は、社内における ICT 人材の雇用増をもたらした。ICT 投資に際して総従業員数が変化していないという上記の結果を踏まえると、この結果は、二種類の労働者タイプ（ICT 人材、非 ICT 人材）の割合が、税制変更ショックに起因する外生的な ICT 投資の増加に反応して、ICT 人材シェアを高める方向へ変化し

たことを意味している。なお、追加的な分析として行った、社内の ICT 人材に関する雇用と社外から派遣された ICT 人材の雇用とを独立したアウトカムとして取り扱った推定の結果から、こうした変化が、社内 ICT 人材の雇用数増を主因としており、社外から派遣された外部 ICT 人材の増加によるものではないことも確認している。第三に、ICT 投資の増加が労働生産性に与える影響については、2003 年の税制変更を対象としたベースライン推定からは正の効果が確認されたものの、2008 年の税制変更を対象とした分析や、頑健性のチェックを目的とした追加的な分析では確認されず、ICT 投資の実施が労働生産性に与える短期の影響は限定的な水準に留まっていたと評価される。

これらの結果は、ICT 投資の促進を目的として導入された税制変更のショックが外生的な ICT 投資の実施に繋がった結果、社内の非 ICT 人材が ICT 資本と補完的な ICT 人材へ（社内の雇用数全体を変化させることなく）再配分されたものの、短期における生産性の上昇には繋がらなかったことを意味している。また、ICT 投資と補完的な生産要素（ICT 利用者及び情報処理要員）の存在を示唆するものである。更に、こうした補完的な生産要素の「質」が、例えば、更なる人的資本投資を通じたリスクリングによって高まること無くしては、ICT 投資が生産性の改善に貢献する余地が限られることも示している。本研究では、税制の変更後 1 年程度の短期間を対象とした因果効果の推定を行っており、かつ、各企業内における人的資本投資の動向について勘案することによって ICT 投資の効果に係る異質性を対象とした分析は実施できていない。こうした前提の下で、ICT 投資が労働生産性に与える影響について限定的な評価となった。

本稿の構成は以下の通りである。第 2 節では、本研究と関連する既存研究を概観する。第 3 節では、本稿での分析の前提となる税制改正の制度的背景を説明する。第 4 節、第 5 節では、各々本稿における実証戦略と分析用データについて説明した上で、第 6 節で実証分析の結果をまとめる。第 7 節では、本稿での分析を踏まえたディスカッションとまとめを示す。

2. 関連する先行研究

ICT 投資が企業行動に及ぼす影響を分析した既存研究の多くは、豊富なコントロール変数を用いた推定を行うことで、ICT 投資と企業レベルの属性変数との間の *conditional correlation* を推定している。Draca et al. (2006) や Acemoglu and Autor (2011) が詳細にサーベイしているこれらの既存研究では、ICT 投資と企業パフォーマンスに関する関係性を様々なデータに基づいて描写し、可能な範囲で因果関係としての解釈を試みているが、必ずしも ICT 投資から企業レベルの属性への直接的な因果効果を識別しているものではない。

こうした観察データに基づく *conditional correlation* の推定から一歩進んで、ICT 投資が雇用や生産性といった企業属性に与える因果効果を明示的に分析した先行研究が蓄積されている。本研究と最も密接に関連する先行研究は、2000 年から 2004 年にかけて英国におい

て実施された ICT 投資に関する 100%の税額控除措置を自然実験として用いた Gaggle and Wright (2017) である。彼らは、当該税制措置が中小企業に対してのみ提供されたことに着目して、規模の上で同程度ではあるものの中小企業ステータスを有する企業とそうでない企業とを比較することで、まず、当該税制措置が中小企業における実際の ICT 投資増加をもたらしたことを示した。その上で、彼らは、この ICT 投資増が、雇用や労働生産性の増加をもたらしたほか、そうした雇用増や賃金増が非定型業務に携わる *cognitive-intensive employment* において顕著に確認されることを、企業レベル及び従業員レベルのデータを用いて実証的に示した。彼らの実証結果は、Autor et al. (2003) などで理論的に提案されているタスクベースの理論モデルが示唆するメカニズムと整合的である。

本研究が対象とする日本企業については、本研究でも使用する 2003 年の情報処理実態調査個票データを用いた幾つかの既存研究が存在する。例えば、黒川 (2006) は、IT 関連の生産要素として、ハードウェア、ソフトウェア、IT 労働力を計測し、これらを含む生産関数推定によって、IT 関連生産要素に紐づく超過リターンが存在するかをテストした結果、IT 投資が必ずしも生産に寄与していないと評価している。一方で、峰滝 (2005) は、日本企業の IT 化の進展そのものが生産性に対して正の効果をもたらしているほか、組織や人的資本の蓄積が同時に進んでいる場合により高い効果が発現する可能性があることを報告している。これらの研究と同じデータに基づいて、篠崎 (2006) でも、企業内の組織や業務体制の構築と人的資本の蓄積が、情報化の効果をより高める可能性があるとしている。

これらの先行研究を踏まえた本研究の貢献は以下の二点である。第一に、ICT 投資が雇用や生産性に与える因果効果に関しては研究の蓄積が進んでいる段階であり、既存研究とは異なるアプローチを用いて因果推論に取り組んだ点に本研究の貢献が認められる。第二に、日本企業を対象とした実証分析ではこうした因果推論の試みは皆無であり、英国などのデータで確認された実証結果にどの程度の外的妥当性が存在するかを確認する点にも本稿の貢献が認められる。

3. 本研究が対象とする ICT 投資関連税制変更のバックグラウンド

本節では、本研究において ICT 投資関連税制として参照する二つの税制変更の具体的な内容を概観する。第一の税制変更は、2003 年の税制改正に際して導入された「IT 投資促進税制」である。この制度は、ソフト・ハード双方の ICT 投資を促進することで、企画・開発・生産・販売等の各段階における企業経営の効率化と新たなビジネス・モデルの創出を加速し、我が国産業の競争力を強化することを目的としており、以下の五つの特徴がある。第一に、大企業を含めてすべての企業・業種が対象となっている。第二に、それまでも税制優遇の対象であったハードウェアの対象機器が拡大されたほか、ソフトウェア投資が初めて対象となっている。第三に、従前の減税措置に比べて、減税の措置内容が大きく拡大されている。第四に、中小・中堅企業（資本金 3 億円以下）については、リース投資も税

額控除の対象となっている。第五に、税額控除と特別償却について企業の自社の状況に応じて自由に選択可能となった。これらの特徴の中で特に重要な点は、ソフトウェアが初めて対象になった点と、現在の措置内容が大きく拡大されている点である。このことは、2003年の税制改正によって、ICT投資の中でも特にソフトウェア投資の実質的な価格が大幅に低下したことを意味しており、税制変更によるICT投資の外生的な変動が生じた可能性がある。

第二の税制変更は、2006年に創設され2008年に延長・拡充された「情報基盤強化税制」である。この制度は、高度な情報セキュリティが確保された情報システム投資を促進することで、日本企業の情報基盤を強化することを目的としており、サーバー用オペレーティングシステム及び当該システムがインストールされたサーバー、データベース管理ソフトウェア、当該ソフトウェアの機能を利用するアプリケーションソフトウェア、ファイアウォールの取得・製作・賃借に関して、特別償却または税額控除を認めるものである。具体的には、基準取得価額の50%相当額の特別償却と10%相当額の特別税額控除との選択適用ができるほか、当期の法人税額の20%相当額を限度とし、控除限度を超過した金額については1年間の繰越しが可能となっている。本研究で参照する2008年の延長・拡充では、この制度について、対象設備等に、部門間・企業間で分断されている情報システムを連携するソフトウェアとして一定の要件を満たすものが追加されたほか、相対的に小規模な事業者については、取得価額の合計額の最低限度が引き下げられている。一方で、比較的大規模な事業者については、対象設備等の取得価額の合計額のうち本税制の対象となる金額に一定の制限が設けられている。第一の制度変更とは異なり、本研究が参照するこの第二の制度変更は既存制度の延長・拡充であり、かつそもそも制度の対象となる設備が限定的なものである。しかし、制度が対象とする範囲が拡充された上に、特に相対的に規模の小さな事業者にとっては税制上の優遇範囲が拡充されているという点に着目すれば、定性的には第一の制度改正を同様の意味を持っていると考えられる。

本研究が特にこれら二つの制度変更を分析対象として取り扱う理由は、これらの制度変更後に、既述の情報処理実態調査において「税制がICT投資に与えた影響」に関するアンケート調査が行われている点にある。後述する通り、情報処理実態調査は1969年に調査が開始され、以降2017年まで継続的に調査が実施されてきたが、税制が企業のICT投資に与えた影響について明示的に調査を行ったのはこれら二度の税制変更の際のみである¹。

