

研究開発投資と国民総生産⁽¹⁾

出雲敏彦

R & D Expenditure and Gross National Product

Toshihiko IZUMO

1. はじめに

ここ数年、技術革新をめぐる議論が盛んである。現在注目されている経済のソフト化、サービス化という議論も、通信技術の発展やコンピュータリゼーションという情報化の側面に注目するならば、これもまた技術革新がもたらす経済構造の変化と言い換えることもできる。このような技術革新にかんする議論の活発さは、日本経済の活力を反映しているといえる。しかし逆に、過去に比して低い成長率で推移している日本経済の現状を転換するために、新しい技術革新が切実に待望されているからであるという解釈も成立する。

ところで、1983年に大蔵省が提唱したソフトノミックスは経済のサービス化・ソフト化をさす言葉であるが、この和製英語は広く使われるようになっていく。大蔵省の定義によればソフト産業とは、情報化率（各産業の物的・非物的投入総額に占めるその非物的投入総額の割合）が40%を越えるものとしている。日本の第三次産業の就業者比率は1987年度末、59% [表1] であり、アメリカの1986年、この比率は70.4%（ILO調べ、日本57.6%）である。産業構造から見てはたして、日本に輸出型サービス業が育ち得るかどうかアメリカ並のソフト化社会になるかどうかの鍵になると言える。⁽²⁾

研究開発の重要性は増大の一途をたどり1989年度、総理府の『科学技術研究調査報告』によれば科学技術研究費総額は11兆8,155億円、対前年比は名目では11.2%増、実質では6.6%増加している。⁽³⁾ 科学研究には国の文化的な威信がかかっており、技術開発は国際的な経済競争の切札となっている。とくに、いわゆるハイテクノロジーに代表される、科学研究と技術開発が複雑に交差している分野では、研究開発の効果的な推進が至上の課題となっている。研究開発は、最も創造的な思考活動が、最も組織的に展開されている分野である。それは、コンピュータの進歩に負うところが大きい。コンピュータは、研究開発における極めて重要な「資源 (resource)」となっているのである。

かつて、研究開発におけるコンピュータ利用といえば、文献に関する二次情報や特許情報の検索サービス、実験データの収集、統計的なデータ処理、いわゆる技術計算などを意味した。

しかし、このような限定的なイメージは、もはや過去のものになりつつある。なぜなら、コンピュータは、研究室の下働きの存在から、研究者の創造的思考そのものを強力かつトータルに支援する知的パートナーに急速に変身しているからである。この変化とその意義を把握し、自分たちの研究環境にふさわしいコンピュータシステムを構築することは、研究マネージャだけにとどまらず、あらゆるレベルの研究者の重要な仕事となってきている⁽⁴⁾。

ここでは、第一次石油ショック以後の期間（1975年－1986年）を対象に、各種白書および調査報告の2次的経済統計データにもとづいて国民総生産と研究費支出額の分析した結果を報告する。なお、本稿で利用した統計データは表1の形に加工してある。

2. 研究開発の特徴と環境条件

「今日、研究開発が国の経済発展の支柱の1つであり、企業にとっては、研究開発こそ企業活動の源泉であることは広く認識されており、研究（開発）費は、その国の国力を示す1つの指標であるといわれるほど重要視されるようになった」と25年前に『科学技術白書』は指摘している [6;p.118]。1980年代に入って、技術革新への期待が高まる中で、エレクトロニクス、新素材、バイオテクノロジー等の分野で、第1次産業革命に匹敵するような広範な社会・経済的インパクトを与える可能性を秘めた技術革新の芽が現れ始めた。そのような技術革新の芽を育て、開花させるための研究開発への取り組みが、日本のみならず、世界的にも活性化してきている。

周知のように、研究開発と密接に結びつく技術革新が経済発展のプロセスで、とりわけ重要であることを強調したのは、20世紀の偉大な経済学者であるシュンペーター [16;p.93] であった。彼は、企業家活動として展開される生産要素の新結合をイノベーション（innovation）とし、その中に、製品革新（product-innovation）や工程革新（process-innovation）のみならず、新しい販路の開拓、新たな原材料供給源の獲得、新しい組織の実現なども含めている。そして、経済発展は企業家がこうした一連のイノベーションを次々と遂行していく過程の中から生み出されてくると考えた。このシュンペーターの視点から、第二次大戦後の40年間の日本経済の発展をふりかえると、それは、まさしく革新的な企業家による新製品・新工程の開発、新市場の開拓、すなわちイノベーションのプロセスであった、ということが出来る。あるいは、イノベーションを実現するための旺盛な民間設備投資が、国際競争力の強化を通じて、経済大国としての日本の地位を築き上げる過程であったということもできる。

そこで、ここではこれまでの日本経済の発展を、技術・知識の蓄積とそれによる技術革新の側面から捉え、技術革新をもたらした研究開発投資がどれくらいのタイムラグを伴って経済効果を及ぼすかモデル構築を行なう。

日本企業の研究開発が欧米企業のそれに比べて異なる特徴をもっていることがしばしば指摘される。これは、たとえば「日本企業では、基礎的な研究開発に資金、人材を配分する割合が

低く、基礎研究については外国の成果に依存し、自らは商品化に直接結びつくような応用、開発研究に多くの優秀な人材と資金を重点的に配分する傾向がある」、あるいは「日本企業の技術開発上の成果は、独創的、画期的であるよりも、模倣的、改良的であり、この傾向は最近の先端技術分野においてもそれほどかわらない」、との指摘にみられる [10]。

研究開発 (R & D) 投資⁽⁵⁾ は、文字通り研究 (Research) および開発 (Development) を目的とした投資的支出のことであり、資本設備への投資、人的資本への投資およびその他すべての資本的支出を含んでいる。研究開発投資は、中長期的には経済のサプライサイドへのインパクトを通して経済全体の活力を大きく左右するものであるという点で、設備投資同様極めて重要な意味をもっている。特に、日本経済が成熟段階を迎え、輸入技術依存から自前の技術開発を求められていること、さらに海外からは「技術フリー・ライダー」であるとの批判が高まっていることを考えると、こうした研究開発投資の重要性はますます高まりつつあるといえる。

しかしながら、研究開発投資の経済学的分析については、データ整備および分析手法の開発両面で、設備投資分析とは比較にならないほどの遅れがあり、多面的な角度から分析を行うだけの材料に乏しい状況にある。つぎに、研究開発投資に関する実績分析、経済メカニズム分析を取り扱うことにする。わが国の研究開発投資が過去どのような推移をたどり、現状の問題がどういった点にあるかを検討する。

