

シュンペーター的競争と技術進歩

富田輝博

Schumpeterian Competition and Technical Progress

Teruhiro Tomita

This paper examines the complicated interactions among innovation, imitation, market structure, and many aspects of industry performance. A central aspect of Schumpeterian competition is that some firms strive to be leaders in technological innovations, while others attempt to keep up by imitating the successes of leaders.

Nelson and Winter constructed the simulation model of Schumpeterian competition for the first time. It is a Markov model of a single industry in which firms produce a homogeneous product and in which cost reduction through productivity improvement is the major competitive weapon.

In the first section of the paper, the basic structure of the Nelson-Winter(NW) model is presented. Next section, the innovation and imitation process of industry by modified NW model are simulated with MapleV language.

Being distinguished innovative firms and imitative firms in simulation run, we can explicitly analyze the behavior of productivity, output, market share and profit rate of each firm quantitatively, and price, total output, inverse of Herfindahl-Hirschman index, and average productivity of industry are evaluated for 50 periods.

KW: Schumpeterian competition, innovation, imitation, Herfindahl index

はじめに

イノベーションに成功した企業は独占的地位を手に入れることにより、生産量が競争状態より少なくなるが、成功企業も手に入れた利潤を研究開発に再投資しなければ、競争企業に破れてしまう。シュンペーター的競争とはこのように産出量の削減という独占の短所に比べて、独占利潤を資金源とする技術開発の促進という長所の方が大きい、つまり、静学的効率が動学的効率が上回るという考え方を意味するのである。1)

シュンペーターは『資本主義・社会主義・民主主義』において資本主義の動態的性格について次のように強調している。「把握すべき本質的な点は、資本主義を扱っているときには、われわれは進化的過程を扱っているということである。……不断に古きものを破壊し新しきものを創造してたえず内部から経済構造を革命化する産業上の突然変異、この創造的破壊の過程こそ資本主義についての本質的事実である。」2) このようなシュンペーターの資本主義観と競争概念は新古典派のそれとは著しく異なっている。「[経済学において] 実際に注意を集めているものは、生産方

法および特に産業組織の形態の不変の条件の下での固定的なパターンの中での競争にすぎない。しかし、教科書の構図とは異なった資本主義の現実において重要なものは、その種の競争ではなく、新商品、新技術、新供給源、新組織形態からくる競争である。この競争は費用や品質における決定的な優位を求めるものであり、現存企業の利潤や生産量の限界を攻撃するものではなく、彼らの基礎や生存そのものを攻撃するものである。この種の競争は他のものに比してはるかに有効であって、手でドアをこじ開けるよりも砲撃の方がはるかに有効であるのと同様である。」3)

シュンペーターは動学的競争と技術進歩の関係について以上のように巧みなレトリックで説明した。しかし、彼自身は計量経済学会会長を務めるほど計量経済学にも造詣が深いにもかかわらず、著書の中でその理論を方程式体系によって説明することはなかった。

ネルソン・ウインターは初めてシュンペーター的競争概念をモデル化し、各種のシミュレーション分析による実験を試みた。企業は生産の意思決定や投資の意思決定を行うのみならず、新技術の探索も行う。その探索は確率的に成否が決まり、成功か失敗かによって産業の進化的プロセスが決定される。

ネルソン・ウインターはルーティンを「企業の規則的かつ予測可能な行動パターン」と定義し、生産のための技術的ルーティンとして、「従業員の雇用解雇の手続き、新規在庫の発注、需要の増加に対応した生産の段階的拡大、投資・研究開発・広告に関する政策、製品多様化と海外投資に関する経営戦略」をあげている。

資本生産性、単位生産費、および製品の特性は企業の用いるルーティンに依存する。製品特性の例として、信頼性、利便性、耐久性、安全性、審美性などがある。企業の探索活動としては、特定の経済状況に結びついた技術的・組織的アイデアやスキルの操作や模倣などがあるが、市場の決定は製品特性と価格に依存する。市場内でその状況を改善するためには各企業は単位生産費を下げ、資本生産性を上昇させ市場における製品の競争力を向上させるには新ルーティンと新結合を探索する。

ところでネルソン・ウインターは生物学のアナロジーを用いて、技術を体現する諸ルーティンを経済システムにおける「遺伝子」、イノベーションを遺伝子の「突然変異」と見た。そして革新や模倣に成功し成長する企業とそれに失敗し、産業から退出するか、少なくとも成長する機会を失った企業の優勝劣敗を「自然淘汰」になぞらえて「経済淘汰」と名付けた。ネルソン・ウインターらイェール学派の経済学者は、企業は成長のために革新し、生存のために模倣する、という進化論的な過程として技術進歩を考えようという構想を打ち出したが、これは今日の進化経済学の一つの立場を代表するものとなっている。

1. ネルソン・ウインターモデルの基本構造

ネルソン・ウインターモデル（以下NWモデルと略称する）は次のような基本構造から構成されている。4) t 期において企業の資本設備の規模 (K_{it}) と資本生産性 (A_{it}) が所与であるとして、短期における企業の生産量、価格、利益を求める。生産は規模に関して収穫一定とする。そうすると企業によって生産することのできる最大の生産は $Q_{it} = A_{it}K_{it}$ である。各企業の生産は生産能力限度まで生産されるものとする。これは各企業の実際の生産は最大生産に等しいことを意味する。産業の生産は各企業の集計で Q_t で表される。

