

研究開発および革新の動学分析

小野俊夫

I 成長企業の技術革新と研究開発

資本主義経済の動態的發展が、企業による技術革新によって大きく影響されることは、経験的にも理論的にも広く認められているところである。このような技術革新は、当該経済にとっては新しい科学・技術を、企業が現実に生産工程に導入したり、新規もしくは改良生産物の生産に導入したりすることによって行なわれるものである。したがって新しい科学・技術もそれが単に知識の段階にとどまっている限り、革新とはなりえず、経済体系に対してなんらの実質的効果を与えるものではない。技術革新に関するかつての諸研究においては、新しい科学・技術的知識は不断の流れとして経済体系の外から与えられており、革新的諸企業にとっては、望むならばすぐに採用可能な形で用意された与件として考えられていた^①。しかしながら、現実の革新的成長諸企業は自ら独自の技術開発を進め、技術革新を行なっている。いわゆる R&D (Research and Development) がそれである^②。新技術の研究開発は、とくに所有と経営の分離による現代大法人企業においては、長期的計画に基づく企業活動の一側面となっている。したがって、われわれは企業による技術革新の問題をとり上げる場合、新しい科学・技術的知識の研究開発の着手から革新を経て、その後の企業活動に至る全過程を考えなければならない。

このような研究が行なわれるようになったのは、比較的新しいことであ

る⁴³⁾。シェアラ (F. M. Scherer) [13] の先駆的な業績⁴⁴⁾を初めとして、カミンとシュワーツ (M. I. Kamien and N. L. Schwartz) [5], [6], [8] などの一連の研究では、研究開発の期間ならびに革新の導入期間 (あるいは、これらを革新の速度ということもできる) をめぐる、潜在的な革新的企業間の競争的対抗が重視され、分析されている。また、ロウリー (G. C. Loury) [9] は、これらの研究に依存しながらも、研究開発の成果に関する不確実性と将来の市場に関する不確実性を重視して、分析を進めている。あるいはまた、スワン (P. L. Swan) [15] では、革新の導入時期が独占の場合と純粹競争の場合とでいかに異なりうるかが分析されている。要するに、近年の諸研究では、市場構造と革新の速度の関係が究明されているわけであるが、これは古くして新しい問題である。そしてこれらの諸研究では、おおむね伝統的な企業の利潤極大化行動が仮定されている⁴⁵⁾。

ここでは観点を變えて、必ずしも無制約に利潤極大化を求めるとは限らない、現代巨大法人企業の問題として、研究開発および革新の問題を考えることにしよう。このような企業については、一連の現代企業成長理論によって分析が行なわれており、私自身もモデル構成を試みたことがある ([19])。この種の理論では、企業成長に対する制約条件の範囲内でさまざまな長期企業目標が追求されうる可能性が、まず認められている。そして、実際に採用される特定の目標達成のために、当初の産出量ないし企業規模と生産物価格、ならびに成長率が決定され、以後、この価格と成長率を維持して、企業は永続的成長を試みるものとされている。ところで、一定の需要を拡張していくためには、それに相当する拡張費が必要とされる。従来、これには、販売促進費 (広告宣伝費、販売部員増員に伴う費用など)、研究開発費、そして企業規模拡張に伴うすべての費用が含められていた。先行する諸理論と拙稿 [19] との重要な差異は、このように包括的な拡張費から、企業の長期計画の大幅な改訂を必要とするような大きな革新のた

めの研究開発費と、革新導入を成功裡に進めうるための当初の市場開拓費を分離し、これらを革新費と名づけて独立に扱ったことである⁽⁶⁾。

しかしながら〔19〕においては、研究開発期間ならびに革新導入時点は所与であり、したがって革新費の大きさも所与であるものとして、革新導入時点における企業の長期計画の問題を考えた。本稿の目的は、〔19〕に研究開発期間したがって革新導入時点を企業の政策変数として導入し、分析を進めることである。この場合、研究開発費の関係については、他の多くの諸研究がそうであるように、シェアラー〔13〕に従うことにする。なお、私のこれまでの研究と同様、革新企業（もしくは企業の革新部門）は単一生産物を生産するものとする⁽⁷⁾。とくに生産物に関する研究開発・革新にかかわる企業行動が、寡占的相互依存関係によって大きな影響を受けることは、多くの諸研究によって重視されているように、否定しえない⁽⁸⁾。拙稿〔19〕ではとりあげなかったが、この問題を、一企業の革新部門と在来部門との依存関係の問題とともに、本稿では考えることにする。これは、革新企業ないし企業の革新部門の独立的行動をまず仮定して得られる分析結果が、上述のような依存関係によって、いかに影響されるかを考察することによってなされる。では、モデルの構成に進むことにしよう。

注

- (1) 技術的知識の生産にまでさかのぼる研究は、従来きわめて数少なかった。この分野での先駆的な作業を続けてきたヤコブ・シュムクラー (J. Schmo-
okler)の業績〔14〕は高く評価されてよいであろう。
- (2) これに関する理論的ならびに実証的研究は、とくにアメリカ合衆国では数多くなされている。マンスフィールド (E. Mansfield)の一連の研究をはじめとして、この分野での諸研究は、主としていろいろな学術雑誌と数多くの論文の形で発表されており、ここに枚挙する余裕をもたない。たとえば、Mansfield〔10〕, pp. 212-8の文献目録を参照して頂きたい。また、諸学者のこれまでの諸研究の成果に基づいて、この研究分野の概観を与えてくれるものとして、Mansfield〔11〕がある。
- (3) 研究開発から革新に至る過程については、従来ほとんど明らかにされてい

なかったことが、マンスフィールドによって指摘されている。E. Mansfield, "The Process of Technical Change," in [16], p. 136. 最近の諸研究の概観は、Kamien and Schwartz [7] によって与えられている。

- (4) シェアラール [13] については、私自身かつて検討を加えたことがある。拙稿 [18]。
- (5) この点に関する例外は、ハーシュ (W. Z. Hirsch) [4] であり、所有と経営の分離のために、諸企業は成長を条件として利潤極大化を求め、技術的に進歩している企業はしばしば成長志向型である、と述べている (p. 37)。しかし [4] は小さな論文であり、示唆的ではあるが、具体的なモデルが提示されているわけではない。
- (6) 拙稿 [19], pp. 3-4 および p. 6 参照。
- (7) したがって、以下では生産物革新 (product innovation) を対象とするわけであるが、革新にはまた、既存生産物の生産費を引下げる生産工程革新 (process innovation) がある。しかしながら、この区分は当該革新の成果の利用者に依存し、前者によって導入された革新生産物を利用する産業では、生産工程革新が行なわれたことになろう。これについては、Kamien and Schwartz [7], p. 2 参照。また、この問題は耐久生産物の耐久期間とも関係がある。これについては、Swan [15], p. 628 参照。なお拙稿 [19] に生産物の耐久期間を導入したものが、拙稿 [20] である。
- (8) 企業の日常的な決意形成においては、寡占的相互依存関係は小さな役割しか演じない、とする立場をとるポーモル (W. J. Baumol) も、革新のための計画をなすにおいてはそうでないことを認めている。Baumol [3] Chap. 3 参照。

II モデル構成

当該企業は、自らの研究開発の成果たる革新を導入することによって、従来になくまったく新しいか、あるいは改良された、単一生産物の生産を行なうものとする。このための研究開発・革新およびその後の企業活動に関する全体的な計画は、時点 $t = 0$ においてなされ、研究開発も同時に着手されるものとする¹⁾。この計画によれば、時点 $t = T$ において問題の革新が導入され、生産物の生産と販売が開始されて、以後、無期限に続行されていくことになる。したがって T は、当該革新の導入時点、あるいは革

