

マイクロ・マクロ・リンケージ・モデルの類型化

Archetypes of macro-micro linkage models

末武 透
朝日監査法人

Abstract

How to describe micro-macro linkage relation are, sometimes very difficult issues when the model builder face on practice of real world. This macro micro linkage is also has been discussed in many fields including economics, sociology and even psychology, but could not get clear answer yet as model builder's point of view. I myself have in such experience so many times and feel necessity of some best practice or sample for developing models.

In this paper, I try to categorize 5 types of two categories model archetypes based on the model structure of macro-micro linkage that I know through my limited experience as follows:

A. Open system: which system is not controlled by special factor except macro module

- 1) Pipeline model of no control by macro module (exp. dental model)
- 2) Network model of no control by macro module (exp. world trade model)
- 3) Two layer model controlled/linkage by macro module (exp. Kyoto City model)
- 4) Multi layer model controlled by macro module

B. Closed system: which system is controlled by special factor except macro module

- 5) Entropy model (exp. viable system model)

For further study, categorized archetype based on the behavior of macro micro linkage may consider.

キーワード: ミクロ・マクロ・リンケージ、アーキタイプ、閉鎖系・開放系

要旨: SD でモデルを構築する際に、しばしば、ミクロとマクロのリンケージを想定しなければならなくなることが多い。これまで発表されている SD モデルについて、ミクロ・マクロ・リンケージの構造表現を分析してみると、閉鎖系、開放系に大きく分類でき、さらに、次の5つの構造表現形式に分類できるように思われる。

A. 開放系

- 1) パイプライン構造 (例: 歯科モデル)
- 2) ネットワーク構造 (例: 貿易モデル)
- 3) 2層構造 (例: 京都モデル)
- 4) 多層構造

B. 閉鎖系

- 5) エントロピー構造 (例: VSM)

1.はじめに

これまで、いくつかマクロとミクロのリンケージを扱わなければならないような事象に遭遇し、自己流にいろいろ工夫してきた。そのような中で、マクロとミクロを、他のSDのエキスパートはどのようにこの問題を取り扱っているのか、かねがね興味を持っていた。簡単にしかレビューしていないが、正面からこの問題を取り上げ、類型として整理した論文は、SDレビューには見当たらなかった。しかしながら、ミクロ・マクロ・リンケージの問題は、経済学でかなり真剣に取り上げられ、いろいろ議論がなされてきた話題であり、複雑系でもつばら問題となっている事項でもある。SDが何故この問題をあまり話題にしてこなかったのか、そして、他のSDの識者がこの問題であまり悩んでこ

なかったのか、かねて不思議に感じていた。そこで、今まで見聞きしてきたSDモデルや、あるいは自分なりに苦労してきたモデル化の中で、ミクロとマクロを同時に扱ったモデルを少し類型化してみようと試みた。^{*1)}

ここで言う、マクロ、ミクロは、経済学で言われているマクロ・セクターとミクロ・セクターとは同一ではない。きわめて単純に、下位のレイヤー(層)をミクロ、上位のレイヤーをマクロとしている。そして、ミクロは、それ自体で1つの独立したモデルになるような境界を持った世界を塊として扱ったものであると定義しておく。例えば、企業モデルであれば、1つのSBU(戦略ビジネス・ユニット)や生産部門、流通部門をそれぞれ独立してモデル化することができる。これが、ミクロ・モデルあるいはミクロのモジュールとなる。そして、このミクロのモジュールを複数集め、その関連性を定義することで、1つの企業全体のモデルが完成する。この、企業全体をモデル化したものを、SBUや部門といったミクロ・モデルの上位のレイヤー(層)という意味で、マクロ、あるいはマクロ・レイヤーとここでは称している。同じような構造は、例えば、ある開発途上国のモデルを考えた場合、農業セクター、工業セクターといったものを、ミクロ・モジュールとして考える。つまり、マクロ・モデルは、ミクロ・モジュールをエレメントとして構成される構造と考えている。ということで、マクロ、ミクロとここで言っているのは、基本的には上下のレイヤーの相対的な関係を意識したものである。^{*2)}

先に断っておかなければならないが、このペーパーでは、モデルの機能から見た構造によって類型化を行

っている。表現方法、特に、ストックとフローにより表現された形で類型化を行っているわけではない。ストックとフローによる表現は、機能からデザインされた構造に制約されるが、必ずしも1つの表現方法に限定されるものではない。例えば、入力側のフローにマイナス値を入れるという表現と、出力側のフローにプラスの値を入れるという表現は、ストックから見れば同じである。このように、ストックとフローによる記述のスタイルはSDでは自由であり、従って、本稿では、このレベルでの表現での構造は対象にしていない。むしろ、その上のレベルの、ストックとフローで表現されるモジュール間の関係を対象にして、類型化を試みている。

先に述べた、企業モデルのような、マクロとマイクロの関係性を表現するために、マイクロ・モジュールを組み合わせてマクロ的に全体像を表現するだけではなく、場合によっては、マクロ・モジュールをモデルの1つの要素として取り込み、他のマイクロ・モジュールと関係性を持たせながらマクロ的な全体像を表現することも行われる。このような、マイクロとマクロの関係性を、構造の面から整理しようと試みたのが本稿である。

2. 経済学等でのこれまでににおけるマイクロ・マクロ・リンケージの論争

2-1. 古典的マイクロ・マクロ・リンケージ理論

経済学において、マイクロ・マクロ・リンケージを最初に考察したのは、マルクスとデュルケムである。マルクスは、マクロ(社会や環境)によりマイクロ(個人や行為者)が規制される関係を研究した。これに対し、デュルケムは、マイクロの創発的特性がマクロ的に概念化される(「個別行為が社会統制を再生産する」)ことを研究した。(例えば Alexander 1982) マクロとマイクロの相互関係について、主に制度理論の面からこの両者は研究したと言えるが、しかしながら、社会心理学的な視点が欠如している。また、古典的経済学の特徴とも言えるが、個人を「理性的かつ合理的に行動する存在」という前提条件で扱っている。

社会心理学的な面からマイクロ・マクロ・リンケージについて研究を深めていったのはミードである。ミードは、社会をゲームに例え、行為者の行動は不確定的に他者への反応として伝えられ、この行為と反応が集合的に社会秩序の様式化の源泉となるとして、不確定的なゲームの状況と捕らえた。しかしながら、ミードには制度的な視点は欠如していたので、制度的なプロセスや文化システムの内的構成といった点におけるリンケージに関してはほとんど何も思索を行っていない。

