

マルチエージェントシミュレーションによる 企業の環境戦略モデルの構築

細井真人

1. はじめに

経済学においては、環境問題とは外部不経済による市場の失敗の代表的な例であり、ピグー税にみられる環境税を課したり、排出権取引市場にみられる権利の売買市場を創設することでの解決策が示されている。しかし環境問題は、関係者の利害関係が複雑であり、民主主義では議会等で解決に向けて合意形成を図るのが難しく、政府の失敗や、国民の失敗がしばしば起こる。一方、経営学における環境問題とは、経済学のものとは異なる。企業であれば、環境に良い商品を開発し売り上げを伸ばすことや、環境問題を名目としてコストを削減すること、環境問題に取り組むことで等で社会的評価を高めることである。経済学的な対策が実行されず不十分な場合であっても、環境問題を解決することは重要であろう。そこで、不十分な枠組みであっても、企業の環境戦略と競争の中で、環境問題の解決を図ることはできないであろうか。そのような問題意識から、本研究において、マルチエージェントシミュレーションによる企業の環境戦略モデルの構築を行った。構築したモデルの中では、企業は旧来品と環境志向品でより多く売れる方の生産、販売を行い、消費者は購買行動としては、希望する商品がなければ他の商品でも購入する購買行動、それなりに合理的な購買行動、前回買ったものが不満であれば他の商品を試す移り気のある購買行動、といったいくつかの行動をシミュレーションする中で、企業の環境戦略について考察を行い、市場における企業の環境戦略と消費者の環境志向が Win-Win の関係となる可能性を探る。

2. シミュレーションのデザイン

2.1 シミュレーションの概要

本研究では、マルチエージェントモデルを用いて企業の環境戦略のシミュレーションを行う。マルチエージェントモデルは、企業や消費者（あるいは家計）といった経済主体（エージェント）ごとにその行動をモデル化し、コンピュータ内で実行可能なように記述するボトムアップ方式のモデリング手法である。この手法の特徴としては、エージェントの均一性にこだわらず多様なエージェントの表現が可能であること、エージェント間の相互作用の記述が容易であることがあげられる。

今回構築したモデルでは、シミュレーション空間（市場）に、消費者エージェント（2000個体）、企業エージェント（100個体）、政府エージェント（1個体）を配置する。市場では、消費者が企業から財を購入することで、財（旧来品、環境志向品）の取引が行われる。旧来品は環境汚染といった外部不経済を発生させるので、環境志向品が普及することが望ましい。消費者には、環境志向品を好む環境志向型消費者と、旧来品を望む旧来型消費者が存在するが、環境志向型商品の普及が進むに従い、消費者は旧来型消費者から環境志向型消費者に転換する。環境志向品の普及過程は、Everett Rogersが文献[1]で提唱しているイノベーションの普及理論に準拠し、5カテゴリからなる消費者を想定している。消費者の購買行動としては、あまり気にしない購買行動、合理的な購買行動、移り気のある購買行動、の3つの行動パターンを想定している。企業には、旧来品のみを生産、販売する戦略（旧来型戦略）と、環境志向品のみを生産、販売する戦略（環境志向型戦略）をとる企業が存在するが、どちらの戦略をとるかは各企業が選択することができ、シミュレーションの期間の途中で戦略を転換することができる。政府は、外部不経済の発生を抑えるために、環境税などの政策をとることができる。このような状況で、価格が上がるが環境志向品を販売するという企業の市場における環境戦略の有効性を、シミュレーション結果から考察する。

2.2 空間

シミュレーション空間の空間種別は格子モデルとし、空間の大きさは、 50×50 の2次元トーラス空間とし、この空間を市場とみなす。シミュレーション空間に配置するエージェントは、企業エージェント、消費者エージェント、政府エージェントとし、財（旧来品、環境志向品）の取引が行われる。

財には旧来品（財 X）と環境志向品（財 G）がある。旧来品は、従来から生産、販売されていた環境に配慮していない商品であり、旧来品の1単位の生産、販売に対して価格1の外部限界費用が発生する。環境志向品は、環境に配慮した新しい商品であり、旧来品と比較すると価格は高いが、外部費用は発生しない。政府の介入がない場合には、旧来品は1単位あたり価格1で、環境志向品は1単位あたり価格2で市場において取引されているものとする。

2.3 企業エージェント

企業エージェントは、財を生産し、消費者に販売する。シミュレーション開始時、100個体の企業エージェントがシミュレーション空間内にランダムに配置され、1回のシミュレーションが終了するまで配置された位置は固定とする。各企業は、企業ごとにシミュレーション開始時に一様乱数 $Un[0, 1)$ で定める環境積極度と呼ばれる変数に値を持つ。この値が大きいほど、その企業は環境に対して積極的な行動をとる。

【企業戦略の選択】

企業には、旧来品のみを生産、販売する旧来型戦略をとる旧来型企业と、環境志向品のみを生産、販売する環境志向型戦略をとる環境志向型企业があるが、どちらの戦略をとるかは各企業が每期（毎 step）判断し、現在の戦略を変更するかどうか決定する。各企業は、前期までの旧来型企业の店舗あたり平均売上（移動平均）と環境志向型企业の店舗あたり平均売上（移動平均）を知覚することができるので、確率的な判断により、平均売上が大きい戦略に転換する。確率的な判断にはその企業の環境積極度が関係する。環境積極度が高い企業は旧来型戦略から環境志向型戦略に転換しやすく、その逆は転換しにくい。環境積極度が低い企業は環境志向型戦略から旧来型戦略に転換しやすく、その逆は転換しにくい。

