

日本製造業のサービス化と生産性

Serviceization and Productivity in Japanese Manufacturing Industry

経営学部現代経営学科

中西 敏之¹⁾

NAKANISHI, Toshiyuki, PhD

Department of Contemporary Business

Faculty of Business Administration

要旨：近年、インターネットの発達にともなうIoTなどの技術により、製造業が製品を作るだけでなく、サービスも提供するようになってきている。このような製造業のサービス化によって、企業の生産性が向上したのか低下したのかをプロペンシティスコアマッチング法を用いて検証した。検証には、特許データと企業の財務データを用いた。その結果、製造業のサービス化によって生産性が向上したことが示された。しかしながら、製造業の中でも、素材産業と機械産業、大企業と中小企業では結果が異なると考えられ、更なる研究が必要である。

Abstract : In recent years, with the development of the Internet, technologies such as IoT have led manufacturers not only to make products, but also to provide services. I verify whether the productivity of companies has increased or decreased due to the serviceization of the manufacturing industry using Propensity Score Matching Method. Patent data and corporate financial data were used for this verification. As the result, it was indicated that productivity improved by the serviceization of the manufacturing industry. However, among the manufacturing industries, the results may be different between the materials industry and the machinery industry, and between large and small-sized enterprises, further research is necessary.

キーワード：製造業、サービス化、生産性、プロペンシティスコアマッチング

Keywords : manufacturing industry, serviceization, productivity, propensity score matching

1. はじめに

サービス業という一般的なには、卸売業・小売業、運輸業、金融業、宿泊業などをイメージする。製造業は、自動車やテレビ等の家電、医薬品、家具等を作る産業である。これらは別の産業であるように思われるが、昔から一体化している。例えば、自動車産業では、自動車の販売とアフターサービスを一体化しメーカー別の販売店で自動車を売っている。この方法はうまくいき海外でも受け入れられた。家電製品でも専門の販売店が、売るだけではなく取り付けをし、修理をしてくれる。時にはその家にふさわしい家電製品を選んでくれる。これらのサービス部門を別会社に行っている場合もあるし、製造部門と同じ会社の中に販売、サービス部門として存在することもある。

近年インターネットが普及し、電子商取引やメールでのサポートが増えると、ますます製造とサービスは

一体化してくる。更に、製品そのものがソフトウェア化しいろいろな種類のサービスを提供する。例えば、パソコンは1台あればテレビにもラジオにも電卓にもなる。ソフトウェアの生産は、情報通信産業としてサービス業に分類されることもあるが、その特徴から製造業と考えることもできる。インターネットが発達する今日においては、製品に占めるソフトウェアの割合が増加し、ますますサービス機能が多くなっている。例えば、テレビでは、自動録画機能などは当たり前であり、電子レンジなどもボタン一つで料理を作ってくれる。自動車も自動運転の時代である。本来、サービス業であるお抱え運転士などの仕事は、自動車の自動運転機能として組み込まれ、仕事としてはなくなるかもしれない。

このような製造業のサービス化が進んだのは、1990年代以降のいわゆる「バブル経済」が崩壊した後である。インターネットの普及とも関連し製造業のサービ

ス化によって、製造業の生産性が上がったのだろうか、それとも、日本ではサービス業の生産性は低いといわれているが、製造業のサービス化によって生産性が下がったのだろうか。この点を明らかにすることが本稿の目的である。製造業の生産性が下がったのであれば、今後も、生産性の向上を期待することは難しくなる。

分析を行った結果、製造業のサービス化により生産性が上がったことが示された。しかしながら、その優位性は低く、サービス化により生産性が向上しているかどうかは、産業別の分析など他の要因の影響も考慮し、条件を絞り込んださらなる研究が必要であることがわかった。

これらの内容を説明するために、本稿は以下のように構成する。2では製造業のサービス化に関する先行研究と本研究の位置付けについて述べる。3では分析に用いたデータについて説明するとともに分析方法について述べる。4では分析結果について述べる。5で分析結果を基に考察を加え結論を述べる。最後に、6でまとめと今後の課題について述べる。

2. 先行研究と本研究の位置付け

日本における製造業のサービス化の変遷については、角（2016）や近藤（2014）が先行企業の事例などを基にその状況を詳しく述べている。また、サービスの価値と投資効果についての研究としては、小松（2009）が産業全体での投資と利益の関係を考察し、ビジネスモデルの再構築が必要であると述べている。森川（2007）は個別企業のデータを基に、サービス業における企業利益、企業との生産性の関係を研究した。その結果、サービス業全体の生産性が低いわけではなく、業種によっては生産性の高い業種もあると述べている。しかしながら、本稿のテーマである「製造業のサービス化」と企業との生産性との関係について論じた研究は、筆者が知る限りでは見当たらない。

