

2008年度経済シンポジウム

テーマ：「失業・環境・エネルギーのマルチエージェントシステムによる接近」

討論 「マルチエージェントシステムは経済学を救うか」

2008年11月28日（金）

司会	岡村宗二（大東文化大学）
討論者	荒井一博（一橋大学） 磐田朋子（東京大学） 藤井秀昭（三菱総合研究所） 松尾誠治（東京大学） 浦田健二（大東文化大学） 古屋核（大東文化大学）

司会（岡村宗二） マルチエージェントシステムに至るまでの経緯を若干述べさせていただきます。われわれの場合には、新古典派の経済学をどの程度勉強したかどうかによって大学院に受かつたり受からなかつたり、Ph.D.あるいは博士学位を取れるか取れないかということになつてゐたわけです。そしてその事情は今でも変わっていないだろうと思います。

ところが、若い研究者の方は今でも冒険は冒せないかもしれません、分かってきたこと、あるいはestablishされた経済学者の間からも、（伝統的経済学は）今日の経済問題、社会問題を解決するがもはやできないだろうということでした。Arrowは一線の論文を書いているときに、すでにそう感じていたようです。短い論文だったと記憶しています。

経営学者などによれば、経済学は都合のよい概念とロジックを使いたがる。経済学の場合にはどうしても物理学を使いたい希望もあったわけですから、そこで物理とか天文とか言われるような仕方がかなり重宝され、エージェントを考えるといつても、今日の話しのようなマルチは想定しても、そこに意思決定が影響し合うというようなことを考えることはかなり難しかつた。ゲームの理論ではそれを行つたわけですが、そこにも限定があつたかと思います。

最近のゲーム理論というのを理解していないような気もしますけれども、開発途上にあることは事実。ただし、ゲーム理論は昔ラショナリティに依存して展開したようですが、これも新古典派経済学に対する一つのresistではないでしょけれども、発展形というのでしょうか、限定合理性などを入れた形でゲームの理論が展開されている。あるいは進化ゲームなどが展開されている。こういう経緯でまとめて見ることが必要かと思いまして、実験経済学とか、行動経済学とか、神経経済学とかを「討論資料」（別添）にノートしました。

それから、経済学はどうしても連続的な変化を考えがちです。しかし、われわれが目的として

いるような変数の動きを説明する場合、例えばGDPでも失業率でも何でもけっこうかと思いますが、ストンと変化してしまうようなことがあるわけです。浦田（健二）先生などは前やられたはずですけれども、その場合にはいわゆる chaos で説明していく。これは確定的な理論で、飛ぶようなあるいは混沌とするような動きを説明するわけです。突然の動きあるいは動きらしいものが、規則らしいものがないように見えるけれども、何か規則に従っている。こういう分析も出てまいりました。

chaos の以前に実は catastrophe というのがあります、ぼくはこの catastrophe を多少勉強しました。この catastrophe を勉強し、自分のモデルに使うことによって不連続を説明できました。しかし不連続は説明できても、その先どうなるのか、ミクロのエージェントがどういうふうにかかわるのか、かなり勝手な説明はできるのですが、やはりあまり人を引き付けるような説明にはなりませんでした。それは catastrophe 理論の欠陥というよりも、ぼくのモデルがチャチだったからということだとは思いますけれども、他の人の試みもいろいろあったようです。

マルチエージェントシステムと言われるようなものは、これはあとで松尾先生にもお聞きしようかとは思いますけれども、そんなに古いということでもないようです。経済学の場合にも、すでに新古典派経済学に限界を感じ、新古典派経済学を実験で検証しようじゃないかとか、多少相互依存性を入れようじゃないかというような方向での試みがありました。今日、マルチエージェントシステム分析は、私ども岡村、松尾、荒井（一博）の3人の研究報告をお聞きになって、大体こんなものかと検討がついたかと思います。

行動経済学と言われる分野で積極的に発言している経済学者としては、ぼくの理解している限りでは、古屋（核）先生の先生、U.C. Berkeley の George Akerlof がいます。ご承知のとおりノーベル経済学賞を少し前にもらっておりますけれども、ぼくは Akerlof さんの 1970 年代の論文を読んでいます。最近の具体的なモデルについてはフォローしてはおりませんが、（行動経済学に関するフォーマルな論文も）書いているかもしれません。新古典派盛んなりし頃に情報の非対称性であるとか公正概念といった新しい仮定を導入していました。最近ですと、個々の経済主体がどのような行動をとるのか、しかも心理あるいは心理学の見地などを持ち込んできて分析しよう、分析すべきであるということを述べられていると理解しております。

マルチエージェントシステムが Akerlof にどのように関係するのかというようなことはさて置いて、私の方から古屋先生にちょっと教えていただきたいのですけれども、先生が Berkeley にいたときに、Akerlof 先生はどのような形で行動経済学をとらえていたのでしょうか。まだその頃はあまり考えられていなかったのでしょうか。

古屋核 一言で言うと、今の行動経済学よりももっと新古典派に近いかたちで展開していたというふうに記憶しております。私が Berkeley いたのは 1990 年代の初めですが、その当時の Akerlof の仕事でいちばん行動経済学に近かったものの一つは、限定合理性の分析でした。新古典派が前提とする合理的主体は、与件の変化に応じて最適化をし直す際、次元の低い（正式には second-order と呼ばれる）誤差、最適解のそばだとほとんどゼロに近くなってしまうような誤差ですね、それまでも考慮することになっています。一方、限定合理的な主体は、最適化を行う

