

AH型R&Dモデルを用いた民間企業技術開発への情報関連社会資本整備の影響分析¹

An Effective Analysis of Implementation of Information Infrastructure towards Private R&D

Procedure with Aghion and Howitt's Vertical Innovation Model

森杉 雅史²

Masa Morisugi

1. はじめに

経済成長、特に一人当りの所得の成長を説明する要因には教育投資、公共投資などが挙げられるが、とりわけ民間企業による製品開発、生産ラインの効率化等を目指した自助努力型 R&D の重要性はいうまでもなく顕著である。Solow(1957)⁽¹⁾に始まる新古典派成長モデルやそれに関連する諸々の実証研究では、経済が定常状態に収束した時に TFP 指標で得られる全要素生産性の上昇はほぼ大半技術進歩に由来すると結論づけている。80 年代後半から経済学で席卷した内生的成長理論には Schumpeter(1934)⁽²⁾がその概念を明確にした “創造的破壊過程” を踏襲した R&D モデル (Romer(1990)⁽³⁾等) があり、特に Aghion and Howitt(1992)⁽⁴⁾ (以後、AH と略す) は従来産業組織論で緻密に研究されていた R&D 過程をマクロモデルとの整合性を図ることを目的とし展開された動学均衡モデルであり、今もってなお詳細な政策効果分析能力をもつ有力なツールである。

近年では上述の R&D 型内生的成長理論の正当性には実証見解から批判検討する向きが多く、Jones (1995) ⁽⁵⁾によれば、1950～80 年後半米国では R&D 関連での科学者・技術者の雇用数が 4 倍以上に跳ね上がったに対して、TFP の成長率はほぼ一定の値に終始したことが挙げられている。内生的成長理論モデル上での設定では、生産技術上の投入要素に対して線型に、かつ外部経済として知識水準の蓄積効果が現れることにあり、もし投入要素が増加するのならば定常成長率も同様に増加するはずである。また、90 年代の情報関連分野

の目覚ましい発達と共に、大量の情報や知識の高速・安価な伝達が可能になったが、同年代における R&D 実績や経済成長率を見ればその効果は必ずしも顕著でないことに気づく。これらの議論については未だ決着はついていないが、反論するとすれば以下のことがいえよう。要素の賦存量が増加するならまだしも、この時期に起こったのは R&D 部門に人員配置比重が大きくなったのであり、またそれが何らかの歪みによって形成されたものならば、成長を促すとは限らない (Aghion and Howitt(1998) ⁽⁶⁾)。同様に情報に関しても、元より数々の外部経済や歪みの存する R&D 過程においては、例え情報伝達手段の発達が R&D 過程の効率化を直接的には進めるものだとしても、結果としては R&D 成功率や引いては社会厚生を低めることがありうる。それは一般に R&D 過程の持つ創造的破壊過程という特殊性が、各部門労働の配置構造に際してより非効率な状態に導くことに起因すると思われる。特に本論ではこのことについて拡張型 AH 理論モデルを用いて検証する。

2. AH モデル

経済には最終財(y 、ニューメール)、中間財(x 、価格 p)、R&D を司る部門が存在する。最終財生産には中間財のみ要素投入し、その生産技術を $y = AF(x)$ 、 $F' \geq 0$ 、 $F'' \leq 0$ 、 $A = A_0 \gamma^t$ (ただし、 $\gamma \geq 1$) と表す。 γ は一回の R&D 成功に対する技術進歩における質の向上を示し、 t は累積 R&D 成功回数を示す。最終財・R&D 市場は無数の企業から構成される完全競争市場であるが、中間財生産

¹ Key Words: 垂直型技術革新モデル、創造的破壊 ² 正会員 工博 名古屋大学院環境学研究科 都市環境学専攻
名古屋千種区不老町 Tel: 052-789-3840、Fax: 052-789-3837

部門は前回 R&D に先に成功した企業のみが生産活動を営み、次回 R&D の最初の成功企業が現れるまで独占力を矜持するものとする (drastic innovation)。最終財生産部門の利益最大化行動から $p = AF'(x)$ 、また中間財 1 単位生産には 1 単位の労働が必要とするとし、独占行動から賃金を w 、独占利益を π として、

$$\omega \equiv w/A = F'(x) + xF''(x) \quad (a)$$

$$\pi = A\tilde{\pi}(\omega) = -Ax^2F''(x) \quad (b)$$

が成立する。R&D 企業は Poisson 過程に従う R&D 成功瞬間確率密度 $\lambda(n, K)$ を既知として、期待独占利益を最大化するよう R&D 労働投入量 (n) を決定する。実時間は技術進歩の回数で区切られ、その同期間内では諸経済変数は変化しないものと考えよう。総独占期待利益はその期間の期待存続率に依存し、 r を利子率とすると、

