

# ハイテク産業の二国間技術競争における政府政策の有効性

## -マルチエージェントシミュレーションによる分析-

李 皓 京都大学経済学研究科 [ibuki@eco.mbox.media.kyoto-u.ac.jp](mailto:ibuki@eco.mbox.media.kyoto-u.ac.jp)

Hao Lee, Graduate School of Economics, Kyoto University

出口 弘 東京工業大学総合理工学研究科 [deguchi@dis.titech.ac.jp](mailto:deguchi@dis.titech.ac.jp)

Hiroshi Deguchi, Graduate School of science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

**キーワード：**技術進化、ハイテク産業、R & D、多国間競争、政府の政策

**Keyword:** innovation, high-tech industry, R&D, Multinational Competition, Policy

**Abstract:** In this paper, we work on the competition of high-tech industrial innovation between countries. There are many countries in the real economy and firms not only compete with the firms in the same country but also compete with the foreign firms. Firms in each country are affected by policies of each government policies. Government policies are a very important for designing industrial structure. Foreign market is very important when the domestic demand is much smaller than foreign demand. We use computer simulation as the method to analyze the industries under different industrial structure and different policies.

## 1 はじめに

本研究では、複数の国が存在している環境を想定する。単一の産業だけではなく、複数の国々に国内産業が存在し、国内の市場や海内の市場に海外の企業を含めた競争相手と互いの商品を競争するハイテク産業を想定する。

我々は、ハイテク産業の技術進化やその関連の政策問題などを分析したい、ここで我々が仮定したハイテク産業とは、技術開発の余地が十分あり、産業に大きいな影響力を持つ技術革新を頻繁的に起こすような産業である。この研究の中で、我々はこのようなハイテク産業の幾つの特徴をシミュレーションモデルに通じて見つける事が出来た、[李、出口、2000、2001、2003]。

我々が想定するモデルは複数の国が存在していて、国の中のハイテク産業は国外の産業にも影響され、それぞれの政府は異なった政策を実行する。産業競争は国内市場だけではなく、国外市場とでも生じる。更に国外の需要が極めて強い場合には、国外の環境は大きく国内産業に影響し、国外環境の変化は国内の政府政策の有効性を大きく影響する。

例えば半導体産業では台湾と韓国のような内需が少なく、主要の需要はアメリカなどの外国が頼りに成る場合には、国外市場の開拓は極めて重要となる。この場合一般の産業政策だけではなく、国際貿易などのファクターも政府政策にとって重要になる。

産業政策に関して我々は税金補助金政策、特許制度などをシミュレーションを通じて研究してきた。産業の競争に置いて、これらの政策だけではなく、関税による国内産業の保護も重要な産業政策である。

国外の市場に参入するための技術競争力を得るためには、関税政策によって国内の企業を保護することが多い。それによって国内の企業に国内市場を独占させ、その利益を使って技術開発させることが目的である。現実経済の現象を検討し、よりリアリティのある産業競争モデルを構築するためには、複数の国が存在している産業モデルを構築する必要がある。

我々は進化経済学会2003年春の大会で二国モデルのシミュレーション研究を行った[李、出口、2003]。そのモデルでは、その二国以外のすべての海外市場を一つの市場と仮定した。各企業は自国の国内市場と海外市場の二つでの競争を行ったが、競争相手国の国内市場への進出は想定されなかった。そのモデルで複数国の間の相互競争を再現することができない。

本研究では各企業は自国の国内市場だけではなく、他国の国内市場への進出も可能になった。このようなモデルを設計したことで、二国間の相互関係はより強化される結果に成った。

本研究で扱うモデルには複数の国が存在し、各国の中に産業と市場が存在しているケースを扱う。各政府は国内の産業と市場に影響力を持つ。政府は国内に直接政策を行うだけではなく、輸出補助や輸入関税などの政策も実行することが出来る。本研究では一国内の産業主だけではなく、貿易政策もシミュレーションで分析する。ここでは各政策に対して10%刻みの調整が可能である。