新生産物の生産・販売開始時点を示すとともに、問題の研究開発期間を示すものである。

1. 研究開発・革新費

特定の品質の生産物を生み出すための研究開発は、時点0から時点 T に至るまでの期間 T にわたって、継続的な費用を伴う。これについては、シェアラー [13] に従って定式化することにしよう⁽²⁾。さて、このような各時点の研究開発費は、図1におけるように、時間の経過とともに上昇していき、時点 T において最高になるようなベル型の時間径路を示すことが、経験的な研究から知られているという⁽³⁾。いうまでもなく、同じ品質の生産物を生み出すのに必要とされる研究開発期間を変更することは、可能である。しかしながら、各時点における研究開発費は、 T を短縮するためにはいっそう多く必要とされるであろうし、 T を延長すればかなり軽減されるであろう⁽⁴⁾。時点 t における期待研究開発費を H_t とし、目標生産物の品質を N とすれば、これらの関係は、シェアラーに従って

$$(1) H_t = H(t, T, N)$$

として定式化することができる。以下では、 N は前もって決定されているものとする⁽⁵⁾。

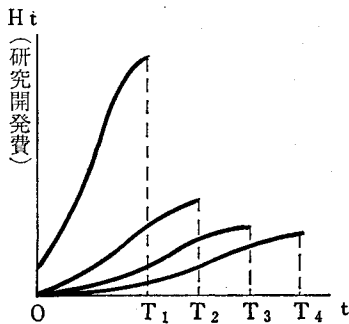


図1

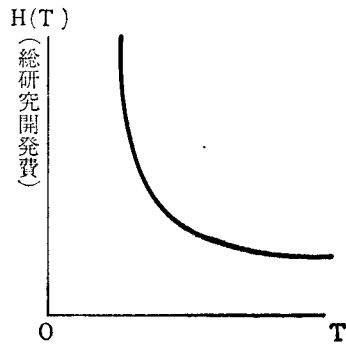


図2

時点0における H_t の評価額の系列を研究開発期間にわたって集計すれば、期待研究開発費総額の計画時点 ($t = 0$) における評価額 $H(T)$ が得られる。 T と $H(T)$ との関係は、図2に示されているように、両軸に対して一般に凸であるとされている。すなわち、 T が短縮 (延期) されるにつれて、 $H(T)$ は通増 (通減) 的な率で増大 (減少) する。この点を考慮すれば、

$$(2) \quad H(T) = \int_0^T H_t e^{-it} dt ; H'(T) \equiv \frac{\partial H(T)}{\partial T} < 0 \quad \text{かつ}$$

$$H''(T) \equiv \frac{\partial^2 H(T)}{\partial T^2} > 0$$

として定式化される。ここに i は割引率である⁽⁶⁾。

さて、企業が時点 T において革新生産物の生産・販売を軌道に乗せうるためには、それに先立って、 $H(T)$ 以外にもなんらかの革新費が必要とされるであろう。すなわち、新しい生産・販売組織の設立費や当初の市場開拓費等がそれである。さらに既存企業の場合には、既存設備の大幅な改変あるいは完全な廃棄による費用が伴う。これらの革新費は、革新の規模に依存すると考えられるから、当初 (時点 T) の資本量 K に比例するものとし、資本一単位当りの額を h としよう。シェアラーによっては考慮されていないが、この hK を計画時点における評価額に直して $H(T)$ に加えれば、当該革新の導入のために必要とされる研究開発・革新費総額が得られる。すなわち、

$$(3) \quad H(T) + hKe^{-iT}$$

がそれである⁽⁷⁾。

2. 需要条件

企業は常に生産物に対する下降需要曲線に当面するが、時点 T の需要曲線の位置と形状は、上述の革新費の支出の結果としてのみ与えられ、 T からは独立しており、需要の価格弾力性は、考慮される需要曲線上のどの点

についても同一かつ一定である（と企業は想定している）ものとしよう。生産物価格を p ，産出量を Q ，需要の価格弾力性を η とすると，

$$(4) \quad Q = p^{-\eta} \text{ あるいは } p = Q^{-1/\eta}$$

である。全体としての計画に基づいて設定される一定の p のもとで，時点 T 以後の Q_t （ただし， $\tau \equiv t - T \geq 0$ ）は，同様に設定される最適成長率 g で拡大されていくことになるから，

$$(5) \quad Q_t = Q e^{g\tau}$$

となる。また，売上高 R_t は，時点 T におけるそれを R として，

$$(6) \quad R_t = p Q_t = R e^{g\tau} = Q^\theta e^{g\tau}; \theta \equiv 1 - 1/\eta$$

となる。売上高は極大点以下が選ばれるから $\eta > 1$ であり，したがって， $0 < \theta < 1$ である。

3. 経常費用

(i) 経常生産費

投入物は一定の結合比率で用いられ，規模に関しては収穫不変であるものとする。また投入物価格を一定とすると，資本一単位当りの経常生産費は一定となる。これを a とし，資本一単位の価格を m ，減価率を d とすると，経常総生産費 C_t は

$$(7) \quad C_t = (a + md) K_t = c K_t; c \equiv a + md$$

となる。資本一単位の生産能力を b とすれば，

$$(8) \quad Q_t = b K_t$$

であり，(5)より

$$(9) \quad K_t = K e^{g\tau}$$

となるから，

$$(7)' \quad C_t = c K e^{g\tau}$$

となる。また，(6)は

$$(6)' \quad R_t = b^\theta K^\theta e^{g\tau}$$

となる。

(ii) 販売努力費

一定の価格のもとで新規需要を継続的に開拓して、販売を一定の率 g で拡張していくためには、それに相当する努力と支出が必要である。すなわち、広告宣伝や、品質と直接関係のないデザイン変更ないし改良などのための支出、あるいは販売員の増員に伴う教育訓練費や運営費などの増加がそれである。このような支出は売上高の一定割合であり、この割合は g のみに依存し、 g の増加関数 $s(g)$ であるものとしよう。すなわち、

$$(10) \quad s(g)R_{\tau} = s(g)Qe^{g\tau} \equiv s(g)b^0 K^0 e^{g\tau}$$

である。そして $g=0$ のとき $s(0)=0$ 、 $s'(0)\geq 0$ であり、 $g>0$ のとき $s(g)>0$ 、 $s'(g)>0$ 、 $s''(g)>0$ となり、また、 $s(g_1)=1$ となるような成長率 $g_1 < i$ が存在するものとする。

4. 設備投資

革新導入時点 T （したがって $\tau=0$ ）における設備投資は mK であるが、以後の企業成長のために必要な資本設備への付加的純投資額 I_{τ} は、(9)より

$$(11) \quad I_{\tau} = gmKe^{g\tau}$$

となる。

5. 収益と企業の評価額

経常売上高 R_{τ} から経常総生産費 C_{τ} と販売努力費 $s(g)R_{\tau}$ を差し引いたものが、経常利益 L_{τ} である。すなわち、

$$(12) \quad L_{\tau} = r(g)Re^{g\tau} - cKe^{g\tau} ; r(g) \equiv 1 - s(g)$$

である。ここで $r(g)$ は $s(g)$ の性質から g の減少関数であり、 $r(0)=1$ 、 $r'(0)\leq 0$ であり、 $g>0$ については $r(g)<1$ 、 $r'(g)<0$ 、 $r''(g)<0$ となり、また $g = g_1 (< i)$ のとき $r(g_1) = 0$ となる。

さて、将来にわたる $(L_{\tau} - I_{\tau})$ の系列の時点 $\tau=0$ （すなわち時点 $t=T$ ）における割引価値総額を、さらに計画時点 ($t=0$) において割引評価した

額から、研究開発・革新費の計画時点における評価額を控除することによって、この革新企業の市場評価額（市場価値） V が得られる⁽⁸⁾。(3), (11)および(12)から、

$$V = \int_T^{\infty} (L_t - I_t) e^{-(i-g)t} dt \cdot e^{-iT} - \{hKe^{-iT} + H(T)\}$$

であり、したがって

$$(13) \quad V = \{\xi(g, K) - hK\} e^{-iT} - H(T);$$

$$\xi(g, K) = \frac{r(g)R - (gm + c)K}{i - g}$$

となる。

6. 制約条件

現代の企業成長理論では、企業活動を制約する条件としていくつかのものが考えられているが、かなり広く受け容れられているものは、経営の安全性を確保するために、企業の市場評価額 V が安全最低評価額を下回らないように維持していかなければならないとする条件である⁽⁹⁾。いわゆる安全最低評価率を v とすれば、革新導入時点 T における安全最低評価額は vmK となるが、これを V と比較するためには、計画時点における評価額としなければならない。こうして、問題の制約条件は

$$(14) \quad V \geq vmKe^{-iT}$$

によって与えられることになる。また、両辺の差額を W とすれば、この条件は

$$(15) \quad W \equiv V - vmKe^{-iT}$$

$$= \{\xi(g, K) - (h + vm)K\} e^{-iT} - H(T) \geq 0$$

として示される。

注

- (1) これは、最適な研究開発・革新計画に達するまでの時間が短いことを意味するが、第一次接近としてこのような仮定をおくことの妥当性については、Scherer [13], p. 366 and n. 3 を見よ。

