

国際シンポジウム第1日目 講演3

複雑系経済学とは何か

西村 和雄*

1. 新古典派経済学とは何か

経済学は数理科学

複雑系の経済学は、まだ始まったばかりですが、複雑系ブームの中で、経済学についての誤ったイメージが広まっているように思えます。あたかも複雑系が全ての問題を解いてくれるかのような期待が一人歩きをしています。現状を再検討して、複雑系とは何かを考えてみたいと思います。まず、経済学の正しい姿を知って頂くために、経済学が既に数理的な学問分野としての百年以上の積み重ねをもっていることからお話しをしたいと思います。

経済学は、グラスゴー大学の倫理学の教授だったアダム・スミス（1723—90）によって始められたと考えられています。彼は、人間が利己的に行動したとしても、市場メカニズムによって均衡に導かれ、その結果として、国民も厚生も高められると考えたのです。彼の著書の題名は『国富論』であり、彼によれば富は、財やサービス、それも市場で取引される物であります。それ以前の重農主義者が農産物を、重商主義者が金や銀を富と考えていたのとは明らかに異なる考えだったのです。アダム・スミスは、経済学の始祖であると共に、**古典派**という学派の祖とされています。その後、同じ古典派のリカード（1772—1823）、**新古典派**あるいはケンブリッジ学派のマーシャル（1842—1924）により、次第に、需要、供給、限界効用と論理が精緻化され、それと共に、それまで数値例と言葉の論理で展開されていた経済学が数式や関数を用いて記述されてゆきます。経済理論が先にあって、それを数学で表現できることに気がついてきたのです。数学に合わせて経済理論を作ってきたわけではありません。経済理論が大きく発展した契機の1つは、フランス人でスイスのローザンヌ大学の教授ワルラス（1834—1910）が一般均衡理論を発表したことにあります。彼は、複数の財の市場が相互依存の関係にあることを表現した上で、財の需要と供給が等しくなる均衡を数学的なモデルで表したのです。複雑系経済学の原点といえるものです。

20世紀に入って経済学は更に発展し、1930年代以降のサミュエルソン、ヒックスなどのノーベル賞学者の仕事から今日まで、経済学はアダム・スミスの流れを受け継いだ新々古典派といわれる数理的理論が主流となります。この**新々古典派**を通常は新古典派とよんでいるのです。アダム・スミス以来、色々な名前がつけられた学派がありますが、マルクスとケインズを除けば、すべて新古典派につながるものです。マルクスを例外としているのは説明を必要としないでしょう。ケインズについては、改めて取り挙げることにします。ともかく、新古典派経済学を新古典という理由はアダム・スミスからの流れをくんでいるからだけであって、実態は現代の経済理論そのもののなのです。

* 京都大学経済研究所・教授

数学者の貢献

新古典派理論を古典力学の模倣であるとして批判する人がいます。先にも述べましたように、経済学では、経済理論が先にあって、それを数学的に表現したものであって、古典力学を模倣する理論を作ったわけではありません。古典力学の模倣というと、経済学が時代遅れであるような印象をあたえます。しかし、経済学では利潤、効用、社会的厚生を最大化を論ずるので、そこで使われる数学が物理学で使われる数学と似ているのは避けられないことなのです。

相対性理論がニュートンの古典力学を否定して表われたかのように言う人もいます。古典力学の矛盾を解決するために、より発展させたというのが本場で、古典力学の全てが無効になったわけではないのです。それと似た数学を使う経済学が遅れているというのも、言い掛りです。

実際、経済学者には、数学や工学から転向してきた人が数多くおります。歴史的にも、イギリス人で 20 世紀初頭を代表する数学者兼哲学者であるラムゼー（1903—30）は、現在の経済動学の基礎をなす論文を書き、それがエコノミック・ジャーナルに掲載されています。やはり、20 世紀を代表する数学者フォン・ノイマン（1903—57）は、経済学者モルゲンシュタイン（1902—77）と共にゲームの理論を開発していますが、同時に、経済成長の多部門モデルにおける斉一成長経路の存在証明の論文を書いて、その後の経済学に大きな影響を与えています。

1970 年代には、カリフォルニア大学バークレー校の数学者スモールが数理経済学の研究をして、論文を幾つも発表しています。

このように、数学者が経済学に大きな影響を与えたのは、均衡概念をより精密にすることによって、新古典派理論を更に発展させたからです。ゲームの理論を別にすれば、新古典派理論に代わるものを提示したのではないのです。

経済学は、このように数理科学として発展してきましたが、単に数学を応用しているだけではありません。経済学での必要性から新しい数学の分野が生まれてもいます。非線形の方程式の解が非負となるための条件は、非線形計画法として経済学者によって発展させられています。フォン・ノイマンの経済成長の論文では、1 点を集合に写す写像に関する、いわゆる対応の不動点定理を証明する必要性が生じ、フォン・ノイマンは、関数についてのブラウワーの不動点定理を使って、不動点の存在を証明しました。これについては、後に日本人の数学者である角谷静夫が別証明を与え、その後は、角谷の不動点定理とよばれています。また、均衡マクロ経済動学で用いられる無限の将来までの最適制御問題は、経済学特有のものです。工学などでは、有限期間の最適制御問題しか扱っていないので、経済学で得られた数学的結果は、数学としても新しいというものが多いのです。

経済学と現実

経済理論が数学的に表現されている故に、それが抽象的過ぎて、現実を反映していないという批判があります。これをどう考えたらよいのでしょうか。現実が多面的です。例えば、鯨と兎を比較することを考えてみましょう。鯨は大きくて海に住みます。兎は小さくて陸に住みます。絵か写真を見れば、その形もわかります。鯨と兎は随分と異なる生物に見えます。しかし、解剖学的には似ています。鯨は、前足が胸びれとなり、その皮下には指があります。後足は退化しているものと痕（コン）跡をもつものがあります。骨髄をもち、肺もあり、呼吸をして、その時に潮吹きをします。雌は、子宮で胎児を育て、生まれた鯨に授乳をします。このように、鯨と兎には共通の特徴があり、そして同じ哺乳類に分類されています。

複数の現象を比較するとき、その共通点を見いだすことが相違点を理解することに役立ちます。共通点を見つけるためには、どう見えるかではなく、一歩掘り下げて分析することが必要です。そして、どのようにして共通項をくくるかという際に、一種の抽象的思考が必要となります。経済学では、現実の経済の動きを分析するために、抽象化されたモデルを用います。それをモデルとよびます。モデルは、現実そのものではありませんが、現実の動きの本質部分を取り出したものです。

本質は眼に見えない共通の部分です。実際、市場メカニズムですら、アダム・スミスが奇しくも「見えざる手」とよんだように、我々が具体的に見られるものではありません。価格の動きを通じて、市場で何が起きているかを想像することができるだけです。

合理性

「経済学では合理的に行動する消費者や、利潤を最大化する企業を対象とするが、このことが現実と相入れない」という批判もあります。しかし、たとえ消費者が非合理的に行動するとしても、非合理的な行動を基準にとっては何も分析できません。非合理的な行動は、無数にあり得るからです。一方、合理的な行動は限られています。合理的な行動をものさしとするなら、何が非合理的かが見えてくるのです。

企業が利潤を最大化することを目的として行動していないとすれば、それは、現在の行動が長い眼でみれば利潤の最大化につながると考えているからでしょう。マーケット・シェアを最大化する、売上高を最大化するなど、現実に企業がとっている戦略には、必ずしも利潤の最大化と一致しないものがあります。しかし、もし長期的に利潤を最大化することが念頭にないとすれば、何故そのような行動をとるかを説明することが出来なくなります。

合理的とは、所与の制約条件を認識した上で、目的に適った行動をとることです。一方、制約条件の幾つかを認識せずに、目的に適っていると思ってとる行動を限定合理的と呼びます。例えばマクロ経済学におけるケインズ理論では、労働者が、実質賃金の変化に気付かず、名目賃金を見て行動すると考えます。これも**限定合理性**です。しかしこれは、ある意味で新古典派の一般化であり、合理的な消費者の分析を完全に退けるものではありません。これに対し、消費者が常に非合理的であるという立場もあり、確かに個別の消費者や企業は非合理的であり得ます。しかし、上で述べたように、非合理的であるあり方は無数にあり、それをモデル化して分析しても、一つの特例的な例の分析であり、平均的な消費者の分析とはなりません。合理的な消費者に代わり得る一般的な分析は未だ現れていないのです。

新しい理論の創造とは

これまでの新古典派経済学が否定されて登場してきたのが複雑系経済学であるという人がいます。複雑系が新しいパラダイムを生むという可能性はあると思いますが、それが既成の学問を否定することになるというのは間違いです。新しいパラダイムをつくる理論とは、それまでの理論の矛盾を解いて乗り越えた、より一般化された理論なのです。アメリカの科学史家トーマス・クーンが、1962年に出版した「科学革命の構造」（訳、みすず書房）の中で用いて、有名になった用語**パラダイム**（Paradigm）は、「模範」「典型」という言葉ですが、クーンは、それを「ある時代に体系的・支配的な想定」を意味する用語として用いました。新しいパラダイムは、それまでのパラダイムに代わって登場します。自然科学では、天動説に対するコペルニクスの地動説、ニュ

ートン力学に対するアインシュタインの相対性理論の登場などが、パラダイムの変換あるいはシフトの例です。1つのパラダイムがあらわれると、それを受け入れる人々によって、より堅固にする努力がなされ、やがて、確立されます。専門家集団が登場し、パラダイムは社会で一定の位置を占めます。専門家は、そのパラダイムをより精緻なものとするべく、一層の努力をし、やがて、パラダイムは、社会の中で確固たる位置を占め、制度化が完了します。そして、パラダイムの持つひずみが明らかになり、しかも、それを修正し得なくなったとき、新しいパラダイムへのシフトが生じるのです。