4. 実証戦略

本節では、本研究における実証戦略を概観する。本研究の分析対象は、ICT投資が企業の雇用と生産性に対して与えた影響である。そこで、実施されたICT投資のうち税制変更に対応した投資の程度を推定した上で、その推定値と雇用および生産性との間の関係を推

¹ 具体的には、2003年・2004年、2008年・2009年・2010年に調査が行われている

定することで、ICT 投資が企業の雇用と生産性に対して与えた因果効果を計測する。

まず、分析の第一段階として、政府統計の一つである情報処理実態調査において、上記の ICT 投資関連税制が「ICT 投資に対して与えた影響」を対象とする設問があることに注目し、この情報を ICT 投資に対する操作変数として用いる。このアンケート結果は、「税制がどの程度自社の ICT 投資を増加させたか」を回答企業が主観的な評価として答えたものである。本研究では、この回答企業の主観的な評価が、設問の意図通り、税制が無い場合において自社が実施していたであろう ICT 投資の度合いに比して、税制の結果として自社が実施した ICT 投資がどの程度増加したかを計測していると仮定する。こうした仮定の下では、この主観的な評価へ雇用や生産性を直接回帰することで、税制由来の ICT 投資が雇用や生産性へ与えた因果効果全体を推定することも可能であるが、本研究では、分析の第一段階として、データから観察可能な実際の ICT 投資額を参照することで、実施された ICT 投資のうち税制変更に対応した金額を推定する。具体的には、税制変更の投資誘因効果に関する産業 i に属する企業 f のアンケート回答結果 (IV_{fi}) を、各企業の従業員一人当たり ICT 投資実施額 (ICT_{fit}) に関する操作変数として用いることで、税制ショックに由来する ICT 投資の水準を推定する。

$$ICT_{fit} = \beta_0 + \beta_1 IV_{fi} + \varepsilon_{fit} \text{ where } t = 2003, 2008$$

この分析の直観的なメカニクスは以下の通りである。いま従業員一人当たり 100 単位の ICT 投資を税制変更後に行った企業 A から、この税制変更が「ICT 投資の実施に対して影響を与えた」との回答が得られたとする。一方で、従業員一人当たり 50 単位の ICT 投資を税制変更後に行った企業 B からは、税制変更が「ICT 投資の実施に対して影響を与えていない」との回答が得られたとする。両社に関する他の条件を包括的にコントロールした上であれば、こうした差異は税制変更が ICT 投資に与える影響を検討する上で参考になるであろう。ここで、更に、税制変更が「ICT 投資の実施に対して影響を与えていない」と回答した企業 C が従業員一人当たり 100 単位の ICT 投資を税制変更後に行っていたという情報が得られたとしよう。これらの情報から、企業 A の実施した従業員一人当たり 100 単位の ICT 投資には、企業 C の実施した従業員一人当たり 100 単位の ICT 投資に比して、税制に起因する ICT 投資が多く含まれると考えられる。このように、税制ショックの効果の有無に関する主観的な評価を参照しながら、税制変更に由来する税制変更後の ICT 投資額を取り出すことが本稿における実証分析の第一段階である。

ここで十分に注意を払うべきは、上記の「両社に関する他の条件を包括的にコントロールした上であれば」という前提である。こうした前提が必要となる理由としては、例えば、税制変更が ICT 投資の実施に対して極めて効果的であった、と回答した企業が、そもそも優れたパフォーマンスを有する企業であり、従前から多くの ICT 投資を行っていたという懸念が挙げられる。本研究では、こうした懸念を排除するために、まず、ICT 投資の実施時期における時変の企業属性(ラグ付き売上高の変化 $\Delta Sales_{fit-1}$) と産業レベルの要因 (η_j)

をコントロールしつつ、税制変更に由来する税制改正後の従業員一人当たり ICT 投資実施額の「水準」(IT_{fit})に関する外生的な変動を推定した分析をベースラインとして採用する。これらのコントロール変数のうち前者によって、企業レベルの **confounding factor** がある程度コントロールされるほか、後者によって、パフォーマンスの変化を計測している期間中の産業固有のショックをコントロールすることが出来る。推定式は (1) の通りである。

$$ICT_{fit} = \beta_0 + \beta_1 IV_{fi} + \beta_2 \Delta Sales_{fit-1} + \eta_j + \varepsilon_{fit} \text{ where } t = 2003, 2008 \quad (1)$$

次に、結果の頑健性を確認するために、(1) 式で被説明変数として用いた税制改正後の従業員一人当たり ICT 投資実施額の「水準」ではなく、税制改正前後の従業員一人当たり ICT 投資実施額の「変化」を対象として、この従業員一人当たり ICT 投資の変動の中で税制に起因する部分を推定したモデルを用いる。このモデルでは、税制変更が ICT 投資の実施に対して極めて効果的であった、と回答した企業が、何らかの理由で従前から高い ICT 投資の「水準」を行っていたという懸念について考慮されている。推定式は (2) の通りである。

$$\Delta ICT_{fit} = \beta_0 + \beta_1 IV_{fi} + \beta_2 \Delta Sales_{fit-1} + \eta_j + \varepsilon_{fit} \text{ where } t = 2003, 2008 \quad (2)$$

これらの第一段階の推定結果から予測された \widehat{ICT}_{fit} 及び $\widehat{\Delta ICT}_{fit}$ は、税制変更に由来する税制変更後の従業員一人当たり ICT 投資額の水準 (\widehat{ICT}_{fit}) 及び税制変更に由来する税制変更前後の従業員一人当たり ICT 投資額の変化 ($\widehat{\Delta ICT}_{fit}$) として解釈できる。本研究では、 IV_{fi} が ICT_{fit} および ΔICT_{fit} とは相関しているが、企業の雇用及び生産性を対象とした第二段階目の推定式における誤差項とは相関していないという識別上の仮定の下で、企業レベルの従業員数、従業員に占める ICT 利用者及び情報処理要員 (ICT 人材) の雇用シェア、社内の ICT 人材と外部からの派遣 ICT 人材の雇用、労働生産性に与える短期の影響を各々推定する。この識別上の仮定は、「税制がどの程度自社の ICT 投資を増加させたか」というアンケートに対する企業回答が、設問の意図通り、税制に起因する (税制ショックが無い状態との比較で見た) 自社 ICT 投資の反応を計測している場合は満たされる。つまり、 IV_{fi} は ICT 投資との相関を通じてのみ雇用や生産性と相関することとなる。なお、本稿では、Gaggle and Wright (2017) に倣って、外部環境が大きく変化していない期間に分析対象を絞る趣旨から短期の影響に注目する。

この第二段階での分析に当たって注意すべきは、ICT を有効活用出来る内部組織を有しているなどの意味で優れた企業が、従前から継続して高いパフォーマンスを示しており、結果として高い水準のパフォーマンスが ICT 投資前後において観察されていたに過ぎないという可能性である。この場合、税制の投資誘因効果に関する主観的評価を参照しながら計測した外生的な ICT 投資の実施が、事後的な企業パフォーマンス (の水準) と正の相関を有していたとしても、その相関をもって因果関係を主張することが出来ない。そこで、本稿では、税制導入前から税制導入後に亘る企業属性の「変化」を計測した上で、その変

化と税制ショック由来の ICT 投資との間の関係を推定することで、ICT 投資が雇用や生産性からなる企業属性に対してどのような因果効果を有していたかを推定する。税制変更前後の雇用変数の差分 (ΔEMP_{fit}) を分析対象のアウトカムとする場合の推定式は以下の (3-1) および (3-2) である。

$$\Delta EMP_{fit} = \delta_0 + \delta_1 \widehat{ICT}_{fit} + \delta_2 \Delta Sales_{fit-1} + v_j + \epsilon_{fit} \quad \text{where } t = 2003, 2008 \quad (3-1)$$

$$\Delta EMP_{fit} = \delta_0 + \delta_1 \Delta \widehat{ICT}_{fit} + \delta_2 \Delta Sales_{fit-1} + v_j + \epsilon_{fit} \quad \text{where } t = 2003, 2008 \quad (3-2)$$

税制変更前後の生産性の差分 (ΔLP_{fit}) を分析対象のアウトカムとする場合の推定式は以下の (4-1) および (4-2) である。

$$\Delta LP_{fit} = \delta_0 + \delta_1 \widehat{ICT}_{fit} + \delta_2 \Delta Sales_{fit-1} + v_j + \epsilon_{fit} \quad \text{where } t = 2003, 2008 \quad (4-1)$$

$$\Delta LP_{fit} = \delta_0 + \delta_1 \Delta \widehat{ICT}_{fit} + \delta_2 \Delta Sales_{fit-1} + v_j + \epsilon_{fit} \quad \text{where } t = 2003, 2008 \quad (4-2)$$