- (2) Scherer [13], pp. 360-2, および拙稿 [18], pp. 120-1 参照。ただし用いられている記号は、本稿のものとは異なる。
- (3) シェアラーは文献として, M. J. Peck & F. M. Scherer, *The Weapons Acquisition Process: An Economic Analysis*, Harvard Business School, Division of Research, 1962, p. 311 をあげている。また, 以下の結果は, 彼の先行する二つの研究によって明らかにされたものであるという。
 “Government Research and Development Programs,” in *Measuring Benefits of Government Investments*, ed. by R. Dorfman, Brookings Institution, 1965, pp. 34-56; “Time-Cost Tradeoffs in Uncertain Empirical Research Projects,” *Naval Research Logistics Quarterly*, March 1966, pp. 71-82. なお, マンスフィールドもこれまでの諸研究について紹介している。Mansfield [11], pp. 72-5 参照。
- (4) シェアラーは, これは研究開発期間の短縮には三つの型の収益逡減の作用が働くためであるとしている ([13], pp. 360-1) が, マンスフィールド ([11], pp. 73-5) によれば, 研究開発費についてのいろいろな提言はそれぞれ正しいかもしれないが, その経験的検証はあまりなされていないということであるから, ここではこれ以上立ち入らないことにする。
- (5) 拙稿 [20] は T を考えず, N を生産物の耐久期間としてとらえ, その決定についての分析を試みたものである。
- (6) シェアラーは e^{-it} を用いることなく積分しているが, ミスプリントであろうか。なお, シミュレーション分析のための具体的な定式化もなされているが, これには割引率が用いられている (p. 361)。また, Kamien and Schwartz [8], p. 251 も見よ。
- (7) 拙稿 [19] および [20] では, T したがって $H(T)$ を所与とし, 時点 T を計画時点としているために, (3) は $H + hK$ となり, 単に革新費と名づけた。また, 以下において $T = 0$ とすれば, 本稿のモデルは [19] のモデルになる。
- (8) なお, これについては, 拙稿 [21], p. 23, 注(10)を参照されたい。
- (9) この制約条件は, 拙稿 [19] で採用したものである。なお, その他の諸条件 (安全成長のための設備投資資金あるいは必要最低利潤) との関連 (分析上は, 結局, 同一のことに帰するのであるが) については, [19], pp. 9-10 を参照されたい。

III モデルの分析

1. 予備的考察

さて、(13)および(15)を用いて問題の解明に進むことができるが、ここで考えられている企業の政策変数は、研究開発期間したがって革新導入時点 T 、当初（革新導入時点）の資本量 K 、および成長率 g の三つである。（産出量 Q と生産物価格 p は、 K によって決定される。）ここでは、これらの変数を同時に取り扱うことをせず、順次、 K あるいは g を与えられたものとして、他の二変数について分析することにする。そして当該企業もしくは企業の当該部門は他を考慮することなく、独立的な行動をとりうるものとして、まず分析を行なうが、これは、採択される企業目標に応じて、決定される政策変数、 T と g 、もしくは T と K （したがって p ）の値が、いかに異なりうるかをまず陽表的に分析するためである。他企業もしくは他部門との依存関係が、ここで得られる結果に対していかなる影響を与えるかについては、IVにおいて考察することにする。

さて、 K あるいは g を所与とするそれぞれの場合において、一定の W を与えるものと当該企業によって期待される、二変数のさまざまな値の組合せを示す等量線を考えることができる。以下の分析における重要な課題は、それぞれの場合について、まず、 $W=0$ の等量線をグラフ的に確定することである。いうまでもなく、これは当該企業活動の長期的な安全性を保証する限界を示すものであるから、企業はこの安全活動可能限界線を含む内部領域において、所定の長期目標達成のための政策変数の値を決定しなければならない。以下では、まず企業の市場評価額 V の極大点を確定し、ついで安全活動可能限界線の確定に進むこととする。このために必要な諸式をつぎに列挙しておこう。

$$(15)' \quad W = V - vmKe^{-iT} = \{\xi(g, K) - (h + vm)K\} e^{-iT} - H(T) = 0$$

$$\xi(g, K) = \frac{r(g)R - (gm + c)K}{i - g}$$

$$(16) \quad \frac{\partial V}{\partial T} = -i\{\xi(g, K) - hK\} e^{-iT} - H'(T)$$

$$(17) \quad \frac{\partial W}{\partial T} = \frac{\partial V}{\partial T} + ivmKe^{-iT}$$

$$(18) \quad \frac{\partial V}{\partial g} = \frac{\partial W}{\partial g} = \xi'(g)e^{-iT},$$

$$\xi'(g) \equiv \frac{\partial \xi(g, K)}{\partial g} = \frac{\{r'(g)R(i - g) + r(g)R - (im + c)K\}}{(i - g)^2}$$

$$(19) \quad \frac{\partial V}{\partial K} = \{\xi'(K) - h\} e^{-iT}$$

$$\xi'(K) \equiv \frac{\partial \xi(g, K)}{\partial K} = \frac{\{\theta r(g)b^\theta K^{-1/\eta} - (gm + c)\}}{i - g}$$

$$(20) \quad \frac{\partial W}{\partial K} = \frac{\partial V}{\partial K} - vme^{-iT}$$

$$(21) \quad \frac{\partial^2 V}{\partial T^2} = i^2\{\xi(g, K) - hK\} e^{-iT} - H''(T)$$

$$(22) \quad \frac{\partial^2 W}{\partial T^2} = \frac{\partial^2 V}{\partial T^2} - i^2vmKe^{-iT}$$

$$(23) \quad \frac{\partial^2 V}{\partial T \partial g} = \frac{\partial^2 W}{\partial T \partial g} = -i\xi''(g)e^{-iT}$$

$$(24) \quad \frac{\partial^2 V}{\partial T \partial K} = -i\{\xi'(K) - h\} e^{-iT}$$

$$(25) \quad \frac{\partial^2 W}{\partial T \partial K} = \frac{\partial^2 V}{\partial T \partial K} + ivme^{-iT}$$

$$(26) \quad \frac{\partial^2 V}{\partial K^2} = \frac{\partial^2 W}{\partial K^2} = \xi''(K)e^{-iT} = -\frac{\theta r(g)RK^{-2}e^{-iT}}{\eta(i - g)}$$

以下の分析において想起すべきことは、 $\theta \equiv 1 - 1/\eta$ であり、需要の価格弾力性 $\eta > 1$ より $0 < \theta < 1$ であること、また、 $s(0) \simeq 1$ 、 $0 < s'(g)$ 、 $0 < s''(g)$ 、および $r(g) \equiv 1 - s(g)$ より、 $r(0) \simeq 1$ 、 $r'(g) < 0$ 、

$r''(g) < 0$ であり、かつまた、 $s(g_1) = 1$ 、したがって $r(g_1) = 0$ となる g_1 ($< i$) が存在することである。

Ⅲ A 初期資本量が所与の場合

たとえば、実行される技術革新の技術的条件によって、当初（時点 T ）の資本量 K が決定されているものとしよう。この場合には、(8) および (4) によって、産出量 Q および価格 p も同時に決定されることになる。ここでの問題は、当該企業による研究開発期間 T と成長率 g の決定について考察することである。

A 1. 企業評価関数

最初に企業評価関数 V の極大点を求めることから始めよう。このために、 $\partial V / \partial g = 0$ のグラフをまず考えてみる。 $\partial V / \partial g = 0$ のためには、(18) より

$$(18') \quad r(g) + (i - g)r'(g) = \frac{(c + im)K}{R} \left[= \frac{(c + im)K^{1/\eta}}{b^{\theta}} \right]$$

でなければならない。 $g = 0$ のとき、左辺 ≈ 1 であり、 g の上昇とともに左辺は逡減していき、ある値の g_0 ($< g_1$) においてゼロとなる。すなわち、横軸に g を測るとき、左辺のグラフは、縦軸上の 1 の近傍から出発して下降し、横軸上の g_0 に達する右下りの曲線となる。他方、右辺は正であるが、計画が採算の可能性のあるものであれば 1 を下回る。（さもなければ、このような計画は最初から問題とされなかったであろう。）したがって、 g 軸に平行な直線となる右辺のグラフは、左辺のグラフと一点で交わり、こうして (18') すなわち $\partial V / \partial g = 0$ を満足する g_K が求められることになる（図は省略）。いうまでもなく、この g_K の大きさは所与の K の大きさに依存する。 K が大きいほど (18') の右辺のグラフは上方に位置するから、 g_K は小となる。注意すべき点は、こうして求められた g_K は $\partial V / \partial g = 0$ を満足するにとどまり、決定されるべき最終的なものではないことである。さて、

