

# Boxed Economy 基礎モデルによる消費者行動のモデル化

田中潤一郎<sup>†1</sup>, 浅加浩太郎<sup>†2†3</sup>, 中鉢欣秀<sup>†2†3</sup>, 井庭崇<sup>†2†4†5</sup>

*designers@boxed-economy.org*

†1 慶應義塾大学 環境情報学部

†2 慶應義塾大学 政策・メディア研究科

†3 合資会社ニューメリック

†4 日本学術振興会特別研究員

†5 フジタ未来経営研究所リサーチアソシエイト

## Modeling of the consumer behavior by the Boxed Economy foundation model

Junichiro Tanaka<sup>†1</sup>, Kotaro Asaka<sup>†2†3</sup>, Yoshihide Chubachi<sup>†2†3</sup>, Takashi Iba<sup>†2†4†5</sup>

*designers@boxed-economy.org*

†1 Dept. of Environmental Information, Keio Univ. †2 Graduate School of Media and Governance, Keio Univ.

†3 Numeric & Co., Ltd. †4 JSPS Research Fellow †5 Research Associate of Fujita Institute of Future Management Research

**Abstract:** The design and its foundation model of “Boxed Economy Simulation Platform” which is a shared platform for agent-based economic simulation research are proposed. An agent-based economic simulation is an artificial economy simulation by which macro phenomena are generated, while many agents perform micro economic activities. The “Boxed Economy foundation model” has abstracted the fundamental structure which economic society has, and offers the basic design for agent-based economic simulations. Modeling of the consumer behavior on the “Boxed Economy foundation model” is discussed as an example in this paper.

keyword: agent-based economic simulation, Boxed Economy, consumer behavior, EBM model, object-oriented modeling

## 1 はじめに

私たちは日常生活の中で様々な商品を購入している。コンビニエンス・ストアには数千種類、スーパーマーケットにも約一万種類の商品が並んでいるが、私たち消費者は、自分の好みやライフスタイル、家計の状況、広告からの情報、クチコミによる評判、過去の購買経験などを考慮しながら、商品を選択し購入している。このような消費者行動が約一億人によって行われているというのが、日本経済における消費側面の実体である。

消費者の側面をとらえようとする消費者行動論はこれまで、心理学、社会学など他学問の影響を強く受けて発展してきた。消費者行動論の研究は、消費者行動を消費者を取り巻く外的環境や外的要因で捉えようとする流れと、消費者の内面のメカニズムを解明しようとする二つの流れで展開してきた。しかし、最近ではこれら内面と外面を双方向から捉えていくことがより重要であるという認識に変化してきている [1]。

近年、経済社会における消費者の行動はさらに複雑さを増し、様々な要因をもとに消費行動を行うようになった。消費者を外的もしくは内的に捉える従来の二つの消費者行動論における捉え方では、消費者行動を説明することが難しくなっており、より学際的な見方が必要

になってきたと言えよう。同様に経済学も、複雑さを増してきた経済社会全体を捉える際に、経済学という枠だけでは説明することが難しくなっている。消費者行動論も経済学も、さまざまな学問分野を取り込んで研究を進めていく必要性が増しているのである。このような現状を踏まえ、私たちは、経済活動を行う経済主体をコンピューター上で動くエージェントとして捉え、経済をシミュレートするエージェントベース経済シミュレーションによって進めていきたいと考えている<sup>1</sup>。

シミュレーションを行うためには、人工経済社会モデル、つまり様々な経済主体や社会構造などをモデル化する必要があり、特に、メーカーや小売業、消費者などは、実体経済の市場取引を具体的に実行する主体として重要となる。本論文では消費者について取り上げ、その行動をモデル化する。

<sup>1</sup> 近年、エージェントの相互作用によって市場を表現するという人工市場研究が盛んになっている。しかし、現在のところ人工市場アプローチの研究は金融市場を中心に進められており [2]、経済の一つの中心的役割を担っている商品市場に関する人工市場研究は非常に少ない。また、商品市場を対象としている場合でも、消費者行動の知見を活かすというよりも、シミュレーションの目的に合わせた単純なモデルを作成するにとどまっている [3][4][5]。商品市場は、売り手と買い手の分離、地理的要因、市場参加者の好みや目的の多様性など、金融市場にはみられない多く要因が存在し、問題をさらに複雑にしていることが研究への足を遠ざけている理由の一つといえるだろう。

