



「R&D生産性の異なる企業によるパテント・レース」

春山，鉄源

(Citation)

神戸大学経済学研究科 Discussion Paper, 1305

(Issue Date)

2013-03

(Resource Type)

technical report

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81004854>



R&D 生産性の異なる企業によるパテント・レース*

春山鉄源[†]

神戸大学経済学研究科

2013 年 3 月

概 要

パテント・レース・モデルを使い、R&D 企業の分布を決定する理論モデルを構築する。レース参入時に R&D の生産性が参入企業に対して無作為に割り当てられ、レースの継続のためには埋没費用を負担する必要がある。比較的 R&D の生産性が高い企業はレースに留まり、生産性が低い企業はレースから退出する。均衡では、レースを続け戦略的に R&D に投資する企業の分布が決定される。このモデルを使い、産業政策などの効果を考察する。例えば、特許権の強化により比較的 R&D の生産性が低い企業が参入、もしくは退出する条件を明らかにする。また、短期的均衡と長期的均衡を区別し、移行過程を考察する。埋没費用に対する補助率が増加した場合、短期的には比較的 R&D の生産性が低い企業が参入するが、長期的には生産性が高い精鋭企業だけが残ることになる。市場均衡で決定される R&D 企業分布の規範的性質についても言及する。

*本稿は『現代経済学の潮流 2013』のために準備した原稿である。執筆するにあたり、古沢泰治氏より有益なコメントを頂いた。また宮川栄一氏とレフェリーからも非常に詳細なコメントを頂いた。ここに感謝の意をあらわすものである。本研究は JSPS 科研費 23530277 の助成を受けたものである。

[†]Email: haruyama@econ.kobe-u.ac.jp

Web: <http://www.econ.kobe-u.ac.jp/~haruyama/>

1. 序

経済成長における研究開発 (R&D) の重要性は、ここで再度強調する必要がないほど広く認識されている。R&D に関する研究の主な目的は、民間 R&D に対する産業政策の効果に関する知見を得ることであり、それにより経済全体の技術進歩を促進するための政策立案に寄与することである。このためには、(問 1) どのような企業が、(問 2) R&D にどれだけ投資を行い、(問 3) そのような企業がいくつ存在するのかを理解する必要がある。即ち、個々の企業の R&D 支出と R&D 企業の分布の決定要因を研究することが要求される。既存の数多くの研究により、それぞれの問に関する理解は格段に深まった。¹ 一方、この 3 つの問を同時に考察する理論研究は少なく、企業の R&D 投資行動に関する理解を更に深めるためには必要不可欠なアプローチである。そのギャップを少しでも埋めることが本論文の目的である。

具体的には、戦略的に R&D に投資する企業の分布を内生的に決定するモデルを構築し、企業分布に産業政策がどのような影響を与えるかを考察する。分析手法としては、部分均衡モデルのパテント・レース・モデルを使う。このタイプのモデルでは、複数の企業が戦略的に R&D に投資し、先に成功する 1 つの企業が特許を得ることになる。パテント・レース・モデルを使う利点として、高い拡張可能性が挙げられる。このタイプのモデルは内生的成長理論や貿易理論にも広く応用されており、経済全体の技術進歩を考察する上で一般均衡モデルへの拡張可能性は非常に有益だと思われる。²

R&D を行う企業分布の分析の重要性として以下の点を挙げることができる。第一に、産業政策はある一部の R&D 企業のインセンティブに影響を与えるだけではなく、その政策が対象とする全ての企業の R&D 投資に変化をもたらす。更には、企業の R&D への参入と退出を引き起こすことになる。従って、個々の企業の R&D 活動だけではなく、産業全体を示す企業分布を分析の対象とすることは非常に重要である。第二に、外部性により R&D 活動における資源の misallocation があることは広く知られている。³ 一方、既存のアプローチは個々の企業の R&D インセンティブに関しての研究が多いが、資源の misallocation の問題は産業全体、経済全体での問題である。この問題をより直接的に考察するためには企業分布に関する分析が欠かせない。資源の misallocation がある場合、同じ資源を R&D に投入しても、企業分布の違いにより技術進歩率は異なることになる。即ち、所与の社会的費用で技術進歩率を少しでも高めるためには、R&D 企業分布の分析は必要不可欠なアプローチである。また逆の視点から考え

¹ 包括的なサーベイに关しては Hall and Rosenberg (2010) と Reinganum (1989) を参照。

² パテント・レースの代表的な研究には Lee and Wilde (1980), Loury (1979), Dasgupta and Stiglitz (1980), Reinganum (1982) 等がある。この研究は、一般均衡モデルである内生的成長理論の発展にも大きく貢献した。特に Lee and Wilde (1980) のモデルは、Aghion and Howitt (1992) や Grossman and Helpman (1991) が提唱した Quality-Ladder モデルと呼ばれる理論モデルの基礎となり、利潤獲得を目指す企業の最適行動として長期的技術進歩を内生化した。このタイプのモデルは、内生的成長理論の先駆的研究である Romer (1990) の Variety-Expansion モデルと並んで内生的技術進歩モデルの両輪といえる。更に、Quality-Ladder モデルは、国際貿易、経済変動、経済発展など様々な分野に应用されている。

³ 最近のマクロ経済学の研究では資源の misallocation に関する研究が進み、経済間の所得格差に大きな原因として注目を集めている。例えば、Banerjee and Moll (2010), Hsieh and Klenow (2010) がある。

ると、政府がある技術進歩率の達成を目的とした場合、その社会的費用は R&D 企業の分布に依存することになる。社会的費用を最小化するためには、R&D 企業の分布を分析対象とすることは非常に重要である。この点を具体的に説明するために、次に示す例を考えよう。

パテント・レースの参加に必要な固定費用 $f > 0$ を負担した企業が N 社存在し、その内レースに留まる企業と、レースから退出する企業が存在する状況を考えよう。個々の企業の技術進歩率（又は、イノベーションのフロー）は同じ g であるが、それぞれの企業の R&D の生産性 a は異なると仮定する。また生産性は確率密度関数 $z(a)$, $a \in (0, a_H)$ に従って分布し、技術進歩率 g に必要な費用を $c(a)$, $c' < 0$ と置く。生産性が低い順に企業はレースから脱落し、閾値 A 以上の生産性を持つ企業だけがレースに残ると考えよう。この場合、経済全体での技術進歩率は

$$I = gN \int_A^{a_H} z(a) da \quad (1)$$

であり、経済全体の総費用は

$$C = N \left(\int_A^{a_H} c(a) z(a) da + f \right) \quad (2)$$

で与えられる。明らかに C は R&D 企業の生産性の分布を特徴付ける変数 $z(a)$, N , a_H , A に依存している。

式 (1) から所与の I を達成する (A, N) の無数の組み合わせが存在することが分かる。また、式 (2) の社会費用は (A, N) の組み合わせによって値が違ってくことも容易に理解できる。更に、式 (1) を式 (2) に代入すると

$$C = \frac{I \int_A^{a_H} c(a) z(a) da + f}{g \int_A^{a_H} z(a) da} \quad (3)$$

となり、 C が A に対して U 字に変化する $z(a)$ の定式化やパラメータの値を見つけることができるのである。即ち、 C を最小化する A が存在することになる。この点を図示したのが図 1 である。横軸は R&D の生産性を示しており、縦軸は生産性が a である企業の費用の合計を表す。ケース①は比較的に生産性が高い企業が多い場合であり、ケース②はその逆のパターンである。それぞれの曲線の下面積は総費用 C を表しており、生産性が高い企業が多いケース①の方が、R&D の総費用は低くなる。また、図 1 のケース③（点線）のように生産性が高い企業が集中しても、固定費用があるため総費用がより高くなる場合も存在し得るのである。⁴ このように、企業分布の違いにより同じ技術進歩率でもより高い費用が発生することになる。社会的には総費用を最小化することが望ましいため、R&D 企業の分布に関する理解は非常に重要な課題である。では、企業の生産性の分布はどのように決定されるのであろう。この問が、

⁴この点に関しては第 3.4 小節で議論する。

本論文が取り組む問題であり、具体的には以下の問題を考える。

- (i) 部分的に参入が制限されている短期的均衡で、R&D 企業の分布はどのように決定されるのか。
- (ii) 参入が自由な長期的均衡で R&D 企業の分布はどのように決定されるのか。

モデルを可能な限り簡単にするために、企業分布の二つの変数の決定に着目する。式 (1) 又は式 (2) を使うと、下限 A と N の決定を内生化するモデルであり、図 1 を使うと、横軸の $(a_H - A)$ の幅と縦軸で見た曲線の高さが決定されるモデルである。これにより R&D 企業の異質性を導入しても均衡の特徴を解析的に分析できる簡単なパテント・レース・モデルを構築することができる。具体的には、確率的にイノベーションが発生すると考え、R&D 企業がパテント・レースに参加し (N の決定)、レースを続けるかどうかを決定する (A の決定)。第 2 節以下で説明するが、変数 N を外生変数と置き下限 A だけが内生的に決定される場合と両変数を内生変数として扱う 2 つのケースを考える。この 2 つのパターンを分けるために、前者を短期的均衡、後者を長期的均衡と呼ぶことにする。

本論文のモデルに企業の異質性を導入する上で重要な役割を果たすのが R&D の埋没費用である。特に、パテント・レースへの参入と、レースを続けるかどうかを判断する場合に重要な要素となる。R&D のスタートアップ費用の例としては以下が挙げられる。研究に特化した機具・機材の購入、科学者・エンジニアの雇用とトレーニング費用、新しい技術に関する情報収集や新しい技術に合わせた企業内部組織の再編などである。R&D 費用の多くは埋没費用と考えられ、Stiglitz (1987, p.928) は “Most expenditures on R&D are, by their very nature, sunk costs” と主張している。また、実証研究でも埋没費用の重要性が指摘されている。Cohen and Klepper (1992) の有名な研究をはじめ他の研究でも R&D 支出が無い企業が多く存在することが指摘されており、これは埋没固定費用の存在を示している。最近の研究では、Máñez et al. (2009) がスペイン企業のデータを使い研究開発での埋没費用の存在を確認している。更に、技術採択に関する研究では Åstebro (2002, 2004) が埋没費用の重要性を検証している。

また、本論文では政策に関する以下の問題も考察する。

- (iii) 利潤に直接影響を及ぼす産業政策（例えば、特許権や独占力の規制）が R&D 企業の分布をどのように変化させるのか。
- (iv) R&D 補助は R&D 企業の分布に対してどのような効果があるのか。
- (v) 短期的均衡でパテント・レースの競争が激化した場合、R&D 企業の分布はどのように変化するか。
- (vi) 産業政策の変更後、長期的均衡への移行過程で R&D 企業の分布はどのように変化するのか。

例えば、将来の利潤を増加させる特許権の強化を考えよう（問 (iii)）。この問題の1つの大きな関心事は、比較的に生産性が低い企業が参入するのか、それとも退出するのかである。本論文の分析では、特許権の強化は2つの相反する効果があり、これにより短期的均衡と長期的均衡では結果が異なることになる。長期的均衡では、必ず比較的に生産性が低い企業は退出することになり、特許の強化により「精鋭」企業だけが残ることになる。一方、短期均衡では比較的に生産性が低い企業の参入を促す結果も起こりえるのである。

このような比較静学の結果以外にも、本論文のモデルには次のような潜在的メリットがある。パテント・レースのモデルやそれに基づく一般均衡モデルの多くの先行研究では、分析の容易さから同質企業が仮定されたり、企業の違いを扱う場合でも簡単な非対称性（例えば、既存独占企業と参入企業）が仮定されている場合が多い。⁵ 比較的に簡単な枠組みで様々な洞察力のある結果や政策的含意が導出できるため、このような仮定は非常に有益である。一方、どの産業でも企業は同質ではなく、異質性は単純ではない。そのような企業で構成される産業の特徴（例えば、企業の分布偏りなど）に関するデータを説明するためには企業の異質性を強調するアプローチが必要である。そういった意味では、Klette and Kortum (2004) や Atkeson and Burstein (2010) の研究は先駆的な役割を果たしている。しかし、理論モデルの複雑さや数値計算による解法などが必要になり、より簡単に企業の異質性を扱うことができる分析フレームワークの構築が望まれる。その解決への一歩として本研究は位置づけられ、既存研究を補完する役目を果たすと考えられる。

