



RIETI Discussion Paper Series 15-J-027

日本企業のクラウドサービス導入とその経済効果

金 榮愨
専修大学

権 赫旭
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所
<http://www.rieti.go.jp/jp/>

日本企業のクラウドサービス導入とその経済効果[§]

金榮愨（専修大学経済学部）

権赫旭（日本大学経済学部・RIETI）

要旨

1990年代以降の日本経済の長期低迷の原因の一つとして、情報通信技術（Information and Communication Technology, ICT）革命に乗り遅れたことが指摘される。本論文では、近年ICTの流れの一つとして注目されているクラウド・コンピューティングの導入状況や経済効果を分析している。ICT投資全般と同様、クラウド・コンピューティングにおいても日本は米国に大きく遅れている。また、ICT投資の主軸が、2000年以降、ハードウェアからソフトウェアやICTサービスに移ったことも議論する。クラウド・コンピューティングの経済効果を分析するため、『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付加価値への貢献を分析している。第一歩としてICT全般の生産への寄与を分析した結果、限界生産が非常に高いことがわかり、Fukao, et al. (2015)でも議論されているように、日本企業におけるICT投資は過少であることを示唆する結果が得られた。また、クラウド・コンピューティングの付加価値への貢献を分析した結果、ソフトウェアやICTサービスの貢献とは別に、付加価値への大きな貢献が確認され、その係数が非常に大きいことがわかった。この結果は、クラウド・コンピューティングの導入が企業生産性を大きく上昇させる可能性があることを示している。また、クラウド・コンピューティングの限界生産は他のICT投入よりはるかに大きく、導入及び活用が非常に過少である可能性が示唆される。

Key words: クラウド・コンピューティング、ICT、限界生産、過少投資

JEL code: O33, O32, M15

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

[§] 本稿は、独立行政法人経済産業研究所におけるプロジェクト「サービス産業に対する経済分析：生産性・経済厚生・政策評価」の成果の一部である。本稿の分析に当たって経済産業省「情報処理実態調査」と「企業活動基本調査」の調査票情報の提供を受けたことにつき、経済産業省の関係者に感謝する。また、本稿の原案に対して、藤田昌久所長、森川正之副所長、深尾京司教授（一橋大学）、ならびに経済産業研究所ディスカッション・ペーパー検討会の方々から多くの有益なコメントを頂いた。記して感謝したい。

1. はじめに

1990年代から続いてきた日本経済の長期低迷に関しては、いろいろな側面から研究がおこなわれてきた。特に注目されるのが、情報通信技術（Information and Communication Technology, ICT）革命による1990年代後半以降の米国の成長（特に生産性の伸び）と、それと対照的な日本経済の低成長である。日本経済低迷の原因の一つとしてよく指摘されるのが、日本経済におけるICT革命への乗り遅れである。

Fukao et al. (2015) も議論しているように、日本のICT“製造”部門の生産性の伸びは、実は、米国を始め、他の先進国と比べて遜色がないほど高く、90年代以降日本経済の成長を牽引してきた最も重要な産業の一つである。しかし、「失われた20年」で問題があったのは、ICTを“利用”する産業（例えば、流通業やサービス業など）である。ICT利用産業の生産性は同時期、それほど伸びなかった。その理由に関する同論文の主要な結論の一つが中小企業でのICT投資の不足である。

宮川・金（2010）や宮川他（2015）も前述の研究と同様、1990年代中盤以降の日本経済の低迷の原因を日本経済におけるICTの役割に求めている。ただ、前述の論文と違う点は、ICT投資自体に問題を求めるより、ICTが企業や経済における役割を十分に果たせるために必要な補完的な投資が不足したため、ICT革命への道が狭まり、ICT投資から十分なリターンを得られなかったと結論付けているところである。

内閣府の「平成25年度年次経済財政報告」（内閣府、2013）の中でも、2000年代米国において、情報通信技術（ICT）の蓄積が経済全体の労働生産性上昇に大きく貢献している一方、日本の場合、労働生産性上昇におけるICT利用産業の貢献が極めて少ないことが報告されている。その原因の中には、低いICT資本装備率とハードウェアに偏ったICT投資の問題が挙げられている。

Fukao et al. (2015) でも議論されているように、日本はICT投資で米国に後れを取っている。ICTが企業戦略や研究開発、企業内組織改編などに関連して企業パフォーマンスに重要な影響を与えることを考えると、ICT投資における量的・質的後れは、長期にわたって日本経済に負の影響を与えた可能性が十分に考えられる。

本論文ではこのような背景のもとで、日本企業のICT投資とその経済効果を、企業レベルのデータを用いて分析していく。特に、近年注目されているクラウド・コンピューティングによるサービス（クラウドサービス）の導入及びその経済効果に注目する。クラウドサービスに特に注目する理由は、もしICT全般の投資と同様、クラウドサービス導入においても日本企業が遅れているなら、クラウドサービスはまだ普及の比較的初期段階であるため、導入する企業とそうでない企業の特徴がより明確に分かれ、投資を阻害する要素がより明確に観察できる可能性が高い。

一般にクラウド・コンピューティングとは、「ネットワークから提供される情報処理サービスで、ネットワークとの接続環境さえあれば、ネットワークに接続している特定のコンピューターや通信ネットワークなどの情報処理基盤を意識することなく、情報通信技術の便益やア

アプリケーションを享受可能にするもの」を指す¹。クラウドサービスが普及し始めたのは 2000 年代半ばごろからである。1971 年、初めて電子メールが送られた以来、アマゾンや eBay などの設立²に代表されるインターネットの本格的なビジネス利用まで 20 年あまりの時間がかかったが、その後のネットワークを利用したビジネスは 2000 年代に入って急速に発達してきた。特にクラウド・コンピューティングは、ICT の形を大きく変える新技術・サービスとして注目を集めた。この頃、日本でも 2007 年 10 月には日本郵便グループが NTT データと米国企業 Salesforce が一緒に提供するクラウドサービスを導入したことで大きな話題を呼んだ。その後、民間企業や大学・研究機関、地方自治体などで次々とクラウドサービスの導入が続き、今や一般的な ICT サービスの一つとして定着しつつある³。

クラウドサービスは、高価なハードウェア中心の ICT 時代から廉価のサービスに時代が大きく変わる転換点を作り出す新技術とも言われ、総務省の『情報通信白書』によれば、日本企業でクラウドサービスを導入している企業の割合は平成 22 年末約 14%から平成 24 年末約 28%と 2 年で倍になるスピードで伸びている。このように、最近導入が大きく進められているクラウド・コンピューティングは、導入企業の生産性を高め、競争力を向上させることが期待されている。

では、今度の ICT の新しい波に日本企業や経済はうまく乗れるのか。1990 年代の痛い経験は繰り返さないのだろうか。比較的新しいこの技術は、今までの ICT とは違って、企業の生産性向上や競争の促進などの経済効果を日本経済にもたらせるのか。これらの問いに対して答えるためには、企業データによる分析が不可欠である。しかし、クラウド・コンピューティングに対する信頼できるデータがまだ不十分であるため、明確な結論はまだ出せないが、調査データによれば、ICT 導入のケースと同様のことが繰り返される可能性もうかがえる。『情報通信白書』に記載されている、情報通信関連の日米比較調査によれば、米国企業のクラウド・コンピューティングの導入率はすでに 2009 年 56%に達し、2012 年には 70%を超えている。この結果から、日本企業のクラウドサービスの導入は確実に遅れているといわざるを得ない。また、この流れは、1990 年街後半以降のように、今後の中長期にわたって日本経済の潜在成長率を低下させる可能性もあることから、クラウドサービスの状況、経済的効果などを検証するのは、政策的にも重要な意味を持つことは言うまでもない。

クラウド・コンピューティングサービスに関する先行研究は、その多くが技術的なもので、主にクラウド・コンピューティングサービスを提供する企業に注目している。クラウドサービスを導入することがもたらす経済的な効果に関する学術的研究は、我々が知る限り非常に少ない。殆どの研究の共通する内容は；(1) 企業の固定費用を低下させることによって生産性を向上させる⁴、(2) 企業の固定費用を低めることによって、新規参入を促すことにより、競争を

¹ 平成 22 年情報処理実態調査票の定義から引用

² 両社共に 1995 年設立

³ クラウド・コンピューティングの詳細に関しては、Appendix を参照されたい。

⁴ たとえば、Etro (2011)や Tak, Urgaonkar, and Sivasubramaniam (2011)。

促進し、マークアップと価格の低下をもたらす⁵、ことである。しかし、ほとんどの研究は理論的な議論にとどまり、理論モデルによるマクロ経済における効果を主に議論している。

本論文は、既存の ICT とクラウドサービスを日本企業がどのような要因で導入をしたか、その導入は企業のパフォーマンスにどのような影響を与えるかを、経済産業省が毎年実施している『情報処理実態調査』と『企業活動基本調査』の個票データを用いて検証する。ICT 全般とクラウドサービス導入の状況とその結果を分析することにより、本論文は学術的に大きく貢献をしているだけでなく、政策的な含意を多く提示している面においても意義がある。

本論文は次のような構成になっている。第 2 節では日本企業の ICT 投資行動を、第 3 節ではクラウドサービス導入の状況を概観し、導入の決定要因を調べる。第 4 節では生産関数推計によって、ICT 投資とクラウドサービス導入がもたらす企業パフォーマンスへの影響を分析する。最後に結論を述べる。

2. データの構築と日本企業の ICT 投資行動の概観

本節では、本論文の分析に用いられた主なデータセットである『情報処理実態調査』および『企業活動基本調査』から日本企業の IT 関連投資行動を概観しながら、データの構築について説明する。

2.1. ICT 関連費用の概念と分類

『情報処理実態調査』はサンプリング調査で、主に製造業とサービス業企業を対象に行っており、民間企業における情報処理の実態を把握することを目的として行う調査であり、企業の情報通信に関する行動を把握するために非常に有効な情報を提供している。企業の ICT 投資行動を把握するもっとも基礎的なデータが「ICT 関連費用」である。『情報処理実態調査』では毎年「情報処理関連支出」を総額と用途別の金額に分けて調べているが、時間を通じて整合性を保つために、以下に述べる二点に注意しながら調整をしている。

一点目は、支出項目を整合性の保てるいくつかの項目にまとめることである。当調査では、情報処理関連支出の項目が詳細に調査されてきたが、調査項目が途中で統廃合される場合があり、時間を通じた整合性のために調査項目を分類・統合した。本論文では、(i)「ハードウェア」⁶、(ii)「ソフトウェア」⁷、(iii)「ICT サービス」⁸、(iv)「その他の ICT 関連支出」

⁵ たとえば、Etro (2009)

⁶ コンピューターとその周辺機器、通信機器、その他の情報機器の減価償却費、レンタル・リース費用によって構成されている。

⁷ ソフトウェアの減価償却費、レンタル・リース費用、無形固定資産として計上されないソフトウェアの購入費、情報システムのコンサルティング料などによって構成される。

⁸ データ作成/入力費、運用保守委託費、処理サービス料 (例えば、SaaS 使用料)、教育訓練費、外部派遣要員人件費などによって構成される。

⁹の四つの概念に分類している¹⁰。

二点目は、「費用」と「支出」の差である。この差は、主に資本財の減価償却費と利払いを合計した「費用」と、資本財の購入・取付価格に近い「支出」の差に似ており、主に ICT に関連した資本財において問題になる。上記の四つの ICT 関連費用の中では、ICT サービスとその他の ICT 関連支出は費用と支出に差が生じないと思われる。ハードウェアとソフトウェアにおいても、レンタル・リース費用は資本のユーザーコストであるため、支出と費用に差がそれほどない。問題は ICT 関連機械・機器、ソフトウェアの購入の場合である。これらの場合、支出と費用は異なる可能性が高い。

当調査の「情報処理関連支出」は、2000 年までは主に「減価償却費」を中心とした「資本のユーザーコスト」の概念で行われている一方、それ以降は「購入額」を中心とした「支出」の概念で行われている。本論文では「資本のユーザーコスト」の概念として ICT 関連費用を把握するため、これに整合的になるようにデータを調整する必要がある。具体的には、2001 年以降のハードウェアとソフトウェア関連支出を、購入額ではなく、「減価償却費」に置き換えている。

しかし、「減価償却費」を「資本のユーザーコスト」として使うためにはもう一つの調整が必要である。「資本のユーザーコスト」は概念的に「減価償却費」と「金利」、「キャピタルゲイン」の合計と考えられ、「減価償却費」はその一部に過ぎないため、「減価償却費」だけでは ICT 関連費用を過小評価する可能性がある。そのため、本論文では JIP2014 年版から、産業毎の「ハードウェアのユーザーコスト」と「ハードウェアの減価償却費」の比率を求め、ハードウェアの減価償却費にかけることによって「ハードウェアの資本コスト」を求めた。また、ソフトウェアの減価償却費も同様の方法で「ソフトウェアの資本コスト」にしている。これを元のデータの減価償却費に置き換えることによって、「資本のユーザーコスト」としての ICT 関連費用を求めている。

ICT 関連費用のうち、ハードウェアやソフトウェアのレンタル・リース費用や維持費、サービス費用などは、そのまま ICT 資本のユーザーコストと見なす。

2.2. 『情報処理実態調査』による日本企業の ICT 投資行動の概観

図 1 は、上記の調整を行った ICT 関連費用の合計と、売上額の合計額に対する比率の推移を描いたものである。日本企業は ICT 関連費用を 2000 年代前半まで増やし、その後は減らしていることがわかる。2000 年代半ばの減少は特に著しく、その後も少し回復したものの、2000 年前後の水準に戻ることはない。このような現象はサンプリングによる可能性もあるので¹¹、

⁹ 通信回線使用料、データセットの使用料、消耗品費、情報システム部門の社内人件費、コンピューター室の償却費・電力量などによって構成される。

¹⁰ 本論文で用いている四つの項目のうち、ハードウェアとソフトウェア関連費用は、減価償却費、レンタル・リース費用、維持費などからなっている。

¹¹ たとえば、2005、2006 年度調査では偶然小規模企業が多く調査されている可能性を指す。

ICT 関連費用の対売上比率も表示しているが、その比率も名目支出額と同様の動きを見せている。この結果は、Fukao et. al (2012)が示した、2000 年以降の日本の ICT 投資の低下と一致しており、2007 年までの日本経済の好景気を考慮すれば、この大きな減少は不思議な現象である。

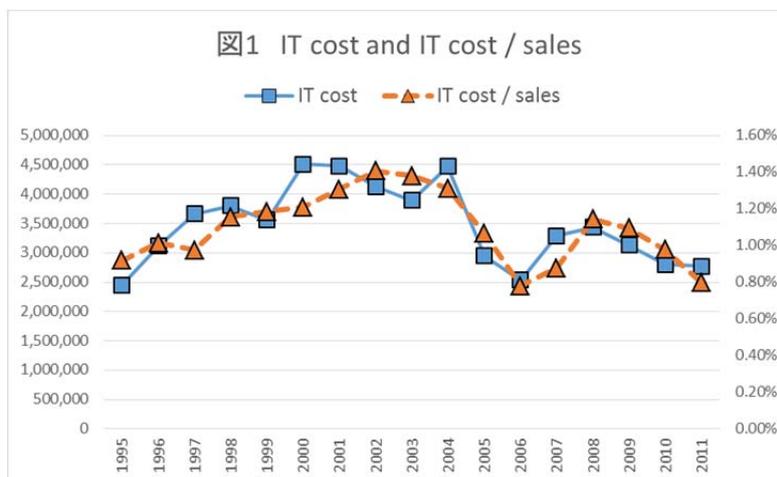
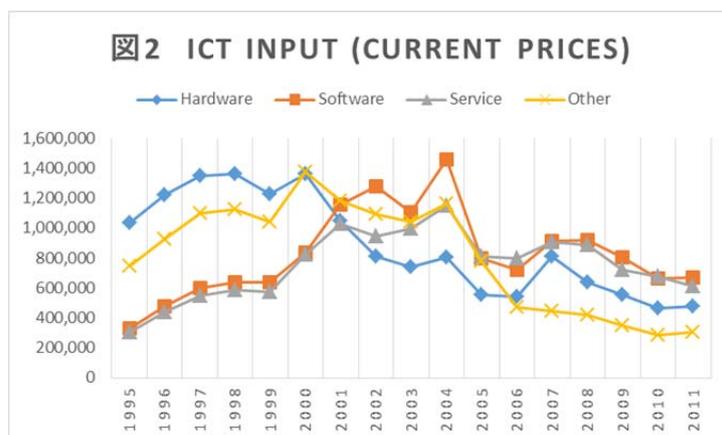


図 2 は、ICT 関連費用の四つの分類ごとの名目費用の合計の推移である。ハードウェア関連支出が 2001 年以降急落しており、ソフトウェアや ICT サービス費用は 2005 年以降大きく下落している。この図から、図 1 での日本企業の ICT 関連費用の下落は一部の費用の下落によるものではないことがわかる。



このような ICT 費用の減少の理由として、ICT 関連財価格の急激な低下が考えられる¹²。価格の下落スピードが速いハードウェア関連費用の大幅な減少はむしろ自然とも考えられる。