デュルケムは、知覚プロセスや情動・シンボル交換が集合生活の中核にあり、そこからマクロが形成されることは捕らえていても、そのプロセスを解明したわけではなかった。ミードはマイクロ・マクロ・リンケージを単純に、ゲームの不確定性としか捕らえていなかった。もっと根本的に、人間の心理に立脚した集団行動を研究したのが、精神分析のフロイドで、「集団心理

学と自我分析」「自我とエス」等で集団や集合体はリアリティの歪曲であり、それと個人のパーソナリティの対立として分析し(前者)、対象の取り込みを通してパーソナリティの成長がうながされるというメカニズムを明らかにした。

これらの開拓者やその後のフォロワー達の研究から、古典的には、マイクロ・マクロ・リンケージは、

- 1) 合理性を備え、目的を持った個人(マイクロ)が、自由で不確定的な行為を通じて社会(マクロ)を作り出す。
 - 2) 個人(マイクロ)が、環境を合理的に解釈し、自由で不確定的な行為を通じて社会(マクロ)を作り出す。
 - 3) 社会化された個人(マイクロ)が、自由で不確定的な行為を通じて、社会(マクロ)を再創造(recreate)する。
 - 4) 社会化された個人(マイクロ)が、既存の社会環境(マクロ)をマイクロ領域に変換し、その行為を通じて社会を再生産(reproduce)する。
 - 5) 合理性を備え、目的を持った個人(マイクロ)が、外的社会統制に強制されて社会に黙従する。
- という5つの考え方(あるいはその組み合わせ)に大きくまとめられる。

2-2. 総合的定式化

マルクスを始めとするこれまでの研究者は、マクロがマイクロを支配するといった、どちらかと言えばマイクロとマイクロのリンケージを一方的に見る傾向があり、統合的かつマクロとマイクロのダイナミックな相関関係について研究されたものではなかった。統合的な見方は、ウェーバーによって初めてなされ、集团的構造が個人性を発揮する個人の能力に影響を与え、それは社会的に規定される自己認知や社会的に構造化される動機づけによるものであることを示した。また、マイクロからのマクロへの影響についても、不確定性という単純なくくり方ではなく、行為の一樣性、つまり一連の行為の実質的な性質(あるいはその変化)によってマクロが変化を受けることを示した。

これらのパイオニアが、あるいは不完全ながらも、マイクロとマクロの相互の関係性に注目していたにも関わらず、彼らのフォロワーたちはむしろマイクロへの還元主義に流され、マイクロに分解して理解するというやり方が主流となった。もちろん、そう単純な流れではなく、マイクロ還元主義に対して、マンドレバウム、ゴールドスタイン等の全体主義者と呼ばれる哲学者達は、こういった分解主義に反対を唱えたが、マイクロを総合化したマクロにマイクロの総和以上のものがあり、その法則やその性格に法則のようなものがあり、既存の社会学理論や心理学理論に還元することがはたして可能なのかに関しては疑問すら持っていた。

2-3. 現代におけるマイクロ・マクロ・リンケージ

これまでに簡単に述べたように、マクロがマイクロを規定するメカニズムは、還元主義的方法やマイクロ分析

的方法で、経済学においても、社会学や心理学においても確立してきたが、必ずしも、ミクロからマクロを規定するという逆のメカニズムは明確化されたわけではなく、多くの部分が不明のままだった。この後者のメカニズムを解明する糸口が1990年代に、人工生命、複雑系の研究および経営学での企業改革のフィールド的な研究の中から生まれてきたように思う。

まず、人工生命は、コンピュータの中で、セルをあたかも生命のように見なし、その成長や死亡といったものを自発的に行わせるもので、発展や死亡の条件設定を実際の自然界での細胞等の発育や死亡に似せる研究が進んでいる。このきわめて初期の研究として、コーンウェイのオートセルの研究がある。これは、コンピュータ・スクリーン上のセルと隣り合うセルの状態で、過疎(3個未満)でも過密(3個以上)でも生存できなく、丁度3個の場合でセルがoffの場合、誕生(on)というきわめて簡単なルールで、一定のパターンの時間的成長を見るという研究である。多くのパターンでは、時間経過と共に消滅(死亡)を辿るが、面白いことに、いくつかのパターンでは変化が継続したり成長を遂げたりする。このセルの研究から人工生命はスタートしている。ということで、コンピュータによって、実際の生物をモデル化し、その器官と生物全体の関係を解明できる日が将来的に来るかもしれない。

複雑系の研究でも、マクロはミクロの単なる総和以上のものがあると主張し、非線形的な現象について研究が続けられてきた。これまで、自己組織化、創発等さまざまな、ミクロの振る舞いの中からマクロ的な形が形成されるメカニズムが研究されている。

最後に、経営学の中でも、組織改革や企業改革をどうしたら成功させるかについてのフィールド的な研究が行われてきて、心理学的な面からは、リーダーシップの問題やコミュニケーションの問題が、組織動学の面からは、ミクロの面でどう変化のエネルギーを生み出し、それを方向付け、変化をコントロールすることが主な問題として取り上げられてきたように思われる。近年の経営学では、複雑系の思想が取り入れられ、創発や自己組織化の観点から、企業変革の成功を解釈する試みが行われている。

3. SDでの類型化の試み

これまでに、SDでは、モデルの類型化の試みがいくつかなされている。私見であるが、2つの主な類型化の試みがあるように思われる。その1つは、Peter Sengeの、the Fifth Disciplineに記載されているシステムの振るまいに関する類型化である。さまざまなSD関係の本で紹介され、微妙に類型の数や類型として上がっているものが違っている。手元にある“Rethinking the Fifth Discipline – Learning within the unknown” by Robert L. Flood, London 1999に記述されている9つの類型は以下のものである。

- 1) Corrective action with delay (遅延を伴う修正行動)
- 2) Eroding goals (目標を高く掲げすぎ、なしくずし)

- 3) Limits to growth (成長の限界)
- 4) Tragedy of the commons (共有化の悲劇)
- 5) Growth and under-investment (成長と投資不足)
- 6) Treating symptoms, not fundamental causes (対処療法に追われ、根本的な対処を忘れる)
- 7) Corrective actions that fail (対処療法に負われて、副作用が出る)
- 8) Escalation (エスカレーション)
- 9) Success to the success (成功のための最初のちよつとした成功)