$$V_t = \pi_{t-1} / (r_{t-1} + \lambda(n_{t-1}, K_{t-1}))$$

で表せる (no arbitrage condition)。さらに、R&D 市場は完全競争的であるという条件から、

$$w_t = \lambda_n(n_t, K_t)V_{t+1}$$

が成立する。社会での労働賦存量を L とし、労働市場均衡条件と上述の式から、完全予見の仮定の元で、均衡では以下が成立する。

$$\frac{\omega(L - n_t)}{\lambda_n(n_t, K_t)} = \frac{\gamma \tilde{\pi}(\omega(L - n_{t+1}))}{r_{t+1} + \lambda(n_{t+1}, K_{t+1})} \quad (1)$$

定常均衡では t 及び $t+1$ の添え字が除かれ、記号 $\wedge$ でその状態を表す。AH モデルではこれを階差方程式に見立てて、利子率や K を与件とした上で、くもの巢理論の応用による定常均衡への存在性・安定性に触れている。具体的には、図 1 のように (1) 式の左辺を $C(n_t)$ ($\lambda_n > 0$ 、 $\lambda_{nn} < 0$ と考えると C は n に関して単調増加であり、また原文と異なり $\lim_{n \rightarrow 0} \lambda_n = +\infty$ 、及び $\lim_{x \rightarrow 0} F' = +\infty$ とする) して、右

辺を $B(n_{t+1})$ として表し、その交点が定常均衡である。完全予見の仮定の元で、R&D 部門は中間財を独占的に生産できる期間を想定し現時点での労働と投入量 (開発投資量) を決定するが、このプロセスが最終的に定常均衡に至る場合において、そのサイクルは図に描かれたようになる。また容易

に分かるように、この定常均衡が局所的に安定性を持つ条件は $B(n_{t+1})$ の傾きが $C(n_t)$ の傾きに対して絶対値で大きいことになる。

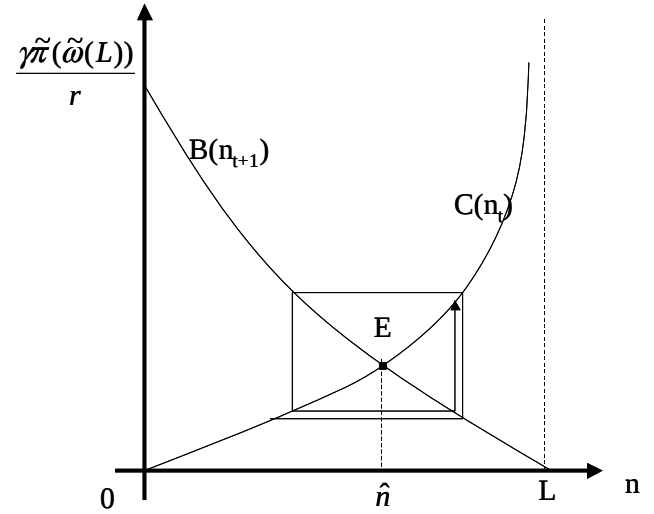


図 1 R & D 部門における労働市場均衡図

次に、社会的最適問題を定式化する。R&D の効果は中間財の質の向上を経て最終財の生産向上を促す。定常状態の無限期間存続のみを考え、目的関数は、

$$\int_0^\infty e^{-r\tau} \left(\sum_{t=0}^\infty \lambda(n, K)^t e^{-\lambda(n, K)\tau} / t! \right) A_t F(x) d\tau$$

$$= A_0 F(N - n) / \{r - \lambda(n, K)(\gamma - 1)\}$$

これを最大化するにその一階条件を整理すると、

$$\frac{F'(L - n)}{\lambda_n(n, K)} = \frac{(\gamma - 1)F(L - n)}{r - \lambda(n, K)(\gamma - 1)} \quad (2)$$

(1)と(2)を比較するに当たって AH モデルは以下 4 つの分類に着目している。

intertemporal spillover effect... 右辺分母は実質的な割引率を示すが、(1)では次期の R&D 成功が独占の終焉を単に示すのに対して、(2)では $\gamma - 1$ の質の向上分を成功確率に乗じた分だけ将来への持ち越し利益が発生することを考慮している。この 2 つの割引率の差は、自由経済状態においては社会的最適に比べ R&D 投入量などについて過少になる傾向を生み出す。

appropriability effect... (1)では目的値の土台が独占利益であるに対して、(2)では最終財生産の効率性がそれに当る。右辺分子の F と $\tilde{\pi}$ の相違。

business-stealing effect... 右辺分子の γ と $\gamma - 1$ の相違は、R&D 成功による質の向上の目的関数に

対する反映の仕方に由来し、(1)では R&D 成功企業が前期のその利益消失を見込まないことに
対して、(2)では の分析で見たようにネットで $\gamma-1$ の質の向上を見込んでいる。

monopoly-distortion effect...左辺分子は R&D 雇用の費用を示すが、(1)と(2)では独占価格形成のため食い違う。上述したように、同一の中間財生産量・要素投入量に際しては(1)の方が小さい。