サービス化の効果を考える場合に、サービス化の度合いと企業利益の関係を回帰分析する方法が考えられるが、企業活動のサービス化を説明変数として定量的指標で表すことは、各企業の活動内容を詳細に得る必要がありかなり困難である。日本の製造業においては、以前から販売とアフターサービスが一体化されており、その程度を定量的指標で表すことは難しい。そこで本研究では、日本の製造業でサービス化技術開発が盛んにおこなわれるようになった時期を境として、

サービス化技術開発を行った企業と行わなかった企業との生産性に違いがあるかどうかをPropensity Score Matching法（以下、PSM法と記す）²⁾によって比較し、サービス化の効果を検討する。具体的には、サービス化技術開発の時間的な特徴を捕まえ、変化が起こった年を特定し、その年を境にサービス化技術開発を行った企業と行わなかった企業に生産性の違いが生じるかどうかを、財務データを基に分析する。これらの試みは、先行研究にない本研究の特徴である。

検証のために次の仮説を立てる。

仮説：日本の製造業においては、サービス化技術開発によって生産性が向上した。

3. 分析データと分析方法

3.1 分析データ

企業の情報については、日本政策投資銀行「企業財務データバンク」2012年度版を用いた。分析対象とした企業は、当データベースのなかの製造業に該当する企業（1,377社）で、1部2部上場企業と新興証券市場に上場している企業である。企業は、吸収合併や分社、社名の変更などを行うためにどの単位で一つの企業とみるかは難しい問題である。そこでNISTEP企業名辞書（Ver.2016.1）により企業をまとめ最新の企業を分析の単位とした。例えば、現在のパナソニック（株）は以前の松下電器産業（株）だけではなく、松下通信（株）や松下電工（株）などを含むが、これらをまとめた企業として分析している。製造業の業種分類は、NISTEP企業名辞書（Ver.2016.1）にある証券コード協会の業種コードを用いている³⁾。

サービス化を、サービス化技術開発を通して見るために特許データを用いた。特許データは知的財産研究所が提供しているIIPデータベース（2015年版）を用いた⁴⁾。IIPデータベースとNISTEP企業名辞書を、企業名辞書とともに提供される接続テーブルを用いて接続した。

3.2 分析方法

手順としては、まず、特許データを用いてサービス化技術開発が盛んになりだした年を特定する。その年を起点として生産性に差が出るかどうかを、PSM法を用いて分析する。PSM法によって、サービス化技術開発の条件、すなわち、企業規模や生産性などが類似の企業間での生産性の差を比較できる。製造業のサービス化には、特許に関係しない設置サービスな

どもあるが、本稿では特許化された技術にのみ注目する。技術に注目する場合、技術開発に関する特許申請と、商品に用いた技術に関連する特許登録があるが、本稿ではこの両方を技術開発として考察する。

製造業のサービス化に関連のある特許のIPCコードとしてはG06F 17/60とG06Qをあげることができる。G06Qは2000年以降に新しく作られたコードである。これらのIPCコードを筆頭IPCとしてあげている特許は、2012年頃までに約80,000件申請され、15,000件登録されている。各年度別の申請特許数、登録特許数を表1に示す。

表1 特許申請・登録のピーク

年度	申請件数	登録件数
1997年	582	62
1998年	554	89
1999年	598	96
2000年	4365	73
2001年	4702	132
2002年	3356	131
2003年	2537	105
2004年	2251	138
2005年	1975	132
2006年	1769	208
2007年	1635	499
2008年	1475	519
2009年	1307	683
2010年	1252	651

この表からわかるように、特許申請では2000年に急激な増加があり、企業の生産性としては、2001年あたりから、サービス化技術を開発した企業とそうでない企業の差が表れると考えられる。また、特許の登録件数を見ると、2006年、2007年あたりから登録件数が増加しており、2006年あたりから生産性に差が出るものと考えられる⁵⁾。実際に、財務データに差が出るのは、研究開発の結果としての特許申請よりは製品に活用された特許を登録する特許登録であると考えられるが、本稿では特許申請、特許登録の両方を基点として生産性を比較する。

分析には、生産性を見るために相対的労働生産性と相対的TFP（相対的全要素生産性）を被説明変数として用いる。また、分析方法としては生産性の「自己選択の内生性」の問題を解決するためにPSM法を用いた分析を行う。この場合の「自己選択の内生性」は、生産性が高い企業ほどサービス化に力を入れる

