

IMES DISCUSSION PAPER SERIES

General Purpose Technology(GPT)の持つ
外部性がもたらすインプリケーションについて

井上哲也

Discussion Paper No.99-J-5

IMES

INSTITUTE FOR MONETARY AND ECONOMIC STUDIES

BANK OF JAPAN

日本銀行金融研究所

〒100-8630 東京中央郵便局私書箱 203 号

備考：日本銀行金融研究所ディスカッション・ペーパー・シリーズは、金融研究所スタッフおよび外部研究者による研究成果をとりまとめたもので、学界、研究機関等、関連する方々から幅広くコメントを頂戴することを意図している。ただし、論文の内容や意見は、執筆者個人に属し、日本銀行あるいは金融研究所の公式見解を示すものではない。

General Purpose Technology(GPT)の持つ 外部性がもたらすインプリケーションについて

井上哲也*

要 旨

過去 2 回の産業革命の際に生じた基幹技術 - General Purpose Technology(GPT) - の変化は、生産性や経済厚生の中で通常の技術革新と比べはるかに大きなインパクトをもたらした。そして、近年、情報技術革新の進展によって、コンピュータと通信ネットワークが結合したシステムは広範囲の企業や家計に導入されており、新たな GPT が出現したとみなしうる状況にあるが、過去の産業革命のようなインパクトを目に見えぬ形でもたらしていないという「情報化パラドックス」の状況にある。

そこで、本稿では、GPT がマクロ的インパクトをもたらすメカニズムを明らかにするとともに、「情報化パラドックス」に対する一つの説明仮説を提示する。すなわち、コンピュータと通信ネットワークの結合したシステムが、過去の GPT と同様な外部性 - 技術革新の補完性とネットワーク外部性 - を有していることを確認し、こうした外部性がマクロ的なインパクトをもたらす要因となっていることを整理する。他方、こうした外部性は、個別企業レベルでの新技術の導入を妨げたり、新たな GPT の普及を遅延させたりすることによって、「情報化パラドックス」の原因の一つとなっている可能性を整理する。また、こうした議論を通じ、GPT の普及過程においては、総生産が停滞したり、相対賃金格差が拡大するといった興味深いパフォーマンスが現れる可能性を確認する。

キーワード：情報化パラドックス、ネットワーク外部性、スイッチングコスト、
創造的破壊、技術の互換性、熟練労働力

JEL classification:D20 , J30 , L10 , O30

* 日本銀行金融研究所研究第 1 課(E-mail: tetsuya.inoue@boj.or.jp)

金融研究所では、知識や情報といった無形で知的な価値が経済活動全般における重要性を高めてきていること 米国連邦準備制度理事会の Greenspan 議長が「コンセプチュアライゼーション」と名づけている現象 の持つ多様なインプリケーションを検討するため、平成8年6月以降、研究会を開催して議論を行ってきた。本稿は、同研究会での報告ペーパーを出発点として、その後の議論を踏まえて加筆修正したものである。本稿の作成に際しては、慶応義塾大学黒田昌裕教授、学習院大学南部鶴彦教授のほか、上記の研究会メンバーの方々から有益なコメントを頂戴した。ただし、本稿で示されている意見およびあり得べき誤りは筆者に属する。

1 . はじめに

Schumpeter や Solow といった巨人の名を持ち出すまでもなく、経済史や経済成長論においては、技術革新が経済成長の原動力であるとの議論が早くから行われてきた。そして、いわゆる「新しい成長理論 (New Growth Theory) は、理論モデルによってこうした仮説を再現するとともに、実証的に示すことにも成果を挙げつつある。確かに、第 1 次産業革命以降の経済社会においては、絶え間ない技術革新が進展してきたが、産業横断的に使用される基幹技術 - 経済学において General Purpose Technology (GPT) と呼ばれる技術 - の変化は、過去 2 回の産業革命を契機とするものであったに過ぎないのも事実である。すなわち、第 1 次産業革命においては蒸気力が、第 2 次産業革命においては電力が新たな GPT として登場し、経済社会に広く普及したわけである。そして、これらの新たな GPT は、必ずしも産業のみならず家計を含めた経済社会の広い範囲に普及し、生産性や経済厚生 of 飛躍的な上昇や経済成長の加速といった効果を発揮した点で、通常の技術革新とは比べものにならない大きなインパクトをもたらした。

さて、現在の経済においては、情報処理や通信に関する目覚ましい技術革新が進行している。そして、我々は、その成果 - 特に、コンピュータと通信を結合したシステム - が、情報処理サービスや通信といった直接に関連する産業のみならず、ますます広範囲の企業や家計へ導入されつつあることを目の当たりにしている。この点からみれば、現代の経済社会は、新たな GPT が出現したとみなし得るような状況になっているわけであるが、少なくともこれまでのところは、過去の産業革命に匹敵するようなマクロ経済へのインパクトという結果が目に見える形で出現しているわけではない。このような問題意識は、いわゆる「情報化パラドックス」を巡る議論の中で取上げられ、既にいくつかの説明仮説が提示されている¹。そこで本稿では、新たな GPT がマクロ的なインパク

¹ Brynjofsson (1993) や Sichel (1997) は「情報化パラドックス」の説明仮説を、mismanagement (情報化投資は過剰になされている)、redistribution (情報化投資は一部の企業の利潤を高める一方、社会的コストを生じている)、learning (現在は新技術の習熟期間にある)、small share of computer stock (情報化関連資本のマクロ的シェアは小さい)、mismeasurement (経済統計が情報化の成果を把握しきれていない) の 5 つに分類した。

トを持つメカニズムや経路を明らかにするとともに、上記のような「情報化パラドックス」に対する一つの説明仮説を提示することとする。

本稿の構成は以下の通りである。すなわち、最初に、GPT の特徴を簡単に整理しつつ、電力を例にとって、過去の GPT の転換がマクロ経済への大きなインパクトをもたらした理由としての外部性の意味を整理する。続いて、情報処理と通信の結合したシステムが、こうした外部性を具備しているという意味で新たな GPT となりうる可能性を有することを示す。そして、本論として、外部性がマクロ的なインパクトをもたらすメカニズムを確認した後、こうした外部性が、新たな GPT の導入や波及にとって一時的には障害となりうるとの説明仮説を提示し、その内容を理論モデルによって示すこととする。なお、用いるモデルは相互に独立しており、かつ抽象的であるため、そのまま実証分析に使用し得るものではないが、議論から得られるインプリケーションは、新たな GPT の導入や波及の過程にある現在の経済をみるためにも有用な示唆を与えるものと考えられる。

2 . GPT の特徴

GPT の特徴 - 外部性

本節ではまず、GPT の転換が自動車やテレビの発明のような単発の技術革新とは異なる点について、より具体的に説明することとする。Helpman and Trajtenberg (1994) は、GPT の特徴として、応用可能性と応用技術革新を挙げている。すなわち、“General Purpose”という語の通り、過去の GPT はそれ自体が広い範囲の用途に使用される可能性を持っていたことに加え、コアとなる技術を応用する技術革新が行われることによって、コアとなる技術がますます多くの領域に導入される動きがみられたわけである。また、ここでの応用技術革新は物質的な技術に限定されるものではなく、産業機械を操るスキルや経営組織²などを含めて考えることができる。Bresnahan and Trajtenberg (1995)

² 情報処理技術の進展が経営組織のあり方に与える影響に関しても、最近多くの研究が行われている。例えば、Radner (1992) は、もともとフラットな組織が効率的であるにも拘らず、

が "Enabling Technologies" と称したように、GPT は、技術革新の終着点ではなく、むしろ将来に広がる新たなチャンスを提供したのである。そこで本稿では、これらの特徴を纏めて「技術革新の補完性」と称することとしよう。

こうした技術革新の補完性と関連するものとして、ネットワーク外部性というもう一つの特徴を指摘することができるであろう。ネットワーク外部性とは、需要者の利便（効用）が当該財の需要者の数に依存するという性質である。例えば、Katz and Shapiro（1985）はそのパターンとして、

電話のように、購入者数が増加すること自体によって効用が直接的に増加するケース、

家庭用 VTR のように、市場でドミナントな位置を確保している VHS を選択することによって、ユーザーはテープを安く購入しうるとか、多くのユーザーとテープを交換できるといったメリットを受けるというように、間接的な経路を通じて効用が増加するケース（「ソフトウェア・ハードウェア・パラダイム」の存在する財のケース）

車などの耐久消費財等において、購入者（市場に出回っている数）が多い財の場合、充実したアフターサービスを受けられるなどのメリットが生ずるケース、

の3つを示している。これを整理し直すと、購入者の増加がネットワークを構成することで購入者の効用を増加させる経路だけでなく、購入者の増加がネットワークを構成する財の供給を増加させ、費用逡減等を通じた価格下落をもたらすことで購入者の効用を増加させる経路が存在することがわかる。このように、先に見た技術革新の補完性とネットワーク外部性は、その作用のメカニズムにおいて相互に密接に関連しており、一体としての効果の発揮が外部性を通じてなされるという特徴を有していることが導かれる。

組織を構成する個人の情報処理速度の限界のためにヒエラルキーが採用されることを確認した上で、コンピュータの導入が情報処理速度を向上させる場合にはヒエラルキーの存在意義が薄れることを示し、最近の企業のリストラにおける組織のフラット化を理論的に支持した。他方、Sah and Stiglitz（1986）は、個人の情報処理の質的能力に注目し、意思決定には第1種（正しい案を棄却）と第2種（誤った案を採択）の2種類が存在することを示した上で、案件の母集団が良質であるときには、コンピュータの導入による「正しいものほど採択される確率を増加する」効果はヒエラルキーにより多く生ずることを示した。もっとも、これらの議論は意思決定組織のコストのみに注目している一方、実際には、（コストではなく）成果を計測することが難しいことが効率的な組織設計を妨げる原因になっていることに注意する必要がある。

そこで、電力を例にとって普及のプロセスを跡付けてみると、技術革新の補完性やネットワーク外部性の効果を確認する。David (1990) や Crafts (1996) をはじめとする多くの経済史家が明らかにしているように、米国で最初の大規模な発電所が建設された 19 世紀末から約 20 年の間は、工場の動力源や家庭での照明などへの電力の導入は非常に緩慢なスピードで進展した。しかし、電動機の発明を通じて「回転力」という応用可能性の高い力を提供し、旋盤、ベルトコンベアー、送風機、削岩機といった産業機械を生み出したり電動化したりすることを通じて、次第にその用途を拡大していった。化学工業などの新規産業での新たな使用やラジオなどのような家庭電化製品の登場、さらには、工場設備や建屋の電力使用に適した形態への変更といった応用技術革新も用途の拡大に貢献した。しかも、電力が次第に普及し始めると、発送電システムの改良や規模の経済性の発揮などを通じて電力価格が実質的に低下していった。このような技術革新の補完性とネットワーク外部性との総合効果によって、電力の普及率はその後加速的に上昇し、非常に広範囲な領域で生産活動の効率化に寄与したのである（表 1、表 2、図 1）。

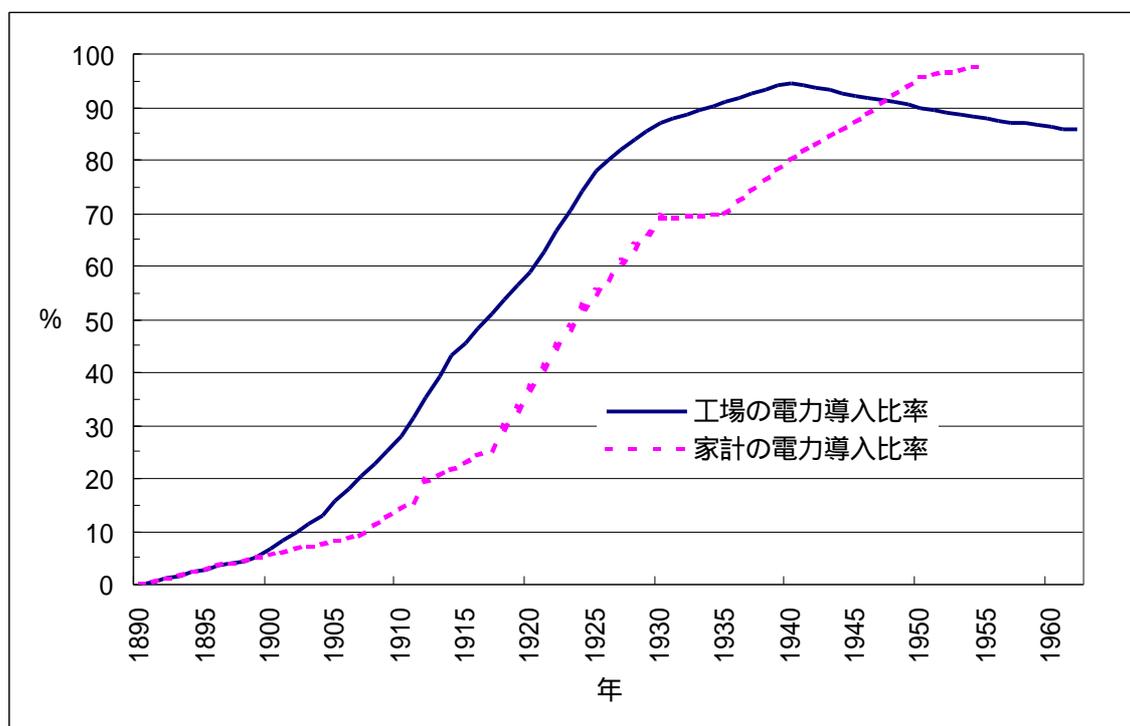
（表 1） 電力に関する技術革新の推移（Freeman and Soete (1997)より抜粋）

年代	発電関連	照明関係	通信関係	産業・交通関係
1840 年代	英、独、仏で商業用の発電開始		モール等による電信の商業化開始	電気分解による銀メッキ開始
1850 年代		英、仏でアーク灯が実用化	大西洋横断電信が開通（1858）	
1860 年代			ニューヨーク・サンフランシスコ間の電信開通（1861）	電気銅の生産開始（1869）
1870 年代		欧米先進国の公共施設、工場等でのアーク灯使用が一般化	英、米で電話交換開始	電気溶接実用化（1878） 電気鉄道実用化（1879）
1880 年代	高圧発電実用化（1888）	カーボン・フィラメントによる電球実用化（1881）		欧米先進国で市内電車が普及 アルミの電気精錬実用化（1887）
1890 年代	米国で高圧送電が実用化（1893）	欧米先進国で電球が急速に普及	欧米先進国で電話が急速に普及	工具用の合金鋼生産開始（1895）
1900 年代		タングステン・フィラメントによる電球実用化（1906）	大西洋横断無線通信成功（1901）	

