

エージェントベース経済学試論

井庭 崇

iba@sfc.keio.ac.jp

慶應義塾大学 政策・メディア研究科
日本学術振興会 特別研究員
フジタ未来経営研究所 リサーチアソシエイト

1 社会的世界と人工的世界の理解

自律的エージェントを導入することで経済モデルを構築するという研究が近年みられるようになってきた¹。このような取り組みの多くは、新古典派経済学への批判的立場として自らを位置づけているが、経済学における位置は依然として曖昧であり、他学派や他分野との関係性も不明瞭であることが多い。また、作成した個別モデルと目指すべき理論との関係性も明示されないことがほとんどである。こうした錯綜した状況のなかで、切り拓くべき道を少しでも明らかにすることができないだろうか、本論文のテーマはここにある。

本論文では、「エージェントベース経済学」(岩村 ほか 1999, 井庭 2000a) と呼ぶ新しい経済学の構想と展望を、できるだけ広い視野から考察し、浮き彫りにすることを試みる。エージェントベース経済学は、エージェント(自律的主体)によって構成される経済社会モデルを用いて分析を行う経済研究である。エージェントベース経済学が最終的に目指すところは、近代経済学が分析可能とする領域に取り組むとともに、これまで不可能もしくは困難であった領域にまで分析範囲を展開することにある。

ここでは、経済学というディシプリンでの位置を考えるために、あえて社会科学にまで視野を広げ、経済学の枠組みを相対化した上で考察を進めていきたい。その際には、社会を探究の対象としてきた社会学と、経済を対象としてきた経済学における従来の理論を一度「古典」として保留し、そこで提示されていた観察や着想、考察だけを扱

き出すというところを行う。その上で、現実の観察と個別的領域の知見を組み合わせることによって、経済社会のモデルを立体的に構成していくということを試みる。本論文では、人工経済社会モデルという人工世界を通して社会を理解することの重要性を明確化し、シミュレーションによる思考のための方法や方針を提案する。このような試みは今後の展開を明らかにするという点で意義のあることだと思われるが、概念や批判に多少の誤解や行き過ぎがあるかもしれない。その点は謙虚に指摘を受け、今後の議論につなげることができれば幸いである。

2 ダブル・リアリティの経済学へ

2.1 経済の背後にあるもの

経済学が対象とする「経済」というものは、私たちが日常において生きている社会の一つの切り取り方である。かつて J.A. シュンペーターが指摘したように「社会事象は一つの統一的現象である」(Schumpeter 1926, p.25) ため、「どんな事実もその底の底まで完全にまたは『純粹に』経済的なものではない」(Ibid.)。それにもかかわらず、社会科学の一分野である経済学は、現実社会を経済学的ナイフで薄く切り取って、それ以外を「外部」として捉えるという思考スタイルを採用してきた。

そして「二つの現象の間に一定の因果関係を見出すことに成功した場合、この因果関係において『原因』の役割を演ずる現象がもはや経済現象でない場合には、われわれの任務は果たされたのである。すなわち、われわれは問題の場合についてわれわれが経済学者としてなしうることをなし終えたのであって、その残りはこれを他の学問にゆずらなければならない」(Ibid., p.28) という態度が一般的にとられてきたのである。これはもちろん「現実を思考の上に再現する技術的必要」(Ibid., p.25) のためのやむをえない方法であったのであるが、このような方法で社会から経済現象だけを切り取ったために、経済社会が本来もっている特徴を捉えきれないということも明らかになってきている。

¹これらの研究は、「エージェントベース計算経済学」(Tesfatsion 2000) や「人工経済」、「人工市場」という名称で呼ばれている。具体的研究としては Epstein & Axtell (1996)、Bruun (1997)、Basu et al. (1998)、Iba et al. (2000a)、出口 (2000) などがある。これらは理論研究というよりはシミュレーション研究である。本論文では、このようなマルチエージェントモデルによって行う経済のシミュレーションを「エージェントベース経済シミュレーション」(Agent-Based Economic Simulation) と呼び、その模索によって蓄積される理論体系を「エージェントベース経済学」(Agent-Based Economics) と呼んで区別することにする(岩村 ほか 1999, 井庭 2000a)。

そこで、経済というものについて再考するために、経済生活の背後にかならず存在する「社会」というものに視線を向けることが必要となる。経済が切り取られた後に残された「外部」———これこそが、経済を成り立たせる上で不可欠な社会および人間なのである。

2.2 ブラックボックスとしての社会と個人

経済を陰で支えている「社会」とは何であろうか。社会は個人と個人の関係によって成り立っているということはおそらく間違いない。社会を表す英語 *society* がラテン語の「結ぶ」という動詞 “*socio*” に由来することからもわかるように、この「関係」ということが本質的に重要である。私たち個人は「社会」を生きているが、それは他者との関係を生きるということに他ならない。

ところが、日常生活においては当然である「関係」というものも、実際に把握しようとするとき困難であることがわかる。それゆえ個人と個人がもつ多様な関係を把握しようとした社会学では、社会をどう捉えるかという問題を巡り数百年にわたって論争が繰り返されてきた。これに対し、経済学は「貨幣」に特に着目して関係を抽出したために、数理的な手法と結びついて大きな発展を遂げるようになった。このような経済学的思考はひとまず成功したといえるだろう。ところが、ここにきてやはり先送りしていた問題が未解決であるということに行きつく。「社会」を捨象してしまった経済学に、あらたに「社会」を導入するという必要性が生じているのである。

そもそも社会を理解するということは、ブラックボックスとしての「社会」のメカニズムと、それを構成し、かつそれ自体もブラックボックスである「個人」のメカニズムの双方を理解するということである。しかもそれらは、ニワトリとタマゴのように不可分なものであるため、社会科学はこの分かち難い二つのブラックボックスを同時に扱い、その内容を解明するという姿勢が重要となる。社会学において Simmel (1917) が「個人と社会」問題として規定したように、経済学も全体社会の把握と人間の理解という二重のテーマをもつことになる。