3. 情報インフラ投資の効果

ここでは情報インフラ投資の累積水準 K を完全にモデルから外部からの作用として（公共的に供与されるものとして）捉える。変数 K の上昇は社会の定常状態を即座にシフトさせるとし、この時 R&D 成功瞬間確率密度の λ は、R&D 部門への労働投入量の変化を考えなければ無条件に上昇する。(1)で見た私的自由経済においては、定常均衡上において期待経済成長率は幾つかの計算を経ると $\lambda(\hat{n}, K) \log \gamma$ と導け、すなわち R&D 成功率の上昇は経済成長率の上昇と同義である。この指標は均衡 R&D 労働投入量に依存するので、一概に K の効果について比較することはできない。再び (1) 式を見ると、 K の変化は先ず λ_n 及び λ へ直接影響し、それぞれ $C(n_t)$ 及び $B(n_{t+1})$ を通して R&D 部門の均衡労働投入量に影響する。 λ_{nK} の λ_K 符号及びその大きさは最終的には実証段階で判断すべき課題ではあるが、一般に調査活動などの追加労働や移動の簡略機能を司る情報インフラ整備は、あらゆる生産活動において労働との技術的代替性が高いことが認められよう。その最も極端な完全代替のケース（ $\lambda = an + bK$, $a, b > 0$ ）を挙げれば、 K の増加は R&D の労働限界成功率に何ら影響を与えることなく、成功率のみ高めることになる。図 2 で見られるように、AH モデルが扱う部分均衡モデルの範疇で語れば、 K の上昇は $B(n_{t+1})$ 及び $C(n_t)$ の第 1 象限における境界条件に何ら影響を及ぼすことなく、それぞれの曲線を下方へ歪にシフトさせる。そのシフトの度合いが $B(n_{t+1})$ の方が大きいということは、すなわち公共的な情報イ

ンフラ投資は当該 R&D 企業が自らの成功率を高めるよりも、以降の期に成功するであろう R&D 企業の台頭が早まるインセンティブを高める、あるいは当該 R&D 企業の期待独占期間が縮まることを意味し、結果として定常均衡は現時点よりも少ない R&D 部門労働投入量が実現される。従って、場合によるが、情報インフラ整備前後の比較において実現される R&D 成功率や経済成長率が低下することがありうる。

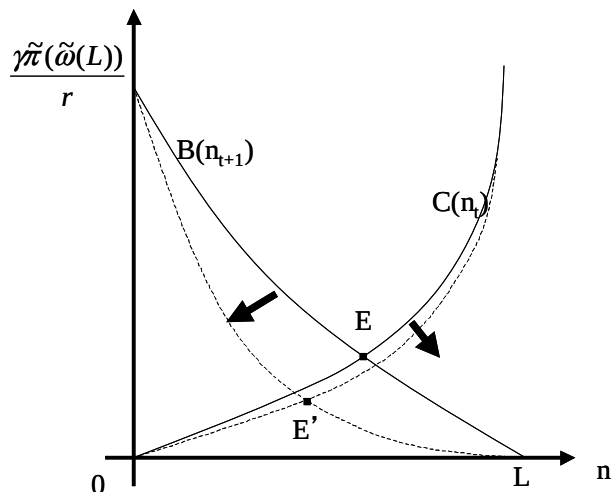


図 2 公共の情報インフラ整備の効果例

また、定常均衡付近における上述の両曲線のシフトが、 $B(n_{t+1})$ の傾きを $C(n_t)$ のそれに対して小さくする作用をもたらすことも考えられる。前述したように、その状態は定常均衡の局所的安定性を破綻させることから、（ ）大局的に不安定な場合、いずれは R&D 部門あるいは中間財生産部門に労働が全て吸収される（0-growth-trap の存在）、（ ）振動が発生する（2-period-cycle 等）が考えられる。特に（ ）のケースは R&D が自由市場の下では実現不可能なレベルまで追いやってしまうことは注目に値するであろう。

次に、仮に定常均衡における R&D 成功率は情報インフラ整備前後の比較において上昇したとしよう。ここでは、前章にて挙げた 4 つの効果に即して社会的最適からの乖離分を増長あるいは縮小させるかを議論する。 λ_n に関しては K の変化に大きくは影響を受けないとしよう。に関して、(1)と(2)におけるそれぞれの割引率を λ で微分すると、1 及び $-(\gamma-1)$ となる。は元より動的な正の外