3. 研究開発投資と技術・知識ストック

ところで、日本の技術進歩の寄与が高度成長期にとくに大きかった理由としては、①欧米諸国と日本との間に大きな技術格差が存在したこと、②海外からの導入技術を軸に、それらを改良・発展させるために企業間で活発な研究開発競争が行なわれたこと、③スケール・メリットの効果を生かす革新的な技術が確立し普及したこと、④安価で豊富なエネルギーが利用できたこと、などがあげられる。海外からの技術導入は、第二次大戦中に先進国との間に生じた技術ギャップを埋める働きをしており、戦後には、欧米から合成繊維、トランジスター、石油化学、新製鋼法など、多くの新技術が導入された。また、スケール・メリットをもたらす技術革新は、鉄鋼業での製鉄、製鋼プロセス、石油化学でのエチレン・プラントの大型化、自動車産業でのメカニカル・オートメーションとして結実している。

ところで、このような技術革新を具体化する上で大きな役割をはたしたのは、民間企業による海外からの積極的な技術導入と自らの研究開発による新技術の開発・改良である。1960年以降の技術導入件数、研究開発支出、民間設備投資のいずれの推移も順調に伸びている。そこで明らかなのは、3つの指標とも、高度成長期では急速に成長している。石油危機を契機に、いずれも停滞局面に入っているが、1980年代に入ると、再び上昇トレンドを回復し、研究開発支出と民間設備投資は、過去のピークを上回って成長を続けている。

さて、企業による研究開発投資が経済成長と結びつくのは、一定の懐妊期間をへて生み出さ

れた投資の成果が、企業の技術・知識として蓄積され、技術水準を高めるように働くからである。それゆえ、技術進歩のトレンドを考えるとときには、フローとしての年々の研究開発支出だけでなく、研究開発の成果として蓄積される技術・知識のストックの方に注目することが重要である。

その結果、技術・知識のストックをどのように計測するかが問題になる。この点に関して基本的には、物的資本ストックを推定する場合と同じように考えることができる。したがって、技術・知識のストックと研究開発のフローとの間には

$$R_t = (1 - \delta_t) R_{t-1} + E_t \quad (1)$$

$$E_t = I_{t-m}^{RD} \quad (2)$$

の関係が想定できる。ここで、 R_t はt期末の技術・知識ストックであり、 E_t はt期に生み出される技術・知識のフローである。また I_t^{RD} はt期の研究開発投資であり、 δ_t は技術・知識の陳腐化率、 m は研究開発投資の懐妊期間である。

(1)式は、今期の技術・知識のストックが、前期のストックに対して今期の研究開発投資の成果として生み出される技術・知識のフローを加え、今期の陳腐化する部分を差し引いたものとして決まることを表している。(2)式は、研究開発投資が新たな技術・知識の獲得となるまでにはm期の懐妊期間が必要であることを示している。したがって、初期のストックと陳腐化率が与えられると、この関係によって、年々の研究開発投資から年々のストック系列を推計することができる。初期のストックについては、ゴールドミス [2] が資本ストックの推計で展開したストックとフローの関係式を応用すると、次のようなスペシフィケーションとなる。

$$R_0 = E_0 / (g + \delta) \quad (3)$$

ただし、 g =技術・知識フローの成長率である。したがって、(3)式で初期のストックが推定されると、年々のストックは(1)・(2)式の関係を用いて逐次的に計算される。

4. 研究開発投資の実績分析

4. 1. 拡大する投資規模

わが国における研究開発活動については、総務庁統計局の『科学技術研究調査報告』によって基本的諸事項に関する統計値が公表されている。これは1953年に発足し、その後35年に拡充された指定統計である。民間の研究開発活動の調査単位は企業であり、その名簿は1972年事業所統計調査に基づいている等、分析上問題がないわけではないが、少なくともわが国における研究開発活動を総体的に唯一の利用可能な統計である。

まず1989年度におけるわが国の研究費総額は、11兆8,155億円であり、10年前に比べて名目で約2.6倍、実質では約2.1倍の規模となっている。その結果、研究費の対G N P比率も次第に上昇し、1979年度2.03%であったものが、1989年度には2.91%にまで上昇してきた。さらにこの間の動きをみると、高度成長期の後半に伸び率が加速（1971→1973年、4.3%）された後、

第一次石油危機によって、1970年代か1975年頃にかけて大きく伸び悩んだ（1974年度は実質マイナス成長、1974→1977年、1.4%）。しかしながら、経済の安定化とともに、近年では実質ベースでみて高度成長期並みか、むしろそれを上回る伸び率（1987年、6.2%）を記録している。これは、エレクトロニクス、コンピューターを主役とする新たな技術革新の波に対応したものと考えられ、成熟経済下の新しい動きとして注目される場所である [17;pp.24-56]。

次に、研究費を研究主体別にみると、1989年度では会社等が全体の70%を占め、大学等18%、研究機関12%となっている。同様の比率を10年前の1979年度についてみると、会社等58%、大学等28%、研究機関14%となっており、近年の研究開発投資の活発化は、会社等による民間主導のパターンをとっていることが窺える。

この点に関連して主要国の研究費総額をみると、日本の場合9兆8,366億円（1987年度対G N P比は2.76%）が、アメリカ合衆国が17兆7,930億円（1987年度対G N P比は2.74%）、イギリスが2兆4,486億円（1985年度対G N P比は2.22%）、ドイツ連邦共和国が4兆5,755億円（1987年度対G N P比は2.81%）、さらにフランスが2兆7,955億円（1986年度対G N P比は2.29%）となっており、ドイツについて2位となっている。わが国では研究開発における公的部門の役割が他の先進諸国に比べて小さいことが特徴的である。また、政府負担の研究費の大部分が、国・公営の研究機関、先導的・基礎的な研究開発を特殊法人の研究機関、および国・公立大学といった公的組織の内部で使用されており、会社等産業界に対する研究助成は非常に少ないことが指摘される。具体的に、産業界における研究開発の98%が民間負担によって行われているのである。

以上の諸点を確認する意味で、研究開発投資額の対G N P比率推移を過去25年間について挙げてある [表1]。上段は全研究費の対G N P比、下段は公的負担の代表格である国防研究費を除いた比率である。国際比較にはつきものの統計上の諸問題を考慮するとしても、わが国の研究開発投資の増勢が顕著であること、とりわけ国防関連を除く民間研究についてその傾向が明らかであること、さらにその規模（対G N P比）も民間研究については既に高い水準にあることが確認される。