2.3 社会のダブル・リアリティ

社会のリアリティの問題については、これまで客観や主観に基づいた捉え方による様々な表現で試みられてきたが、橋爪 (2000) は「この試みを純化

しようとするれば、唯物論と現象学のふたつの文体」に分けることができるという。

唯物論 (materialism) は、世界について物質の根源性を主張し、それらが人間の意識の外に独立に存在すると考える。また、精神・意識などは物質にもとづいて成立するとされ、人間も社会も自然現象と同様の科学的な態度で解明できるとする。これに対し、現象学 (phenomenology) は、人間の経験にかかわらず世界そのものが客観的に存在すると考える自然的態度に対して、世界の現われを人間の意識の側に「還元」する。つまり、物理的・生理的過程を問題とするのではなく、私たちの経験そのものの内部に踏みとどまるのである。

これらの二つの捉え方は互いに対立するものである。しかも、どちらも他方を排斥することもできない上、折衷したり包摂することもできない。どちらのリアリティも私たちの社会的現実の一面を捉えているように思われるのだが、純粋な私たちでは唯物論も現象学も社会のリアリティを捉え切ることにはできないのである。

そこで橋爪 (1978) は、このような「唯物論的リアリティ」と「現象学的リアリティ」という社会的現実の相を「ダブル・リアリティ(二重の現実性)」としてみることを提案した。そしてこの二重のリアリティが社会の成立にとって根本的であるとし、「社会理論が解かねばならない問題の核心も、まさにそこにある」(*Ibid.*, p.2) とした。経済や政治、言語などの社会現象は、このふたつのリアリティが交錯するところで生起しているというわけである²。

2.4 ダブル・リアリティの経済社会モデルへ

今見てきたようなダブル・リアリティによって社会が成り立っているとするならば、私たちが構築しようとしている経済学も、このようなダブル・リアリティを含むかたちで構築する必要があるだろう。このことを模式的に表すと図1のように、全体空間としての巨大な土台の上で、個別的な経験をする諸個人というような世界モデルとなる。

個人は、それぞれの視野において周囲の空間についての了解を構成する。しかし、個人の感じる現象学的リアリティというのは、全体空間の単なる一部分なのではない。単に世界の局所を経験す

²脳科学との関連においてこれら二つのリアリティの関係を明らかにしようとする意欲的な研究に茂木 (1999) があるが、これら二つのリアリティの接合というハード・プロブレムは依然未解決である。

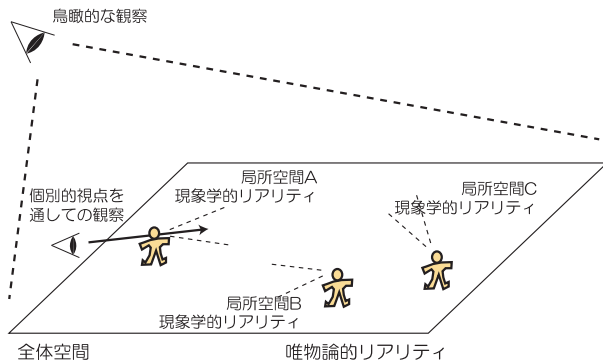


Figure 1: ダブル・リアリティの経済社会の模式図

るというのではなく、個人的な「意味の世界」を構成しそれを経験するのである。また、この世界における個人は、決して全体空間を見ることはできない。せいぜいできることは、私たちが普段しているように、この全体空間を「社会」や「世界」などの言葉や概念によって「『全体』として見出し、個々の身体の近傍に開ける空間をその内部の『部分』として了解する」(若林 1995, p.32) ことだけである。私たちが構築しようとしている経済学においても、このように社会を捉えようとするならば、ダブル・リアリティを実現するモデルを作成する必要があるのである。

3 エージェントベース経済学構想

3.1 社会はエージェントの集まりである

エージェントベース経済学は、経済社会における主体を中心に据えて理論構築を行うものである。ここで登場する重要なキーワードが「エージェント」(agent) である。ここでいうエージェントとは、自律的に動作する主体のことを指す。agent という言葉はラテン語の *agere* = 「する、行う」を語源とし、現在でも「動因、(ある変化を起こす)力」という意味をもっている³。エージェントベース経済学における「エージェント」とは、個人 (individual) や社会集団 (social group) のことである。個人は人間一人ひとりのことであり、社会集団は家族、地域社会、国、企業、学校、政府などのことである。このような定義はエージェントベース社会シミュ

³これまでエージェントという言葉は、経済学における代表者 (representative agent) や、エージェント理論における代理人、ソフトウェア工学における電子秘書やウェブボット、心の一部のプロセス、日常的な意味での代理店など様々なところで用いられているが、それぞれに特化したニュアンスを含んでおり、ここでの意味とは異なるという点に注意が必要である。

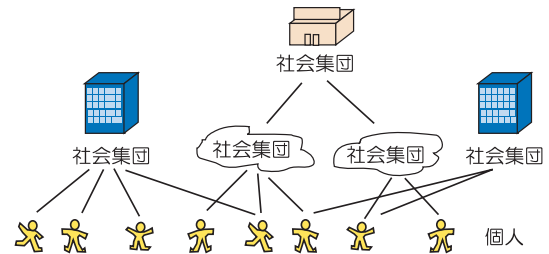


Figure 2: 個人と社会集団

レーションにおいても一般的に用いられているものである。

経済社会におけるエージェントには異質性 (heterogeneity) と多様性 (diversity) がある。異質性というのは、個人や企業、政府といった異なる種類の主体が存在するということである。また、多様性というのは、同じ種類の主体同士であっても、それぞれが持っている特徴や置かれている社会的状況が様々であるということを示している。

