

日本に DX は必要なのか？

-法人企業におけるソフトウェアの保有量が付加価値に与える影響-

x19c013j

青木 悠飛

要約

Ishida(2015)では ICT がエネルギーと GDP に影響を与えているか自己回帰ラグモデルを用いて分析を行ったところ IT 投資と GDP の間には有意な関係は見られなかった。このように、IT は一般的に効果があるように思われているが、その効果は GDP に反映されていないように思われる。一方で、中小企業庁（2022）の調査結果ではデジタル化に取り組み状況が進んでいる企業ほど売上高や労働生産性が高いことを示唆している。日本の企業で DX に効果があるか明らかにすることを目的として、財務省が実施した法人企業統計調査の 2004 年～2019 年の時系列データを用いて、ソフトウェアが付加価値額に影響を与えているか一階差分推定と固定効果推定を用いて分析を行った。一階差分推定と固定効果推定のどちらの推定でも、ソフトウェアと付加価値額の間には有意な関係は見られなかった。次に、ソフトウェアの影響のラグを考慮するために、ソフトウェアの変化量を 1～3 年前ずらし、一階差分推定と固定効果推定を行なった結果、1～3 年前のソフトウェアの額を説明変数として付加価値額を一階差分推定と固定効果推定を行なった。多くの分析で有意差がなかった。しかし、規模別もしくは業種別に見た場合には、優位な関係が見られる場合もあった。

キーワード：DX, IT, ソフトウェア, 付加価値, 企業, 一階差分推定, 固定効果推定

序論.....	3
DX・IT とソフトウェアとは？.....	3
日本の DX の現状.....	4
なぜ DX が進まないのか.....	4
方法.....	11
データ.....	11
分析手法.....	11
一階差分推定.....	11
固定効果推定.....	11
モデル.....	12
結果（更新後）.....	13
考察（更新後）.....	17
結果の考察.....	17
研究の限界.....	18
引用文献.....	19
付録.....	21

序論

DX・ITとソフトウェアとは？

昨今、世間で頻繁にデジタルトランスフォーメーション（以下DX）への注目が高まっている。日本では、デジタル庁が2021年に設立されたことは記憶に新しい。DXという概念は場面によって様々な使われ方がなされている。そのため、DXといった時に示すものは含有するものが広く、漠然としている。そういったDXの曖昧さは、DXを議論する際にDXに対する認識のずれが生まれ、DXについて建設的な議論をするのが難しくなると考えられる。本研究では、DXの定義を明らかにしたのちに、日本のDXの展望についてデータをもとに議論する。経済産業省（2020）によればDXとは「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること。」である。要するに、デジタル技術を用いて、企業を変革し競争優位に立つことである。しかし、デジタル技術という言葉で示されるものは多岐に渡り、それによりDXの定義が広く漠然としたものになっている。例えば、デジタル技術というものが、ただ単に「パーソナルコンピュータ」（以下PC）のことを示すこともあれば、「PCとインターネットを利用して遠隔地から工場や人を管理する」ことなどもデジタル技術ということができる。しかし、現代社会で前者のデジタル技術はDXといえるような変革を企業にもたらすことは可能なのだろうか。一昔前、企業にPCがあまり普及していなかった頃であれば、PCを導入することはDXと行うことができるかもしれない。しかし、総務省（2015）では、2002年以降企業のコンピュータ保有率が9割に達していることを報告している。現代ではPCの普及が進み、企業にPCがない方が珍しいと言える。DXの定義の範囲は時代によって異なることが考えられる。総務省(2021)の調査では「業務におけるデジタル技術の活用状況」という質問項目の選択肢として、AI・IoT・データ分析・クラウド・スマホアプリ・ブロックチェーン・ドローン/ロボット・AR/VR・RPA・5Gの項目を挙げている。現代社会では、最近のデジタル技術に関する質問項目として取り上げられた選択肢である、AI・IoT・データ分析・クラウド・スマホアプリ・ブロックチェーン・ドローン/ロボット・AR/VR・RPA・5Gなどが、企業を変革することができるデジタル技術とみなすことができる。本研究でDXといった時に示すものは、「企業に変革や競争優位にもたらすことができるデジタル技術（AI・IoT・データ分析・クラウド・スマホアプリ・ブロックチェーン・ドローン/ロボット・AR/VR・RPA・5Gなど）によって、企業に変革や競争優位をもたらすこと」とする。

ここまでDXの定義について議論したが、DXに含まれるデジタル技術の中でもとりわけ重要なもの、ITとソフトウェアの定義について確認したい。似た用語として上記でIoTというデジタル技術を挙げたが、ITとは異なる。IoTはインターネットを介して相互に通信を行うことができるデバイスやセンサー、プログラムを指す。例えば、工場では生産ラインを自動化するためのセンサーや、自動車では車両の状態を監視するためのセンサーなどが挙げられる。IoTは現実世界とデジタル世界を繋ぐデジタル技術の総称である。一方で、日本ではITという言葉が一般に普及しており、ITはIoTと言う用語を含み、コンピュータや通信技術を使用して、情報を収集、処理、伝送する情報処理全般を指す。例えば、オフィスではワープロや表計算ソフトを使用することで、文書や資料を作成したり、データを管理したりすることが挙げられる。ITもDXと同様範囲が広く使う人によって定義が違ふことの多い用語であり、場面や時代によって含まれる技術が変わる場合がある。日本では経済産業省（2022）が、ITを情報通信技術の略称であると定義している。一方で、総務省（2022）では、ICTが情報通信技術の略称であると定義している。日本ではICTではなくIT（情報技術）という用語が用いられる事が多いが、IT（情報技術）は実社会（アナログ）から情報機器（デジタル）への変換を意味する用語である。近年は、インターネットの普及により、日本でITという用語はアナログからデジタルの変換する情報技術だけではなく、インターネットを含んだ情報を通信する技術の総称であるICTを指す場合が多い。これらから、本研究ではITはICTと同じ概念であり、情報通信技術を示す。ITの例としては、PC、スマートフォン、アプリケーション（アプリ）、Webページなどが挙げられる。ITの中にソフトウェアと言う技術がある。ソフトウェ

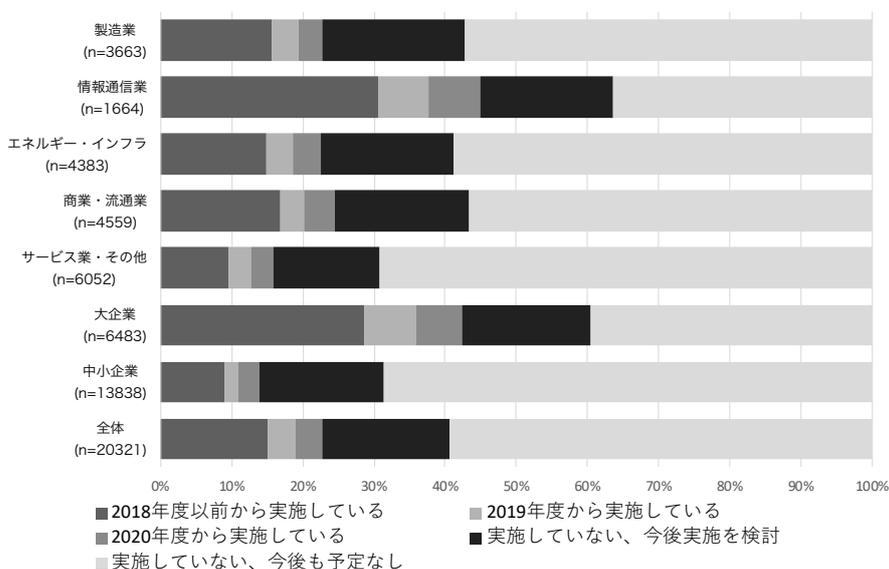
アはコンピュータ上で動きコンピュータに命令を出すプログラムの総称である。例えば、アプリケーション (SNS やゲームなど PC やスマートフォンで利用できる機能全般) , データベース, ウェブサイト, パソコンの OS (オペレーションシステム) などが挙げられる。ソフトウェアと引き合いに出されるのが、ハードウェアであるがハードウェアは正に情報技術のことで、アナログの世界とデジタルの世界をつなぐ機械のことを指す。IoT で使われるデバイスもハードウェアである。身近な例では、PC, スマートフォン, ゲーム機などである。ここまで用語の確認をしたところで、日本の DX の現状について論じる。

日本の DX の現状

日本の DX は総務省 (2021a) の調査によると、DX の取り組み状況は「実施している」と答えた割合が全体で 22.8%, 中小企業では 13.8% と一番低いサービス産業・その他では、15.8% となっている。また、毎年世界各国のデジタル度のランキングを発表している IMD (2022) によれば、63 国中 29 位であり、GDP が同程度のドイツは 19 位、GDP が少し低いフランスでも 22 位となっている。

Figure 1

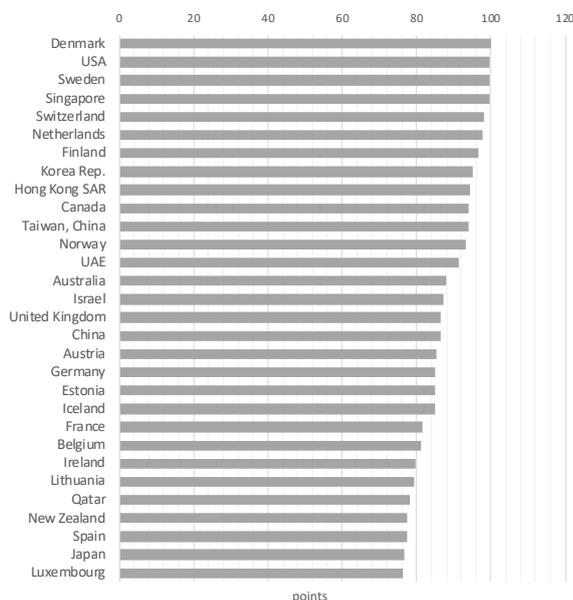
デジタルトランスフォーメーションの取り組み状況



総務省 (2021). 情報通信白書, pp. 90 図表1-2-4-2. より引用

Figure 2

World Digital Competitiveness Ranking (上位30カ国)



IMD. (2022). World Digital Competitiveness Ranking 2022 pp. 28 から作成

こうした結果から、日本の DX は GDP が同程度の他国と比べても遅れていることがわかる。その中でも、特に中小企業のサービス業では、DX の遅れが顕著であることが考えられる。しかし、一方で OECD (2022c, 2022d) の最新のデータでは、2011 年に日本での IT の雇用の割合は 4.7%, IT による付加価値の割合は 8.1% となっており、主要国の中では順に 5 位、3 位に位置していることを示している。

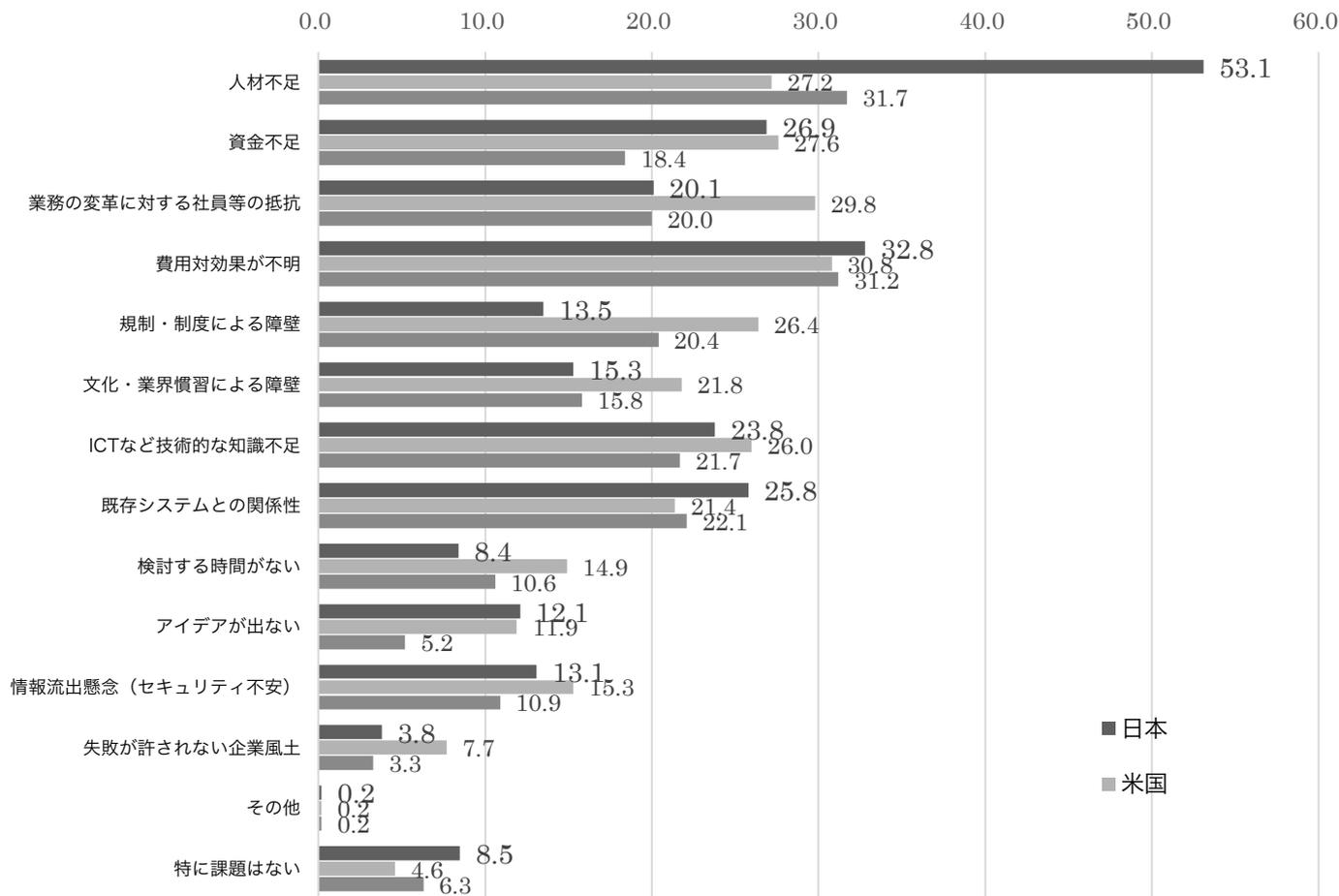
この結果は DX の遅れとは相反するデータであるが、11 年前の結果であるため現状と異なる可能性がある。先ほど引用したランキングの IMD (2016) の 2013 年のデータでは 63 国中 20 位と現在より高い順位を示している。これらから 10 年ほど前は、日本のデジタル度は他の先進国と同程度もしくは高い水準であったが、近年日本の DX が遅れていることが考えられる。