最後に、こうした研究開発投資の中身（費目別構成）について分析する。1989年度についてみると、研究費の中で人件費の占める割合は43.7%、さらに原材料費等40.2%、有形固定資産購入額16.1%となっている。1975年頃になってからの動きをみると、原材料費等のウェイトの上昇が生じている。こうした点は、既に述べたように設備投資の面で生じてきた労働から資本への代替（いわゆる省力化・合理的投資のメカニズム）が、研究開発活動において生じつつあることを示唆すると同時に、研究活動がより資本集約的で大がかりなものへと変化しつつあることを意味している。

4. 2. 産業における研究開発投資

わが国の研究開発投資は、民間部門の主導でその増勢を強めていることについて後藤・若杉

[7; pp.159-180] の実証分析からも明らかであるが、具体的に産業における研究開発投資を、より詳細にまとめてみる。全産業（先の分類にいう会社等）およびその中の製造業によって支出された研究開発投資額（名目、実質）と、全産業での対前年伸び率（名目、実質）を示したものである。まず、全産業の名目伸び率をみると、1973年度までは1971年度の一時的落ち込みはあるものの、総じて20%を超える高い水準にあった。

製造業の研究開発投資については、まず全産業の投資 8 兆2,338億円に占めるウェイトが極めて高く、7 兆7,062億円で93.6% (1989年度) であることが指摘されるが、その推移は、名目、実質とも、おおむね全産業の趣勢と同様である。次に、名目ベースに限って、製造業各業種の動きをみてみよう。まず、全製造業の中で、電気機械工業と輸送用機械工業および化学工業の占める比率が極めて高く、これら三業種だけで1987年度に5 兆3,666億円（全産業の65.2%、製造業の69.7%）の研究開発投資が行われている。また、その細目をみると、電気機械の中の通信・電子・電気計測器工業で1 兆9,417億円、輸送用機械の自動車工業で1 兆872億円の投資がなされ、その規模は全産業の約3分の1（36.8%）、製造業の39.3%を占めている。このことは、エレクトロニクス、コンピュータ、自動車といった今日の花形産業における技術開発の重要性と競争の激しさを示すものである。時系列的にみると、前年比で機械工業の投資が23.9%、金属製品工業が22.0%、食品工業が21.7%の急増となっている [17; pp.24-63]。

5. 技術進歩の経済メカニズム

5. 1. 経済進歩のとりえ方

研究開発投資は、そもそも技術水準を押し上げる（技術進歩）ためのインプットとして実施されるものであるが、こうした研究開発投資の経済分析に先立って、わが国における技術進歩とマクロ経済との関係を検討する。

研究開発投資と技術進歩の関係を明示的に経済モデルの中に織り込むことの試みは、日本ではまだその緒に就いたばかりの状況であり、たとえば生産関数の中でも、技術進歩は時間 t に依存し、「天から降ってくる (manna from heaven)」ものとして取り扱われることが多い。これに対し、技術進歩の内生的な決定メカニズムを解明するため、つぎのように、コブ=ダグラス型生産関数 (Cobb-Douglas function) にシフト・パラメータとしての研究開発資本ストックを加味した関数を仮定する。

$$Y_t = A e^{\lambda t} K_t^{1-\alpha} L_t^\alpha R_t^\beta \quad (4)$$

ただし、 Y_t は t 期の国民総生産（付加価値額；G N P . N）、 A は定数、 λ は時間とともに生じる技術進歩率、 K_t は R_t 以外の資本投入量、 L_t は労働力投入量、 R_t は研究開発資本（技術的知識等のストック）とすると、(4)式より総要素生産性 T_t は、

$$T_t = \frac{Y_t}{K_t^{1-\alpha} L_t^\alpha} = A e^{\lambda t} R_t^\beta \quad (5)$$

となる、明らかに総要素生産性は、研究開発資本ストックと資本・労働の量的要因、およびそれ以外の質的要素 λ に依存している。(5)式の両辺を対数変換し時間に関し微分すると、

$$\rho_t = \dot{T}_t / T_t = \lambda + \beta (\dot{R}_t / R_t) \quad (6)$$

ここで β は、 Y_t の R_t に関する弾力性である。すなわち、

$$\beta = (\delta Y_t / \delta R_t) \cdot (R_t / Y_t) \quad (7)$$

これを先の(6)式に代入すると、

$$\begin{aligned} \rho_t &= \lambda + (\delta Y_t / \delta R_t) \cdot (R_t / Y_t) \cdot (\dot{R}_t / R_t) \\ &= \lambda + \Phi (R_t / Y_t) \end{aligned} \quad (8)$$

となる。ここで、総要素生産性の変化率 ($\rho_t = \dot{T}_t / T_t$) と研究開発投資の生産額に対する比率 (R_t / Y_t) の関係から、研究開発資本の限界生産力である $\Phi (= \delta Y_t / \delta R_t)$ を推定しようとするのである。(8)式の推定にあたって留意すべき点は、 β ではなく、 Φ を一定と考えている点であり、技術・知識の陳腐化は無視できるほど小さいとすることができる。すなわち、研究開発純投資 (R_t) は研究開発粗投資に置き換えて推定が可能となる。 R_t は研究開発投資額 I_t^{RD} (RANDDEX) と考えられるから、(8)式はさらに次のようになる。

$$\rho_t = \lambda + \Phi (I_t^{RD} / Y_t) \quad (9)$$

ここで Φ は、研究開発資本ストックを1単位増加させたとき、すなわち1単位の研究開発投資を行ったときの生産増加を示すものであり、研究開発投資の限界的な収益率⁽⁶⁾と考えることができる [表2]。

$$\rho_i = \lambda + \Phi r_i + u_i \quad (10)$$

ただし、 ρ_i は当該産業の全要素生産性 (PRODUTI) の年次変化率であり、 $r_i (= I_i^{RD} / Y_i)$ はその産業の研究開発費と国民総生産との比率 (RDGNP)、 $\bar{\lambda}$ と $\bar{\Phi}$ とは当該産業の λ と Φ とのそれぞれ平均値であり、そして u_i はランダムな誤差項である。その計測結果は1970年から1986年のとき、次のようになった [表1]。

$$\text{PRODUTI} = -66.633 + 72.148 \text{ RDGNP}$$

$$(-4.37) \quad (10.28)$$

$$R^2 = 0.867, \quad \text{D.W.} = 0.464$$

この結果は、決定係数 (R^2) は高い値であるが、生産性の上昇率とGNPに対する研究開発費

が依存していることが解る。ダービン・ワトソン比 (D.W.) は粗データの加工を施していないので正の自己相関がある結果となっている。RDGNP についての係数は 5 % 水準で有意である。その収益力は 72.1 と極めて高いことが解る。

$$I_t^{RD} = b_1 + b_2 Y_t + b_3 I_{t-1}^{RD} + u_t \quad t=1, \dots, T \quad (11)$$

