

シュンペーター的競争のシミュレーション・モデル*

経営学輪講 Nelson and Winter (1982), Chapters 11, 12, 13, 14

Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). Further analysis of search and selection (chap. 11, pp. 246–272). Dynamic competition and technical progress (chap. 12, pp. 275–307). Forces generating and limiting concentration under Schumpeterian competition (chap. 13, pp. 308–328). The Schumpeterian tradeoff revisited (chap. 14, pp. 329–351). In R. Nelson & S. G. Winter, *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.

若林 隆久[†]・岡本 伊織[‡]・氷熊 大輝[§]

要約：進化理論に基づいたシミュレーション・モデルを構築しシュンペーター的競争の分析を行う。シミュレーションを通じて、シュンペーター仮説（第 12 章）、フィリップス仮説（第 13 章）、シュンペーター的トレードオフ（第 14 章）を検討する。

An Evolutionary Theory of Economic Change（邦題：『経済変動の進化理論』、¹ 以下、本

* この経営学輪講は Nelson and Winter (1982) の解説と評論を若林・岡本・氷熊が行ったものです。当該論文の忠実な要約ではありませんのでご注意ください。図表も若林・岡本・氷熊が解説のために Nelson and Winter (1982) を元に整理し直したものです。したがって、本稿を引用される場合には、「若林・岡本・氷熊 (2011) によれば、Nelson and Winter (1982) は…」あるいは「Nelson and Winter (1982) は (若林, 岡本, 氷熊, 2011)」のように明記されることを推奨いたします。

[†] 東京大学大学院経済学研究科・日本学術振興会特別研究員 DC taka17@deluxe.ocn.ne.jp

[‡] 東京大学大学院経済学研究科 iori.okmt@gmail.com

[§] 東京大学大学院経済学研究科 daiki.higuma@gmail.com

¹ リチャード・R・ネルソン、シドニー・G・ウィンター (2007) 『経済変動の進化理論』後藤晃、角南篤、田中辰雄 訳。慶應義塾大学出版会。本稿は原著を元に書いており、邦訳と訳や解釈が異なる場合にはその旨を明記した。

書) 第 V 部 “Schumpeterian Competition” (シュンペーター的競争) では、シミュレーション・モデルを用いてシュンペーター的競争の分析が行われる。経済や産業は不均衡の状態にあり、イノベーションや技術進歩が起これ、企業が多様な選択を行い、市場システムによって評価がなされ淘汰が行われる。正統派経済学が想定するような瞬間的な淘汰は起こらず、敗者がすぐに市場から退出するわけではないため、市場には勝者と敗者が同時に存在し、時には一度敗者となった企業が逆転することも起こりうる (ここでの勝者・敗者とは市場から退出させられたか否かではなく、その時点で生産性や利益率が高いか低いか、あるいは利益が出ているか否か程度の意味である)。

正統派経済学では取り扱うことが難しく、進化理論によってのみ適切に分析できるシュンペーター的競争を主題としているという点で、² 第 V 部のシミュレーションは本書のモデルの中で最も重要なモデルといえるかもしれない。第 1 章で描写されている進化理論のマルコフ過程によるモデル化 (pp. 18–21, 邦訳, pp. 22–24) は、まさに第 V 部のシミュレーション・モデルの説明となっている。本稿では、第 V 部のシミュレーション・モデルについて解説を行う。

そこで、本稿では、まず、シミュレーションの設定にも関わってくる探索と淘汰環境とを取り扱っている第 IV 部第 11 章の内容を簡潔にまとめる。その上で、同じシミュレーション・モデルを基礎としている第 V 部の第 12 章・第 13 章・第 14 章の解説を行う。

1. 第 11 章 「探索と淘汰に関するさらなる分析」

第 11 章では、後のモデルの構成要素となる探索と淘汰環境という二つの要素を取り扱う。イノベーションに関する既存研究を取り上げながら、探索と淘汰環境の性質を明らかにしている。探索と淘汰環境は、第 17 章でルーチンと並ぶ進化理論の基本コンセプトとされており、その意味で第 11 章はルーチンの性質を説明した第 4 章・第 5 章と並列されるべき章である。

第 11 章の内容を簡潔にまとめれば、以下の通りである。探索において重要な要素は、(A) 意思決定ルール、(B) 探索戦略、(C) 技術のトポグラフィ (topography)、³ の三つ

² そのため、第 III 部や第 IV 部のモデルでは正統派と進化理論の比較が行われてきたが、第 V 部では行われない (p. 276, 邦訳, p. 328)。第 III 部、第 IV 部のモデルについての解説は、若林・氷熊・岡本 (2010a, 2010b) および若林・岡本・氷熊 (2010) にて行われている。

³ トポグラフィに関する説明は付録 B 参照。

である。淘汰環境において重要な要素は、(D) 組織の費用と便益、(E) 消費者や規制による評価・モニター、(F) 投資のルール、(G) 模倣、の四つである。これらの要素が言及されるのは、産業ごとの多様性を正確かつ分析的に (sharply and analytically, p. 272, 邦訳, p. 323) モデルで取り扱うためである。「正確に」ということは産業の違いを理解することであり、「分析的に」とはその違いをパラメータとしてモデルの中で取り扱うことである。

ただし、上述のすべての要素が第 V 部のモデルでパラメータとして取り扱われるわけではない。実際にパラメータとして取り扱われるのは、(C) 技術のトポグラフィ、(F) 投資のルール、(G) 模倣、である。これらは、(C) 研究開発成果のばらつき、潜在的生産性の成長率、技術レジームがサイエンス型であるか累積的技術 (cumulative technology) であるか、(F) 投資政策が投資抑制であるか積極投資であるか (企業がクールノー戦略を取るかあるいはプライステイカーとして行動するかが、企業の認知している価格需要弾力性をパラメータとすることで設定される)、(G) 模倣の困難さ (模倣の成功確率に関わる値がパラメータとして扱われる)、といった形でモデルに取り込まれる。⁴

ここでは、パラメータとして用いられる要素の中でも特に重要であると考えられる累積的技術について簡単に説明しよう。というのも、技術レジームがサイエンス型であるか累積的技術であるかは、第 V 部のモデルを理解する上で重要な概念であるからである。それと同時に、累積的技術は技術進歩を考える上でも重要な洞察を与えてくれる概念であるからでもある。⁵

多くの分野では技術は累積的に進歩している。技術史を見ればわかるように、新しい技術は単に古い技術よりも優れているだけではなく、いくつかの点で古い技術から進化したものである。現在の探索の成果は、新しい技術を発見したということだけではなく、企業の知識を強化し将来の技術の基礎を形づくる。これが、累積的技術の考え方であり、近傍 (neighborhood)⁶ という概念と結び付けられている。⁷

⁴ これらのパラメータの詳細な設定の仕方については本稿付録 A 内の「パラメータ・条件の設定」の項を参照のこと。

⁵ 第 11 章でも 27 ページ中 8 ページに渡って累積的技術進歩 (cumulative technology advance) の項が説明されている (pp. 255–262, 邦訳, pp. 305–312)。

⁶ 近傍に関する説明は付録 B 参照。

⁷ 第 11 章では、技術の累積は製品自体でも製造プロセスでも発生することや、技術改良の対象が変化せず技術が直線的に進化する経路である自然経路 (natural trajectory) についても言及されている。第 11 章の累積的技術に関する部分は Nelson and Winter (1977a) が元になっている。余談

この累積的技術の概念は、企業がイノベーションの結果獲得する技術の生産性はその時点の企業の生産性の周囲に分布しているという形で本書ではモデル化されている。一方で、累積的技術と対をなすサイエンス型の技術レジームにおいては、企業がイノベーションの結果獲得する技術の生産性は、企業の現在の生産性とは関係のない潜在的生産性 (latent productivity) の周囲に分布しているという形でモデル化がなされる。これらの技術レジームのモデル化は第 14 章においてモデルの実験条件として用いられている。⁸

2. 第 V 部 「シュンペーター的競争」

第 V 部では、本書でそれまで論じてきた進化理論に基づいたシミュレーション・モデルを用いてシュンペーター的競争の分析が行われる。進化理論の基本コンセプトである (1) ルーチン、(2) 探索、(3) 淘汰環境が、ある期 (t 期) の産業の状態が次の期 ($t+1$ 期) の状態の確率分布を決定するマルコフ過程としてモデル化される。このシミュレーション・モデルを用いてイノベーションと市場構造の双方向の関係を明らかにする。主要なものとしては、シュンペーター仮説 (第 12 章)、フィリップス仮説 (第 13 章)、シュンペーター的トレードオフ (第 14 章) が取り扱われる。

第 2 節では、まず、第 V 部で用いられているシミュレーション・モデルの概要を説明する。次に、シミュレーションを用いて Nelson と Winter が各章で何を論じているのかを明らかにする。

2.1. 第 V 部で用いられるシミュレーション・モデルの概要

第 V 部では、第 12 章・第 13 章・第 14 章を通じて同じシミュレーション・モデルを用い、その実験条件を変化させることで様々な結論を導き出している。このシミュレーション・モデルの基本的な説明は第 12 章で数式を用いてなされている (主に pp. 281–287, 邦訳, pp. 334–341)。そこで、まずは第 V 部で用いられるシミュレーション・モデルの説明

ではあるが、Tidd, Bessant, and Pavitt (2001) によれば、技術軌道 (technical trajectory) という概念を最初に提示したのは Nelson and Winter (1977a) であり、後に Dosi (1982) が拡張したものである (Tidd, Bessant, & Pavitt, 2001, p. 112, 邦訳, p. 136)。

⁸ 妥当な仮定のもとでは、知識が増えない場合、すなわち技術が累積的でない場合は研究開発の効果は収穫逓減的になるということが指摘されているが (p. 255, 邦訳, p. 305)、このことは第 V 部のモデルにおいて技術レジームがサイエンス型の場合に研究開発に対する支出が収穫逓減的となることから確認できる。

を、第 12 章に登場する数式と絡めながら説明する（シミュレーション・モデルのより詳細な設定については付録 A を参照）。

第 V 部のシミュレーション・モデルは、複数の企業がひとつの製品を生産するひとつの産業内に存在し、各企業は、(1) 保有する技術を用いて生産を行うと同時に、(2) 探索（イノベーションと模倣）を行い新たな技術を獲得する。そして、(3) 自社や産業の状態に応じて投資を行い拡大あるいは縮小する。このようなステップが繰り返されていくというのがモデルの基本である。第 9 章のモデルと比較すると、投入要素の区別がなくなり技術がひとつの数値で表されるようになり、研究開発への支出がモデルに組み込まれ、産業のパフォーマンス（達成される生産性）や産業構造（産業全体の集中度やイノベーション型企業と模倣型企業の資本シェア）の変化により焦点が当てられることとなる。