なぜ DX が進まないのか

企業が DX を進める際の課題はどのようなものがあるのだろうか。Figure 3 は DX を進める際の課題と思う点についての回答割合を示している。総務省 (2021) の調査の「デジタル・トランスフォーメーション (DX) を進める際の課題」という質問項目では、割合が高い順から「人材不足」が 53.1%, 「費用対効果が不明」が 32.8%, 「資金不足」が 26.9%, 「既存システムとの関係性」が 25.8% となっている。この中の人材不足という項目が過半数を超えていることに注目されたい。先ほどの調査、総務省 (2021) ではアメリカやドイツの「人材不足」の割合は順に 27.2%, 31.7% であり、日本の 53.1% とは大きな差があることがわかる。これは日本が世界でも有数の少子高齢化国であり、労働人口が少ないことが考えられる。労働人口がどれだけ労働に参

加しているか示している指標として就業率がある。OECD（2022a）のデータでは、日本の就業率が77.9%で主要国の中で5位、ドイツが75.8%、アメリカ69.4%となっている。このことが示すことは、日本は働ける人はかなりの割合で働いているのに関わらず、人材不足が起きていて、労働力が不足しているということである。しかし、これだけでは、ドイツと大差がある訳ではなく、説明力に乏しい。

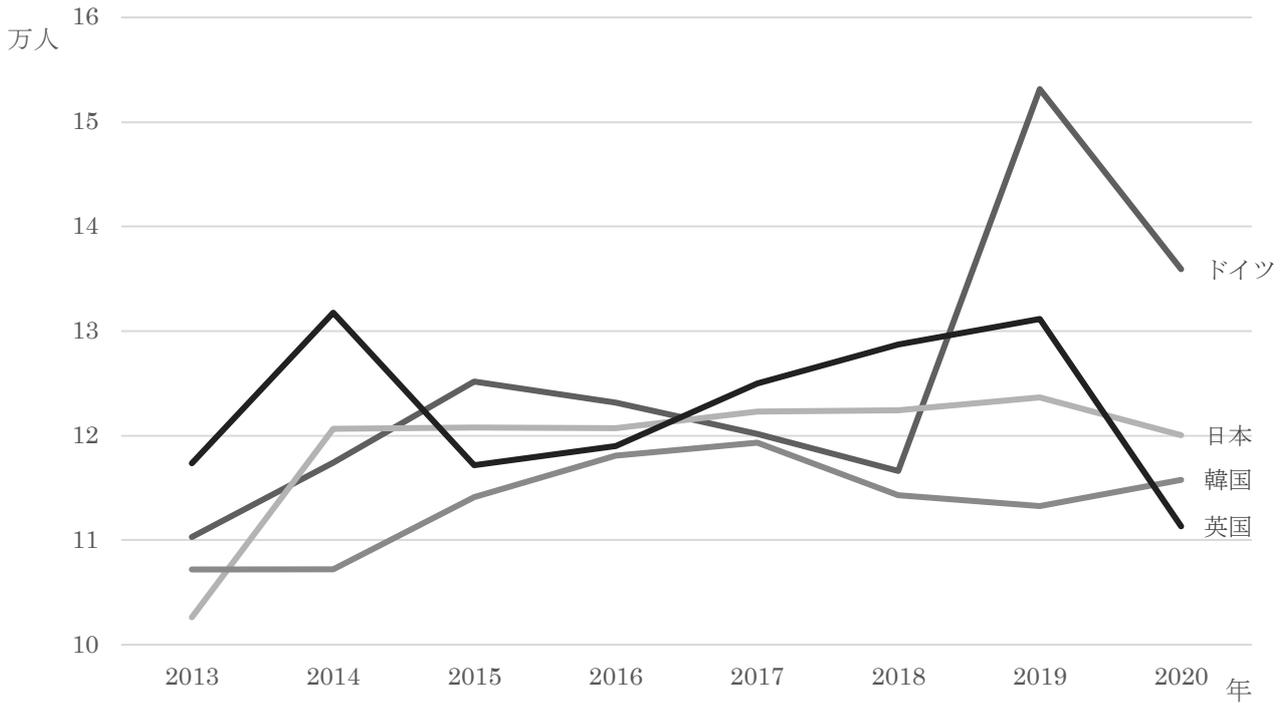
Figure 3
DXを進める際の課題（日本・アメリカ・ドイツ）



総務省（2020）情報通信白書。図表 1-2-4-22から引用

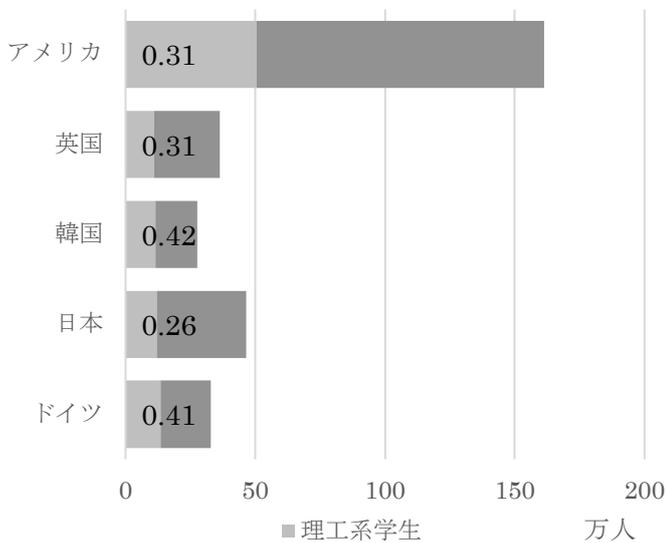
IT人材に必要なのはある程度の論理的な思考力のため、同様にDXに必要なのは論理的思考力がある人材である。論理的思考力を養うには論理的思考力を養うには学校教育の数学が最も適している。しかし、日本の大学では、理系の割合が他国と比べて非常に少ない。Figure 4は主要国の理工学生数の推移を示している（グラフ縮尺の関係上アメリカは除いた）。Figure 5は、文系学生と理系学生の合計とそれに対する理系学生の割合を示している。OECD（2022b）のデータでは日本の理工系の卒業生の割合が26%である。韓国は42%、ドイツ41%、アメリカ31%、英国31%であり、先進国の中では低い状況となっている。ここでいう理工系学生とは、医療福祉系を除いた理学、工学、情報学、農学を学ぶ学生を指す。さらに、Figure 6は2021年度の専攻学科別の卒業生数割合を示している。文部科学省（2021）の調査では、2021年の専攻科目別の学部生の卒業生数割合が文系学生55%、理工系学生19%となっており、文系学生が多く理工系学生が少ないのは明白である。こうした労働力不足と理工系学部を卒業した人が少ないといった二つの要因によって、DXに必要な人材が不足していることが考えられる。

Figure 4
各国の理工系学生の数推移



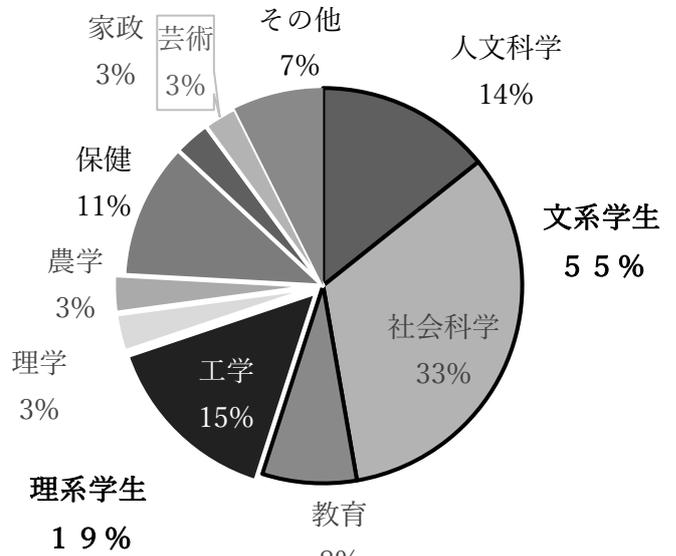
OECD. (2022). Graduates by field of education から作成

Figure 5
理工系学生の割合



OECD. (2022). Graduates by field of education から作成

Figure 6
令和3年度 専攻学科別学部生の卒業生数割合



文部科学省 (2021) 学校基本統計 関係学科別 状況別 卒業生数をもとに作成

人材不足によって何が起きるのだろうか。企業にとって二つの悪影響が考えられる。1つ目は、人材不足によって、需要と供給のバランスが崩れ、DXに必要な人材を雇うのに必要なコストが上がってしまうということだ。経済産業省 (2016) によれば、IT人材の平均年収は597万円である。一方で、厚生労働省 (2020) によると大学卒業生の平均年収391万円、大学院卒業生が465万円である。他の産業と比べてもIT人材は賃金が高くなっていることがわかる。こうした賃金の上昇は大企業などの給与が多く出せる企業はIT人材を集めることができるが、中小企業などの給与が多くは出せない企業ではIT人材を雇用することが難しくなり、DXを妨

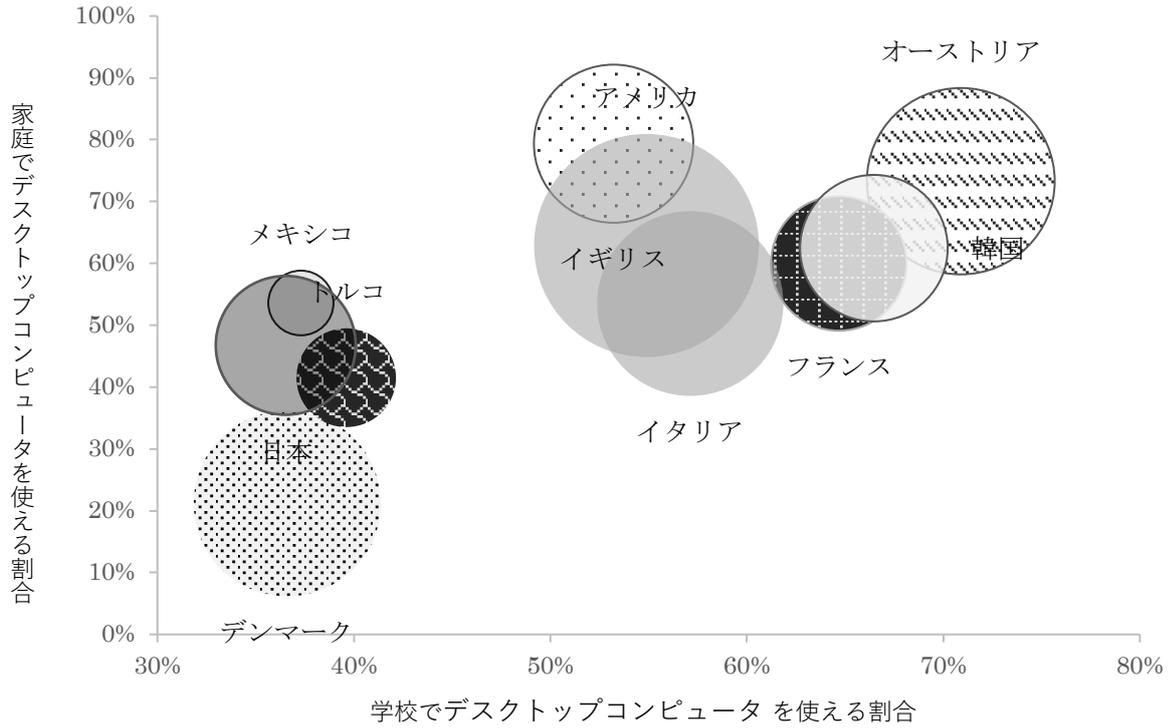
げる原因になりかねない。2つ目は、IT人材の労働コストが高いため、システムを一度構築した後に保守・管理する人材や資源を維持するコストが高くなり、ITのシステム管理が難しくなってしまうということである。DXでシステムを導入するところまでは問題がないのだが、システムを導入した後にシステムの仕組みを理解して、保守・管理する人材を維持できずに、システムが導入時から更新されずに形骸化してしまう可能性がある。先ほど Figure 3 で示したように、日本では、DXの課題として既存システムとの関係性の割合が他国に比べ高い。これは、以前導入したシステムを更新せずに使用していることが多いことが推測できる。最近のみずほ銀行の継続した大規模なシステム障害は記憶に新しい。みずほファイナンシャルグループ(2021)によれば、みずほ銀行は、システムを外部に委託して作成し、システムを構築後にコスト削減のために大幅な人員削減を行った。人員削減により、システムの仕組みを理解している人材が不在になってしまった。そのため、システムのバグ（構造上間違えたところ）を特定して直すのが難しくなり、大規模なシステム障害を何度も繰り返す結果になってしまった。このように、人材不足によって起こる問題はDXを進めていく上で解決すべき問題だと考えられる。