以上の実証戦略をまとめると、第一段階において、アンケート結果を参照しながら税制の変更に起因して生じた外生的な ICT 投資の変動を水準と変化分に関して計測した上で、第二段階として、その ICT 投資（の水準と変化分に関する）の外生的な変動が雇用や生産性の変化分とどの様に関係しているかを推定することで、ICT 投資が企業の雇用と生産性に対して与えた因果効果を識別する。

5. データ

本節では、分析用データセットについて概観する。本研究では、政府統計である情報処理実態調査と企業活動基本調査の企業レベル個票データを用いる。

5.1 情報処理実態調査

情報処理実態調査は、本邦民間企業における情報処理の実態を把握し、情報政策の基礎資料とすることを目的として、1969年に調査が開始され、調査が実施されなかった2015年を除いて、2017年に調査が終了するまで毎年実施されていた政府統計の一つである。ICT産業の競争力強化とICTの戦略的活用による経済・産業・社会の再生に向けた政策調査という調査の目的を反映して、全国の企業のうち、外国公務、国家公務、地方公務、郵便局、政治・経済・文化団体、宗教及び分類不能の産業を除く全産業の企業又は団体で、資本金3,000万円以上かつ総従業員50人以上の企業又は団体を対象としている。標本調査で行われた各年の調査回収数は4000社から9000社程度である。

情報処理実態調査では、ICT関係の支出を、ハードウェアとソフトウェアに分けて調査しているほか、社内のICT人材についてもその概数を把握している。また、2003年に「IT

投資促進税制」が導入された際と、2008年に「情報基盤強化税制」が延長・拡充された際には、税制変更によって各社のICT投資がどのような影響を受けたかについても調査している。具体的には、2003年及び2004年の調査において、「IT投資税制は貴社のIT投資に影響を与えますか」という設問があり、これに対して「1. 既に影響を与えていると思う」、「2. 現段階では影響を与えていないが、本税制の適用期間内（2006年3月）迄には影響を与えるものと思われる」、「3. 影響を与えていないと思う」から回答企業が選択する形となっている。また、2008年、2009年、及び2010年の調査において、「情報基盤強化税制は、貴社のIT投資をどの程度増加させた（または今後増加させる）と思いますか」という設問があり、これに対して「0%～1%未満」から「20%以上」までの六段階から回答企業が選択する形となっている。

5.2 企業活動基本調査

企業活動基本調査は、企業活動の実態を明らかにし、企業に関する施策の基礎資料を得ることを目的に、1992年から全国の企業のうち該当業種の事業所を持つ企業のうち従業員50人以上かつ資本金又は出資金3,000万円以上の会社全て対象として実施されている政府統計の一つである。各年の回答企業数は30000社程度である。

同調査では、本邦企業の企業活動を把握する目的から、様々な企業属性を計測しており、その中には経常利益、人件費、減価償却費なども含まれる。本研究では、この企業レベルの変数を用いて労働生産性を計測する。

5.3 変数

本稿の分析で用いる変数は以下のとおりである。第一に、ICT投資額 (ICT_{fit}) として、情報処理実態調査で計測された総ICT投資額（支出額）、ICTハードウェア投資額、ICTソフトウェア投資額の従業員一人当たり金額を用いる。これらの変数に関する留意点として、2003年・2004年調査では当期に発生したICT費用（例：固定資産未計上分の買取額、減価償却費）のみを計上しているのに対して、2008年・2009年・2010年調査では、固定資産への計上の有無を問わず買取額が全て計上されている（減価償却費は含まず）。このため、後者が規模としては相当程度大きなものとなっている。

第二に、税制改正後のICT投資額の水準 (ICT_{fit}) および税制改正前後のICT投資額の差分 (ΔICT_{fit}) に対する操作変数 (IV_{fi}) として、前節で概観した「税制変更によって各社のICT投資がどのような影響を受けたか」という問いに対する回答を用いる。具体的には、2003年及び2004年の調査については、「1. 既に影響を与えていると思う」という回答の場合に1を取り、それ以外の場合に0を取るダミー変数 ($1(Tax\ is\ effective_{fi})$) を用い、2008年、2009年、及び2010年の調査については、各選択肢に対応したダミー変数 ($1(Tax\ impact = 1_{fi})$ 、 \dots 、 $1(Tax\ impact = 6_{fi})$) を用いる。

第三に、雇用関連変数 (EMP_{fit}) としては、企業レベルの従業員数の対数値 ($\ln(\#EMP_{fit})$)、

従業員に占める ICT 利用者及び情報処理要員（ICT 人材）の雇用数シェア（ $\#Total\ ICT\ EMP_{fit}/\#EMP_{fit}$ ）、社内の ICT 人材と外部からの派遣 ICT 人材の雇用数シェア（ $\#Inhouse\ ICT\ EMP_{fit}/\#EMP_{fit}$ 、 $\#Outsourced\ ICT\ EMP_{fit}/\#EMP_{fit}$ ）を用いる。この雇用関連変数に関しては以下の注意点がある。まず、 $\#Total\ ICT\ EMP_{fit}$ には、社内 ICT 人材と外部からの派遣 ICT 人材が含まれるため、 $\#Total\ ICT\ EMP_{fit}/\#EMP_{fit}$ が 1 を超える企業が存在する。次に、2003 年・2004 年調査を用いた分析では、 $\#Total\ ICT\ EMP_{fit}$ の中に、単なる ICT 利用者と ICT に関する企画や運営などを担当する情報処理要員が含まれているのに対して、2008 年・2009 年・2010 年調査では後者のみが含まれている²。最後に、生産性関連変数として、労働生産性（ LP_{fit} ）を用いる。

表 1 および表 2 は、これらの変数に関する要約統計を整理したものである。本研究の分析では、情報処理実態調査のデータのみを用いたサンプル（表 1）での分析を中心としつつ、企業活動基本調査のデータが必要となる労働生産性の分析のみは、両データを接続できる範囲のサンプル（表 2）を対象とした分析を行う。表 3 は、2009 年、及び 2010 年の調査における $Tax\ impact = 1_{fi}$ 、 \dots 、 $Tax\ impact = 6_{fi}$ の分布を示したものである。

表 1 要約統計（情報処理実態調査のデータのみ）

Variable	Unit	Obs	2004 sample				2008 sample				
			Mean	SD	Min	Max	Obs	Mean	SD	Min	Max
(Treatment variable)											
1(Tax is effective)	Dummy variable	4,472	0.20	0.40	0	1					
Tax impact	Scale from 0 to 6						4,553	0.17	0.94	0	6
(ICT investment measures)											
Total ICT Investment / #EMP	('03)	4,472	3.14	1.77	0	8.63	4,552	0.25	0.42	0	4.19
Hard ICT Investment / #EMP	10 thousand JPY ('07)	4,472	1.90	1.34	0	7.53	4,552	0.11	0.20	0	3.56
Soft ICT Investment / #EMP	1 million JPY	4,472	1.43	1.46	0	7.83	4,552	0.10	0.23	0	3.05
(Employment measures)											
#EMP	Number	4,472	837	2,993	1	74,789	4,552	1,120	4,055	10	131,200
#In-house ICT EMP	Number	4,472	452	1,974	0	74,000	4,382	11	39	0	982
#Outsourced ICT EMP	Number	4,472	25	207	0	6,760	3,591	14	93	0	2,084
#ICT_EMP/#EMP	Share	4,472	0.59	0.48	0	14.73	3,555	0.03	0.10	0	3.97
#In-house ICT_EMP/#EMP	Share	4,472	0.56	0.39	0	1.00	4,381	0.02	0.04	0	0.94
#Outsourced ICT_EMP/#EMP	Share	4,472	0.03	0.25	0	14.52	3,590	0.01	0.08	0	3.95
$\Delta\ LN(\#EMP)$	Growth rate	2,910	-0.01	0.34	-4.02	5.87	2,876	0.00	0.23	-2.16	2.53
$\Delta\ \#ICT_EMP/\#EMP$	Δ Share	2,910	-0.02	0.49	-10.18	14.52	1,945	-0.02	0.18	-2.08	3.97
$\Delta\ \#In-house\ ICT_EMP/\#EMP$	Δ Share	2,910	-0.02	0.37	-10.18	1.00	2,718	-0.02	0.12	-0.99	0.10
$\Delta\ \#Outsourced\ ICT_EMP/\#EMP$	Δ Share	2,910	0.00	0.32	-7.27	14.52	1,972	0.00	0.11	-1.17	3.95
(Control variable)											
$LN(Sales)$	Log(million JPY)	4,186	9.02	1.80	3.00	16.06	4,391	9.29	1.83	0.00	16.32
$\Delta\ LN(Sales)$	Growth rate	2,737	0.00	0.32	-4.37	3.98	2,735	0.03	0.41	-4.18	6.21