第 12 章で登場する数式を絡めてより詳細に説明すると以下の通りである。⁹ このモデルでは、ひとつの製品からなる産業内にイノベーター（イノベーション型企業）とイミテーター（模倣型企業）の 2 種類の企業が同数ずつ登場する。各企業の初期における資本や生産性の値は同じものである。技術は単純に資本 1 単位に対してどれだけの製品を生産できるかという生産性で表される（すなわち、ひとつの数値で表せる）。企業 i は t 期に保有する技術 A_{it} と資本 K_{it} を用いて生産を行い、 Q_{it} を産出する【(1)式】。企業 i の t 期の生産量 Q_{it} の総計として産業の t 期の生産量 Q_t が決まり、製品価格 P_t が決まる【数式 (2a) (2b)】。製品価格 P_t と資本 1 単位当たりの生産量 A_{it} をかけた資本 1 単位当たりの売上から、資本 1 単位当たりの生産費用 c 、資本 1 単位当たりの模倣への支出 r_{im} 、資本 1 単位当たりのイノベーションへの支出 r_{in} 、を引くことで t 期の企業 i の資本収益率 π_{it} が決定される【(3)式】。

$$(1) Q_{it} = A_{it} K_{it}$$

$$(2a) Q_t = \sum Q_{it} = \sum A_{it} K_{it}$$

$$(2b) P_t = D(Q_t)$$

$$(3) \pi_{it} = (P_t A_{it} - c - r_{im} - r_{in})$$

⁹ これらの数式（pp. 284–285, 邦訳, pp. 338–340 に登場する数式）は抽象的なものであったり定数項を表す記号が用いられていたりするが、第 12 章付録 1 では具体的にどのような数式や定数の値が用いられているかが紹介されている（主に pp. 302–303, 邦訳, pp. 359–360）。

t 期の企業 i は資本 K_{it} に比例する支出を伴う探索（イノベーションと模倣）を行い、新しい技術を獲得しようとする。¹⁰ 企業の探索は以下のようにモデル化されている。

模倣は、まずその正否が判断され【(4)式】、成功した場合 ($d_{imt}=1$) には産業のベストプラクティスと同じ技術 \tilde{A}_t を獲得することができる。

$$(4) \Pr(d_{imt} = 1) = a_m r_{im} K_{it}$$

また、イノベーションも、まずその正否が判断される【(5)式】。

$$(5) \Pr(d_{int} = 1) = a_n r_{in} K_{it}$$

イノベーションに成功した場合 ($d_{int}=1$)、サイエンス型であれば潜在的生産性を平均値とする対数正規分布から、累積的技術であれば自社が保有している技術の生産性を平均値とする対数正規分布から、ランダムに新しい技術 \hat{A}_t を獲得する。

企業は、現在の技術とイノベーションによって獲得した技術 \hat{A}_t と模倣によって獲得した技術 \tilde{A}_t を比較し、もっとも優れた技術を次期の技術とする【(6)式】。

$$(6) A_{i(t+1)} = \text{Max}(A_{it}, \hat{A}_t, \tilde{A}_t)$$

最後に、各企業は、価格費用マージン、収益率、シェア、資本減耗率、に基づいて投資を行い、 $t+1$ 期の資本 $K_{i(t+1)}$ が決まる【(7)式】。

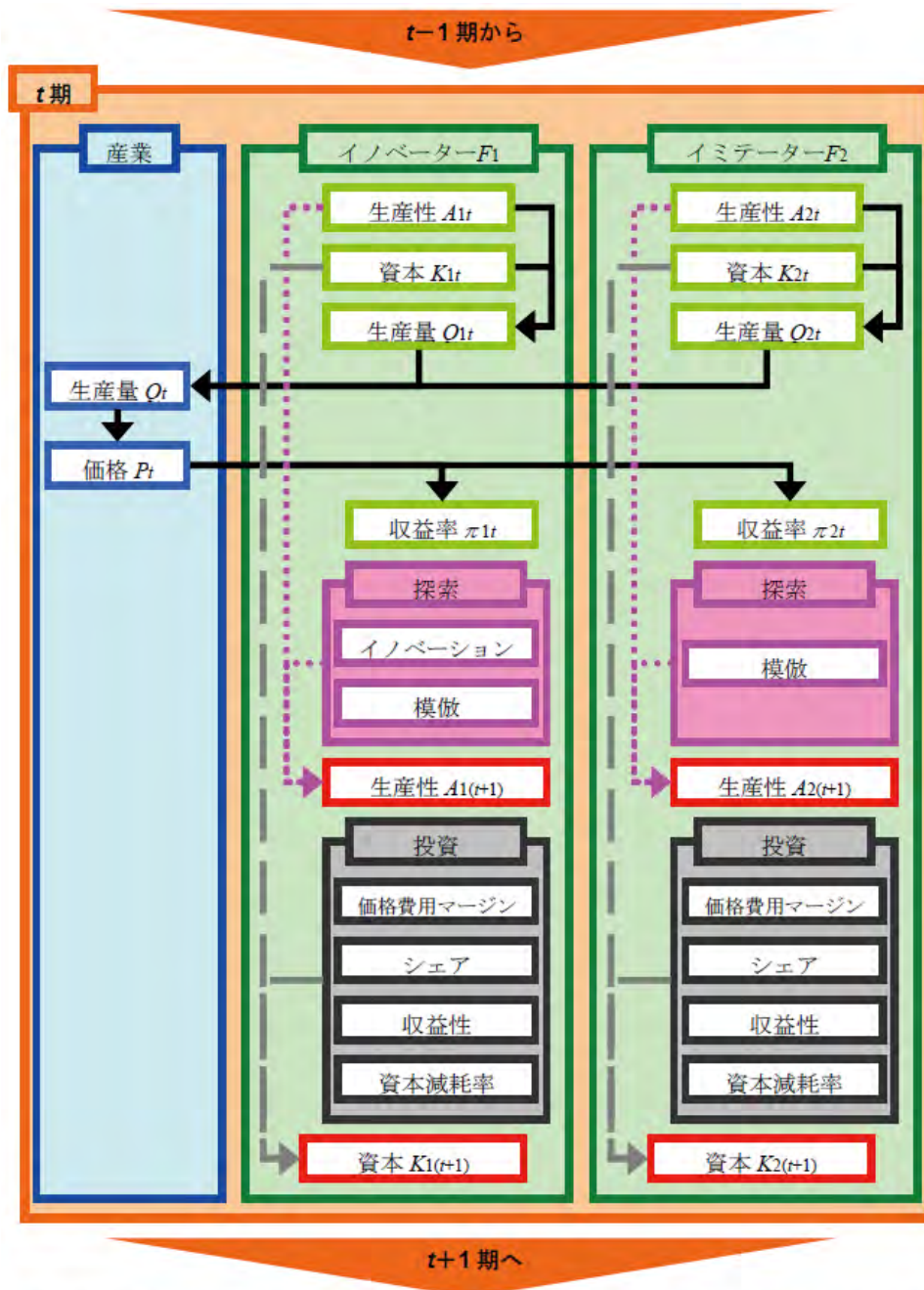
$$(7) K_{i(t+1)} = I \left(\frac{P_i A_{i(t+1)}}{c}, \frac{Q_{it}}{Q_t}, \pi_{it}, \delta \right) \cdot K_{it} + (1 - \delta) K_{it}$$

各回 101 期まで（初期条件の後 100 期間）上記のステップが繰り返される。企業が 2 社の場合について、このシミュレーション・モデルの概略を示したものが図 1 である。

第 V 部で用いられるモデルにおいては、(1) イノベーション型企業はイノベーションと模倣の両方を行い、(2) 最大でも資本減耗率分しか企業が縮小しない。また、第 V 部での設定ではシミュレーション期間中に企業の資本がゼロになることはないこと——これ

¹⁰ 第 V 部で行われるシミュレーションでは、すべての企業の資本 1 単位当たりの模倣に対する支出は等しく設定されており、また、すべてのイノベーターの資本 1 単位当たりのイノベーションに対する支出は等しく設定されている。もちろん、イミテーターの資本 1 単位当たりのイノベーションに対する支出はゼロである。

図1 企業2社の場合のシミュレーション・モデルの概略



注) 図が煩雑になりすぎるため、すべての変数間の関係は示さず、主要な関係のみを示した。

は企業の退出は起こらないことを意味している——に注意を要する。

このシミュレーション・モデルのパラメータや前提を変化させることで、産業のパフォーマンスや構造がどのように変化するかを明らかにする。ここで変化させられるモデ

ルのパラメータや前提とは、企業数 (N)、資金調達のレジーム (*BANK*)、研究開発成果のばらつき (ダミー変数 X_1)、潜在的生産性の成長率 (ダミー変数 X_2 、あるいは *Slow* と *Fast*)、模倣の困難さ (ダミー変数 X_3 、あるいは *Easy* と *Hard*)、企業の投資政策 (ダミー変数 X_4 、あるいは *Aggressive* と *Restrained*)、技術レジーム (サイエンス型か累積的技術か)、である (かっこ内はモデルにおいて対応する変数や用語を表している)。また、産業のパフォーマンスは、ベストプラクティスの生産性、産業の平均生産性、潜在的生産性と平均生産性のギャップ (サイエンス型のみ)、イノベーションへの研究開発支出、イノベーションへの研究開発支出の回収率、イノベーション型企業と模倣型企業それぞれの平均生産性の比率、平均生産費用における価格費用マージン、製品価格、産業の超過利潤率、産業の累積借入額、などによって表される。産業の構造は、資本の集中度、イノベーション型企業と模倣型企業の資本シェア、最大のイノベーション型企業の生産量シェア、最大の模倣型企業の生産量シェア、などによって表される。

2.2. 各章の概要

それでは、上で説明したシミュレーション・モデルが各章でどのように用いられ、どのような結論が得られているかを順番に見ていこう。以下の解説部分でも言及するが、シミュレーションのモデルが登場する各章と元となった論文の対応関係は表 1 の通りである。¹¹