(11)式は、誤差項 (u_t) が 1 階の自己回帰過程に従い、外生変数とラグ付き従属変数を説明変数として含む 1 つの線形回帰モデルを想定している。

アメリカでも、こうした考えに立って、計量的に研究開発投資の収益性を計測する試みが多数なされてきた。また、日本でも、いくつかの試みがなされている⁽⁷⁾。次式は研究開発資本ストックを国内と海外に分けて展開したものである。

$$Y = A_e \lambda^t K^{1-\alpha} L^\alpha R_d^\beta R_o^\beta \quad (12)$$

ただし、 Y は当該企業の付加価値、 R_d はこの企業の国内研究開発ストック、 R_o は海外研究開発資本ストック、 L は労働投入量、そして K は物理的資本ストック (設備投資) である。その結果、全要素生産性の年次変化率は(8)式で展開したように次式となる。

$$\rho = \lambda + \beta_1 \frac{dR_d/dt}{Y} + \beta_2 \frac{dR_o/dt}{Y} \quad (13)$$

ただし、 $\beta_1 = \delta Y / \delta R_d$ 、そして $\beta_2 = \delta Y / \delta R_o$ である。また、一般的諸仮定に基づけば、次のように式を展開できる。

$$\rho = \lambda + a_1 \frac{X_d}{Y} + a_2 \frac{X_o}{Y} \quad (14)$$

ただし、 X_d は当該企業の国内研究開発投資 (年間支出額)、 X_o はその海外研究開発投資である。

$$\rho = \lambda + a_1 \frac{X_d}{Y} + a_2 \frac{X_o}{Y} + u \quad (15)$$

この線型回帰モデルの計測について、ここでは省略する。

5. 2. 研究開発投資と産業構造のソフト化

技術革新は経済成長の究極のエンジンであり、設備投資は新しい技術を実現するための手段であるといえる。技術革新をめざして行われる研究開発は、企業にとって投資的支出である。だがわが国の場合は技術輸入によってこれを節約できた時代であった。高度成長期につぎつぎに導入された「新技術」は、ほとんどすべて海外のテスト済みの保証された技術であるといわれる。そのことについて、海外からは「技術フリー・ライダー」であるとの批判が高まっており、日本経済が成熟段階を迎え、輸入技術依存から自前の技術開発を求められていることを考えると、こうした研究開発投資の重要性はますます高まりつつあるといえる。ここでは、研究開発投資と産業構造ソフト化について少しここで触れる。ソフト化とは佐和隆光 [15;p.224]

によれば、つぎの6つの「化」から成り立つ経済社会の一大構造変化を「ソフト化」と定義している⁽⁸⁾。すなわち、サービス化、情報化、金融（経済の肥大）化、投機化、国際化および省資源化によって、イメージされるものである。これら6つの傾向は、互いに相互依存関係を保ちながら、先進地域において同時進行しているものである。この経済のソフト化の一層の進行は、「日本への原料輸入・日本からの工業製品輸出」という垂直分業のパターンから、製品または半製品を相互に輸出し合う水平分業を軸とするパターンに転換することによって具体的には展開した。その結果、日本企業による調達のためのオルガナイザー的活動が活発になり、第3次産業の就業者数が増大し、経済のソフト化現象が進行してきた。このことは、古典的なペティ・クラーク以来、産業構造の変化を各産業の就業者が占める比率の変化によって示すという方法がとられてきた⁽⁹⁾。

1987年6月にまとめられた産業構造審議会の情報産業部会報告書『2000年の情報産業ビジョン』[19]は、高度情報化が産業経済に及ぼす影響を知るためのサーベイである。同報告書は情報産業を①コンピュータ・半導体などの電子工業、②電気通信産業、③ソフトウェア開発・データサービスなどの情報サービスの3分野としてとらえ、2000年にはG N Pの20%を占める日本のリーディングインダストリーに成長すると予測している。そこでは、「技術フリー・ライダー」ではなく、自前の基礎的・応用的・開発的研究開発投資が必要となる。また人材教育面では、わが国の大学が工学部＝技術者教育に大きなウェイトを置いている結果、科学技術者の人材の層が技術者に偏り、科学者の数が比較的少ないのが特徴であるといわれている。

ここでの情報化¹⁰⁾とは、ソフト部門が全産業の中でどの程度の比重を占めているかをいう。次式はその値が40%を越えるものをソフト産業と大蔵省では定義する。

$$\text{情報化率} = \frac{\text{各産業における非物的投入額}}{\text{各産業における物的・非物的投入総額}}$$

なお非物的産業とは、情報産業のほかに卸・小売業、対事業所サービス業、飲食サービス業、文化・スポーツ産業、運輸サービス業、金融・保険業、不動産業、公務およびその他サービスなどである。

情報産業は、知識集約型の生産形態をとり、開発研究投資が中心となる。その成長は点線面といった広がりを持っている。コンピュータの点としての利用形態はバッチ処理を中心とした受託計算センターによる情報処理であり、Groschの法則（性能は価格の2乗に比例する）が妥当した大型汎用コンピュータ万能の時期をいう。つぎに1970年代になり、線としての利用形態はオンラインを含めた分散処理方式であり、OS（operating System）を中心としたソフトウェア面での行きづまり、計算機応用分野の拡大などにより計算機の大型化に対する限界が惹起する。取り扱う情報は依然として数値処理および大量のデータ処理である。今後のコンピュータの利用形態の中心は情報通信インフラの高度化による情報通信ネットワーク、商用データベースの業際化、量から質への変化に伴う知識処理（artificial intelligenceを含む）非フォン・ノイマン型アーキテクチャによる並列処理など、応用的研究開発投資を通じて面的展開がソ

フト産業すなわち非物的産業のウェート（1980年45.6%）を益々高めようとしている。

研究開発型のベンチャービジネスは石油ショック以後、先端産業分野で群生し中小企業活躍の時代といわれることに象徴されている。総務庁統計局による『科学技術研究調査報告』[17]には名目国民総生産の成長率に比べ、研究費支出額の年増加率はその2倍以上を示している。情報化が拠点的展開から、面的展開へとその幅を広げる中で、研究投資の経済成長に与える影響を分析する。

