

No. DP 20-003

SSPJ Discussion Paper Series

IT サービス化は日本企業の生産性を高めるか：
クラウドコンピューティング、CIO と日本企業のパフォーマンス

金 榮愨・乾 友彦

2020 年 4 月



Grant-in-Aid for Scientific Research (S) Gran Number 16H06322 Project

Service Sector Productivity in Japan

Institute of Economic Research
Hitotsubashi University

2-1 Naka, Kunitachi, Tokyo, 186-8603 JAPAN

<http://sspj.ier.hit-u.ac.jp/>

「IT サービス化は日本企業の生産性を高めるか：
クラウドコンピューティング、CIO と日本企業のパフォーマンス」

金 榮慤（専修大学 経済学部）
乾 友彦（学習院大学 国際社会科学部）

2020 年 4 月

要旨

近年の日本企業による IT 化は、自前で IT 資産を蓄積することから、クラウドコンピューティングの利用をはじめとした IT サービスの購入へとシフトしてきている。本稿では IT サービスの代表的なものとしてクラウドコンピューティング導入に注目する。「情報処理実態調査」によれば、日本でもクラウドコンピューティング導入企業の割合が 2009 年 10%から 2016 年 60%弱まで上昇しており、アメリカよりは遅れているものの（2010 年で導入率がすでに 60%を超える）、日本企業にも定着してきたものと思われる。

本研究では経済産業省による「情報処理実態調査」と「企業活動基本調査」の個票データをマッチングし、クラウドコンピューティングの導入が企業の生産性、売上、従業員数、事業所数等のパフォーマンスに与える効果を分析する。企業固定効果をコントロールしても、クラウドコンピューティング導入は企業の売上を伸ばし、生産性を高め、企業の海外展開を加速させる。売上は主業でも伸びるが、副業での売上が大きく増加する。また、R&D 支出は増えない一方で特許保有件数は増加する。以上の効果は大企業と中小企業の間で有意な差はない。

一方、本稿は日本企業で導入が遅れている制度の一つである情報システム統括役員（Chief Information Officer, CIO）の導入効果も検証している。CIO の導入は売上の増加には正の影響を持つが、生産性には有意な影響が確認されない。また CIO の導入は主産業の売上増加と事業所集約化とに関係性が見出される。クラウドコンピューティング導入の効果と同様、CIO 導入は R&D 支出を増加させないが、特許保有件数を増加させる。

このように、クラウドコンピューティングと CIO の導入はイノベーション活動の効率化に貢献することが示唆される結果が得られた。

キーワード：デジタル化、IT のサービス化、クラウドコンピューティング、CIO、生産性、企業の成長、イノベーション、効率化

JEL Classification: O33, O32, M15

1. はじめに

近年の日本企業による IT 化は、自前で IT 資産を蓄積することから、クラウドコンピューティングの利用をはじめとした IT サービスの購入へとシフトしてきている。総務省「通信利用動向調査」によると、クラウドコンピューティングを「全社的に利用している」企業の割合が 2013 年調査の 15.0%から 2018 年調査の 32.9%、「一部の事業所又は部門で利用している」企業の割合が、同期間において 18.0%から 25.4%にそれぞれ増加している。しかしながら Van Ark (2016) は、このような企業の IT 資産への投資から IT サービス購入へのシフトは米国、英国、独国の企業においても観察される一方で、IT サービスの購入の増加が必ずしも企業の生産性の向上に結びついていないこと、その背景として IT サービスの利用が初期段階にあり、その効果が発揮されるのに時間がかかることを指摘している¹。

IT サービスの高度利用として考えられる AI に関しても、生産性の向上が観察されていない。Brynjolfsson et al. (2019)は、AI は経済活動全体に影響を与える汎用技術 (General Purpose Technology、以下 GPT) として捉え、この GPT が効果を発揮するためには十分なリードタイムが必要であると捉えている。つまり、汎用技術の導入には補完的な投資が必要であり、この補完的投資はコストが高く、さらにその投資の実行に時間を要することが分かっている。同じく GPT と考えられる IT 投資に関しても補完的投資の重要な影響に関して分析を行ったのが、Brynjolfsson et al. (2018)である。GPT の初期段階では、GPT に補完的な組織を整備する等の無形資産の投資が重要であると考えられるが、GPT の技術への投資が進む一方、無形資産の蓄積やこれが効果を発揮するのには時間がかかり、GPT 導入初期段階では生産性がむしろ下がり、その後生産性が増加する生産性の J-Curve 効果があるとの仮説を唱えた。彼らは検証の結果、IT 投資には生産性の大きな J-Curve 効果があったことを見出している。

本研究では経済産業省による「情報処理実態調査」と「企業活動基本調査」の個票データをマッチングし、クラウドコンピューティングと情報システム統括役員 (Chief Information Officer、以下 CIO) の導入が企業の全要素生産性 (Total Factor Productivity、以下 TFP)、売上げ、従業員数、国内外の事業所数等のパフォーマンスに与える効果を分析する。特に近年の研究が指摘するように IT に補完的な無形資産の状況 (IT 役員の有無等の IT に対応した組織形態の差異) が企業パフォーマンスに与える影響を検討する。特にクラウドコンピューティングの経済効果に関する研究は限定的であり、例外的に金・権 (2015)、DeStefano et al. (2019)といった研究があるのみであり、更に企業の情報化に補完的な組織形態を考慮に入れてその効果を分析した研究は筆者の知る限り他にない²。

¹ Van Ark (2016) は、企業によるクラウドコンピューティング、データ分析、その他の情報サービスといった IT サービス購入へのシフトを New Digital Economy と呼んでいる。

² 滝澤・宮川 (2019) が本研究と同じデータを使用して、IT 投資全体が雇用、生産性に与

本稿の構成は以下の通りである。第2節では本研究に関連する既存研究を概観する。第3節では、「情報処理実態調査」を使用して日本企業のIT化への取り組みの状況について述べる。第4節では、クラウドコンピューティング、CIOの導入が生産性等の各種企業パフォーマンスに与える影響に関して分析する。最終節では、本研究での分析結果をまとめたうえで、政策インプリケーションについて議論する。

2. クラウドコンピューティングの導入と貢献に関する先行研究

金・権(2015)の研究はクラウドコンピューティングの導入要因と、導入が企業の生産に与える影響の分析を行っている。分析に使用したデータは、「情報処理実態調査」及び「企業活動基本調査」であり、2つの調査にある企業情報をマッチングして、1995年から2011年(クラウドコンピューティング導入に関する分析は2009年から2011年)の期間において分析を行っている。この分析結果から、規模が大きく、年齢が若く、研究開発集約度が高く、子会社数(特に海外子会社)の多い企業でクラウドコンピューティングの導入が進んでいること、クラウドコンピューティングが付加価値の増加に大きく貢献していることを見出している。またクラウドコンピューティングの限界生産力はITのハードウェアやソフトウェア、ITサービスに比して著しく大きく、その導入及び活用が非常に過少である可能性が示唆される結果を得ている。

DeStefano et al. (2019)は、クラウドコンピューティングが企業の組織形態と成長に与える影響を英国の企業データを使用した分析である。特にクラウドコンピューティングの内生性の問題に注意を払い、操作変数を使用して推計を行っている。推計には2008年、2013年、2015年の英国企業レベルのデータを使用し、またクラウドコンピューティングの導入の操作変数として企業別に異なるブロードバンド回線による通信速度を使用している。これらのデータを使用して、クラウドコンピューティングが企業の雇用者数、労働生産性、事業所数、事業所の配置、企業ごとの事業所の新設、廃止に与える影響について分析を行った。その結果、企業年齢の低い企業は雇用者数や生産性を増加させる一方、企業年齢の高い企業は、規模の増大や生産性の増加よりも、事業所の廃止や事業活動を移動させる等、事業の再編によるコスト削減を計っていることを示唆する結果が得られた。

本研究の貢献は、以下の通りである。金・権(2015)は、2008年から2011年の期間について分析しているが、分析期間が短期間であること、クラウドコンピューティングが急速に普及した2010年代中頃の状況を反映していない問題がある³。そこでデータを2016年まで延長して分析を行った。加えて、DeStefano et al. (2019)と同様、内生性の問題に一定の注意を払って分析した。また既存研究にはないIT役員の有無つまりITに対応した組織

える効果を検証している。

³ 「情報処理実態調査」によると、調査対象企業のクラウドコンピューティングの利用率は2011年の21.8%から2016年の59.3%と急拡大した(図5参照)。

形態の差異に関する影響に関しても分析を行った点にある。

3. 日本経済における IT 化への取り組みの状況

3. 1. 日本経済における IT サービス化の進展

Van Ark (2016) が指摘する「日本経済でも IT 投入のサービス化が進んでいるか。」の状況を確認するために、ここからは経済における IT 関連の投入を、自前の生産資源（情報関連のハードウェアやソフトウェア）からくる IT 資本サービスと、外部から購入することによって生産に投入される IT サービスを区別することにする。IT 資本サービスは自社所有（リースなども含む）の IT 関連のハードウェアやソフトウェアの資本財から生産への貢献と捉えることができる。日本産業生産性データベース（Japan Industrial Productivity Database 以下 JIP）など、多くの場合、資本サービスは資本のユーザーコストと比例すると考えられるため、ここでも資本のユーザーコストによって測ることとする⁴。JIP2018 年版（以下 JIP2018）データベースから求められる、IT 資本による資本サービス額⁵と、「情報サービス業（インターネット付随サービス業）」から各産業への中間投入としての IT サービス額の粗生産に占める割合の推移をまとめたのが図 1 である。1990 年代は自前の IT 資本サービスの中でもハードウェアが 1.5%を占め、最も大きかった⁶。ソフトウェアからの資本サービスは売上の 0.5%程度（1996 年）から 2000 年代に入ると 1%まで上昇し、2007 年にはハードウェアの資本サービスを上回る。一方、情報サービス業からの購入である IT サービスは徐々に増加し、2015 年にはソフトウェアからの資本サービスをわずかに上回るようになっている。このように、日本経済でも IT 投入のサービス化は着実に進んでいる。

図 1: IT 資本サービス額、IT サービス額の粗生産との比率（1994 年～2015 年、単位：%）

⁴ 資本のユーザーコストは、

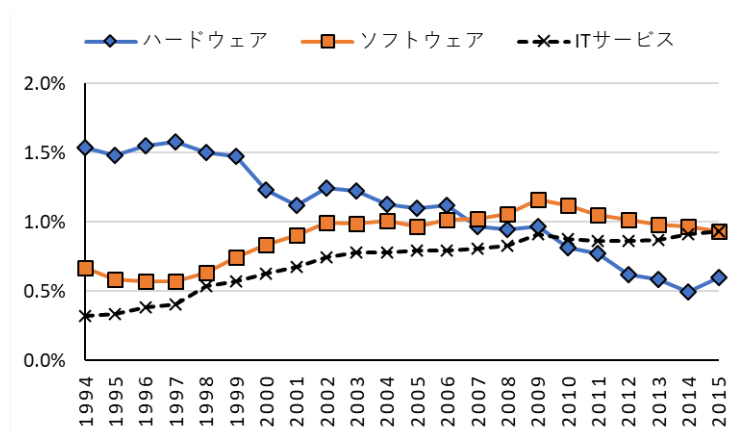
投資財価格 × (金利 + 資本の減価償却率 - キャピタルゲイン) × 実質資本ストック
によって求めている。