際の認識・計算コスト（英語でいう optimization cost）を考慮し、そのコストと、最適解の近傍で誤差を埋めることによる利得がマッチしない場合（計算コストの方が行動修正による利得よりも高くなってしまう場合）に、最適解の近傍で満足してしまいます。このように、限定合理性の仮定は（ミクロレベルでは）新古典派のフレームワークにかなり近いのですが、（個別主体の限定合理的行動が積み重なると、マクロレベルでは）いろいろな経済上の不都合といいますか、景気循環とか失業とかが起こってしまう、そういうことを当時の Akerlof は考えていた。

それから、もう一つ（Akerlof の仕事で行動経済学に近かったもの）は「先延ばし行動」の定式化でした。新古典派による従来のアプローチでは、動学的最適化を行う主体は、将来の価値を一定の率で（たとえば毎期 10% ずつ）割り引くと仮定します。一方、Akerlof はより一般的に、割引率が一定でない場合、たとえば一期先の割引率が 20% でそれから先の将来の価値は毎期 10% ずつ遞減する、といった状況（現在の行動経済学でいう双曲割引 =hyperbolic discounting がなされる状況）を考えました。非常に近い将来は割引率が非常に高くて、その先は割引率が低いという状況です。この結果、「将来は心配だが、とりあえず今日明日は何もしたくない」という先延ばし行動が定式化でき、過剰消費・過小貯蓄なども説明できる、というような研究をやっていました。

答えが長くなつたのですが、まとめると、「新古典派に非常に近い設定を保つつつ、ほんの少し誤差やバイアスを導入したら、大きな結果の相違が生まれるだろうか」という問題意識で行動経済学的研究をやっていた、ということかと思います。

岡村 ありがとうございます。

松尾先生にお聞きしたいんですけども、「討論資料」の中で現在の行動経済学も含めて、今日展開されているような行動経済学と George Akerlof の行動経済学は少し違うかもしれないというお話ではありましたけれども、進化ゲームなども含めて、（松尾）先生がぼくに教えてくれたマルチエージェントシステムというようなアプローチの中で、これは共通するとか、あるいはこの点は使えるんじゃないとか、何かそういうような感じ、あるいは印象は持たれましたか。

松尾誠治 私は基本的にエネルギー畠でマルチエージェントに取り掛かろうと思いつめまして、もともとはマルチエージェントとは呼ばれておらず以前は自律分散系という表現を使っていまして全体を最適化するよりも個々のエージェントが自律的に分散的に制御するというところから始まりました。例えば関東でパイプラインを敷く際に、次々に足していくごとにもう 1 回全体の最適化をせずに計算ができないかという問題が一つの例です。その後は、今日もお話ししましたように、エネルギー・環境・経済という分野の融合をこれからは考えなければいけない時代になつたということで、経済の分野にも私の興味が向いてきました。

マルチエージェントに向く、向かないというところの一つの視点として、時定数みたいなものはまず考えなくてはいけないなというところがあると思います。瞬時に変化するようなものであればダイナミクスの検討の必要もありませんし答えはすぐ出ますし、教育の成果のような長いスパンで見なければいけないもの、政府の政策などいろいろなモードを持っていますので、それを意識した上でマルチエージェントに向くか向かないかということを考えることが一つ大事かなと

思います。それから、経済ということで経済におけるシステム論を見させていただいたたのですけれど、非線形に対する拡張は進んでいる部分はありました、時定数を考慮したりエージェントを考えるという部分はまだこれからのような感があり、今日の岡村先生の例もありますようにマルチエージェント向きのものが多く、まだまだ開拓の余地があるものと私個人は思います。

岡村 どうもありがとうございます。

マルチエージェントシステムの欠陥みたいなものも見えてくるんだろうと思いますけれども、今日討論会に参加していただいている先生方にマルチエージェントシステムというような分析について何か感想みたいなものがございましたらお話し下さい。荒井先生あるいは私の場合には、この分析は使えそうだというので、ちょっと前に作業を開始したわけです。私の場合、3～4年前から松尾先生の先生（東京大学）といろいろな雑談の中で、こんなものが実はあるんだというようなことは聞いてはいたんですけども、そんなものできるかなという半々の面持ちでした。「今頃やっても遅いかな」という気もあったわけです。

ただ、やってみると、荒井先生などにもお話ししましたが、（マルチエージェントシステム分析を行う研究者との）共通項みたいなものが見つかってきたわけです。浦田先生、磐田（朋子）先生、藤井（秀昭）先生、こんなものの経済学で使っていいのかとか、あるいは、いやいや、こういう意味ではこんな使い方もあるのではないかとかいう印象みたいなものがございましたら…。磐田先生の場合、先ほど（報告）の地域政策とか、あるいは環境政策などを考える場合、最近のhot issueになるわけですけれども、利用すべきだし、また何か益があるということで、マルチエージェントシステムに関心を持たれたかとは思います。さて今一度、各先生方でそういう印象ないしはこういったものは分析できないのかとか、そういうことでもけっこうですから、一言コメントを頂ければ幸いです。

まず磐田先生の方から。

磐田朋子 実際のところ、環境学分野でマルチエージェントモデルはあまり使われていません。新エネルギーの電力取引の売買でどれだけ新エネの取引量が増えるかといった予測モデルという形で使われた研究事例はありますが、その他の事例は多くはありません。

やはりマルチエージェントモデルを地域の環境システムなどまで広げて考えようすると、エージェント数が増えてしまうという問題以外にも、エージェントの多様化が問題となります。エージェントモデルを組むためには、その人たちの行動や意思決定プロセスをかなり正確に把握しなければいけないし、網羅的に把握したとして予測したとしても、その結果が本当に正しいかどうかの検証が難しい点が課題だと思います。