表 1 第 V 部の各章の元となった論文

Nelson and Winter (1982a). <i>An Evolutionary Theory of Economic Change.</i>	元となる論文
Chapter 12	Nelson and Winter (1977b)
Chapter 13	Nelson and Winter (1978)
Chapter 14	Nelson and Winter (1982b)

¹¹ 各章と元となった論文に記載されているシミュレーション結果の数値はほとんど同一である (本書と元となった論文で有効桁数が異なる数値が一部存在する) ため、行われたシミュレーションの試行は同一である (本書に再録するにあたってシミュレーションをやり直していない) と考えられる。

第 12 章 「動学的競争と技術進歩」

第 12 章では、初期の産業構造（企業数）を変化させることで、産業のパフォーマンスや産業構造の進化がどのように変化するかを検討している。ここで、産業のパフォーマンスは、ベストプラクティスの生産性、産業の平均生産性、平均生産費用における価格費用マージン、製品価格、などがその指標となる。また、産業構造の進化は、資本の集中度、資本の集中度の初期からの変化、イノベーション型企業と模倣型企業の資本シェア、などで表される。

この際、市場構造とイノベーションの関係についてシュンペーター（1950）『資本主義・社会主義・民主主義』を引きながら、イノベーションにおける大規模企業の優位性（単純な規模による優位性と市場支配力に基づく優位性の両方に言及している）と、イノベーションと市場構造の間の双方向の関係の存在を指摘する。そして、特に検証されるべき仮説として、以下のようなシュンペーター仮説を提示する（p. 285, 邦訳, p. 330）。

【シュンペーター仮説】

大きな市場支配力をもった大企業を含む市場構造は、急速な技術進歩のために社会が支払うべきコストである。

この表現では多少わかりにくいので、第 12 章でのモデルにおける解釈に引き寄せる形で、大企業による市場支配が望ましくないという考えが背景にあることを考慮しつつ、以下のようにシュンペーター仮説を言い換えることができる。

【シュンペーター仮説’】

シェアの大きい大企業が存在する市場構造の方が、そうでないときに比べて、技術進歩によって達成されるパフォーマンスが高くなる。

さらに第 12 章でのモデルや実験条件に引き寄せると、シュンペーター仮説に基づけば、初期の企業数が少ない実験条件では、初期の企業数が多い実験条件に比べて、ベスト・プラクティスの生産性や平均生産性といった、イノベーションや模倣によって達成されるパフォーマンスの値が高くなるという予想ができる。

以上のような、初期の産業構造（企業数）と産業のパフォーマンスや産業構造の進化の関係を調べるために、第 12 章では、産業を構成する初期の企業数が 5 通り（2、4、8、16、32）、企業の投資の資金調達に関するレジームが 2 通り（ $BANK=1.0$ or 2.5 ）、で計 10 通りの実験条件でシミュレーションが行われる（各実験条件で 5 回実行）。ここで、

$BANK=2.5$ の場合には企業は投資資金のために純利益の 2.5 倍まで借り入れることができ、 $BANK=1.0$ の場合には純利益と同じ額までしか借り入れできない。また、技術レジームはサイエンス型で、企業の投資政策は投資抑制であると仮定されている。

シミュレーションの結果は、図 12.1~12.12 の折れ線グラフ (pp. 292-301, 邦訳, pp. 348-358) によって表されている。主な結果をまとめると以下の通りである。

【第 12 章のシミュレーション結果】

- ①達成されるベスト・プラクティスの生産性は、初期の企業数に関わらずほぼ一定であった (図 12.1)。
- ②達成される平均生産性や平均生産性と潜在的生産性のギャップは、初期の企業数の影響を受け、初期の企業数が多いほど平均生産性は低くなった (図 12.2、図 12.3)。
- ③価格費用マージンと総純資産は初期の企業数が多いほど低下した (図 12.6、図 12.7)。
- ④製品価格は U 型の関数となった (図 12.8)。
- ⑤イノベーションに対する研究開発支出は利益を生まない (図 12.9)。
- ⑥初期には半分 (0.5) であるイノベーターの資本シェアは、多くの実験条件で 0.5 を超えるものとなる (図 12.11)。
- ⑦産業の構造は、初期の企業数が少なければそのままの水準で推移するが、初期の企業数が多い場合には集中度が上昇する (図 12.12)。

上記の②の結果は、先に提示したシュンペーター仮説と整合的であるが、①の結果はシュンペーター仮説と整合的ではない。なぜこのようなことが起こるのかについて、イノベーションに対する研究開発支出の額 (図 12.4) から説明することもできなければ、イノベーターとイミテーターの平均生産性の差 (図 12.5) からも説明することができない。図に示されている折れ線グラフの形状は明らかに異なったものである。

そこで、Nelson と Winter は以下のような説明を行う。ベスト・プラクティスが初期の産業構造の影響を受けない (①) のは、サイエンス型というシミュレーションの設定によるものである。サイエンス型の場合、企業や産業にとって外生的に決定される潜在的生産性が達成される生産性の制約になっているため、研究開発支出は急速な収穫逓減にみまわれるのである。

平均生産性が産業の集中度が低いほど低下する (②) のは、産業の集中度が低い場合に

はイノベーションや模倣から得られる個々の成功の適用範囲が狭いからである。というのも、このモデルにおいて個々の企業内においてある技術を適用する（複製する）ことについて費用はかからず不確実性はないが、ある技術を他の企業から模倣することには費用がかかるし不確実性が存在する。ただし、この点についてはイノベーションや模倣の確率が資本量によって決定され、かつ産業の総資本量はシミュレーション期間においてほぼ一定であるという設定が大きな影響を与えていることには注意すべきだろう。

続いて、③については教科書通りの反応であるが、製品価格の U 字型の動き（④）については多少の説明を必要とする。ここでは、製品価格の U 字型の動きは、平均生産性の低下（図 12.2）と価格費用マージンの低下（図 12.6）という、製品価格を上昇させる力と低下させる力の結果であると説明される。ただし、製品価格の変化の多くの部分はシミュレーションの初期設定における産業の総資本量の影響によるものであり（産業の総資本量が異なるためそもそも初期の製品価格に大きな差がある）、Nelson と Winter によるこの解釈は誤ったものである。

イノベーションに対する研究開発支出が利益を生まない（⑤）ことは、Nelson と Winter 自身が述べているようにイノベーターに不利なシミュレーション設定である（pp. 290–291, 邦訳, p. 346）ことから驚くべきことではないが、にもかかわらずイノベーターの資本シェアが 0.5 を超えていること（⑥）は驚くべきことかもしれない。このことは、(a) 投資抑制であるという仮定によって企業間の競争が抑制されている、(b) 企業の投資が純粋な利潤ではなく価格費用マージンによって決定される（すなわち生産性によって決定され、研究開発支出は考慮されない）、ためである。特に、(a) はイノベーターの生き残り、(b) はイノベーターの資本拡大がイミテーターよりも大きいこと、を説明する。

初期の企業数が少なければそのままの水準で推移するが、初期の企業数が多い場合には集中度が上昇する（⑦）という結果のうち、集中度が上昇する原因はイノベーターの衰退によるものであるという。ここで、資本で表される産業の集中度はイノベーションや模倣から得られる個々の成功の適用範囲を示していることから、図 12.2 と図 12.12 には関係があるといえる。産業の集中度は図 12.12 で示されているハーフィンダール同値数の逆数であり（pp. 312–313, 邦訳, pp. 367–368）、図で描けば図 12.2 と同様の右下がりの曲線を描くのである。

第 12 章のシミュレーションは、シュンペーター仮説を含む、初期の産業構造（企業数）と産業のパフォーマンスや産業構造の進化の仕方の関係を調べるものであるが、第 V 部

の後続の章のためにモデルを説明しその基本的な振る舞いを把握するという側面も大きい。第 V 部での検討の中心となる、シュンペーター仮説（第 12 章）、フィリップス仮説（第 13 章）、シュンペーター的トレードオフ（第 14 章）やその他の仮説は、本来であれば各実験条件において検討がなされるべきことを念頭に置きつつ第 13 章に進もう。

第 13 章 「シュンペーター的競争下で集中を促進する力と抑制する力」

第 13 章では、産業の集中度や企業規模の分布を決定する要因が何であるかを、シミュレーションの実験条件を変化させることで調べる。すなわち、イノベーションに成功した企業とそうでない企業の間で成長に差が出るのか、またその差が持続するのかといったことを検討する。イノベーションに成功した企業がそうでない企業よりも成長し、それにより生じた差が持続する場合には、企業の規模のばらつきが生じ産業の集中度が高まる。このような現象を生じさせる要因が何であるかをシミュレーションによって明らかにする。

ここで検討の中心となる仮説のひとつが以下に示されるフィリップス仮説である。

【フィリップス仮説】

まれにしか大きな技術進歩が起きない産業では、大きなイノベーションに最初に成功した企業の優位性は持続的なので、集中度は高くなる傾向がある（p. 309, 邦訳, p. 364）。

フィリップスは商用航空機製造（commercial aircraft manufacturing）などのケーススタディからこのように述べたが、Nelson と Winter はこれを以下のように解釈する。¹²

【フィリップス仮説’】

研究開発成果のばらつきが大きければ、産業の集中度は高まる。

産業の集中度を表す指標としては、資本の集中度を用いたハーフィンダール同値数

¹² 本章の「要約と結論（SUMMARY AND CONCLUSIONS）」の節を見ると、Nelson と Winter はフィリップスの研究をより拡大して解釈していることがわかる。すなわち、「技術進歩が起こる環境で、とくに模倣が困難なケースでは、個々の企業は高い不確実性に包まれている。したがって、確率的な企業成長のメカニズムが働く環境なら、産業集中が進む」ということをフィリップスが示したとした上で、第 13 章のモデルがそれを数式化したものであり、潜在生産性の成長率（ダミー変数 X_2 ）と模倣の困難さ（ダミー変数 X_3 ）についての結果はフィリップスの判断を裏付けているとしている（p. 326, 邦訳, p. 380）。ところが、この p. 326（邦訳, p. 380）に出てくるフィリップスによるこの仕組みの説明（Phillips’s account of this mechanism）は、それ以前の p. 309（邦訳, p. 364）でのフィリップスへの言及や p. 325（邦訳, p. 379）に出てくるフィリップス仮説（Phillips hypothesis）とは異なっているのである。