産業の集計生産量は価格弾力性が1の外生的に与えられる需要条件に直面している。従って、産業が生産する量が多かろうが少なかろうが、同じ収入 (D) が得られるものとする。つまり、価

格は市場をクリアするように適応するものとする。式で表すと、 $P_t = D/Q_t$ である。

生産性は個々の企業にとって固有のものであり、研究開発の結果である知識を反映している。技術変化は個々の企業の資本係数を増加するプロセスイノベーションとプロセス模倣の形態をとる。生産性は次の2段階の確率過程に従って変化する。

第1段階では、企業の研究開発活動がイノベーションかあるいは模倣に成功するか否かが問題となる。革新研究開発活動に関する確率変数 d_{in} が1のとき成功し、0の時は失敗となる。模倣研究開発活動に関する確率変数 d_{im} も同様である。企業の革新研究開発費は資本ストックに比例して決定される。企業が革新くじ (innovative lottery) においてイノベーションを引く機会 (draw) は革新研究開発費に比例する。革新くじを引く確率は単位期間あたり平均 m を持つポアソン分布に従うものとする。5)

第2段階はdrawの結果に関する問題である。もし企業が模倣drawを引いたならば、現行水準の生産性の分布から標本をとる。もし企業が革新drawを引いたならば、技術機会 $F(A_{it}, A_{it}')$ の分布からの標本をとることになる。分布は時間と現行生産性水準とに依存する対数正規分布に従う。この分布は標準偏差一定(σ)で、生産性が時間の経過に従って増加する平均を持つ分布 $N(\ln(A_{it-1}(1+k)), \sigma)$ である。 k は潜在生産性が每期 k %づつ増加することを意味している。革新企業の革新研究開発費は売上高比率で見るとおよそ12%とかなり高い割合を想定している。イノベーションに成功する確率は産業全体を平均すると、初期状態では年2回に相当する。模倣に成功する確率も年平均ではほぼ同じ回数である。drawは企業が最良の技術にアクセスでき、その期の最高の生産性水準をどの企業も手に入れることができることを意味する。

生産性決定のため、前期から受け継いだ技術によって得られる生産性 (A_{it}) と模倣および革新探索によって得られた技術 (A_{it}^m or A_{it}^n) との間で比較を行い、その中から最高の生産性を持つ技術が選択される。技術が変更されると、それは次期の生産性を決定する。

投資の意思決定は次のように行われる。各企業について売上高 ($P_t Q_{it} = P_t A_{it} K_{it}$) を計算し、これからコストを差し引いて純利益を求める。生産費は可変生産費、減価償却費、利子から構成され、全期間一定と仮定する。非生産費としては研究開発費のみで、革新研究開発費と模倣研究開発費からなる。単位あたり革新研究開発費 (rin) および模倣研究開発費 (rim) は資本ストック水準に比例して決定されるものとする。資本単位あたり利益 (π_{it}) は $P_t A_{it} - (c + rin + rim)$ によって得られる。

最大投資は企業の利益と利益に比例して銀行から借りる借入金とによって決定される。企業の期待投資は利益率、マーケットシェア、マークアップ率および減価償却率によって決定される。実現投資は期待投資と最大投資のうちの小さい方による。これらが負の場合、実現投資はゼロとなる。投資による設備の懐妊期間はないものとする。したがって新規投資の加わった調整済み資本ストックは次期に利用可能となる。資本ストックに新生産性水準をかけることによって次期の企業の生産能力を得ることができる。同様に、新生産性は革新企業、模倣企業を問わず利用可能となる。

モデルの方程式体系

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

$$Q_t = \sum Q_{it} \quad (2)$$

$$P_t = D(Q_t) \quad (3)$$

$$\pi_{it} = P_t A_{it} - (c + \text{rin} + \text{rim}) \quad (4)$$

$$\text{Pr}(\text{dim}=1) = \text{aim} \cdot \text{rim} \cdot K_{it} \quad (5)$$

$$\text{Pr}(\text{din}=1) = \text{ain} \cdot \text{rin} \cdot K_{it} \quad (6)$$

$$A_{i,t+1} = \max[A_{it}, A_{it}^m, A_{it}^n] \quad (7)$$

$$I_{it}^{\max} = \delta + (1+b)\pi_{it} \quad (8)$$

$$\rho_{it} = P_t / (c / A_{i,t+1}) \quad (9)$$

$$I_{it}^{\text{des}} = (\delta + 1 - \eta / (\eta - s_{it})) \cdot \rho_{it} \quad (10)$$

$$I_{it} = \max[0, \min[I_{it}^{\text{des}}, I_{it}^{\max}]] \quad (11)$$

$$K_{i,t+1} = I_{it} K_{it} + (1-\delta)K_{it} \quad (12)$$

ここで、

A_{it}^n : t期における企業iの革新活動による生産性水準

A^{init} : A_{it}^n の初期値

ain : 革新研究開発費の比例定数

aim : 模倣研究開発費の比例定数

A_{it}^m : t期における企業iの模倣活動による生産性水準

Q_{it} : t期における企業iの生産量

A_{it} : t期における企業iの資本生産性

Q_t : t期における産業総生産量

P_t : t期における製品価格

η : 需要の価格弾力性

D_t : t期における産業総需要

rin : 資本単位あたり革新研究開発費

rim : 資本単位あたり模倣研究開発費

π_{it} : 資本利益率

c : 資本単位あたり生産費

b : 純利益に対する外部資金調達倍率

δ : 資本ストックの減価償却率

s_{it} : マーケット・シェア

ρ_{it} : 価格／単位費用比

I_{it}^{\max} : 最大粗投資

I_{it}^{des} : 期待投資

I_{it} : 新規投資

NW基本モデルの修正と拡張

NW基本モデルの修正と拡張はパラメータの変更と、モデルの変更・拡張の2種類ある。

a パラメータの変更

① 最大投資額

銀行借入限度額 (LOAN) が利益と同額るとき $b=1$ 、利益の2.5倍るとき $b=2.5$ とする。6)