ですので、今の段階では本当に細かい事象で、例えば先程の私の話だと農家と畜産農家の堆肥のやり取りだとか、そういったところである程度マルチエージェントシステムを試してみて、その結果が現実と合っているかどうかなどの整合性を確かめつつ、少しずつ進めていく段階なのかなという印象です、まだ。

岡村 藤井先生いかがでしょう。

藤井秀昭 私の印象としましては、私は常日頃シンクタンクで調査研究に携わっている身にあ

りますが、最近の環境政策やエネルギー政策につきまして、その政策の評価、政策がふさわしいものであるのかどうか、あるいはどういった政策設計が望ましいのかを考えています。しかしながら、非常に複雑な人間の行動であるとか、そして人間と環境との関係、あるいは人間社会とエネルギーの需給等の関係は非常に複雑なものであり、これをいかにして、人間社会に対して最も望ましい制度設計や政策設計を行わなければならないわけです。これらを評価する場合に、それでは、これまで経済学はどの程度そういったことに対して問題解決ができるような枠組みであるとか、分析であるとか、ものの考え方を提供できたかどうかということをあらためて問い合わせる時期が来ているかと思います。

この点については最近の流行とも言えることですが、「見える化」ということがあって、すべてのものについてなるべく定量的に物事を評価するという流行がありますが、これに対しては、今日ご説明をいただいた MAS（マルチエージェントシステム）モデルをみてみると、私個人的には非常にポテンシャルがあつて、将来的にいろいろな問題に対してツールとして使える可能性はあるのではないかと思ってはいるのですが、ただ、その一方で、いろいろと複雑系の問題がすでに明らかになっているように、あるがままの複雑なものを 100% もしモデルとして仮に組み込むことが構築できたとすると（これはたぶん不可能なことだと思うのですが）、そうしたときに、では 100% の複雑な現実をモデル化して実験をしてみましょうということが、はたして意味があるのかどうか。何が本質かを外してはなりません。

したがつて、そのモデルを使うときに、先ほど磐田先生からもご指摘があつたように、現実の問題の範囲の設定というか、どこまでをこのモデルとしてとらえて、それを本質的に誤りのないモデル化を遂行する。もっと言えば MAS モデルで構築したモデルでシミュレーションを行う。シミュレーションで出た結果をどのようにして評価するか。その絶対的な評価がはたして先ほども検証不可能だということをご指摘されましたか、そうであれば、その結果が、例えば先ほどの政策変数だとか文化変数といったようなものを導入するのであれば、その結果に関するセンシティビティ、感度分析という形で MAS モデルのシミュレーション結果を評価するしかないのかなというような気もするのです。

ただ、先ほど言いましたように、では経済学はそれに代わるものこれまで提供できたかというとそうではなくて、できればぜひ岡村先生にこの分野に伝統的な経済学のそういったこれまでの多くの知見を利用して、その MAS モデルに伝統的な経済学の良いところを、分析のこれまでの蓄積を応用した形で発展的に MAS モデルの構築の研究を進めていただければと思っています。

岡村 どうもありがとうございます。

浦田先生いかがでしょうか。

浦田健二 これまでの話を聞いて気付いたこととして、やはりミクロ・マクロレベルというのを強く意識するということが大事ではないかと思うのです。マルチエージェントモデルというのはまずミクロは設定しなければいけないわけです。各エージェントのいろいろな入力情報、それから判断、学習能力、すべて（MAS の設計者が）設定しなければいけない。

この磐田先生の話でも松尾先生の話でも最終的にはたぶんそれぞれの分野のミクロレベル、

エージェントのレベルでどういう情報をエージェントは集めていて、どういう判断をして、そしてどういう行動をとるか。そして失敗したらどう学習するか。(エージェントの意思決定過程)分析なさると思うのです。その部分をきっちり押さえ込まないと、マルチエージェントモデルとしては、たぶん意味がなくなってしまう。

今日の報告者は非常に細かいいろいろなことを分析しているようですので、これらをもとに、これからエージェントの設計を組み立てていくつもりなんだな、と肯定的に印象を持ったんすけれども。

実は私がとても期待しているのは、各エージェントのそういう個々の振る舞いが何かもっと、先ほどの環境の問題などでもそうなのですが、(ミクロの行動から当然予測することができないような)マクロ的現象を引き起こす、というシミュレーションができることです。ミクロの行動は良いと思ってもマクロ的に見るとだめだというのがあるので、それを検証するのにはMASモデルというのは意外といい。しかもミクロのレベルで画一的に仮定しなくていいので、個々の事情を全部考慮しつつ、たとえば、各地域ごと、各消費者の、各国のそれぞれの事情を考慮しつつ組み立てられる。そういうことに大きな意味があるんだろうなと思います。

岡村先生の最後の話でこういうかたちで出てきているんですけれども、MASが直接、経済学に対してどの程度の役割が果たせるのかなというのが気になるんです。実は私自身はとにかく理論モデルというのは動的でなければならぬと思っていまして、動的の中に均衡がある。だから動的モデルを構築しなければ意味がないと基本的には思っているんです。その時に動的モデルというのは我々が理解できるものでなければいけない。何がどう動いているかということが、何が原因でこうなって、どうしてこうなっているのか、そういうことが説明できないとモデルとしては意味がないと思うのです。

その(マクロ的に見た動的)モデルをつくるために、MASは役立つのではないか。エージェントに対していろいろ仮定をしていいんですから。勝手な仮定をしていいと思うんです、私は。どんどんいろいろな可能性を仮定して、そして例えば為替市場とか、失業の話でもいいです。マクロレベルでどうなるかということをもうあらゆる可能性を調べて、つまりそういう意味では完全に実験をする。人間の行動というのは実験できませんから、実際の社会では実験できませんので、完全に実験をしてほしい。あらゆる可能性で実験をしてほしい。ちょっとあり得ないこととも全部入れ込んで、あらゆる可能性でとにかくシミュレーションをしてやってほしいと思います。