【宣伝】

環境志向型企业は、環境志向品を普及させるために、宣伝を行うことができる。イノベーションの普及理論に準拠し、每期、広告視野（半径5）内に存在する、特定のカテゴリの消費者（early adopters）に宣伝を行うことで、広告視野内の旧来型消費者の early adopters をある確率（0.01）で環境志向型消費者に転換させる。

【費用】

費用関数は各企業とも共通とする。旧来品の1単位の生産、販売には、固定費用は存在せず、限界費用を1とする。環境志向品についても、固定費用は存在せず、限界費用を2とする。

2.4 消費者エージェント

消費者エージェントは、財（旧来品、環境志向品）を購入する。シミュレーション開始時、2000個体の消費者エージェントがシミュレーション空間内にランダムに配置され、各消費者は每期、少しずつ空間内を移動し、購買視野内に存在する企業の中から、消費者の型（旧来型消費者、環境志向型消費者）、消費者カテゴリ、購買行動のルールに従い、ある確率で財を購入する。

【消費者の型】

シミュレーションの開始時は旧来品を望む旧来型消費者であるが、環境志向品の普及が進むに従い、環境志向型消費者に転換する。転換の基準は、各消費者の属する消費者カテゴリに依存する。消費者の型は購買行動に影響する。

【消費者カテゴリ】

環境志向品の普及過程は、イノベーションの普及理論に準拠し、表1にある5カテゴリからなる消費者を想定している。各消費者はシミュレーション開始時に、5つのカテゴリ

表1 イノベーションの普及理論に準拠した消費者のカテゴリ

Category	割合	説明
1 Innovators	2.5%	冒険的であり、本モデルではある確率で自ら環境志向型消費者に転換する。
2 Early Adopters	13.5%	本モデルでは企業からの宣伝を受け、ある確率で環境志向型消費者に転換する。オピニオン・リーダーであり、自らが環境志向型消費者であれば、口コミ視野内にいる他の Early Adopters に対して、環境志向型消費者への転換を促すことがある。
3 Early Majority	34.0%	本モデルでは口コミ視野内にいる、環境志向品を購入済みの Early Adopters からの影響を受けて、環境志向型消費者に転換することがある。
4 Late Majority	34.0%	本モデルでは自らの近隣で半数以上の消費者が環境志向品を購入済みであったり、市場全体で半数近く（45%）以上の消費者が環境志向型消費者に転換していれば、自らも環境志向型消費者に転換することがある。
5 Laggards	16.0%	社会の中でイノベーションを最後に採用する人たちのことであり、転換に懐疑的である。本モデルでは政府からの教育、啓発以外では環境志向型消費者には転換しない。
合計		2000個体

※本表は文献 [1] を参考に作成した

のいずれかに分類される。旧来型消費者から環境志向型消費者への転換の基準は表1に示す。

【財の効用】

各消費者は旧来品、環境志向品に共通する満足度を持つ。満足度は消費者ごとにシミュレーション開始時に一様乱数 $Un [0, 1)$ で与える。旧来型消費者は、その満足度の大きさが各品の効用の大きさとなる。環境志向型消費者は、旧来品についてはその満足度の大きさが効用の大きさとなるが、環境志向品についてはその満足度に利他的な満足度1を加えたものが効用の大きさとする。

【購買行動のルール】

消費者エージェントは移動を重ねながら、每期、各自が持つ購買視野の範囲にある企業を探し、それらの企業の中から、ある確率に従い、財を購入する。購買視野の範囲に複数の企業がある場合もあるが、旧来型消費者は、旧来型企業から旧来品を購入することを優先し、環境志向型消費者は、環境志向型企業から環境志向品を購入することを優先する。本研究では、購買行動のルールとして、以下の3つのパターンを扱う。

・あまり気にしない購買行動 (C 01)

旧来品、環境志向品の購入を、比較的、代替している購買行動である。

- 消費者が環境志向型消費者の場合、購買視野の範囲に環境志向型企業があればそれらの企業の中から環境志向品を1単位購入する。購買視野の範囲に環境志向型企業がなく旧来型企業があれば、それらの企業の中から旧来品を1単位購入する。

購買視野の範囲に企業が無ければ、何も購入しない。

- 消費者が旧来型消費者の場合、購買視野の範囲に旧来型企业があればそれらの企業の中から旧来品を1単位購入する。購買視野の範囲に旧来型企业がなく環境志向型企业があれば、それらの企業の中から環境志向品を1単位購入する。購買視野の範囲に企業が無ければ、何も購入しない。

・合理的な購買行動 (C 02)

財の効用と価格を評価して購買を決定する、それなりに合理的な購買行動である。

- 消費者が環境志向型消費者の場合、購買視野の範囲で環境志向型企业があり、その消費者の環境志向品の効用が環境志向品の市場価格を上回っていれば、それらの企業の中から環境志向品を1単位購入する。そうでなければ、購買視野の範囲で旧来型企业あり、その消費者の旧来品の効用が旧来品の市場価格を上回っていれば、それらの企業の中から旧来品を1単位購入する。購買視野の範囲に企業が無ければ、何も購入しない。
- 消費者が旧来型消費者の場合、購買視野の範囲で旧来型企业があり、その消費者の旧来品の効用が旧来品の市場価格を上回っていれば、それらの企業の中から旧来品を1単位購入する。そうでなければ、購買視野の範囲で環境志向型企业があり、その消費者の環境志向品の効用が環境志向品の市場価格を上回っていれば、それらの企業の中から環境志向品を1単位購入する。購買視野の範囲に企業が無ければ、何も購入しない。

移り気のある行動 (C 03)