我々の研究はエージェントベースシミュレーションを用いて行う。我々は異なった企業が産業の中での共存する経済環境を作り上げる。企業エージェントは大きく三つのタイプに分けられる、利益最大化を目指す企業、シェア最大化を目指す企業、そして技術レベル最大化をする企業である。各企業は決められた目標に従って行動する。

企業エージェントは学習プロセスによって、より合理的な行動を行うことが出来るようになる。企業は行動の学習以外に目標の学習も行う。上手く企業目標をスイッチする事で、企業の最終目的を効率的に達成出来る可能性がある。

本研究では、同じ産業構造の仮定の下で、いくつの政府政策の有効性などについて検証する。

## 2 シミュレーションモデル

本研究では複数の国が共存している状況を想定する。国々は同じ産業構造を持ち、それぞれの政府は異なった政策を実行する。産業競争は国内だけではなく、国外市場とも競争する。本研究のモデルでは二つの国が存在する。各国は同じ市場構造を持つ、各市場は同

じ需要関数で構成される。ここでは政策要因以外の要素をすべて同一化した。

## 2.1 市場構造の仮定

各市場において投入された商品の量と潜在的な消費者の数によって、各企業の商品価格が決められる。企業はプライステーカーである。市場の需要関数は右肩下がりであり、投入が増えれば価格が下がる。生産技術が高ければ、高品質の商品を生産できるようになり、比較的価格は上がる。輸出や輸入に関して、本研究で扱うモデルでは輸送費をゼロと設定した。

## 2.2 企業行動

我々のモデルでは、企業は研究開発活動によって製品の品質を高め、生産活動によって製品の量を増やす。企業が意思決定するのは R&D 活動と生産活動でどうやって資源配分するかである。

このモデルでは、生産のための工場は一定比率で減価償却される。R&D を実行するための研究施設はレンタルする形として、累積資本ストックは無いものとする。企業は累積した生産設備投資により商品の量を決め、今まで累積した技術と今期の研究開発により商品の質を決める。またここでは生産技術の革新（プロセス・イノベーション）による労働生産性の上昇は扱わない。我々は商品に関するイノベーション（プロダクト・イノベーション）を商品の効用の増大として扱う。

企業エージェントは同質ではなく、いくつかのタイプに分類される。企業エージェントは大きく三つのタイプに分けられる。利益最大化を目指す企業、シェア最大化を目指す企業、そして技術レベル最大化をする企業である。この産業の中の企業では商品の質に影響する R & D 研究と商品の量を影響する生産資源のバランスや配分法は極めて重要である。異なった企業が行う行動の違いは資源配分の仕方が違いとして表現される。利益最大化の企業は利益を最大にする資源配分を行い、技術レベル最大化の企業は資源を R & D に使う傾向が強く、シェア最大化の企業は資源を生産費用に使う傾向が強い。

## 2.3 二国モデル

本研究では複数国モデルの中では最も単純な二国モデルを扱う。各国の中には複数の企業が存在していて、国内には一つの市場が存在している。各企業は税金や技術開発補助金などの面でその国の政府政策に影響され、各市場への商品投入は関税や輸出補助金などに影響される。複数国産業のモデル像は図 1 のように成っている。