(Herfindahl numbers equivalent) が用いられる。これはハーフィンダール指数の逆数であり、実際の企業分布から計算したハーフィンダール指数があるとして、仮に同じ規模の企業が集まってその指数と同じ値になるとすると何社必要かを示したものである。ハーフィンダール指数を求める数式は p. 312 (邦訳, p. 368) に掲載されている。¹³

第 13 章では、サイエンス型の技術レジームのもと、企業数は 4 社または 16 社に固定し、産業の集中度に影響を与える変数として、研究開発成果のばらつき (ダミー変数 X_1)、潜在的生産性の成長率 (ダミー変数 X_2)、模倣の困難さ (ダミー変数 X_3)、企業の投資政策 (ダミー変数 X_4) という四つのパラメータが設定されている。2 種類の企業規模と四つのダミー変数で計 32 通りの実験条件でシミュレーションが行われる (16 企業のケースでは各実験条件で少なくとも 2 回実行した。p. 312, 邦訳, p. 367)。第 13 章のシミュレーションでは、第 12 章のようにイノベーターとイミテーターの 2 種類の企業が存在するわけではなく、産業内のすべての企業がイノベーションと模倣の両方を行う (すべての企業が第 12 章でいうイノベーターである) ことに注意しよう。

四つのダミー変数のそれぞれが産業の集中度に影響を与えるという仮説が立てられる。すなわち、前述したフィリップス仮説も含めると第 13 章の仮説は以下のようにまとめられる。

【第 13 章の仮説】

- ①研究開発成果のばらつきが大きければ、産業の集中度は高まる (ダミー変数 X_1 が 1 である場合、 X_1 が 0 である場合よりもハーフィンダール同値数は小さくなる) 【フィリップス仮説】。
- ②潜在的生産性の成長率が高ければ、産業の集中度は高まる (ダミー変数 X_2 が 1 である場合、 X_2 が 0 である場合よりもハーフィンダール同値数は小さくなる)。
- ③模倣がより困難であれば、産業の集中度は高まる (ダミー変数 X_3 が 1 である場合、 X_3 が 0 である場合よりもハーフィンダール同値数は小さくなる)。
- ④企業の投資政策が積極的であれば、産業の集中度は高まる (ダミー変数 X_4 が 1 である場合、 X_4 が 0 である場合よりもハーフィンダール同値数は小さくなる)。

シミュレーションを行って得られたハーフィンダール同値数の値は表 13.1 と表 13.2 にまとめられている。これらの値に対して、各実験条件の比較や回帰分析を行ったところ、

¹³ ただし、邦訳では数式の途中の等号 (=) が欠落している。

以下のような結果が得られた（②以降は 16 企業のケースについての結果である）。

【第 13 章のシミュレーション結果】

- ① 4 企業のケースでは、一部の条件 ($X_2=1, X_3=1, X_4=1$ の場合) を除き、一貫して生産性は互いに近く、初期の市場シェアが維持される (表 13.1)。
- ② 16 企業のケースでは、実験条件によって、初期の市場シェアが維持される場合もあれば、集中度が高まることもある (表 13.2)。
- ③ 潜在的生産性の成長率、模倣の困難さ、企業の投資政策 (ダミー変数 X_2, X_3, X_4) については、仮説で予想した通りの産業の集中度との関係がみられた。
- ④ 研究成果のばらつき (ダミー変数 X_1) については、仮説で予想した通りの産業の集中度との関係はみられなかった。
- ⑤ 潜在的生産性の成長率 (ダミー変数 X_2) と企業の投資政策 (ダミー変数 X_4) の交差項 ($X_2 \cdot X_4$) は、産業の集中度を高める。
- ⑥ 企業の規模と生産性の間には時間の経過とともに正の相関が生じる。ただし、企業規模がある点を越えると相関関係は負の方向に転じていく。
- ⑦ シミュレーションの結果として生じた企業規模の分布は、いくつかのケースで対数正規分布に近くなり、これは実際の企業規模の分布に似たものである。

これらの結果のうち、予想外であったのは④であり、これは前述のフィリップス仮説に対応する。そこで、フィリップス仮説は以下のように再解釈される (pp. 324–325, 邦訳, pp. 378–379)。¹⁴

【フィリップス仮説”】

探索 (イノベーションと模倣) の頻度が少なければ、産業の集中度は高まる。

¹⁴ 表 1 で示している通り、Nelson and Winter (1978) が第 13 章の元となっている (用いられているシミュレーション結果は同じものであり、文章も同一の部分が多い)。Nelson and Winter (1978) と第 13 章の違いのひとつがこのフィリップス仮説の再解釈である。元となった論文の時点でここでの再解釈に用いられている実験は行われているが、フィリップス仮説とは結び付けられていない (Nelson & Winter, 1978, p. 541, footnote 10)。Nelson and Winter (1982a) の「要約と結論 (Summary and conclusions)」の節では、研究成果のばらつきと産業の集中度との関係の裏付けは弱いものであったと述べている (Nelson & Winter, 1978, p. 542)。第 13 章に再録される際に、Nelson and Winter (1978) の footnote 10 で行われている実験がフィリップス仮説の再解釈とされている (pp. 324–326, 邦訳, pp. 378–381)。これが第 13 章の脚注 2 で述べられているシミュレーション結果に刺激された再考である (pp. 326–327, 邦訳, p. 381)。

このため、イノベーションと模倣のくじ引きの率を少なくとも 3 倍にした、1111 の実験条件 ($X_1=1, X_2=1, X_3=1, X_4=1$) で追加的に 2 回の試行を行った (p. 325, 邦訳, p. 379)。すると、産業の集中度は、もともとの 1111 の実験条件の結果に比べて低くなる。この結果は、上記の【フィリップス仮説”】に整合的な結果である。

ただし、ここでのフィリップス仮説の検証には疑問が残る。というのも、フィリップス仮説では本来イノベーションのみが問題になっているにも関わらず (【フィリップス仮説】と【フィリップス仮説’】参照)、【フィリップス仮説”】ではイノベーションと同時に模倣の頻度も増やされているのである。あるいは Nelson と Winter は上記のように模倣も含めたフィリップス仮説の定式化を想定していないかもしれないが、フィリップス仮説を検証するために新たに行った試行ではイノベーションとともに模倣にも変更が加えられている。そのため、ここでのフィリップス仮説の検証結果は、イノベーションの頻度を増やした結果であるのか、模倣の頻度を増やした結果であるのか、あるいはその両方によるものであるのかは再検討しなければならない。

さて、最後に第 13 章で被説明変数となっている産業の集中度について考察しよう。前述の通り、第 13 章では産業の集中度の指標として資本を用いたハーフィンダール指数が用いられている。ハーフィンダール指数、しかも生産量ではなく資本を用いたハーフィンダール指数、を用いる理由は、ハーフィンダール指数がこのモデルにおいては、ひとつの研究開発プロジェクトの成功によって近代化される (modernized) 資本ストックの産業に占める割合の期待値になるからである (pp. 312–313, 邦訳, pp. 367–368)。

この説明を率直に受け止めれば、産業の集中度が高いほどひとつのイノベーションから得られる利益は大きいものになる。これは第 12 章で検討された【シュンペーター仮説】と同様の内容である。そのため、反トラスト法において本当に規制されるべきなのは、単純な独占や複占の状態ではなく (産業の集中度の高さではなく)¹⁵、イノベーションによって支配的な地位を築き、その後にイノベーションを停止する企業であることがわかる。¹⁶

¹⁵ ただし、ここでのモデルでは産業全体で起こるイノベーションや模倣が 2 期間に 1 回にコントロールされていることには注意が必要である (p. 290, 邦訳, p. 345)。企業数が増え競争が激しくなると産業全体でイノベーションが起こる確率が増加する場合、あるいは、産業の集中度が高いことによってイノベーションへの刺激が弱くなり産業全体でイノベーションが起こる確率が低下する場合、にはこの限りではない。

¹⁶ Nelson と Winter によれば、Williamson (1972) では、一度イノベーションに成功した企業が、その後特に創造的な成果を挙げなくても市場を支配し続け、他の企業の新規参入を阻止するという反トラスト上の問題が検討されているという (p. 309, 邦訳, p. 364)。

第 14 章 「シュンペーター的トレードオフ」

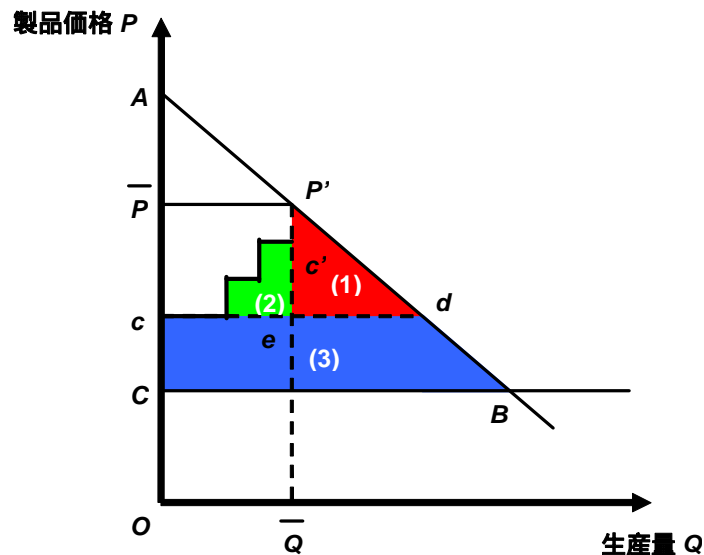
第 14 章で検討されるのは、シュンペーター的トレードオフと呼ばれる静学的効率性をもたらす産業構造と技術進歩をもたらす産業構造との間に存在するトレードオフである。

【シュンペーター的トレードオフ】

静学的効率性をもたらす産業構造と技術進歩をもたらす産業構造との間に存在するトレードオフ

ここでは、技術進歩が“購入 (purchase)” される (技術進歩に費用がかかる) 場合に生じる社会的コストとして、図 2 に示されているような、(1) ベスト・プラクティスによるコストを使っての競争的均衡に比べて生産量が制限されることによる通常の死荷重の三角形 ($P'de$)、(2) ベスト・プラクティスと平均的プラクティスとのギャップによる過大な生産費用 ($cc'e$)、(3) 非効率的な研究開発による低いベスト・プラクティスから発生する費用 ($CcdB$)、の三つが挙げられている。¹⁷ もし市場においてイノベーションが起こ