¹² ICT 投入の種類別の価格指数はハードウェアとそれ以外で大きく異なり、ハードウェアの価格は急落しているが、ソフトウェアや ICT 関連サービスの価格はそれほど下落していない。例えば、2000 年価格を 1 にした場合、2010 年のハードウェアの価格は 0.36 であるのに対し、ソフトウェアと ICT サービスは約 0.93 である。詳しくは付録を参照されたい。

図3は四つのICT費用項目を2000年価格で表示した値である¹³。ハードウェア価格の下落のため、名目費用の減少と違い、ハードウェアへの実質ICT費用は2005年以降も減少していない。他の三つの費用項目は実質ベースで見ても減少が著しい。

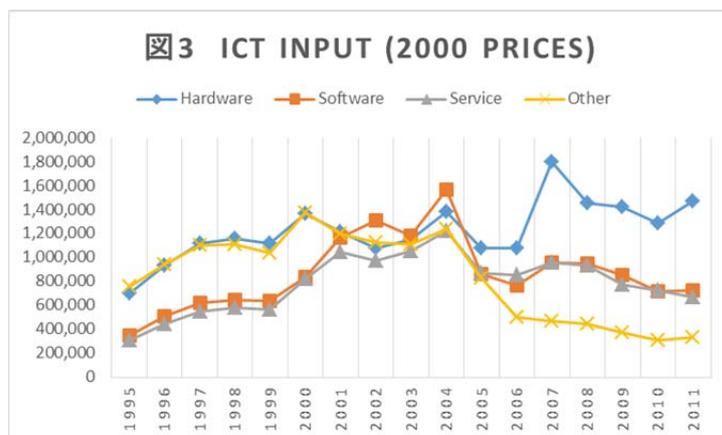
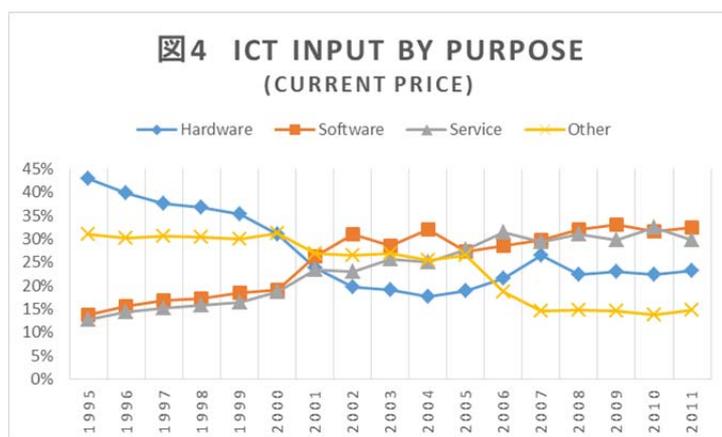


図4は四つの項目の名目値がIT関連（名目）費用全体に占める割合の推移を表わしたものである。企業のICT投入行動が2000年以降、ハードウェアからソフトウェアやサービスに大きく変わったことが確認でき、名目費用のシェアが投入要素の名目限界生産価値を表わしているとしたら、ハードウェアとソフトウェア、ICTサービスの企業における役割が2000年前後で大きく変わったことを示唆する。



2.3. クラウド・コンピューティングの導入

クラウド・コンピューティングは、日本経済にどれほど普及しているか。これに関してはいく

¹³ ICT関連費用合計および項目毎の費用の実質化は、日本産業生産性データベース（Japan Industrial Productivity Database、以下ではJIPと略記）を基に作成したデフレーターによって行っている。詳細はAppendixを参照されたい。

つかのサンプリング調査の結果がある。総務省が実施している『通信利用動向調査』¹⁴と『情報通信白書』によれば、2009年から2012年まで、日本企業のクラウド・コンピューティングの利用率は14.8%、26.1%、33%、42.4%と近年急上昇している。『情報処理実態調査』の集計結果をまとめた図5(A)を見ると、『通信利用動向調査』の結果よりは導入率が若干低いものの、全体的に同様の動向を示していることは確認できる。注目すべきは近年導入率が上昇しているものの、2012年でも導入率が30%を下回っていることである。『情報通信白書』で引用している米国企業に対する同じ調査結果を描いた図1(B)と比較してみると、日本の導入率が低いことが明確である。2009年から2012年までの米国のクラウド・コンピューティングの導入率は56.2%、64%、64.6%、70.6%に推移しており、日本企業を対象にしているどの調査と比べてはるかに高い。特に300人未満の中小企業の導入率は米国と大きな開きがあることが確認できる。

図5 (A) INTRODUCTION OF CLOUD SERVICE (JAPAN)

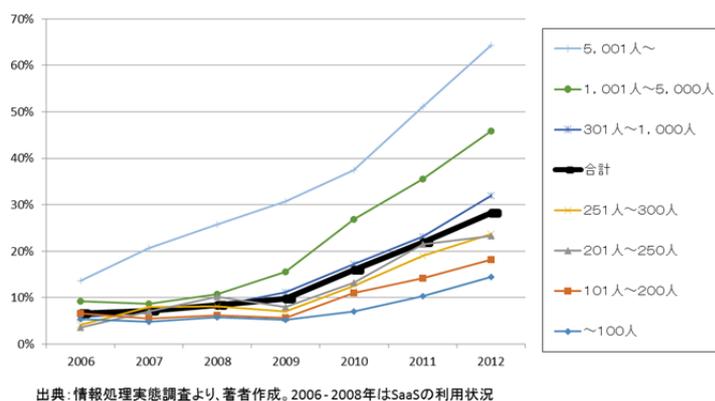
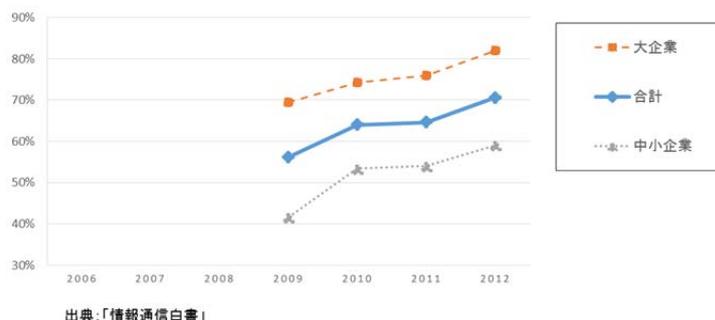


図5 (B) INTRODUCTION OF CLOUD SERVICE (US)



¹⁴ 本調査は、総務省が世帯および企業を対象に毎年実施している一般統計調査で、企業を対象にする調査は、対象を約5千社としており、2013年度は56%の有効回答を得ている。

以上、2000年代半ばから日本企業のIT関連費用が減少したことで、ITの中心がハードウェアからソフトウェアやサービスに移ったことを確認した。また、近年注目されている「クラウド・コンピューティング」の発展と普及の流れが急速に進められていることも明らかにした。

3. ICT投資とクラウド・コンピューティングの導入

『情報処理実態調査』は企業に関する情報が限られているため、ICTに関連する企業の行動やパフォーマンスを分析するために『企業活動基本調査』の個票データと接続を行う。両データでマッチされたサンプルサイズが表1にまとめられている。1999年以前のマッチング率は非常に低く、主な分析は2000年以降に限られることになる。

表1 Number of observation matched between IT survey and BSBSA

| year | BSBSA | |
|-------|---------|---------|
| | Matched | BSBSA |
| 1995 | 471 | 26,456 |
| 1996 | 560 | 26,353 |
| 1997 | 648 | 26,277 |
| 1998 | 612 | 26,270 |
| 1999 | 640 | 25,841 |
| 2000 | 3,087 | 27,655 |
| 2001 | 3,804 | 28,151 |
| 2002 | 3,243 | 27,545 |
| 2003 | 3,173 | 26,634 |
| 2004 | 3,388 | 28,340 |
| 2005 | 1,991 | 27,677 |
| 2006 | 2,743 | 27,917 |
| 2007 | 3,134 | 29,080 |
| 2008 | 3,303 | 29,355 |
| 2009 | 3,463 | 29,096 |
| 2010 | 3,394 | 29,570 |
| 2011 | 3,610 | 30,647 |
| Total | 41,264 | 522,487 |

以下では、『企業活動基本調査』の個票データとマッチングされたデータによって、「クラウド・コンピューティング」の導入を中心に議論していく。

3.1. クラウド・コンピューティングの概要

どのような企業が導入をしているか。マッチングされたサンプルからクラウド・コンピューティングの導入率を、表 2 で年ごとにまとめている。2009 年から 2011 年までの導入率は 10%、17%、23%に上昇していることが分かる。図 1 でまとめられている『情報処理実態調査』の集計結果の 10%、16%、22%とほぼ同じである。

表2 Adoption of cloud computing (by year)

| year | | | Total |
|-------|-----------|-------------|--------|
| | Yes | No | |
| 2009 | 325 (10%) | 3,001 (90%) | 3,326 |
| 2010 | 544 (17%) | 2,696 (83%) | 3,240 |
| 2011 | 802 (23%) | 2,676 (77%) | 3,478 |
| Total | 1,671 | 8,373 | 10,044 |

産業毎には新聞・出版業と化学工業が約 30%の導入率で最も高く、殆どの製造業では 10%強の導入率であり、産業毎の差はそれほど大きくない¹⁵。

表 3 はクラウド・コンピューティングを導入している企業（クラウド導入企業）とそうでない企業の基本的な特徴を、企業年齢、従業員数、売上規模、研究開発集約度（研究開発費の対付加価値比）、全要素生産性(TFP)レベルとその上昇率、ICT 費用に占めるハードウェア関連費用の比率などの変数を中心に比較したものである。表 3 の Comparison (A)では、クラウド導入企業とそうでない企業におけるそれぞれの変数の平均を比較している。クラウド・コンピューティング導入企業はそうでない企業に比べ、平均的に 2 年程度古い¹⁶が、その差は主に製造業企業の間であり、非製造業ではクラウド導入企業の方が有意に古いことは確認出来ない。企業規模では、クラウド導入企業が従業員数で 2 倍以上、売上で約 3 倍¹⁶の規模である。研究開発の面では、クラウド導入企業の研究開発集約度¹⁷が約 6.3%と未導入企業の 2.8%と比べて二倍以上で、クラウド導入企業の方がよりイノベーション指向が高いことを示している。生産性の面でも、クラウド導入企業が未導入企業に比べて TFP が約 3.8%高く、製造業ではその上昇率も高いことが分かる。一般にクラウド・コンピューティングを導入すると、社内におけるハードウェアへの投資の必要性が低下すると思われるので、ICT 費用全体に占めるハードウェア

¹⁵ 産業毎のクラウド・コンピューティング導入率は Appendix を参照されたい。金融業や情報サービス業は他の産業と比べ、ICT 関連費用の対付加価値比率（ICT 集約度）が極めて高いため、本文の分析から除いている。医療業と教育学習支援業はマッチされたサンプル数が少ないため、分析から除いている。産業毎の詳しいサンプル数と ICT 集約度は Appendix を参照されたい。

¹⁶ $\ln(\text{クラウド導入企業の売上}) - \ln(\text{クラウド導入しない企業の売上}) = 1.08$ なので、売上の比率は $\exp(1.08) = 2.95$ である。

¹⁷ 企業データの財務データでは、ICT のハードウェアやソフトウェアに関する減価償却費を除くとほとんどの費用を中間投入として扱っているが、本論文では、これらの項目を ICT インプットとして扱うために、通常の付加価値に ICT 関連費用のうち、中間投入に含まれるものを付加価値として戻している。

関連費用の割合を比較してみると、クラウド導入企業は約 37%と未導入企業の約 48%に比べ、11%ポイントほど低いことが確認される。以上をまとめると、全体的に比較的により古い大企業、イノベーション指向で生産性の高い企業にクラウド・コンピューティングがより導入されていることを示す結果である。

しかし、この結果には産業の違いや年度ごとの特徴が考慮されておらず、クラウド・コンピューティングを導入している企業が大企業中心の産業に集中している、もしくは生産性の上昇が高い産業に集中しているなど、産業の特性を表わしているだけの可能性もある。そのため、表 3 の Comparison (B)では、これらの変数を、クラウド・コンピューティングの導入ダミーと産業ダミーおよび年度ダミーに回帰させている。その結果は基本的に Comparison (A)の結果と同じであり、上記のクラウド・コンピューティング導入企業の特性は産業の特性によるものではないことを示している。ただし、平均の差で観察された生産性の上昇率の差は有意ではなかった。

表 3 の Comparison (C)は企業の所有構造の特徴ごとにクラウド・コンピューティングの導入割合を見たものである。導入の割合が最も高いグループは外国企業の子会社で、29%の企業が導入している。子会社を持つ親会社の場合、約 20%の企業が導入をしており、国内企業の子会社も 15%程導入している。独立企業の 10%の導入率と比べると、企業グループに属する企業のクラウド導入率が高いことが確認出来る。

表3 Summary statistics and basic comparison

| Comparison (A) | | | | | | | |
|--------------------------|----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|---------------------|
| Cloud service | Firm age | # employee | ln(Sales) | R&D / VA | lnTFP (t) | lnTFP (t) - lnTFP(t-1) | Hardware / ICT cost |
| All firms | | | | | | | |
| No | 47.9 | 921 | 9.17 | 0.028 | -0.025 | -0.001 | 0.479 |
| Yes | 50.3 | 2,155 | 10.25 | 0.063 | 0.013 | 0.008 | 0.368 |
| mean(yes) - mean(No) | 2.4 *** | 1,234 *** | 1.08 *** | 0.035 *** | 0.038 *** | 0.009 ** | -0.111 *** |
| Manufacturing | | | | | | | |
| No | 52.7 | 1,007 | 9.28 | 0.060 | 0.009 | 0.003 | 0.451 |
| Yes | 58.3 | 3,010 | 10.60 | 0.136 | 0.066 | 0.018 | 0.339 |
| mean(yes) - mean(No) | 5.6 *** | 2,004 *** | 1.32 *** | 0.077 *** | 0.057 *** | 0.014 ** | -0.112 *** |
| Non-manufacturing | | | | | | | |
| No | 44.41 | 860 | 9.09 | 0.005 | -0.049 | -0.003 | 0.499 |
| Yes | 44.38 | 1,530 | 10.00 | 0.009 | -0.024 | 0.001 | 0.388 |
| mean(yes) - mean(No) | -0.03 | 670 *** | 0.91 *** | 0.004 ** | 0.025 ** | 0.004 | -0.111 *** |

Note. 1. *, **, and *** indicate that the average of a group is significantly different from that of the other group with $p>0.1$, $p>0.05$, and $p>0.01$, respectively.

Comparison (B)

| Dependent variable | Firm age | # employee | ln(Sales) | R&D / VA | lnTFP (t) | lnTFP (t) - lnTFP(t-1) | Hardware / ICT cost |
|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|------------------------|
| All firms | | | | | | | |
| Yes (Cloud service) | 1.342 ** (0.603) | 0.744 *** (0.035) | 1.012 *** (0.044) | 0.028 *** (0.004) | 0.031 *** (0.006) | 0 (0.004) | -0.105 *** (0.012) |
| Observation | 8,907 | 8,907 | 8,907 | 9,534 | 7,221 | 5,434 | 6,495 |
| Adjusted R-squared | 0.14 | 0.146 | 0.18 | 0.079 | 0.316 | 0.069 | 0.027 |
| Manufacturing | | | | | | | |
| Yes (Cloud service) | 4.516 *** (1.009) | 0.896 *** (0.055) | 1.209 *** (0.072) | 0.066 *** (0.010) | 0.032 *** (0.005) | 0.001 (0.006) | -0.101 *** (0.018) |
| Observation | 3,716 | 3,716 | 3,716 | 3,716 | 2,941 | 2,347 | 2,571 |
| Adjusted R-squared | 0.054 | 0.136 | 0.15 | 0.054 | 0.695 | 0.171 | 0.026 |
| Non-manufacturing | | | | | | | |
| Yes (Cloud service) | -0.922 (0.741) | 0.636 *** (0.045) | 0.872 *** (0.055) | 0.003 ** (0.001) | 0.03 *** (0.009) | 0 (0.006) | -0.106 *** (0.015) |
| Observation | 5,191 | 5,191 | 5,191 | 5,818 | 4,280 | 3,087 | 3,924 |
| Adjusted R-squared | 0.147 | 0.144 | 0.198 | 0.009 | 0.144 | 0.016 | 0.019 |

Note. 1. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01. 2. Industry dummy and year dummy variables are included.