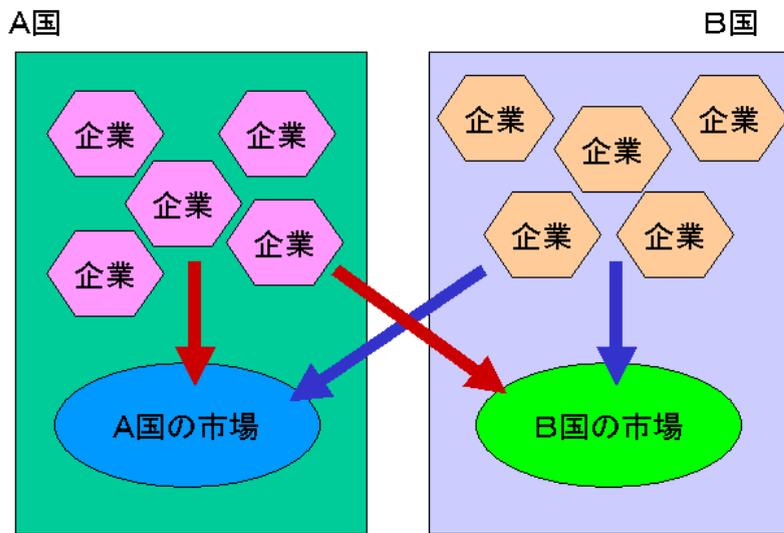


図 1 二国産業のモデル像。矢印は商品の投入を表す。

各企業は商品価格や税金補助金などを考慮し、最も自分が満足できる市場へ自社の商品を投入する。ここでは国外への輸出は輸送コストをゼロとする。貿易政策実行されなかった場合には他国企業が自国市場への参入について制限をしていない。各企業エージェントは自分の資金や生産技術、自国の平均技術レベルと他国の平均技術レベルなどを比較しながらどの市場にどれくらいの商品を投入することを決める。

### 3 人工知能エージェント

本研究では企業エージェントは学習する人工知能によって実装される。企業エージェントはクラシファイアシステム(Classifier System)を使って意思決定を行い、強化学習(Reinforcement Learning)を使って、より望ましい代替案を選択できるようになる。

本研究の企業エージェントは異なった目標に達成するために意思決定を行う。企業エージェントの目標は利益指向型、市場シェア指向型、技術レベル指向型の三種類に分類される。利益指向型の企業エージェントは利益のみを追求し、常に最大な利益を目指す。市場シェア指向型の企業エージェントは自社の市場シェア拡大を求む。技術レベル指向型の企業エージェントは自社の技術レベルを上げるよう行動する。

我々の今までの研究で使われたクラシファイアシステムと比べて、本研究のために開発したクラシファイアシステムはより多くの情報量を参照することに成った。

今までの人口知能エージェントは自社の持ち資金、自社の技術レベルと全体の技術レベ

ルの差を参考し、効率のいい研究開発投資と生産設備投資の比率について学習した。本研究のエージェントは上記の科目だけではなく、エージェントが持つ生産設備も参照するようになった。

他国市場の参入の意思決定について、新しい行動パラメータを追加する形で表現した。今までのエージェントの意思決定科目は研究開発投資と生産設備投資の比率だけでしたが、本研究のエージェントは上記の投資比率以外に、自国市場への商品投入と他国市場への商品投入の比率について意思決定することができるようになった。この意思決定を行うために、自国の技術レベルだけではなく、他国の技術レベルも参照する必要がある。従ってエージェントが参照する科目は自国の技術レベルだけではなく、他国の技術レベルも参照するようになった。

本研究で扱う人工知能エージェントのクラシファイアと以前のモデルとの違いは表1のようにまとめた。

表 1 クラシファイアシステムの概要

	条件部	行動部
現在のクラシファイアシステム	自社の持ち資金 自社の生産設備 自社技術レベルと国内の産業平均技術レベルの差 自社技術レベルと海外の産業平均技術レベルの差	研究開発投資と生産設備投資の比率 生産した商品の国内市場への投入と海外市場への投入の比率
従来のクラシファイアシステム	自社の持ち資金 自社技術レベルと国内の産業平均技術レベルの差 自社技術レベルと国内産業のトップ技術の差	研究開発投資と生産設備投資の比率

## 4 シミュレーションの環境設定

本研究では二国モデルを想定してシミュレーションを行った。各国は同じ産業構造と市場構造を持ち、政府は異なる政策を実行する。シミュレーションによりその影響を検証する。ここでのシミュレーションは1サイクル100期実行する。エージェントは正式に実験する前に200サイクルの学習を行う。正式にシミュレーションする時は10サイクル実行して、その平均を計算したデータに基づいて分析する。

### 4.1 産業構造

本研究では一種類の産業構造しか扱わない。この産業構造では各国には十二個の企業が存在している。企業のタイプは利益指向型の企業四つ、市場シェア指向型の企業四つ、そして技術レベル指向型の企業四つ存在している。