本論文は以下の構成をとる。第2節では基本モデルを展開し、短期的均衡を考察する。政策の効果について図を使い直感的な説明を行う。第3節では、長期的な均衡を考える。短期的均衡と比較し、政策の効果が変わることを示すとともに企業分布の規範的性質にも言及する。第4節では結果を簡単にまとめ、モデルの応用の可能性について述べる。

2. 異質企業のパテント・レース：短期的均衡

2.1. 仮定

Lee and Wilde (1980) のモデルに基づきモデルを構築する。このアプローチのメリットは、本論文の主張を広く知られた分析フレームワークで展開できることであり、一般均衡モデルへの拡張の容易さを挙げることができる。

モデルは連続時間の下で3つのステージからなる。第一ステージの初めに N 企業が埋没費用 $f_N > 0$ を負担しパテント・レースに参入する。⁶ 参入前には R&D の生産性 a の値は観察できない。即ち、事前的には同質の企業が参入することになる。生産性 a は、参入後に既知の確

⁵最近の研究では Etro (2004) がある。

⁶第3.3小節で考察する移行動学の分析では、参入・退出のプロセスは R&D が成功するまで起こりえると仮定する。

率密度関数

$$z(a), \quad a \in (0, a_H), \quad a_H < \infty. \quad (4)$$

にしたがって無作為に与えられると仮定し、企業の異質性は事後的に発生すると考える。企業は自分自身について完全な情報を持っておらず、レース参入後に研究活動を実際に行うことにより情報のアップデートが可能になる。⁷ アイデアや知識を含めて今までにない新しい財を創り出す事は企業にとり新しい経験であると考えた場合、これは妥当な仮定である。⁸

以下では確率分布関数を $Z(a)$ と書く。R&D の生産性が明らかになった後、企業はパテント・レースに留まるかどうかを決定する。続ける場合は更に埋没費用 f_A を支出するが、負担しない場合はこの時点でレースから退出することになる。この決定は、以下で見るように、レースを継続する場合の価値と埋没費用を比較して行う。

第二ステージにおいて企業はフロー支出を負担し R&D を行う。生産性が a であり、且つレースを続ける企業を考えよう。その企業は $R(a)$ 人の労働者を雇用することにより、イノベーションが以下のポアソン率によって発生すると仮定する。

$$ah(R(a)), \quad h' > 0 > h''. \quad (5)$$

更に、第二ステージに進む企業数と後に定義する生産性の閾値 A は観察できるが、個々のライバル企業の生産性は観察不可能とする情報の不完備性の仮定を置く。この仮定により、分布関数 (4) は既知のため、ライバル企業の平均ポアソン率を知ることができる。また、その平均値とライバル企業数から、ライバル企業が先に R&D に成功する確率（即ち、ライバル企業数 $\times$ 平均ポアソン率＝ライバル企業のポアソン率の期待値）も知ることができる（この点については後に詳細な説明をする）。また、関数 $h(\cdot)$ はすべての企業で共通であるが、生産性 a の違いにより研究開発成功の可能性は企業により異なる。

第三ステージでは、一つの企業がイノベーションに成功し、価値 V を得る。

この節では、第一ステージの初めに参入する企業数 N を外生変数と仮定する。従って、ここで議論する均衡は短期的均衡と解釈できる。

2.2. 均衡

説明を簡単にするために、生産性が a の企業を「企業 a 」と呼ぶ。生産性の変数を企業のインデックスに使うことになるが、企業 a は同質であるため、読者の混乱が起る可能性は低いと思われる。

⁷ここでは埋没費用を負担することにより情報のアップデートが起こると仮定されているが、Malueg and Tsutsui (1997) と Choi (1991) ではフローの R&D 支出に伴い生産性に関する情報がアップデートされると仮定している。

⁸新しい財について同じような事が消費者についても言える。消費してみないと財の善し悪しが分からない「経験財」と呼ばれる概念である。例を挙げると、大学に進学する受験生にとって、大学の教育サービスは経験財と考えることができる。

後退帰納法を使い均衡を解く．第三ステージは自明なため，第二ステージをまず考察する．企業 a の価値 $v(a)$ は以下の式で与えられる．

$$v(a) = \frac{Vah(R(a)) - (1-s)R(a)}{r + ah(R(a)) + \hat{I}}. \quad (6)$$

ここで r は外生的に与えられた利子率であり， s はフロー R&D の補助率である．分子の第一項目は，イノベーションに成功した場合に獲得できる期待粗便益を表しており，第二項目はフローの費用である．分母の第二項目は，イノベーションに成功した場合，第二ステージの企業価値 $v(a)$ を失う確率，即ち，イノベーション成功の機会費用を捉えている． $\hat{I}$ はライバル企業のポアソン率の期待値を示しており，ライバルが先に成功すると企業価値がゼロになるリスクを捉えている．この確率 $\hat{I}$ はどの企業にとっても同じであることに留意して欲しい．これは，個々のライバル企業の生産性は観察できないという情報の不完備性に基づいている．Lee and Wilde (1980) は式 (6) と同様の式の導出方法を示しており，再帰方程式を使い書き換えることもできる.⁹

企業 a は $\hat{I}$ を所与とし，式 (6) の右边を最大化する $R(a)$ を選択する．この問題の一階条件を

$$[V - v(a)] ah'(R(a)) = 1 - s \quad (7)$$

と書き直すことができる．左辺は期待限界純便益であり，右辺は限界費用である．式 (6) と式 (7) を使うと

$$\left[V - \frac{Vah(R(a)) - (1-s)R(a)}{r + ah(R(a)) + \hat{I}} \right] ah'(R(a)) = 1 - s. \quad (8)$$

を得るが，この式から以下の関係を確認することができる.¹⁰

$$R(a) = X(a, \hat{I}; V, s), \quad \frac{\partial R(a)}{\partial k} > 0, \quad k = a, \hat{I}, V, s. \quad (9)$$

この式は，ライバル企業の行動を所与とした場合の企業 a の最適な R&D 支出を示している．生産性 a が高い企業は，より多くの労働者を雇用することが分かる．

定義 1. 第二ステージ・ゲームの均衡.¹¹

各企業は第二ステージに進んだ個々のライバル企業の生産性は観察できないと仮定する（不完備情報）．その元で，各企業はライバル企業の行動計画 $R(a)$ を所与とし，即ち，ライバル企業のポアソン率 $\hat{I}$ を所与とし，最適な $R(a)$ を選択する（ベイジアン・ナッシュ均衡）．

⁹再帰方程式は $rv(a) = [V - v(a)] ah(R(a)) - (1-s)R(a) - v(a)\hat{I}$ となり，これを書き直すと式 (6) になる．この式の右边を最大化する一階条件は式 (7) と同じである．

¹⁰式 (9) の導関数は，包絡線定理と関数 (5) の性質から確認できる．

¹¹均衡の定義についてレフェリーと意見交換があり，宮川栄一先生からも多大な助言を頂いた．

次に第一ステージを考える．式 (9) を式 (6) に代入すると

$$v(a) = \frac{Vah(X(a, \hat{I})) - (1-s)X(a, \hat{I})}{r + ah(X(a, \hat{I})) + \hat{I}} \quad (10)$$

を得る．この式は，企業の最適化問題を解いた後導出された企業価値である．この式を使い，R&D の生産性 a が変わるとどのように企業価値が変化するかを考えよう． a の変化の直接的な効果は右辺の a をとおして，そして間接的な効果は $X(a)$ をとおして発生する．しかし，包絡線定理により $X(a)$ によるインパクトは無視できる．従って $\hat{I}$ を所与とすると以下が成立する．

$$\frac{\partial v(a)}{\partial a} > 0. \quad (11)$$

即ち，R&D 生産性が高い企業ほど第二ステージでの企業価値，又はパテント・レースを続ける価値が高いのである．この結果を使い，どの企業が第二ステージに進むかを考えよう．図 2 の右上がりの曲線は， $\hat{I}$ を所与として企業価値が R&D 生産性に伴いどのように変化するかを示している．次のステージに進むためには埋没費用 f_A を負担する必要があるため， $v(a) \geq f_A$ を満たす全ての企業はパテント・レースに留まることになるが，その他の企業は第一ステージの終わりにレースから退出する．第二ステージに進むか進まないかが無差別な企業の R&D 生産性 A は

$$v(A) = (1 - s_A)f_A \quad (12)$$

で決定されることになる．式 (12) の s_A は，埋没費用に対する補助率である．

これまでのディスカッションから第二ステージに進む企業数は $N[1 - Z(A)]$ で与えられることがわかる．従って，企業の平均ポアソン率 ι は¹²

$$\iota = \int_A^{a_H} ah(R(a)) \frac{dZ(a)}{1 - Z(A)} \quad (13)$$

となる．産業全体のポアソン率 I は平均ポアソン率と企業数の積と等しくなるため，以下の式で定義される．

$$I = N[1 - Z(A)]\iota. \quad (14)$$

また，ライバル企業のポアソン率 $\hat{I}$ も同様に定義されるため，

$$\hat{I} = [N(1 - Z(A)) - 1]\iota = I - \iota \quad (15)$$

¹²ポアソン過程の性質により，生産性が a の場合に時間 t までに成功する確率は $F(t|a) = 1 - e^{-ah(R(a))t}$ となり，ハザード率である $ah(R(a))$ は $1 - F(t|a)$ の（負の）変化率と等しい．平均変化率を計算するために幾何平均を計算すると， $\int_A^{a_H} \ln(1 - F(t|a))dZ(a)/(1 - Z(A)) = -\iota t$ となり， $1 - F(t|a)$ の平均は $\exp\{\int_A^{a_H} \ln(1 - F(t|a))dZ(a)/(1 - Z(A))\} = e^{-\iota t}$ となる．従って，産業全体で t までに成功する平均確率は $1 - e^{-N(1-Z(A))\iota t}$ となる．同様に，ライバル企業が t までに成功する平均確率は $1 - e^{-[N(1-Z(A))-1]\iota t}$ である．

となり、以下の関係式が成立する。

$$\hat{I} = m(A; N)I \quad (16a)$$

$$m(A; N) = \frac{N(1 - Z(A)) - 1}{N(1 - Z(A))}, \quad \frac{\partial m}{\partial A} < 0, \quad \frac{\partial m}{\partial N} > 0. \quad (16b)$$

式 (14) は第二ステージの全ての企業のポアソン率の（合計の）期待値と等しい。これは企業の R&D 生産性が無作為に与えられるため、産業全体の技術進歩率である I を期待値として計算しているためである。同様に、式 (15) もライバル企業のポアソン率の（合計の）期待値である。これは、上述したとおり、個々のライバル企業の生産性は観測できないため、ライバル企業が先に R&D に成功するリスクを期待値で表している。

第 2.3 節で均衡条件を導出するために、ライバル企業のポアソン率を式 (16a) とは異なる形で表す。まず式 (9) を式 (13) に代入し、式 (15) を使うことにより式 (13) は

$$\iota = \int_A^{a_H} ah(X(a, \hat{I}; V, s)) \frac{dZ(a)}{1 - Z(A)} \quad (17)$$

となり、この式を以下の様に簡潔に表すことができる。

$$\iota = \iota(A, \hat{I}; V, s), \quad \frac{\partial \iota}{\partial k} > 0, \quad k = A, \hat{I}, V, s. \quad (18)$$

従って、式 (15) と (18) からライバル企業のポアソン率は

$$\hat{I} = I - \iota(A, \hat{I}; V, s) \quad (19a)$$

$$\Rightarrow \hat{I} = \hat{I}(A, I; V, s), \quad \frac{\partial \hat{I}}{\partial k} < 0, \quad k = A, V, s, \quad \frac{\partial \hat{I}}{\partial I} > 0. \quad (19b)$$

で与えられることが容易に確認できる。

2.3. 均衡条件

ここでは、内生変数 (A, I) が 2 つの式で決定されることを示す。まず、ポアソン率 I について考える。式 (9), (13), (16a) を式 (14) に代入することにより

$$I = N \int_A^{a_H} ah(X(a, m(A; N)I; V, s)) dZ(a) \quad (20)$$

を得る。この式は、 A を所与として I が決定される均衡式であり、第二ステージで活動するすべての企業の R&D 行動を集約した条件だと解釈できるため、R&D 均衡条件と呼ぶ。2 つの変数 (A, I) の関係を簡潔に表すために以下のように書く。

$$I = \Phi(A; V, s, N), \quad \frac{\partial \Phi(A)}{\partial A} < 0, \quad \frac{\partial \Phi(A)}{\partial k} > 0, \quad k = V, s, N. \quad (21)$$