横軸に T ，縦軸に g を測る (T, g) 平面上に $\partial V/\partial g = 0$ のグラフを示せば， $g = g_K$ の水平な直線となる (図 A 2)。この直線の上側では $\partial V/\partial g < 0$ となり，下側では $\partial V/\partial g > 0$ となる。

つぎに $\partial V/\partial T = 0$ のグラフを考えよう。 $\partial V/\partial T = 0$ のためには，(16)より

$$(16') \quad -H'(T) = i\{\xi'(g) - hK\}e^{-iT} \\ = \{R - (c + ih)K\}e^{-iT} \quad (g = 0 \text{ のとき})$$

でなければならない。 T の延長による研究開発費の減少額 $[-H'(T)]$ のグラフは，図 2 からわかるように，図 A 1 に示されているようなものとなり，これは g から独立である。他方，右辺は g にも依存するが， $g = 0$ の

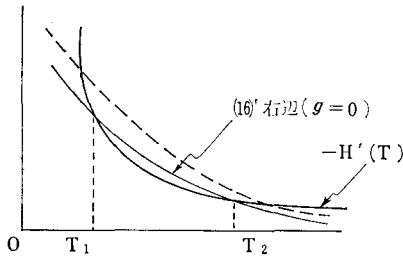


図 A 1

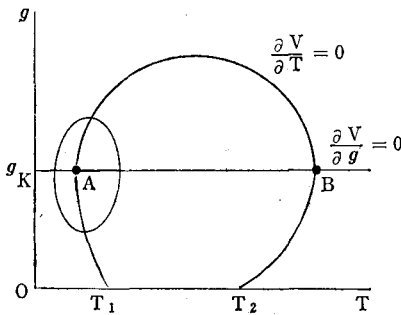


図 A 2

とき第二式となり，このグラフは図 A 1 に図示されているようなものとなる。(18)の $\xi'(g)$ から知られるように， g が上昇していくにつれて $\xi'(g)$ は初めプラスであったとしても次第に減少していき，やがてはマイナスとなるから，(16') の右辺の曲線は，初め上方にシフトしていくが，やがて下方にシフトしていくことになる。非負のいかなる可能な $g (< g_1)$ に対しても，この曲線が曲線 $-H'(T)$ の下側にあって，両者が交わることがないならば，あらゆる T について $\partial V/\partial T > 0$ となる。これは，

T を拡大するほど有利となること、すなわち、問題の革新を無期延期することを意味する。したがって、ここでは、 $g = 0$ に対して両曲線が交わる場合について考えよう。

この場合には、(16)'したがって $\partial V/\partial T = 0$ を満足する T は、二つの値 T_1 および T_2 をもつ。 g が増加するにつれて、しばらく右辺の曲線は上方にシフトしていくから、小さい方の T は減少し、大きい方の T は増加していく。やがて曲線の下方シフトが始まると、 g の増加とともに、小さい方の T は増加し、大きい方の T は減少していき、両曲線が接するときの g に対して T は一つの値をもつ。こうして、 $\partial V/\partial T = 0$ のグラフは、図A 2に示されているように、 T 軸上に二点 T_1 および T_2 をもつ、つぼ型の曲線となることがわかる⁽¹⁾。この外側では $\partial V/\partial T > 0$ であり、内側では $\partial V/\partial T < 0$ である。

つぎに進む前に、直線 $\partial V/\partial g = 0$ と曲線 $\partial V/\partial T = 0$ の関係についてみておこう。後者の勾配は $dg/dT = -(\partial^2 V/\partial T^2)/(\partial^2 V/\partial T \partial g)$ であるが、(18)、(21)および(23)から知られるように、 $\partial V/\partial g = 0$ のとき、 $\partial^2 V/\partial T \partial g = 0$ 、 $\partial^2 V/\partial T^2 \neq 0$ となる。すなわち、それらの直線と曲線は、図A 2におけるように、二つの交点AおよびBをもつが、それらの交点において、曲線 $\partial V/\partial T = 0$ の勾配は垂直になる。したがってこの曲線は、交点Aの下側では右下り、上側では(頂点に至るまでは)右上りとなり、交点Bとの関係についてはその逆となる。

さて、 V の極大点は問題の直線と曲線の交点の一つにおいて求められるが、以上の考察から知られるように、交点Aがそれであり、交点Bは鞍点(saddle point)である。極大の企業評価額より低い任意の値を与える等評価線は、図A 2に示されているように、 V の極大点を囲む環を構成し、極大点から遠ざかるほど低い V の値を与えることになる。いうまでもなく、それは(13)の V にその値をおいた式によって示される。その勾配は $dg/dT =$

$-(\partial V/\partial T)/(\partial V/\partial g)$ であるから、それぞれの等評価線は、直線 $\partial V/\partial g = 0$ と交わるとき、その勾配は垂直に、曲線 $\partial V/\partial T = 0$ と交わるとき、その勾配は水平になる。

A2 安全活動可能領域

つぎの問題は、(15') によって与えられる安全活動可能限界線を構成することである。これは、 $V = vmKe^{-iT}$ をもたらず (T, g) の軌跡を求めることである。 $V = vmKe^{-iT}$ のグラフは g 軸に平行な直線であり、 T が大きいほど右方に位置して、小さな V を示す。それぞれ同一の V を与える、これらの直線の一本と等 V 線との交点ないし接点の軌跡を求めれば、安全活動可能限界線が得られるが、ここでは、等 V 線を求めたのと同様の手順に従って、 $W = 0$ を与える問題の限界線を構成する。

まず、 W の極大点を確定しなければならないが、(18)より、 $\partial W/\partial g = 0$ のグラフは、すでにみた直線 $\partial V/\partial g = 0$ と同一である。しかし、 $\partial W/\partial T = 0$ のためには、(17)より

$$(17') \quad -H'(T) = i\{\xi(g) - hK\}e^{-iT} - ivmKe^{-iT}$$

とならなければならない。右辺のグラフは、図A1における(16')の右辺のグラフを $ivmKe^{-iT}$ だけ下方に押し下げたものとなる(ただし、この効果は T が小なるほど大きく、 T が増加するにつれて遞減する)。したがって曲線 $\partial W/\partial T = 0$ は、曲線 $\partial V/\partial T = 0$ と同様のつぼ型となるが、後者の内部にあって、やや右方に片寄った状態になる⁽²⁾。この曲線の外側では $\partial W/\partial T > 0$ 、内側では $\partial W/\partial T < 0$ となる。

曲線 $\partial W/\partial T = 0$ も直線 $\partial W/\partial g = \partial V/\partial g = 0$ と二つの交点をもつが、それぞれの交点において曲線の勾配は垂直になることが、(18)、(22)および(23)よりわかる。 W の極大点は左側の交点となること、またこの点は V の極大点の右方に存在することも、以上の考察から明らかである。そして曲線 $\partial W/\partial T = 0$ の傾斜も、 W の極大点の下側では右下り、上側では(頂点に至

対応する研究開発期間 T^*_{MaxV} と成長率 g^*_{MaxV} が採択されるが、これらは (16') と (18') とから求められる。また、企業の安全最低評価額 $vmKe^{-iT}$ を上回る V の超過額 W の最大化が目標とされる場合には、 $MaxW$ 点に対応する T^*_{MaxW} と g^*_{MaxW} が採択され、それらは (17') と (18') とから求められる。これに対して、革新による企業活動の成長率の最大化が目標とされる場合には、安全活動可能限界線の頂点の $Maxg$ 点に対応する T^*_{Maxg} と g^*_{Maxg} が採択される。これらは (15') と (17') とから求められる。

もし企業が革新の早期導入を（ただそれだけの理由から）望むならば、 $MinT$ とそれに対応する $g^*_{MinT}(=g_K)$ が採択され、これらは (15') と (18') とから決定される。これに対して、研究開発期間の上限 $MaxT$ が採択される可能性は、まったくないであろう。というのは、 $MaxT$ を与える点から、安全活動可能限界線上を $Maxg$ 点まで移動していくにつれて、同一の安全基準のもとで g を高めていくことができるからであり、あるいはまた、左方へ水平に進むにつれて、同一の g に対して V ないし W を高めていくことができるからである。同様に、成長率の下限 $Min g$ が採択される可能性もない。企業のいかなる基準からみても、 $MaxT$ 点や $Min g$ 点は最適とはならない。