## 2 Boxed Economy

### 2.1 Boxed Economy から経済社会を覗く

本論文では、エージェントベース経済シミュレーションのための消費者行動のモデル化を行う。エージェントベース経済シミュレーションとは、多数の経済主体(エージェント)がミクロ的な経済活動を行うことによってマクロ現象が生成されるような人工経済シミュレーションのことである。現実に沿って作成されたこのようなシミュレーションの振舞いを観察・計測することで、現実の経済社会の研究を行っていく。

このとき、シミュレーションを構成する部分モデルは実証されていない仮設的なものであるため、現実性のあるシミュレーションを作成するためには、作成された複数の仮設的モデルを比較検討し、洗練していくという模索的な作業が必要となる [6]。そこで私たちは、そのようなシミュレーションの作成・実行などを支援するための共有基盤として「Boxed Economy Simulation Platform」を提案し、現在その構築に取り組んでいる [7][8][9]。さらに、経済社会のもつ基本的な構造を抽象化した「Boxed Economy 基礎モデル」を人工経済社会モデルを作成する際の枠組みとして提案している。本論文では、包括的な消費者行動モデルの一つである「EBM モデル」を Boxed Economy 基礎モデルを用いてモデル化することにより、エージェントベース経済シミュレーションの具体化への第一歩を踏み出す。

### 2.2 Boxed Economy 基礎モデル

Boxed Economy では、エージェントベース経済シミュレーションの経済社会モデルのための基本的な枠組みとして「Boxed Economy 基礎モデル」を提案している [8]。基礎モデルは、オブジェクト指向分析を用いて現実社会を高度に抽象化したものであり、柔軟性があり再利用性の高い経済社会モデルの作成を支援するものである。また、一つの基本的なモデルを用いてモデル化することで、複数の研究者によって別々に開発された経済社会モデルを整合性をもって動かすことが可能になる。基礎モデルは図 1 のように「基礎モデルクラス」と呼ばれるクラスによって構成されている。ここでは、基礎モデルクラスのいくつかを簡単に紹介する<sup>2</sup>。

[ 経済主体 ]: [ 経済主体 ] は経済活動を行う主体の核であり、[ 記憶 ]、[ 機能 ] などが組み込まれることによってエージェントとなる。[ 経済主体 ] とは、経済活動を

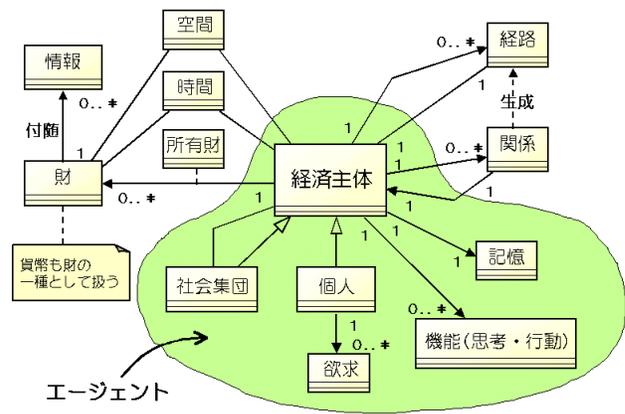


図 1: Boxed Economy 基礎モデルのクラス図 [8]

行う主体である [社会集団] と [個人] を抽象化したものである。

[ 社会集団 ]: [ 社会集団 ] は、[ 経済主体 ] の一種であり、他の [ 経済主体 ] を内包する。例としては、企業、政府、銀行などが挙げられる。

[ 個人 ]: [ 個人 ] は [ 経済主体 ] の一種であり、シミュレーション上における一人の人間を表している。[ 個人 ] は [ 社会集団 ] とは異なり、[ 欲求 ] に基づいて行動する。[ 個人 ] は [ 社会集団 ] を構成する最小単位となる。

[ 財 ]: [ 経済主体 ] によって所有し交換される有形/無形のもの全般。[ 情報 ] の入れ物 (キャリア) や貨幣も、[ 財 ] の一種として扱われる。

[ 情報 ]: 様々な事柄が表現された知識内容。[ 情報 ] は単独では存在せず、必ず [ 財 ] に付随している。例えば、書物は紙という [ 財 ] に [ 情報 ] が付随したものであり、会話は音という無形で瞬間的な [ 財 ] に [ 情報 ] が付随したものと表現される。