複雑系に対する期待も、新しいパラダイムへの期待です。しかし、新しいパラダイムは、天から降ってくるものではなく、人によって、しかも多くは既成のパラダイムを学び、その限界を認識する人によって造られるものです。

「既成の学問を超える」という言葉は、魅力的な響きを持っています。学問を志すものは、人生において、少なくとも一時期は、夢にみた経験があるのではないのでしょうか。しかし、既成の学問を超えたかどうかは、結果的に社会が評価することであって、既成の学問と異なることを研究することが、既成の学問を超えていることにはならないのです。むしろ、既成の学問を研究していたことが、既成の学問を超えることにつながるものが通常です。

「今の経済学者はケインズのような新しい仕事をしていない」という批判もあります。確かにケインズはマクロ経済学と今日よばれているものの基礎を作り、一時期はケインズ革命とよばれた経済学の発展をもたらしました。しかし、それまでの古典派経済学があってこそケインズがあったのです。アインシュタインもニュートン力学があったから相対性理論を考えた、キリストも初めはユダヤ教の信者であり、シャカもヒンズー教の信者であり、ピカソのように独創的で個性豊かな芸術家も若い時は写実的なデッサンを繰り返していたことはよく知られた事実です。新しい分野を開いた人が、既成の体系を十分に勉強した人であったという例を挙げてゆけば、すべての分野を尽くすし、限りがありません。何もない所に、手品のように革命的理論がでるものではない。ケインズに比べたら、今の経済学者は存在価値がないと言う人はいても、そういう人で、自分で今の経済学を越える理論を提示した人はいません。複雑系経済学についても同じことです。新古典派経済学を否定する人はいても、そういう人で代わり得る新しい理論を提示した人はいないのです。複雑系経済学の将来は、むしろ新古典派経済学の延長線上にあると思います。

危機を救う経済学

昨今の経済危機をして、これまでの経済学が非現実的であることを証明しているという人がいます。そのような人は、新古典派経済学に代わる経済学が待望されている—そして、その新しい経済学こそが複雑系経済学であると言います。これも、経済学についての誤解を生む原因です。

外国の経済学者から、日本の政府には経済学を知っている人がいるのかということをよく聞かれます。外圧がなければ、経済学のイロハである簡単な政策すら取らず何もせずに時々場当たりの政策をとる印象を与えるからです。日本のこれまでの政策では、経済学が用いられていません。これには、日本の政治家や官僚の中心は、法学部出身者で占められているということがあります。市場に任せるのではなく、政府による指導によって結果をもたらそうとしているのです。従来の経済学の限界が日本の金融危機をもたらしたのではなく、経済学を無視した政策が日本の金融危機をもたらしたのです。社会主義経済が崩壊した今、日本型システムとアメリカを中心とする資本主義との違いがより際だってみえます。中国のある大学の学長を務めている経済学者の

訪問を受けたことがあります。彼は、日本にはまだマルクス経済学者が残っていること、役所が個々の大学の細かなことまで指導していることに驚愕していました。中国は政治は社会主義だが、経済と社会は、既に日本より資本主義であるというのです。

親が余り細かく子供を管理し続けると、親に反抗するようになるか、無気力な人間になります。現代の日本の社会と経済はまさに極度の管理の下で、政府を信じられることができず、国民が無気力になっている状態です。

アメリカ人は日本のビジネスマンの考え方を学ぶために、宮本武蔵の著した『五輪書』を読んでいた。今では、いくつかの異なる英訳版が出版されています。日本が不況から脱出して、新しい活力を取り戻す最善の方法は、政治家、官僚、ビジネスマンが経済理論を学ぶことです。経済理論には、過去200年以上に渡って、西欧社会が自由主義の有効性を証明するために、修正に修正を重ねてきた哲学が凝縮されています。競争的システムが、個人や企業のやる気を誘って、社会全体の厚生を高めることが、異なる設定で繰り返し証明されています。経済理論は抽象的だから一般性を持ち、それは理論であるから現実に使えるのです。

次に、これまで日本の政府が経済理論を無視した政策をとってきたことの結果として現在の危機が発生したということを、バブルの前まで遡って説明してみたいと思います。

2. 日本の経済政策

バブルへの道

何がバブルかは定義次第です。日本の1980年代の終わりの経済をバブルと呼んでも、バブルではないと言っても間違いではありません。バブルが生成されて破裂するまでには、アメリカの政治的要因も、日本の経済政策も関与していました。バブルと言ってしまうと、人々が無謀な投機的行動を行なった印象だけが強くなり、政策当局の責任がうやむやになるということは注意する必要があります。しかし、ここでは話をわかり易くするために、一応、バブルという言葉を使います。一般に、ファンダメンタルズから乖離した価格上昇をバブルと言いますが、価格が大幅に上昇して、一時的にファンダメンタルズから乖離することはよくあることです。70年代始めの地価上昇も、その例でした。しかし、地価が急激に上昇して、高値で安定しても、インフレで物価や賃金が追い付き、オフィスや居住用家賃も上昇すれば、高い地価は、将来収益の現在価値と一致してきます。このようにして、地価とファンダメンタルズの乖離は、結果的には解消されるのです。したがって、バブルが、ファンダメンタルズと乖離したから必然的に崩壊したのではなく、急激な価格上昇があり、それが崩壊したから、事後的にそれをバブルと呼んでいるのです。

ともかく、バブルが起きた経緯を振り返ってみましょう。話は1980年半ばに戻ります。日本の貿易黒字が巨額となったために、1985年のプラザ合意で、円高が容認され、その後の2年間で円が1ドル240円から120円へと2倍になりました。その頃から、日本は公定歩合を低く保つことで、資本の流入を防ぎ、円買い圧力を抑える政策をとり続けました。円が一気に2倍になったら、通常の輸出型依存企業は対応の方法があるわけありません。円高そのものではなく、短期間の急激な円高が悪いのです。日本の物価は変わらず、日本人の暮らしは楽にならないが、一方高くなった円をもとめて外国からの不法入国は増加します。対策は輸入を増やして黒字を減らすことです。そのためにも規制を廃止して、自由化を進めてゆかなければならないのに、政府は、利子率を低く抑えるだけで、後は何もしなかったのですから、どこかでまた歪みがたまって急激な変化をも

たらしめます。

この経過をもう少し詳しく説明しますと、黒字を減らすために、日本の総需要の拡大策として低金利政策がとられました。日本の低金利は、より高い金利のアメリカに資金が流れることを促し、ドル買い、すなわち為替レートをドル高にするのに役立ちます。金利が下がると、人々は借金をし易くなり、物への需要が増加し、物価が上がります。しかし、80年代には、円高による輸入品の価格下落もあり、日用品の価格は上がらず、株、土地のほかはゴルフ場の会員権や絵画など、高額商品の価格が急騰したのです。この点は70年代初頭の狂乱物価の時と異なる点です。株価が上昇するに連れ、企業が株式や社債の発行で、金融機関を通さずに資金調達を行なう直接金融が増加し、銀行の企業への融資が大幅に減少しました。銀行の製造業に対する貸し出しは、86年から90年まで減少し続け、融資先に困った銀行は、不動産業への貸し出し額を増加してゆきます。1985年から87年までは、円が1ドル120円に上昇し、公定歩合が5%から2.5%に下落し、株価が11,560円から2倍近くに上昇し、地価も同じく上昇した時期です。

次の、1987年の末から89年末までの時期では、円は始めは120円前後で安定し、1988年11月に選ばれたブッシュ政権のドル高政策によって88年末から円安の動きを見せます。公定歩合は、2.5%の水準がしばらく続き、89年の5月から徐々に引き上げられます。株価は、87年10月19日（ブラック・マンデー）にニューヨークの株式市場での暴落の影響で、日本でも、19日の終値25,746円から、20日には、21,910円に下落したものの、その後、89年12月29日の38,915円までひたすら上昇を続けます。地価もこの間に急激な上昇をします。これが87年末から89年の終りまでの、バブルと言われる時期です。

マスコミの論調

バブル期の1989年末には、ジャーナリズムに登場する多くのエコノミストが、今後もこの好景気が続くという楽観的な見通しをもっていました。高騰する株価も、日本のファンダメンタルズを反映してと言われ、株価と為替レートのさらなる上昇が予想されていたのです。経済関係の本が飛ぶように売れ、今や経済の時代と言われていました。それは、1979年からの第二次石油ショックから立ち上がり、一旦、大幅な赤字となった経常収支を、80年代に入ってから黒字に転換し、その額を増加してきたこと、85年のプラザ合意によって、為替レートが2年間で2倍となるという円高による不況も克服し、いざなぎ景気という好景気を86年の末から迎えてきたことへの自信があったのでしょう。

もちろん、87年から89年時に全ての人が、株と土地の高騰を日本のファンダメンタルズと思っていたわけではありません。しかし、経済界もマスコミも、強気の人の意見のみが取り挙げられ、皆が大合唱しているときには、それ以外の人の意見は取り挙げられないか、取り挙げられても無視される状況だったのです。

ところが、90年代に入って、株が急落し、そして遅れて地価が下落してくると、突然、マスコミは時代の変化を宣言します。出版界では、経済書が売れなくなり、『清貧の思想』という本が一大ベストセラーとなります。これまで、日本のファンダメンタルズの強さを歌っていたエコノミストを含め、マスコミに登場するほぼ全員が「あれはバブルだった」「何かの間違いであった」「地価はもっともっと下がるべきである」と大合唱をしだしたのです。極端から極端への転換です。平成不況と言われる長い不況の始まりです。

