

ICT 及び R&D への投資が日本の経済成長に及ぼす効果の分析
—生産関数モデルを用いた検証—

久保田茂裕、篠崎彰彦

2019年9月

(株)情報通信総合研究所

InfoCom Economic Study Discussion Paper Series は、情報経済に関する幅広い領域の調査・研究について、時宜を得た問題提起と活発な議論の喚起を目的に、当研究所の情報経済研究会で報告・議論された内容の一部を公開するものである。

内容については、事実関係、解釈、意見のすべてにおいて、所属する組織、団体等の公式見解ではなく、執筆者個人の責任に帰するものである。学術界のみならず関連する産業界、官界等の方々から幅広くコメントを頂くことによって、専門的、学際的叡智を結集し、査読誌や専門ジャーナルへの投稿など、より良い研究成果が導かれるることを願う次第である。

ICT 及び R&D への投資が日本の経済成長に及ぼす効果の分析¹ —生産関数モデルを用いた検証—

久保田 茂裕²、篠崎 彰彦³

Shigehiro Kubota, Akihiko Shinozaki

〔要約〕

本研究では、知識経済化の進む中で、企業の ICT 導入と R&D 活動が日本の経済成長に及ぼす影響を明らかにするため、最新の国民経済計算（2008SNA 基準）を用いて、ICT と R&D の両資本ストックを明示した 2 種類の生産関数モデルを推定した。その結果、第一に、両資本ストックとも経済成長に貢献しており、特に ICT 資本ストックの効果がより明確であること、第二に、R&D 資本ストックの蓄積が進んでいる産業ほど ICT 資本ストックも蓄積が進んでいること、第三に、時間の経過とともに ICT 資本ストックの経済成長への効果が高まっていることが明らかとなった。以上より、R&D 活動を通じた知識基盤の形成が ICT 資本ストックの蓄積と結びつき、付加価値の増大を促していることが確認できた。

〔キーワード〕 経済成長、知識経済、ICT、R&D、生産関数、2008SNA

¹ 本研究調査を行うにあたって、公益財団法人 日本証券奨学財団（Japan Securities Scholarship Foundation）の助成金を受けた。

² 東北文化学園大学総合政策学部総合政策学科准教授

³ 九州大学大学院経済学研究院教授

1. はじめに

本稿の目的は、ICT 資本ストックと R&D 資本ストックを明示した生産関数モデルを推定し、日本の経済成長に対する ICT と R&D の効果を検証することにある。

ICT 及び R&D 投資は、経済成長を促す重要な要素と言われている。ICT が体化した資本は、通常の資本より生産性が高く、加えて ICT 資本がネットワークで繋がることにより外部効果を持つことから、全要素生産性を上昇させ経済成長を促すと考えられる。また、R&D 活動も企業のイノベーションを促進し経済成長を実現する力を持つ。更には、R&D 活動によって知識基盤が整っている企業・産業では、高度な人材やノウハウが蓄積されていることから、ICT の導入が効果的に行われると考えられる。

知識基盤の整った企業で、ICT の導入が進む具体的な例を考えてみると、企業が、自社の組織に適した生産システムを構築するにあたって、自社開発によるソフトウェア投資を行っていることがある。自社開発であることから、R&D 活動に直結しており、そのノウハウを活用して効果的にソフトウェアの導入が行うことができる。また、自社開発ソフトウェアに限らず、ICT の導入全般を考えても、R&D 活動に必要な高度な人材や企業組織は、ICT を効果的に導入することに親和性があると考えられる。

加えて、AI や IoT、5G 等の革新的な ICT は、R&D 活動の結果、生み出されたものであり、逆に、コンピュータやソフトウェア等の ICT の進歩は企業の R&D 活動を効率的に行うこと助ける。

このように、新技術を象徴する ICT と知識経済の基盤を形成する R&D は相互に密接な関係にあることから、経済成長への効果を正確に計測するには、両資本を他の一般資本と明示的に区別した生産関数モデルを推定することが欠かせない。

そこで、本稿では、2008SNA の指針に準拠して R&D 資本ストックが計上されている 2017 年度『国民経済計算』のデータを用いて、ICT 資本ストックと R&D 資本ストックを明示した 2 種類の生産関数モデルを推定し、経済成長に対する ICT と R&D の効果を検証した。

以下、本稿では、第 2 節で ICT 及び R&D 投資の効果を検証した先行研究を示した上で、第 3 節にて、分析に用いる ICT 及び R&D 資本のデータを観察する。その後、第 4 節では、本稿の分析に用いたモデル及びデータの説明を行い、続く第 5 節でモデルの推定結果を示した後、第 6 節で分析結果から得られる含意と今後の課題を示す。

2. 先行研究の概要

これまで、ICT が経済成長に与える効果を分析した研究は数多くなされている。マクロレベルの先駆的な先行研究としては、篠崎（1998）がある。それを発展させた篠崎（2003）では、分析に必要となる ICT 資本ストックを産業連関表などの各種統計を用いて構築し、生産関数分析及び成長会計分析を行い、ICT の経済成長に対する効果を検証している。

また、深尾・宮川が中心となって、日本の産業の生産性を計測する目的で、JIP（Japan Industrial Productivity）データベースが構築され、この枠組みの中で ICT と経済成長に関する

る分析が行われている（深尾・宮川（2008））。国際的に見ると、EU KLEMS のデータを活用して、経済成長に対する ICT の効果の国際比較が行われている（Bart van Ark et al. (2017)）。

一方で、R&D 活動と経済成長との関係に関する先行研究も、堀内他（1984）、鈴木・宮川（1986）を初めとして研究の蓄積がある。堀内他（1984）では、R&D 資本ストックを独自に推定し、生産関数モデルを用いて技術知識（R&D）の限界生産性を求めている。また、鈴木・宮川（1986）では、産業レベルで R&D 投資を明示的に扱った生産関数モデルを推定して、R&D 投資を行う産業への直接効果と産業間に波及する間接効果を検証している。

このように、ICT 投資や R&D 投資に関しては既に数十年にわたる研究の蓄積がなされている。しかしながら、それらはいずれも ICT 資本ストック、もしくは、R&D 資本ストックのそれぞれに焦点を当てた分析であり、両者と共に生産関数モデルへ明示的に組み入れた実証研究は少なく⁴、特に、ICT と R&D の相互関係を考慮して、マクロレベル、セミマクロ（産業）レベルで経済成長への効果を検証した研究はみられない。そこで、本稿では、上記の先行研究を踏まえて、ICT 資本ストック及び R&D 資本ストックを明示した 2 種類の生産関数モデルにより、マクロレベルとセミマクロレベルの実証分析を行う。

3. データの観察

3-1. ICT 資本ストックと R&D 資本ストックの概観

本稿の分析に用いる ICT 資本ストックと R&D 資本ストックのデータは、内閣府『国民経済計算』から取得している。『国民経済計算』は、2016 年度版において、2005 年基準から 2011 年基準へ改定が行われた際に、1993SNA から 2008SNA へ移行している。2008SNA では、R&D への支出をこれまでの中間消費として計上していたものを資本形成として扱うよう変更されたことから、2016 年度以降の『国民経済計算』では、R&D 資本ストックのデータが表記され活用できるようになっている。

また、ICT 資本関連のデータについても、2011 年基準改定の際に拡充が行われている。2005 年基準の『国民経済計算』の「固定資本マトリックス」及び「固定資本ストックマトリックス」には、名目値のみ公表されており、ICT 資本データを使って生産関数モデル等の分析をする際には、各種デフレーターを用いて実質化をする必要があったが、2011 年基準では、実質値も公表されるようになっている。

ここでは、最初に 2017 年度の『国民経済計算』から取得できる ICT 資本ストック（実質）と R&D 資本ストック（実質）の推移を確認する。

(図表 1)

(図表 2)