Comparison(C)

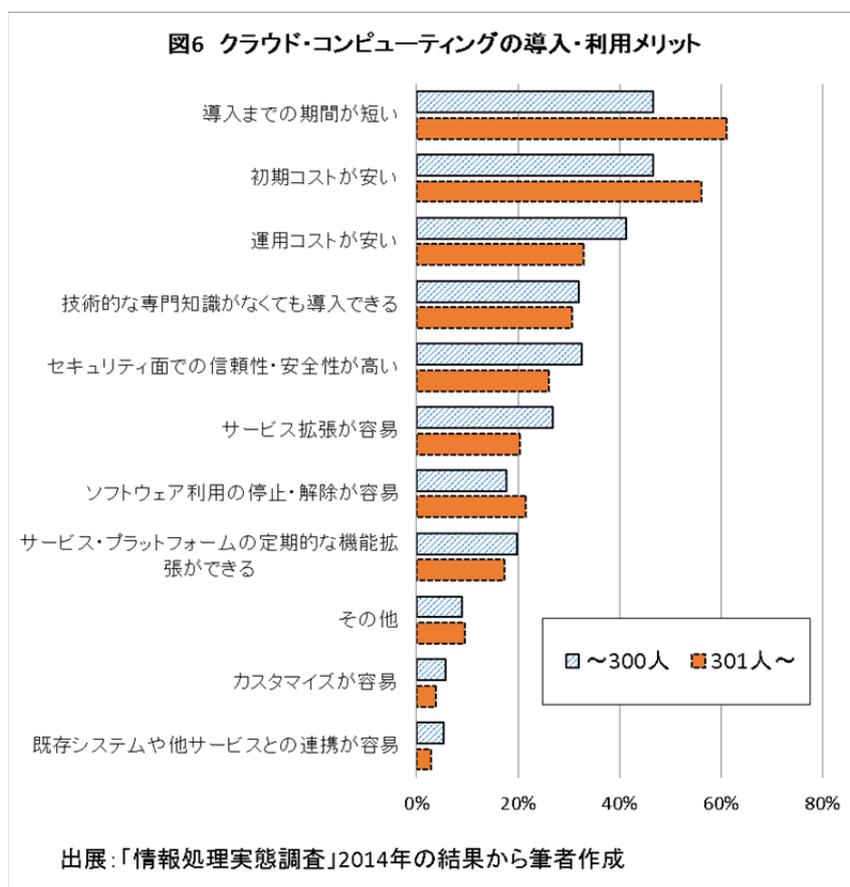
| Affiliation | Cloud service | | Total |
|--------------------------|---------------|------------|-------|
| | No | Yes | |
| All firms | | | |
| Headquarter | 2791 (80%) | 693 (20%) | 3,484 |
| Domestic affiliate | 2967 (85%) | 521 (15%) | 3,488 |
| Foreign affiliate | 60 (71%) | 25 (29%) | 85 |
| Stand-alone | 1532 (90%) | 163 (10%) | 1,695 |
| Total | 7350 (84%) | 1402 (16%) | 8752 |
| Manufacturing | | | |
| Headquarter | 1324 (80%) | 337 (20%) | 1,661 |
| Domestic affiliate | 1185 (85%) | 202 (15%) | 1,387 |
| Foreign affiliate | 29 (64%) | 16 (36%) | 45 |
| Stand-alone | 528 (93%) | 40 (7%) | 568 |
| Total | 3066 (84%) | 595 (16%) | 3661 |
| Non-manufacturing | | | |
| Headquarter | 1467 (80%) | 356 (20%) | 1,823 |
| Domestic affiliate | 1782 (85%) | 319 (15%) | 2,101 |
| Foreign affiliate | 31 (78%) | 9 (23%) | 40 |
| Stand-alone | 1004 (89%) | 123 (11%) | 1,127 |
| Total | 4284 (84%) | 807 (16%) | 5091 |

3.2. クラウド・コンピューティング導入の決定要因

図 6 は、2011 年度の実績を対象にしている『情報処理実態調査』におけるクラウド・コンピューティングの導入・利用メリットに関する結果をまとめたものである。企業にとって、クラウド・コンピューティングを導入する最も重要なメリットはすべてコンピューティングのコストにかかわることである。1位の「導入までの期間」や2位の「初期コスト」は、新規ビジネスに必要な新しい ICT サービスにかかわる費用である。長年事業を行っている企業にとってもそうであるが、社内の情報部門を別に持つことが難しい中小企業や新規参入企業にとっては、クラウド・コンピューティングは費用の面で重要な役割を期待されていることがうかがえる。

逆に、既存事業との連携にかかわる項目である「サービスの拡張」や「カスタマイズ、既存システムとの連携」など、すでに既存のシステムを持ち、クラウド・コンピューティングへの移行費用が掛かることが予想される中堅以上の企業の考慮する項目はクラウド・コンピューティングの導入の時、それほど考慮されていないことが分かる。まとめると、新規参入の若い企業、もしくは新しい事業部門に進出して新しい ICT サービスを必要とする企業ほどクラウドサービスを導入する可能性が高いことが予想される。

図 6 でもう一つ注目すべきは、クラウド・コンピューティングのメリットの中身は大企業でも中小企業でも違いがないが、大企業ほどコストを重視していることである。事業展開規模が大きいため、ICT 関連の費用を合理化することに関してはむしろ大企業の方がより重視していることがうかがえる。Fukao et al. (2015) でも議論しているように、大企業ほど付加価値に比べて ICT 関連費用をより多く支出していることを考慮すると、大企業がクラウド・コンピューティングの導入を判断することは不思議ではない。



このような諸要因を考慮したうえで、企業のクラウド・コンピューティング導入の決定要因を分析した結果が表 4-A と 4-B である。全産業を対象にしているモデル (1) から (7) までのすべての推計結果が大企業ほどクラウド・コンピューティングを導入する確率が高くな

ることを示している¹⁸。

企業年齢に関しても前述の予想通り、若い企業ほど導入確率が高くなっている。表3の Comparison (B)ではクラウド導入企業の年齢が未導入企業の年齢を上回る結果であったが、産業以外に企業規模などの諸要因をコントロールすると、より若い企業の方がクラウドの導入確率が高いことになる。モデル(7)の説明変数の非説明変数の限界効果を求めた最後の列の結果を見ると、対数値としての企業年齢の単位増加¹⁹(=約2.72年)は、クラウド・コンピューティング導入確率を約3.7%ポイント減少させる。

企業の研究開発活動はICTの意思決定と相関するか。Hall et al. (2012)は、企業の研究開発はイノベーションと、ICTは生産性と強いかわりを持っていることを示している。モデル(2)では説明変数にR&D支出額の対付加価値比率の対数値を加えており、推計された係数が有意であることから、イノベーション指向の高い企業ほどクラウド・コンピューティングを導入する確率が高くなることを示している。企業内のネットワークを表わす事業所数を追加しても、親会社であるか、子会社であるかなどの企業特性を説明変数として追加しても、R&Dを行う企業ほどクラウド・コンピューティングをより導入することには変わりはない。ただし、モデル(6)と(7)のように、子会社数を入れるとその有意性はなくなる。

企業が情報通信関連の投資を必要とする理由の一つとして、事業所や子会社などの企業内および企業間ネットワークがある。同規模の企業でも、国内外事業所の数が多く、企業間のネットワークが広範囲に広がって、複雑である場合は、クラウド・コンピューティングの導入は企業のICT関連費用の削減に大いに貢献する可能性が高い²⁰。このような理由から、モデル(3)には、企業に属する事業所数の対数とその二乗を説明変数として加えている。どちらの係数も有意であり、他の説明変数を追加しても有意性を失わないことから、企業内ネットワークはクラウド・コンピューティング導入確率を高めることがわかる。

表3の Comparison (C)の比較のように、他の変数をコントロールしてもビジネスグループに属している企業は独立企業よりクラウド・コンピューティングを導入する可能性が高いか。Hall et al. (2012)は、ビジネスグループに属している企業ほどICTを導入する確率が高まることを示している。モデル(4)ではビジネスグループに属している場合に1をとるダミー変数を説明変数(Business group)として加えており、推計された係数は正の値で有意である。ビジネスグループに属しているのは企業間ネットワークが大きく、複雑であることと、ICT関連の

¹⁸ 従業員数の対数の二乗項を入れた推計もしているが、殆どのモデルで2次項の係数が有意になっていない。係数が有意になっている場合でも、従業員数の影響がピークになる値が約10で、この値は従業員規模で言えば約2万7千人を意味し、従業員規模の99パーセントイルが4,772人であることを考えると、事実上大企業ほどクラウド・コンピューティングの導入確率が高くなるといえる。

¹⁹ 表4-Aでは、企業年齢の対数を説明変数として入れているため、約2.72年を意味する。因みに、2011年度企業年齢の中央値は46年である。

²⁰ 例えば、独自のネットワークを組み、長距離・多地点のネットワークを管理する必要がなくなる。

意思決定がビジネスグループ全体で行われるため、クラウド・コンピューティングの導入確率も高まると考えられる（約 10%）。

では、より具体的にどのように企業内ネットワークがクラウド・コンピューティングの導入を促すか。『企業活動基本調査』では、企業のビジネス構造に関する豊富な情報があるため、モデル（5）以降ではより詳細な情報でこの課題の解明を試みる仮説を検証する。ビジネスグループにおける企業の位置によってクラウド導入行動が異なる可能性があるため、モデル（5）では、ビジネスグループに属する場合を、ある企業が企業グループの親会社であるか（Headquarter）、日本企業の子会社であるか（Domestic affiliates）、海外企業の子会社であるか（Foreign affiliates）などに分け、それぞれに対応するダミー変数を作り、説明変数に加えて推計を行った。前述のように、独立企業がレファレンスグループになっているため、独立企業に比べ、クラウド導入確率が有意に高いかを見ることになる。モデル（5）の結果を見ると、企業グループの親会社であれば、クラウドを導入する可能性が独立企業より 16%も高くなる。しかし、モデル（6）でさらに子会社数の対数を説明変数に加えると、親会社ダミー変数の係数は有意でなくなる²¹。この結果は、親会社がクラウドを導入する可能性が高いのは子会社が多いためであることを意味する。子会社をさらに国内子会社と海外子会社に分けた場合（モデル（7））、どちらの係数も有意に推計されており、限界効果を見ると、海外子会社の数がより重要であることが分かる。

海外企業の子会社の場合は、すべてのモデルで係数が有意に推計されており、限界効果を見ると、日本の独立企業よりクラウド・コンピューティングを導入する確率が 10%ポイント高いといえる。国内企業の子会社であることがクラウド導入確率を高めるとはいえないことも分かる。このような結果は表 3 の Comparison (C)の結果と整合的である。

表 4-B はサンプルを製造業と非製造業に分け、モデル（6）と（7）と同様の定式化で推計を行った結果である。全産業を対象にした分析と異なる点は、企業年齢の影響が製造業では確認出来ないこと、R&D は製造業企業のみに対してクラウド導入確率を高めること、外資系子会社のクラウド導入確率が高いのは製造業のみであること、海外子会社はどの場合でもクラウド導入の可能性を高めるが、国内子会社の数は非製造業のみでクラウド導入と関係するなどの点である。

企業がクラウド・コンピューティングを導入する重要なメリットの一つは、若い企業のように自社への需要の予測が難しく、変動が激しい場合、ICT サービスを外部のクラウド・コンピューティングによって受けるため、ハードウェアの急激に増やす必要もなく、少ない費用で素早く対応できる点である。このようなケースは非製造業企業によりあてはまることが予想される。製造業企業の場合、新規参入をした若い企業であっても、一般的に非製造業企業より B2B の比重が大きく、需要が比較的予測可能であるため、クラウド・コンピューティング導入の意思決定に、企業年齢の影響が少ないと考えられる。

²¹ ここでの子会社はモデル（3）から説明変数として加わっている「事業所」と異なり、国内外の別法人であることに注意されたい。

研究開発行動が直接クラウドの導入確率を高めるとは考えにくく、製造業において両変数の相関が観察されるのは、前述のように、R&D 活動は企業のイノベーション活動と関係しているため、イノバティブな企業ほどクラウド・コンピューティングを積極的に導入するためであると考えられる。他に、大企業が行っている R&D と ICT 投資は、自社だけのためではなく、子会社を通じた事業の目的も多いため、R&D がクラウドサービスの導入と相関すると考えられる。

加えて、国内子会社の影響は非製造業だけで観察されたのも特徴的である。

表4-A.クラウド・コンピューティングの導入の決定要因

| Cloud computing | All industries | | | | | | | Marginal effect of (7) |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | |
| ln(# employee) | 0.267 *** (0.013) | 0.255 *** (0.014) | 0.224 *** (0.018) | 0.217 *** (0.019) | 0.216 *** (0.019) | 0.137 *** (0.022) | 0.138 *** (0.022) | 0.030 *** (0.005) |
| ln(Age) | -0.086 *** (0.030) | -0.092 *** (0.030) | -0.109 *** (0.030) | -0.106 *** (0.030) | -0.137 *** (0.032) | -0.182 *** (0.032) | -0.171 *** (0.032) | -0.037 *** (0.007) |
| ln(R&D/VA) | | 0.724 *** (0.176) | 0.642 *** (0.177) | 0.64 *** (0.178) | 0.613 *** (0.178) | 0.35 * (0.185) | 0.276 (0.189) | 0.060 (0.041) |
| ln(# establishment) | | | 0.306 *** (0.054) | 0.305 *** (0.054) | 0.29 *** (0.054) | 0.252 *** (0.054) | 0.25 *** (0.054) | 0.054 *** (0.012) |
| {ln(# establishment)} ² | | | -0.043 *** (0.008) | -0.042 *** (0.008) | -0.041 *** (0.008) | -0.033 *** (0.009) | -0.032 *** (0.009) | -0.007 *** (0.002) |
| Business group | | | | 0.096 ** (0.047) | | | | |
| Headquarter | | | | | 0.161 *** (0.052) | -0.027 (0.058) | 0.052 (0.057) | 0.011 (0.012) |
| Domestic affiliate | | | | | 0.025 (0.052) | -0.028 (0.052) | 0.012 (0.052) | 0.003 (0.011) |
| Foreign affiliate | | | | | 0.405 *** (0.156) | 0.405 *** (0.156) | 0.451 *** (0.156) | 0.098 *** (0.034) |
| ln(# affiliate) | | | | | | 0.152 *** (0.021) | | |
| ln(# domestic affiliate) | | | | | | | 0.055 ** (0.025) | 0.012 ** (0.005) |
| ln(# foreign affiliate) | | | | | | | 0.128 *** (0.024) | 0.028 *** (0.005) |
| Observation | 8,907 | 8,907 | 8,907 | 8,907 | 8,907 | 8,907 | 8,907 | |
| Log-likelihood | -3,568 | -3,560 | -3,543 | -3,541 | -3,533 | -3,506 | -3,505 | |
| Pseudo R-squared | 0.09 | 0.092 | 0.096 | 0.097 | 0.098 | 0.105 | 0.106 | |

Note. 1. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01. 2. Industry dummy and year dummy variables are included. 3. Dependent variable is the dummy variable for introduction of cloud computing. 4. Heteroskedasticity-robust standard errors are in parentheses. 6. Probit estimation. 5. Estimated coefficients of the squared of ln(# employee) and ln(Age) are not significant in most of the regressions, so that the variables are not included. 7. Reference group for the governance variables is Stand-alone firms. 8. Delta-method standard errors are in parentheses in the marginal effect column.

表4-B. クラウド・コンピューティングの導入の決定要因

| Cloud computing | Manufacturing | | | Non-manufacturing | | |
|------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| | (8) | (9) | Marginal effect of (9) | (10) | (11) | Marginal effect of (11) |
| ln(# employee) | 0.094 ** (0.037) | 0.087 ** (0.038) | 0.018 ** (0.008) | 0.17 *** (0.027) | 0.173 *** (0.027) | 0.038 *** (0.006) |
| ln(Age) | -0.084 (0.056) | -0.078 (0.056) | -0.016 (0.012) | -0.234 *** (0.040) | -0.221 *** (0.040) | -0.049 *** (0.009) |
| ln(R&D/VA) | 0.414 ** (0.198) | 0.369 * (0.201) | 0.078 * (0.042) | 0.332 (0.621) | 0.111 (0.637) | 0.024 (0.141) |
| ln(# establishment) | 0.398 *** (0.108) | 0.417 *** (0.108) | 0.088 *** (0.023) | 0.177 *** (0.066) | 0.175 *** (0.066) | 0.039 *** (0.015) |
| {ln(# establishment)} ² | -0.044 ** (0.020) | -0.045 ** (0.020) | -0.010 ** (0.004) | -0.028 *** (0.010) | -0.027 *** (0.010) | -0.006 *** (0.002) |
| Headquarter | 0.039 (0.100) | 0.088 (0.097) | 0.019 (0.020) | -0.083 (0.073) | 0.007 (0.073) | 0.001 (0.016) |
| Domestic affiliate | 0.111 (0.096) | 0.151 (0.096) | 0.032 (0.020) | -0.095 (0.063) | -0.058 (0.063) | -0.013 (0.014) |
| Foreign affiliate | 0.683 *** (0.221) | 0.754 *** (0.222) | 0.159 *** (0.047) | 0.171 (0.230) | 0.188 (0.230) | 0.041 (0.051) |
| ln(# affiliate) | 0.111 *** (0.033) | | | 0.188 *** (0.028) | | |
| ln(# domestic affiliate) | | 0 (0.041) | 0.000 (0.009) | | 0.09 *** (0.033) | 0.020 *** (0.007) |
| ln(# foreign affiliate) | | 0.131 *** (0.036) | 0.028 *** (0.008) | | 0.166 *** (0.035) | 0.037 *** (0.008) |
| Observation | 3,716 | 3,716 | | 5,191 | 5,191 | |
| Log-likelihood | -1,419 | -1,416 | | -2,077 | -2,074 | |
| Pseudo R-squared | 0.138 | 0.14 | | 0.086 | 0.088 | |

Note. 1. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01. 2. Industry dummy and year dummy variables are included. 3. Dependent variable is the dummy variable for introduction of cloud computing. 4. Heteroskedasticity-robust standard errors are in parentheses. 6. Probit estimation. 5. Estimated coefficients of the squared of ln(# employee) and ln(Age) are not significant in most of the regressions, so that the variables are not included. 7. Reference group for the governance variables is Stand-alone firms. 8. Delta-method standard errors are in parentheses in the marginal effect column.