## 4.2 政策の設定

政策に関して、大きく産業政策と貿易政策に分類される。各政府は収入として税金を取り立て、そして色々な補助金制度を実行することが出来る。政府は関税や消費税などの税金で所持金を増やす事が出来る。しかし国債発行などの資金調達は考慮されない。

### 4.2.1 産業政策

政府はいくつかの産業政策を実行することが出来る。基本的に政府は収入のためにある形の税金をとり、そして選択された補助制度でそれらの資金を投入する。

産業政策における税金は政府が純益から取る所得税の税率を設定する。ある程度利益が発生しなければ税金も発生しない。設定された免税額と税率に関しては全ての企業に対し均一とする。ここでは税率は0%から100%の間に設定される。シミュレーションでは10%刻みの調整が出来る。徴収した税金は企業に対する技術開発の助成として企業に補助する。研究開発を多く行った企業は多くの補助金を受けることができる。

### 4.2.2 貿易政策

本研究では政府は輸入に関しては関税を徴収することが出来る。関税税率は0%から100%の間に設定される。本モデルの関税は直接国外企業の国内売り上げから徴収する。

例えばある国外企業AはB国内市場で5円の価格で10個の商品を売ったとする。B国の関税税率は50%だとしたら、B国の政府は企業Aから25円の関税を徴収することができる。この場合、企業AがB国で得られる収入は25円になる。

徴収した関税は技術開発助成金として企業にわたす。研究開発を多く行った企業は多くの補助金を受けることができる。

## 5 シミュレーション結果

ここでは産業政策の税金補助金制度と貿易政策の関税制度についてシミュレーション分析を行った。

税金補助金制度のシミュレーション結果は表2、図2と図3のようにまとめた。表1ではTax Rateは税率を表す。Top Cashは産業中でもっとも資金を持つ企業の持ち資金、Avg Cashは産業全体の持ち資金、Top Tecは産業中でもっとも技術レベルが高い企業の技術レベル、Avg Tecは産業全体の平均技術レベル。政策を実行した産業は産業1、図表の中ではTop Cash 1、Avg Cash 1などで表した。政策が実行されない産業は産業2、図表の中では

Top Cash 2、Avg Cash 2などで表す。

図2と図3を見ると分かるように、適切な税金補助金制度は産業全体にいい影響を及ぼす。しかし高すぎる税率は逆効果と呼ぶことがある。このモデルでは徴収した税金は技術補助金として産業内の企業に渡すため、税金補助金制度を実行した産業の中の企業は比較的技術開発するようになる。しかしその力が強すぎると、すべての企業は技術開発に集中し、生産設備に投資しなくなる。税金補助金制度により一時的に産業の技術レベルを高める効果があるが、長期的に見ると生産不足のため、企業の収益力が低下し、投資するための資金の確保が困難になる。それによって他国企業の競争力が高まることもある。

表 2 税金補助金のシミュレーション結果

Tax Rate	Top Cash 1	Top Cash 2	Avg Cash 1	Avg Cash 2	Top Tec 1	Top Tec 2	Avg Tec 1	Avg Cash 2
0	1135.5	1386	63.6	86.5	1112.1	1375	196.6	292.4
10	4744.19	1005.8	993	85	2365.6	1256.1	457.6	322.8
20	9706.8	1344.1	490.7	89.2	2699.4	1312.1	432.6	264.3
30	14842.4	1400.7	813.5	116.2	2128	1455.1	485.4	362.7
40	10940	1626	128.8	138.2	1659.1	1583.3	422.5	377.9
50	1490.1	1614	252.7	141.8	1611	1512.2	558.8	362.5
60	444	1729	80.5	126.2	1631.4	1603.5	422.9	361.6
70	737.5	1686.7	161	168.5	1415.5	1389.1	515.5	387.5
80	1171.5	1679.4	174.2	137.9	1547.4	1467.4	515.1	348.3
90	47.6	1670.8	11.8	164.4	1578.5	1578.5	327.3	404.4
100	94.6	1659.4	23.8	169.3	1473.5	1473.5	374.1	405.1