類型化を提唱するセンゲ等の考えでは、モデルの表現の仕方は違っていても、モデルの振舞いは、究極の所、概ね、この9つのパターンになるという考えで、従って、ある完成したSDモデルでシミュレーションを行った場合、この9つの振舞いのどれか、あるいはいくつかの組み合わせになると考えられている。例えば、Moxnesは、ノルウェーのトナカイ及びタラ等の水産資源の漁獲に関する問題を、共有化の悲劇のモデルとして捉え、「共有化の悲劇」モデルをベースに環境問題をモデル化し、環境に関する問題の解明を行っている。このように、システムの行動様式の類型からモデルを完成させているSDの研究者も多い。

これらの類型で取り上げられている現象は、いろいろな日常生活の場面でもよく体験することで、その意味からも、社会を対象にモデル化したシステムであれば、そのような振舞い(あるいはその組み合わせ)をするはずであると自然に考えることができる。しかしながら、この9つ以外にも類型があるのかどうかについては、まだ結論は出ていない。また、9つの振舞いを行うモデルを組み合わせた場合のモデルの振舞いに類型のようなものがあるのかについても議論されては無い。

システムの振舞いから類型化を行う研究は他にもいろいろ行われていて、例えば、Eric F. Wolstenholme and D.A. Corbenは、もっと単純化し、以下の4つの行動様式の類型にすることを提唱している。*3)

- 1) Growth Intended-Stagnation/Decline Achieved,
- 2) Control Intended-Unwanted Growth Achieved,
- 3) Control Intended-Compromise Achieved,
- 4) Growth Intended At Expense to Others

もう1つ、将来類型化される可能性があるものとして、Richardson等の「ベスト・プラクティスの中で、何か雛型になるモデルがあると、それを元にモデル化がしやすい」、という主張がある。現時点で雛型となるモデルの類型化が行われているわけではないが、この研究の流れの中から、SDでのモデル構築に長年従事してきたエキスパートの持つ暗黙の雛型としてのモデルが類型化される可能性も将来的にあるものと思われる。

いずれにしろ、前者は、行動パターンに注目したモデル化であるので、モデルでどう表現するかという構

造論の議論とは少し違っている。

4.5つの類型

あくまでも限られた私個人の知見の中ではあるが、マイクロ・マクロを同じSDモデルの中で取り扱ったものは、概ね以下に示した5つの類型に分類できるように思う。

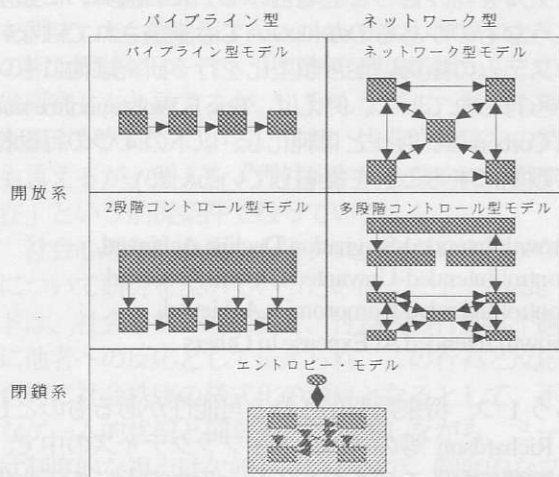
A) 開放系のモデル

- 1) ミクロの構造をパイプラインとして繋げた形でマクロを表現する。
- 2) ミクロのセクターの神経ネットワークとしてマクロを表現する。
- 3) マクロをミクロとは別の一種のモジュールあるいは要素として取り扱う、2段階構造のモデル。
- 4) ミクロのセクターを多段階にコントロールする構造としてマクロを表現する。

B) 閉鎖系のモデル

- 5) エントロピー・モデル

A) 開放系のモデルで、最初の2つは、マイクロのモジュールを組み合わせてマクロのモデルを作っていくやり方に注目したもので、その際のマイクロのモジュールの組み合わせ方として、パイプライン型とネットワーク型の大きく2種類がある。その他にも、違った構造が考えられるかも知れないが、いわばこれらは、はっきりとしたマクロ・モジュールがマイクロのモジュールを上下の関係でコントロールするわけではなく全体がマクロとして表現されたものということも可能である。



後者の2つは、マクロがマイクロをコントロールする構造に注目したもので、3)は、マクロがマイクロを支配する2段階の単純な構造となる。もし、単純にマクロが一方向的にマイクロのモジュールを支配するのであれば、ある意味では、上下のパイプライン構造と考えられ、1)を垂直にしたものと言うこともできる。

4)は、多段階のコントロールを意識したもので、パイプライン型に、単純に多段階にコントロールがなされるものであれば、単に3)を複雑化しただけとも考えられるので、ここでは、パイプラインのようなものよりもネットワーク型の方をむしろ意識しているが、多段階にコントロールするやり方に、さらにいくつかの類型化が考えられるかも知れない。いずれにしろ、これらは、マクロのモジュールがマイクロのモジュールをコントロールするという形で全体をマクロとして表現しているモデルと言うことが可能かも知れない。

これらのモデルでは、何かが系全体をコントロールしているということが意識されているわけではないので、開放系と言うように言えるかも知れない。これに対して、系全体がエントロピーのようなものでコントロールされるという5)のタイプのモデルも考えられる。^{*4)}

4.1. ミクロの構造をパイプラインとして繋げた形でマクロを表現しているモデル

この典型的なモデルが、1970年代に作成された歯科モデルである。このモデルでは、マイクロのモデルとして、5歳毎の歯科人口が処理され、それがパイプラインのように繋がって、情報が次のモジュールに受け渡される。モジュールは、この医科歯科モデルの場合には、基本的に構造が同じであり、単純にパイプラインとして連続しているだけであるが、構造が違うものがパイプラインとして連続するものも考えられる。しかし、基本的には、全体は単純なパイプライン構造であり、処理系の連携モデルとして表現されるパイプライン構造全体がマクロ・モデルになる。この型のモデルでは、何かマクロのモジュールがあり、それがこのパイプライン構造をコントロールするようにはなっていない。