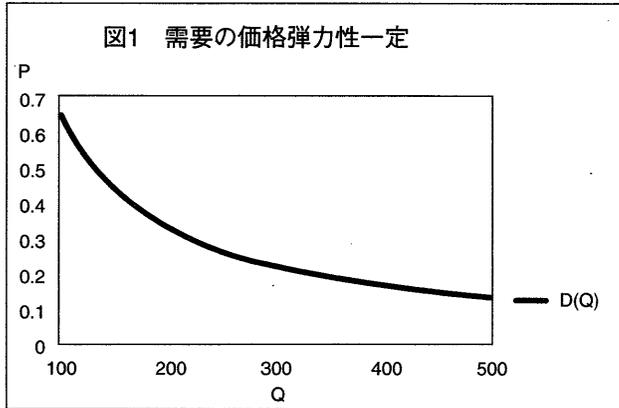
$$I_{it}^{\max} = \delta + \pi_{it} \quad \text{for } \pi_{it} \leq 0$$

$$I_{it}^{\max} = \delta + 2\pi_{it} \quad \text{for } \pi_{it} > 0 \text{ and LOAN}=1$$

$$I_{it}^{\max} = \delta + 3.5\pi_{it} \quad \text{for } \pi_{it} > 0 \text{ and LOAN}=2.5$$

② 需要の価格弾力性

基本モデルでは $p=67/Q$ より、需要の価格弾力性は1となっているが、これを0.3と非弾力的な値に変更する。



b モデルの変更

① 規模に関する収穫逓増

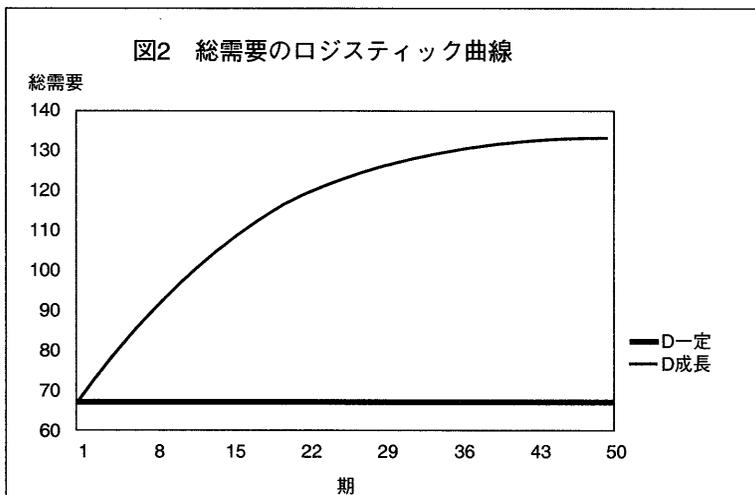
規模に関する収穫一定の仮定を収穫逓増に変更する。規模に関して収穫逓増になると、規模の経済性が発生するため、単位生産費一定の仮定が成り立たない。単位生産費に規模の経済性指数を掛け、費用の低下効果を導入する。7)

② 総需要の成長

基本モデルでは産業の売上高は67と固定されている。この仮定をはずし、製品のライフサイクル仮説を導入し、ロジスティック曲線を仮定する。そうすると総需要Dは次式のように表される。

$$D = \lambda / (1 + ae^{-bt})$$

ここで、a、b、λはパラメータで、λは需要の飽和水準(134)を表す。初期水準はその半分(67)とすると、図2のようなロジスティック曲線が得られる。



③資金調達の変更の影響

投資資金の借入額の変化が企業の経営にどのような影響を及ぼすかについては、貸借対照表を含む企業モデルの構築が必要となる。Winter(1984)では財務諸表、配当政策、負債構造、資本市場機能などを考慮する必要があるとの指摘はあるが今後の課題としてそれ以上の展開はない。8)

④革新企業と模倣企業の指定

基本モデルでは4社のうちどの企業が革新企業となり、どの企業が模倣企業となるかは、事前には分からない。しかし、A、B、C、D社のうち、A、B社を革新企業、C、D社を模倣企業と指定し、両パターンの期間中の変化を見ることができる。

