

調 査

第 81 号
(2005 年 3 月)

内 容

研究開発の循環性、収益性の検討 — 設備投資との比較を中心に —

研究開発活動には循環的な変動が観察され、その周期は近年短期化している。また技術知識コストが一貫して上昇している一方、その収益率は90年代以降低下しており、研究開発の収益環境は悪化している可能性がある。

研究開発の循環性、収益性の検討

— 設備投資との比較を中心に —

【要 旨】

1. 90年代に入り、わが国における研究開発（技術開発）の収益性が低下しているとの指摘がなされている。これには企業間競争の激化やそれによる技術寿命の短期化、技術開発コストの上昇等、いくつかの要因が挙げられている。

本稿では、以上のような指摘に関してマクロデータを用いた実証分析を行う。具体的には、まず収益率を推計する前段階として計測される技術知識ストックの推移とその特徴について、設備投資との比較を中心とした事実検証を行う。そして次に研究開発の収益率を推計し、収益性の低下の真偽について検討する。

2. 特許データより推定した技術の陳腐化率を用いてわが国の技術知識の過去からの蓄積を表す技術知識ストックを算出すると、02年度には70年度の5倍の水準に達しており、生産量の増加を上回るペースで技術知識の蓄積が進んでいることを示している。しかし技術の陳腐化が早まっていることもあり、その伸び率は近年やや鈍化している。またその伸び率の動きをみると、中期的に循環的な振幅が確認される。

資本ストック（設備投資）の分野では、経験上景気循環（経済成長）に対応した循環的な動きが観察されることが知られているが、これを今回算出した技術知識ストックについて当てはめてみても、同様の循環構造が観察されることが分かる。この技術知識ストック循環図をみると、資本ストックのそれと同様に近年左方へとシフトしており、経済成長率の鈍化に対応してストックの成長率が鈍化していることが観察される。

3. こうした技術知識循環の周期性を調べたところ、15年と6年の周期の波が強く検出される。これは設備投資の持つ長期の循環周期とほぼ同程度の長さである。

また周期性の時系列的な変化を調べると、技術知識の循環周期は短期化している可能性が示唆される。これは、技術寿命の短期化により技術の陳腐化率が早まり、その結果技術の「更新投資」の周期が短くなっていることが影響していると推測される。

4. マクロ生産関数から技術知識ストックの収益率（限界生産力として定義）を推定すると、推計結果の安定性にやや疑問が残るものの、90年代以降収益率は低下傾向にあることが示唆される。

こうした収益率の低下がコストの低下と同時に生じているのであれば必ずしも収益環境は悪化しているとはいえない。現に資本ストックについては収益率の低下と同時にコストも低下しているが、技術知識コストは一貫して上昇していることから、やはり研究開発

の収益環境は悪化している可能性が高いと結論付けられる。

5. 研究開発の収益環境の悪化は、企業の技術戦略にも何らかの対応を求めるものといえる。マクロ的な収益率の低下傾向は、資本ストックと同様、ストックの蓄積に伴って必然的に生じている面もあり、企業レベルでこれをコントロールすることは難しい。従って個々の企業においてはこうした趨勢を半ば所与として、これに対応する方策が求められることになろう。また収益環境の悪化は企業の研究開発インセンティブを低下させる要因となりうるから、科学技術振興政策上、企業の研究開発活動によって生じる費用負担を軽減するような諸策を検討する余地があるといえる。

[担当：蜂谷 ^{はちや} 義昭 ^{よしあき} (E-mail:report@dbj.go.jp)]

[目 次]

はじめに	1
第1章 技術知識フロー、ストックの推移	3
1. 技術知識フロー、ストックの計測方法	3
2. 陳腐化率の設定	3
3. 技術知識フロー、ストックの推移	6
4. 産業別技術知識ストックの推移	10
5. 技術知識ストックと他指標との比較	11
6. 小括	14
第2章 技術知識ストックの循環構造の検討	16
1. 技術知識ストックの循環性	16
2. 技術知識ストック循環の動向	17
3. 技術知識ストック循環と期待成長率の関係	20
4. 業種別技術知識ストック循環の動向	22
5. 小括	23
第3章 技術知識循環の周期性の検討	24
1. スペクトル分析の概要	24
2. 使用データの検討	25
3. 技術知識フローのスペクトル分析	26
4. 設備投資のスペクトル分析	28
5. 周期性の変化の検討	30
6. 業種別技術知識フローのスペクトル分析	33
7. 小括	34
第4章 研究開発の収益性の検討	35
1. 研究開発（技術開発）の収益性の概念	35
2. 推計式の概要	35
3. 推計の方法	37
4. 収益率の推計結果	38
5. コスト面の考察の必要性	40
6. 資本ストックにおける収益と費用の比較	41
7. 技術知識コストの計測	42
8. 技術知識コストの推移と収益率との比較	43
9. 小括	48
むすび	50
補論1 技術知識フロー、ストックの計測方法	51

1. 技術知識フローの算出	51
2. 技術知識ストックの算出	52
3. 業種別技術知識フロー、ストックの算出	53
4. 03、04年予測値について	53
補論2 技術知識ストック循環図について	55
1. 技術知識ストック循環図の作成（図表2-5）	55
2. 資本ストック循環図の作成（図表2-6）	57
補論3 研究開発ストック循環の作成	
—企業の研究開発行動は90年代以降二度目の持ち直し局面へ—	58
1. 研究開発ストック循環の意義	58
2. 研究開発ストック循環の作成方法	58
3. 研究開発ストック循環の動向	60
補論4 技術知識収益率の推計方法及び推計結果について	61
1. 使用データ	61
2. 資本、労働の二重計上の問題への対処	61
3. その他の留意事項	62
4. 推計結果	63
補論5 資本コスト、技術知識コストの算出について	67
1. 算出式	67
2. 使用データ	68
付図・付表	71
参考文献	84

はじめに

21世紀に入り、わが国企業の研究開発活動、技術開発活動の重要性は今まで以上に高まっており、それに呼応して今後の研究開発活動のあり方、また科学技術政策のあり方についての議論も盛んになっている。

このようななか、最近になって90年代以降わが国の研究開発の収益性、効率性が低下しているという指摘がいくつかの調査報告等によりなされている¹。これには企業間競争の激化やそれによる技術寿命の短期化²、技術開発コストの上昇等の要因が挙げられるが、仮にこれが本当であれば、収益性の低下は今後のわが国企業の研究開発活動を考える上で見逃すことのできない事実であるといえる。

そこで本稿では、以上のような指摘に関してマクロデータを用いた分析によりその事実検証を行うことを目的とする。またその際、収益率の推定に必要な技術知識ストックの計測に蜂谷（2005）で特許データを基に算出した陳腐化率を使用し、客観性を高めている。その点で本稿は蜂谷（2005）の続編に位置するものである。

またその技術知識ストックに関して、それ自体を分析対象とし、そのデータ系列の持つ特徴・特性についての考察も試みる。これまで技術知識ストックの計測は多く行われてきているが、技術知識ストックそれ自身の分析が目的とされた例は意外に少ない。これには正確な技術知識ストックの計測には多くの困難を伴うためという理由もあるが、通常技術知識ストックの計測が行われる際にはマクロ生産関数や企業行動関数の推計が最終目的として存在し、その準備段階のデータ構築として扱われるにすぎないことから、結果として技術知識ストック自体の推移にあまり関心が払われないことが大きいと思われる。本稿でも最終的な目的は研究開発の収益率の計測であるが、ここではその前にいったん立ち止まって技術知識ストック系列自体の考察を行うことにする。

後でみるように技術知識ストックの変動には循環的な振幅が観察されることから、ここでは循環構造の観点から技術知識ストックの特徴を把握することにしたい。経験上、資本ストックの分野では循環的な動きが観察されることが知られており、そこから得られる資本ストック循環図を用いて資本ストック、あるいは設備投資の動向を把握する手法が景気動向分析の分野では広く行われている³。本稿での分析はこの手法を技術知識ストックに応用し、循環構造が観察されるか否かを検証している。

それに加え、本章ではスペクトル分析を用いて技術知識ストックにみられる循環の周期性を計測する。これらはいずれも試論の域を出ていないものの、技術知識データの循環構造を分析した例は少なくとも日本においては見当たらないため、技術知識、あるいは技術開発の

¹ 例えば内閣府（2002）、文部科学省（2003）、Branstetter and Nakamura（2003）、榊原・辻本（2004）、高橋（2004）等参照。

² 技術寿命の短期化については蜂谷（2005）で検討を行っている。

³ 例えば内閣府（2001）、（2002）等を参照。

時系列的な変遷と将来の見通しを理解する一助となると考えられる。

本稿の構成は以下の通りである。まず第1章では、蜂谷（2005）で計測された陳腐化率を用いて70年代以降のわが国の技術知識ストック及びフローを計測し、その推移を概観する。続く第2章では技術知識ストック循環図を作成し、技術知識ストックについても資本ストックと同様に循環構造が明確な形で観察されることを確認する。第3章ではこの事実を踏まえ、循環構造の把握の試みとしてスペクトル分析の手法を用いて循環の周期性を分析する。第4章はマクロ生産関数から技術知識ストックの収益率、及びそれに対応する技術知識コストを推計し、両者の推移を比較することで近年技術開発の収益性が低下しているという指摘の当否を検証する。最後に以上の結果をまとめる。

第1章 技術知識フロー、ストックの推移

1. 技術知識フロー、ストックの計測方法

本章では研究開発（技術開発）の収益性を調べるために必要となる技術知識ストックの計測を行う。ある時点での生産活動に寄与する技術というものは、当期に生み出されるフローだけではなく、これまでの技術開発の蓄積の結果としてのストックであると考えられる。従って生産との関連で技術をみる場合には、当期時点における技術のストックを計測する必要がある。これが技術知識ストックである¹。

技術知識は企業等の日々の研究開発活動を通じて蓄積される一方、時間の経過を通じてより新しい技術知識が出現することでその価値が減少、つまり陳腐化していくと考えられる。すなわち、 t 期の技術知識の新規追加（技術知識フロー）を R_t 、陳腐化率²を δ_t とすると、 t 期の技術知識ストック RS_t は、

$$RS_t = R_t + (1 - \delta_t)RS_{t-1} \quad \dots\dots (1.1)$$

として表される。これは資本ストックの一般的な計測方法と同様、恒久棚卸法に基づくもので、ここから各期のストックを求めることができる。

この(1.1)式から分かるように、技術知識ストックの計測には技術知識フロー R_t と陳腐化率 δ_t の情報が必要である。

このうち前者の技術知識フロー R_t は、通常企業（一国全体の場合には大学、公的機関等を含む）の研究開発支出額から算出される。もちろん研究開発支出は研究開発活動の投入面の行動を測ったものであり、必ずしも産出面である技術水準と直結するものとはいえないが、データ面での制約の他、研究開発支出と特許などに代表されるその成果との間には高い相関があることが知られていること³等から、研究開発支出額をもって技術知識フローと捉えることが一般的に行われている。そこで本稿でも総務省「科学技術研究調査」の研究開発支出を基礎データとして技術知識フローを計測する。

2. 陳腐化率の設定

一方で後者の陳腐化率 δ_t については様々な値が採用されている。わが国の技術知識ストックの計測における過去の研究例では、

¹ 「技術知識ストック（フロー）」は「研究開発ストック（フロー）」と呼ばれることもあるが、本稿では「技術知識ストック（フロー）」で統一した。

² これは資本設備等における資本減耗率（減価償却率）に相当する概念である。

技術開発（研究開発）の減耗率については「陳腐化率」と称されることが多いため、本稿でも陳腐化率という用語を使用する。

³ 植草（1982）、科学技術政策研究所（1990）等参照。

科学技術政策研究所（1990）では1985年の特許出願のうち212,308件を対象とした分析により、産業全体では特許出願件数と企業の研究開発支出の間に正の相関が認められるとしている。ただし、企業単位で見るとその相関はやや不明確となる。なお近年では特許出願1件当たりの技術知識フローは増加傾向にあることも指摘されており（経済企画庁（2000））、この点については留意が必要である。

- (1) 任意の値を使用
- (2) 科学技術庁（現・文部科学省）「民間企業の研究活動に関する調査（昭和 60 年度）」の結果を使用
- (3) (社)経済団体連合会（現・(社)日本経済団体連合会、以下「経団連」と略称する）「産業技術力強化のための実態調査（1998 年）」の結果を使用
- (4) ゼロと仮定

のいずれかの方法を採用するものが多いようである⁴。

このうち(1)の場合には10%という値を設定することが多い⁵。この点について後藤(1993)では「よく10%という数字が用いられているが、これはマジック・ナンバーであり、とくにその根拠はない」(p.38)としている。もっとも海外の技術知識ストックの推計例においても、10~15%程度の陳腐化率が先験的に仮定されることが多いようである (Nadiri and Prucha (1993))。

(2)の方法を使用する場合⁶、当調査から得られる特許収入期間の逆数をもって陳腐化率を計算している。その結果、全産業ベースの陳腐化率は9.8%となりほぼ10%と等しいため、結果的には(1)とあまり変わらない値を使用していることになる。

ただし陳腐化パターンを定額とするか定率とするかで陳腐化率の値が異なってくることは注意が必要である。上記の特許収入期間の逆数をとる方法はいわゆる定額法に基づく算出であるが、仮にここで定率法に基づき陳腐化率を算出すると20.2%となり⁷、10%とは大きく異なる結果が得られる。

後述するように本稿では蜂谷(2005)で得られた定率法に基づく陳腐化率を使用するが、蜂谷(2005)では定率法を採用した根拠として、①定率法の方が実際の陳腐化パターンに近いと考えられること、②資本ストックに関する研究では定率法を仮定することが多く、会計上も固定資産の減価償却では定率法が多く採用されていること(本間他(1984)、大野(1999))、の二点を挙げている。どのような陳腐化パターンを想定するかは、陳腐化率算出の際の一つ

⁴ この他にも、例えば乾・高松(1998)では(財)機械振興協会の調査結果を、渡辺他(1998)では別途実施したアンケート調査の結果を使用している。

⁵ 堀内他(1984)、Mohnen, Nadiri and Prucha(1984)、木下・鈴木(1989)、Bernstein and Mohnen(1998)、絹川(1999)等がある。

このほか任意の値を設定したものとして、Nadiri and Kim(1996)、Kwon and Inui(2003)では15%の陳腐化率が、経済企画庁(1985)では7%の陳腐化率が使用されている。

⁶ Goto and Suzuki(1989)、(社)日本経済研究センター(2002)、中村(2003)等がある。

⁷ 特許収入期間を n 、残存価額率(残存価額/取得価額)を s とすると、定率法に基づく陳腐化率 ρ は以下の式により算出される。

$$\rho = 1 - s^n$$

税法では固定資産に関して取得価額の10%をもって残存価額とみなしていることから、ここでは s を10%として計算した。

⁸ ところで(1.1)式の陳腐化率 δ_t は前期末の技術知識ストックに対する陳腐化の割合を示しており、これは定率法に基づく陳腐化率に対応している(定額法で得られる陳腐化率は取得時点のストック額に対する陳腐化の割合を示す)。従って(1.1)式による技術知識ストックの構築を行う上では定率法に基づく陳腐化率を使用する方が望ましいと考えられる。

の論点であると考えられる⁸。

(1) と (2) の方法を用いる場合、陳腐化率の値は期間を通じて一定と仮定される。しかし実際には陳腐化率は可変的である可能性が高いと考えられているから、陳腐化率を一定として技術知識ストックを算出するとストック水準を過大(ないし過小)評価する恐れがある。

この点に関し(3)に基づく計測では、当調査より異なる3時点の製品のライフサイクル年数が入手できることから陳腐化率を可変とすることが可能であり、より実態に近いと考えられる⁹。ただし当調査は回答企業数が少ない(回答企業数123社)ことが欠点として挙げられ、さらにサンプル数が細分化される事業分野別の詳細結果については特にこの点に留意する必要がある。

最後の(4)は技術知識ストックの計測を回避して生産関数の推計を行いたい時に、暗黙のうちに仮定されるものである。

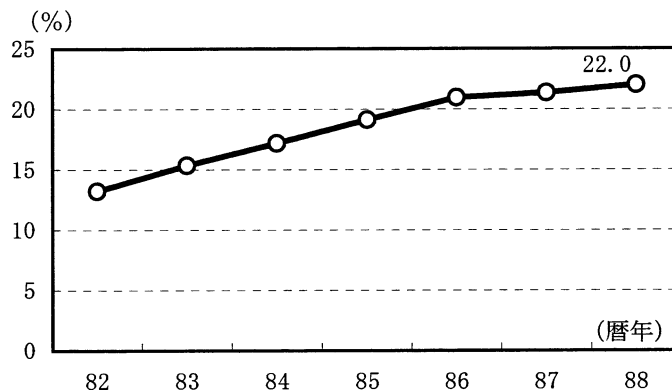
(1.1) 式において陳腐化率 $\delta_t=0$ とした場合、

$$RS_t - RS_{t-1} = R_t$$

となるから、技術知識ストックの前期差は技術知識フローと等しくなる。ここでさらに技術知識フローを当期の研究開発支出額とすると、技術知識ストックの前期差は研究開発支出額と等しくなる。第4章で考察する生産関数の推計では以上のような想定で研究開発支出額を推定にそのまま使用することも少なくないが、この場合は暗黙のうちに陳腐化率をゼロと置いているということになる。この点については再び第4章で取り上げる。

本稿では、以上の(1)～(4)のいずれとも異なる方法として、蜂谷(2005)で得られた陳腐化率を使用する。これはBosworth(1978)に基づき特許データから陳腐化率を推定したものであり、わが国では後藤他(1986)以来ほとんど行われていない方法である。詳細は蜂谷(2005)第1章にまとめられているが、そこで得られた陳腐化率を図表1-1に掲げる。

図表1-1 陳腐化率の推移



(備考) 1. 特許庁「特許行政年次報告書」、「特許庁年報」により作成。
2. 詳細は蜂谷(2005)参照。

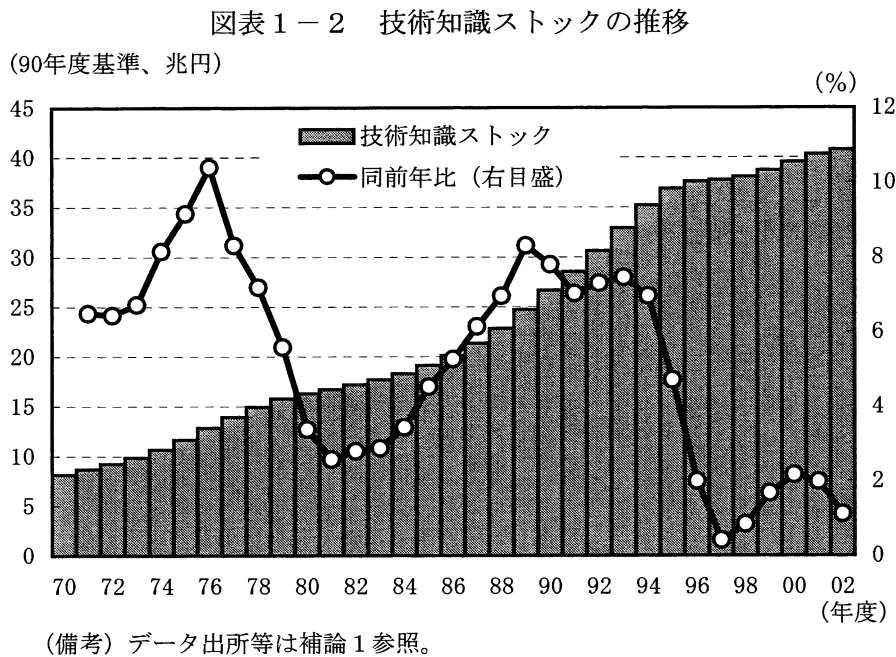
⁹ 経済企画庁(2000)、品田(2002)、内閣府(2002)、高橋(2004)等がある。