(21) の符号は以下の「安定性」に関する仮定に基づいている。¹³

$$1 - N \int_A^{a_H} ah'(R(a)) \frac{\partial X(a, m(A; N)I)}{\partial I} dZ(a) > 0. \quad (22)$$

式 (21) は、図 3 の右下がりの曲線として描かれている。傾きの理由は、簡単に理解できる。閾値 A が減少した場合、より生産性が低い企業も第二ステージに残ることになり、産業全体のポアソン率 I は上昇することになる。¹⁴

次に、閾値 A の決定に関する均衡条件を導出する。式 (12) を使うことにより、企業 A の一階条件 (7) は $(V - (1 - s_A)f_A) Ah'(R(A)) = 1 - s$ で与えられる。この式により、企業 A が雇用する労働者数が決定され、以下のように書き換えることができる。

$$R(A) = X(A; V, s, f_A), \quad \frac{\partial R(A)}{\partial k} > 0, \quad k = A, V, s, \quad \frac{\partial R(A)}{\partial f_A} < 0. \quad (23)$$

この閾値企業の価値は、必ず補助金後の埋没費用 $(1 - s_A)f_A$ と等しくなるため、R&D 支出は産業全体のポアソン率 I と企業数 N から独立となる。更に、式 (10), (12), (19b), (23) を使うことにより、以下の均衡条件を導出できる。

$$(1 - s_A)f_A = \frac{VAh(X(A; V, s, f_A)) - (1 - s)X(A; V, s, f_A)}{r + Ah(X(A; V, s, f_A)) + \hat{I}(A, I; V, s)} \quad (24)$$

この式では、 I を所与として閾値 A が決定され、第二ステージに進むかどうか無差別な企業の R&D 活動を捉えている。この式を利潤カットオフ条件と呼ぶ。ここで注意すべき点は、閾値 A は内生変数であるため、企業 A のアイデンティティはパラメータによって変化する事である。図 3 の中で式 (24) は、右上がりの曲線として描かれている。傾きを理解するために、ポアソン率 I が上昇したと考えよう。これはライバル企業が成功する確率が増したことにともながるため、全ての企業価値は減少する。それにより比較的に生産性が低い企業は第一ステージの終わりに退出することになり、閾値 A の上昇として現れる。

均衡での内生変数 (A, I) は、二つの条件式 (21) と (24) によって決定され、図 3 では 2 つの実線の交点で示される。R&D 均衡条件 (21) の切片は a_H である。利潤カットオフ条件 (24) に関しては、縦軸の切片は a_H 以下となるパラメータを仮定することにより、内点解 E_1 は唯一であることが容易に理解できる。

¹³ 仮定 (22) が成立しない場合もありえるが、分類的な分析を避けるために (22) が成立する標準的な均衡を考える。また (22) は、Lee and Wilde (1980) の Theorem 1 で使われている仮定と質的には同じである。

¹⁴ 更にライバル企業のポアソン率 $\hat{I}$ も上昇するため、 $\hat{I} \uparrow \Rightarrow v(a) \downarrow \Rightarrow [V - v(a)] \uparrow \Rightarrow R(a) \uparrow, a \in [A, a_H]$ の連鎖が起こり I の上昇につながる (3 番目の $\Rightarrow$ は式 (7) による)。

2.4. 比較静学

2.4.1. V の効果

これまで展開したモデルを使い、先ず V の変化の効果を検討する。 V はイノベーション後の利潤の将来流列の現在価値と考えられるため、特許権や独占企業に対する規制の強さを捉えていると解釈できる。先に結果を以下の命題にまとめる。

命題 1. V が増加すると考えよう。¹⁵

- (1) I は増加する。
- (2) $R(a)$, $a \in [A, a_H)$, は増加する。
- (3) N が十分に大きい場合, A は上昇する。
- (4) f_A が十分に大きい場合, A は上昇する。
- (5) f_A が十分に小さい場合, A は減少する。

まず企業 A の行動を捉える図 3 の利潤カットオフ条件 (24) を考えよう。R&D の「賞金」である V の増加は、企業価値 $v(a)$ を上昇させる。この効果は、第一ステージのはじめに参入した全ての N 企業に当てはまることになるため、より生産性が低い企業も埋没費用を負担し、第二ステージに進むことになる。この効果は利潤カットオフ条件 (24) の下方シフトとして現れる。これを「企業価値増加効果」と呼ぶことにする。

次に、閾値 A を所与としポアソン率 I を決定する R&D 均衡条件 (21) を考えよう。一階条件 (7) が示すように、 V の増加は R&D 雇用の期待限界純便益を増加させる。従って、R&D インセンティブが増加し、第二ステージの全ての企業の R&D を促進する。その結果、 A を所与とすると、産業全体のポアソン率 I の上昇につながり、R&D 均衡条件 (21) は右シフトする。これにより均衡では閾値 A に対する上昇プレッシャーが発生する。これを「競争激化効果」と呼ぶことにする。

図 3 から、産業全体のポアソン率 I が上昇することが容易に分かる (命題 1-(1))。また Appendix A では、ライバル企業のポアソン率 $\hat{I}$ も増加することを示している。従って、式 (9) から、第二ステージの全ての企業は R&D の雇用を増やすことが確認できる (命題 1-(2))。これらは直感と合致する結果である。

命題 1-(3) にある閾値 A の変化を直感的に説明するために、まず利潤カットオフ条件 (24) の下方シフトを考えよう。均衡式 (24) が示すように、この曲線のシフトの大きさは企業数 N から独立であり、企業価値増加効果は N の影響を受けない。次に、産業全体のポアソン率を決定する R&D 均衡条件 (21) を考えよう。「賞金」 V の増加により、第二ステージの全ての企業

¹⁵ A が変化しない場合もあるが、これはナイフエッジのケースであるため、ここでは考えない。

はR&D 雇用 $R(a)$ を増やし、R&D 均衡条件 (21) が右にシフトすることは上で説明した。ここで重要な点は、 $R(a)$ の増分は期待限界純便益 $V - v(a)$ と正の関係があり、更に、企業価値の増分 $V - v(a)$ は企業数 N と正の関係があることである。この点は、企業価値を表す式 (10) とライバル企業のポアソン率 $\hat{I}$ である式 (16a) から分かる。即ち、 N が大きい場合、 V の増加による $R(a)$ の増分は大きくなり、それだけ競争激化効果が増幅される。従って、R&D 均衡条件 (21) の右シフトも大きくなるのである。図 3 では、 N が十分に大きいケースを描いており、均衡は E_1 から E_2 へ移る (命題 1-(3))。一方、 N が十分に小さいケースでは、R&D 均衡条件 (21) の右シフトは小さくなり、 A が減少する可能性がある。このように、閾値 A の変化は、パテント・レースの競争の激しさを示す一つの指標である企業数 N に依存している。この結果の証明は Appendix B で示す。

次に、命題 1-(4) と (5) を考えよう。キーとなるポイントは、埋没費用 f_A は R&D 均衡条件 (21) の右シフトに影響を与えないが、利潤カットオフ条件 (24) の下方シフトの大きさに影響を及ぼすことである。図 4 で示しているように、 f_A と下方シフトの大きさは負の関係にある。埋没費用が十分に大きい場合、均衡は E_1 から E_2 へ移行し、閾値 A は上昇する。 f_A が十分に小さい場合には、均衡は E'_2 へ移り A は減少することになる。直感的には以下のように説明できる。

閾値 A を決定する利潤カットオフ条件 (24) の右辺は、企業 A の企業価値 $v(A)$ を表している、生産性の閾値 A が上昇するとどうなるか考えてみよう (V の増加は後ほど考える)。第一に、分子の A が上昇すると、企業価値は直線的に増加することを示している。期待粗便益が増加するためである。第二に、分母の A はイノベーションに成功すると企業価値 $v(A)$ を失う機会費用を表している。この二つの効果を合わせると、図 2 のように、企業価値の $v(A)$ は A の凹関数となる。しかし、均衡ではライバル企業のポアソン率 $\hat{I}$ は一定ではない。これが第三の効果である。 $\hat{I}$ は A の減少関数であり、これにより企業価値 $v(A)$ は増加する。これは、ライバル企業が退出し、R&D レースに負けるリスクが軽減されるためである。3つの効果を合わせると、図 5 のように、企業価値 $v(A)$ は A の凸関数になる。つまり、 A の上昇により競争が弱まる効果が非常に強いのである。この図の中で V が増加すると、企業価値 $v(A)$ が上方シフトする。固定費用 f_A が高い場合、閾値 A の減少幅は小さく、これが図 4 の利潤カットオフ条件 (24) の小さな下方シフトとして表れ、閾値 A は上昇する (命題 1-(4))。逆に固定費用が低い場合は、 A の減少は大きく、曲線 (24) のシフトも大きくなり、閾値 A は減少することになる (命題 1-(5))。図 4 の結果は、閾値 A の上昇により競争が弱まる効果が非常に強いために発生している。

命題 1-(3) と (4) は、閾値 A の上昇という質的な意味では同じ結果である。しかし、そのメカニズムは全く違う。特に、 N と f_A を競争の異なる尺度として考えた場合、逆のことが起こっている。第二ステージで R&D に従事する企業数は $N[1 - Z(A)]$ で与えられる。命題 1-(3) では、閾値 A の上昇は企業数 N が大きいため競争が激しい場合に起こっている。一方、命題

1-(4) では、固定費用 f_A と閾値 A は正の相関関係にあるため（第 2.3 小節を参照）、 A が比較的に高く、 $N[1 - Z(A)]$ が比較的に低い場合に A が上昇している。即ち、競争の程度が低い場合に閾値 A の上昇が発生している。このような対照的な結果は、企業数 N を一定とする仮定に依存している。第 3 節では N を内生化したケースを展開し、この問題を再考する。

2.4.2. R&D 補助率の効果

次に、フロー R&D 支出への補助率 s の効果を考える。式 (9), (21), (23) では、 s と V に関する導関数は全て同じ符号である。また、式 (24) に関しても同じ事がいえる。この結果から s の変化の効果は、企業数 N に依存していることも含めて、質的に V のそれと同じであることが分かる。従って、次の命題が成立する（証明は省略）。

命題 2. 変数 A と I の変化の方向という意味での政策効果の質に関する命題 1 では、 V を s と読み替えることができる。

この結果は V の変化の効果は s の変化で再現可能であることも意味する。この再現性は、フロー費用と埋没費用への補助率が同じ場合である $s = s_A$ のケースでより分かりやすい形で示すことができる。まず $\tilde{V} \equiv \frac{V}{1-s}$ と置くと、式 (8) を $\left(\tilde{V} - \frac{\eta(R(a))R(a)}{r+I}\right) ah'(R(a)) = 1$ と書くことができ、これを使うと R&D 均衡条件 (21) を

$$I = \tilde{\Phi}(A; \tilde{V}, N) \quad \frac{\partial \tilde{\Phi}(A)}{\partial A} < 0, \quad \frac{\partial \tilde{\Phi}(A)}{\partial k} > 0, \quad k = \tilde{V}, N. \quad (25)$$

と書き換えることができる。同様に式 (23) を $(\tilde{V} - f_A) Ah'(R(A)) = 1$ と書くことにより、式 (24) を

$$f_A = \frac{\tilde{V} Ah(X(A; \tilde{V})) - X(A; \tilde{V})}{r + Ah(X(A; \tilde{V})) + \hat{I}(A, I; \tilde{V})} \quad (26)$$

と書き直すことができる。この式は利潤カットオフ条件 (24) の代わりになる均衡式であり、内生変数 (A, I) は 2 つの均衡条件 (25) と (26) で決定される。この連立方程式では、 V と s を別々ではなく、一つの変数 $\tilde{V}$ で表している。従って、ある $\tilde{V}$ の値を政策決定者が設定しようとする場合、 V と s の無数の組み合わせが存在する。例えば、 $\tilde{V} = \tilde{V}^*$ が政策目標だとした場合、 $V = \tilde{V}^*(1 - s)$ に基づいて V と s を決定することができる。この様な意味では、 V に関する政策と s に関する政策は代替可能であるといえる。

2.4.3. 埋没費用への補助と企業数

ここではまず、埋没費用への補助率 s_A の増加を考えよう。これは埋没費用 f_A の減少と等しい。図 3 を使って説明すると、利潤カットオフ条件 (24) だけが下方シフトするため、均衡は E_1 から E_3 へと移行する。この結果は簡単に説明がつく。補助率の上昇により、より生産