購入した財に不満があれば次は他の商品を試してみる、という、やや人間的な行動をとり入れた購買行動である。

- 消費者が直近に環境志向品を購入しその効用が市場価格を上回り満足している場合、または、消費者が直近に旧来品を購入しその効用が市場価格を下回り不満である場合は、購買視野の範囲で環境志向型企业を探す。環境志向型企业があればそれらの企業の中から環境志向品を1単位購入する。環境志向型企业がなければ、購買視野の範囲で旧来型企业を探し、旧来型企业があればそれらの企業の中から旧来品を1単位購入する。購買視野の範囲に企業が無ければ、何も購入しない。
- 消費者が直近に旧来品を購入しその効用が市場価格を上回り満足している場合、または、消費者が直近に環境志向品を購入しその効用が市場価格を下回り不満である場合は、購買視野の範囲で旧来型企业を探す。旧来型企业があればそれらの企業の中から旧来品を1単位購入する。旧来型企业がなければ、購買視野の範囲で環境志向型企业を探し、環境志向型企业があればそれらの企業の中から環境志向品を1単位購入する。購買視野の範囲に企業が無ければ、何も購入しない。

2.5 政府エージェント

シミュレーション開始時に、政府エージェントを1個体発生させる。政府エージェントは、必要があれば、以下の政策を実行することができる。

【環境税】

旧来品は環境汚染といった外部不経済を発生させるので、その生産、販売を抑制するために、政府は従量税を課すことができ、これを環境税とする。環境税が課された場合には、旧来品の限界費用が上昇する。

【環境教育】

政府は教育により、消費者を旧来型消費者から環境志向型消費者に、一定の確率で、転換することができる。

2.6 1種類財モデル

ベンチマークとして、旧来品のみが購入される市場のシミュレーションを行う。シミュレーション空間（市場）に、消費者エージェント（2000個体）、企業エージェント（100個体）、政府エージェント（1個体）を配置する。消費者は、旧来品を望む旧来型消費者のみとし、環境志向型消費者には転換しないものとする。消費者の購買行動は、合理的な購買行動（C02）とする。企業は、旧来品のみを生産、販売する旧来型戦略と、環境志向品のみを生産、販売する環境志向型戦略をとることができる。政府は環境税を課す。この条件であれば消費者は旧来型消費者のみであり、消費者が合理的な購買行動をとる場合には消費者が環境志向型品を購入することはないので、企業が環境志向型戦略をとることは無く1種類財モデルとなる。

2.7 2種類財モデル

シミュレーション空間（市場）に、消費者エージェント（2000個体）、企業エージェント（100個体）、政府エージェント（1個体）を配置する。市場では2種類の財（旧来品、環境志向品）の取引が行われる。消費者はシミュレーションの開始時は全個体、旧来型消費者とする。イノベーションの普及理論に基づき、環境志向品の普及に従い、旧来型消費者から環境志向型消費者に転換する。消費者の購買行動としては、あまり気にしない購買行動、合理的な購買行動、移り気のある購買行動、の3つの行動パターンを扱う。各企業は環境積極度の属性を持つが、シミュレーションの開始時には、旧来型戦略を採用し、開始後に各企業の判断で戦略を転換することができる。ただし、企業の環境戦略の分析を行うため、環境積極度の値が1で、シミュレーション開始時から環境志向戦略を採用する企業を100個体中2個体配置した。環境問題は、関係者の利害関係が複雑である。そのため、国で解決に向けて合意形成を図るのが難しいので、環境税が必要十分な水準で実施されることはあまり無い。そこで、政府は、環境税を課さないか、あるいは不十分な水準の環境

税を課す場合のシミュレーションを行うこととする。

3. 実験結果

シミュレータには、構造計画研究所の artisoc 3.0 を用いた。シミュレーションの結果は確率的であり、1回のシミュレーションごとに結果が異なる。1回のシミュレーションを200期(200 steps)とし、シミュレーションを20回繰り返した平均結果を用いて考察を行う。

3.1 1種類財モデル

政府が、旧来品1単位当たり $\{0.0, 0.3, 0.7, 1.0\}$ の環境税を課した場合の1種類財モデルのシミュレーションを行った。図1は環境税を課すことで環境汚染を抑制され経済理論と整合的である。しかし、環境問題は、関係者の利害関係が複雑である。そのため、解決に向けて国で合意形成を図るのが難しい。環境税が必要十分な水準で実施されることはあまり無いので、次節の2種類財モデルでは旧来品1単位あたり $\{0.0, 0.3\}$ の環境税を課す場合のシミュレーションを行う。