² 2003 年・2004 年調査についても、情報処理要員のみを取り出すことは可能である。

表 2 要約統計（情報処理実態調査及び企業活動基本調査のデータ）

Variable	Unit	2004 sample with BSJBSA					2008 sample with BSJBSA				
		Obs	Mean	SD	Min	Max	Obs	Mean	SD	Min	Max
(Treatment variable)											
I(Tax is effective)	Dummy variable	2,506	0.24	0.43	0	1					
Tax impact	Scale from 0 to 6						2,440	0.14	0.85	0	6
(ICT investment measures)											
Total ICT Investment / #EMP	(^{'03}) 10 thousand JPY	2,506	3.09	1.71	0	8.63	2,440	0.22	0.40	0	4.19
Hard ICT Investment / #EMP	(^{'07})	2,506	1.82	1.25	0	7.36	2,440	0.09	0.19	0	3.56
Soft ICT Investment / #EMP	1 million JPY	2,506	1.43	1.43	0	7.83	2,440	0.09	0.23	0	3.05
(Employment measures)											
#EMP	Number	2,506	893	3,088	1	74,789	2,440	974	3,041	10	69,478
#In-house ICT EMP	Number	2,506	459	1,839	0	36,568	2,360	11	42	0	982
#Outsourced ICT EMP	Number	2,506	23	186	0	5,965	1,906	12	79	0	2,084
#ICT_EMP/#EMP	Share	2,506	0.57	0.42	0	3.89	1,887	0.02	0.07	0	2.45
#In-house ICT_EMP/#EMP	Share	2,506	0.55	0.38	0	1.00	2,360	0.02	0.04	0	0.94
#Outsourced ICT_EMP/#EMP	Share	2,506	0.03	0.12	0	2.89	1,906	0.01	0.04	0	1.57
Δ LN(#EMP)	Growth rate	1,626	-0.01	0.31	-4.02	3.22	1,501	0.00	0.24	-2.16	2.53
Δ #ICT_EMP/#EMP	Δ Share	1,626	-0.03	0.40	-7.27	1.22	997	-0.03	0.17	-1.65	1.09
Δ #In-house ICT_EMP/#EMP	Δ Share	1,626	-0.02	0.32	-1.70	1.00	1,428	-0.03	0.13	-0.99	0.10
Δ #Outsourced ICT_EMP/#EMP	Δ Share	1,626	-0.01	0.21	-7.27	0.81	1,012	0.00	0.06	-0.98	1.15
(Productivity measure)											
LN(Labor productivity)	Log(Million JPY)	2,402	9.22	1.73	4.69	16.06	2,387	9.31	1.78	0.00	16.32
Δ LN(Labor productivity)	Growth rate	1,554	0.00	0.25	-2.89	3.98	1,462	0.02	0.40	-3.85	6.21
(Control variable)											
LN(Sales)	Log(million JPY)	2,473	1.99	0.66	0.00	6.69	2,183	1.89	0.74	0.00	5.58
Δ LN(Sales)	Growth rate	1,604	0.01	0.28	-3.26	2.00	1,314	-0.02	0.34	-2.93	2.23

表 3 「税制変更が ICT 投資に与えた影響」に関する回答の分布

Variable	Definition	Frequency	Percent
Tax impact=	ICT tax system...		
0	does not increase ICT investment	4,386	96.33
1	increases by 0%=< and <1%	10	0.22
2	increases by 1%=< and <5%	15	0.33
3	increases by 5%=< and <10%	25	0.55
4	increases by 10%=< and <15%	4	0.09
5	increases by 15%=< and <20%	22	0.48
6	increases by 20%=<	91	2.00
Total		4,553	100

6. 推定結果

本節では、推定結果を示す。第一に、2003年・2004年データを用いた分析結果のうち、雇用関連変数を対象とした ICT 投資の因果効果を示す。第二に、同様の推定結果を 2008年・2009年・2010年データについて示す。その上で、第三に、労働生産性を対象とした ICT 投資の因果効果を示す。最後に、頑健性の確認を目的とした分析結果を示す。

6.1 推定結果

表4は、三種類のICT投資変数を内生変数として取り扱ったうえで、総従業員数の変化に対してICT投資が与える因果効果を推定した結果である。第一段階の推定から、予想通り企業の主観的な評価が税制変更後のICT投資水準と正の相関を有していることが確認される一方で、二段階目の推定から、この税制変更に起因するICT投資実施額が企業全体で見た雇用の伸び率に影響を与えていないことが分かる。

表4 従業員数の変化に対する因果効果 (2003年・2004年データ)

Panel (a1)	First stage		Second stage		First stage		Second stage	
Dependent Var	ICT Investment (2004)		Δ employment (2003-2004)		ICT Investment (2004)		Δ employment (2002-2004)	
Independent Var	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.
I(Tax is effective) (2004)	0.42	0.08 ***			0.41	0.10 ***		
ICT Investment (2004) predicted			0.02	0.03			0.04	0.04
Δ LN SALES (Lagged)	0.24	0.09 ***	-0.03	0.03	0.14	0.09	0.02	0.02
constant							yes	
Industry fixed-effect							yes	
Investment Type	(Total ICT investment / #EMP)							
Employment Type	LN(#EMP)							
No. Obs	1,914		1,914		1,279		1,279	
Prob > F	0.000		0.043		0.000		0.001	
R-squared	0.29		.		0.28		.	
Panel (a2)	First stage		Second stage		First stage		Second stage	
I(Tax is effective) (2004)	0.25	0.07 ***			0.22	0.09 **		
ICT Investment (2004) predicted			0.02	0.05			0.07	0.08
Δ LN SALES (Lagged)	0.19	0.08 **	-0.03	0.03	0.16	0.08 **	0.01	0.02
constant							yes	
Industry fixed-effect							yes	
Investment Type	(Hardware ICT investment / #EMP)							
Employment Type	LN(#EMP)							
No. Obs	1,914		1,914		1,279		1,279	
Prob > F	0.000		0.058		0.000		0.010	
R-squared	0.16		.		0.18		.	
Panel (a3)	First stage		Second stage		First stage		Second stage	
I(Tax is effective) (2004)	0.51	0.08 ***			0.53	0.10 ***		
ICT Investment (2004) predicted			0.01	0.02			0.03	0.03
Δ LN SALES (Lagged)	0.23	0.09 ***	-0.03	0.03	0.13	0.09	0.02	0.02
constant							yes	
Industry fixed-effect							yes	
Investment Type	(Software ICT investment / #EMP)							
Employment Type	LN(#EMP)							
No. Obs	1,914		1,914		1,279		1,279	
Prob > F	0.000		0.035		0.000		0.000	
R-squared	0.11		0.00		0.12		.	

表5は、三種類のICT投資変数を内生変数として取り扱ったうえで、従業員に占めるICT利用者及び情報処理要員（ICT人材）の雇用数シェアに対してICT投資が与える因果効果を推定した結果である。雇用の伸び率をアウトカムとして設定した場合とは異なり、税制変更に起因するICT投資実施額がICT人材の雇用数シェアに対して正の影響を与えていることが分かる。

表5 ICT人材の雇用数シェアに対する因果効果（2003年・2004年データ）

Panel (b1)	First stage		Second stage		First stage		Second stage	
Dependent Var	ICT Investment (2004)		Δ employment (2003-2004)		ICT Investment (2004)		Δ employment (2002-2004)	
Independent Var	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.
1(Tax is effective) (2004)	0.42	0.08 ***			0.41	0.10 ***		
ICT Investment (2004) predicted			0.11	0.05 **			0.12	0.06 *
Δ LN SALES (Lagged)	0.24	0.09 ***	-0.05	0.03	0.14	0.09	0.02	0.02
constant							yes	
Industry fixed-effect							yes	
Investment Type	(Total ICT investment / #EMP)							
Employment Type	(#Total ICT EMP / #EMP)							
No. Obs	1,914		1,914		1,279		1,279	
Prob > F	0.000		0.041		0.000		0.027	
R-squared	0.29		0.01		0.28		0.03	
Panel (b2)	First stage		Second stage		First stage		Second stage	
1(Tax is effective) (2004)	0.25	0.07 ***			0.22	0.09 **		
ICT Investment (2004) predicted			0.18	0.09 **			0.23	0.14
Δ LN SALES (Lagged)	0.19	0.08 **	-0.05	0.04	0.16	0.08 **	0.00	0.03
constant							yes	
Industry fixed-effect							yes	
Investment Type	(Hardware ICT investment / #EMP)							
Employment Type	(#Total ICT EMP / #EMP)							
No. Obs	1,914		1,914		1,279		1,279	
Prob > F	0.000		0.145		0.000		0.157	
R-squared	0.16		.		0.18		.	
Panel (b3)	First stage		Second stage		First stage		Second stage	
1(Tax is effective) (2004)	0.51	0.08 ***			0.53	0.10 ***		
ICT Investment (2004) predicted			0.09	0.04 **			0.09	0.05 *
Δ LN SALES (Lagged)	0.23	0.09 ***	-0.04	0.03	0.13	0.09	0.03	0.03
constant							yes	
Industry fixed-effect							yes	
Investment Type	(Software ICT investment / #EMP)							
Employment Type	(#Total ICT EMP / #EMP)							
No. Obs	1,914		1,914		1,279		1,279	
Prob > F	0.000		0.152		0.000		0.096	
R-squared	0.11		.		0.12		.	