性が低い企業もその費用を負担し第二ステージに進むことになり、閾値 A が減少する。またより多くの企業がフローの R&D 支出を行うため、ポアソン率 I の上昇につながる。短期均衡では、参入費用の減少は比較的に生産性が低い企業の参入を促す結果になる。これは、後ほど見るように、長期的均衡とは対照的な結果である。

次に図 3 を使い、企業数 N が増加した場合を考える。影響を受ける曲線は R&D 均衡条件 (21) だけであり、右にシフトすることにより均衡は E_1 から E_4 へ移行する。直感的に説明すると、 N の増加はライバル企業の増加であり、それだけイノベーションに成功する確率が減少する。その結果、企業価値 $v(a)$ は減少し、埋没費用 f_A を負担する企業は少なくなり、閾値 A は上昇する。一方、R&D に成功した場合に得る純便益 $V - v(a)$ が増加することになり、R&D のインセンティブが増加する。それが I の上昇として現れる。

命題 3. 埋没費用と企業数に関する結果：

(1) 埋没費用の補助率 s_A の上昇、もしくは f_A の減少により、 A は減少し、 I は増加する。

(2) N の増加により A は上昇し、 I は増加する。

2.4.4. 確率密度関数

このモデルでは、企業の生産性の確率密度関数 $z(a)$, $a \in (0, a_H)$, は外生的に与えられている。これを事前の密度関数と呼ぼう。一方、第一ステージの終わりに、比較的に生産性が低い企業は退出するため、第二ステージに進む企業の生産性の条件付確率密度関数は内生的に決定され $z(a)/[1 - Z(A)]$ で与えられる。これを事後の密度関数と呼ぼう。ここで考えたい問題は、事前の確率密度関数が増加した場合のインパクトである。即ち、企業の事前の異質性が、均衡での事後の異質性にどのような影響を及ぼすかである。

企業の生産性分布はパレート分布に従うと仮定する。

$$z(a) = \mu \frac{a^{\mu-1}}{a_H^\mu - a_L^\mu} \quad a \in (a_L, a_H) \quad a_L \geq 0 \quad \mu < 1. \quad (27)$$

この仮定は産業組織論や国際貿易に関する文献で広く使われる仮定である。着目するパラメータは a_L と a_H である。図 6 で太い実線は初期時点での密度関数を表している。

まず何らかの理由で a_L が上昇したと考えよう。図 6 では、密度関数が細い実線に変化し、密度関数は全ての a でより「分厚く」なり、生産性が比較的高い場合の確率が増している。 a_L の変化により影響を受けるのは R&D 均衡条件 (21) だけである。図 3 を使うと、均衡は E_1 から E_4 に移行することになる。¹⁶ この結果は企業数 N の増加の場合と質的に同じである。第二ステージに進む企業数が増え、企業価値は減少する。しかし R&D に成功した場合に得る純便

¹⁶ パラメータの変化後も $a_L < A$ が成立する場合のみを考える。

益 $(V - v(a))$ が増加するため、R&D のインセンティブが増加する。共通な点は、パテント・レース競争の激化は R&D を促し、より生産性が低い企業の退出につながることである。

逆のケースである N もしくは a_L の減少を考えよう。この場合、図 3 のナッシュ均衡条件 (21) は左にシフトすることになり、 I は減少し、より生産性が低い企業も R&D を行うことになる。パテント・レースでの比較的に生産性が低い企業の存在は、競争の程度が低いことを示している。

次に a_H の変化を考える。図 6 では、密度関数は点線に変化する。 a_L の変化と違い、二つの相反する効果が存在する。第一に、 a_H の上昇により、以前には存在しなかったより生産性が高い企業（初期時点での a_H 以上の生産性を持つ企業）がレースに参加することになる。これらの企業の参加により、競争は激化することになり、上述の理由により R&D が促進され、比較的に低い生産性の企業の退出につながる。この効果は、図 3 の中で R&D 均衡条件 (21) を右にシフトさせる。第二に、 a_H の増加により、図 6 では生産性が a_H 以下の企業の確率が減少している。これは密度関数の面積は常に 1 になるためである。これにより、第二ステージで活動する企業数が減少し、競争が弱まる。第一の効果と逆の効果が働くことになり、図 3 の中で R&D 均衡条件 (21) は左にシフトする。最終的に、R&D 均衡条件 (21) のシフトの方向は二つの相反する効果の相対的な強さで決定される。言い換えると、生産性が高い企業の出現は、必ずしも全般的な競争を激化し R&D を促進しないのである。

a_L と a_H の変化の共通点は、共に生産性の平均を上昇させることである。これによりレースの競争の激化、R&D の促進、生産性が低い企業の退出につながる。異なる点は、 a_L の上昇は生産性の分散を減少させるが、 a_H の増加は分散を増加させる。分散の減少は競争の激化、分散の増加は競争を弱めることになる。

命題 4. 事前的密度関数に関する結果：

(1) a_L の上昇により A は上昇し、 I は増加する。

(2) a_H の上昇の効果は不定。

3. 長期的均衡

第 2 節で展開したモデルでは、第一ステージに参加する企業数 N は一定である。その意味では、短期的な均衡を捉えていると解釈できる。この節では N を内生化することにより、長期的な均衡を考察する。特に、産業政策の効果を再考する。

3.1. 企業数 N の内生化

第一ステージの初めに企業は埋没費用 f_N を負担するが、この費用と参加することにより獲得する期待企業価値を比較することにより、企業数 N が決定される。

まず期待企業価値を考えよう．この段階では R&D の生産性は分からないため，以下の期待企業価値が参入の期待便益と考えることができる．

$$\Pi(A, N) = \int_A^{a_H} [v(a; N) - (1 - s_A)f_A] dZ(a), \quad \frac{\partial v(a; N)}{\partial N} < 0. \quad (28)$$

ここで， $v(a) - (1 - s_A)f_A$ は第二ステージで獲得する純企業価値である．生産性 a が閾値 A より低い場合，純企業価値は負になり，企業は第二ステージに進まない．従って，式 (28) では閾値 A 以上の純企業価値だけが計上されている．第二ステージでの企業価値 $v(a; N)$ は N の減少関数になっている．これは企業価値 $v(a)$ がライバルのポアソン率 $\hat{I}$ と負の関係にあり (式 (10))， $\hat{I}$ は企業数 N の増加関数であるためである (式 (19b) と (21))．即ち，参入企業数 N が増加すると，第二ステージでの企業価値 $v(a; N)$ は減少し， $\partial \Pi(A, N)/\partial N < 0$ が成立する．参入プロセスは以下の条件が成立するまで続くことになる．

$$(1 - s_N)f_N = \Pi(A, N). \quad (29)$$

ここで s_N は埋没費用に対する補助率を表している.¹⁷

以上の追加的な仮定と式に基づき，この拡張モデルを解くことができる．説明を簡単にするために $(\hat{I}, A)$ の 2 変数を決定する均衡式を使い議論を進める．式 (6)，(9)，(28)，(29) から以下の自由参入条件を導出できる．

$$(1 - s_N)f_N = \int_A^{a_H} \left(\frac{VAh(X(a, \hat{I}; V, s)) - (1 - s)X(a, \hat{I}; V, s)}{r + ah(X(a, \hat{I}; V, s)) + \hat{I}} - (1 - s_A)f_A \right) dZ(a). \quad (30)$$

この式では，閾値 A を所与としてライバル企業のポアソン率 $\hat{I}$ が決定される．もう一つの均衡条件である利潤カットオフ条件 (24) を以下のように書き直す．

$$(1 - s_A)f_A = \frac{VAh(X(A; V, s, f_A)) - (1 - s)X(A; V, s, f_A)}{r + Ah(X(A; V, s, f_A)) + \hat{I}} \quad (31)$$

この拡張モデルでは，式 (30) と (31) が内生変数 $(\hat{I}, A)$ を決定し，図 7 ではこの 2 つの条件式の交点で均衡が決定される．

3.2. 産業政策の効果

3.2.1. V の効果

図 7 を使い， V の変化の効果を考察する．上で述べたように， V はパテント政策や企業の独占力に関わる規制などに依存している．

¹⁷ 第 2 節の短期均衡では， $(1 - s_N)f_N \leq \Pi(A, N)$ が成立することを仮定している．

V が増加した場合を考えよう。第 2.4.1 小節において利潤カットオフ条件 (24) は図 3 の中で下方シフトすることを説明したが、この拡張モデルでも同様に図 7 の中で利潤カットオフ条件 (31) は下方シフトする。自由参入条件 (30) は、図 3 の曲線 (21) と同様に図 7 の中で右にシフトする。しかし、このシフトには追加的なメカニズムが働いている。それは企業参入により N の上昇プレッシャーが働くことである。 V の増加は企業の R&D インセンティブを増加させ、ライバル企業のポアソン率 $\hat{I}$ は上昇する。これに加え、より高い V は企業価値 $v(a)$ を高めることにより、第一ステージ初めに企業が参入する際の期待純企業価値を増加させる。これにより参入企業数 N の増加プレッシャーが発生することになる。この N の増加による $\hat{I}$ の追加的な上昇により、自由参入条件 (30) の右シフトはより大きくなり、 A は必ず上昇することになる。図 7 の中で均衡は E_1 から E_2 へと移行することになる。

次に、産業全体のポアソン率 I の変化を確認するために式 (19a) を以下のように書き換える。

$$I = \hat{I} + \iota(A, \hat{I}; V, s) \quad \frac{\partial \iota}{\partial k} > 0, \quad k = A, \hat{I}, V, s. \quad (32)$$

この式によると、 I は $\hat{I}$, A , V の増加関数である。従って、 V の上昇に伴い、産業全体のポアソン率 I も増加することが分かる。即ち、第 2.4.1 で説明した競争激化効果は必ず企業価値増加効果を上回ることになる。

一方、最終的な N の変化は、パラメータや関数型により増加、減少、もしくは変化しない。理由は、閾値 A の上昇により第一ステージ初めに企業が参入する際の期待純企業価値が減少することになり、参入企業数 N を減少させる効果が働くためである。即ち、「賞金」 V の増加の効果は、参入企業数 N ではなく、R&D 生産性の閾値 A により鮮明に表れることになる。結果を以下の命題にまとめる（証明は Appendix C）。

命題 5. 第一ステージ初めの参入企業数 N が内生的に決定される長期的均衡では、 V の増加により

(1) A と I は増加する。

(2) N の変化は不定。

命題 5 の結果は、命題 1-(3) と整合性がある。 V の増加は、 N が「十分に大きく」なるまで企業の参入を促すのである。また、命題 1 の結果 (4) と (5) によると、短期的均衡では埋没費用 f_A が閾値 A の変化の方向に影響を及ぼす。長期的均衡では、そのような結果は得られない。このように、短期的均衡と長期的均衡では閾値 A に対する産業政策の効果は違ってくることになる。

3.2.2. R&D の補助率

まず、フロー R&D に対する政策を考えよう。第 2.4.2 小節では、 V と R&D 補助率 s には政策の代替性があると論じた。同様のことが長期的均衡でも有効なため、命題 5 の V を s と読み替えても成立する。

次に、第一ステージの初めに企業が参入する際に負担する埋没費用の補助率 s_N の効果を考えよう。この政策は自由参入条件 (30) だけに影響を及ぼす。図 7 では自由参入条件 (30) だけが右にシフトすることになり、均衡は E_1 から E_3 に移行することになる。その結果、ライバル企業のポアソン率 $\hat{I}$ は上昇し、閾値 A は増加することになる。また、式 (32) から産業全体のポアソン率 I も上昇することが分かる。

直感的な説明は以下のようになる。補助率 s_N の上昇により、より多くの企業が参入する（後ほど示す N の増加）。その全ての企業が第二ステージに進む訳ではないが、その数は増えることになり、産業全体のポアソン率 I が増加することになる。更に N の増加により、第二ステージでは生産性が比較的に高い企業数が増すことにより、競争が激化する。R&D に成功しないリスクが高まるため、比較的に生産性が低い企業は退出に追い込まれることになる（ A の増加）。補助率 s_N の上昇により、事前的には同質の企業の参入を促すことによって、事後的には生産性が低い企業の退出を促すことができるのである。第 2.4.3 小節で考察したもう一つの埋没費用の補助率 s_A の短期的効果とは対照的な結果である（命題 3-(1)）。