そこでモデルの計測に利用した期間は1970年から1986年の17年間であり、研究開発費支出額と経済成長との間には有意な関係があり、そのタイムラグはつぎに触れるようにこのモデルでは1年と5年のときに最もよい推定値を得た。⁽¹¹⁾

5. 3. 日本経済における研究開発投資の若干の計測事例

後藤・若杉 [7; pp.159-180] の構築したモデルの骨子は、次のスペシフィケーションによっている。

$$\rho = \lambda + \Phi_1 (R_1/Y) + \Phi_2 ((R_2+R_3)/Y) + u \quad (16)$$

(16)式の記号、 R_1 は政府から民間部門が受け入れた研究費、 R_2 は技術導入に対する対価支払額、 R_3 は自己負担研究費、 Y は付加価値額である。また、データは R_1 は総務庁統計局『科学技術調査報告 各年版（計測期間：1972-1975年の平均値）』であり、 Y は通産省『工業統計表 産業編 各年版（計測期間：1976-1979年の平均値）』を用いている。その計測結果は次の通りである。

$$\rho = -0.003 - 1.352 (R_1/Y) + 0.393 ((R_2+R_3)/Y)$$

(0.469) (0.259) (1.839)

$$R^2 = 0.196 \quad , \quad D.W. = 1.70$$

この結果は、決定係数 (R^2) が極めて低いが、生産性の上昇率に研究開発費以外の諸要因が依存しており、この点をコントロールしていないためと思われる。 R_1 の収益率がマイナスになっているが有意性は低い。それは、基礎的な研究や公共的目的の研究のために研究費を使った結果、生産性の上昇に直接寄与していないと考えられる。 R_2 と R_3 についての係数は5%水準で有意である。その収益率は39.3%と極めて高いことが解る。

また、森口 [11; pp. 134-139] は、1971-1982年の計測を異常値を処理するためのダミー変数を2個導入しモデルの構築をしている。その結果、推定結果は次の通り決定係数やダービン・ワトソン比において非常に良いものとなっている。

$$RD = -12.025 + 0.06488 INV + 6.213 TIM - 1684 DUM 73 - 3954 DUM 80$$

(16.5) (9.05) (8.83) (3.61) (5.02)

$$R^2=0.996 \quad , \quad D.W.=1.831$$

ただし、RD は研究開発支出、INV は設備投資、TIM は技術輸入支払、DUM 73と DUM 80はダミー変数である。限界係数は1だけの新しい技術導入に対して、その6倍強の研究開発費が支出されたと解釈できる。

6. モデルによる計測

6. 1. モデル構築のための記号

No	記号	意味	単位	表1No
1	GNP.N	国民総生産(名目); Y	10億円	①
2	PRODTI	労働生産性 $Y/(L \cdot h)$; α	比率	②
3	LAGR	就業者数(第1次産業)	万人年度末	③
4	LSEC	就業者数(第2次産業)	万人年度末	④
5	LTER	就業者数(第3次産業)	万人年度末	⑤
6	RANDDEX	研究費支出額 ; I^{RD}	10億円	⑥
7	RDGNP	研究費/GNP ; r_i	比率	⑧

6. 2. 相関マトリックス

変動名	GNP.N	PRODTI	RANDDEX	LAGR	LSEC	LTER
GNP.N	1.0000	0.9969	0.9851	-0.9581	0.7301	0.9983
PRODTI	0.9969	1.0000	0.9795	-0.9714	0.7432	0.9943
RANDDEX	0.9851	0.9795	1.0000	-0.9246	0.7696	0.9864
LAGR	-0.9581	-0.9714	-0.92456	1.0000	-0.7442	-0.9535
LSEC	0.7301	0.7432	0.7432	-0.7442	1.0000	0.7387
LTER	0.9983	0.9943	0.9864	-0.9535	0.7387	1.0000

出所) 表1の1970-1987年のデータより計算し、加工してある。

6. 3. モデルと計測

次の式は、研究開発投資とGNPとの回帰分析において、タイムラグ(m)が0から5の6つのケースを計測した。そのスペシフィケーションは線型にしてある。

$$I_t^{RD} = b_1 + b_2 Y_{t-m} + u_{t-m} \quad \text{ただし, } t=1, \dots, T \quad (17)$$

この計測結果は、6つのケースを扱ってある。

$$\textcircled{1} \quad \text{RANDDEX} = -14869.0 + 0.3006 \text{GNP.N} \\ (-4.89) \quad (22.87)$$

$$R^2=0.968 \quad , \quad D.W.=0.17$$

$$\textcircled{2} \quad \text{RANDDEX} = -11401.7 + 0.2353 \text{ GNP.N} + \text{RANDDEX} \quad (-1) \\ (-5.15) \quad (29.99)$$

$$R^2=0.981 \quad , \quad D.W.=0.23$$

$$\textcircled{3} \quad \text{RANDDEX} = -11143.8 + 0.2386 \text{ GNP.N} + \text{RANDDEX} \quad (-2) \\ (-5.03) \quad (29.89)$$

$$R^2=0.981 \quad , \quad D.W.=0.21$$

$$\textcircled{4} \quad \text{RANDDEX} = -11105.3 + 0.2428 \text{ GNP.N} + \text{RANDDEX} \quad (-3)^{(12)} \\ (-4.89) \quad (29.11)$$

$$R^2=0.980 \quad , \quad D.W.=0.21$$

$$\textcircled{5} \quad \text{RANDDEX} = -11054.7 + 0.2467 \text{ GNP.N} + \text{RANDDEX} \quad (-4) \\ (-4.81) \quad (28.77)$$

$$R^2=0.980 \quad , \quad D.W.=0.20$$

$$\textcircled{6} \quad \text{RANDDEX} = -11097.3 + 0.2506 \text{ GNP.N} + \text{RANDDEX} \quad (-5) \\ (-4.78) \quad (28.50)$$

$$R^2=0.980 \quad , \quad D.W.=0.21$$

これらの結果は、決定係数 (R^2) が0.97以上と極めて高い値であるが、国民総生産の上昇率に研究開発費の諸要因が依存しているためである。また、正の自己相関があることも表1から解る。