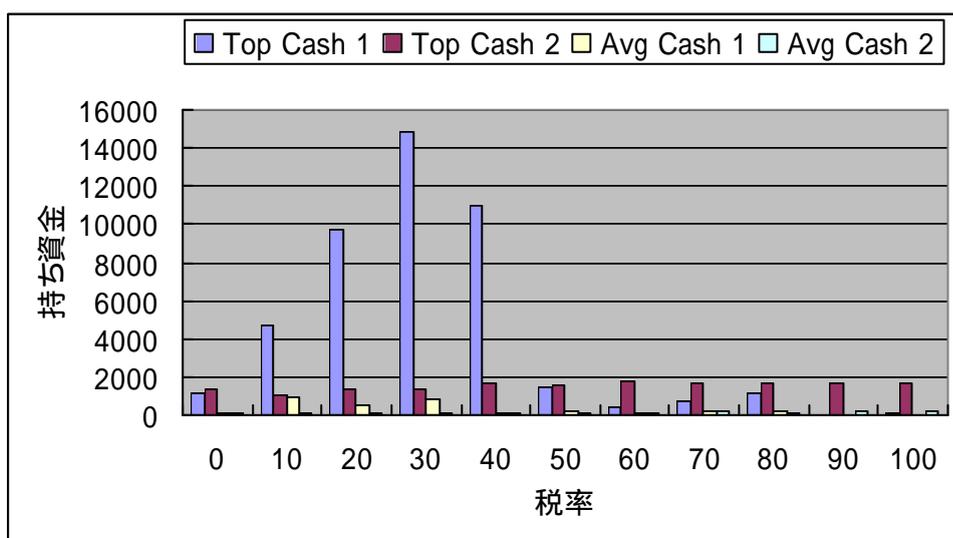


図 2 産業の資金と税率の関係図

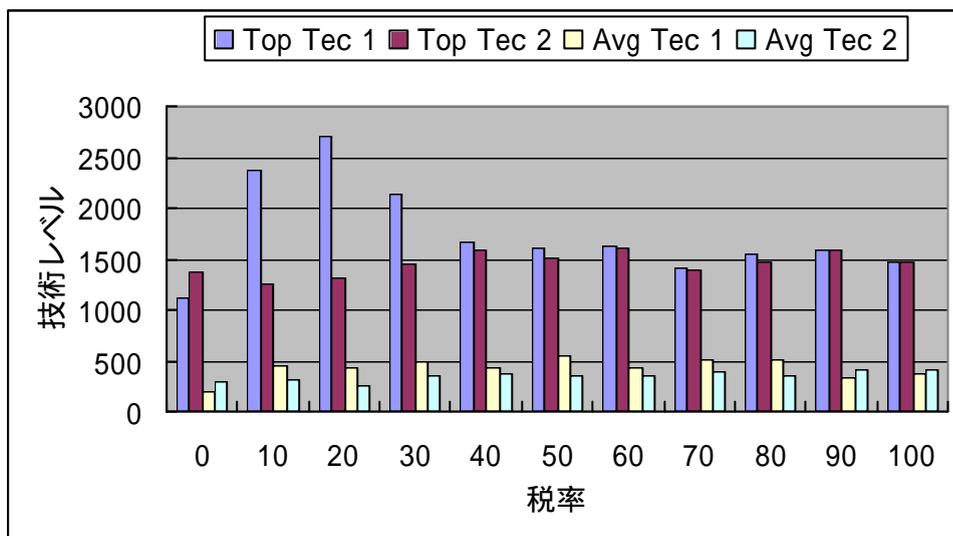


図 3 産業の技術レベルと税率の関係図

関税政策の結果は表 3、図 4 と図 5 にまとめた。図表の中では Tariff Rate で関税税率を表す。図 4 と図 5 を見ると分かるように、関税制度は全体的にいい影響を与えた。