という考え方である。一般的な回帰分析では、この内生性のために正しい分析を行えない。また、PSM法を用いることによって、サービス化を行うかどうかの条件が類似の企業に関して、生産性の違いを比較できる。具体的には、企業規模や生産性、研究開発強度が類似の企業を比較することになる。

そこで以下の手順で分析を行う。

- 1) 各企業の相対的労働生産性、相対的TFPを計算する。
- 2) 各企業を、サービス特許を申請または登録した企業と、サービス特許を申請または登録していない企業に分ける。
- 3) 生産性に影響を与えると考えられる表4、表5に示す各変数がサービス化技術を開発することに与える影響をプロビット分析により係数として求める。
- 4) これらの係数を基にプロペンシティスコア（Propensity Score）を各企業につき2000年と2005年について求める⁶⁾。
- 5) 同じ年で同じ産業の企業の内、プロペンシティスコアが最も近い企業をペアーにする。本研究では、サービス化技術を開発した1社に対して、ペアーを4社選んでいる⁷⁾。
- 6) このプロペンシティスコアを基にPSM法を用いて、サービス化技術開発の効果を分析する。

まず、下記の式（1）（2）により、相対的労働生産性を計算した。次に、下記の式（3）（4）により、相対的TFPを計算した。計算に用いた会社数は185社、サンプルサイズは1,763である。データに不備⁸⁾があるサンプルは省いている。計算には、中島（2001）、金、権、深尾（2008）、清田、滝澤（2008）、乾、戸堂、Hijzen（2008）らが用いた方法（式（1）、（2）、（3）、（4））を用いた。それぞれの起点となる年は、表1の値を参考に、財務データとして研究開発費を得ることができるほぼ最初の年である2000年を基準（ $t=0$, $s=0$ 年）とした。

$$t=0 \text{ について} \quad \ln LP_f(t) = (\ln V_f(t) - \ln V(t)) - (\ln L_f(t) - \ln L(t)) \quad (1)$$

$$t \geq 1 \text{ について} \quad \ln LP_f(t) = (\ln V_f(t) - \ln V(t)) + \sum_{s=1}^t (\ln V(s) - \ln V(s-1)) - [(\ln L_f(t) - \ln L(t)) + \sum_{s=1}^t (\ln L(s) - \ln L(s-1))] \quad (2)$$

ここで、 $LP_f(t)$ は相対的労働生産性でf企業のt年の基準（計算開始年（2000年、 $t=0$ ）の分析対象企業

の労働生産性の平均値)からの相対的な値を表す。 $V_f(t)$ は付加価値, $L_f(t)$ は労働量を表す。付加価値は, 売上高から材料費, 購入部品費, 運送費, 外注加工費, 燃料費などを引いた値である。労働量は, 従業者数に国民経済計算年報(内閣府)の製造業年間労働時間数を乗じて求めた。

次に, 下記の式(3)(4)により, 相対的TFPを計算した。

$$\begin{aligned}
 & t=0 \text{ について} \\
 \ln RTFP_f(t) &= (\ln Y_f(t) - \overline{\ln Y(t)}) \\
 & - \sum_{i=1}^n 1/2(S_{if}(t) + \overline{S_i(t)})(\ln X_{if}(t) - \overline{\ln X_i(t)}) \quad (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & t \geq 1 \text{ について} \\
 \ln RTFP_f(t) &= (\ln Y_f(t) - \overline{\ln Y(t)}) + \sum_{s=1}^t (\ln Y(s) - \overline{\ln Y(s-1)}) \\
 & - [\sum_{i=1}^n 1/2(S_{if}(t) + \overline{S_i(t)})(\ln X_{if}(t) - \overline{\ln X_i(t)}) \\
 & + \sum_{s=1}^t \sum_{i=1}^n 1/2(\overline{S_i(s)} + \overline{S_i(s-1)})(\ln X_i(s) - \overline{\ln X_i(s-1)})] \quad (4)
 \end{aligned}$$

$RTFP_f(t)$ は相対的TFPでf企業のt年の基準(計算開始年(2000年, $t=0$)の分析対象企業のTFPの平均値)からの相対的な値を表す。 Y は各企業の生産高(売上高)を示す。 $Y_f(t)$ はf企業のt年の生産高である。 X は生産要素の投入量を示す。 $X_{if}(t)$ はf企業のt年の生産要素iの投入量である。 $S_{if}(t)$ はf企業のt年の生産要素iのコストシェアである。上傍線は各変数の平均を表すが, コストシェアについては算術平均, 対数をとっている生産高, 生産要素については幾何平均である。生産要素としては, 中間投入, 労働投入, 資本ストックを用いた。中間投入は, 売上原価から労