⁴ 企業データを用いた先行研究に、Hall et al.(2012)、金・権（2015）がある。

ICT 資本ストックの伸び率は、1990 年代後半に高く（1996 年には 10% の伸び率）、インターネットやパーソナル・コンピューターの普及に伴い、ICT 資本ストックが蓄積されてきたことが伺える。2000 年代に入ると、伸び率は徐々に低下していき、2008 年のリーマンショックを機に 1% 台の伸び率にまで低下した。2015 年以降は、1% を切り近年は蓄積が進んでいない状況である。一方で、R&D 資本ストックの伸び率は、1990 年代後半に比較的高く、2000 年代以降、徐々に低下する傾向は ICT 資本ストックと同様であるものの、その程度は緩やかである。また、リマーショック以降落ち込んでいたものが、近年は回復し R&D 資本の蓄積が見られる。

産業別にみると、ICT 資本ストックが最も蓄積されている産業は、情報通信業である。以降順に、専門・科学技術・業務支援サービス業、金融・保険業、卸売・小売業、運輸・郵便業と続く（図表 3）。産業規模を制御するために、図表 4 には付加価値との比を取ったもの、図表 5 には総資本ストックとの比を取ったものを用意した。付加価値との比で見ると、一番大きいのは情報通信業であり、次いで、情報・通信機器製造業、電子部品・デバイス製造業である。総資本ストックとの比では、金融・保険業が最も大きく、次いで、情報通信業、専門・化学技術・業務支援サービス業である。

一方で、R&D 資本ストックが最も蓄積されている産業は、化学製造業であり、次いで、輸送用機械製造業、汎用・生産用・業務用機械製造業、専門・科学技術・業務支援サービス業である。付加価値との比では、情報・通信機器製造業が最も大きく、次いで、化学製造業、輸送用機械製造業である。総資本ストックとの比では、情報・通信機械製造業が最も大きく、次いで、汎用・生産用・業務用機械製造業、化学製造業である。

(図表 3)

(図表 4)

(図表 5)

3-2. ICT 資本ストックと R&D 資本ストックとの関係

ICT を導入する際には、コンピュータや通信機器などの情報通信機器を設置するだけではなく、効果的に活用できるようにネットワークを組み、ソフトウェアで各機器を制御する必要がある。そのため、企業には ICT に精通している人材やシステムを導入するためのノウハウが必要とされる。

一方で、企業における R&D 活動は、高度なスキルを持った人材が担っており、R&D 活動における人材やノウハウは、ICT の導入にとっても有効であると考えられる。図表 6 は、各産業の就業者あたりの ICT 資本ストック（対数値）と R&D 資本ストック（対数値）の散布図を示し、1994 年と 2017 年を比較したものである⁵。

⁵ 但し、R&D 資本ストックの蓄積がない宿泊・飲料サービス業と不動産業は対数を取ることができないことからサンプルから除いた。

(図表 6)

ICT 投資が本格化する前の 1994 年には就業者あたりの ICT 資本ストックと R&D 資本ストックには明確な関係はなかったが、2017 年の散布図では、R&D 資本ストックの大きい産業において、ICT 資本ストックの蓄積がなされている関係が見て取れる。1994 年から 2017 年までの就業者あたり ICT 資本ストック（対数値）と R&D 資本ストック（対数値）との相関係数の推移をみると、徐々に高まっている（図表 7）。この結果から、R&D を行っている産業では、ICT の導入に親和性のある人材やノウハウが蓄積されており、そのため ICT 資本ストックの蓄積が進むことが示唆される。

(図表 7)

3-3. ICT 資本ストック及び R&D 資本ストックと付加価値との関係

続いて、就業者あたりの ICT 資本ストック（対数値）と就業者あたりの付加価値（対数値）との散布図を図表 8 に、就業者あたりの R&D 資本ストック（対数値）と就業者あたりの付加価値（対数値）との散布図を図表 9 に示す⁶。

(図表 8)

(図表 9)

両資本ストックともに、1994 年の散布図と比較すると、2017 年の散布図は相関係数が高まっている。特に、ICT 資本ストックについては、1994 年の相関係数が 0.32 であり、2017 年には 0.80 と非常に高くなっている。就業者あたりの ICT 資本ストックは ICT 資本装備率を示し、就業者あたりの付加価値は労働生産性を示すので、ICT 資本装備率が高い産業の労働生産性が高くなるという関係が、1994 年から 2017 年の間に顕著になっていることを示している。

一方で、R&D 資本ストックについても同様の傾向を確認できるが、相関係数は 1994 年に 0.13 から 2017 年に 0.52 と、ICT 資本ストックの場合と比べて低い。ICT 資本ストックは、ハードウェアやソフトウェアの資本設備として導入され企業活動を効率化して、直接に付加価値に影響する一方で、R&D 資本ストックは、無形資本の技術知識であり、財・サービスの改良に直接結びつく応用研究の他に基礎研究も行われており、付加価値や労働生産性への影響は ICT ほど大きくないと考えられる。

⁶ 但し、R&D 資本ストックの蓄積がない宿泊・飲料サービス業と不動産業は対数を取ることができないことからサンプルから除いた。

4. モデル及びデータ

4-1. モデル

前節では、ICT 資本ストック及び R&D 資本ストックと付加価値との相関関係を散布図で確認したが、付加価値との関係を検証する上で、付加価値に影響を与える労働投入量やその他の資本ストックの影響を考慮する必要がある。そのため、ここでは、2種類の生産関数モデルを用いて、ICT 及び R&D 資本ストックの経済成長に対する効果を検証する。まず、第一のモデル（Model1）は、生産関数の投入要素を、ICT 資本ストック、R&D 資本ストック、その他の一般資本ストック、労働投入量として、規模に関して収穫一定（一次同次）の仮定を設けたコブ・ダグラス型のモデルである。

$$V = A(L \cdot edu)^\alpha \cdot (K_{other} \cdot \rho)^\beta \cdot K_{ICT}^\gamma \cdot K_{R&D}^\delta, \quad \alpha + \beta + \gamma + \delta = 1. \quad \cdots\cdots(1)$$

上記(1)式で、 V は実質 GDP、 A は全要素生産性、 L は労働投入量、 edu は労働の質、 K_{other} はその他の一般資本ストック、 K_{ICT} は ICT 資本ストック、 $K_{R&D}$ は R&D 資本ストック、 ρ は稼働率、 α 、 β 、 γ 、 δ は各生産要素の分配率を示す。

なお、労働投入量には労働の質を掛け合わせて、労働の質的な面を考慮している。また、その他の一般資本ストックには資本の稼働率を掛け合わせて、資本の稼働状況を考慮している⁷。具体的な推定に際しては、次の(2)式で示すとおり、(1)式の両辺に対して自然対数を取り、線形モデルに変形している。

$$\ln\left(\frac{V}{L \cdot edu}\right) = \ln A + \beta \cdot \ln\left(\frac{K_{other} \cdot \rho}{L \cdot edu}\right) + \gamma \cdot \ln\left(\frac{K_{ICT}}{L \cdot edu}\right) + \delta \cdot \ln\left(\frac{K_{R&D}}{L \cdot edu}\right) + \epsilon. \quad \cdots\cdots(2)$$

上記(2)式で、 ϵ は誤差項を示す。通常の最小二乗法で推定すると、自己相関の問題が生じることから、一階の自己相関（AR1）を仮定した推定を行う。係数推定値は、各生産要素に対する分配率を示しており、これが有意に正の値であれば、その生産要素が経済成長に貢献しているといえる。

ただし、Moled1 では、ICT 資本ストック、R&D 資本ストックとも一次同次の仮定に組み込まれているため、生産要素としての成長への寄与だけが捉えられ、両資本ストックの全要素生産性に対する効果は考慮されていない。そこで、これを加味したモデルとして次の第二のモデル（Model2）を特定化する。

⁷ 平成 19 年度情報通信白書におけるマクロ生産関数の推定では、ICT 資本ストックの稼働率を好不況に関わらずに、常に 100% としている。本稿でも、これを参考に、ICT 及び R&D 資本ストックの稼働率は時間に対して変化はなく一定とした。即ち、ICT 資本や R&D 資本は、通常の資本設備とは異なり、景気に左右されずに、常時活用されると仮定している。

$$V = A(L \cdot edu)^\alpha \cdot (K_{all} \cdot \rho)^\beta \cdot K_{ICT}^\gamma \cdot K_{R&D}^\delta, \alpha + \beta = 1. \quad \dots\dots(3)$$