図 2 シュンペーター的競争の社会的コスト



出所) 図 14.1 (p. 331, 邦訳, p. 386) に基づいて筆者作成

¹⁷ 図 2 において、 C は研究開発を完全に効率よく行っている場合のベスト・プラクティスの単位当たり生産費用、 c は実現されたベスト・プラクティスの単位当たり生産費用を示している。また、階段状の線 $c-c'$ は、産業の生産費用を表し、実際に使用されている技術のうち、もっとも効率の良い生産費用 c から最も非効率な生産費用 c' までが並んでいる。

るのならば、これらの社会的コストのいくつかは避けられない。

ここでは、企業の投資政策が(1)、模倣の困難さが(2)、初期の産業構造が(3)に影響を与えるという予想が立てられる。¹⁸ また、技術レジームがサイエンス型の場合と累積的技術の場合でどのようなことが生じるかが検討される。

【第 14 章の予想 I】

- ①企業が投資を抑制する場合には、生産量が抑えられ価格費用マージンが上昇し、(1)の死荷重が増加する。
- ②模倣が困難であれば、ベスト・プラクティスを使用する企業は限られるため、(2)の死荷重が増加する。
- ③初期の産業構造において企業数が多ければ、研究開発に重複が生じ、同一の研究開発費用で達成されるベスト・プラクティスの生産性が低下するため、(3)の死荷重が増加する。

先に結果を述べてしまえば、これらの予想のうち、①と③については予想通りに、積極投資の時よりも投資抑制の時の方が価格費用マージンが高く、企業数が多い場合の方が研究開発の生産性は低い、という結果となっている。一方、②については模倣の困難さによってベスト・プラクティスの生産性と平均生産性にはほとんど差が生じていなかった。

第 14 章では、第 13 章と同じく企業数は 4 社または 16 社に固定し、潜在的生産性の成長率 (Slow と Fast)、模倣の困難さ (Easy と Hard)、企業の投資政策 (Aggressive と Restrained)、技術レジーム (サイエンス型と累積的技術)、という四つのパラメータ・条件が設定されている。4 企業のケースでは、サイエンス型で投資抑制 (Restrained) という条件を固定して、潜在的生産性の成長率と模倣の困難さを変更した 4 通りの実験条件でシミュレーションが行われる。16 企業のケースでは、四つのパラメータ・条件をすべて用いて 16 通りの実験条件でシミュレーションが行われる (累積的技術の場合の潜在的生産性の成長率は、イノベーションによって達成される研究成果のばらつきによって置き換えられる)。各実験条件について 2 回試行が行われている。また、第 14 章のシミュレーションでは、第 12 章のようにイノベーターとイミテーターの 2 種類の企業が同数ずつ存在する。

第 14 章では、4 企業・サイエンス型・投資抑制の実験条件、16 企業・サイエンス型の

¹⁸ これら三つのパラメータは抽象的な政策変数に対応する (p. 333, 邦訳, p. 389)。

表 2 第 14 章の五つの実験条件

表記	実験条件
【4FSBR】	4 企業・サイエンス型・投資抑制 (4 Firms Science-Based Restrained)
【16FSBR】	16 企業・サイエンス型・投資抑制 (16 Firms Science-Based Restrained)
【16FSBA】	16 企業・サイエンス型・積極投資 (16 Firms Science-Based Aggressive)
【16FCTR】	16 企業・累積的技術・投資抑制 (16 Firms Cumulative Technology Restrained)
【16FCTA】	16 企業・累積的技術・積極投資 (16 Firms Cumulative Technology Aggressive)

実験条件、16 企業・累積的技術の実験条件、というように実験条件を三つに分類して説明している (pp. 334–337, 邦訳, pp. 390–393)。ただし、実験の結果はより細かい五つの分類で表 14.1~14.5 に示されている。そこで、本稿では表 2 のように実験条件を五つに分類して表記することにする。

【4FSBR】と【16FSBR】の場合について、以下のような予測が立てられる。¹⁹ これらの予想のうち、⑤・⑦・⑧・⑨・⑩・⑪・⑫については予想通りの結果となっているが、④と⑥については予想通りの結果は確認できなかった。

【第 14 章の予想 II】

- ④ 【4FSBR】の場合、イノベーターの方がイミテーターよりも潜在的生産性をよく追跡できる。
- ⑤ 【4FSBR】の場合、イミテーターの生産性はイノベーターの生産性をよく追跡できる。
- ⑥ 【4FSBR】の場合、イノベーターよりもイミテーターの方が利潤率は高いが、イノベーターは生き残りイミテーターよりも成長する。
- ⑦ 【4FSBR】の場合、価格費用マージンは大きく、(1)の死荷重は大きい。
- ⑧ 【4FSBR】の場合、ベスト・プラクティスの生産性と平均生産性の差は小さく、(2)の死荷重は小さい。
- ⑨ 【4FSBR】の場合、研究開発支出は効率的であり、(3)の死荷重は小さい。

¹⁹ 4 企業の場合は技術レジームがサイエンス型で投資政策が投資抑制である実験条件のみで試行が行われている。それと比較する 16 企業の場合も実験条件を揃えるべきであるため、ここでは【16FSBR】を取り上げている。

- ⑩ 【16FSBR】の場合、初期の産業構造から集中度が高まる。
- ⑪ 【16FSBR】の場合、潜在的生産性の成長率が高いほど、イノベーターは成長し生き残りやすい。
- ⑫ 【16FSBR】の場合、模倣が困難であるほど、イノベーターは成長し生き残りやすい。

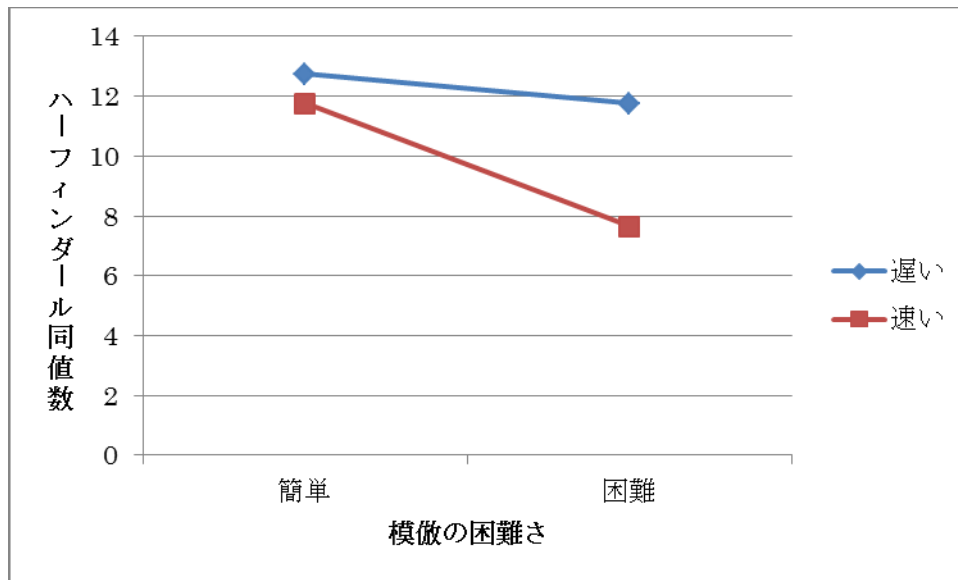
また、累積的技術の場合には、シュンペーター的競争の結果としてイノベーションへの研究開発投資が減少すると、ベスト・プラクティスや平均生産性の上昇は抑えられてしまうことが指摘される。

【4FSBR】の結果は表 14.1、【16FSBR】の結果は表 14.2、【16FSBA】の結果は表 14.3、【16FCTR】の結果は表 14.4、【16FCTA】の結果は表 14.5、に示されている。シミュレーションを行った結果は以下のように整理できる。

【第 14 章のシミュレーション結果】

- ① 【4FSBR】の場合、パラメータ設定の影響を受けず、生産性および規模が 4 企業とも近似した (表 14.1)。
- ② 【16FSBR】の場合、【4FSBR】の場合と比べて、ベスト・プラクティスの生産性は変わらないが、平均生産性は低く、研究開発は効率的でない。
- ③ 【4FSBR】と【16FSBR】を比較すると、【4FSBR】の場合の方が価格費用マージンは大きく、(価格費用マージンの大きさが平均生産性の高さを相殺し) 製品価格も高くなっている。
- ④ 【16FSBR】の場合、潜在的生産性の上昇が速く模倣が困難である実験条件では、産業集中が進む。イノベーターの業績は良く規模が大きくなり、投資が抑制されているにもかかわらずイミテーターが徐々に市場から追い出されていく。
- ⑤ 【16FSBR】ではイノベーターが優位に立つが、【16FSBA】ではイミテーターが優位に立つ。【16FSBA】では、イノベーターの資本シェアは 30–40%まで落ち込む。
- ⑥ 累積的技術の場合もサイエンス型の場合と同じことが起こる。潜在的生産性の上昇が速く模倣が困難である実験条件では産業集中が進む。【16FCTR】の場合はイノベーターが優位に立ち、【16FCTA】の場合にはイミテーターが優位に立つ。
- ⑦ サイエンス型の場合には、積極投資であっても抑制投資のときに比べてベスト・プラクティスの生産性や平均生産性は低下しない。一方で、累積的技術の場合には低下する。

図3 潜在生産性の成長率と模倣の困難さとの相互作用



出所) 表 14.2 (p. 340, 邦訳, p. 395) のデータをもとに筆者作成

潜在的生産性の上昇が速く模倣が困難である実験条件では産業集中が進む (④) という結果は、潜在生産性の成長率と模倣の困難さという二つのパラメータの間に相互作用があるということを意味している。この相互作用について【16FSBR】の試行結果 (表 14.2, p. 340, 邦訳, p. 395、2 回の試行の平均値を用いた) をグラフにすると図 3 のようになる。潜在的生産性の上昇が速く模倣が困難である場合に、ハーフィンダール同値数が大きく減少し、産業の集中度は高まる。

投資抑制から積極投資に変わると、競争の激しさの変化によって、競争によって差がつく程度が変わるだけでなく、競争に勝利する企業の種類がイノベーターからイミテーターに変わるという結果 (⑤) になるのは予想外の結果である。