本論文で提案するエージェントベース経済学では、社会集団はエージェントであるということだけでなく、内部に他のエージェントを構成員としてもつものとして定義される。すなわち、それぞれの社会集団は他の社会集団もしくは個人から構成されるということである。さらに、エージェントは複数の社会集団に属することも可能であり (図 2)、これによって、ある個人が家族、学校、国という複数の社会集団に属しているということなどを表現できる。このような特徴をもつ社会集団は、従来の経済学やエージェントベースの経済モデルにおいて必ずしも議論されてきたとは言い難く、本論文で提案するエージェントベース経済学の特徴のひとつとして強調に値するだろう。

3.2 局所的視点からの知識とリアリティ

エージェントベース経済学では、知識やリアリティというものが経済社会に分散して存在するエージェントによって保持されていると捉える。現実の経済社会における知識は「分散された諸断片としてだけ存在する」(Heyek 1945, p.53) のであり、経済社会をモデル化する際にも、エージェントに断片的な知識を分散させるのは自然な表現といえる。

さらに、単に異なる知識を持っているだけでなく、たとえ同じ知識をもっていたとしてもそこから解釈されるリアリティがエージェントによって異なるということもある。それぞれのエージェントが現象学的リアリティを個別に経験す

るときには、その「まなざし」がエージェントに属しているということが重要である⁴。それゆえ、各エージェントの感じる現象学的リアリティは必ずしも他者のものと整合的であるとは限らないということになる。

さらに、個人と企業というような異質なエージェントの間では、個人動機と組織目的とが異なることが多い。経済社会をモデル化するには、このような差異は排除されるべきものではなく、むしろ「両者の対立・葛藤が集団の新たな構造化と個性の新たな展開の原動力となる」(西部 1997, p.46)として積極的に取り入れるべきものである。

3.3 未来を切り拓くエージェント

エージェントは、時間に沿って意思決定し行動する主体である。そこでは、日常において私たちが現実世界で生活・活動しているのと同じように、エージェントも人工経済社会モデルにおいてヴァーチャルに「生活・活動する」のである⁵。

かつてJ.ロビンソンは、「変えることのできない過去とまだ未知の将来との間に、たえず動きつつある瞬間において人間は生活している」(Robinson 1971)ということ正面から捉えるために、新古典派の「論理的時間」に対して「歴史的時間」による把握の重要性を強調した。エージェントベース経済学でもこの歴史的時間を重視し、個人や社会集団を「歴史に制約されながら歴史を切り拓く主体」(西部 1997, p.10)としてモデル化する。

例えば個人は、人生の各ステージにおいて様々な意思決定や行動を迫られることになり、自分の未来を自らの選択によって切り拓いていく。しかも、そのようなステージ自体も、他律的に与えられるわけではなく、社会的な制約を受けながら自らの手によって選択していくことになる。また、企業などの社会集団も「歴史に制約されながら歴史

⁴唯物論的リアリティについては、唯物論が「中心のない経験論」(内田 1979)といわれることからわかるように、その直接の経験主体は存在しない。個々のエージェントがその内部に位置づけられる全体空間というものはエージェントから超越して存在している。それゆえ、この唯物論的リアリティについては矛盾は存在しないと見るのがひとまず妥当であろう。

⁵「ヴァーチャル」(virtual)とは「事実上の」「実質的な」という意味であり、「仮想」という邦訳が表すような「虚構」「偽物」というような意味では本来ない(武邑 1999)。そのため、「ヴァーチャル・リアリティ」という概念は「事実上のリアリティをつくり出す能力をもった技術」(西垣 1997, p.ii)ということになる。ここでの個人エージェントは、シミュレートされた人工世界において「ヴァーチャルにリアリティを感じる」ようにモデル化することになる。

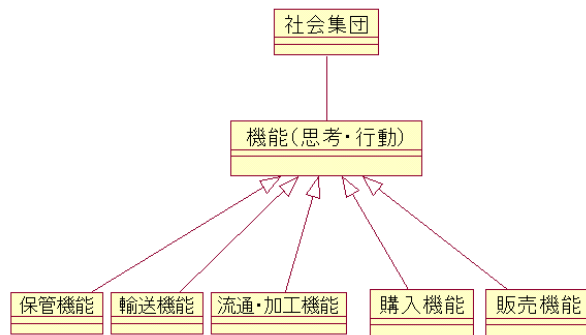


Figure 3: 小売商・卸売商エージェントのモデル例 (井庭 ほか 2001)

を切り拓く主体」である。J.A.シュンペーターは、企業者による新結合の遂行が定常状態を破壊し、発展をもたらすとした。また日常の業務においても、どのような商品をどのくらい作るのか、いくらの価格をつけ、どのようにマーケティングを行うのかなど、企業は絶えず暗闇の中の跳躍(命がけの飛躍)を行っているのである。このような選択は、エージェントごとの現象学的リアリティをもとに決定されていくのである。

3.4 エージェントの自己境界決定・変更

本論文におけるエージェントベース経済学では、エージェントが自らの境界を自己決定・変更することが可能であるという点は特筆に値する。この境界決定・変更には構成員の増減、機能の組み換え、エージェントの生成・消滅という三つの方法がある。

エージェントの境界決定・変更のための第一の方法は、エージェントが自らの構成員を増減させることによって自己の規模を拡張または縮小するという点である。例えば企業というエージェントは、外部環境によって制約を受けながらも、自らの構成員である被雇用者を増やすことも減らすこともできる。また、分離・分割や合併・買収などによってその企業の境界自体が拡張したり縮小したりすることもある。

第二の方法は、エージェントのもつ機能の種類を増減させたり組み換えたりすることによって行われる。本論文におけるエージェントベース経済学では、エージェントは意思決定や行動という複数の「機能」(function)をもつ主体として特徴づけられる⁶。例えば、流通機構における卸売商や小