上の説明の中で s_N の上昇により N は増加することを述べたが、それを示すために図 3 を使う。初期均衡は点 E_1 であり、長期的均衡は点 E_5^I で与えられる。これは A と I の両変数が長期的に増加するためであり、また利潤カットオフ条件 (24) は f_N から独立であり、且つ、必ず満たされるためである。一方、R&D 均衡条件 (21) は、長期的には N が変化するため、点 E_5^I が交点となる位置にシフトすることになる。重要なポイントは、このシフトは N の増加により発生していることである。この結果は、R&D 均衡条件 (21) を「等企業数 (N) 曲線」と解釈すると、簡単に理解できる。即ち、曲線上から北東に移動するにつれ企業数 N は増加することになるため、補助率 s_N の上昇に伴い企業数 N は増えることが分かる。

次に s_A の長期的な結果を考察する。より高い補助率により、より生産性が低い企業が第二ステージへ進む傾向にあることは明らかである。この効果は、図 7 の利潤カットオフ条件 (31) は下方シフトするため、閾値 A は減少する傾向にある。これは命題 3-(1) で明らかにした短期的均衡での効果と同質である。しかし長期的均衡では、 s_A の増加のもう一つの効果が作用することになる。 s_N 増加のケースと同じように、 s_A の上昇は図 7 の自由参入条件 (30) を右にシフトさせ、ライバル企業のポアソン率 $\hat{I}$ の上昇をもたらす。理由は、第一ステージ初めの参入時の期待便益が増加することにより、企業の新規参入が促されるためである。この効果により閾値 A は増加する傾向にある。この 2 つの相反する効果の相対的な強さにより、最終的に閾値 A がどう変化するかが決まる。Appendix C では、閾値 A は必ず上昇することを示

している．図 7 を使うと，初期均衡が E_1 から E_2 へ移行し， $\hat{I}$ と A の両変数はともに増加する．従って，産業全体のポアソン率 I の増加は式 (32) から確認でき，図 3 では E_6^L が長期的均衡となる．短期的均衡が E_3 であることを踏まえると，R&D 均衡条件 (21) を「等企業数 (N) 曲線」と解釈することにより，企業数 N は長期的に増加していることが簡単に確認できる．

命題 6. 長期的均衡での R&D 補助の効果．

- (1) s の上昇により A と I は増加するが， N の変化は不定．
- (2) s_N の上昇により A ， I ， N は増加する．
- (3) s_A の上昇により A ， I ， N は増加する．

図 8 は命題 3-(1) と命題 6-(3) の結果を描いている．横軸は R&D の生産性，そして縦軸はそれぞれの生産性を持つ企業数を示しており，初期時点での企業分布は太い実線で示されている．短期的均衡では，補助率 s_A の上昇により閾値 A は減少するすが，企業数 N は一定である．従って，短期均衡での企業分布は細い実線に変わることになる．一方，長期的均衡では， A と N の両方が増加する．従って，長期均衡での企業分布は点線なので与えられることになる．このように企業分布の動きは単調的なものではないことが理解できる．

3.3. 動学分析と ✓ 効果

これまでの分析では企業数 N が内生的に決定された場合を考え，それを N が一定である短期的均衡と比べているが，短期的均衡と長期的均衡の間で (A, N) がどのように変化するかは示していない．ここでは移行過程での両変数の変化を明示的に考察することにより，産業政策の効果を経時をおって分析する．

まず動学的分析を行うために，第一ステージの初めにパテント・レースに N 企業が参入するという仮定を変更する必要がある．具体的には，レースが始まった後でも参入・退出は可能であり，レースが第二ステージに達しても参入・退出プロセスは続くとは仮定する．即ち， N の調整に時間が掛かると考える．この変更以外の仮定は全て同じとし，企業数 N の変化は以下の式で決定されると仮定する．

$$\dot{N} = \Delta(\Pi(A, N) - (1 - s_N)f_N), \quad \Delta' > 0, \quad \Delta(0) = 0. \quad (33)$$

この条件は，期待企業価値 $\Pi(A, N)$ が参入費用を上回る（下回る）限り企業参入（退出）が徐々に続くことを示しており，式 (29) が成立した時点で参入・退出プロセスがストップするダイナミックスを捉えている．

以下では2変数 (A, N) を決定する2つの均衡式を導出するが、まず企業数 N の動学方程式を考える。式 (9), (16a), (21) を使うと

$$R(a) = X(a, m(A, N)\Phi(A, N; V, s); V, s) \equiv \chi(a, A, N; V, s), \quad (34a)$$

$$\frac{\partial \chi(a)}{\partial A} < 0, \quad \frac{\partial \chi(a)}{\partial k} > 0, \quad k = N, V, s \quad (34b)$$

を得る。更に、式 (6), (16a), (21), (28), (34a) を使うと、参入前の期待企業価値を以下の式で表すことができる。

$$\Pi(A, N) = \int_A^{a_H} \left(\frac{Vah(\chi(a, A, N; V, s)) - (1-s)\chi(a, A, N; V, s)}{r + ah(\chi(a, A, N; V, s)) + m(A, N)\Phi(A, N; V, s)} - (1-s_A)f_A \right) dZ(a). \quad (35)$$

2つの内生変数 (A, N) だけに依存する企業数 N の動学方程式は、式 (35) を式 (33) に代入した式によって与えられる。その式は閾値 A を所与とし、第二ステージの全ての企業の R&D 支出を考慮した結果としてパテント・レースに参入・退出する企業数の変化を表している。式 (33) から

$$\frac{\partial \dot{N}}{\partial N} < 0 \quad (36)$$

が確認できる。

次に、閾値企業 A の行動を捉えた均衡式を考える。式 (10), (12), (23), (16a), (21) を使うと、次の条件式を導出できる。

$$(1-s_A)f_A = \frac{VAh(X(A; V, s, f_A)) - (1-s)X(A; V, s, f_A)}{r + Ah(X(A; V, s, f_A)) + m(A, N)\Phi(A, N; V, s)}. \quad (37)$$

この式は、利潤カットオフ条件 (24) を (A, N) 空間で表した式であり、企業数 N を所与として閾値 A が決定される均衡式である。

式 (33) と (37) が (A, N) のダイナミクスを決定する。定常状態において式 (33) は式 (29) と等しくなり、長期的均衡での (A, N) は自由参入条件 (29) と利潤カットオフ条件 (37) で決定される。¹⁸ この2つの式は図9の中で右上がりの曲線として描かれており、Appendix D では自由参入条件 (29) の傾きは利潤カットオフ条件 (37) より必ず大きくなることを示している。この図を使い移行過程を考える上で、利潤カットオフ条件 (37) は常に成立することに留意して欲しい。即ち、均衡は必ず利潤カットオフ条件 (37) 上に存在することになる。従って、任意の初期条件から均衡は利潤カットオフ条件 (37) に沿って長期的均衡へ移行することになり、式 (36) から定常状態は安定的であることが簡単に確認できる。

産業政策の興味深い効果を説明するために、初期の均衡 E_1 において埋没費用に対する補助率 s_A が上昇した場合を考えよう。図9では、利潤カットオフ条件 (37) は下方シフトし、自由参入条件 (29) は右シフトする。直感的な説明は命題 6-(3) に関して第 3.2.2 小節で行った説明

¹⁸ここでの自由参入条件 (29) の $\Pi(A, N)$ は式 (35) で与えられる。

と基本的に同じであるため、ここでは省くことにする。更に、命題 6-(3) は、 s_A の増加により長期的には A と N が上昇することを示している。従って、次のような移行過程が起こることになる。政策変更直後、短期的には企業数 N は一定であるため、均衡は E_S に下方ジャンプし、閾値 A は減少する。この結果は命題 3-(1) を表している。次に続く移行過程では、均衡は E_S から E_L に徐々に移行することになる。

この過程での閾値 A の変化を描いたのが図 10 である。 A_1 は s_A が変更される以前の閾値であり、 A_S は政策変更後の短期的均衡での閾値、 A_L は長期的均衡での閾値を示している。横軸は時間であり、時間 $\bar{t}$ に補助率 s_A が上昇したと考えよう。補助率が変化した時点で、閾値は A_1 から A_S へと下方ジャンプする。その後、企業が参入し、企業数 N が上昇し始める。それに伴い、図 9 の自由参入条件 (29) の右にシフトに反映される長期的な効果が作用し、閾値 A は徐々に上昇を始める。政策変更前の水準 A_1 まで戻り、更には長期的均衡の水準である A_L まで増加し続ける。この分析で分かることは、閾値 A は時間とともにチェックマーク (✓) 型カーブ (太い実線) を描くことである。この結果は、国際貿易理論での J カーブ効果 (通貨の下落後の貿易収支の変化) と似ている。共通点は、ショック後の調整に時間が掛かることである。

これまでの分析では、補助率 s_A の上昇を考えたが、「賞金」 V の変化の効果を考えよう。¹⁹ 図 11 では 3 つの可能なケースを描いている。命題 1-(5) と命題 5-(1) によると、閾値 A は短期的に減少するが、長期的には上昇する。即ち、ケース①の ✓ 効果である。残りの 2 つのケースは、命題 1-(3) または 1-(4) の場合に発生する。この場合、短期的にも閾値 A は上昇するため、ケース②とケース③が可能である。特に、興味を引くのはオーバーシュートが発生するケース③である。このケースは、長期的に企業数 N が減少することにより起こっている。次の研究ステップは、この理論的予測が企業分布の変化のデータに支持されるかどうかという問題であるが、それについては今後の課題としたい。

3.4. 厚生分析

ここでは厚生分析について簡単に触れることにする。パテント・レース・モデルでは「重複効果」と呼ばれる外部性により過度の競争が発生し、社会的に最適な水準を上回る R&D 支出や企業数につながる。本論文で展開したモデルにも同じ外部性が存在するため、市場均衡での企業分布は社会的に最適ではないことを示すことができる。²⁰ 即ち、市場均衡ではより生産性が低い企業がより多く参入し R&D に過度の支出を行うことにより、産業全体での技術進歩率は高すぎることになる。

もう一つの比較方法として、市場均衡で達成される技術進歩率は社会的費用を最小化してい

¹⁹ 第 2.4.2 小節の分析に従うと、「賞金」 V の変化は、 $s = s_A = s_N$ の場合の R&D 補助率の効果と質的に等しい。

²⁰ ここでの社会的最適均衡は、社会的計画者が全ての R&D プロジェクトを管理した場合に達成できる均衡を指している。

るかという問題を考えることができる．レースの初期時点から考えて、R&D 総費用の現在価値 C は

$$C = N \left(\frac{\int_A^{a_H} R(a) dZ(a)}{r + I} + [1 - Z(A)] f_A + f_N \right) \quad (38)$$

で与えられ、 N は産業全体のポアソン率である $I = N \int_A^{a_H} ah(R(a)) dZ(a)$ を満たす．確率密度関数が式 (27) で与えられると仮定すると、 I を所与として C を最小化する閾値 $A^{\min} < a_H$ と、それに対応する $N^{\min}$ の存在を示すことができる．問題は、市場で決定される 2 変数 (A, N) が $(A^{\min}, N^{\min})$ とどう乖離するかである．市場で決定されるポアソン率 I を所与と置くため、2 つの場合がありえる：(1) $A > A^{\min}$, $N > N^{\min}$ と (2) $A < A^{\min}$, $N < N^{\min}$.