⑤満足基準原理による研究開発政策の部分調整モデル

基本モデルでは、研究開発政策パラメータである \overline{rin} 、 \overline{rim} は企業レベルで固定されている。そこで満足基準原理を導入し、産業の平均利益を基準とし、自社の成果 X が平均利益より低ければ、部分的に研究開発パラメータを調整していくという過程をモデルに明示的に取り入れる。成果指標 X は利益の分布ラグ関数である。9)

$$X_{it} = \theta X_{i(t-1)} + (1-\theta)\pi_{it} \quad 0 < \theta < 1$$

$$\overline{rin}_{i(t+1)} = \overline{rin}_{it} \quad \text{for } X_{it} \geq \overline{\pi}_t$$

$$\overline{rin}_{i(t+1)} = (1-\beta)\overline{rin}_{it} + \beta \overline{rin}_t + u_{in_{it}} \quad \text{for } X_{it} < \overline{\pi}_t \quad 0 < \beta < 1$$

$$\overline{rim}_{i(t+1)} = \overline{rim}_{it} \quad \text{for } X_{it} \geq \overline{\pi}_t$$

$$\overline{rim}_{i(t+1)} = (1-\beta)\overline{rim}_{it} + \beta \overline{rim}_t + u_{im_{it}} \quad \text{for } X_{it} < \overline{\pi}_t \quad 0 < \beta < 1$$

ここで、 $\overline{\pi}$ 、 \overline{rin}_t 、 \overline{rim}_t はそれぞれ純利益、革新研究開発および模倣研究開発政策パラメータの資本による加重平均である。

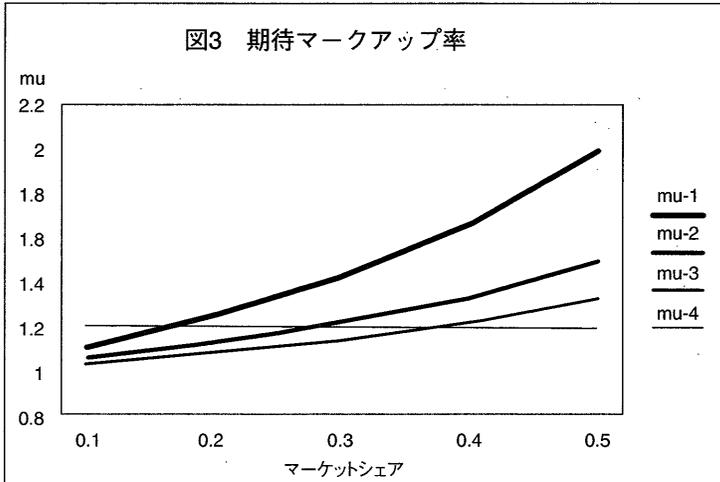
⑥期待投資関数におけるマークアップ率

基本モデルでは寡占企業においては相手企業の生産量に関してクールノー推測を仮定しているので、短期利潤を最大化するマークアップ率は、 $\mu = \eta / (\eta - s) \dots \dots \mu(1)$ となる。10) しかし、クールノー推測のように推測的変動係数 λ を0とするより、 λ はある値をとると考える方がより一般的である。そこで、マークアップ率は次式のように一般化される。

$$\mu = (\eta + (1-s)\lambda) / (\eta + (1-s)\lambda - s)$$

ここで $\lambda = 0$ とおくとクールノー推測の式となり、 $s = 1$ とおくと、独占企業のマークアップ率となる。いま $\eta = 1$ 、 $\lambda = 1$ とすると、 $\mu = (2-s) / (2-2s) \dots \dots \mu(2)$ となり、 $\eta = 1$ 、 $\lambda = 2$ とすると、 $\mu = (3-2s) / (3-3s) \dots \dots \mu(3)$ となる。そして、基準生産性0.16で価格上限1.2のとき、 $\mu = 1.2 \dots \dots \mu(4)$ の4つのマークアップ率を想定する。図3はこの関係をグラフに示したものである。

図3 期待マークアップ率



⑦退出

基本モデルでは参入・退出は考慮されていない。ここでは退出について、次の二つのケースを考える。1) 第1に、投資が減価償却額より少なくなると、資本ストック (K) がその最低水準 (Kmin) より小さくなる場合である。第2に、資本利益率が数期続けて負の値をとり、成果指標Xがその最低水準 Xminより小さい値をとる場合である。この二つのケースではK=0, つまり退出がおこると考えられる。式で表すと、次のようにまとめられる。

$$K_{i(t+1)}=0$$

$$\text{if}(K_{i(t+1)}<Kmin \text{ or } X_{it}<Xmin)$$

c シミュレーションの変更

①企業数の変更

基本モデルでは産業における企業数を4社としているが、Nelson-Winter(1982)では2, 4, 8, 16, 32社の場合について行われている。

②計算期間の変更

基本モデルでは50期としたが、Nelson-Winter (1982)では101期間行われている。

③シミュレーション・ランの変更

seedの値を変更することにより新しい乱数が発生され、異なるランが計算される。例えばランを5回行いたいとき、seed=1, 2, 3, 4, 5のように順に異なる値を与える。

産業レベルの分析

意思決定の結果得られた企業レベルにおける指標から、産業レベルに集計していくつかの指標を得る。産業集中度の指標としてハーフィンゲル指数Hがある。これは企業の各マーケットシェアの二乗和として求められる。

$$H = \sum s_i^2$$

ここではハーフィンゲル指数の逆数 (HHs) を用いる。これは産業において同じハーフィンゲル指数の企業数を表す指標である。同様に、資本ストックによるハーフィンゲル指数の逆数も求める (HHk)。

記号	指 標
HHk	ハーフィンダール指数の逆数（資本ストックで測定）
HHs	ハーフィンダール指数の逆数（マーケットシェアで測定）
AVpr	平均資本生産性
AVpi	平均資本利益率
AVkap	平均資本ストック
SSpr	生産性の標準偏差
SSkap	資本ストックの標準偏差
SSpi	利益率の標準偏差
TK	総資本ストック