⁶そのひとつの例としては、Boxed Economy 基礎モデル

売商は、基本的な機能である「保管機能」、「輸送機能」、「流通・加工機能」、「購入機能」、「販売機能」をもつ社会集団として表現される(図3)。

従来の研究では、小売業エージェントや銀行エージェントというように、エージェントが最小単位とされてきた(Basu et al. 1998, Bruun 1997, 出口 2000)が、長期的にみるとこのような固定的な分類では現実社会の変化に対応できない。例えば、小売業が銀行の機能の一部を実行できるようになるということを表すためには、小売業のエージェントが、銀行のもつ機能の一部を獲得できるようなモデル構成が必要である。それゆえ、エージェント単位でモデル化するのではなく、それらの意思決定や行動を個別の機能ごとに分割して定義し、その組み合わせによって社会集団の特徴づけを行うという設計が重要となるのである。

エージェントの境界決定・変更のための第三の方法は、エージェントが他のエージェントを創出できるという点にある。これは例えば、個人であれば生・死であり、家族であれば結婚・離婚、企業であれば起業・倒産ということである。

エージェントベース経済学の分析対象は時間的にも長期であり、状況によってエージェントが行動を変更したり成長したりすることが不可欠であるため、構成員の増減、機能の組み換え、エージェントの生成・消滅という「自己境界決定・変更」の特徴が重要となるのである。

4 エージェントベース経済学への道

4.1 二つのアプローチ

エージェントベース経済学を構築するためには、大きく分けて二つの準備が必要である。一つは、力学系的なアプローチもしくは数理的なアプローチといえるのだが、モデルの記述の豊さを増大させ洗練するという方向性である。「自己組織化」や「複雑系」、「オートポイエシス」などの理論的側面を強化するということがこれにあたる。このアプローチは社会科学というよりは、数理的な研究といえるだろう。

もう一つの準備は——これが本論文で展開するアプローチなのであるが——現実社会をよりリアルに表現していくというものである。ひとまず大雑把でも構わないので、探求したい対象をまるごと把握しようとする試みである。この正面切って向き合うということは複雑系研究のもたらした一(図7)がわかりやすい。

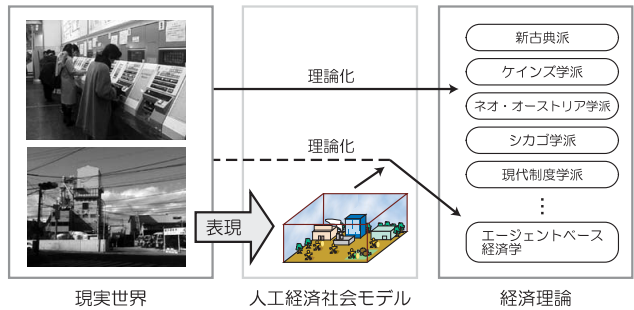


Figure 4: 現実と理論の中間領域としての人工経済社会モデル

つの重要な思想であった。ここではエージェントベース経済学の構築に向けて、人工経済社会モデルという構成モデルを作成し、理解を深めていくというアプローチをとることにしたい。

4.2 中間領域としての人工経済社会モデル

社会について研究することに伴う困難は、「社会が、思考可能であるとしても、かならずしも観察可能ではないということ」(橋爪 1993, p.38)に一つの原因がある。さらに社会は思考可能ではあるが、その思考自体が簡単には共有できないということも大きな問題となる。そのような共有困難性は、特に社会についての理論を構築しようとする際に致命的となる。ある研究者が理論を語ったときに、その人がはたしてどのような「社会」を見ているのかということが他人には理解できないからである。このことは身近な体験においても、「講義などを通して、探究の成果をうまく伝達できないことがある。……社会科学では、話し的前提とされる社会のイメージが欠如しているが故に、概念の体系が内実を伴わない『言葉の遊び』と感じ取られてしまう。」(厚東 1991, p.26)というようなことがしばしば起こる。それでは、どうすればよいのだろうか。

ここに一つの解決策として、社会についての思考を外部的にすることが考えられる。頭の中に構成された社会的現実というものを共有することができるならば、現実から一般性のある理論への変換を、各研究者の孤独な跳躍ではなく、複数の研究者の協働作業として行うことが可能となるのである。

現実と理論の距離が離れすぎているという問題意識から、私は現実と理論の架橋となるような中間領域を設定することを提案したい。これが、

「人工経済社会モデル」(artificial economic society model) の領域である (図 4)。この人工経済社会モデルをひとつの共有基盤として諸科学の知見を集め、現実社会の構成に基礎をおくりアリティのあるモデルの作成を試みるのである。ここでやりたい世界理解の方法とは、社会の一側面を削り取るというよりも、複数の視点から眺めて立体的に世界モデルをつくるということに他ならない。そのような人工経済社会モデルは、空間的に広がりを持ち、時間に伴って進行するようなヴァーチャルな世界である。それが社会現象の表象のイミテーション (模倣) ではなく、内部を含むシミュレーションであるということに大きな意味がある。

本論文では、表現としての人工経済社会モデルを図 4 のように位置づけ、科学的な理論と区別する。科学理論は個別単称命題である経験を包括的で普遍的な一般命題によって説明するものであるが、具体的に作り込んだモデルは、一般命題というよりは単称命題に近いといえる。それゆえ科学としての理論化は、現実を記述した人工経済社会モデルをもとに、普遍と思われる部分を抽出することによって行うことが適切であろう。エージェントベース経済学の構築に向けての取り組みでは、この人工経済社会モデルと現実世界の双方を用いて仮説理論を構築し、洗練していくことになる。

4.3 戦略的学際研究

経済学と社会学を融合させようとする試みは様々なかたちで行われてきた。しかし、これらの試みでは革新的な融合はなされておらず、それぞれのディシプリンがもっている前提の相違を露出させる結果となっている。私たちは経済社会を考えるために経済学と社会学を融合させるといった試みは採らない。そうではなく、経済学や社会学に関する言明を解体し、学派や分野を超えた新たな結合を行っていくことにしたい。どのディシプリンのどの学派に基礎を置くかということではなく、あくまで現実の社会的構成に基礎を置いて、あらためて経済社会を分析・モデル化するということを強調したい。