この方法では各年の特許（技術）の陳腐化率が把握できるため、陳腐化率を可変とできるのが特長の一つとして挙げられる。図表 1-1 をみると陳腐化率は徐々に上昇しており、かついずれの年についても 10% を上回っていることから、(1)、(2) の方法に比べて高い陳腐化率を想定することになる。

また蜂谷（2005）でも指摘されている通り、図表 1-1 の結果は（3）の調査結果より算出される陳腐化率と似通っていることから、今回計測された技術知識ストックは、結果としては（3）の方法による計測値と近いものになると考えられる。

3. 技術知識フロー、ストックの推移

今回、(1.1) 式より算出された 70 年度以降の技術知識ストック（実質値、90 年度基準）は図表 1-2 の通りである。計測方法についてはやや煩瑣となるため、詳細は末尾補論 1 にまとめてある。

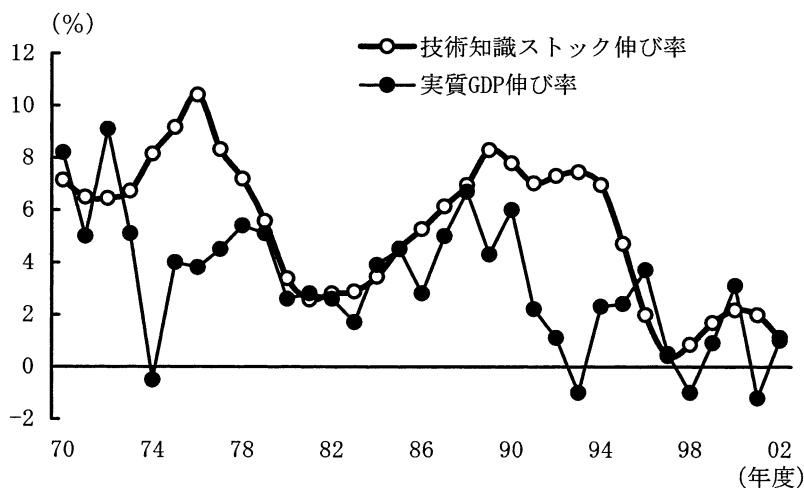


図表 1-2 からは、技術知識ストックは 70 年度以降一貫して増加傾向にあり、02 年度末のストックは 70 年度末の 5 倍超に達していることが分かる。ただ前年比でみた増加率には年代ごとにやや変動がみられ、80 年代後半～90 年代前半までは急速に技術知識ストックの積み上がりがみられているが、90 年代半ば以降はその積み上がりペースが鈍化している。これは景気循環とほぼ連動した動きであり、実際 GDP の伸び率と技術知識ストックの伸び率を図表 1-3 で比較してみると、おおむね似たような動きをしていることが分かる¹⁰。つまり技術

¹⁰ (社) 日本経済研究センター (2002) では実質研究開発費の伸び率と実質 GDP の伸び率との間に似た動きがみられることを報告している。

なお図表 1-3 の両者の相関係数は 0.43 である。これはそれほど高い数字ではないが、技術知識ストックがストック変数であるのに対し、GDP はフロー変数であり各年の変動が大きくなる傾向があることを考慮す

図表 1-3 技術知識ストックと実質GDPの伸び率
比較



(備考) 1. 技術知識ストックのデータ出所等は補論1参照。
2. 80年度以前の実質GDP伸び率については68SNA基準。

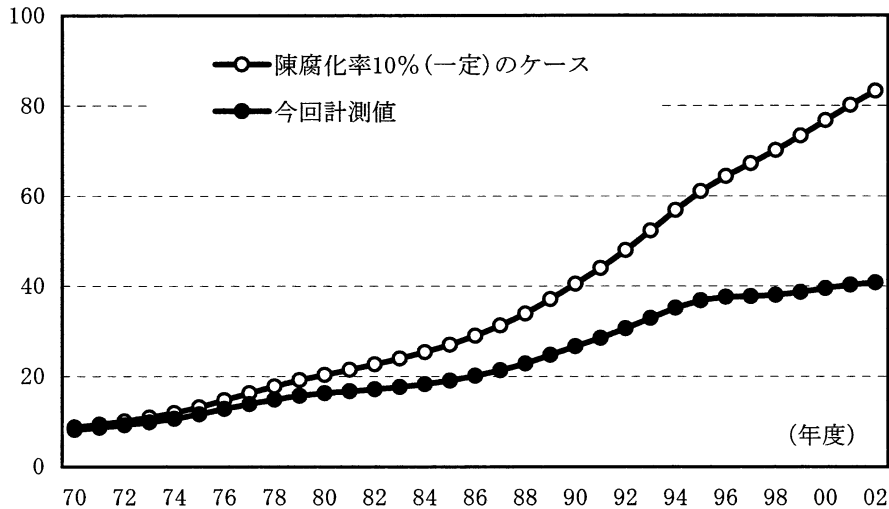
知識ストックも景気と無関係ではないということである。この点については次の第2章にも関連するため、再び第2章で取り上げる。

今回の技術知識ストックの計測結果を、陳腐化率を10%で一定としたケースと比較してみたものが図表1-4である。70年代前半では今回使用した陳腐化率が10%と大きく異ならないため、技術知識ストックに大きな相違はみられていないが、年数が経つにつれて今回の計測では陳腐化率が徐々に上昇していくことから、今回計測値のストック水準の伸びは低く抑えられるようになる。年を追うにつれて両者の差は広がっていき、直近の02年度においては両者には約2倍の格差が生じている。特に90年代半ば以降の動きには大きな相違がみられ、陳腐化率10%のケースではストックの積み上がりペースにそれほど大きな変化はみられな
いが、今回の計測では陳腐化率の上昇からストックの伸びが大きく鈍化している。

る必要がある。

図表 1-4 技術知識ストックの推移

(90年度基準、兆円)



(備考) データ出所等は補論1参照。

ここでは陳腐化率以外の想定は全て同一としているため、両者の格差は陳腐化率の想定との相違によるものである。よって今回の計測における90年代半ば以降のストックの伸びの鈍化は主に陳腐化率の上昇によるものであることが推測できる。

技術知識ストックの推移に与えている陳腐化率要因の影響の大きさをみたものが図表1-5である。これは今回計測における技術知識ストックの伸び率を、技術知識フローの寄与と陳腐化率の寄与とに要因分解したものである。これは(1.1)式を

$$\frac{RS_t - RS_{t-1}}{RS_{t-1}} = \frac{R_t}{RS_{t-1}} - \delta \quad \dots\dots (1.2)$$

と変形することによって得られる。左辺が技術知識ストックの伸び率を表し、右辺第1項が技術知識フロー要因、第2項が陳腐化率要因である。つまり技術知識ストックの伸び率はこの2要因に分解できるということを意味する。

まず技術知識ストックの前年比をみると、90年代半ばまではほとんどの期間で6%台のストックの増加がみられていたが、90年代半ば以降(96~02年度)は増加ペースが大幅に鈍化

図表 1-5 技術知識ストック前年比の要因分解

年 度	(%)					
	71~75	76~80	81~85	86~90	91~95	96~02
技術知識ストック前年比	7.3	6.5	3.2	6.8	6.6	1.3
技術知識フロー要因	20.3	22.3	20.9	26.8	29.0	26.5
陳腐化率要因	-13.0	-15.3	-17.7	-20.0	-22.3	-25.1

(備考) 1. データ出所等は補論1参照。
2. 数値は各期間の年度平均値。

している。

この鈍化要因としてまず技術知識フロー要因をみると、全体の増加に対する寄与度は近年になってもほとんど変化していない。(1.2) 式より、技術知識フロー要因とは前年末ストックに対するフローの比率のことであるから、この間ストックで測ったフローの比率はほぼ安定して推移してきたということが分かる。

その一方、陳腐化率要因の(マイナスの)寄与は上昇を続けている。これは言うまでもなく趨勢的な陳腐化率の上昇傾向によるものであり、このことは技術知識フローが陳腐化による減少を上回る部分(すなわちネットの増加分)が少なくなっていることを意味している。

そこで次に技術知識フローの推移をみってみることにしよう(図表1-6)。全体の技術知識フロー(実質値)は着実に増加しており、96~02年度平均のフローは水準でみると70年代前半のそれよりも5倍以上になっている。これにはもちろんこの間の企業数の増加も一部に反映しているが¹¹、基本的に企業の旺盛な研究開発意欲の高まりを表していると考えられる¹²。

図表1-6 技術知識フローの推移

(90年度基準、兆円)

年 度	71~75	76~80	81~85	86~90	91~95	96~02
技術知識フロー額	1.9	3.1	3.6	5.9	8.9	10.2
更新相当分	1.2	2.1	3.1	4.3	6.9	9.7
純フロー相当分	0.7	0.9	0.6	1.5	2.0	0.6
更新相当分比率	63.6%	69.6%	84.4%	74.2%	77.2%	94.5%

(備考) 1. データ出所等は補論1参照。
2. 数値は各期間の年度平均値。

この技術知識フローは、陳腐化要因に基づく当期の技術知識ストックの減少を補う部分、すなわち設備投資における更新投資に相当する部分(更新相当分)と、更新相当部分を上回るフローの部分(純フロー相当分)とに分けることができる。(1.1)式の表記法でいえば、 $\delta_t RS_{t-1}$ が更新相当分の技術知識フローを、 $R_t - \delta_t RS_{t-1}$ ($=RS_t - RS_{t-1}$)が純フロー相当分の技術知識フローを表す。純フロー相当分は技術知識ストックの純増分を表すため、この大小がストックの増加ペースを左右している。

これをみると更新相当分は陳腐化率上昇に伴い増加の一途を辿っているが、純フロー相当分については80年代後半以降高水準で推移したものの、90年代半ばを過ぎて大きく鈍化している。純フロー相当分の減少に伴い全体に占める更新相当分の比率は上昇しており、90年代半ば以降については更新相当分の比率は95%にも達している。

このように技術知識フローは確かに全体では増加傾向にあるものの、更新相当分の増加に

¹¹ 総務省「科学技術研究調査」における全産業ベースの対象会社数は、70年度は200,673社であったが、02年度には554,813社と3倍弱となっている。

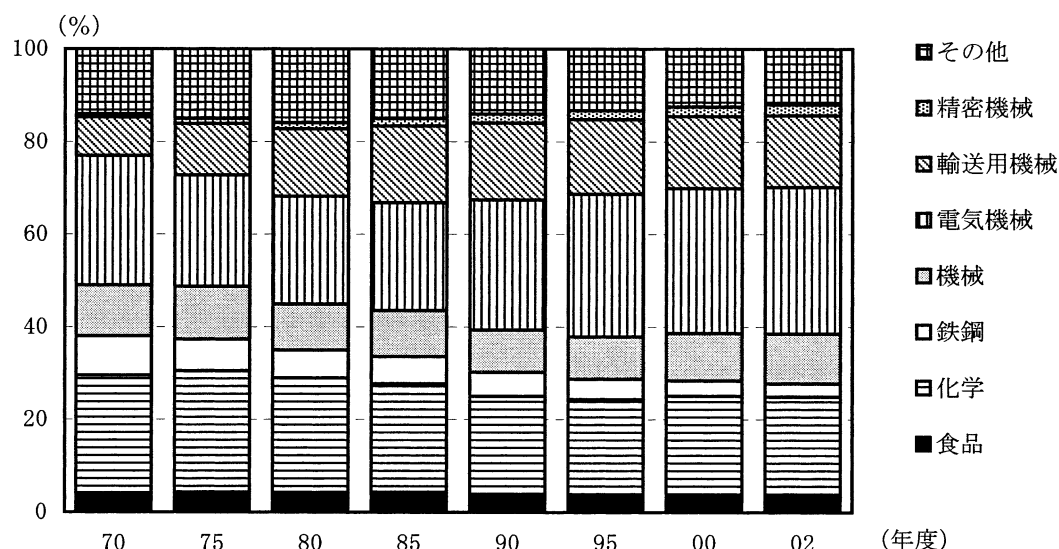
¹² 児玉(1991)は製造業の研究開発費と設備投資額との比較を行い、86年に研究開発費が設備投資額を上回る逆転現象が生じたことを見出し、製造業から「創造業」への変質を指摘している。また蜂谷(2005)第2章参照。

より結果的にストックはほとんど増加していない、ということが分かる。

4. 産業別技術知識ストックの推移

次に産業別の技術知識ストックの推移を簡単に確認する。ここでは代表して化学、一般機械、電気機械、輸送用機械の4業種を取り上げる。図表1-7の製造業の産業別技術知識ストックの割合をみても分かるように、この4業種の技術知識ストックで製造業全体の8割弱を占めている¹³。趨勢的に化学の占めるシェアが低下傾向にあり、電気機械のシェアが上昇しているが、4業種合計でのシェアにほとんど変化はなく、わが国全体の技術知識ストックの推移は概ねこれら4業種の動きによって左右されるということができる。

図表1-7 産業別技術知識ストック割合



- (備考) 1. データ出所等は補論1参照。
 2. 製造業に占める各業種の割合を表す。
 3. 「その他」は繊維、パルプ・紙、石油・石炭、窯業、非鉄金属、金属製品、その他工業の合計。

業種別の資本ストックの計測方法は全産業ベースと基本的に同一であり、(1.1)式に基づく。しかし陳腐化率 δ_i については蜂谷(2005)では全産業ベースのものしか得られないため、別途推計が必要となる。ここでは業種別の陳腐化率も全産業ベースと同じように上昇傾向を辿っていると仮定して業種別の陳腐化率を算出した(補論1参照)。なお第2節で取り上げた経団連の調査からは事業分野ごとの製品ライフサイクル年数の時系列変化について知ることができるが、それをみると明らかに業種ごとの相違が観察できる。例えば重電機器分野での製品ライフサイクル年数は10年前と比較すると5.3%の短縮しかみられないが(24.4年→23.1

¹³ 02年度におけるこれら4業種の技術知識ストックの製造業全体に占める割合は、それぞれ化学21.1%、一般機械10.8%、電気機械31.6%、精密機械15.5%であり、計79.0%となる。

年)、情報・通信機器では58.3%も短期化している(4.8年→2.0年)。従って陳腐化率の変化が業種ごとに変わらないとするここでの仮定にはやや留意が必要である¹⁴。

4業種の技術知識ストックの推移は末尾付図1-1~4に掲載している。全体的な傾向は全産業ベースのものとはほぼ一致しており、90年代後半以降一般機械を除いてストックの積み上がりペースが鈍化している。特に化学、輸送用機械では停滞感が強く、技術知識ストックはほぼ横ばいで推移している。これはいずれも陳腐化率の上昇によるものであり、技術知識フローは増加傾向にあるものの、陳腐化率の上昇から純フロー分が少なくなっていることが原因である。各業種の技術知識フローの推移は付表1-5~8の通りである。

このように技術知識ストックの推移を主要産業別にみても、産業ごとに大きな差異は観察されないことが分かる。

5. 技術知識ストックと他指標との比較

技術知識ストックは通常、企業あるいは一国全体の生産に影響を与えるものとして、資本、労働と同様に生産要素として扱われる。具体的に技術知識ストックを組み込んだ生産関数の推定については第4章で行われるが、ここでは前節までで得られた技術知識ストックの推移を生産量や他の生産要素との比較においてみていくことにしたい。

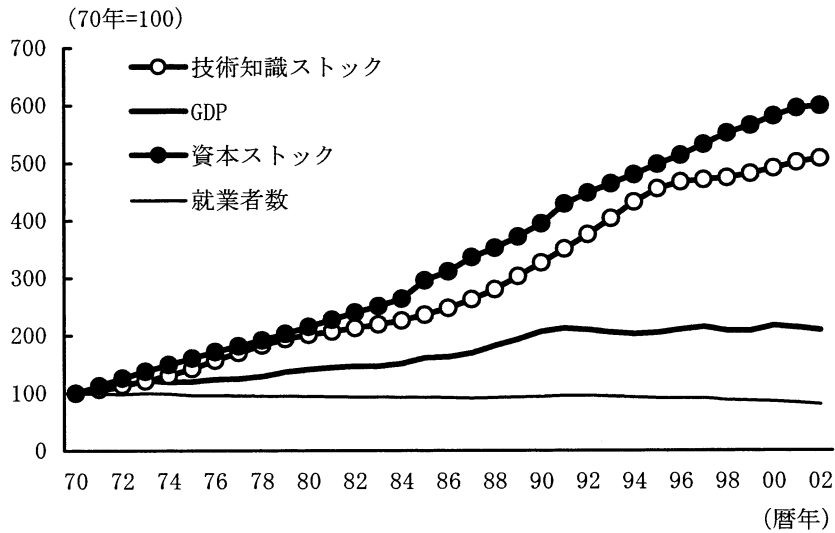
まず70年以降の技術知識ストック(*RS*)の動きを生産量(*Y*)、資本(*K*)、労働(*L*)の動きと比較してみたものが図表1-8である(いずれも70年=100として基準化)。ここで生産量(GDP)、資本、労働(就業者数)については、技術知識ストックの計測で用いた「科学技術研究調査」で対象としている産業に対応させている。具体的には全産業合計値から卸売・小売業、金融・保険業、不動産業、サービス業の値を除いている¹⁵。また生産量、労働はいずれも内閣府「国民経済計算」の該当項目を採用しているが、これらは業種ごとの値が年次ベースのものに限られるため、比較のため技術知識ストックについても年次換算を施している¹⁶。

¹⁴ もちろんこの経団連調査を使用して業種ごとの陳腐化率を算出することも可能であるが、第2節でも述べた通り当調査は回答サンプル数が123と少ないため、事業分野ごとの調査結果はさらにサンプル数が少ないと考えられる。このためここでは当調査結果の採用を見送った。

¹⁵ 「科学技術研究調査」では平成9年調査よりソフトウェア業が、平成14年調査より卸売業、金融・保険業とサービス業の一部業種が調査対象に追加されている。しかし全体に与える影響はそれほど大きくないため、ここでは特段の考慮は行っていない。

¹⁶ 単純に前年度のストック額の1/4と当年度のストック額の3/4を合計して算出した。なお次章以降についても技術知識ストック(フロー)の暦年値については同様の方法で算出している。