2.シミュレーション分析

上で述べた基本モデルをもとに以下の点を修正、または拡張したモデルを用いて、A、B、C、D4社の50期間についてシミュレーション分析を行う。12) NWモデルのフローチャートは図4に示すとおりである。

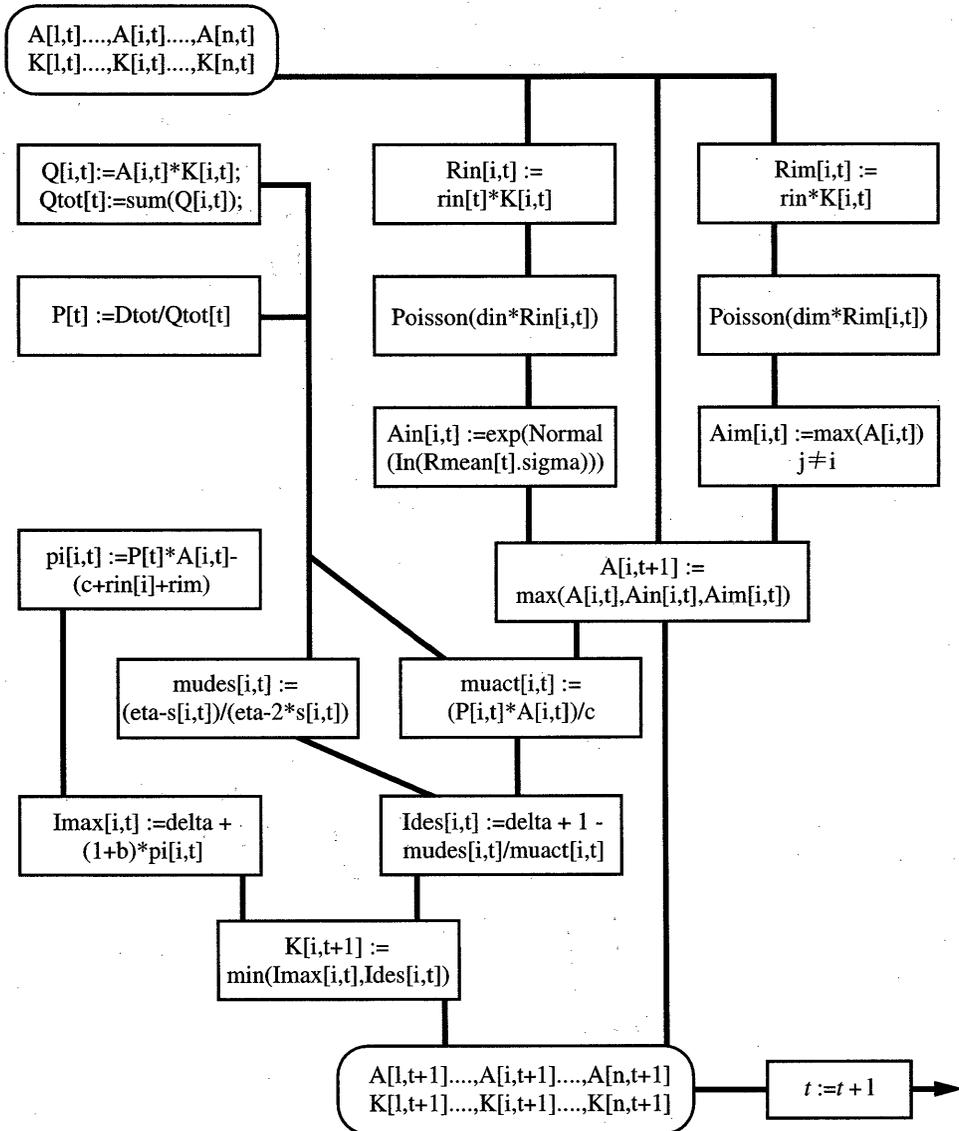


図4 ネルソン・ウインターモデルのフローチャート
出所：Andersen (1996b)

- ①総需要については成長（ロジスティック）曲線を仮定する。
- ②借入金限度額は純利益の2.5倍とする。
- ③4社のうち、革新企業はA、B社、模倣企業はC、D社と指定する。

