

システム・ダイナミックスによる社会問題分析

島田 俊郎

1. システム・ダイナミックス (SD) とは何か

システム・ダイナミックス (SD) は 1956 年 MIT の Jay W. Forrester により創案されたが、はじめ企業分析の Industrial Dynamics (ID) として出発、ついで地域問題の Urban Dynamics (UD)、世界モデルの World Dynamics (WD)、健康問題を扱う Health Dynamics (HD) などに発展、現在 Forrester グループはもっぱら、アメリカ国家モデルを扱う National Dynamics (ND) 研究に集中しており、これらを総称して SD という。

現在 OR 学会の SD 研究部会 (主査亀山三郎(中大)、幹事内野明(横浜商大)) が主として明大を月例会場として活動中である。事例研究として日本国家モデル研究の班を発足させるべく現在準備中であるので、関心のある方は幹事までご連絡願いたい。

SD モデル計算のために DYNAMO という連続型シミュレーション言語が開発され、従来大型コンピュータで利用されてきたが、IBM パソコン用に Professional DYNAMO [1] が作られ、MIT の SD 教育他 SD の利用はパソコン利用に移りつつあるようである。国産パソコンにもこれの利用可能な機種があり、方程式数 2,000 位の相当大型のモデルも扱うことができる。

筆者は SD を次のように考える。「SD とは、変動するシステムのシミュレーション・モデルによって、そのシステムの、時間の経過につれて変る特性を明らかにしようとする方法である。」SD では、組織内に蓄積される量をレベルといい、レベル間を単位期間内に流れる量をレートという。(経済学では前者をストック、後者をフローという。) 問題のシステム内にまず数個のレベル量とそのレベルに出入するレートを選定、それらのレベル、レートを関係づける補助の変数を考え、これらの量を SD

特有の記号で結ぶ流れ図 (SD ではフロー・ダイアグラムという。) を作る。この図をもとにして変数間の関係を DYNAMO の式になおすと SD モデルができあがる。

2. 世界モデルについて

世界モデルの先鞭をつけた Forrester のモデル (World 2) [2]、「成長の限界」として著名な Meadows のモデル (World 3) [3]とも地球全体を 1 つの世界として扱ったモデルで、人口、資本、天然資源、農業資本、汚染の 5 レベル、あるいはそれらの一部を区分けしたレベルによって構成されるモデルであって、1900 年～2100 年のシミュレーションである。両モデルとも、人口が増大、資本は過大となり、資源は使いすぎで不足となり、汚染が進んで、21 世紀前半に世界は危機を迎えるという計算結果である。そこで Forrester は 1970 年から成長率、天然資源利用率、出生率等を大幅に減らしたランを試み、それによってようやく危機がさげられることを示した。筆者は World 2 モデルを学生に与えて、毎年実際にシミュレーションを体験させているが、たまたま 1985 年度の学生が、Forrester の 1970 年変革の条件を 1984 年変革としたランを実行した。たった 15 年の違いなので、学生は Forrester の '70 年の run と同じようになるだろうと予期していたが、危機をさげるにはすでに遅いことが現われていた。「成長の限界」には、この説明が詳しくしてあり、変更は早いほどよいことが示されている。W2、W3 モデルには多くの批判がよせられ、世界を 1 つのモデルで表わすことにも無理がある、というのもその批判の 1 つであり、地域にわけたモデルもいろいろ試みられているが、長期的な傾向を見るには、このような単純な単一モデルでも役に立つと考える人がこの頃またふえてきているようである。

3. 歯科疾患モデルの展開

本モデルは、日本歯科医師会のシミュレーション研究部会によって構成されたものであるが、1984 年 4 月号の OR 誌に事例研究として紹介され [4]、幸い 1985 年度 O