図表 1 - 8 各指標の推移



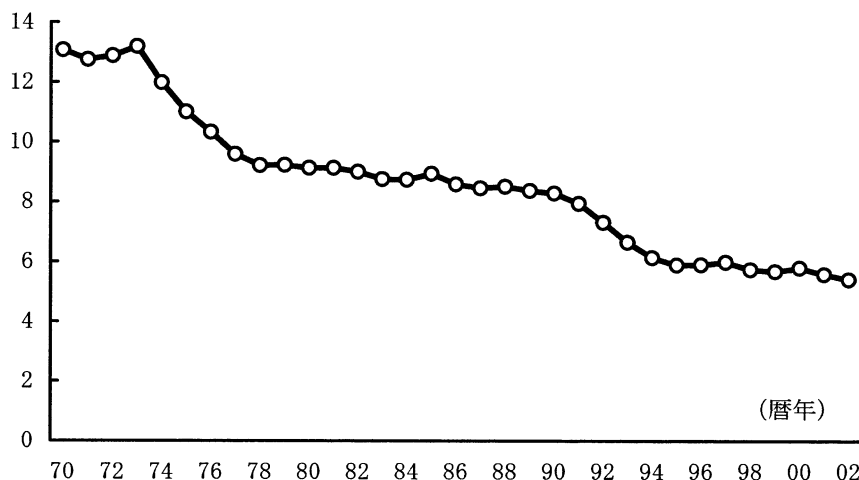
- (備考) 1. 内閣府「国民経済計算」、「民間企業資本ストック」、総務省「科学技術研究調査」により作成。
 2. 技術知識ストック、GDP、資本ストックはいずれも実質値。資本ストックは取付ベース。GDP、就業者数については80年以前、資本ストックについては90年以前の値について、68SNAベースで得られる伸び率を使用しして遡及した。
 3. GDP、資本ストック、就業者数については、全産業から卸売・小売業、金融・保険業、不動産業、サービス業を除いている。

図表 1 - 8 からは、70 年以降資本ストックと技術知識ストックが急速に蓄積されてきたことが分かる。02 年時点での資本ストックは 70 年時点の約 6 倍、技術知識ストックは約 5 倍にまで達している。労働については就業者の急増がみられるサービス業をここでは除外していることもありかなり弱い動きとなっているが、それを考慮したとしても資本ストックや技術知識ストックほどの顕著な増加傾向はみられない。このことからわが国の生産構造は資本及び技術知識ストック集約的に変化してきたことが分かる¹⁷。

技術知識ストックが着実に蓄積していくなかで生産量はそれほど増加しなかったことから、後者を前者で割った技術知識ストック生産性 (Y/RS) は低下傾向にあると考えられるが、図表 1 - 9 で観察される技術知識ストック生産性の推移はその予想を裏付けている。技術知識ストック生産性はほぼ一貫して低下を続けており、02 年には 70 年時点の半分以下にまで落ち込んでいる。

¹⁷ 80 年代以降の資本と労働の推移については蜂谷 (2004) 参照。そこでは資本と労働の相対価格の変化に対応して資本と労働の代替 (資本の相対的な増加と労働の相対的な減少) が生じてきたことが示されている。

図表 1-9 技術知識ストック生産性 (Y/RS) の推移



(備考) 1. 内閣府「国民経済計算」、総務省「科学技術研究調査」により作成。
 2. GDP (Y)については、全産業から卸売・小売業、金融・保険業、不動産業、サービス業を除いている。また80年以前の値について、68SNAベースで得られる伸び率を使用して遡及した。

技術知識ストック生産性は技術知識ストック 1 単位当たりの生産量を表しているから、その値が低下しているということは生産性の低下を意味しており、憂慮すべきことのように思われる。しかしこれは技術知識ストックの蓄積によって必然的に生じているという面もあり、後述するように資本生産性も資本蓄積に伴って低下傾向を辿っている。またここでの生産性とは正確には平均生産性のことであるが、理論上は限界生産性（技術知識ストックの追加的な 1 単位の増加に対する生産量の増分）により注意が向けられる。この点については第 4 章で再び取り上げる。

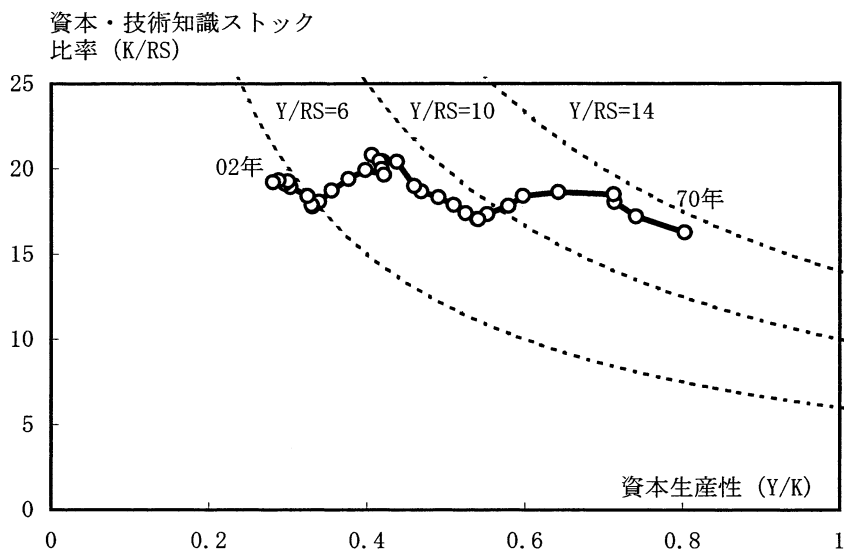
次にこの技術知識ストック生産性の推移と、資本ストックとの関連性をみるために、技術知識ストック生産性を以下のように分解する。

$$\frac{Y}{RS} = \frac{Y}{K} \times \frac{K}{RS} \quad \dots\dots (1.3)$$

右辺第 1 項は資本生産性、第 2 項は資本・技術知識ストック比率である。(1.3) 式は定義上このように分解できるというものにすぎず、それぞれの因果関係を示しているものではないが、右辺の動きを観察することで技術知識ストック生産性低下の背後にある資本生産性等の変化をみることができる。

図表 1-10 は (1.3) 式に基づき横軸に資本生産性 (Y/K) を、縦軸に資本・技術知識ストック比率 (K/RS) をとり、両者の動きをみたものである。(1.3) 式の関係から分かるように、左辺の技術知識ストック生産性を一定とすると、右辺の資本生産性と資本・技術知識ストック比率は反比例の関係にあることから、図表 1-10 においてある任意の技術知識ストック生産性の下で双曲線を描くことが分かる。ここでは 3 本の双曲線を描いているが、これはそれぞれ技術知識ストック生産性が 6、10、14 で一定であったとした時に、右辺 2 指標が取りう

図表 1-10 技術知識ストック生産性の分解



- (備考) 1. 内閣府「国民経済計算」、「民間企業資本ストック」、総務省「科学技術研究調査」により作成。
 2. 資本ストックは取付ベース。GDPについては80年以前、資本ストックについては90年以前の値について、68SNAベースで得られる伸び率を使用して遡及した。
 3. GDP、資本ストックについては、全産業から卸売・小売業、金融・保険業、不動産業、サービス業を除いている。

る値の組み合わせを表していることになる。

図表 1-10 からはプロットされた点は時系列的に左方へとシフトしていることが分かる。すなわち技術知識ストック生産性は徐々に低下している。この間、横軸をみると資本生産性の低下が生じていることが分かる。これは図表 1-8 からも容易に想像できることであるが、資本ストックの蓄積スピードが生産量の伸びに比して急速であることから結果として生じている現象である。

一方で縦軸の資本・技術知識ストック比率にはあまり変化がみられない。これは資本ストックも技術知識ストックもほぼ同程度のテンポで蓄積が進んできたことを表している。

以上から技術知識ストック生産性の低下と資本生産性の低下はほぼ軌を一にして進行してきたということが分かる。これは技術知識ストックと資本ストック双方の蓄積が進み、次第に資本集約的、技術集約的な経済構造へと変化を遂げてきたことを反映している。

6. 小括

本章では蜂谷 (2005) で得られた陳腐化率を用いることによって、わが国の技術知識フロー、ストックを計測しその推移をみるとともに、他指標との関連性を考察してきた。得られた主な結果は以下の通りである。

- ・ 計測された技術知識ストックは 70 年度以降一貫して増加傾向にあり、02 年度末のストック額は 70 年度末の 5 倍超に達している。

- ・しかしながらその増加ペースは技術知識フローが増加傾向を辿っているにもかかわらず 90 年代半ば以降鈍化傾向にある。これには陳腐化率の上昇によりストックの純増分を表す純フロー部分が少なくなっていることが影響している。
またこうした傾向は産業別にみた場合にも同様である。
- ・技術知識ストックの推移を他指標（生産量、資本ストック、労働量）と比較してみると、技術知識ストックの蓄積は資本ストックと同様に生産量の増加を上回るペースで進んでいることが分かる。その結果技術知識ストックの（平均）生産性は低下傾向にあるが、これは資本生産性の低下と同時並行的に進行しており、わが国の経済構造が次第に資本集約的、技術集約的に変化してきたことを反映している。

次章では技術知識ストックについての考察をさらに進め、その循環性について検討していくことにしたい。

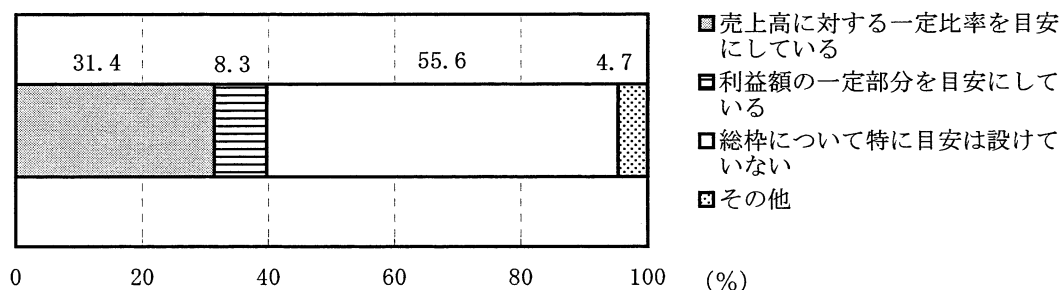
第2章 技術知識ストックの循環構造の検討

1. 技術知識ストックの循環性

前章で明らかになったように、技術知識ストックは一貫して趨勢的な拡大を続けているが、図表1-3でみたように生産量の変動に対しては長期的に一定の連動を示しているようである。これは技術知識ストックに生産量の変化（経済成長）に対応した循環的な変動が観察される可能性を示している。研究開発活動は長期的な視野に立って行われるものであり、景気変動とは独立である、と考えられることも多いが、実際には足元の景気に左右されている可能性があるといえる。

日本政策投資銀行が04年に資本金10億円以上の製造業を対象として研究開発の予算管理の方法について調査した結果によると（図表2-1）、研究開発予算の総枠を管理している企業においては、売上高の一定比率を研究開発費の目安にしていると回答したところが多い¹。この結果は売上高が変化すると研究開発費もそれにつられて変化するということを意味しているが、売上高はGDP、つまり景気変動と密接に連動しているから（図表2-2）²、研究開発費は景気循環的な変動を示すことがここから推測される。また後藤他（1997）では企業のキャッシュフロー、売上高が研究開発費に影響を与えることを示す結果を導いており、ここからも研究開発活動が景気変動に影響を受ける可能性が示唆される。

図表2-1 研究開発費の予算管理について



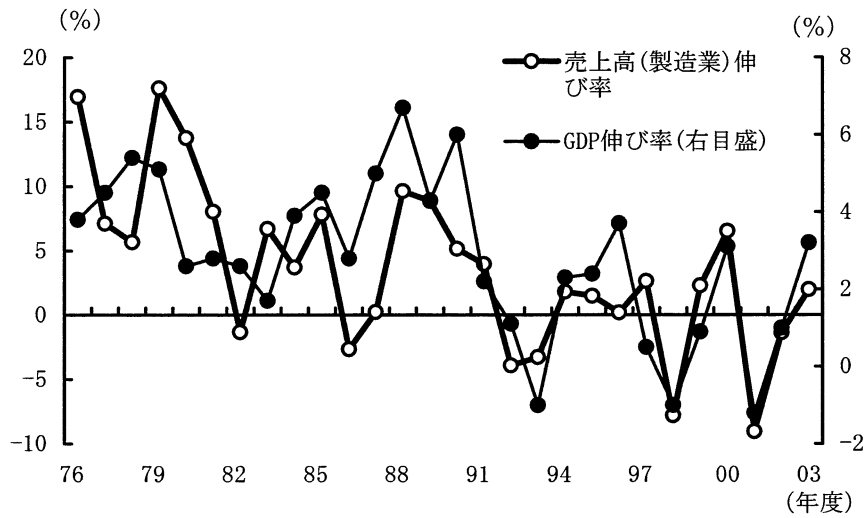
（備考）1. 増田（2005）により作成。

2. 資本金10億円以上の製造業684社の回答に基づき作成。

¹ ただし、全体の割合の中では「総枠について特に目安は設けていない」が最も大きい。

² 図表2-2における両者の相関係数は0.64である。

図表 2-2 製造業売上高とGDP伸び率の比較



(備考) 内閣府「国民経済計算」、財務省「法人企業統計年報」により作成。

このように研究開発費が景気と連動する性質を持つのであれば、技術知識ストックにも同様の変動がみられることになる。

そこでここでは技術知識ストックの循環構造についての検討を試みる。技術知識ストックの循環構造の分析はこれまでほとんど検討された例がないが、上記の結果から類推すれば生産の変動に対応した何らかの循環的な動きが観察されるものと考えられる。

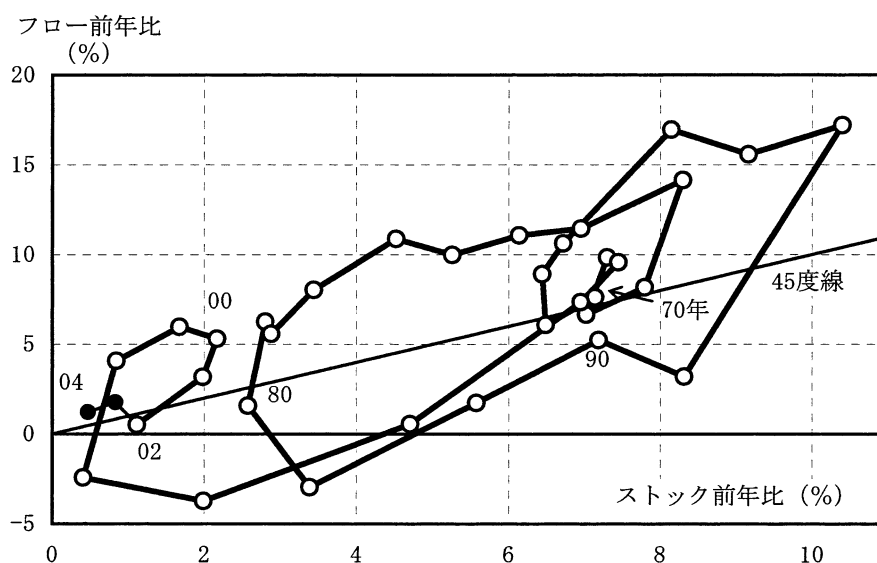
本章ではまず循環構造について、資本ストックの分析で使われることのある循環図を援用した図解での把握を試みる。数値分析による循環性の検討については次章で行うことにする。

2. 技術知識ストック循環の動向

図表 2-3 が一般的な資本ストック循環図と同様の方法により、横軸に技術知識ストックの前年比、縦軸に技術知識フローの前年比をとって作成した技術知識ストックの循環図である。

循環図の見方は基本的に資本ストックの場合と同じであり、循環が存在する場合、それは通常時計回りの動きを示す。景気の局面判断との関連では、45度線より上方ではフローの伸びがストックの伸びを上回りストックの積み増し局面にあると判断される。逆に45度線より下方ではフローの伸びがストックの伸びを下回り、ストックの伸びも抑制されることから、調整局面にあると判断される。

図表 2-3 技術知識ストック循環図



(備考) データ出所等は補論 1 参照。

図表 2-3 からは技術知識ストックにおいても時計回りの循環が描かれることがはっきりと確認できる。すなわち、技術知識ストックにおいても、資本ストックと同様の循環構造が存在するということが分かる。第 1 章図表 1-2 でみたように技術知識ストックは一貫して増加傾向を辿ってきているが、循環構造の存在はこうした増加プロセスの中にも回復局面と調整局面とが交互に繰り返されてきたことを示している。

年代別の動きをみてみると、まず 70 年代については、72 年以降フローの伸びがストックの伸びを上回る状態が続き、技術知識ストックを積み増す動きがみられた。しかし 76 年をピークにそれ以降はフローの伸びが急速に鈍化し、その結果ストックの伸びも大幅に抑制された。この状況は 80 年まで持続するが、その間ストック循環はかなり大きな弧を描き、点は左方にシフトしている。

続く 80 年代では再びストックの積み増し局面へと入った。フローの伸び率は 70 年代前半ほどの大きな伸びとはならなかったものの、80 年代を通じて積み増し局面が維持されたことからストックの伸び率は 70 年代前半の水準に回復するまでに至っている。

90 年代は再びストック調整の時期へと突入した。特に 96、97 年にはフローの伸びが 2 年連続のマイナスとなり、これに応じてストックの伸びも 70 年代後半を下回る水準にまで低下した。その結果、点はさらに左方へとシフトしている。

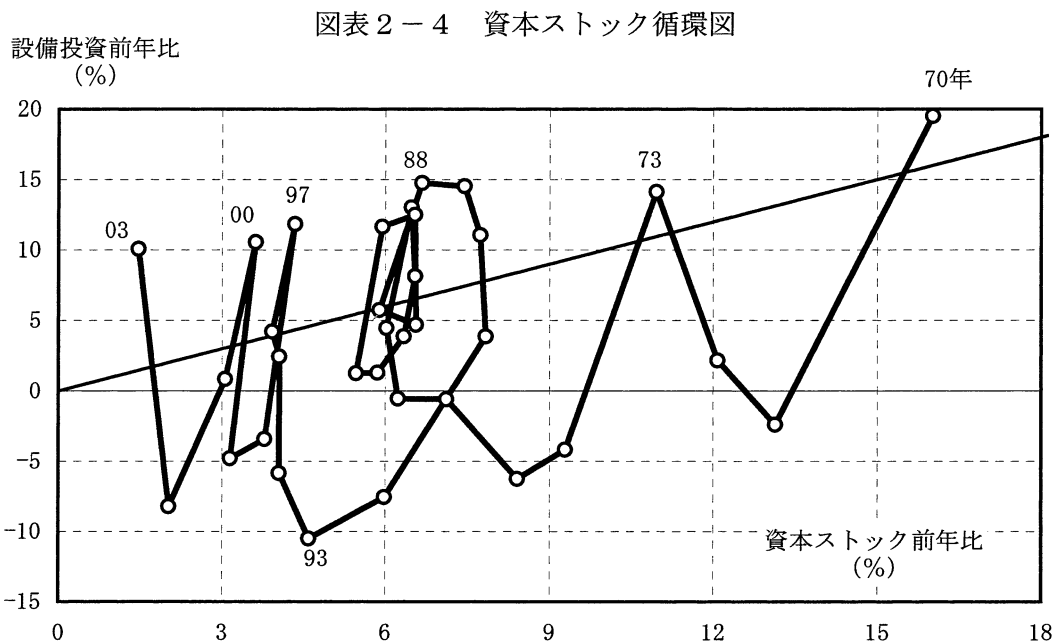
98 年にはフローの伸びが回復し 45 度線の上方へ浮上したものの、持ち直し局面は 4 年で終了し 02 年には再び 45 度線の下方へと落ち込んだ。その結果、循環を描く円も極めて小さなものとなっている。また 90 年代後半から 00 年にかけての循環円はこれまでのものと比べると明らかに左方へとシフトしており、フロー、ストックともに伸び率が小さくなっていることを示している。