(表2) 電力価格の推移 (Sichel (1996)より抜粋)

	対象期間	名目価格 (年率)	GNP deflator (年率)	実質価格 (年率)
電力	1899 - 1948年	- 4.5%	2.5%	- 7.0%
(参考) コンピュータ・サービス	1987 - 1993年	- 4.4%	3.5%	- 7.9%
(参考) 鉄道運賃	1850 - 1890年	- 2.7%	0.0%	- 2.7%

(図1) 米国の動力源のシェア推移 (Freeman and Soete (1997)より作成)



現代の GPT

さて、現在進行している技術革新の中で、新たな GPT となりうる可能性を有するものとして何を想定することができるであろうか。この点に関して、「生産性パラドックス」に関する議論の中で提示された分析は、Bailey and Gordon (1988)や Oliner and Sichel (1994)に代表されるように、GPT の変遷を蒸気力 電力 コンピュータと位置づけている。確かに、コンピュータは各種の数値計算や制御を飛躍的に効率化する役割を果たしており、その成果は、単体で生産や流通、資金管理などに利用されただけでなく、工場に設置された工作機械から自動車や家電製品に至るまで広い範囲の機械にビルトインされている。従っ

て、少なくとも、技術革新の補完性という点では既に GPT の特徴を有しているということができるといえるであろう。

しかし、近年注目すべき動きは、コンピュータが、文字や図表といった情報の処理を低廉なコストで提供する能力を充実させていることから、意思疎通や意思決定を支援するツールとしての利用が飛躍的に拡大している点であろう。そして、こうしたツールとしての機能は、コンピュータと通信ネットワークとが結合したシステムが導入されることによって最大限発揮されることとなる。コンピュータと通信ネットワークが結合したシステムは、我が国でも、既に 1960 年代から導入が始まっている。しかし、これらは汎用機と多数の端末から構成されるシステムであり、銀行等における資金決済や、メーカー、商社などにおける生産、在庫管理などの効率化のために、コンピュータの持つ数値計算や制御の能力を活用することに主たる目的があったと考えられる。これに対して近年注目される動きは、コンピュータの意思疎通や意思決定を支援する能力も同時に活用するために、企業や家計のコンピュータの各々に情報処理能力を保有させつつも、これらを相互にネットワーク化するシステムの導入である。Milgrom and Roberts (1990) が示したように、例えば、アパレルメーカーにとっては、こうした企業内や企業間のネットワークを用いることにより、市場情報の入手 製品のデザイン 材料の発注 生産 在庫管理 販売 資金管理といった意思決定や意思疎通と数値管理や制御といった異質な作業が混在するプロセスを一連の流れとして処理することが可能となる。このことは、システムを導入したアパレルメーカーにとって、既存の活動を効率化するだけでなく、この流れで得られた情報を研究開発、経営企画に活用することも可能となるため、大きなメリットをもたらすこととなる。このようなシステムの導入が進行していることは、我が国の企業の LAN 化比率といったマクロデータの動きからも確認することができる³。

³ 本稿では、現代の GPT が有する外部性の内容として、技術革新の補完性とネットワーク外部性に着目して議論しているが、技術自体が情報財であることによる非競争性や排除不可能性といった面での外部性も、GPT の普及において大きな意味を持つことが考えられる。こうした面に着目した分析としては、Caballero and Jaffe (1993) や Jaffe and Trajtenberg (1996) に代表されるような特許の引用やライセンス供与のデータを用いた実証や、技術の外部性を考慮した成長モデルによる分析（例えば James (1998)）が存在する。

(表3) LAN化比率と企業間ネットワーク化比率(<>内)(通商産業省(1998))

業種	1991年度	1995年度	1996年度	1997年度
合計	27.7%	49.6%	71.8% <19.8%>	79.5% <19.6%>
一般機械	33.6%	64.5%	81.3% <14.7%>	85.9% <15.4%>
電気機械	47.3%	71.6%	86.4% <36.8%>	94.9% <41.1%>
輸送用機械	43.8%	64.0%	87.1% <38.8%>	93.5% <36.1%>
精密機械	36.0%	65.8%	88.2% <27.5%>	95.2% <28.6%>
卸・小売	16.2%	32.3%	65.1% <23.8%>	71.6% <18.3%>
金融・保険	18.3%	36.0%	61.9% <12.6%>	72.7% <11.0%>
情報サービス	34.2%	73.0%	81.6% <23.7%>	92.5% <25.1%>
農林・水産	7.5%	20.3%	50.4% <5.8%>	56.5% <6.9%>

コンピュータと通信ネットワークが結合したシステムの場合、関連する技術革新の補完性に加え、ネットワーク外部性が存在することも明らかであろう。すなわち、こうしたシステムを全体としてみた場合、数値処理や制御とともに情報の収集、蓄積、分析や配信の機能を提供するのであるから、各種の製造業、金融業や情報処理サービス業、情報機器メーカーに止まらず、政府を含むサービス業や家計に至るまで、また生産現場からマネジメント部門まで至るところに導入される可能性を有している。その際には、コンピュータハードウェアやそれがビルトインされる各種の機械にとどまらず、ソフトウェア⁴や通信機器における技術革新や、システムを設計したりソフトウェアを構築する人的資本の蓄積をも伴っていると考えられる。しかも、先に挙げたネットワークの例で言えば、このアパレルメーカーにとっては、企業内のより多くの部門やより多くの取引先企業 - 原材料メーカー、小売店、銀行など - との接続が拡大するほど、経営の効率化効果が高いことは明らかであろう。このように、GPTの特徴として技術革新の補完性とネットワーク外部性を定義した場合、現在の経済において新たなGPTとなりうる可能性を有するものとしては、コンピュータ自体よりも、むしろコンピュータと通信ネットワークが結合したシステムを想定することがより適切であると考えられるのである。

⁴ 現代のGPTにおけるコンピュータ・ソフトウェアの重要性は研究者も実務家も一致して支持しており、開発コストを用いたラフな試算(井上(1997))も、95年度時点の我が国のコンピュータ・ソフトウェアのストックが40兆円近くとハードウェアに匹敵する規模となっていることを示唆している。ただし、価値の正確な推計のためには、技術進歩の下での陳腐化の扱いや原本とコピーとの区分など多様な問題の解決が必要となる(大森(1998))。

GPT がマクロ的インパクトを発揮するメカニズム

上に見たような電力の普及のメカニズムや現代の GPT に関する検討から得られるインプリケーションとして、GPT は、それ自体が普及することによってネットワーク外部性の効果を発揮すると同時に、応用技術革新の進行 - すなわち技術革新の補完性 - によって GPT の用途をますます拡大することで、さらにネットワーク外部性の効果を発揮する、というメカニズムによって、単発の技術革新とは異なる大きなインパクトをもたらした可能性を指摘できる。こうした外部性の持つ意味を簡単なモデルを用いて確認することとしよう。

マクロの生産関数を Cobb-Douglas の形で以下のように定義する。

$$Y = A L K$$

ここで、Y は総生産、L は労働、K は資本であり、A は取敢えず「それ以外の要素」としておく。さて、経済成長率とは総生産の伸び率であるから、生産関数を全微分することで、以下のようにあらわすことができる。

$$(dY/Y) = (dA/A) + (dL/L) + (dK/K)$$

自明であるが、経済成長率は、「それ以外の要素」、労働、および資本の各々変化率に分配のシェアを乗じたものの和となり、右辺の第 1 項 - すなわち、経済成長のうちで、労働や資本の変化によっては説明されない部分 - こそが Total Factor Productivity (TFP) の変化率に他ならない。Rosenberg や David らの経済史家が産業革命によるマクロ的なインパクトを論ずる際にも、また、Solow や Gordon、Triplett らが「情報化パラドックス」を議論する際にも、この TFP の成長を議論の出発点としていることを考えれば、この簡単なモデルにおいては「それ以外の要素」の変化こそが重要であるということである。

よく知られているように、Solow (1956)以来、この「それ以外の要素」は技術であり、その変化は技術革新であるとの解釈がなされてきた。しかし、その後の Jorgenson を初めとする経済成長に関する研究により、マクロの生産関数の推計や TFP の計測に際しては、技術革新の成果を資本ストックの品質調整の形で取り込むことが一般的となっている。すなわち、資本ストックの品質調整は手法的に完全ではないとしても、少なくとも「情報化パラドックス」において提示された分析においては、技術革新をこうしたアドホックな形で扱うよ

うなことは行われていないのである。そして、「それ以外の要素」の正体としては、資本や労働以外の第3の生産要素がどこから投入されていると考えるよりも、むしろ、資本や労働の増加に伴って生産への貢献を増すような性質のもの - 外部性を有するもの - が作用していると考えることが自然であろう。

こうした推論は、New Growth Theory の議論の中で Barro (1990)らがモデルで示したように、外部性を有する資本⁵が存在した場合に経済成長が加速することと同様なメカニズムを示しているだけでなく、多くの実証結果とも整合的に理解することができる。すなわち、Real Business Cycle を巡る論争の中で多くの実証分析が示したように、現在、マクロの生産関数は1次同次に近い性質を持っているというのが stylized fact となっている。このため、過去の産業革命のように経済成長が加速するためには、今後、外部性が生ずるか、資本や労働のストック自体が顕著に上昇することのいずれかが必要となるであろう。そこで、外部性の可能性を否定して、後者の可能性を考えてみよう。これは、現代の GPT に即してみると、コンピュータと通信ネットワークのシステムやそれを使用するスキルを有する労働力が顕著に増加することに他ならない。しかし、市場経済においてこうしたことが実現するためには、これらの限界生産力 = 収益率が顕著に上昇することが必要であることに注意しなければならない。そして、「情報化パラドックス」を巡る議論の中で、Sichel (1997)や Goldin and Katz (1996)に代表されるような多くの研究が情報化関連の資本や労働力に関する収益率の推計を試みているが、少なくともマクロのレベルでは、他の資本や労働力との比較で著しく高い収益率を得るには至っていない。もちろん、これらの実証分析は過去のデータを使用したものであるから、現代の GPT に関連する資本や労働が今後一層蓄積していった場合にこれらの収益率が上昇していく可能性は存在するが、資本や労働のストックの進展に伴って収益率が上昇するという現象こそ外部性の存在を示唆するものである。すなわち、経済成長が加速するためのいずれの可能性を考えても、外部性の効果と整合的に理解することが可能となるわけである。

⁵ 彼らのモデルにおいては、外部性のある資本としては、政府が供給するインフラが想定されている。

3 . 情報化パラドックスへの説明仮説

情報化パラドックスへの説明仮説

こうして、GPT がマクロ的なインパクトを有するためには外部性が重要な役割を果たすことが確認されたが、この議論の裏返しとして、現代の GPT が過去の産業革命のようなマクロ的なインパクトを発現せず、「情報化パラドックス」と呼ばれるような状況が生じている理由としては、少なくとも潜在的には保有している外部性を十分発揮していないからであるとの仮説を提示することも可能である。そこで、本節では、現代の GPT がこれまでのところ外部性を発揮することができていない理由について検討する。

電力のケースから類推されるように、コンピュータと通信ネットワークが結合したシステムが外部性を発揮するためには、こうしたシステムが互換性を持った形で十分普及することが必要であり、さらにその前提として、システムを構成するコンポーネントが新たな GPT に適応した形で進歩し、それらもまた、システムの中で適切な互換性を有していることが求められる。ところで市場経済の下では、GPT に限らず新たな技術が普及するか否かは、個別企業や家計による新技術の導入に関する分権的な意思決定の結果として現れることに注意しなければならない。そして、そこでは、まさに外部性が大きな影響を与える可能性があるのである。

外部性のうち、まず、技術革新の補完性の影響について考えてみよう。例えば、上にみたようなアパレルメーカーが、実際にシステムを導入する場合には、そのコンポーネントそれぞれについて競合する財やサービスを比較した上で、「A社のサーバとB社の通信回線とC社のネットワークソフトとD社の保守サービス……」といった財やサービスを組合わせたシステムを構成するのであるから、それらの選択の基準としては、コンポーネント個々の技術内容の信頼性だけでなく、コンポーネント相互やシステム自体の互換性が考慮されるのは当然である。従って、このアパレルメーカーのようなシステムの需要者のみならず、これらのコンポーネントの供給者にとっても、コンポーネントに関する技術的リスクだけでなく、外部性の故に存在する商業的リスク - defacto-standard になるか否かというリスク - が重要な意味を持つこととなる。このこ

とは、こうした主体の意思決定は、互換性に関する他企業の意思決定の効果を
も考慮に入れた戦略的なものとなる可能性があることを意味する。

しかも、個別企業レベルでの互換性に関する選択は、こうした defacto-standard
に関する不確実性によって影響されるだけではない。Farrel and Saloner (1985)
らが示したように、不完全競争の市場では互換性のない財を供給した方がより
多くの(独占)利潤を確保しうることがあるため、ドミナントな供給者は意図
的に互換性のない財を供給する可能性がある。その一方で、より競争的な状況
では、家庭用ビデオにおいてみられたように、開発メーカーは積極的に仕様を
公開して供給者のファミリー(例えば VHS 陣営)をつくることもあろう⁶。例
えば、Berg (1985) は、互換性の選択に関する戦略的行動に関連するファクタ
ーを以下のように整理している。

互換性の拡大による需要の拡大

需要の拡大に伴う供給サイドへの新規参入

互換性の拡大による財の個性の喪失による需要の減少

互換性の拡大による競合財との需要の交差弾力性の増加

(互換性の拡大による)規格の変更・維持のコストの増加や部品の共通
化等を通じた生産コストの下落

さらに、需要者においても供給者においても、既存技術に係るスイッチング
コストが存在することに注意する必要がある。Klemperer (1987)や Farrel and
Shapiro(1988)らに代表されるスイッチングコストの議論からは、購入する財や
サービスを変えることに伴う効用の増加がスイッチングコストを上回らない限
り、需要者はそれまで購入してきた財やサービスを購入しつづけるとのインプ
リケーションが得られる。スイッチングコストの具体例として、Klemperer(1987)
は、技術習得のコスト(learning)、取引関係変更の費用(transaction)、人為
的なコスト(航空券におけるマイル割引など)などを挙げているが、この
議論は、システムの需要者のみならず、個別のコンポーネントの供給者の行動
を分析する際にも応用することが可能である。すなわち、各企業が新たな技術
を導入したり、それに適合したコンポーネントを新たに開発・供給したりする

⁶ 互換性の選択に関しては、さらに、供給者の技術が知的所有権等によってどの程度カバーさ
れているかといった点も重要な意味を持つであろう。

ためには、既存の技術を体化した設備や特定のスキルに投下した投資がスイッチングコストとなるわけである。この点は、例えば、情報サービス白書(1997)における「情報システムの導入を阻害する要因に関するアンケート調査」の結果において、情報リテラシーの低さや業務の標準化の遅れなどが上位に位置していることから明らかであろう。従って、これらの要素を考え合わせると、マクロレベルからみた場合には効率的であるはずの GPT の転換が、個別企業レベルでは、互換性に関する不確実性やスイッチングコストのために進行しないという可能性を指摘することができるわけである。