[ 記憶 ]: [ 経済主体 ] に蓄積された知識内容。[ 情報 ] などに何らかの変換を行ったものが格納される。

[ 関係 ]: [ 経済主体 ] が他の [ 経済主体 ] を知っている状態。[ 関係 ] は一方向で表されるが、[ 経済主体 ] 同士が互いに [ 関係 ] を持つことで、双方向となる。

[ 機能 (思考・行動) ]: それぞれの [ 経済主体 ] が行う意思決定・行動を役割別に分化させて規定したもの。企業における生産機能、戦略策定機能、販売機能、個人における消費者としての意思決定・行動、被雇用者としての意思決定・行動などが例として挙げられる。各 [ 経済主体 ] は、その時々々に備わっている [ 機能 ] に定義されている意思決定と行動を実行することができる。

[ 欲求 ]: 経済行動の駆動力となる欲。[ 個人 ] だけが持つ

<sup>2</sup> 「Boxed Economy Simulation Platform」および「基礎モデル」の詳細については、論文 [8][9][10] および WWW サイト <http://www.boxed-economy.org/> を参照されたい。

行動メカニズムであり、その欠乏状態が [個人] に何らかの行動を駆り立て、その結果 [欲求] が充足する。

## 2.3 Boxed Economy のエージェント表現

Boxed Economy における「エージェント」とは、核としての [経済主体] と、その [記憶] や [機能] を合わせたものを指している (図 1 の曲線で囲まれた部分)。ここで、エージェントが意思決定や行動という複数の [機能] をもつ主体として特徴づけられているという点は重要である。このようなエージェントの表現は、エージェントを最小単位として設計してきた従来の研究 [11][12][13] にはない利点がある。それは、一人の個人が複数の社会的役割を担っていることを表現できるという点である。例えば、多くの個人は消費をすれば「消費者」であり、労働をすれば「労働者」でもあるだろう。

しかし、社会に「消費者」や「労働者」という主体が存在するわけではなく個人が場面場面によって異なる役割を担っているにすぎない。同様に、Boxed Economy では消費者エージェントという実体があるわけではなく、[個人] が消費者行動のための機能をもったとき、それが「消費者」とみなせるエージェントである、という表現となるのである。

このように、Boxed Economy において経済主体をモデル化するということは、その経済主体がもっている [機能] をモデル化していくということに他ならない。以下では、消費者行動論の先行研究をもとに消費者行動のモデル化を行っていく。

## 3 消費者行動モデル

### 3.1 EBM モデル

本論文では、消費者行動をモデル化するにあたり、代表的なモデルの一つである Engel=Blackwell=Miniard モデル (EBM モデル) をとりあげる。EBM モデルは、消費者の購買意思決定を初期状態から目標状態に至る心的操作の系列とみなし、記憶や情報処理などの認知的なメカニズムによって購買の過程を記述したものである (図 2)。時間的な経過を追った購買過程の各段階において影響を与える環境要因と個人要因、および情報処理に関係する心理学的な機能が組み込まれている。また、消費者が商品を手に入れた後の消費や評価、処分に至るまでが明確にモデルに取り入れられている点に特徴がある。

### 3.2 包括的モデル: EBM モデルの位置

これまで、Engel を始め多くの研究者によって様々な消費者行動モデルが提案されてきた。マーケティング

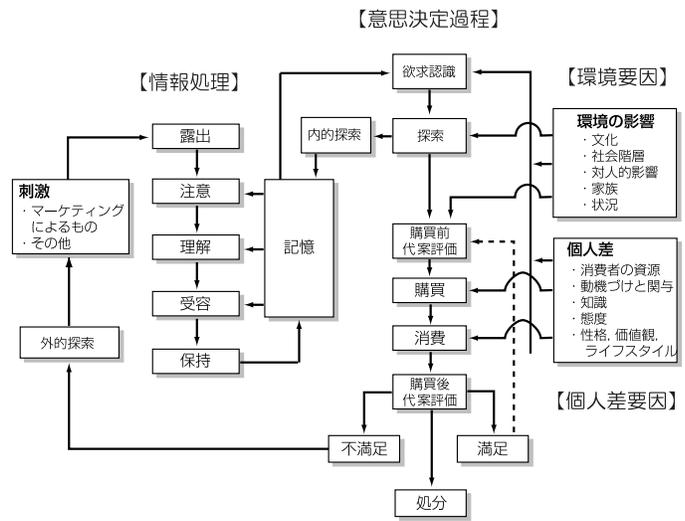


図 2: EBM モデル [14]