バブルは、日本だけの現象ではありませんでした。アメリカの金利が上がらなければ、自国の

金利を上げられないという関係は日本に関わらずいずれの国でも同じです。金利を上げれば、資金が自国に流れてきて、自国の通貨が強くなり、一方ドルが相対的に弱くなるからです。したがって、80年代の終わりには、多くの先進国で株と地価の高騰が起きています。先進各国のほとんどがバブルとその崩壊を経験しています。言い換えれば、何もしなくてもそのうち地価と株価の下落は起きるはずだったのです。その上、一般に、地価というものは、急激に上昇して、その上昇がとまり、下落して、それでも以前よりは高くとどまり、そのうち物価上昇によって、土地の実質価格が以前の水準に戻るといった傾向があります。

バブルの破裂

それでは、どのようにして、バブルは破裂したのでしょうか。1990年に入って、円は下落し、4月に160円となり、そして反転して10月には124円に上昇するという動きを見せます。89年の5月から上昇してきた公定歩合は、90年の8月末には6%になります。89年の11月に、ベルリンの壁が崩壊し、東西ドイツの統一によって、ドイツの資金が国内の投資にまわされ、世界は金融緩和から金融逼迫（ひっぱく）へと状況が変化します。株価は90年に入って急落し、4月に28,000円、10月に20,200円、92年8月には14,000円台まで下落することになります。一方、土地については、公定歩合が前年度の5月から徐々に上昇している中で、90年3月に大蔵省が不動産への融資を制限する「総量規制」と不動産会社、建設会社、ノンバンク（住宅専門金融会社、いわゆる住専を含む）への融資状況報告を促す「三業種規制」の通達がなされました。そして、8月末に、日銀が公定歩合を5.25%から、一気に6%に引き上げることによって、土地の取引が停止し、地価は以後急激な下落傾向に入るようになったのです。

一方、1988年の7月に、国債業務に携わる銀行は、自己資本の総資産に対する割合が8%以上でなければいけないという規制、すなわち BIS 規制ができています。BIS とは国債決済銀行（Bank for International Settlements）ですが、銀行がその基準に達していないなら、国際市場から排除されるのです。BIS 規制の交渉過程で、銀行の株式保有が許されている日本は、保有株式の含み益の45%を自己資本に組み入れることを認めさせたのです。含み益とは、時価が実際に購入したときの支出額、すなわち帳簿上の額を上回る部分のことで、実際に売られなければ実現されない利益です。BIS 規制の実施は93年3月から行なわれるのですが、87年から銀行は BIS 規制に備えて資金を調達し始めます。それは、株式市場から資金を吸い上げることになるので、株価の下落要因となります。そして、実際に株価が下落しだすと、日本の銀行はまた BIS 規制をクリアできなくなり、さらに資金を調達する必要が生じます。また、自己資本比率を高めるために、貸し出しを少なくするようになります。こうして、マネー・サプライは更に減少します。銀行の貸し出しは、地価の取引を一層停滞させ、地価の下落に拍車をかけることになります。

株価と地価が上昇し、その担保価値が上昇して、銀行の貸し出しが増加していたバブル期に比べ、株価と地価が下落して、その担保価値が下落し、不良債券が大量に出始めたのです。買った土地は、その値段では売れない、担保を処分しようにも、担保価値が下がっていて、借りた金を返せない、金を貸した銀行側から見ると、借りた金を返してもらおう権利すなわち債券が効力をもたなくなったのです。これが不良債券です。

金融機関の不良債権問題が表面化するにつれて、マスコミは悪者探しに躍起となります。銀行が悪い、不動産業者が悪い、バブルが悪いなどというものです。不良債権はバブルの破裂によって生じたものです。しかし、「バブルを何故潰したのか」とは言いにくい状況です。バブルという

表現が既にとんでもない事という意味を含んでいるので、バブル礼讃者とみなされるからです。しかし、バブルが何故できたのかということと、バブルが何故破裂したのかということとを切り離しては論じられないのです。何故ならバブルは、破裂したからこそ「バブル」となったのですから。バブルを風船に例えてみてください。風船に空気を入れてゆくと膨らみます。どんどん空気を入れてゆくと破裂しますが、空気を十分に入れて、そこで止めると風船はそのままです。この風船が危険であるとみなして、針で突くと、破裂してしまいます。このとき、風船は、バブル(泡)になったのです。総量規制や6%の公定歩合は、風船を破裂させる針だったのです。風船をほっておくとどうなったでしょうか。やがて、自然に空気が抜けて、しぼんでゆき破裂する危険はなくなったはずですが。

その結果として起きた不良債権問題は、日本だけの問題ではなかったのですが、日本が問題を先送りして、取るべき手段をとらなかったことが金融危機を大きくしてきたのです。ただし、他の国が風船のしぼんでしまったのに、日本では破裂させてしまったのです。

もちろん、日本では風船が膨らみ過ぎていたということがあります。風船が膨らみ過ぎたのは、市場開放策をとらないことによって、低金利以外の政策を不可能にしていたこと、銀行の不動産産業への集中的な融資にストップをかけられなかったことが原因といえます。銀行が不動産に集中的な融資をしたのは、他に投資機会がない上に地価が上がり過ぎたことです。地価が上がり過ぎたのは、過去の日本の土地政策が土地の供給と有効利用を妨げるものであったことの結果です。地価が急速に上昇した時期には、即座にマンションやオフィス供給を増加することは困難です。しかし、需要の増加による価格上昇に応じて新しいマンション、ビル等の建設が始まり、それが数年後に完成する時期には、価格上昇が落ち着いていたはずですが。加えて、土地に対する規制を緩和するなら、供給は一層大きくなり、地価の下落につながったはずですが。土地に対する規制とは、土地税制、借地借家法、容積率、建ぺい率、日照権などで、これらの規則を緩和していたなら、土地取引を促しかつ居住面積とオフィス面積を増加することができたはずですが。

長引く不況の原因

平成不況がより深刻化してきた原因は、政策当局が、当初(1991年後半)不況を認めようとせず、また金融機関の不良債券をすべて明らかにして、公的処理を行うことをせず問題を先送りにしてきたことにあります。これらは、やるべきことをやらなかった例です。一方、やってはいけない政策もとってきました。供給を増やして地価を抑えるという市場を通じた方法ではなく、人為的に土地取引をストップさせることでバブルを終結させたことがそうです。また、アメリカに公共投資による内需の拡大を約束したにも関わらず、そして不況に苦しんでいる日本経済を活性化しなければならないにも関わらず、1997年度に消費税率を3パーセントから5パーセントにアップさせ、特別減税をやめ、大型補正予算を見送るなど、緊縮財政予算を組んだことです。それまでは、1993年に13兆、94年には15兆の総合経済政策をとり、それでも、バブル後の不況によって、内需が少なく、貿易黒字が拡大し、1994年の4月には、1ドル80円の円高になったことから、1995年からそれ以降10年間に、合計630兆円の公共投資をするという新10年計画をスタートさせたにも関わらず、1997年に、前年比15兆円の支出削減を行ったのです。不況期に増税をすると、国民総所得が減り逆に税収が減るとするのは経済学のイロハです。

図1を見てください。曲線LMは、金融市場と均衡させる利子率と国民所得の組です。それぞれの曲線がどうしてこのような形をしているかについては、マクロ経済学の入門的テキストを読

んで頂くとして、ここでは、それを所与として話をすすめます。

曲線LMが水平な部分は、利率が最低水準でかつ総需要量も少ない不況の状態です。マネーサプライを増加すると曲線LMが右に、減税か公共投資増をすると曲線ISが右にシフトします。2つの曲線の交点は、総需要を表わします。増税をすると逆に曲線ISが左にシフトしますから、新しい総需要 D_1 は以前に較べて減少します。一層、不景気になるのです。これが1997年の増税の効果だったのです。曲線LMが右にシフトしても、曲線ISとの交点Eは動きません。マネーサプライを増加しても効果が少ないのです。

曲線LMが水平な領域は「流動性のわな」とよばれる状況で、このような時には、財政政策、それも減税か公共投資の増加によって、曲線ISを右にシフトさせなければならないのです。それも、社会資本を充実するなり、日本の産業の生産性を向上させるような投資なら更に良いでしょう。例えば、小中学校の、1クラスの定員を欧米の先進国並の水準である20人にするというのは現在の初等教育の抱えるほとんどの問題（いじめ、犯罪の低年齢化、学力低下等）を解決する切り札となり、校舎の建築、先生の増員を通じて総需要を拡大し、更に、教育の質の向上を通じて日本の将来の労働生産性を上昇させる公共投資です。24時間営業の公立の保育所をつくることは、やはり総需要を刺激し、女性の労働力の活用を進める公共投資になります。

それでは財政再建はどうなるのだという人もいます。財政再建と減税や公共投資増は、両立するのです。恒常的に存在する無駄な政府支出を抑えることは重要ですが、景気を悪化させるような財政再建をすることはできません。財政再建の効果的な方法は、第1に景気を回復させて、国民所得を増大させることです。従って、不況期にはともかく景気を刺激して、それによる税収増を期待すべきです。財政赤字を大幅に減らすためには、第2に単年度会計をやめることです。年度末に、無理矢理予算を消化することで、日本全体のすべての公的機関が浪費する金額は巨大です。小中学校の1クラス40人学級を問題とせず、教育の荒廃を語ることがおかしいように、単年度会計を問題にせずに、財政再建を語ることがそもそもおかしいのです。単年度会計を改めるなら、公共投資による社会全体の充実がより容易になり、景気を刺激しつつ、財政赤字を大幅に減らすことが可能になるでしょう。