図では 03、04 年の予測値もプロットしている（予測値の算出方法は補論 1 第 4 節参照）。

これによると 03 年には再び 45 度線を上回るものの、フローの伸びもストックの伸びも極めて弱く、04 年にはさらに左方へとシフトすることになる。ただし 03 年以降わが国の景気は持ち直しの動きがみられ、また企業収益の改善も著しいことから、03 年以降の研究開発費が体化される 05 年以降の技術知識フローは増加することが期待できよう。

この循環円の左方シフトは資本ストック循環においてもみられる現象である。図表 2-4 は 70 年以降の資本ストックの循環図を表したものである。資本ストック循環は大きな円を描いている技術知識循環とは異なり、直線的な上下動を繰り返している点が特徴的であるが、この資本ストック循環においても次第に伸び率は鈍化しており、循環の左方シフトが明確に観察される。これは足元でも顕著であり、03 年も縦軸の設備投資が前年比 10% の大きな伸びを示しているにもかかわらず、横軸の資本ストックの伸び率は前年よりも低く抑えられている。これは既存設備の除却が大幅に増加したことにより、ネットでみたストック増加が抑えられているためと考えられる³。

資本ストック、技術知識ストックともに、このような循環の左方シフトは経済の期待成長率の鈍化に伴う動きであると解釈できる。そこでストック循環と期待成長率との関係について次節でみてみよう。



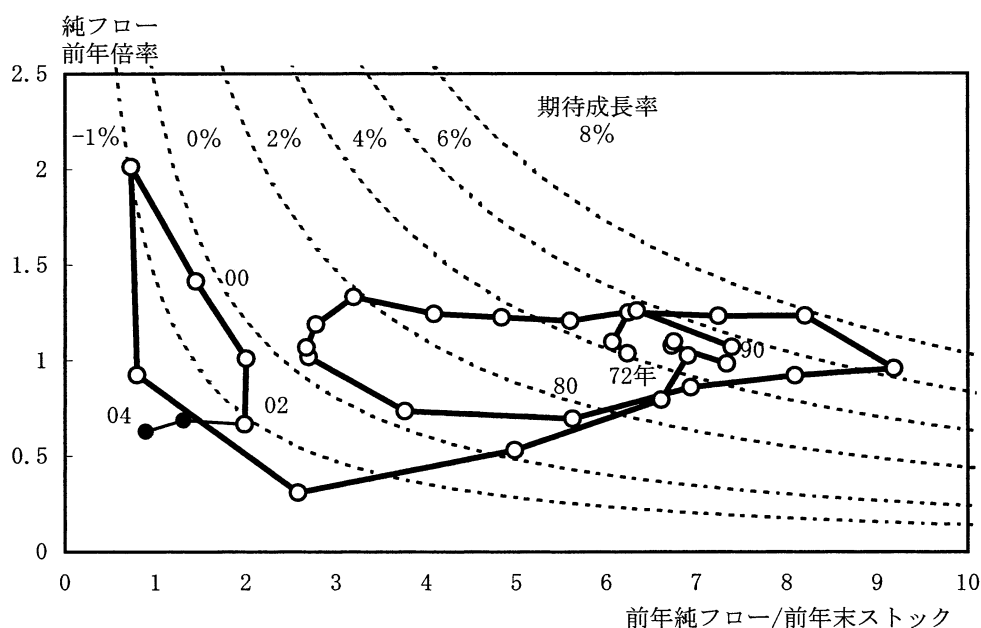
- (備考) 1. 内閣府「民間企業資本ストック」により作成。
 2. 公的企業の民営化による断層については調整済。
 3. 90年以前については68SNAベースの伸び率を用いて遡及した。

³ 03 年の除却の増加には特殊要因が大きく影響していることが指摘されており、その解釈には注意を要する。日本政策投資銀行 (2003) 第 II 章脚注 34 参照。

3. 技術知識ストック循環と期待成長率の関係

図表 2-5 は図表 2-3 とは異なり横軸に前年の技術知識フロー・ストック比率を、縦軸に技術知識純フローの前年倍率をとったものである。この図の特徴は、技術知識ストックと期待成長率との関係を同一図上で把握することができる点にある。点線で表される曲線が各点のそれぞれの値に対応する期待成長率の水準を表しており、ここから各点がどの期待成長率水準に対応しているかを把握することができる。作図に関する詳しい説明については補論 2 にまとめている。

図表 2-5 技術知識ストック循環と期待成長率曲線



(備考) データ出所等は補論 1、図の作成方法については補論 2 参照。

図表 2-5 においても循環構造が観察されること、循環円の左方シフトがみられることは図表 2-3 と同様である。点線で表されている期待成長率曲線との関係から循環の動きをみていくと⁴、まず 70 年代は期待成長率 4～8% 台の範囲での循環を続けていたが、80 年代前半には期待成長率が大幅に低下し、純フロー額は前年を下回る状態が続いていたことから、ストック循環は一時 0% 近傍にまで迫った。

その後期待成長率は上昇に転じ、バブル期には 70 年代初頭とほぼ同じ水準にまで戻したが、バブル崩壊後は再び期待成長率は低下傾向を辿り、90 年代後半以降期待成長率は -1% 台という低水準に留まっている。99、00 年のいわゆる IT バブル期に純フロー額は大きく増加したものの、その増加傾向は持続することなく、依然としてマイナスの期待成長率水準か

⁴ ここでは通常の資本ストック循環と同様、期待成長率見通しが技術開発行動に影響を与えるという関係を暗黙に想定した記述をしている。しかし両者の因果関係は必ずしも明らかではなく、本質的には需要プルと科学技術プッシュの論争にもつながる議論である (Coombs, Saviotti and Walsh (1987)。なお企業レベルの研究開発支出と売上高との関係に関する実証分析及び既存研究のサーベイについては Odagiri (1983) 等参照)。

ら抜け出せていない⁵。

図表 2-5 においても 03、04 年の予測値をプロットしているが、それをみると 03 年以降も純フローは伸びず、純フローの前年倍率は 1 を下回ったまま点はさらに左方へとシフトする可能性が高い。ただし前述のように足元の研究費支出は増加傾向にあると考えられることから、その後点は上方へシフトし、成長率の持ち直しに伴う期待成長率の高まりに対応して再び右方へと向かう可能性もある⁶。しかし低成長経済に移行したわが国では中期的にみても以前ほどの高い経済成長率は期待できないことから⁷、その右方シフトは小幅なものにとどまる可能性が高い。

以上のように技術知識ストックは生産量の変動、つまり景気変動と一定の連動をもっており、また中期的にも生産成長率に対応してストックが増加しているということがうかがえるであろう。

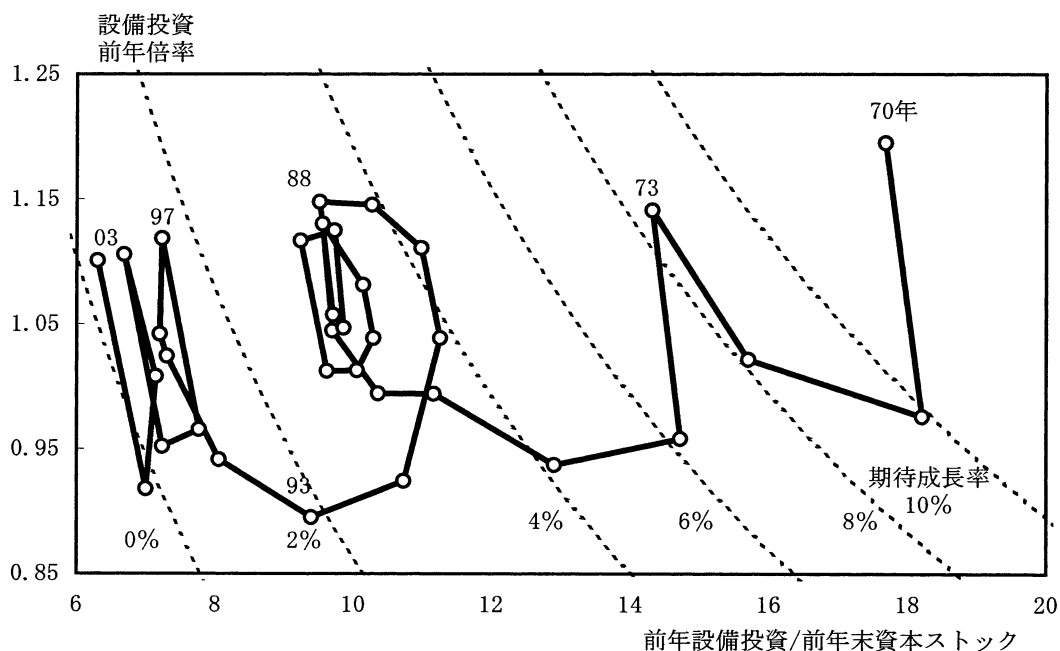
図表 2-6 は資本ストックについて同様の図を作成したものである。ここでも期待成長率の低下に対応した循環円の左方シフトがみられる。70 年代に期待成長率が 10% から 3~4% 台にまで低下した後、いったんは踏みとどまったものの、バブル崩壊後の 90 年代前半に再び低下し 00 年代は 0% 近傍で推移している。90 年代後半以降は設備投資の前年倍率が 1 を上回る年がいくつかみられるものの、その持続性が弱くすぐに 1 を下回ることから、資本ストックの増加につながっていない。このように技術知識ストックと資本ストックは中期的には概ね同じような推移をしているということができよう。

⁵ -1% 台の期待成長率曲線上で留まっているという結果は、実際の実質 GDP から判断すると低すぎるという印象を与えるかもしれないが、ここでの期待成長率水準は「科学技術研究調査」で対象とされている産業をベースとして算出したものであり、一国ベースの GDP とは乖離がある。詳しくは補論 2 を参照。

⁶ 内閣府「企業行動に関するアンケート調査」では企業に対し今後の予想経済成長率（実質）を尋ねているが、今後 3 年間の予想成長率（年度平均）について、平成 14 年度調査（03 年 1 月実施）では 0.7% であったのに対し、景気の持ち直しがみられた平成 15 年度調査（04 年 1 月実施）では 1.5% と大幅に改善している。

⁷ 「改革と展望-2004 年度改定」（2005 年 1 月 20 日）における「参考資料」では、基本（改革進展）ケースとして 2012 年度の実質成長率を 1.5% とし、今後中期的に 2% 弱の成長率で推移することを見通している。

図表 2-6 資本ストック循環と期待成長率曲線



(備考) 1. 内閣府「国民経済計算」、「民間企業資本ストック」により作成。
 2. 公的企業の民営化による断層については調整済。
 3. 90年以前については68SNAベースの伸び率を用いて遡及した。

4. 業種別技術知識ストック循環の動向

主要4業種（化学、一般機械、電気機械、輸送用機械）別の技術知識ストック循環図については末尾付図2-1～4に掲載している。ただし業種別にブレークダウンすると各年の振れが大きくなり不連続な動きがみられるため、局面判断にはやや困難が伴う。そのためここでの観察は概観のみにとどめることにしたい。また技術知識係数（補論2参照）の伸び率も変動が大きく適切な期待成長率曲線を引くことが難しいため、ここでは図表2-3のタイプのみの循環図を掲載し、図表2-5のタイプの循環図は省略する。

まず化学（付図2-1）の循環図については、全産業ベースの循環図の動きと比較的良く似ている。すなわち、いくつかの循環円を描きながら左方へとシフトしている様子を比較的明瞭に見て取ることができる。足元では45度線より下方での推移が続いており、02年にはストックの伸びが若干ながらもマイナスに転じている。

次に一般機械（付図2-2）については70年代後半に大きな振れをみせているため綺麗な循環がみられていないが、足元ではストック前年比3%台の辺りに位置している。これは他の3業種と比較すると比較的高い増加率を維持しているといえる。

電気機械（付図2-3）は、70年代及び80年代～90年代にかけてかなり大きな円を描く循環がみられることが特徴である。循環構造が左方にシフトしているか否かについてはやや判別し難いが、00年代に入ってからではストック、フローともに小さな伸びにとどまっている。

輸送用機械（付図2-4）については、かなりはっきりとした循環構造の左方シフトがみ

られる。循環円は70年代にはストック、フロー前年比ともに二桁台の位置で循環していたものの、80年代には大きく左方にシフトし、ストック前年比4～8%の辺りで小さな変動を繰り返している。そして90年代末にはさらに大きく左方へシフトし、02年ではストック、フロー前年比ともにマイナスに陥っている。

以上のようにいずれの業種においても循環構造の存在はおおむね確認することができる。循環の左方シフトについてはやや判別が難しい業種もあるものの、近年になってフロー、ストックともに伸びが弱まっていることは共通しているといえる。

5. 小括

本章では資本ストックの分析の際に用いられるストック循環図を用いて技術知識ストックの循環構造を検証した。得られた結果は以下の通りである。

- ・資本ストックと同様、技術知識ストックに関してもはっきりとした循環的な動きが観察されることが判明した。この事実は、資本、労働といった生産要素と同様、技術知識ストックも足元の生産の変動あるいは期待成長率と関連を持ちながら変動しているということを表している。研究開発活動は長期的な視野に立って行われるものであるから、景気変動とは独立である、と考えられることも多いが、実際には足元の景気と連動しているといえることができる。

こうした循環構造は技術知識ストックの大まかな動きを規定していると考えられ、技術知識ストックの足元の局面判断や今後の方向性を考える上で重要な情報を提供するといえる。

- ・技術知識ストック循環図をみると、循環円は中期的に左方にシフトしており、フロー、ストックともに伸びが鈍化していることが分かる。これは期待成長率の低下に対応した動きであり、資本ストック循環とほぼ同様の傾向を示している。
- ・今後循環円はやや右方に戻す可能性もあるが、その右方シフトは小幅なものにとどまると考えられる。従って中期的にも技術知識ストックの伸びは緩やかなものにとどまる可能性が高い。

以上のように循環図は局面判断を行うことができるため、単なる値の増加減少だけではない新たな情報を提供することができる。ここでは技術知識ストックの計測の際に研究開発支出にタイムラグを想定していることから、毎年の研究開発支出についてその局面判断を行うことはやや難しいが、研究開発支出に直接この循環図を援用することで、足元の企業の研究開発行動についての局面判断を行うことができると考えられる。この点については本章の拡張分析として補論3において考察を加えている。

本章はもっぱら図を使用している視覚的な観点からの検討であった。次章では数値分析によりこの点をさらに深掘りしていきたい。

第3章 技術知識循環の周期性の検討

1. スペクトル分析の概要

前章では技術知識ストックの循環構造について、循環図を利用した視覚的な検討を行った。その結果、技術知識ストックについても資本ストックと同じような循環構造が確認できたことは前章の通りである。

本章では以上の結果を踏まえ、その循環の周期性分析を行う。具体的にはスペクトル分析の手法を用いることにより技術知識ストックにみられる循環の周期性の特徴について考察する。

もう一度第2章図表2-3、2-5の循環図を振り返ると、技術知識ストックの循環構造は70~80年代については大体11~15年ほどで一つの円を描いている（一周している）が、90年代後半以降は循環円が小さくなり、その一周の周期も6年程度と短縮化していることがうかがえる。このように技術知識ストック循環にはいくつかの周期性がみられるようであり、その周期性は年代によって変化しているようにも考えられる。

そこで本章では、

- ・技術知識ストック循環はどのような周期性を有しているか
- ・その周期性は時間を通じて変化しているか

の二点を主要な検討課題として設定する。

スペクトル分析とは時系列データが種々の周期を持つ正弦関数（ $\sin(x)$ ）、余弦関数（ $\cos(x)$ ）の和で近似できることを利用し、どの周期（周波数）がそのデータ系列の動きに大きく寄与しているかをみることによって、そのデータ系列の持つ周期性を把握しようとするものである。

具体的には、ここでは時系列データの変動への各周波数の寄与の大きさを図で表したピリオドグラム（periodogram）を作成する¹。

まずデータ系列 $x(t)$ ($t=1,2,\dots,n$) を $-\infty$ から出発する確率変数列 $\{X(t):t=0,\pm 1,\pm 2,\dots\}$ の $t=1,2,\dots,n$ に対する実現値とみなし、

$$x(t) = \mu(t) + \sum_{j=1}^M \{a_j \cos(\omega_j t) + b_j \sin(\omega_j t)\} \quad \dots\dots (3.1)$$

より a_j, b_j を求める²。ただし $\mu(t)$ は $X(t)$ の平均であり、 $b_M = 0$ 、 $M = \frac{n}{2}$ とする。 ω_j は周波

数を表し、 $\omega_j = 2\pi f_j$ ($f_j = \frac{j}{n}$ で $\frac{1}{f_j}$ が周期を表す) である。この時、(3.1) 式は未知数 n 個、

¹ ここでの説明は溝口・刈屋（1983）、Hamilton（1994）に基づく。また算出方法はデータ数 n が奇数か偶数かによって若干異なるが、今回の分析ではいずれも n は偶数のため、偶数に基づく算出式を表す。

² 厳密には両者（右辺、左辺）はイコールの関係ではなく、近似的に等しい。

方程式 n 本の連立方程式体系となるため、解は一意に定まる³。

ここで、

$$\sum_{t=1}^n \frac{(x(t) - \bar{x})^2}{n} = \sum_{j=1}^M \frac{I(f_j)}{n} \quad \dots\dots (3.2)$$

$$I(f_j) = \frac{n}{2} (\hat{a}_j^2 + \hat{b}_j^2)$$

で表される $I(f_j)$ を各周期ごとにプロットした図がピリオドグラムである。なお \bar{x} は $x(t)$ の平均であり、(3.2) 式の左辺は $x(t)$ の分散を表している。つまり (3.2) 式は $x(t)$ の分散が各周期の波に分解できることを意味している。

2. 使用データの検討

これまでも周期性を検討するため経済時系列データにスペクトル分析を当てはめた例は存在するが⁴、技術知識系列にスペクトル分析を適用し、周期性を観察した試みは存在しないようである。それは技術知識フロー、ストックが計測されたとしてもそれ自体の推移にはあまり関心が払われなかったという背景もあるが、そのほかにもデータ面での制約による面もある。すなわち、技術知識フロー、ストックの計測のために使用される研究開発支出データは、通常月次ないし四半期ベースで入手することは困難であり、年単位のものに限られてしまう⁵。