表 6 は、表 5 の結果について、雇用数シェアの分子として社内の ICT 人材数と社外から派遣された ICT 人材を用いた場合を個別に推定した結果である。この推定結果から、表 5 で示した、ICT 投資実施額が ICT 人材の雇用数シェアに対して与える正の影響が、「社内の」IT 人材の雇用数シェアに対する影響にドライブされていることが分かる。

表 6 社内・社外の ICT 人材を区別した推定結果 (2003 年・2004 年データ)

Panel (c1)		Second stage				Second stage			
Dependent Var		Δ employment (2003-2004)		Δ employment (2002-2004)		Δ employment (2003-2004)		Δ employment (2002-2004)	
Independent Var		Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.
ICT Investment (2004) predicted		0.11	0.04 **	0.10	0.06 *	0.01	0.02	0.02	0.01
Δ LN SALES (Lagged)		-0.04	0.03	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
constant				yes				yes	
Industry fixed-effect				yes				yes	
Investment Type	(Total ICT investment / #EMP)								
Employment Type	(#In-house ICT EMP / #EMP)								
No. Obs		1,914		1,279		1,914		1,279	
Prob > F		0.003		0.011		0.906		0.967	
R-squared		.		0.05		0.01		.	
Panel (c2)		Second stage				Second stage			
ICT Investment (2004) predicted		0.17	0.08 **	0.19	0.13	0.01	0.03	0.03	0.03
Δ LN SALES (Lagged)		-0.05	0.03	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01
constant				yes				yes	
Industry fixed-effect				yes				yes	
Investment Type	(Total ICT investment / #EMP)								
Employment Type	(#In-house ICT EMP / #EMP)								
No. Obs		1,914		1,279		1,914		1,279	
Prob > F		0.078		0.094		0.930		0.998	
R-squared		.		.		0.01		.	
Panel (c3)		Second stage				Second stage			
IT Investment (2004) predicted		0.09	0.04 **	0.08	0.05 *	0.00	0.01	0.01	0.01
Δ LN SALES (Lagged)		-0.04	0.03	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
constant				yes				yes	
Industry fixed-effect				yes				yes	
Investment Type	(Total ICT investment / #EMP)								
Employment Type	(#In-house ICT EMP / #EMP)								
No. Obs		1,914		1,279		1,914		1,279	
Prob > F		0.037		0.046		0.892		0.950	
R-squared		.		.		0.0098		.	

表 7 から表 9 は、同様の分析を 2008 年・2009 年・2010 年サンプルを用いて行った結果であり、何れも表 4 から表 6 の結果と整合的である。

表7 従業員数の変化に対する因果効果 (2008年・2009年・2010年データ)

Panel (d1)	First stage		Second stage		First stage		Second stage		
Dependent Var	ICT Investment (2008)		Δ employment (2007-2008)		ICT Investment (2008)		Δ employment (2006-2008)		
Independent Var	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	p-value
1(Tax impact 1) (2008)	0.14	0.18			0.14	0.19			
1(Tax impact 2) (2008)	0.14	0.15			0.23	0.17			
1(Tax impact 3) (2008)	0.05	0.10			-0.01	0.12			
1(Tax impact 4) (2008)	0.09	0.23			0.09	0.25			
1(Tax impact 5) (2008)	0.35	0.12 ***			0.36	0.13 ***			
1(Tax impact 6) (2008)	0.22	0.07 ***			0.23	0.08 ***			
ICT Investment (2008) predicted			0.09	0.09			0.19	0.17	0.26
Δ LN SALES (Lagged)	-0.02	0.03	0.03	0.01 ***	-0.02	0.04	0.07	0.03	0.01 **
constant					yes				
Industry fixed-effect					yes				
Investment Type	(Total ICT investment / #EMP)								
Employment Type	LN(#EMP)								
No. Obs	1,674		1,674		1,376		1,376		
Prob > F	0.000		0.005		0.000		0.088		
R-squared	0.24		.		0.23		.		
Panel (d2)	First stage		Second stage		First stage		Second stage		
1(Tax impact 1) (2008)	-0.01	0.08			-0.02	0.09			
1(Tax impact 2) (2008)	0.05	0.07			0.10	0.08			
1(Tax impact 3) (2008)	0.06	0.05			0.03	0.06			
1(Tax impact 4) (2008)	0.14	0.11			0.14	0.11			
1(Tax impact 5) (2008)	0.13	0.06 **			0.13	0.06 **			
1(Tax impact 6) (2008)	0.09	0.03 ***			0.09	0.04 **			
ICT Investment (2008) predicted			0.15	0.23			0.39	0.40	0.33
Δ LN SALES (Lagged)	0.00	0.01	0.03	0.01 ***	0.00	0.02	0.07	0.03	0.01 **
constant					yes				
Industry fixed-effect					yes				
Investment Type	(Hardware ICT investment / #EMP)								
Employment Type	LN(#EMP)								
No. Obs	1,674		1,674		1,376		1,376		
Prob > F	0.000		0.003		0.000		0.064		
R-squared	0.21		.		0.20		.		
Panel (d3)	First stage		Second stage		First stage		Second stage		
1(Tax impact 1) (2008)	0.16	0.10			0.16	0.11			
1(Tax impact 2) (2008)	0.04	0.09			0.07	0.10			
1(Tax impact 3) (2008)	0.03	0.06			-0.01	0.07			
1(Tax impact 4) (2008)	-0.04	0.13			-0.04	0.14			
1(Tax impact 5) (2008)	0.18	0.07 **			0.18	0.08 **			
1(Tax impact 6) (2008)	0.14	0.04 ***			0.15	0.04 ***			
ICT Investment (2008) predicted			0.18	0.16			0.32	0.31	0.30
Δ LN SALES (Lagged)	-0.01	0.02	0.03	0.01 ***	0.00	0.02	0.06	0.03	0.01 **
constant					yes				
Industry fixed-effect					yes				
Investment Type	(Software ICT investment / #EMP)								
Employment Type	LN(#EMP)								
No. Obs	1,674		1,674		1,376		1,376		
Prob > F	0.000		0.006		0.000		0.105		
R-squared	0.11		.		0.10		.		

表 8 ICT 人材の雇用数シェアに対する因果効果 (2008 年・2009 年・2010 年データ)

Panel (e1)	First stage		Second stage		First stage		Second stage	
Dependent Var	ICT Investment (2008)		Δ employment (2007-2008)		ICT Investment (2008)		Δ employment (2006-2008)	
Independent Var	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.
1(Tax impact 1) (2008)	0.07	0.20			0.07	0.24		
1(Tax impact 2) (2008)	0.11	0.16			0.20	0.19		
1(Tax impact 3) (2008)	0.06	0.14			-0.02	0.16		
1(Tax impact 4) (2008)	0.08	0.30			0.08	0.32		
1(Tax impact 5) (2008)	0.28	0.14 **			0.27	0.15 *		
1(Tax impact 6) (2008)	0.18	0.07 **			0.20	0.09 **		
ICT Investment (2008) predicted			0.09	0.10			0.38	0.23 *
Δ LN SALES (Lagged)	-0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.06	0.01	0.04
constant							yes	
Industry fixed-effect							yes	
Investment Type			(Total ICT investment / #EMP)					
Employment Type			(#Total ICT EMP / #EMP)					
No. Obs		1,156		1,156		884		884
Prob > F		0.000		0.043		0.000		0.026
R-squared		0.26		0.08		0.25		.

Panel (e2)	First stage		Second stage		First stage		Second stage	
1(Tax impact 1) (2008)	-0.04	0.09			-0.06	0.11		
1(Tax impact 2) (2008)	0.04	0.07			0.09	0.09		
1(Tax impact 3) (2008)	0.06	0.07			0.02	0.08		
1(Tax impact 4) (2008)	0.20	0.14			0.19	0.15		
1(Tax impact 5) (2008)	0.12	0.06 *			0.12	0.07 *		
1(Tax impact 6) (2008)	0.07	0.03 *			0.08	0.04 *		
ICT Investment (2008) predicted			0.37	0.25			0.76	0.43 *
Δ LN SALES (Lagged)	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.04
constant							yes	
Industry fixed-effect							yes	
Investment Type			(Hardware ICT investment / #EMP)					
Employment Type			(#Total ICT EMP / #EMP)					
No. Obs		1,156		1,156		884		884
Prob > F		0.000		0.303		0.000		0.022
R-squared		0.22		.		0.22		.