<シミュレーション結果>

シミュレーションは数回ランを行ったが、ここではseed=5の結果についてのみ述べる。

(1) 企業レベルの分析

各企業の生産性、資本ストック、生産量、マーケット・シェア、資本純利益率の時間的推移(10期毎)は表1に、グラフはそれぞれ図5から図9までに示されている。

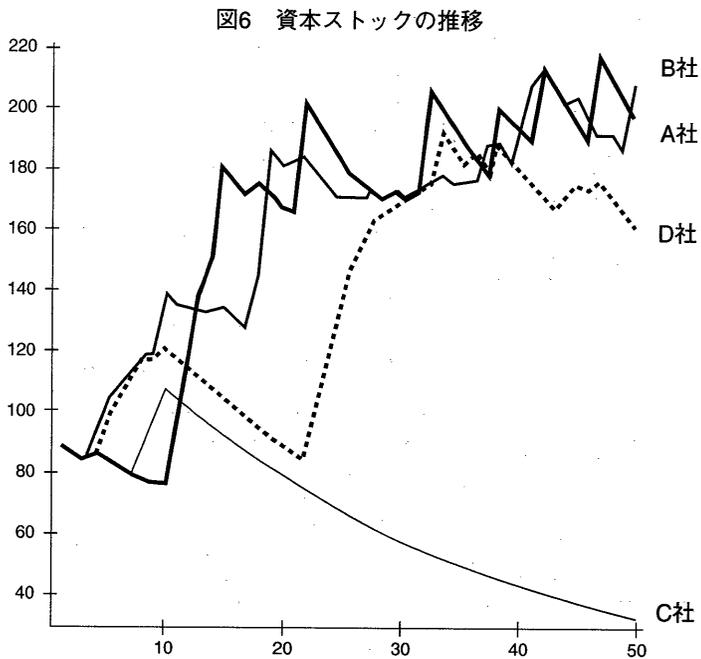
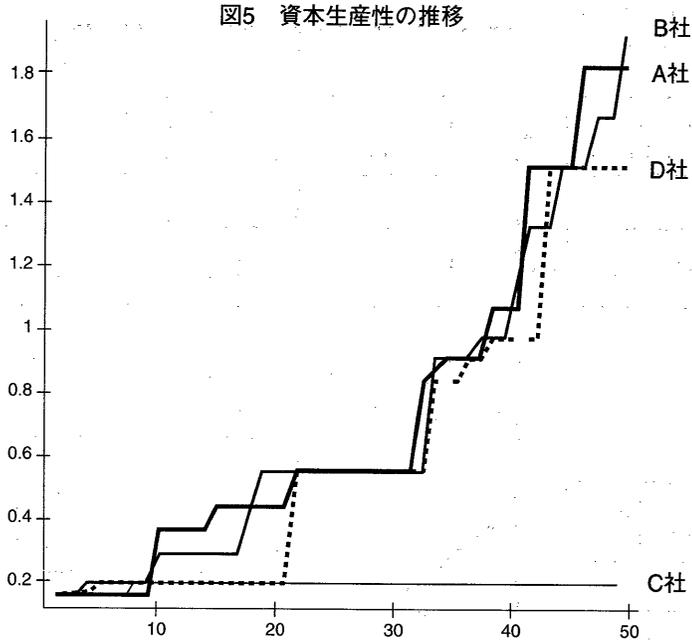


図7 生産量の推移

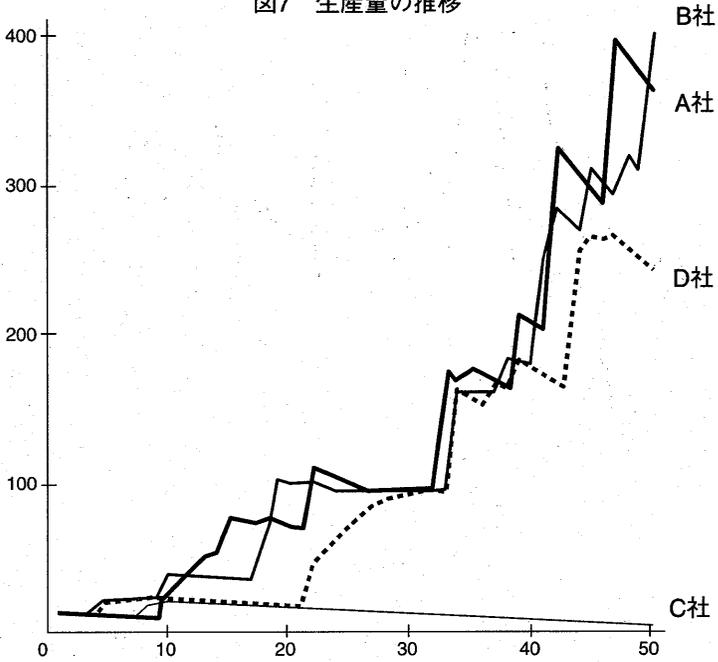


図8 資本利益率の推移

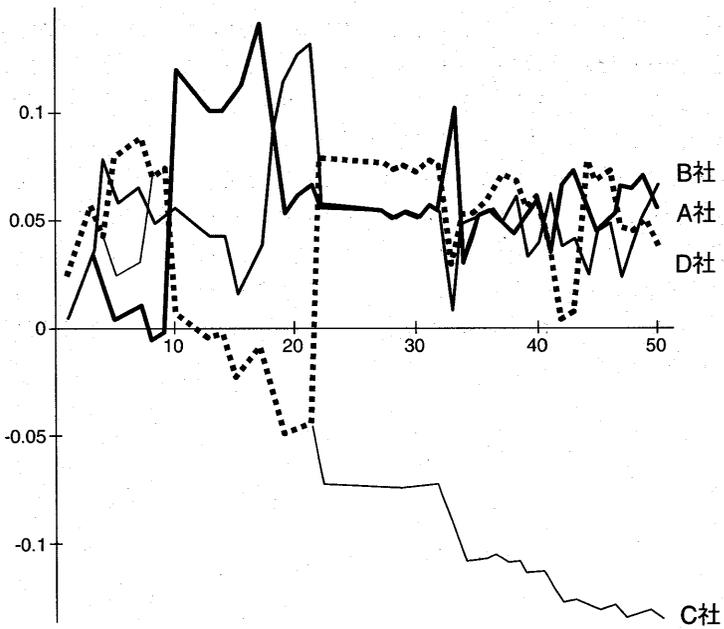
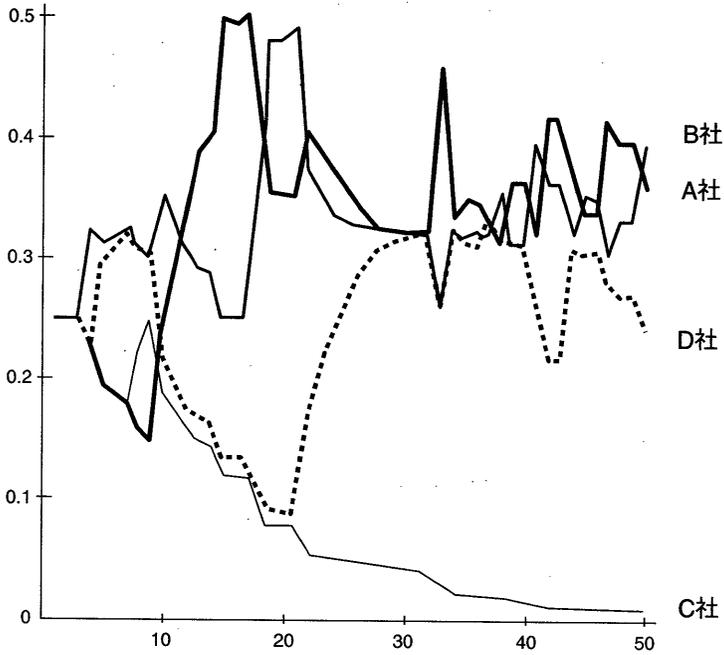