同じく図1に示したモデルは、こういった人口モデルの基本形とも言うべきもので、その応用として、図2に、「限界を超えて」で使われたワールド・モデル3.19

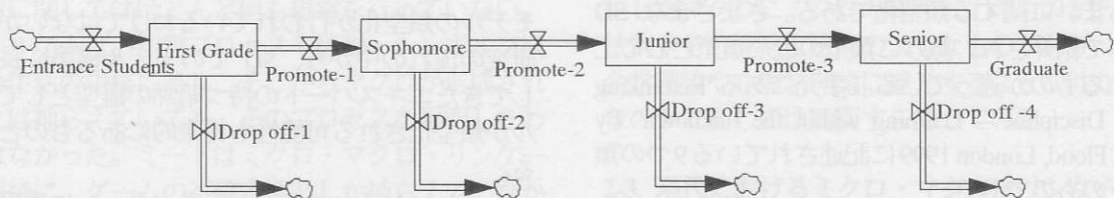


図1: 単純な学生の進級を扱った人口モデル

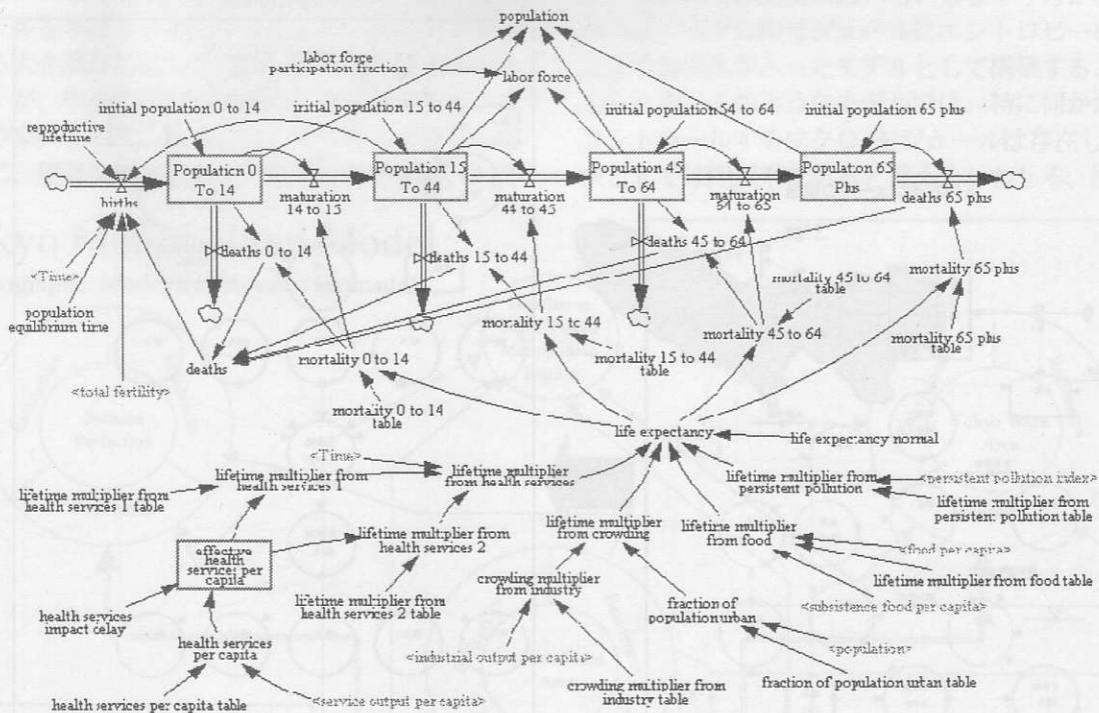


図2:ワールドモデル3.1に示された人口モデル

の人口モジュールの部分を示した。図1で説明すると、新入生として大学に入学してきた学生は、まず1年生のボックス(ストック)に全員が入る。この1年生のボックスのアウトプットは、1年目のドロップ・アウトと、無事進級できた学生に2分され、無事進級できた学生は2年生のボックスに入る。こうしたパイプラインで学生の移動(この場合は進級)が卒業まで表現される。何かの状態変遷を表現する場合、この表現方法は便利で、何か遷移していくような現象を表現するモデルとしてよく使われる。例えば、環境関係では、森林火災予防のモデルとして、森林回復の様子が、火災による消滅→1年草による回復→多年草による回復→灌木による回復→本格的な熱帯森への回復で表現されたモデルが構築されている。

4.2. ミクロのセクターの神経ネットワークとしてマクロを表現しているモデル

これは、ミクロのモデルが、パイプライン、すなわち処理系の連携モデルではなく、ネットワークとして繋がり、マクロ的構造となっているものである。4-1では、むしろモジュールの専門性が重要視されているが、この類型では、ネットワークとしての繋がりが重要視される。図3は、小林秀徳教授の多国間貿易モデルの例であるが、ここでは、モジュールとしての1つの国の経済モデルが、相互に情報及び物、資金をやり取りしていて、ネットワークとなって結びついている。この図3の場合は、基本的に国のモジュールは同じであるが、モデルによっては、モジュールの構造が違っていてもかまわない。4.1のパイプライン型のモデル類型と同様に、このネットワーク型のモデルでも、同

一の水準(レイヤー)で、情報や物、資金がやりとりされるという形態を持ち、上下の関係で、特にどれかが何かをコントロールしているという形を取っていない。このモデルでは世界主要5ヶ国をほぼ世界全体とみなしているのだが、例えば、輸入及び輸出は、それぞれ、5ヶ国全体を集計したモジュールを通じて各国(ミクロ・モジュール)と結びつき、資本はネットワーク状に結びついている。

同じく、図4に示したものは、島田先生が1970年代に構築した首都圏モデルである。企業サブセクター、人口サブセクター等のサブセクターで、東京都、埼玉県、千葉県等の地域モジュールが構成され、各、企業サブセクターや人口サブセクターが、ネットワーク状に結びついた形で全体を表現している。

このように、ミクロのモジュールがネットワーク的に結びついた形でマクロを表現するやり方も、広くさまざまな対象に応用されている。サブ・モジュール(例えば地域モジュール)としてまとまった形で対象を取り扱うことができ、かつ、セクター(例えば人口)といった別の切り口でも全体も表現できるような対象を、ネットワークという観点から結びつけられるような対象をモデル化する際に便利な構造と言える。

4.3. マクロをミクロとは別の一種のモジュールあるいは要素として取り扱う、2段階構造のモデル

2つ(以上)のレイヤーがある事象であれば、上位のレイヤーがマクロ・セクターになり、下位のレイヤーがミクロ・セクターになる。これは、多くの事象に見出される構造である。そして、下位のレイヤーの活