しまだ としろう 明治大学 商学部

〒101 千代田区神田駿河台 1-1

1989 年 7 月号

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会。無断複写・複製・転載を禁ず。

(61) 355

R学会事例研究奨励賞を与えられた。当時、本モデルは、人口部門、う歯部門よりなっており、人口部門は、14歳までの3歳間隔5階層と15歳以上の5歳間隔13階層により構成されており、5歳階層副部門を使って、日本全体の疾患別う歯数が計算され、これよりその治療に必要な国民歯科医療費が計算された。事例研究発表後、3歳階層副部門を用いる乳歯部門および矯正部門、他に濃漏部門を加え、これですべての歯科疾患を含むモデルがまとまり、別に5歳間隔層による歯科医師数の将来計算を行なった。以上によって、全歯科疾患治療の国民歯科医療費の計算、国民1人当り歯科医療費、歯科医師1人当り医療費が計算された。モデルには各種の政策変数が組み込まれていて、歯科医師数の減少、自由診療率の変更等による国民歯科医療費の計算をくりかえし行なっており日本全体の歯科医療計算に役立っていると考えられる。現在式数2,000以上であるが、本モデル作成当初には、研究室の学生が数名参加した。初心者でもSDモデル構成が容易であることを示すとともに、SDが教育上大の効果をもつことをも示している。

4. 首都圏モデルによる窒素酸化物の動向

首都圏モデルは前回のSD研究部会（昭和48年～昭和52年）で始められ明大グループに引きつがれたが、東京区部、多摩地区、千葉県、埼玉県、神奈川県5部門モデルで、各部門は、人口、住宅数、事業所数の3副部門よりなるものである。1900年～2050年のシミュレーションが行なわれている[5]。その後、汚染を考えるため、昭和61年、窒素酸化物の副部門を5部門の各々に加え、それぞれの部門を構成しなおした。その計算結果によると東京区部、多摩地区では大方の予想どおり窒素酸化物の増加が鈍化しているが、千葉、埼玉、神奈川では、その増加が急である。61年当時、窒素酸化物実測値が横ばいまたは減少する時期もあったので、計算結果にやや疑問をもったが、近時再び増大しつつあるので、長期的な見地からはこのような簡単なSDシミュレーションも役に立つと考えている。

5. アメリカ国家モデルによる長期波動

一昨年10月のblack mondayの株価暴落はなお記憶に新しい。これと前後してコンドラチエフの長期波動が転換点を迎えた後退期に入ったのではないかという議論が見られるようになってきた。従来の経済理論、特に計量経済学は短期の計算が主で、このような長期問題には向いていない。長期計算を長所とするSDの扱えそうな問

題である。現実にMITのSDグループがとりくんでいるアメリカ国家モデルを使った長期波動の研究が数篇見られる。彼らは明瞭に1800年から現在までに50年周期の長期波動をシミュレーションで示している。Stermanの論文[6]は昭和61年末頃で、その中の長期波動図では、著者は明言しないものの、現在が長期波動の転換点に近いことが読みとられたが、その翌年の秋、black mondayが起こった。長期波動の原因には諸説があつてまともでないが、戦争とか技術革命とかrandom shockとかの外部の力によって起こるといふ説が多かった。この論文では、長期波動は内生的に作られることをシミュレーションで示し、それが経済システムの基本的な特徴から起きるといって説明を加えている。このような国家経済の長期波動をシミュレーションで示したのは初めてではないかと考える。

6. SDの長所と短所

筆者の考えを以下に述べるが、研究部会の会員の多くは同意見である。

長所 (1)フィードバック・ループの解析に適する。

1966年に筆者は初めてMITでIDの講義を受けたが、この時MITのカタログ中フィードバック・ループの解析に適するとあつたのは寡聞ながらIDだけであつた。爾来一貫してこの点がSDの長所として扱われている。

(2)非線形の式が扱いやすい。計量経済学は、経済畑で現在最も信頼のおける学問であるが、惜しいことに、本質的には線形の体系であつて、非線形の式の扱いにかなり制限がある。これに比べ、DYNAMOでは、少し工夫すれば超越関数も含め非線形の式がかなり自由に使える。

(3)社会現象のような一過現象を扱うことが容易である。たとえば、石油ショックのような場合であるが、DYNAMOにはパルス関数というものが入り込ませていてショックの扱いが行なえるように考えられている。