さて、可能なさまざまな企業目標の中から特定の目標が選ばれると、それに応じて最適な T^* と g^* が決定される。成長率の最大化が目標とされる時、当然のことながら g^* は最高となるが、 T^* は最大となるから、研究開発費 $H(T^*)$ は最小となり、革新費 hK と当初の物的資本投下額 mK の支出は最も遅くなる。しかしながら（ここでは K したがって R は所与であるから）、十分な時間の経過の後には、経常的な販売努力支出 $s(g^*)Re^{g^*t}$ と物的投資 $g^*mKe^{g^*t}$ は、他の目標が採択される場合のそれらを越えて増大していく。 g の最大化以外の目標、すなわち $MinT$, $MaxV$, もしくは $MaxW$ が選ばれる場合には、対応する g^* は同一であるが、 T^* はこの順に

大となっていき、 $T^*_{MinT} < T^*_{MaxV} < T^*_{MaxW}$ となる。そして研究開発費や、販売努力支出および物的投資の大小関係は、これと逆になる。ここで興味ある点は、成長率の最大化が追求される場合には、その他の目標が追求される場合に比して、長い研究開発期間が採択されることである。いいかえれば、高い成長率を達成しようとする企業は、主導的な革新企業となることを自ら断念して、むしろ追隨的な革新企業となる道を選ぶであろう、ということである。

注

- (1) (16)'の右辺のグラフが曲線 $-H'(T)$ と左側の一点でしか交わらない場合も考えられるが、この場合には、 $\partial V/\partial T=0$ のグラフは、図A2の左側半分の弓型の曲線となる。しかし以下の議論において問題とされるのは、曲線 $\partial V/\partial T=0$ については左側部分のみであるから、このことによって以下の議論は実質的な影響を受けない。
- (2) これについても、前注(1)と同様のことがいえる。
- (3) いま、 $W=-H(T)$ を与える等 W 線を考えてみよう。このとき、(15)'より $\{\xi(g, K) - (h+vm)K\}e^{-iT}=0$ であるから、曲線の勾配は $dg/dT=i\{\xi(g, K) - (h+vm)K\}/\xi'(g)$ となる。これがゼロのとき(すなわち、曲線 $\partial W/\partial T=0$ と交わるとき)、曲線 $\partial W/\partial T=0$ の勾配は $dg/dT=-H'(T)/i\xi'(g)e^{-iT}$ となることが、(2)および(3)からわかる。また、 $MaxW$ 点の存在する直線 $\partial W/\partial g=0$ の上側では、 $\partial W/\partial g=\xi'(g)e^{-iT}<0$ であるから、この領域で曲線 $W=-H(T)$ が曲線 $\partial W/\partial T=0$ と交わるのは、後者の勾配が正となる部分であることがわかる。限界線 $W=0$ は曲線 $W=-H(T)$ の内側に存在するから、本文で述べたようになる。

III B 企業成長率が所与の場合

たとえば全般的な経済状況ないし需要状態などによって、成長率 g が一定の水準に固定されているものとしよう。ここでの問題は、研究開発期間 T と当初(時点 T) の資本量 K (したがって産出量 Q および価格 p) の決定について考察することである。

B 1. 企業評価関数

まず、企業評価額 V の極大点を求めるために、 $\partial V/\partial K = 0$ のグラフを考えよう。(19)より、所与の g に対して、 K は

$$(19') \quad K_{gv} = \left[\frac{\theta r(g)b^g}{g(m-h) + c + ih} \right] \eta$$

として求められる。 K_{gv} は g が大きいほど小さく、 $g = g_1$ のときゼロとなる ($r(g_1) = 0$)。注意すべき点は、この K_{gv} は $\partial V/\partial K = 0$ を満足するにとどまり、最終的な決定値ではないことである。横軸に T 、縦軸に K を測る (T, K) 平面上に $\partial V/\partial K = 0$ のグラフを示せば、 $K = K_{gv}$ の水平な直線となる (図 B 2)。この直線の上側では $\partial V/\partial K < 0$ 、下側では $\partial V/\partial K > 0$ となる。

つぎに $\partial V/\partial T = 0$ のグラフをみよう。(16)より、 $\partial V/\partial T = 0$ のためには

$$(16'') \quad -H'(T) = i\{\xi(K) - hK\}e^{-iT}$$

でなければならない。 $-H'(T)$ のグラフは図 B 1 に示されているようなものとなり、これは K から独立である。右辺は K にも依存するが、 K を一定とすれば、右辺のグラフは図 B 1 に示されているようなものとなる。ところで、右辺の $\{\xi(K) - hK\}$ は、(19)の $\xi'(K)$ を考えればわかるように、 K が小さいうちは、 K の増加とともに増加していくが、 K がある大きさに達して後、さらに増加していくと、逆に減少していく。したがって、右辺のグラフが曲線 $-H'(T)$ の下側に位置するような十分に小さな K から出発するものとする、 K が増加するにつれて右辺のグラフは上方に移行し、ある K の値のとき曲線 $-H'(T)$ に接し、さらに K が増加するとともに上昇していくが、やがて下方にシフトし始め、再び曲線 $-H'(T)$ に接することになる。あらゆる大きさの K について、右辺のグラフが曲線 $-H'(T)$ の下側に存在するような革新は、無期延期されるから、ここでは、上述のような場合を考えよう。

この場合には、両曲線の接点をもたらしような二つの大きさの K (K_1 お

よび K_2) と、それぞれの K に対応する二つの T (T_1 および T_2) が存在する。 K が小さい方の K_1 から増加していくにつれて、対応する T は二つずつ確定される。 K の増加によって、小さい方の T は減少し、大きい方の T は増加していくが、やがて T の変化方向は逆転して、その差を縮小していき、 K が K_2 に達したとき T_2 になる。こうして $\partial V / \partial T = 0$ を与える曲線は、図 B 2 に示されているように、閉じられた環となる⁽¹⁾。その外側では $\partial V / \partial T > 0$ 、内側では $\partial V / \partial T < 0$ となる。

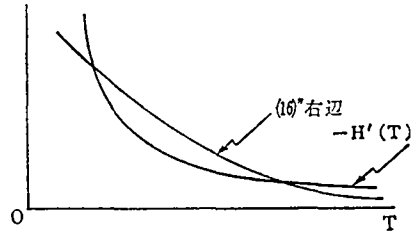


図 B 1

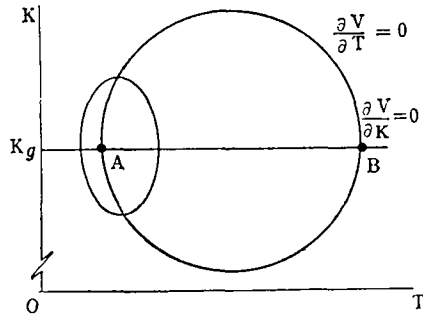


図 B 2

ここで、直線 $\partial V / \partial K = 0$ と曲線 $\partial V / \partial T = 0$ の関係についてみよう。後者の勾配は $dK/dT = -(\partial^2 V / \partial T^2) / (\partial^2 V / \partial T \partial K)$ であるが、(19)、(21) および (24) から知られるように、両者の交点において曲線 $\partial V / \partial T = 0$ の勾配は垂直になる。図 B 2 にみられるように、交点は二つ存在するが、 V の極大点は左側の交点 A であり、交点 B は鞍点であることは、以上の考察から明らかである。曲線 $\partial V / \partial T = 0$ は、 V の極大点の下側では（最下点に至るまでは）右下り、上側では（頂点に至るまでは）右上りとなる。

極大の V より低い任意の値をもたらす等 V 線は、図 B 2 におけるように、 V の極大点を囲む環となり、極大点から遠ざかるほど低い V を与える。(13) の V にその値をおいた式によって、等 V 線は与えられる。その勾配は、

$dK/dT = -(\partial V/\partial T)/(\partial V/\partial K)$ であるから、直線 $\partial V/\partial K = 0$ と交わるとき垂直に、曲線 $\partial V/\partial T = 0$ と交わるとき水平になる。

B 2. 安全活動可能領域

つぎの問題は、(15)' の安全活動可能限界線を確定することである。これは、 $V = vmKe^{-iT}$ を与える (T, K) の軌跡を求めることであるが、等 V 線を求めたのと同様の手順によって、まず W の極大点を求め、ついで $W = 0$ を与える等 W 線を構成すればよい。

まず $\partial W/\partial K = 0$ のグラフについてみよう。(20)より、所与の g に対して、 K は、

$$(20)' \quad K_{gW} = \left[\frac{\theta r(g)b^g}{gm + c + (i-g)(h + vm)} \right]^{1/\eta}$$