このように、人工経済社会モデルを立体的に構成していくためのアプローチは学際的なものとなり、それを象徴的に表すとすると図 5 のような Projection Cube となる。そこでは経済学、社会学、個別的領域のそれぞれの側面から光を当てることによって人工経済社会モデルを構築する。ここで個

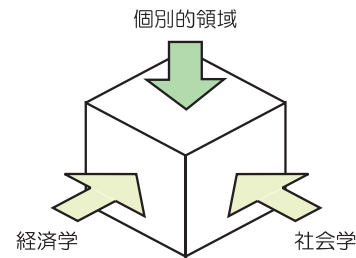


Figure 5: 人工経済社会モデルのための ProjectionCube

別的領域というのは、マーケティング・サイエンス、経営学、消費者行動論、心理学、社会心理学、認知科学などの研究分野のことである。これらの個別の側面から切り取られた世界を合わせて立体的に構築していくという学際的な接近を試みるのである。

社会科学におけるディシプリンはそれぞれに特有の関係に注目し、独自の理論体系として抽出してきたため、同じ現象を見ても異なる特徴を捉えている可能性は当然あると思われる。またどの分野においても考慮されてこなかったものや、うまく捉え切れなかったものなどもあるだろう。そのような部分については独自にモデルを作成するか、その部分を対象とする学問分野に対して研究を促すことが必要となる。むしろそのような理論的矛盾や学問上の空白部分を発見し、問い直し、自ら構築したり諸科学へ発信していくということが私たちの最初の仕事であり、中心的なものとなるだろう⁷。

5 人工経済社会モデル

5.1 世界制作の方法

エージェントベース経済学では、経済主体間の相互作用として経済社会をモデル化し記述していくのだが、このことは必ずしも容易なことではない。これまで社会科学においては、社会の認知方法や、単称命題から一般命題への理論化の方法論などは議論されてきたが、現実を世界モデルとして抽出するという方法論に関してはあまり議論されることがなかったからである。

⁷ミクロレベルからマクロ経済を構成するというのに対し、データがないということも理由とした批判がしばしばある。確かに現状ではデータが圧倒的に不足しているが、マクロ経済学の発展とともに整備されていった SNA (国民経済計算) 統計のように、エージェントベース経済学においても、用いるデータを整備していく必要がある。

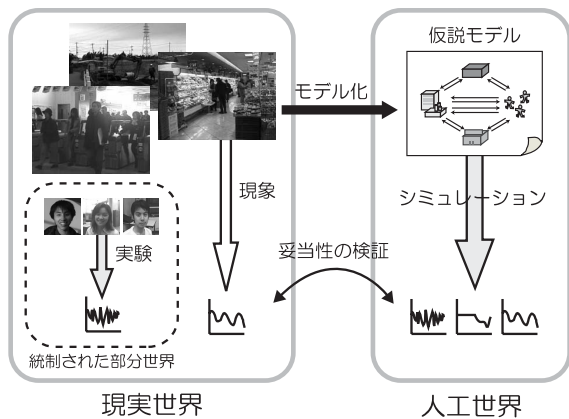


Figure 6: 実験とシミュレーションとの違い

そこで、ここでは現実をモデル化するために、ソフトウェア工学におけるモデリングの知見、特にオブジェクト指向モデリングを社会科学に導入することにしたい。オブジェクト指向による方法では、経済社会の構成要素から、属性と振舞いが共通であるもの(オブジェクト)をまとめ、それを「クラス」として抽出する。また、クラス間の結びつきについても「関連」として抽象化することによりモデル化を進める⁸。

オブジェクト指向の起源がシミュレーション用語(Simula (Dahl & Nygaard 1996))であることからわかるように、オブジェクト指向モデリングは社会のモデルを作成する際に、より自然なモデル化を可能とする。人工経済社会モデルは、現実と同様の要素構成および関係性で構築されるので、表象的な法則に比べ、現実の変化に伴うモデルの変更・拡張が容易になる。個人と社会集団というものは、時代や地域が変わっても社会に在りつづける要素なので、それらをモデルの根本に据えるというエージェントベースの方法は適切であるといえるだろう⁹。

5.2 シミュレーション—動きの中で理解する

人工経済社会モデルを構成する部分モデルは、多くの場合、実証されていない仮説的なものであるため、部分モデル自体を検証しながらモデル全体

⁸オブジェクト指向モデルを表現するには、UML (Unified Modeling Language: 統一モデリング言語 (Booch et al. 1999)) の表記を用いると良いだろう。これにより社会学者と工学者の間に共通言語ができ、円滑なコミュニケーションが実現すると期待される。

⁹ここでの人工経済社会モデルをコンピュータ上で実装する際には、オブジェクト指向による工学的利点も多い。井庭ほか (2000b) 参照。

を構築するという模索的な作業が重要となる。そのため、人工経済社会モデルをコンピュータ・シミュレーションとして動かしながら観察し修正していくのである。これを「探検的モデル構築」(Iba et al. 2000b) と呼ぶ。

シミュレーションとは、用意したモデルと初期条件から、その世界モデルを時間的に展開させていくということである¹⁰。シミュレーションでは仮説をそのまま実行し、それによって生成された現象を観察することによって、その仮説が展開する人工世界についての「経験的な」知見を得ようとするものなのである(図6)。頭の中ではもはや自由に操作することのできないような大規模で複雑なモデルであっても、シミュレーションによって様々な設定を試すことができるのである。