-
- (1) 本稿は、1989年度日本消費経済学会（第14回全国大会）において、報告したものをもとに加筆修正したものである。その際、東京国際大学の本田聆吉教授、大阪経済法科大学の小谷義次教授より有益なコメントを得たことを感謝している。
 - (2) 大蔵省のソフトノミックスフォローアップ研究会報告書によれば、「ソフト化」とは、次の4つの特徴を指摘している。①情報化・知識集約化（科学技術・生活のソフト化）②人々の意識の変化（文化的・精神的豊かさ）③システムの変化（小規模・分散型）④経済のソフト化（サービス化・軽薄短小化）であり大きな文明史の新しい潮流と報告している [14;p.5]。
 - (3) 実質研究費の算出は、名目研究費とデフレーターとが必要である。その実質化に当たり、デフレーターの算出は、研究費に占める人件費(44.8%)、原材料費(16.8%)、有形固定資産購入費(17.3%)、その他の経費(21.1%)の費目ごとに価格指数(1985年度基準)を求め、それに基準年度のウエイト(費目別研究費)を乗じて加重平均する方法による [17;pp.22-41]。
 - (4) 基礎研究分野の研究には、新素材関連分野、エレクトロニクス関連分野、バイオテクノロジー関連分野およびソフトウェア・システム化関連分野などが最先端の状況であるが、特にソフトウェア・システム化関連分野の特徴的なものを次に列挙しておく [20;pp.109-118]。
①自立統合型情報処理機構、②自立型能神経系の情報処理様式の構成、③超並列アーキテクチャー機構、④機械制御系用総合ソフトウェア、⑤ソフトウェア協調開発技術⑥災害予知技術、⑦環境管理技術、⑧ヒューマンテクノロジー、⑨資源・エネルギー技術⑩高機能ロボット技術など、コンピュータの知識化・知能化を図り、情報処理の一層の高度化・電気通信の融合化を図るものである。
 - (5) 臨時行政改革推進審議会（第3次行革審）の「世界の中の日本部会」（稲盛和夫部会長）は11月末の部会報告に盛り込む学術研究の国際化に関する提言の概要を固めた。①政府の研究開発関連予

算の国民総生産（GNP）比を倍増する②国立研究所や国公立大学の体制を強化する③宇宙開発など大規模プロジェクトの分野での国際交流を促進するなどが柱で、基礎科学分野を中心とした国際貢献の必要性を強調する。政府予算の拡充では研究開発関連予算を概算要求基準（ceiling）の枠外とするなどの財政措置も検討する。政府の研究開発関連予算は平成元年度の実績で約1兆8,200億円でGNP比は0.45%で、欧米の比率の約半分と極端に少ない。そこでこの提言では5、6年後をめどに、GNP比が1%程度となるまで研究開発関連費を拡大するよう求めている [日本経済新聞、1991年10月26日、夕刊]。

- (6) 研究開発投資の収益率は、技術・知識ストックの限界生産力 ($\Phi = \delta Y / \delta R$) として評価される。表2はその値を計測したものの一覧表である [21;p. 88]。
- (7) Mansfield [9], Mansfield [10;pp.223-228], 木下他 [21;pp.71-95]。
- (8) 経済のソフト化とは、サービス化・情報化・金融化（投機化）を意味し、「数量的」な因果関係が揺らぐこととなり、経済生産性の減速を惹起する。そして、第三次産業の就業者比率は現在、57%であり、アメリカのこの比率は、75%である。はたして日本に、輸出型サービス業が育ちうるかどうかアメリカ並になるかどうかの鍵となる。
 1987年10月19日のブラックマンデーの株価大暴落をもたらした元凶の1つは、コンピュータ・プログラムによる売買だといわれている。もしそうだとするならば、情報化が株式市場を攪乱する、もっと誇張していえば、プログラム売買という知能ロボットが神の「見えざる手（invisible hand）」を裏切る、という予期せぬ事態に直面したことになる。
 情報化あるいは経済のソフト化と古典的自由主義（市場万能主義）への回帰とが、表裏一体の関係にある。アダム・スミスの主張した市場信仰であり、政府を小さくし、民間活力に頼り、各種規制を緩和することである。
- (9) 情報化に関しては産業別の就業者ではなくて、職業別の就業者を使うことがマッハルプ、F. (1971)『知識産業の構想』ダイヤモンド社、ポトラ、M. (1982)『情報経済入門』コンピュータ・エージ社によって提案され、定着しつつある。
- (10) 通産省産業構造審議会情報産業部会答申による情報化の定義では、「情報化とは、情報を物質、エネルギーに次ぐ第3の要素として認識し、その生成、加工、伝達、蓄積、利用を意識的に行おうとする活動の総体である」としている。
- (11) 研究開発投資とGNPとのタイムラグ（胎妊期間）は4年という報告もある。
- (12) 次の図は、タイムラグが3年と仮定したとき、線型回帰方程式の適合度を表している。