岡村 シミュレーション実験でいいんですか。

浦田 ええ。でいいんじゃないかと。でもそこから先をさつき言いましたけれど、マクロなレベルで見たときにどのような規範があるのはルールか、あるいは微分方程式かもしれないけれども、マクロレベルで平滑化したときにどのように見えるかということを見出せればいいと思うのです。

それから少し気になったのは、ミクロレベルでどうすることを仮定するかというのはシミュレーション結果に確かに効いてきてしまうのでミクロレベルでいったい何を設定していく、どう

いう条件があってというのを全部列挙してもらって、それで1個1個チェックしていくということをやる必要があります。それでその中のパラメーターをどう変えるか、変数をどう変えるかというもうあらゆる初期条件を試す。

初期条件は自動的にコンピューターの中で変えることもできると思うので、もうバーッと全部やらせてしまう。それで結果を見てマクロレベルでどういうことが起こるかということを見て、マクロレベルでの定式化というのを逆に行うことによって、新しい法則が発見できるのではないかと私は経済に期待しているんですけれども（笑）。従来のものがもし疑念があるなら、そういうふうにして新しい活路を開いていたらどうか。そういう意味でMASというの非常に重要なツールではないかと考えます。

岡村 ありがとうございます。

価値があるんじゃないかというようなことを言われて、ややほつとしているところです。私はマクロ、荒井先生はミクロをやられていて、最近は「信頼」とか、（食品）「偽装」とかやっています。今の浦田先生の経済学に対してのMASの役割ということに関して言えば、ミクロ経済学あるいはマクロ経済学の分野で、ぼくも荒井先生も実は（伝統的）ミクロとかマクロという、そういう切り口で経済現象を分析しようという気持ちは最近薄れています。正直なところ（マルチエージェントシステムは）面白そうだな…、経済学に対して一定の役割を果たすことができると当初に直感しました。

その点、荒井先生はいかがでしょうか。

荒井一博 今日の松尾先生のお話の中にAxelrodの名前が出てきましたけれども、もうかなり昔のことになりますが、Axelrodの本を読んだときにたいへん読み面白い分析だなと思いました。そして、その後で研究をしたり文章を書いたりしているときにも、Axelrodはこういうことをやっていたとずっと頭に残っていて、彼の研究成果は私の研究や著作に非常に参考になった次第です。

先ほど岡村先生が新古典派経済学の問題点についてちょっと触れましたけれども、たしかに新古典派経済学には重大な欠陥があります。今日ではいろいろな新しい経済学が出ておりますが、私が学生であったころは近代経済学と呼ばれる新古典派経済学主体の経済学が大多数の学生の勉強の対象でした。そして、その頃は成長論や一般均衡論、あとはマクロ経済学ぐらいしか主要な研究分野がなくて、私は経済学って面白くない学問だと思ったものです。しかし、今では多様な考え方方が生まれ、学際的な研究も進展して、経済学も非常に面白い学問になっておりまして、ちょっと生まれてくるのが早すぎたかなと感じています。

過去十数年の間に、新古典派経済学やそれから派生した市場主義や新自由主義が跋扈しまして、大きく誤った認識が日本社会一般や世界に広まったと私は考えております。いろいろな面でそれは広まつたと思いますが、例えば雇用では流動化が唱えられました。雇用の流動化がまるでキャッチフレーズのようになりますが、雇用は流動化しているほどいいんだというような雰囲気になりました。極端な場合、労働者はもう毎日違う会社で働くような、非常に流動的な社会がいいんだということを主張する人まで出てきております。つまり全労働者が日雇い労働者になるべきだという意見です。これは新古典派経済学的な発想の極端な例だと思います。規制は少ないほどいい、

政府は小さいほどいい、個人の自由は大きいほどいいという発想です。

しかし、人間の労働というのは他の投入物と違うんです。他の投入物は、例えば電気をどのくらい投入したらどのくらいの力が出る、あるいはこの機械を何時間使ったらこれくらいのアウトプットが出るとはつきりしていますけれども、人間労働のインプットはいろいろ微妙な条件によって力がたくさん出る場合と少ししか出ない場合があるんです。また、協力的になったり非協力的になったりするんです。創造的になったり、非創造的になったりすることもあります。違ってくるんです。労働があまりにも流動的な場合は、力が出なかったり、非協力的になったり、非創造的になったりすることが多いんです。新古典派経済学・市場主義・新自由主義は、そういうことをまったく無視しています。

これと関連しますが、人間と人間は相互作用します。相互依存関係、それがものすごく重要なんです。組織の中で人間と人間は必然的に相互依存関係にありますから、その相互依存関係が分析できる方法でないと正しい経営判断や政策判断ができない、予測ができない、間違ったことが起こる、あるいは効率性が下がってしまうという問題が起こります。そういうことを考えますとマルチ・エージェント・システムの方法というのは非常に有益だと思います。

もう少し具体的に申し上げますと、組織で働く個々の人間というのはそれぞれ価値観を持ってますよね。それから価値観の一種である他者に対する期待がものすごく重要です。自分がこう行動したらほかの人はどう反応するのか、そういう期待を持ってみんな組織の中で働き、あるいは社会一般でも生活しているわけです。そういうものをモデルの中に明示的に入れられるような、そういうモデルがあったほうがいいと私は思うのです。今はあまりないんですけども。そういう要因を導入できるという意味で MAS モデルは非常に有意義ではないかと思います。