例として、第 1 節で説明した図 1 を考えよう．ここでは技術進歩率を所与として、企業分布により社会的費用はケース①~ ③の 3 つの場合に分けている．例えば、社会的最適均衡はケース①であるとしよう．この場合、市場均衡であるケース②又はケース③は社会的費用を最小化しておらず、資源の misallocation が発生している．理由は上述した市場の失敗につながる外部性である．以上の規範的分析の含意は、資源の misallocation を正す政策により、社会的に望ましい技術進歩を達成することができるのであり、単に企業の R&D 支出を最適にする政策だけでは不完全であるということである．この問題に取り組むためには、どのような条件の下でケース②又はケース③が発生するのかを考察する必要があるが、この問題については他で論じることにする．

4. 結語

本稿では、企業の異質性を強調するパテント・レース・モデルを展開した．レース参入前の段階では企業の R&D 生産性は未知と置き、埋没費用を負担することにより生産性が明らかになると仮定することにより、均衡では企業の異質性が内生的に発生することになる．第一ステージの初めに参入する企業数が一定かどうかにより、短期的均衡と長期的均衡を分けて企業行動の分析を行った．

このモデルを使い産業政策の効果を考察し、パテント・レースを続ける企業の分布に対する効果を明らかにした．例えば、特許権の強化は閾値 A に対して相反する 2 つの効果があることを示した．企業価値上昇効果と競争促進効果である．短期均衡では、どちらの効果が優勢かは企業数 N と埋没費用 f_A に依存するが、長期的均衡では競争促進効果が支配的であり、比較的に生産性が低い企業は退出することを示した．これは、データを説明する上で有益な知見であると思われる．また、R&D に対する補助率や企業数で捉えた競争の程度のインパクトについても議論した．特に、ダイナミックスを明示的に考察することにより、補助率 s_A の上昇は、閾値 A に対して ✓ 効果が存在すると予測できる．

本稿のモデルは様々な方向に拡張が可能である．第一に，財市場と R&D レースの相互作用の導入である．財市場での競争から R&D レースへの影響は変数 V にある程度反映されている．しかしその逆方向の作用の理解には，財市場を明示的に導入する必要がある．第二に，R&D の外部性の導入である．本論文では紹介していないが，外部性の効果により特許権の強化は産業全体の技術進歩率を減少させる可能性があることを示すことができる．第三に，ライセンスリングや R&D のジョイントベンチャーが企業分布にどのような影響を与えるかも興味深い．第四に，部分均衡の枠組みでラディカルなイノベーションとインクリメンタルなイノベーション（もしくは模倣）の違いを導入することである．暫定的な計算であるが，特許の強化はインクリメンタルなイノベーションを行う生産性が低い企業の退出を促す効果があるようである．第五に，一般均衡への拡張である．本稿のモデルは簡単に内生的技術進歩モデルに拡張できる．Romer (1990) タイプの Variety-Expansion 型であれば，春山 (2012) の手法が有益であろう．第六に，国際貿易への拡張である．Melitz (2003) は，貿易自由化が企業の異質性にどのような影響を与えるかを考察しており，類似の研究は盛んに行われている．このタイプの研究では，財市場での企業の異質性に注目しているが，R&D 企業の異質性との相互作用は非常に興味深い．実証分野でも，輸出と R&D の関係を考察した研究もあり，今後の研究課題としたい．

Appendices

A. $\hat{I}$ について

先ず，式 (24) を以下のように書き直す．

$$(1 - s_A) f_A = \frac{V Ah(X(A; V, s, f_A)) - (1 - s) X(A; V, s, f_A)}{r + Ah(X(A; V, s, f_A)) + \hat{I}} \quad (\text{A1})$$

次に，式 (15) を (9) に代入すると

$$\hat{I} = [N(1 - Z(A)) - 1] \int_A^{a_H} ah(X(a; \hat{I}, V, s, f_A)) \frac{dZ(a)}{1 - Z(A)} \quad (\text{A2})$$

となり，

$$\hat{I} = \hat{\Phi}(A; V, s, N), \quad \frac{\partial \hat{\Phi}(A)}{\partial A} < 0, \quad \frac{\partial \hat{\Phi}(A)}{\partial k} > 0, \quad k = V, s, N. \quad (\text{A3})$$

と書くことができる．式 (A1) と (A2) が $(A, \hat{I})$ を決定する．図 3 の横軸を $\hat{I}$ と読み直すと，右上がりの曲線が式 (A1) を，右下がりの曲線が式 (A2) を示すと解釈し直すことができる．ここで式 (22) と同様の安定性に関する以下の仮定を置く．

$$1 - [N(1 - Z(A)) - 1] \int_A^{a_H} ah'(R(a)) \frac{\partial X(a, \hat{I})}{\partial \hat{I}} \frac{dZ(a)}{1 - Z(A)} > 0. \quad (\text{A4})$$

命題 1 の I を $\hat{I}$ と読み直した結果を命題 1' とすると、その命題が成立する。 s , s_A , f_A の効果に関しても、命題 2, 3 と同様な結果が成立することを示すことが可能であるが、証明は省略する。

B. 命題 1 の証明

結果 (1) : 式 (21) と (24) を全微分し、それを行列形で表す。

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{dI}{dV} \\ \frac{dA}{dV} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} \quad (\text{B1})$$

ここで (包絡線定理を使うことにより、式 (24) の $X(A; V, s, f_A)$ をとおした変数の変化は無視できる) ,

$$P_{11} = 1 - N \int_A^{a_H} ah'(X(a)) \frac{\partial X(a, m(A, N)I)}{\partial I} dZ(a) > 0, \quad (\text{B2})$$

$$P_{12} = NAh(X(A)) - N \int_A^{a_H} ah'(X(a)) \frac{\partial X(a, \hat{I})}{\partial \hat{I}} \frac{\partial m(A, N)}{\partial A} IdZ(a) > 0, \quad (\text{B3})$$

$$P_{21} = -\frac{f_A}{r + Ah(X(A)) + \hat{I}} \frac{\partial \hat{I}}{\partial I} < 0, \quad (\text{B4})$$

$$P_{22} = \frac{(V - f_A)h(X(A)) - f_A \frac{\partial \hat{I}}{\partial A}}{r + Ah(X(A)) + \hat{I}} > 0, \quad (\text{B5})$$

$$U_1 = N \int_A^{a_H} ah'(X(a)) \frac{\partial X(a, \hat{I})}{\partial V} dZ(a) > 0, \quad (\text{B6})$$

$$U_2 = -\frac{Ah(X(A)) - f_A \frac{\partial \hat{I}}{\partial A}}{r + Ah(X(A)) + \hat{I}} < 0. \quad (\text{B7})$$

以下を定義する。

$$D = P_{11}P_{22} - P_{21}P_{12} > 0, \quad (\text{B8})$$

$$D_I = U_1P_{22} - U_2P_{12} > 0, \quad (\text{B9})$$

$$D_A = P_{11}U_2 - P_{21}U_1 \geq 0. \quad (\text{B10})$$

クラメルの公式を使うと、

$$\frac{dI}{dV} = \frac{D_I}{D} > 0. \quad (\text{B11})$$

結果 (2) : Appendix A で $\frac{\partial \hat{I}}{\partial V} > 0$ が示された。従って、式 (9) により結果 (2) は明らか。

結果 (3) : クラメルの公式を使い、式を整理すると以下を得る。

$$\frac{dA}{dV} = \frac{D_A}{D} = -\frac{P_{11}P_{21}}{D} \left(\frac{U_1}{P_{11}} - \frac{U_2}{P_{21}} \right). \quad (\text{B12})$$

丸括弧の中の第一項目は図 3 の曲線 (21) のシフトを、第二項目は曲線 (24) のシフトの大きさ

を捉えている．ここで $\frac{U_2}{P_{21}}$ は N から独立である．また， $\frac{\partial}{\partial N} \left(\frac{U_1}{P_{11}} \right) > 0$ であり， $\frac{U_1}{P_{11}} = \infty$ となる N が存在する．従って， N が十分に大きい場合， $\frac{dA}{dV} > 0$ となる．

結果（４）と（５）： 以下を簡単に確認できる．

$$\frac{\partial}{\partial f_A} \left(\frac{U_2}{P_{21}} \right) < 0, \quad \lim_{f_A \rightarrow 0} \frac{U_2}{P_{21}} = \infty, \quad \lim_{f_A \rightarrow \infty} \frac{U_2}{P_{21}} = 0. \quad (\text{B13})$$

一方， f_A の値にかかわらず $0 < \frac{U_1}{P_{11}} < \infty$ ．従って，結果（４）と（５）は明らかである．

C. 命題 5 と命題 6-(3) の証明

（１） A と $\hat{I}$ の変化: まず以下を定義する．

$$\tilde{v}(a, \hat{I}; V) = \frac{Vah(X(a, \hat{I}; V, s)) - (1-s)X(a, \hat{I}; V, s)}{r + ah(X(a, \hat{I}; V, s)) + \hat{I}} \quad (\text{C1})$$

$$\left. \frac{\partial \tilde{v}}{\partial \hat{I}} \right|_{\text{constant } X(a)} < 0, \quad \left. \frac{\partial \tilde{v}}{\partial k} \right|_{\text{constant } X(a)} > 0, \quad k = V, s. \quad (\text{C2})$$

この式を使い，式 (30) と (31) を全微分し，それを行列形で表す．

$$\begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\hat{I} \\ dA \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \end{bmatrix} dV + \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} ds_A. \quad (\text{C3})$$

ここで（包絡線定理を使うことにより式 (30) の $X(a, \hat{I}; V, s)$ をとおした変数の変化，及び式 (31) の $X(A; V, s, f_A)$ をとおした変数の変化は無視できる），

$$K_{11} = - \int_A^{a_H} \frac{\tilde{v}(a)}{r + ah(X(a)) + \hat{I}} dZ(a) < 0, \quad K_{12} = 0 \quad (\text{C4})$$

$$K_{21} = - \frac{VAh(X(A)) - (1-s)X(A)}{r + Ah(X(A)) + \hat{I}} dZ(a) < 0, \quad (\text{C5})$$

$$K_{22} = \frac{[V - (1-s_A)f_A]h(X(A))}{r + Ah(X(A)) + \hat{I}} < 0, \quad (\text{C6})$$

$$W_1 = - \int_A^{a_H} \frac{ah(X(a))}{r + ah(X(a)) + \hat{I}} dZ(a) < 0, \quad W_2 = - \frac{Ah(X(A))}{r + Ah(X(A)) + \hat{I}}, \quad (\text{C7})$$

$$B_1 = -[1 - Z(A)]f_A < 0, \quad B_2 = -f_A < 0. \quad (\text{C8})$$

次に以下を計算する．

$$L = K_{11}K_{22} < 0, \quad (\text{C9})$$

$$L_I^V = W_1K_{22} < 0, \quad L_A^V = K_{11}W_2 - K_{21}W_1 = \frac{\alpha(A)}{r + Ah(X(A)) + \hat{I}} < 0, \quad (\text{C10})$$

$$L_I^{s_A} = B_1K_{22} < 0, \quad L_A^{s_A} = K_{11}B_2 - K_{21}B_1 = f_A\beta(A) < 0. \quad (\text{C11})$$

ここで,

$$\alpha(A) \equiv \int_A^{a_H} \frac{v(a)Ah(X(A)) - (1-s_A)f_Aah(X(a))}{r + ah(X(a)) + \hat{I}} dZ(a) < 0 \quad (C12)$$

$$\beta(A) \equiv \int_A^{a_H} \left(\frac{v(a)}{r + ah(X(a)) + \hat{I}} - \frac{(1-s_A)f_A}{r + Ah(X(A)) + \hat{I}} \right) dZ(a) < 0. \quad (C13)$$

L_A^V , $L_A^{s_A}$, $\alpha(A)$, $\beta(A)$ の符号は, $\alpha(A)$ と $\beta(A)$ の以下の性質から確認できる.

$$\alpha'(A) > 0, \quad \beta'(A) > 0, \quad \alpha(a_H) = \beta(a_H) = 0. \quad (C14)$$

クラメルの公式を使うと,

$$\frac{d\hat{I}}{dV} = \frac{L_I^V}{L} > 0, \quad \frac{dA}{dV} = \frac{L_A^V}{L} > 0, \quad \frac{d\hat{I}}{ds_A} = \frac{L_I^{s_A}}{L} > 0, \quad \frac{dA}{ds_A} = \frac{L_A^{s_A}}{L} > 0. \quad (C15)$$

(2) N の変化: 式 (20) を全微分する.

$$0 = Y_I dI + Y_A dA + Y_N dN + Y_V dV. \quad (C16)$$

ここで,

$$Y_I = 1 - N \int_A^{a_H} ah'(X(a)) \frac{\partial X(a)}{\partial \hat{I}} m(A, N) dZ(a) > 0, \quad (C17)$$

$$Y_A = N Ah(X(A)) Z(A) - N \int_A^{a_H} ah'(X(a)) \frac{\partial X(a)}{\partial \hat{I}} \frac{\partial m(A, N)}{\partial A} IdZ(a) > 0, \quad (C18)$$

$$Y_N = -\frac{I}{N} - N \int_A^{a_H} ah'(X(a)) \frac{\partial X(a)}{\partial \hat{I}} \frac{\partial m(A, N)}{\partial N} IdZ(a) < 0, \quad (C19)$$

$$Y_V = - \int_A^{a_H} ah'(X(a)) \frac{\partial X(a)}{\partial V} dZ(a) < 0. \quad (C20)$$