における消費者行動の研究は、第二次大戦後米国などを中心として精力的に進められており、行動科学や心理学などの知見を取り入れ理論的發展を遂げてきた。その結果、消費者行動理論には種々の概念が混在しているといわれている。このような中で、Engelらは消費者行動に関する初めての教科書 [14] のために概念的統合分析の枠組みとして EKB モデル<sup>3</sup> を発表した。その後多くの改良を伴って、現在の EBM モデルは消費者行動理論の代表的なモデルとして認められるに至っている [16]。

EBM モデルや、もう一つの代表的な消費者行動モデルである Howard=Shesモデル [17] には、消費者の全体像を分析するために、消費者行動にかかわる概念、要因、機能などが総合的に組み込まれており、包括的消費者行動モデルとして位置づけられている [18][19]。

このような包括的消費者行動モデルの登場により、消費者行動論が、既存の社会科学の理論を単に寄せ集めたものではなく、独立した体系として構築された [1]。これにより、購買行動に関する変数や環境の変化が理解しやすくなり、問題に対して共通の理解が得やすくなるという利点が生じた。また、適切にモデルを利用することによってマーケティング戦略にも効果的であるといわれている。しかし、これらのモデルはいずれも完成されたモデルではなく、仮説的なモデルであることに注意しなければならない。特に概念間の関係は、十分に研究が進んでいないという指摘もある [20]。そのため、消費者行動を全体的に理解し、研究仮説の発見や創造に概念モデルを適切に利用することが望ましいとされている [21][22]。

<sup>3</sup> EKB モデル: 発表当時の著者は、Engel, Corrat, Blackwell の三者で、彼らの頭文字から EKB モデルと呼ばれた。その後、モデルは様々な改定を繰り返す、Engel, Blackwell, Miniard によって発表されたのを期に EBM モデルとなった [15]。

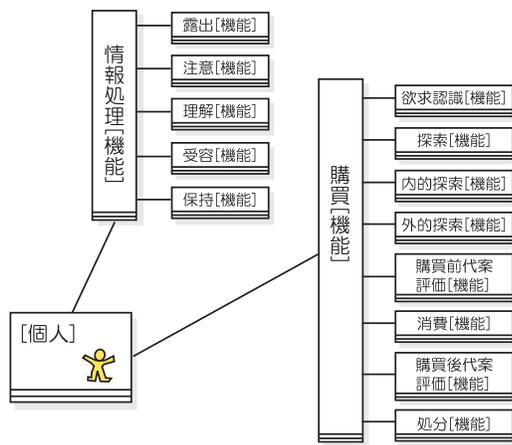


図 3: 個人の持つ消費者行動の機能

また、これらの概念モデルは具体的な実証研究のためのモデルというよりは、大枠としての枠組みを与えるというものである。

## 4 基礎モデルによるモデル化

### 4.1 EBM モデルの基礎モデルによる表現

本論文では、消費者行動をモデル化するために、EBM モデルをその枠組みとして用いることにしたい。EBM モデルは、受け取った商品情報を処理して記憶として格納し、その記憶や環境要因・個人差要因の影響を受けながら購買行動が行われるものとして消費者を定義している。このことを Boxed Economy 基礎モデルの表現で言い換えるならば、消費者は「[情報] を他の [経済主体] から受け取って処理した結果を [記憶] に格納し、その [記憶] に応じて情報処理や購買行動などの [機能] を実行する」ものとして表現できる。

以下では、今回、基礎モデルで表現した「消費者の機能」「機能を実行させる動因」「機能に影響を与える要因」の各要素について述べる。

### 4.2 消費者の機能

EBM モデルでは、消費者の機能に関連するモデルとして「情報処理」と「購買過程」の二つを挙げている。EBM モデルにおける「情報処理」とは、受け取った商品情報などの「刺激」を「露出」「注意」「理解」「受容」「保持」の各状態に遷移しつつ処理し、それを記憶に格納するという消費者の心理的機能である(図 2)。また、購買過程とは「欲求認知」「探索」「内部探索」「購買前代案評価」「購買」「使用」「購買後代案評価」「処分」の各段階を持つ、消費者の実際の購買行動の過程である(図 2)。