以上で長々と述べてきたことは、繰り返して言う、経済学の限界ではなく、経済学に対する無知が、経済危機を作り出したということです。アメリカが経済学に忠実に経済政策をして経済

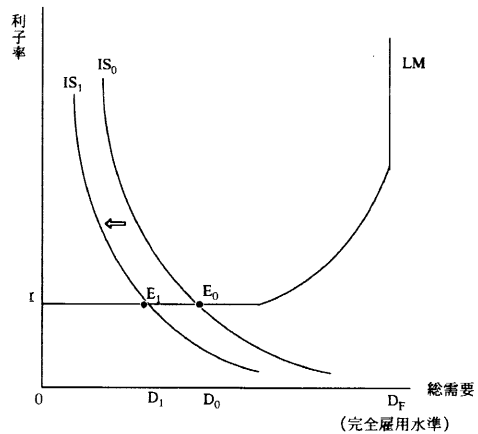


図1 増税の効果

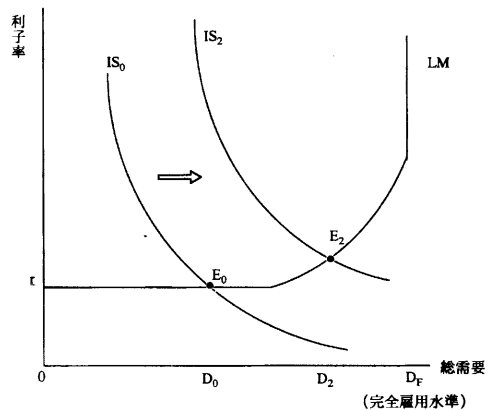


図2 減税もしくは公共投資増の効果

を再興させたのと対照的です。したがって、複雑系の経済学を研究するにあたっては、従来の経済学を否定するのではなく、従来の経済学をより発展させてゆくことが大切だと思うのです。

何故規制緩和が必要か

従来の経済学は、現実に見えるにもかかわらず、それが無視されてきたことを最近の金融危機を例として説明してきました。最後に、規制緩和の理念を説明し、科学としての複雑系経済学に話をつなげていきたいと思います。

経済学は市場メカニズムの働きを研究する学問です。市場は、個々の人間や企業の自主的活動を促す「場」です。そこで生まれる競争が経済を動かしてゆくと考えるのです。自主的活動の逆は、「強制」に従う活動です。「強制」より穏やかな言い方をすると「規制」です。

みなさんが、小学生の頃、運動会の100m競争では、どのようにして一緒に走る組分けをしたでしょう。東京の小学校では、走るのが遅いほうから、4人あるいは5人ずつ組に分けて走らせます。こうすると走るのが遅い子は、同じ位に遅い子と一緒に走るの、恥ずかしい思いをしないで済みます。先生方は、みんなが良い子で、みんなが足が速い子だと父兄に思わせたいのでしょう。しかし、足が速い子が運動会で勝っても、それで足の遅い子が不幸になるとは思いませんが、いかがでしょうか。

何故、学校を休んだらいけないのでしょうか。行きたくなければ時々休んだり、学校を休んで家族で旅行をしてもよいと思うのですが。登校拒否というものは、学校には行かなければならないという暗黙の規則がなければ存在し得ない用語です。

どうして、1人の担任の先生が高校進学の内申書を書くのでしょうか。その先生に嫌われたらそれで終わりというのでは生徒の人生に与える影響が大き過ぎます。

これらは、すべて国、都道府県、市町村と上から決められてきた規制によるもので、日本の常識が世界の非常識である例です。日本の大新聞がすべて同じ報道をし、TVもおなじような番組を流すのも、日本の物価が高いのも、やはり過度の規制が原因です。もっと緩やかな規則の下で、自由な競争をすれば、自然に個性が発揮されるでしょう。これが**規制緩和**が必要な理由です。規制緩和ですらアメリカからみれば十分でないのです。deregulationとは規制緩和ではなく**規制廃止**のことなのです。

経済学では、自由な競争が資源配分を効率的にして国民の厚生が高まることを、そしてもしそれが当てはまらないとしたらどのような場合かを研究します。もちろん、「自由」といっても「無政府的に」という意味ではありません。競争が公正に行われるための最小限のルールは必要になります。

誤った理解を生む原因は

以上で、新古典派経済学以外の近代経済学が未だ現れていないこと、そして経済理論が有効であることをスペースをとって説明してきたのは、複雑系経済学についての誤った認識を広める本や論文が多く出ているからなのです。これは、複雑系経済学に限らず、学問、教育、新しい技術、創造などについての誤った理解が、最近広まっていることの現れなのでしょう。創造的理論は、既成の理論の地道な研究の延長上で生まれるものであり、空から降ってくるものではありません。この点をマスコミが誤解しているという意味で重要です。そしていつの間にか創造と個性の名の下に、単に変わったものがもてはやされる時代になりました。個性化入試の進行で、日本の大学

卒業生の基礎学力は、眼をおおう程低下していますし、「いじめ問題」が深刻化しても、1クラス40人学級と初等教育の管理は改まらず、本来は、自由を意味するはずの「ゆとり教育」という名の下で、数学の総授業時間数が先進国中で最低となったことは、マスコミでも伝えられています。

創造性や個性を「変わったもの」と解釈することで、物事の因果関係や論理的思考が排除され、意味のない表面的な違いが個性や創造性と勘違いされているのです。新しい理論は、既成の理論の矛盾を解き明して、発展させたものであって、決して既成の理論に、更なる矛盾を重ねたものではないはずです。背景に、既成の理論を踏まえた上で、乗り越えた真の創造ではなく、既成のものとは異なるだけの幻覚を、あたかも創造であるかのようにもてはやす日本社会の現状があるからです。

何年前かに、東京大学の入学試験の国語の問題で、映画の「寅さん」の台詞が出題された時のことを思い出します。新聞で、「みんなが柔らかい人になったら、これから誰が地道な仕事をしてくれるか!」という正論を述べたのは安部譲二だけでした。ジャーナリズムに登場する多くの文化人は、安部譲二がもつ見識に何故欠けているのでしょうか。日本の教育と科学技術の未来を築くためには、誤った学問観を正すことが必要です。そのために、また複雑系経済学の本当の研究とは何なのかを理解してもらうためにも、誤った先入観を排除することが必要なのです。

3. カタストロフィーからカオスまで

70年代のカタストロフィー・ブーム

私がアメリカに留学した頃(1973年)の日本は、カタストロフィーがブームでした。カタストロフィーは、フランスの数学者で1958年のフィールズ賞の受賞者であるルネ・トムが発表した理論です。力学系(すなわち微分方程式と解曲面の幾何学)における、特異点(すなわち、不動点、周期軌道もしくは微分方程式が定義されない点など、周囲と様相の異なる点)の構造安定性の研究です。パラメーターが変化するとき、特異点の数や周りの状況が変わらないことを構造安定性とよびます。構造安定性の分析は、社会科学、生物などを含む諸分野での不連続な変化を説明するために応用できると期待されたのです。トムが、カタストロフィーを発表して間もない1966年に来日し、そして国際会議に出席するために1973年に再度来日したこともあり、当時の日本は雑誌、テレビも含め何だか世の中のあらゆることを説明してくれそうなカタストロフィー理論として取り上げられたものです。

カタストロフィーとは、用語としては突然の「大変動」「大惨事」、悲劇的「終末」などの意味です。1973年は、10月にイスラエル対エジプトとシリアの間の第4次中東戦争が勃発し、アラブの石油輸出国が原油の生産を削減し、原油価格が高騰するという第1次石油危機があった年です。同年11月には、不安に思った消費者がスーパー・マーケットのトイレット・ペーパーを買いに殺到するという、いわゆるトイレット・ペーパー騒動が起きています。カタストロフィーが流行する状況に日本があったのです。長引く不況と経済危機がある中で、複雑系が流行する今の状況と似ています。

1970年代に出版されたカタストロフィーの解説書は、株式市場などの経済への応用、人間関係から社会の変化、地殻変動、受精卵の分割、脳のモデルなどへの応用にふれています。複雑系について現在出版されている解説書と同じくらいに広い分野への応用が期待されていたのです。こ

のことは、悪くとると、新しい理論が登場するたびに、いつも、人智を超えた自然現象が解明されるかのように宣伝されているということになります。良くとると、カタストロフィー以来期待されていた、数学の周辺科学への応用が、複雑系の応用によって、より現実的になってきたということになります。どちらの見方にも一片の真実はあります。経済学への応用においても複雑系の場合は、カタストロフィーと比較するなら、より具体的で、より分析的になっています。これは、カタストロフィーと複雑系のブームの間に、カオス理論の発展があったことが大きく貢献しています。

使えなかったカタストロフィー理論

カオス、複雑系と発展してきた今、カタストロフィー理論で期待されてきたことが、少しずつ可能になってきていることがわかります。しかし、70年代には、カタストロフィーの流行は、いつの間にか終り、忘れられてゆきました。カタストロフィーは、不連続な動きや突然のジャンプを説明する理論なのですが、応用例がたとえ話に終ることが多かった、言いかえると、例としてあげられた現象、例えば経済の動きを表す微分方程式が通常の経済モデルで自然に登場する微分方程式と異なり、関連性がよくわからなかったからではないかと思います。