となる。これは、 $\partial V/\partial K = 0$ から求められた (19)' の K_{gV} よりも、[] 内の分母が $(i-g)vm$ だけ大であるため、 $K_{gW} < K_{gV}$ である。すなわち、直線 $\partial W/\partial K = 0$ は直線 $\partial V/\partial K = 0$ の下方に位置し、上側では $\partial W/\partial K < 0$ 、下側では $\partial W/\partial K > 0$ である。

つぎに $\partial W/\partial T = 0$ のグラフについては、(17)より

$$(17)'' \quad -H'(T) = i\{\xi(K) - hK\}e^{-iT} - ivmKe^{-iT}$$

でなければならない。右辺のグラフは、図 B 1 における (16)'' の右辺のグラフを $ivmKe^{-iT}$ だけ下方に押し下げたものとなる（同一の K については、 T が小(大)になるほどその効果は大(小)であり、同一の T については、 K が増加するにつれてその効果は大となる）。したがって曲線 $\partial W/\partial T = 0$ は、曲線 $\partial V/\partial T = 0$ と同様に閉じられた環となるが、後者の内部にあって、やや右下方 (T 軸プラス方向、 K 軸マイナス方向) に片寄った状態となる⁽²⁾。この曲線の外側では $\partial W/\partial T > 0$ 、内側では $\partial W/\partial T < 0$ である。

曲線 $\partial W/\partial T = 0$ も直線 $\partial W/\partial K = 0$ と二つの交点をもつが、それぞれの交点において前者の勾配は垂直となることが、(20)、(22)および(25)から知られ

る。 W の極大点は左側の交点となり、またこの点は V の極大点の右下方に存在することも、以上の考察からわかる。そして曲線 $\partial W/\partial T=0$ の傾斜も、 W の極大点の下側では（最下点に至るまでは）右下り、上側では（頂点に至るまでは）右上りとなる。図B3はこの事情を示している。

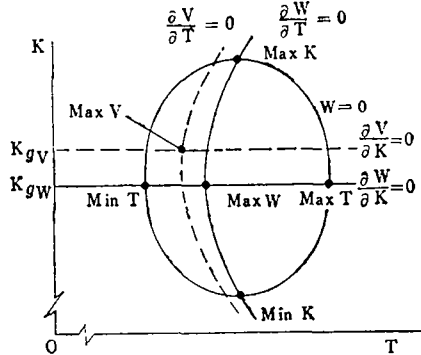


図 B 3

ここで、 $W=0$ を与える等 W 線として、安全活動可能限界線を確定することができる。これは W の極大点を囲む環となる（図B3参照）。その勾配 $dK/dT = -(\partial W/\partial T)/(\partial W/\partial K)$ は、直線 $\partial W/\partial K=0$ との交点で垂直となり、曲線 $\partial W/\partial T=0$ との交点で水平となる。したがって限界線 $W=0$ は、 W の極大点の上(下)側では、曲線 $\partial W/\partial T=0$ の右上(下)り部分において交わることになる⁽³⁾。 V の値 $vmKe^{-iT}$ は T と K に依存するから、限界線上の異なる点では異なりうる。

企業は、この安全活動可能限界線を含む内部領域において、所定の長期目標を達成しうるような T と K （したがって Q および ρ ）を決定しなければならない。企業活動の長期的安全性という基準から、これらにはそれぞれ上限 $MaxT$ および $MaxK$ と下限 $MinT$ および $MinK$ が存在する。ではつぎに、採択されうる企業目標と最適解の関係について考えよう。

B 3. 企業目標と最適解

企業評価額 V 、もしくはその安全最低評価超過額 W の最大化が目標とされる場合には、図B3の $MaxV$ 点もしくは $MaxW$ 点に対応する (T^*_{MaxV}, K^*_{MaxV}) もしくは (T^*_{MaxW}, K^*_{MaxW}) が採択される。それらはそ

れぞれ、(16')と(19')、もしくは(17')と(20')とから求められる。あるいは初期の資本量の最大化（これは同時に産出量および売上高の最大化となる）が目標とされる場合には、安全活動可能限界線の頂点の $MaxK$ 点に対応する T^*_{MaxK} と K^*_{MaxK} が採択される。これらは(15')と(17')とから求められる。

もしも革新の早期導入が（ただそれだけの理由から）企業によって望まれるなら、 $MinT$ とそれに対応する $K^*_{MinT}(=K_{gW})$ が採択されるが、これらは(15')と(20')とから決定される。 K を所与とした場合と同様、 g を所与とする現在の場合にも、研究開発期間の上限 $MaxT$ が採択される可能性はまったくない。むしろ T を短縮して、 $MaxT$ の点から $MaxK$ 点、 $MaxW$ 点、あるいは $MaxV$ 点に移行することの方が、企業にとっていっそう有利となりうるからである。しかしながら、当初の資本量の下限 $MinK$ については、後に述べるように事情が異なる。

さて、さまざまな企業目標の中から特定の目標が採択されると、それに応じて最適な T^* と K^* が決定され、(8)により当初の産出量 Q^* が、そして(4)より生産物価格 p^* が決定される。 T^* が最短となるのは、当然のことながら $MinT$ が目標とされる場合であるが、 $MaxV$ 、 $MaxW$ 、あるいは $MaxK$ が目標とされる場合には、 T^* はこの順に大となっていく。したがって研究開発費の $H(T^*)$ はこの順に小となっていくが、革新費の hK^* と当初の物的資本投下額 mK^* 、そして T^* 時点以後の販売促進支出 $s(g)R^*e^{gr}$ および物的投資資出 gmK^*e^{gr} は、 $MaxW$ が目標とされる場合を除いて、その順に増加していく。すなわち（ $MaxW$ 点と $MinT$ 点は直線 $\partial W/\partial K=0$ 上に存在するから）、 K^* についていえば、 $K^*_{MinT}=K^*_{MaxW}<K^*_{MaxV}<K^*_{MaxK}$ である。いうまでもなく、産出量 Q^* と売上高 $R^*(=Q^{*p})$ の大小関係もこれと同じになるが、価格 p^* については不等号が逆になる。当該革新の早期導入が意図される場合には、（ここで比較されている諸目標との関係では）最低水準の K^* および Q^* が設定されるから、生産物価格

は最高水準のものとなる。この点については、 W の最大化が目標とされる場合も同じであるが、革新の導入は遅延されることになる。 K 、 Q あるいは R の最大化が目標とされる場合には、革新の導入は最も遅くなるが、生産物価格は最低水準のものとなる。このような目標を採択する企業は、当該革新に関してなんらかの独占力をもっていない限り、主導的な革新企業となろうとはせずに、むしろ他に追随することを選ぶであろう。 V の最大化が求められる場合の結果は、 $MinT$ が目標とされる場合と $MaxK$ のその中間になる。

さきに指摘したように、当初の資本量には下限 $MinK$ が存在するが、つぎにこれについて考えてみよう。この点における T^*_{MinK} と K^*_{MinK} は、(15)'と(17)''から求められるが、これらによって、研究開発から着手しようとする企業活動の長期的安全性が保障されりる資本量の最低限が与えられることになる。すなわち、企業が当該研究開発・革新による企業活動を成功裡に進めていくためには、研究開発・革新費の $H(T^*_{MinK})$ および hK^*_{MinK} と、当初の物的資本投下額 mK^*_{MinK} を賄う資金を、まず調達することができなければならない。さもなければ（資金不足のために当初の資本量が K^*_{MinK} に不足したりすれば）、この企業は革新の導入当初から乗り取りの危険にさらされることになって、革新は挫折することになるであろう。ところで、当初の必要最小資本量したがって産出量は、最低限のものであるから、生産物価格は最高水準のものとなる。しかも研究開発期間は長いわけであるから、この企業が当該事業になんらかの独占力を有している場合を別とすれば、研究開発から着手するというようなことは、まずないといえよう。研究開発から革新の導入を経て、その後の活動を成し遂げていくためには、そのすべての始りにおいて、それなりの大きな資金が必要とされるのである。

注

- (1) (6)の右側のグラフが曲線 $-H'(T)$ と左側の一点でしか交わらない場合も考えられるが、この場合には、 $\partial V/\partial T=0$ のグラフは、図B 2の左側半分の曲線となる。しかし以下で問題とされるのは、曲線 $\partial V/\partial T=0$ については、この部分のみであるから、このために以下の議論が実質的に影響されることはない。
- (2) これについても、前注(1)と同様のことがいえる。
- (3) この点についても、■Aの注(3)と同様にして証明することができる。