⁵ 産業 i の t 年の IT 資産からの資本サービス (KS) は以下のように求めた。

$$KS_{i,t}^{IT} = \sum_{a \in IT} P_t^a K_{i,t}^a$$

ただし、 P_t^a は資本財 a の名目資本サービス価格、 $K_{i,t}^a$ は産業 i の t 年の資産 a の実質資本ストックを表している。名目資本サービス価格は上記の資本のユーザーコストと比例すると考えられるため、資本のユーザーコストの計算式に沿って求めている。

⁶ JIP2018 において、資本財の中、情報機器と通信機器を IT ハードウェアにしている。



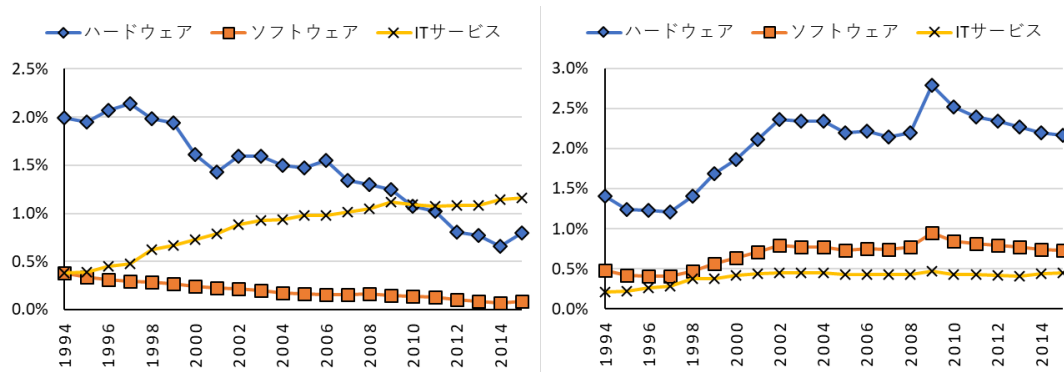
(資料)「JIP データベース 2018」より筆者作成

図2は、図1の分析を製造業と非製造業に分けた場合である。製造業では1994年2%であったハードウェア資本サービスの割合が2010年代には1%を下回り、ソフトウェア資本サービスも0.4%（1994年）から0.1%（2015年）を下回るまで低下している。その反面、ITサービスは粗生産の0.4%（1994年）から1.2%（2015年）に上昇している。製造業においてはITのサービス化が進化していることがわかる。

製造業と対照的に、非製造業ではITのサービス化がそれほど進んでいない。粗生産に占めるハードウェア資本サービスの割合は1.5%（1994年）から2.2%（2015年）に増加しており、ソフトウェア資本サービスも0.7%前後を推移している。一方、ITサービス額の粗生産に占める割合は0.4%前後で推移している。

このように、製造業ではITのサービス化が進んでいる一方、非製造業はサービス化以前のステップとしてIT化進展の途中段階にあると考えられる。

図2：製造業、非製造業におけるIT資本サービス額、
ITサービス額の粗生産に占める割合（1994年～2015年、単位：%）
(製造業) (非製造業)

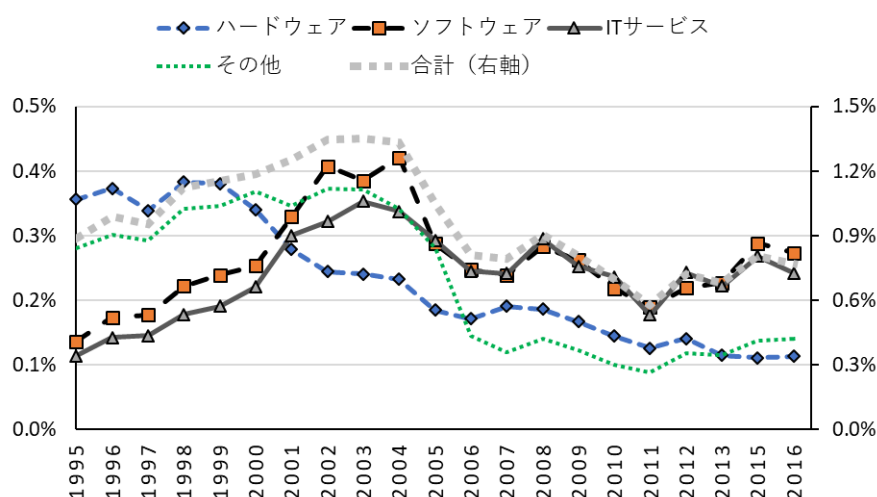


(資料)「JIP データベース 2018」より筆者作成

3. 2. 日本企業による IT サービス化

IT 投入のサービス化を企業レベルのデータを使用して確認する。本稿の分析で主に用いる「情報処理実態調査」は、民間企業における情報処理の実態を把握するために経済産業省が行っている調査で、調査対象企業の IT 投入を詳細に調査している。その中で、IT 関連費用に関してはハードウェア、ソフトウェア、IT サービス、その他の費用に分けて調査している⁷。この情報によって、日本企業がどのように IT 投資を行ってきたかが確認できる。図 3 は、「情報処理実態調査」の調査対象企業の IT 投入別（ハードウェア、ソフトウェア、IT サービス、その他）費用を合計し、対売上比率をまとめたものである。図 1 でも見たように、1990 年代まではハードウェアが中心だったのが、2000 年代以降、ソフトウェアと IT サービスが中心になってきたことがわかる⁸。2000 年代半ば以降はソフトウェアと IT サービス費用がそれぞれ IT 費用全体の 3 分の 1 程度で、ハードウェアのための費用は IT 費用全体の 6 分の 1 程度で推移している。

図 3：種類別 IT 費用の対売上比率（1995 年～2016 年、単位：％）⁹



出典：「情報処理実態調査」より著者作成

しかし、図 3 の推移は経済全体の動きを示しているもので、個々の企業の動きはマクロの推移と異なる可能性がある。図 4 は、各企業の IT 費用全体における IT サービス費用の割合の分布を、1995、2000、2005、2010、2015 年でまとめたものである。1995 年では IT

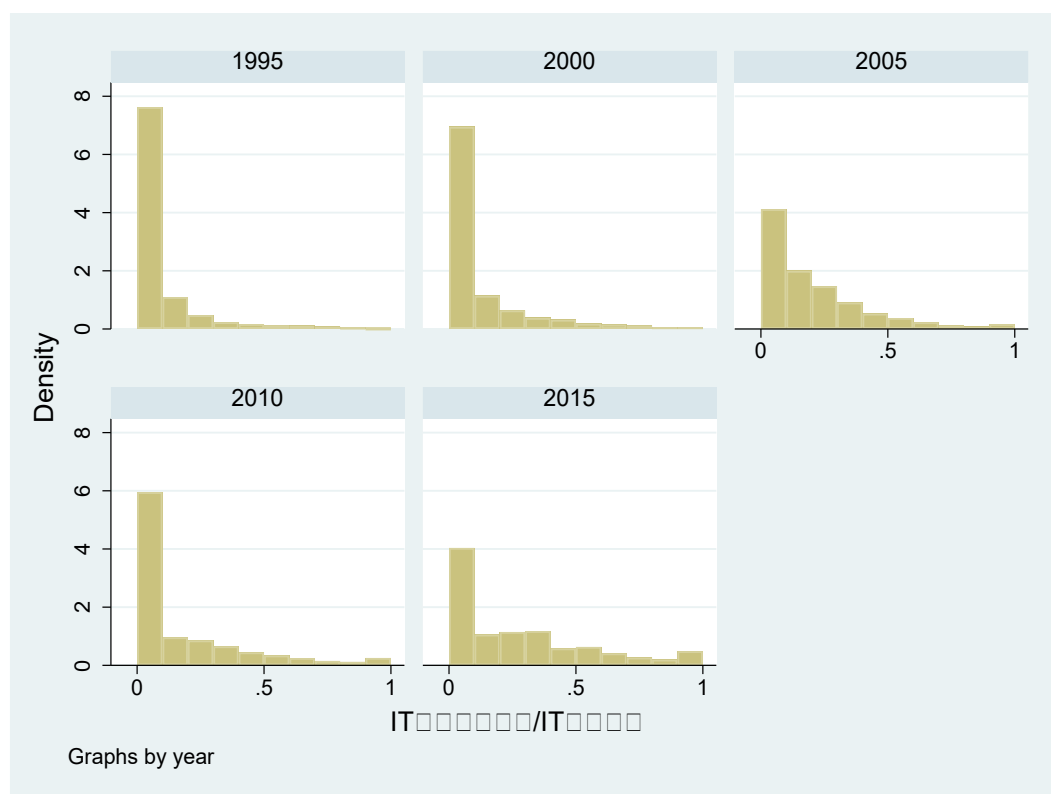
⁷ 「情報処理実態調査」では IT に対して「費用」と「支出」を区別しており、資本サービスのような概念の「費用」と購入などのための「支出」の両方が調査されている。本論文では「費用」の概念で変数を作成している。詳しくは金・権（2015）を参照されたい。

⁸ 「その他」項目は主に IT 要員の人件費である。

⁹ 2014 年は「情報処理実態調査」が実施されなかった。

サービス費用支出の割合が 10%未満の企業が極めて多かったものの、2015 年では 30%程度を IT サービスに支出する企業も多くなっている。しかし、IT サービスへの支出が 10%以下の企業も 40%程度いることから、IT のサービス化は平均的にすべての企業で行われているわけではなく、一部の IT のサービス化に先進的な企業と、過去の IT システムにとどまっている企業とに分かれているものと考えられる¹⁰。

図 4：IT サービス費用 / IT 費用（企業）



出典：「情報処理実態調査」より著者作成

企業の生産活動におけるハードウェアの貢献は 90 年代までで、2000 年代に入ってからその貢献が大きく低下している。このことは、生産関数推計による検証でも確認でき、2000 年代以降はソフトウェアと IT サービスの貢献が中心となってきた¹¹。しかし、図 4 のように、いまだに多くの企業では IT のサービス化は進んでいない状況である。金・権（2015）で指摘されているように、一部の日本企業では最適な IT 投資が行われておらず、IT から十分なリターンを得ていない可能性が示唆される。

¹⁰ ハードウェアにかかわる IT 費用の割合の分布は補論 J を参照されたい。

¹¹ 詳しくは、補論 B を参照されたい。

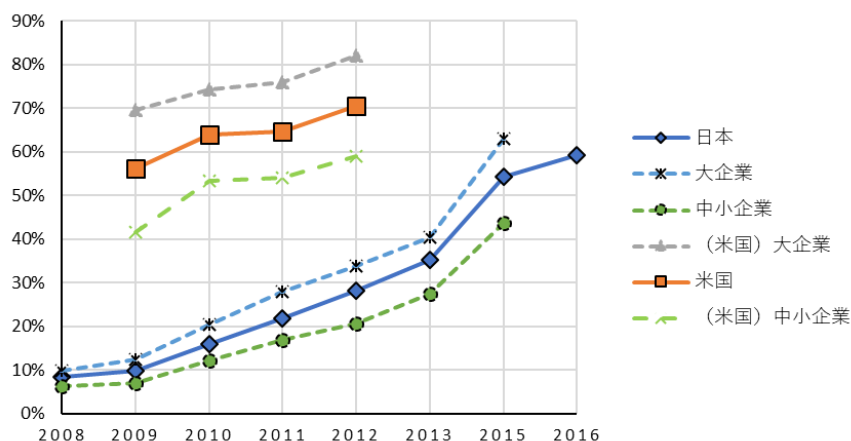
3. 3. 日本企業によるクラウドコンピューティングと最高情報責任者の導入

図 4 で示しているように、IT に関しては多くの日本企業で IT のサービス化が遅れているものと思われる。ここからは、近年の IT のサービス化の例としてクラウドコンピューティングに注目し、その導入を概観する。また、次節でその経済効果を検証することにする。