Figure 3 の質問項目の中で2番目に回答割合が高かった「費用対効果が不明」について考えたい。この項目は他国（ドイツ・アメリカ）より少し割合となっている。なぜITは費用対効果が分からないのだろうか。一つ考えられるのは、ITが近年急激に普及した技術であるということである。そのため、これまでは周囲の環境で導入例などが少なく、身近なところでITの技術の効果を実感したことが少ないということが考えられる。さらに、IT技術の導入は直接、利益に関わらないところで効果がある場合が多い。例えば、テレワークのシステムを導入することは、長期的に見れば事務所の縮小や交通費の削減、社員の拘束時間の減少につながり、コスト削減の可能性があるが、即時に利益や売上に影響する訳ではない。さらにテレワークに慣れるまでは、不慣れたことによってさまざまな問題が起き、作業効率が落ちてしまう可能性もある。こうしたようにDXの中には、長期的に見て効果があるが、短期的に見ると損失があるように見えてしまう場合がある。加えて、こうしたITの傾向はDXを進める際の障壁になる可能性がある。Tversky & Kahneman (1992) で提唱された累積プロスペクト理論では、人間は利得よりも損失の方を大きく見積もる損出回避の傾向があることを累積確立関数を用いたモデルで説明している。さらに、Barberis (2013) によれば、累積プロスペクト理論は、経験豊富なトレーダーでは当てはまらないこともあることから、実験環境以外の限界も指摘しつつ、実証実験では累積プロスペクト理論に追従する結果が多く得られており、今後理論研究が進めば、実社会の事例に当てはめることが可能であることを示唆している。「費用対効果が不明」というのは、上記で挙げた3つの要因、「ITが新しい技術で知識や活用事例が少ない」こと、「ITが短期的なインセンティブが少なく、むしろ損出があるようにさえ見える」ことに加えて、「利得より損失の方が心理的な効果が大きい損出回避」が相互に作用することで起きてしまっていると考えられる。

しかし、ここまでの「費用対効果が不明」に対する説明では、日本でDXが遅れている理由としては少し足りない。先ほど述べたように、日本で「費用対効果が不明」というのは、ITに触れる機会が少ないことが一因として考えられる。この部分についてももう少し深掘りしたい。なぜITに触れる機会が少ないのだろうか。確かに、ある程度上の年代だと、以前の社会ではITというものが存在しなかったので学びようがない。しかし、ITというのはすでにかれこれ20年ほどの歴史がある。幼少期などに小中学校でITを使っていれば、国民全員がある程度ITに触れる機会があるのではないかと考えられる。Figure 7では、OECD主要諸国の15歳のデスクトップコンピュータ使用率とGDPを示している。円の大きさがGDPの大きさを示し、円の位置がPCコンピュータの使用率を示す。日本では家庭でPCを使用するのが50%以下で、学校でPCを使用するのは40%以下である。同程度の大きさの韓国やフランスを見てもどちらも60%以上の使用率になっている。加えてFigure 8はOECD主要国の15歳が学校でインターネットを用いる時間の割合を示している。他国より圧倒的に使わない割合が多く、これらデータから日本のIT教育はGDPが同水準の他国と比べても遅れていると考えられる。

Figure 7

OECD主要諸国の15歳のデスクトップコンピュータ使用率とGDP

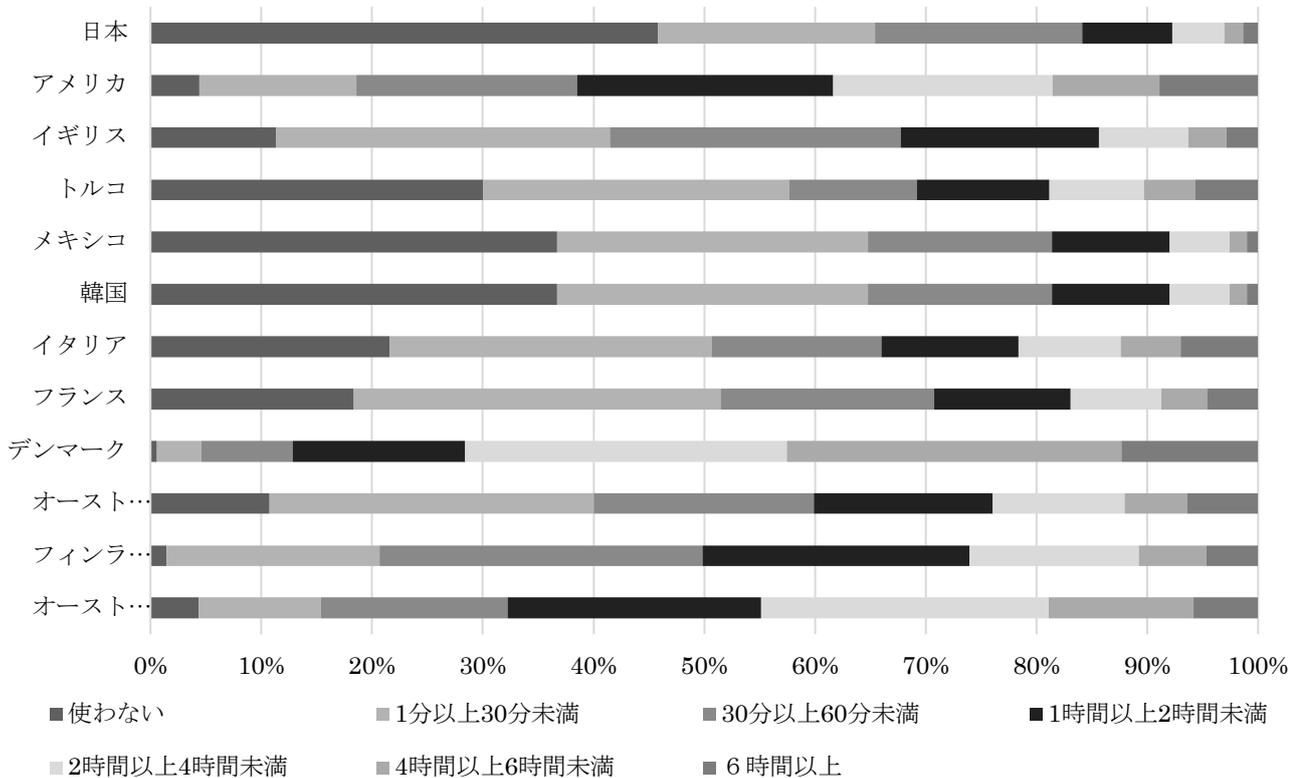


注) デンマークは持ち運べるPCを使える割合が80%ほどある。日本持ち運べるPCは40%ほど、円の大きさはGDPの大きさを示す。

PISA (2018)から作成

Figure 8

OECD主要諸国の15歳の平日に学校でインターネットを使用する時間の割合

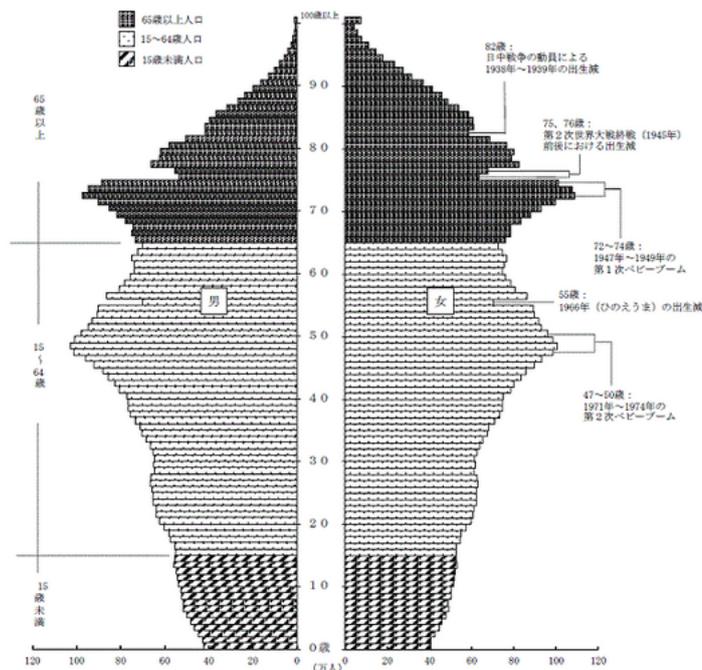


PISA (2018)から作成

こうした IT 教育の遅れは、IT が発達する段階では多くの人が IT の知識が乏しいので、問題にはならないが人口が入替わり義務教育を終えた人材が社会に出ると、他国では若い人材に IT に触れたことがあるのにも関わらず、日本では IT を触れたことが少ないという格差を生み出してしまう可能性がある。

こういった DX へのさまざまな障壁は、DX を妨げる要因として十分であると言える。この多くの障壁を破壊するには、現状を大きく変える必要があるわけだが、人口分布が偏った日本の民主主義では難しい可能性がある。当然だが日本の民主主義は、投票時に一人しか投じることができない。Figure 9 は日本の人口分布を表した人口ピラミッドである。40代以上が非常に多いような人口分布になっていることがわかる。驚くべきことに、仮に30代以下が全員投票しても、現在の40代以上の投票数には到底及ぶことができない(2020年の20歳以上40歳未満の人口26,916千人、40代以上の投票数の推定値47,618千人)。こうした中高年齢層と高齢層に牛耳られた政治では、国単位でITといった新しい技術を日本で発達させるのを難しくしている可能性がある。ITに焦点を当てたものではないが、Narita & Sudo(2021)では、20世紀以降、民主主義国家ほどGDPの成長が鈍化していることを示唆している。20世紀以降インターネットに普及したことによって、社会の急激な変化するようになり、民主主義では変化に対応するのが難しくなっていることが考えられる。日本にDXを成功させる希望はあるのだろうか。