式 (C16) を以下のように書き換える.

$$\frac{dN}{dV} = -\frac{Y_V}{Y_N} \left(1 + \frac{Y_I}{Y_V} \frac{dI}{dV} + \frac{Y_A}{Y_V} \frac{dA}{dV} \right) \geq 0. \quad (C21)$$

N の変化は不定であることが分かる. 次に dV をゼロと置き, 式 (C16) を以下のように書き換えると

$$\frac{dN}{ds_A} = -\frac{1}{Y_N} \left(Y_I \frac{dI}{ds_A} + Y_A \frac{dA}{ds_A} \right) > 0. \quad (C22)$$

D. 自由参入条件 (29) と利潤カットオフ条件 (37) の傾きについて

まず以下を定義する.

$$B(A, N) \equiv m(A, N)I(A, N), \quad \frac{\partial B(A, N)}{\partial A} < 0, \quad \frac{\partial B(A, N)}{\partial N} > 0. \quad (D1)$$

この式を使い，式 (29) の右辺が式 (35) で与えられる自由参入条件と利潤カットオフ条件 (37) の傾きを計算すると，

$$\left. \frac{dA}{dN} \right|_{\text{自由参入条件}} = \frac{\frac{\partial B(A,N)}{\partial N}}{-\frac{\partial B(A,N)}{\partial A}} > \frac{\frac{\partial B(A,N)}{\partial N}}{\psi - \frac{\partial B(A,N)}{\partial A}} = \left. \frac{dA}{dN} \right|_{\text{利潤カットオフ条件}} \quad (\text{D2})$$

となり，ここで

$$\psi \equiv \frac{[V - (1 - s_A)f_A]h(X(A))}{r + Ah(X(A)) + B} > 0. \quad (\text{D3})$$

参考文献

- Aghion, Philippe and Peter Howitt (1992) “A Model of Growth Through Creative Desctruction,” *Econometrica*, Vol. 60, No. 2, pp. 323–351, March.
- Åstebro, Thomas (2002) “Noncapital Investment Costs and the Adoption of CAD and CNC in U.S. Metalworking Industries,” *RAND Journal of Economics*, Vol. 33, No. 4, pp. 672–688, Winter.
- (2004) “Sunk Costs and the Depth and Probability of Technology Adoption,” *Journal of Industrial Economics*, Vol. 52, No. 3, pp. 381–399, September.
- Atkeson, Andrew and Ariel Tomás Burstein (2010) “Innovation, Firm Dynamics and International Trade,” *Journal of Political Economy*, Vol. 118, No. 3, pp. 433–84, June.
- Banerjee, Abhijit V. and Benjamin Moll (2010) “Why Does Misallocation Persist?” *American Economic Journal: Macroeconomics*, Vol. 2, No. 1, pp. 189–206, January.
- Choi, Jay P. (1991) “Dynamic R&D Competition under ”Hazard Rate” Uncertainty,” *RAND Journal of Economics*, Vol. 22, No. 4, pp. 596–610.
- Cohen, Wesley M. and Steven Klepper (1992) “The Anatomy of Industry R&D Intensity Distributions,” *American Economic Review*, Vol. 82, No. 4, pp. 773–799, September.
- Dasgupta, Partha and Joseph Stiglitz (1980) “Industrial Structure, and the Speed of R&D,” *Bell Journal of Economics*, Vol. 11, No. 1, pp. 1–28, Spring.
- Etro, Federico (2004) “Innovation by leaders,” *Economic Journal*, Vol. 114, No. 495, pp. 281–303.
- Grossman, Gene and Elhanan Helpman (1991) “Quality Ladders in the Theory of Growth,” *Review of Economic Studies*, Vol. 58, No. 1, pp. 43–61, January.
- Hall, Bronwyn H. and Nathan Rosenberg (2010) *Handbook of the Economics of Innovation Vol.1-2*, Amsterdam: Elsevier.

- Hsieh, Chang-Tai and Peter J. Klenow (2010) “Development Accounting,” *American Economic Journal: Macroeconomics*, Vol. 2, No. 1, pp. 207–23, January.
- Klette, Tor Jakob and Samuel Kortum (2004) “Innovating Firms and Aggregate Innovation,” *Journal of Political Economy*, Vol. 112, No. 5, pp. 986–1018, October.
- Lee, Tom and Louis L. Wilde (1980) “Market Structure and Innovation: A Reformulation,” *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 94, No. 2, pp. 429–436, March.
- Loury, Glenn C. (1979) “Market Structure and Innovation,” *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 93, No. 3, pp. 395–410, August.
- Máñez, Juan A., María E. Rochina-Barrachina, Amparo Sanchis, and Juan A. Sanchis (2009) “The Role Of Sunk Costs In the Decision To Invest In R&D,” *Journal of Industrial Economics*, Vol. 57, No. 4, pp. 712–735.
- Malueg, David A. and Shunichi O. Tsutsui (1997) “Dynamic R&D Competition with Learning,” *RAND Journal of Economics*, Vol. 28, No. 4, pp. 751–772.
- Melitz, Marc J. (2003) “The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity,” *Econometrica*, Vol. 71, No. 6, pp. 1695–1725, November.
- Reinganum, Jennifer F. (1982) “A dynamic game of R and D: Patent protection and competitive behavior,” *Econometrica*, Vol. 50, No. 3, pp. 671–688, May.
- (1989) “The Timing of Innovation: Research, Development, and Diffusion,” in Schmalensee, Richard and Robert Willig eds. *Handbook of Industrial Organization*, Vol. 1, Amsterdam: Elsevier, Chap. 14, pp. 849–908.
- Romer, Paul (1990) “Endogenous Technological Change,” *Journal of Political Economy*, Vol. 98, pp. S71–S102.
- Stiglitz, Joseph E. (1987) “Technological Change, Sunk Costs, and Competition,” *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 1987, No. 3, pp. 883–947.
- 春山鉄源 (2012) 「確率的バラエティ拡大モデル」,『国民経済雑誌』, 第 205 卷, 第 6 号, 41–49 頁, 6 月.

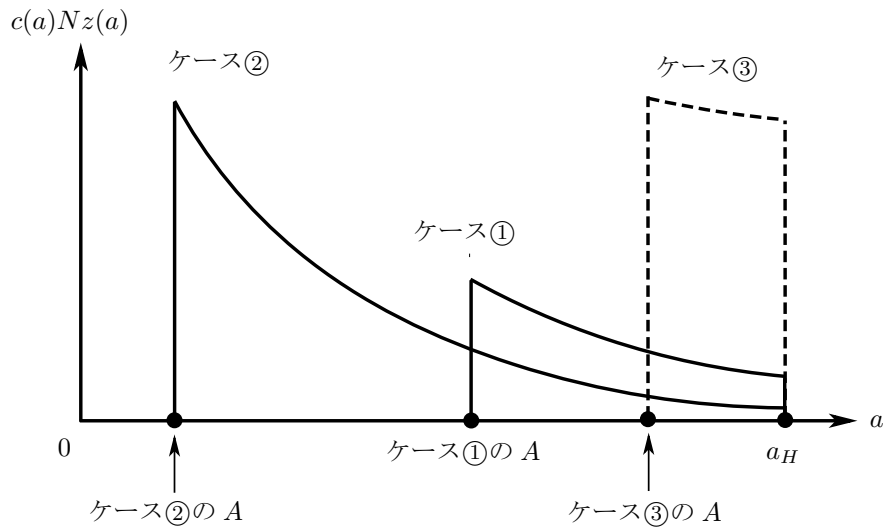


図 1: ケース①とケース②では, 前者のほうがより生産性が高い企業が多い. それぞれの曲線の下面積は総費用 C を表す.

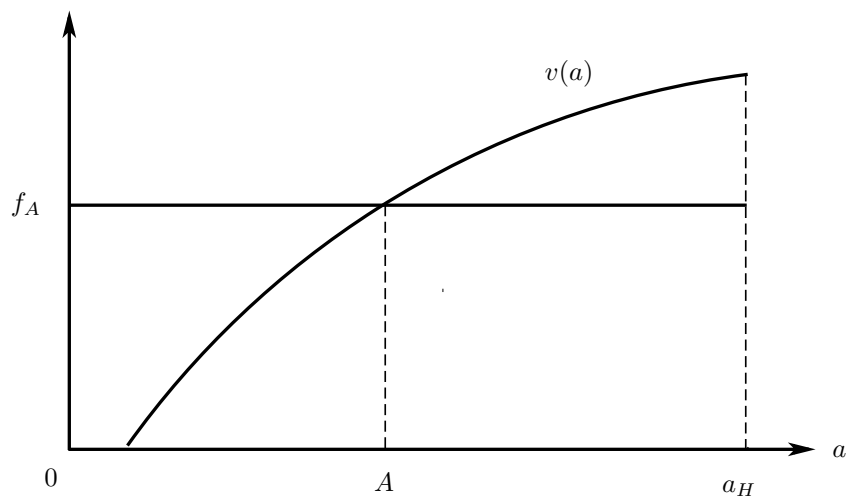


図 2: 生産性が閾値 A よりも高い企業は第二ステージに進む.