Panel (e3)	First stage		Second stage		First stage		Second stage	
1(Tax impact 1) (2008)	0.13	0.11			0.16	0.14		
1(Tax impact 2) (2008)	0.03	0.09			0.06	0.11		
1(Tax impact 3) (2008)	0.05	0.08			0.02	0.09		
1(Tax impact 4) (2008)	-0.06	0.18			-0.07	0.19		
1(Tax impact 5) (2008)	0.11	0.08			0.10	0.09		
1(Tax impact 6) (2008)	0.14	0.04 ***			0.15	0.05 ***		
ICT Investment (2008) predicted			-0.01	0.21			0.54	0.31 *
Δ LN SALES (Lagged)	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.03
constant							yes	
Industry fixed-effect							yes	
Investment Type			(Software ICT investment / #EMP)					
Employment Type			(#Total ICT EMP / #EMP)					
No. Obs		1,156		1,156		884		884
Prob > F		0.000		0.009		0.000		0.000
R-squared		0.11		0.10		0.10		.

表 9 社内・社外の ICT 人材を区別した推定結果 (2008 年・2009 年・2010 年データ)

Panel (f1)	Second stage				Second stage			
Dependent Var	Δ employment (2007-2008)		Δ employment (2006-2008)		Δ employment (2007-2008)		Δ employment (2006-2008)	
Independent Var	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.
ICT Investment (2008) predicted	0.01	0.07	0.24	0.13 *	0.01	0.02	0.07	0.05
Δ LN SALES (Lagged)	0.01	0.00	-0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02
constant	yes				yes			
Industry fixed-effect	yes				yes			
Investment Type	(Total ICT investment / #EMP)				(Total ICT investment / #EMP)			
Employment Type	#In-house ICT EMP / #EMP				#Outsourced ICT EMP / #EMP			
No. Obs	1,595		1,290		1,169		895	
Prob > F	0.000		0.000		0.114		0.923	
R-squared	0.11		.		0.04		.	
Panel (f2)								
Second stage								
ICT Investment (2008) predicted	0.10	0.15	0.55	0.29 *	0.05	0.05	0.14	0.10
Δ LN SALES (Lagged)	0.00	0.00	-0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02
constant	yes				yes			
Industry fixed-effect	yes				yes			
Investment Type	(Hardware ICT investment / #EMP)				(Hardware ICT investment / #EMP)			
Employment Type	#In-house ICT EMP / #EMP				#Outsourced ICT EMP / #EMP			
No. Obs	1,595		1,290		1,169		895	
Prob > F	0.002		0.000		0.142		0.860	
R-squared	0.09		.		0.00		.	
Panel (f3)								
Second stage								
ICT Investment (2008) predicted	-0.05	0.16	0.37	0.19 *	-0.01	0.04	0.10	0.07
Δ LN SALES (Lagged)	0.00	0.00	-0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02
constant	yes				yes			
Industry fixed-effect	yes				yes			
Investment Type	(Software ICT investment / #EMP)				(Software ICT investment / #EMP)			
Employment Type	#In-house ICT EMP / #EMP				#Outsourced ICT EMP / #EMP			
No. Obs	1,595		1,290		1,169		895	
Prob > F	0.000		0.000		0.094		0.795	
R-squared	0.08		0.02		0.00		0.02	

表 10 は、アウトカムとして労働生産性を用いた結果を示している。2003 年・2004 年サンプルにおいてのみ、税制変更起因する ICT 投資実施額が労働生産性の変化に対しての正の影響を与えていることが分かる。2008 年・2009 年・2010 年サンプルを用いた分析については、リーマンショックなどの影響を受けている可能性もあるが、これらの結果は、ICT 投資の実施が生産性に与える正の影響を確認するものではない。

ここまでの結果は、ICT 投資額 (IT_{fit}) として税制変更後の水準を用いてきたが、前節で

ICT 投資が生産性に与える効果～マイクロデータに基づく検討～

議論した通り、ICT 投資額の水準には企業レベルの観察不可能な固定効果が含まれている可能性がある。例えば、企業に優れた管理部門が存在し、そうした企業においては従前から高い水準の ICT 投資が行われており、かつ IT 人材の雇用シェアや労働生産性についての上昇トレンドを有している可能性などである。こうしたケースにおいては、仮に ICT 投資の実施が直接的に IT 人材の雇用シェア上昇や生産性上昇を生み出していなかったとしても、先に示した結果が誤って得られてしまう。

表 10 労働生産性に対する因果効果

Panel (g1)	Second stage				Second stage			
Dependent Var	Δ LN(Labor productivity) (2003-2004)		Δ LN(Labor productivity) (2002-2004)		Δ LN(Labor productivity) (2007-2008)		Δ LN(Labor productivity) (2006-2008)	
Independent Var	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.
ICT Investment (2004 or 2008) predicted	0.08	0.05 *	0.14	0.07 **	-0.05	0.18	0.09	0.21
Δ LN SALES (Lagged)	0.08	0.05	-0.02	0.05	0.03	0.04	0.06	0.04
constant			yes				yes	
Industry fixed-effect			yes				yes	
Investment Type IV	(Total ICT investment / #EMP) 1(Tax is effective) (2004)				(Total ICT investment / #EMP) 1(Tax impact 1~6) (2008)			
No. Obs	1,069		702		766		690	
Prob > F	0.000		0.000		0.039		0.000	
R-squared	.		.		0.02		0.03	
Panel (g2)	Second stage				Second stage			
ICT Investment (2004 or 2008) predicted	0.11	0.07	0.20	0.10 *	-0.15	0.39	0.23	0.43
Δ LN SALES (Lagged)	0.08	0.06	-0.03	0.06	0.04	0.04	0.06	0.04
constant			yes				yes	
Industry fixed-effect			yes				yes	
Investment Type IV	(Total ICT investment / #EMP) 1(Tax is effective) (2004)				(Total ICT investment / #EMP) 1(Tax impact 1~6) (2008)			
No. Obs	1,069		702		766		690	
Prob > F	0.000		0.000		0.070		0.000	
R-squared	.		.		0.02		0.02	
Panel (g3)	Second stage				Second stage			
ICT Investment (2004 or 2008) predicted	0.07	0.04 *	0.12	0.06 **	0.00	0.21	0.06	0.21
Δ LN SALES (Lagged)	0.09	0.06	-0.01	0.04	0.03	0.04	0.06	0.04
constant			yes				yes	
Industry fixed-effect			yes				yes	
Investment Type IV	(Total ICT investment / #EMP) 1(Tax is effective) (2004)				(Total ICT investment / #EMP) 1(Tax impact 1~6) (2008)			
No. Obs	1,069		702		766		690	
Prob > F	0.000		0.000		0.015		0.000	
R-squared	.		.		0.0275		0.0384	

表11 ICT投資の伸び率を用いた推定 (OLS推定)

Panel (h1)		OLS		OLS		OLS	
Dependent Var	$\Delta \text{LN}(\# \text{EMP})$ (2003-2004)	$\Delta \text{LN}(\# \text{EMP})$ (2002-2004)	$\Delta(\# \text{Total ICT EMP} / \# \text{EMP})$ (2003-2004)	$\Delta(\# \text{Total ICT EMP} / \# \text{Total ICT EMP})$ (2002-2004)	$\Delta \text{LN}(\text{Labor productivity})$ (2003-2004)	$\Delta \text{LN}(\text{Labor productivity})$ (2002-2004)	
Independent Var	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	
$\Delta \text{ICT Investment}$	-0.03	0.01 ***	-0.03	0.01 ***	0.02	0.01 ***	
$\Delta \text{LN SALES (Lagged)}$	-0.03	0.02	0.02	0.04	0.09	0.06	
constant		yes		yes		yes	
Industry fixed-effect		yes		yes		yes	
Investment Type	(Total ICT investment / #EMP)		(Total ICT investment / #EMP)		(Total ICT investment / #EMP)		
No. Obs	1,914	1,279	1,914	1,279	1,069	1,065	
Prob > F	0.000	0.000	0.000	0.000	.	.	
R-squared	0.04	0.01	0.06	0.13	0.04	0.03	
Panel (h2)		OLS		OLS		OLS	
$\Delta \text{ICT Investment}$	-0.02	0.01 ***	-0.03	0.01 ***	0.02	0.01 **	
$\Delta \text{LN SALES (Lagged)}$	-0.03	0.02	0.03	0.02	0.09	0.06	
constant		yes		yes		yes	
Industry fixed-effect		yes		yes		yes	
Investment Type	(Hardware ICT investment / #EMP)		(Hardware ICT investment / #EMP)		(Hardware ICT investment / #EMP)		
No. Obs	1,914	1,279	1,914	1,279	1,069	1,065	
Prob > F	0.000	0.000	0.000	0.000	.	.	
R-squared	0.03	0.05	0.05	0.07	0.04	0.03	
Panel (h3)		OLS		OLS		OLS	
$\Delta \text{ICT Investment}$	-0.03	0.01 ***	-0.03	0.01 ***	0.01	0.01 ***	
$\Delta \text{LN SALES (Lagged)}$	-0.03	0.02	0.02	0.02 *	0.09	0.06	
constant		yes		yes		yes	
Industry fixed-effect		yes		yes		yes	
Investment Type	(Software ICT investment / #EMP)		(Software ICT investment / #EMP)		(Software ICT investment / #EMP)		
No. Obs	1,914	1,279	1,914	1,279	1,069	1,065	
Prob > F	0.000	0.000	0.000	0.003	.	.	
R-squared	0.04	0.05	0.03	0.05	0.03	0.04	