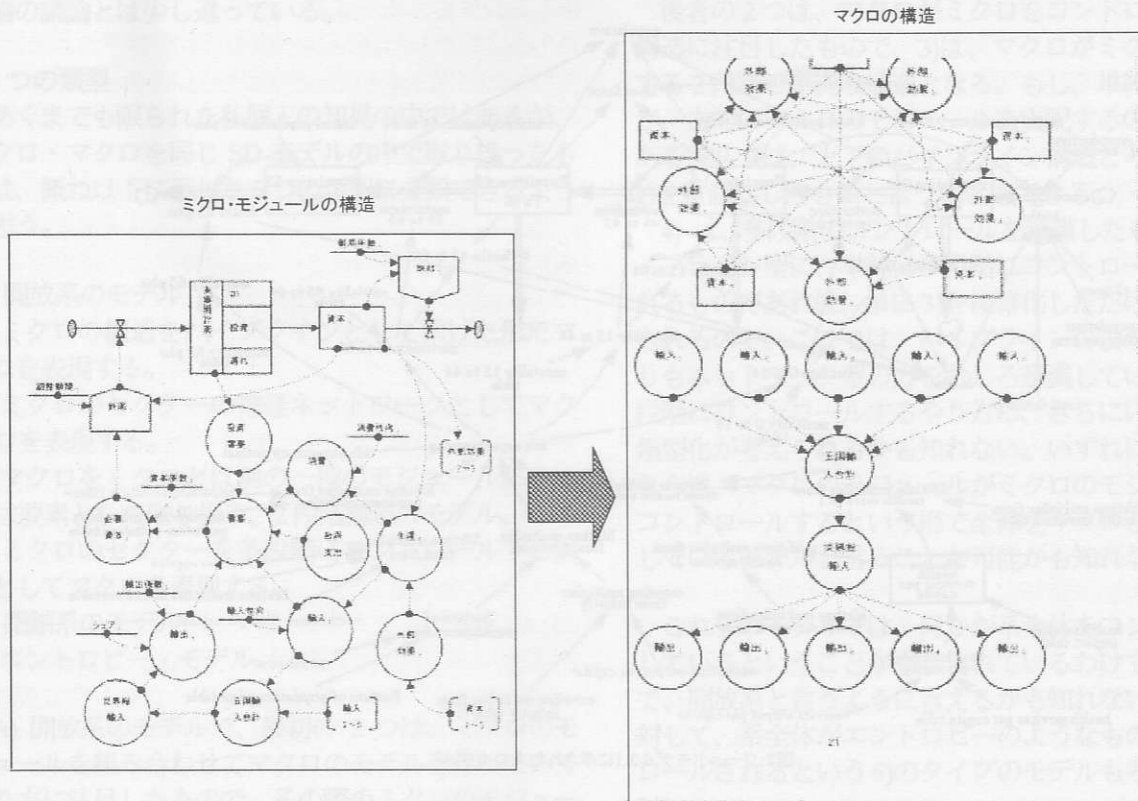


図3:多国間貿易モデル

動と上位のレイヤーの活動が相互作用を受けることも、多くの事象に見出される構造であり、場合によっては、下位のレイヤーの活動によって、上位のレイヤーの構造が変化を受けるという事象も見出される。不幸なことに、現状では、このような、下位のレイヤーの活動により、上位のレイヤーが変化を受け、構造変化を起こすようなモデルは、SD では記載が簡単ではない。そこで、上位のレイヤーも下位のレイヤーも、構造的には固定したものとしてSD のモデルでは取り扱うことになる。

ここで、荒っぽく扱うのであれば、マイクロ・セクター及びマクロ・セクターをそれぞれ1つのファクターとし、単純な相互関係で示すことは可能である。事実、そのような扱いをしてきたSDモデルも多い。図5は、1970年代に構築された、京都市の交通問題を主に研究するために開発された京都市モデルのモジュール図であるが、マイクロとマクロ（この場合は政策や土地等）が、モジュールとして対等に取り扱われている。同じような構造が、兵庫モデル等、70年代から80年代に日本で開発されたSDモデルの多くで、このような表現方法で記載されている。これらのモデルでは、マクロ・モジュールは、マクロ経済モデルとして記述され、政策や土地利用、生産等のマクロ経済に関する情報が指定あるいは生成されるようになっている。そして、このモジュールで生成されたマクロ経済情報が、他のマイクロ・セクターのモジュールに受け継がれ、その情報を元に各マイクロ・セクターで計算が行われている。この、マクロのモジュールがマイクロのモジュールを支

配するという単純な2段階構造で表せるモデルの類型をここでは注目している。

例として取り上げたモデルでは、マイクロ・セクターで生成された情報がマクロ・セクターに返されるという、マイクロとマクロのモジュール間の、情報の双方向のやり取りではなく、マクロ→マイクロというように一方的に伝達されるだけではなく、さらに、ファクターの性格に応じた情報の遅れの処理についても、あまり考慮されていない。情報がマクロ→マイクロと一方的に伝達されるだけではなく、マイクロ→マクロのフィードバックを考慮したものであってもよく、むしろ一般的な現象はこちらの型と言える。当時の事情として、マクロ経済に関するファクターの取扱いやSDでのモデル化を、経済学で広く同意された経済モデルをそのまま取り入れた結果、このような取扱いになったものと思われる。

パイプライン的にコントロールがなされるのであれば、2段階ではなく、多段階のモデルも考えられる。例えば企業の典型的な組織（ピラミッド型）がこの例である。

4.4.マイクロのセクターを多段階にコントロールする構造としてマクロを表現しているモデル

上位レイヤー、下位レイヤーという単純な2段階のレイヤーによるコントロールではなく、上位レイヤーと下位レイヤーの間に中間レイヤーを挟んだ、多段階レイヤー構造を意識したモデルである。このモデルの

例として、あまり適切ではないかも知れないが、中小企業モデルを挙げる事ができる。マクロ・セクターに属する大企業が製造した工業製品（例えばセメントやねじ）が、中小企業に購買され、コンクリート・ブロックや家具として、あるいは、マイクロ・セクターの小売業に、建築資材として売られる。この場合、3段

る。モデルでの表現にはいろいろなやり方があるが、例えば、マイクロのモジュールにエントロピーを感知するような要素が入ったモデルとして構築することが考えられる。このようなモデルでは、特に何かを何かをコントロールするマクロ・モジュールは存在しないが、系としては閉鎖系であると言える。むしろ、開放系、

Tokyo Metropolitan Model

(Demographic Model by Professor Shimada)