先ほど触れました雇用の流動化ですが、人間をあたかも機械や部品などの物財と同じように見なす社会観・世界観が、過去十数年の間に日本の社会、そして世界を覆ったことによってどういう弊害が出てきたのか考えていただきたいと思います。職場が非常にギスギスしたものになってしましましたね。それを告発する本や雑誌の記事が最近は出ています。私はそうしたことが始まる前、1997年ごろからそういうことを警告したんですけど、その当時は真剣に聞く人があまりいませんでした。技能形成がうまくいかない、先輩が後輩に知識や技能を教えない、教えたたら自分がクビになってしまうかもしれない、後輩のほうが若いから能力をどんどんつけてきて自分はクビにされてしまうかもしれない。そのような状態が現在多くの職場で起こっています。

それから社会資本がだんだん切り崩されています。社会資本というのは信頼や規律を生み出すような人間関係ないしはネットワークです。こうしたネットワークが善を奨励し悪を監視するから、多くの人は安心して生活し働くことができるのです。しかし、新古典派経済学には社会資本とかネットワークという概念がないので、とにかく個人の利益を最大化すればよい、法が禁じていなければ何でもする、発覚しにくければ法も犯すというような社会になってきました。ネットワークとか社会資本は経済学のなかで広い意味の外部性の概念ですが、新古典派経済学にはそういう概念がないので、新古典派経済学・市場主義・新自由主義の跋扈とともに、そういうものの崩壊がどんどん進行してしまったのです。

したがって、MAS アプローチの一つの応用例として、組織で働く人たちの価値観とか技能、また組織の技術や経営方針というようなものを入れたモデルを作る。さらに、マスメディアの影響というのはものすごく大きいので、それも入れる。そういうモデルが考えられてよいと思います。

1990 年代の終わりぐらいから雇用の崩壊がかなり進みましたが、そのことにはマスメディアの影響が強く作用しているんです。その当時、終身雇用制は崩壊したというような記事や主張が毎日のように新聞に載っていました。終身雇用制は崩壊した、終身雇用制は崩壊したと。もし本当に崩壊したならば何十回、何百回も言うはずはないですよね。例えば阪神淡路大地震が起きたと何十日間も繰り返して言いますか。誰もしないですよね、そんなこと。1 回言つたら終わりです。「終身雇用制が崩壊した」と繰返し言うことによって、すべての経営者や労働者にそうしたメッセージを何回も送って、経営者はもう高い雇用保障を設定する必要はないんだ、労働者は企業に頼ることはできないんだと思わせる。そのようなマスメディアの影響というのがありました。こうした影響もモデルで分析できます。

関連したことを追加すると、過去十何年か二十年ぐらいの間、日本の学校教育も個人の自主性とか自立性といった価値観をずっと強調してきて、人間関係をどういうふうにしたらいいのか、先ほど触れ社会資本・ネットワークをどのように形成し維持するのか、そういうことはあまり教えなくなってしまいました。ですからもう学校が崩壊してしまうとか、授業が成り立たないとかのケースが多数発生しています。個人の自主性や自立性ももちろん重要ですが、それだけで人間は生きて行かれないと、あるいは効率的な組織や社会を形成し維持できないのです。そういうことも学校で教える必要があります。すると組織や社会における個人の行動が変わってきます。

以上で取り上げたすべての要因、すなわち学校における教育、企業の技術や経営方針、それから個人の技能や知識や価値観などを取り入れた MAS モデルができると面白いと思います。教育とか経営方針は個人の価値観や他者に対する期待に影響しますよね。こうした MAS モデルはたぶん作れるのではないかと思います。そうしますと、教育でどういうことを教えたらいいのかとか、あるいは経営方針をどういうふうにしたらどういう効果が生まれるのかとか、そのようなことをある程度正確に分析できるのではないかと思います。それは一つの例として、今ちょっと思いついたんですけど。

岡村 ありがとうございました。

ここで「マルチエージェントシステムは経済学を救うか」ということですが、結論で「救わない」などということになってもいいんですけども、今日われわれの話なり報告をお聞きになつて何か感想等がございましたら、あるいは質問等がございましたら…。それを受けてからまたわれわれの方で討論を進めるということにしたいと思いますので、とりあえずは川野（幸男）先生も含めまして、もしございましたら…。神谷（諭一）先生、いかがですか。神谷先生は数学者と理解しています。感想でもけっこうです。あるいは、こんなのは時間の無駄だ、電気代の無駄だというのでもけっこうかと思うんですけども。

竹内亨夫 ごく素朴な質問をさせていただきます。そのモデルをつくってシミュレーションを

行うということになると、何らかの意味で数量化をしなければならないのではないかと思うのです。例えば先ほどの荒井先生の中でも説明していた価値観であるとか、こういうようなものをどうやって組み込んでいくのか。ごく素朴な質問ですけれども。

岡村 これはぼくが答えるてもいいかと思うんですが、とりあえずプロの松尾先生から。価値観をどう組み込むか。先ほど磐田先生の場合には、アンケートからですが…。

磐田 そうですね。価値観とか定量化が困難なものに関しては、指標は「いい」「悪い」とか、「よい」「普通」「だめ」とか、そういう指標の設定方法もあり得ます。

岡村 そうですね。価値観を絶対量で表現することはまず不可能だと思います。ですから、例えば、いちばん高いのが1、「何もない」をゼロとして、その間で適当にウエイト付けするという方法しかできないといいますか、それが可能ではないかと思います。

ある人がリンゴを食べて「8」(だけ) おいしかった。別な人は「7」おいしかった。だから、8おいしかったという人の方にリンゴをあげましょうということにはたぶんならないでしょう。ある人の「8」と別の「8」は、どの程度 (?) …。重みを付けなくてはならないかもしれませんけれども、ある一定の量的なものを与えるということは可能かもしれません。しかし、たぶん竹内先生が言っているような意味で、眞の意味で価値を量的に表現するということは不可能だと思います。あとは順序付けくらいでしょうか。