5.3 人工経済社会モデルの作成方針

人工経済社会モデルは経済理論ではなく、ひとつの表現である。そのため人工経済社会モデルにはモデルの簡潔性を求めるのではなく、現実性を重視することが重要である。

科学的方法論では、理論の役割は現象の個別的情報を省き、できる限り簡潔に効率的に説明し記述することによって「現象を節約する」ことであるとした考え方(エルンスト・マツハ)や、少数の過程や変数での表現がよいとされる「オッカムの剃刀」の考え方、また、方法論的道具主義における単純性の基準などが主張されている。またシミュレーション研究においても、できる限り単純なモデルを作成することを指向してきており、「KISS原理(Keep It Simple, Stupid)¹¹」(Axelrod 1997, p.5)が幾度となく主張されてきた。しかし、「各エージェントに実装される機能が単純すぎるために、複雑な実世界の社会的インタラクションの分析に使用するには無理がある」(寺野 1999)との指

¹⁰一般にシミュレーションをコンピュータ上における「実験」ととらえることがあるが、シミュレーションは現実内における実験とは性格が異なることに注意が必要である。実験は現実世界の中で対象によって現象を生成し、それを仮説と比較することによって経験的な知見を得ようとする手段である。また、社会科学においては、ゲーミング・シミュレーションのアプローチもあるが、この場合も内部メカニズムがブラックボックスである人間自身で行われるため、構成モデルの振舞いを見るといってコンピュータ・シミュレーションとは目的が異なることになる。

¹¹”Keep It Simple, Stupid”は、もともとは「シンプルにやれ、ばか者!」あるいは「こら、短くしておけ」(ランダムハウス 1994) という意味の軍隊のスローガンであったが、設計やものごとの方針として様々な分野で用いられるようになっていく。

摘もあり、現状ではこの単純化の原則が過度に適用されていると言えるだろう。

そもそも社会科学においては自然科学におけるような科学的思考の困難がいわれている。自然科学のような時間的にも空間的にも制約をもたない無条件的普遍性のある法則が社会科学において成り立ち得るのかについては甚だ疑問であり、むしろ絶対性はなく、時代制約的であると捉えたほうが良いと思われる。これまでも、ケインズは「経済学が適用される素材が多く、点で時間を通じて同質的ではない」(Keynes 1973, p.296-297)ことを指摘しており、マーシャルも同様に、社会と人間が物理現象とは異なり性質が変化するということを強調していた。

それゆえ、時代によって経済社会の構造や特徴が変化した場合に、部分モデルを交換したり、拡張したりすることが容易なように、人工経済社会モデルは柔軟性を備えている必要がある。これに対し、社会科学理論は、法則性などを簡潔に表すものとして区別される。そこでは、簡潔性や操作可能性、データの入手可能性と特定可能性ということを厳密に満たすようなものとして法則化されるのである。

5.4 Boxed Economy シミュレーション・プラットフォーム

現在、私たちはエージェントベースの人工経済社会モデルの作成・実行の共有基盤として「Boxed Economy シミュレーション・プラットフォーム」を提案し、その構築に取り組んでいる¹²。Boxed Economy では、人工経済社会モデルとして経済社会を記述するための枠組みである「Boxed Economy 基礎モデル」を提供する(図7)。これは、現実社会における経済の主体と要素を、オブジェクト指向分析を用いて非常に高い抽象度で抽象化したものである。この基礎モデルを用いて、具体的な人工経済社会モデルを比較的容易に作成・実行することが可能となり、また、他の研究者とモデルを共有したり、再利用したりすることが可能になるのである。

¹²ここでは詳細な解説を加えることはできないので、詳しくは井庭 ほか (2001) および Boxed Economy Project の WWW ページ (<http://www.boxed-economy.org/>) からダウンロードできる諸論文を参照してほしい。

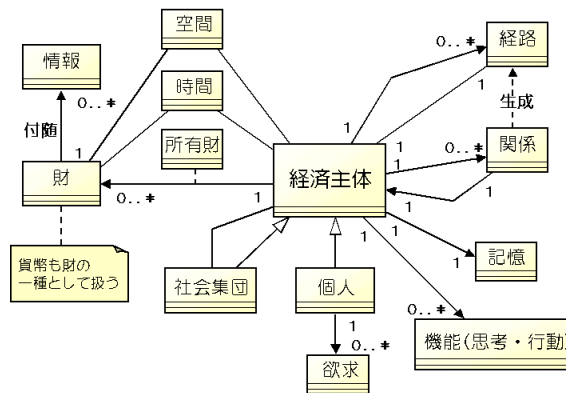


Figure 7: Boxed Economy 基礎モデル (井庭 ほか 2001)

6 エージェントベース経済学の射程

6.1 広がりと変化の経済学へ

一般的に、経済学者や経済政策学者、政策立案者などは、経済社会の一部に制度の変化が起きたときに社会にどのような影響があるかということに関心がある。しかもその影響というのは結果だけではなく、その過程における状態(時間的な変化)や、ある時点における各主体の状態分布など(空間的な広がり)にも注意を払う必要がある。エージェントベース経済学では、各エージェントが様々な機能を組み変えることができるため、政策や技術の導入によって社会構造や制度が変化することを扱うことが可能となっている。また、エージェントによって、広がりをもつ経済社会モデルが展開されているため、社会内部での波及効果なども観察できる。このようなことから金融政策の波及効果の分析や社会保障制度と人々の行動の分析、需要不足と消費の駆動力の分析などをを行うことが期待される(井庭 ほか 2000c)。

6.2 多様な自由の経済学へ

エージェントベース経済学による分析のひとつとして、私はアマルティア・センが提案した問題意識や概念を用いて、貧困や自由の問題に取り組むということを考えていきたい。ここでは、簡単にその方向性を探ることにしよう。

Sen (1985) は人々が享受する自由というものを増大させることを開発(発展)であると捉え、従来のような GNP の増加や所得の向上、工業化の進展ということでのみ開発を捉えるアプローチは不十分であると指摘した。富の蓄積は自由を拡大する手段としては非常に重要なものであるが、それ