「情報処理実態調査」における調査対象企業のクラウドコンピューティングの利用率（図 5）は、2008 年の 6.6%から 2016 年における 59.3%とその利用率が 8 年間に於いて 52.7 ポイントと大きく上昇した。総務省「情報通信白書」で引用されている米国企業に対するクラウドコンピューティング利用率をみると、2009 年から 2012 年の期間において 56.2%から 70.6%に推移しており、日本のクラウドコンピューティングの利用状況がまだ米国に比して低いことがわかる。日本の 2016 年の利用率は、ようやく 2012 年の米国の中小企業の利用率とほぼ同水準に達したところである。米国の大企業は 2012 年時点において既に 80%の利用状況となっている。なお、DeStefano et al. (2019)において英国企業のクラウドコンピューティングの導入状況を報告しており、2015 年時点において 50.9%と日本企業と同程度の導入状況である。当該論文ではクラウドコンピューティングを更にそのサービス別に分類しており、その内訳はデータサービスが 21.5%、電子メールサービスが 29.9%となっている。

日本で主に導入されているクラウドファンディングサービスには、SaaS（Software as a Service）、PaaS（Platform as a Service）、IaaS（Infrastructure as a Service）の三つのカテゴリがある。その中でも SaaS が最も多く導入されており、直近の 2016 年では調査対象企業全体の約 44%で SaaS が導入されている¹²。

図 5：日米企業によるクラウドコンピューティングの利用率
(2008 年～2016 年、単位%)



¹² 詳しくは補論 G を参照されたい。

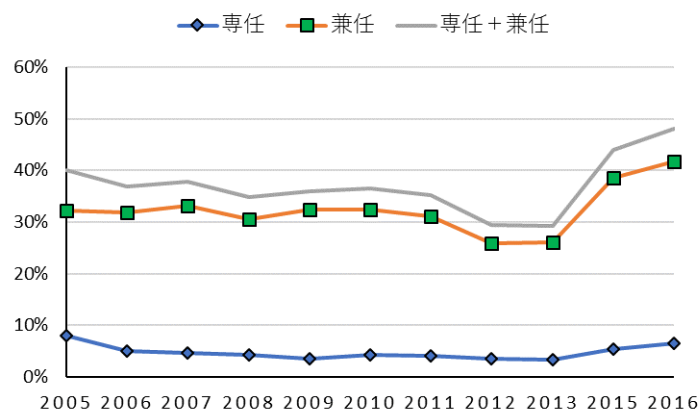
(資料)「情報処理実態調査」、「情報通信白書」より筆者作成

3. 4. 日本企業における最高情報責任者の導入

デジタル経済において IT 投資が企業のパフォーマンスに貢献するうえで企業内外での情報を統括する役員の存在は約 30 年前から注目されてきた (Stephens et al. 1992; Weill & Woerner, 2013; Ranganathan & Jha, 2008; Hu et al. 2014)。ここでは、企業の IT 投資全般の責任を負う最高情報責任者 (Chief Information Officer、以下 CIO) 制度の導入に注目し、「情報処理実態調査」によって日本での導入状況などを概観する。当調査によれば、日本企業において CIO の在籍企業の割合をみると (図 6)、専任 CIO の在籍する企業の割合は 5~6%と極めて低く、また上昇傾向もみられない。多くの企業は兼任の CIO で対応しており、2016 年においては 40%の企業において兼任の CIO が在籍している。

Ross & Weill (2002)でも指摘しているように、CIO が IT を企業のパフォーマンスにつなげるうえで、企業全体の組織や戦略にかかわらなければならない。しかし、日本の企業においては専任の CIO は極めて少なく、兼任の CIO が在籍している企業の割合も 40%程度に過ぎない。日本企業において IT 投資が企業パフォーマンスに十分につながらないと思われる理由の一つである可能性がある。

図 6：専任、兼任別の最高情報責任者 (CIO) の在籍企業割合
(2005 年~2016 年、単位：%)



(資料)「情報処理実態調査」より筆者作成

3. 5. クラウドコンピューティングの導入企業の特徴

「情報処理実態調査」を使用して、クラウドコンピューティングを導入している企業の特徴を「情報処理実態調査」を「企業活動基本調査」とマッチングしたデータを使用して分析

した¹³。具体的には、被説明変数としてクラウドコンピューティングを導入している企業を 1、そうでない企業を 0 としたダミー変数を取り、その企業の規模の変数として従業員数、生産性の指標の変数として TFP、その他の企業の属性の変数として企業年齢、中小企業ダミー、企業に属する事業所数、海外事業所数を説明変数として、1997 年から 2015 年のデータをプールして推計を行った。その結果、大企業ほど、生産性が高いほど、企業年齢が若いほど、子会社が多いほど、クラウドコンピューティングの導入確率が高まることがわかった。

表 1：クラウドコンピューティングの導入企業の特徴

	1 if Cloud service							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
$\ln \text{Employee}_{t-1}$					0.271*** [0.00924]	0.251*** [0.0107]	0.183*** [0.0123]	0.200*** [0.0118]
$\ln \text{TFP}_{t-1}$	0.342*** [0.0439]	0.286*** [0.0442]	0.232*** [0.0446]	0.207*** [0.0449]	0.336*** [0.0447]	0.323*** [0.0447]	0.280*** [0.0449]	0.268*** [0.0452]
$\ln \text{Age}$	0.0133 [0.0216]	-0.0222 [0.0212]	-0.154*** [0.0217]	-0.0925*** [0.0212]	-0.0605*** [0.0212]	-0.0631*** [0.0212]	-0.131*** [0.0220]	-0.0964*** [0.0213]
1 if SME _{t-1}		-0.482*** [0.0262]	-0.207*** [0.0293]	-0.280*** [0.0284]		-0.114*** [0.0307]	-0.0494 [0.0314]	-0.0699** [0.0312]
$\ln(\# \text{ affiliates}_{t-1})$			0.230*** [0.0110]				0.137*** [0.0125]	
$\ln(\# \text{ affiliates overseas}_{t-1})$				0.252*** [0.0133]				0.148*** [0.0146]
Observations	18,043	18,043	18,043	18,043	18,043	18,043	18,043	18,043
Log-likelihood	-8,431	-8,256	-8,029	-8,071	-7,986	-7,980	-7,920	-7,927

Probit estimation. Coefficients. Standard errors in brackets. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

4. クラウドコンピューティングや CIO の導入と企業パフォーマンス

クラウドコンピューティングの導入は企業パフォーマンスにとってプラス、マイナスの側面がある。一般的に IT サービスはその利用に応じて支払う (pay-as-you-go) 方式であるため、大型 IT 関連機器の導入や IT 専門要員の雇用等、固定的・大型投資が少なくすむため、中小企業や新しい製品・サービスなど、需要の予測が難しく、変動が大きい場合に柔軟な対応が可能となる。そのため、新しい製品やサービスなどの開発への貢献が期待される (Sultan, 2011)。また、急速に発展する IT 技術を自前の技術者などでカバーする必要が少なく、クラウドコンピューティングの利用によって最先端の IT サービスをビジネスに活用できる利点もある。近年の製品のサービス化も伴い、デジタルの需要に柔軟に対応できることは企業の重要な比較優位の源泉になれる。しかし、Resource-based-view からすれば、IT

¹³ マッチングとデータの作成に関しては補論 C を参照されたい。

投資による企業パフォーマンスの改善効果（学習効果）を犠牲にする可能性もある（Mithas et al. 2012）。

近年の IT サービスの代表的な例であるクラウドコンピューティングの導入が企業のパフォーマンスに貢献するか、その度合いについて、十分な研究が行われていない。ここでは、「情報処理実態調査」を「企業活動基本調査」とマッチングしたデータを使用することによって、企業パフォーマンスへの影響を検証する。

表 2 は「企業活動基本調査」から作成した企業の労働生産性を、「情報処理実態調査」のクラウドコンピューティング導入や CIO の導入との関係を分析した結果である。労働生産性に影響すると考えられる労働資本比率や IT に従事する従業員の割合、IT ハードウェア費用、IT ソフトウェア費用、IT サービスの対価加価値比率などをコントロール変数として加えている。労働者一人当たりの資本が多いほど、IT に従事する従業員の数が多いほど、IT ソフトウェアと IT サービス投入が多いほど、労働生産性は高い。なお、IT ハードウェアの投入はマイナスで有意な結果が得られた。この結果から IT 資本から、IT ソフトウェア、IT サービスにシフトすることによって労働生産性を高めているものと推察される。

表 2 クラウドコンピューティング、CIO と企業の労働生産性

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	L+S	Large	SMEs	L+S	Large	SMEs
	lnLP	lnLP	lnLP	lnLP	lnLP	lnLP
ln(K/L)	0.126*** [0.00270]	0.125*** [0.00345]	0.0984*** [0.00435]	0.141*** [0.00325]	0.139*** [0.00406]	0.121*** [0.00551]
L^{IT}/L	0.316*** [0.0372]	0.269*** [0.0403]	0.590*** [0.0935]	0.331*** [0.0404]	0.287*** [0.0427]	0.659*** [0.119]
ITcost(hardware)/VA	-4.509*** [0.310]	-4.373*** [0.388]	-4.559*** [0.498]	-4.659*** [0.384]	-4.450*** [0.475]	-4.834*** [0.633]
ITcost(software)/VA	1.926*** [0.374]	1.190*** [0.442]	0.464 [0.679]	2.033*** [0.448]	1.685*** [0.546]	0.775 [0.777]
ITcost(service)/VA	2.883*** [0.326]	1.951*** [0.362]	1.629** [0.732]	2.183*** [0.403]	1.821*** [0.457]	0.139 [0.853]
CIO	0.0656*** [0.00353]	0.0538*** [0.00471]	0.0360*** [0.00524]	0.0586*** [0.00416]	0.0524*** [0.00553]	0.0301*** [0.00626]
Cloud				0.0735*** [0.0102]	0.0438*** [0.0131]	0.0693*** [0.0157]
Obs.	23,200	12,782	10,418	16,018	8,983	7,035
Adj. R ²	0.332	0.427	0.167	0.349	0.431	0.191

表 3 では、CIO、クラウドコンピューティングと TFP の関係を検証している。結果は労働生産性の結果とほぼ同じで、IT 従業員が多いほど、ソフトウェアと IT サービス投入が多いほど、ハードウェア投入が少ないほど、TFP は高い。加えて、CIO とクラウドコンピュ

ーティングが導入されるほど、生産性は高い。

表3 クラウドコンピューティング、CIO と企業の TFP

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	L+S	Large	SMEs	L+S	Large	SMEs
	lnTFP	lnTFP	lnTFP	lnTFP	lnTFP	lnTFP
L^T/L	0.123*** [0.0140]	0.116*** [0.0152]	0.164*** [0.0348]	0.126*** [0.0159]	0.117*** [0.0172]	0.178*** [0.0399]
ITcost(hardware)/VA	-0.925*** [0.103]	-0.793*** [0.143]	-1.082*** [0.141]	-1.022*** [0.125]	-0.908*** [0.173]	-1.127*** [0.170]
ITcost(software)/VA	0.556*** [0.118]	0.370*** [0.143]	0.321 [0.195]	0.718*** [0.131]	0.638*** [0.160]	0.402* [0.225]
ITcost(service)/VA	0.728*** [0.109]	0.473*** [0.126]	0.548*** [0.194]	0.641*** [0.123]	0.503*** [0.147]	0.244 [0.213]
CIO	0.0178*** [0.00120]	0.0146*** [0.00174]	0.0131*** [0.00162]	0.0172*** [0.00140]	0.0151*** [0.00201]	0.0122*** [0.00193]
Cloud				0.0185*** [0.00334]	0.0118*** [0.00442]	0.0159*** [0.00498]
Obs.	23,925	13,275	10,650	16,406	9,261	7,145
Adj. R ²	0.352	0.356	0.378	0.374	0.364	0.418