このモデルでは他国への輸送費はゼロに設定したため、各企業は自由に市場に投資することができる。しかし関税制度を投入すると、制度実行されなかった国の企業は他の国への商品投入の利益は減らされる、市場は比較的になくなり、利益を得ることは困難になる。しかも自国の市場も他国企業に進出されるので、大量の他国製品が輸入される。そのため利益を得ることも、その利益を使って技術開発することも困難になる。

表 3 関税制度のシミュレーション結果

Tariff								
Rate	Top Cash1	Top Cash 2	Avg Cash 1	Avg Cash 2	Top Tec 1	Top Tec 2	Avg Tec 1	Avg Tec 2
0	1135.5	1386	63.6	86.5	1112.1	1375	196.6	292.4
10	8249.1	1135.5	426.2	63.6	2125.5	1112.1	336.6	196.6
20	18695.9	902.1	993.2	39.7	3903.4	1026.1	408.9	173.7
30	24574.4	903.4	954.5	38.4	5399.2	846.3	429.3	125.8
40	13192.2	865.7	635.4	36.7	3004.7	782.7	328.0	109.6
50	29034.0	830.9	1277.0	35.1	4587.8	699.3	365.5	89.9
60	29026.2	780.4	1267.1	32.5	5134.0	733.6	372.8	90.2
70	24736.4	972.0	1114.1	74.5	3961.5	939.3	372.9	154.0
80	32763.8	733.5	1403.9	30.8	5017	731.5	364	83.5
90	27379.2	736.3	1279.5	30.9	3310.5	711.5	317.1	85.6