4. ICT 投入の経済効果

本節では ICT とクラウドサービスの経済効果を検証するための推計モデルと、そのためのデータ構築、それによる推計結果を説明する。

4.1. 推計モデルと結果

本論文では、R&D と ICT 投入を含む、以下の式 (1) のもっとも単純なコブ=ダグラス型生産関数を想定する。

$$Y = AK^{\beta_K} L^{\beta_L} K_R^{\beta_R} K_C^{\beta_C} \quad (1)$$

ただし、Y は付加価値を、A は生産性を、K は資本投入を、L は労働投入を、K_R は R&D によ

る技術知識ストックを、 K_C はICTストックを表し、時間と企業を表す添え字は省略している。

(1) 式の生産関数の推計に際し、各投入要素の投入をどう測るかを明記にする必要がある。資本投入 K は資本ストックで測り、労働投入 L は従業員数にしているのに対し、知識ストック K_R の代理変数である R&D 支出で測り、ICT 投入 K_C は前節でも述べたように ICT 関連費用で測っている。 K と L はストックで測り、 K_R と K_C はフローで測っていることになる。このように投入要素によっては異なる測り方をするのは、データの性格による。資本と労働に関しては、企業が期末の純資本ストックと期末の労働者数を報告しているため、一般的な企業データでは、資本ストックと雇用者数は比較的正確に把握できる。しかし、技術知識ストックや ICT ストックは正確に測ることが難しい。そのため、技術知識ストックの代理変数として R&D 支出を使うことにしている。技術知識ストック K_R が一定の比率で陳腐化し、R&D 支出によって R だけ新しく生まれるとしたら、次期技術知識ストックは $K'_R=(1+\delta)K_R+R$ のように書くことができる。技術知識ストックが一定の率 g で成長するとしたら、 $K_R=R/(g+\delta)$ の関係にある。本論文では、対数変換による線形関数を推計するため、このような関係が成立する場合、技術知識ストックの代わりに R&D 支出 R を入れた推計をしても係数の推計には問題がない²²。実際の推計では K_R の代わりに $R=K_R(g+\delta)$ を代理変数として使っている。

また、前述のように、『情報処理実態調査』はサンプル調査出のため、ICT ストックを恒久棚卸法などで求めることはできない。そのため、ICT に関しては、前述のように、資本サービスを求めている。ICT 資本ストック K_C からの資本サービス C は、資本ストックに ICT 資本のレンタルプライス r をかけて $C=rK_C$ として求めることができるため、推計では、 K_C の代わりに C を入れている。技術知識ストックの係数の推計と同様、 C の係数は ICT 資本ストックの係数と等しく推計される。

上記の代理変数 R と C を (1) 式に入れて、両辺の対数をとることで以下の (2) 式のように書き換えることができる。

$$y = a + \beta_K k + \beta_L l + \beta_R r + \beta_C c \quad (2)$$

ただし、小文字は大文字の変数の対数値を意味する。

表 5 のモデル (1) は、『情報処理実態調査』と『企業活動基本調査』がマッチングされた 1995 年からのすべてのデータを持って、上記の (2) 式のプロダクション関数を推計した結果である。すべての投入要素の係数が有意に推計されており、係数の合計は 1 から 1.069 までで、おおむね一次同次に近いことが確認できる²³。

モデル (1) で資本ストック K の係数 β_K は 0.143、R&D の係数 β_R は 0.034、ICT の係数

²² ただし、技術知識ストックの限界生産を求めるときには、対付加価値比率が変わるため注意する必要がある。

²³ 係数の合計は 1.037 であるが、1 次同次性検定は 1% 有意水準で棄却される。

β_C は 0.124 に推計されている。(1) 式のモデルで推計される係数は、たとえば、資本ストックの係数 β_K は以下のように書き換えられ、資本の限界生産が求められる。

$$\begin{aligned}\beta_K &= \frac{\partial Y}{\partial K} \frac{K}{Y} \\ \frac{\partial Y}{\partial K} &= \beta_K \frac{Y}{K}\end{aligned}\tag{3}$$

(3) 式に従って求めた、各企業の資本の限界生産をまとめた表 5-b を見ると、その中央値は約 0.13 である。これは、JIP2014 の産業別年別資本のユーザーコストの 2000 年以降の平均 0.12 と非常に近く、過剰・過少投資ではないことを意味する。

技術資本ストックの係数 β_R 、0.034 の意味を確認するためにも、係数を以下のように書き換える必要がある。

$$\begin{aligned}\beta_R &= \frac{\partial Y}{\partial K_R} \frac{K_R}{Y} = \frac{\partial Y}{\partial R} \frac{R}{Y} \\ \frac{\partial Y}{\partial K_R} &= \beta_R \frac{Y}{K_R} = \beta_R \frac{Y}{R/(g+\delta)} = \beta_R \frac{Y}{R} (g+\delta)\end{aligned}\tag{4}$$

技術知識の陳腐化率 δ は、Goto and Suzuki (1989)の産業別陳腐化率を採用し、R&D の成長率 g は 0 を入れて²⁴、企業別の技術知識ストックの限界生産を求めると、中央値は 0.075 となる。資本のユーザーコストが、利率と減耗率の和から求められるため²⁵、2000 年以降プライムレートの平均約 2%を利率と考え、減耗率を上記の Goto and Suzuki (1989)の陳腐化率にすると、R&D のユーザーコストの中央値は 12%となり、R&D の限界生産はユーザーコストを下回ることがわかる²⁶。これは R&D に関して多くの企業で過剰投資が行われていることを意味する。

ICT の限界生産は R&D の場合と似ており、以下のように求められる。

$$\beta_C = \frac{\partial Y}{\partial K_C} \frac{K_C}{Y} = \frac{\partial Y}{\partial C} \frac{C}{Y}$$

²⁴ 2000 年以降の企業ごとの R&D 支出の成長率は平均約 -1.5%であり、サンプルの取れる全期間では -0.7%であるため、 g を 0 と置いている。

²⁵ 資本財のキャピタルゲインを引く必要があるが、文部科学省の科学技術白書が発表している研究開発デフレーターは 2000 年以降の平均上昇率は -0.5%であるため、ここではキャピタルゲインを 0 と置いた。

²⁶ ユーザーコストの平均値は 13%である。

$$\frac{\partial Y}{\partial K_c} = \beta_c \frac{Y}{K_c} = \beta_c \frac{Y}{C/r} = \beta_c \frac{Y}{C} r \quad (5)$$

(3) (4) 式で求めた普通の資本や技術知識ストックの限界生産をその資本のユーザーコストと比較したように、ここでも (5) 式に従って ICT の限界生産を求め、ICT のユーザーコストと比較することになる。ただし、(5) にすでに ICT のユーザーコスト r が含まれているため、

$$\frac{\partial Y}{\partial K_c} = \frac{\partial Y}{\partial C} \frac{dC}{dK_c} = \frac{\partial Y}{\partial C} r$$

の関係を利用すると、ここで行う限界生産とユーザーコストの比較は、実際には

$$\frac{\partial Y}{\partial C} = \beta_c \frac{Y}{C} \quad (6)$$

が 1 と等しいかどうかを比較することと同等となる。表 5 のモデル (1) で求めた C の係数に企業ごとの付加価値と ICT 費用の比率をかけて求める (6) 式の値の中央値は約 4.8 で 1 を大きく超えている。Fukao et al. (2015) でも議論されているように、何らかの理由で日本企業の ICT 投資が最適な水準より過少となっていることを表していると考えられる。

表5 Production function estimation with ICT

| Period | 1995 - 2011 | 1995 - 2011 | 1995-2000 | 2001-2005 | 2006-2011 | 2009-2011 | |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ln(Value-added) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| lnK | 0.143 *** (0.007) | 0.147 *** (0.007) | 0.157 *** (0.009) | 0.153 *** (0.010) | 0.138 *** (0.008) | 0.113 *** (0.007) | 0.129 *** (0.008) |
| lnL | 0.736 *** (0.011) | 0.768 *** (0.011) | 0.738 *** (0.015) | 0.761 *** (0.015) | 0.773 *** (0.012) | 0.701 *** (0.013) | 0.793 *** (0.013) |
| ln(R&D) | 0.034 *** (0.003) | 0.036 *** (0.003) | 0.033 *** (0.004) | 0.03 *** (0.003) | 0.046 *** (0.004) | 0.036 *** (0.004) | 0.051 *** (0.004) |
| ln(ICT) | 0.124 *** (0.004) | | | | | 0.157 *** (0.007) | |
| ln(ICT, hardware) | | 0.014 *** (0.003) | 0.052 *** (0.009) | 0.013 *** (0.005) | 0.012 *** (0.004) | | 0.012 ** (0.005) |
| ln(ICT, software) | | 0.049 *** (0.003) | 0.009 * (0.005) | 0.054 *** (0.005) | 0.056 *** (0.005) | | 0.051 *** (0.006) |
| ln(ICT, service) | | 0.035 *** (0.003) | 0.032 *** (0.005) | 0.038 *** (0.005) | 0.033 *** (0.005) | | 0.032 *** (0.006) |
| ln(ICT, others) | | 0.018 *** (0.003) | 0.035 *** (0.009) | 0.017 *** (0.005) | 0.012 *** (0.004) | | 0.001 (0.006) |
| Observation | 33,213 | 33,213 | 5,820 | 13,642 | 13,751 | 6,977 | 6,977 |
| AdjustedR-squared | 0.894 | 0.891 | 0.924 | 0.906 | 0.887 | 0.893 | 0.882 |

Note. 1. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01. 2. Industry dummy and year dummy variables are included. 3. Dependent variable is logarithmic value of value-added. 4. Heteroskedasticity-robust standard errors are in parentheses. 5. OLS estimation.

表5-b Marginal product of inputs

| Model | Variables | Obs. | Mean | S.D. | Min. | Median | Max. |
|-------|-------------|--------|--------|---------|-------|--------------|-------|
| (1) | K | 33,183 | 1.327 | 33.382 | 0.000 | 0.130 | 4956 |
| | R&D | 12,674 | 0.720 | 5.393 | 0.000 | 0.075 | 357 |
| | ICT | 31,514 | 15.789 | 93.121 | 0.125 | 4.812 | 7067 |
| (2) | K | 33,183 | 1.366 | 34.370 | 0.000 | 0.133 | 5102 |
| | R&D | 12,674 | 0.766 | 5.742 | 0.000 | 0.080 | 380 |
| | Hardware | 28,562 | 4.984 | 44.859 | 0.015 | 1.576 | 4531 |
| | Software | 23,035 | 40.436 | 263.327 | 0.051 | 9.704 | 21692 |
| | ICT service | 18,880 | 62.407 | 544.229 | 0.037 | 8.207 | 52478 |
| | ICT others | 21,558 | 11.415 | 62.595 | 0.019 | 1.992 | 3319 |

4.2. ICT 項目別の限界生産

第2節で言及したように、本論文ではICTインプットを細分化し、(i) ハードウェア関連インプット、(ii) ソフトウェアインプット、(iii) ICT 関連サービス、(iv) その他の費用の四つのカテゴリに分けて考えている。ここでは、前節のICT投入Cを以下の(7)式のような関数として仮定しており、対数に書き換えたのが(8)式である。

$$C = BH^{\gamma_H} S^{\gamma_S} V^{\gamma_V} O^{\gamma_O} \quad (7)$$

$$c = b + \gamma_H h + \gamma_S s + \gamma_V v + \gamma_O o \quad (8)$$

ただし、BはICT投入関連の生産性を、Hはハードウェアインプットを、Sはソフトウェア関連インプットを、Vはサービス関連インプットを、Oはその他のICTインプットを表しており、小文字は大文字変数の対数値である。表5のモデル(2)は、上記の(8)式を(2)式に代入した生産関数を推計した結果である。同表のモデル(1)と比べると、資本、労働、R&Dなどの推計された係数に大きな差はなく、すべての係数の合計も1.067とほぼ1次同次と見なせる²⁷。上記の(2)式と(8)式を合わせて考えると、モデル(2)で推計されたハードウェア関連インプットの係数0.014は(2)式の β_C と(8)式の γ_H の積に該当し、 β_C が0.124であったため、 γ_H は0.113(=0.014/0.124)であることがわかる。同様に γ_S 、 γ_V 、 γ_O はそれぞれ0.395、0.282、0.145となり、式(3)の関数もおおむね一次同次性を満たしていることになる。

ICT資本の限界生産の議論と同様、ここでも種目別のICTの限界生産を(6)式に従って求められ、それが1と等しいかを見ることによって超過リターンの確認ができる。(6)式に従って限界生産を求めると、それぞれの中央値が約1.6、9.7、8.2、2であり、すべて1を超えている。これは、表5のモデル(1)でのICTの限界生産が約5であることと整合的である。この結果は、ICT全般で投資が過少であることを意味し、特にソフトウェアとICTサービスで顕

²⁷ ただし、1次同次性の検定は棄却される。

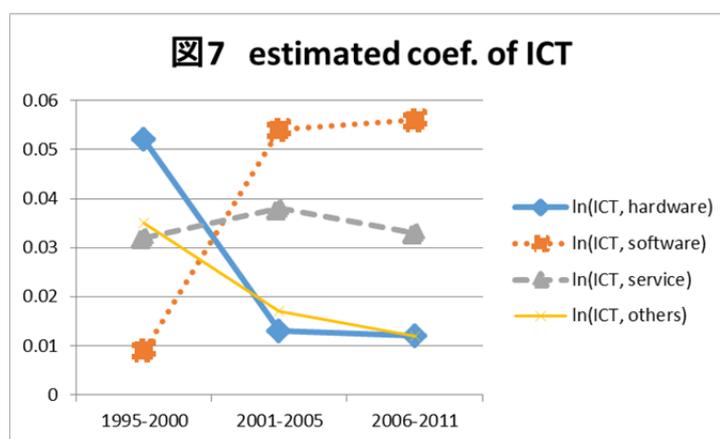
著であることがわかる。

モデル (3) から (5) ではサンプルを 1995 年–2000 年、2001 年–2005 年、2006 年–2011 年の 3 期間に分けて²⁸、モデル (2) と同様の定式化で生産関数を推計した。推計された係数の変化を図 7 にまとめて描くと、図 4 の ICT のカテゴリ別の動きと非常に似ており、2000 年代に入ってハードウェアとソフトウェアの比重が逆転していることが明らかである。推計されたハードウェアの係数は 0.052 から 0.013、0.012 に急激に下がっている。Appendix の表 A4 を見ると、ハードウェアの対付加価値比率が 2005 年以前の 1.3% から 2006 年以降 1.1% に若干下がっただけであることを考えると、推計されたハードウェアの係数の変化はハードウェアの限界生産が大きく低下したことによると推測できる。

ソフトウェアの場合、推計された係数は 0.009 から 0.054、0.056 に上昇しており、対付加価値比率は 2000 年以降 0.8% と殆ど変わっていないことを考えると、係数の変化はソフトウェアの限界生産が非常に高まったことによると解釈できる。

ICT サービスの係数は 0.032、0.038、0.033 とほぼ変わっておらず、対付加価値比率も 0.6% とそれほど変わっていないため、限界生産における変化はそれほどなかったと思われる。

最後にモデル (6) と (7) はクラウド・コンピューティング導入が調査されている 2009 年以降のデータに限って同様の生産関数推計を行った結果である。その他の ICT 費用の係数が有意でない点を除けば、2000 年以降の推計結果とおおむね同様であることが確認できる。



4.3. クラウド・コンピューティングをインプットとして含む生産関数の推計

ここでは、3 節の議論を深化させて、クラウド・コンピューティングの導入がもたらす経済効果を実証および議論する。クラウド・コンピューティングは比較的新しいテクノロジーであり、その経済効果はまだ十分検討されておらず、その短い歴史からも、企業レベルのデータを用いた先行研究は、国内外で非常に限られた数しか存在しない。その主な理由の一つは、研究目的

²⁸ ただし、表 1 のように 1999 年までは両データセットのマッチング率が低いことに注意されたい。

に整合的な利用可能なデータがきわめて限られていることが上げられる。本論文の主要データである『情報処理実態調査』でもクラウド・コンピューティングの導入は調査されているが、正確な費用は調査されておらず、後述のように一定の範囲でしか調査されていない。そのため、第一ステップとして、前節の生産関数推計にクラウド・コンピューティング導入のダミー変数を加えて推計を行い、その効果を見ることにする。

R&D と ICT を入れた生産関数推計において、クラウド・コンピューティングは ICT インプット総額とは別に追加的な役割を果たすことが確認できるか。3 節でも説明されているように、クラウド・コンピューティングのための費用は、ICT 関連費用の四つのカテゴリのうち、(iii) 「ICT サービス」に含まれているため、クラウド・コンピューティングが他の ICT サービスと同様の生産への寄与をしている場合、クラウド導入ダミー変数の計数は有意に推計されないことが予想される。