務費を引いた値をデフレーターで除した値である。中間投入には, 材料費や外注加工費などが含まれる。デフレーターは, 日本銀行統計企業物価指数を用いた。このデフレーターは他の生産要素, 生産高, コストシェアにも用いている。労働投入は, 財務データの従業者数に国民経済計算年報(内閣府)の製造業年間労働時間数をかけて求めた。人件費には福利厚生費を含む。資本ストックは, 有形固定資産から土地と建設仮勘定を引いたものを用いた。稼働率は業種ごとの稼働率が出ていないため考慮していない。コストシェアは, 中間投入コストと労働投入コストについては投入額を, 資本投入コストについては, 減価償却費を用いて求めた。

ここで計算した, 相対的労働生産性, 相対的TFP, 売上高研究開発費率(研究開発強度), 売上高営業利益率などの基本データの推移を図1に示す。

2007年あたりから相対的労働生産性と売上高営業利益率が低下している。これはリーマンショックの影響があるものと考えられる。労働力の調整が難しい日本製造業の特徴である。

上記分析手順3)のプロビット分析は, 式(5)のプロビットモデルにより行う。財務状況に変化が始める $t+1$ 年は, 特許申請については2001年⁹⁾, 特許登録については2006年とする。前年のサービス化ダミーは $SV_f(t-1) = 0$ である。

$$\text{Prob}(SV_f(t) = 1 | \mathbf{x}_f(t)) = \Phi(\mathbf{x}'_f(t) \beta) \quad (5)$$

Φ は標準正規分布の累積密度関数で, $\mathbf{x}_f(t)$ には生産性に関連があると考えられる相対的TFP, 従業員

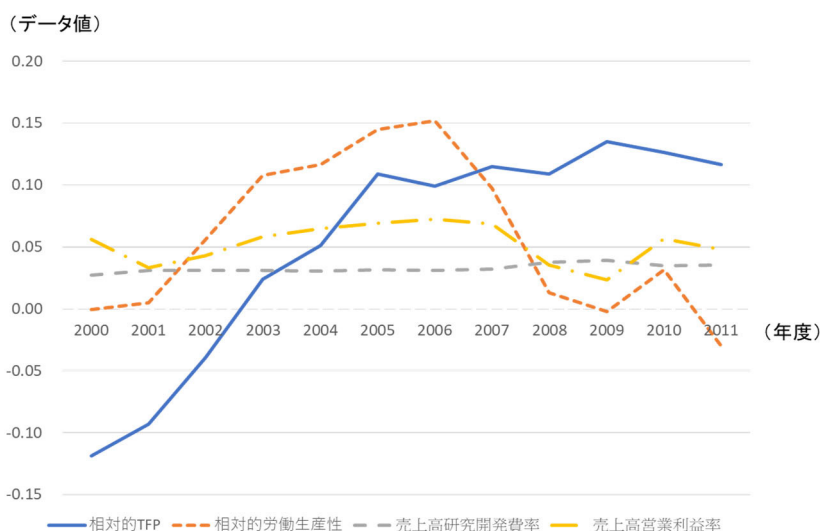


図1 企業主要収益データのまとめ

数の対数値, 売上高研究開発費率, 売上高営業利益率, 産業ダミーを用いる。βは係数である。これらの説明変数は, 基本的にはKimura and Kiyota (2006), 乾, 戸堂, Hijzen (2008) などの先行研究を参考にした。ただし, 産業の特徴を除くために産業ダミー変数を追加した。また, 表3を参考に相関関係が強い変数は一方を除いた。例えば, 相対的TFPと相対的労働生産性は強い相関を示すために相対的TFPのみを用いた。

上記式(5)のプロビット推計をt-1年にサービス化技術開発をあまり行わずt年にサービス化技術開発を本格的に開始した企業とサービス化技術開発を行っていない企業について行いβの推計値を得る¹⁰⁾。この結果をもとにサービス化技術開発企業(グループ1)とサービス化技術開発を行っていない企業(グループ2)についてプロペンシテスコア(Propensity Score)を計算し, これらの企業(グループ1とグループ2)の間でt年に最も近いスコアを示す企業のペアを抽出する¹¹⁾。PSM法におけるマッチングの方法として最近傍マッチング法とカーネル法を用いる¹²⁾。グループ1の内マッチした企業をトリートメントグループ, グループ2の内マッチした企業をコントロールグループと呼ぶ。t年でマッチングを行い, トリートメントグループとコントロールグループのt+1, t+2, t+3, t+4, t+5年の値を比較しサービス化の効果調べる。