Figure 9
日本の人口ピラミッド



総務省(2021b).令和3年度人口統計 図2から引用

DX の効果

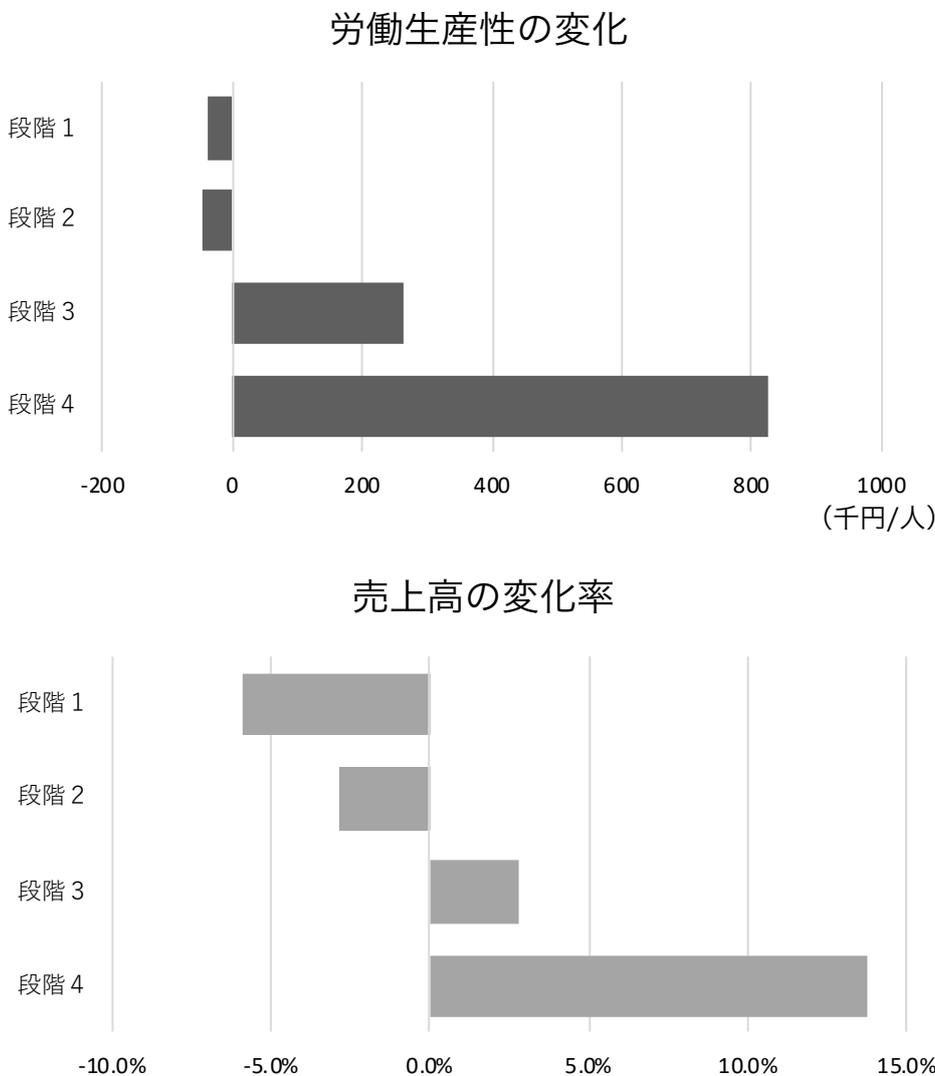
日本はITが遅れていることが、生産性が低い大きな原因であるとする意見がある(内閣府, 2007; 中小企業庁, 2018)。確かに、日本生産性本部(2022)によれば、日本の時間当たり労働生産性は、OECD加盟38カ国中27位、日本の一人当たり労働生産性は、OECD加盟38カ国中29位であり他の先進国より労働生産性が低い。しかし、本当にITが遅れていることが他の先進国と比較したときに相対的に生産性が低いことの原因なのだろうか。そもそもITが科学的かつ定量的に効果があるのかを議論していることは少ないように思われる。Stanley, Doucouliagos & Steel (2018)はこれまで行われてきた59件のITが経済成長や生産性に影響に関する分析を用いたメタ分析では、先進国では固定電話、携帯電話、IT、途上国では、固定電話、携帯電話についてわずかな有意な効果があるが、インターネットの有意な効果は見られないことが明らかとなった。さらに、Jason (2020)によるアメリカの経済成長をまとめた「The Rise and Fall of

American Growth」の書評では、インターネットなどの情報通信技術は、かつての産業革命ほどアメリカのGDPに影響を与えておらず、効果も短期間であったことを示唆している。

日本の場合はどうなのだろうか。Ishida(2015)の調査によれば、IT投資とエネルギー消費の関係が有意であり、IT投資が1%増加するとエネルギー消費が0.155%減少する効果があるが、IT投資とGDPの間には有意な関係は見られなかった。このように、ITは一般的に効果があるように思われているが、その効果はGDPに反映されていないように思われる。

一方で、Figure 9で示したのは中小企業庁（2022）がまとめたデジタル化に取り組み状況別の売上高と労働生産性の変化である。中小企業庁（2022）の調査によると、デジタル化の取り組み度合い（段階1はデジタル化していない、段階2はアナログからデジタルに移行中、段階3は業務効率化やデータ分析を行っている、段階4はデータやシステムを元にビジネスを行っている）の違いによって、売上高や労働生産性に違いがあることを示唆している。

Figure 10
デジタル化の取り組み状況別の労働生産性と売上の変化率



しかし、このデータのみでは、売上高が高く労働生産性に余裕のある企業が、デジタル技術を利用しているという可能性を否定できない。そこで本研究では、DXやIT（ソフトウェア）によって企業の労働生産性（付加価値額）が上がるかどうかを明らかにすることで、政府がDXのリソース配分を検討する際にエビデンスになると考えられる。加えて、Figure 1で示したように、産業や規模によって、DXの取り組みに違いが見られ

る。産業や規模によって DX の費用対効果が異なることによって、産業や規模によって格差が生まれている可能性がある。そこで、DX の産業や規模別の効果量を明らかにすることを目的として調査を行う。

方法

データ

分析には、財務省が実施した法人企業統計調査の 2004 年～2019 年のデータを用いた。法人企業統計調査は、日本の企業の財務状況を明らかにするために、4 半期ごとに営利法人企業（会社、銀行、農業・漁業・水産加工業組合）を対象として調査しているものである。今回はその中でも年度ごとにまとめられた時系列データを使用した。この調査の調査方法は、資本金別と業種別に母集団の等確率系統抽出法で標本を抽出して調査する標本調査で、資本金 5 億円以上は全数抽出している。確率系統抽出法とは母集団から一定間隔で標本を抽出する方法で、各グループの比率を維持してランダムに標本を抽出できる。調査対象は 2 年に 1 度半分を入れ替えることによって、調査対象が定期的に入れ替わるようになっている。データは業種と規模別（資本金に応じて 5 つのグループに分けたもの）の平均値の時系列データ、205 グループ（業種 41 グループ×規模 5 グループ）のデータを 2004 年～2019 年の 16 年分の合計 3280 件を用いた。

分析手法

分析手法には一階差分推定、固定効果推定を用いた。

一階差分推定

一階差分推定とは、パネルデータ分析で、ある時点から一つ前の時点との差分をとったもので最小 2 乗推定を行うものである。非説明変数を y 、説明変数を x 、誤差項（交絡変数）を μ 、個体固有の性質を α_i 、説明変数の効果量を β と置き、 i は個人を表し、 t は調査時点で表すと、回帰式は以下ようになる。

$$y_{i,t} = \alpha_i + \beta x_{i,t} + \mu_{i,t}, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad \dots (1)$$

一階差分推定では時点 t の(1)から時点 $t-1$ の(1)を引いたもので示される。

$$y_{i,t} - y_{i,t-1} = \beta(x_{i,t} - x_{i,t-1}) + \mu_{i,t} - \mu_{i,t-1} \quad \dots (2)$$

もしくは、

$$\Delta y_{it} = \beta \Delta x_{it} + \Delta \mu_{it} \quad t = 2, 3, \dots, T \quad \dots (3)$$

この時、 $\Delta y_{it} = y_{i,t} - y_{i,t-1}$ 、 $\Delta x_{it} = x_{i,t} - x_{i,t-1}$ 、 $\Delta \mu_{it} = \mu_{i,t} - \mu_{i,t-1}$ である。注目すべきなのは、(1)式で存在した個体特有の性質 α_i が差分を取ることによって、モデルから消去されているということである。さらに、時間ダミー変数を d とし、 z を時間一定の変数だとし、時間ごとの効果量を考慮すると以下のような回帰式が得られる。

$$y_{i,t} = \theta_1 + \theta_2 d_{2t} + \dots + \theta_t d_{Tt} + z_i \gamma_1 + d_{2t} z_i \gamma_2 + \dots + d_{Tt} z_i \gamma_t + \alpha_i + \beta x_{i,t} + \mu_{i,t}, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad \dots (4)$$

ここで θ は各年の効果を示す。更なる仮定がなければここでは、 $\theta_1 + z_i \gamma_1$ が c_i と区別できないため、 θ_1, z_i も同定できない。このモデルで差分を取ると以下のような回帰式が得られる

$$y_{i,t} = \theta_2 (\Delta d_{2t}) + \dots + \theta_t (\Delta d_{Tt}) + (\Delta d_{2t}) z_i \gamma_2 + \dots + (\Delta d_{Tt}) z_i \gamma_t + \beta \Delta x_{it} + \Delta \mu_{it} \quad t = 2, 3, \dots, T \quad \dots (5)$$

固定効果推定

固定効果推定も一階差分推定と同様に差分を取るのだが、この推定では、1 地点前ではなく、式の説明変数と誤差項の時点間の平均値を算出し、差分を取ることで、時間が経過しても固定的な効果を削除するモデルである。各個体の時間平均は以下で示される。

$$\bar{y}_i = \alpha_i + \beta \bar{x}_i + \bar{\mu}_i \quad \dots (6)$$

この時、 $\bar{y}_i = T^{-1} \sum_{t=1}^T y_{it}$ 、 $\bar{x}_i = T^{-1} \sum_{t=1}^T x_{it}$ 、 $\bar{\mu}_i = T^{-1} \sum_{t=1}^T \mu_{it}$ 、である。(1)と(6)の差分をとると、

$$y_{i,t} - \bar{y}_i = \alpha_i + \beta(x_{i,t} - \bar{x}_i) + \mu_{i,t} - \bar{\mu}_i, \quad t = 1, 2, \dots, T \dots (7)$$

もしくは

$$\dot{y}_{i,t} = \beta \dot{x}_{i,t} + \dot{\mu}_{i,t} \dots (8)$$

この時、 $\dot{y}_{i,t} = y_{i,t} - \bar{y}_i$ 、 $\dot{x}_{i,t} = x_{i,t} - \bar{x}_i$ 、 $\dot{\mu}_{i,t} = \mu_{i,t} - \bar{\mu}_i$ である。ここでも一階差分推定と同じように個体特有の性質 α_i が差分を取ることによって、モデルから消去される。T=2の時、一階差分推定と固定効果推定の説明変数の効果量 β は一致することが知られている。時間ダミー変数を用いたモデル(5)で固定効果推定を行うと(6)と等しいモデルが得られる。一階差分推定(以下FD)と固定効果推定(以下FE)で適切な推定を行うには3つの仮定が満たされていることが必要である。(Wooldridge, 2010)

FD,FE 仮定 1. $E(\mu_{it} | x_i, c_i) = 0, \quad t = 1, \dots, T.$

この仮定では、 x_i と μ_{it} もしくは $x_{i,t}$ と μ_{it} の間に相関関係がないことを示している。(1)で示した式と異なるのは、 $E(x_i | c_i) \neq 0$ すなわち被説明変数と個人特有の性質に相関があっても成立するということである。

FD,FE 仮定 2. 被説明変数が時間不変ではない。

この仮定は、この二つのモデルが差分を取ることによって、固定効果を取り除くことに起因して、説明変数が時間不変であると、説明変数の差分が0になることが許容できないことを示している。

FE 仮定 3. 誤差項 μ_{it} どうしで系列相関がない。

FD 仮定 3. 誤差項 $\mu_{it} = \mu_{i,t-1} + e_{i,t}$ とすると $e_{i,t}$ どうしで系列相関がない。($e_{i,t} \equiv \Delta \mu_{it}$ (3))

系列相関とは、時系列データの場合で、時間が異なる同じ変数同士に相関があることを指す。どちらも推定式の誤差項同士に系列相関がないことが仮定となる。仮定3を満たさない場合、系列相関が発生し、適切な推定をすることが難しい。本研究では、仮定3を満たしていないことが検定で明らかになったため、クラスター頑健分散行列を用いて、相関系列による標準誤差のずれを修正することで推定を行なった。

モデル

まず、被説明変数として付加価値額をおき、説明変数としてソフトウェア、ソフトウェアを除く設備投資、従業員給与を用いて一階差分推定(モデル1)と固定効果推定(モデル2)を行なった。一般的に付加価値は営業純益(売上高から売上原価、販売費、管理費などの営業に必要な費用を引いたもの)から、会社で必要な費用を引いたものを指す。すなわち、仕入れたものに対してどれだけ価値を上乗せして販売することができたかを示している。ここでの付加価値額とは人件費、支払利息等、動産・不動産賃借料、租税公課、営業純益の合計である。今回、DXとITの指標としてソフトウェアを使用した。公表されている政府統計では、DXやITの進捗の度合いを測る指標が少ない。ITやDXではソフトウェアなしで行うのは難しく、企業が報告しているソフトウェアの金額が企業のDXやITの取り組みの状況を代表する値として適切であると考えられる。設備投資とは、その年の固定資産の増加から減価償却費を引いたもので、どれだけ企業内の固定資産が増加したかの指標である。加えて、設備だけでなく、人的資本への投資も見するために、従業員給与の合計も説明変数として使用した。

さらに、付加価値やソフトウェアには、資本金や売り上げの大きさに応じて大きい傾向がある。当然、扱う企業で金額が大きい方が、付加価値やソフトウェアの量は多くなる。そのため、各変数を売上高でわり、売上高に占める割合を算出し、一階差分推定(モデル3)と固定効果推定(モデル4)を行なった。