そして、ネットワーク外部性についても、上記の議論の中で理解することができる。すなわち、個別企業レベルでのスイッチングコストのような技術革新の補完性のために、マクロレベルでのネットワーク外部性を発揮するのに十分な水準まで新たな GPT が普及することが妨げられている可能性があると考えればよいからである。また、ネットワーク外部性が発揮されるためには、新たな GPT に関する互換性が達成されていることが必要なのであるから、上に見たような互換性の達成に対する障害が重要な意味を持つこともまた明らかであろう。

このように、コンピュータと通信ネットワークから成るシステムは、外部性の故に現代の GPT となりうる可能性を有していると同時に、まさにこうした外部性等の故に、個別企業レベルでの導入において商業的リスクや戦略的行動などが生じ、そのために生ずる GPT の導入に対する障害の結果として、マクロレベルでのインパクトの発揮が阻害されたり、遅延したりするものと理解することができる。換言すれば、外部性のためにマクロレベルとミクロレベルでの最適性に一種の乖離が生ずる可能性とその影響こそが、「情報化パラドックス」に対する一つの説明仮説であるということとなる。このような仮説は、Morrison (1997)等の実証研究が、マクロレベルでの「情報化パラドックス」の存在にもかかわらず、実際に情報化投資を行った個別企業においては収穫逓増などの成果を確認していることと整合的である。そして、以下に見るように、こうした乖離によって生ずる結果を分析することが、新たな GPT への転換期における経済の動きを解明するためのヒントとなる可能性がある。

4．理論モデルによる「情報化パラドックス」の説明仮説の検討

議論の進め方

それでは、「情報化パラドックス」に関する前節の説明仮説を、既存の理論モデルによって検討することとする。上にみたように、GPT の有する外部性こそが、マクロ的インパクトを生ずる原動力であると同時に、個別企業レベルでの導入やその結果としての普及を妨げる効果を有する可能性を考慮すると、理論的整理を行うためには、ミクロレベルでの不確実性や戦略的行動を考慮した意思決定と、マクロレベルでの普及やその結果としてのインパクトの発現を、ともに議論することが必要となる。しかしながら、現在のところは、これら両者を一度に明示的に扱い得るモデルは存在しない。このため、本節での議論は、ミクロレベルでの技術革新の補完性やネットワーク外部性の意味やその影響について検討した後、そのマクロレベルでの効果について検討することとする。

個別企業レベルにおける技術導入への障害

個別企業レベルでの技術革新の補完性がもたらす影響のうちで、まず、スイッチングコストの影響について検討することとしよう。直感的に明らかのように、スイッチングコストが存在する場合は、現行の *de facto*-standard の変更に対して粘着性 - Farrel and Saloner (1985)、Farrel and Shapiro (1988)らがロックイン効果と呼んだ特性 - が生ずる。これを本稿の議論に即してみると、スイッチングコストのために、個別企業における新技術の導入が阻害されたり、遅延したりすることを意味することとなる。もちろん、このような比較的単純な議論に対しては、「現代のように技術革新が急速に進展する過程では、新技術は生産効率などの面で既存技術に対する大きな優位性を有することが多いため、スイッチングコストの障害は容易に乗り越えられるはずである」との反論が考えられるであろう。しかし、このような反論に対しても、個別企業における戦略的行動を明示的に考慮すると、再びロックイン効果を支持する議論を展開することができる。この点を Farrel and Shapiro (1988)のモデルに即して検討することにする（モデルの詳細は補論 1 を参照）。

[Farrel and Shapiro (1988)のモデルの応用]

<モデルの内容>

・上に見たように、スイッチングコストの原因が既存の技術を体化した設備や労働スキルにあるとすれば、こうしたコストのレベルは個別企業によって異なることとなろう。モデルは、コストの差異による影響を明示的に考慮するために、需要者側の overlapping generation model となっていることが特徴である。主要な仮定を整理すると以下のようになる。

供給者は、既存企業と新規参入企業の2つの主体からなる。両者が供給する機械は同一目的に使用されるが、異なった技術を体化している。ただし、両企業の生産コスト条件は同一である。

每期同じ数の需要者が現われ、2期間存続する（常に、新企業と旧企業が共存していることになる）。これらの企業は、每期1単位の機械を購入することが必要であり、存続期間の後期に前期と違うブランドの機械を購入する場合にはスイッチングコストを被る。

供給者と需要者は、共通の割引率による現在価値ベースで、それぞれ利益の最大化およびコスト（購入コストとスイッチングコストの合計）の最小化を図る。なお、供給者側からは需要者の世代（存続期間の前期か後期か）を識別し得ない。

・生じ得る状態は、既存企業または新規参入企業が両市場を独占するか、両企業が市場をシェアするかである。そして、ナッシュ均衡であるためには、それぞれの状態が既存企業と新規参入企業の双方にとって最適となっていなければならない。すなわち、 s をスイッチングコスト、 r を割引率、 $W(0)$ を現在市場を支配していない企業の来期以降の利益、 $W(1)$ を現在市場を支配している企業の来期以降の利益とし、既存企業の価格を p とすると、既存企業にとっては、

両市場を支配したときの利益： $2p + rW(1)$

市場をシェアしたときの利益： $p + rW(1)$

新規参入企業が両市場を支配したときの利益： $rW(0)$

のそれぞれを、また新規参入企業は、

既存企業が両市場を支配したときの利益： $rW(0)$

市場をシェアしたときの利益： $p + rW(1)$

両市場を支配したときの利益： $2(p-s)+rW(1)$

を比較することとなる。なお、新規参入企業が両市場を支配するためには、旧企業のスイッチングコストを負担することが必要となるため、価格が s だけ低下することに注意されたい。

・この結果、均衡では、両企業は両市場をシェアすることが導かれる。このとき、 $W(0) = W(1) = 2s/(1 - s)$ である。なお、このような均衡では、既存企業は老人、新規参入企業は若者にそれぞれ供給しており、スイッチングコストが生じないことを考えると、社会的にも最適であることがわかる。

<モデルから得られる結論>

・上記の分析から、既存企業および新規参入企業とも均衡では $p = 2s$ という価格付けを行うことがわかる。このことは、均衡価格はスイッチングコストに直接に依存して決まることを意味するから、スイッチングコストが両企業にとって操作可能な戦略変数であるとすれば、両企業は共謀してスイッチングコストを高めるインセンティブが存在するというインプリケーションが得られる。スイッチングコストを高める具体的な方法としては、例えば、互換性を故意に無くしてしまうといった対応が考えられるであろう。この点を本稿の議論に即して考えれば、スイッチングコストが存在する場合には、新技術やそれを体化したコンポーネントの供給者において互換性を低める可能性があるため、マクロレベルでの GPT の転換に支障が生ずるものと解釈できる。

・このような結論は、供給者の生産コストに関する仮定をより現実的なものとしても維持できる。例えば、固定費用等によって既存企業のコストに優位性が存在する場合には、既存企業が新規参入企業には対応し得ないような低価格戦略をとる - すなわち参入阻止行動をとる - 可能性がある⁷から、新技術を体化した機械の導入には一層高い障害が生ずることとなる⁸。

⁷ もっとも、こうした参入阻止行動は、短期的には社会的に見ても効率的であることに注意すべきである。なぜなら、既存企業は費用逡減を活かしているほか、需要者側においてスイッチングコストの負担が生じないからである。

⁸ 他方、需要者の数に関する仮定を変更した場合は、異なった結論が導かれる可能性がある。例えば、旧企業に比べて新企業が多いと仮定してみよう。このとき、供給者側をみると、新規参入企業は価格引下げによって旧企業の需要を奪取しなくても、新企業の需要を確保するだけで、既存企業よりも大きな市場を確保するので、市場における価格競争のインセンティブが

他方、需要者側のスイッチングコスト自体にも費用逓減が作用する可能性がある。すなわち、需要者側における労働スキルの習得や供給者との取引関係などについては、特定の技術を体化した機械を供給する企業との取引が継続すればするほどスイッチングコストが上昇することが考えられる。そこで、このような費用逓減の効果を Stein(1997)のモデルに即して検討することとしよう（モデルの詳細は補論2を参照）。

[Stein (1997) のモデルの応用]

<モデルの内容>

・上のモデルと同様に、同一の目的に使用する機械の需要を既存企業と新規参入企業が争奪するのが基本的な枠組みである。主要な仮定を整理すると以下の通りとなる。

供給者の生産コストは、可変費用と時間に沿って低下していく取引費用から成るものとする。また、市場への参入の際には、1回限りの固定費用も必要であるとする。

需要者の数は一定であり、一定のリザーベーション価格以下であれば機械を購入する。機械は同一目的に使用されるのであるから、每期、市場では1企業のみが機械を供給するという独占状態が成立する。ただし、この市場は、常に新規参入企業と盗作企業による参入圧力にさらされている。

新規参入企業と盗作企業は、既存企業の生産技術は無コストで盗用しうる。加えて、新規参入企業は、研究開発の成果によって、既存企業に対して可変費用面では優位に立つ。他方、取引費用については、市場に留まっていた期間に応じて既存企業が優位性を維持する。本稿の議論に即してみれば、取引費用はスイッチングコストを、可変費用の格差は新技術による供給者へのメリットをそれぞれ反映しているものと考えることができる。

低下し、均衡価格が上昇する。具体的には、旧企業1に対して、新企業の数 n とすると、本文と同様な議論により $p = (1+n)s$ が得られる。ただし、その際の既存企業の対応については、市場を分断した状態のまま旧企業に対して非常な高価格を提示するか、互換性の高い機械を供給することで新企業の需要を奪取しようとするという可能性が考えられ、実際にいずれが現れるかは、スイッチングコストのレベルや新企業と旧企業の数的比率等に依存するであろう。

・既存企業 (incumbent) のコスト構造は具体的には以下の通りとする。

可変費用： C_t^i (添字 i は incumbent を、添字 t は時間を示す)

$$\begin{aligned} \text{取引費用：} D_t^i &= d C_t^i \frac{A_t^i}{\bar{A}} \quad (A_t^i < \bar{A}) \\ &= d C_t^i \frac{\bar{A}}{A_t^i} \quad (A_t^i > \bar{A}) \end{aligned}$$

取引費用は、既存企業が市場を支配しつづける限り每期低下する ($\frac{A_t^i}{\bar{A}}$ は 1 より小。ただし、低下は \bar{A} までで止まる)。

・また、新規参入企業 (entrant) のコスト構造は以下の通りとする。

可変費用： $C_t^e = \gamma_t C_t^i$ (添字 e は entrant を示す)

取引費用： $D_t^e = d C_t^e$

固定費用： $K_t^e = k C_t^e$

なお、 γ_t は確率変数であり、新規参入企業が可変費用では既存企業に対して優位に立つため 1 より小であることを仮定する。他方、取引費用では劣位にあるため $\gamma_t > \frac{A_t^i}{\bar{A}}$ for all t である。

・このモデルにおける均衡は、新規参入企業にとって参入に伴う期待収益が 0 となる場合に成立する。このときの技術水準 A_t^* を

$$A_t^* = \frac{C_t^e}{C_t^i} \quad (\text{既存企業が継続して市場を支配する期間})$$

と表し、今期において参入が発生する確率が P で一定であるとする、今期と来期ともに参入が生ずる確率は、 A_t^* および A_t^* の累積密度関数 G を用いて、 $PG(A_t^*)$ と表されることとなる。よって、新規参入企業が継続して市場を支配する確率 (X_j^e と表す) は、

$$\begin{aligned} X_j^e &= \prod_{j=1}^{\bar{A}} \{1 - PG(A_t^*(j))\} \{1 - PG(A_t^*(\bar{A}))\}^{(j-\bar{A})} \\ &\text{ただし } 1 \leq j \leq \bar{A} \end{aligned}$$

となり、(X_j^e および F_e が A_t^* の減少関数 <後述> であることから) 新規参入企業にとっては新技術の優位性が低いほど、将来に参入をうけやすかつ期待収益が低いことが明らかとなった。

<モデルから得られる結論>

・このモデルにおけるスイッチングコストの効果は、単に、新技術 (を体化した機械) の導入を阻害したり、遅延させたりするだけではない。すなわち、新規参入企業にとって、参入した期の利益は、

$$C_t^e \left[\left\{ \frac{(1+d) A_t^*}{\gamma_t} \right\} - 1 - d - k \right]$$

であり、その後市場を支配しつづけた場合の利益（現在価値）を Fe とおくと、

$$Fe = d \left[\sum_{j=1}^{\bar{A}} \{ (1 - \delta_j) X_j^e / (1 + r)^j \} \right. \\ \left. + \sum_{j=\bar{A}+1}^{\infty} \{ (1 - \delta_j) X_j^e / (1 + r)^j \} \right]$$

で表されるから、期待利益はこの両者の合計である。上に見たように、均衡ではこれが 0 となるから、市場を支配する期間を 1 および \bar{A} とおいた結果を両辺同士の割ると、

$$\delta_j(A) / \delta_j(1) = (1 + d - \delta_j(A)) / (1 + d - \delta_j(1))$$

を得る。この式の意味するところは、まず $\delta_j < 1$ に注意すると、 δ_j が A の増加によっていわば加速的に小さくなること、すなわち既存企業が継続して市場を支配するほど、新規参入企業は可変費用を通じて優位に立つことにある。しかし他方で、 δ_j の減少は $G(\delta_j)$ の減少を通じて $1 - PG(\delta_j)$ 、すなわち既存企業が参入を受けない確率を上昇させていることもわかる。

・これらをまとめると、既存企業による市場支配が長期化し、既存の技術を体化した機械が継続して取引されるほど、新規参入が生じにくくなり、技術の転換が起りにくくなる。しかし同時に、何らかの理由でいったん参入が発生すれば、その後の期間には新規参入が繰り返され、技術の転換がめまぐるしく発生する可能性が生ずるのである。Stein はこのような結論を踏まえ、「創造的破壊 (creative destruction)」の時間的な特徴に関する Schumpeter の指摘を理論モデルによって説明し得たと主張している。本稿の議論との関係でみれば、GPT の各コンポーネントの市場においては、新たな技術を体化した製品の出現には障害があるものの、いったんこうした動きが始まると目まぐるしい「世代交代」が進行することを示したものと捉えることができる。また、新技術の開発速度が上昇することも、新規参入企業にとっては、参入条件を有利にする一方で、将来別の企業による参入を受ける可能性を同時に増加するため、参入行動 - すなわち、技術の転換 - を必ずしも活発化するとはいえないことが示される。