イミテーターがイノベーターを模倣し生産性が等しくなったとき、イミテーターはイノベーションに対する研究開発投資がない分だけ収益率が良くなる。ここで、投資抑制の場合、イノベーターへの縮小圧力は緩和され (資本の量に比例する) 研究開発への投資は確保される。しかし、積極投資の場合、イノベーターは縮小していき、研究開発投資も同時に縮小しイノベーションを起こせる確率が小さくなる。積極投資の場合には、新しいイノベーションをすぐに模倣でき、イノベーターよりも収益率が良い規模の大きいイミテーター

ターが少なくとも 1 社は存在する構造を生み出す。結果として、イノベーターは縮小していくことになる。

このようにイミテーターが勝利しイノベーターが縮小することは、サイエンス型の場合には問題にならないが、累積的技術の場合にはベスト・プラクティスの生産性や平均生産性の低下（そして製品価格の上昇）という形で社会的な損失として現れてくる (⑦)。表 14.6 は、【16FSBR】【16FSBA】【16FCTR】【16FCTA】のそれぞれについて潜在生産性の成長が速く模倣が困難な実験条件で追加的に 201 期までシミュレーションを行った結果である。累積的技術の場合には、投資抑制であるか積極投資であるかによってベスト・プラクティスの生産性と平均生産性が大きく異なっていることがわかる。

以上の結果からいくつかの結論が得られる。それは、シュンペーター的競争において大企業が優位性をもつ、市場構造や企業行動（モデルでは企業数や投資政策）によってイノベーターが衰退するかどうかが変わる、集中度の高い産業の方がイノベーションは保護され生産性が高まる、イノベーターが衰退した場合の社会的コストが小さい場合（サイエンス型）と大きい場合（累積的技術）が存在する、技術進歩が存在する産業においては時間とともに産業の集中度が高まる傾向にある、といったことである。これらの結論から以下のようなこれまでとは異なるトレードオフが導き出される。ここで、(1) (2) (3) は図 2 で示された社会的コストである。

【第 14 章の結果から導き出されるトレードオフ】

サイエンス型産業において、高いマークアップ (1) とベスト・プラクティスの生産性

図 4 社会的コスト間のトレードオフ

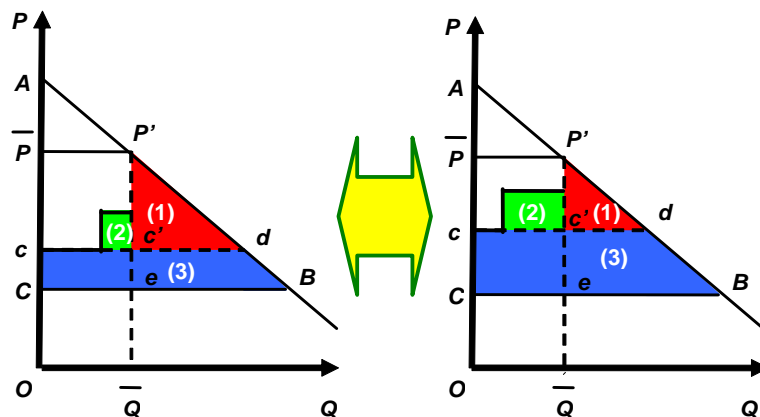
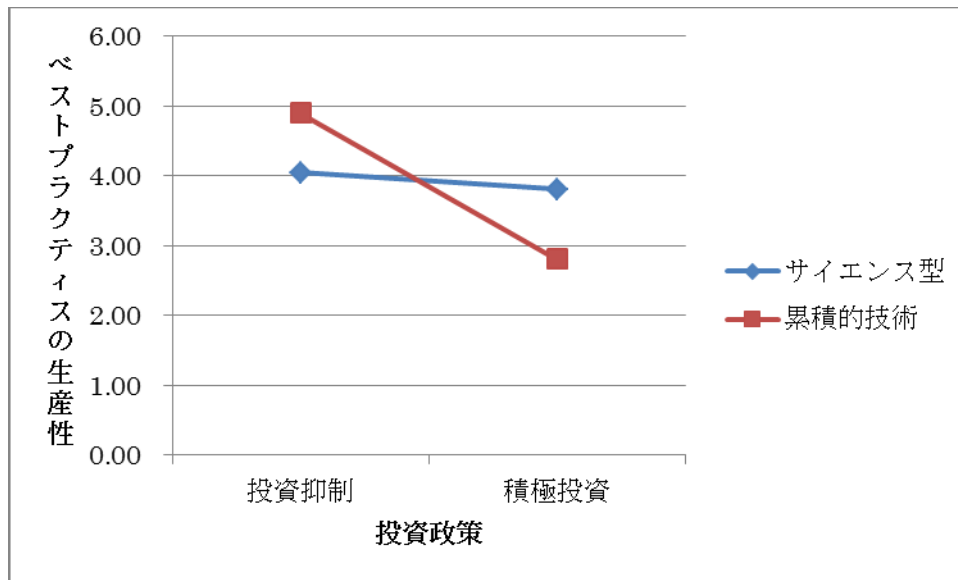


図5 技術レジームと投資政策に応じたベストプラクティスの生産性



出所) 表 14.6 (p. 349, 邦訳, p. 404) のデータをもとに筆者作成

と平均生産性の差が小さいこと (2) との間、高いマークアップ (1) と研究開発の効率性 (3) の間にはトレードオフが存在する。(図 4)

累積的技術の産業において、競争が激しくない場合 (投資抑制の場合) には、高いマークアップ (1) を伴う代わりに急速な生産性の上昇がもたらされる。

また、技術レジームは政策によって操作できるものではないためかトレードオフとしては取り上げられていないが、技術レジームに関して以下のようなことが指摘できる。累積的技術の産業では競争が激しい場合には生産性の上昇が鈍化するという社会的コストが大きいが、サイエンス型産業では急速な技術進歩をもたらすことはない代わりにイノベーターが衰退した場合に生じる社会的コストは小さい。このような技術レジームと投資政策に応じて達成される生産性の相違をグラフに示したものが図 5 である (図 5 はベストプラクティスの生産性について示しているが、平均的生産性についても同様の動きをする)。二つの技術レジームにもそれぞれ長所・短所が存在しているのである。

謝辞

本稿を執筆するにあたり東京大学大学院経済学研究科の高橋伸夫先生から多大なご指導を賜りま

した。また、東京大学大学院経済学研究科大学院生の川島美紀氏、徐寧教氏、および長崎大学経済学部准教授の勝又壮太郎先生とのディスカッションにより理解を深めることができました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, 11(3), 147–162.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1977a). In search of useful theory of innovation. *Research Policy*, 6(1), 36–76.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1977b). Dynamics competition and technical progress. In B. Balassa & R. Nelson (Eds.), *Economic progress, private values and public policy: Essays in honor of William Fellner* (pp. 57–101). Amsterdam: North-Holland.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1977c). Simulation of Schumpeterian competition. *American Economic Review*, 67(1), 271–276.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1978). Forces generating and limiting concentration under Schumpeterian competition. *Bell Journal of Economics*, 9(2), 524–548.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982a). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press. 邦訳, リチャード・R・ネルソン、シドニー・G・ウィンター (2007) 『経済変動の進化理論』後藤晃, 角南篤, 田中辰雄 訳. 慶應義塾大学出版会.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982b). The Schumpeterian tradeoff revisited. *American Economic Review*, 72(1), 114–132.
- Nelson, R. R., Winter, S. G., & Schuette, H. L. (1976). Technical change in an evolutionary model. *The Quarterly Journal of Economics*, 90(1), 90–118.
- Schumpeter, J. A. (1950). *Capitalism, socialism, and democracy* (3rd ed.). New York: Harper. 邦訳, ジョセフ・A・シュンペーター (1995) 『資本主義・社会主義・民主主義』中山伊知郎, 東畑精一 訳. 東洋経済新報社.
- Scott, J. (2000). *Social network analysis: A handbook* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Tidd, J., Bessant, J., & Pavitt, K. (2001). *Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change* (2nd ed.). Chichester, UK: John Wiley & Sons. 邦訳, ジョー・ティッド, キース・パビット, ジョン・ベサント (2004) 『イノベーションの経営学：技術・市場・組織の統合

- 的マネジメント』後藤晃, 鈴木潤 監訳. NTT 出版.
- 山影進 (2007) 『人工社会構築指南: artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門』書籍工房早山.
- 若林隆久, 氷熊大輝, 岡本伊織 (2010a) 「技術進化の変化率: 経営学論講 Nelson and Winter (1982) Chapter 10」『赤門マネジメント・レビュー』9(6), 385–404. <http://www.gbrc.jp/journal/amr/AMR9-6.html>
- 若林隆久, 氷熊大輝, 岡本伊織 (2010b) 「探索の効果と淘汰の効果: 経営学論講 Nelson and Winter (1982) Chapters 6, 7」『赤門マネジメント・レビュー』9(7), 497–532. <http://www.gbrc.jp/journal/amr/AMR9-7.html>
- 若林隆久, 岡本伊織, 氷熊大輝 (2010) 「経済成長の進化モデル: 経営学論講 Nelson and Winter (1982) Chapters 8, 9」『赤門マネジメント・レビュー』9(10), 741–760. <http://www.gbrc.jp/journal/amr/AMR9-10.html>
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. New York: Cambridge University Press.
- Williamson, O. E. (1972). Dominant firms and the monopoly problem: Market failure considerations. *Harvard Law Review*, 85(8), 1512–1531.