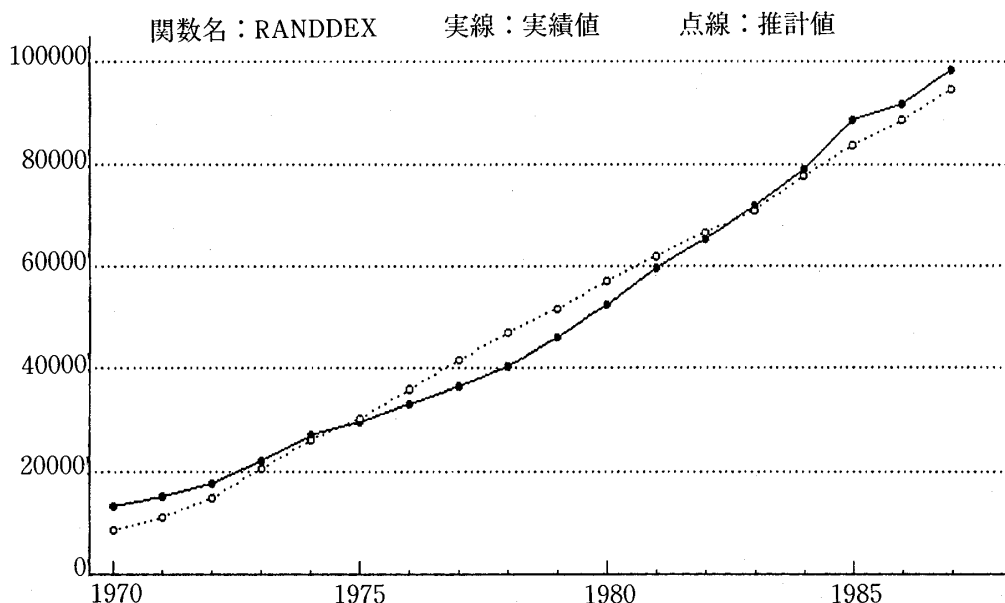


表1 時系列データ

期	①名目国民総生産 〔国民経済計算年報〕 経済企画庁 (10億円) GNP.N		②労働生産性 〔労働力調査年報 毎月勤労統計調査〕 PRODOTI		③就業者数 〔農林漁業〕 (万人年度末) LAGR		④就業者数 〔鉱業・建設業・ 製造業〕 (万人年度末) LSEC		⑤就業者数 〔第3次産業;③・④ 以外〕 (万人年度末) LTER	
	数 値	成長率	数 値	成長率	数 値	成長率	数 値	成長率	数 値	成長率
1965	33,602		0.82		1,079		1,577		2,053	
1966	39,509	17.58	0.89	9.07	956	-11.40	1,623	2.92	2,222	8.23
1967	46,239	17.03	0.97	8.99	904	-5.44	1,702	4.87	2,277	2.48
1968	54,761	18.43	1.09	12.37	847	-6.31	1,764	3.64	2,334	2.50
1969	64,920	18.55	1.22	11.93	776	-8.38	1,826	3.51	2,423	3.81
1970	75,152	15.76	1.34	9.84	748	-3.61	1,842	0.88	2,505	3.38
1971	82,806	10.18	1.42	5.97	702	-6.15	1,814	-1.52	2,522	0.68
1972	96,539	16.58	1.54	8.45	649	-7.55	1,920	5.84	2,612	3.57
1973	116,679	20.86	1.61	4.55	604	-6.93	1,960	2.08	2,623	0.42
1974	138,156	18.41	1.68	4.35	597	-1.16	1,847	-5.77	2,677	2.06
1975	152,209	10.17	1.74	3.57	564	-5.53	1,886	2.11	2,748	2.65
1976	171,153	12.45	1.79	2.87	538	-4.61	1,875	-0.58	2,817	2.51
1977	190,035	11.03	1.86	3.91	556	3.35	1,847	-1.49	2,894	2.73
1978	208,781	9.86	1.93	3.55	562	1.08	1,851	0.22	2,940	1.59
1979	225,401	7.96	1.98	2.80	528	-6.05	1,911	3.24	2,986	1.56
1980	245,360	8.85	2.06	4.04	502	-4.92	1,900	-0.58	3,086	3.35
1981	260,334	6.10	2.11	2.43	497	-1.00	1,922	1.16	3,131	1.46
1982	273,461	5.04	2.15	1.90	474	-4.63	1,965	2.24	3,194	2.01
1983	285,997	4.58	2.19	1.86	453	-4.43	1,964	-0.05	3,240	1.44
1984	305,725	6.90	2.28	4.11	456	0.66	1,963	-0.05	3,290	1.54
1985	325,371	6.43	2.36	3.51	428	-6.14	1,971	0.41	3,353	1.91
1986	339,685	4.40	2.42	2.54	425	-0.70	1,946	-1.27	3,427	2.21
1987	356,264	4.88	2.49	2.89	427	0.47	2,011	3.34	3,450	0.67
1988	378,963	6.37	2.61	4.82						
1989	406,245	7.20								

期	⑥研究費支出額 〔科学技術研究調 査総務庁統計局〕 (億円) RANDDEX		⑦産業別就業者数 〔労働力調査報告〕 総務庁統計局 (年度末)			⑧研究費 対GNP ⑥÷① RDGNP	⑨貿易数量指数 輸出 (大蔵省) 〔外国貿易概況〕 暦年1985=100		⑩貿易数量指数 輸入 (大蔵省) 〔外国貿易概況〕 暦年1985=100	
	数 値	成長率	③÷② 構成比	④÷② 構成比	⑤÷② 構成比		数 値	成長率	数 値	成長率
1965	5,086		22.91	33.49	43.60	1.51				
1966	5,766	13.37	19.91	33.81	46.28	1.46				
1967	7,025	21.83	18.51	34.86	46.63	1.52				
1968	8,775	24.91	17.13	35.67	47.20	1.60				
1969	10,647	21.33	15.44	36.34	48.22	1.64				
1970	13,555	27.31	14.68	36.15	49.17	1.80				
1971	15,324	13.05	13.93	36.01	50.06	1.85				
1972	17,919	16.93	12.53	37.06	50.41	1.86				
1973	22,158	23.66	11.64	37.79	50.57	1.90				
1974	27,160	22.57	11.66	36.07	52.27	1.97				
1975	29,746	9.52	10.85	36.28	52.87	1.95				
1976	33,207	11.64	10.29	35.85	53.86	1.94				
1977	36,513	9.96	10.50	34.87	54.63	1.92				
1978	40,459	10.81	10.50	34.58	54.92	1.94	59.3		83.4	
1979	45,836	13.29	9.73	35.23	55.04	2.03	60.0	1.18	94.0	12.71
1980	52,462	14.46	9.15	34.62	56.23	2.14	70.6	17.67	91.2	-2.98
1981	59,824	14.03	8.95	34.63	56.41	2.30	78.0	10.48	89.9	-1.43
1982	65,287	9.13	8.41	34.88	56.70	2.39	76.3	-2.18	89.4	-0.56
1983	71,808	9.99	8.01	34.72	57.27	2.51	82.3	7.86	90.1	0.78
1984	78,939	9.93	7.99	34.38	57.63	2.58	95.6	16.16	99.6	10.54
1985	88,903	12.62	7.44	34.27	58.29	2.73	100.0	4.60	100.0	0.40
1986	91,929	3.40	7.33	33.56	59.11	2.71	99.4	-0.60	109.5	9.50
1987	98,366	7.00	7.25	34.15	58.59	2.76	99.7	0.30	119.7	9.32
1988	106,276	8.04				2.80	104.8	5.12	139.7	16.71
1989	118,155	11.18				2.91	108.8	3.82	150.6	7.80