上記(3)式で、 K_{all} は全ての資本ストックを合計した総資本ストックであり⁸、ICT 資本ストック及び R&D 資本ストックはその一部に含まれている。その上で、両資本ストックとも一次同次の制約から外された形で明示されており、生産要素としてだけでなく、全要素生産性の一部として経済成長に寄与する経路が表されている⁹。推定に際しては、(3)式の両辺の自然対数を取った次の(4)式に変形している。(4)式の係数推定値で、 β は資本分配率、 γ と δ は全要素生産性に対する ICT 及び R&D の寄与を表している。

$$\ln\left(\frac{V}{L \cdot edu}\right) = \ln A + \beta \cdot \ln\left(\frac{K_{all} \cdot \rho}{L \cdot edu}\right) + \gamma \cdot \ln(K_{ICT}) + \delta \cdot \ln(K_{R&D}) + \epsilon. \quad \dots\dots(4)$$

4-2. データ

モデルの推定で用いるデータのうち、実質 GDP は、内閣府『国民経済計算』の国内総生産を用いている。また、資本ストックに関するデータは、内閣府『国民経済計算』の「固定資本ストックマトリックス」から取得している。

ICT 資本ストックは、当該統計における項目の情報通信機器とコンピュータソフトウェアの合計である。R&D 資本ストックは、研究・開発の項目を用いている。総資本ストックは、固定資産合計から住宅と防衛装備品の項目を除いたものを用いている。なお、総資本ストックから ICT 資本ストック及び R&D 資本ストックを除いたものをその他的一般資本ストックとしている。

稼働率は、製造業については、経済産業省『鉱工業指数』の稼働率を用いて、非製造業については内閣府（2011）の方法をもとに推計を行い、製造業及び非製造業の資本ストックをウェイトとして加重平均をしたもの用いた¹⁰。

労働投入量は、総務省『労働力調査』から取得した就業者数に、厚生労働省『毎月勤労統計調査』から取得した一人あたり労働時間を掛け合わせて算出した。労働の質は、厚生労働省『賃金構造基本統計調査』から取得した学歴別の労働者をウェイトとして就学年数を加重平均したもの指標化し用いた。

データ期間は、利用可能な 1994 年から 2017 年で、産業別パネルデータは、農林水産業、鉱業、食料品、繊維製品、パルプ・紙・紙加工品、化学、石油・石炭製品、窯業・土石製品、一次金属、金属製品、はん用・生産用・業務用機械、電子部品・デバイス、電気機械、情報・通信機器、輸送用機械、その他の製造業、電気・ガス・水道・廃棄物処理業、建設業、卸売・

⁸ ICT 資本ストック、R&D 資本ストック、その他的一般資本ストックの合計である。

⁹ ICT 資本ストックのこの効果は、外部効果と呼ばれている（日本経済研究センター（2000））。

¹⁰ 非製造業の稼働率は、第 3 次産業活動指数を非製造業の資本ストックで割ることで計算上の稼働率を算出し、製造業で同様に算出した計算上の稼働率と実際の稼働率との関係を非製造業に適用することで求めている。

小売業、運輸・郵便業、宿泊・飲食サービス業、情報通信業、金融・保険業、不動産業、専門・科学技術・業務支援サービス業、公務、教育、保健衛生・社会事業、その他のサービスの29産業である¹¹。

5. 推定結果

5-1. マクロ時系列データを用いた推定

最初に、ICT資本ストック及びR&D資本ストックを生産要素として明示的に扱ったModel1の推定結果を図表10に示す。なお、Model1の推定結果の他に、比較のため、ICT資本ストックのみを明示的に扱ったモデル(Model1aと表記)、R&D資本ストックのみを明示的に扱ったモデル(Model1b)、ICT資本ストックとR&D資本ストックを合計した変数を明示したモデル(Model1c)の結果も併せて示した。

(図表10)

Model1の推定結果では、ICT資本ストック、R&D資本ストックに関する変数の係数推定値に有意性は見られない。これは、ICT資本ストックとR&D資本ストックの相関が高く、両変数に多重共線性が生じていることが原因と考えられる¹²。この多重共線性の問題に対処するため、総資本ストックからICT資本ストックのみを明示的に取り出したModel1a、同じく、R&D資本ストックのみを取り出したModel1b、両資本ストックを合計した上で明示的に取り出したModel1cの推定を行った。その結果、各変数とも実質GDPに対して、有意に正の係数を示しており、ICT資本ストック、R&D資本ストックには、経済成長を促す効果があることが明らかとなった。

続いて、Model2の推定結果を図表11に示す。ここでもModel1の場合と同様に、Model2a～2cとして、ICT資本ストック、R&D資本ストックの一方を明示した推定結果と両資本ストックを合計した変数を明示した推定結果を示している。多重共線性の問題に対処したModel2a～2cの推定結果からは、Model1a～1cと同様に、ICT資本ストックとR&D資本ストックは、有意に正の係数を示しており、ICT資本ストック、R&D資本ストックには、全要素生産性の向上を通じて、実質GDPを押し上げる効果があることが検証できた。

(図表11)

5-2. 産業別パネルデータを用いた推定

前節では、総資本ストックからICT資本ストックのみを明示したモデル、R&D資本ストッ

¹¹ 但し、宿泊・飲料サービス業と不動産業はR&D資本ストックの蓄積がなく、パネルデータを用いた推定では対数値を計算できないことからサンプルから除かれる。

¹² 両変数の相関係数は0.99と非常に高い。

クのみを明示したモデル、両者を合算して明示したモデルの推定により、両資本ストックが生産要素としてだけでなく、全要素生産性の経路からも経済成長に寄与していることが検証された。ただし、多重共線性の問題から、ICT資本ストックとR&D資本ストックを共に明示したモデルでは、明確な検証が出来なかった。

そこで、多重共線性の問題に対処する方法の一つとして、産業別のパネルデータを用い、ICT資本ストックとR&D資本ストックを共に明示したModel1及びModel2の推定を行った。推定は、Poolingモデル、Betweenモデル、固定効果モデル、変量効果モデルで行い、Poolingモデルでは、誤差項に一階の自己相関（AR1）を考慮した推定に加えて不均一分散を考慮した推定も行った¹³。その結果は図表12、13の通りである¹⁴。

(図表 12)

(図表 13)

Model1の推定結果をみると（図表12）、固定効果モデル以外の推定では、いずれも符号条件を満たしている。固定効果モデル（Within推定）は、級内（産業内）変動を説明するモデルとなっており、各産業のICT資本ストックとR&D資本ストックの相関（級内相関）が高いことから、マクロ時系列データの推定と同様に、依然として多重共線性の問題が残っていると考えられる。

それ以外のモデルでは、ICT資本ストックに関する変数の係数推定値は有意に正の効果を示しており、ICT資本ストックが生産要素として経済成長に貢献していることを確認することができる。また、Poolingモデル（AR1、不均一分散を考慮）及び変量効果モデルの推定結果では、R&D資本ストックに関する係数推定値も有意となっており、ICT資本ストックの係数推定値と比べると小さいものの、付加価値に対して正の効果が認められる。本推定でR&D資本ストックの係数推定値が小さいのは、R&D活動の中には、直接的に付加価値に結びつかないような基礎研究が含まれていることが影響しているものと考えられる。

また、Model2の推定結果をみると（図表13）、固定効果モデルの係数推定値はICT資本ストックに関する係数で負の値を取っており、符号条件を満たさない。Model1の推定結果と同様に、多重共線性の影響が残っていることが原因と考えられる。一方、Poolingモデル（AR1のみ考慮）と変量効果モデルでは、ICT資本ストックの係数で有意性が確認でき、Poolingモデル（AR1、不均一分散を考慮）では、ICT資本ストックとR&D資本ストックの両方で有意に正の係数推定値が得られている。

Model2は、ICT及びR&Dの各資本ストックが生産要素として付加価値に貢献するのみなら

¹³ 固定効果モデル、変量効果モデルは一階の自己相関（AR1）を考慮した推定を行った。

¹⁴ 産業別データは、内閣府『国民経済計算』から、29産業の実質GDP、各資本ストック、労働投入量（雇用者数×一人あたり就業時間）の各データを取得した。但し、教育の質の変数については、入手できないことから、変数から除いている。稼働率は、製造業と非製造業の2種類に分けて用いた。