IV 競争圧力と革新

以上において、革新導入時点当初の資本量 K （したがって産出量 Q ，売上高 $R=Q^p$ ，および価格 p ）が所与の場合と、革新企業の成長率 g が所与の場合について、採択される長期企業目標と、それに応じて決定される政策変数（ T^* と g^* ，もしくは T^* と K^* および p^* ）の関係を順次考察した。そこでは、当該企業の革新部門と在来部門との競争関係や、他企業との競争関係は明示的に考慮せず、この点については当該企業の独立的行動を仮定して分析した。しかしながら、企業の研究開発から革新生産物の導入を経て、その後の活動に至る諸段階において、企業は、顕在的あるいは潜在的なさまざまな形態の競争圧力のもとにおかれるであろう。つぎに、それらのうち重要なものを本稿のモデルによってとらえ、その効果を考えることにしよう。まず、企業間競争の場合から始めよう。

1. 企業間競争

相互に代替的な、もしくは類似の革新生産物の導入を目ざして、そのための研究開発をほぼ同じ時期に開始しようとしている、複数の企業が存在するものとしよう。このような企業間競争の圧力は、各企業に革新の早期導入を目標として採択させるように作用するかもしれない。この場合には、他に先んじて革新を導入しようとする、いわゆる技術革新競争が開始されるであろう⁽¹⁾。しかしながら、企業によっては、むしろ後発企業の道を選

んで⁽²⁾、革新導入後の高い市場占拠率を得るために、当初の資本量ないし売上高の最大化を目標にするかもしれないし、あるいは成長率の最大化を目標にするかもしれない。(g が所与の場合に存在する $MinK$ は、長い T^* と高い p^* を伴うため、このような状況のもとでは採択される可能性はまったくないであろう。) これらの目標に応じて決定される政策諸変数の値は、企業間競争の影響を受けて、企業の独立的行動の仮定のもとで得られた値 (Ⅱにおける結果) とは異なるであろう。

この点を明らかにするためには、企業間競争の影響をモデルによってとらえなければならないが、これは、革新費 hK の係数 h の上昇と、販売努力係の係数 $s(g)$ の上昇とによって把握することができる。革新生産物導入時点の需要曲線の位置と形状、したがって需要の価格弾力性 η は、革新費 hK の支出の結果として定まるが、ここでは、同一の需要曲線したがって η を確保するのに必要とされる hK 、したがって h が、競争圧力の増大とともに上昇するものとするわけである⁽³⁾。またそれ以後、一定の価格のもとで、一定成長率 g の需要の拡張を行なっていくために必要な $s(g)$ も、競争圧力の増大とともに上昇するであろう。では、 h の上昇がもたらす効果から考察しよう。

(i) 革新費係数上昇の効果

まず、 K が所与の場合について考えよう。 (18) からかわれるように、図 A 3 における直線 $\partial V/\partial g = \partial W/\partial g = 0$ は、 h の影響を受けない。しかし $(16)'$ の右辺は h の上昇によって減少するから、(図 A 1 および図 A 2 よりわかるように) 図 A 3 の曲線 $\partial V/\partial T = 0$ (の左側部分) は右方にシフトする。 $(17)'$ から、曲線 $\partial W/\partial T = 0$ についても同様のことがわかる。 h の上昇は、こうして $MaxV$ 点と $MaxW$ 点を右方に押しやり、したがって $Maxg$ 点と $MinT$ 点も右方に押しやられることになる。したがって、当該企業が他企業からの競争圧力を考慮に入れるならば、いずれの企業目標が採択されよ

うとも、そうでない場合より T^* は延長されることになるであろう。

つぎに g が所与の場合についてみよう。(19' からわかるように、図B3の直線 $\partial V/\partial K=0$ は、 h の上昇によって下方にシフトする。また、(16'' の右辺は h の上昇のために減少するから、(図B1および図B2からわかるように) 図A3の曲線 $\partial V/\partial T=0$ (の左側部分) は右方にシフトする。(20' および17'' から、直線 $\partial W/\partial K=0$ および曲線 $\partial W/\partial T=0$ についても同様のことがわかる。こうして、 h の上昇によって $MaxV$ 点と $MaxW$ 点は右下方に押しやられ、したがって $MaxK$ 点と $MinT$ 点も右下方に押しやられることになる。したがって、当該企業が他企業からの競争圧力を察知するならば、そうでない場合より T^* は延長され、 K^* は縮小されて、 p^* はより高く設置されるであろう。

(ii) 販売努力費係数上昇の効果

$s(g)$ の上昇は、 $r(g)$ と $r'(g)$ を減少させ、また $\xi(g, K)$ を減少させることを通して影響を及ぼす。まず、 K が所与の場合についてみよう。 $s(g)$ の上昇によって(18' の左辺は減少するから、図A3の直線 $\partial V/\partial g = \partial W/\partial g = 0$ は下方にシフトする。また、(16' の右辺も $s(g)$ の上昇のために減少するから、図A3の曲線 $\partial V/\partial T=0$ (の左側部分) は右方にシフトする。(17' から、曲線 $\partial W/\partial T=0$ についても同様のことがわかる。 $s(g)$ の上昇によって、 $MaxV$ 点と $MaxW$ 点はこうして右下方に押しやられ、したがって $Maxg$ 点と $MinT$ 点も右下方に押しやられることになる。当該企業によって革新導入後の競争圧力が予知されるならば、いずれの企業目標が追求されようとも、そうでない場合より T^* は延長され、 g^* は引下げられることになるであろう。

つぎに g が所与の場合を考えよう。 $s(g)$ が上昇すると、(19' からわかるように、図B3の直線 $\partial V/\partial K=0$ は下方にシフトする。また、(16'' の右辺は減少するから、曲線 $\partial V/\partial T=0$ (の左側部分) は右方にシフトする。

(20) および(17)' から、直線 $\partial W/\partial K=0$ および曲線 $\partial W/\partial T=0$ についても同様のことがわかる。 $s(g)$ が上昇すると、こうして $MaxV$ 点と $MaxW$ 点は右下方に押しやられ、したがって $MaxK$ 点と $MinT$ 点も右下方に押しやられる。当該企業が革新導入後の競争圧力を予知するならば、いずれの目標が採択されようとも、そうでない場合より T^* は延長され、 K^* は縮小されて、 p^* はより高く設定されることになろう。

2. 企業内部部門間関係

企業の多様化政策の一環として革新生産物の導入が一般的に計画されるが、このような場合、革新生産物は当該企業の在来部門の生産物と競争関係におかれるか、あるいは補完関係におかれることがありうる。競争関係になる場合には、革新生産物の導入を遅延させるような目標が採択されるかもしれない。あるいは、在来部門の業績が設立計画当初の期待に反して悪化しているようであれば、革新生産物の早期導入が企てられるかもしれない。また、在来生産物と補完関係になる場合も、同様であろう。ここでは、当該革新部門の独立性を暗に仮定して得られた結果(Ⅲにおける結果)が、このような在来部門との関係によって、どのような影響を受けるかを順次考察することにしよう。

(i) 競争関係

当該革新によって、これと競争関係におかれる在来部門が将来にわたって受けるものと予想される損失のすべてを考慮して、研究開発・革新に関する長期計画が立てられなければならない。在来部門のそのような損失は、革新生産物の導入以後にのみ発生するとは限らない。研究開発の段階で、企業の意図的もしくは反意図的な情報の流布によって、在来部門の需要が減退しうるからである。当該革新に起因する、将来に及ぶ需要の減退や、したがって既存設備の大幅な改変や廃棄に伴う損失の予想総額の、革新導入時点における評価額を求めることができる。これは当該革新の規模に依

存すると考えられるから、革新費 hK の一部に計上することができる。したがって、在来部門との競争圧力が大きいほど、革新費係数 h が大きくなるものと考えることができる。

h の上昇による効果はすでに考察したから、ここではその結果を利用すればよい。いま、決定される革新導入時点 T^* だけについてみれば、 K もしくは g を所与とするいずれの場合にも、またいずれの企業目標が追求されるにせよ、当該革新部門が在来部門のあるものと競争関係におかれることが明らかであるならば、 T^* はそうでない場合より延期されることになる。かりに革新の早期導入 ($MinT$) が意図されるとしても、在来部門との競争関係が強まれば、それだけ $MinT$ の値も大きくなるであろう。

(ii) 補完関係

計画される革新部門が在来部門と補完関係にあるならば、両部門はそうでない場合には得られない利益を将来にわたって享受し合うであろう。この在来部門の導入計画当時において、いま問題としている革新部門の導入計画が考慮されていたのでなければ、そのような利益はこの在来部門にとっては付加的なものである。このような付加的利益は、当該革新によってもたらされるものであり、これに帰属されるべきものである。