しかしスペクトル分析ではある程度まとまったサンプル数が必要とされるため、年次データでは十分なサンプル数を確保できない可能性がある。これは (3.1) 式の近似の精度を向上させるという観点の他、観察できる周期の数を増加させる⁶という観点からも要請される。本稿でも技術知識フロー、ストックは年単位のデータでしか得られていないため、サンプル数はやや物足りない。

そこでここでは Lisman-Sandee 法により年次データから四半期系列を作成することでサンプル数を増加させることにする。Lisman-Sandee 法とは年データが与えられた時、当該年とその前後の年のデータを利用し、データの流列が正弦関数 ($\sin(x)$) に従うと想定することに

³ ここでは最小二乗法 (OLS) により (3.1) 式を解いたが、必ずしも OLS を用いる必要はない。また OLS を用いる場合、自由度ゼロとなるため誤差項が発生しないが、この時 (3.1) 式は近似式であることから $\mu(t)$ が $X(t)$ の平均から乖離することになる。ただし本稿の分析結果ではこの乖離はそれほど大きくなく、実際上の問題はないと判断された。

⁴ 近年では設備投資 (建設投資、機械投資、ソフトウェア投資) の周期性をスペクトル分析によって検証した宮川・山澤 (2001) がある。

⁵ 個別企業レベルでは有価証券報告書の半期報告書により半期の研究開発支出について把握することが可能な企業もある。また最近では企業業績の四半期報告化の流れから四半期決算を公表する企業が増加しており、そうした企業では四半期ごとの研究開発費を把握することも可能である。

⁶ (3.1) 式、(3.2) 式から分かるように、周期は $M = \frac{n}{2}$ だけ抽出することができる。従ってサンプル数 (n) を増やせば増やすほど抽出できる周期は多くなり、分析をより緻密に行うことができると期待される。

より機械的に四半期分割するという方法である (Lisman and Sandee (1964))。この方法に基づく四半期分割はわが国の四半期別 GDP 速報 (QE) の推計で一部用いられている他 (内閣府経済社会総合研究所 (2004))、諸外国の四半期別 GDP の推計でも利用されている (Bloem, Dippelsman and Maehle (2001))⁷。

Lisman-Sandee 法による四半期分割はあくまで簡便的なものであり、先験的に分割パターンを仮定していることから真の四半期パターンを表している保証はない。しかしここでの目的は四半期パターンを知ることではなくサンプル数を増やすことにあり、またある特定の分割パターンに沿って機械的に四半期化することで、逆に四半期分割に伴う恣意性を排除できるという長所もあることから⁸、ここでは同方法を採用した。

本章では技術知識フロー、ストックそれぞれの系列についてスペクトル分析を行うが、本文中ではもっぱらフローの分析結果を中心に検討を行う。ストックのデータ系列を用いても結論は変わらない。

Lisman-Sandee 法に基づき四半期化したデータ系列は 73 年から 02 年の 30 年 (120 四半期) であり、以下ではこの期間を分析対象とする。またこの四半期分割により分析結果が著しく変化していないかどうかを確認するため、年次データに基づく分析もあわせて報告する。なおデータは定常性を確保する観点から原系列の前期比を使用している⁹。

3. 技術知識フローのスペクトル分析

技術知識フロー前期比についてスペクトル分析を行い、得られたピリオドグラムが図表 3-1、3-2 である。図表 3-1 はグロスベース、図表 3-2 は更新相当分を除いたネット (純) ベースのフローに基づくピリオドグラムである。

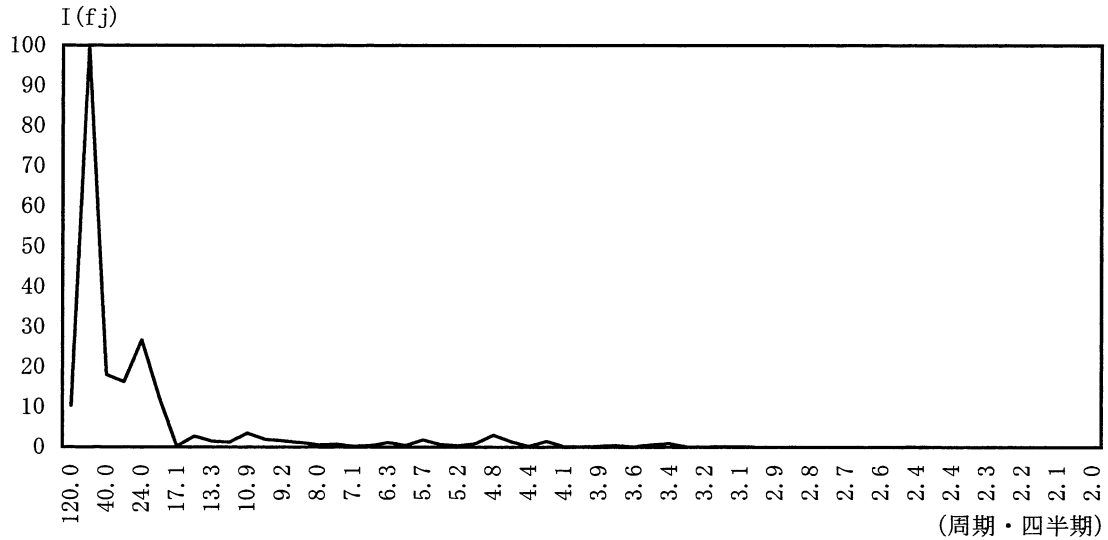
⁷ 年次系列を四半期分割するいくつかの方法については、例えば大守 (2002) 等にまとめられている。

⁸ 例えばリン・チャウ法では分割したい系列の他に補助系列が必要であり、その補助系列のパターンに従って分割が施される (例えば年次系列を四半期系列に分割したい場合、四半期系列が分かる補助系列であることが必要)。従ってリン・チャウ法では補助系列の選択が必要となるが、今回の技術知識フロー、ストックの場合、適切な変数の選択に困難と恣意性が生じることから採用していない。

⁹ スペクトル分析ではデータの定常性が要請されるため、分析の際には原系列の対数あるいは変化率に変換した系列を使用するという方法は一般的に行われている。付表 3-1 にフロー変数の原系列、前期比系列について単位根検定を行った結果を掲載する。

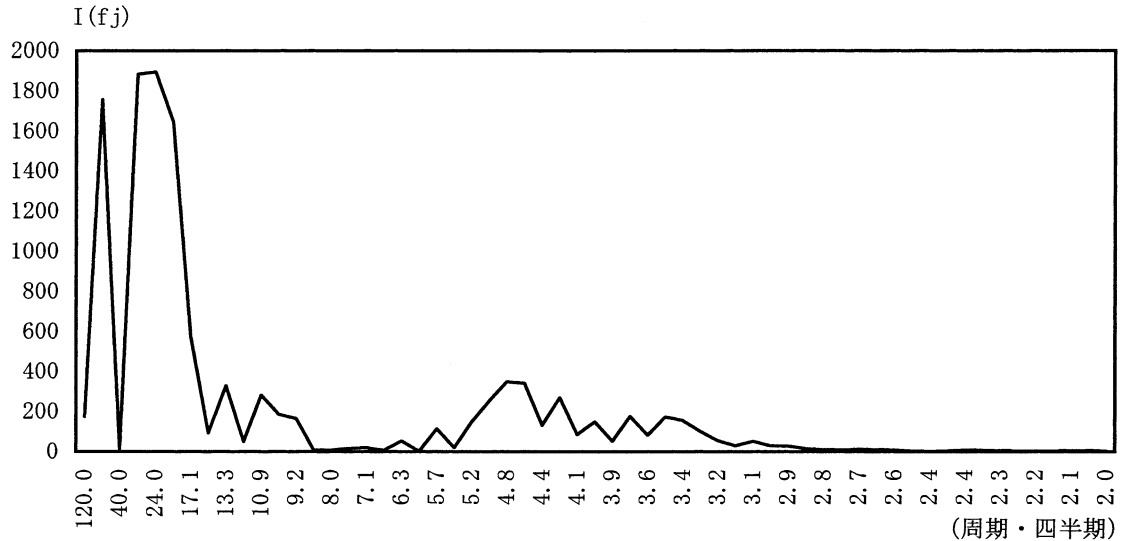
また前期比ではなく前年比のデータによるスペクトル分析も別途行ったが、結果は変わらなかったため報告は省略する。

図表 3-1 技術知識フロー前期比ピリオドグラム (グロス)



(備考) データ出所等は補論 1 参照。

図表 3-2 技術知識フロー前期比ピリオドグラム (ネット)



(備考) データ出所等は補論 1 参照。

ピリオドグラムの横軸は周期、縦軸は対応する $I(f_j)$ の値を表している。周期は四半期単位で、例えば周期 120.0 は 3 年に相当する。各周期に対応する縦軸の $I(f_j)$ の値が大きいほど、 $x(t)$ の変動に大きく寄与していることになり、その周期の影響が強いことを表す。

図表 3-1 をみると、周期 60.0 (=15 年) の $I(f_j)$ が突出していることが分かる。これはグロスベースの技術知識フローに 15 年の周期がみられることを示唆している。次に大きいのは周期 24.0 (=6 年) である。15 年と 6 年の周期性がみられるという結果は、第 2 章図表 2-3、2-5 でみられた循環円の動きとも整合的である。

このほか周期 3 年 (=12.0) 前後にもわずかながら山がみられるが、15 年周期と 6 年周期

から比べると小さく、全体の循環構造にはそれほど大きな影響を与えていないようである。また1年(=4.0)前後にも小さな山が繰り返されているが、今回の計測では Lisman-Sandee 法により機械的に四半期系列を作成しているため、1年以内の山については判断を控えるべきであろう。後述する設備投資のピリオドグラムと比べると技術知識フローのピリオドグラムは短い周期の寄与が小さいが、これにも四半期系列を擬似的に作成していることが影響している可能性がある。

図表3-2はネットベースの技術知識フローのピリオドグラムである。ネットベースでもやはり15年および5~8年あたりの周期の寄与が大きく出ている。また周期3年前後の寄与もグロスベースよりは強めに出ているようである。1年程度あるいはそれ以下の周期についても山がみられるが、この点については上述の通り機械的な四半期分割の影響が出ている可能性がある。また縦軸の目盛を比較すると分かるように $I(f_j)$ の値はグロスベースの図表3-1と比べるとかなり大きく、グロスよりもネットベースの方がデータの変動が大きいことを反映している。

以上のように、グロスベース、ネットベースのいずれでみても15年前後と6年前後の周期が強いことが観察される。

技術知識ストックの前期比を用いた結果は末尾付図3-2に表示している。15年の周期の影響が極めて強く検出されているためやや分かりにくいだが、ストックに基づく分析でも15年と6年前後の周期が全体の変動の大半を説明している。

また技術知識フローについて年次ベースのままでスペクトル分析を行った結果は付図3-3に表示している(横軸の周期の単位は年である)。サンプル数が少ないことから観察できる周期がやや粗いが、ここでも15年と6年前後の周期が強く検出されていることが確認できる。従って、Lisman-Sandee 法に基づく四半期分割による分析結果への歪みは生じていないと判断することができる。

このようにいずれの結果からも、技術知識データ系列には15年前後と6年前後の周期が存在していることが確認できる。

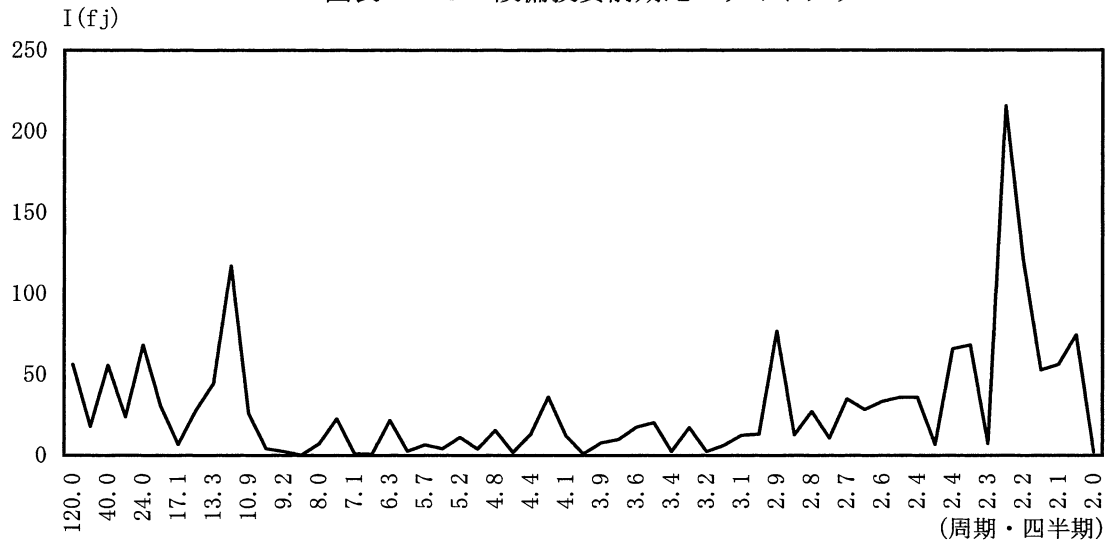
4. 設備投資のスペクトル分析

この循環周期の結果を評価するため、ここでは設備投資の周期性と比較してみることにする。

技術知識フローと同期間の設備投資の四半期系列(季節調整値)を取り、その前期比に基づくピリオドグラムを表したものが図表3-3である¹⁰。

¹⁰ 設備投資についても前年比に基づくピリオドグラムも作成したが、やはり結果は変わらなかったため報告は省略する。

図表 3-3 設備投資前期比ピリオドグラム



(備考) 1. 内閣府「民間企業資本ストック」により作成。
2. 取付ベースの季節調整値。

ここから設備投資の循環は周期 2.2 四半期、つまり半年程度の周期の影響を強く受けていることが分かる。短い周期ではこの他に 1 年前後の周期も強い。ただし設備投資においても、1 年以内の周期については季節調整方法等の技術的な要因が影響して周期性を形成している可能性がある。

次により長い周期に目を転じると、まず 3 年の周期が強く現われているほか、6 年、10 年の周期性も観察される。今回の計測で最も長い 30 年（120 四半期）周期の影響もやや強く出ているが、これはサイクルというよりもトレンドと判断する方が適切である。設備投資の循環からもたらされる有名な景気循環の波の一つであるジュグラー・サイクルはおおよそ 7～10 年の周期を持つとされているが、今回の計測結果からもジュグラー・サイクルに相当する循環が検出されているようである¹¹。ただしここでは設備投資の循環構造を検討することが主目的でないため、これ以上は深く立ち入らない。

この設備投資のピリオドグラムと技術知識フローのピリオドグラムとを比較すると、6 年程度の周期が強いという点では両者は似た周期性を持っていると判断される。これより長い周期では設備投資が 10 年、技術知識フローが 15 年となっており、技術知識フローの方がやや長い周期性を持っているようであるが、誤差等を考えるとそれほど顕著な差とは言えない¹²。設備投資と技術知識フローとの循環周期がやや似通っている理由には、技術知識フローの基

¹¹ わが国における設備投資サイクルについては篠原（1987）、岩下（1994）、森（1997）等に詳しい。

¹² 第 1 節でみたように、スペクトル分析では $\frac{n}{j}$ の周期が観察可能であるが、ここで $n=120$ であるから、周期 15 年 ($j=2$) の次の周期は 10 年 ($j=3$) となる。つまりここでの分析上 15 年と 10 年にそれほど大きな開きはない。

礎データとなっている研究開発支出に設備投資に相当する有形固定資産購入費が含まれていることも要因の一つと考えられる。

5. 周期性の変化の検討

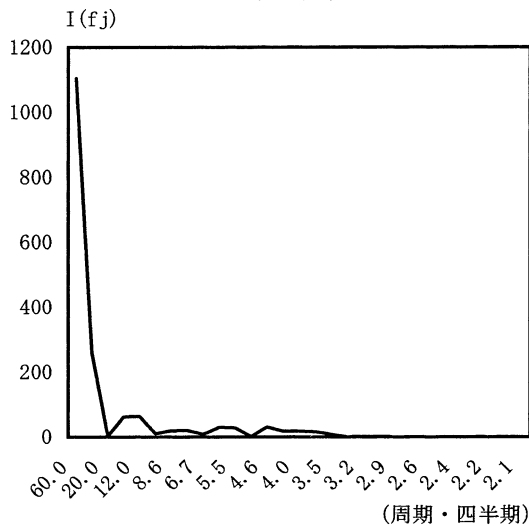
ところで第2章図表2-3、2-5の循環図からは、70～80年代と90年代後半以降とは循環の周期が変化していることが示唆される。すなわち、大きな循環円を描いている70～80年代では大まかにいって15年の周期性が確認され、90年代後半以降の循環においては6年の周期性が確認される。つまり、技術知識循環の周期が時が経つにつれて短縮化している可能性が示されている。

そこでここでは技術知識フローを前半期と後半期に分け、それぞれについてスペクトル分析を行い、検出される周期性に相違がみられるかどうかを観察することにしたい。ここで前半期は73年第I四半期～87年第IV四半期、後半期は88年第I四半期～02年第IV四半期とし、全体のデータ期間を60四半期（15年）ずつに等分する。図表2-3、2-5の観察からは循環の周期に相違がみられるのは90年代後半を境にしてであるから、本来であればその期間で分割することが望ましいが、その場合後半期のサンプル数が少なくなってしまうという問題があり、ここでは単純に二等分することにした。

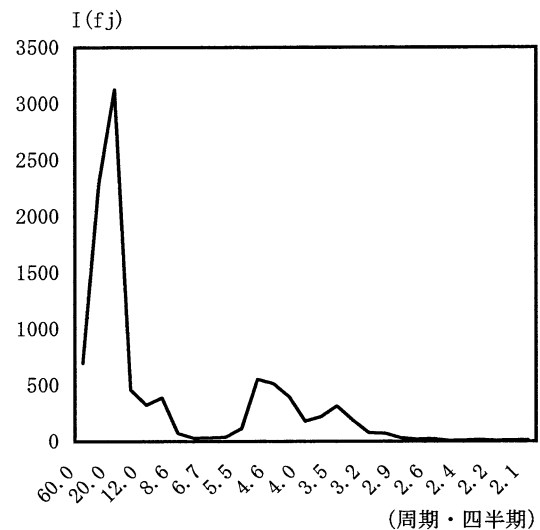
結果は図表3-4、3-5に表示されている。グロスベース、ネットベースのいずれでも結果は変わらないため、ここではネットベースでの結果のみを掲載している。

まず図表3-4より前半期についてみると、周期15年の影響が強く、次いで7.5年、3年前後となっている。これに対し図表3-5の後半期では、周期5年の影響が強く、次いで1年前後、2年前後となっている。