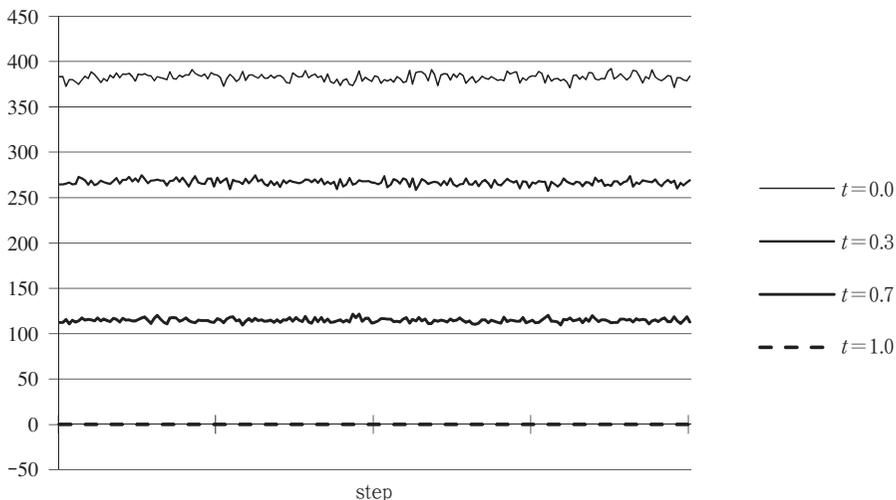


図1 1種類財モデルにおける環境税の効果（縦軸は各stepにおける環境汚染の大きさ）

3.2 2種類財（環境税無し）モデル

政府が環境税を実施しない場合のシミュレーションを行う。図2は、消費者の各購買行動（C01：あまり気にしない購買行動，C02：合理的な購買行動，C03：移り気のある行動）に応じた各stepにおける環境汚染（新規）の大きさである。図3は、各stepにおける環境志向型消費者の割合である。図4は、各stepにおける環境志向品の市場シェアである。消費者の購買行動がいずれであっても、市場における企業の最適化行動の中で、環

環境志向品の普及が進み、新規の環境汚染が抑制されていることが分る。また、消費者の3つの購買行動のパターンの中では、合理的な購買行動(C02)よりは、あまり気にしない購買行動(C01)や移り気のある行動(C03)の方が、環境志向品の普及が進み環境汚染が抑制されていることも分かる。