経済学では、カタストロフィー理論が応用された分野は一般均衡理論です。一般均衡理論とは、多数の消費者、多数の企業、多数の財から成る経済の均衡に関するものです。各消費者は、予算の制約の下で、満足を最大化するように、財の組み合わせと需用量を決めます。各企業は、技術の制約の下で、利潤を最大化するように、労働、資源、機械の使用量を決めます。その結果、生産物への需要量と、供給量が決まります。予算制約も利潤も、財の価格、労働の価格（賃金）、機械の使用料（レンタル価格）に依存しているので、需要量と供給量も価格に依存します。需要量から供給量を引いた量を**超過需要**とよびます。

いま、2つの財があり、その1つ1つの需要量を z_1 と z_2 として、 z_1 と z_2 の組を z というベクトルで表します。ベクトルとは、図3の矢印のことです。財の価格も、第1財の価格 p_1 と第2財の価格 p_2 を組にして、 p と書きます。図3は、平面上の点が価格の組 p を表わし、その点 p を始点とする矢印が超過需要の組 $z(p)$ です。坊主刈りにした人間の頭を想像して下さい。頭の毛穴が p でそこから生える毛が超過需要のベクトルです。渦の中心 p^* は、**特異点**です。 p^* は、すべての財の超過需要が0となる点、**均衡価格**とよばれます。坊主刈りの頭の毛のように、すべての点とベクトルが定義されている状況をベクトル場とよびます。そして、じっと見ていると、頭に見えてくる渦は、微分方程式の**解曲線**です。このように、一般均衡が特異点、経済動学が価格とベクトル場や解曲線の組、すなわち**力学系**で表わされます。

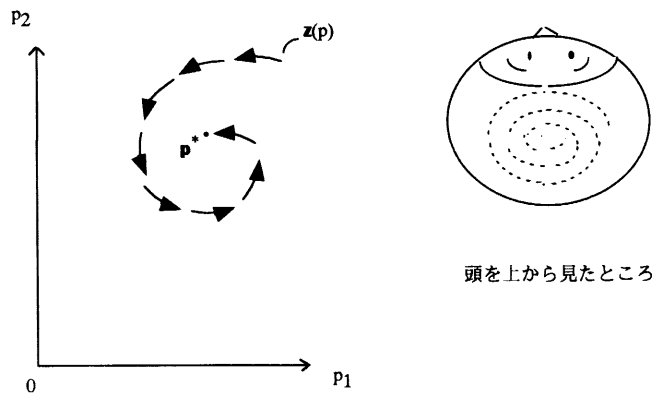


図3 価格と超過需要 $z(p) = (z_1(p_1, p_2), z_2(p_1, p_2), z_3(p_1, p_2))$
渦は $\dot{p} = z(p)$ の微分方程式の解曲線

カストロフィーが説明する不連続な変化とし、しばしば経済で用いられたのは、図4のような例でした。パラメーター a の値が a_0 から増加してゆくに連れて、均衡価格 $p^1(a)$ が変化してゆき、それが a_2 で突然消えてしまいます。そのとき、実は、パラメーター a の値が a_1 のとき、 $p^1(a)$ と異なる均衡が出現していて、その1つ $p^3(a)$ に、均衡がジャンプしてしまうというものです。これは、一見もっともらしいのですが、均衡の数がパラメーターの値によって変化するということ以上のことを言いません。均衡価格が消滅して、別な均衡価格にジャンプするというためには、価格の動き

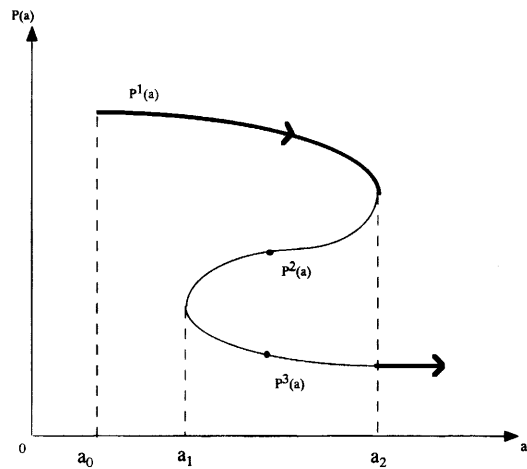


図4 a が a_2 を超えると定常解は $p^1(a)$ から $p^3(a)$ にジャンプする

を記述する動学を考えなければなりません。一般均衡理論では、 $\dot{p} = z(p)$ という微分方程式で記述される動学を考えます。この動学では需要が供給を超過する、すなわち超過需要がある財の価格は上昇し、逆に需要が供給を下回る、すなわち超過需要が負である財の価格は下落するのです。均衡価格では、超過需要の値は0です。パラメーターが a_0 から a_1 まで変化するとき、 $p^1(a)$ が均衡価格であり、 a_1 を超えると均衡がなくなるとします。 $z(p)$ の値がパラメーターに関して連続であるなら、 a が a_1 に十分近いときは、 $p^1(a)$ は0に近い値となります。よって、その点での価格の動き $\dot{p} = z(p)$ も小さいのです。 a が変化して、突然に均衡価格でなくなっても、価格は少しずつ変化してゆき、他の均衡価格にジャンプすることはありません。経済動学で用いられる微分方程式や差分方程式を定める関数はパラメーターに関して、不連続に変化することはないのです。

更に、ワルラス的な一般均衡モデルでの動学は必ずしも市場での価格の動学になっていません。それは、均衡価格以外では財の取引が存在しないからです。もし、均衡価格でない価格 p で取引が行われるとすると、取引後には、財の保有量が変わるため、取引をした消費者の需要関数が変わってしまうはずです。各価格で同じ需要関数を用いているということは、取引を行わず、財の需給の不一致に応じて価格のみを動かしているのです。このような価格の動学を模索過程とよんでいます。

1970年代には、カリフォルニア大学バークレー校を中心に数学者と経済学者が、微分位相幾何学、測度論などを用いたより抽象的な一般均衡理論を精緻化させていた時期です。スモールが経済学の論文を書いていたのはこの頃ですし、バークレーのフランス人経済学者ジェラード・ドブリューは後にノーベル賞を受賞しています。

日本でも、カストロフィー理論の流行とバークレー流数理経済学の隆盛の影響で、京都大学の数理解析研究所で数学者と経済学者の共同のシンポジウムがたびたび開かれていました。

力学系としての経済学

次に、企業が生産を行ない、家計が消費をし、市場で財の取引をするモデルでの動学を考えてみましょう。このようなモデルは、経済全体を1つのまとまりとしてとらえるマクロモデルとして発展させられてきました。これは、簡単化して言えば、今期に、どれだけの財を生産し、そのう

ちのどれだけを消費財とし、残りを将来の生産力をもたらし資本財とするかという問題となります。家計の側から言えば、所得のうち消費しない部分は貯蓄となります。家計の貯蓄と、企業の投資はマクロ的には同じ額になります。投資とは、資本財の増加分となります。従って、消費の最適量を定める、貯蓄の最適量を定める、投資の最適量を定めることは、すべて同じことになるのです。

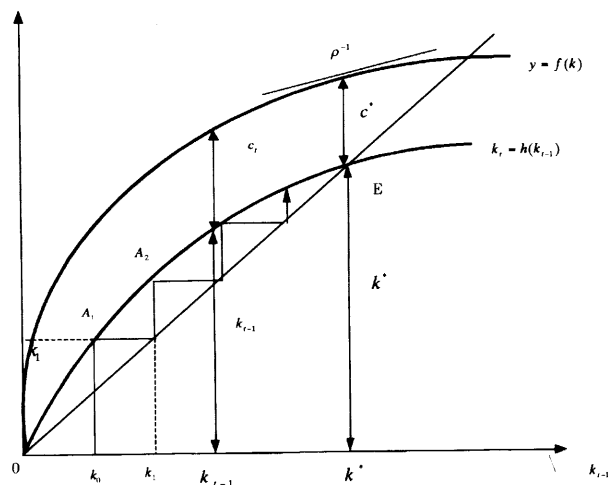
1928年に、イギリス人の数学者ラムゼーは、最適貯蓄理論についての資源配分の最適化条件を求めています。企業は将来に渡っての利益を最大化する生産を、家計は子供の効用（満足度の指標）を含めた将来に渡る効用を最大化する消費を行うなら、均衡では社会全体の厚生が最大化されることになるという定理があります。その定理を用いて、マクロ経済モデルは、社会的厚生を最大化するように、消費と将来への投資の最適量を決定する問題として定式化されます。

図5は、1人当りの変数に直した生産量 y と資本量 k の関係である生産関数を表すものです。投入資本量 k_0 を決めると生産関数の高さが生産量 y_0 となり、それを消費量 c_0 と次期の資本量 k_1 に最適に配分するのです。最適な資本量は生産関数の下に位置する右上がりの曲線 h です。これと生産関数の高さとの差が消費量です。曲線 h と45度線の交点 E は、定常解です。資本量の最適値を曲線 h 上の点 A_1 の高さで決め、次期にはその値 k_1 を初期値として、今度は点 A_2 の高さで決めるというようにして、最適資本はストック最の動学が得られます。このモデルでは、すべての解が定常解 k^* に収束します。

このようなマクロ的動学モデルは、1950年代から少しずつ精緻化され、1970年代には、資本財や消費財の種類が多数ある高次元の動学問題として、一般的に研究されていました。