図表3-4 技術知識フロー前期比
ピリオドグラム
(前半期・ネット)



図表3-5 技術知識フロー前期比
ピリオドグラム
(後半期・ネット)

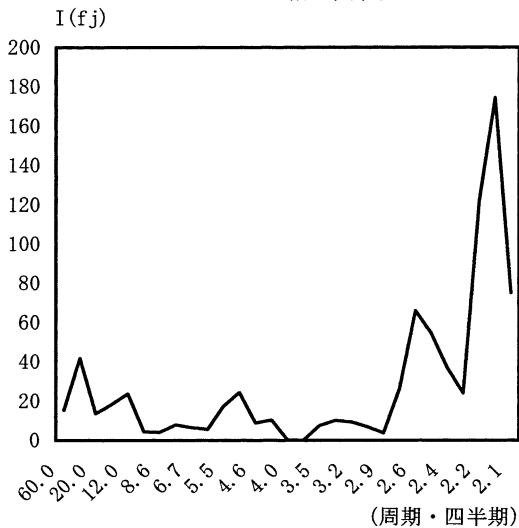


ここから分かるように前半期より後半期の方がより短期の周期の影響が強く現われている。つまり後半期になって技術知識フローの循環周期は短くなったことを示唆しており、図表 2-3、2-5 でみられる循環の動きと整合的な結果となっている。

以上の結果から、全期間を対象とすると技術知識フローには 15 年と 6 年前後の周期性が確認されるが、期間別に分析すると 15 年は前半期の周期、6 年前後は後半期の周期を代表しているということが類推できる。

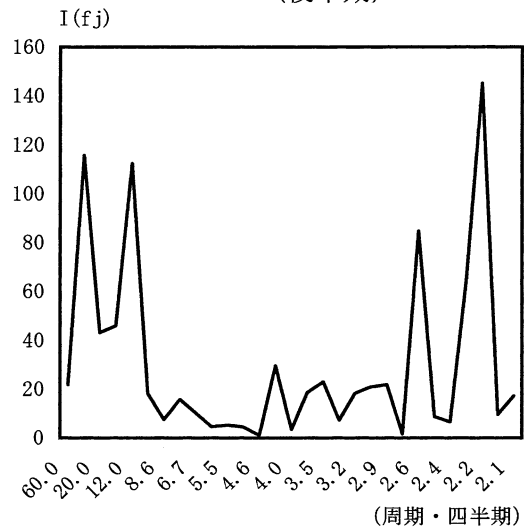
循環周期の短期化は設備投資の循環からは観察されない。図表 3-6、3-7 は設備投資系列について同様に期間を二等分し、それぞれについてスペクトル分析を行った結果のピリオドグラムである。ここから分かる通り、前半期、後半期いずれにおいても 7.5 年と 3 年の周期が強く検出されており、設備投資に関しては特に周期性の変化は観察されない。第 2 章図表 2-4、2-6 の資本ストック循環図からも周期性の変化を観察することはできないことが分かるだろう。従って技術知識の循環周期の短期化は技術知識系列特有の現象であると考えられる。

図表 3-6 設備投資前期比
ピリオドグラム
(前半期)



(備考) 1. 内閣府「民間企業資本ストック」
により作成。
2. 取付ベースの季節調整値。

図表 3-7 設備投資前期比
ピリオドグラム
(後半期)



(備考) 1. 内閣府「民間企業資本ストック」
により作成。
2. 取付ベースの季節調整値。

ではこの技術知識フローの循環周期の短期化はどのような要因によって生じているのだろうか。まず技術知識系列を形成する支出項目ごとの変化から検討してみたい。

前述の通り技術知識データ系列は研究開発支出額を基にしているから、技術知識系列の周期性は研究開発支出額の周期性と密接な関係を持っているはずである。その研究開発支出額は人件費、有形固定資産購入費、原材料費といった項目から構成されており、それぞれの個別の変化が複合して支出額全体の周期性が形成されている。よってここではこれらの支出項目別の循環周期の変化をみることで、どの項目が研究開発支出額、さらには技術知識系列の

循環周期の変化を生み出しているのかを検討する。

各支出項目別のピリオドグラムは末尾付図 3-4～3-11 にまとめてある¹³。いずれもデータ期間は図表 3-4、3-5 と同一とし、それぞれ Lisman-Sandee 法により四半期化した上で前期比に対してスペクトル分析を行っている。

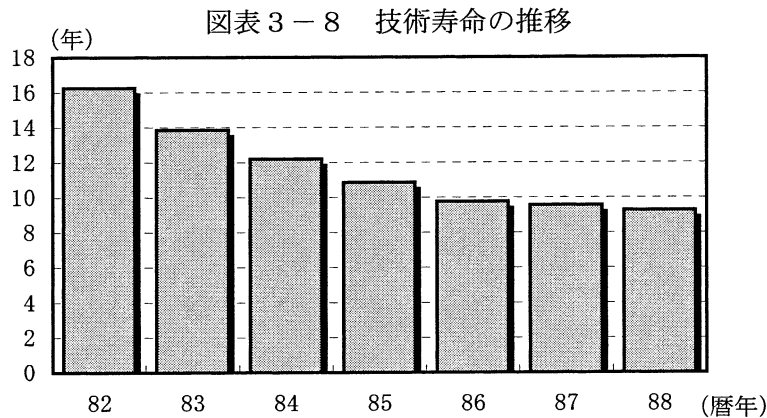
まず支出全体に占めるウェイトが最も大きい¹⁴人件費のピリオドグラムをみると（付図 3-4、3-5）、周期 15 年の値が最も強くその他の周期の影響はほとんどみられない。周期 15 年はここではトレンドに相当し循環周期とは考えられないため、人件費に関しては周期性はあまりみられないようである。また前半期と後半期にかけて周期性が変化しているようにもみえない。

原材料費（付図 3-6、3-7）についても周期 15 年が強く検出されているが、前半期と後半期を比べると周期性にやや変化がみられる。すなわち、前半期には 7.5 年の周期がみられているが後半期には 5 年周期が強くなっており、周期が短期化している可能性が示されている。

こうした傾向は有形固定資産購入費（付図 3-8、3-9）、その他の経費（付図 3-10、3-11）においても同様にみられる。特に有形固定資産購入費については、後半期に周期 5 年の影響が非常に強く出ており、全体の周期に大きな影響を与えていると考えられる。

以上より、技術知識循環の短期化は人件費を除く支出項目の循環の短期化が関係していると考えられる。

これらの支出項目の短期化にはいくつかの要因が作用していると思われるが、ここでは技術寿命の短期化との関係を挙げておきたい。蜂谷（2005）では第 1 章で述べたように技術の陳腐化率の上昇を検証しているが、同時にそれと表裏の関係にある技術の寿命¹⁵が短期化している点を指摘している（図表 3-8）。



(備考) 1. 特許庁「特許行政年次報告書」、「特許庁年報」により作成。
2. 定率法に基づき算出。詳細は蜂谷（2005）参照。

¹³ その他の経費にはリース料（平成 14 年調査より対象追加）を含めている。

¹⁴ 各支出項目の全体に占める割合は付図 3-12 の通りである。時系列の推移をみると、人件費、有形固定資産購入費のウェイトが徐々に低下しており、その他の経費のウェイトが高まっている。

¹⁵ これは固定資産でいう平均耐用年数に相当する概念である。

技術寿命が短期化すれば技術の「更新投資」の周期が短くなることになるから、循環周期の短期化の要因となる。上述の支出項目別の周期性の検討の結果、技術寿命の短期化にはあまり影響を受けないと考えられる人件費では周期性の変化は観察されず、技術寿命の短期化により設備や材料の更新サイクルが早まる有形固定資産購入費や原材料費で周期性の変化が観察されたことはこの仮説を示唆するものといえる。

また上述のように設備投資全体では循環周期の変化が観察されないにも関わらず、研究開発支出中の有形固定資産購入費については循環周期の変化がみられるということは、研究開発に関係する設備に特有な要因により周期性が変化したことを意味している。技術寿命の短期化が研究開発関連設備の更新サイクルを早めているとすれば、この点について整合的に説明が可能である。

以上は厳密な立証ではなくあくまで推論にすぎないが、技術寿命の短期化が技術知識系列の循環周期を短期化させている可能性が存在するといえる。

6. 業種別技術知識フローのスペクトル分析

最後に主要4業種の技術知識循環の周期性分析の結果を簡単に紹介する。それぞれの結果はやや煩瑣になるため末尾付図・付表にまとめられている。またこれまでと同様に1年（4四半期）未満の周期及び最も長い30年周期は検討の対象とはしない。

まず化学のピリオドグラムをみると（付図3-13）、2～7年の周期がほぼ一様に強く現れており、突出して強い周期は観察されない。

一般機械については（付図3-14）、周期6年と1年強が強く現れている。

電気機械は15年と6年前後の周期が強く（付図3-15）、これは全産業で検出された周期性と同じである。電気機械は主要4業種の中でも特に全体に対する影響力が大きいことから（第1章図表1-7参照）、全産業の周期性は電気機械の周期性に大きな影響を受けている可能性が示唆される。

輸送用機械のピリオドグラムは一般機械と似たような形状を示しており（付図3-16）、3年前後と1年強の周期が強く現れている。

次に前節と同様に期間を二等分して周期性の変化を検討する。

化学に関しては（付図3-17、3-18）、前半期は7年前後、2年前後の周期が強くみられているが、後半期になると5年と3年の周期が強く、周期性はやや短期化している可能性がある。なお縦軸の値をみると後半期の方が格段に高く、フローの変動が大きくなっていることを示している。

一般機械については（付図3-19、3-20）、前半期では5年と1年強、後半期では7.5年と2年前後の周期が強い。ここから、一般機械については周期性はやや長期化している可能性が示唆される。一般機械については、近年になっても技術知識ストックの伸びの鈍化がみられない（付図1-2）、ストック循環図でも他の3業種に比べ左方シフトが小さい（付図2

ー 2)、などの特徴がみられたが、ここでも他の 3 業種とは相違する結果が得られた。一般機械については業種固有の要因が近年の研究開発行動に作用している可能性がある。

電気機械は（付図 3-21、3-22）、前半期は 7.5 年と 2 年前後、後半期は 7.5 年と 5 年の周期が強い。この点からは電気機械の周期性はやや長期化している可能性もあるが、付図 2-3 の循環図をみる限りは顕著な変化はみられない。後半期のピリオドグラムでは、1 年未満の周期について短くなるほど影響力が強くなるようなパターンが検出されており、四半期分割の影響が出ている可能性がある。

最後に輸送用機械は（付図 3-23、3-24）、前半期は 7.5 年の周期が強く、後半期は 3～4 年、1 年強の周期が強く検出され、周期性が短期化している可能性がある。

以上のように業種別にみると周期性が長期化しているものもあれば短期化しているものもある、という結果となる。業種ごとの分析はここではこれ以上行わないが、各業種固有の特性がこうした結果に少なからぬ影響を与えていることは十分に考えられる。

7. 小括

本章では第 2 章で確認された技術知識の循環構造について、その周期性と変化の有無についての検討を行った。得られた主な結論は以下の通りである。

- ・70 年以降の技術知識系列に対してスペクトル分析を行うと、15 年と 6 年前後の周期が強く検出された。すなわち、技術知識系列には 15 年と 6 年前後の周期が存在していることが示唆される。
- ・同期間の設備投資系列に対して同様の分析を行うと、長い周期では 10 年や 6 年の周期が強く観察される。従って技術知識系列と設備投資系列とはほぼ似通った周期性を持っていると判断される。
- ・期間を二等分に分けてスペクトル分析を行うと、前半期（70 年代～80 年代半ば）では 15 年、7.5 年、3 年前後の周期が強い。一方で後半期（80 年代後半～02 年）では 5 年、2 年前後、1 年前後の周期が強くみられ、循環周期が短期化していることが示唆される。これはストック循環図（第 2 章図表 2-3、2-5）から視覚的に観察される結果と整合的である。
- ・循環周期の短期化は設備投資では確認されず、技術知識特有の現象と考えられる。これには技術寿命の短期化により技術の更新サイクルが短くなっていることが影響していると推察される。

以上のように、本章では技術知識系列の循環構造の把握に関する一つの試みとしてスペクトル分析を用いた循環周期の検討を行った。しかしこれはあくまで一試論に過ぎず、はっきりとした結論を得るためにはより多面的な検討を必要とすると思われる。技術知識フロー及びストックはそれ自体が分析の対象となることが少ないが、技術知識系列それ自体の特性を把握しておくことも一つの重要な視点であると思われる。

第4章 研究開発の収益性の検討

1. 研究開発（技術開発）の収益性の概念

前章までは技術知識フロー、ストック系列を作成し、循環構造についての検討を行った。本章ではこの技術知識系列を用いて技術知識ストックの収益率の推計を試みる。

近年になって研究開発ないし技術開発の収益性が低下しているという指摘が散見されている。例えば文部科学省編（2003、第1-1-6図）では研究開発効率を

（当該年から数えた過去5年間の1社あたりの営業利益）÷（当該年の5年前から数えた過去5年間の1社当たりの社内使用研究費）

として定義し、80年代半ば以降研究開発効率は低下傾向にあるとしている。また収益率ではなく生産性（技術知識ストックの生産（付加価値）弾力性として定義）を検討した例では、内閣府（2002）において90年代に生産性が低下したという結果が出ているほか、高橋（2004）では90年代における生産性の推計値は有意にならない点を報告している¹。

上記の文部科学省編（2003）の定義に基づいた効率性、収益性の低下はいくつかの文献でも引用されているが、この定義では利益に影響を与える他の要因がコントロールされていないため、研究開発活動以外の要因による利益の低下も研究開発効率の低下として捉えてしまう可能性がある。またこの指標は平均的な効率性（収益性）を表しているが、経済学的により重要なのは、追加的な研究開発活動1単位に対する収益の増分を表す限界的な収益性である。

こうした点を踏まえ、本章では技術知識ストックの収益率を技術知識ストックの限界生産力として定義し²、これを「技術知識収益率」と呼ぶことにする。そして収益率の時系列的な推移を推計し、収益率の低下がみられるか否かについての検証を行う。

ただし収益率の低下がみられたとしても、それが即収益環境の悪化に結びつくわけではない。なぜなら同時にコストも低下しているのであれば、両者の差である利ざやは縮小しているとは限らないためである。そこでここでは収益率の推定の後、技術知識ストックの限界コストを算出し、両者との比較を試みた上で本当に収益環境が悪化しているといえるか否かを考察することにする。

2. 推計式の概要

技術知識収益率の推計に当たっては、まず以下に示されるコブ・ダグラス型の生産関数を想定する。

$$Y_t = Ae^{\lambda t} K_t^\alpha RS_t^\beta L_t^\gamma \quad \dots\dots (4.1)$$

Y：生産量

A：技術水準

λ：技術進歩率

¹ ちなみにより過去の年代についてみると、Suzuki（1985）では海外からの技術輸入に対する依存度が低下した70年代後半以降、収益率が低下している点を指摘している。

² この定義の方法は一般的に良く用いられている。

K : 資本ストック RS : 技術知識ストック L : 労働投入量

α, β, γ : それぞれ資本ストック、技術知識ストック、労働投入量の生産弾力性

t は時間を表す。前節で紹介した内閣府 (2002)、高橋 (2004) 等では技術知識ストックの生産性の検討をしているが、具体的には (4.1) 式の β 、つまり生産弾力性に相当するパラメーターを推計していることになる。

ここで本章で推計する収益率 (ここでは ρ で表す) と生産性 (生産弾力性、 β) との関係は、(4.1) 式を RS について偏微分することで容易に分かる。

$$\rho \left(= \frac{\partial Y}{\partial RS} \right) = \beta \frac{Y}{RS} \quad \dots\dots (4.2)$$

左辺が技術知識ストックの限界生産力である。つまり限界生産力は生産弾力性 (β) に技術知識生産性 $\frac{Y}{RS}$ を乗じたものと等しくなる。

さて (4.1) 式は以下のように展開することができる。

$$\ln \left(\frac{Y}{L} \right)_t = \ln A_t + \lambda t + \alpha \ln \left(\frac{K}{L} \right)_t + \beta \ln RS_t + \mu \ln L_t \quad \dots\dots (4.3)$$

μ はスケール変数であり、 $\mu = \alpha + \gamma - 1$ である。すなわち、 μ がプラスであれば K 、 L について規模に関する収穫逓増の生産関数となり、ゼロに等しければ収穫一定、マイナスであれば収穫逓減を表す³。

(4.3) 式の両辺について 1 階の階差をとり、誤差項 ε_t を追加すると、

$$\Delta \ln \left(\frac{Y}{L} \right)_t = \lambda + \alpha \Delta \ln \left(\frac{K}{L} \right)_t + \beta \Delta \ln RS_t + \mu \Delta \ln L_t + \varepsilon_t \quad \dots\dots (4.4)$$

となるが、ここで $\Delta \ln RS \cong \frac{\Delta RS}{RS}$ 及び (4.2) 式を用いると (4.4) 式は以下のように変形することができる。

$$\Delta \ln \left(\frac{Y}{L} \right)_t = \lambda + \alpha \Delta \ln \left(\frac{K}{L} \right)_t + \rho \left(\frac{\Delta RS}{Y} \right)_t + \mu \Delta \ln L_t + \varepsilon_t \quad \dots\dots (4.5)$$

(4.5) 式では明示的に収益率 ρ が現れている。

収益率 ρ を求める方法としては次の二通りがある。第一は、まず (4.4) 式により β を推定し、次に (4.2) 式の関係を用いて推計された β に技術知識生産性を乗じて ρ を求めるというものである。第二は (4.5) 式より直接 ρ を求める方法である。

収益率を推定する場合、本来であれば ρ を直接推定する第二の方法が望ましいと考えられるが、この第二の方法に基づく推計はあまり成功していないといわれている⁴。そこでここで

³ 類似の定式化は数多く存在するが、ここまでの定式化は Griliches and Mairesse (1990) と同一である。

⁴ Hall and Mairesse (1995)。

は第一の方法と第二の方法を両方実施することにする。

また第二の方法の場合、 ΔRS （これは技術知識純フローに相当する）を技術知識粗フローに置き換え、さらに技術知識粗フローを研究開発支出額と等しいとみなすことで、 ΔRS として研究開発支出額をそのまま使用することが多い。そうすることで技術知識フロー、ストックの計測という問題を回避できるのがこの方法のメリットである。

しかし ΔRS を研究開発支出額とみなすには、①陳腐化率がゼロであること、②研究開発支出が生産活動に貢献するまでの懐妊期間（タイムラグ）がないこと、の二点を仮定することが必要である。つまりこれは第1章第2節で取り上げた（4）の方法に相当するが、陳腐化率がゼロという仮定はかなり強いものである。ここでは既に第1章で技術知識フロー、ストック系列を作成しているため、 ΔRS には本来要求される技術知識ストックの差分（つまり技術知識純フロー）を使用する。