す、ICT資本ストックであれば、ネットワークを構築することによる外部効果、R&D資本ストックであれば、技術進歩による全要素生産性への向上として付加価値に貢献するのを捉えている。これは、Model1の生産要素としての効果以上のものを捉えていることになることから、両資本ストックともModel1ほど明確な関係をみることはできないが、Poolingモデル等の一部の推定で両資本ストックの外部効果を捉えることができた。

5-3. 産業別パネルデータを用いて期間を区切った推定

最後に、ICT資本ストックとR&D資本ストックが経済成長に及ぼす影響が時間の経過とともにどう変化しているかを生産関数モデルで確認するため、級間（産業間）の変動を説明するBetweenモデルでパネルデータを時系列方向に10年毎に期間区分してModel1の推定を行い、係数の変化を観察した（図表14）。

（図表 14）

ICT資本ストックに関する変数の係数推定値（ICT資本分配率）とR&D資本ストックに関する係数推定値（R&D資本分配率）の推移をみると、推定期間の変化に対して安定しており、ICT資本分配率は、推定期間が進行すると共に上昇していることが分かる。ICT資本ストックの蓄積が2010年代に鈍化しているにも関わらず、ICT資本ストックの蓄積が大きい産業では、付加価値が向上するという関係が強くなっていることが興味深い結果と言える。なお、R&D資本ストックに関する係数推定値（R&D資本分配率）は、有意ではないが推定期間が進行すると共に上昇している。また、決定係数の推移（R-sq:between、R-sq:overall）をみると、時間の経過とともに上昇してきており、ICT資本ストックとR&D資本ストックを明示的に織り込んだモデルの説明力が増している様子が窺える¹⁵。

6. おわりに

以上、本稿では、主に2008SNAに準拠した最新の国民経済計算（2011年基準）のデータを用いて、ICT及びR&Dの経済成長に対する効果を検証した。最初に、就業者あたりICT資本ストック、就業者あたりR&D資本ストック、就業者あたり付加価値との関係を散布図に示し相関関係を分析した後、ICT資本ストック及びR&D資本ストックを明示した2種類の生産関数モデルを用いて、両資本ストックの付加価値に対する効果をマクロレベル、セミマクロ（産業）レベルで検証した。

その結果、第一に、ICT資本ストック、R&D資本ストックは生産要素として日本の経済成長に貢献していること、加えて、この両資本ストックは外部効果を持ち全要素生産性に貢献していることが明らかとなった。特に、両資本ストックのうち、ICT資本ストックの効果

¹⁵ 但し、級内変動に関する決定係数のR-sq:withinは2000-2009年の期間の推定から急に低下している。これは、リーマンショックの影響から当時はまりが悪くなったことが要因である。

が明確に確認できた。第二に、R&D 資本ストックが蓄積している産業ほど、ICT 資本ストックが蓄積していることが明らかとなった。第三に、時間の経過と共に ICT 資本ストックの経済成長に対する効果が高まっていることが明らかとなった。

これらの分析結果を総合すると、R&D 活動を通じた知識基盤の形成が、企業の効果的な ICT 導入を促して、企業の生産性及び付加価値を向上させていることが推察される。

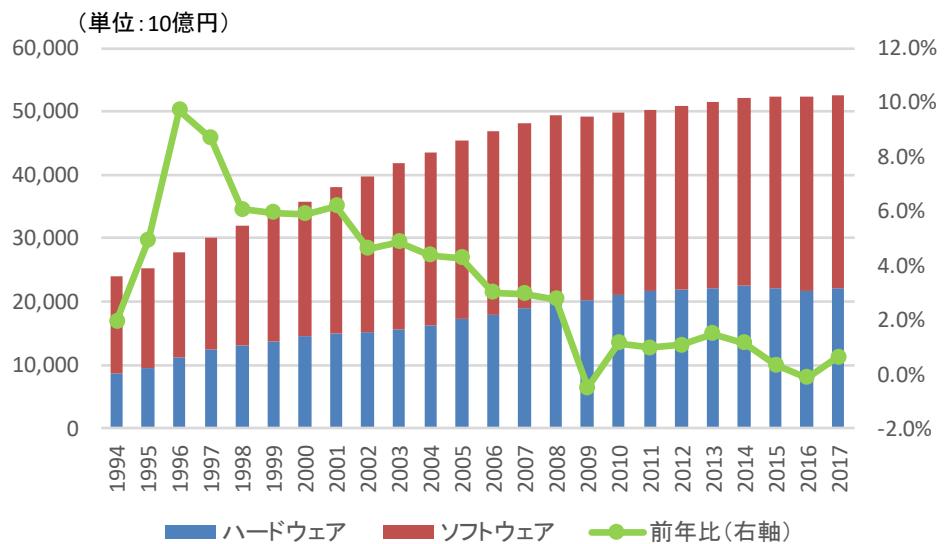
但し、本稿における分析では、ICT 資本ストック、R&D 資本ストック、付加価値との関係は相関関係を示したに過ぎず、その因果関係の詳細な分析は行っていない。また、生産関数モデルについては、生産要素間の代替の弾力性を 1 と仮定するコブ・ダグラス型モデルをベースにしていることから、この仮定を緩めたより一般的な CES 型やトランスロゴ型の生産関数をベースにして、各生産要素の代替・補完関係を考慮した分析が必要とされる。これは今後の課題としたい。

[参考文献一覧]

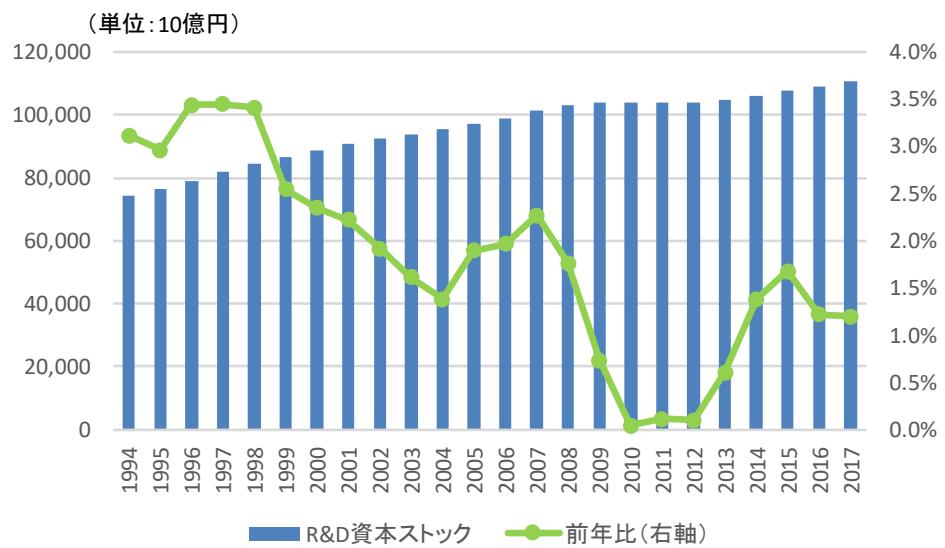
- Bart van Ark and Kirsten Jäger (2017) “Recent Trends in Europe's Output and Productivity Growth Performance at the Sector Level, 2002-2015” *International Productivity Monitor*, Number 33, Fall 2017, pp. 8-23.
- Hall BH, Lotti F, Mairesse J (2013) “Evidence on the impact of R&D and ICT investment on innovation and productivity in Italian firms” *Economics of Innovation and New Technology*, April-June 2013, v. 22, iss. 3-4, pp. 300-328.
- 金榮穀、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.
- 篠崎彰彦 (1997) 「日本における情報関連投資の実証分析」 国民経済研究協会『国民経済』 No. 161, pp. 1-25.
- 篠崎彰彦 (2003) 『情報技術革新の経済効果-日米経済の明暗と逆転-』 日本評論社.
- 鈴木和志、宮川努 (1986) 『日本の企業投資と研究開発戦略—企業ダイナミズムの実証分析』 東洋経済新報社.
- 総務省 (2007) 『平成 19 年版情報通信白書』 .
- 内閣府 (2011) 『平成 23 年度年次経済財政報告』 .
- 中村洋一 (2017) 『GDP 統計を知る—大きく変わった国民経済計算』 一般財団法人日本統計協会.
- 日本経済研究センター (2000) 『日本経済の再出発 II : IT 革新の衝撃とその評価』 経済分析部・長期予測チーム.
- 深尾京司、宮川努編 (2008) 『生産性と日本の経済成長』 東京大学出版会.
- 堀内行蔵、鈴木和士、花崎正晴、大滝雅之 (1984) 「設備投資研究'84—変貌する研究開発投資と設備投資—」 日本開発銀行設備投資研究所『経済経営研究』 VOL.5-1.
- 元橋一之 (2009) 「日本企業の研究開発資産の蓄積とパフォーマンスに関する実証分析」 内閣府経済社会研究所『マクロ経済と産業構造』 pp.251-288.