・なお、このモデルにおける供給者の戦略的行動を拡張すると、動学的非効率性を生ずる可能性を考慮することも可能となろう。すなわち、供給者はある期に採算を下回る価格を提示することで多くの需要を取り込んだ上で、次期以降、ロックイン効果を活用しつつ高価格を押し付けるという行動をとる可能性を考えることもできる。この場合、さらに需要者側が、供給者のこうした行動を予

見すれば、独占的供給が成立しないように、需要を複数の供給者に対して意図的に分散するといった行動をとることも考えられる。このような行動も、新たな技術への互換性をもった転換に対する支障となる可能性を指摘することができる⁹。

個別企業レベルでの議論の最後に、ネットワーク外部性が存在する下でスイッチングコストがどのような効果をもたらすかを検討しておくこととしよう。ネットワーク外部性が存在すると、互換性が達成された場合の需要者のメリットは一段と大きなものとなる一方で、供給者が、需要者によるメリットの評価をうまく内部化できない可能性が重要である¹⁰。以下では、Katz and Shapiro(1985)のモデルに即してこの点を確認しておく(具体的なモデルは補論3を参照)。

[Katz and Shapiro (1985) のモデルの応用]

< モデルの内容 >

・ここでも、技術が体化された機械の市場を想定し、供給者と需要者の行動に対して以下のような仮定をおく。

需要者が次期の供給について予想をたてる。

供給者は、この予想および他の供給者による供給を所与として、次期の供給(供給しないという選択を含む)を定める(クールノー均衡)。なお、供給者の生産コスト条件は同一とする。

需要者は、自らのリザベーション・プライスとの対比で購入の有無を決定する。このリザベーション・プライスは、個々の需要者によってそれ

⁹ 銀行の貸出市場においても同様の関係が存在する可能性がある。銀行は貸出に際して、情報の非対称性の下で相手先企業の信用リスク情報を生産するのであるから、そのためのコストは銀行にとってサックコストとなる一方、借入を行う企業にとって取引銀行を変えることはスイッチングコストを伴うこととなる。このため、銀行は、ある期には低金利を提示して多くの企業と取引関係を確立し、次期以降は、スイッチングコストを活かして高金利を押し付けるという行動に出る可能性があり、それを予想する企業は当初から協調融資を指向する可能性がある。例えば、Sharpe(1990)や Pagano and Jappelli (1993) を参照。

¹⁰ こうした外部性のもうひとつのインプリケーションとしては、供給者における価格競争に対するインセンティブの低下により、価格の下方硬直性が発生することであろう。例えば、Matutes and Regibeau(1988)を参照。

それぞれ異なる評価部分 r (r は個人によって異なり、 $[1, A]$ に 1 ずつ一様分布) と、ネットワーク外部性への評価部分 v (v は、全ての需要者で同一であり、互換性を有する財の総供給量に関する予測に依存。すなわち、 $v = v(y^e)$ 、 $v'(y^e) > 0$ 、 $v''(y^e) < 0$) の和からなる。前者はスイッチングコストが需要者によって異なることを反映している。

・ 限界的需要者における条件から、価格 p は

$$p_i = A + v(y_i^e) - z$$

で表される (ただし、 z は需要者数 (= $A -$))。この式は、価格がネットワークに対する需要者の評価と実際の需要量に依存することを示している。

・ モデルの均衡は、上記のように、需要者と供給者全てによる供給量に関する予測が実現するという意味でのクールノー均衡である。このとき、供給者 i の利潤 π_i は供給量 x_j で微分してゼロであるから、

$$\pi_i = p_i x_i^* = (x_i^*)^2$$

であり、需要者の消費者余剰は、 r の分布に注目して考えると、

$$S = \int_{A-z}^A (x + z - A) dx = z^2 / 2$$

となるから、これらの合計として以下のように表現される。

$$W = \sum_{i=1}^n (x_i^*)^2 + z^2 / 2$$

従って、自明ではあるが、全ての財が相互に互換性を有し、全ての供給者が実際に供給している場合に社会厚生が最大となることがわかる。

< モデルから得られる結論 >

・ 互換性が上昇すると、需要者には必ずメリットが生ずる。例えば、全ての供給者が相互に非互換性の状況にあった場合から完全な互換性へと移行することを考えてみよう。1 番目から n 番目の供給者の財が互換性を有していることを、

$$y_i = \sum_{j=1}^n x_j$$

と表現すると、完全な互換性の場合には $y_i = z$ が全ての供給者に関して成立するが、そうでない場合は、少なくとも 1 供給者については、 $y_i < z$ が成立する。均衡での各企業の供給量は $x_i = A + v(y_i) - z$ であるから、総供給量はこれを全ての供給者について合計した式

$$(n + 1)z = nA + \sum v(y_i)$$

の解となる。ここで、完全な互換性の場合 $v(y_i)$ は $n v(z)$ となり、

$$n v(z) > v(y_i)$$

が成り立つ (v は concave である) から、互換性の上昇は供給量の増加という需要者にとって望ましい効果を生むわけである。

・しかし、互換性戦略にコストが存在する場合には最適性が達成されない可能性がある。すなわち、個別の供給者にとっては、互換性の上昇に対する需要者の評価の反映としての価格上昇によるメリットが、互換性への転換に要するスイッチングコストを上回らない限り、互換性を選択しない。そして、このような価格上昇のメリットが他の供給者にリークしてしまう可能性は、まさに外部性によって生じていることに注意する必要がある。このような結論を GPT の導入との関連で考えてみると、ネットワーク外部性が存在する下では、社会的に最適な完全互換性の状態 すなわち、GPT で統一された状態 を達成するために障害が生ずる可能性があることを示している。

マクロレベルでの技術の普及への障害

さて、このような個別企業レベルでの新技術の導入に対する障害が存在した場合、マクロレベルでの新たな GPT の波及とそのインパクトの発現については、どのようなモデルによって分析するのが適当であろうか。例えば、New Growth Theory のモデルをみると、本稿での GPT に相当する「外部性を有する資本」は、政府によって（徴税や公債発行によって得た資金を用いて）機械的に形成されることが想定されている。このため、新たな GPT が普及したことが経済厚生に与える結果を考えることはできても、新たな GPT が普及する過程における経済への影響を検討することはできない。

そこで、こうした過程を明示的に扱えるものとして、まず Aghion and Howitt (1992)らによって導入されたモデルを用いて議論を進めていくこととする。彼らのモデルにおいては、生産活動を中間財と最終財の2段階に分け、技術は中間財に体化されており、技術革新は中間財市場における独占的競争として表現することに特徴がある。この中間財の開発を新たな GPT が普及する際の技術革新の補完性と読み変えることによって、経済パフォーマンスに与える影響を

分析するわけである¹¹。本稿では、こうしたモデルの代表例として Helpman and Trajtenberg (1994) を用いて議論する (モデルの詳細は補論 4 を参照)。

[Helpman and Trajtenberg (1994) のモデルの応用]

< モデルの内容 >

・このモデルの特徴は、成長モデルに中間財の独占的競争を組み合わせたものであり、主な仮定は以下のようになっている。

最終財は中間財のみを用いて生産され、潜在的な参入のために、ここでは利潤は生じないものとする。

他方、各中間財の開発、生産は各企業が労働のみを投入要素として、独占的に行う。このとき、開発については、潜在的な参入のために均衡では利潤が生じない一方、生産については独占的競争が展開される。なお、開発、生産のコストは、同一の GPT にとっての中間財全てにおいて同じであるとする。

技術は中間財に体化されており、最終財の生産においては、その時点で最もコストの小さい GPT が使用される。このため、GPT の転換は、新たな GPT を用いた最終財の生産にとって必要な中間財のセットが揃った時点で実現する。

・まず、中間財の生産をみることにしよう。上記の仮定から、同一の GPT にとっての中間財の価格と生産量は全て同じとなる。すなわち、生産技術を中間財 1 単位の生産に労働 1 単位が必要であると特定化し、 i 番目の GPT に必要な中間財のセットを x_j (ただし $j \in [0, n_i]$)、労働賃金を w とすると、生産者の利潤最大化より、中間財の価格と生産数量は以下ようになる。

$$p_i(j) = w / a$$

$$x_i(j) = x_i \text{ (for all } j)$$

また、労働投入については、中間財の生産に必要な部分 b_i (最終財 Q_i 1 単位当たり) は、

$$b_i = X_i / Q_i = (1 / p_i) (1 / n_i^{(1-a)/a})$$

と表される。この式は、 b_i は中間財の数が多い (n_i が大きい) ほど小さいこ

¹¹ このモデルは、費用逓減などのために、産業として一定の生産規模を越えない限り効率的な生産ができない場合などにも応用することが可能であろう。

とを示している。また、これらの式と最終財生産者に関する利潤ゼロの仮定から、最終財価格が、

$$P_Q = w b_i / a$$

であることもわかる。さらに、中間財を生産する企業の利潤 π_i を時間で微分することにより、中間財を生産する企業の価値と利子率に関する均衡条件が次のように導かれる。

$$(\dot{\pi}_i / v_i) + (v_i^* / v_i) = r(t)$$

$$\text{ただし、 } v_i(t) = \int_t^\infty \exp(-R(t, z)) (\pi_i(z) dz), \quad R(t, z) = \int_t^z r(z) dz$$

・次に、中間財の開発については、開発技術を以下のように仮定する。

$$\dot{n}_i dt = (l_i / A) dt$$

これは、1 単位の時間に l_i 単位の労働を雇用すると、 l_i / A 単位の中間財が開発されることを意味する。上記の仮定から、均衡では開発に関する利潤がゼロとなるのであるから、

$$v_i = w A$$

を得る。

・最後に消費者は、最終財の消費 C に関する対数効用関数を仮定し、異時点間にわたる効用最大化に、 $C(t) = Q_i(t)$ と消費支出をニューメールとすることを用いると以下を得る。

$$P_Q Q_i(t) = 1$$

$$r(t) =$$

・これらを纏めると、均衡において成立する関係を示すことができる。まず、中間財を生産する企業の成長率と消費者の時間選好率から、

$$(\dot{\pi}_i / v_i) + (v_i^* / v_i) =$$

を得る。また、中間財の開発と生産のそれぞれに関する労働需要から、労働市場の需給均等は以下のように示される。

$$A \sum_{i=1}^m n_i + b_i Q_i = L$$

ただし、 L は労働供給であり、 m は中間財の開発と生産においては現行の GPT と新しい GPT の双方が並行することを示す。

<モデルから得られる結論>

・このモデルにおいては、総生産（付加価値）は賃金と中間財産業の利潤の和で表される。そして後者は、中間財産業の利潤と最終財価格の式より、消費支出 = 1 の $(1 - a)$ のシェアであることがわかる。したがって、名目総生産は、

$$wL + (1 - a)$$

となり、最終財価格でみた実質総生産は、

$$G = \{L + (1 - a) / w\} a \quad i n_i^{(1-a)/a}$$

となる。この実質総生産は、生産に使用される中間財の増加によって増加する一方、賃金上昇によって減少することに注意されたい。

・均衡において成立する関係と実質総生産の表現を考慮すると、このモデルの経済は以下の2つの局面を辿って推移することが示される。

第一の局面では、最終財産業では既往の GPT が使用されている一方、中間財産業では新たな GPT のための開発が進行する。このとき、賃金は上昇する一方、短期的には非生産的な活動に労働が投入されていることを意味し、実際に生産に使用される中間財は増加していない一方、賃金は上昇するため、実質総生産は減少する。このときの中間財の数と賃金の動きは以下のように表現される。

$$\dot{n}_i = (1/A)(L - a/w)$$

$$(\dot{w}^*/w) =$$

第二の局面は、最終財産業で新たな GPT への転換が行われた後であり、生産に使用される中間財が増加する。賃金の上昇は抑制される一方、中間財の増加に沿って総生産は増加する。このときの中間財の数と賃金の動きは以下のように表現される。

$$\dot{n}_i = (1/A)(L - a/w)$$

$$(\dot{w}^*/w) = - (1 - a) / A w n_i$$

・すなわち、GPT の転換が生じてしまえば総生産は増加するが、それまでの間は、新たな GPT への転換に要する応用技術革新のための資源投入に伴って総生産に悪影響を及ぼすというメカニズムが示されている。なお、このようなメカニズムは、新たな GPT の内容に関する「完全予見」の状況でも生ずるこ

とに注意する必要がある¹²。

さて、新たな GPT が普及するための技術革新の補完性としては、こうした物的な技術のみならず、先に見たような労働スキルの再教育も重要である。その結果は、第一義的には、賃金や雇用といった労働市場のパフォーマンスに大きな影響を与える可能性があり、既存の多くの分析がこの点を取上げているが、ここでは上のモデルと同様にマクロの総生産に対する影響に注目することしよう¹³。そのためには、Human Capital を明示的に取扱うモデルが必要であり、代表例として Uzawa や Lucas によって展開された 2 部門成長モデルが挙げられるが、ここでは、より簡略で結論が明確なモデルとして、上にみた Helpman and Trajtenberg (1994) と同様な枠組みに 2 種類の労働力を考慮したモデルを用いて検討する (Grossman and Helpman (1991) の第 5 章を参照。モデルの詳細は補論 5 を参照)。

[Grossman and Helpman (1991) のモデルの応用]

< モデルの内容 >

・ R&D を中間財の開発として捉えたモデルとしての基本的な枠組みは上に見た Helpman and Trajtenberg (1994) のモデルと同じである。また、労働については以下のような仮定をおく。

熟練労働力と非熟練労働力の 2 種類があり、労働者は自らの合理的な選択によって、スキルを習得して熟練労働力になることができる。このスキル習得の技術は一定であるとし、労働者にとってのコストはその間労働できないことのみである。なお、 W_l と W_h をそれぞれ非熟練労働力と熟練労働力の賃金、 $h(S)$ を習得期間 S によって得られるスキルとする。最終財の生産と中間財の開発のためのこれら 2 種類の労働に対する需要

¹² なお、このモデルの枠組みを用いれば、最終財の種類を複数化することによって GPT の導入が拡大していく様子を扱うことも可能となる。Helpman and Trajtenberg (1996) はこうしたモデルによる分析を提示し、各最終財生産者にとっての技術 (サンクコスト等) や市場の需要弾力性・成長性等が異なるため GPT 採用のタイミングが時間的に分布することを示している。

¹³ 例えば、Ramey and Shapiro (1997) は、需要ショックに対する産業間の資本移動にコストがかかることを明示的に仮定することにより、こうした産業構造転換の局面におけるマクロ経済パフォーマンスの低下をモデルで再現するとともに、米国における軍縮の効果 (軍需から民需への転換) に関する実証的成果を挙げている。GPT の場合、その産業横断的な性格から、導入や波及が産業構造の中長期的な転換をもたらす可能性があることを考慮すれば、こうした面からの分析もここでの議論にとって有益である。