なお本章の分析ではスピルオーバーの効果を明示的に考慮していない。研究開発活動においては、ある経済主体が行う研究開発が他の経済主体に及ぼす影響（外部効果）が他の企業行動と比較しても大きいと考えられており、実際にこのスピルオーバー効果を明示的に考慮した推計もしばしば行われている。ここではこの点の考慮は捨象しているため、スピルオーバー効果も含めた研究とは結果が多少異なる可能性がある。

3. 推計の方法

ここでは具体的な推計方法について説明する。

前節で述べたように本章では第一の方法と第二の方法を両方実施して収益率の推定を行う。ここでは第一の方法をTYPE I 推計、第二の方法をTYPE II 推計と呼ぶことにする。

検証したい事柄は、時系列でみて収益率に低下傾向がみられるか否かである。TYPE I の場合推定されるパラメーターは β なので、推計期間にわたり β が一定であっても（4.2）式より

$\frac{Y}{RS}$ が各期変化すれば ρ も変化することになる。しかしTYPE II の場合には推計対象とする期

間中は ρ を一定と仮定するため、時系列変化を知るためには推計期間をずらしてその変化を追うことになる。

そこで本章ではTYPE I については製造業全体のデータを使用して推計期間全体で β を推計し、それに各期の $\frac{Y}{RS}$ を乗じることで ρ を求める。一方TYPE II については製造業13業種⁵を対象としたパネルデータを使用し、10年分のデータを確保しながら1年ずつ推計期間をずらして各年の ρ を算出することにする。ここから分かるようにTYPE I では製造業全体、

⁵ 食料品、繊維、パルプ・紙、化学、石油・石炭製品、窯業・土石製品、一次金属、金属製品、一般機械、電気機械、輸送用機械、精密機械、その他の製造業の13業種。なおデータにより業種分類に多少の異同が生じるが、使用データの中で最も業種数の少ないSNAベースの業種分類に突合している。詳細は補論4参照。

TYPE II では製造業内の業種ごとのデータを使用するため、得られる推計値については乖離が生じる。

推計対象期間は 71 年～02 年である。従って TYPE II については 71 年～80 年から始めて各年の ρ を求めることになる。

使用する推計式は、TYPE I では 1 階の階差をとった (4.4) 式を使用する。TYPE II の推計では (4.5) 式を使用するが、推計方法については各年の推計ごとにモデル選択に関する統計的検定を行い、それに基づいて決定している。具体的にはまず業種ごとの個別効果が存在するか否かの F 検定を行い、個別効果が存在しないと認められた場合には通常の最小二乗法 (plain OLS)⁶ を使用し、個別効果が存在する場合にはさらに Hausman 検定によって固定効果モデル (fixed effect model) と変量効果モデル (random effect model) のいずれかを選択することにする⁷。

また TYPE II では業種間において誤差項の分散が異なることを考慮して一般化最小二乗法を使用した。

このほか、使用データの詳細やその他の推計上の取り扱い等については補論 4 にまとめている。

4. 収益率の推計結果

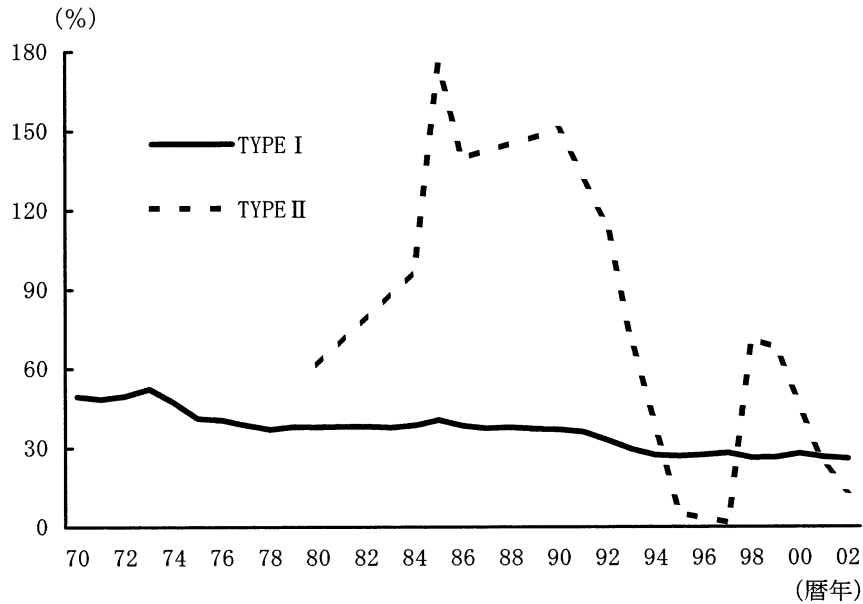
TYPE I、TYPE II それぞれの推計結果は補論 4 にまとめている (補論図表 4-2、4-3)。TYPE II による推計はこれまでの研究でもあまりうまくいっていないという点は先述の通りであるが、今回の結果をみても、やはり全体的に推計結果はあまり芳しいものではない。推計方法には改善の余地が大きく残されているといえるが、ここではこのまま検討を進めていくことにする。

推計結果から得られる収益率を時系列推移として表したものが図表 4-1 である。TYPE II については推計された収益率がマイナスとなっている年も散見されるが、図表 4-1 ではこうした符号条件を満たしていない年の推計値は除外している。また非有意となった推計値についてもそのまま掲載している。また前述の通り TYPE II では毎年 10 年分のデータを使用して推計を行っているため、推計値は 80 年以降しか得られていない。

⁶ すぐ後で述べるように今回の推計では一般化最小二乗法を使用しているためこの用語法は正しくないが、fixed effect model、random effect model と区別する用語として一般に定着していることから、plain OLS という表記のままとした。

⁷ いずれの検定においても 5% 水準を有意性の判別水準とする。

図表 4-1 収益率の推移



- (備考) 1. データ出所等は補論 4 参照。
 2. TYPE II については、推定値がマイナスとなった年は除外している。また有意でない年の推定値も含めている。
 3. TYPE II の場合、例えば80年は71～80年のデータを用いた推計結果を表す。
 4. TYPE I とTYPE II では使用データが異なるため、収益率は一致しない。

まず TYPE I から得られる収益率についてみると、TYPE II に比べると変動は少なく緩やかな低下傾向にある。(4.2) 式に従い TYPE I では推計された β に各年の技術知識生産性 $\frac{Y}{RS}$ を乗じることによって収益率を算出するが、 β は一定であるから収益率の変動はこの $\frac{Y}{RS}$ によって規定されることになる。第 1 章でみたように技術知識生産性は技術知識ストックの蓄積の進展を反映して低下傾向にあることから (図表 1-9 参照)、ここでの収益率も低下傾向を辿っている。

一方、TYPE II から得られる収益率はかなり変動が大きい。特に 80 年代後半は収益率が 100% を大きく上回っており、これまでの先行研究の結果と比較してもかなり高い値となっている⁸。なお TYPE I で算出された収益率との差も大きい。これには使用データが異なることに起因する部分もあると考えられる。

TYPE II で得られた収益率が高い理由については、今回の推計では ΔRS として粗フローではなく純フローを使用していることや、研究開発活動の外部効果を明示的に考慮していないため、この収益率の中に私的収益率に加えてスピルオーバーによる社会的収益率も含

⁸ 竹中 (1984) では製造業を対象とした推計の結果、71～79 年で 81～89%、75～81 年では 145～146% という比較的高い収益率を報告している。

まれていることなどが可能性として考えられる。しかし前者については、例えば Hall and Mairesse (1995) では粗ベースと純ベースとの間で収益率の推計値の差は小さいという結果を報告しているほか、わが国製造業を対象とし個別企業データにより分析を行っている Kwon and Inui (2003) では純ベースの収益率の方が粗ベースのそれよりも低いという結果になっているなど、粗ベースと純ベースの関係は不透明なところが多い。

なお TYPE II の推計で全期間 (71~02 年) を対象とした推計では収益率は 56.1% となり (補論図表 4-3 参照)、これは 82~97 年の製造業を対象とした絹川 (1999) とほぼ同水準である⁹。つまり推計期間を全期間とした場合にはそれほど乖離した値にはならない。そもそもこれまでの技術知識収益率の計測結果をみると、対象期間や対象業種の相違等によりかなりばらつきが認められる。そのためここではこれ以上収益率の水準の問題に立ち入ることはせず、もっぱらその推移 (変化方向) について注目することにする。

そこで TYPE II の収益率の変化の方向についてみると、80 年代後半に上昇した後低下傾向にあるようである。TYPE II では値の振れが大きいことややや判別しにくい点もあるが、これは TYPE I の収益率の推移とも整合的であり、大まかな動きとしてみれば 90 年代に入り収益率は低下した可能性が高い。この結果は研究開発投資の内部収益率 (IRR)¹⁰ を計測した渡辺他 (1998)、渡辺編 (2001) の結果とも概ね同じである。

以上のように、本稿の推計結果からも技術知識の収益率は 90 年代以降低下傾向にあることが示唆されるといえる。

5. コスト面の考察の必要性

前節で得られた結果は近年指摘されている研究開発 (技術開発) の収益性の低下を支持するものであった。ここから、企業の研究開発活動を取り巻く収益環境が悪化しており、研究開発活動のインセンティブが損なわれていると指摘されることも多い。が、厳密には収益率の低下と同時に費用も下がっていれば、両者の差としての利ざやも縮小していない可能性がある。

理論的には、非常に単純な企業行動を想定すれば、利潤最大化の下で技術知識ストックの限界生産力 (ここでいう収益率 ρ) と (生産物価格で測った) 限界費用とは等しくなる。つ

⁹ 推計方法によってやや差があるが、概ね 50% 前後の収益率が得られているようである。

¹⁰ 内部収益率 (IRR) は以下の式を満たす r として算出される (Pakes and Schankerman (1984))。

$$e^{\theta r} = \int_0^{\infty} \rho e^{-(r+\delta)t} dt$$

ここで θ は研究開発支出から収益が得られるまでのラグ年数、 δ は陳腐化率である。

本稿ではラグ年数を勘案した技術知識フローからストックを計測し ρ を推計していることから、 θ については既に考慮されていると考え、 $\theta=0$ として式を整理すると、

$$r = \rho - \delta$$

と簡略化できる。つまり内部収益率は収益率 ρ から陳腐化率 δ を引いたものに等しくなる。

末尾付図 4-1 は上式に基づき内部収益率を算出したものであるが (ρ には TYPE I の結果を使用)、内部収益率に変換しても低下傾向にあるというトレンド自体は変わらない。

まり限界費用が低下していれば利潤最大化行動の結果として ρ の低下が観察されることになるが¹¹、これは収益環境の悪化を意味しているわけではない。つまり収益率の低下により企業の研究開発活動の収益環境が悪化しているかどうかを判断するためには、費用の動きも確認しなければならないといえる。

ところが費用面の検討まで行った研究例はそれほど多くない。そこで次に技術知識ストックの限界費用についての検討を行い、収益率との比較検討を行うこととする。

なお本章では技術知識ストックの限界費用を「技術知識コスト」と呼ぶことにし、 C_R と表記する。

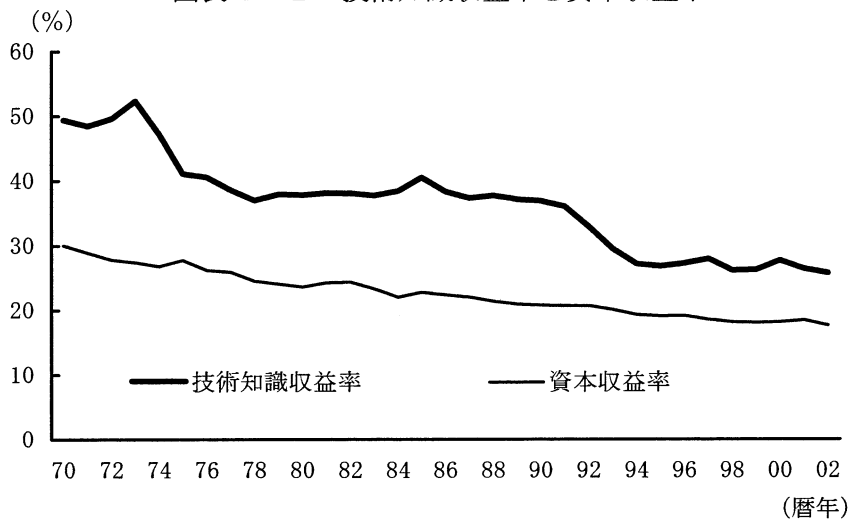
6. 資本ストックにおける収益と費用の比較

技術知識の限界費用について検討する前に、比較の対象として資本ストックの収益率¹²と限界費用（資本コスト）との関係をもてみることにする。

図表4-2はTYPE Iの推計結果から算出した資本の収益率の推移を表している。ここから分かるように、資本収益率も技術知識収益率と同様に低下傾向を辿っている。つまり収益率の低下は技術知識のみに限った話ではなく、資本も同様である。なお両者の収益率に格差が存在する理由は観念的にはリスクプレミアムの差によるものと捉えられる（Pakes and Schankerman（1984））。

資本収益率が低下しているということは、資本ストックについても収益環境が悪化している可能性があるということの意味する。そのことを検証するため、資本の限界費用である資本コストの推移を確認する。

図表4-2 技術知識収益率と資本収益率



(備考) 1. データ出所等は補論4参照。
2. TYPE Iの推計結果に基づき算出。製造業ベース。

¹¹ ρ の低下は技術知識ストックが増加することによって生じると考えられる。

¹² 資本ストックの場合も限界生産力を収益率として定義する。

図表 4-3 は製造業ベースの資本コスト C_K を示したものである。ここでは一般的に良く使用される Jorgenson 型の算出式

$$C_K = \frac{P_K(r + \delta - \hat{P}_K)(1 - \tau)}{P(1 - \tau)}$$

P : 生産物価格

P_K : 資本財価格

r : 割引率

δ : 償却率

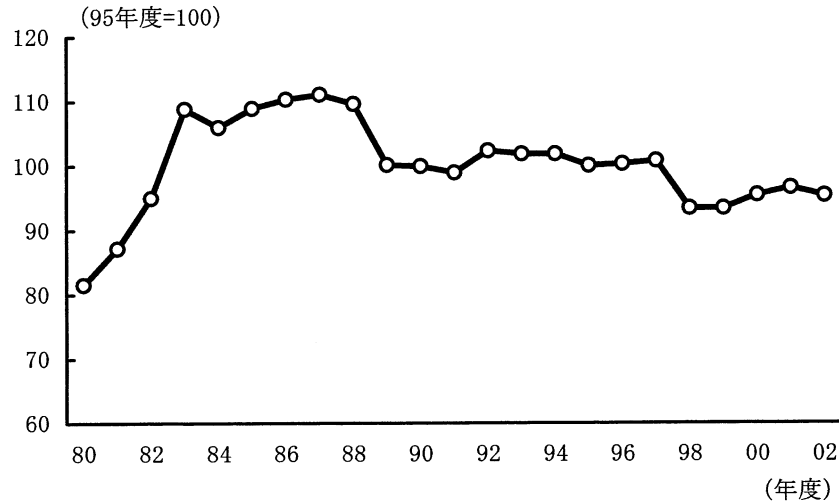
\hat{P}_K : 資本財価格上昇率

z : 償却累計額の現在価値

τ : 実効税率

により算出した。算出式及び使用データの詳細等については補論 5 にまとめている。

図表 4-3 資本コストの推移



(備考) 1. データ出所等は補論 5 参照。
2. 製造業ベース。

これをみると、資本コストはインフレ率の変動の関係で 80 年代前半に急激な上昇がみられるものの、それを除くと低下傾向にある。つまり資本の限界費用は収益率と同じように低下しているということが分かる。資本収益率と資本コストはそれぞれ別々の体系及びデータによって計測しているため、両者の水準同士を比較することはやや困難であるが¹³、両者ともに低下傾向を示しているという事実から、資本収益率の低下はある程度までは企業の利潤最大化行動の帰結であると考えられる。つまり必ずしも資本収益率の悪化が資本ストックの収益環境の悪化を意味しているわけではないということがいえる。

7. 技術知識コストの計測

以上の考察から、資本ストックについては収益率は悪化しているとはいえ、それが直ちに収益環境の悪化を意味しているわけではないことが指摘できる。では次に技術知識ストック

¹³ また日本銀行調査統計局 (2003) では、資本コスト算出時に使用されるデフレータの基準年次の取り方によって、資本コストの絶対水準が変わってしまう点を強調している。

について同じようなことがいえるかどうか検証してみよう。

例えば経済企画庁（2000）では、特許出願 1 件当たりの技術知識フローが増加傾向にあることを指摘し、ここから「近年、技術の複雑化とそれに伴う技術開発の不確実化により、発明を生み出すコストが上昇している可能性が高い」としている。これは特許技術に限った話であるが、もしここで算出する技術知識コストにおいても上昇傾向が確認されれば、技術知識においては収益率の低下とコストの上昇が生じているということになる。これは収益環境の悪化を意味するものといえよう。

技術知識コストについては、必ずしも確立した算出方法があるわけではない。そこでここでは次の二通りの方法により技術知識コストを計測する。

第一の算出式は Mohnen, Nadiri and Prucha（1984）や Nadiri and Kim（1996）で使用されている R&D の user cost に税制要因と物価上昇要因を加えたものである。

$$C_R = \frac{P_R(r + \delta - \hat{P}_R)}{P(1 - \tau)} \quad \dots\dots (4.6)$$

P_R ：研究開発価格 δ ：償却率（陳腐化率） \hat{P}_R ：研究開発価格上昇率
使用データ等は補論 5 にまとめている。以下、この算出式を「算出式（1）」と呼ぶことにする。

第二の算出式は柳沼他（1982）で使用されたものである。

$$C_R = \alpha \frac{W}{P} + \beta \frac{P_{RK}(r + \delta - \hat{P}_{RK})(1 - \tau)}{P(1 - \tau)} + \gamma \frac{P_M}{P} + (1 - \alpha - \beta - \gamma) \frac{P_O}{P} \quad \dots\dots (4.7)$$

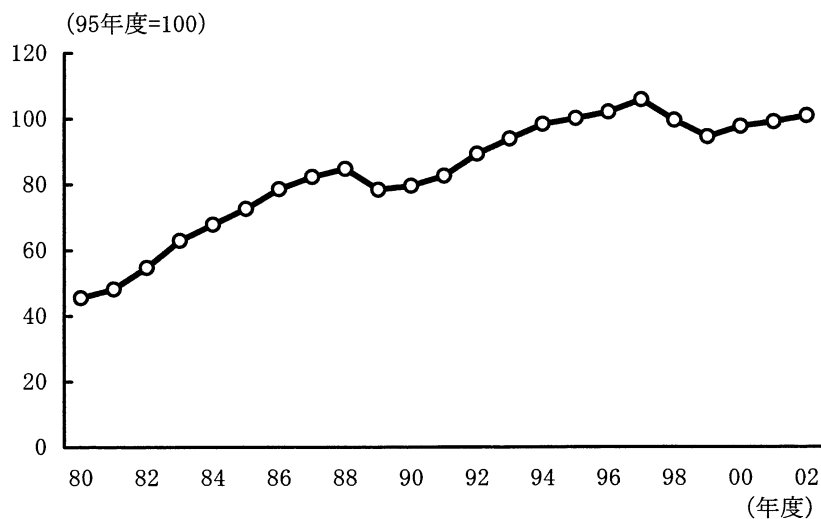
α 、 β 、 γ ：研究開発支出中、それぞれ人件費、有形固定資産購入費、原材料費のウェイト
 W ：名目賃金コスト P_{RK} ：研究開発設備財価格 \hat{P}_{RK} ：研究開発設備財価格上昇率
 P_M ：原材料価格 P_O ：その他の経費の価格