最適マクロ動学問題では、単なる微分方程式ではなく、効用関数と生産関数を与えて、最適問題の解として導出された動学方程式について、安定性を研究します。図5は、時間を0、1、2、3…と離散的に測った単純なマクロモデルでの動学で、定常解は安定です。時間を実数で表わす連続時間モデルでも、効用関数と生産関数が単純なものであれば、やはり定常解は安定的です。

1970年代には、低次元で得られている安定性が高次元でも成り立つための十分条件が主に研究されていました。言わば線形性の研究が中心だったのです。一方、定常解が不安定になったり、周期解が登場するケースは例外的なケースであり、通常の仮定の下ではあり得ないとされていました。特に連続時間モデルでは、この傾向が強かったようです。連続時間モデルでは、最適化問題を解くのに、変分法かポントリャーギンの最大値原理を用います。後者の場合、資本財が n 種類あると、価格も n



f: 生産関数
h: 最適動学関数

図5 fが収穫逓減のケース

種類の双対変数となるので、 $2n$ 次元の連立微分方程式で一階の条件が記述されます。資本財が1種類の場合は、2次元の微分方程式となります。2次元の連立微分方程式の解は、発散するか、定常解に収束するか、図6のようなリミット・サイクル（極限閉軌道）に収束するという、ポアンカレ＝ホップの定理が知られています。これは微分方程式の解のもつ性質です。一方、最適問題の性質を用いると、リミット・サイクルは存在しないことが証明されます。したがって、発散するケースを除けば、解はすべての定常解に収束します。

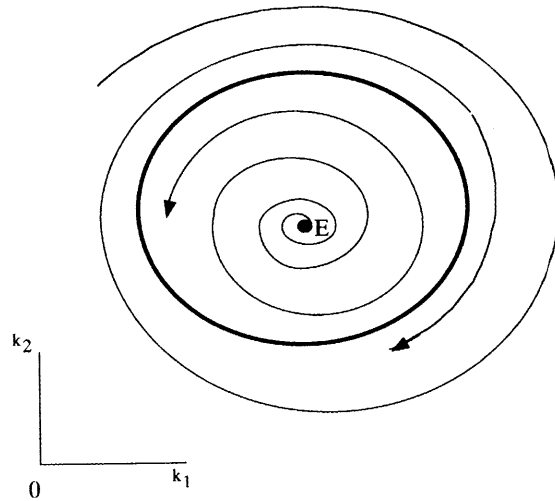


図6 Eが定常解、太い閉曲線はリミットサイクル

1970年代のカストロフィーの流

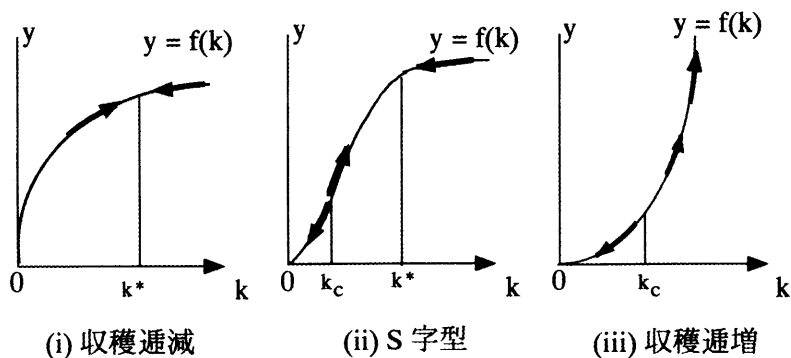
行に影響され、私も経済学におけるカストロフィーに関心はありましたが、先に述べたように、通常の経済モデルでは、動学方程式の解が、パラメーターについて、不連続に変化することはありません。従って、解そのものが、時間と共に周期的な動きをしたり不規則な動きをすることがないかという問題を考えていました。それも、2次元で起こり得ないのなら、4次元を対象にする必要があります。何故なら、資本財の数を2にすると、4次元の微分方程式を扱うことになるからです。

この研究は、現在、ニューヨーク大学の社会科学系長を務め、当時南カリフォルニア大学にいたベンハビブとの共同研究でした。結局、3つの産業から成り、そのうち2つが資本財を生産する経済モデルで、定常解が不安定となり、他の解はリミット・サイクルに収束する例を見つけることができました。この論文の中では、リミット・サイクルの存在を証明するために、ホップの分岐定理を使う必要がありましたので、非線形動学を応用してゆくきっかけとなりました。論文は1979年に、「ジャーナル・オブ・エコノミック・セオリー」誌に掲載されました。

70年代後半から80年代始めには、京都大学の数理解析研究所での経済学と数学に関するシンポジウムでは、トポロジーや力学系を専門とする数学者との交流が行われていました。私自身、1976年までいたロチェスター大学では、均衡解の存在と数の決定問題を、微分位相幾何学を使う方法で研究していたこともあり、数理解析研究所のシンポジウムは良い刺激になっていました。

収穫逡増

1979年にニューヨーク州立大学バッファロー校に呼ばれた私は、そこで助教授をしていたデッカーと、生産関数が収穫逡増部分をもつケースでの最適解を求める研究を始めました。ちなみに、経済データがカオスによるものか、ランダムなショックによるものかを判別するBDSテストの、Dはデッカーのイニシャルです。私達が仮定したのは、図7の(ii)の形の生産関数でした。通常の生産関数の形が図7の(i)なので、それを(ii)のように変形しただけのものです。それでも、モデルとしては、今までの最も単純な、図5の動学を生むモデルとは全く異なり、最初はどうやって



生産関数が収穫逓増部分をもつなら、資本ストックの臨界水準 k_c が存在する。

図7 生産関数の分類

解いたらよいのか見当もつきませんでした。

経済学の多くの問題では、生産関数が収穫一定かもしくは収穫逓減を仮定します。この場合は、解くべき最適化問題の解を、変分法や最大値原理を使って導く方法が知られています。ところが、収穫逓増があると、その方法を直接使うことができなくなるのです。今まで、使ってきた数学的手法が役に立たないということが問題を難しくしていたのです。

結局、この問題の解は、図8のような不連続な動学方程式で表わされることがわかりました。不連続の点は、臨界点となり、その点より初期値が小さいと、資本を食いつぶしてゆくことが最適な政策となるのです。注目すべきなのは、このケースでも増加し始めたら増加し、減少し始めたら減少し続けるという解単調性は保たれることでした。この論文は1980年代の春に完成し、83年に「ジャーナル・オブ・エコノミック・セオリー」誌に掲載されました。

ここで、何故、最適モデルで動学方程式の性質を導くことが難しいのかを説明しておきましょう。

最適動学モデルが難しいのは、最適性の一階の条件だけからは、動学方程式が導出できないことにあります。資本財が1種類であって、生産の条件を効用関数に代入すると効用を資本財の量の関数 $v(k_t, k_{t+1})$ として書き換えることが出来る。そこで一階の条件（オイラー方程式）をとると、こ

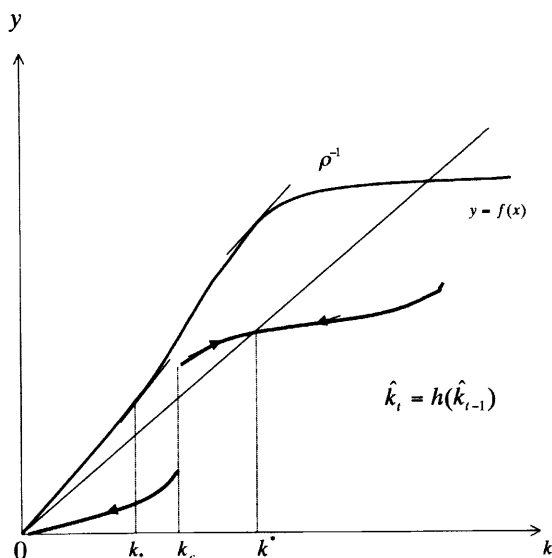


図8 k_c は資本の臨界値

れは、 $t-1$ 期、 t 期、 $t+1$ 期の資本ストックの関数となり、それだけでは $t+1$ 期の資本ストックを t 期の資本ストック量で定める動学方程式が決まらないのです（図 9）。動学方程式を求めるには追加的条件（横断性条件）が必要なのです。動学方程式が明示的に求まらないにも関わらず、循環したり、単調であるという性質を証明しようとするのが難しいのです。一方、他のモデルでは一階の条件が t 期と $t+1$ 期

$$\frac{\partial v(k_t, k_{t+1})}{\partial k_{t+1}} + \frac{\rho \partial v(k_{t+1}, k_{t+2})}{\partial k_{t+1}} = 0$$

オイラー方程式は上記の形の式となり、 k_t, k_{t+1}, k_{t+2} の関数となる。 ρ は 1 より小さい正数で、1 期後の効用を割り引いて評価するためのウェイト。これだけからは動学方程式 $k_{t+1} = h(k_t)$ が決まらない。

図 9 オイラー方程式

の資本ストックにのみ依存するので、 t 期の資本ストックの量を $t+1$ 期の資本ストック量に関係付ける動学方程式が導かれます。したがって、効用関数や生産関数に仮定をして、動学方程式が特定の性質を持つようにするのは容易なのです。もし、収穫逓増部分がなければ、オイラー方程式をみたす経路のうち、追加的条件（横断性条件）をみたすものだけが最適解です。しかし、それがわかって、追加的条件をもちいたとしても、オイラー方程式を解いて具体的に最適解や動学方程式を求めることはできません。最も単純なケースでは、具体的に解を求めることをしなくとも最適解の性質がわかり、図 5 のような、単調性と安定性が証明できます。収穫逓増が入ってくると、このような単純なケースにおいてすら、横断性条件をみたすオイラー方程式のみたす解が最適とは限らなくなり、難しくなるのです。