構造（つまり費用関数）は一定である。また、費用関数は熟練労働力および非熟練労働力各々の賃金に関して一次同次であるとし、以下のように表現する。

$$C_x = C_x(W_l, W_h)$$

$$C_g = C_g(W_l, W_h)$$

・先のモデルと同様に、均衡では、中間財を開発する企業の価値の成長率と消費者の時間選好率との均等関係、および労働市場の需給均衡が生ずる。まず、前者についてみると、先のモデルと同様な

$$+ = \{(1 - a)P_x X / C_g(W_l, W_h)\}$$

という関係を得る。次に労働市場であるが、最終財生産企業においては、生産コストが

$$C_x(W_l, W_h)X$$

で与えられるから、利潤最大化（生産コストの最小化）より以下の関係が成立している。

$$P_x = C_x(W_l, W_h) / a$$

また、中間財の開発部門では、中間財の増加速度を $(= n' / n)$ とすると、総コストが $C_g(W_l, W_h)$ で与えられる。従って、これらの総コストと shephard's lemma を用い、偏微分の表記を簡略化すると、非熟練労働力と熟練労働力の需給均衡式を以下のように導くことができる。

$$A_{Lg} + A_{Lx} X = L$$

$$A_{Hg} + A_{Hx} X = H$$

さらに、消費の時間選好を考慮すると、合理的な労働者は、非熟練労働力のままで働くか、スキルを習得した後で熟練労働力として働くかを選択することになる。両者それぞれの場合の収入（現在価値）は、 T を生存期間とおくと、

$$\{1 - \exp(-T)\} W_l /$$

$$[\{\exp(-S) - \exp(-T)\}] W_h h(S) /$$

であり、均衡での均等関係から以下の関係式を得る。

$$1 - \exp\{- (T - S)\} = h'(S) / h(S)$$

また、これと非熟練労働力の総収入の式から、均衡で成立する相対賃金は、

$$(W_h / W_l) = \{1 - \exp(-T)\} / \{\exp(-S) - \exp(-T)\} h(S)$$

と表されることもわかる。

<モデルから得られる結論>

・このモデルの均衡をビジュアルにフォローする手段として、均衡で成立する2つの関係を曲線としてグラフ化する。まず、前者は、中間財開発企業の利潤の成長率と消費者の時間選好率から得た式を変形して、

$$(1 - a) / (r + \delta) = W_l C_g (1, W_h / W_l)$$

とし、これを NN 曲線と呼ぶ。次に、労働市場については、上で示したそれぞれの労働力の需給均等条件を、コストの一次同次性を用いて変形することで、

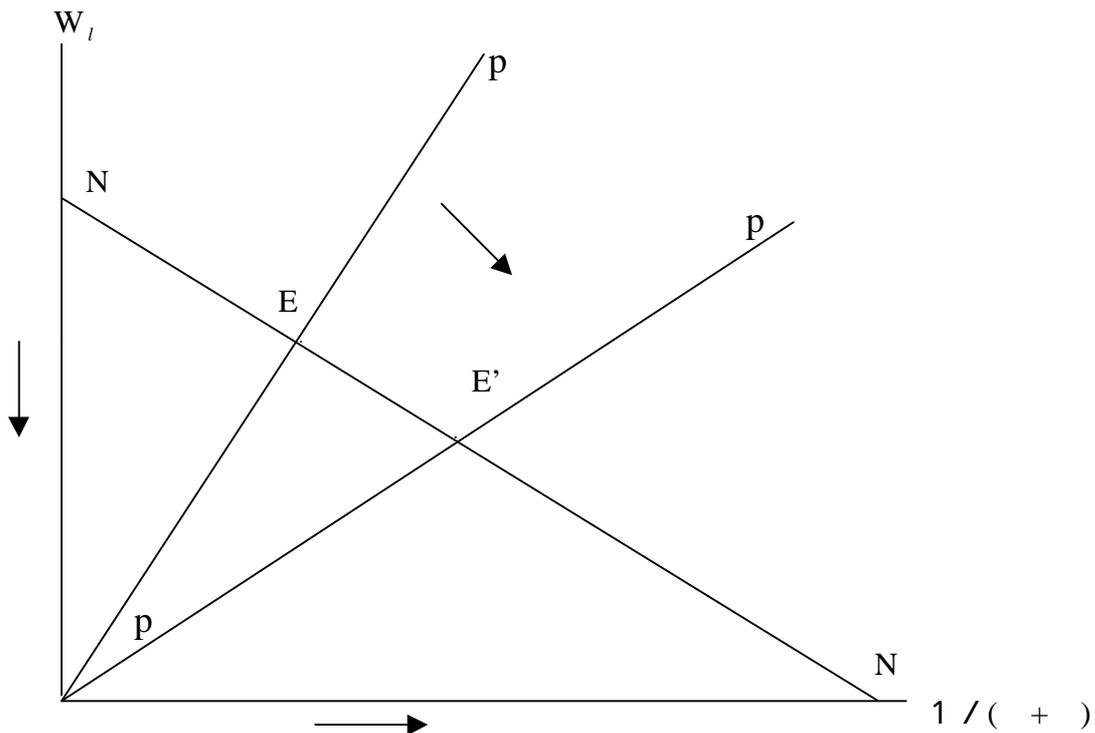
$$\{ l_x a + l_g C_g (W_l, W_h) \} / W_l = L$$

$$\{ h_x a + h_g C_g (W_l, W_h) \} / W_h = H$$

を導く。ここで、 l_x 、 l_g 、 h_x 、 h_g は、それぞれ非熟練労働力および熟練労働力の、最終財生産および中間財開発の総コストに占める賃金コストのシェアである。このHは熟練労働力の価値であり、 $h(S)$ で割ったものが人数になることに注意しつつ、両者の合計が総労働人口Nとなるという関係に、スキル習得に関する選択の式と相対賃金を考慮することで、

$$\begin{aligned} & [l_x a + l_g (1 - a) \{ 1 - \delta / (r + \delta) \}] \\ & + [T \{ \exp(-\delta S) - \exp(-\delta T) \} / (T - S) \{ 1 - \exp(-\delta T) \}] \\ & \times [h_x a + h_g (1 - a) \{ 1 - \delta / (r + \delta) \}] = W_l N \end{aligned}$$

を得る。これをNN曲線と呼ぶ。両曲線を $W_l - [1 / (r + \delta)]$ 平面上に書いてみると次のようになる。



・新たな GPT が普及しつつあるプロセスの特徴を、新たなスキルを身に付けて熟練労働力になるためのコストが増大する - 同じ時間に習得し得るのスキルが減少する - と捉えることとする。このことは、式の上では、 $h(S) = A\overline{h(S)}$ と変換して、 A が縮小した場合の変化として表現できる。 A の下落は、曲線を時計周りに回転させる一方、 NN 曲線を変化させないので、上の図より明らかかなように、均衡が E から E' へと移動し、 W_l の下落と W_h の下落 (すなわち $1/(+)$ の上昇) をもたらす。この経済にとっては、中間財の開発速度が経済成長率であることを考慮すれば、経済成長率の低下が生じたことを示している。

・このようなメカニズムをより直感的に説明すると、個々の労働者は、新たなスキルを身に付けるためのコストの増大に直面して、熟練労働力と非熟練労働力の選択において後者をより選好することとなり、前者に好ましい形で相対賃金が増大する。このことと、中間財開発の費用関数における一次同次性を併せて考慮すれば、個々の中間財開発企業にとっては、採算が悪化するために中間財開発のペースを低下させる。このことは、中間財の集計値として現れるマクロの総生産の成長速度が低下するだけでなく、新たな GPT への転換に要する期間がより長期化することを意味する。なお、スキル習得コストの増大は、実際に選択される習得期間 S には影響を与えない。なぜなら、熟練労働力としてのメリットの低下は、スキルの習得期間における機会費用も同時に低下させるため、両者がキャンセルするからである。

公的介入を巡る議論について

本節の最後に、GPT の変換に対する公的介入の正当性について確認しておくこととしよう。これまでみてきたように、外部性の故に個別企業レベルでの技術導入に支障が生じたり、ミクロレベルとマクロレベルの最適性が乖離したりするとすれば、その解決策として、公的介入 - たとえば、政府が、新たな GPT を導入した企業に補助金を供与したり、互換性の達成に主導的な役割を果たすこと - が考えられるのは当然であろう。また、通信インフラ自体などのように、技術革新への競争のメリットを考慮してもなお、固定費用の大きさやスイッチングコストからみて、各種の規格が並行的に乱立して各々に大きな資本が投下

されるよりも、あらかじめ一定の標準化がなされるべき領域も存在しており、ここに公的介入の正当性が認められるのも事実であろう。

しかし、それを実際に行おうとした場合には、多くの困難に直面するであろうこともまた事実である。上にみたように、我々はまさに新たな GPT への転換期にあり、情報処理と通信ネットワークとが結合したシステムを構成するコンポーネントにおいては、目まぐるしい技術革新が進行している。また、既にいくつかの例から明らかなように、いずれが defacto-standard となるかに関し、政府は、常に民間主体よりも正しく予測しうるとは限らず、サポートすべき技術を正しく選択することが非常に困難であることが多いであろう。このため、ある国の企業や家計が当該国の政府によって提唱された技術を互換性あるものとして採用した結果として、国際競争で不利な立場に立ったり、グローバルな意味でのネットワーク外部性を享受することができず、結局、スイッチングコストを被りつつ、技術の転換を余儀なくされるといった可能性すら存在する。このように、新たな GPT が外部性の故に障害を抱えているとしても、そのことが即座に公的介入の正当性を意味することにはならないことに注意する必要がある。

5 . 結びに代えて

本稿においては、現代の経済社会を特徴づける技術革新の成果としての情報処理と通信ネットワークが結合したシステムが、過去の産業革命における GPT と同様な外部性 - 技術革新の補完性とネットワーク外部性 - を有していることを確認し、マクロ的なインパクトを発揮する可能性とそのメカニズムを確認した。同時に、こうしたシステムに対する投資が増加しているにも拘わらず、そのマクロ的なインパクトが目に見える形では確認できないという「情報化パラドックス」を取上げ、その説明仮説として、上のような外部性の存在自体が、個別企業レベルにおける新技術の導入を妨げたり、その結果として、マクロレベルでの新たな GPT の普及を遅延させたりすることを明らかにし、それを既存の理論モデルによって再現した。また、その副産物として、GPT の普及の

過程においては、総生産が停滞したり、相対賃金格差が拡大するといった興味深いパフォーマンスが現れる可能性も確認された。

このような議論を踏まえ、本稿の最後に、「情報化パラドックス」の一層掘り下げた解明のみならず、新たな GPT が広く経済社会へ普及していくメカニズムを明らかにするための課題について触れておくこととしよう。第 1 には、個別企業レベルでの新技術導入のメカニズムや成果を実証的に明らかにすることである。上に見たように、個別企業における既存の実証分析は、情報化投資を行った企業において収穫逓増などの成果が生じていることを確認している。しかし、外部性の影響を考慮するためには、さらに進んで、新技術を体化した情報化投資に関する意思決定のあり方や、ネットワーク外部性の成果を含んだ利潤を考慮した分析などが必要となろう。第 2 には、マクロレベルでのインパクトの計測をより精緻なものとするところである。そのためには、まず、コンピュータ本体だけでなく、ソフトウェアや通信ネットワーク、各種の応用機器や熟練労働力を含めて、現代の GPT に関連する投入要素や産出を定義し、そのフローやストックを正しく計測する必要がある。さらに、こうした要素の貢献を考える際には、外部性を明示的に考慮することが求められる。そして、第 3 の課題としては、公的介入のあり方に関する分析を行い、その理解を深めることである。本稿中でも簡単に触れたように、GPT の有する外部性の故に即座に公的介入が正当化されるわけではなく、手法的にも技術導入や普及に対する補助金といった古典的なものでは限界があることは明らかである。しかしその一方で、外部性や知的所有権制度の存在のために、いったん新たな GPT の内容が安定してしまうと、winner takes all と呼ばれるような状態が生ずる可能性も否定できない。こうした中で、自国の雇用と直接的な関連を有する自国の産業や新技術をいかにしてサポートするか、あるいは新たな GPT への転換期間をいかに早く終了させるにはどのようにすればよいかに関する分析は、これまであまり存在しないように思われるのである。

以 上

(補論 1) Farrel and Shapiro (1988) のモデル

< 主要な仮定 >

- ・ 供給者は、既存企業と新規参入企業の 2 つの主体からなる。両者が供給する機械は同一目的に使用されるが、異なる技術を体化している。ただし、両企業に生産コストの差は存在しない。
- ・ 每期同じ数 (1 の大きさ) の需要者が現われ、2 期間存続する (常に、新企業と旧企業とが共存する)。これらの企業は、每期 1 単位の機械を消費しなければならない。また、存続期間の校規に前期と異なるブランドの機械を消費した場合は、スイッチングコスト s がかかる。
- ・ 供給者、需要者ともに共通の割引率 r による現在価値のベースで、それぞれ利益の最大化、または消費コスト (スwitchingコストを含む) の最小化を図る。この間、供給者は需要者が老人か若者かを見分けることができない。

< モデルの内容 >

- ・ $W(0)$ を新規参入企業の来期以降の利益の現在価値、 $W(1)$ を既存企業の来期以降の利益の現在価値とする。既存企業が今期に価格を p とした場合、新規参入企業の利益 (現在価値) は価格 q 如何によって、以下のように場合分けされる。

$q > p$ のとき：新規参入企業は売上ゼロとなる。よって、利益は $rW(0)$

$q = p$ のとき：新規参入企業は若者のみに供給する。よって、利益は、 $p + rW(1)$

$q = p - s$ のとき：新規参入企業は、ここまで価格を下げれば全ての市場を支配しうる。そのとき、利益は、 $2(p - s) + rW(1)$

- ・ このことから、既存企業の利益は以下のように場合分けされる。
市場を支配するためには、新規参入企業にとっての利益の現在価値が、売上ゼロの場合が最大となるようにすればよい。よって、 \sim より、 $rW(0) > p + rW(1)$ かつ $rW(0) > 2(p - s) + rW(1)$ である。これをまとめると、 $p < \min[- r\{W(1) - W(0)\} , s - r\{W(1) - W(0)\}/2]$ となり、このときの利益は $2p + rW(1)$ で与えられる。
売上をゼロにするためには、新規参入企業にとっての利益の現在価値