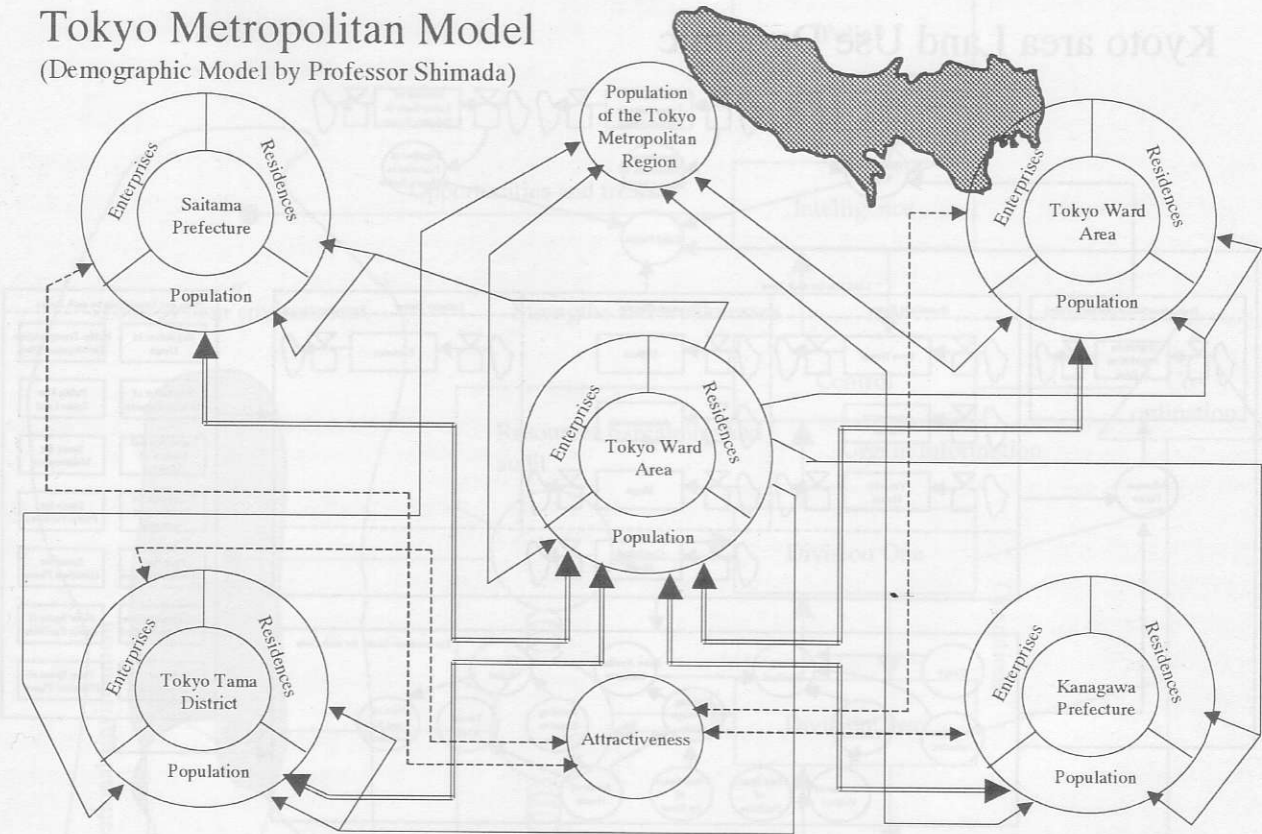


図4:首都圏モデル

階のレイヤーで考えられるモデルとなっている。このモデルでは、マクロ・セクターの生産高が中間レイヤーの中小企業セクターやその下の零細企業セクター（マイクロ・セクター）をコントロールし、逆に、中間レイヤー及び下層レイヤーからの購買量というフィードバックを受けている。このモデルの場合、上位レイヤーと中間レイヤー、下層レイヤーにフィードバックが存在する。

4-3のモデルとの違いは、4-3のモデルでは、むしろ、情報や物の流れは、近接するレイヤーのみでやり取りされるが、4-4のモデルでは、レイヤーを超えてやり取りされることもある。

下位レイヤーがマイクロ・モジュールのパイプライン構造あるいはネットワーク型構造であり、これをコントロールするユニットが、マクロ・レイヤー構造になる。

4.5.コントロールするもの

複雑系の研究から出て来たものであるが、熱力学の法則を活用したような、全体を例えばエントロピーでコントロールするようなモデルも提唱されはじめてい

閉鎖系は、このようなエントロピーのようなものが存在するかどうかで決定される。*4)

このような構造のモデルでは、マクロとマイクロの構造や関係とは独立して、系全体が発散する、あるいは収束する、あるいは周期的な変動を持つといった、一方向の、系全体が支配された振る舞いとして規制される。

Alfredo O. Moscarini, Stephen J. Brewis and J. Meek は、複雑な事象をモデル化するに際し、サイバネティックのコンセプトを活用し、人間の体を意識したモデルを提唱している。消化器系を神経系がコントロールしていることを考慮すれば、基本的にはこのモデル類型になるものと思われる。図6は、FloodのRethinking The Fifth Discipline に紹介されているBeerのVSM: viable system modelで、生物系を意識したモデルとなっている。外部環境からの情報に対して、マイクロレベルのモジュールに相当する、各担当 Division (部署、あるいは、人間で言えば器官) が情報加工を行い、対応するアクションを採択する。情報はオペレーションとして関連する Division と相互交換される。これらのネットワーク (人間で言えば神経系) を Control (人間で言え

ば脳) モジュールが管理するわけだが、ここには各担当 Division からは緊急の情報しか伝わらない。各 Division を上層で管理するコントロール・モジュールはさらに intelligence (人間で言えば知性) で管理され、Intelligence は Policy (人間で言えば個人の世界観) で管理される。Intelligence は外部環境からの情報受け取

が行われていない。2 のマイクロ・マクロ・リンケージの論争で触れたように、これまでは、マクロの構造ゆえにマイクロが規制されるというメカニズムやパターンは詳細に解明されてきたが、逆のマイクロゆえにマクロが規制されるメカニズムやパターンは、複雑系等の研究で始まったばかりであるように思われる。私見では