景気循環の証明

1980 年から、私は南カリフォルニア大学に移り、今度は離散時間モデルで、循環が生ずるケースの研究を始めました。

単調性や安定性などの単純な解のふるまいを証明する場合は、より一般的な状況の下で証明することに意味があり、一方、解が複雑にふるまうことを証明する場合は、出来るだけ従来と同じ収穫逓減の仮定を維持しながら、証明することに意味がある。したがって、循環をより良く説明する理論は、出来得るなら収穫逓減の世界、すなわち新古典派理論の枠組みの中で、作られるべきであるというのが私の考えでした。

ところが、従来の経済モデルから導かれる結果の多くは、市場メカニズムがうまく働く限りは、安定的な動学経路が得られるというものです。非線形モデルを用いてはいたけれど、線形モデルで近似でき経済予測も可能なモデルであったのです。しかし、現実には景気は変動し、好況と不況を繰り返しています。これに対する経済学者の立場は、いくつかに分れました。1 つは、景気の変動は経済外的要因に左右されるというものです。太陽黒点の変動、気象や戦争などが経済外的要因の例である。更にすすめて、そのような経済外的要因がなければ、政府の政策の誤りのみが不況をもたらす、政府は貨幣供給量の伸び率を一定に制御するだけにして、市場に介入することをしなければ、ほぼ安定した成長ができるということです。これは、合理的期待学派あるいは新マネタリストの見解です。一方、経済外的要因がないとしても、やはり市場にまかせるだけではなく、政府が好況期にインフレを抑え、不況期に需要を喚起するという積極的な経済政策を行わなければならないという立場もあります。これは、ケインジアンの見解です。

私の疑問は、何故景気が変動することが悪いことなのかということです。好況があれば不況が

あり、不況があれば好況があるのは自然なことです。むしろ、不況があるから好況があり、好況があるから不況があると言わなければならないかもしれません。それに関わらず、これまで数理経済学の結論は、安定な持続的成長をもたらすものばかりでした。とはいえ、景気循環が全く研究されなかったわけではありません。1930年代の大恐慌の後、経済学者は不況から脱出する処方箋かあるいは恐慌の原因を説明する理論のどちらかを模索していました。前者がケインズ経済学を生みだし、後者が景気循環理論を發展させたのです。政府の積極的な役割を重視するケインズ経済学は、今日まで大きな影響を与えてきました。一方、景気循環理論は、サミュエルソン、ヒックス、カルドア、グッドウインを中心とする人々によって研究されましたが、1950年代を最後に忘れ去られていったのです。これには、1950年頃から先進国の経済が比較的安定し、大不況の不安がなくなったからという理由もあります。しかし、何より1950年代までの景気循環理論は、市場メカニズムがモデルに反映されない一般性を欠くモデルに基づいていたという理由が大きかったのです。一方、その後主流となる経済動学理論では、市場メカニズムに基づいてはいたが、景気循環を説明することができていませんでした。したがって、景気の変動を起こすのは、経済以外の要因であるとされました。これは、**外生的景気循環理論**とよばれます。

景気循環は経済成長の1つの形態です。成長が止まればゼロ成長、不況が起こればマイナスの成長です。モデルを変えてしまえば循環が説明できることはわかっています。しかし、景気循環が生じるモデルは、経済成長モデルと同じものでなければなりません。

ベンハビブと私は、1979年に発表したホップ分岐の論文では4次元以上でなければ景気循環を説明できなかったもので、今度は時間を離散的にとらえて、一階の条件が差分方程式体系で表されるモデルを使って、低い次元でも循環を説明できないかを考え始めました。1981年の夏に私が日本に帰国してから、連絡を取りながら研究を続けました。この新しい研究は、1981年の終わりまでには完成し、離散時間モデルでは、資本財が1種類であっても、2つ以上の産業からなる経済で景気循環を説明することに成功しました。複数の産業の生産関数を集計化して、経済全体で

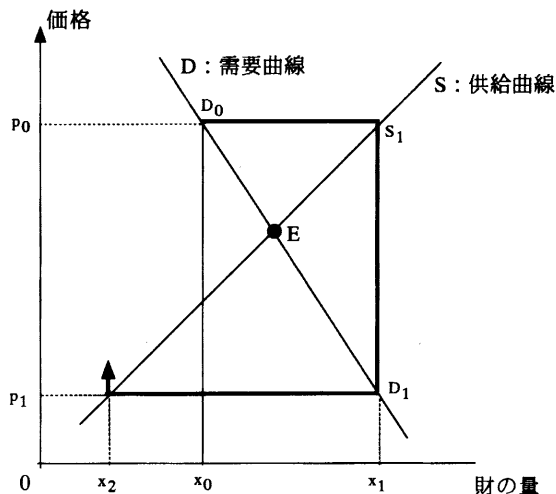


図10 クモの巣モデル

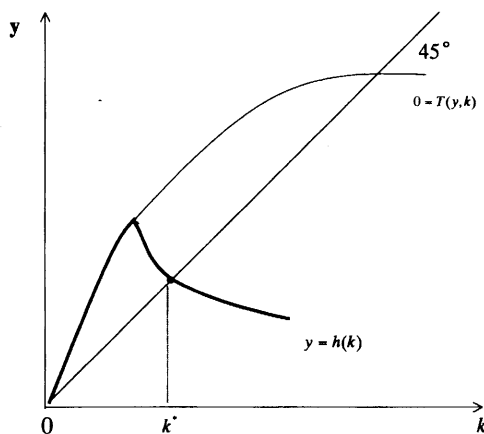


図11

の社会的生産関数を導出すると、変数間に強い非線形性が生じます。この非線形性が各部門の生産関数が収穫一定あるいは通減を示す新古典派型の関数であっても、動学方程式が図11のような形になり循環が生じる要因となるのです。従来のマクロ経済学で用いられてきた、ソロー型と呼ばれる集計的生産関数は、集計的とはよんでいても、集計化に伴って生じる非線形性を反映していなかったのが、循環を説明できなかったのです。ベンハビブとのこの論文で、経済の2部門のモデルに限るなら、各部門の資本・労働比率の大小、すなわち要素集約度によって、成長経路が単調であるか、循環するかが決まることが明らかになりました。このように、外的ショックがなくとも経済内の要因で生じる景気循環を**内生的景気循環**と呼びます。

実は、不均衡モデルであれば、循環を説明するのは更に簡単です。図10はクモの巣モデルと呼ばれ、農産物の価格形成の説明に使われる古典的な例です。これは需要曲線 D と供給曲線 S を用いて、市場で成立する価格の変動を説明するモデルの1つです。農産物は一旦生産されると、翌年までは保存が出来ない、そして、年に1回生産され、しかも一旦生産をされると、それを売り切る水準に市場価格が決まると仮定します。図の x_0 が今年の生産量とすると、それを売り切る価格は需要曲線状の点 D_0 の高さ p_0 となります。農家は、今年の価格 p_0 をみて、翌年の生産量を供給曲線上の点 S_1 で決めます。生産量は x_1 です。次の年に x_1 が生産されると、価格は、 x_1 を売り切るように需要曲線上の点 D_1 の高さで決まります。このようにして、価格も生産量も、循環するのです。クモの巣モデルが循環を起こすのは、均衡（需要曲線と供給曲線の交点）で価格と生産が決まらないということ、あるいは、即座に生産量を変えることができず、市場で成立する価格をみて決める次の生産量が実現するまでに時間がかかるということが原因です。前者をとらえると、不均衡モデルであるということになり、後者をとらえると、生産量の決定と実際に生産物が出来上がるまでにタイム・ラグがあるということになります。したがって、不均衡や生産のタイム・ラグによって、循環を説明できるのは明らかです。更に、異常気象や戦争など外生的ショックで景気変動するというのも明らかです。とはいえ、不均衡、外生的ショック、生産のタイム・ラグが原因で景気変動することを否定してはなりません。そのようなことが景気を変動させるのは事実であり、明白です。私の関心は、そのような要因をすべて取り去ったら、景気変動が消滅すると本当にいえるのかということであったのです。

更に、もう1つ、合理性の仮定です。新古典派理論では、企業や個人は合理的な行動をとると仮定します。もし、合理性の仮定をはずすと非合理的な行動は無数にあり、なんでも許されることとなります。したがって、非合理的なモデルでは周期解もカオスも何でもありとなります。合理性は、非合理性を測る尺度となりますが、非合理性は合理性を測る尺度となり得ません。同様に均衡は不均衡を測る尺度となりますが、不均衡は均衡を測る尺度となりません。これが非合理的な行動や不均衡の存在を必ずしも否定するわけではないのですが、それでも合理的な行動をする経済主体からなる経済の均衡モデルを研究することをより重要視する理由です。

ベンハビブとの先の論文は、1975年の「ジャーナル・オブ・エコノミック・セオリー」に掲載されました。同じ年に、フランスの数理経済学者グラモンが、最適モデルではないのですが、エコノメトリカに掲載した論文に、ホップ分岐とカオスを扱ったこともあり、経済学における非線形動学が盛んになってきました。経済学におけるカオスの応用ということでは、ベンハビブとデイによる1982年頃の論文も既にありました。しかし、無限期間の最適モデル以外では、図9のオイラー方程式に対応する一階の条件が、 k_t と k_{t+1} のみの関数となり、陰関数定理を用いるなら、 k_t の関数として、 k_{t+1} を導くことができ、動学方程式をカオスを生む関数となるようにするのは