[図表一覧]

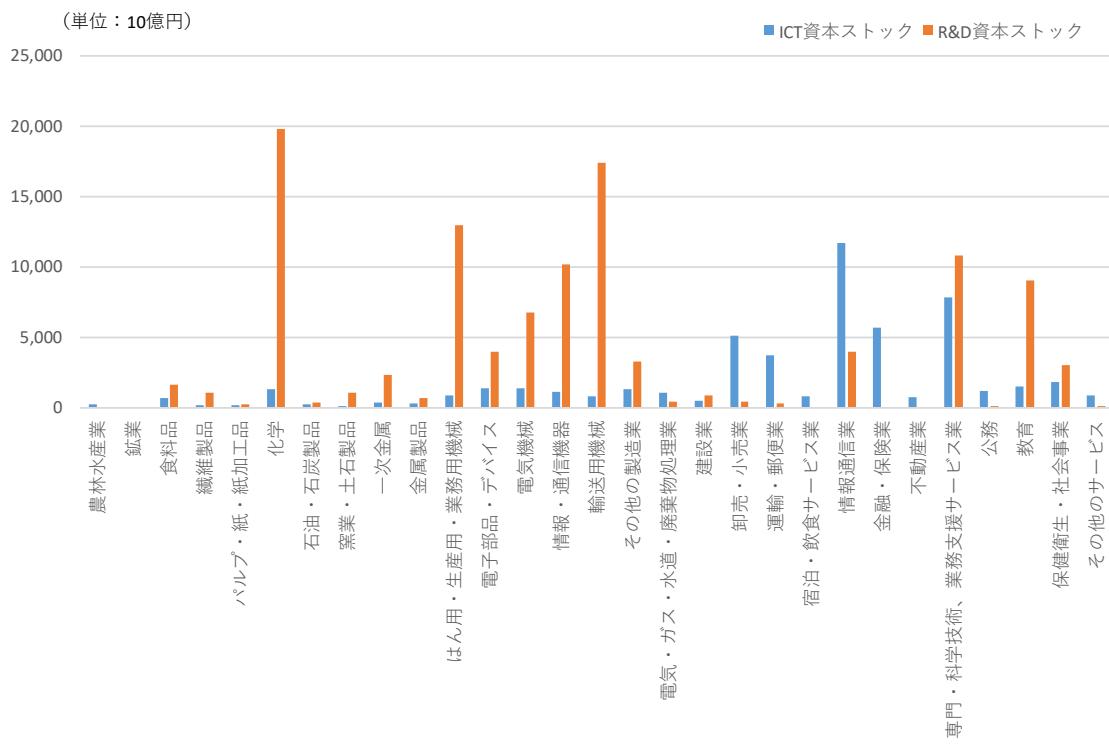
図表1 ICT資本ストックの推移



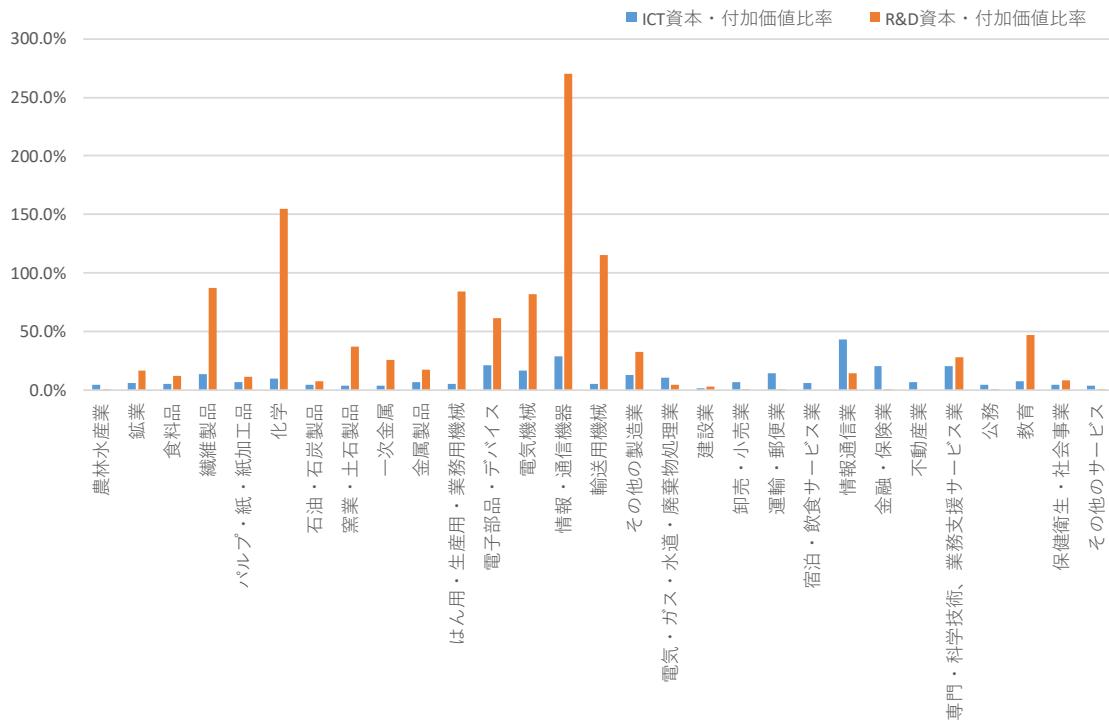
図表2 R&D資本ストックの推移



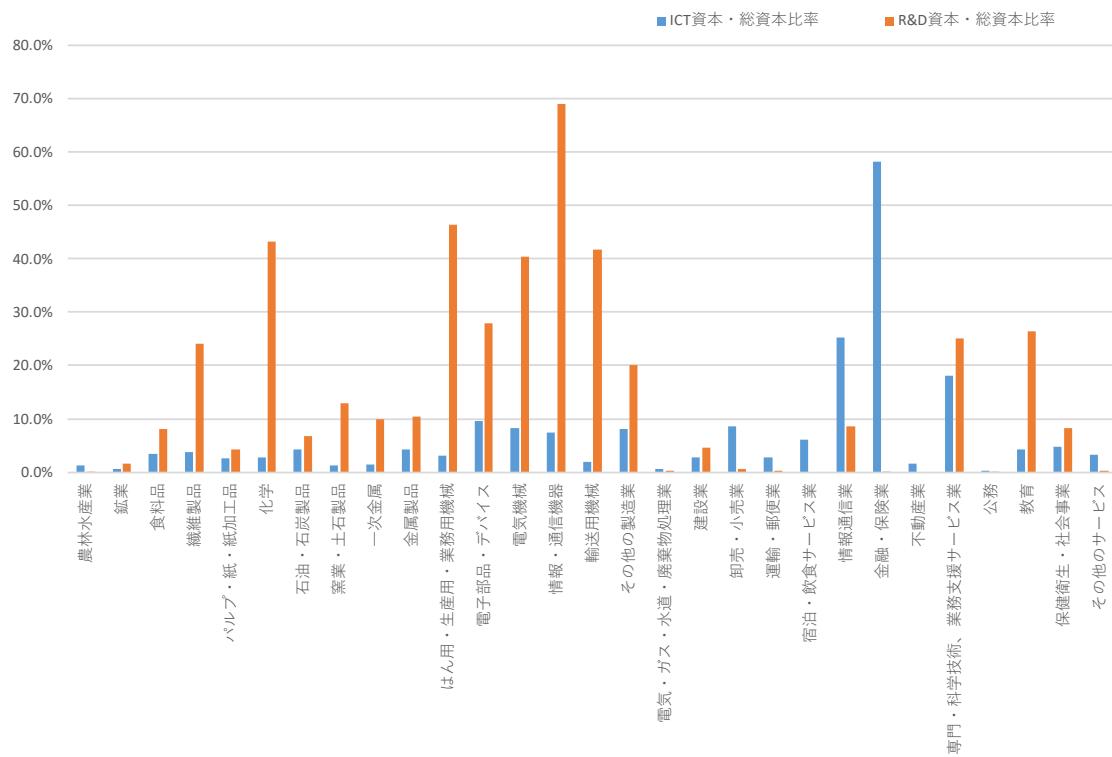
図表3 産業別ICT資本ストック及びR&D資本ストック（2017年）



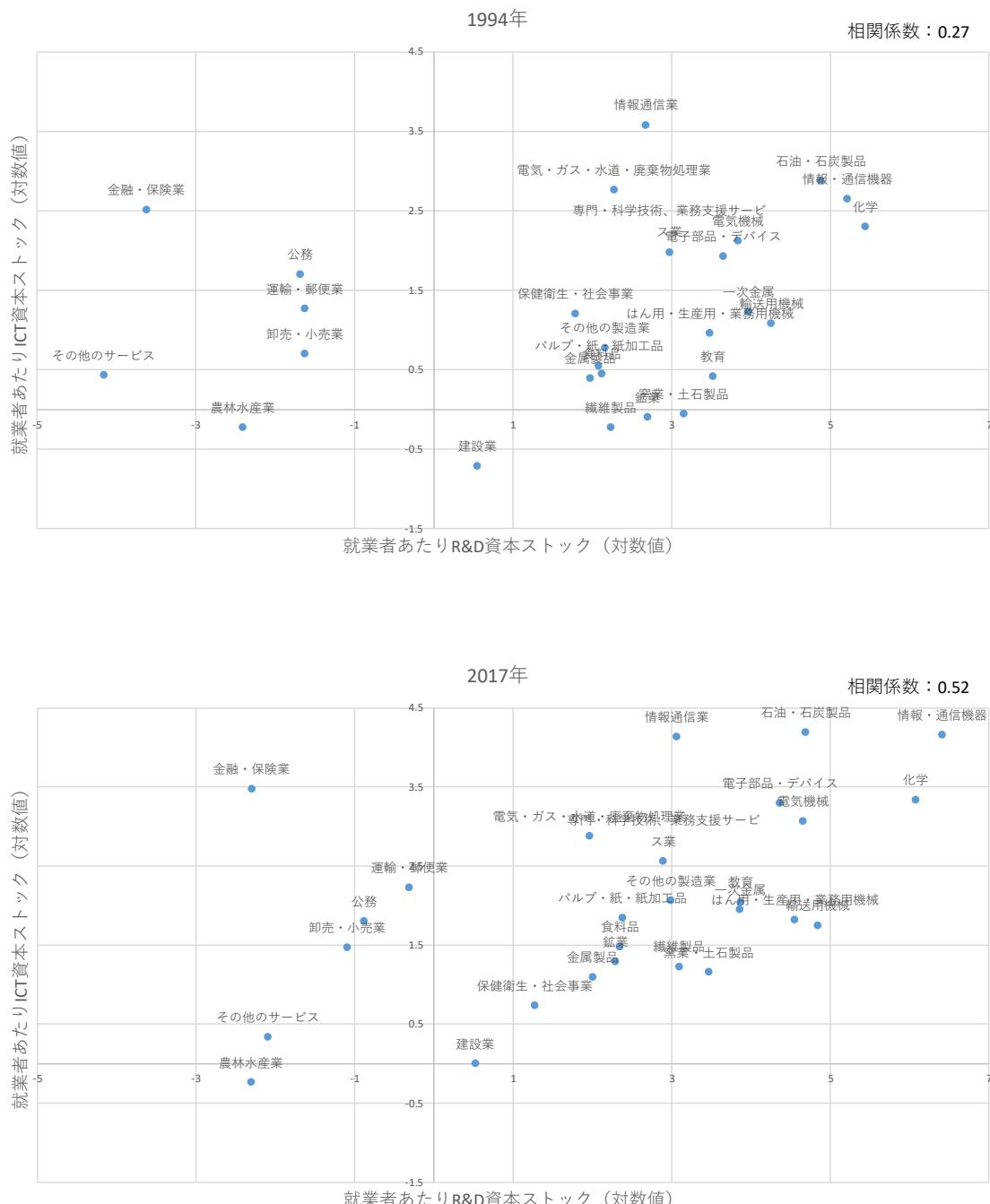
図表4 産業別ICT資本・付加価値比及びR&D資本・付加価値比（2017年）



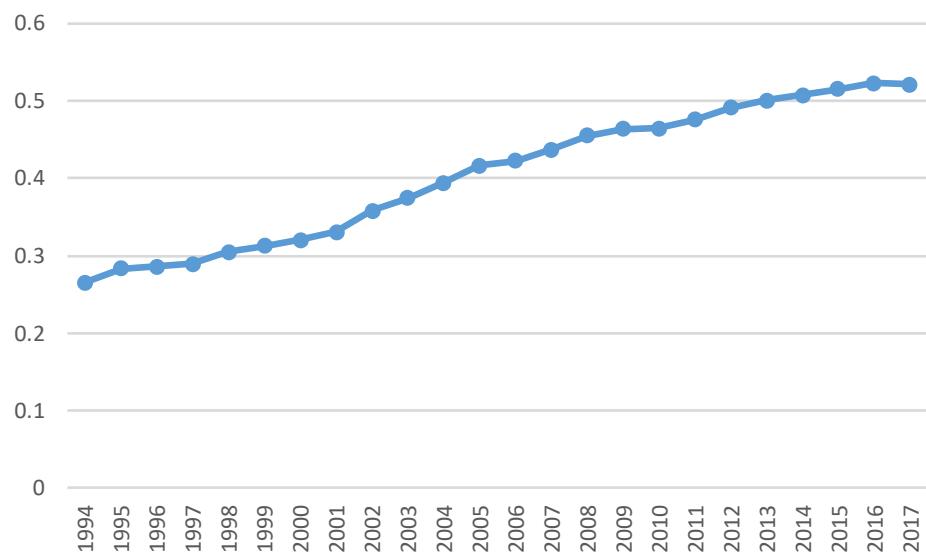
図表5 産業別ICT資本・総資本比及びR&D資本・総資本比（2017年）



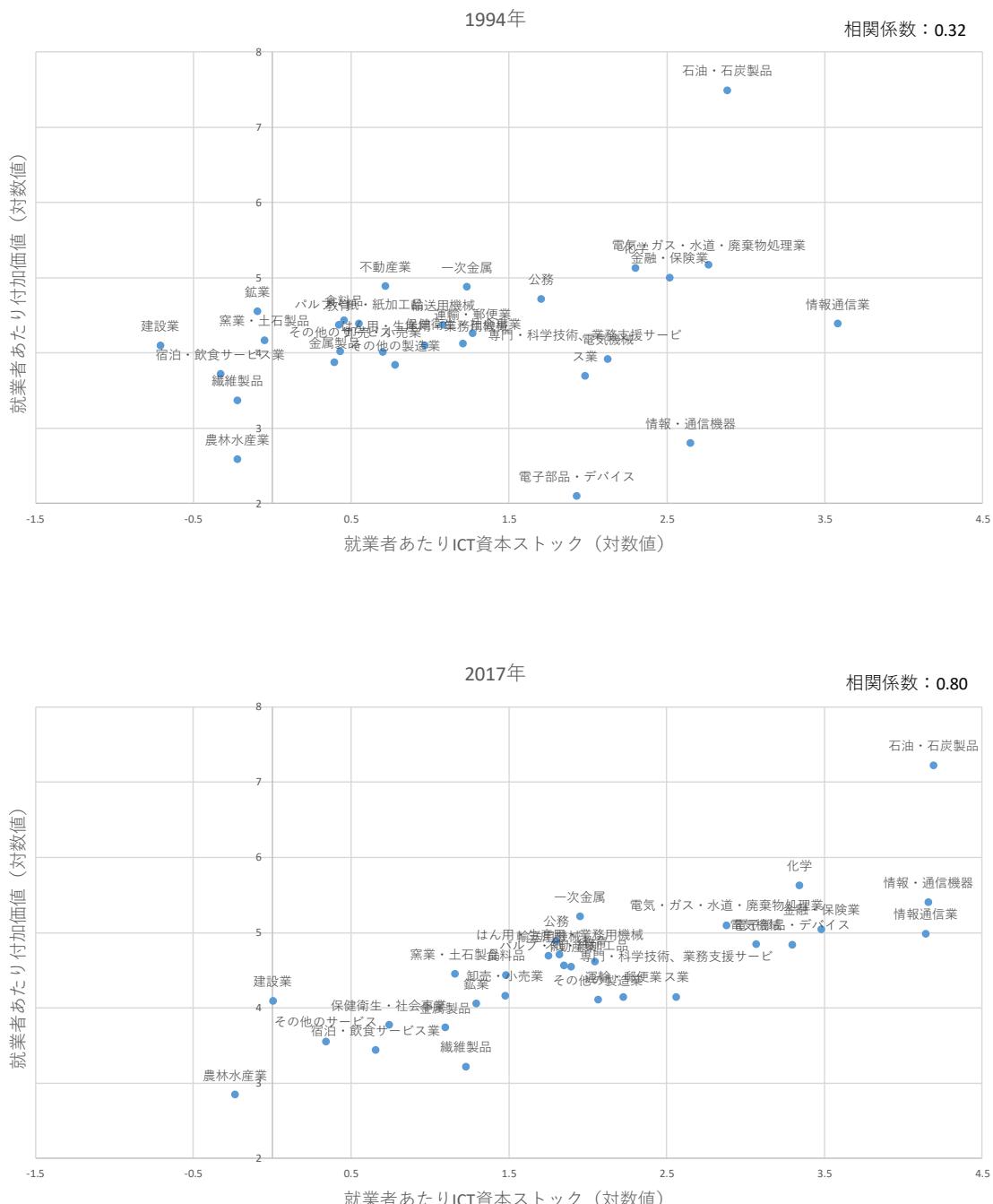
図表6 就業者あたりICT資本ストックと就業者あたりR&D資本ストックの散布図



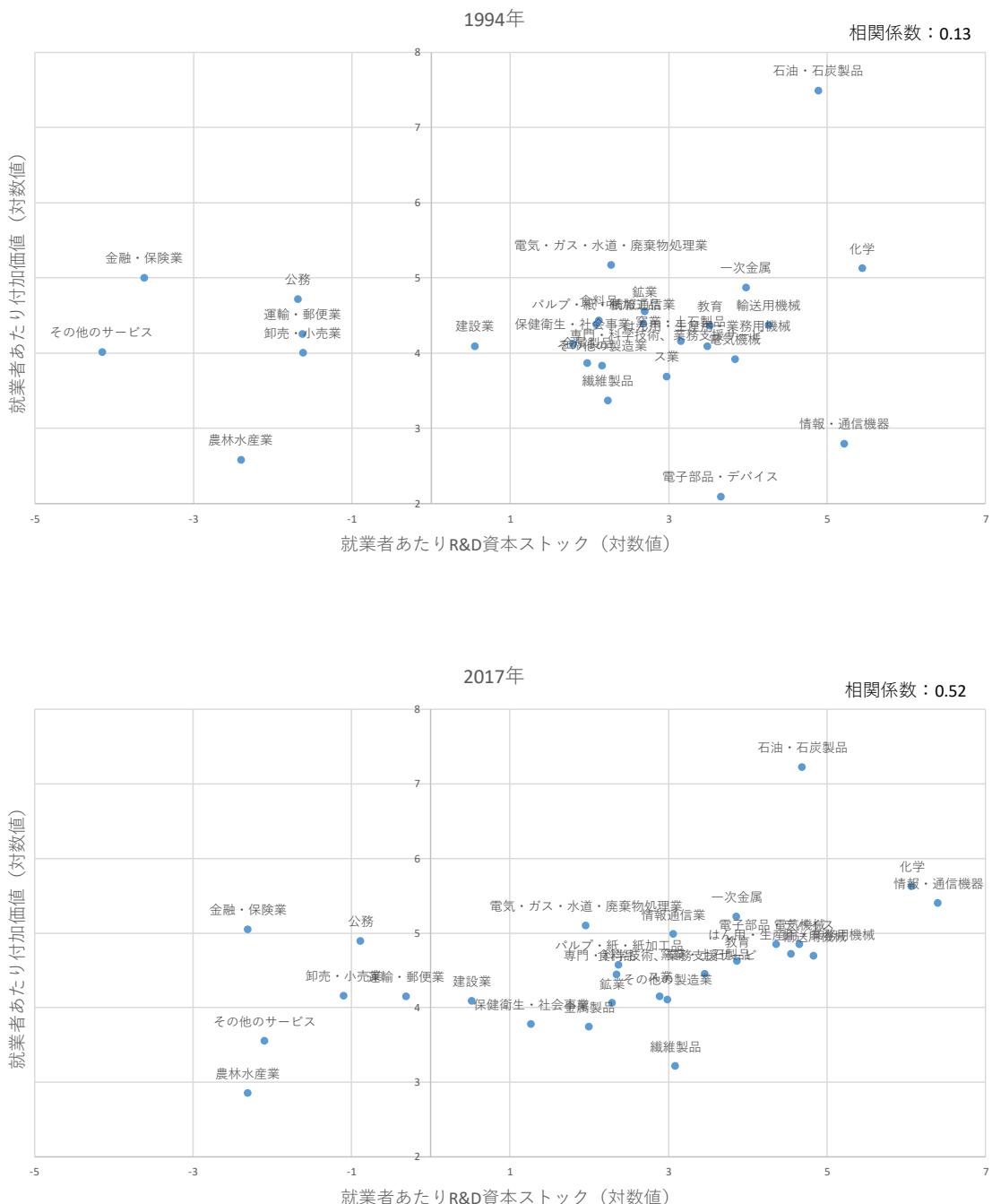
図表7 就業者あたりICT資本ストックと就業者あたりR&D資本ストックとの相関係数



図表8 就業者あたりICT資本ストックと就業者あたり付加価値の散布図



図表9 就業者あたりR&D資本ストックと就業者あたり付加価値の散布図