一般的な方法は以下の式(6)でATT(Average effect of treatment on the treated)を求める。ATTはトリートメントグループとコントロールグループの差, すなわちサービス化技術開発後の平均的な効果を表す。

$$ATT = 1/n \sum_{i=1}^n (y_{i,t+s}(1) - \sum_{j=1}^m W_{ij} y_{j,t+s}(0)) \quad (6)$$

W_{ij}はウェイトで最近傍法では1である。カーネル法ではカーネル関数を用いて計算したウェイトで, ここではカーネル関数としてEpanechnikov関数を用いている。もう一つの方法は式(7)でDID

(Difference in Difference)の推計を行う。DIDは同じ企業の年度間の被説明変数の差に対して, 更にトリートメントグループとコントロールグループの差をとるので「差の差の手法」と言われることがある。この方法は, 各企業の固定効果の問題を避けるためのものであり, Heckman, Ichimura and Todd (1997)に論じられている。本稿ではこの値(DID)を用いている¹³⁾。

$$DID = 1/n \sum_{i=1}^n (\Delta y_{i,t+s}(1) - \sum_{j=1}^m W_{ij} \Delta y_{j,t+s}(0)) \quad (7)$$

y_{it}(d)は企業iのt年度における相対的TFPまたは相対的労働生産性である。(1)はトリートメントグループ, (0)はコントロールグループを表す。また, jはiのペア(相方)を表す。nはトリートメントグループの処理の対象になった企業数を表す。mはペアになった企業数で, 最近傍法では1対1の場合はm=1である。本研究では例外的な場合を避けるために, m=4を用いて平均化している。sはサービス化技術開発から何年目であるかを示す。ここではs=1, 2, 3, 4, 5である。Δy_{it+s}はy_{it+s}-y_{it}で変数yのs階の差分である。y_i(t)には被説明変数の対数値を用いているのでその差分は変数の成長率¹⁴⁾を表す。

4. 分析結果

4.1 基本統計量

分析に用いた企業情報の基本統計量を表2に示す。分析に必要なデータに抜けがあるものを省いたので, サンプルサイズは15,459である。

表2 基本統計データ

変数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
相対的TFP(対数値)	0.0568	1.2474	-1.2463	8.8165
相対的労働生産性(対数値)	0.0575	0.9856	-17.0765	10.2680
従業員数(対数値)	6.3316	1.3047	0.0000	11.1861
研究開発強度	0.0329	0.0467	0.0000	0.8963
売上高付加価値率	0.5346	0.2191	0.0000	1.0000
売上高営業利益率	0.0524	0.1253	-5.7619	0.9999

各変数の相関マトリックスを表3に示す。

予想通り, 相対的TFPと相対的労働生産性, 売上

表3 相関マトリックス

		[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
N=15459	[1] 相対的TFP(対数値)	1.0000					
	[2] 相対的労働生産性(対数値)	0.4872	1.0000				
	[3] 従業員数(対数値)	-0.1978	0.0267	1.0000			
	[4] 研究開発強度	0.0368	-0.0102	0.1263	1.0000		
	[5] 売上高付加価値率	0.6877	0.5360	-0.1467	0.1241	1.0000	
	[6] 売上高営業利益率	0.3499	0.2679	-0.0937	-0.0941	0.2480	1.0000

高付加価値率、売上高営業利益率は相関関係が高い。

4.2 プロビット分析の結果

式(5)を用いてプロビット分析を行った。2000年にサービス化技術を開発している企業の被説明変数の値を1とした。2000年にサービス化技術開発を行っていない場合は被説明変数の値は0である。プロビット分析の結果を表4に示す。従業員数は、1%以内の範囲で有意性を示している。大きな企業ほどサービス化技術開発を行っていることがわかる。また、研究開発強度は、1%以内の範囲で有意性を示しているので、研究開発を盛んに行っている企業ほどサービス化技術開発の可能性が高いことがわかる。売上高営業利益率については、5%以内の範囲で有意性を示している。利益率の高い企業ほどサービス化の可能性が高いことがわかる。