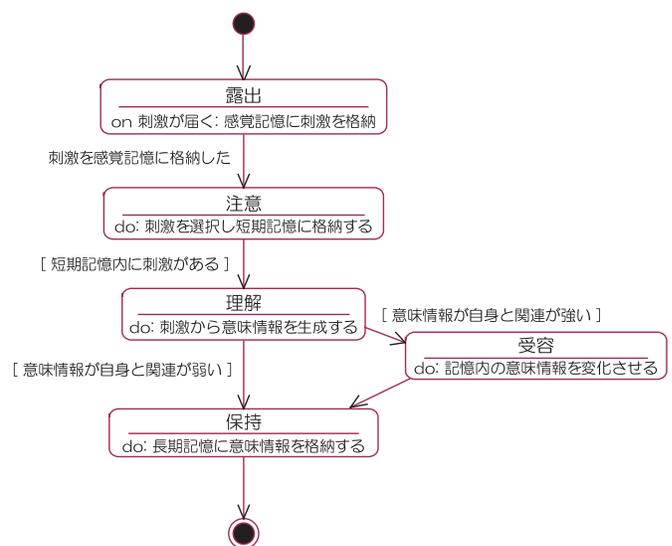


図 4: 情報処理のステートチャート図

情報処理と購買行動は消費者がとることのできる行動だと言えるため、これらを [機能] としてモデル化し、消費者をこの二つの [機能] を持つ [個人] としてモデル化する。また、情報処理と購買行動のそれぞれの [機能] は、段階を経て行われる一連の処理の流れであるため、これを状態遷移として捉えることができる。そこで、このような内部状態に応じて処理を行う構造を、デザインパターン [23] における State パターンを用いてモデル化する。それにより、各段階において行われる処理も [機能] として抽象化できる(図 3)。情報処理および購買行動の各 [機能] は、状態として各段階の [機能] をもち、状態を遷移しつつこれらの [機能] を実行していくものとする。この状態遷移に伴って、情報処理および購買行動が行われる様子を UML 記法のステートチャート図で表現したのが図 4 および図 5 である。

### 情報処理機能

情報処理 [機能] は刺激を受けとることで実行が開始され、各段階を経て感覚パターンである感覚情報を理解し、刺激に対して意味づけした意味情報を生成してそれを保持する [14][20]。情報処理の各過程では、記憶を構成するシステムである感覚記憶、短期記憶、長期記憶が使用される。EBM モデルでは、情報処理には「高関与」の場合と「低関与」の場合の二種類があるとされており、どちらになるかは関与度の強さによって決定される。ここで関与度とは、消費者が刺激と自分自身との間で感じる結びつきのことである [24]。基礎モデルで関与度を表現すると、「理解によって生成された意味情報を、自身の [記憶] 内の情報と照らし合わせて評価した結びつき」となる。

### 4.3 機能を実行させる動因

これら消費者の機能は、なんらかの条件によって実行される。ここでは各機能を実行させるきかけとなる動因について考察する。

#### 情報処理機能の動因

情報処理の機能が実行させる動因は「刺激」と呼ばれている、人間の五感を通じて受け取られる商品情報である [20]。

基礎モデルでは、個人に商品情報などの情報が伝達されることを、[個人] が [情報] の付随した [財] を、[関係] を通じて受け取ることとして表現している。そこで、EBMモデルにおける情報処理の動因である「刺激」を「[個人] が [経済主体] から、音などの感覚媒体となる [財] に、[情報] の一種である商品情報が付随して受け渡される現象」としてモデル化した。

個人に [財] が受け渡され、それに商品情報が付随していた場合、消費者は情報処理の最初の機能である「露出」機能を実行する。これにより、受け取った商品情報に対する認知が行われる。

#### 購買機能の動因

購買行動の動因は消費者が欲求を認識することである。欲求とは、消費者の実際の状態と望ましい状態との不一致を解消する心の働きである [14]。消費者が欲求を認識するためには、その前に必ず欲求が活性化されていなければならないが、欲求の活性化は、実際の状態と望ましい状態の不一致がある閾値を超えた場合に起こる。時間、環境の変化、他商品の獲得、所有物の消費、マーケティングの影響がこのような実際の状態、あるいは望ましい状態を変化させるような要因となる。

基礎モデルを用いてこのことを表現すると、欲求の活性化は「所有する [財] の状態、持っている [関係] 状態、[記憶] の状態などで表される個人の状態と、望ましい状態の不一致のレベルが閾値を超えたとき」に [欲求] が活性化するものとしてモデル化できる。[欲求] が活性化された結果、消費者は購買行動の最初の機能である「欲求認識」機能を実行する。これにより、活性化された [欲求] が個人に認識され、購買行動が開始される。