これは「科学技術研究調査」より分かる研究開発支出の内訳ごとにコストを出すというものであり、有形固定資産購入に関しては設備投資に相当するものとして図表 4-3 と同様の Jorgenson 型の資本コスト算出式を使用している。これについても使用データ等は補論 5 にまとめられている。以下、この算出式を「算出式（2）」と呼ぶことにする。

8. 技術知識コストの推移と収益率との比較

まず算出式（1）に基づき技術知識コストを算出したものが図表 4-4 である。ここから技術知識コストは 80 年代以降一貫して上昇傾向にあることが分かる。これは資本コストの動き（図表 4-3）とは対照的であり、技術知識ストックの場合には、収益率低下の一方でコストの上昇が生じていることになる。

図表 4-4 技術知識コストの推移(算出式(1))



(備考) 1. データ出所等は補論 5 参照。
2. 算出式(1)による計測値。

図表 4-3 の資本コストと図表 4-4 の技術知識コストとは算出式がほぼ同じであるから、その相違は使用データの動きの違いに求めることができる。そこで次にそれぞれのコストの変化率を次式に基づいて要因分解することにより、その対照的な動きの違いが何によって生じているかを検証する。

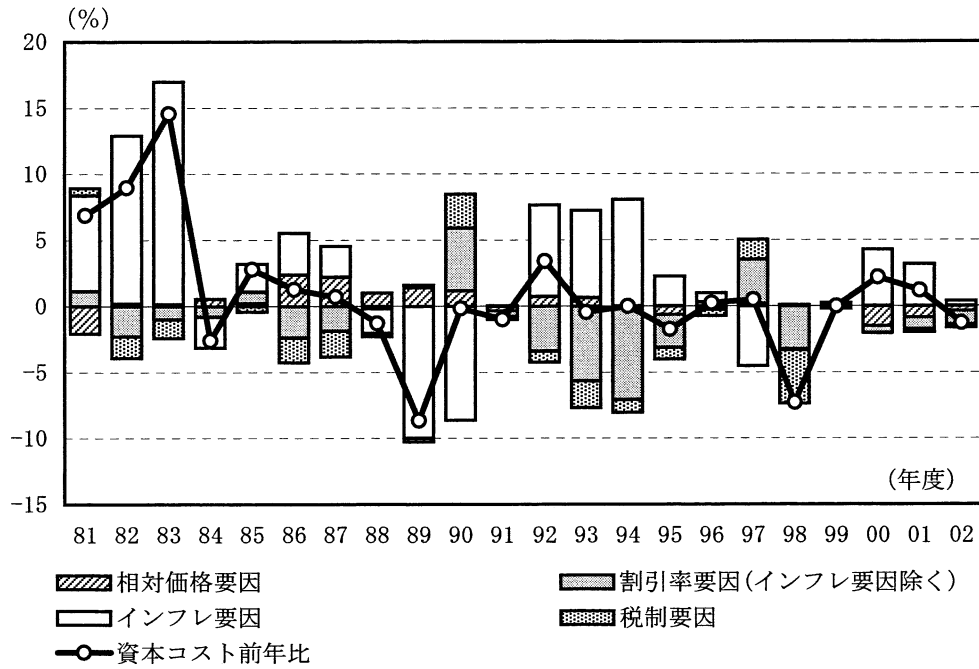
$$\frac{\Delta C_{R(K)}}{C_{R(K)}} = \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta T}{T}$$

$$\text{ただし、 } P = \frac{P_{R(K)}}{P} \quad D = r + \delta - \hat{P}_{R(K)} \quad T = \frac{(1-z)}{(1-\tau)} \text{ or } \frac{1}{(1-\tau)}$$

右辺第 1 項が相対価格変化による影響、第 2 項が資金調達コストと減価償却率(陳腐化率)、インフレによる影響、第 3 項が法人税等の税制の変化による影響を表し、それぞれ順に「相対価格要因」、「割引率要因」、「税制要因」と呼ぶことにする。

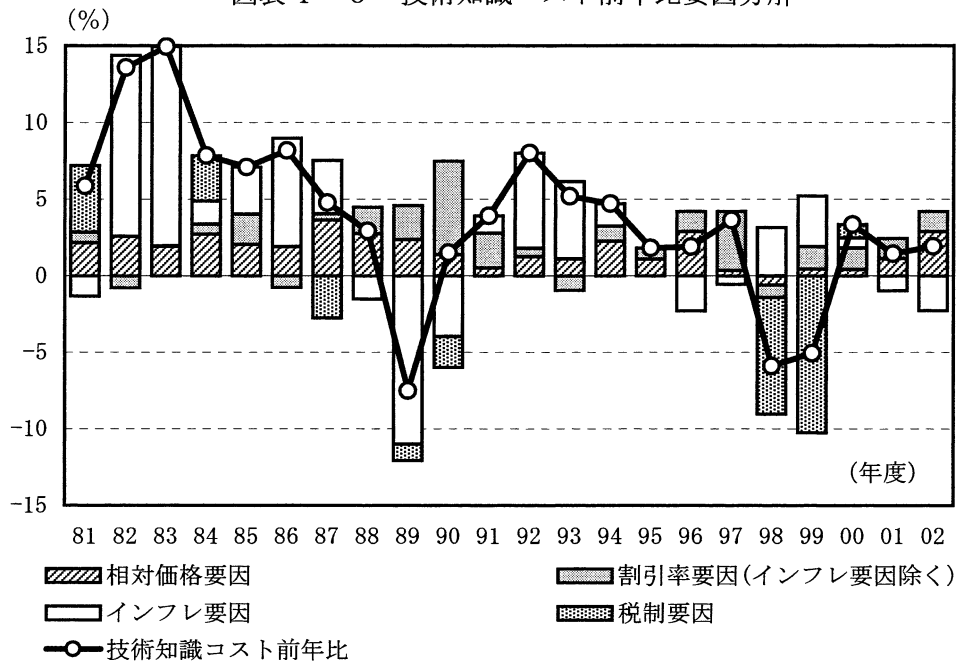
図表 4-5 が資本コストの要因分解を、図表 4-6 が技術知識コストの要因分解を行ったものである。なお割引率要因に含まれるインフレ要因 ($\hat{P}_{R(K)}$) については、影響が大きいため独立して表記している。

図表4-5 資本コスト前年比要因分解



(備考) 1. データ出所等は補論5参照。
2. 製造業ベース。

図表4-6 技術知識コスト前年比要因分解



(備考) 1. データ出所等は補論5参照。
2. 算出式(1)による計測値。

まず図表4-5より資本コストの変化要因について確認すると、80年代はインフレ要因により変動している面が強い。インフレ率の上昇は実質金利の低下を通じて資本コストを押し下げる方向に、逆にインフレ率の低下は実質金利を上昇させ資本コストを押し上げる方向に働くが、80年代半ばまでは70年代までの高インフレ期から次第に低インフレへと移行した時期であり、これが資本コストの上昇要因として作用している。しかし80年代後半からはいわゆるバブル経済への突入によりインフレ率が上昇したことから資本コストを押し下げている。

90年代に入ると再びインフレ要因は資本コストを押し上げる方向に作用しているが、割引率要因が資本コストを押し下げる要因として大きく現れ、結果として資本コストは弱含みで推移している。これはバブル崩壊後の低金利政策による名目資金調達コスト(r)の低下によるところが大きい¹⁴。

一方、技術知識コストの変化要因についてみると(図表4-6)、インフレ要因の推移は資本コストとほぼ同じであり、80年代における資本コストの変動の大きな要因となっている。しかし技術知識コストではインフレ要因以外にも相対価格要因のほか割引率要因の押し上げ寄与も大きい。資本コストと異なり金利低下の続いた90年代以降も割引率要因が押し上げ要因となっているのは、陳腐化率 δ が継続的に上昇し、金利低下効果を相殺しているためである。なお98、99年度に税制要因が大きく下押し要因として働いているのは、その時期に法人税率等の引き下げが実施されたためである¹⁵。

以上のことから、技術知識コストの上昇には相対価格要因と陳腐化率の上昇トレンドによる割引率要因の押し上げ効果が強く、これが資本コストと対照的な結果を生んでいると結論づけられる。

次に算出式(2)による技術知識コストの推移をみてみよう。算出結果は図表4-7に表されているが、算出式(2)でも技術知識コストの上昇トレンドが観察されることが分かる。

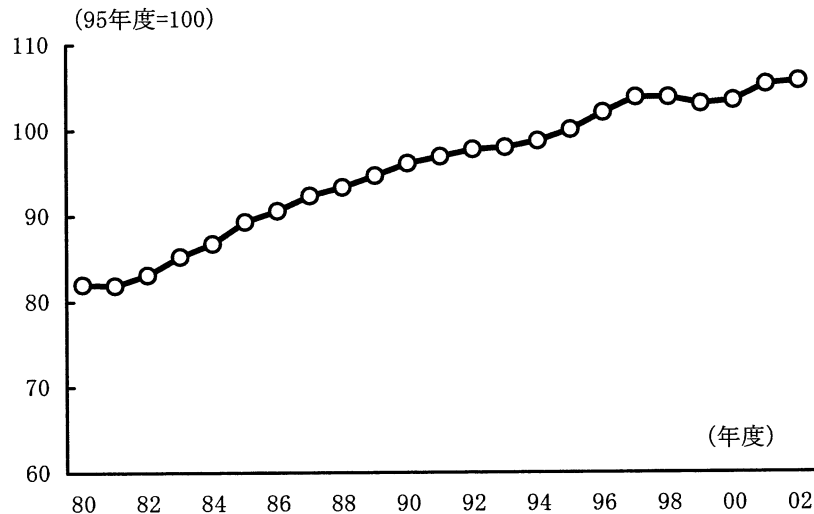
¹⁴ 清水谷・寺井(2003)においても、90年代の製造業平均の資本コストは主に金利低下や税制要因(法人税率等の引き下げ)により低下したと指摘されている。

¹⁵ 引き下げ内容は以下の通り。

98年度：法人税率 37.5%→34.5% 事業税率 12.0%→11.0%

99年度：法人税率 34.5%→30.0% 事業税率 11.0%→9.6%

図表 4-7 技術知識コストの推移(算出式(2))



(備考) 1. データ出所等は補論 5 参照。
2. 算出式(2)による計測値。

(4.7) 式から分かるように、算出式 (2) では技術知識コストの上昇がどの費目によって生じているかを確認することができる。そこで (4.7) 式の右辺第 1 項を「実質賃金コスト」、第 2 項を「実質設備コスト」、第 3 項を「実質原材料コスト」とし、それぞれの推移を末尾付図 4-2~4-4 に掲載した¹⁶。

各費目の中では人件費の占める割合が最も大きいことから (付図 3-12 参照)、それぞれを統合して作られる技術知識コストも実質賃金コストの影響を最も大きく受けると考えられるが、その実質賃金コストは一貫して上昇傾向にある (付図 4-2)¹⁷。

これに対し、実質設備コストは図表 4-3 の資本コストと同概念であることから予想されるように、低下傾向にある (付図 4-3)。また実質原材料コストについても緩やかに低下していることが分かる (付図 4-4)。

以上より技術知識コストの上昇は、設備と原材料の価格低下を上回る賃金コストの上昇によって引き起こされているということが出来る。

以上、算出式 (1)、算出式 (2) のいずれの方法によっても技術知識コストは上昇傾向にあるということが分かった。ここから、技術知識ストックに関しては 90 年代以降コストが上昇するなかで収益率が低下するという現象が生じていることが分かる。これはコストと収益率がともに低下している資本ストックとは対照的であり、ここからやはり研究開発活動の収益環境は悪化しているということがいえそうである。

¹⁶ 右辺第四項の $\frac{P_o}{P}$ はここでの計測では一定となるため (詳細は補論 5 参照)、掲載は省略する。

¹⁷ 実質賃金コスト (労働コスト) の上昇とその要因については蜂谷 (2004) 参照。

ただし理論的には限界生産力（ここでの収益率）と生産物価格で測った限界費用とは一致するはずであり、厳密な水準の比較は困難であっても、少なくとも資本ストックのように両者が同一の方向を向いて推移しているのが普通である。ところが技術知識ストックの場合 90 年代以降両者の動きが全く逆の方向を向いており、理論的想定とは異なる現象が観察されている。特に算出式 (1) の Jorgenson 型のコスト計算式は、そもそも企業価値最大化の結果、技術知識（資本）ストック 1 単位の増加による限界的な利益と限界的な費用とが一致することから導かれるものであるから（補論 5 参照）、その前提が崩れていることになる。

ここではその理由として以下の四点を挙げる。

第一は調整費用の存在である。Mohnen, Nadiri and Prucha (1984) では、少なくとも短期的には収益率は望ましい技術知識ストック水準への調整に要するコストの分だけ限界費用を上回るとしている。もし調整コストが 90 年代以降小さくなっているのであれば、収益率と費用の格差は縮小することになるから、それが収益率の低下として観察されている可能性がある。近年の研究開発マネジメントの重要性の高まりを受け研究開発活動の機動性が高まっているのだとすれば、それが調整コストの低下をもたらしていることが考えられよう。

第二はリスクプレミアムの存在である。本章で使用した技術知識コストの算出式では補足できていないリスクプレミアムが存在し、それが縮小傾向にあるとすれば両者の動きはリスクプレミアムの縮小過程として捉えることができる。

第三として、前述のように本章の推計ではスピルオーバーの効果を考慮していない。そのためここでの収益率には私的収益率だけでなく社会的収益率も含まれていると考えられる。そのため限界費用とはその分だけ乖離した動きを示すことになる。

第四はそれ以外の計測誤差である。これには、特に技術知識コストについて、概念上は限界概念でありながら実際の計測では過去の平均値のデータを使用していることから平均コストに近くなっているという問題も含まれる。

両者の相反する動きについては超過収益の存在の可能性も含めてより深く検討する必要があるが、理論上の問題を別とすれば収益率の低下とコストの上昇は利ぎやの縮小を意味するものであるから、本章での分析は収益環境が 90 年代以降悪化した可能性を示唆する結果となったといえる。

9. 小括

本章ではマクロの生産関数から技術知識ストックの収益率を推計し、また技術知識コストもあわせて計測することで、企業の研究活動の収益環境が悪化しているか否かについての検討を行った。本章で得られた主な結論をまとめると以下の通りである。

- ・技術知識ストックの収益率の推計について二通りの方法で計測を行ったところ、いずれの方法によっても 90 年代以降は収益率が低下している可能性があることが示唆された。これは研究開発の収益性が近年低下しているという指摘を支持する結果である。
- ・しかし収益率が低下していたとしても、コストも同時に低下していれば必ずしも収益環境

が悪化しているとはいえない。例えば資本ストックについてみると、収益率は低下傾向にあるものの、資本コストも低下しているため、必ずしも資本ストックの収益環境が悪化していると即断することはできない。

- 技術知識コストの計測を行うと、資本コストとは対照的に 90 年代以降も上昇傾向にあり、技術知識ストックについては 90 年代以降収益率の低下と費用の上昇とが生じていたことが示唆された。従って研究開発活動の収益環境はやはり 90 年代以降悪化している可能性がある。

本章で残された課題は主に次の二点である。第一に、これまで何度か指摘してきたように収益率の推計結果が芳しいものではない。特に TYPE II に基づくものは推定値のブレも大きく、信頼性に疑問が残る。この点は Hall and Mairesse (1995) で指摘されているようにこれまでの先行研究も同じような結果に終わっているようであるが、今後さらに推計方法の改善とデータ構築の吟味を深める必要がある。また技術知識フロー、ストックの作成方法についても陳腐化率の想定を含めて改善の余地があると思われる。

第二に、先述のように 90 年代以降技術知識収益率の低下と技術知識コストの上昇が生じているという結果についてはさらに検討を進める必要がある。また資本や労働といった他の生産要素との関連も検討する必要があると考えられる。

以上のようにここでの結論はいくつかの留意点を有するものの、90 年代に入り研究開発活動の収益環境が低下しているという結果は他の調査結果とも整合的であり、これを基に近年の収益環境の変化についてさらに考察を進める必要があるといえよう。

むすび

本稿では技術知識フロー、ストックの計測から始まり、循環構造の検討のほか、技術知識ストックの収益率及びコストの推計を通じて研究開発の収益性の低下について検討を行った。主要な結論は以下の通りである。

- ・技術知識の過去からの蓄積を表す技術知識ストックを計測すると、わが国の技術知識ストックは02年度には70年度の5倍の水準に達している。その増加ペースは資本ストックと同様、生産量の増加を上回っており、わが国の経済構造が次第に資本集約的、技術集約的に変化してきたことを反映している。ただしその増加ペースは技術の陳腐化が早まっていることもあり、90年代半ば以降鈍化傾向にある。
- ・技術知識ストックの増加率をみると、生産量の変動に対応した循環的な振幅がみられる。そこで資本ストック循環図と同様の循環図を技術知識ストックに当てはめてみると、資本ストックと同様に循環構造が観察されることが分かる。またその循環円は近年左方へとシフトしており、経済成長率の鈍化に対応してストックの成長率が鈍化していることが観察される。
- ・この技術知識ストックの循環の周期性を調べると、15年と6年の周期が観察される。これは設備投資の持つ長期の循環周期とほぼ同程度の長さである。
- ・周期性に時系列的な変化がみられるかどうかを調べると、技術知識の循環周期は短期化している可能性が示唆された。循環周期の短期化は設備投資では確認されず、技術知識固有の現象であると考えられる。これには技術寿命の短期化により技術の「更新投資」のサイクルが短くなっていることが影響していると推察される。
- ・技術知識ストックの収益率（限界生産力として定義）を推定すると、推計結果の安定性にやや疑問が残るものの、90年代以降収益率は低下傾向にあることが示唆される。しかし収益率が低下していたとしても、コストも同時に低下していれば必ずしも収益環境が悪化しているとはいえない。そこで技術知識コストの計測を行ったが、技術知識コストは90年代以降も上昇傾向にあり、やはり研究開発活動の収益環境は90年代以降悪化した可能性が示唆される。

本稿における分析はいくつかの点で試論の域にとどまっているものがある。特に、技術知識ストックの循環構造の分析、技術知識収益率と技術知識コストの動きの相違、についてはより深い考察と分析が必要と思われる。これらの点については今後の課題としたい

上記の理由から、ここで得られた結論についてはある程度の留意が必要なものも存在する。しかしこれまでの他の調査結果等も踏まえれば、研究開発活動の収益環境が90年代以降悪化しているという結果については概ね首肯できるといえるだろう。