表2 研究開発投資の収益率の推定例

国名	研究者	発表年	対象業種	対象年	$\delta Y / \delta R$ 収益率	備考
アメリカ	Minasian	1969	化学	1948-57	54	
	Terleckyj	1974	製造業20業種	1958	37	民間負担分
	Terleckyj	1974	製造業20業種	1958	1	政府負担分
	Nadiri	1980	製造業11業種	1958-75	22	陳腐化率10%
	Mansfield	1980	化学・石油精製	1960-77	27	企業データ
	Griliches	1980	製造業平均	1957-65	17	企業データ
			金属・一般機械等	1957-65	25	企業データ
			自動車	1957-65	23	企業データ
			電気機械	1957-65	2	企業データ
			航空機	1957-65	5	企業データ
その他			1957-65	23	企業データ	
フランス	Cueno-Mairesse	1984	化学・電気機械	1972-77	27	企業データ 陳腐化率15%
日本	設備投資研究所	1982	製造業10業種	1973-79	54	
	宮川努	1983	製造業12業種	1971-81	81	
	後藤・若杉	1984	製造業17業種	1976-79	39	導入技術含む
	鈴木和志	1985	製造業	1965-82	55	陳腐化率10%
				1970-82	44	陳腐化率10%
			化学	1965-82	36	陳腐化率10%
			一般機械	1965-82	50	陳腐化率10%
			電気機械	1965-82	55	陳腐化率10%
			輸送機械	1965-82	58	陳腐化率10%
	小田切・岩田	1986	製造業	1974-82	17	ラーニング効果を考慮

資料 [21;pp. 88-91]

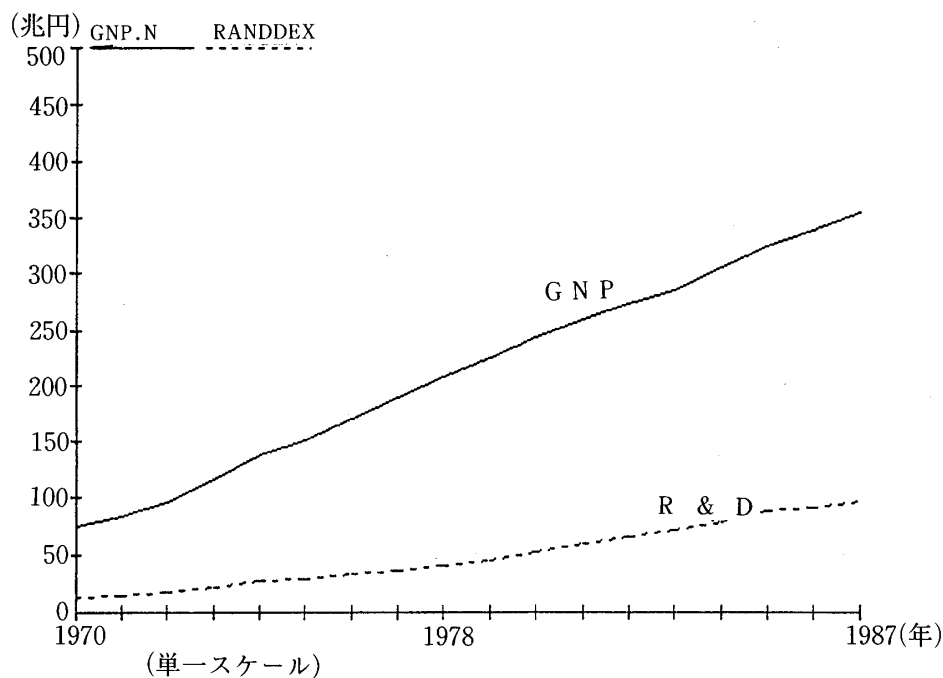


図1 GNPと研究開発費の推移

参考文献

- [1] Cobb, C.W. and Douglas, P.H. (1928), "A Theory of Production", *American Economic Review*, 18.
- [2] Goldsmith, R.M. (1962), *The National Wealth of the United States in the Postwar Period*, Princeton University Press.
- [3] Granger, C.W.J. and Watson, M.W. (1983), "Time Series and Spectral Methods in Econometrics", *Handbook of Econometrics vol 2*, in Griliches, Z. and Intriligator, M.D. (eds.), North-Holland.
- [4] Griliches, Z. (1986), "Productivity, R & D, and Basic Research at the Firm Level in 1970s", *American Economic Review*, 76.
- [5] 伊藤元重他編 (1988), 『産業政策の経済分析』, 東京大学出版会。
- [6] 科学技術庁編 (1966), 『科学技術白書』, 大蔵省印刷局。
- [7] 小宮隆太郎編 (1984), 『日本の産業政策』, 東京大学出版会。
- [8] Malinvar, E. (1980), *Statistical Methods of Econometrics*, North-Holland.
- [9] Mansfield, E. (1984), "R & D and innovation : some empirical findings", *In R and D, Patents, and Productivity*, in Griliches, Z. (ed.) University of Chicago.
- [10] Mansfield, E. (1988), "Industrial R & D in Japan and the United States : A Comparative Study", *American Economic Review*, 78.
- [11] 森口親司 (1988), 『日本経済論』, 創文社。
- [12] 宗藤圭三 (1969), 『現代統計学 (改訂)』, 有斐閣。
- [13] 中谷巖 (1987), 『第2版 入門マクロ経済学』, 日本評論社。
- [14] 大蔵省大臣官房調査企画課編 (1985), 『ソフトノミックス・シリーズ1 ソフト時代における経済統計の課題』, 大蔵省印刷局。
- [15] 佐和隆光 (1989), 『20世紀末の思潮』, 朝日新聞社。
- [16] Schumpeter, J.A. (1950), *Capitalism, Socialism and Democracy*, 3rd ed., George Allen & Unwin.
- [17] 総務庁統計局編 (1991), 『1990 科学技術研究調査報告』, 日本統計協会。
- [18] Theil, H. (1971), *Principles of Econometrics*, John Wiley & Sons.
- [19] 通商産業省編 (1987), 『2000年の情報産業ビジョン』, 通商産業調査会。
- [20] 通商産業省編 (1988), 『産業技術の動向と課題』, 通商産業調査会。
- [21] 宇沢弘文編 (1989), 『日本経済——蓄積と成長の軌跡——』, 東京大学出版会。
- [22] 若杉隆平 (1986), 『技術革新と研究開発の経済分析——日本の企業行動と産業政策——』, 東洋経済新報社。
- [23] 日本情報処理開発協会編 (1989), 『情報化白書 1989』, コンピュータ・エージ社。
- [24] Zellner, A. (1984), *Basic Issues in Econometrics*, University of Chicago.
- [25] 総務庁統計局編 (1991), 『1990 労働力調査年報』, 日本統計協会。
- [26] Kendall, M.G. and Ord, J.K. (1990), *Time Series*, 3rd ed., Edward Arnold.
- [27] Kendall, M.G. (1991), *Kendall's advanced theory of statistics vol 2*, 5th ed., in Stuart, A. and Ord, J.K. (eds.), Edward Arnold.