が、市場支配の場合に最大となるようにすればよい。よって、同様に
 ~ より、

$$2(p - s) + rW(1) > p + rW(1) \text{ かつ } 2(p - s) + rW(1) > rW(0)$$

である。これをまとめると、

$$p > 2s$$

となり、このときの利益は $rW(0)$ である。

市場をシェアするためには、新規参入企業にとっては、残りのケース
 であるから、

$$-r\{W(1) - W(0)\} \quad p = 2s$$

である。この場合の利益は

$$p = 2s$$

における $2s + rW(0)$ で最大となる。

・これらと比較すると、問題は、 $s - r\{W(1) - W(0)\}/2$ と $-r\{W(1) - W(0)\}$ の大小関係である。 $W(0)$ を 2 つの場合に分けてチェックしよう。

イ . $s - r\{W(1) - W(0)\}/2 < -r\{W(1) - W(0)\}$ の場合

このとき、 p は最大でも $s - r\{W(1) - W(0)\}/2$ を上回らない。従って、

$$\{2s + rW(0)\} - \{2p + rW(1)\} \quad \{2s + rW(0)\}$$

$$- 2[s - r\{W(1) - W(0)\}/2] - rW(1)$$

である。ここで右辺は $rW(0) > 0$ より、

$$\{2s + rW(0)\} > \{2p + rW(1)\}$$

ロ . $s - r\{W(1) - W(0)\}/2 > -r\{W(1) - W(0)\}$ の場合

このとき、 p は最大でも $-r\{W(1) - W(0)\}$ を上回らない。従って、

$$\{2s + rW(0)\} - \{2p + rW(1)\} \quad \{2s + rW(0)\}$$

$$- 2[-r\{W(1) - W(0)\}] - rW(1)$$

である。右辺は、 $2s - r\{W(1) - W(0)\}$ であるが、これは、

$$s - r\{W(1) - W(0)\}/2 > -r\{W(1) - W(0)\}$$

より 0 より大である。よって、この場合も、

$$\{2s + rW(0)\} > \{2p + rW(1)\}$$

・以上より、既存企業の最適価格は $p = 2s$ であり、新規参入企業も同じ価格
 付けを行って市場をシェアすることが最適である。このとき、

$$W(0) = W(1) = 2s/(1 - s)$$

が得られる。

<モデルの主要な結論>

・まず、第1に明らかなことは、既存企業の利益 ($W(1)$) も新規参入企業の利益 ($W(0)$) もスイッチングコスト s の増加関数となっていることである。つまり、両者は共謀して s を高めることで、より高い利益を確保しうる。

・次に人口増加の効果である。人口増加は若年層の人口が (1 でなく) 例えば $n (> 1)$ であることを考えてみればよい。このとき、新規参入企業の利益の現在価値は、

$$\text{市場をシェアする場合： } np+rW(1)$$

$$\text{市場を支配する場合： } (1+n)(p-s)+rW(1)$$

となるから、既存企業は両者が無差別となるように p をつけるはずであり、この結果、 $p=(1+n)s$ が得られる。つまり、人口成長率が高いほど、供給価格は高くなる。

・最後に固定費用 f の効果を見ることとしよう。既存企業が有効に参入を阻止するためには、新規参入企業にとっての最適反応が $q > p$ となるようになるようにすればよい。 ~ を用いると、

$$\max [2(p-s) - f + rW(1), p - f + rW(1)] < rW(0) \dots$$

である。このときの既存企業の利潤は、

$$2p + rW(1) - f$$

であるが、これは ~ を用いると、

$$\min [f - rW(1) + 2rW(0), 2s + rW(0)] \dots$$

と書き換えられる。

他方、既存企業が新規参入企業と市場をシェアする場合には、利益が、

$$p - f + rW(1) > \max [2(p-s) - f + rW(1), rW(0)]$$

となっている必要がある。このとき、最適価格は $p=2s$ であり、利益は、

$$2s - f + rW(0) \dots$$

である。とより、参入阻止が効率的であるためには、

$$\min [f - rW(1) + 2rW(0), 2s + rW(0)] > 2s - f + rW(0)$$

が必要となる。minの前者は矛盾を生ずることから、

$$f > r\{W(1) - W(0)\}$$

が得られる。すなわち、固定費用が十分大きい場合は既存企業による参入阻止が発生する。

(補論 2) Stein (1997) のモデル

< 主要な仮定 >

- ・ 供給者のコストは、生産のための可変費用、取引費用と、市場参入の際のみにかかる固定費用が必要。
- ・ 同一目的に使用される機械を取引するため、每期、市場では 1 企業のみが供給を行うという独占状態が成立する。ただし、この市場は、新規参入企業および盗作企業の両者による潜在的な参入圧力にさらされている。
- ・ 新規参入企業と盗作企業は、ともに既存企業の生産技術は無コストで 사용할ことができる。また、新規参入企業は、R&D によって既存企業に対して優位性を発揮する。他方、取引費用については、市場に留まっていた期間に応じて、既存企業が優位性を発揮する。
- ・ 需要者は N 企業で一定であり、各々が同一のリザベーション価格 (U_t) をもって $1/N$ 単位を消費する (従って、総需要は 1 または 0)。

< モデルの内容 >

- ・ 最初に各企業の費用構造をみていく。まず、既存企業については、生産費用と取引費用をそれぞれ以下の通りとする。

生産費用 : C_t^i (添字 i は既存企業を、添字 t は時間を示す)

$$\begin{aligned} \text{取引費用 : } D_t^i &= d C_t^i \frac{A_t^i}{\bar{A}} \quad (A_t^i < \bar{A}) \\ &= d C_t^i \frac{\bar{A}}{A_t^i} \quad (A_t^i > \bar{A}) \cdot \cdot \end{aligned}$$

取引費用は learning-by-doing などの効果によって、当該企業が継続して生産する限りは每期低下していくとする (すなわち、 $d < 1$ より小)。ただし、その低下は \bar{A} までで止まることを併せて仮定する。

- ・ 新規参入企業は、生産費用と取引費用、および参入時の固定費用をそれぞれ以下の通りとする。

生産費用 : $C_t^e = \frac{1}{t} C_t^i$ (添字 e は新規参入企業を示す) · ·

取引費用 : $D_t^e = d C_t^e \cdot \cdot$

固定費用 : $K_t^e = k C_t^e \cdot \cdot$

ここで、まず $\frac{1}{t}$ については以下の 2 点を仮定する。

- イ . 新規参入企業は R&D の成果として新技術を使用することが可能であるため、生産技術の面では既存企業に対して優位に立つ ($\frac{1}{t}$ は 1 より小)。

□. θ_t は確率変数であるとし、累積密度関数を $G(\theta_t)$ と表す。

他方、取引費用では劣位にあることを併せて仮定する。すなわち、

$$D_t^e > D_t^i \text{ for all } t \text{ より、 } \theta_t \text{ を用いて } \theta_t > \theta_t^{A^i} \text{ for all } t$$

である。

- ・最後に盗作企業は、既存企業の技術をそのまま盗用するものとし、生産費用と取引費用を以下の通り仮定する（固定費用は不要となる）

$$\text{生産費用： } C_t^c = C_t^i \text{ (添字 } C \text{ は盗作企業を示す) } \cdot \cdot$$

$$\text{取引費用： } D_t^c = d C_t^c \cdot \cdot$$

- ・これらをもとに、次に市場成果をみることにする。仮定より明らかなように場合分けが必要となる。まず、参入が行われない場合については、既存企業による独占状態となるが、盗作企業より高い価格をつけることも不可能である。このため、既存企業の利潤は、 θ_t 、 $\theta_t^{A^i}$ を用いて、

$$(C_t^c + D_t^c) - (C_t^i + D_t^i)$$

$$= d C_t^i (1 - \theta_t^{A^*}) \cdot \cdot$$

となる。ただし、 $A^* = \min(A_t^i, \bar{A})$ である。

- ・次に参入が生じた場合を考える。新規参入企業が有効に参入しうるように、

イ. 新規参入企業は固定費用をサックする、

- . 新技術の使用によって、経常費用のベースでは新規参入企業が既存企業に対して優位に立つ、すなわち、

$$(C_t^e + D_t^e) - (C_t^i + D_t^i) < 0 \text{ より、 } \theta_t \text{、 } \theta_t^{A^i} \text{ を用いて}$$

$$\theta_t < (1 + d \theta_t^{A^i}) / (1 + d) \cdot \cdot$$

が常に成立する、

ことを仮定する。よって、参入した場合の新規参入企業の価格は $C_t^i + D_t^i$ となるから、この時の利潤は、 θ_t 、 $\theta_t^{A^i}$ を用いて、

$$(C_t^i + D_t^i) - (C_t^e + D_t^e + K_t^e)$$

$$= C_t^i \{ [(1 + d \theta_t^{A^*}) / \theta_t] - 1 - d - k \} \cdot \cdot$$

となる。そして、いったん参入すれば、新規参入企業が既存企業になることに注意すれば、将来参入を受けない場合の期待収益は、

$$\text{次期： } d C_i^e (1 - \dots)$$

$$\text{次次期： } d C_i^e (1 - \dots^2)$$

のようになることから、その現在価値は

$$d \left[\sum_{j=1}^{\bar{A}} \{(1 - \dots)^j X_j^e / (1 + r)^j\} \right. \\ \left. + \sum_{j=\bar{A}+1}^{\infty} \{(1 - \dots)^j X_j^e / (1 + r)^j\} \right] \cdot \dots$$

のような形式で表される。 X_j^e は新規参入企業がそのまま市場を支配しつづける確率であり、後で均衡条件から定義される。また、 r は割引率である。 \dots を Fe と定義すると、新規参入企業にとっての総期待収益 \dots は \dots より以下の通りとなる。

$$\dots = C_i^e \left[\{(1 + d \dots^{A*}) / \dots\} - 1 - d - k + Fe \right] \cdot \dots$$

<モデルから得られる結論>

- ・このモデルにおける均衡は、新規参入企業にとって参入に伴う期待収益が0となる場合に成立する。このときの技術水準 \dots を

$$\dots = \dots^* \text{ (既存企業が継続して市場を支配する期間)}$$

と表す。新規参入企業の保有しうる技術水準は、既存企業が長く市場を支配するほど R&D 期間が長くなることを反映してより優れたものとなる（1より小さい \dots の積となる）ことに注意しよう。

- ・そこでまず、新規参入企業にとって自らが有する技術水準が参入行動にどのような影響を与えるかを検討することとする。今期において参入が発生する確率が P で一定であるとすると、今期と来期ともに参入が生ずる確率は、

\dots および \dots の累積密度関数 G を用いて、

$$PG(\dots^* (1))$$

となる。同様に今期と次次期に参入がある確率は、

$$PG(\dots^* (2))$$

となることなどから、 \dots において提示した X_j^e 、すなわち新規参入企業が継続して市場を支配する確率は、

$$X_j^e = \prod_{j=1}^l [1 - PG(\dots^* (j))] \quad \text{ただし } l = \bar{A}$$

である。これは A に関する仮定より、

$$X_j^e = \prod_{j=1}^{\bar{A}} [1 - PG(\cdot(j))][1 - PG(\cdot(\bar{A}))]^{(j-\bar{A})}$$

ただし $1 \leq \bar{A} \leq \infty$

と変形される。これより明らかなように X_j^e は \cdot の減少関数であり、 \cdot を用いれば Fe も減少関数であることがわかる。すなわち、これは、新規参入企業にとっては新技術の優位性が低いほど、将来に参入を受けやすかつ期待収益が低いことを示している。

- ・ \cdot を用いると参入の頻度、すなわち「創造的破壊」について非常に興味深い結論を得ることができる。つまり、均衡では、新規参入企業にとっての期待収益がゼロとなることに着目しつつ、既存企業が市場を支配した期間を 1 および A とおいた結果を両辺同士の割ることによって、

$$\cdot(A) / \cdot(1) = (1 + d^{-A}) / (1 + d^{-1}) \cdot \cdot$$

をえる。 $\cdot < 1$ であるから、この式は \cdot が A の増加によっていわば加速的に小さくなることを示している。つまり、既存企業が継続して市場を支配すればするほど、その間に新規参入企業は R&D を通じてより優秀な新技術を手にする訳である。このことからみて、既存企業にとっては、市場を支配する期間が長くなるほど参入の脅威にさらされるように見える。

しかしこの \cdot と、

イ． $G(\cdot)$ が \cdot の増加関数であること、

ロ． \cdot の導出の際にみたように、参入を受けない確率が $1 - PG(\cdot)$ で示されること、

を考慮すれば、 A の増加、すなわち既存企業が継続して市場を支配する期間が増加するほどに新規参入企業による参入は起こりにくくなるという結論が得られることがわかる。しかも、一旦参入が生ずると (A が小さくなることを意味するから) 翌期以降に別の新たな新規参入企業による参入が発生する確率が上昇することもわかる。

こうして、「創造的破壊」における inertia の効果、すなわち、「創造的破壊」は始まりにくいものの、一旦開始されるとそれが繰返し発生するという Schumpeter が指摘した仮説がモデルによって再現された訳である。上記の議論からわかるように、既存企業の取引費用における費用逓減と新規参入企

業の生産コストにおける技術革新の両者に関する仮定がこのような効果を生み出していることに注意する必要がある。Stein (1997) はこの後、既存企業も R&D を行うケースを分析しているが、この場合、市場を支配すればするほど既存企業が獲得する優位性は強まるために、inertia の効果もより強まることを示している。

- ・なお、詳しい展開は省略するが、このモデルからは他にも以下のような結論を得ることができる。
 - イ．取引費用の費用逡減の強まり（ c の縮小）が参入行動（ x^* ）に与える影響は不明確である。直感的には、新規参入企業にとっては、 c の縮小は参入障壁を高める一方、期待収益をも増加させるからである。
 - ロ．固定費用の増加（ k の上昇）は参入行動に対して阻害要因となる。この点は、 c について均衡では 0 となることと、 Fe が x^* の減少関数であることを用いれば容易に導出できる。

(補論 3) Katz and Shapiro (1985) のモデル

< 主要な仮定 >

- ・需要者と供給者は以下のようなゲームを行う。
 - 需要者は、機械の供給量に対する予想をたてる。
 - 供給者は、需要者の予想を踏まえ、また、他の供給者による供給を所与として供給を行う（ただし、供給コストはゼロと仮定する）。
 - 需要者は、各自のリザーベーション価格との対比によって、需要を決める。これらより明らかなように、モデルの均衡は、需要者と供給者全てによる供給量に関する予測が実現するという意味でのクールノー均衡となる。
- ・供給者 i による供給量を x_i で表し、 x_i が互換性を持っている機械のグループを y_i で表すこととする。例えば、1 番目の供給者から n 番目の供給者が相互に互換性を有する機械を供給している場合は以下ようになる。

$$y_i = \sum_{j=1}^n x_j$$

なお、需要者による予測を、上添字の e によって表すこととする。

- ・需要者による機械の評価、すなわち、リザベーション価格は以下の2つの部分からなるものとする。

機械自体への評価： r (r は需要者によって異なり、 $[1, A]$ に1づつ一様分布することを仮定)