ソフトウェアなどの設備投資は即時的な効果が得られるとは考えづらいため、モデル1からモデル4の説明変数を1から2年前にずらして一階差分推定と固定効果推定を行なった(1年ずらしから順に、モデル5、モデル6、モデル7、モデル8、モデル9、モデル10、モデル11、モデル12)。なおこの際、説明変数同士の系列相関が少なくなるように、モデル内の説明変数のずらす年は全て統一した。

モデル3やモデル4で売り上げに占める割合を変数とすることで、規模をある程度考慮して説明変数の係数を見ることができる。しかし、これらのモデルでは業種や規模による扱える金額以外の要素を考慮に入れることができている可能性がある。そこで、付加価値とソフトウェア、ソフトウェアを除く固定資産引くことの減価償却額（差分を取ると設備投資になる）、従業員給与は差分を取り、その他の説明変数として資本金、業種を用いて最小2乗推定（OSL推定、モデル13）を行なった。モデル1からモデル4と同様にラグありのOSL推定も行った（モデル14、モデル15）。

加えて、付加価値が説明変数に与えている影響を確かめるために、1年後の説明変数と付加価値でモデル1からモデル4とモデル13と同様に推定を行った。業種別、規模別についてモデル1からモデル4と同様のモデルを用いて推定を行った。

結果

Table 1はモデル1、モデル2、モデル3、モデル4、モデル13の結果を示している。モデル1とモデル2（FigureのGeneral、以下モデルの後ろにつくカッコはFigureの列を指す）ではどちらの推定でも全ての変数で有意な関係が見られた。ソフトウェアでは1.40, 1.42、ソフトウェアを除く設備投資（以下設備投資）では、0.055, 0.074、従業員給与では、1.57, 1.63（係数は一階差分推定、固定効果推定の順に示す。以下同様）。

モデル3とモデル4（Rate）では、従業員給与が両方のモデルで有意な関係が見られた（1.26, 1.20）。モデル13でも、全ての変数で有意な関係が見られた（ソフトウェアで1.38、資本金で0.017、設備投資0.055、従業員給与1.57）。

Table 2はモデル5からモデル8とモデル14の結果を示している（1年のラグありの説明変数を用いたモデル）。これらのモデルでは、両方の一階差分推定と固定効果推定で同方向に有意な関係は見られなかった。しかし、モデル6（General, FE）、モデル8（Rate, FE）の従業員給与において、正の有意な関係が見られた（1.37, 0.550）。Table 3はモデル9からモデル12とモデル15の結果を示している（2年のラグありの説明変数を用いたモデル）。これらのモデルでは、両方の一階差分推定と固定効果推定で同方向に有意な関係は見られなかった。しかし、Table 3と同様にモデル10（General, FE）、モデル12（Rate, FE）の従業員給与において、正の有意な関係が見られた（1.14, 0.279）。Table 4は1年後の説明変数と付加価値で推定を行った結果を示している。従業員給与において、正の有意な関係が見られた（0.207, 1.22, 0.524）。

業種別と規模別の推定では、結果が多く煩雑になるため、ソフトウェアのみの係数を報告する。資本金1000万円未満では、同年で金額をそのまま用いたモデル1、モデル2（Figureのt, General）で正に有意な関係が見られた（2.27, 2.08）。1000万以上5000万円未満では、同年で説明変数に売上高に占める割合を用いたモデル3、モデル4（Figureのt, Rate）で、負に有意な関係が見られた（-1.44, -0.803）。5000万以上1億未満、2年前で説明変数に金額をそのまま用いたモデル9、モデル10（t-2, Rate）で、正に有意な関係が見られた（2.37, 2.81）。1億以上10億未満では、同年で説明変数に売上高に占める割合を用いたモデル3、モデル4（t, Rate）で、負に有意な関係が見られた（-0.684, -0.573）。10億以上では、同年で金額をそのまま用いたモデル1、モデル2、モデル6、モデル7（General）と2年前で金額をそのまま用いたモデル9、モデル10（t-2, General）で、正に有意な関係が見られた（順に、3.33, 2.87, 4.09, 1.84）。2年前で金額をそのまま用いたモデル7、モデル8（t-2, Rate）で、負に有意な関係が見られた（-1.52, -1.54）。

業種別では、農林水産業で、同年で金額をそのまま用いたモデル1、モデル2（t, General）で正に有意な関係が見られた（141.0, 28.2）。一方で、同年で説明変数に売上高に占める割合を用いたモデル3、モデル4（t, Rate）では負の有意な関係が見られた（-14.1, -8.99）。鉱業、採石業、砂利採取業では、同年で金額をそのまま用いたモデル1、モデル2（t, General）で正に有意な関係が見られた（20.5, 18.5）。不動産業、物品賃貸業では、同年で金額をそのまま用いたモデル1、モデル2（t, General）と同年で説明変数に売上高に占める割合を用いたモデル3、モデル4（t, Rate）、同年で金額をそのまま用いたモデル6、モデル7（t-2, General）で負に有意な関係が見られた（順に、-1.26, -0.927, -1.62, -1.26, -1.64, -0.391）。運送業・郵便業

では、同年で説明変数に売上高に占める割合を用いたモデル3、モデル4（ t , Rate）で正に有意な関係が見られた（3.52, 2.99）。その他のサービス業では、同年で金額をそのまま用いたモデル1、モデル2（ t , General）で正に有意な関係が見られた（1.84, 1.23）。生活関連サービス 娯楽業では、同年で金額をそのまま用いたモデル1、モデル2（ t , General）で正に有意な関係が見られた（1.52, 0.911）。医療・福祉業では、同年で金額をそのまま用いたモデル1、モデル2（ t , General）で正に有意な関係が見られた（6.28, 0.786）。教育・学習支援業では、同年で金額をそのまま用いたモデル6、モデル7（ $t-2$, General）で負に有意な関係が見られた（-3.69, -5.05）。

Table 1

Same year Explanatory variable OSL, First Difference, Fixed Effect estimator result

	PartDiff		General				Rate			
	OLS		FD		FE		FD		FE	
	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE
Capital	0.017 **	0.008								
Software_diff	1.38 ***	0.501	1.40 ***	0.492	1.42 ***	0.478				
Capital_Invest_WS.	0.055 ***	0.010	0.055 ***	0.010	0.074 ***	0.015				
Salary_diff	1.57 ***	0.049	1.57 ***	0.049	1.63 ***	0.065				
Software_Rate							-0.325	0.259	-0.763 **	0.379
Capital_Invest_WS._Rate							0.012	0.013	0.023 ***	0.008
Salary_Rate							1.26 ***	0.042	1.20 ***	0.059
No. Observations	3280		3075		3280		3075		3280	
R-squared	0.808		0.808		0.906		0.486		0.55	
R-Squared (Within)	0.797		0.902		0.904		0.547		0.549	
P-value (F-stat)	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”

Table 2

Previous year (one year) Explanatory variable OSL, First Difference, Fixed Effect estimator result

	PartDiff		General				Rate			
	OLS		FD		FE		FD		FE	
	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE
Capital	0.076 ***	0.020								
Software_diff(t-1)	-0.256 *	0.132	-0.164	0.149	1.21 ***	0.457				
Capital_Invest_WS.(t-1)	-0.002	0.005	0.001	0.005	0.063 ***	0.017				
Salary_diff(t-1)	-0.064	0.059	-0.053	0.058	1.37 ***	0.071				
Software_Rate(t-1)							0.041	0.160	-1.17 ***	0.389
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							-0.001	0.008	0.008	0.008
Salary_Rate(t-1)							-0.364 ***	0.050	0.550 ***	0.086
No. Observations	3075		2870		3075		2870		3075	
R-squared	0.013		0.006		0.586		0.048		0.129	
R-Squared (Within)	0.028		-0.043		0.585		-0.181		0.13	
P-value (F-stat)	0.000		0.518		0.000		0.000		0.000	

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 3

Previous year (two year) Explanatory variable OSL, First Difference, Fixed Effect estimator result

	PartDiff		General				Rate			
	OLS		FD		FE		FD		FE	
	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE
Capital	0.078 ***	0.021								
Software_diff(t-2)	0.112	0.315	0.194	0.328	1.09 **	0.463				
Capital_Invest_WS.(t-2)	-0.025 ***	0.006	-0.022 ***	0.006	0.047 ***	0.017				
Salary_diff(t-2)	-0.022	0.059	-0.009	0.058	1.14 ***	0.073				
Software_Rate(t-2)							-0.366	0.314	-1.25 ***	0.451
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)							-0.010 **	0.004	-0.004	0.007
Salary_Rate(t-2)							-0.108 **	0.048	0.279 ***	0.078
No. Observations	2870		2665		2870		2665		2870	
R-squared	0.015		0.009		0.344		0.016		0.045	
R-Squared (Within)	0.032		-0.029		0.342		-0.011		0.044	
P-value (F-stat)	0.000		0.123		0.000		0		0.000	

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for "Capital Invest without software", 't' indicates a year.

考察

結果の考察

被説明変数として付加価値額をおき、説明変数としてソフトウェア、ソフトウェアを除く設備投資、従業員給与を用いて一階差分推定と固定効果推定を行なったモデル1とモデル2では、全ての説明変数で有意であった。特にソフトウェアと従業員給与は、設備投資と比べて係数が大きく効果量が大いことがわかった（単位が万円なので、ソフトウェアが1万円増えている場合、付加価値が約1.4万円増え、従業員給与の場合は、付加価値が約1.4万円増えている傾向がある。）。しかし、Table 1のR-squared（決定係数）を見るとモデル1とモデル2では0.8以上となっており、多重共線性の可能性がある。念の為、分散拡大係数(VIF)を用いて多重共線性の確認を行ったが、どの変数でも2以下であり、通常用いられる基準値（10もしくは厳密性を求める場合4）を下回っていた。決定売上占める割合（モデル3、モデル4）の場合、ソフトウェアの係数は固定効果推定（以下FE）では、係数が負になり一階差分推定（以下FD）では有意ではなかった。従業員給与は同様にして正の係数が有意であるので、従業員給与の増加は規模の大きさに関わらず付加価値と関係していることがわかる。（売上占める従業員給与の割合が1%増加している場合、1.2%増える傾向にある）一部差分した最小2乗法(以下OLS)では、どの係数も有意であった。ソフトウェアの係数が従業員給与やソフトウェア以外の設備投資より大きかった（ソフトウェアの変化量1.38、従業員給与の変化率1.57ソフトウェア以外の設備投資の変化量0.055）。しかし、説明変数のスケール（大きさ）に違いがあるため、係数の大きさで比較するのは適切ではない可能性がある。

Table 2の1年前の説明変数で付加価値を推定したモデル5、モデル6、モデル7、モデル8、モデル13では、ソフトウェアと付加価値にモデル6とモデル8（どちらもFE）で有意な関係が見られたが、関係の方向が逆であり、FDのモデルでは有意な関係が見られなかった。従業員給与では、モデル6とモデル8（どちらもFE）で正に有意な関係が見られた。そのため、1年前のソフトウェアの変化量が付加価値の変化量に影響を与えている可能性は低い。FEでは有意な関係が見られたが、FDでは有意な関係が見られなかった理由として考えられるのは、一階差分推定で差分を取る場合、1年前の変数から2年前の変数の差分をとったものを説明変数として用いる。今回のデータでは、調査対象が2年に一度半分が入れ替わってしまう。そのため、2年以上の差があるデータを説明変数として用いると、調査対象が入れ替わることによって変数が変化し、適切に推定が行えていない可能性がある。

Table 3は2年前の説明変数で付加価値を推定したモデル9、モデル10、モデル11、モデル12、モデル14では、1年前と同様にモデル10とモデル12（どちらもFE）にソフトウェアに有意な関係が見られたが、係数の正負が逆であり、モデル9、モデル11（どちらもFD）では有意な結果は得られなかった。従業員給与では、モデル10とモデル12（FE）で正に有意な関係が見られた。Table 2, Table 3のからわかることは、ソフトウェアが増加すると付加価値の増加する可能性があるが、売上占めるソフトウェアの割合が増加すると、売上に対する付加価値の割合が減少する可能性がある。モデル8

(Rate, FE)とモデル13（1年前の説明変数を用いたOSL）では、ソフトウェアで負の係数で有意であり、モデル1、モデル2、モデル5、モデル6、モデル9、モデル10（金額をそのまま変数を用いたモデル）では、総じて決定係数が他のモデルと比べても高く、多重共線性の懸念があるため、ソフトウェアの変化は付加価値に負の影響をもたらす可能性がある。Table 4は1年後の説明変数を用いたモデルの結果であるが、1年前の説明変数と大きな差異はなく、全体的に係数の値が少し小さくなっていた。Table 4のモデルは付加価値の変化が説明変数に与える影響を確かめる目的であったが、付加価値が説明変数に与えている影響は説明変数が付加価値に与えている影響と差がないと考えられる。