図9 マーケットシェアの推移



A、B社は革新企業、C、D社は模倣企業と指定したのでA、B社の生産性は0.16から順調に増加しており、特に、B社は50期で最高水準1.93に達している。これに対して模倣企業のC社はほとんど当初と同じ水準のままである。各社の資本ストック、生産量、マーケットシェアは生産性水準に比例して決定されるので、各水準を反映した結果となっている。マーケットシェアは20期においてB社が48%、A社が35%と2社併せて83%と高位集中寡占状態となっている。利益率もA社が17期に14.2%、B社が21期に13.2%と20期前後に全期を通じての最高水準に達している。これに反して、C社は12期以降利益率はすべてマイナスであり、D社も12期から21期まで赤字となっている。成果指標Xによる退出ルールを適用すると、C、D社は産業から退出という結果になると考えられる。この実験より革新企業と模倣企業の時系列的な変化のパターンの相違を明示的かつ定量的に分析することができたといえよう。

表1 企業分析における主要指標の推移

変数	会社名	1期	10期	20期	30期	40期	50期
生産性	A	0.16	0.375	0.441	0.558	1.07	1.83
	B	0.16	0.297	0.558	0.558	0.981	1.93
	C	0.16	0.206	0.206	0.206	0.206	0.206
	D	0.16	0.206	0.206	0.558	0.981	1.52
資本ストック	A	89.7	76.2	168	173	196	199
	B	89.7	140	181	173	183	209
	C	89.7	108	79.9	58.9	43.4	32
	D	89.7	122	90.2	169	184	162
生産量	A	14.4	28.6	74.1	96.5	210	364
	B	14.4	41.6	101	96.5	180	403
	C	14.4	22.2	16.5	12.1	8.94	6.59
	D	14.4	25.1	18.6	94.3	181	246
市場シェア	A	0.25	0.242	0.351	0.323	0.362	0.357
	B	0.25	0.353	0.479	0.323	0.31	0.395
	C	0.25	0.188	0.0782	0.0405	0.0154	0.0065
	D	0.25	0.213	0.0882	0.315	0.312	0.241
利益率	A	0.0026	0.119	0.0616	0.0516	0.0586	0.0546
	B	0.0026	0.0556	0.127	0.0516	0.0386	0.0676
	C	0.0249	0.0049	-0.0471	-0.0744	-0.114	-0.134
	D	0.0249	0.0049	-0.0471	0.0739	0.0609	0.0369

(2) 産業レベルの分析

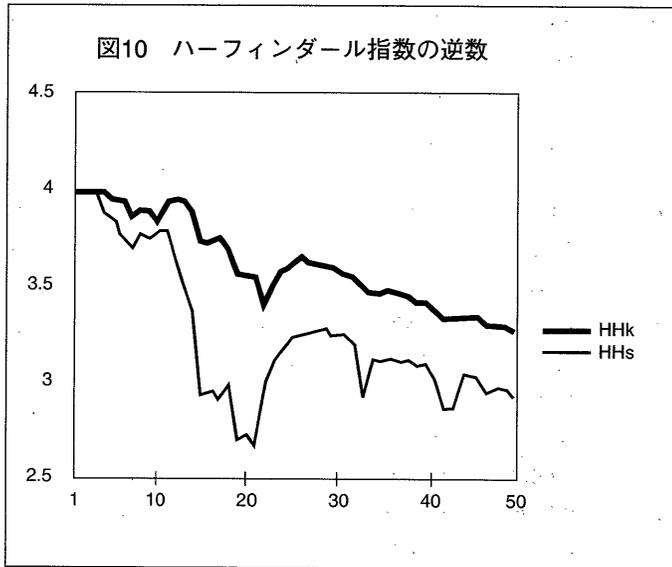
産業レベルでは総需要、総生産量、製品価格、総資本ストック、そして平均生産性、平均資本ストック、平均利益率とその標準偏差を表2にまとめておく。