表2と表3の結果は、日本企業のクラウドコンピューティングとCIOの導入が企業パフォーマンスに重要な貢献をする可能性を示唆している。しかし、両分析はOLSによる分析であり、クラウドコンピューティングやCIOの導入が持つ内生性はコントロールされていない。パフォーマンスの高い企業がクラウドコンピューティングを導入する可能性（逆の因果関係）も否定できない。その問題に対処するため、以下では、パネルデータによる分析を行う。

4. 1. クラウドコンピューティングの導入と企業パフォーマンス

表2と表3の結果はプールされたサンプルによる推計結果であり、クラウドコンピューティングとCIOの導入が生産性に与える効果の因果関係を検証したものではない。以下では、この問題に対して、固定効果推計によって内生性のもたらし問題を緩和したうえで、検証を行う。具体的には、以下のモデルによって推計する。

$$\begin{aligned}
 Performance_{i,t} = & \alpha_i + \sum_t \sum_j \beta_{j,t} D_{j,t} + \beta^{age} \ln Age_{i,t} \\
 & + \gamma^D D_i^{Experiencing\ CLOUD} + \gamma^I D_{i,t}^{Introducing\ CLOUD} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)
 \end{aligned}$$

ただし、 $D_i^{Experiencing\ CLOUD}$ は、本来から生産性の高い企業がクラウドコンピューティングを導入する可能性をとらえるために、データの中で一度でもクラウドコンピューティングを導入したことがある企業に対して 1 をとるダミー変数である。それに対して $D_{i,t}^{Introducing\ CLOUD}$ は、クラウドコンピューティングを導入した年に 1 を取り、導入していないときに 0 をとるダミー変数で、クラウドコンピューティング導入の効果 (γ^I) を測ることになる。 $D_{j,t}$ は j 産業 t 年で 1 をとるダミー変数で、産業の特徴や年ごとの動きをコントロールするためのものである。企業の成長が Gibrat の法則に従うとすれば、成長率はランダムに決まり、企業パフォーマンスは当該企業の年齢 Age_{it} と密接な関係を持つ (Klette & Korum, 2004)。一般的に企業設立当初は成長率が高く、その後に成長率が低下していくことを考慮して企業年齢は対数を用いている。

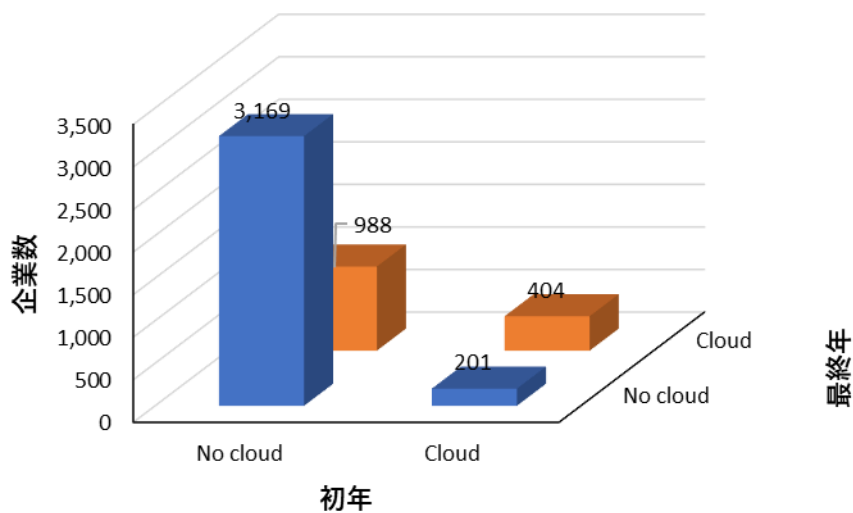
また、企業固定効果の α_i とクラウドコンピューティング、CIO の導入などの間には相関がある可能性が高い。このような内生性があるために、OLS では一致推定量を得ることができないので、ここでは Hausman-Taylor 推計 (HT) を行う。HT 推計では、 $D_{i,t}^{Introducing\ CLOUD}$ のように時間によって変動する変数の係数 (γ^I) をまず固定効果推計で求める。第二段階では、時間固定的な変数 (α_i や $D_i^{Experiencing\ CLOUD}$) の中で、 $D_i^{Experiencing\ CLOUD}$ を内生変数として、外生的な時間変動変数 (企業年齢や産業毎の年ダミー、設立年ダミーなど) の平均値を操作変数とし推計する¹⁴。

(1) 式がパネル分析で推計されるためには、クラウドコンピューティングの導入に企業内での変動が必要である。図 7 はクラウドコンピューティングに関する調査の対象になった企業が、クラウドファンディングに関して初めて調査されたときと最後に調査された時点において¹⁵、クラウドコンピューティングを導入しているかをまとめたものである。最初の調査時点で導入をしている多くの企業が最後まで導入しているが、途中で導入する企業や途中でサービスをやめる企業もあることが確認できる。また、図には表れてないが、データ期間中にサービスの導入と中止を繰り返す企業も存在する。

図 7 クラウドコンピューティング導入の変化

¹⁴ Hausman-Taylor 推計の概要は補論 I で紹介されている。

¹⁵ 「情報処理実態調査」はサンプル調査であるため、企業によって調査される時期や回数などが異なる。



出典：「企業活動基本調査」と「情報処理実態調査」より著者作成

表4はHT推計の結果である。クラウドコンピューティングを導入する企業は、生産性が高く、売上、従業員数など、すべての面でパフォーマンスが高いことがわかる。企業固定効果をコントロールしても、モデル(1)と(2)で見ると、クラウドコンピューティングの導入は企業の生産性向上に關係することが確認できる。また、モデル(3)～(7)を見ると、生産性向上の源泉は主に売上げの拡大にあることがわかる。クラウドコンピューティングを導入することによって、売上は約1.9%増加する一方で、中間投入は1.7%増加に留まり、労働と資本は有意に増加しないため、結果的に生産性が高まる。ただし、ここでの売上の増加が単価の上昇によるものか、販売量の増加によるものかは判断できない。

表4のモデル(8)を見ると、クラウドコンピューティングの導入は企業の海外展開にプラスの影響があることがわかる。これは、クラウドコンピューティングの導入が柔軟なIT投資を可能にし、事業の海外展開にプラスに寄与したことを示唆する。その結果、国内生産が高付加価値品(単価の高いもの)にシフトした可能性も考えられる。

また、表4の推計では企業規模をコントロールしていないが、1期前の従業員数をコントロール変数として企業規模をコントロールしても同様な結果が得られる(補論D)。

表4 クラウドコンピューティングと企業パフォーマンス(HT)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	lnTFP × 100	lnY	lnL	lnK	lnM	ln(export)	ln(#affil.)	ln(#affil. ^{os})
ln(Age)	0.243 [0.424]	0.195*** [0.0274]	0.0981*** [0.0209]	0.863*** [0.0473]	0.261*** [0.0319]	0.684*** [0.0699]	0.448*** [0.0243]	0.209*** [0.0193]
Dcloud	3.752** [1.471]	1.435*** [0.118]	1.166*** [0.0944]	1.439*** [0.166]	1.367*** [0.127]	1.035*** [0.251]	0.720*** [0.0926]	0.444*** [0.0745]
lcloud	0.521** [0.236]	0.0185*** [0.00576]	0.00445 [0.00406]	-0.0324 [0.0212]	0.0167** [0.00754]	0.0187 [0.0273]	-0.000709 [0.00675]	0.0147*** [0.00510]
Obs.	16,777	17,419	17,421	17,317	17,053	17,421	17,421	17,421
ρ	0.89	0.99	0.992	0.93	0.985	0.949	0.978	0.98
χ^2	5,620	4,196	614	2,594	4,781	1,157	886	1,026

Notes. Hausman-Taylor estimation results. Industry by year dummy variables are included in every regression. **Dcloud** is a variable which takes 1 if a firm introduce cloud computing service at any time in the data set and 0 otherwise. **lcloud** is a variable which takes 1 if a firm introduce cloud computing service at t and 0 otherwise. **#affil.** is the number of affiliates. **#affil.^{os}** is the number of affiliates overseas. Standard errors in brackets. **Y**, **L**, **K**, and **M** mean gross output, number of employee, estimated tangible fixed capital (land excluded), and intermediate input, respectively. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

クラウドコンピューティングの導入が企業活動にどのような貢献をするかを確認するために、表 5 では企業パフォーマンスに関する様々な変数をクラウドコンピューティングの導入に回帰させる推計を行った¹⁶。表 4 とで確認された売り上げの増加は、表 5 のモデル (1) ~ (3) によれば、企業の製品の多角化によるものではない。モデル (4) と (5) を見ると、主産業でも売り上げは増える (約 1.6%) が主産業以外での売上も増加している (約 5.5%)。

また、モデル (7) によれば、企業の保有特許件数も増加している。柔軟な IT 投入によって、情報交換がスムーズになり、イノベーションパフォーマンスに貢献した結果かもしれない。一方、モデル (8) のように、R&D が活発な企業がクラウドコンピューティングを導入するものの、クラウドコンピューティングの導入によって R&D 支出が増加することは確認できないことから、イノベーション活動が効率化しているものと示唆される。

表 5 クラウドコンピューティングと企業の詳細パフォーマンス (HT)

¹⁶ ただし、多角化などを検証するため、表 6 では、セグメントを三つ以上持っている企業に限った分析をしている。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	ln(#prod.)	ln(HHI_prod)	ln(SD_prod)	ln(Sales _{main biz.})	ln(Sales _{other biz.})	Main biz.	ln(#patent)	ln(R&D)
ln(Age)	0.127*** [0.0220]	-0.0139*** [0.00473]	-0.00659* [0.00345]	0.358*** [0.0561]	0.643*** [0.0864]	-0.00125 [0.00427]	0.699*** [0.0836]	1.204*** [0.139]
Dcloud	-0.128*** [0.0490]	0.0218** [0.0106]	0.0106 [0.00763]	1.305*** [0.167]	0.911*** [0.196]	0.00653 [0.0110]	0.867*** [0.241]	1.399*** [0.375]
lcloud	-0.00544 [0.00599]	-0.00156 [0.00213]	-0.00124 [0.00143]	0.0155** [0.00785]	0.0547*** [0.0206]	-0.00171 [0.00330]	0.0298** [0.0120]	0.00454 [0.0217]
Obs.	9,063	9,063	9,063	9,063	9,063	9,063	9,063	9,063
ρ	0.932	0.788	0.82	0.992	0.952	0.466	0.99	0.987
χ^2	584	6,208	6,575	3,299	4,176	9,297	649	492

Notes. Hausman-Taylor estimation results. Industry by year dummy variables are included in every regression. **Dcloud** is a variable which takes 1 if a firm introduce cloud computing service at any time in the data set and 0 otherwise. **lcloud** is a variable which takes 1 if a firm introduce cloud computing service at t and 0 otherwise. **#prod** is the number of the segment in which the firm is active. **HHI_prod** is the HHindex. **Sales_{main biz.}** is the sales of the largest segment of the firm in terms the value of sales. **Sales_{other biz.}** is the sales of the largest segment of the firm in terms the value of sales. **Main biz.** is the ratio of the sales of the largest segment over the total sales. **R&D** is the nominal R&D expenditure of the firm. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, and *** $p < 0.01$.