付録 A 第 V 部のシミュレーションの設定の詳細

以下では、第 V 部で用いられているシミュレーション・モデルがどのように設定されているかを詳細に説明する。この際、本書では第 12 章でモデルが数式によって表現されているが、実は第 12 章の記述のみではシミュレーションを再現することができない。シミュレーションの細部の構造まで理解するためには、表 1 にある元となった論文まで遡らなくてはならない。そこで、これらの論文を適宜参照しながらシミュレーションの構造を詳述する。²⁰

A.1. 初期値の設定

各企業の資本 K (そして産業の総資本) と資本 1 単位当たりの探索 (イノベーションと模倣) への支出額である r_{im} と r_{in} の初期値は以下のように設定されている。各企業および産業の資本は純投資総額がゼロになるように定められている (p. 289, 邦訳, p. 344)。第 12 章においては、資本 1 単

²⁰ ただし、本稿における説明でもわかるように各章で行われているシミュレーションは微妙に設定が異なっている。そのため、この付録 A で説明しているシミュレーションの構造が必ずしもすべてのシミュレーションにおいて共通するわけではないことには注意を要する。

表 A1 第 12 章のシミュレーションの初期条件

企業数	2	4	8	16	32
K	139.58	89.7	48.85	25.34	12.89
r_{im}	0.00143	0.00112	0.00102	0.00099	0.00097
r_{in}	0.0287	0.0223	0.0205	0.0197	0.0194
産業の総資本	279.16	358.8	390.8	405.44	412.48
初期製品価格	1.500036	1.167085	1.07152	1.032829	1.015201

出所) 表 12.1 (p. 302, 邦訳 p. 359) に産業の総資本と初期製品価格の行を追加して作成

表 A2 第 13 章におけるシミュレーションの各企業の資本の初期設定

	4 企業	16 企業
投資抑制	75.094	23.466
積極投資	100.0	25.0

出所) Nelson and Winter (1978, p. 547) のデータに基づいて作成

位当たりの探索への支出額は、産業全体としてイノベーションと模倣のそれぞれが 2 期間に一回成功するような値に設定されている (pp. 289–290, 邦訳, pp. 344–345)。イノベーションと模倣の成功確率は支出額に比例し、支出額は資本に比例することから、企業数の異なる試行間の資本量の差を相殺するように r_{im} と r_{in} は設定される。第 12 章における初期条件を示した表 A1 において、産業の総資本と $1.25r_{im}$ を掛けた値と、産業の総資本の半分 (イノベーターの総資本) に $0.125r_{in}$ を掛けた値が、すべての場合においてほぼ 0.5 になることが確認できる。

また、投資政策が投資抑制であるか積極投資であるかによって企業の投資行動は変化するため、第 13 章ではパラメータの変更に伴い、産業において純投資総額がゼロになるように表 A2 のように各企業の資本の初期設定がなされている (Nelson & Winter, 1978, p. 547)。

A.2. 資本 1 単位当たりの費用の内訳

資本 1 単位当たりの生産費用 c は 0.16 として設定されている。この内訳は、変動費用が 0.10、減価償却費が 0.03、利子率が 0.03、とされている (Nelson & Winter, 1978, p. 544)。このモデルでは、資本の調達に自己資本であるか借入れであるかに関わらず、資本の調達コストが 0.03 と設定されている。すなわち、資金調達の説明をする際にも述べられているが (Nelson & Winter, 1977b, p. 71)、資本の調達方法による違いは考慮されていない。

A.3. 総投資関数

企業の次期の資本は、以下の数式 (A1) で表されるように、その企業の現在の資本、資本減耗率 δ 、総投資関数 $I(\cdot)$ から決定する (pp. 285–286, 邦訳, p. 340)。数式 (A1) の右辺第一項は総投資関数 $I(\cdot)$ に基づく今期の投資を表しており、右辺第二項は資本の減耗を表している。ここで、総投資関数 $I(\cdot)$ は、価格費用マージン ρ 、生産量シェア S 、収益率 π 、資本減耗率 δ 、の関数である。

$$(A1) \quad K_{i(t+1)} = I(\rho, S, \pi, \delta) \cdot K_{it} + (1 - \delta) \cdot K_{it}$$

右辺第一項に表れる総投資関数の数式は本書第 12 章でも説明されているが (pp. 302–303, 邦訳, pp. 359–360)、ここに記載されている数式は第 12 章での生産費用、資本減耗率、企業が認識している需要弾力性の値の設定を反映したものであり、この数式のみでは十分に総投資関数の中身を理解できない。また、後述するパラメータの設定を理解するためにも総投資関数の中身は理解しなければならない。そこで、ここでは元となった論文 (Nelson & Winter, 1977b, 1978) の記述まで遡り総投資関数 $I(\cdot)$ の中身 (=GRIN_{it}, GRoss INvestment) を説明する。

$$(A2) \quad GRIN_{it} = \text{Max} [0, \text{Min}(DESIN_{it}, FIN_{it})]$$

数式 (A1) の右辺第二項ですでに資本の減耗は考慮されており、資本の減耗以上の資本の減少は想定されていない。そこで、総投資関数はマイナスとならないように $\text{Max} [0, \text{Min}(\cdot)]$ と設定される。 $\text{Min}(\cdot)$ は、目標とする投資 (=DESIN_{it}, DESired INvestment) と資金的な制約 (=FIN_{it}, FINancial constraint) の少ない方で投資を行うということを意味している。すなわち、企業は資金制約内で目標になるべく近い投資を行う。

$$(A3) \quad DESIN_{it} = 1 + \delta - \left(\frac{MU \cdot UNCOST_{it}}{P_t} \right) = 1 + \delta - \left(\frac{MU}{\rho} \right)$$

目標とする投資 $DESIN_{it}$ は、資本減耗率 δ 、Target Markup Factor である MU 、製品 1 単位当たりの生産費用 $UNCOST_{it}$ (UNit COST、資本一単位当たりでないことに注意、資本 1 単位当たりの生産費用を生産性 A で割ることで算出される)、製品価格 P_t 、から決定される。製品価格が、「 $MU \times$ 製品 1 単位当たり生産費用」を上回ると、企業は正の投資を行うことになる。

$$(A4) \quad MU = \frac{2 \cdot PDEL - S}{2 \cdot PDEL - 2S}$$

ここで、 MU は、企業の生産量シェア S と企業が認識している需要価格弾力性 ($PDEL$: Perceived Demand ELasticity) から決定され、シェアの増加関数となっている。企業が需要価格弾力性を 1 と認識している場合、 $MU = (2 - S) / (2 - 2S)$ となる。これは、第 12 章で提示されている総

投資関数内に現れている (p. 303, 邦訳, p. 359)。²¹

$$(A5) \quad \begin{aligned} FIN_{it} &= \delta + \pi && \text{for } \pi \leq 0 \\ FIN_{it} &= \delta + \pi(1 + BANK) && \text{for } \pi > 0 \end{aligned}$$

一方、資金制約 FIN_{it} は、資本減耗率 δ 、収益率 π 、資金調達のリジーム $BANK$ 、によって決定される。収益率が負である場合は、資本減耗率と収益率を足し合わせたものが資金制約となる。収益率が 0 以上である場合は、収益に $BANK$ をかけた分だけ借入れが可能であるので、資本減耗率と収益率を $(1+BANK)$ 倍した値を足し合わせたものが資金制約となる。ここで、資本減耗率 δ が含まれるのは減価償却によるキャッシュフローを考慮しているためと考えられる。

資金制約 FIN_{it} を表す数式を見れば明らかであるが、資金調達に関して自己資本と借入れの比率には依存しないモデルになっており、Nelson と Winter 自身もこの点には触れている (Nelson & Winter, 1977b, p. 71)。また、モデル上、借入額の返済も考えられていない。

A.4. パラメータ・条件の設定

実験条件として用いられる企業数以外のパラメータ・条件の設定がどのように行われているかを説明する。

A.4.1. 技術レジーム

第 V 部のモデルでは、サイエンス型 (science-based) と累積的技術 (cumulative technology) という 2 種類の技術レジームが設定されている。この技術レジームの違いは、直接的には企業がイノベーションに成功した結果として獲得する技術の生産性に影響を与える。

サイエンス型の場合も、累積的技術の場合も、イノベーションによって獲得できる生産性の分布は対数正規分布に従っている。

サイエンス型の技術レジームにおいては、企業がイノベーションの結果獲得する技術の生産性は潜在的生産性 (latent productivity) の周囲に分布している。ここで、潜在的生産性は $\lambda(t)$ で表される ($LPGR$: Latent Productivity Growth Rate は定数)。

$$(A6) \quad \lambda(t) = 0.16 + LPGR \times t$$

一方、累積的技術の技術レジームにおいては、企業がイノベーションの結果獲得する技術の生産性は、その時点の企業の生産性の周囲に分布している。

²¹ ただし、第 V 部の元となった論文を当たるとマークアップ MU を求める数式は二種類存在することがわかる。具体的には、マークアップ MU を求める数式が、「 $(2 \times \text{価格弾力性} - \text{シェア}) / (2 \times \text{価格弾力性} - 2 \times \text{シェア})$ 」の場合 (Nelson & Winter, 1977b, p. 70, 1982a, p. 303, 邦訳, p. 359) と、「 $\text{価格弾力性} / (\text{価格弾力性} - \text{シェア})$ 」の場合 (Nelson & Winter, 1977b, p. 75, 1978, p. 545) がある。

A.4.2. 潜在的生産性の成長率

潜在的生産性の成長率のパラメータは、 $\lambda(t) = 0.16 + LPGR \times t$ で表される潜在的生産性の $LPGR$ の値を変更することによって設定される。第 12 章においては $LPGR = 0.025$ と設定されている。²² 第 13 章においては、潜在的生産性の成長が遅い場合は $LPGR = 0.004951$ 、速い場合は $LPGR = 0.014852$ と設定される (Nelson & Winter, 1978, pp. 546–547)。

A.4.3. 模倣の困難さ

模倣の困難さのパラメータは、模倣のくじ引きにおいて成功する可能性を変更することによって設定される。模倣が容易な場合に模倣が成功する可能性は $0.005K_i$ 、模倣が困難な場合に模倣が成功する可能性は $0.0025K_i$ である。模倣が困難な場合の成功確率は模倣が容易な場合の成功確率の半分になるように設定されている (Nelson & Winter, 1978, p. 547)。

A.4.4. 企業の投資政策

企業の投資政策のパラメータは、企業の認識する価格需要弾力性 $PDEL$ の値を変更することによって設定される。投資抑制の場合は企業の認識する価格需要弾力性は 1、積極投資の場合は企業の認識する価格需要弾力性は 1000 と設定される (Nelson & Winter, 1978, p. 547)。

A.4.5. 研究開発成果のばらつき

研究開発成果のばらつきのパラメータは、イノベーションによって獲得できる生産性の分布が従う対数正規分布の標準偏差を変更することによって設定される。潜在的生産性の成長が遅いとき、研究開発成果のばらつきは、小さい場合は 0.019840、大きい場合は 0.059408 に設定される。潜在的生産性の成長が速いとき、研究開発成果のばらつきは、小さい場合は 0.059408、大きい場合は 0.178224 に設定される (Nelson & Winter, 1978, p. 546)。