ネットワーク外部性への評価： v (v は、全ての需要者で同一であり、互換性を有する財の総供給量に関する予測に依存することを仮定)

つまり、 $v = v(y^e)$ である

[$v'(y^e) > 0$ 、 $v''(y^e) < 0$ 、 $y = 0$ のとき、 $\lim_{y \rightarrow 0} v(y^e) = 0$ をそれぞれ仮定]

- ・需要者は、互換性のある機械のグループ y_i が価格 p_i で供給されている場合、 p_i を上にみたりザベーション価格と比較することにより購入の有無を決める。すなわち y_i に関する限界的需要者においては、以下の式が成立する。

$$r + v(y_i^e) = p_i \dots$$

これを逆に見て、

$$p_i - v(y_i^e) = r$$

が成立しているとしよう。このとき、 r に関する一様分布の仮定から、実際に購入する需要者数は $(A - p_i)$ 人とわかる。

$$(A - p_i) = z$$

とおくと、

$$A + v(y_i^e) - p_i = z \dots$$

であるから、

$$p_i = A + v(y_i^e) - z \dots$$

も得られる。価格は、ネットワークに対する需要者の評価と実際の需要量に依存する。

<モデルから得られる結論>

- ・まず、社会的最適性について考えることとする。

供給者 i の利潤 π_i は、より、

$$\pi_i = x_i (A - z + v(y_i^e))$$

である。 $z = \sum_{j=1}^n x_j$ に注意しながら、この利潤を x_j で微分してゼロとおけば

クールノー均衡が以下のように得られる。

$$x_i^* = A + v(y_i^e) - \sum_{j=1}^n x_j \dots$$

右辺は p_i と等しいことに注意されたい。

均衡では、この式が全ての $i \in [1, n]$ で同時に成立することから、

$$(n+1) \sum_{j=1}^n x_j = nA + \sum_{j=1}^n v(y_j^e)$$

となり、これを x_i に代入すれば、

$$x_i^* = \{A + n v(y_i^e) - \sum_{j=i}^n v(y_j^e)\} / (n+1) \dots$$

が得られる。また、 y_i より

$$p_i = p_i x_i^* = (x_i^*)^2 \dots$$

であることもわかる。

次に需要者の消費者余剰であるが、 r の分布に注目して考えると、
 イ . r が $r + v(y_i^e) - p_i$ の範囲にある需要者、すなわち z が実際に需要すること、

ロ . $r =$ の需要者が需要する場合、消費者余剰は、 $+ v(y_i^e) - p_i$
 $= + z - A$ であること、

から、消費者余剰の合計は以下のように示される。

$$S = \int_{A-z}^A (+z - A) d r = z^2 / 2 \dots$$

従って、社会厚生は、 S 、 W より、

$$W = \sum_{i=1}^n (x_i^*)^2 + z^2 / 2 \dots$$

となる。この式は均衡では常に成立するから、社会厚生は、全ての財が相互に交換性を有し、全ての供給者が実際に供給している場合に最大となる。

・均衡では交換性が上昇すると必ず総供給量は増加することを示す。
 完全な交換性の場合 $y_i = z$ が全ての供給者に関して成立するが、そうでない場合は、少なくとも1供給者については、 $y_i < z$ が成立する。

ここで、総供給量 z は、

$$x_i = A + v(y_i) - z$$

を全ての供給者について合計した式

$$(n+1)z = nA + \sum v(y_i) \dots$$

の解となることに注意すれば、完全な交換性の場合には、

イ . 式での $\sum v(y_i)$ は $n v(z)$ となり、

ロ . $n v(z) > \sum v(y_i)$ が成り立つ (v は concave である) から、

交換性の上昇が供給量を増加させることが証明された。

・従って、 W を考慮すると (均衡同士で比較した場合、) 交換性の上昇は総供

給量の増加を通じて、かならず需要者の厚生を増加させることがわかる。しかし、供給者にとっては、互換性の上昇にコストが必要である場合には、互換性上昇を選択しない可能性がある。すなわち、より、互換性の上昇に伴う社会厚生の変化は、

$$W = S +$$

である。あわせて $S > 0$ を考慮すれば $W >$ が得られるから、互換性の上昇のためのコスト f が

$$W > f >$$

を満たすほどに大きければ、供給者にとっては互換性上昇のメリットはなく、こうした戦略は採用されないこととなる。

(補論 4) Helpman and Trajtenberg (1994) のモデル

< 主要な仮定 >

- ・このモデルの特徴は、経済成長モデルに中間財の独占的競争を組み合わせたものであり、主な仮定は以下のようになっている。

- イ．最終財は中間財のみを用いて生産され、潜在的な参入のために、ここでは利潤は生じないものとする。

- ロ．他方、各中間財の開発、生産は、各企業が労働のみを投入要素として独占的に行う。このとき、中間財の開発については、潜在的参入のために均衡では利潤が生じない一方、生産については独占的競争が展開される。

- ハ．技術は中間財に体化されており、最終財の生産においてはその時点でもっともコストが小さい GPT が使用されるとする。このため、GPT の転換は、新たな GPT を用いた最終財の生産に必要な中間財のセットが揃った時点で生ずる。

- ・中間財生産を考えるために、まず、最終財の生産量を定義する。i 番目の GPT に必要な中間財のセットを $x_j, j \in [0, n_i]$ とすると、最終財の生産 Q_i

は、以下のような技術によって表されるものとする。

$$Q_i = \dots D_i \dots$$

ただし、 $D_i = [\int_0^{n_i} (x_i(j))^a dj]^{1/a}$, $0 < a < 1 \dots$

また、上記の生産量を制約条件として、生産コストつまり中間財の購入コストの最小化条件を導出すると、中間財の価格 $p_i(j)$ を用いて、

$$x_i(j) (p_i(j))^{1/(1-a)} = -1/(1-a) D_i \quad (\text{ただし、} \lambda \text{ はラグランジュ乗数})$$

を得る。この関係は、右辺から明らかなようにいかなる j に対しても成立することに注意しつつ、中間財の購入コストの式を変形すると、

$$x_i(j) = (p_i(j))^{-1/(1-a)} D_i / [\int_0^{n_i} (p_i(j))^{-a/(1-a)} dj]^{1/a}$$

が導かれる。

・そこで、中間財の生産についてみることにする。中間財の生産技術について、中間財 1 単位あたり 1 単位の労働投入が必要であると仮定する。従って、中間財生産者は独占的競争を行うため、中間財価格と生産量は同一の GPT に対して全て等しいことがわかる。そこで、利潤最大化は賃金 w を用いて、

$$\{p_i(j) - w\}x_i(j)$$

という式の最大化を意味するから、上で求めた $x_i(j)$ を代入することで、価格と生産量が以下のような簡単な式で表現できることがわかる。

$$p_i(j) = w / a$$

$$x_i(j) = x_i \text{ (for all } j) \dots$$

これを用いると、上の D_i は、

$$D_i = n_i^{(1-a)/a} X_i \quad (\text{ただし、} X_i = n_i x_i) \dots$$

と変形される。生産技術に関する仮定から、 X_i が i 番目の GPT にとって必要な中間財のセットの生産に要する労働投入量にもなっていることに注意すれば、最終財 1 単位当りの労働投入量 b_i は次のように表現される。

$$b_i = X_i / Q_i = (1 / \dots)(1 / n_i^{(1-a)/a}) \dots$$

b_i は中間財の数が多い (n_i が大きい) ほど小さいことを示している。

・他方、最終財価格 P_Q は、最終財生産者では利潤が生じない、すなわち中間財の投入コストと最終財の販売収入が均等化するように定められるから、 $P_Q = w b_i / a$ を用いて以下のようなになる。

$$P_Q = w b_i / a \dots$$

・これらから、中間財生産者の利潤を導くことができる。すなわち、中間財

1 単位当りの利潤は $(1 - a)w / a$ であるから、総利潤は、とより、

$$v_i = \{(1 - a)w b_i Q_i\} / (n_i a) \dots$$

となる。この v_i を用いると、中間財生産者の企業価値は、

$$v_i(t) = \int_t^\infty \exp(-R(t, z)) (v_i(z) dz) \dots$$

$$(ただし、R(t, z) = \int_t^z r(z) dz)$$

と表されるから、 t で微分することにより、企業価値の成長率に関する裁定条件を以下のように得る。

$$(\dot{v}_i / v_i) + (v_i / v_i) = r(t) \dots$$

・次に、労働市場の需給を考える。労働を使用するのは中間財の生産と開発であるが、前者については、生産 1 単位当りに労働投入 1 単位と仮定している。一方、後者は以下のような技術条件を仮定する。

$$n_i \dot{v}_i dt = (l_i / A) dt$$

このことは、1 単位の時間に l_i の労働力を雇用すると、中間財 l_i / A 単位を開発することを意味する。新たな中間財 1 単位の価値は v_i に他ならない一方、労働 1 単位の賃金が w であることを考慮すれば、中間財の開発者において潜在的参入のために利潤がゼロとなるには、

$$v_i l_i / A = w l_i、または、$$

$$v_i = w A \dots$$

が必要である。従って、労働供給を L とすると、上に見たような中間財の開発と生産に必要な労働需要から、労働市場の需給均等条件は次のように示される。

$$A \sum_{i=1}^m n_i + \sum_{i=1}^m b_i Q_i = L \dots$$

(ここで m は、現行の GPT が最終財生産に使用される一方、新たな GPT のための中間財の開発や生産が同時進行することを表現している)

・最後に、消費者の効用最大化である。効用関数を $\log C$ と仮定し、効用最大化を

$$\max [\int_t^\infty \exp(-R(t, z)) \log C(z) dz]$$

とおく。この結果、消費は、

$$(C \dot{ } (t) / C(t)) + (P \dot{ }_Q / P_Q) = r(t) -$$

の経路を満たすことになる。ここで、 $C(t) = \sum_{i=1}^m Q_i(t)$ であり、消費支出をニュメールとおけば、

$$P_Q \sum_{i=1}^m Q_i(t) = 1 \text{ および } r(t) = \dots$$

が得られる。

<モデルから得られる結論>

・このモデルによる経済は2つのサイクルを辿って推移する。まず、第1段階は、最終財生産では現行のGPTが使用される一方で、中間財生産者は新たなGPTのための開発・生産を開始している。このとき、 \dot{w}/w 、 \dot{n}_i/n_i 、 \dot{P}_Q/P_Q を用いると、

$$\dot{w}/w = \dots$$

であり、また、 \dot{n}_i/n_i 、 \dot{P}_Q/P_Q より、

$$\dot{n}_i/n_i = (1/A)(L - a/w)$$

も得られる。

・第2段階は、最終財、中間財ともに新たなGPTの下で生産される。このときは、 \dot{w}/w 、 \dot{n}_i/n_i 、 \dot{P}_Q/P_Q より、

$$\dot{w}/w = \dots - (1-a)/A w n_i$$

と第1段階に比べて上昇が抑制される一方、 \dot{n}_i/n_i 、 \dot{P}_Q/P_Q より

$$\dot{n}_i/n_i = (1/A)(L - a/w) \text{ は引き続き成立する。}$$

・このモデルでは、GDPは賃金および中間財生産者の利潤の合計で表される。 \dot{w}/w 、 \dot{n}_i/n_i より、後者は最終財売上げ = 総消費支出 = 1の(1-a)のシェアであることから、名目GDPは

$$wL + (1-a)$$

となる。よって、 \dot{w}/w 、 \dot{n}_i/n_i より、最終財価格でみた実質GDPは

$$G = \{L + (1-a)/w\} a \sum_{i=1}^m n_i^{(1-a)/a}$$

となる。この式は、賃金上昇は実質GDPを減少させる一方、生産に使用さ

れる中間財の増加は実質 GDP の増加要因になることを示している。従って、第 1 段階では第 2 段階に比べて実質 GDP は停滞することが導かれた。

(補論 5) Grossman and Helpman (1991) のモデル

< 主要な仮定 >

- ・このモデルは、技術革新を中間財の開発によって捉えるという点では（補論 4）と同じである。その他の仮定を整理すると以下ようになる。
- イ．熟練労働力と非熟練労働力の 2 種類があり、労働者は自らの合理的な選択によりスキルの習得を受けて熟練労働力になることができる。スキル習得の技術は一定であるとし、労働者にとってのスキル習得のコストは機会賃金のみであるとする（追加的な資源投入は不要）。
- ロ．これら 2 種類の労働は、最終財の生産と中間財の開発に際して、それぞれ異なった比率で使用される。ただし、簡単化のため、それぞれの比率（費用関数の形状）は一定とするとともに、費用関数は 2 種類の労働に関して 1 次同次であるとする。なお、最終財の生産のためには、中間財の投入も必要である。

< モデルの内容 >

- ・消費者に関する仮定は（補論 4）と同じであるため、最終財の価格 P_x 、生産量 = 消費量 X 、時間選好率 ρ に関して、消費に関する効用最大化と総消費をニユメールとおくことから以下の関係を得る。

$$r(t) = \dots$$

$$P_x X = 1 \dots$$

- ・最終財生産と中間財開発のための 1 単位あたりの費用をそれぞれ、

$$C_x = C_x(W_l, W_h) \dots$$

$$C_g = C_g(W_l, W_h) \dots$$

と表す。ここで、 W_l と W_h はそれぞれ非熟練労働力および熟練労働力の賃金である。これらから、最終財生産については、生産コストが、

$$C_x(W_l, W_h)X$$

となることを利用すれば、（補論 4）と同様の生産コスト = 中間財購入費用の最小化より以下の関係を得る。

$$P_x = C_x(W_l, W_h) / a \dots$$

また、中間財開発については、中間財の増加速度 ($= n' / n$)を用いて総コストが以下のように表現される。

$$C_g(W_l, W_h)$$

- ・ (補論4) のモデルと同様に、最終財生産では均衡で利潤が生じないと仮定するので、中間財1単位の開発による売上げは、

$$P_x - C_x(W_l, W_h)$$

で表現され、さらに より

$$(1 - a) P_x X$$

と変形される。したがって、(補論4) で導出した中間財開発における期待収益率と時間選好率との均等関係は、中間財開発のコストを用いて、

$$= \{(1 - a)P_x X - C_g(W_l, W_h)\} / C_g(W_l, W_h)$$

すなわち、

$$+ = \{(1 - a)P_x X / C_g(W_l, W_h)\} \cdot \cdot$$

となる。

- ・ 最終財生産および中間財開発の総コストと shephard's lemma を用いると、非熟練労働力および熟練労働力の総需要はそれぞれ

$$\{ \partial C_g(W_l, W_h) / \partial W_l \} + \{ \partial C_x(W_l, W_h) / \partial W_l \} X$$

$$\{ \partial C_g(W_l, W_h) / \partial W_h \} + \{ \partial C_x(W_l, W_h) / \partial W_h \} X$$