4. 2. CIO の導入と企業パフォーマンス

CIO は日本企業のパフォーマンスに貢献するのでしょうか。CIO の役割に関する多くの研究が蓄積されている欧米に比べ、日本企業の CIO に関する研究は少ない。表 6 は、クラウドコンピューティングに関する前節の推計と同様のパネルデータにより CIO の導入に関して推計を行った結果である。まず CIO を導入する企業の固定効果(Dcio の係数)を見ると、生産性が高く、大企業で、輸出と海外展開を積極的に行っている企業である。そのような企業が CIO を導入すると売上が拡大する（モデル 2）。しかし、資本や労働、中間投入もそれに合わせて拡大する（モデル 3～5）ため、全体的な生産性には有意な変化がない（モデル 1）。

表 6 CIO と企業パフォーマンス

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	lnTFP × 100	lnY	lnL	lnK	lnM	ln(export)	ln(#affil.)	ln(#affil. ^{os})
ln(Age)	0.98 [1.195]	0.0911*** [0.0290]	0.137*** [0.0223]	0.449*** [0.126]	0.0438 [0.0383]	0.423*** [0.141]	0.0268 [0.0364]	-0.021 [0.0264]
Dcio	11.03*** [2.125]	1.736*** [0.136]	0.965*** [0.100]	1.743*** [0.174]	1.814*** [0.147]	1.826*** [0.307]	0.800*** [0.0906]	0.621*** [0.0796]
lcio	-0.154 [0.185]	0.0127*** [0.00446]	0.00655* [0.00342]	0.0285 [0.0199]	0.0177*** [0.00587]	0.00331 [0.0218]	0.000796 [0.00564]	-0.00356 [0.00407]
Obs.	24,477	25,431	25,433	25,300	24,913	25,433	25,433	25,433
ρ	0.94	0.992	0.991	0.898	0.988	0.961	0.97	0.98
χ^2	6,325	7,794	1,135	3,336	8,676	1,187	1,920	1,807

Notes. Hausman-Taylor estimation results. Industry by year dummy variables are included in every regression.

Dcio is a variable which takes 1 if a firm introduces CIO at any time in the data set and 0 otherwise. *lcio* is a variable which takes 1 if a firm introduce CIO at *t* and 0 otherwise. *#affil.* is the number of affiliates. *#affil.^{os}* is the number of affiliates overseas. Standard errors in brackets. *Y*, *L*, *K*, and *M* mean gross output, number of employee, estimated tangible fixed capital (land excluded), and intermediate input, respectively. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Weill & Woerner (2013)によれば、CIOはそのタイプによって企業のパフォーマンスに対する貢献が異なり、もっぱらITサービスに従事するCIOの場合は売上の拡大には貢献するものの、全体的なリターンは悪化する可能性がある。一方、CIOが企業内組織全体や企業外との関係にまでかかわっている場合、企業の収益は向上し、イノベーションが促進される。

表7は、CIOの導入が企業の様々なパフォーマンスにどのようにかわるかを見たものである（HT推計）。CIOの導入は製品の数減らし（モデル1）、事業のポートフォリオをより集中させる（モデル2と3）。モデル（4）で見ると、CIOの導入は主産業の売上の拡大には有意につながっているものの、主産業でないセグメントでは有意な変化をもたらさない（モデル5）。そのため、メインビジネスの割合は増加する（モデル6）。

一方、特徴的なのはCIOの導入は、企業の保有特許件数を増加させることである。CIOを導入する企業は平均1件の特許が増加する（ $e^{0.0333} \approx 1$ ）。これは企業内の情報管理の一元化によって、知的財産の保護・管理がよりスムーズになった結果であるものと考えられる。

表7 CIOと企業の詳細パフォーマンス（HT）

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	ln(#prod.)	ln(HHI_prod)	ln(SD_prod)	ln(Sales _{main biz.})	ln(Sales _{other biz.})	Main biz.	ln(#patent)	ln(R&D)
ln(Age)	-0.00877 [0.0275]	-0.0185 [0.0130]	-0.0231** [0.00994]	0.128** [0.0553]	0.0518 [0.131]	-0.0151 [0.0232]	0.227* [0.119]	0.283** [0.131]
Dcio	0.144*** [0.0262]	-0.0147 [0.00915]	-0.0104 [0.00702]	2.028*** [0.212]	1.984*** [0.208]	-0.00983 [0.0120]	1.998*** [0.272]	2.624*** [0.374]
lcio	-0.00548* [0.00333]	0.00298* [0.00157]	0.00263** [0.00121]	0.0168** [0.00664]	-0.0172 [0.0158]	0.00545* [0.00283]	0.0333** [0.0143]	0.0164 [0.0157]
Obs.	12,241	12,241	12,241	12,241	12,241	12,241	12,241	12,241
ρ	0.896	0.81	0.81	0.994	0.964	0.648	0.983	0.989
χ^2	1,812	12,450	10,303	6,471	7,001	12,838	1,164	1,016

Notes. Hausman-Taylor estimation results. Industry by year dummy variables are included in every regression. *Dcio* is a variable which takes 1 if a firm introduces CIO at any time in the data set and 0 otherwise. *Ifullcio* is a variable which takes 1 if a firm introduce full-time CIO at t and 0 otherwise. *lcocio* is a variable which takes 1 if a firm introduce concurrent CIO at t and 0 otherwise. *HHL_prod* is the HHindex. *Sales_{main biz.}* is the sales of the largest segment of the firm in terms the value of sales. *Sales_{other biz.}* is the sales of the largest segment of the firm in terms the value of sales. *Main biz.* is the ratio of the sales of the largest segment over the total sales. *R&D* is the nominal R&D expenditure of the firm. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01.

5 まとめ

近年の日本企業による IT 化は、ハードウェアやソフトウェア、自社の IT 要員など、自前で蓄積された IT 資産を活用することから、クラウドコンピューティングなどの利用をはじめとする、様々な IT サービスの購入と利用へとシフトしている。

本稿ではまず、IT サービスの代表的なものとしてクラウドコンピューティング導入に注目した。「情報処理実態調査」によれば、日本でもクラウドコンピューティング導入企業の割合が 2009 年 10%から 2016 年 60%まで上昇しており、米国よりは遅い（2010 年で導入率がすでに 60%を超える）ものの、日本企業にも定着してきたものと思われる。

しかし、Van Ark (2016) は、このような企業の IT 資産への投資から IT サービス購入へのシフトは米国、英国、独国の企業においても観察される一方で、IT サービスの購入の増が必ずしも企業の生産性の向上に結びついていないこと、したがって生産性の成長の面では IT はまだ「設置段階」であるものと指摘している。

本研究では経済産業省による「情報処理実態調査」と「企業活動基本調査」の個票データをマッチングし、クラウドコンピューティングの導入が企業の生産性、売上、従業員数、事業所数等のパフォーマンスに与える効果を分析した。企業固定効果をコントロールしても、クラウドコンピューティング導入は企業の生産性を高め、売上を伸ばし、企業の海外展開を加速させる。売上は主産業でも伸びるが、主産業でないところでの売上が大きく増加する。また、R&D 支出は増えないが特許保有件数は増加する。

次に、日本企業で導入が遅れている制度の一つとして CIO の導入効果も検証した。CIO の導入は売上の増加（企業の成長）には正の影響を持つが、生産性には有意な影響が確認されない。また CIO の導入は主産業の売上を増加させ、事業の集約化を促進する。クラウドコンピューティング導入の効果と同様、CIO 導入は R&D 支出は増加させないが、特許保有件数を増加させる。クラウドコンピューティングの導入は新事業の拡大と関連し、CIO は既存事業の効率化と関連する可能性が高い。このように、クラウドコンピューティングと CIO の導入はイノベーション活動の効率化に貢献することが示唆される結果が得られた。

本研究は、日本企業のクラウドコンピューティングと CIO の導入の経済的効果を検証した数少ない研究の一つであり、IT の導入に積極的でない日本企業の生産性の長期低迷の謎を解く一つのヒントを与えると考えられる一方、制約もある。企業におけるクラウドコンピューティング導入や CIO という制度の導入には強い内生性があるとされる。そもそも生産性が高く、生産ネットワークが広範に広がっている大企業ほどクラウドコンピューティング導入に積極的で、CIO も必要であることと、生産ネットワークの刷新を必要とする新しい製品・サービスの導入をもたらす何らかの企業個別の観察されないショックによってクラウドコンピューティングと CIO 制度が導入されることの両方が考えられる。本稿では企業固定効果による内生性に関しては一定程度コントロールしているものの、後者の内生性は十分にコントロールできていないことは、今後の課題である。また、CIO に関しては、CIO の業務内容や背景、権限や役割などに関しては十分に考慮されておらず、Mithas

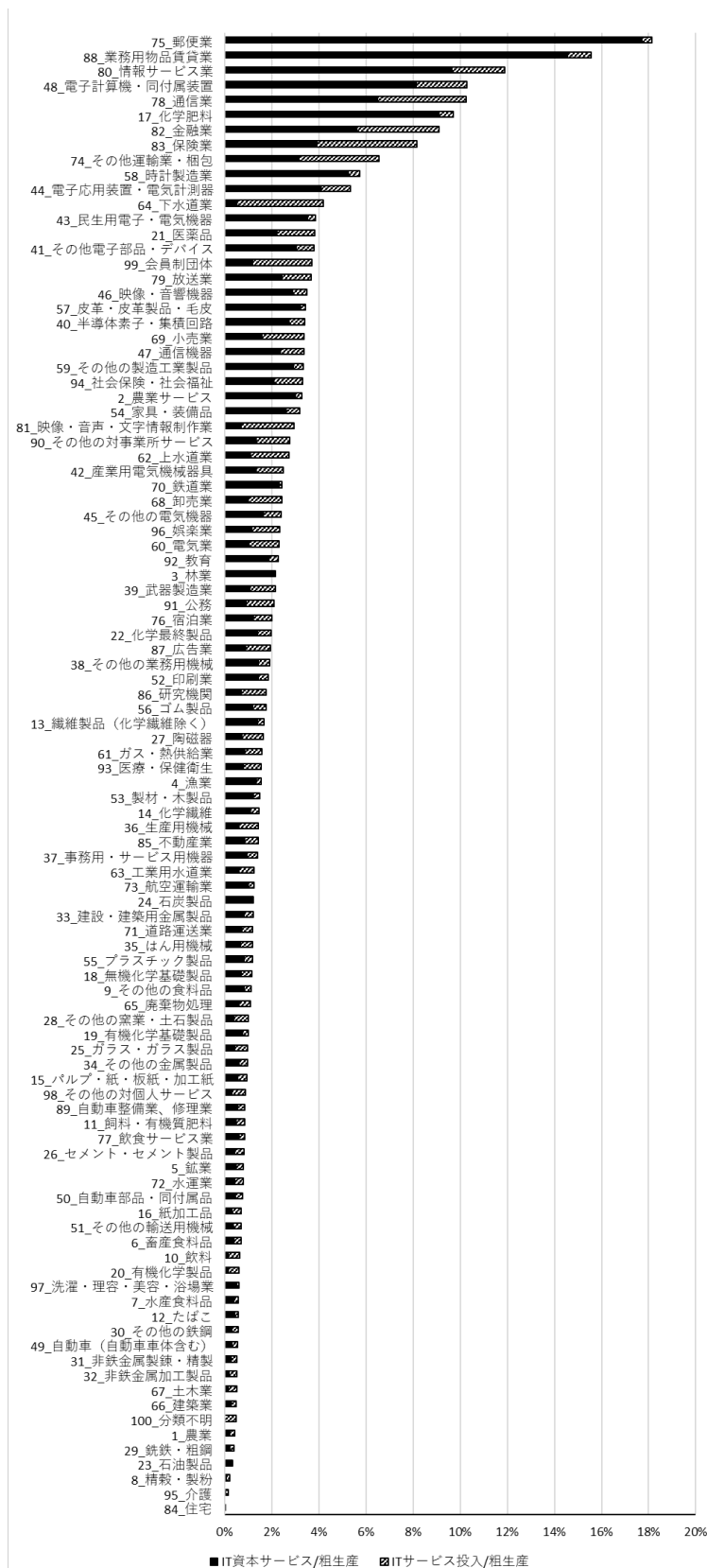
et al. (2012)のような分析には至っていない。

クラウドコンピューティングと CIO は、企業の規模に関係なく生産性や企業の成長、イノベーションなどを向上させる効果が観察される一方、多くの日本企業で導入が遅れている。日本企業の実産性の改善は重要な課題であり、経営者の IT 活用の理解度を深め、組織を改革するための政策支援を検討することが求められる。