### 4.4 機能に影響を与える要因

これらの各機能の挙動、および動因の発生に影響する要因には様々なものが考えられ、EBMモデルでは環境要因、個人差要因に分類している。これらの要因は、EBMモデルにおいては情報処理や購買過程において影響を与える変数として定義されているが、Boxed Economy では実

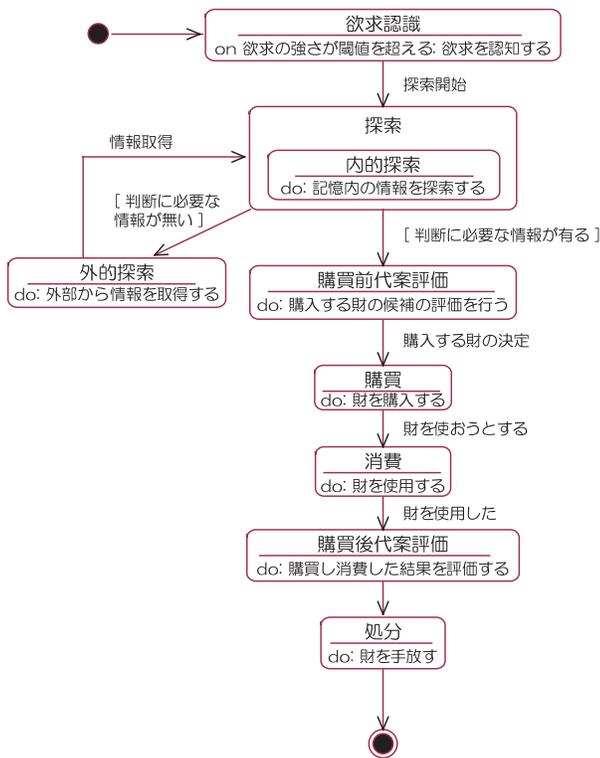


図 5: 購買行動のステートチャート図

情報処理 [機能] における高関与と低関与の違いは、理解 [機能] から次の状態に遷移する際に、関与度によって受容 [機能] もしくは保持 [機能] が実行されるものとして表現できる (図 4)。

#### 購買行動機能

消費者が欲求を認識すると購買過程が開始され、情報の探索や代案の評価、購買、消費、購買後の代案評価、処分など一連の状態を遷移していく (図 5)。

購買行動における探索は、通常、内的探索と外的探索の行き来として表現される。しかし、外的探索は購買過程以外でも行われるため、探索 [機能] 内に外的探索 [機能] を含めるのには抵抗がある。そのため、探索 [機能] は内部に内的探索 [機能] をもち、探索 [機能] 外部の機能である外的探索 [機能] を必要に応じて実行するようにモデル化した。

また、図 2 で表されている「満足」「不満足」は、消費者の購買過程の状態遷移における状態ではなく、購買後段評価の結果生じた結果だと考えられる。そのため、これらのモデルは、購買評価の結果が情報として [記憶] に格納されるとしてモデル化している。

際のシミュレーション状況として表す。

例えば、環境要因の一つである「状況」による消費者の影響を例にあげると、エンゲルらは消費者行動における状況的影響を「消費者の特性や対象物の特性とは独立した、一定の時間や場所に特有の要因から生起する影響」としている。これらの状況は、Boxed Economy では、個人間の会話という[財]の受け渡しや、並行して行っている行動の状態、店舗から受け取る商品情報の中身、消費者が記憶内に格納している商品の使い方に関する[情報]の状態など具体的に表現される。このように、各機能に影響を与える要因は、基礎モデルにおいては実際にシミュレーションしたとき生まれた状態、状況、現象の一側面として表現されているのである。

## 5 さいごに

本論文では、包括的消費者行動モデルの一つである EBM モデルを Boxed Economy 基礎モデルを用いてモデル化した。

今後の研究の方向性としては、実際に経済活動をシミュレートするために、企業活動のモデル化および今回作成した消費者モデルの詳細化を行う。また、他の種類の消費者行動モデルの作成とその一般化を探り、これらのモデルを用いて、簡単な経済活動のシミュレーションが可能になると考えている。また、Boxed Economy では、消費者以外の政府や金融などの経済主体のモデル化とともに、家族 [25] という社会集団を扱い、家族の消費も含めたエージェントベース経済シミュレーションを考えていくつもりである。