表 6 のモデル (1) と (2) は、表 5 のモデル (6) と (7) の定式化に、クラウド・コンピューティングの導入をしている場合 1 をとるインジケータ変数 (1(cloud)) を入れた推計結果である。まず、確認出来る点は、表 5 のモデル (6) (7) と比べたとき、クラウド導入変数以外の変数の推計された係数がほぼ同じであることである。その上、モデル (1) の場合、クラウド導入企業は未導入企業に比べ約 4% 生産性水準が高いことになる。ICT 投入を四つのカテゴリに分けたモデル (2) の結果ではその差が約 8% にまで広がる。両推計でクラウド・コンピューティングの導入は企業の生産性と相関を持っていることが確認できる。この結果は、クラウド導入企業と未導入企業の ICT 関連の生産関数が異なることによる可能性もあるため、表 6 のモデル (3) から (6) ではクラウド導入企業と未導入企業に分けて同様の生産関数を推計している。モデル (3) と (5) の結果を見ると、クラウド導入企業の ICT 全体の係数が 0.185 と、未導入企業の 0.146 より大きいことが分かる。しかし、モデル (4) と (6) で推計されたソフトウェアと ICT サービスの係数には有意な差がなく、むしろクラウド導入企業のハードウェアの係数は有意でない。二つの結果を合わせると、(3) 式で表わしている ICT 生産関数の効率性を表わす B がクラウド導入企業の方でより高いことになる。

表6 Effect of introducing Cloud computing

| ln(Value-added) | All samples | | not adopted cloud | | adopted cloud | |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| lnK | 0.114 *** (0.007) | 0.129 *** (0.008) | 0.11 *** (0.008) | 0.121 *** (0.008) | 0.135 *** (0.017) | 0.17 *** (0.020) |
| lnL | 0.7 *** (0.012) | 0.79 *** (0.013) | 0.716 *** (0.013) | 0.794 *** (0.014) | 0.632 *** (0.031) | 0.756 *** (0.031) |
| ln(R&D) | 0.036 *** (0.004) | 0.051 *** (0.004) | 0.038 *** (0.005) | 0.051 *** (0.005) | 0.032 *** (0.007) | 0.047 *** (0.008) |
| ln(ICT) | 0.155 *** (0.007) | | 0.146 *** (0.008) | | 0.185 *** (0.014) | |
| ln(ICT, hardware) | | 0.012 ** (0.005) | | 0.016 *** (0.005) | | -0.007 (0.010) |
| ln(ICT, software) | | 0.05 *** (0.006) | | 0.05 *** (0.007) | | 0.045 *** (0.011) |
| ln(ICT, service) | | 0.031 *** (0.006) | | 0.032 *** (0.007) | | 0.033 *** (0.011) |
| ln(ICT, others) | | 0.001 (0.006) | | 0.001 (0.006) | | 0.001 (0.011) |
| 1(cloud) | 0.043 ** (0.021) | 0.079 *** (0.024) | | | | |
| Observation | 6,977 | 6,977 | 5,873 | 5,873 | 1,104 | 1,104 |
| AdjustedR-squared | 0.893 | 0.882 | 0.881 | 0.871 | 0.923 | 0.905 |

Note. 1. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01. 2. Industry dummy and year dummy variables are included. 3. Dependent variable is logarithmic value of value-added. 4. Heteroskedasticity-robust standard errors are in parentheses. 5. OLS estimation.

しかし、これらのモデルは、クラウド・コンピューティングの貢献をダミー変数でとらえ、クラウド・コンピューティングの差による貢献の差を測ってはいないので、この問題を解決するため、次のステップとして、企業ごとのクラウド・コンピューティング関連費用を推計して、生産関数に含めた推計を試みる。『情報処理実態調査』では、クラウド・コンピューティング関連費用が全体の「情報処理関連支出」のうち、何割を占めているかを質問しており、企業は 5%未満、5%～10%未満、10%～15%未満、15%～20%未満、20%～25%未満、25%～30%未満、30%～50%未満、50%～70%未満、70%以上から答えるようになっている。本論文では、その中央値をとり、「情報処理関連支出」²⁹の 2.5%、7.5%、12.5%、17.5%、22.5%、27.5%、40%、60%、85%をクラウド・コンピューティングのための費用として支出したと見なす³⁰。表 7 はその対数値 (ln(IT, cloud)) を生産関数に入れた推計結果である。

表 7 のモデル (1) と (2) は、表 6 のモデル (1) と (2) にクラウド関連費用の対数値

²⁹ 前述のように、「情報処理関連支出」は、本論文の変数である「ICT 関連費用 (ln(ICT))」とは異なる。クラウド・コンピューティング関連費用を算出するに当たり、「情報処理実態調査」の「情報処理関連支出総額」に上記の割合をかけることによって求めている。

³⁰ ただし、当調査ではクラウド・コンピューティング関連費用を「わかる範囲で」聞いているため、正確な数値ではないことに注意されたい。

(ln(IT, cloud)) を説明変数として加えた結果であり、ICT 関連費用 (ln(ICT)) や ICT サービス (ln(ICT, service)) にはクラウド関連費用が含まれているため、ダブルカウントとされている定式化になっているが、表 6 のモデル (1)、(2) の結果と非常に似ている。表 7 のモデル (3) と (4) は、ICT 関連費用 (ln(ICT)) や ICT サービス (ln(ICT, service)) からクラウド関連費用を除いて、ダブルカウントを出来るかぎり回避した推計結果である³¹。モデル (1) (2) の結果と似ており、モデル (4) の生産関数におけるクラウド・コンピューティングの弾力性は約 0.05 と推計される。

表7 Effect of cloud computing

| ln(Value-added) | 2009-2011 | | | | firms adopted cloud | |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| lnK | 0.115 *** (0.008) | 0.13 *** (0.008) | 0.115 *** (0.008) | 0.13 *** (0.008) | 0.142 *** (0.019) | 0.164 *** (0.019) |
| lnL | 0.693 *** (0.013) | 0.779 *** (0.013) | 0.693 *** (0.013) | 0.777 *** (0.013) | 0.59 *** (0.035) | 0.645 *** (0.032) |
| ln(R&D) | 0.036 *** (0.004) | 0.049 *** (0.004) | 0.035 *** (0.004) | 0.049 *** (0.004) | 0.028 *** (0.007) | 0.035 *** (0.008) |
| ln(ICT) | 0.155 *** (0.007) | | | | | |
| ln(ICT cost - cloud cost) | | | 0.155 *** (0.007) | | 0.168 *** (0.021) | |
| ln(ICT, hardware) | | 0.01 ** (0.005) | | 0.01 * (0.005) | | -0.011 (0.009) |
| ln(ICT, software) | | 0.049 *** (0.006) | | 0.048 *** (0.006) | | 0.026 ** (0.010) |
| ln(ICT, service) | | 0.029 *** (0.006) | | | | |
| ln(ICT, service - cloud cost) | | | | 0.032 *** (0.006) | | 0.035 *** (0.010) |
| ln(ICT, others) | | 0.002 (0.006) | | 0.001 (0.006) | | -0.009 (0.010) |
| ln(ICT, cloud) | 0.024 *** (0.009) | 0.047 *** (0.010) | 0.03 *** (0.009) | 0.051 *** (0.010) | 0.079 *** (0.029) | 0.172 *** (0.023) |
| Observation | 6,671 | 6,671 | 6,635 | 6,671 | 952 | 988 |
| AdjustedR-squared | 0.892 | 0.882 | 0.893 | 0.882 | 0.925 | 0.916 |

Note. 1. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01. 2. Industry dummy and year dummy variables are included. 3. Dependent variable is logarithmic value of value-added. 4. Heteroskedasticity-robust standard errors are in parentheses. 5. OLS estimation.

4.4. クラウド・コンピューティング変数の頑健性

しかし、クラウド・コンピューティング導入変数が内生変数で、上記の推計結果は内生性の問題から起因する結果である可能性はある。たとえば、需要などの変化がある企業に新しいビジ

³¹ クラウド・コンピューティング関連費用は、前述のように範囲でしか調査されておらず、その値が ICT 関連費用全体もしくは ICT サービスより大きくなる場合がある。負の値になる ICT 関連費用全体もしくは ICT サービスは 0 と置き換えている。

ネスチャンスをもたらし、その新しいビジネスがクラウド・コンピューティングを必要とする場合、クラウド・コンピューティング変数は企業の生産性と相関を持つことになる³²。この問題を回避するために、ここでは一種の操作変数推計として、クラウド関連費用変数 (ln(ICT, service)) の代わりに、表 4-a のモデル (6) で求められたクラウド・コンピューティングの導入確率とクラウド関連費用の積を代理変数として使った推計を行う。

表 8 のモデル (1) と (2) はその結果である。クラウド関連費用変数の係数以外の諸変数の係数は表 7 とほぼ同じである。クラウド・コンピューティング導入変数の係数は表 7 のモデル (3) と (4) の結果より大きく推計されている。

表8 Alternative production function estimation

| ln(Value-added) | (1) | (2) |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| lnK | 0.113 *** (0.008) | 0.128 *** (0.008) |
| lnL | 0.697 *** (0.013) | 0.782 *** (0.013) |
| ln(R&D) | 0.035 *** (0.004) | 0.049 *** (0.004) |
| ln(ICT cost - cloud cost) | 0.155 *** (0.007) | |
| ln(ICT,hardware) | | 0.013 ** (0.005) |
| ln(ICT, software) | | 0.05 *** (0.006) |
| ln(ICT, service - cloud cost) | | 0.032 *** (0.006) |
| ln(ICT,others) | | 0.001 (0.006) |
| ln(IT, cloud) | 0.061 *** (0.018) | 0.099 *** (0.022) |
| *Probability of cloud | | |
| Observation | 6,828 | 6,864 |
| AdjustedR-squared | 0.892 | 0.881 |

Note. 1. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01. 2. Industry dummy and year dummy variables are included. 3. Dependent variable is logarithmic value of value-added. 4. Heteroskedasticity-robust standard errors are in

4.5. クラウド・コンピューティング変数の限界生産

ここでは、表 7 の推計結果に対応する生産要素の限界生産を、前節の (4)、(5)、(6) に従って求めることにする。表 9 は、表 7 のモデル (3) から (6) までで推計された係数に対応する投入要素の限界生産を、それぞれの企業に対して求め、基本統計量をまとめたものである。資本の限界生産の中央値は 0.12 であり、前節の全期間サンプルによる推計結果とほぼ同じである。R&D の限界生産の中央値は 0.15 であり、R&D のユーザーコスト 0.12 を若干上回る。全期間のサンプルでは、リターンがユーザーコストを下回ったため、過剰投資であったが、2009

³² ただし、ここで考えているビジネスチャンスは、クラウド・コンピューティング以外の ICT 投入はそれほど必要としないことを考えている。現実的にはこのような場合は非常にまれであると思われる。

年—2011年では過剰状態が解消されたことが考えられる。

ICT全体の限界生産は、中央値が7.8と1を大きく超えており、2010年前後でもICT投資の過少状態は解消されてないと考えられる。クラウドサービスの場合、モデル(3)の結果を用いれば、限界生産が約24(モデル(4)では40)と1を大きく上回っている。Fukao, et al. (2015)でも言及されているように、この結果は日本企業のICT投資がまだ不十分な程度しか行われていないことを意味する。特にクラウドサービスの場合、本論文の日米比較でも述べたように、過度な過少投資と判断される。

表9 Marginal product of inputs

| Model | Variables | Obs. | Mean | S.D. | Min. | Median | Max. |
|-------|-------------|-------|---------|----------|----------|----------------|-------|
| (3) | K | 6,661 | 2.495 | 64.939 | 0.001 | 0.120 | 4503 |
| | R&D | 2,340 | 1.784 | 10.448 | 0.001 | 0.152 | 264 |
| | ICT | 6,422 | 24.982 | 84.292 | 0.157 | 7.846 | 4281 |
| | Cloud | 949 | 70.315 | 245.977 | 0.134 | 23.834 | 5972 |
| (4) | Hardware | 5,148 | 3.237 | 11.809 | 0.011 | 1.312 | 576 |
| | Software | 4,176 | 23.495 | 62.111 | 0.080 | 8.449 | 2150 |
| | ICT service | 2,677 | 16.035 | 45.608 | 0.046 | 5.332 | 879 |
| | ICT others | 2,136 | 0.484 | 1.087 | 0.002 | 0.164 | 16 |
| | Cloud | 985 | 123.196 | 414.217 | 0.227 | 40.786 | 10103 |
| (5) | K | 985 | 1.461 | 12.780 | 0.006 | 0.164 | 387 |
| | R&D | 440 | 0.616 | 1.930 | 0.004 | 0.061 | 23 |
| | ICT | 947 | 30.000 | 186.166 | 0.353 | 5.564 | 4622 |
| | Cloud | 949 | 185.176 | 647.787 | 0.354 | 62.768 | 15728 |
| (6) | Hardware | 747 | -4.178 | 25.613 | -675.230 | -1.377 | 0 |
| | Software | 678 | 8.315 | 17.042 | 0.099 | 3.017 | 195 |
| | ICT service | 440 | 23.359 | 88.570 | 0.097 | 3.662 | 970 |
| | ICT others | 400 | -3.819 | 10.128 | -109.025 | -1.233 | 0 |
| | Cloud | 985 | 418.515 | 1407.153 | 0.773 | 138.556 | 34322 |

表9のモデル(3)と(4)に対応するクラウドサービスの限界生産が大きすぎるという反論もありうる。生産要素の係数が大きく推計されると、それに比例して限界生産も大きくなるので、ここでは、クラウドの係数が過大に評価される可能性を二つ考えてみる。第一に、R&Dの経済効果でもよく議論されるように、投入が行われていない(0の値)場合を推計に加えたため³³に起きたと考えられる。第二の可能性は、日米比較でもあるように、日本ではクラウドがまだ普及しておらず、初期段階の2009年からのデータを入れたため、クラウドの変数が過大に評価されていることである。

第一の可能性に対応するために、表7のモデル(5)と(6)ではクラウドを導入している企業のみで同様の生産関数推計を行って、これに対応する限界生産の基礎統計量を表9のモデル(5)と(6)にまとめてある。予想と異なって、クラウドサービスの推計された係数は0.172とより大きくなり、限界生産もそれに比例して非常に大きくなっていることがわかる。

³³ 1次関数でたとえるなら、本来正の切片を持つ非線形の関数を線形として推計すると傾きが真の値より大きくなる場合である。

この結果から、以上の結果がクラウド未導入企業をサンプルに入れたことによるものではないことがわかる。

第二の可能性を検討するために、データが利用可能な最後の年である 2011 年のデータのみで推計を行って、それに対応する限界生産も求めた³⁴。限界生産の中央値は約 17（モデル（4）では 34）で、2009 年と 2010 年のデータを入れた推計の結果である 24 より低下していることがわかる。ほかの投入に比べて過少投資になっていることに変わりはないが、過少状態は緩和したことがわかる。

以上の結果から、クラウドサービスの導入は、今までの ICT 投入の貢献に加え、企業の生産性を大きく上昇させる可能性があることと、効果があるにもかかわらず非常に過少投資されていることが確認できた。

4.6. セクター別のクラウド・コンピューティング導入の効果

ここでは、産業別にクラウド・コンピューティングの効果を検討する。ここまでの結果は主に産業間の違いを産業ダミー変数によってコントロールしてきたが、生産関数自体が産業によって異なる可能性はコントロールできない。ここではサンプルをまず製造業と非製造業に分けて推計を行い、その結果を表 9-a にまとめた。モデル（1）と（3）を比較すると、ICT 全体（ $\ln ICT$ の係数と $\ln ICT(\text{cloud})$ の係数の合計）の係数は非製造業の方が大きい。これは ICT 利用産業が非製造業でより重要であるとの前述の内容と整合的である。ICT の四つのカテゴリ別にみてもおおむね非製造業の推計係数が大きいことがわかる。

³⁴ 2011 年のデータのみによる結果は Appendix を参照されたい。

表9-a Effect of cloud computing, by sector

| ln(Value-added) | Manufacturing | | Non-manufacturing | |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) |
| lnK | 0.192 *** (0.017) | 0.211 *** (0.018) | 0.094 *** (0.009) | 0.105 *** (0.009) |
| lnL | 0.744 *** (0.024) | 0.813 *** (0.024) | 0.651 *** (0.015) | 0.73 *** (0.016) |
| ln(R&D) | 0.016 *** (0.005) | 0.024 *** (0.005) | 0.053 *** (0.008) | 0.069 *** (0.009) |
| ln(ICT) | 0.105 *** (0.010) | | 0.177 *** (0.010) | |
| ln(ICT cost - cloud cost) | | 0.002 (0.006) | | 0.012 * (0.007) |
| ln(ICT, hardware) | | 0.028 *** (0.007) | | 0.063 *** (0.009) |
| ln(ICT, service - cloud cost) | | 0.018 ** (0.008) | | 0.042 *** (0.009) |
| ln(ICT, others) | | -0.005 (0.007) | | 0.011 (0.009) |
| ln(ICT, cloud) | 0.017 ** (0.008) | 0.031 *** (0.009) | 0.043 *** (0.016) | 0.065 *** (0.018) |
| Observation | 2,847 | 2,860 | 3,788 | 3,811 |
| AdjustedR-squared | 0.93 | 0.926 | 0.843 | 0.826 |

Note. 1. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01. 2. Industry dummy and year dummy variables are included. 3. Dependent variable is logarithmic value of value-added. 4.