浦田 二つに分けて考えたほうがいいのではないかと。まずは価値観を持つためには(エージェントが受け取る) 情報が必要です。どういう種類の情報を獲得するのか。その情報をどのぐらいの頻度で受け取るのか。アナウンス効果みたいなものがありますので、情報がどのぐらい社会の中で流れしており、エージェントが受け取る機会が多いのか。関連する情報が何種類あるか、それからどのぐらいあるかです。それをエージェントが受け取る。

もちろんそこでエージェントが受け取る、受け取らないという選択もあり得ます。受け取ったとして、受け取ったことに対してその評価をどうするかです。つまり例えば非常に頻繁に流されている情報だったら 10 という値を付けておいて、少ない情報が流れたら 1 と付けておく。その 10 とか 1 という情報が来ましたと。その情報をあるエージェントはその 10 を 10 として評価するか、それともまったく逆に評価する場合には、マイナス 1 倍する、などとしてみる。

数値化するんですけども 2 面に分ける。どういう種類の情報が入ってくるかということと、そもそも情報が入ってくるのはいろいろなものを通じてでしょうから、マスメディア等を通じてでしょうから、それがどの程度まず客観的にあるか、あるいはどの程度強調されているかということがあつて(第一段階)、それを受け取るか、受け取らないかというまた判断があつて、受け取ったとしたあと、そこで初めて価値観が発生する(第2段階)。

その時に数字は便利で、プラスかマイナスでやれば正反対の価値観を表せる。つまり情報としては 10 しか来ないけれど、もっと評価するといったら 10 倍掛けてやって 100 倍してやる。もっとプラスに過剰に異常に反応する人がいればそろそろいい。それについてもう自分は思い込んでいるのならそろそろいい。逆に全部反対だと言う人だったら、ある情報に関してはもう絶対に反対だと言う人だったら、絶対マイナスの数字を掛けてやればいい。そういうふうにエージェ

ントを数値的に設定してやれば、定性的ではあるけれどもエージェントの性質（価値観）をかなり表すことができるのではないかと。

松尾 その数値化できないものをどう定量化するかというのは、マルチエージェントに限らず最適化問題などで必ず問題となります。以前ファジーという言葉が出たときに、背が高いとか年を取っているとかというはどう数値化するかという議論も盛んに行われまして、その点に関しては既にその検討が行われています。最適化問題を解くときには必ず連続量を想定し目的関数を導出しますが、この場合は一人のエージェントはこうすればこうするという経験式でもいいし、必ずしもそこを数式というかたちを使わなくても構わないですし、不連続でこうならばこうという表現でも構いません。例えばアクセルをちょっとふかすなどでも全然構わないのです。そういう意味でのプログラムの組みやすさが挙げられると思います。

ではそれを本当に数式化するにはどうするかという議論はあるんですけど、今日の話の中ではなかったのですが、実際は数学の分野で超離散という理論が検討されておりまして、行動パターンをもう一度数式に書き換えようという議論がなされています。それはまた次の機会があればお話ししますけれど、今のこの段階では非連続な量もモデル化できるというところによさがあると考えていただければいいと思います。

浦田 それは数値化しないということは、具体的には if…then…else…文でやるというか、if 文の集合体でやるということですか。

松尾 そうですね。

浦田 もしこうならこうする、もしこうならこうする。それを行動ルールとして if 文の集合体で表す。

松尾 そういうことです。それでもルールとして成立するという意味です。もちろんそれを何らかの数字化するということは最近行われていますが。

岡村 どうもありがとうございます。

角田保 感想ですけれども、自分のやっていることに生かせそうかなという点がいくつか考えられます。一つはさっき古屋先生もおっしゃっていた hyperbolic discount rate の話です。例えば若い人が試しにたばこを吸ってみようと思ったときに、おれはそんなにたばこにははまらないぞと思っていても、吸ってみてはまってしまう。それから例えば介護需要とかを考えるときに、健康なときは自分はそんなに病院にかかるないぞ、病院に行かないぞと思っているわけです。健康なときには、介護需要について underestimate しているわけです。1回ちょっと何か病気をするとお金がかかってしまう。

そういう意味でイベントドリブンと言うのでしょうか、イベントを発生させてシミュレーションしてみるわけです。今の例は2つとも自分についての将来の話である意味 pure effect だけれど、そうではなくて配偶者とか自分の友達が病気をしたとか、自分の友達が死んだとか。そういう感じで内部相互作用を考えると、MAS モデルというのが使えるというか、モデル化できるかなという気がしました。

私が今やっている分野では、年齢と性別と自分の属性、つまり年齢とかそういう属性で傷病発

生確率を割り振るというのはやつたりもするのですが、それにさらにプラスアルファするとそういうことがちょっと考えられるかなと思いました。

もう一つは少しまだファンシーなことになるかもしれません、たばこの例で言うと喫煙率が年々下がってきていますよね。そのなぜというのを考えるときに、個々人のミクロ構造とかを仮定しておいて、広告の例がさつきお話をあったと思うんですけれども、否定的な広告がたばこのパッケージにしてもCMにしてもいっぱい出てきているわけですよね。それに反応するグループと反応しないグループというのがあるわけです。代理変数として学歴とかいろいろ考えられるのですが、そういったときに何%の人が反応したか、どういう結果になるかというのを、その何%というのを仮定として10%、20%、30%と取ったらという仮説にはなるかもしれませんけれども、それでそのある程度の政策効果がシミュレーションできるかと。それから我々が知りたいのは平均値だけではなくてそのプレです、幅。シミュレーションをやるというのは結局幅も知りたいので、そういったところでよりよいモデルができるかもしれないなと今聞いておりました。感想は以上です。