表2 産業分析における主要指標の推移

指標	1期	10期	20期	30期	40期	50期
D	67	95	117	126	131	133
Q	57.6	118	211	299	580	1020
P	1.16	0.805	0.555	0.421	0.226	0.13
TK	359	446	519	574	606	602
AVpr	0.16	0.27	0.355	0.473	0.81	1.37
AVkap	89.8	112	130	144	152	151
AVpi	0.0138	0.0463	0.0237	0.0258	0.011	0.0062
SSpr	0	0.0814	0.176	0.176	0.405	0.796
SSkap	0.115	26.9	52.1	56.4	72.5	81.6
SSpi	0.0128	0.0541	0.0856	0.0673	0.0838	0.0941

産業レベルで見ると、生産量が18倍に増加しているのに対して、価格が9分の1になっている。産業売上高は2倍の増加となっているが、平均生産性が8.6倍となりコストが低下し、製品価格の低下をもたらしたためである。

次に、マーケットシェアおよび資本ストックではかったハーフィンダールの逆数の推移は図10のとおりである。HHk, HHsいずれの場合も長期的に低下傾向を示しているが、マーケットシェアではなかった場合、15期から22期に3を割り込む、すなわち高位集中寡占を顕著に示している。



むすび

進化経済学における理論的研究の進展とともに、最近、シミュレーションモデルによる進化プロセスの分析が増加している。80年代前半イェール大学を中心とするNelson-Winter(1982), Winter(1984)らの研究が発表されて以来ほとんど見られなかったが、90年代に入ってInternational Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)を中心にヨーロッパで盛んに研究されるようになってきている。13) シミュレーション分析のツール(言語)もIIASAで開発されたシミュレーション用言語LSDや、本モデルで用いたMapleVのほか、JAVAを用いたもの、システムダイナミックス(SD)やPASCALによるものなど様々である。最大化基準と静学的均衡条件では数理経済学的分析が有効であるが、満足基準による合理的適応や不均衡動学を問題とし、イノベーションや産業のプロセスを分析する場合、シミュレーションモデルが有用なツールとなるからである。14) この分野における今後の発展を期待するとともに注目していきたいと思う。

(注)

- 1) IBMはメインフレーム・コンピュータ市場で長らく圧倒的シェア(80%程度)を保ってきたが、1990年代に入って凋落し、特にパソコン市場では15%のシェアしかとれていない。この事実はコンピュータ市場におけるシュンペーター的競争を物語る一つの例である。ちなみに、シュンペーター学会が94年の「シュンペーター伝統賞」の受賞者として選んだ人は、CNNテレビ創設者のTed Turnerである。 Stiglitz[1997] pp.357-358, p420.

- 2) Schumpeter (1950) pp. 82-83.
- 3) Schumpeter (1950) p84.
- 4) 以下のモデルの記述はNelson-Winter (1982) chapter 12、Andersen (1996a) chapter 4 およびAndersen (1996b) に負っている。
- 5) イノベーションまたは模倣に成功するか否かの確率分布は本来、二項分布であるが、単位期間を短くとると、試行の回数が多くかつ成功の確率がきわめて小さいからポアソン分布で近似できる。
- 6) Nelson-Winter (1982) p303.
- 7) Kwasnicki (1996) pp.127-135.
- 8) Winter (1984) p300. Kwasnicki (1996) では資金調達の影響をモデルに取り込んでいる。なお、Schuette (1980) のドクター論文がこの問題を扱っているが、筆者は未見。
- 9) Winter (1984) p298, pp.301-302.
- 10) Winter (1984) pp.318-319.
- 11) Winter (1984) pp.300-301.
- 12) シミュレーション分析に際して MapleV 言語を用いたが、Andersen (1996b) に多くを負っている。
- 13) 例えばWinter-Kaniovski-Dosi (1997) 参照。
- 14) 最大化基準によるイノベーションの数理経済学的分析についてはScherer (1984) 参照。また Kwasnicki (1996) のシミュレーションモデルはTURBO PASCAL 5.5 でプログラムされている。

参考文献

- 1 Andersen, E. (1996a), *Evolutionary Economics: Post-Schumpeterian Contributions*, Pinter
- 2 Andersen, E. (1996b), "The Nelson and Winter Models Revisited: Prototypes for Computer-Based Reconstruction of Schumpeterian Competition", DRUID Working Paper No.96-2
- 3 Kwasnicki, W. (1996), *Knowledge, Innovation and Economy: An Evolutionary Exploration*, Edward Elgar
- 4 Nelson, R. and S. Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Belknap Press of Harvard University Press
- 5 Scherer, F.M. (1984), *Innovation and Growth: Schumpeterian Perspectives*, The MIT Press
- 6 Schumpeter, J.A. (1934), *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press
- 7 Schumpeter, J.A. (1950), *Capitalism, Socialism and Democracy*, 3rd ed., Harper
(中山伊知郎・東畑精一訳『資本主義・社会主義・民主主義』、東洋経済新報社、1952)
- 8 Schutte, H. (1980), "The Role of Firm Financial Rules and a Simple Capital Markets in an Evolutionary Model of Industry Growth", Doctoral Dissertation, University of Michigan
- 9 Stiglitz, J. (1997), *Economics*, 2nd ed., Norton
- 10 Winter, S. (1984), "Schumpeterian Competition in Alternative Technological Regimes", *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol.5, 287-320
- 11 Winter, S., Y. Kaniovski, and G. Dosi (1997), "A Baseline Model of Industry Evolution", IIASA Interim Report