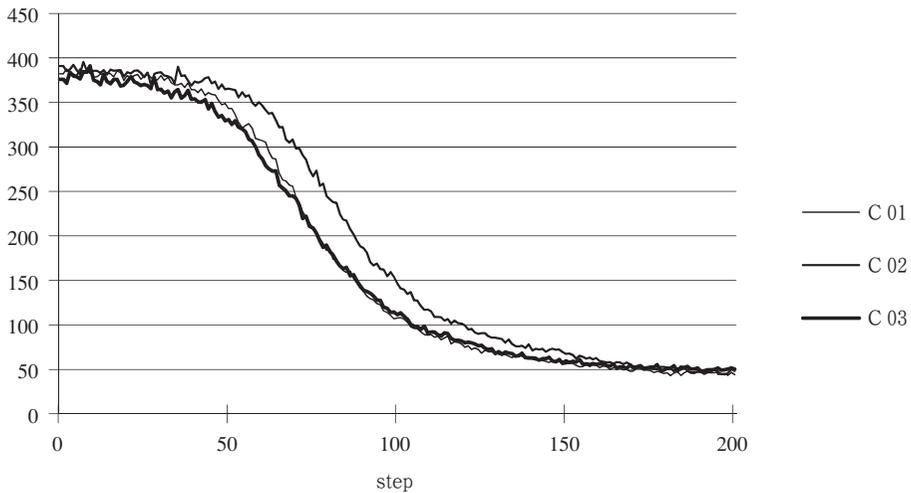


図2 2種類財（環境税無し）モデルにおける環境汚染（新規）の大きさ（縦軸は各stepにおける環境汚染の大きさ）

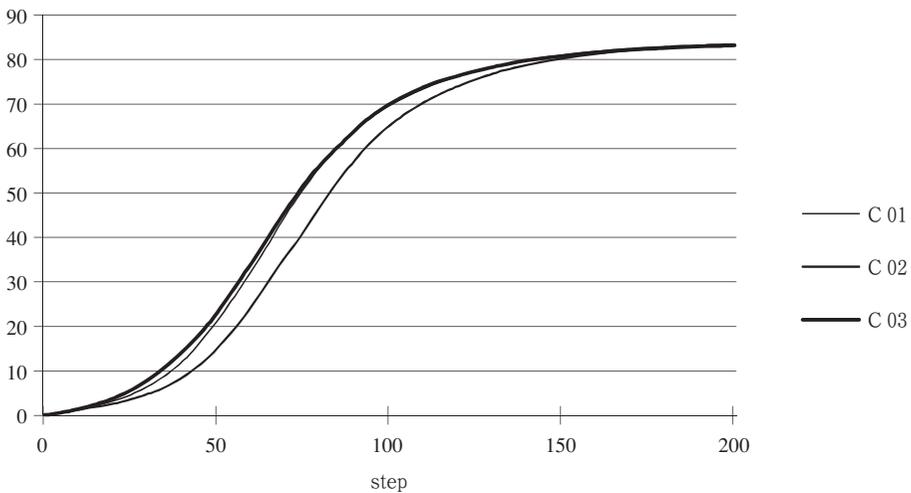


図3 2種類財（環境税無し）モデルにおける環境志向型消費者（type=G）の割合（%）

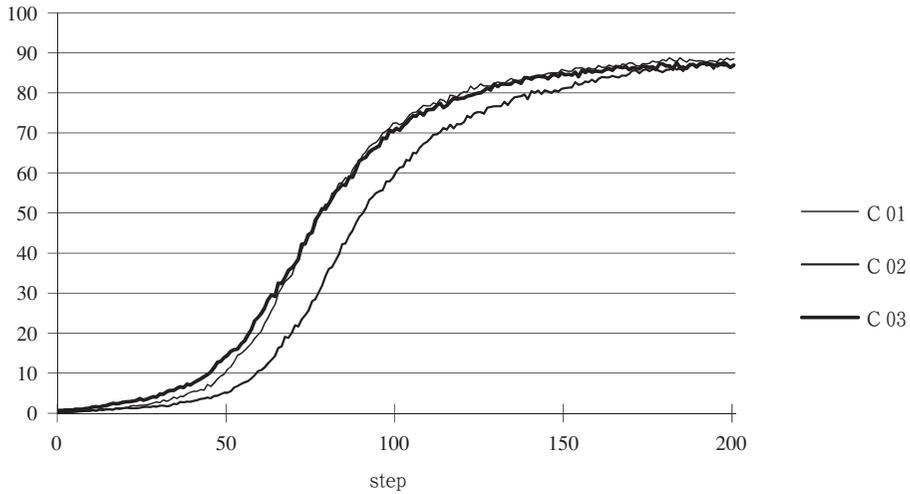


図4 2種類財（環境税無し）モデルにおける環境志向品（type=G）の市場シェア（%）

3.3 2種類財（不十分な環境税あり）モデル

政府が不十分な水準ではあるが環境税を課した場合のシミュレーションを行う。現実の社会では、このケースが多いと考えられる。図5は、消費者の各購買行動（C 01：あまり気にしない購買行動，C 02：合理的な購買行動，C 03：移り気のある行動）に応じた各stepにおける環境汚染（新規）の大きさである。図6は、各stepにおける環境志向型消費者の割合である。図7は、各stepにおける環境志向品の市場シェアである。不十分なながらも環境税が課されたことで、環境税が課されなかった前節の場合と比較し、消費者が

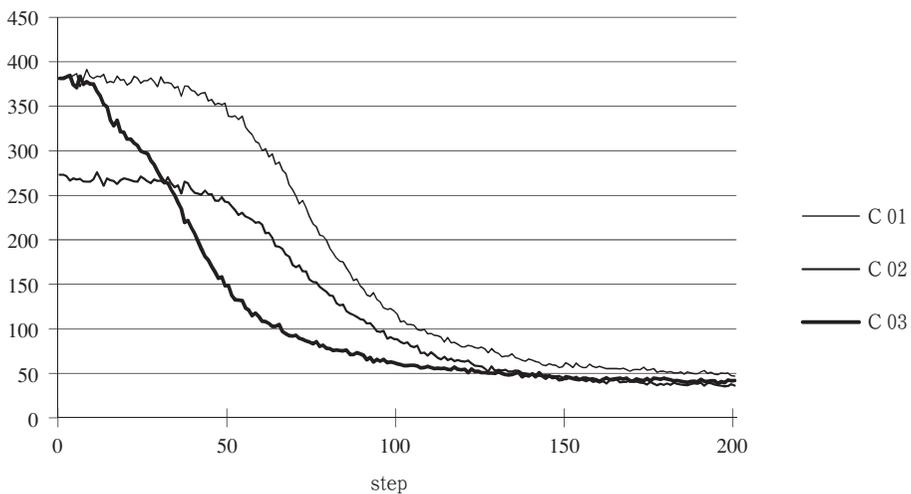


図5 2種類財（不十分な環境税あり）モデルにおける環境汚染（新規）の大きさ（縦軸は各stepにおける環境汚染の大きさ）

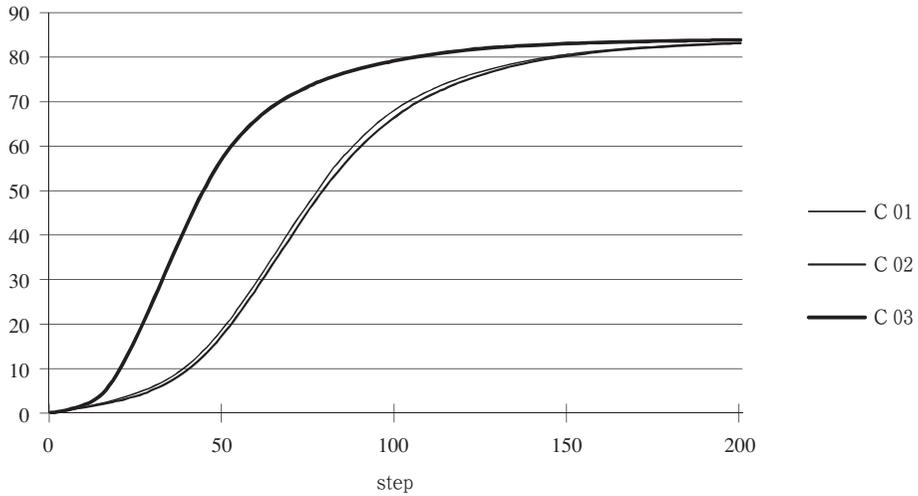


図6 2種類財（不十分な環境税あり）モデルにおける環境志向型消費者（type=G）の割合（%）

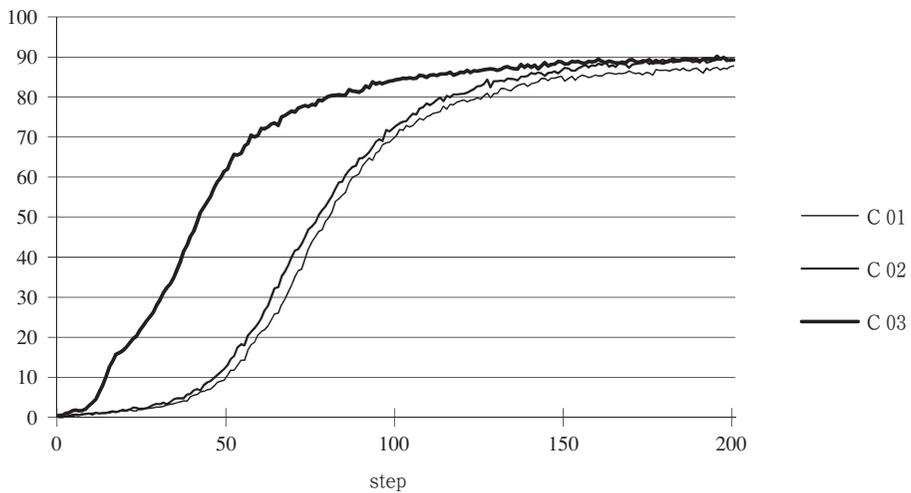


図7 2種類財（不十分な環境税あり）モデルにおける環境志向品（type=G）の市場シェア（%）

合理的な購買行動（C 02）をとる場合に環境汚染が大きく抑制されていることが分る。また、消費者の3つの購買行動のパターンの中では、移り気のある行動（C 03）をとる場合に、環境志向品の普及が一気に進んでいることが分る。不十分なながらも税金が課されたことで旧来品を不満に思い、環境志向品の購入を試みる旧来型消費者が増えたことが要因と考えられる。市場における企業の環境戦略と消費者の環境志向型消費者への転換が Win-Win の循環となっている。