## 謝辞

本論文は Boxed Economy Project によって行われている研究の一貫として書かれたものである。Boxed Economy Project のメンバー、および慶應義塾大学 CreW Project、Novel Computing Project の方々に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 清水聡, 『新しい消費者行動』, 千倉書房, 1999.
- [2] 和泉潔, 植田一博, 「人工市場入門」, 人工知能学会誌, Vol.15, No.6, 2000.
- [3] J.J.Merelo, A.Prieto, V.Rivas and J.L.Valderrabano, “An agent based model for the study of publicity / consumer dynamics”, ECAL97, 1997.
- [4] 小田宗兵衛, 「複雑系としての経済」, 計測と制御, vol.35, no.7, pp.536-539, 1996.
- [5] M.Janssen and W.Jager, “An integrated approach to simulating behavioural processes: A case study of the lock-in of consumption patterns”, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.2, no.2, 1999.

- [6] T. Iba, M. Hirokane, H. Kawakami, Y. Takefuji and H. Takenaka. “Exploratory model building: Toward agent-based economics”, 第四回進化経済学会論集, 2000.
- [7] T. Iba, M. Hirokane, Y. Takabe, H. Takenaka and Y. Takefuji, “Boxed Economy Model: Fundamental Concepts and Perspectives”, *Proceedings of Computational Intelligence in Economics and Finance*, 2000
- [8] 井庭崇, 中鉢欣秀, 高部陽平, 田中潤一郎, 上橋賢一, 津屋隆之介, 北野里美, 廣兼賢治, 「Boxed Economy の実現に向けて: エージェントベース経済シミュレーションのための基礎モデル」, 電子情報通信学会「人工知能と知識処理」, 情報処理学会「知能と複雑系」合同研究会, 2001.
- [9] 中鉢欣秀, 井庭崇, 松澤芳明, 浅加浩太郎, 海保研, 廣兼賢治, 高部陽平, 「Boxed Economy 基礎モデルのプロトタイプ: デザインパターンによるアプローチ」, 電子情報通信学会「人工知能と知識処理」, 情報処理学会「知能と複雑系」合同研究会, 2001.
- [10] 井庭 崇, 「エージェントベース経済学試論」, 第五回進化経済学会論集, 2001.
- [11] N.Basu, R.J.Pryor and T.Quint, “ASPEN: A Microsimulation Model of the Economy”, *Computational Economics*, vol.12, pp.223-241, 1998
- [12] C.Bruun, “Agent-Based Keynesian Economics”, *Simulating social phenomena*, R.Conte, R.Hegselmann and P.Terna (eds), pp. 279-285, Springer-Verlag, 1997
- [13] 出口弘, 『複雑系としての経済学: 自律的エージェント集団の科学としての経済学を目指して』, 日科技連, 2000
- [14] James F. Engel, Roger D. Blackwell and Paul W. Miniard, *Consumer Behavior*, 8th ed., The Dryden Press, 1995 .
- [15] James F. Engel, David T. Kollat and Roger D. Blackwell, *Consumer Behavior*, 1st ed., The Dryden Press, 1968 .
- [16] J.N. シェス, D.M. ガードナー, D.E. ギャレット, 『マーケティング理論への挑戦』, 流通科学研究会 (訳), 東洋経済新報社, 1991.
- [17] J.F. Haward and J. N. Sheth, *The theory of buyer behavior*, John Wiley & Sons, 1969.
- [18] 吉田正昭, 村田昭治, 井関利明 (編), 『消費者行動の理論』, 丸善, 1969.
- [19] 高橋郁夫, 『消費者購買行動: 小売マーケティングへの写像』, 千倉書房, 1999.
- [20] 杉本徹雄 (編著), 『消費者理解のための心理学』, 福村出版, 1997.
- [21] 佐々木土師二, 『購買態度の構造分析』, 関西大学出版部, 1988.
- [22] 片平秀貴, 『マーケティング・サイエンス』, 東京大学出版会, 1987.
- [23] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson and John Vlissides, 『オブジェクト指向における再利用のためのデザインパターン』, 本位田真一, 吉田和樹 (監訳), ソフトバンク・パブリッシング, 1999.
- [24] 武井寿. 解釈的マーケティング研究: マーケティングにおける「意味」の基礎理論的研究. 白桃書房, 1997.
- [25] 武井奈緒子, 『消費行動』, 晃洋書房, 2000 .