表4 2000年のProbit分析値

説明変数	係数	標準誤差
相対的TFP(対数値)	0.0998	0.0881
従業員数(対数値)	0.9729 ***	0.0804
売上高研究開発費率	8.0511 ***	2.9700
売上高営業利益率	2.1232 **	1.0732
食料品	-1.6809 ***	0.4291
繊維製品	-1.1087 **	0.4598
パルプ・紙	-1.3255 **	0.6021
化学	-0.8942 ***	0.2888
石油・石炭製品	-0.1423	0.6842
ゴム製品	-1.2351 *	0.6431
ガラス・土石製品	-1.1160 **	0.4578
鉄鋼	-1.2395 **	0.5732
非鉄金属	-0.5481	0.4634
機械	-0.7131 **	0.2830
電気機器	-0.4846 *	0.2671
輸送用機器	-1.4196 ***	0.3501
精密機器	-0.2416	0.4001
定数項	-7.8887 ***	0.6139
サンプルサイズ(企業数)	1,073	
疑似決定係数	0.4664	

注: ***は1%、**は5%、*は10%の水準で統計的に有意であることを示す。
表にない産業は、基準としているか、データ数が少ないためオミットされた産業である。

特許登録についてもプロビット分析を行った。特許登録の場合は表1から2005年が変換点だと考えられる。プロビット分析の結果を表5に示す。従業員数、研究開発強度、売上高営業利益率ともに、1%以内の範囲で有意性を示している。

これらの数字から、サービス化技術を保有している企業とサービス化技術を保有していない企業のそれぞれにプロペンシティスコアを計算しペアを作る。ペアの作り方は、最近傍法では、t年のプロペンシティスコアが最も近いサービス化技術を保有している

表5 2005年のProbit分析値

説明変数	係数	標準誤差
相対的TFP(対数値)	0.1556 **	0.0704
従業員数(対数値)	0.9184 ***	0.1025
売上高研究開発費率	7.0551 ***	1.2590
売上高営業利益率	2.5788 ***	0.9519
食料品	-1.3844 **	0.6290
化学	-1.1251 **	0.4504
石油・石炭製品	0.8070	0.7042
鉄鋼	-0.6670	0.6512
機械	-0.5258	0.3863
電気機器	-0.1035	0.3387
輸送用機器	-1.8493 ***	0.5465
精密機器	-0.4766	0.5386
定数項	-8.3491 ***	0.8494
サンプルサイズ(企業数)	1,007	
疑似決定係数	0.5192	

注: ***は1%、**は5%、*は10%の水準で統計的に有意であることを示す。
表にない産業は、基準としているか、データ数が少ないためオミットされた産業である。

企業と保有していない企業をペアにして、トリートメントグループとコントロールグループを抽出した。

4.3 PSM法での推計

上記のプロペンシティスコアを基に、PSM法によりDIDを求めた結果が表6である。5年間にわたる違いを示している。期間が長すぎると、他の要素が影響する可能性があり、ここでは、先行研究と同程度の5年間を比較している。表6の内、技術開発(特許出願)を基に2000年をベースにサービス化技術開発の効果を推計したのが表6のA、Bで、技術活用(特許登録)を基に2005年をベースにサービス化技術の効果を推計したのが表6のC、Dである。AとCは相対的TFPの差の推計値を、BとDは相対的労働生産性の差の推計値を示す。

DIDの値が0であれば、サービス化技術開発を行った場合と行わなかった場合またはサービス化技術を保有している場合と保有していない場合で生産性の伸びに違いがないことを示す。

A: のTFPに関しては、2年目あたりから係数が正で、5年目あたりに10%以内の範囲で有意にサービス化技術開発を行った場合の方が、TFPの伸びが高いことを示している。

B: の労働生産性に関しては、4年目に10%以内の範囲で有意にサービス化技術開発を行った場合の方が、労働生産性の伸びが高いことを示している。しかしながらカーネル法による係数は必ずしも正ではない。

特許登録を基に2005年を基準にすると、

C: のTFPに関しては、4年目に10%以内の範囲

表6 サービス化の効果

A.:TFPIに対する効果推計										
特許申請からの経過年	1年		2年		3年		4年		5年	
PSM法	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル
DID	-0.0005	-0.0132	0.0469	0.1056	0.0312	0.0242	0.1582	0.0867	0.2755 *	0.2110
標準誤差	0.0210	0.0323	0.0694	0.1131	0.0953	0.1245	0.1073	0.1272	0.1478	0.2282
Treatedサンプルサイズ	122		122		122		121		121	
その他のサンプルサイズ	1,057		1,057		1,057		1,057		1,057	
t値	-0.02	-0.41	0.68	0.93	0.33	0.19	1.47	0.68	1.86	0.92