(4)長期計算に適する。UD、WD、ND等では200年、300年というような長期にわたる変化を考えている。近年、環境、汚染問題等が世界的な関心を集めつつあるが、これらの問題は長期の視点が必要で、SDはこれらに対する有力な方法の一つであると考えられる。

短所 SDの外部の人々からは次のような批判がなされている。(1)根拠となる理論が少ない。一般に理論といわれるものには、根拠となる原理があつてそれから理論

体系が組み立てられるのであるが、SDには原理が見当らない。

(2) あいまいな関係の利用が多い。これは主としてテーブル関数についていわれる場合が多い。この関数は、数式表示しにくい関数をグラフ表示するDYNAMOの関数表示法の1つであるが、ほぼ任意のグラフ表示を使えるために、根拠の不明なグラフが使われる場合もしばしば見られ、これが批判の対象となる。

(3) モデルの検証が難しい。これはシミュレーション全体についていえることであるが、特に従来SD論文および解説書には、モデル検証が不足であった。

以上のような批判がなされ、これにはSD利用者も心しなければならぬが、近年世界的にSDの理論化が積極的に進められている[7]。

参 考 文 献

[1] Professional DYNAMO, 発売元:Pugh-Roberts

Associate Inc., 5 Lee Street, Cambridge, MA 02139, U. S. A.

[2] Forrester, Jay W.: World Dynamics, Cambridge, Mass, MIT Press, 1971.

[3] Meadows, Dennis L. (ed.): The Limits to Growth, 1972. 成長の限界, ダイヤモンド社, 1972.

[4] 島田俊郎, 福島憲治: 歯科疾患SDモデル, オペレーションズ・リサーチ, Vol.29, No.4, 1984.

[5] 島田俊郎他: 首都圏システム・ダイナミクス・モデルの研究, 明治大学科学技術研究所報告, 総合研究1号, 1981. 末尾にSD文献約700篇が見られる.

[6] Sterman, John D.: The Economic Long Wave, System Dynamics Review, Vol. 2, No.2, 1986.

[7] Special Issue on Chaos, System Dynamics Review, Vol.4, No.1~2, 1988.

人間行動を取り入れた交渉評価システム

片山 隆仁

米国のアポロ計画や日本の霞ヶ関ビルは、OR手法(PERT)を使用して、計画期間(目標達成までの所要期間)を適切に見積った例として有名です。しかし実際には、大規模な開発プロジェクトにかかわる「見積りコスト」と「完成までの所要期間」は、計画審議段階における数値と、着手後に見直されたものとは、一致していないものが多く、一定パターンの偏りがみられます。米国の兵器開発プロジェクトに関して、この点から実証的に検討した論文が出されていますが、これによると、多くの場合、コストは増大し、計画は遅延しています。なぜこのように偏るのかという理由は、次のように説明されています。計画を実行に移すかどうかの決定に使用される基礎資料としてのコストは、事業として成立するためにはこの程度で収めなければならないという配慮から、過少に見積られ、また、開発が進展するにつれて、要求事項がどんどんエスカレートするために、たびたび

仕様に修正が加えられ、開発期間が増大するというものです。

このことから、計画管理者または企画担当者が入手する数値には2種類があって、客観的なものの積み上げから成り立っているものなのか、立場を反映して、あえて数値を過少評価して見積られたものなのかを判断しながら取り扱う必要があります。この場合、数値そのものに関する評価を適正に行なうことができないならば、こういうデータにもとづく意思決定は危険なものとなります。交渉相手が偏りのない真実を述べていることに期待をつなぐだけでは、何とも心もとないかぎりです。

異なった立場の交渉相手に対して、どうやって本音をはき出させるかに着目した「メカニズム・デザイン」について簡単な例を使用して説明します。

貴方は、ある製品の生産事業部の管理者だとします。この事業部では、年度当初に事業計画を立案し、それにもとづいて、人員・資材・設備等の手当をしますが、若干の変動には柔軟に対応する方針を貫いています。事業部は独立採算制をとっているため、管理者は、できるな

かたやま たかひと 防衛庁 航空幕僚監部

〒107 港区赤坂9-7-45

1989年7月号

©日本オペレーションズ・リサーチ学会。無断複写・複製・転載を禁ず。

(63) 357