となる。これらが、それぞれの労働供給 L および H と等しくなることが労働市場の均衡条件である。これらを、一次同時の仮定を用いつつ、変微分の表記を簡略化することで以下のように表す。

$$A_{Lg} + A_{Lx} X = L \cdot \cdot$$

$$A_{Hg} + A_{Hx} X = H \cdot \cdot$$

- ・ 最後に、労働者のスキルの習得に関する選択をみておくこととしよう。スキルの習得にはその間就業できないことによる機会賃金のコストが生ずることと、消費には時間選好があることを考慮すると、合理的な労働者は、

イ．非熟練労働力のままで働く、

ロ．先にスキルの習得を受け、その後熟練労働力として働く、

のいずれかを選択することになる。それぞれの総収入は、

$$\int_t^{t+T} \exp\{- (- t)\} W_l d = (1 - \exp(- T)) W_l / \cdot \cdot$$

$$\int_{t+S}^{t+T} \exp\{-r(t-S)\} W_h h(S) d$$

$$= [\exp(-rS) - \exp(-rT)] W_h h(S) / \dots$$

となる。ただし、 $h(S)$ は習得期間 S によって得られるスキルを表し、

$$h'(S) > 0, \quad h''(S) < 0 \text{ かつ } h(0) = 0$$

を仮定する。さらに、 \square を選択した労働者による最適な S の選択を考え
てみると、均衡では、 S の限界的な延長に伴うコストと期待収益が等しくな
なければならないから、

$$\begin{aligned} & \exp(-rS) W_h h(S) dS \\ & = \{\exp(-rS) - \exp(-rT)\} W_h h'(S) dS / \end{aligned}$$

となり、これを整理すると以下のようになる。

$$1 - \exp\{-r(T-S)\} = h'(S) / h(S) \dots$$

また、 \square 、 \square を連立させることで、2種類の労働の相対賃金について、

$$\begin{aligned} & W_h / W_l \\ & = \{1 - \exp(-rT)\} / \{\exp(-rS) - \exp(-rT)\} h(S) \dots \end{aligned}$$

という関係を得る。

< モデルの主要な結論 >

- ・ (補論4)と同様に、この経済の一般均衡は中間財開発の収益率に係る均衡
と労働市場の均衡の連立として現れる。前者は、

$$+ = \{(1-a)P_x X / C_g(W_l, W_h)\} \dots$$

であるが、費用関数の1次同次性の仮定と \square から、

$$(1-a) / (+) = W_l C_g(1, W_h / W_l) \dots$$

と変換される。これを \square 曲線と呼ぶこととする。他方、後者については、
まず、最終財生産および中間財開発の総コストに占める非熟練労働力およ
び熟練労働力の各々に対する賃金コストのシェアが以下のように表される
ことに注意しよう。

$$l_x = A_{Lx} W_l / C_x(W_l, W_h)$$

$$H_x = A_{Hx} W_h / C_x(W_l, W_h)$$

$$L_g = A_{Lg} W_l / C_g(W_l, W_h)$$

$$H_g = A_{Hg} W_h / C_g(W_l, W_h)$$

これらと \square および \square を用いると、労働市場の均衡式 \square および \square は、

$$\{ l_x a + L_g C_g(W_l, W_h) \} / W_l = L \dots$$

$$\{ H_x a + H_g C_g(W_l, W_h) \} / W_h = H$$

と書き換えられる。ここで、 H は熟練労働力の総価値を示しており、これ
を人数に直すには $h(S)$ で割る必要があることに注意すると、熟練労働力の

人数は、

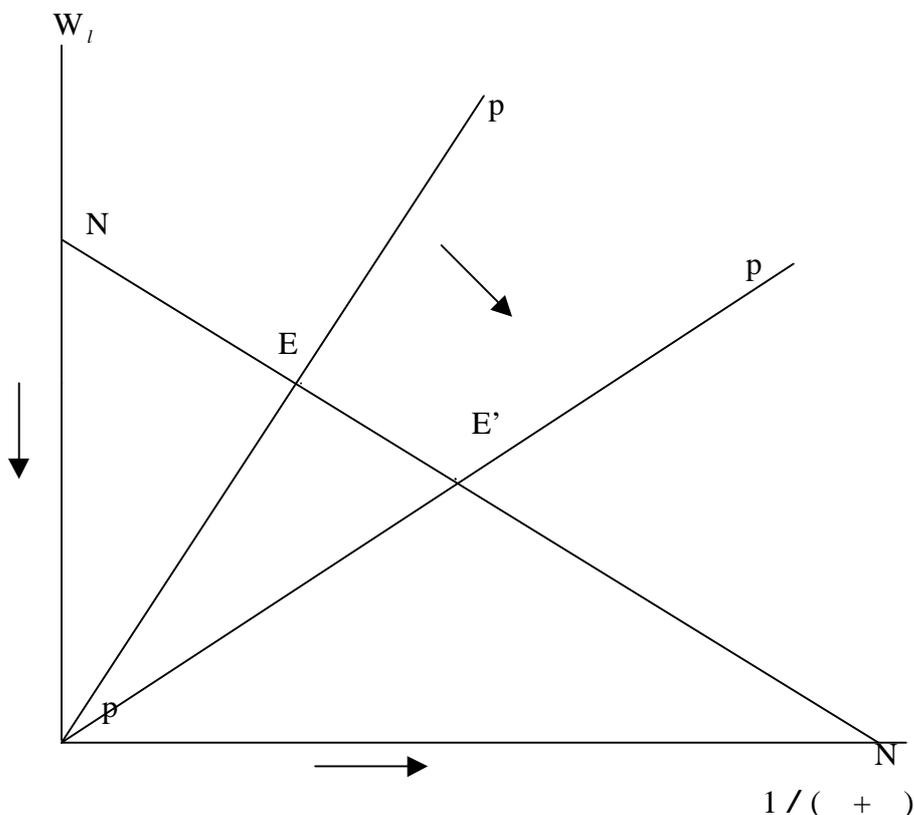
$$\{ L_x a + L_g C_g(W_l, W_h) \} / W_h h(S) \cdot \cdot$$

となる。したがって、 L_x と L_g の和が総労働人口 N に等しいことから、 L_x および L_g を併せて考慮することで、労働市場の均衡式を以下のように得る。

$$\begin{aligned} & [L_x a + L_g (1 - a) \{ 1 - \exp(-S) / (T + S) \}] \\ & + [T \{ \exp(-S) - \exp(-T) \} / (T - S) \{ 1 - \exp(-T) \}] \\ & \times [L_x a + L_g (1 - a) \{ 1 - \exp(-S) / (T + S) \}] = W_l N \end{aligned}$$

これを NN 曲線と呼ぶことにする。

- NN 曲線と PP 曲線を $W_l - [1 / (T + S)]$ 平面上に書いてみると次のようになる。



- ここで、新技術の導入に伴う労働スキルの習得コストをスキルの習得が困難化することとして捉えることとしよう。すなわち、 $h(S)$ を

$$h(S) = A \overline{h(S)}$$

と変換して、 A が縮小した場合の均衡の変化を見るわけである。 A の下落は、

より明らかなように PP 曲線を時計周りに回転させる一方、 NN 曲線を変化させないので、上の図より明らかなように、

W_l の下落と $1 / (T + S)$ の上昇

をもたらす。この経済にとっては、中間財の開発速度が経済成長率であることを考慮すれば、このことは経済成長率の低下が生じたことを示している。直感的には、Aの低下によって、労働者のスキルの習得へのインセンティブが下がる一方非熟練労働力への指向が強まるが、(最終財および中間財の生産技術が固定的であるため、)労働市場の均衡条件から W_l が下落する。他方、熟練労働力の相対賃金の上昇が中間財開発の収益性を低下させるため、その開発速度が低下するわけである。なお、Aの低下はSには影響しないことに注意する必要がある。なぜなら、

$$1 - \exp\{- (T - S)\} = h'(S) / h(S) \cdot \cdot$$

より明らかなように、熟練労働力としてのメリットの低下は、スキルの習得期間における機会費用も同時に低下させるため、両者がキャンセルするからである。

参考文献

- Aghion, Philippe and Peter Howitt (1992), "A Model of Growth through Creative Destruction", *Econometrica*, 60 (2), pp.323-351
- Baily, Martin and Robert Gordon (1988), "The Productivity Slowdown, Measurement Issues, and the Explosion of Computer Power", *Brookings Paper on Economic Activity*, (2), pp.347-431
- Barro, Robert (1990), "Government Spending in a Simple Model on Endogenous Growth", *Journal of Political Economy*, 98 (5), pp.s103-s125
- Barro, Robert and Xavier Sala-i-Martin (1995), *Economic Growth*, McGraw-Hill
- Berg, Sanford (1989), "The Production of Compatibility : Technical Standards as Collective Goods", *KYKLOS*, 42, pp.361-383
- Bresnahan, Timothy and Manuel Trajtenberg (1995), "General Purpose Technologies 'Engines of Growth?'", *Journal of Econometrics*, 65, pp.83-108
- Brynjofsson, Erik (1993), "The Productivity Paradox of Information Technology", *Communications of the Association for Computing Machinery*, December, pp.66-77
- Caballero, Ricardo and Adam Jaffe (1993), "How High are the Giants' Shoulders : An Empirical Assessment of Knowledge Spillovers and Creative Destruction in a Model of Economic Growth", *NBER Macroeconomic Annual*, pp.15-86

- Crafts, Nicholas (1996), "The First Industrial Revolution : A Guided Tour for Growth Economists", *AEA Papers and Proceedings*, 86 (2) , pp.197-201
- David, Paul (1990), "The Dynamo and the Computer : An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox", *AEA Papers and Proceedings*, 80 (2), pp355-361
- David, Paul (1994), "Positive Feedbacks and Research Productivity in Science: Reopening Another Black Box", in *Economics of Technology*, O.Greenstrand eds, Elsevier Science
- Devine, Warren (1983), "From Shifts to Wires: Historical Perspective on Electrification", *Journal of Economic History*, 43 (2), pp.347-372
- Farrel, Joseph and Garth Saloner (1986), "Standardization and Variety", *Economic Letters*, 20, pp.71-74
- Farrel, Joseph and Carl Shapiro (1988), "Dynamic Competition with Switching Costs", *Rand Journal of Economics*, 19 (1), pp.123-137
- Freeman, Chris and Luc Soete (1997), *The Economics of Industrial Revolution*, 3rd Edition, MIT Press
- Goldin Claudia and Lawrence Katz (1996), "Technology, Skill, and the Wage Structure : Insights from the Past", *AEA Papers and Proceedings*, 86 (2) ,pp.252-267
- Grossman, Gene and Elhanan Helpman (1991), *Innovation and Growth in The Global Economy*, The MIT Press
- Helpman, Elhanan and Manuel Trajtenberg (1994), "A Time to Sow and A Time to Reap : Growth Based on General Purpose Technologies", *NBER Working Paper Series No.4854*
- Helpman, Elhanan and Manuel Trajtenberg (1996), "Diffusion of General Purpose Technologies", *NBER Working Paper Series No.5773*
- Jaffe, Adam and Manuel Trajtenberg (1996), "Flows of Knowledge from Universities and Federal Labs : Modeling the Flow of Patent Citations over Time and across Institutional and Geographic Boundaries", *NBER Working Paper Series No.5712*
- Jones, Charles (1998), "The Japanese Economy in a World of Knowledge-Based Growth", *Discussion Paper Series 98-E-16*, Institute for Monetary and Economic Studies, Bank of Japan
- Jordan, Matsudaira (1998), "Buy Two Computers and Call Me in the Morning", *Discussion Paper*, Fujitsu Research Institute
- Katz, Michael and Carl Shapiro (1985), "Network Externalities, Competition and Compatibility", *American Economic Review*, 75 (3), pp.424-440

- Klemperer, Paul (1987), “The Competitiveness of Markets with Switching Costs”, *Rand Journal of Economics*, 18 (1), pp.138-150
- Matutes, Carmen and Pierre Regibeau (1988), “ Mix and Match : Product Compatibility without Network Externalities”, *Rand Journal of Economics*, 19 (2), pp.221-234
- Milgrom, Paul and John Roberts (1990), “The Economics of Modern Manufacturing : Technology, Strategy and Organization”, *American Economic Review*, 80 (3), pp.511-528
- Morrison, Catherine (1997), “Assessing the Productivity of Information Technology Equipment in U.S. Manufacturing Industries”, *Review of Economics and Statistics*, pp.471-481
- Oliner, Stephen and Daniel Sichel (1994), “Computers and Output Growth Revisited : How big is the Puzzle?”, *Brookings Paper on Economic Activity*, (2), pp.273-334
- Pagano, Marco and Tullio Jappelli (1993), “Information Sharing in Credit Markets”, *Journal of Finance*, 68 (5), pp.1693-1718
- Radner, Roy (1992), “Hierarchy : The Economics of Managing”, *Journal of Economic Literature*, pp.1382-1415
- Ramey, Valerie and Matthew Shapiro (1997), “Costly Capital Allocation and the Effects of Government Spending”, presented at *Carnegie-Rochester Public Policy Conference at Rochester*, New York, April
- Sah, Raaj and Joseph Stiglitz (1986), “The Architecture of Economic Systems : Hierarchies and Polyarchies”, *American Economic Review*, 76 (4) ,pp.716-727
- Sharpe, Stephan (1990), “Asymmetric Information, Bank Lending, and Implicit Contracts: A Stylized Model of Consumer Relationships”, *Journal of Finance*, 65 (4), pp.1069-1087
- Sichel, Daniel (1997), *The Computer revolution-An Economic Perspective*, Brookings Institution Press
- Solow, Robert (1956), “A Contribution on the Theory of Economic Growth”, *Quarterly Journal of Economics*, 70, pp.65-94
- Stein, Jeremy (1997), “Waves of Creative Destruction: Firm-Specific Learning-by-Doing and the Dynamics of Innovation”, *Review of Economic Studies*, 64, pp265-288
- 井上哲也 (1997), 「 情報化関連産業の成長とその捕捉における問題について 」, 『金融研究』 16 卷 4 号、日本銀行金融研究所

大森 徹 (1998), 「国民経済計算におけるコンピュータ・ソフトウェアの取り扱いに関する概念的整理」、ディスカッション・ペーパー・シリーズ、98-J-30、日本銀行金融研究所
情報サービス産業協会 (1997) 『情報サービス産業白書 1996年』
通商産業省 (1998) 『情報処理実態調査 1997年』