岡村 どうもありがとうございます。

浅野美代子 すみません、私も感想を言っていいですか。私は法学部法律学科、浅野です。法学部では情報処理教育を担当して専門は応用統計学です。今日はマルチエージェントシステムをエネルギーの利活用とか、地方の施策とか、失業などに当てはめることの研究発表とお聞きしましたので、興味があってまいりました。私も今日のお話に出てくるような関数を使っています。詳細を理解するのは無理かなと思いましたが、非常に興味あるお話ありがとうございました。

一つだけ質問なんですが、磐田先生でよろしかったでしょうか。4枚目のスライドのところで効果の定量化を効果の統合化のほうに変換するというお話がありましたよね。その変換のところの技術を教えていただきたいというのが質問です。

磐田 施策の実施に伴う効果としては、水質汚染の軽減効果とか土壤汚染の軽減効果とか、通常その重要性が互いに独立で比較できない効果が得られる場合が多いと考えられます。このように統合化が困難な複数の効果を、まずはそれぞれ定量化しています。その部分は物流モデルを使った計算に基づいていて、一つ一つ個別に削減効果という形で数値化しています。

では、その結果を地方自治体が受けたときに、自分たちは実際にどんな政策を打つたらいいのかというのを判断するときには、ある程度うちの地域では水質汚染を重視したいとか、うちの地域では食糧自給率を向上させたいとか、そういった意図的なものが入ってくると考えられます。その部分はアンケート調査で各効果の重み付けをしてあげて、その重み係数と先ほどの定量化された削減効果、つまり現状比の向上率とを掛け算します。これは多基準分析手法に基づいた手法なのですが、各効果についてこのような掛け算をして、その後、全効果の計算結果を足し算して最後の総合評価値という指標値を計算するという手順になっています。

浅野 また別の概念のものをつくる。

磐田 そうですね。

岡村 ありがとうございました。

残り時間があと 12～13 分ほどあります。藤井先生と古屋先生にこのテーマはやや難しいといいますか、あまりにも漠然としてお答えしづらいかもしれません。「マルチエージェントシステムは経済学を救うか?」ということ。藤井先生は、エネルギー・環境政策などでもかなり業績を出されております。そういう分野で、たとえば東アジア諸国はポリティカルなゲームを行っているような気がいたしますので、そちらの方では必ずしも定量化しなくともこの分析は可能だし、先ほどの角田先生の話のように幅を持ってどうのこうのさえ言えればいいですから、何か使えるのではないかと…。まず藤井先生に、その後、古屋先生にマクロでもミクロでもいいですが、マクロ経済学者として「マクロ経済学を救うかどうか」というようなコメントを頂ければ、大変ありがたいのですけれども。まずは藤井先生、いかがでしょうか。

藤井 非常に難しい問題を投げかけられまして困っているところなんですが……。岡村先生がおっしゃっているのは東アジアのエネルギーと環境問題ということで、この MAS モデルをどういうかたちで発展的に構築をしていくて、これをツールとしてどういう問題に当てはめるかということかと思います。個人的な希望、期待としては、基本的には岡村先生のこの研究を進めていっていただきたいということが前提です。

私個人としては、世界エネルギー需給モデルというエネルギー・システム総供給コストの最適化モデルを使って、そこに制約条件としてエネルギーの需要量と温室効果ガスの排出量の上限を設けて、各地域別のエネルギー供給源の構成であるとか、そういういくつかのシミュレーションを用いた分析は行っているのですが、東アジアの地域の問題を取り扱う場合には、先ほど竹内先生からもご指摘がありましたように、どういう問題を取り扱うかで全然違います。

例えば、東アジアを構成する国が日本、中国、韓国あるいは北朝鮮も入るかもしれません。あるいは ASEAN10ヶ国も入るかもしれませんけれども、そういう人たちが例えば東アジアとして、仮にこの共同体ということでエネルギーと環境問題についてお互いに考えましょうということを取り扱うときに、先ほどの竹内先生からのご指摘にもございましたように、価値というものをきちんと議論しなければなりません。伝統的な経済学では長年にわたり重要なテーマの一つとして議論されてきました。社会的価値もさることながら、個人ベースの価値の定義や計測可能性であるとか、価値は、例えば環境問題やエネルギー問題において考えてみた場合だけでもいろいろな種類があるわけです。

例えば、利用価値や使用価値だけではなくて、環境価値だと、stewardship という価値であるとか、オプション価値であるとか。いま消費するのか貯蓄をしていくのか、保全をしていくのか。そういう価値も個人レベルないしは地域レベル、社会、国家レベルでも違うわけだから、これをはたして政府間ごとのエージェントとして議論をするべきなのか、いわゆる情報うんぬんという話で議論をするのか。このあたりはいろいろと議論していく余地は十分にあるのですが、ツールとしては非常に多くの方々、例えば経済学だけではなくいろいろな分野の方々をこの研究の中に引きずり込んでいくことにより議論を深めていく必要があると思います。こうした意図からすると、この MAS モデルに対して、個人的には非常に期待をしているところであります。

岡村 どうもありがとうございます。

古屋先生は。

古屋 振られた質問は「マルチエージェントシステム (MAS) はマクロ経済学を救うか」ということだったと思います。「マクロ経済学を救う」というところまで大きな効用・使用価値がマルチエージェントシステムにあるのか、素人の私には正直わからないのですが、マルチエージェントシステムをこれから発展させていく上で二つの行き方・可能性があるのではと思っています。