B.:労働生産性に対する効果推計										
特許申請からの経過年	1年		2年		3年		4年		5年	
PSM法	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル
DID	0.0261	-0.0192	0.0406	0.0377	0.1438	-0.0154	0.1100 *	0.0656	0.0241	-0.0516
標準誤差	0.0351	0.0542	0.0443	0.0641	0.0561	0.0744	0.0645	0.1387	0.0703	0.1125
Treatedサンプルサイズ	122		122		122		121		121	
その他のサンプルサイズ	1,057		1,057		1,057		1,057		1,057	
t値	0.74	-0.35	0.92	0.59	1.31	-0.21	1.71	0.47	0.34	-0.46

C.:特許登録で見たTFPIに対する効果推計										
特許登録からの経過年	1年		2年		3年		4年		5年	
PSM法	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル
DID	0.0679	-0.0668	0.1572	0.0952	0.1438	0.2642	0.0838	0.3185 *	-0.0017	0.2336
標準誤差	0.0761	0.0847	0.1474	0.1129	0.1871	0.1660	0.2111	0.1764	0.2206	0.2445
Treatedサンプルサイズ	51		51		51		51		51	
その他のサンプルサイズ	1,242		1,242		1,243		1,243		1,243	
t値	0.89	0.79	1.07	0.84	0.77	1.59	0.40	1.81	-0.01	1.15

D.:特許登録で見た労働生産性に対する効果推計										
特許登録からの経過年	1年		2年		3年		4年		5年	
PSM法	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル	最近傍	カーネル
DID	0.0687	-0.0111	0.0287	0.1124	0.0149	0.0545	0.0658	0.1294	-0.0651	0.1053
標準誤差	0.0855	0.0442	0.0947	0.1152	0.0735	0.1053	0.0902	0.1187	0.0867	0.1286
Treatedサンプルサイズ	51		51		51		51		51	
その他のサンプルサイズ	1,242		1,242		1,243		1,243		1,243	
t値	0.80	-0.25	0.30	0.98	0.20	0.52	0.73	1.09	-0.75	0.08

カーネル法(ノンパラメトリック法)での標準誤差はブートストラップ法の反復50回で求めた。

で有意にサービス化を行った場合の方が、TFPIの伸びが高いことを示している。しかしながら最近傍法による係数は必ずしも正ではない。

D:の労働生産性に関しては、有意な差は認められない。

PSM推計による結果は、サービス化技術開発、サービス化商品開発¹⁵⁾ともに4、5年後に効果があるように思われるが、その効果は明らかではない。

5. 考察

表6の結果から、サービス化技術開発、商品開発ともに、4、5年後にその効果が出て生産性が向上したとも考えられる。しかしながら、係数の有意性があまり高くなく明確な効果があったとは言いにくい。よって、本稿の研究結果は、日本の製造業においては、サービス化によって生産性が向上したことを示唆するものであるが、仮説「日本の製造業においては、サービス化技術開発によって生産性が向上した。」は必ずしも成り立つとは言えない。

製造業の中でも、食品産業や石油産業さらに電気・機械産業などではサービス化の度合いやその影響が異なると考えられる。本稿では、マッチングにおいて産

業別のペアーを考慮したが、効果については産業別の分析ができていない。また、部品製造企業や下請け中心企業と最終製品を製造販売している企業ではサービス化の効果が異なると考えられる。これらの点を考慮し、分類を改善すると明確な結果が得られる可能性がある。

また、製造業のサービス化は技術開発なしでも行うことは可能であり、サポート体制の充実といったことがうまく分析に反映されていない可能性がある。今後は、技術開発の視点だけでなく、製造業のサービス化を、より正確に出す指標を作り、サービス化の効果を直接分析できる方法を考えることも重要である。

6. まとめと今後の課題

本稿の研究結果は、日本の製造業においては、サービス化によって生産性が向上したことを示唆するものであるが、分析の信頼性があまり高くなく、サービス化技術で製造業の生産性が上がったと言い切ることができない。

本研究では、製造業の中の産業別のサービス化効果や、企業特性別のサービス化効果を分析することができなかった。これらの分析によってより信頼性の高い

分析が可能であると考えられるので、これらの分析を行うことを今後の課題としたい。また、更に進んで、技術開発のみでなくサービスの直接的な影響を分析することも考えたい。