表 12 ICT 投資の伸び率を用いた推定 (IV 推定)

Panel (1)		Second stage		Second stage		Second stage	
Dependent Var	$\Delta \text{LN}(\# \text{EMP})$ (2003-2004)	$\Delta \# \text{Total ICT EMP} / \# \text{EMP}$ (2003-2004)	$\Delta \# \text{Total ICT EMP} / \# \text{EMP}$ (2002-2004)	$\Delta \# \text{In-house ICT EMP} / \# \text{EMP}$ (2003-2004)	$\Delta \text{LN}(\text{Labor productivity})$ (2003-2004)	Coef.	Robust S.E.
Independent Var	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.	Robust S.E.	Coef.
$\Delta \text{ICT Investment}$ predicted	0.04	0.08	0.07	0.07	0.30	0.29	0.17
$\Delta \text{LN SALES}$ (Lagged)	-0.03	0.03	0.02	0.02	0.07	0.08	0.04
constant			yes	yes			yes
Industry fixed-effect			yes	yes			yes
Investment Type	(Total ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Total ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Total ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Total ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Total ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Total ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Total ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)
No. Obs	1,914	1,279	1,279	1,914	1,279	1,069	1,065
Prob > F	0.254	0.008	0.075	0.426	0.034	0.000	0.000
R-squared			0.04		0.04		
Panel (2)		Second stage		Second stage		Second stage	
$\Delta \text{ICT Investment}$ predicted	0.14	0.32	0.16	0.19	1.53	5.05	0.24
$\Delta \text{LN SALES}$ (Lagged)	-0.03	0.02	0.01	0.03	0.05	0.23	0.06
constant			yes	yes			yes
Industry fixed-effect			yes	yes			yes
Investment Type	(Hardware ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Hardware ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Hardware ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Hardware ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Hardware ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Hardware ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Hardware ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)
No. Obs	1,914	1,279	1,279	1,914	1,279	1,069	1,065
Prob > F	0.826	0.116	0.934	1.000	0.803	0.000	0.000
R-squared							
Panel (3)		Second stage		Second stage		Second stage	
$\Delta \text{ICT Investment}$ predicted	0.05	0.10	0.07	0.07	0.32	0.31	0.13
$\Delta \text{LN SALES}$ (Lagged)	-0.03	0.03	0.02	0.02	0.06	0.07	0.04
constant			yes	yes			yes
Industry fixed-effect			yes	yes			yes
Investment Type	(Software ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Software ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Software ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Software ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Software ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Software ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)	(Software ICT investment / #EMP) I(Tax is effective) (2004)
No. Obs	1,914	1,279	1,279	1,914	1,279	1,069	1,065
Prob > F	0.276	0.017	0.187	0.233	0.102	0.000	0.000
R-squared							

この点を踏まえて、表 11 及び表 12 では、第一段階目の被説明変数を税制変更前後の ICT 投資の伸び率とした分析を行った結果を示している。まず表 11 では、一段階の推定をスキップして、税制変更前後の ICT 投資の変化が税制に起因した外生的なものであると仮定した上で、単純な OLS 推定を行っている。興味深いことに、この（誤った定式化に基づく）推定からは、税制変更前後にかけての ICT 投資の増加が、雇用の減少、ICT 人材の雇用数シェア上昇、労働生産性の上昇を生み出しているとの結果になっている。しかし既述の通り、税制変更前後の ICT 投資の変化を instrument していないこの OLS 推定では、ICT 投資の因果効果を正しく推定することは出来ない。表 12 は、この点を踏まえて、第一段階目で ICT 投資の税制変更前後の伸び率を情報処理実態調査から把握した企業の主観的評価に回帰することで、「ICT 投資の伸び率のうち、税制変更に起因した部分」を推定した上で、その推定値が各アウトカムとどの様に相関しているかを確認することで、税制変更由来の ICT 投資額の伸び率が各アウトカムに与える因果効果を推定している。この推定結果から、これまでに示した結果のうち、ICT 投資が IT 人材の雇用数シェアに与える正の影響と、特に社内の IT 人材の雇用数シェアに与える正の影響が確認される。

7. まとめとディスカッション

本研究は、企業による ICT 投資が雇用と生産性に与える短期的な影響を、因果関係に配慮しながら実証的に検討したものである。具体的には、「税制の変更が ICT 投資に与えた影響」を明示的に調査した企業向けアンケート結果を利用して、税制変更に起因する ICT 投資の実施が、企業レベルの従業員数、従業員に占める IT 利用者及び情報処理要員（IT 人材）の雇用数シェア、社内の IT 人材と外部からの派遣 IT 人材の雇用数シェア、労働生産性に与えた影響を推定した。最大で二千社程度に関する情報処理実態調査と企業活動基本調査の個票データを用いた推定結果は以下の通りである。第一に、当該税制導入に伴う ICT 投資の増加は企業レベルの従業員数に影響していない。第二に、同 ICT 投資の実施は社内 IT 人材の雇用シェアを増加させた。第三に、ICT 投資の実施が労働生産性に与える短期の影響は限定的であった。

これらの結果は、税制ショックに起因する ICT 投資の結果として、社内の非 ICT 人材が ICT 資本と補完的な ICT 人材として短期間に再配置されたことを示唆しており、近年の先行研究の含意と整合的である（例：Taştan et al. 2020）。一方で、本研究の推定結果からは、こうした ICT 投資の増加とそれに伴って生じた上記の ICT 人材の増加が、労働生産性で見た企業パフォーマンスの改善には必ずしも繋がっていなかったことも確認されている。この背景には、ICT の利用に従前必ずしも習熟していなかった人材が、ICT 投資に伴って形式的に ICT 人材としてタスクなどを割り振られたとしても、企業レベルでの生産性改善を生み出すには至らないという可能性を示唆している。

近年、人的資本の蓄積を通じた企業成長の可能性がマクロ経済学の文脈で注目を集めて

いるが（例：宮川・滝澤 2022）、こうした「大きなストーリー」を支えるマイクロレベルでのファクトとして、本研究の結果は、企業が組織的に人的資本投資を通じた従業員のリスクリングに取り組む意義を確認するものである。なお、ICT は、「ネットワーク効果」として広く知られている通り、協働関係にある主体の多くがその技術を利用することで、本来的な技術の価値が十全に発現するという特性を有している。逆に、ICT 投資の一方で組織内にこうした技術を十分に活用できない人材が存在すると、企業パフォーマンスの改善にとって致命的なボトルネックとなり得る。この意味で、ICT 投資が生産性へ正の因果効果を持つためには、補完的な要素である労働に関する ICT リテラシーの改善を、従業員全体について実現することが重要である。

残された多くの研究課題から、以下、特に重要と考えられるものをピックアップする。第一に、ICT 投資の結果として新しいタスクが生みだされたか否かを別途のデータ構築を含めて確認することが有益である。また、どのような企業においてよりスムーズな職種変換が行われたのかを検討する必要がある。この分析に当たっては、単なる IT 利用者と情報処理要員との正確な区別が重要となる。第二に、長期に亘る生産性や雇用への影響を、他の指標（例：TFP）や他の政策ショック（例：労働政策）の利用、追加的な属性変数（例：企業規模）との交互効果を含めて確認するほか、設備投資などの他の企業行動との関係を確認することも重要である。近年の研究では、ICT 投資が企業の借入制約を弱める効果を有するという仮説（例：Pellegrina et al. 2017）や、ICT 投資によって企業の海外展開が促進されるなどの仮説（例：Kneller and Timmis 2016; Hagsten and Kotnik 2017; Rasel 2017）が検証されている。これらの研究が焦点を当てているメカニズムは、ICT 投資が直接的に生産性の改善をもたらす直接的なメカニズムとは別に、例えば、制約された水準にあった有形・無形の資本投資の増加や海外市場における learning-by-doing などを通じた間接的な生産性改善のメカニズムとして機能する可能性がある。これら複数のチャンネルを実証的に検討することで、ICT 投資が企業の生産性に与える影響をより正確に理解することが出来る。第三に、広義の ICT がどのようなマイクロのメカニズムを通じて企業の生産性改善に寄与するのかを、引き続き丁寧に検討していくことが有益である。本稿の冒頭で紹介した通り、大規模データと機械学習手法を用いた高精度の予測が、幅広い業務において活用されているが、近年の研究（例：Cao et al. forthcoming; Li et al. 2024; Miyakawa and Shintani 2020; 宮川ほか 2022）では、機械学習ベースの予測モデルが特定の条件下（例：分析用データの次元が十分に高くない場合）において、人による予測に劣る精度しか実現できない可能性を指摘している。こうした結果は、どのような状況においてどのようなタスクへ、広義の ICT と人的資本どの様に組み合わせつつ利用すべきか、が引き続き重要な研究課題であることを意味している。