3.4 2種類財（不十分な環境税あり）モデルにおける企業の環境積極度

政府が不十分な水準ではあるが環境税を課した場合の2種類財モデルを用いて、企業の環境積極度がどのような影響を及ぼしているかの検討を行う。

各企業は、環境積極度と呼ばれる属性を持つ。環境積極度が高い企業は旧来型戦略から環境志向型戦略に転換しやすく、その逆は転換しにくい。環境積極度が低い企業は環境志向型戦略から旧来型戦略に転換しやすく、その逆は転換しにくい。シミュレーション空間に配置される企業100個体のうち、98個体については一様乱数 $Un [0, 1)$ で環境積極度を定め、2個体については1に指定する。環境積極度が1である企業群を group 5 に、環境積極度が0.5以上1未満の企業群を group 4 に、環境積極度が0.5未満の企業群を group 3 に属するとした。group 5 に属する企業は、不採算であっても環境に固執する企業であり、group 4 に属する企業は平均的な企業よりは環境に熱心な企業であり、group 3 に属する企業は平均的な企業より環境に不熱心な企業であるといえる。

図8から図10は、消費者の各購買行動（C01：あまり気にしない購買行動、C02：合理的な購買行動、C03：移り気のある行動）に応じて、グループ別に一店舗あたりの平均売上を示したものである。消費者の購買行動がいずれであっても、group 5 の環境固執企業群は環境志向品が普及プロセスに入るまで売上げが低迷して苦戦していること、group 3 の環境に不熱心な企業群は環境志向品が普及するにつれて売上げが伸び悩む、あるいは逡減していることが分かる。図10からは、消費者が移り気のある行動（C03）をとるような市場であれば、苦戦する期間が短期間で済む可能性も示されている。