図表10 マクロ時系列データを用いたModel1の推定結果

モデル	Model1	Model1a	Model1b	Model1c
定数項	-0.595 [-1.154]	-1.405 [-8.542]***	-0.789 [-3.945]***	-1.04 [-5.520]***
$\ln((K_{other} \cdot \rho) / (L \cdot edu))$	0.589 [5.091]***			0.53 [7.098]***
$\ln((K_{other+R\&D} \cdot \rho) / (L \cdot edu))$		0.473 [5.775]***		
$\ln((K_{other+ICT} \cdot \rho) / (L \cdot edu))$			0.563 [8.269]***	
$\ln(K_{ICT} / (L \cdot edu))$	-0.007 [-0.073]	0.127 [4.774]***		
$\ln(K_{R\&D} / (L \cdot edu))$	0.263 [1.477]		0.23 [5.495]***	
$\ln(K_{ICT+R\&D} / (L \cdot edu))$				0.205 [5.606]***
Adj-R-squared	0.999	0.999	0.999	0.999
D.W.	1.534	1.727	1.569	1.610
N	24	24	24	24

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

上段には係数推定値、下段にはt値を示している。

図表11 マクロ時系列データを用いたModel2の推定結果

モデル	Model2	Model2a	Model2b	Model2c
定数項	-4.868 [-4.014]***	-3.647 [-7.046]***	-5.227 [-6.617]***	-4.755 [-6.748]***
$\ln((K_{all} \cdot \rho) / (L \cdot edu))$	0.432 [4.028]***	0.408 [4.084]***	0.447 [4.808]***	0.418 [4.319]***
$\ln(K_{ICT})$	0.035 [0.350]	0.129 [4.116]***		
$\ln(K_{R\&D})$	0.198 [1.053]		0.264 [4.924]***	
$\ln(K_{ICT+R\&D})$				0.211 [4.780]***
Adj-R-squared	0.999	0.999	0.999	0.999
D.W.	1.667	1.813	1.618	1.707
N	24	24	24	24