規模別に見た場合、資本金が1000万円以下と5000万円以上1億以下では2つのモデルでソフトウェアが正の係数で有意であり、10億円以上では4つのモデルで正の係数が有意であった。資本金が10億円以上の企業では、ソフトウェアが付加価値に正の影響を与えていると考えられる。しかし、2年前nの割合を用いたモデルでは、負の係数が有意であったため、ソフトウェアの割合が多いことは長期的に見て付加価値に負の影響を与える可能性がある。そのため、10億円以上の規模ではソフトウェアは付加価値に正の影響を与えている可能性があるが、規模が大きいほどソフトウェアの変化が付加価値の変化に影響を与えていることを確認することはできなかった。業種別に見た場合、農林水産業、鉱業、採石業、砂利採取業、その他のサービス業、生活関連サービス 娯楽業、医療・福祉業でモデル1とモデル2でソフトウェアの正の係数が有意であった。しかし注意したいのが、その他のサービス業、生活関連サービス 娯楽業、医療・福祉業では、同様に従業員給与も正の係数が有意であった。農林水産業、鉱業、採石業、砂利採取業では、ソフトウェアの係数が他のモデルより大きく、ソフトウェアの効果量が大きい可能性がある。不動産業・物品賃貸業では、モデル1、モデル2、モデル3、モデル4、モデル9、モデル10でソフトウェアが負の係数で有意であり、不動産業・物品賃貸業では、ソフトウェアが付加価値に負の影響を与えていると考えられる。

今回の分析で明らかになったのは、日本企業全体では、ソフトウェアと付加価値の間の明確な関係があるとは言えないということである。同年の金額がそのままの説明変数を用いたモデルでは、多重共線性の問題でほとんどのモデルで有意な関係が見られた。そのため、同年の金額がそのままの説明変数を用いたモデルの妥当性はあまり高くないと考えられる。規模別ではソフトウェアと付加価値の間に正の関係が見られた場合があったが、さらに規模が大きいほど影響するという結果は得られなかった。業種別でも、不動産業・物品賃貸業ではソフトウェアと付加価値の間に負の関係があることが明らかになったが、それ以外の業種では、一貫した結果は得られなかった。こうした一連の結果は、序論でまとめたように、Ishida(2015)のGDPとITの投資に有意な関係が見られなかったという結果を追従する形となった。

研究の限界

本研究では、推定に一階差分推定と固定効果推定を用いた。これは、時間を通じて変わらない個体の特性の効果を打ち消すために用いる推定方法である。今回は、企業で特有の規模の大きさや経営者や従業員の能力・企業文化・産業特有の付加価値やソフトウェアの違いなどをある程度取り除くことを想定している。そのため、通常の最小二乗推定よりもソフトウェアによる付加価値の推定値の精度が高くなっていると考えられる。一方で、今回用いたデータは企業個々のデータではなく、業種、規模別でのクロスセッションデータであるため、年によって変数にかなり変動があり、ソフトウェアが付加価値に効果を与えないとは結論づけるのは難しい。さらに、一階差分推定と固定効果推定は、前年度の付加価値額の変化が次年度のソフトウェアとの関係や、同様に前年度の付加価値額の変化が次年度の付加価値額との関係を考慮することはできないため、因果関係を明らかにすることはできていない。今回の分析では、DXやデジタル化の指標としてソフトウェアを用いたが序論で定義した通りDXやITに含まれるのはソフトウェアだけではない。近年のデジタル技術はソフトウェアだけでなく、PCやタブレットなどのハードウェアやデータを保存するためのクラウドサービスなど、多岐にわたるため、この結果だけを見てDXに有意な効果がないとは言えない。序論で述べたように、人材不足が深刻であるため、デジタル技術自体ではなくデジタル技術を利用する資源（人材や知識）を持つ企業が競合優位に立てる可能性もある。こうしたことを考慮すると、モデルやデータについて改善の余地が存在する。例えば、分析手法でいえば、ラグ変数を操作変数として扱うことで因果関係を策定できるsystemGMM (Blundell & Bond, 1998)などが存在する。データでは、デジタル化の指標として、デジタル技術（AI・IoT・データ分析・クラ

ウド・スマホアプリ・ブロックチェーン・ドローン/ロボット・AR/VR・RPA・5G など) を含む指標を用いることができれば、より適切な推定ができると予想される。加えて、本研究の使用したデータでは、全て金額ベースのデータであったが、金額以外の企業の性質的なデータ（創業年数、所在地、創業者の年齢、社会貢献度など）を考慮することで、より付加価値に影響する交絡変数を考慮してモデルを作成できる可能性がある。2004年以降の日本の企業では、ソフトウェアと付加価値に有意な関係が見られなかった。本研究の結果のみでは、DXやITに懐疑的な団体や人物を説得するには十分な材料にはなり得ない。まだ日本でITが本当に国や企業に利益をもたらすのかに焦点を当てた論文が少ないように思われる。研究開発が進み、更なる日本の発展を願う。

引用文献

- Barberis, N. C. (2013). Thirty years of prospect theory in economics: A review and assessment. *Journal of Economic Perspectives*, 27(1), 173-96.
- Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of econometrics*, 87(1), 115-143.
- Heckman, J. J., Ichimura, H., & Todd, P. E. (1997). Matching as an econometric evaluation estimator: Evidence from evaluating a job training programme. *The review of economic studies*, 64(4), 605-654.
- IMD. (2022). World Digital Competitiveness Ranking 2022. Retrieved January 7, 2023, from <https://imd.cld.bz/Digital-Ranking-2022/2/>
- IMD. (2016). World Digital Competitiveness Ranking 2016. Retrieved January 7, 2023, from https://www.imd.org/globalassets/wcc/docs/imd_world_digital_competitiveness_ranking_2018.pdf
- Ishida, H. (2015). The effect of ICT development on economic growth and energy consumption in Japan. *Telematics and Informatics*, 32(1), 79-88.
- Jason C. (2020). The Rise and Fall of American Growth: A summary. Retrieved January 7, 2023, from <https://rootsofprogress.org/summary-the-rise-and-fall-of-american-growth>
- 経済産業省 (2016). IT人材に関する各国比較調査 Retrieved January 7, 2023, from https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11457937/www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/27FY/ITjinzai_global.pdf
- 経済産業省 (2019). 「DX推進指標」とそのガイダンス Retrieved January 7, 2023, from https://www.ijim.or.jp/files/news/jimga/200909_meti_guidance.pdf
- 経済産業省 (2022). 情報化・情報産業 (METI/経済産業省) 経済産業省 Retrieved January 7, 2023, from https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/index.html
- 厚生労働省 (2020). 令和2年度賃金構造基本統計調査
- 内閣府 (2007). 平成19年度年次経済財政報告 Retrieved January 7, 2023, from <https://www5.cao.go.jp/j-j/wp/wp-je07/07b02030.html>
- Narita, Y., & Sudo, A. (2021). Curse of democracy: Evidence from 2020. Available at SSRN 3827327.
- 日本生産性本部 (2022). 労働生産性の国際比較 2022 Retrieved January 7, 2023, from https://www.jpcc-net.jp/research/assets/pdf/report_2022.pdf
- みずほファイナンシャルグループ (2021). システム障害特別調査委員会の調査報告書 Retrieved January 7, 2023, from https://www.mizuho-fg.co.jp/release/pdf/20210615release_3_jp.pdf
- OECD (2022a). Employment rate (indicator). <https://doi.org/10.1787/1de68a9b-en>
- OECD (2022b). OECD. Stat Graduated by field of education. Retrieved January 7, 2023, from <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=RGRADSTY>
- OECD (2022c). ICT value added (indicator). <https://doi.org/10.1787/4bc7753c-en>

OECD (2022d). ICT employment (indicator). <https://doi.org/10.1787/0938c4a0-en>

総務省 (2015). 令和3年度通信利用動向調査

総務省 (2021a). デジタル・トランスフォーメーションによる経済へのインパクトに関する調査研究

Retrieved January 7, 2023, from https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/r03_02_houkoku.pdf

総務省 (2021b). 令和3年度人口統計

総務省 (2022). 用語解説 総務省 Retrieved January 7, 2023, from <https://www.soumu.go.jp/denshijiti/ict/data/3.html>

Stanley, T. D., Doucouliagos, H., & Steel, P. (2018). Does ICT generate economic growth? A meta-regression analysis. *Journal of economic surveys*, 32(3), 705-726.

中小企業省 (2022). 2022年版中小企業白書

中小企業庁 (2018). 小規模企業白書

Tversky, A., & Kahneman, D. (1992). Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and uncertainty*, 5(4), 297-323.

Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT press

謝辞

本研究を進めるにあたり、並川 努准教授、熊野 英和教授に、適切な助言とご指導いただきました。深く感謝申し上げます。また、ゼミのメンバーとの議論は論文の参考や気づきを多く得られました。自分の説明力が低く、内容がわかりにくい研究だったと思いますが、フォローしていただきありがとうございます。

付録

Table 4

Next year (one year) Explanatory variable OSL, First Difference, Fixed Effect estimator result

	PartDiff		General				Rate			
	OLS		FD		FE		FD		FE	
	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE
Capital	0.071 ***	0.020								
Software_diff(t+1)	-0.220	0.200	-0.257	0.221	1.08 ***	0.302				
Capital_Invest_WS.(t+1)	0.013	0.009	0.012	0.009	0.069 ***	0.009				
Salary_diff(t+1)	-0.088 *	0.050	-0.092 *	0.051	1.22 ***	0.048				
Software_Rate(t+1)							-0.066	0.244	-0.904 ***	0.225
Capital_Invest_WS._Rate(t+1)							-0.003	0.011	0.012 *	0.007
Salary_Rate(t+1)							-0.347 ***	0.055	0.524 ***	0.077
No. Observations	3075		2870		3075		2870		3075	
R-squared	0.014		0.007		0.589		0.043		0.124	
R-Squared (Within)	0.03		-0.059		0.586		-0.176		0.122	
P-value (F-stat)	0.000		0.244		0.000		0.000		0.000	

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 5

First Difference, Fixed Effect estimator result By Capital (Under 10 million yen)

	t				t-1				t-2			
	General		Rate		General		Rate		General		Rate	
	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE
Software_diff	2.27 ***	2.08 ***										
Capital_Invest_WS.	0.072 ***	0.090 ***										
Salary_diff	1.65 ***	1.44 ***										
Software_Rate			1.07 ***	1.11 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			0.057 ***	0.045 **								
Salary_Rate			-0.228	-0.098								
Software_diff(t-1)					1.73 ***	-0.269 *						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.079 ***	0.007						
Salary_diff(t-1)					0.968 ***	-0.572 ***						
Software_Rate(t-1)							0.288 **	-0.331 ***				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							0.042 ***	0.008				
Salary_Rate(t-1)							-1.01 ***	-0.163				
Software_diff(t-2)									1.31 ***	-0.209 *		
Capital_Invest_WS.(t-2)									0.074 ***	-0.017		
Salary_diff(t-2)									0.681 *	0.032		
Software_Rate(t-2)											-0.028	-0.180 *
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											0.028 *	-0.034
Salary_Rate(t-2)											-1.39 ***	-0.588
No. Observations	656	615	656	615	615	574	615	574	574	533	574	533
R-squared	0.838	0.763	0.58	0.619	0.426	0.137	0.072	0.079	0.222	0.106	0.024	0.052
R-Squared (Within)	0.846	0.854	0.558	0.59	0.442	-0.048	0.07	-0.107	0.232	0.073	0.021	0.005
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.005	0.03

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 6

First Difference, Fixed Effect estimator result By Capital (10 million yen or more but less than 50 million yen)

	t				t-1				t-2			
	General		Rate		General		Rate		General		Rate	
	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE
Software_diff	0.492	0.316										
Capital_Invest_WS.	0.057 ***	0.030 ***										
Salary_diff	1.82 ***	1.73 ***										
Salary_Rate			1.25 ***	1.27 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			0.020 *	-0.003								
Software_Rate			-1.44 ***	-0.803 **								
Software_diff(t-1)					0.515	0.265 ***						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.044 **	-0.001						
Salary_diff(t-1)					1.56 ***	-0.013						
Salary_Rate(t-1)							0.812 ***	-0.213 **				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							0.016 *	0.009				
Software_Rate(t-1)							-1.61 ***	0.067				
Software_diff(t-2)									0.560	0.275		
Capital_Invest_WS.(t-2)									0.030	-0.014 ***		
Salary_diff(t-2)									1.28 ***	-0.133		
Salary_Rate(t-2)											0.494 ***	-0.013
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											0.004	-0.012 **
Software_Rate(t-2)											-1.56 ***	-0.358
No. Observations	656	615	656	615	615	574	615	574	574	533	574	533
R-squared	0.913	0.844	0.552	0.445	0.613	0.037	0.253	0.045	0.366	0.042	0.102	0.039
R-Squared (Within)	0.912	0.902	0.583	0.562	0.615	0.049	0.299	-0.008	0.368	-0.036	0.135	0.086
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.218	0.000	0.076	0.000	0.135	0.000	0.183

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 7

First Difference, Fixed Effect estimator result By Capital (50 million yen or more but less than 100 million yen)

	t				t-1				t-2			
	General		Rate		General		Rate		General		Rate	
	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE
Software_diff	0.236	0.272 *										
Capital_Invest_WS.	0.074 ***	0.043 ***										
Salary_diff	1.69 ***	1.62 ***										
Salary_Rate			1.29 ***	1.32 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			0.010 ***	0.036								
Software_Rate			-0.490 *	0.007								
Software_diff(t-1)					1.05	0.008						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.048 ***	-0.012						
Salary_diff(t-1)					1.48 ***	0.166 *						
Salary_Rate(t-1)							0.326 ***	-0.496 ***				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							-0.040 ***	-0.016				
Software_Rate(t-1)							-0.127	0.161				
Software_diff(t-2)									2.37 ***	2.81 ***		
Capital_Invest_WS.(t-2)									0.035	-0.018		
Salary_diff(t-2)									1.15 ***	-0.138 **		
Salary_Rate(t-2)											0.086	-0.106
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											-0.062 ***	-0.026 *
Software_Rate(t-2)											0.037	0.124
No. Observations	656	615	656	615	615	574	615	574	574	533	574	533
R-squared	0.927	0.865	0.651	0.654	0.621	0.096	0.085	0.14	0.339	0.142	0.08	0.069
R-Squared (Within)	0.935	0.931	0.646	0.665	0.646	0.227	0.093	-0.106	0.365	0.086	0.083	0.119
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002

Note. *** $\rho < 0.01$, ** $\rho < 0.05$, * $\rho < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for "Capital Invest without software", 't' indicates a year.