参考文献

- 黒川太 (2006), 「日本企業における IT 関連生産要素の生産性：IT 資本, IT 労働力の超過リターンの計測」 ESRI Discussion Paper Series No.166.
- 篠崎彰彦 (2006), 「企業改革と情報化の効果に関する実証研究—全国 9500 社に対するアンケート結果に基づくロジット・モデル分析—」 ESRI Discussion Paper Series No.164.
- 滝澤美帆・宮川大介 (2019), 「ICT 投資が雇用と生産性に与える因果効果：税制ショックを用いた実証分析」 RIETI Discussion Paper Series 19-J-068.
- 峰滝和典 (2005), 「日本企業の IT 化の進展が生産性にもたらす効果に関する実証分析—企業組織の変革と人的資本面の対応の役割—」 ESRI Discussion Paper Series No. 144.
- 宮川努・滝澤美帆 (2022), 「日本の人的資本投資について—人的資源価値の計測と生産性との関係を中心として—」 RIETI Discussion Paper Series 22-P-010.
- 宮川大介・早川正亮・加藤大輔・古谷野良太・仲山泰弘 (2022), 「市場運用業務における人間と機械のタスク分配」 JSDA キャピタルマーケットフォーラム.
- Acemoglu, D. and D. Autor (2011). “Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings.” In *Handbook of Labor Economics*, Vol. 4B, edited by Card D. and O. Ashenfelter. Amsterdam, 1043–1171.
- Agrawal, A., J. Gans, and A. Goldfarb (2018). *Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence*. Harvard Business Review Press, Boston.
- Autor, D., F. Levy, and R. J. Murnane (2003). “The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration.” *Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279–1333.
- Akerman, A., I. Gaarder, and M. Mogstad (2015). “The Skill Complementarity of Broadband Internet.” *Quarterly Journal of Economics*, 130 (4), 1781–1824.
- Bartel, A., C. Ichniowski and K. Shaw (2007). “How Does Information Technology Affect Productivity? Plant-Level Comparisons of Product Innovation, Process Improvement, and Worker Skills.” *Quarterly Journal of Economics*, 122(4), 1721–1758.
- Bloom, N., R. Sadun, and J. Van Reenen (2012). “Americans Do IT Better: US Multinationals and the Productivity Miracle.” *American Economic Review*, 102(1), 167–201.
- Brynjolfsson, E. and L. M. Hitt (1998). “Beyond the Productivity Paradox.” *Communications of the ACM*, 41(8), 49–55.
- Cao, S., W. Jiang, J. L. Wang, and B. Yang (Forthcoming). “From Man vs. Machine to Man + Machine: The Art and AI of Stock Analysis.” *American Economic Review*.
- Colombo, M. G., A. Croce, L. Grilli (2013). “ICT services and small businesses’ productivity gains: An analysis of the adoption of broadband Internet technology.” *Information Economics and Policy*, 25, 171–189.
- DeStefano, T., R. Kneller, J. Timmis (2018). “Broadband Infrastructure, ICT Use and Firm Performance: Evidence for UK Firms.” *Journal of Economic Behavior & Organization*, 155, 110–139.

- Draca, M., R. Sadun, and J. Van Reenen (2006). “Productivity and ICT: A Review of the Evidence.” Centre for Economic Performance (CEP) Discussion Paper 749.
- Gaggl, P. and G. C. Wright (2017). “A Short-Run View of What Computers Do: Evidence from a UK Tax Incentive.” *American Economic Journal: Applied Economics*, 9(3), 262–294.
- Gordon, R.J. (2000). “Does the “New Economy” Measure up to the Great Inventions of the Past?.” *Journal of Economic Perspectives*, 14(4), 49–74.
- Gordon, R. J. and H. Sayer (2020). “Transatlantic Technologies: The Role of ICT in the Evolution of U.S. and European Productivity Growth.” *International Productivity Monitor*, 38, 50–80.
- Hagsten, E. and P. Kotnik (2017). “ICT as Facilitator of Internationalisation in Small-and Medium-Sized Firms.” *Small Business Economics*, 48(2), 431–446.
- Harris, D. (1994). *Organizational Linkages: Understanding the Productivity Paradox*. National Academy Press, Washington, DC.
- Hubbard, T. N. (2003). “Information, Decisions, and Productivity: On-Board Computers and Capacity Utilization in Trucking.” *American Economic Review*, 93(4), 1328–1353.
- Jorgenson, D. W. and K. J. Stiroh (2000). “Raising the Speed Limit: US Economic Growth in the Information Age.” *Brookings Papers on Economic Activity*, 31(1), 125–236.
- Kiliçaslan, Y., R. C. Sickles, A. A. Kayış, and Y. Ü. Gürel (2017). “Impact of ICT on the Productivity of the Firm.” *Journal of Productivity Analysis*, 47(3), 277–289.
- Kneller, R. and J. Timmis (2016). “ICT and Exporting: The Effects of Broadband on the Extensive Margin of Business Service Exports.” *Review of International Economics*, 24(4), 757–796.
- Li, J., D. Miyakawa, Y. Yanaoka, and S. Yukimoto (2024). Task Allocation between Machine and Human for Leasing Contracts. Mimeo.
- Lucchetti, R. and A. Sterlacchini (2004). “The Adoption of ICT among SMEs: Evidence from an Italian Survey.” *Small Business Economics*, 23(2), 151–168.
- Michaels, G., A. Natraj, J. Van Reenen (2014). “Has ICT Polarized Skill Demand? Evidence from Eleven Countries over Twenty-Five Years.” *Review of Economics and Statistics*, 96(1), 60–77.
- Miyakawa, D. and K. Shintani (2020). “Disagreement between Human and Machine Predictions.” IMES Discussion Paper Series 2020-E-11, Bank of Japan.
- Na, K. Y, D. H. Kim, B. G. Park, S. W. Yoon, and C. Yoon (2020). “ICT and Transport Infrastructure Development: An Empirical Analysis of Complementarity.” *Applied Economics*, 52(2), 195–211.
- O’Mahony, M. and M. Vecchi (2005). “Quantifying the Impact of ICT on Output Growth: A Heterogeneous Dynamic Panel Approach.” *Economica*, 72(288), 615–633.
- Pellegrina, L. D., S. Frazzoni, Z. Rotondi, and A. Vezzulli (2017). “Does ICT Adoption Improve Access to Credit for Small Enterprises?” *Small Business Economics*, 48, 657–679.
- Rasel, F. (2017). “ICT and Global Sourcing – Evidence for German Manufacturing and Service

- Firms.” *Economics of Innovation and New Technology*, 26(7), 634–660.
- Rudra P. Pradhan, R. P., A. K. Sarangi¹, and A. Sabat (2022). “The Effect of ICT Development on Innovation: Evidence from G-20 Countries.” *Eurasian Economic Review*, 12, 361–371.
- Solow, R.M. (1987). “We’d Better Watch Out.” *New York Times*, July 12.
- Spiezia, V. (2012). “ICT investments and productivity: Measuring the Contribution of ICTS to Growth.” *OECD Journal: Economic Studies*, Vol. 2012/1.
- Stanley, T. D., H. Doucouliagos, and P. Steel (2018). “Does ICT Generate Economic Growth? A Meta-Regression Analysis.” *Journal of Economic Surveys*, 32(3), 705–726.
- Syversen, C. (2011). “What Determines Productivity?” *Journal of Economic Literature*, 49(2), 326–365.
- Taştan, H. and F. Gönel (2020). “ICT Labor, Software Usage, and Productivity: Firm-Level Evidence from Turkey.” *Journal of Productivity Analysis*, 53, 265–285.
- van Ark, B., M. O'Mahony, and M. P. Timmer (2008). “The Productivity Gap between Europe and the United States: Trends and Causes.” *Journal of Economic Perspectives*, 22(1), 25–44.
- Wang, Z. and Z. Qi (2021). “Analysis of the Influences of ICTs on Enterprise Innovation Performance in China.” *Managerial and Decision Economics*, 42(2), 474–478.