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

上段には係数推定値、下段にはt値を示している。

図表12 産業別パネルデータを用いたModel1の推定結果

モデル	pooling (AR1)	pooling (AR1、不均一分散)	between —	固定効果 (AR1)	変量効果 (AR1)
定数項	-0.807 [-4.438]***	-1.359 [-12.791]***	-0.461 [-0.855]	-1.441 [-123.431]***	-0.756 [-3.108]***
$\ln((K_{other} \cdot \rho)/L)$	0.407 [12.115]***	0.273 [17.523]***	0.305 [3.191]***	0.537 [11.924]***	0.527 [11.755]***
$\ln(K_{ICT}/L)$	0.214 [6.377]***	0.119 [6.414]***	0.327 [3.120]***	-0.155 [-2.366]**	0.129 [3.113]***
$\ln(K_{R&D}/L)$	0.012 [0.626]	0.064 [6.864]***	0.002 [0.040]	0.173 [2.817]***	0.058 [1.663]*
Adj-R-squared	—	—	—	—	—
within	—	—	0.218	0.201	0.289
between	—	—	0.608	0.314	0.523
overall	—	—	0.570	0.296	0.495
N	648	648	648	621	648

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

上段には係数推定値、下段にはt値を示している。

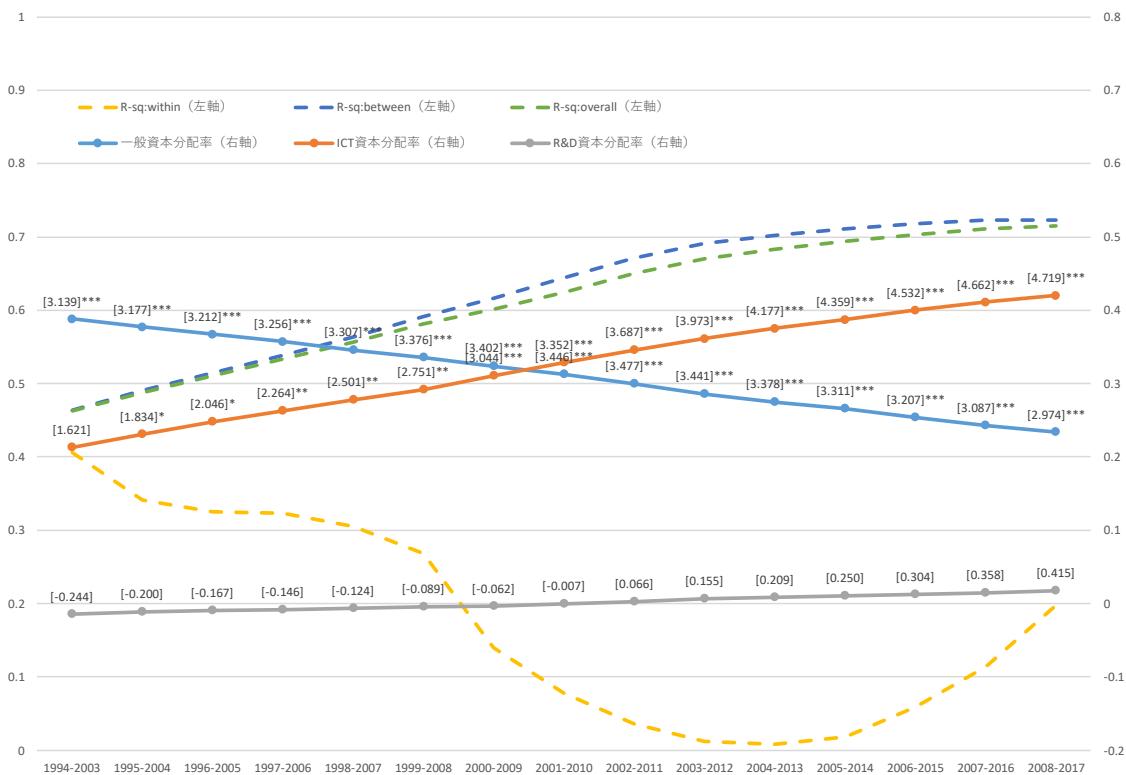
図表13 産業別パネルデータを用いたModel2の推定結果

モデル	pooling (AR1)	pooling (AR1、不均一分散)	between —	固定効果 (AR1)	変量効果 (AR1)
定数項	-2.539 [-12.464]***	-3.37 [-27.630]***	-2.41 [-3.453]***	-1.8 [-62.582]***	-2.718 [-6.833]***
$\ln((K_{all} \cdot \rho)/L)$	0.516 [17.937]***	0.327 [25.013]***	0.484 [4.621]***	0.558 [12.116]***	0.623 [14.179]***
$\ln(K_{ICT})$	0.094 [3.694]***	0.067 [4.302]***	0.077 [0.869]	-0.147 [-1.886]*	0.093 [2.046]**
$\ln(K_{R&D})$	-0.01 [-0.514]	0.07 [7.999]***	-0.02 [-0.328]	0.162 [2.369]**	0.052 [1.311]
Adj-R-squared	—	—	—	—	—
within	—	—	0.341	0.207	0.357
between	—	—	0.483	0.337	0.463
overall	—	—	0.461	0.321	0.443
N	648	648	648	621	648

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

上段には係数推定値、下段にはt値を示している。

図表14 推定期間を区切ったBetweenモデルの推定：係数推定値及び決定係数の推移



注)各資本分配率のグラフに付随するラベルは、t値及び有意性を示す。* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01.

[InfoCom Economic Study Discussion Paper Series バックナンバー]

- No.1 データで読む情報通信技術の世界的な普及と変遷の特徴：グローバル ICT インディケーターによる地域別・媒体別の長期観察, 野口正人、山本悠介、篠崎彰彦, 2015 年 1 月, pp.1-25.
- No.2 A role of investment in intangibles: How can IT make it?, Akihiko SHINOZAKI, July 2015, pp.1-20.
- No.3 ICT 化の進展が企業の業績と雇用に及ぼす影響の実証研究：4,016 回答のアンケート調査結果に基づくロジット・モデル分析, 鶩尾哲、野口正人、飯塚信夫、篠崎彰彦, 2015 年 9 月, pp.1-22.
- No.4 対米サービス貿易拡大要因の構造分析：グラフィカルモデリングによる諸変数の相互関係探索, 久保田茂裕、末永雄大、篠崎彰彦, 2016 年 1 月, pp.1-13.
- No.5 GDP 速報改定の特徴と、推計が抱える問題点について, 飯塚信夫, 2016 年 5 月, pp.1-26.
- No.6 デジタル・ディバイドからデジタル・ディビデンドへの変貌：2015 年版グローバル ICT データベースによる長期観察, 野口正人、鶩尾哲、篠崎彰彦, 2018 年 6 月, pp.1-21.
- No.7 The U.S. service imports and cross-border mobility of skilled labor: Panel data analysis based on the network theory, Akihiko SHINOZAKI, Shigehiro KUBOTA, July 2018, pp.1-12.
- No.8 ICT を活用した施策がインバウンド観光に及ぼす影響:地方自治体へのアンケート調査を用いたパネルデータ分析, 鶩尾哲、篠崎彰彦, 2018 年 8 月, pp.1-16.
- No.9 ICT 資本と R&D 資本を織り込んだマクロ計量モデルの構築：2008SNA に準拠した国民経済計算（2011 年基準）のデータを用いて, 久保田茂裕、篠崎彰彦, 2018 年 9 月, pp.1-22.
- No.10 ICT 及び R&D への投資が日本の経済成長に及ぼす効果の分析一生産関数モデルを用いた検証一, 久保田茂裕、篠崎彰彦, 2019 年 9 月, pp.1-25.



〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町 2-14-10 アーバンネット日本橋ビル

ICT リサーチ・コンサルティング部 主席研究員 野口正人

TEL 03-3663-7152, MAIL noguti@icr.co.jp