Heteroskedasticity-robust standard errors are in parentheses. 5. OLS estimation.

サンプル数が若干限られるが、製造業と非製造業を資本労働比率の順に労働集約的な産業と資本集約的な産業に分けて同様の推計をした結果が表 9-b である。モデル (1) と (3) を比べると、製造業では労働集約的な産業で ICT が重要で、クラウドの係数も大きく推計されている。それと対照的に、非製造業では資本集約的な産業ほど ICT が重要で、クラウド・コンピューティングは資本集約的な産業でのみ係数が有意に推計されている。労働集約的な非製造業の場合、クラウド・コンピューティングより他の ICT サービスが重要な役割を果たしていることがわかる。

表9-b Effect of cloud computing, by sector

| ln(Value-added) | Manufacturing | | | | Non-manufacturing | | | |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Labor intensive | | Capital intensive | | Labor intensive | | Capital intensive | |
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
| lnK | 0.09 *** (0.011) | 0.1 *** (0.011) | 0.182 *** (0.022) | 0.201 *** (0.023) | 0.085 *** (0.013) | 0.089 *** (0.014) | 0.205 *** (0.032) | 0.24 *** (0.031) |
| lnL | 0.642 *** (0.020) | 0.711 *** (0.020) | 0.788 *** (0.032) | 0.859 *** (0.031) | 0.733 *** (0.021) | 0.809 *** (0.022) | 0.626 *** (0.043) | 0.709 *** (0.043) |
| ln(R&D) | 0.042 *** (0.008) | 0.065 *** (0.008) | 0.007 (0.006) | 0.013 ** (0.006) | 0.044 *** (0.011) | 0.047 *** (0.011) | 0.022 (0.017) | 0.051 *** (0.019) |
| ln(ICT) | 0.192 *** (0.013) | | 0.1 *** (0.013) | | 0.128 *** (0.012) | | 0.147 *** (0.026) | |
| ln(ICT cost - cloud cost) | | 0.019 * (0.011) | | 0 (0.007) | | 0.004 (0.007) | | 0.018 (0.016) |
| ln(ICT, hardware) | | 0.08 *** (0.014) | | 0.035 *** (0.008) | | 0.034 *** (0.010) | | 0.038 ** (0.018) |
| ln(ICT, service - cloud cost) | | 0.042 *** (0.014) | | 0.009 (0.009) | | 0.04 *** (0.010) | | 0.006 (0.021) |
| ln(ICT, others) | | 0.002 (0.012) | | -0.003 (0.008) | | 0.007 (0.009) | | -0.018 (0.023) |
| ln(ICT, cloud) | 0.054 *** (0.020) | 0.087 *** (0.023) | 0.021 * (0.011) | 0.028 ** (0.012) | 0.01 (0.015) | 0.023 (0.015) | 0.042 (0.028) | 0.073 ** (0.036) |
| Observation | 2,218 | 2,228 | 1,543 | 1,551 | 2,336 | 2,351 | 538 | 541 |
| Adjusted R-squared | 0.87 | 0.854 | 0.938 | 0.935 | 0.851 | 0.843 | 0.893 | 0.883 |

Note. 1. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01. 2. Industry dummy and year dummy variables are included. 3. Dependent variable is logarithmic value of value-added. 4. Heteroskedasticity-robust standard errors are in parentheses. 5. OLS estimation.

4.7. 若い企業におけるクラウド・コンピューティング導入の効果

クラウド・コンピューティング導入の重要なメリットの一つは、ビジネスで必要とする ICT 投入量の予測が難しく、また変動が激しい時、大規模なインフラを持っているクラウド・コンピューティング提供企業にサービスを提供してもらうことで、固定的な費用の支出を抑え、低費用でそれらに対処できることである。2 節でも論じているが、需要変動の激しさや予測困難さなどの問題は製造業より非製造業で、成熟した企業や産業より、新規企業や新しい産業で起こる可能性が高い。そのため、前述のようにほかの変数をコントロールすれば、若い企業ほどクラウド・コンピューティングを導入する確率が高くなる。また、前節の結果で、非製造業におけるクラウドの係数が製造業の場合より大きいことからこれも確認できる。

ここでは特に若い企業に注目して、クラウド・コンピューティングが若い企業の生産性により貢献するかを検証する。その第一歩として若い企業と古い企業でクラウド・コンピューティング変数の推計される係数が異なるかを見ることにする。表 10 は、企業を毎年の社齢で四つのグループに分け、もっとも若い企業から古い企業グループまで生産関数推計を行った結果である³⁵。サンプルサイズが限られるため、有意性は弱いものの、おおむね若い企業において ICT の係数が大きく推計され、2 番目に若い企業グループのソフトウェアと ICT サービスの係数が最も大きいことが確認できる。

クラウド・コンピューティングの係数はもっとも古い企業で最も小さく、ほかの企業グループに比べ三分の一ほどに推計されている。

³⁵ 社齢の基礎統計量は Appendix に載せてある。

表10 Greater contribution to younger firm?

| ln(Value-added) | firm age≤ 25 percentile | 25 percentile <firm age≤ 50 percentile | 50 percentile <firm age≤ 75 percentile | 75 percentile <firm age |
|----------------------------------|----------------------------|--|--|----------------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) |
| lnK | 0.093 *** (0.013) | 0.14 *** (0.017) | 0.131 *** (0.023) | 0.235 *** (0.020) |
| lnL | 0.761 *** (0.025) | 0.671 *** (0.025) | 0.789 *** (0.026) | 0.77 *** (0.029) |
| ln(R&D) | 0.068 *** (0.012) | 0.051 *** (0.011) | 0.054 *** (0.010) | 0.033 *** (0.006) |
| ln(ICT,hardware) | 0.008 (0.012) | 0.017 (0.013) | 0.008 (0.009) | 0.009 (0.006) |
| ln(ICT,software) | 0.069 *** (0.015) | 0.089 *** (0.017) | 0.049 *** (0.011) | 0.018 *** (0.007) |
| ln(ICT, service - cloud cost) | 0.037 ** (0.015) | 0.06 *** (0.016) | 0.034 ** (0.014) | 0.008 (0.007) |
| ln(ICT,others) | 0.012 (0.014) | 0.004 (0.016) | 0.01 (0.012) | 0.002 (0.007) |
| ln(ICT, cloud) | 0.066 * (0.034) | 0.066 * (0.034) | 0.063 ** (0.025) | 0.021 ** (0.009) |
| Observation | 1,376 | 1,543 | 1,858 | 2,087 |
| AdjustedR-squared | 0.831 | 0.812 | 0.886 | 0.931 |

Note. 1. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01. 2. Industry dummy and year dummy variables are included. 3. Dependent variable is logarithmic value of value-added. 4. Heteroskedasticity-robust standard errors are in parentheses. 5. OLS estimation.

企業年齢によるクラウドの貢献の差が統計的に有意であることを検証するために、表 11 では、生産関数推計の生産要素と企業年齢の対数値との交差項を入れた推計を行っている。モデル (1) と (4) を見ると、クラウド変数と企業年齢の対数値の交差項が負の値になっており、若い企業ほどクラウドの生産性が高いことになっている。しかし、ほかのモデルで企業年齢を直接生産関数に入れた場合、この有意性はなくなる。おそらく若い企業の生産活動が古い企業のそれと異なり、企業年齢やその交差項とほかの生産要素の交差項を入れることによって、クラウドの企業年齢による違いが吸収されていると考えられる³⁶。

本節での結果をまとめると、若い企業ほどクラウド・コンピューティングの貢献が大きいことは一部の推計で確認されるが、有意性は弱く、年齢による生産技術の差によるものと考えられる。ただし、本研究で主に用いているデータである『企業活動基本調査』は従業員 50 人、資本金 3 千万円以上を対象にしているため、クラウドが最も重要な非常に若い企業は調査対象でない可能性もある³⁷。

³⁶ 企業年齢の対数値の代わりにもっとも若い企業の場合 1 をとるダミー変数をその交差項と一緒に入れた推計も行っているが、どの推計も有意ではない。Appendix を参照されたい。

³⁷ たとえば、Appendix の表 A9 を見るともっとも若い企業グループの平均社齢は約 18 年で、中央値は 20 年である。全体の中央値は 50 年である。

表11 Greater contribution to younger firm?

| ln(Value-added) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|--|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ln(firm age) | | | -0.316 *** (0.088) | | | -0.456 *** (0.097) |
| lnK | 0.114 *** (0.008) | 0.01 (0.029) | -0.016 (0.030) | 0.129 *** (0.008) | 0.002 (0.032) | -0.029 (0.035) |
| lnK *ln(firm age) | | 0.032 *** (0.008) | 0.04 *** (0.009) | | 0.039 *** (0.009) | 0.048 *** (0.010) |
| lnL | 0.698 *** (0.013) | 0.849 *** (0.040) | 0.661 *** (0.062) | 0.781 *** (0.013) | 0.944 *** (0.044) | 0.689 *** (0.068) |
| lnL *ln(firm age) | | -0.044 *** (0.011) | 0.006 (0.017) | | -0.048 *** (0.012) | 0.02 (0.018) |
| ln(R&D) | 0.036 *** (0.004) | 0.09 *** (0.023) | 0.11 *** (0.024) | 0.05 *** (0.004) | 0.09 *** (0.025) | 0.122 *** (0.027) |
| ln(R&D) *ln(firm age) | | -0.014 ** (0.006) | -0.019 *** (0.006) | | -0.01 (0.006) | -0.019 *** (0.007) |
| ln(ICT w/o cloud) | 0.153 *** (0.007) | 0.162 *** (0.038) | 0.198 *** (0.039) | | | |
| ln(ICT w/o cloud) *ln(firm age) | | -0.003 (0.010) | -0.013 (0.011) | | | |
| ln(ICT,hardware) | | | | 0.013 *** (0.005) | 0.005 (0.035) | -0.004 (0.037) |
| ln(ICT,hardware) *ln(firm age) | | | | | 0.002 (0.009) | 0.004 (0.009) |
| ln(ICT,software) | | | | 0.048 *** (0.006) | 0.127 *** (0.042) | 0.13 *** (0.044) |
| ln(ICT,software) *ln(firm age) | | | | | -0.021 ** (0.010) | -0.022 ** (0.011) |
| ln(ICT,service w/o cloud) | | | | 0.032 *** (0.006) | 0.082 * (0.044) | 0.103 ** (0.047) |
| ln(ICT,service w/o cloud) *ln(firm age) | | | | | -0.013 (0.011) | -0.019 * (0.012) |
| ln(ICT,others) | | | | 0.001 (0.006) | -0.021 (0.037) | 0.006 (0.039) |
| ln(ICT,others) *ln(firm age) | | | | | 0.006 (0.009) | -0.001 (0.010) |
| ln(ICT, cloud) | 0.107 ** (0.048) | 0.025 (0.057) | 0.044 (0.058) | 0.191 *** (0.053) | 0.086 (0.062) | 0.127 * (0.065) |
| ln(ICT, cloud) *ln(firm age) | -0.02 * (0.011) | 0.001 (0.014) | -0.004 (0.014) | -0.036 *** (0.013) | -0.01 (0.015) | -0.021 (0.016) |
| Observation | 6,828 | 6,828 | 6,828 | 6,864 | 6,864 | 6,864 |
| AdjustedR-squared | 0.892 | 0.893 | 0.894 | 0.882 | 0.883 | 0.884 |

Note. 1. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01. 2. Industry dummy and year dummy variables are included. 3. Dependent variable is logarithmic value of value-added. 4. Heteroskedasticity-robust standard errors are in parentheses. 5. OLS estimation.

5. 結論

1990年代以降の日本経済の長期低迷の原因の一つとして、情報通信技術（ICT）革命に乗り遅れたことが指摘されてきた。本論文では、近年 ICT の流れの一つとして注目されている新技術である、クラウド・コンピューティングの導入状況やその経済効果を分析した。ICT 投資と

同様、クラウド・コンピューティングにおいても日本経済は米国に大きく遅れていることを示した。また、ICTを四つのカテゴリに分け、2000年以降、ICTはハードウェアからソフトウェアやICTサービスにその軸が移ったことも議論された。

クラウド・コンピューティングの経済効果を分析するため、『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、付加価値への貢献を分析した。第一歩としてICT全般の生産への寄与を分析した結果、限界生産が非常に高く、Fukao, et al. (2015)でも議論されているように、日本企業におけるICT投資は過少であることが示された。

クラウド・コンピューティングの生産への貢献を分析した結果、ソフトウェアやICTサービスの貢献とは別に、生産への大きな貢献が確認され、その係数が非常に大きいことから、クラウド・コンピューティングの導入が企業生産性を大きく上昇させる可能性があることが確認された。また、クラウド・コンピューティングの限界生産は他のICT投入よりはるかに大きく、導入及び活用が非常に過少である可能性が示唆される。

クラウド・コンピューティングが若い企業に特に重要な役割を果たすかを検証したが、この仮説を支持する結果は、一部の推計でのみ確認された。

本論文の先行研究に対する主な貢献は、ICT全体の流れを変えることまで期待されているクラウド・コンピューティングの生産への寄与がコストに比べ、非常に大きいことが日本企業を対象に確認された点である。加えて、ICT全般の投資と同様、日本企業はクラウド・コンピューティングの導入においても全般的に大きく遅れていることが明らかになっている。これらの結果は、果敢なクラウド・コンピューティングへの投資と導入が今日の日本企業に望まれることを示唆する結果である。

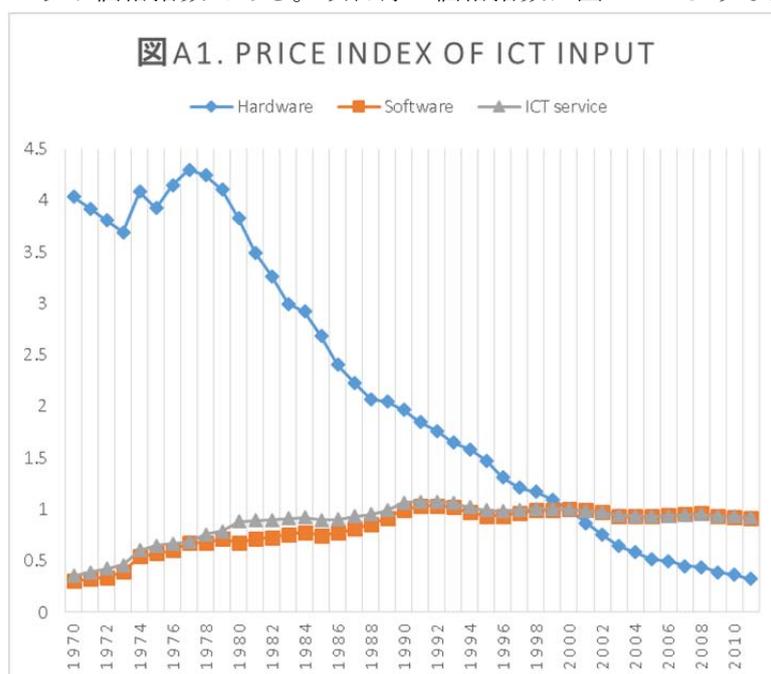
参考文献

- 内閣府、2013年、「平成25年度 年次経済財政報告—経済の好循環の確立に向けて—」。
- 宮川努、枝村一磨、尾崎雅彦、金榮慤、滝澤美帆、外木好美、原田信行、2015年、「無形資産投資と日本の経済成長」、RIETI ディスカッションペーパー（近刊）
- 宮川努、金榮慤、2010年、「無形資産の計測と経済効果 —マクロ・産業・企業レベルでの分析—」 RIETI Policy Discussion Paper Series 10-P-014.
- Etro, Federico. "The economic impact of cloud computing on business creation, employment and output in Europe." *Review of Business and Economics* 54.2 (2009): 179-208.
- Etro, Federico, 2011, Chapter 17 The economics of Cloud Computing, in *Cloud Computing Service and Deployment Models: Layers and Management*, eds by Richard O. Mason, Alberto M. Bento, and Anil K. Aggarwal, Business Science Reference.
- Goto, Akira, and Kazuyuki Suzuki. "R & D capital, rate of return on R & D investment and spillover of R & D in Japanese manufacturing industries." *The Review of Economics and Statistics* (1989): 555-564.
- Tak, Byung Chul, Bhuvan Uргаonkar, and Anand Sivasubramaniam. "To move or not to move: The economics of cloud computing." Proceedings of the 3rd USENIX conference on Hot topics in cloud computing. USENIX Association, 2011.
- Fukao, Kyoji, Kenta Ikeuchi, YoungGak Kim, and Hyeog Ug Kwon, 2015, Why Was Japan Left Behind in the ICT Revolution? *RIETI discussion paper* (forthcoming).
- Hall, Bronwyn H., Francesca Lotti, and Jacques Mairesse. *Evidence on the Impact of R&D and ICT Investment on Innovation and Productivity in Italian Firms*. No. w18053. National Bureau of Economic Research, 2012.