注

- 1) 神戸大学大学院経済学研究科研究員兼務
- 2) Rosenbaum, Rubin (1983) に詳しく述べられている。
- 3) この分類は日本標準産業分類とは異なるので注意が必要である。
- 4) Goto and Motohashi (2007) に説明がある。また、中村 (2016) 参照。
- 5) 特許申請からは1年後、特許登録についてはその年から特許を用いた製品が売られると考える。
- 6) 2000年は特許申請、2005年は特許登録に関連している。特許申請の場合は、利益につながるまでに時間がかかると考えられるとともに、研究開発費データの関係で、表1における申請の山の前年の1999年ではなく2000年を起点とした。
- 7) 一般的には最も近いスコアを示す1社のみを用いることが多いが、1社だけであると特殊なケースが考えられるため、4社選んで例外的なケースを避けることにした。なお、本研究では最近傍の1社だけを選んだ分析も行ったが、結果は表6に示すものと同じ傾向を示した。
- 8) 期末従業員数、労務費などのデータが入力されていないもの。
- 9) 実際に特許申請が財務データに影響を与えるのは、さらに遅くなると考えることもできるが、本稿では5年間の変化を見ているので、その間にカバーすることができる。
- 10) t 年は表1を参考に、特許申請では2000年、特許登録では2005年にしている。
- 11) ここでの説明は特許申請の場合であり、特許登録の場合はサービス化技術を保有している企業（トリートメントグループ）とサービス化技術を保有していない企業（コントロールグループ）とのペアになる。
- 12) カーネル法については、Guo and Fraser (2010) に詳しい説明がある。
- 13) 実際の推計には、stataコマンドとして提供されるLeuven and Sianesi (2003) によるpsmatch2とbootstrapを使用した。カーネル法も同様。
- 14) ここでの成長率は何倍になったかを意味する。

- 15) 特許登録をする場合は、その特許を製品に使う場合が多いので、商品開発という言葉を使っている。

参考文献

- Goto,A. and Motohashi,K. (2007) "Construction of a Japanese Patent Database and a first look at Japanese patenting activities", *Research Policy*, Vol.36, No.9, 1431-1442
- Guo,S. and Fraser,M.W. (2010) "Propensity Score Analysis Statistical Methods and Applications", *SAGE*
- Heckman,J.J.,Ichimura,H. and Todd,P.E. (1997) "Matching As An Econometric Evaluation Estimator: Evidence from Evaluating a Job Training Programme", *Review of Economic Studies*, Vol.64, 605-654
- Kimura,F. and Kiyota,K.(2006) "Exports, SV, and Productivity: Dynamic Evidence from Japanese Firms", *Review of World Economics*, Vol.142(4)
- Leuven,E. and Sianesi,B.(2003) "PSMATCH2: Stata module to perform full Mahalanobis and propensity score matching, common support graphing, and covariate imbalance testing", stata document
- Rosenbaum,P.R. and Rubin,D.B. (1983) "The central role of the propensity score in observational studies for causal effects", *Biometrika*, Vol.70(1), 41-55
- 乾友彦, 戸堂康之, Alexander Hijzen (2008) 「海外進出・生産委託の影響」, 深尾京司, 宮川努編著, 「生産性と日本の経済成長: JIPデータベースによる産業・企業レベルの実証分析」第11章, 東京大学出版会
- 清田耕造, 滝澤美帆 (2008) 「退出の予兆: 「突然」か, 「必然」か」, 深尾京司, 宮川努編著, 「生産性と日本の経済成長: JIPデータベースによる産業・企業レベルの実証分析」第7章, 東京大学出版会
- 金榮慤, 権赫旭, 深尾京司 (2008) 「サービスの新陳代謝機能」, 深尾京司, 宮川努編著, 「生産性と日本の経済成長: JIPデータベースによる産業・企業レベルの実証分析」第8章, 東京大学出版会
- 小松昭英 (2009) 「製造業のサービス化・感性化」, *Journal of the International Association of Project & Program Management*, Vol.3, No.2, 57-67
- 近藤隆雄 (2014) 「製造業のサービス化-その類型化と論理」, *MBS Review*, No.10, 3-12

- 角忠夫 (2016) 「我が国における製造業のサービス化の変遷と今後の展望」, サービスロジー, Vol.3, No.3, 24-31
- 中島隆信 (2001) 「日本経済の生産性分析」, 日本経済新聞社
- 中村健太 (2016) 「『IIPパテントデータベース』の開発と利用」, 国民経済雑誌, Vol.214, No.2, 75-90
- 森川正之 (2007) 「サービス産業の生産性は低いのか? - 企業データによる生産性の分析・動態の分析」, RIETI Discussion Paper Series, 07-J-048