Table 8

First Difference, Fixed Effect estimator result By Capital (100 million yen or more but less than 1 billion yen)

	t				t-1				t-2			
	General		Rate		General		Rate		General		Rate	
	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE
Software_diff	-0.525	-0.362										
Capital_Invest_WS.	0.097 ***	0.056 ***										
Salary_diff	1.56 ***	1.52 ***										
Salary_Rate			1.23 ***	1.36 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			0.033 ***	0.037 ***								
Software_Rate			-0.684 ***	-0.573 *								
Software_diff(t-1)					-4.54 *	0.167						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.097 ***	0.034						
Salary_diff(t-1)					1.28 ***	-0.163 **						
Salary_Rate(t-1)							0.379 **	-0.497 ***				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							0.014	-0.017 **				
Software_Rate(t-1)							-0.117	0.313				
Software_diff(t-2)									-7.17 **	-5.47		
Capital_Invest_WS.(t-2)									0.039	-0.056 ***		
Salary_diff(t-2)									1.16 ***	0.165 *		
Salary_Rate(t-2)											0.230	-0.182
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											0.018 **	0.016 ***
Software_Rate(t-2)											0.329	0.066
No. Observations	656	615	656	615	615	574	615	574	574	533	574	533
R-squared	0.966	0.931	0.44	0.387	0.638	0.17	0.042	0.07	0.415	0.189	0.019	0.033
R-Squared (Within)	0.972	0.969	0.447	0.45	0.663	0.136	0.05	-0.149	0.429	0.267	0.018	0.007
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.018	0.349

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 9

First Difference, Fixed Effect estimator result By Capital (1 billion yen or more)

	t				t-1				t-2			
	General		Rate		General		Rate		General		Rate	
	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE
Software_diff	3.33 ***	2.87 ***										
Capital_Invest_WS.	0.118 ***	0.108 ***										
Salary_diff	1.32 ***	1.34 ***										
Salary_Rate			1.09 ***	1.16 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			0.048 ***	0.044 ***								
Software_Rate			0.213	-0.121								
Software_diff(t-1)					3.34 ***	-1.32						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.011	-0.065						
Salary_diff(t-1)					0.862 ***	-0.041						
Salary_Rate(t-1)							0.604 ***	-0.278 **				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							0.006	-0.022				
Software_Rate(t-1)							-0.321 *	0.384 *				
Software_diff(t-2)									4.09 ***	1.84 ***		
Capital_Invest_WS.(t-2)									-0.055	-0.092 **		
Salary_diff(t-2)									0.386 *	-0.105		
Salary_Rate(t-2)											0.386 ***	0.020
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											-0.019	-0.018
Software_Rate(t-2)											-1.52 ***	-1.54 ***
No. Observations	656	615	656	615	615	574	615	574	574	533	574	533
R-squared	0.692	0.623	0.549	0.516	0.322	0.149	0.133	0.06	0.152	0.146	0.07	0.052
R-Squared (Within)	0.699	0.719	0.543	0.56	0.327	-0.072	0.144	-0.139	0.139	0.122	0.073	0.058
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.03

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 10

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Agriculture, Forestry and Fisheries)

	t		Rate		t-1		Rate		t-2		Rate	
	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE
Software_diff	141.0 ***	28.2 **										
Capital_Invest_WS.	0.323 ***	0.290 ***										
Salary_diff	0.173	0.941 **										
Salary_Rate			0.086	0.693 **								
Capital_Invest_WS._Rate			0.096	0.032								
Software_Rate			-14.1 *	-8.99 **								
Software_diff(t-1)					158.0 ***	2.54						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.296 **	0.067						
Salary_diff(t-1)					-0.549	-0.409						
Salary_Rate(t-1)							-0.074	-0.071				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							0.054	-0.051				
Software_Rate(t-1)							-15.0 *	-3.03				
Software_diff(t-2)									167.0 **	-7.04		
Capital_Invest_WS.(t-2)									0.222	0.070		
Salary_diff(t-2)									-0.712	-0.710 **		
Salary_Rate(t-2)											-0.204	-0.122
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											0.077	0.012
Software_Rate(t-2)											-6.72	2.57
No. Observations	160	150	160	150	150	140	150	140	140	130	140	130
R-squared	0.729	0.342	0.102	0.285	0.578	0.045	0.056	0.17	0.436	0.048	0.033	0.146
R-Squared (Within)	0.696	0.524	0.113	0.158	0.529	0.095	0.036	0.141	0.382	0.029	0.047	0.169
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.003	0	0.000	0.993	0.067	0.113	0.000	0.989	0.28	0.266

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 11

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Mining, Quarrying, Gravel extraction)

	t		Rate		t-1		Rate		t-2		Rate	
	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE
Software_diff	20.5 ***	18.5 ***										
Capital_Invest_WS.	0.509 **	0.496										
Salary_diff	0.450 *	0.592										
Salary_Rate			1.44 ***	1.24 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			-0.067 ***	-0.050 **								
Software_Rate			-6.08	-2.24								
Software_diff(t-1)					13.3 ***	3.71						
Capital_Invest_WS.(t-1)					-0.769	-1.17						
Salary_diff(t-1)					2.61 **	1.61						
Salary_Rate(t-1)							0.393	-0.626 †				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							-0.009	0.021				
Software_Rate(t-1)							-13.5	-7.23				
Software_diff(t-2)									2.20	-5.38 *		
Capital_Invest_WS.(t-2)									-1.18	-0.003		
Salary_diff(t-2)									3.53 **	0.363 *		
Salary_Rate(t-2)											0.076	-0.193
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											0.004	0.013
Software_Rate(t-2)											-12.8 *	0.004
No. Observations	80	75	80	75	75	70	75	70	70	65	70	65
R-squared	0.975	0.894	0.512	0.44	0.651	0.078	0.15	0.219	0.454	0.029	0.069	0.132
R-Squared (Within)	0.968	0.976	0.407	0.599	0.647	-0.032	0.064	0.09	0.435	0.088	-0.008	0.197
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.998	0.034	0.603	0.000	1	0.317	0.952

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 12

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Construction)

	t		Rate		t-1		Rate		t-2		Rate	
	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE
Software_diff	-2.55	-3.24										
Capital_Invest_WS.	0.044 ***	0.047 ***										
Salary_diff	1.82 ***	1.77 ***										
Salary_Rate			1.99 ***	1.95 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			0.057 ***	0.074 ***								
Software_Rate			2.75	3.08								
Software_diff(t-1)					-20.2	-6.95						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.042 ***	0.010						
Salary_diff(t-1)					1.56 ***	-0.038						
Salary_Rate(t-1)							1.35 ***	0.070				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							0.030 ***	0.023				
Software_Rate(t-1)							-10.8	-20.2 **				
Software_diff(t-2)									-29.5	-15.7		
Capital_Invest_WS.(t-2)									0.032	0.027		
Salary_diff(t-2)									1.30 ***	0.162		
Salary_Rate(t-2)											1.07 **	-0.343
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											0.004	-0.043 *
Software_Rate(t-2)											-5.43	21.7 ***
No. Observations	80	75	80	75	75	70	75	70	70	65	70	65
R-squared	0.97	0.945	0.682	0.635	0.645	0.097	0.444	0.348	0.411	0.099	0.328	0.359
R-Squared (Within)	0.938	0.971	0.539	0.697	0.574	0.044	0.168	0.231	0.32	0.171	0.082	-0.285
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.992	0.000	0.08	0.000	0.99	0	0.074

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 13

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Manufacturing)

	t		Rate		t-1		Rate		t-2		Rate	
	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE
Software_diff	4.65	3.86 ***										
Capital_Invest_WS.	0.117	0.087 ***										
Salary_diff	1.22 ***	1.18 ***										
Salary_Rate			1.18 ***	1.21 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			0.026	0.012								
Software_Rate			0.358	-0.629								
Software_diff(t-1)					2.53	-3.98 *						
Capital_Invest_WS.(t-1)					-0.072	-0.166 †						
Salary_diff(t-1)					1.15 ***	0.580						
Salary_Rate(t-1)							0.183 **	-0.438 †				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							0.026	0.032				
Software_Rate(t-1)							2.02	3.95				
Software_diff(t-2)									3.31	0.937		
Capital_Invest_WS.(t-2)									-0.082	-0.110 **		
Salary_diff(t-2)									0.514 ***	-0.095		
Salary_Rate(t-2)											-0.049	-0.085
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											0.009	-0.035
Software_Rate(t-2)											-0.912	-3.44 **
No. Observations	1440	1350	1440	1350	1350	1260	1350	1260	1260	1170	1260	1170
R-squared	0.473	0.288	0.436	0.438	0.244	0.126	0.018	0.093	0.071	0.073	0.001	0.051
R-Squared (Within)	0.479	0.499	0.431	0.453	0.262	0.058	0.023	-0.074	0.078	0.018	0.002	0.021
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.647	0.000

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 14

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Wholesale and Retail)

	t		Rate		t-1		Rate		t-2		Rate	
	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE
Software_diff	3.68	2.91										
Capital_Invest_WS.	0.114 ***	0.079 ***										
Salary_diff	1.70 ***	1.65 ***										
Salary_Rate			1.07 ***	1.15 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			0.088 ***	0.061 ***								
Software_Rate			5.19 **	4.06 ***								
Software_diff(t-1)					-0.153	-5.54 *						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.127 ***	0.059						
Salary_diff(t-1)					1.49 ***	0.081						
Salary_Rate(t-1)							0.549 *	-0.038				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							0.083 ***	0.008				
Software_Rate(t-1)							1.63	-2.54 **				
Software_diff(t-2)									-0.527	-5.95		
Capital_Invest_WS.(t-2)									0.117 **	0.012		
Salary_diff(t-2)									1.24 ***	0.041		
Salary_Rate(t-2)											0.031	-0.274
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											0.068 *	0.020 *
Software_Rate(t-2)											0.306	-3.34 **
No. Observations	160	150	160	150	150	140	150	140	140	130	140	130
R-squared	0.968	0.898	0.667	0.5	0.681	0.067	0.444	0.19	0.419	0.06	0.361	0.219
R-Squared (Within)	0.962	0.962	0.686	0.634	0.668	0.098	0.464	0.17	0.4	-0.009	0.34	0.321
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.939	0.000	0.051	0.000	0.961	0.000	0.018

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 15

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Real estate and Renting of goods)

	t		Rate		t-1		Rate		t-2		Rate	
	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE
Software_diff	-1.26 ***	-0.927 ***										
Capital_Invest_WS.	0.046 ***	0.033 ***										
Salary_diff	2.92 ***	2.19 ***										
Salary_Rate			1.61 ***	1.59 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			0.016	0.004								
Software_Rate			-1.62 ***	-1.26 ***								
Software_diff(t-1)					-1.59 ***	0.159 *						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.016	-0.002						
Salary_diff(t-1)					2.98 ***	0.360 *						
Salary_Rate(t-1)							0.159	-0.984 †				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							-0.016	-0.017				
Software_Rate(t-1)							-2.16 ***	-0.366				
Software_diff(t-2)									-1.64 ***	-0.392 ***		
Capital_Invest_WS.(t-2)									-0.001	-0.023 ***		
Salary_diff(t-2)									2.51 ***	-0.270		
Salary_Rate(t-2)											0.334	0.569
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											-0.013	-0.005
Software_Rate(t-2)											-1.88 **	0.406
No. Observations	240	225	240	225	225	210	225	210	210	195	210	195
R-squared	0.886	0.646	0.408	0.368	0.604	0.05	0.21	0.203	0.358	0.113	0.149	0.146
R-Squared (Within)	0.883	0.831	0.41	0.438	0.603	0.091	0.185	0.014	0.365	-0.095	0.145	0.044
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.894	0.000	0	0.000	0.137	0.000	0.022