自体は目的ではなく、また唯一の手段でもないからである。このような捉え方で貧困と開発の問題を考えるために、Sen (1985) は「潜在能力」という視点を導入した。「潜在能力」(capability) とは、ある人が選択できる「機能」の集合のことであり、その人に何ができるかという可能性を表している。ここでいう機能とは、「ある状態になること」や「何かをすること」を指す言葉である¹³。

このような潜在能力の拡大が経済開発にとって重要とされているのだが、実際の分析においては「潜在能力集合全体に関する情報を集めることの困難さゆえに、このような潜在的な利点も生かすことができないということがしばしば起こることも否定できない」(Sen 1992, p.74) という問題がある。それゆえ、観察不可能な潜在能力集合を扱うかわりに、「現実問題としてはしばしば『達成された機能』のみを分析するにとどまらざるをえない」(Ibid., p.75) として、現実的な妥協を余儀なくされている。

エージェントベース経済学は、潜在能力集合の観察不可能性の問題を超えて、新しい地平を切り拓くことができるのではないかと期待される。現実世界ではブラックボックスである個人が、モデルにおいては内部が観察可能なエージェントとして表現されるため、個人(エージェント)のもつ潜在能力——すなわち価値を認めているもののなかで選択し得る機能の集合——を直接観察することができるようになるのである。それゆえ、エージェントベース経済学は自由や貧困をめぐる問題を、潜在能力と経済的事実との関係として分析し得る可能性をもっているといえる。

潜在能力について考える際に特に重要なのは、潜在能力は単に客観的な選択肢が多いということではなく、その人が大事だと思っているものに注目するという点である。実際エージェントベース経済学では、センと同様に、人間が個人的特徴や社会的特徴をもつ多様な存在であることや¹⁴、社会ネットワークや所属する社会集団などによって制約や可能性が異なることなど多くの前提を共有していることもあり、このような探求によって理

¹³機能には、例えば十分な栄養を得られること、健康状態にあること、回避し得る病気に悩まされていないこと、早死にしないことといった基本的なことから、自尊心をもてることや社会生活に参加できることなどがある (Sen 1992)。

¹⁴Sen (1992) は、個人的特性として、年齢、性別、運動能力、知的能力、病気に対する抵抗力などをあげており、社会的特性としては、相続した資産、自然的・社会的住環境、階級などをあげている。

論発展を促進することができるのではないかと期待される。

7 エージェントベース経済学の導く社会科学に関する結論的覚書

私たちの目標は社会を理解するということである。その意味からすると、本論文の題目も「エージェントベース経済学試論」ではなく、「エージェントベース社会科学試論」とすべきものであるように思われる。それにもかかわらず、私があえて「経済学」という名称を用いるのは、研究の発散を防ぐ戦略的な配慮からである。「総合化の持つ遠心力が議論を拡散させるのを避ける」(西部 1997, p.50) ために、ここではあえて経済行動に焦点を絞った上で、社会科学の総合化を準備するということが重要となる。これはまさに「科学的総合という大胆なテーマに臆病に近づくとする方法」(西部 1997, p.12) なのである¹⁵。

本論文で考察したような取り組みは、様々な分野の研究者や実務家とのコラボレーションによって進めていくことが不可欠である。私たちはモデルの前提として、F.A. ハイエクの指摘するような分散的知識というものを重視しているのであるから、モデルを単一研究者の視点から作りあげようとするような罠に陥らないように注意しなければならない。とかく「経済学は経済主体とおなじく認識者・分析者である自分をも全知・全能の立場におく傾向がある」(塩沢 1997, p.60) ためになおさらである。

本論文では、エージェントベース経済学の構築にあたり、これまで不明確であったモデルと理論との関係を整理し、現実と経済理論の間に人工経済社会モデルという中間領域を設けるということを提案した。そして、エージェントベース経済学の構想と、その準備としての人工経済社会モデルの考察を行った。さらに、一つの適用可能性としてアマルティア・センの潜在能力アプローチとエー

¹⁵エージェントベース経済学では、政治や文化のダイナミズムなどは中心的な事柄としては扱わない。しかし、決してこれらを排除するものではなく、あくまで戦略的接近方法のためであると捉えていただきたい。経済政策を論じるためには、Dams (1990) が指摘するように「経済政策の理論の実行可能性が求めていることは、議論されている変化の過程そのものも政治的活動主体の影響下にあるものとして分析されねばならないということである」ため、最終的には政治的な要因も取り入れる必要が出てくると思われる。政治や文化のダイナミズムが入ったならば、もはやエージェントベース社会科学と呼んでも差し支えなくなるだろう。

ジェントベース経済学との接点を探った。本論文のこれらの提案は、Boxed Economy Project の活動によって実現していく心積もりである。その意味で、本論文はそのような壮大な研究における小さな到達点であり、通過点なのである。

謝辞

本論文の執筆において有益なコメント・刺激を頂いた慶應義塾大学の岩村拓哉君、津屋隆之介君、廣兼賢治君、東京大学の鈴木健君、そして Boxed Economy Project のメンバーに感謝します。