比較的容易なのです。

1983年頃、ベンハビブがイタリアで我々の論文を発表した際に、会場に数学者モントルッキョは、この問題に関心をもち、ロチェスター大学の大学院で私の後輩になるボールドリンとの共同論文で、この問題を解きました。彼等の論文が掲載されたのは1986年のことです。

後になってから、私とデッカーとの論文と私とベンハビブとの論文の中で証明した結果は、ラティス理論の、それぞれがスーパー・モジュラーな関数とサブ・モジュラーな関数について、数学者トップキスが証明した結果から導かれることを知らされました。

上田 院亮先生との出会い

京都大学に赴任した1987年頃から、私と現在慶応義塾大学の矢野誠教授と共に、最適動学モデルにおけるカオスの研究を始めました。ボールドリンとモントルッキョに先を越されて、カオスの例はできていると言っても、どのような生産関数や効用関数の下でカオスが生じるかは未だ明らかでなかったからです。

ちょうどその頃、カオスのパイオニアとして著名な工学部電気の上田教授から、新しくスタートする学際的な国際的学術誌の Editorial Board を検討しているが、経済の分野で協力してほしいとのお話をうけたのです。

上田先生の関係で、日本におけるカオスの専門家である九州大学工学部の香田徹教授や、京都大学の数理解析研の高橋陽一郎教授と知り合うことができました。

その頃、突然に、ボールドリンが連絡をよこしました。国連大学で開かれている「カオスの衝撃」という学際的な国際シンポジウムに参加するために来日したとのこと。上田先生もこのコンファランスに参加されていて、お二人は親しくなったということでした。

その後、1992年の11月に、ロチェスター大学での私の後輩で明治学院大学の高橋青天教授が協力して下さり、非線形動学の国際シンポジウムを開催しました。ボールドリン、シェンクマンなど、当時アメリカのサンタフェ研究所と関係していた経済学者を含め、10人の外国人学者を招待しました。この時、上田教授には特別に講演をお願いして、カオスを発見した当時から論文が世に出るまでのお話を聞かせて頂いたものです。

この頃、私と矢野誠教授は、国際貿易市場で取引きをする複数の国の経済の間の景気循環の連動性を調べていました。市場を通じての相互依存がどのように、経済の複雑な動きをもたらすかを分析したのです。市場というネットワークによる複雑系の研究です。一方で、一国の最適動学モデルで、産業が2つある簡単な2部門経済モデルでのカオスの研究もしていました。前者は、1993年の「エコノミック・セオリー」、後者は1995年の「エコノメトリカ」に掲載されました。

4. 複雑系からポスト複雑系

1992年の12月には、東京大学とサンタフェ研究所の共同のシンポジウムがありました。当時の有馬郎人総長が企画したもので、生物、工学、物理、薬学から東大の教官が発表をしました。経済学では、当時の東大にはカオスの研究者がいないこともあり、私が発表し、私の報告へのコメントはサンタフェのブライアン・アーサーでした。このシンポジウムで私の前に発表したのが、東大の物理の金子邦彦教授で、その報告にはたいへん興味をもちました。当時はカオスの研究が中心だったのですが、先に矢野教授との1983年に発表した国際貿易市場での研究に加え、複雑系

経済学の研究をしようという気持ちを更に強くしていました。このときの思いが、金子、矢野、新後閑氏と共同で現在進行中の研究につながっています。

そういう状況の中で、私の所属する経済研究所は、エール大学で、グラモンの指導の下で、世代重複モデルのカオスで博士号をとった新後閑禎が、1993年に助教授として赴任し、そして、1995年には、長年ペンシルバニア大学教授を務めていた地域経済学の第一人者である藤田昌久が就任しました。その翌年にはペンシルバニア大学での藤田の弟子である森知也が助教授としてやってきたのです。藤田と森は、近年はクルーグマンと共に国際地域経済を複雑系として分析し、都市経済や地域経済の発生と変化を説明する研究を行っていますので、期せずして、マクロ動学と国際地域経済という複雑系の2本の軸が経済研究所にできることとなったのです。

私自身は、相互依存関係にある多数の主体が戦略的行動を取る動学ゲームで、動学的均衡のもたらす複雑な動学、社会全体での資本の平均ストック量が個々の企業に外部性をもたらす場合には、動学的均衡が無数に現れ、どの均衡が実現するかは、企業の予想によって決定されるというモデルで、経済主体のネットワークが生み出す自己組織化・進化、また高次元カオスの研究を始めていました。丁度その頃、経済研究所所長の佐和隆光が、私と藤田昌久が中心となりセンター・オブ・エクサランズに応募しないかという提案をしてきたのです。

センター・オブ・エクサランズ (COE) とは、これまで、国際的な業績を挙げてきた研究グループに対し、文字通り国際的な研究の中心となるように、支援をするという文部省の企画です。私がマクロ均衡動学、藤田昌久が国際地域経済、それに今井晴夫と岡田章がゲーム理論、佐和隆光が計量経済学を担当するという複雑系経済システムの研究チームを作って、私が代表で応募することになり、京都大学としては、2年前の医学部のグループに続く2つ目の COE の誕生となりました。

そんな中で、1996年に、サンタフェ研究所を舞台にした本『複雑系』の日本語訳が出版され突然ベストセラーになりました。サンタフェには、シェンクマンやボールドリンというロチェスター大学での私の先輩や後輩もいたのですが、『複雑系』の本の中で大きく紹介された経済学者ブライアン・アーサーが有名になったのです。

「コンピューター・ソフトの市場におけるマイクロソフトは、収穫逡増によって市場を支配し、一旦、市場を支配するとそれが固定化されるロック・イン、また、強いものが益々強くなるポジティブ・フィードバックの例である」とは、アーサーによる議論です。しかし、「これまでの経済学は収穫逡減とネガティブ・フィードバックしか扱ってなかった」、そして「新しい経済学すなわち複雑系の経済学こそが収穫逡増を説明できる」とまでなると、言い過ぎになります。

アーサーによる主張は、彼が1983年の論文の中で扱ったモデルに基づいています。一方、コンピューターのソフト、ビデオのVHS、クレジットカード等は、一旦、マーケットのシェアをとると、その製品がより通用し、その結果市場を支配し易いネットワーク外部性の結果であって、これは従来の経済学でも扱ってきたものです。収穫逡増もそうです。それらを新しいものとする、サンタフェ研究所が複雑系の研究を推進していることに、アーサーのイメージが重なり、収穫逡増の理論こそが複雑系の経済学であるという誤解が生まれます。収穫逡増は複雑系を語るのに不可欠なキーワードでは必ずしもありません。限定合理性や不均衡にしてもそうです。経済学で想定するモデルが違えば、それぞれのモデルに基づく、異なる複雑系経済学があり得ます。アーサーのモデルもその1つなのです。

複雑適応系

複雑性の学問がまだ始まったばかりであることもあり、複雑系の誰でもが受け入れる定義は、未だ確立されてはいません。マスコミでは広い意味で使われていますが、新しい学問としての複雑系を理解するには、狭い意味での複雑系、特に複雑適応系から出発するほうがよいでしょう。

これまでの科学では、1つの現象を研究するに当たって、対象をできるだけ小さな単位に分割してゆき、その原因を見つけるという方法をとってきました。これを**還元主義的方法**と呼びます。生物学では、分子生物学、経済学ではミクロ経済学がこれに当たります。ところが、個々の要素を積み上げていっても、全体の動きを説明することは出来ません。これは、難しいがゆえに**集計問題**と呼ばれます。そこで、生物では形態を、経済学では一国経済を1つのものとしてみるマクロ的方法が用いられてきました。しかし、マクロ的方法では個々の要素がどのように全体に関与するかが明らかではありません。複雑適応系は、従来のマクロ的方法に代えて、個々の要素と、その相互の関係すなわちネットワークによって全体の動きを説明します。これは、個々を集計するのは、異なるもので、還元主義的方法に対する、**全包括的方法**とでもいうべきものです。

複雑適応系が説明するもの、それもこれまでの還元主義的な方法で説明できなかったことは、創発、進化、自己組織化などのキーワードで表される現象です。それらは、生命の誕生、進化、生態系の発生、経済でいえば、企業の発生、変革、地域経済の発生などのことですが、そのそれぞれが切り離して論じることの出来ない概念でもあります。要素が互いに干渉しあうネットワークである複雑系は、必然的に動学、それも壮大な動学システムとなります。国際地域経済の盛衰などは、経済史の対象とされてはいても、経済理論の対象となる問題ではありませんでした。それを数理モデルで、解析的あるいはコンピューターでのシミュレーションで分析しようというのです。複雑系の研究は、目指すところが壮大であるが故に、譬え話が先行して、万能であるかのように宣伝される危険性があります。これまでの研究の延長線上に位置づける事で、科学としての複雑系の可能性を論ずるべきであると思うのです。

しかも、1990年代に入って、これまでのマクロモデルに情報の不完全性や外部性を加味した新しい成長理論では、外部性から生じる収獲増が主に研究されています。しかし、ここで複雑な動学を説明する要因は、収獲増よりもむしろ外部性であるのです。外部性は、カオスのような複雑な均衡動学を生む一方、多数均衡経路からくる均衡の不決定性、したがって、その実現が人々の予想のあり方に依存するサン・スポット均衡などをもたらすことが知られています。更に、エージェント間の戦略的行動を加味することも可能です。このようにして、経済動学は、市場を通じる相互依存、外部性を通じての相互依存、戦略的行動を通じての相互依存と、エージェントを繋ぐいくつものネットワークをもつのです。このネットワークの分析が、これまでの非線形均衡動学や新しい成長理論をより一般化する複雑適応系としての経済分析なのです。