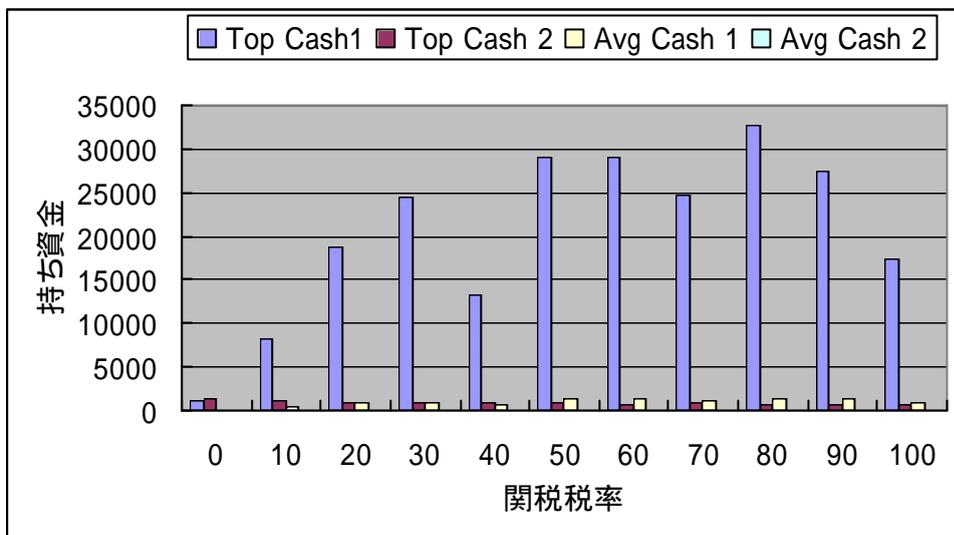


図 4 産業内の資金と関税税率の関係

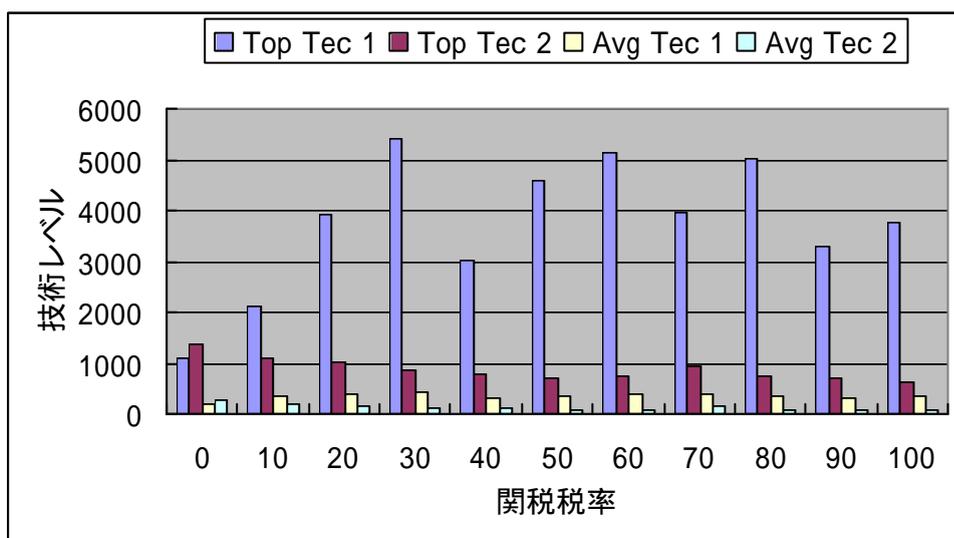


図 5 技術レベルと関税税率の関係

## 6 おわりに

本研究でのモデルでは、関税政策は税金補助金制度よりも産業内にいい影響を与えた。国内の資源を再配分する税金補助金と比べ、外国の資源を国内企業に配分するのは比較的有利である。しかし実際の経済では、自国の商品から多額の関税を取られると、報復的に相手国の商品にも高い関税を設定することがある。この場合では、関税の有効性は両国の市場や産業のスケールに影響されると思われる。これに関してはこれからの研究で検証

する必要がある。

本研究では、複数の国が存在している産業環境を想定し、色々な政策を設定してシミュレーション研究を行った。政府政策に関しては産業政策と貿易政策を検証した。

本論のモデルでは融資などのシステムが用意されていないため、技術優位の企業はうまく増資することができない。実際の経済では技術が優れている企業は銀行や株式市場の投資家から資金を集める事ができる。これからの研究に向けて融資システムの導入は一つの正しい方向だと思われる。

国の数を増やすことも重要だと思われる。国の間にインタラクションが起きている場合では二つの国だけでは1種類の交流しかなく、相互作用などを考慮すると、三つ以上の国が望ましい。貿易政策について二国間の同盟などの構造を想定する。つまりお互いに同じ関税率を設定するなどにより、よりリアルなモデルを構築することが出来る。

現在のモデルを強化するために商品の種類の増やすことも一つの方法だと思われる。今のモデルでは、各企業は同じ市場に対し、異なった技術レベルで異質の財を生産している、各企業の製品は代替財である。しかし実際の経済では同じハイテク産業でも、色々な補完財などが存在している。例えば部品を生産する企業を想定すると、複雑な経済を構築できるようになる。

口頭発表にではより詳細なシミュレーション結果を報告する。

## 謝辞

本研究は「21世紀COEプログラム」研究拠点形成費補助金による若手研究者研究活動経費の助成を受けた。ここに謝意を表す。

---

## 参考文献

1. 李皓、出口弘「ハイテク産業の技術進化」、『進化経済学論集第4集』、2000年。
2. 李皓、出口弘「ハイテク産業の技術進化、異なった目的をもったハイテク企業の技術進化と市場での共存」、『経営情報学会2000年春季全国研究発表大会、東京理科大学、2000年。
3. 李皓、出口弘「ハイテク産業の技術進化と特許制度」、『経営情報学会2000年秋季全国研究発表大会、岩手県立大学、2000年。
4. 李皓、出口弘「ハイテク産業の技術進化」、『進化経済学論集第5集』、2001年。
5. Hao Lee, Hiroshi Deguchi, Technological Innovation of High-tech Industry? Agent based Simulation with Double Loop Learning-, PRIMA2001, Taipei Taiwan
6. 李皓、出口弘「ハイテク産業の多国間技術競争 - 異なる政府間での政策の有効性 - 」、『進化経済学論集第7集』、2003年。
7. 李皓、出口弘「ハイテク産業の技術競争と産業政策 エージェントベースシミュレーションによる分析」、『経営情報学会誌 Vol.12 No.3 December 2003』、p.95 - p.108、2003年。