References

- Axelrod, R. (1997), *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*, Princeton University Press.
- Basu, N., Pryor, R. J. and Quint, T. (1998), 'ASPEN: A microsimulation model of the economy', *Computational Economics* **12**, 223–241.
- Booch, G., Rumbaugh, J. and Jacobson, I. (1999), *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison-Wesley. グラディ・ブーチ, 『UML ユーザーガイド』, オージス総研オブジェクト技術ソリューション事業部 訳, ピアソン, 1999.
- Bruun, C. (1997), Agent-based Keynesian economics, *Simulating social phenomena* (Conte, R., Hegselmann, R. and Terna, P.(eds.)), Springer-Verlag, pp. 279 – 285.
- Dahl, O.-J. and Nygaard, K. (1996), 'Simula — an algol-based simulation language', **9**, 671 – 678.
- Dams, T. (1990), Zur Diskussion um eine eigenständige wissenschaftliche Disziplin 'Theorie der Wirtschaftspolitik', *Beiträge zur Gesellschafts- und Wirtschaftspolitik. Grundlagen-Empirie-Umsetzung*, Kunihiko Jojima zum 70 (Dams, T.(ed.)), Geburtstag, Duncker & Humblot. テオドル・ダムス, 「固有の学問分野としての『経済政策の理論』をめぐる討論」, 坂昌樹 訳, 『社会経済学の視野と方法: ドイツと日本』, 八木紀一郎, 真継隆 編. ミネルヴァ書房, 1996 (一部所収).
- Epstein, J. M. and Axtell, R. (1996), *Growing Artificial Societies: Social science from The Bottom Up*, The MIT Press. Joshua M. Epstein, Robert Axtell, 『人工社会』, 服部正太, 木村香代子 訳, 共立出版, 1999
- Heyek, F. A. (1945), 'The Use of Knowledge in Society', *American Economic Review* **35**(4), 514–29. F.A. ハイエク, 「社会における知識の利用」, 『市場・知識・自由: 自由主義の経済思想』, 田中真晴, 田中秀夫 編訳, ミネルヴァ書房, 1986 所収, p.52-76.
- Iba, T., Hirokane, M., Kawakami, H., Y., T. and Takenaka, H. (2000), Exploratory model building: Toward agent-based economics, 第四回進化経済学会論集.
- Iba, T., Hirokane, M., Takabe, Y., Takenaka, H. and Takefuji, Y. (2000), Boxed Economy Model: Fundamental concepts and perspectives, *Proceedings of Computational Intelligence in Economics and Finance*.
- Keynes, J. M. (1973), *The Collected Writings of John Maynard Keynes*, Vol. 14, Basil Blackwell. 根井雅弘 訳.
- Robinson, J. (1971), *Economic Heresies: some old-fashioned questions in economic theory*, Macmillan. J. ロビンソン, 『異端の経済学』, 日本経済新聞社, 1973.
- Schumpeter, J. A. (1926), *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung: Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus*, 2nd revised edn, Duncker & Humblot. シュムペーター,

『経済発展の理論』(上)(下), 塩野谷祐一, 中山伊知郎, 東畑精一 訳, 岩波文庫, 1977.

- Sen, A. (1985), *Commodities and Capabilities*, North-Holland. アマルティア・セン, 『福祉の経済学: 財と潜在能力』, 鈴木興太郎 訳, 岩波書店, 1988.
- Sen, A. (1992), *Inequality Reexamined*, Oxford University Press. アマルティア・セン, 『不平等の再検討: 潜在能力と自由』, 池本幸生, 野上裕生, 佐藤仁 訳, 岩波書店, 1999.
- Simmel, G. (1917), *Grundfragen der Soziologie: Individuum und Gesellschaft*, Walter de Gruyter. ゲオルク・ジンメル, 『社会学の根本問題』, 清水幾太郎 訳, 岩波書店, 1997.
- Tesfatsion, L. (2000), 'Agent-based computational economics: A brief guide to the literature'.
- 井庭崇 (2000a), 「エージェントベース経済学の構築に向けて」, *Be Ambitious Conference 2000 (BAC2000)*.
- 井庭崇, 岩村拓哉, 廣兼賢治, 竹中平蔵, 武藤佳恭 (2000b), エージェントベース社会シミュレーションのためのフレームワークデザイン, 技術報告, フジタ未来経営研究所.
- 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 (2001), 「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.
- 井庭崇, 中鉢欣秀, 高部陽平, 廣兼賢治, 津屋隆之介, 田中潤一郎, 上橋賢一, 北野里美, 高松祐三, 石渡元春, 竹中平蔵 (2000c), 「箱庭経済シミュレーションの基礎モデル、および政策分析への可能性」, 政策分析ネットワーク 政策メッセ.
- 岩村拓哉, 廣兼賢治, 井庭崇, 竹中平蔵, 武藤佳恭 (1999), 「エージェントベース経済シミュレーションのためのフレームワークデザイン」, 第 8 回マルチエージェントと 協調計算ワークショップ (MACC99).
- 内田隆三 (1979), 「性のトポロジーへ——mar-cer-norm——」, 女性の社会問題研究報告 (3), 49–68.
- 厚東洋輔 (1991), 『社会認識と創造力』, ハーベスト社.
- 塩沢由典 (1997), 『複雑さの帰結: 複雑系経済学試論』, NTT 出版.
- 橋爪大三郎 (1978), “記号空間論” の基本視座, ソシオロギス (2), 1–10. 『リーディングス 日本の社会学 1: 社会学理論』(塩原勉, 井上俊, 厚東洋輔編, 東京大学出版会, 1997) に再録.
- 橋爪大三郎 (1993), 『橋爪大三郎コレクション I 身体論』, 勁草書房.
- 橋爪大三郎 (2000), 『言語派社会学の原理』, 洋泉社.
- 武邑光裕 (1999), 「ヴァーチャル・リアリティという『現実』」, 『メディアの遺伝子: デジタル・ゲノムの行方』(武邑光裕 (編)), 昭和堂.
- 出口弘 (2000), 『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.
- 寺野隆雄 (1999), 「社会科学を実験科学に: エージェントで社会をみる」, 人工知能学会全国大会 (第 13 回) 論文集 pp. 34–39.
- 西垣通 (1997), 監修者序文, 『ヴァーチャルという思想』, フィリップ・ケオー, NTT 出版.
- 西部邁 (1997), 『ソシオ・エコノミックス』, 中央公論社.
- 茂木健一郎 (1999), 『心が脳を感じる時』, 講談社.
- ランダムハウス英和大辞典第 2 版編集委員会 (編) (1994), 『ランダムハウス英和大辞典』, 2 edn, 小学館.
- 若林幹夫 (1995), 『地図の想像力』, 講談社選書メチエ.