Kyoto area Land Use Dynamic

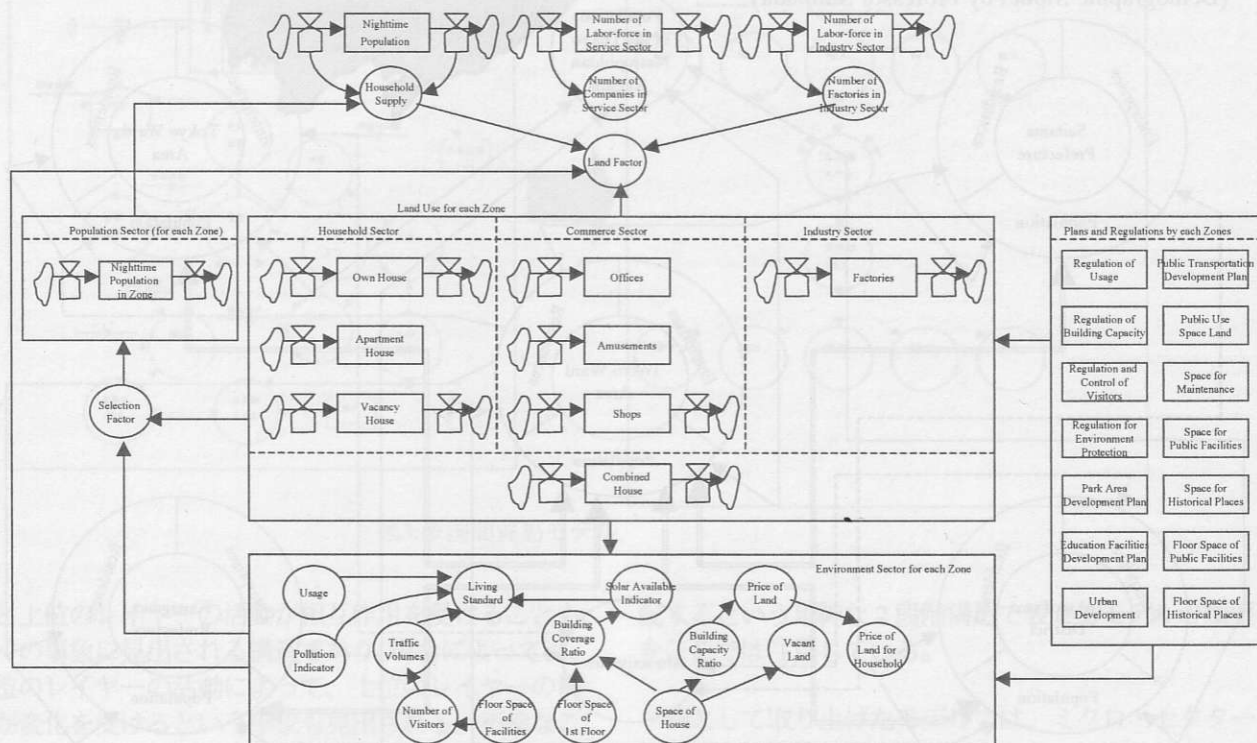


図5:京都市モデル

りがあるが、Policy は全く外部環境とは接触を持っていない。この Policy のような、系を決定する存在によって、マクロの動きは、単にマイクロとマクロのやり取りから自然発生的に形作られているものとは違った形になると考えられる。つまり、単にマイクロを組み合わせ (あるいは集合させ) ただけではない、マクロとしての主体的な意味をこの Policy が与えている。従って、全く同じ素材 (マイクロ・モジュール) で同じフォームで形成されていても、Policy が違えばマクロとしての行動の違いが出てくる。

実はこのようなモデルを構築せざるを得ない場面は以外に広く存在する。私自身はあまり一般の企業を対象にモデル化を行った経験は少ないが、例えば、経営哲学や企業倫理のようなものを企業モデルに組み込む場合には、このような policy というモジュールによる系のコントロール・メカニズムが必要になると感じている。

5. ミクロ→マクロの変化

残念ながら、このペーパーでは、マイクロの素材でマクロをどう表現するかという構造に着目した分類化し

あるが、この中で、マイクロの変化によって、マクロの構造自体も変化を受けることが解明の中心の1つになっているように思われる。しかしながら、SD でモデル化を行う場合、マクロの構造変化を取り込むことは容易ではない。私自身の試みでは、2 つのマクロ・モジュールを用意し、変数の閾値によって切り替えるようなモデルを開発したことがあるが、本来の姿として、このような帰結的なモデル化は望ましくない。

この点で、Peter M. Milling は、彼のイノベーション・モデルで、非常にうまく、マイクロからの影響でマクロの行動が切り替わり、マクロの変化がマイクロの行動に影響を及ぼすモデルを開発している。図7は、彼のイノベーション普及モデルであるが、イノベータが現れ、そのイミテータが続き、というマイクロの行動の変化により、マクロである PC の潜在顧客が顕在顧客に切り替わってゆき、この変化が加速されていくモデルを簡単に示している。

6. 課題

マクロ・マイクロ・リンケージのシステムにも行動パターンがあるのではないかという疑いが存在する。これは、

- 1) ミクロが息絶え絶えなのにマクロが元気いっぱい
 - 2) マクロは消沈しているのにミクロは元気いっぱい
 - 3) ミクロの一部は元気で一部は元気がない。全体は不透明
- といった単純で大まかな類型化ではなく、むしろ、ミクロの活動からマクロの動きが自然発生するメカニズム

6. 注釈

- 1) 類型化に関して、2001年のSD国際会議で少し議論になったことがある。正面から、類型化を取り上げた議論ではなく、SDでモデルを構築する際のベスト・プラクティスの問題について議論されたものであるが、Richardson等は、ベスト・プラクティスの