Appendix

A1. 価格指数

本論文で使われているアウトプットの価格指数は JIP2014 年版を基に、『情報処理実態調査』と JIP2014 年の産業分類をマッチすることで作成されている。ICT 関連費用を実質化するために使われている価格指数は情報サービス業のアウトプット価格指数を使っている。四つの項目毎の費用を実質化するために使われている価格指数は、(1) ハードウェアは情報通信機械器具製造業のアウトプット価格指数、(2) ソフトウェアは JIP2014 年版の投資財デフレーターを受注ソフトウェアの価格指数、(3) ICT 関連サービスと (4) その他の ICT 関連費用は情報サービス業のアウトプット価格指数である。項目毎の価格指数は図 A1 のような推移をしている。



A2. 減価償却の概念を使う

本文で言及しているように、『情報処理実態調査』は 2006 年以降「購入額」を中心とした支出ベースで関連費用をとらえるように変わった。そのため、2006 年以降も 2005 年前と同概念になるように「減価償却費」を ICT 関連費用として取り入れている。

A2.1. 減価償却費から資本費用への調整

ICT 関連費用のうち、レンタル・リース費用や維持費、サービス費用などは、そのまま ICT 資本のユーザーコストと見なすことが出来る。しかし、減価償却費は資本のユーザーコストを過小評価する可能性がある。「資本のユーザーコスト」は概念的に「減価償却費」と「金利」、「キャピタルゲイン」の合計と考えられ、「減価償却費」はその一部に過ぎない。そのため、本論文では JIP2014 年版から、産業毎の「ハードウェアのユーザーコスト」と「ハードウェアの減価償却費」の比率を求め、ハードウェアの減価償却費にかけることによって「ハードウェア

アの資本コスト」を求めた。また、ソフトウェアの減価償却費も同様の方法で「ソフトウェアの資本コスト」に変換している。これを元のデータの減価償却費に置き換えることによって、「資本のユーザーコスト」としての ICT 関連費用を求めている。

A3. 産業毎のクラウド・コンピューティングの導入率

表A1 Adoption of cloud computing (by industry)

| Industry | # obs. | adoption rate |
|-------------------|--------|---------------|
| 新聞・出版業 | 114 | 31% |
| 化学工業 | 355 | 30% |
| 情報通信機械器具製造業 | 171 | 27% |
| 精密機械器具製造業 | 116 | 22% |
| 映像・音声情報制作・放送・通信業 | 160 | 21% |
| 石油・石炭・プラスチック製品製造業 | 225 | 18% |
| 卸売業 | 1553 | 18% |
| 鉄鋼業 | 152 | 18% |
| その他の製造業 | 321 | 16% |
| 輸送用機械器具製造業 | 482 | 16% |
| 電気・ガス・熱供給・水道業 | 238 | 16% |
| 小売業 | 1243 | 15% |
| その他の非製造業 | 1440 | 14% |
| 建設業 | 423 | 14% |
| 食料品、飲料・たばこ・飼料製造業 | 502 | 14% |
| 一般機械器具製造業 | 481 | 14% |
| 窯業・土石製品製造業 | 112 | 13% |
| パルプ・紙・紙加工品製造業 | 90 | 13% |
| 電気機械器具製造業 | 500 | 13% |
| 運輸業 | 208 | 13% |
| 非鉄金属製品・金属製品製造業 | 375 | 11% |
| 繊維工業 | 101 | 11% |
| 農林漁業・同協同組合、鉱業 | 172 | 9% |
| Total | 9534 | 16% |

A4. 産業別の ICT 関連費用の対付加価値比率

表A2 The average of ICT cost over Value-added by industry

| Industry | # obs. | Mean | S.D. | Min. | Median | Max. |
|----------------------|--------|-------|-------|-----------|--------|-------|
| 1 食料品、飲料・たばこ・飼料製造業 | 1,938 | 0.031 | 0.043 | 0 | 0.019 | 0.688 |
| 2 繊維工業 | 560 | 0.035 | 0.054 | 0 | 0.023 | 0.532 |
| 3 パルプ・紙・紙加工品製造業 | 412 | 0.021 | 0.026 | 0 | 0.016 | 0.295 |
| 4 化学工業 | 1,359 | 0.036 | 0.036 | 0 | 0.028 | 0.482 |
| 5 石油・石炭・プラスチック製品製造業 | 743 | 0.030 | 0.034 | 0 | 0.020 | 0.421 |
| 6 窯業・土石製品製造業 | 520 | 0.024 | 0.040 | 0 | 0.015 | 0.579 |
| 7 鉄鋼業 | 592 | 0.035 | 0.043 | 0 | 0.025 | 0.623 |
| 8 非鉄金属製品・金属製品製造業 | 1,431 | 0.028 | 0.033 | 0 | 0.020 | 0.409 |
| 9 一般機械器具製造業 | 2,004 | 0.034 | 0.046 | 0 | 0.024 | 0.926 |
| 10 電気機械器具製造業 | 2,206 | 0.036 | 0.052 | 0 | 0.023 | 0.990 |
| 11 情報通信機械器具製造業 | 591 | 0.057 | 0.070 | 0 | 0.039 | 0.645 |
| 12 輸送用機械器具製造業 | 1,901 | 0.026 | 0.037 | 0 | 0.017 | 0.914 |
| 13 精密機械器具製造業 | 400 | 0.038 | 0.049 | 0 | 0.025 | 0.385 |
| 14 その他の製造業 | 1,249 | 0.034 | 0.046 | 0 | 0.021 | 0.646 |
| 15 農林漁業・同協同組合、鉱業 | 159 | 0.013 | 0.017 | 0 | 0.009 | 0.125 |
| 16 建設業 | 1,210 | 0.024 | 0.040 | 0 | 0.013 | 0.600 |
| 17 電気・ガス・熱供給・水道業 | 691 | 0.033 | 0.040 | 0 | 0.026 | 0.736 |
| 18 映像・音声情報制作・放送・通信業 | 309 | 0.046 | 0.095 | 0 | 0.020 | 0.792 |
| 19 新聞・出版業 | 331 | 0.071 | 0.080 | 0 | 0.049 | 0.605 |
| 20 情報サービス業 | 1,996 | 0.212 | 0.314 | 0 | 0.049 | 1.000 |
| 21 運輸業 | 362 | 0.023 | 0.030 | 0 | 0.011 | 0.168 |
| 22 卸売業 | 6,553 | 0.057 | 0.070 | 0 | 0.040 | 0.985 |
| 23 小売業 | 4,772 | 0.041 | 0.061 | 0 | 0.029 | 0.963 |
| 24 金融・保険業 | 431 | 0.224 | 0.176 | 0 | 0.189 | 0.943 |
| 25 医療業（国・公立を除く） | 26 | 0.038 | 0.081 | 0.0026537 | 0.013 | 0.408 |
| 26 教育（国・公立を除く）、学習支援業 | 40 | 0.083 | 0.144 | 0 | 0.037 | 0.889 |
| 27 その他の非製造業 | 2,929 | 0.030 | 0.063 | 0 | 0.013 | 0.923 |
| Total | 35,715 | 0.050 | 0.104 | 0 | 0.025 | 1.000 |

表A3. Summary statistics

| (2009-2011) | | | | | | | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) | (17) | (18) | (19) | (20) | (21) |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| Variable | N | Mean | S.D. | Min. | Median | Max. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (1) Headquarter | 9,534 | 0.365 | 0.482 | 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (2) Affil. of domestic firm | 9,534 | 0.366 | 0.482 | 0 | 0 | 1 | -0.648 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (3) Affil. of foreign firm | 9,534 | 0.009 | 0.094 | 0 | 0 | 1 | -0.070 | -0.072 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (4) # establishment | 8,907 | 25.296 | 91.874 | 1 | 8 | 3,716 | 0.067 | -0.022 | -0.012 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (5) ln(# domestic affiliates) | 9,534 | 0.786 | 1.072 | 0 | 0 | 6.182 | 0.561 | -0.257 | -0.016 | 0.1232 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (6) ln(# overseas affiliates) | 9,534 | 0.429 | 0.966 | 0 | 0 | 7.120 | 0.346 | -0.162 | -0.010 | 0.042 | 0.6805 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| (7) Adoption of cloud | 9,534 | 0.161 | 0.368 | 0 | 0 | 1 | 0.080 | -0.016 | 0.020 | 0.060 | 0.190 | 0.2042 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| (8) ln(IT) | 7,597 | 3.645 | 2.187 | 0 | 3.419 | 11.3 | 0.198 | 0.024 | 0.038 | 0.181 | 0.595 | 0.538 | 0.2389 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| (9) ln(IT, hardware) | 7,597 | 2.895 | 2.249 | 0 | 2.861 | 12.3 | 0.154 | -0.013 | -0.001 | 0.137 | 0.379 | 0.318 | 0.121 | 0.6531 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| (10) ln(IT, software) | 7,597 | 1.770 | 2.036 | 0 | 1.156 | 10.0 | 0.145 | 0.013 | 0.004 | 0.123 | 0.419 | 0.371 | 0.180 | 0.677 | 0.6033 | 1 | | | | | | | | | | | |
| (11) ln(IT, service) | 7,597 | 1.278 | 2.041 | 0 | 0.000 | 10.4 | 0.132 | 0.008 | 0.027 | 0.107 | 0.429 | 0.388 | 0.183 | 0.606 | 0.547 | 0.5527 | 1 | | | | | | | | | | |
| (12) ln(IT, others) | 7,597 | 1.049 | 1.898 | 0 | 0.000 | 9.9 | 0.167 | -0.024 | 0.038 | 0.116 | 0.399 | 0.374 | 0.135 | 0.564 | 0.487 | 0.490 | 0.632 | 1 | | | | | | | | | |
| (13) ln(IT, cloud) | 7,470 | 0.332 | 1.056 | 0 | 0.000 | 9.545 | 0.084 | 0.000 | 0.028 | 0.107 | 0.334 | 0.350 | 0.770 | 0.410 | 0.225 | 0.295 | 0.325 | 0.2502 | 1 | | | | | | | | |
| (14) ICT / VA | 7,597 | 0.032 | 0.055 | 0 | 0.015 | 0.990 | 0.053 | 0.015 | 0.019 | 0.033 | 0.234 | 0.225 | 0.119 | 0.505 | 0.333 | 0.368 | 0.305 | 0.297 | 0.2183 | 1 | | | | | | | |
| (15) ICT (hardware) / VA | 7,597 | 0.010 | 0.025 | 0 | 0.003 | 0.881 | 0.026 | -0.036 | 0.005 | 0.002 | 0.049 | 0.043 | 0.013 | 0.220 | 0.394 | 0.140 | 0.102 | 0.091 | 0.043 | 0.6022 | 1 | | | | | | |
| (16) ICT (software) / VA | 7,597 | 0.007 | 0.022 | 0 | 0.001 | 0.773 | 0.014 | 0.027 | -0.007 | 0.006 | 0.133 | 0.134 | 0.074 | 0.315 | 0.254 | 0.486 | 0.234 | 0.189 | 0.122 | 0.539 | 0.2349 | 1 | | | | | |
| (17) ICT (service) / VA | 7,597 | 0.005 | 0.021 | 0 | 0.000 | 0.693 | 0.021 | 0.029 | 0.003 | 0.016 | 0.163 | 0.151 | 0.084 | 0.296 | 0.222 | 0.261 | 0.501 | 0.256 | 0.158 | 0.489 | 0.179 | 0.462 | 1 | | | | |
| (18) ICT (others) / VA | 7,597 | 0.004 | 0.016 | 0 | 0.000 | 0.565 | 0.045 | 0.009 | 0.064 | 0.041 | 0.154 | 0.145 | 0.042 | 0.270 | 0.173 | 0.195 | 0.210 | 0.548 | 0.092 | 0.463 | 0.112 | 0.201 | 0.2422 | 1 | | | |
| (19) ICT (cloud) / VA | 7,597 | 0.001 | 0.005 | 0 | 0.000 | 0.223 | -0.012 | 0.036 | 0.001 | 0.018 | 0.044 | 0.058 | 0.270 | 0.108 | 0.059 | 0.087 | 0.110 | 0.040 | 0.394 | 0.221 | 0.114 | 0.1459 | 0.2107 | 0.0311 | 1 | | |
| (20) ln(R&D) | 9,534 | 1.618 | 2.803 | 0 | 0.000 | 13.0 | 0.245 | -0.089 | 0.039 | 0.002 | 0.493 | 0.618 | 0.159 | 0.494 | 0.296 | 0.340 | 0.349 | 0.345 | 0.274 | 0.134 | 0.011 | 0.069 | 0.075 | 0.0865 | 0.0362 | 1 | |
| (21) R&D / VA | 9,534 | 0.031 | 0.149 | 0 | 0 | 6.493 | 0.100 | -0.045 | 0.033 | -0.007 | 0.233 | 0.363 | 0.091 | 0.256 | 0.160 | 0.192 | 0.188 | 0.199 | 0.162 | 0.267 | 0.169 | 0.165 | 0.121 | 0.110 | 0.037 | 0.513 | 1 |

| (1994-2011) | | | | | | | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) | (17) | (18) | (19) | | |
|-------------------------------|----------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| Variable | N | Mean | S.D. | Min. | Median | Max. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (1) Headquarter | 502,448 | 0.326 | 0.469 | 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (2) Affil. of domestic firm | 502,448 | 0.306 | 0.461 | 0 | 0 | 1 | -0.648 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (3) Affil. of foreign firm | 502,448 | 0.011 | 0.105 | 0 | 0 | 1 | -0.070 | -0.072 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (4) # establishment | 500,039 | 12.285 | 49.019 | 1 | 4 | 4,458 | 0.067 | -0.022 | -0.012 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (5) ln(# domestic affiliates) | 502,448 | 0.528 | 0.813 | 0 | 0 | 6.389 | 0.561 | -0.257 | -0.016 | 0.1232 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (6) ln(# overseas affiliates) | 502,448 | 0.195 | 0.561 | 0 | 0 | 7.134 | 0.346 | -0.162 | -0.010 | 0.042 | 0.6805 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| (7) Adoption of cloud | 9,534 | 0.161 | 0.368 | 0 | 0 | 1 | 0.080 | -0.016 | 0.020 | 0.060 | 0.190 | 0.2042 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| (8) ln(IT) | 35,816 | 3.880 | 2.169 | 0 | 3.740 | 12.5 | 0.198 | 0.024 | 0.038 | 0.181 | 0.595 | 0.538 | 0.2389 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| (9) ln(IT, hardware) | 35,816 | 3.057 | 2.084 | 0 | 2.968 | 12.8 | 0.154 | -0.013 | -0.001 | 0.137 | 0.379 | 0.318 | 0.121 | 0.6531 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| (10) ln(IT, software) | 35,816 | 1.991 | 2.108 | 0 | 1.444 | 11.3 | 0.145 | 0.013 | 0.004 | 0.123 | 0.419 | 0.371 | 0.180 | 0.677 | 0.6033 | 1 | | | | | | | | | | | |
| (11) ln(IT, service) | 35,816 | 1.631 | 2.126 | 0 | 0.718 | 10.5 | 0.132 | 0.008 | 0.027 | 0.107 | 0.429 | 0.388 | 0.183 | 0.606 | 0.547 | 0.5527 | 1 | | | | | | | | | | |
| (12) ln(IT, others) | 35,816 | 2.127 | 2.165 | 0 | 1.846 | 10.5 | 0.167 | -0.024 | 0.038 | 0.116 | 0.399 | 0.374 | 0.135 | 0.564 | 0.487 | 0.490 | 0.632 | 1 | | | | | | | | | |
| (13) ln(IT, cloud) | 7,470 | 0.332 | 1.056 | 0 | 0.000 | 9.545 | 0.084 | 0.000 | 0.028 | 0.107 | 0.334 | 0.350 | 0.770 | 0.410 | 0.225 | 0.295 | 0.325 | 0.2502 | 1 | | | | | | | | |
| (14) ICT / VA | 35,816 | 0.036 | 0.055 | 0 | 0.021 | 0.990 | 0.053 | 0.015 | 0.019 | 0.033 | 0.234 | 0.225 | 0.119 | 0.505 | 0.333 | 0.368 | 0.305 | 0.297 | 0.2183 | 1 | | | | | | | |
| (15) ICT (hardware) / VA | 35,816 | 0.012 | 0.026 | 0 | 0.006 | 0.988 | 0.026 | -0.036 | 0.005 | 0.002 | 0.049 | 0.043 | 0.013 | 0.220 | 0.394 | 0.140 | 0.102 | 0.091 | 0.043 | 0.6022 | 1 | | | | | | |
| (16) ICT (software) / VA | 35,816 | 0.008 | 0.022 | 0 | 0.002 | 0.949 | 0.014 | 0.027 | -0.007 | 0.006 | 0.133 | 0.134 | 0.074 | 0.315 | 0.254 | 0.486 | 0.234 | 0.189 | 0.122 | 0.539 | 0.2349 | 1 | | | | | |
| (17) ICT (service) / VA | 35,816 | 0.006 | 0.022 | 0 | 0.000 | 0.941 | 0.021 | 0.029 | 0.003 | 0.016 | 0.163 | 0.151 | 0.084 | 0.296 | 0.222 | 0.261 | 0.501 | 0.256 | 0.158 | 0.489 | 0.179 | 0.462 | 1 | | | | |
| (18) ICT (others) / VA | 35,816 | 0.009 | 0.028 | 0 | 0.002 | 0.960 | 0.045 | 0.009 | 0.064 | 0.041 | 0.154 | 0.145 | 0.042 | 0.270 | 0.173 | 0.195 | 0.210 | 0.548 | 0.092 | 0.463 | 0.112 | 0.201 | 0.2422 | 1 | | | |
| (19) ICT (cloud) / VA | 35,816 | 0.000 | 0.002 | 0 | 0.000 | 0.223 | -0.012 | 0.036 | 0.001 | 0.018 | 0.044 | 0.058 | 0.270 | 0.108 | 0.059 | 0.087 | 0.110 | 0.040 | 0.394 | 0.221 | 0.114 | 0.1459 | 0.2107 | 0.0311 | 1 | | |
| (20) ln(R&D) | 502,448 | 1.152 | 2.155 | 0 | 0.000 | 13.2 | 0.245 | -0.089 | 0.039 | 0.002 | 0.493 | 0.618 | 0.159 | 0.494 | 0.296 | 0.340 | 0.349 | 0.345 | 0.274 | 0.134 | 0.011 | 0.069 | 0.075 | 0.0865 | 0.0362 | 1 | |
| (21) R&D / VA | 502,448 | 0.003 | 0.043 | 0 | 0 | 13.960 | 0.100 | -0.045 | 0.033 | -0.007 | 0.233 | 0.363 | 0.091 | 0.256 | 0.160 | 0.192 | 0.188 | 0.199 | 0.162 | 0.267 | 0.169 | 0.165 | 0.121 | 0.110 | 0.037 | 0.513 | 1 |