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 16

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Transportation and Postal)

	Transportation and Postal											
	t				t-1				t-2			
	General		Rate		General		Rate		General		Rate	
	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE
Software_diff	2.20	0.750										
Capital_Invest_WS.	0.147 ***	0.161 ***										
Salary_diff	1.29 ***	1.30 ***										
Salary_Rate			1.25 ***	1.23 ***								
Capital_Invest_WS_Rate			0.056 ***	0.055 ***								
Software_Rate			3.52 ***	2.99 ***								
Software_diff(t-1)					1.67	-0.996						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.121 **	-0.002						
Salary_diff(t-1)					1.09 ***	-0.160						
Salary_Rate(t-1)							0.790 ***	-0.228				
Capital_Invest_WS_Rate(t-1)							0.015	-0.011				
Software_Rate(t-1)							-0.247	-2.93 **				
Software_diff(t-2)									1.91	1.15		
Capital_Invest_WS.(t-2)									0.073	-0.087		
Salary_diff(t-2)									0.976 ***	0.136		
Salary_Rate(t-2)											0.477 *	0.136
Capital_Invest_WS_Rate(t-2)											-0.012	-0.023
Software_Rate(t-2)											-1.93 *	0.565
No. Observations	240	225	240	225	225	210	225	210	210	195	210	195
R-squared	0.958	0.898	0.827	0.767	0.6	0.05	0.323	0.079	0.391	0.044	0.133	0.065
R-Squared (Within)	0.955	0.954	0.826	0.832	0.595	-0.175	0.311	-0.134	0.387	0.026	0.116	0.078
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.887	0.000	0.497	0.000	0.938	0.000	0.715

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 17

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Infrastructure)

	t		Rate		t-1		Rate		t-2		Rate	
	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE
Software_diff	1.18 ***	0.477										
Capital_Invest_WS.	0.226 ***	0.437 ***										
Salary_diff	0.607 ***	0.111										
Salary_Rate			1.34 ***	1.07 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			0.019 ***	0.014								
Software_Rate			0.402	0.362								
Software_diff(t-1)					-0.460	-0.582 †						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.473 ***	0.176 *						
Salary_diff(t-1)					0.026	-0.764						
Salary_Rate(t-1)							0.714 ***	-0.455 †				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							0.014	0.020				
Software_Rate(t-1)							-0.380	0.396				
Software_diff(t-2)									-1.59	-0.909 **		
Capital_Invest_WS.(t-2)									0.596 ***	0.193 **		
Salary_diff(t-2)									-0.161	-0.487		
Salary_Rate(t-2)											0.515 *	0.091
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											-0.008	-0.018 †
Software_Rate(t-2)											-0.777	-0.561
No. Observations	160	150	160	150	150	140	150	140	140	130	140	130
R-squared	0.959	0.887	0.342	0.285	0.711	0.038	0.116	0.169	0.488	0.036	0.091	0.134
R-Squared (Within)	0.956	0.924	0.281	0.369	0.709	0.113	0.103	-0.153	0.483	0.104	0.058	0.114
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0	0.000	0.998	0.002	0.115	0.000	0.998	0.012	0.362

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 18

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Other services)

	Other services											
	t				t-1				t-2			
	General		Rate		General		Rate		General		Rate	
	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE
Software_diff	1.84 **	1.23 ***										
Capital_Invest_WS.	0.232 *	0.062 **										
Salary_diff	1.39 ***	1.45 ***										
Salary_Rate			1.38 ***	1.30 ***								
Capital_Invest_WS_Rate			0.051 **	0.035 ***								
Software_Rate			-0.391	0.222								
Software_diff(t-1)					2.38	1.38						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.371 *	0.056						
Salary_diff(t-1)					1.08 ***	-0.070						
Salary_Rate(t-1)							0.999 ***	-0.249 *				
Capital_Invest_WS_Rate(t-1)							0.083 **	0.025				
Software_Rate(t-1)							0.035	0.036				
Software_diff(t-2)									0.986	3.55		
Capital_Invest_WS.(t-2)									0.398 ***	0.034		
Salary_diff(t-2)									0.929 ***	-0.132 ***		
Salary_Rate(t-2)											0.801 *	-0.209
Capital_Invest_WS_Rate(t-2)											0.083 *	-0.013
Software_Rate(t-2)											0.503	-0.075
No. Observations	160	150	160	150	150	140	150	140	140	130	140	130
R-squared	0.979	0.966	0.883	0.782	0.683	0.057	0.438	0.067	0.447	0.072	0.257	0.061
R-Squared (Within)	0.977	0.977	0.867	0.883	0.687	0.049	0.447	-0.146	0.45	0.011	0.265	-0.073
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.972	0.000	0.938	0.000	0.914	0.000	0.961

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 19

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Lodging Food and Beverage services)

	Lodging Food and Beverage services											
	t				t-1				t-2			
	General		Rate		General		Rate		General		Rate	
	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE
Software_diff	-1.76	-0.679										
Capital_Invest_WS.	0.025	0.040 ***										
Salary_diff	1.46 ***	1.37 ***										
Salary_Rate			1.05 ***	1.16 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			-0.008	0.011 *								
Software_Rate			-2.63 ***	-0.890								
Software_diff(t-1)					-4.52	1.76						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.020	0.003						
Salary_diff(t-1)					1.01 ***	-0.172 †						
Salary_Rate(t-1)							0.395 ***	-0.198				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							-0.007	0.008				
Software_Rate(t-1)							-5.82 ***	0.494				
Software_diff(t-2)									-7.11	1.96		
Capital_Invest_WS.(t-2)									0.006	-0.033		
Salary_diff(t-2)									0.715 **	-0.190 *		
Salary_Rate(t-2)											-0.032	-0.384 †
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											-0.017 †	-0.006
Software_Rate(t-2)											-8.95 **	-0.809
No. Observations	160	150	160	150	150	140	150	140	140	130	140	130
R-squared	0.945	0.903	0.722	0.729	0.45	0.058	0.261	0.102	0.212	0.075	0.169	0.145
R-Squared (Within)	0.94	0.944	0.703	0.737	0.452	-0.113	0.251	-0.017	0.21	-0.114	0.13	0.045
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.972	0.000	0.665	0.000	0.896	0	0.27

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 20

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Lifestyle-related services and Amusement)

	t		Rate		t-1		Rate		t-2		Rate	
	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE
Software_diff	1.52 ***	0.911 ***										
Capital_Invest_WS.	0.028 **	0.020 ***										
Salary_diff	1.49 ***	1.55 ***										
Salary_Rate			1.52 ***	1.64 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			0.023 *	0.033 ***								
Software_Rate			-0.381	1.46 *								
Software_diff(t-1)					0.959	0.119						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.024	0.042 *						
Salary_diff(t-1)					1.16 ***	-0.046						
Salary_Rate(t-1)							1.10 ***	-0.086				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							-0.055 ***	-0.059 *				
Software_Rate(t-1)							-3.38 ***	-1.08				
Software_diff(t-2)									0.302	-0.392		
Capital_Invest_WS.(t-2)									-0.025 *	-0.058 ***		
Salary_diff(t-2)									0.864 ***	-0.215		
Salary_Rate(t-2)											0.740 *	-0.195 *
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											-0.043 *	0.012
Software_Rate(t-2)											-4.63 *	-0.478
No. Observations	160	150	160	150	150	140	150	140	140	130	140	130
R-squared	0.955	0.899	0.869	0.761	0.546	0.121	0.466	0.149	0.229	0.176	0.212	0.106
R-Squared (Within)	0.954	0.959	0.848	0.869	0.554	0.154	0.432	0.036	0.251	-0.076	0.172	-0.018
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.464	0.000	0.223	0.000	0.105	0.000	0.629

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 21

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Telecommunications)

	t		Rate		t-1		Rate		t-2		Rate	
	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE
Software_diff	0.352	0.403 *										
Capital_Invest_WS.	0.068 ***	0.065 ***										
Salary_diff	1.65 ***	1.57 ***										
Salary_Rate			0.816 **	1.19 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			0.029	0.044 **								
Software_Rate			-0.654 **	-0.097								
Software_diff(t-1)					0.245	-0.120						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.071 ***	-0.002						
Salary_diff(t-1)					1.29 ***	-0.187						
Salary_Rate(t-1)							-0.131	-0.616 †				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							0.016	-0.020				
Software_Rate(t-1)							-0.906	-0.314				
Software_diff(t-2)									0.252	1.72		
Capital_Invest_WS.(t-2)									0.077 ***	-0.022		
Salary_diff(t-2)									0.977 **	-0.084		
Salary_Rate(t-2)											0.061	0.261 *
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											0.022	0.009
Software_Rate(t-2)											-0.649	-0.584
No. Observations	80	75	80	75	75	70	75	70	70	65	70	65
R-squared	0.981	0.973	0.325	0.726	0.625	0.146	0.06	0.343	0.394	0.166	0.042	0.236
R-Squared (Within)	0.966	0.981	0.377	0.391	0.587	-0.078	0.07	0.124	0.363	0.011	0.06	0.223
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.922	0.345	0.09	0.000	0.86	0.543	0.524

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 22

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Medical and Welfare)

	t		Rate		t-1		Rate		t-2		Rate	
	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE	General	FE	FD	FE
Software_diff	6.28 ***	0.786 ***										
Capital_Invest_WS.	0.120	0.271 **										
Salary_diff	1.15 ***	1.16 ***										
Salary_Rate			1.37 ***	1.35 ***								
Capital_Invest_WS._Rate			0.004	0.027								
Software_Rate			3.22 ***	1.24								
Software_diff(t-1)					7.56 ***	-0.301						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.386 ***	0.126 *						
Salary_diff(t-1)					-0.674 *	-0.850 '						
Salary_Rate(t-1)							0.105	-0.398 †				
Capital_Invest_WS._Rate(t-1)							0.174 ***	0.161 *'				
Software_Rate(t-1)							-4.22 ***	-1.29				
Software_diff(t-2)									10.5 ***	2.42		
Capital_Invest_WS.(t-2)									0.179	0.120		
Salary_diff(t-2)									-0.691	-0.379		
Salary_Rate(t-2)											-0.156	-0.330 †
Capital_Invest_WS._Rate(t-2)											-0.020	-0.172 †
Software_Rate(t-2)											-7.30 *	-3.95
No. Observations	80	75	80	75	75	70	75	70	70	65	70	65
R-squared	0.819	0.85	0.782	0.817	0.359	0.378	0.14	0.362	0.306	0.306	0.104	0.394
R-Squared (Within)	0.815	0.804	0.787	0.85	0.243	0.113	0.147	0.348	0.206	0.36	-0.004	0.309
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.04	0.045	0.059	0	0.206	0.144	0.033

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

Table 23

First Difference, Fixed Effect estimator result By Industry (Education and Learning support)

	Education and Learning support											
	t				t-1				t-2			
	General		Rate		General		Rate		General		Rate	
	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE	FD	FE
Software_diff	-0.018	0.230										
Capital_Invest_WS.	0.039	0.001										
Salary_diff	1.74 ***	1.76 ***										
Salary_Rate			1.54 ***	1.55 ***								
Capital_Invest_WS_Rate			-0.018	-0.023								
Software_Rate			-0.401	-0.161								
Software_diff(t-1)					-0.617	1.18						
Capital_Invest_WS.(t-1)					0.536 ***	0.482 *						
Salary_diff(t-1)					0.486	-1.11 *						
Salary_Rate(t-1)							0.219	-0.792 *				
Capital_Invest_WS_Rate(t-1)							0.139 **	0.168				
Software_Rate(t-1)							-0.037	0.588				
Software_diff(t-2)									-3.69 ***	-5.05 ***		
Capital_Invest_WS.(t-2)									-0.115	-0.221 *		
Salary_diff(t-2)									1.11 ***	0.031		
Salary_Rate(t-2)											0.122	-0.102
Capital_Invest_WS_Rate(t-2)											-0.131 *	-0.122
Software_Rate(t-2)											-0.558	-0.615
No. Observations	80	75	80	75	75	70	75	70	70	65	70	65
R-squared	0.977	0.949	0.805	0.82	0.48	0.385	0.061	0.321	0.243	0.281	0.025	0.164
R-Squared (Within)	0.972	0.978	0.776	0.824	0.458	-0.171	0.06	-0.126	0.211	-0.089	0.041	0.116
P-value (F-stat)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.341	0.14	0.003	0.306	0.741	0.866

Note. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, where SD is Robust SD, Capital_Invest_WS. stands for “Capital Invest without software”, ‘t’ indicates a year.