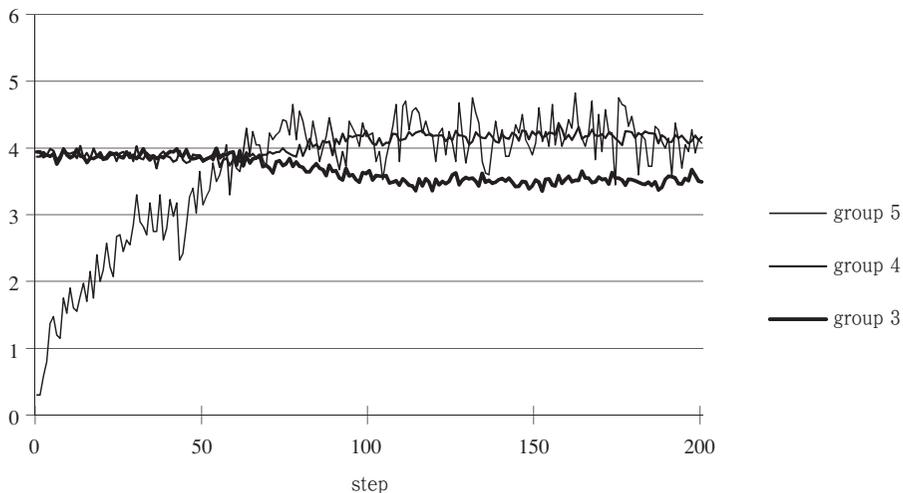


図8 2種類財（不十分な環境税あり）モデルにおいて消費者が消費者C01（あまり気にしない）タイプの場合の企業の環境積極度による店舗あたり平均売上

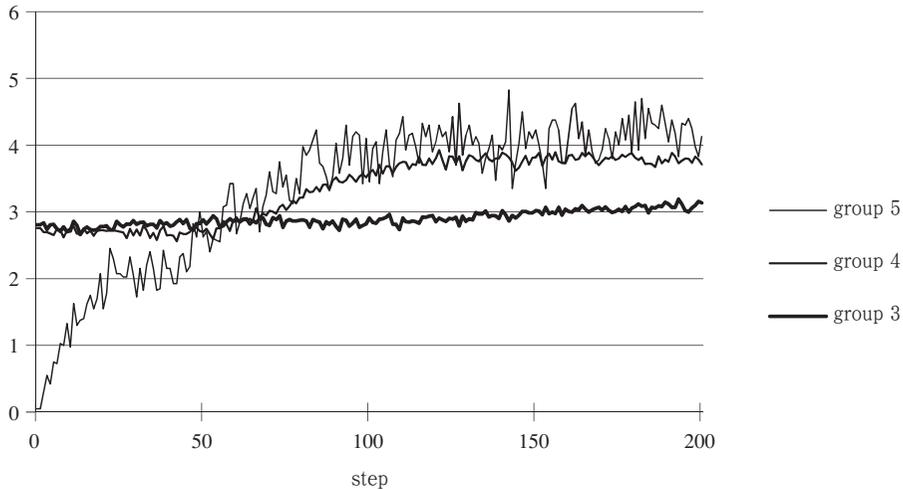


図9 2種類財（不十分な環境税あり）モデルにおいて消費者が消費者C02（合理的）タイプの場合の企業の環境積極度による店舗あたり平均売上

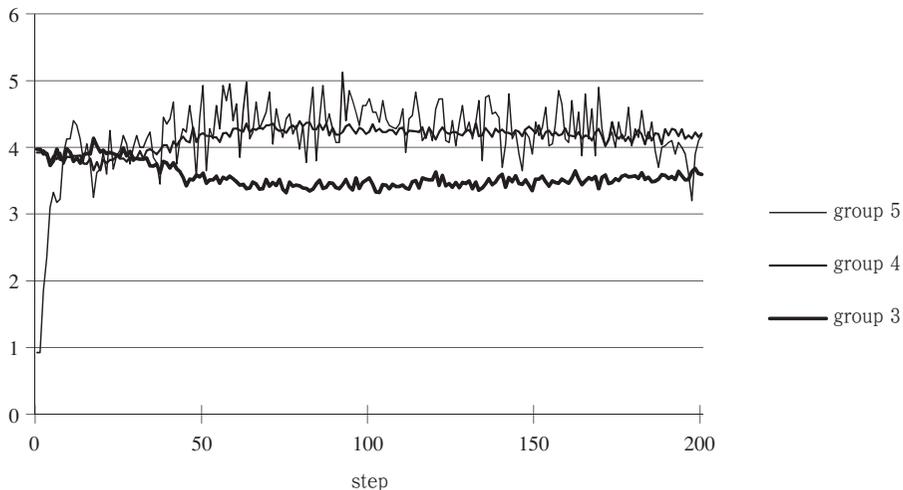


図10 2種類財（不十分な環境税あり）モデルにおいて消費者が消費者C03（移り気あり）タイプの場合の企業の環境積極度による店舗あたり平均売上

3.5 2種類財（不十分な環境税あり）モデルにおける環境教育

政府が不十分な水準ではあるが環境税を課した場合の2種類財モデルを用いて、政府が環境教育を実施した場合のシミュレーション結果を図11から図13に示す。消費者の購買行動（C01：あまり気にしない購買行動，C02：合理的な購買行動，C03：移り気のある行動）がいずれであっても、環境教育は環境汚染を抑制していることが分る。環境問題は、関係者の利害関係が複雑であり、解決に向けての合意形成を図るのが難しい場合も多いの

で、教育、啓発行動も、不十分な環境税と合わせて実施することも必要であろう。

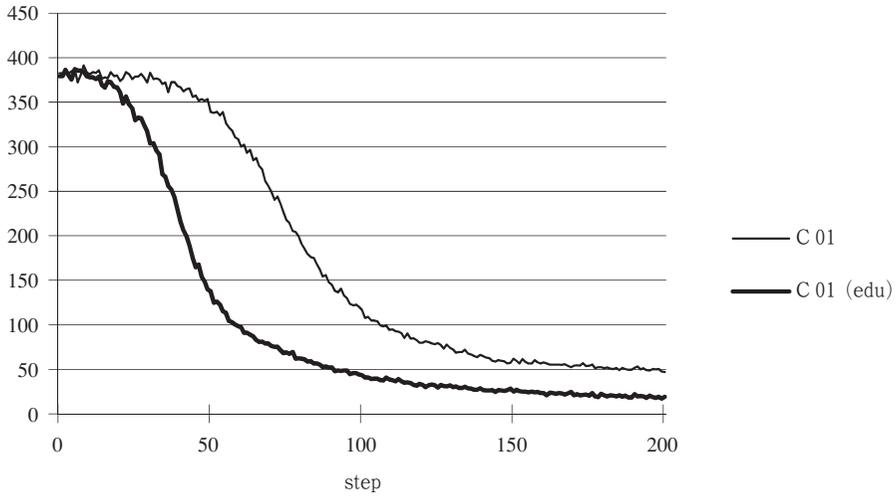


図11 2種類財（不十分な環境税あり）モデルにおいて消費者が消費者C 01（あまり気にしない）タイプの場合の環境教育の効果（縦軸は各stepにおける環境汚染の大きさ）