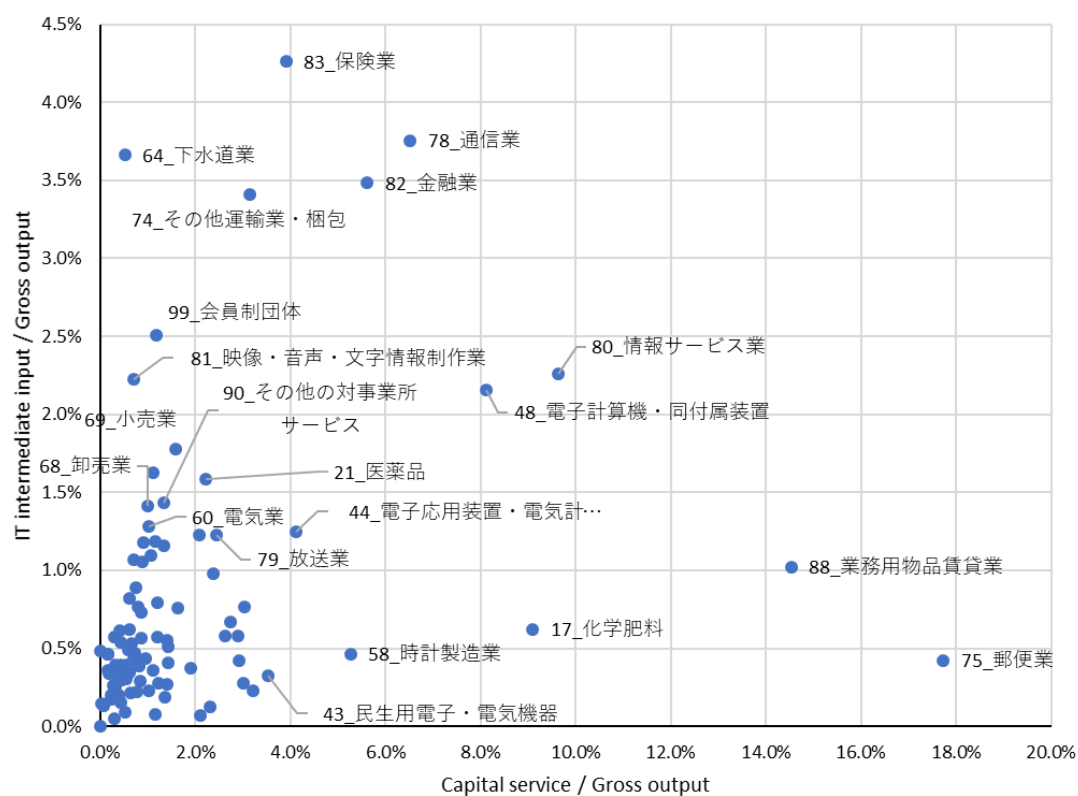
参考文献

- Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2018) “The Productivity J-curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies,” *NBER working paper* No.25148.
- Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2019) “Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics,” in Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (Eds) *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*, 23-57, National Bureau of Economic Research, Cambridge.
- DeStefano, T., Kneller, R. & Timmis, J. (2019) “Cloud computing and firm growth”, Research Paper Series, 2019/09, University of Nottingham, GEP.
- Hausman, J. A., & W. E. Taylor. 1981. “Panel data and unobservable individual effects,” *Econometrica* 49: 1377-1398.
- Hu, Q., Yayla, A. A., & Lei, Y. (2014). “Does inclusion of CIO in top management team impact firm performance Evidence from a long-term event analysis,” In 2014 47th Hawaii International Conference on System.
- Mithas, S., Tafti, A., Bardhan, I., & Goh, J. M. (2012). “Information technology and firm profitability mechanisms and empirical evidence,” *Mis Quarterly*, 205-224.
- Ranganathan, C., & Jha, S. (2008). “Do CIOs matter Assessing the value of CIO presence in top management teams,” *ICIS 2008 Proceedings*, 56.
- Ross, J. W., & Weill, P. (2002). “Six IT decisions your IT people shouldn't make,” *Harvard business review*, 80(11), 84-95.
- Stephens, C. S., Ledbetter, W. N., Mitra, A., & Ford, F. N. (1992). “Executive or functional manager? The nature of the CIO's job,” *Mis Quarterly*, 449-467.
- Van Ark, Bart (2016), “The Productivity Paradox of the New Digital Economy,” *International Productivity Monitor*, 31: 3-18.
- Weill, P., & Woerner, S. L. (2013). “The Future of the CIO in a Digital Economy,” *MIS Quarterly Executive*, 12(2).
- 金榮慤、権赫旭（2015）「日本企業のクラウドサービス導入とその経済効果」、RIETI Discussion Paper Series 15-J-027.
- 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.

補論 A-1 JIP2018 における産業別 IT 投入の対粗生産比率（2015 年、単位：％）



補論 A-2 JIP2018 における産業別 IT 資本サービスと IT サービスの対粗生産比(2015 年、
単位：％)



補論 B 生産関数推計によるハードウェア、ソフトウェア、IT サービスの貢献の検証

表 B-1 生産関数推計による IT 投入別生産への寄与

	(1)	(2)		(1)	(2)
	lnVA	lnVA		lnVA	lnVA
lnL	0.841*** [0.00410]		lnL	0.820*** [0.00430]	
lnL(IT)		0.0996*** [0.00330]	lnL(IT)		0.0919*** [0.00335]
lnL(nonIT)		0.766*** [0.00465]	lnL(nonIT)		0.749*** [0.00481]
lnK(nonIT)	0.149*** [0.00267]	0.155*** [0.00273]	lnKS(nonIT)	0.172*** [0.00290]	0.179*** [0.00295]
lnIT(hardware)	0.0032 [0.00204]	0.002 [0.00208]	lnIT(KS, hardware)	0.0115*** [0.00253]	0.0106*** [0.00259]
lnIT(software)	0.0325*** [0.00176]	0.0331*** [0.00180]	lnIT(KS, software)	0.0389*** [0.00219]	0.0394*** [0.00225]
lnIT(service)	0.0365*** [0.00200]	0.0392*** [0.00207]	lnIT(service)	0.0290*** [0.00207]	0.0312*** [0.00213]
Obs.	41,702	41,702	Obs.	39,978	39,978
Adj. R ²	0.879	0.872	Adj. R ²	0.884	0.877
Sum of Coef.	1.062	1.095	Sum of Coef.	1.071	1.101

Note. Standard errors in brackets. *

p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

Note. **KS** is the capital service. Standard

errors in brackets. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

表 B-2 IT 投入と期間別生産関数推計

	(2)	(3)	(4)		(2)	(3)	(4)
	lnVA	lnVA	lnVA		lnVA	lnVA	lnVA
	1997-2002	2003-2008	2009-2015		1997-2002	2003-2008	2009-2015
lnL(IT)	0.0499*** [0.00554]	0.0996*** [0.00561]	0.124*** [0.00533]	lnL(IT)	0.0422*** [0.00539]	0.0917*** [0.00578]	0.118*** [0.00542]
lnL(nonIT)	0.732*** [0.0100]	0.795*** [0.00792]	0.751*** [0.00671]	lnL(nonIT)	0.713*** [0.0103]	0.777*** [0.00838]	0.739*** [0.00680]
lnK(nonIT)	0.171*** [0.00600]	0.129*** [0.00428]	0.169*** [0.00407]	lnKS(nonIT)	0.195*** [0.00596]	0.157*** [0.00497]	0.186*** [0.00426]
lnIT(hardware)	0.0313*** [0.00470]	-0.00273 [0.00377]	0.000834 [0.00300]	lnIT(KS, hardware)	0.0486*** [0.00556]	0.00247 [0.00467]	0.0101*** [0.00382]
lnIT(software)	0.0326*** [0.00302]	0.0394*** [0.00336]	0.0276*** [0.00280]	lnIT(KS, software)	0.0374*** [0.00365]	0.0449*** [0.00425]	0.0352*** [0.00353]
lnIT(service)	0.0423*** [0.00327]	0.0459*** [0.00382]	0.0296*** [0.00340]	lnIT(service)	0.0320*** [0.00328]	0.0391*** [0.00399]	0.0220*** [0.00347]
Obs.	11,985	15,164	14,553	Obs.	11,480	14,357	14,141
Adj. R ²	0.902	0.869	0.862	Adj. R ²	0.908	0.874	0.868
Sum of Coef.	1.059	1.106	1.102	Sum of Coef.	1.068	1.112	1.110

Note. Standard errors in brackets. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

Note. **KS** is the capital service. Standard errors in brackets. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

表 B-3-a 規模別期間別生産関数推計（資本ストック）

	Large firms				SMEs			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	lnVA 1997-2015	lnVA 1997-2002	lnVA 2003-2008	lnVA 2009-2015	lnVA 1997-2015	lnVA 1997-2002	lnVA 2003-2008	lnVA 2009-2015
lnL(IT)	0.0984*** [0.00379]	0.0509*** [0.00668]	0.0926*** [0.00638]	0.127*** [0.00609]	0.0687*** [0.00591]	0.0327*** [0.00859]	0.0863*** [0.0106]	0.0676*** [0.00957]
lnL(nonIT)	0.715*** [0.00583]	0.689*** [0.0137]	0.739*** [0.0102]	0.705*** [0.00796]	0.802*** [0.00755]	0.744*** [0.0132]	0.812*** [0.0127]	0.812*** [0.0128]
lnK(nonIT)	0.170*** [0.00363]	0.198*** [0.00877]	0.153*** [0.00605]	0.165*** [0.00496]	0.105*** [0.00385]	0.121*** [0.00734]	0.0730*** [0.00525]	0.144*** [0.00739]
lnIT(hardware)	-0.00469* [0.00256]	0.0159*** [0.00596]	-0.0111** [0.00462]	-0.00297 [0.00369]	0.0117*** [0.00341]	0.0477*** [0.00695]	0.0132** [0.00595]	0.00359 [0.00500]
lnIT(software)	0.0287*** [0.00220]	0.0309*** [0.00378]	0.0318*** [0.00423]	0.0247*** [0.00333]	0.0368*** [0.00299]	0.0334*** [0.00488]	0.0480*** [0.00512]	0.0283*** [0.00509]
lnIT(service)	0.0385*** [0.00239]	0.0412*** [0.00379]	0.0437*** [0.00442]	0.0303*** [0.00385]	0.0450*** [0.00433]	0.0460*** [0.00689]	0.0614*** [0.00765]	0.0308*** [0.00713]
Obs.	23,273	6,654	8,279	8,340	18,429	5,331	6,885	6,213
Adj. R ²	0.864	0.889	0.858	0.862	0.695	0.748	0.677	0.709
Sum of Coef.	1.046	1.026	1.049	1.049	1.069	1.025	1.094	1.086