一つは先ほどご紹介しました私の師匠 (Akerlof) がやっていたこと、あるいは今の行動経済学に少し近い行き方で、角田先生がおっしゃった応用例もそうだと思うのですが、伝統的な経済学をふまえつつその幅を広げるきっかけを提供していく、というものです。このマルチエージェントシステムという新しい手法を、ガチガチの新古典派の経済学者たちに見向かせるためには、やはり共通の土俵上で議論していく必要があるのかと思います。新古典派のモデルをベンチマークにして、そこから得られる予測なり政策的含意に対して、マルチエージェントシステムを使うとより現実的な予測が得られる、あるいは非常に新しい施策が出てくる、ということが示せれば、コミュニケーションも取りやすいと思います。

この MAS の大きな利点というのは、主体間の相互作用を非常に柔軟にモデル化できることです。ミクロ経済学のゲーム論だったら、例えば主体が二人しかいないというかたちにして、ありとあらゆる戦略・意思決定のパターンを分析することはできるのかもしれません、これが（マクロ経済学のように）主体の数が非常に多くなると訳がわからなくなってくる。そこで、（戦略を内生的に導出するかわり）単純な相互作用のルールを持ち込んで、非常に単純な原子的個人の仮定（各主体が自分のことしか考えず、限られた経済変数にしか反応しないという仮定）を少しだけ複雑にしてみる、という近似手法が考えられます。

具体的には、先ほど角田先生がおっしゃったような state-dependent utility（効用関数自体が主体のおかれた状態によって変わる）、inter-dependent utility（効用関数が他の主体の効用水準の影響を受ける）、learning（不完全情報が完全になっていくそのなり方が相互作用的）などを標準的モデルに持ち込み、MAS を使って分析することが可能だと思います。このように、ベンチマークを新古典派のモデルにして、何か新しい知見をマルチエージェントシステムから出す。その際には少しずつ仮定を外していくといいますか、皆が納得しやすい仮定の外し方をして新しい結果を出していくのが重要なと思います。

それからもう一つ、これは別にマクロ経済学に限らないと思うのですが、いまだベンチマークがない経済現象に対し、新たなベンチマークを提供していく、というのが MAS の大きな効用であり行き方だと思います。経済学は何でもお金・消費量のような一元的な指標で結果を評価する傾向がある。特に動学問題になってくると、予算制約の遷移式 (intertemporal budget constraint) や各期の目的関数 (per-period utility) をどのようにモデル化するかが非常に大事なのですが、これら遷移式や目的関数に含まれる操作変数が单一の財の消費量（ないしその貨幣価値）になってしまることが多い。このような単純化をしないとなかなか動学モデルが解けないという事情もあると思いますが、すべてをお金とか消費量とかに落とし込まないで、もう少し現実的な価値観や行動原理を動学問題に反映させられないか、というのが経済学の長年の課題といえ

ます。MASはこの課題の克服に役立つ可能性があると思います。

例えば、市場がなくてお金に換算できないような環境とか安全といった指標を無理に金銭換算せずそのまま目的関数に入れるとか、目的関数自体定義しないでこれら指標にかかわる主体の行動ルールを直接付与する、といったモデル化が考えられます。前者(目的関数に入る)場合にはその二つの指標のウエイト付けが必要になりますが、後者(行動ルールを付与する)場合には「二指標のターゲットに対して主体はこういうルールで近づけています」というかたちで行動様式をパターン化すれば足ります。いずれにせよ、従来の経済学では分析を逃げていたような動学問題に対しMASで解を試算できれば、少なくともベンチマークの提供という意味では意義があると思います。

以上のような二つの行き方がうまくいくのかどうかは私にはわかりませんが、希望は十分あるのではないかと思います。

岡村 ありがとうございます。

残り時間が2分30秒ございます。今日お聞きになった先生方の間で付け足したいことがございましたら。あるいはもちろん質問でもけっこうです。

魏金平(経済学部学生) 本日はありがとうございます。私は経済学部、魏金平と申します。本日こんな面白い討論というか座談会というか、とても興味が沸きました。マルチエージェントシステムですけれども、いちばんまず私の考えとして応用できたらいいなと思っているのはやはり株価です。マルチエージェントで分析できたらいいのではないかと考えております。

2番目は私の心配といえるのですが、もし複雑系の意思決定と行動がモデル化できて、つまりデジタル化ができたら、人間が完全にロボット化になってしまってはいけないかと心配しています。それについて先生の方々はどう思っていらっしゃいますか。

岡村 ロボット化?

魏 ロボット化です。つまりみんなの意思決定や行動が分析できてデジタル化になってしまって、人間が完全にロボットのような存在にしかなり得ないのでないかと考えております。

岡村 完全にエージェントをとらえることができたら、逆にロボットみたいにコントロールされてしまうのではないかと?

魏 そうですね。

岡村 どうでしょうかね。浦田先生、何かアイデアはありますか。

浦田 よくこれは言われることなんですけれど、MASを使って株式市場にもし投入したらMAS同士の争いになりますよね。そうしたらたぶんまた何も予測できなくなると思います。

ロボット化という話題に関してはわかりませんが、そんなことは私はないと期待しております、あり得ないと(笑)。

岡村 松尾先生、どうですか。

松尾 ロボット化というのは……。

浦田 ロボット化というのはどういう意味かというのがちょっと……。

松尾 どういう意味でのご質問か、もう少し詳しく説明していただければよいのですが。

魏 現象が100%予測できるとおっしゃったと思うのですが(?)。

浦田 だから100%予測できるというふうに思った途端に、みんながそのツールを投入すればそれで破綻してしまうわけです。自己破綻です。

岡村 そういうことはあり得ないと。

浦田 私の意見ですよ。これが本当かどうか分かりません(笑)。

岡村 いや、ぼくもそう思います。では、時間となりました。本日はどうもありがとうございました。