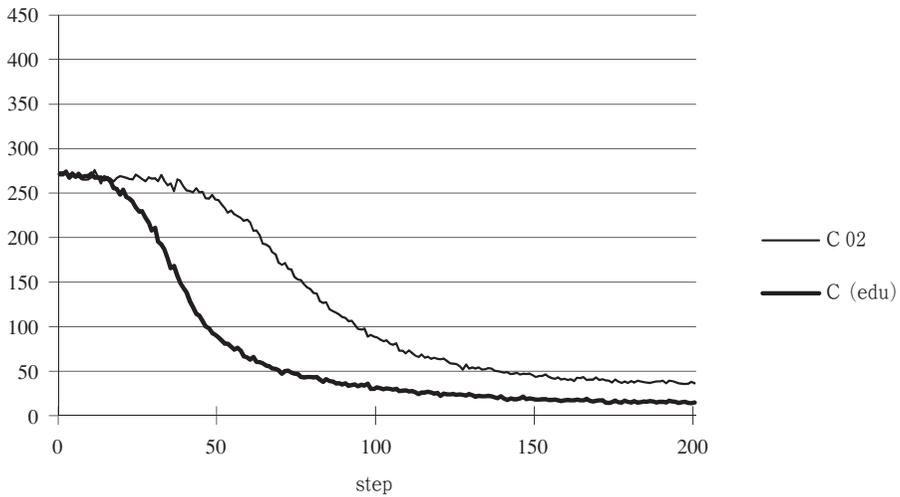


図12 2種類財（不十分な環境税あり）モデルにおいて消費者が消費者C 02（合理的）タイプの場合の環境教育の効果（縦軸は各stepにおける環境汚染の大きさ）

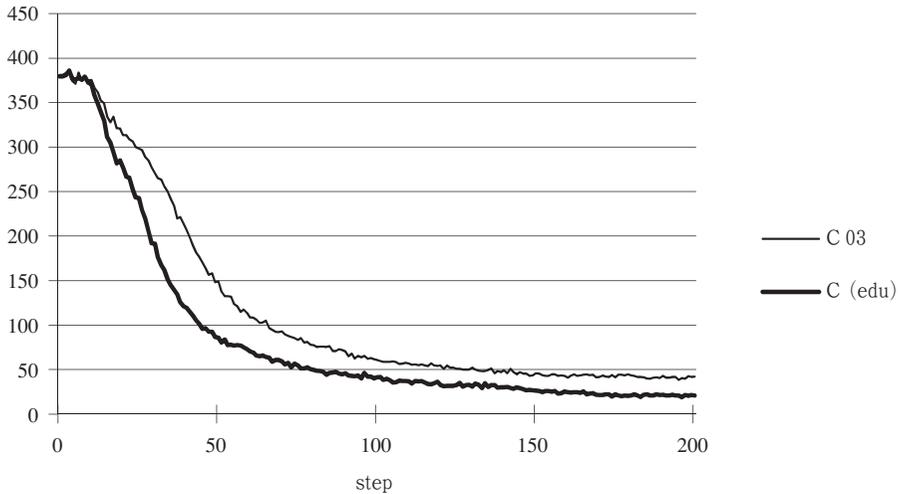


図13 2種類財（不十分な環境税あり）モデルにおいて消費者が消費者C 03（移り気あり）タイプの場合の環境教育の効果（縦軸は各stepにおける環境汚染の大きさ）

4. お わ り に

本稿では、マルチエージェントモデルを構築し、シミュレーションにより企業の環境戦略の分析を行った。今回構築したモデルでは、シミュレーション空間（市場）に、消費者エージェント、企業エージェント、政府エージェントを配置し、市場では、旧来品、環境志向品の取引が行われる。旧来品は環境汚染を発生させるので、環境志向品が普及することが望ましい。消費者には、環境志向型消費者と旧来型消費者が存在し、環境志向型商品の普及が進むに従い、イノベーション理論に準拠し、旧来型消費者から環境志向型消費者に転換する。消費者の購買行動としては、あまり気にしない購買行動、合理的な購買行動、移り気のある購買行動、の3つの行動パターンを想定したことは本モデルの特徴である。企業は、旧来型戦略と環境志向型戦略を選択することができる。政府は、外部不経済の発生を抑えるために、環境税などの政策をとることができる。

本モデルで分析した結果、以下の結果が示唆された。1種類財モデル(3.1)の結果にみられるように、環境税などの経済学的な対応は強力である。ただし、環境問題は利害関係が複雑であり合意形成に時間がかかるので、経済学的な対応は実施されない、あるいは不十分な場合が多いので、不十分な枠組みであっても環境問題を解決することは重要であると思われる。2種類財（不十分な環境税あり）(3.3)の結果に見られるように、消費者の購買行動が合理的な購買行動である場合には、不十分であっても環境税は効果的である。また消費者の購買行動が移り気のある購買行動であれば、市場における企業の環境戦略と消費者の環境志向型消費者への転換がWin-Winの循環となり、市場における競争の中で環境志向品の普及と環境問題の解決が進む可能性がある。また、2種類財（不十分な環境

税あり)モデルにおける企業の環境積極度(3.4)の分析から、環境問題に消極的な企業群(group 3)よりは積極的な企業群(group 4)の方が、売り上げが大きいことが分る。ただ、何が何でも環境、といった環境固執企業群(group 5)が望ましいかどうか、あるいはどの程度の環境積極度が望ましいかは、更なる分析が必要である。2種類財(不十分な環境税あり)モデルにおける環境教育(3.5)の結果にみられるように、環境教育は重要であり、環境税などの経済政策が不十分であれば、教育、啓発も合わせて実施することが望ましい。

本モデルの分析は、繰り返したシミュレーションの平均的な推移を比較して行った。文献[2][3][4]に従い、シミュレーション結果を確率的に取り扱っていくことが今後は必要である。

謝辞

本研究は、大阪経済大学共同研究費『企業の環境戦略に関する実証研究：ケースとシミュレーション』(研究代表者 藤本寿良)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Rogers, Everett M. (2003), "Diffusion of Innovations Fifth Edition", Free Press (邦訳：三藤利雄 (2007), 『イノベーションの普及 第5版』, 翔泳社)
- [2] 細井真人, 内田幸夫 (2011), 「インターネット・Webを活用した国民の合意形成について」, 『行動経済学』, Vol. 4, P 57-61
- [3] 細井真人, 内田幸夫 (2011), 「数値確率分布法を用いたダイナミック確率現象の分析」, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム (JAWS-2011) 講演論文集, CD-ROM.
- [4] HOSOI, M, UCHIDA, Y. (2008), "Fundamental Algorithm of the Numerical Probability Distribution Method", Proc. of the International Association for Statistical Computing 2008, Yokohama, JPN, 552-561
- [5] 北中英明 (2005), 『複雑系マーケティング入門』, 共立出版
- [6] 山影進 (2007), 『人工社会構築指南』, 書籍工房早山 (英訳：Yamakage, S. (2009), "Modeling and Expanding Artificial Societies", Shosekikobo Hayama)