Note. Standard errors in brackets. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

表 B-3-b 規模別期間別生産関数推計（資本サービス）

	Large firms				SMEs			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	lnVA 1997-2015	lnVA 1997-2002	lnVA 2003-2008	lnVA 2009-2015	lnVA 1997-2015	lnVA 1997-2002	lnVA 2003-2008	lnVA 2009-2015
lnL(IT)	0.0920*** [0.00388]	0.0431*** [0.00647]	0.0868*** [0.00662]	0.122*** [0.00623]	0.0623*** [0.00596]	0.0292*** [0.00885]	0.0762*** [0.0109]	0.0641*** [0.00959]
lnL(nonIT)	0.704*** [0.00604]	0.678*** [0.0141]	0.725*** [0.0107]	0.696*** [0.00813]	0.782*** [0.00772]	0.720*** [0.0135]	0.796*** [0.0132]	0.798*** [0.0127]
lnKS(nonIT)	0.190*** [0.00393]	0.213*** [0.00865]	0.176*** [0.00692]	0.183*** [0.00525]	0.134*** [0.00418]	0.153*** [0.00732]	0.102*** [0.00608]	0.160*** [0.00766]
lnIT(KS, hardware)	0.0025 [0.00310]	0.0313*** [0.00675]	-0.00606 [0.00553]	0.00493 [0.00459]	0.0224*** [0.00453]	0.0717*** [0.00897]	0.0188** [0.00791]	0.0142** [0.00670]
lnIT(KS, software)	0.0334*** [0.00264]	0.0355*** [0.00433]	0.0352*** [0.00508]	0.0299*** [0.00408]	0.0519*** [0.00414]	0.0445*** [0.00672]	0.0655*** [0.00727]	0.0447*** [0.00692]
lnIT(service)	0.0317*** [0.00245]	0.0323*** [0.00377]	0.0377*** [0.00458]	0.0239*** [0.00393]	0.0381*** [0.00440]	0.0388*** [0.00697]	0.0565*** [0.00795]	0.0234*** [0.00712]
Obs.	22,211	6,388	7,795	8,028	17,767	5,092	6,562	6,113
Adj. R ²	0.868	0.893	0.862	0.867	0.706	0.760	0.687	0.717
Sum of Coef.	1.054	1.033	1.055	1.060	1.091	1.057	1.115	1.104

Note. **KS** is the capital service. Standard errors in brackets. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

補論 C 「企業活動基本調査」と「情報処理実態調査」のマッチングとデータの作成

(1) 「企業活動基本調査」と「情報処理実態調査」のマッチング

両データは企業名と住所、電話番号によってマッチングした。マッチングされ、分析に用いられているサンプルは以下のとおりである。2015 年（2014 年実績）では情報処理実態調査が行われなかったため、サンプルから外している。

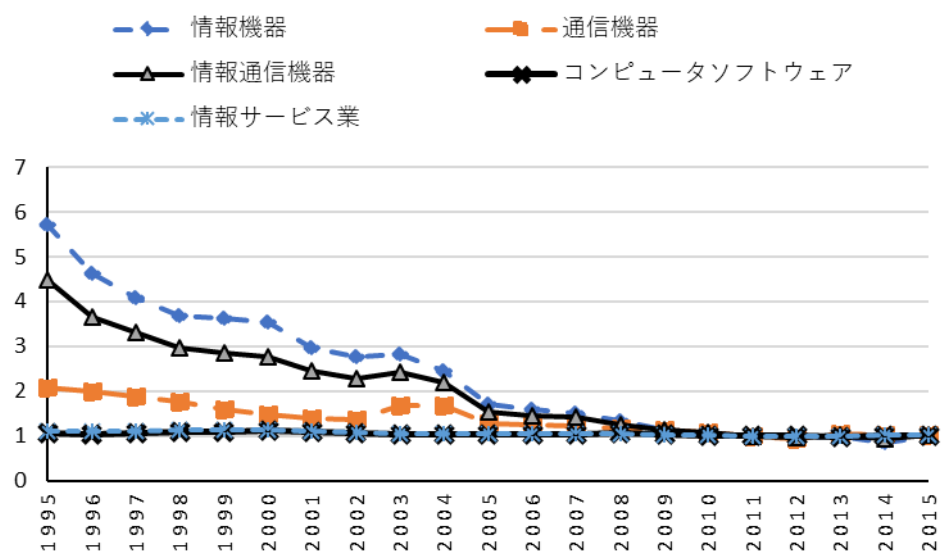
表 C-1 「企業活動基本調査」と「情報処理実態調査」のマッチング

年	サンプル数
1997	1,069
1998	1,046
1999	1,079
2000	2,850
2001	3,819
2002	3,254
2003	3,044
2004	3,391
2005	1,920
2006	2,744
2007	3,133
2008	3,315
2009	3,467
2010	3,397
2011	3,614
2012	2,577
2013	2,764
2015	1,045
合計	47,528

(2) データの作成

企業の投入と産出の実質化は JIP2018 のデータを用いた。資本に関しては「法人企業統計調査」の産業別データによって求められた、資本の時価簿価比率も用いて、実質化している。

(3) デフレーター



補論 D クラウドコンピューティングと企業パフォーマンス②

(HT 推計、1 期前の従業員数を加えた場合)

表 D-1 クラウドコンピューティングと企業パフォーマンス② (HT)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	lnTFP×100	lnY	lnL	lnK	lnM	ln(export)	ln(#affil.)	ln(#affil. ^{os})
ln(Age)	0.273 [0.447]	0.0756** [0.0311]	0.0743*** [0.0218]	0.752*** [0.0544]	0.125*** [0.0376]	0.627*** [0.0774]	0.321*** [0.0301]	0.143*** [0.0220]
ln(EMP _{<i>t-1</i>})	-1.405*** [0.256]	0.329*** [0.0101]	0.365*** [0.00677]	0.653*** [0.0274]	0.343*** [0.0130]	0.367*** [0.0383]	0.105*** [0.0114]	0.108*** [0.00861]
Dcloud	8.581*** [1.596]	2.901*** [0.142]	2.335*** [0.109]	1.602*** [0.189]	2.823*** [0.153]	1.735*** [0.271]	1.755*** [0.114]	0.992*** [0.0819]
lcloud	0.526** [0.235]	0.0162*** [0.00522]	0.0036 [0.00345]	-0.0321 [0.0197]	0.0128* [0.00687]	0.023 [0.0265]	0.000355 [0.00631]	0.0159*** [0.00484]
Obs.	16,435	17,052	17,054	16,955	16,703	17,054	17,054	17,054
ρ	0.901	0.996	0.997	0.956	0.994	0.962	0.99	0.988
χ^2	5,451	6,676	4,638	3,591	6,729	1,185	1,030	1,390

Notes. Hausman-Taylor estimation results. Industry by year dummy variables are included in every regression. *Dcloud* is a variable which takes 1 if a firm introduce cloud computing service at any time in the data set and 0 otherwise. *lcloud* is a variable which takes 1 if a firm introduce cloud computing service at *t* and 0 otherwise. *#affil.* is the number of affiliates. *#affil.^{os}* is the number of affiliates overseas. Standard errors in brackets. *Y*, *VA*, *L*, *K*, and *M* mean gross output, value-added, number of employee, estimated tangible fixed capital (land excluded), and intermediate input, respectively. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01.

補論 E CIO と企業規模全体のパフォーマンス

(1) (HT 推計、専任 (Ifullcio) と兼任 (Icocio) を分けた場合)

	(1) lnTFP × 100	(3) lnY	(5) lnL	(6) lnK	(7) lnM	(8) ln(export)	(9) ln(#affil.)	(10) ln(#affil. ^{os})
ln(Age)	0.983 [1.195]	0.0908*** [0.0290]	0.137*** [0.0223]	0.450*** [0.126]	0.0431 [0.0383]	0.425*** [0.141]	0.0265 [0.0364]	-0.0218 [0.0264]
Dcio	11.02*** [2.121]	1.736*** [0.136]	0.965*** [0.100]	1.743*** [0.174]	1.814*** [0.147]	1.826*** [0.307]	0.800*** [0.0905]	0.621*** [0.0797]
Ifullcio	0.0291 [0.389]	0.00688 [0.00935]	0.0151** [0.00718]	0.0555 [0.0417]	0.00539 [0.0123]	0.0407 [0.0458]	-0.004 [0.0118]	-0.0210** [0.00852]
Icocio	-0.178 [0.190]	0.0135*** [0.00458]	0.00547 [0.00352]	0.025 [0.0204]	0.0192*** [0.00603]	-0.00143 [0.0224]	0.00141 [0.00579]	-0.00135 [0.00418]
Obs.	24,477	25,431	25,433	25,300	24,913	25,433	25,433	25,433
ρ	0.94	0.992	0.991	0.898	0.988	0.961	0.97	0.98
χ^2	6,328	7,794	1,137	3,337	8,678	1,188	1,922	1,812

Notes. Hausman-Taylor estimation results. Industry by year dummy variables are included in every regression. **Dcio** is a variable which takes 1 if a firm introduces CIO at any time in the data set and 0 otherwise. **Ifullcio** is a variable which takes 1 if a firm introduce full-time CIO at t and 0 otherwise. **Icocio** is a variable which takes 1 if a firm introduce concurrent CIO at t and 0 otherwise. **#affil.** is the number of affiliates. **#affil.^{os}** is the number of affiliates overseas. Standard errors in brackets. **Y**, **VA**, **L**, **K**, and **M** mean gross output, value-added, number of employee, estimated tangible fixed capital (land excluded), and intermediate input, respectively. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01.

(2) CIO と中小企業のパフォーマンス

(HT 推計、専任 (Ifullcio) と兼任 (Icocio) を分けた場合)

	(1)	(3)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	lnTFP × 100	lnY	lnL	lnK	lnM	ln(export)	ln(#affil.)	ln(#affil. ^{os})
ln(Age)	0.207 [1.244]	0.0875*** [0.0294]	0.136*** [0.0220]	0.439*** [0.125]	0.0373 [0.0389]	0.365** [0.145]	0.0231 [0.0364]	-0.0254 [0.0267]
Dcio	2.663*** [0.958]	0.0302 [0.0787]	-0.140** [0.0666]	-0.0712 [0.110]	0.025 [0.0841]	-0.143 [0.157]	-0.133** [0.0571]	-0.0808* [0.0457]
Ifullcio	-0.483 [0.500]	0.000445 [0.0114]	0.0263*** [0.00856]	0.0633 [0.0499]	0.00489 [0.0151]	0.0979* [0.0572]	-0.000999 [0.0142]	-0.0220** [0.0104]
Ifullcio × SME	1.131 [0.865]	0.0162 [0.0202]	-0.0361** [0.0151]	-0.0275 [0.0872]	-0.000558 [0.0266]	-0.163 [0.100]	-0.00671 [0.0251]	0.00727 [0.0184]
Icocio	-0.434* [0.255]	0.00849 [0.00586]	0.00754* [0.00439]	0.0512** [0.0255]	0.0186** [0.00774]	0.0424 [0.0293]	0.0127* [0.00729]	0.00636 [0.00535]
Icocio × SME	0.55 [0.378]	0.00958 [0.00885]	-0.00581 [0.00662]	-0.0936** [0.0381]	-0.00242 [0.0116]	-0.121*** [0.0439]	-0.0321*** [0.0110]	-0.0219*** [0.00806]
Obs.	24,477	25,431	25,433	25,300	24,913	25,433	25,433	25,433
ρ	0.875	0.991	0.993	0.905	0.986	0.939	0.972	0.976
χ^2	6,828	7,551	997	3,174	8,458	1,644	1,775	1,875

Notes. Hausman-Taylor estimation results. Industry by year dummy variables are included in every regression. *Dcio* is a variable which takes 1 if a firm introduces CIO at any time in the data set and 0 otherwise. *Ifullcio* is a variable which takes 1 if a firm introduce full-time CIO at t and 0 otherwise. *Icocio* is a variable which takes 1 if a firm introduce concurrent CIO at t and 0 otherwise. *#affil.* is the number of affiliates. *#affil.^{os}* is the number of affiliates overseas. Standard errors in brackets. *Y*, *VA*, *L*, *K*, and *M* mean gross output, value-added, number of employee, estimated tangible fixed capital (land excluded), and intermediate input, respectively. *SME* means small and medium sized enterprise. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01.