A5. ICT 関連費用の項目別対付加価値比率

表A4. ICT項目別対付加価値比率(期間別)

| 1995-2011 | | | | | |
|---------------|--------|-------|-----------|-----|-------|
| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
| hardware / VA | 35,816 | 0.012 | 0.026 | 0 | 0.988 |
| software / VA | 35,816 | 0.008 | 0.022 | 0 | 0.949 |
| service / VA | 35,816 | 0.006 | 0.022 | 0 | 0.941 |
| others / VA | 35,816 | 0.009 | 0.028 | 0 | 0.960 |

| 1995-2005 | | | | | |
|---------------|--------|-------|-----------|-----|-------|
| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
| hardware / VA | 20,919 | 0.013 | 0.025 | 0 | 0.935 |
| software / VA | 20,919 | 0.008 | 0.021 | 0 | 0.949 |
| service / VA | 20,919 | 0.006 | 0.021 | 0 | 0.829 |
| others / VA | 20,919 | 0.013 | 0.034 | 0 | 0.960 |

| 2006-2011 | | | | | |
|---------------|--------|-------|-----------|-----|-------|
| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
| hardware / VA | 14,897 | 0.011 | 0.027 | 0 | 0.988 |
| software / VA | 14,897 | 0.008 | 0.023 | 0 | 0.786 |
| service / VA | 14,897 | 0.006 | 0.023 | 0 | 0.941 |
| others / VA | 14,897 | 0.004 | 0.017 | 0 | 0.824 |

A6. 2011 年のデータのみによる分析結果

表A5 Effect of cloud computing

| ln(Value-added) | 2011 | | | | firms adopted cloud | |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| lnK | 0.121 *** (0.010) | 0.136 *** (0.010) | 0.121 *** (0.010) | 0.135 *** (0.010) | 0.149 *** (0.022) | 0.176 *** (0.023) |
| lnL | 0.701 *** (0.016) | 0.771 *** (0.016) | 0.699 *** (0.016) | 0.769 *** (0.016) | 0.594 *** (0.047) | 0.66 *** (0.045) |
| ln(R&D) | 0.034 *** (0.006) | 0.048 *** (0.006) | 0.034 *** (0.006) | 0.048 *** (0.006) | 0.022 ** (0.011) | 0.036 *** (0.011) |
| ln(ICT) | 0.145 *** (0.009) | | | | | |
| ln(ICT cost - cloud cost) | | | 0.146 *** (0.009) | | 0.181 *** (0.025) | |
| ln(ICT, hardware) | | 0.009 (0.007) | | 0.009 (0.007) | | -0.005 (0.012) |
| ln(ICT, software) | | 0.053 *** (0.008) | | 0.052 *** (0.008) | | 0.03 ** (0.013) |
| ln(ICT, service) | | 0.024 *** (0.009) | | | | |
| ln(ICT, service - cloud cost) | | | | 0.03 *** (0.008) | | 0.038 *** (0.014) |
| ln(ICT, others) | | 0.002 (0.008) | | 0 (0.008) | | -0.015 (0.014) |
| ln(IT, cloud) | 0.015 (0.011) | 0.039 *** (0.013) | 0.022 ** (0.011) | 0.043 *** (0.012) | 0.054 * (0.032) | 0.144 *** (0.029) |
| Observation | 2,261 | 2,261 | 2,243 | 2,261 | 462 | 480 |
| AdjustedR-squared | 0.898 | 0.888 | 0.898 | 0.888 | 0.919 | 0.91 |

Note. 1. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01. 2. Industry dummy and year dummy variables are included. 3. Dependent variable is logarithmic value of value-added. 4. Heteroskedasticity-robust standard errors are in parentheses. 5. OLS estimation.

表A6 Marginal product of inputs

| Model | Variables | Obs. | Mean | S.D. | Min. | Median | Max. |
|-------|-------------|-------|---------|---------|----------|----------------|-------|
| (3) | K | 2,259 | 2.598 | 59.167 | 0.002 | 0.133 | 2777 |
| | R&D | 781 | 1.707 | 10.328 | 0.004 | 0.152 | 258 |
| | ICT | 2,154 | 27.727 | 111.758 | 0.240 | 7.991 | 4039 |
| | Cloud | 461 | 47.355 | 129.759 | 0.099 | 17.484 | 1877 |
| (4) | Hardware | 1,707 | 3.202 | 10.171 | 0.019 | 1.380 | 360 |
| | Software | 1,365 | 26.817 | 87.204 | 0.208 | 9.302 | 2320 |
| | ICT service | 834 | 16.585 | 49.544 | 0.084 | 5.043 | 838 |
| | ICT others | 676 | -0.112 | 0.221 | -2.093 | -0.038 | 0 |
| | Cloud | 479 | 98.484 | 259.929 | 0.194 | 34.369 | 3687 |
| (5) | K | 479 | 1.139 | 3.782 | 0.007 | 0.173 | 36 |
| | R&D | 212 | 0.526 | 1.522 | 0.004 | 0.061 | 12 |
| | ICT | 460 | 37.691 | 260.980 | 0.493 | 6.136 | 4999 |
| | Cloud | 461 | 116.446 | 319.074 | 0.243 | 42.991 | 4617 |
| (6) | Hardware | 362 | -1.695 | 3.840 | -47.624 | -0.764 | 0 |
| | Software | 323 | 9.972 | 20.978 | 0.209 | 3.606 | 226 |
| | ICT service | 198 | 28.498 | 114.081 | 0.106 | 4.614 | 1061 |
| | ICT others | 185 | -6.217 | 12.833 | -122.137 | -2.227 | 0 |
| | Cloud | 479 | 328.292 | 866.467 | 0.647 | 114.567 | 12290 |

A7. 年齢別企業グループの企業年齢

表A7. Summary statistics of age by age group between 2009 and 2011

| | # obs. | Mean | S.D. | Min. | Median | Max. |
|--------------|--------|------|------|------|--------|------|
| 1 (youngest) | 1,823 | 17.9 | 7.9 | 1 | 20 | 30 |
| 2 | 2,021 | 38.5 | 4.5 | 30 | 39 | 46 |
| 3 | 2,390 | 53.4 | 4.4 | 46 | 53 | 60 |
| 4 (oldest) | 2,673 | 71.7 | 16.9 | 60 | 66 | 395 |
| Total | 8,907 | 48.2 | 22.1 | 1 | 50 | 395 |

A8. 産業別資本集約度と産業分類

表A8 産業別資本集約度

| Industry | K/L | |
|----------------------|-------|------------|
| 25 医療業（国・公立を除く） | 1.0 | 労働集約的サービス業 |
| 20 情報サービス業 | 3.5 | 労働集約的サービス業 |
| 23 小売業 | 3.6 | 労働集約的サービス業 |
| 26 教育（国・公立を除く）、学習支援業 | 4.2 | 労働集約的サービス業 |
| 22 卸売業 | 7.2 | 労働集約的サービス業 |
| 13 精密機械器具製造業 | 8.4 | 労働集約的製造業 |
| 16 建設業 | 8.8 | 労働集約的サービス業 |
| 2 繊維工業 | 10.1 | 労働集約的製造業 |
| 27 その他の非製造業 | 10.3 | 労働集約的製造業 |
| 1 食料品・飲料・たばこ・飼料製造業 | 11.7 | 労働集約的製造業 |
| 9 一般機械器具製造業 | 12.1 | 労働集約的製造業 |
| 14 その他の製造業 | 12.3 | 労働集約的製造業 |
| 19 新聞・出版業 | 15.1 | 労働集約的サービス業 |
| 11 情報通信機械器具製造業 | 18.7 | 労働集約的製造業 |
| 10 電気機械器具製造業 | 18.9 | 資本集約的製造業 |
| 12 輸送用機械器具製造業 | 20.9 | 資本集約的製造業 |
| 24 金融・保険業 | 22.8 | 資本集約的サービス業 |
| 8 非鉄金属製品・金属製品製造業 | 25.3 | 資本集約的製造業 |
| 6 窯業・土石製品製造業 | 27.4 | 資本集約的製造業 |
| 4 化学工業 | 29.2 | 資本集約的製造業 |
| 5 石油・石炭・プラスチック製品製造業 | 34.2 | 資本集約的製造業 |
| 3 パルプ・紙・紙加工品製造業 | 37.7 | 資本集約的製造業 |
| 18 映像・音声情報制作・放送・通信業 | 44.6 | 資本集約的サービス業 |
| 21 運輸業 | 53.4 | 資本集約的サービス業 |
| 7 鉄鋼業 | 65.3 | 資本集約的サービス業 |
| 15 農林漁業・同協同組合、鉱業 | 93.2 | 資本集約的サービス業 |
| 17 電気・ガス・熱供給・水道業 | 296.0 | 資本集約的サービス業 |

A9. 社齡別企業グループの平均社齡

表A9. Summary statistics of age by age group between 2009 and 2011

| | # obs. | Mean | S.D. | Min. | Median | Max. |
|--------------|--------|------|------|------|--------|------|
| 1 (youngest) | 1,823 | 17.9 | 7.9 | 1 | 20 | 30 |
| 2 | 2,021 | 38.5 | 4.5 | 30 | 39 | 46 |
| 3 | 2,390 | 53.4 | 4.4 | 46 | 53 | 60 |
| 4 (oldest) | 2,673 | 71.7 | 16.9 | 60 | 66 | 395 |
| Total | 8,907 | 48.2 | 22.1 | 1 | 50 | 395 |

A10. 社齡とクラウド・コンピューティング

表A10 Greater contribution to younger firm?

| ln(Value-added) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|--|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 1 (youngest) | | | 0.316 ** (0.128) | | | 0.506 *** (0.139) |
| lnK | 0.114 *** (0.008) | 0.136 *** (0.011) | 0.139 *** (0.011) | 0.129 *** (0.008) | 0.152 *** (0.011) | 0.157 *** (0.012) |
| lnK *1 (youngest) | | -0.035 ** (0.015) | -0.045 *** (0.016) | | -0.039 ** (0.016) | -0.054 *** (0.017) |
| lnL | 0.698 *** (0.013) | 0.672 *** (0.015) | 0.682 *** (0.015) | 0.781 *** (0.013) | 0.754 *** (0.015) | 0.767 *** (0.015) |
| lnL *1 (youngest) | | 0.055 *** (0.018) | 0.009 (0.025) | | 0.056 *** (0.019) | -0.014 (0.026) |
| ln(R&D) | 0.036 *** (0.004) | 0.033 *** (0.004) | 0.032 *** (0.004) | 0.05 *** (0.004) | 0.048 *** (0.005) | 0.045 *** (0.005) |
| ln(R&D) *1 (youngest) | | 0.029 *** (0.011) | 0.035 *** (0.012) | | 0.027 ** (0.012) | 0.036 *** (0.012) |
| ln(ICT w/o cloud) | 0.153 *** (0.007) | 0.153 *** (0.008) | 0.15 *** (0.008) | | | |
| ln(ICT w/o cloud) *1 (youngest) | | -0.002 (0.015) | 0.006 (0.015) | | | |
| ln(ICT,hardware) | | | | 0.013 ** (0.005) | 0.013 ** (0.005) | 0.013 ** (0.005) |
| ln(ICT,hardware) *1 (youngest) | | | | | -0.004 (0.013) | -0.007 (0.014) |
| ln(ICT,software) | | | | 0.048 *** (0.006) | 0.045 *** (0.006) | 0.043 *** (0.006) |
| ln(ICT,software) *1 (youngest) | | | | | 0.018 (0.017) | 0.023 (0.017) |
| ln(ICT,service w/o cloud) | | | | 0.032 *** (0.006) | 0.03 *** (0.006) | 0.028 *** (0.007) |
| ln(ICT,service w/o cloud) *1 (youngest) | | | | | 0.003 (0.017) | 0.01 (0.017) |
| ln(ICT,others) | | | | 0.001 (0.006) | 0.003 (0.006) | 0.002 (0.006) |
| ln(ICT,others) *1 (youngest) | | | | | 0.005 (0.015) | 0.012 (0.015) |
| ln(ICT, cloud) | 0.024 *** (0.008) | 0.03 *** (0.008) | 0.028 *** (0.008) | 0.04 *** (0.010) | 0.047 *** (0.009) | 0.044 *** (0.009) |
| ln(ICT, cloud) *1 (youngest) | 0.032 (0.029) | -0.005 (0.034) | 0.001 (0.034) | 0.052 * (0.031) | 0.003 (0.034) | 0.014 (0.034) |
| Observation | 6,828 | 6,828 | 6,828 | 6,864 | 6,864 | 6,864 |
| AdjustedR-squared | 0.892 | 0.893 | 0.894 | 0.882 | 0.883 | 0.883 |

Note. 1. * p<0.10, ** p<0.05, and *** p<0.01. 2. Industry dummy and year dummy variables are included. 3. Dependent variable is logarithmic value of value-added. 4. Heteroskedasticity-robust standard errors are in parentheses. 5. OLS estimation.

A11.クラウド・コンピューティングの概要

A11.1. クラウドサービスの概念

「情報処理実態調査票」の定義によれば、クラウド・コンピューティングとは、「ネットワークから提供される情報処理サービスで、ネットワークとの接続環境さえあれば、ネットワークに接続している特定のコンピューターや通信ネットワークなどの情報処理基盤を意識することなく、情報通信技術の便益やアプリケーションを享受可能にするもの」を指す。簡単に言えば、自前のサーバーやコンピューター、ソフトウェアなどの ICT 資産を利用するのではなく、インターネットで接続された外部の ICT システムを用いることである。従来はコンピューターが提供していたコンピューティングというサービスを、クラウド・コンピューティングのベンダー企業からサービスとして購入して利用する形態である。クラウド・コンピューティングのベンダー企業は、高度な分散情報システムで管理された大量のサーバーを構築しており、比較的安価な情報機器によって大量のコンピューティング需要に対応する。

クラウド (cloud) という概念は、古くから存在していたが、2006 年 8 月 9 日、当時 Google の CEO であったエリック・シュミット (Eric Schmidt) が、米国カリフォルニア州サンノゼ市 (San Jose, CA) で開催された「検索エンジン戦略会議」 (Search Engine Strategies Conference) の中で「クラウド・コンピューティング」と表現した³⁸ことを機に普及することになったといわれる。

国内外のクラウドサービス提供企業のホームページには導入例が多く紹介されており、そこには名の知れている大企業だけでなく、多くの国公立大学、私立大学や地方自治体までも容易に見つけることができる。身近な例ではグーグルがサービスしている Gmail をはじめとする一連のウェブサービスや Facebook のサービス、Dropbox のようなウェブ・ストレージ、AWS (アマゾン・ウェブサービス) など、様々な形態で利用されている。

A11.2. クラウドサービスの種類

クラウド・コンピューティングによるサービスにはいくつかの種類があり、中でも SaaS、PaaS、IaaS が代表的であり、『情報処理実態調査』では以下のように定義している。

① 「SaaS」とは、Software as a Service の略称で、「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である。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 といわれている。

³⁸ <http://www.google.com/press/podium/ses2006.html> (2015 年 4 月 27 日アクセス)

- ② 「PaaS」とは、Platform as a Service の略称で、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」とは、Infrastructure as a Service の略称で、仮想マシン（「仮想化技術」により物理的なコンピューターを分割し、独立した OS により動作する論理的なコンピューターをいう）を直接的に操作可能にしたものをいう。
- そのほかに、以下のようなサービスもある。
- ④ 「DaaS」（Desktop as a Service の略称）：端末のデスクトップ環境を、ネットワークを通して提供するサービス。クライアント環境には OS やアプリケーションを搭載せず、ネットワーク経由で仮想デスクトップ環境を利用することによって、オフィスや、外出先、自宅などでもオフィスと同様の業務環境を実現できる。
- ⑤ プライベートクラウド：企業が、自社内でクラウド・コンピューティングのシステムを構築し、企業内の部門やグループ会社などに対してクラウドサービスを提供する形態のこと。プライベートクラウドと対照するため、上記のクラウドサービスをパブリッククラウドサービスと呼ぶ場合もある。