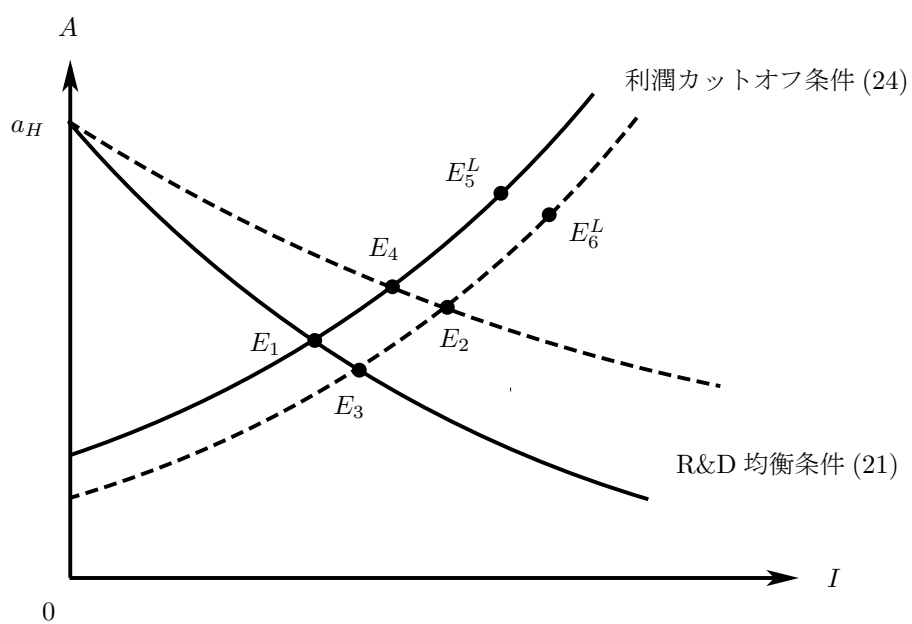


図 3: 短期的均衡と V の増加の効果（企業数 N が十分に大きい場合）など．

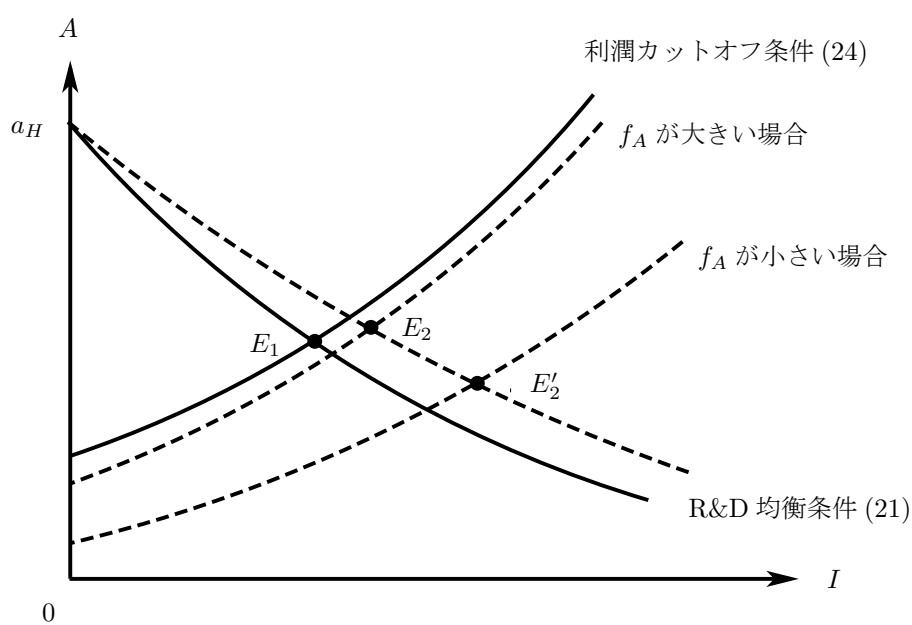


図 4: V の増加の効果．埋没費用 f_A が十分に小さい場合は閾値 A は減少する．逆に f_A が十分に大きい場合， A は増加する．

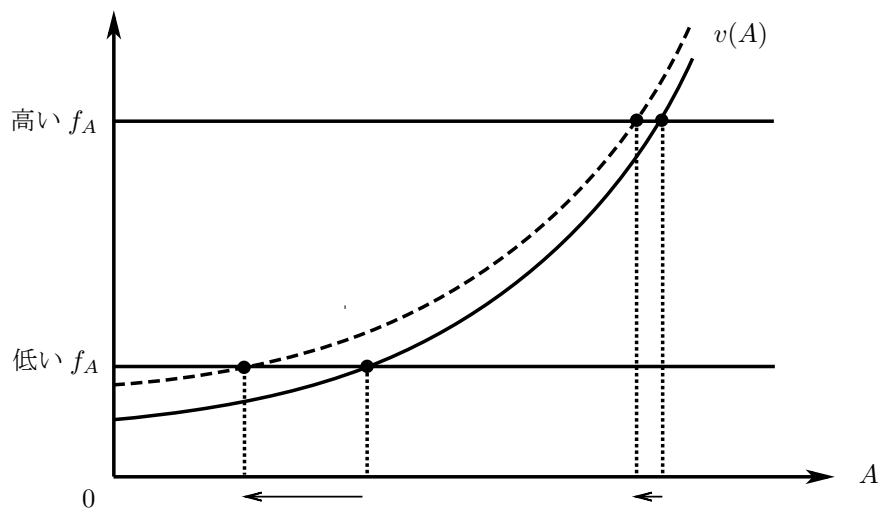


図 5: 生産性が A の企業価値は A の凸関数.

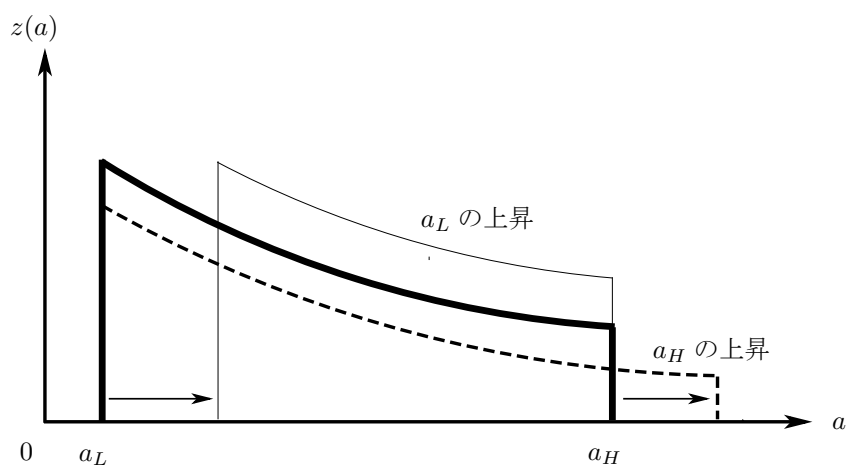


図 6: 企業分布の事前密度関数のパラメータの変化.

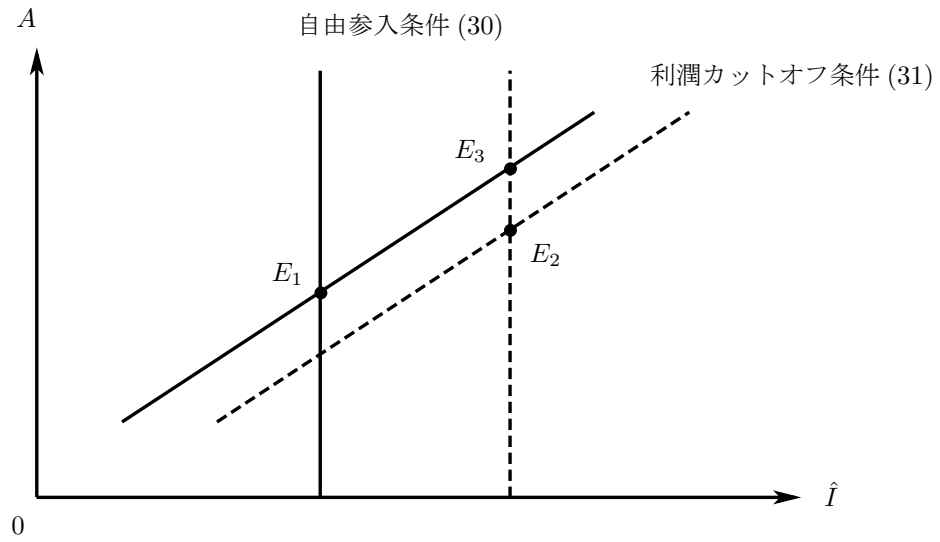


図 7: 長期的均衡での V または s_A の増加の効果. 閾値 A は必ず上昇する.

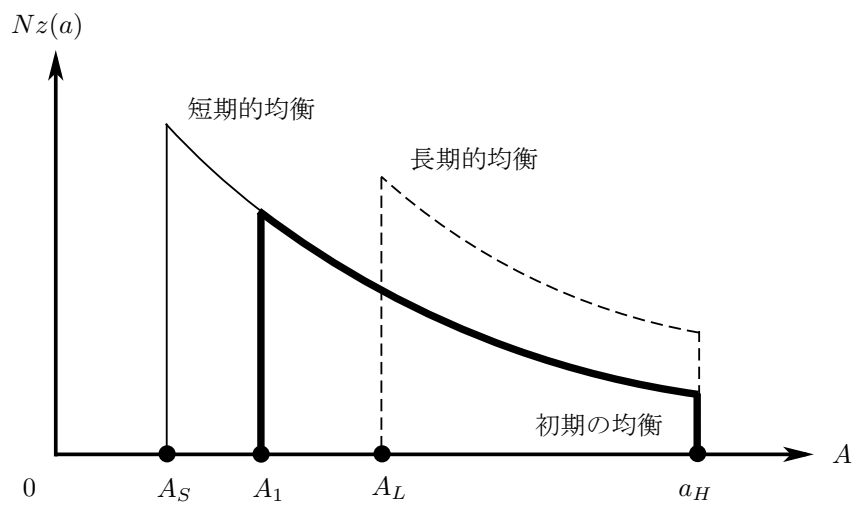


図 8: 企業分布に対する s_A 増加の効果. 太い実線は初期時点での企業分布.

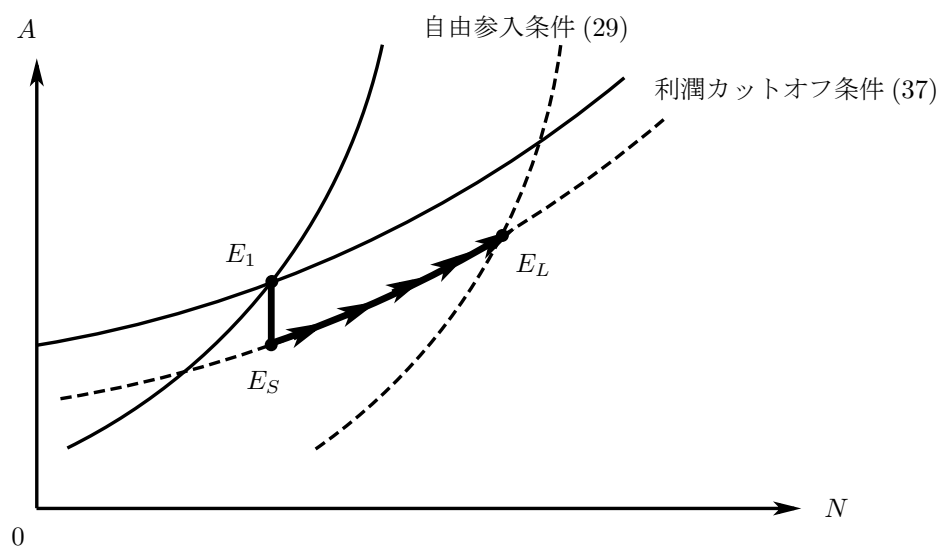


図 9: 埋没費用に対する補助率 s_A が増加した後の A と N のダイナミクス.

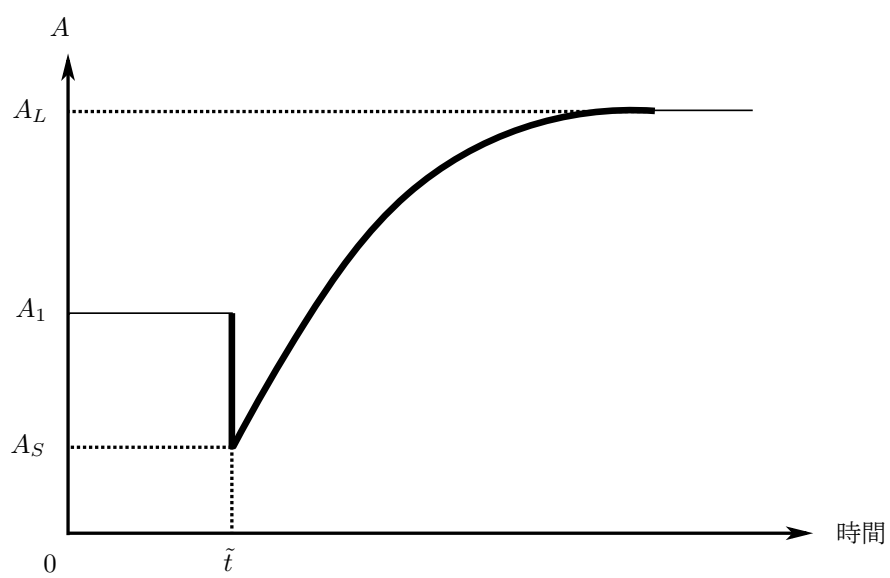


図 10: s_A の増加による $\checkmark$ 効果.

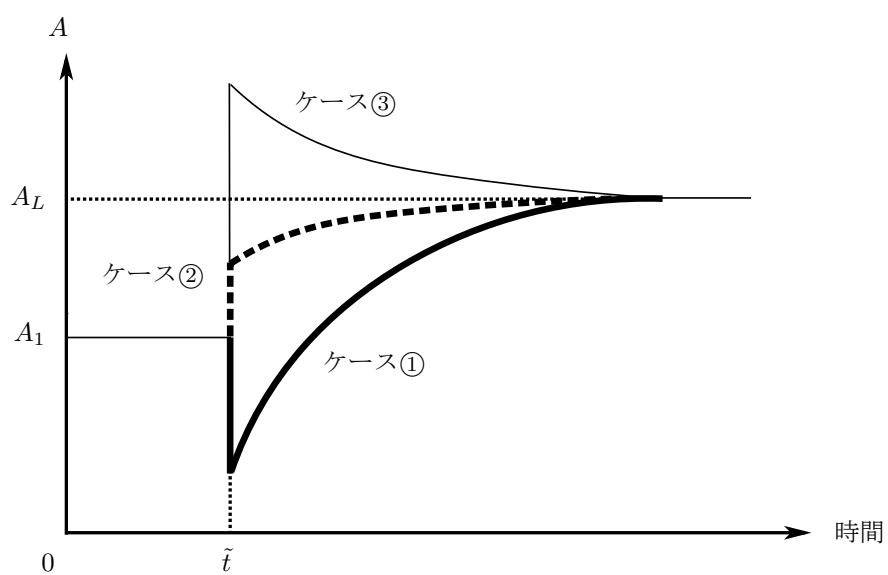


図 11: V の増加による閾値 A の変化: ① $\checkmark$ 効果 (太い実線), ② 単調的な増加 (点線), ③ オーバーシュート (細い実線)。