部経済を意味しており、現時点における技術革新が次の技術革新の土台となっていることが私的経済においては何ら補填されていないこと、及び次なる技術革新は当該独占企業の利益を完全に消失させる（創造的破壊）事実から端を発する。よって、 $r + \lambda \geq r - \lambda(\gamma - 1)$ であり、さらに λ の上昇はこの格差を増長する。勿論、本来は $\sim$ を総合的に捉え、(1)の私的経済において R&D 部門に対する労働資源配分の適切性の議論が必要ではあることに注意しなくてはならない。しかし、 $\sim$ に焦点を当てた場合、最適レベルに比して自由市場のそれは過少傾向にあり、 λ の上昇は当該独占企業の利益と R&D インセンティブを損なう結果となる。従って、潜在的な成長率の内顕在化されない度合いは増長することになりうる。

単純に前章 $\sim$ に渡る資源配分上の歪みを是正するためでなく、R&D 部門に対する従量的な補助政策（Pigou 税）等の必要性・適切性は、上述のように新たなインパクトとして与えられるプロジェクト等の副産物を是正する意味でも問われることになる。

4. 労働市場に与える影響

情報産業あるいは上述の R&D 企業を包含する企業の情報担当部門の隆盛は、一般に情報収集・整理・統合のためにその労働資源を割く必要性の高まりを同時に意味する。労働市場均衡の結果、同賃金のもとで情報部門に配置する労働は確保され、他の産業や部門の活動レベルにその配置必要量が依存しない形を捉えるならば、本モデル上では単純に労働賦存量の減少として見ても分析上差し支えない。すなわち、 $x = L - n$ であり、インパクトを L の減少とみる。(a)式より（3回微分は便宜上無視する）、 $\partial \tilde{\omega} / \partial L \leq 0$ 、及び(b)式より、 $\partial \tilde{\pi} / \partial L \geq 0$ が得られる。情報部門への労働吸収は賃金上昇圧力がある一方で、独占利益を低める。従って、私的自由経済の元では明らかに L の減少単体では R&D 労働投入量を減少させ、引いては λ や経済成長率の減少となる（図3）。

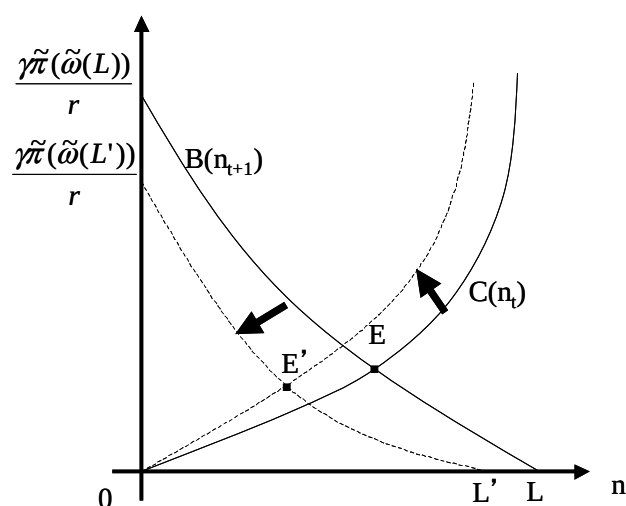


図3 労働賦存量の減少による効果

3章で得られた情報インフラ投資効果の分析を踏まえて、総合してどうなるかは実証的見解を待つしかない。近年の情報サ・ビスの進歩に対して、人間の情報処理能力あるいは対応する時間が追いついていないという議論がよく交わされるが、4章の結論はその典型である。また3章のように、元より正の外部経済が支配的なA HモデルのようなR & D市場を考えると、公共財の更なる供給はそれを増長する傾向にあり、悲観的な結果が導かれやすいことが理論的考察の中でも明確に現れる。

[参考文献]

- (1)Solow, R. M. "Technical Change and the Aggregate Production Function", Review of Economics 39, pp.312-320, 1957
- (2)Schumpeter, J. A. "The Theory of Economic Development", Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1934
- (3)Romer, P. M. "Endogenous Technical Change", Journal of Political Economy 94(5), part 2, pp.71-102, 1990
- (4)Aghion, P., and Howitt, P. "A Model of Growth through Creative Destruction", Econometrica 60, pp.323-351, 1992
- (5)Jones, C. I. "R&D-Based Models of Economic Growth", Journal of Political Economy 103, pp.759-784, 1995
- (6) Aghion, P., and Howitt, P. "Endogenous Growth Theory", The MIT Press, 1998