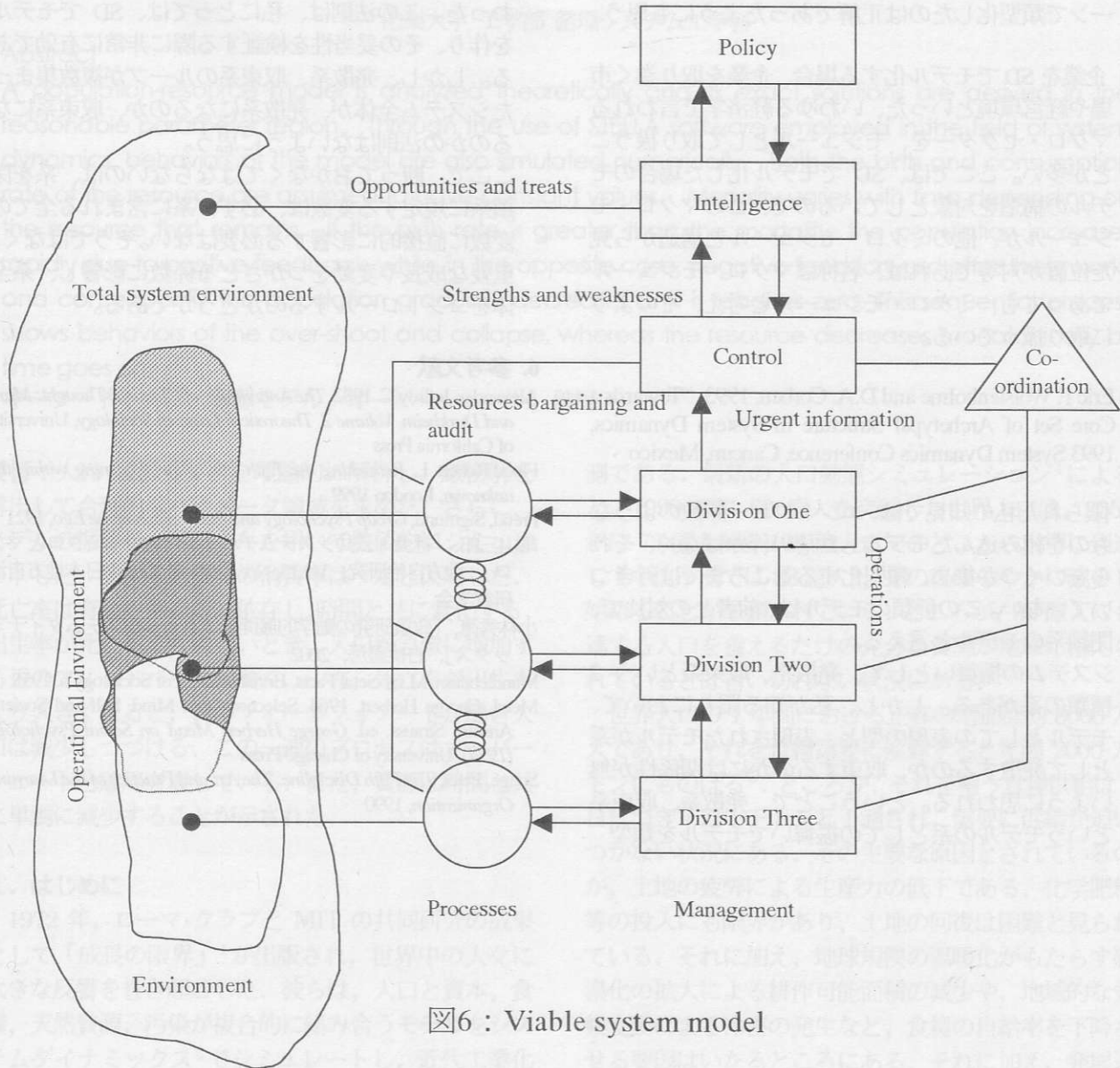


図6：Viable system model

ムに、自己組織化以外にも何か類似化が可能であるのではないかと直感的に感じている。

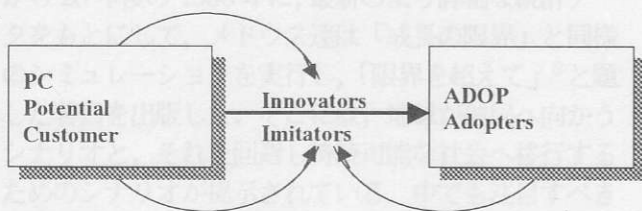


図7：イノベーション・モデル

ようなものが有効であるのと考え、SDでモデル化を経験している著名なエキスパートのベスト・プラクティスを集めてみようとした。これに対して、Forrester等は、SDは、現象や事象をどうモデル化し、シミュレーションするかということが本質であり、対象の本質をいかに把握し、いかに表現するかが重要である。ベスト・プラクティスに囚われてしまい、対象の本質を見抜き、本質をモデルで適切に表現するという精神や部分のようなものが失われてしまうのではないかとこの危険を表明した。残念ながら、同じことが、このSDでの、ミクロ・マクロ・リンケージのモデル化でのモデル表現の類

型化の議論でも言える。どのように表現しようと、対象の本質は何であり、それがいかにうまく表現されているかが問題であり、その他のことは末節的なことと言われてしまえば、その通りであると認めざるを得ない。そういう意味で、Senge 等が、モデルでの表現の型の問題には触れることなく、行動パターンで類型化したのは正解であったようにも思う。

2) 企業を SD でモデル化する場合、企業を取り巻く市場や経営環境といった、いわゆる経済学で言われるマクロ・セクターを、モジュールとして取り扱うことが多い。ここでは、SD でモデル化した場合のモデルの構造を対象としているので、このマクロ・モジュールが、他のミクロ・モジュールと構造から見た位置が対等であれば、名称はマクロ・モジュールであっても、ミクロ・モジュールと考え、そのように取り扱っている。

3) Eric F. Wolstenholme and D.A. Corben, 1993, "Towards a Core Set of Archetypal Structure in System Dynamics, 1993 System Dynamics Conference, Cancun, Mexico

4) 限られた私の知見では、エントロピー係数のようなものを組み込んだモデルしか思い浮かばなく、それらをいくつか集め、類型化するところまでは行っていない。この種類のモデルは、前者との対比で、閉鎖系のモデルと言える。システムの振舞いとして、発散系、収束系という 2 種類の系がある。しかし、私が知る限りにおいて、モデルとしての表現の型と、表現されたモデルが系として発散するのか、収束するのかには関係性が無いように思われる。ということで、発散系、収束系というモデルの系としての振舞いでモデルを類型

する試みや議論は行っていない。最初に SD でモデルを作り始めたころ、先輩達が、モデルの中のループについて、ループを構成する要素の隣同士の関係は常に+あるいは-の関係（あるいは S、O）になるのだが、その+と-が打ち消し合った総和が+であれば発散し、-であれば収束するということを教わった。この法則は、私にとっては、SD でモデルを作り、その妥当性を検証する際に非常に有効である。しかし、発散系、収束系のループが複数集まったシステム全体が、発散系になるのか、収束系になるのかの法則はないように思う。

ここで、断っておかなくてはならないのは、系を閉鎖系に規定する変数は、必ず、系に含まれる全ての変数に直接的に影響する必要はない。そうではなく、重要な成長や変動をつかさどる係数に影響し、系全体をコントロールするのかどうかである。

6. 参考文献

- Alexander, Jeffrey C. 1982, *The Antinomies of Classical Thought: Marx and Durkheim. Volume 2, Theoretical Logic in Sociology*, University of California Press
- Flood, Robert L. *Rethinking the Fifth Discipline: Learning within the unknown*, London 1999
- Freud, Sigmund, *Group Psychology and the Analysis of the Ego*, 1921
- 亀山三郎, 「社会・公共システムデザインにおけるミクロとマクロ」, 地方自治研究, Vol.13, No. 1, March 1998, 日本地方自治研究学会
- 小林秀徳, 「政策研究の動学的展開: エクセルシステムダイナミックス」, 白桃書房, 2002
- Mandlebaum, M. Societal Facts, *British Journal of Sociology* 6, 1955
- Mead, George Herbert. 1964. Selection from Mind, Self and Society. Anselm Strauss, ed. *George Herbert Mead on Social Psychology (1934)*. University of Chicago Press
- Senge, Peter, *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*, 1990