当該革新に起因する、在来部門の将来にわたる付加的利益の期待総額の、革新導入時点における評価額を求めることができるが、これも当該革新の規模に依存すると考えられる。したがって、この利益は、革新費 hK から控除することによって計上することができる。こうして、在来部門との補完関係の程度は、 h の低下によってとらえることができよう。また逆に、当該革新部門が補完関係にある在来部門から受ける利益は、販売努力費係数 $s(g)$ の低下として把握しうるであろう。同一の成長率で需要を拡大させていくのに必要とされる販売努力費は、在来部門との補完関係によってそれだけ軽減されるからである。

h および $s(g)$ の低下の効果については、それらの上昇の効果について得られた前述の結果を逆に利用すればよい。決定される T^* だけについてみれば、 K もしくは g を所与とするいずれの場合にも、またいずれの企業目標が採択されるとしても、当該革新部門と将来において補完関係をなす在来部門が存在するならば、 T^* はそうでない場合より短縮されることになる。

注

- (1) シェアラーの先駆的なモデル[13]は、この点を明らかにしようとしたものであり、以後、多くの研究によって彫琢されている。なお、シェアラー・モデルについては拙稿[18]を参照されたい。
- (2) 後発企業の道を選ぶ方が有利となりうる場合について、シェアラー・モデル[13]に依拠した分析が、ボールドウィンとチャイルズ (W. L. Baldwin and G. L. Childs) [1]によってなされている。
- (3) この点に関する競争圧力の別の考慮の仕方は、 h が同一であれば、需要曲線が左方にシフトするとともに、 η したがって θ は不利な影響を受けるものとするものである。あるいはまた、この効果と h への効果とを組合せて考えることもできよう。しかしながら、以下の(ii)における分析から推察されるように、 η および θ の変化は、 $s(g)$ の上昇と同様の結果をもたらすから、ここでは η への影響を別個に考えることはしない。

V 結論的覚書

以上において、まず当該企業の独立的行動を仮定して、革新導入時点当初の資本量 K (したがって産出量 Q , 売上高 $R = Q^p$, および価格 p) が所与の場合と、革新企業の成長率 g が所与の場合について、順次分析した。 K が所与の場合に g の最大化が目標とされると、最適研究開発期間 T^* は最長となり、企業評価額 V もしくはその安全最低評価超過額 W の最大化が目標とされると、 g^* は低くなるが T^* は短縮される。また、 g が所与の場合に K (あるいは Q ないし R) の最大化が目標とされると、 T^* は最長となるが、 p^* は最低となる。これに対して、 V もしくは W の最大化が目標

とされると、 T^* は短縮されるが、 K^* は小となって p^* は高くなる。このことから推論しうることは、大きな規模から出発しようとする成長志向型の企業ほど、研究開発期間を長びかせ、革新の導入を遅らせて、低価格と高水準の販売促進支出によってその後の高度の成長を図る傾向がある、ということである。これに対して、 V もしくは W の最大化に目標をおく企業は、より早い時期に革新導入を試みようとするが、当初の規模とその後の成長率は小さく抑え、価格は高く設定する傾向があるといえよう。

企業活動の長期的安全性という基準からすると、 K が所与の場合の g には下限があるが、これが採択される可能性はない。また、 g が所与の場合の K にも下限 $MinK$ があるが、これは、当該革新に対して特許権などによる独占力を有してはいるが、資金に乏しい企業によっては採択される可能性がある。このような企業は、相当する長い T^* と高水準の p^* を採択しなければならない。さらにまた、企業の立場からみて採択可能な研究開発期間には、上限 $MaxT$ と下限 $MinT$ が存在するが、いかなる場合にも $MaxT$ が採択されることはない。革新の早期導入が意図されて $MinT$ が採択されると、 K が所与の場合には、 g^* は (V ないし W の最大化のときと同じく)最低位に設定され、 g が所与の場合には、 K^* は (W の最大化のときと同じく)小規模のもととされ、 p^* は高水準に設定されることになる。

ついで、同様な研究開発・革新を企てる複数企業が存在する場合に、それらの企業間競争によって、上記の諸結果がいかに影響されるかを分析した。この場合には、所与の g に対して存在する資本の最下限 $MinK$ が採択されうる可能性は、まったくない。採択されうるその他の企業目標に対応する T^* は延期されるとともに、 g^* は引き下げられ、あるいはまた、 K^* は縮小されてより高い p^* が設定されることになる。革新生産物導入の遅延や高価格、あるいは企業成長率の低下や資本投下量の減退は、社会的に

望ましくないとする見地からすれば、この結論は革新企業の法的保護（たとえば特許権による）の議論に導くかもしれない。しかしながら、ここで注意すべき点は、このような結果をもたらす企業間競争の圧力が、同様な企画を試みようとする企業数の増加によるものであるとすれば、そのような一企業に対する不利な影響は数によって圧倒されることになるかもしれないことである。

そしてまた、当該企業間の革新部門が、在来部門と生産物に関して競争関係もしくは補完関係にある場合の効果について考察した。競争関係にある場合には、この企業の革新部門に関する計画は、企業間競争の場合と同様の影響を受けるが、補完関係にある場合には、これと逆の有利な影響を受けることが明らかにされた。

とくに企業間競争と研究開発・革新の問題さをさらに掘り下げて究明するためには、たとえばシェアラール・モデル[13]の線に沿う諸研究のように双方についてモデルを構成し、これを噛み合わせる必要があるであろう。とはいえ、現代企業成長理論、とくに拙稿[19]のモデルに研究開発・革新の問題を導入して分析を試みるという、本稿の意図からすれば、以上で一応満足しなければならない。しかし本稿のモデルは、[19]がそうであるように、拙稿[22]のマクロ・モデルのミクロ理論的基礎を供しうるものであり、こうして[22]のモデルをさらに補足・強化するのに役立つであろう。

参考文献

- [1] W. L. Baldwin & G. L. Childs, "The Fast Second and Rivalry in Research and Development," *Southern Economic Journal*, July 1969.
- [2] Y. Barzel, "Optimal Timing of Innovations," *Review of Economics and Statistics*, Aug. 1968.
- [3] W. J. Baumol, *Business Behavior, Value and Growth*, Macmillan, 1959.
- [4] W. Z. Hirsch, "Technological Progress and Microeconomic Theory," *American Economic Review*, May 1969.

- [5] M. I. Kamien & N. L. Schwartz, "Timing of Innovations under Rivalry," *Econometrica*, Jan. 1972.
- [6] ———, "Market Structure, Rivals' Response, and the Firm's Rate of Product Improvement," *Journal of Industrial Economics*, April 1972.
- [7] ———, "Market Structure and Innovation: A Survey," *Journal of Economic Literature*, March 1975.
- [8] ———, "On the Degree of Rivalry for Maximum Innovative Activity," *Quarterly Journal of Economics*, May 1976.
- [9] G. C. Loury, "Market Structure and Innovation," *Quarterly Journal of Economics*, Aug. 1979.
- [10] E. Mansfield, *Industrial Research and Technological Innovation*, Norton, 1968.
- [11] ———, *The Economics of Technological Change*, Norton, 1968.
- [12] R. R. Nelson, M. J. Peck & E. D. Kalacheck, *Technology, Economic Growth and Public Policy*, The Brookings Institution, 1967.
- [13] F. M. Scherer, "Research and Development Resource Allocation under Rivalry", *Quarterly Journal of Economics*, Aug. 1967.
- [14] J. Schmookler, *Invention and Economic Growth*, Harvard Univ. Press, 1966.
- [15] P. L. Swan, "Market Structure and Technological Progress: The Influence of Monopoly on Product Innovation," *Quarterly Journal of Economics*, Nov. 1970.
- [16] R. A. Tybout, ed., *Economics of Research and Development*, Ohio State Univ. Press, 1965.
- [17] D. A. Worcester, Jr., *Monopoly, Big Business, and Welfare in the Postwar United States*, Univ. of Washington Press, 1967.
- [18] 小野俊夫, 「企業間競争と技術革新」駒沢大学 経済学部 研究紀要第27号, 1969年3月。
- [19] ———, 「成長企業の動学モデル」本誌第13号, 1974年2月。(理論・計量経済学会1974年度大会報告配布資料)
- [20] ———, 「耐久財生産企業の動学分析」本誌第15号, 1976年2月。(同学会1975年度大会報告配布資料)
- [21] ———, 「成長企業とマークアップ・プライシング」本誌第17号, 1977年2月。(同学会1978年度大会報告配布資料)

[22] ———, 「現代企業社会と巨視的動学」本誌第18号, 1978年12月。