(3) CIO と大企業のパフォーマンス

(HT 推計、専任 (Ifullcio) と兼任 (Icocio) を分けた場合)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	ln(#prod.)	ln(HHI_prod)	ln(SD_prod)	ln(Sales _{main biz.})	ln(Sales _{other biz.})	Main biz.	ln(#patent)	ln(R&D)
ln(Age)	0.0216 [0.0287]	-0.0183 [0.0133]	-0.0259** [0.0103]	0.114* [0.0623]	-0.0118 [0.139]	-0.0137 [0.0227]	-0.0365 [0.121]	0.0674 [0.134]
Dfullcio	0.199** [0.0819]	0.017 [0.0278]	0.0197 [0.0213]	2.294*** [0.560]	1.628*** [0.564]	0.0144 [0.0363]	0.627 [0.791]	0.888 [1.115]
Dcocio	0.0848*** [0.0301]	-0.0158 [0.0102]	-0.0114 [0.00787]	0.731*** [0.205]	0.909*** [0.207]	-0.00893 [0.0136]	0.942*** [0.290]	1.105*** [0.409]
Ifullcio	-0.00612 [0.00730]	0.00414 [0.00351]	0.000964 [0.00270]	0.00526 [0.0153]	-0.023 [0.0346]	0.0038 [0.00628]	0.0543* [0.0298]	0.0226 [0.0330]
Icocio	-0.00544 [0.00342]	0.00263 [0.00164]	0.00256** [0.00127]	0.0171** [0.00719]	-0.0174 [0.0162]	0.00526* [0.00294]	0.0261* [0.0140]	0.0169 [0.0155]
Obs.	10,042	10,042	10,042	10,042	10,042	10,042	10,042	10,042
ρ	0.896	0.796	0.795	0.99	0.95	0.639	0.981	0.988
χ^2	1,673	9,927	8,302	4,888	5,585	10,242	1,051	879

Notes. Hausman-Taylor estimation results. Industry by year dummy variables are included in every regression.

Dfullcio is a variable which takes 1 if a firm introduces CIO at any time in the data set and 0 otherwise. **Dcocio** is a variable which takes 1 if a firm introduces CIO at any time in the data set and 0 otherwise. **Ifullcio** is a variable which takes 1 if a firm introduces full-time CIO at t and 0 otherwise. **Icocio** is a variable which takes 1 if a firm introduces concurrent CIO at t and 0 otherwise. **HHI_{prod}** is the HHindex. **Sales_{main biz.}** is the sales of the largest segment of the firm in terms of the value of sales. **Sales_{other biz.}** is the sales of the largest segment of the firm in terms of the value of sales. **Main biz.** is the ratio of the sales of the largest segment over the total sales. **R&D** is the nominal R&D expenditure of the firm. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01.

補論 F 基礎統計量

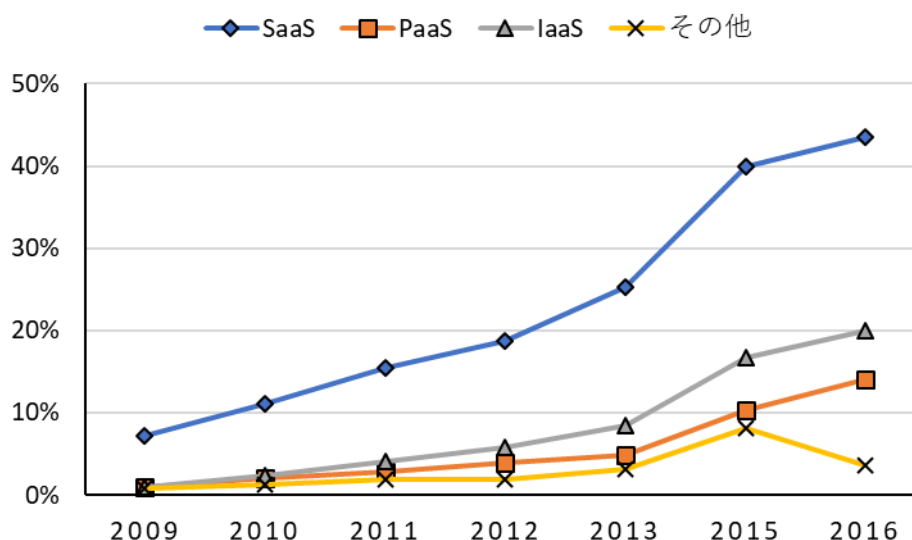
Variable	Obs.	Mean	S.D.	Min.	Max
$\ln TFP \times 100$	42,129	-1.11	20.77	-167.28	93.75
$\ln Y$	43,618	8.93	1.68	3.61	16.20
$\ln L$	43,620	5.92	1.31	3.91	11.72
$\ln K$	43,440	7.39	2.31	-1.11	16.69
$\ln M$	42,885	8.52	1.85	0.68	16.12
$\ln(\text{export})$	43,620	2.01	3.52	0	15.88
#affil.	43,620	10.28	46.85	0	1366
#affil. ^{os}	43,620	4.00	27.28	0	1235
#prod.	43,620	2.69	1.56	1	16
$\ln(\text{HHI}_{\text{prod}})$	43,620	0.51	0.15	0.13	0.69
$\ln(\text{SD}_{\text{prod}})$	33,742	0.26	0.16	0	0.53
$\ln(\text{Sales}_{\text{main biz.}})$	43,620	9.09	1.71	4.39	16.43
$\ln(\text{Sales}_{\text{other biz.}})$	33,742	7.89	2.07	-0.55	15.47
Main biz.	43,620	0.75	0.22	0.19	1
#patent	43,620	203	2,077	0	138,966
$\ln(\text{R\&D})$	43,620	2.14	3.06	0	13.15
Age	43,620	46.67	19.19	1	257
Dcloud	17,421	0.37	0.48	0	1
lcloud	17,421	0.20	0.40	0	1
Dcio	35,470	0.56	0.50	0	1
lcio	25,433	0.36	0.48	0	1
lfullcio	25,433	0.04	0.20	0	1
lcocio	25,433	0.32	0.47	0	1
SME	43,620	0.44	0.50	0	1

補論 G

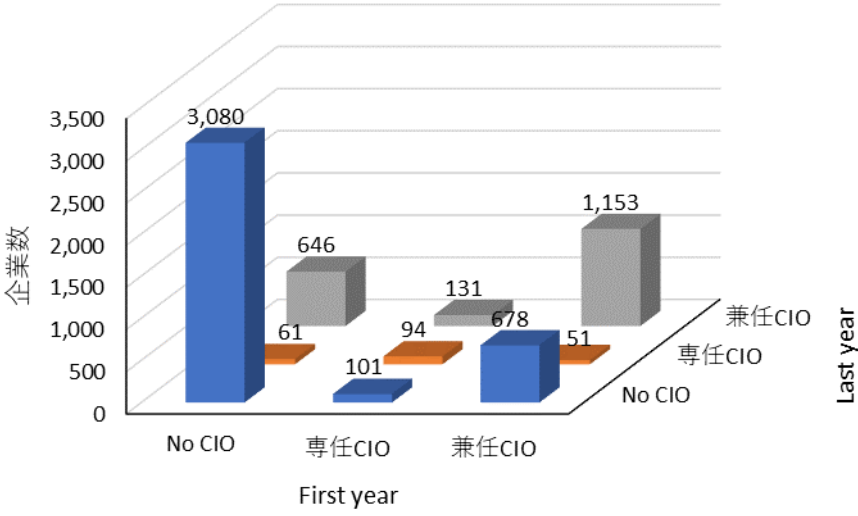
クラウドコンピューティングの形態（「情報処理実態調査」調査票より）

- (1) 「**SaaS**」：Software as a Service の略称。「ライセンス契約」という形でパッケージソフトを販売する従来の形式とは異なり、インターネットなどのネットワークを介して、顧客に必要なアプリケーションソフトの機能をサービスとして提供し、月額使用料で収入を得る販売形態を言う。ASP（Application Service Provider）も同様のサービスであるが、特に1つのシステムプラットフォームで複数の顧客のアプリケーションが動作する形式のものが、SaaS といわれる。
- (2) 「**PaaS**」：Platform as a Service の略称。SaaS 的に使用されるアプリケーションソフトウェアの作成、カスタマイゼーション、保守自体をネットワーク経由で行うことを可能にしたシステム形態をいう。
- (3) 「**IaaS**」：Infrastructure as a Service の略称。**仮想マシン**（「仮想化技術」により物理的なコンピュータを分割し、独立した OS により動作する論理的なコンピュータ）を直接的に操作可能にしたものをいう。

図 クラウドコンピューティング形態別導入率（2009 年～2016 年、単位：％）



補論 H パネルデータにおける CIO 在籍の変化



補論 I Hausman-Taylor 推計

ここでは本文で採用されている Hausman-Taylor 推計の概略を説明する。企業 i の t 年でのパフォーマンスは以下のモデルのように決まるとする。

$$Performance_{i,t} = c + \alpha_i + \beta^{ex} Z_i^{ex} + \beta^{en} Z_i^{en} + \gamma^{ex} X_{it}^{ex} + \gamma^{en} X_{it}^{en} + \varepsilon_{i,t} \quad (I-1)$$

ただし、 α_i は観察されない企業の固定効果 (Unobserved firm fixed effect) を、 Z_i^{ex} は時不変の外生変数 (time-invariant exogenous variable、本文では設立年ダミー) を、 Z_i^{en} は時不変の内生変数 (time-invariant endogenous variable、 α_i と相関する、本文では Cloud や CIO 等の導入固定効果) を、 X_{it}^{ex} は時変外生変数 (time-variant exogenous variable、本文では企業年齢、産業×年ダミー) を、 X_{it}^{en} は事変内生変数 (time-variant endogenous variable、 α_i と相関、本文では Cloud 導入、CIO 導入) を表す。

このような場合、固定効果推計によって γ^{ex} や γ^{en} の一致推定量を得ることは可能であるが、固定効果推定の推定方法から β^{ex} や β^{en} の一致推定量を得ることはできない。Hausman & Taylor (1981) はこのようなモデルで β^{ex} や β^{en} の一致推定量を得る方法を提案している。

まず一段階目で (I-1) 式に従って固定効果推計をし、 γ^{ex} や γ^{en} の一致推定量を得、残差を求める。第二段階では、求めた残差を Z_i^{ex} と Z_i^{en} に回帰させる。その時、 Z_i^{en} は α_i と相関するため、操作変数として、 X_{it}^{ex} の企業平均からの乖離、 X_{it}^{en} の企業平均からの乖離、 X_{it}^{ex} の企業平均、 Z_i^{ex} などを用いる。

補論J 「情報処理実態調査」におけるハードウェア費用の割合の分布