A.5. 資本を用いたハーフィンダール同値数

シミュレーションにおける産業の集中度は資本を用いたハーフィンダール同値数 (ハーフィンダール指数で同値な企業数) で表されている。この指標は、ハーフィンダール指数の逆数であり、資本を用いたハーフィンダール指数の計算式は以下のようになる (p. 312, 邦訳 p. 368)。²³

$$(A7) \quad H = \sum_i \left(\frac{K_i}{K} \cdot \frac{K_i}{K} \right) = \sum_i \left(\frac{K_i}{K} \right)^2$$

²² 第 12 章の $LPGR$ については 0.01 であるという記述がみられるが (p. 302, 邦訳, p. 359)、シミュレーション結果において提示されている生産性の値から考えると、これは 0.0025 の誤りであるということがわかる。

²³ 邦訳では数式の途中の等号 (=) が欠落していたため、(A7) 式の中では紫で表示している。

ここで、産業の集中度を表すハーフィンダール指数に、通常用いられる生産量ではなく資本が用いられていることに違和感を覚える人もいるかもしれない。そもそも Nelson と Winter 自身も第 12 章の元となった Nelson and Winter (1977b) では、生産量 (output) を用いた entropy numbers equivalent という指標で産業の集中度を表している (Nelson & Winter, 1977b, pp. 83, 85, 87)。²⁴ すなわち、本書に再録するにあたり産業の集中度を表す指標を、生産量に基づくものから資本に基づくものに変更したことになる。

二つの指標がほぼ同じ動きをするにもかかわらず、なぜこのような変更を行ったのだろうか。その理由は第 13 章で説明されている通りである。ハーフィンダール指数、しかも生産量ではなく資本を用いたハーフィンダール指数、を用いる理由は、ハーフィンダール指数がこのモデルにおいては、ひとつの研究開発プロジェクトの成功によって近代化される (modernized) 資本ストックの産業に占める割合の期待値になるからである (pp. 312–313, 邦訳, pp. 367–368)。産業の集中度が高いほどひとつのイノベーションから得られる利益は大きいものになる。

付録 B トポグラフィーと近傍

第 11 章に登場するトポグラフィーと近傍は、本書の内容を理解する上だけではなく、より一般的な、近代組織論、組織学習論、イノベーション論、進化理論的な考え方、シミュレーション実験など様々なテーマを理解する上でも重要な概念である。そこで、付録 B では企業が技術の探索を行う場合を念頭に置きながらこれらの概念を説明する。

B.1. トポグラフィー

トポグラフィー (topography) は、地形、地勢などを意味する言葉である。ここでは、探索によって発見され得る技術の分布を表している。例えば、より標高が高い位置に行くほど優れた技術が獲得できるような等高線入りの地図を想定してもらえば理解しやすいだろう。この時、企業は優れた技術を獲得するためにより高い地点を目指して山登りをしている人に喩えられる。²⁵

企業がどのような技術を獲得できるかは地形に大きく左右される。例えば、同じ水平距離を移動すると考えると、傾斜が緩やかな場合にはそれほど標高は変わらないが、傾斜が急な場合にはより標高の高い地点に到達できる。もちろん、高い方へ向かって移動する水平距離が長いほどより高い地点に到達できる。大雑把に説明すれば、このような地形の傾斜や企業の移動する水平距離を定め

²⁴ entropy numbers equivalent の算出方法は不明であるが、同一試行にもかかわらず、Nelson and Winter (1977b) の entropy numbers equivalent の値と、第 12 章のハーフィンダール同値数の値は異なるので、異なる指標であることがわかる。また、entropy numbers equivalent という指標は Nelson and Winter (1977c) でも用いられている。

²⁵ この例は、技術レジームがサイエンス型である場合よりも累積的技術である場合によりよくあてはまる。というのも、山登りをする人が次の時点で到達する地点の標高は、現在の時点で山登りをする人の標高に影響されるからである。

ていたのが、第 V 部の研究開発成果のばらつきや潜在的生産性の成長率といったパラメータだったのである。

また、完全情報を仮定しない進化理論的な立場に立つ場合、企業は地形（技術の分布）に関する地図をもっていない。すなわち、どこが目指すべき最高地点であるかはおろか、どの方向に山があるのかもわかっていないのである。そのため、企業は自らの予想や判断に基づいて山登り（探索）を進めなければならない。地形が富士山のように独立したひとつの山の場合には高い方を目指していけば一番高い地点に到達できる可能性が高いが、アルプスのように複数の山が連なっている場合には単に高い方向を目指しているだけでは一番高い地点に到達できる可能性は低くなるだろう。これらを技術・イノベーション論の言葉で表現すれば、前者の場合は技術軌道（technical trajectory, Dosi, 1982）が単一ではっきりしている場合であり、後者の場合は技術軌道が複数存在しどれが最終的に最も優れているか曖昧な場合である。後者の場合には、技術経路 A（登山道 A）を採用するか技術経路 B（登山道 B）を採用するかは（第 11 章の言葉でいえば青い技術を採用するか黄色い技術を採用するかは）、企業の後のパフォーマンスに大きな影響を与えるだろう。企業がどのような経路を採用し最終的にどのようなパフォーマンスを達成するかは企業の予想や判断の正しさに委ねられる。

B.2. 近傍

ただし、全体の地図がないからといって企業はまったくの手さぐりで探索をしなければならないというわけではない。多くの場合、企業は自らの周囲の地形に関しては分かっている。この自らの周囲のことを近傍（neighbor）と呼ぶ。さらに、このように全体（グローバル）の情報は分かっておらず自らの近傍（ローカル）の情報に基づいて行う探索こそが、近代組織論や組織学習論でよく言及される局所的探索である。局所的探索はあくまで抽象的な概念であり様々なパターンが考えられるが、第 V 部の累積的技術のように自ら現在の技術に近い技術が発見されやすいというモデルも局所的探索のひとつのパターンである。局所的探索はあくまでローカルな情報のみに基づいて行われるため、すでに述べたように最適解を達成することは保証されていない。

B.2.1. 近傍の具体的な用いられ方

最後に近傍概念がどのようにモデル化されるかの具体例を紹介する。まず、シェリングの分居モデルやコンウェイのライフゲームで用いられるようなグリッド上にセルが配置されている場合の近傍には、ノイマン近傍とムーア近傍という二種類が存在する（山影, 2007, pp. 98-99）。ノイマン近傍は上下左右の四つのセルを近傍とし（図 B1a）、ムーア近傍では上下左右に加えて斜めに位置するセルも含めた八つのセルを近傍とする（図 B1b）。それぞれ図 B1 で示されているように 1 近傍、2 近傍、……、 n 近傍というように一般化できる。

また、より一般的なつながりに規則性がないネットワークの場合においては図 B2 のようにエージェントに直接つながっている部分が近傍として定義される（Scott, 2000, p. 67; Wasserman & Faust,

図 B1 ノイマン近傍とムーア近傍

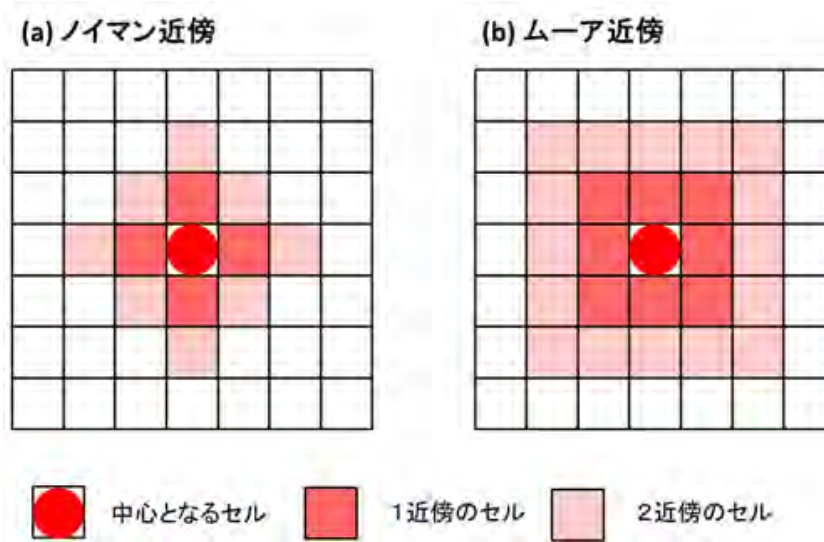
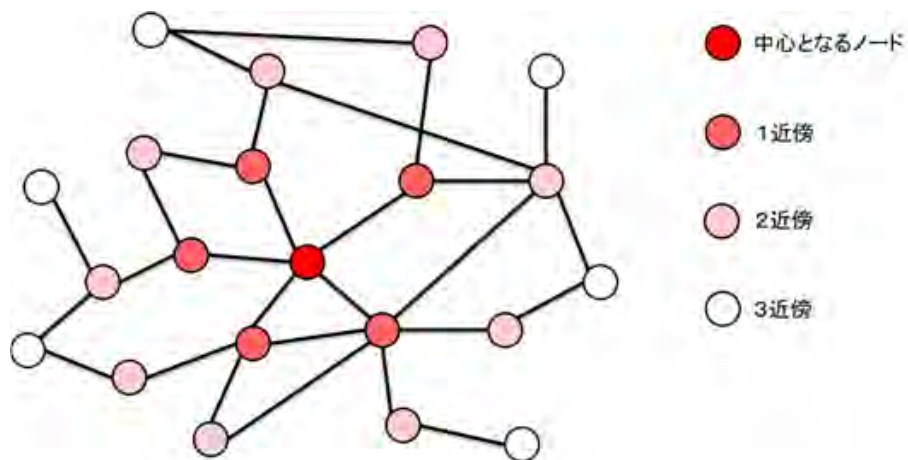


図 B2 ネットワークにおける近傍



1994, p. 476)。直接つながっている（1ステップで到達可能な）部分が1近傍、2ステップで到達可能な部分が2近傍、3ステップで到達可能な部分が3近傍、というように一般化することもできる。

赤門マネジメント・レビュー編集委員会

編集長 新宅純二郎

副編集長 天野倫文

編集委員 阿部誠 粕谷誠 桑嶋健一 清水剛 高橋伸夫 藤本隆宏

編集担当 西田麻希

赤門マネジメント・レビュー 10巻11号 2011年11月25日発行

編集 東京大学大学院経済学研究科 ABAS/AMR 編集委員会

発行 特定非営利活動法人グローバルビジネスリサーチセンター

理事長 高橋 伸夫

東京都文京区本郷 <http://www.gbrc.jp>