

これからのOR

—しなやかなシステムの構築に向けて—

榎木 義一

1. 動乱の時代に生きる

ピアスカラ I FOR S 会長が昨年アテネの大会において行なった演説で引用しているように、現下の世界状況はまったく騒然たる (turbulent) 状況にある。あの悲惨な湾岸戦争の終結と、その後の中東各国の思惑の交錯する中での新秩序形成に向けての世界の動き、東西両陣営の冷戦構造の終結かと思われたよるこびも束の間、ソ連のペレストロイカの頓挫、バルト3国の独立問題、さらには東欧諸国の体制の変革など、これら一連の事件はわれわれ人類に、これからどのように生きるべきかについて難問をなげかけている。世界はまさに危機的な状況を呈しているといえるだろう。特に注目すべきことは、上記一連の事件は互いに関連をもって起こっていること、すなわち、世界の動きは文字どおり大規模系であり、また複雑な系の様相を呈していることである。ここにわれわれORに関係する者は、この複雑なシステムをどうとらえるか、これらの問題解決に向けての方法論をどのように模索するかが問いかけられている。

一方、このようなめまぐるしい変化こそ、まさに情報化社会の特徴的な側面ともいうべきであろう。すなわち情報量の増大による問題のより複雑化、より大規模化、さらにはよりダイナミック化であり、問題解決をますます困難なものとしている。したがって、いかなる問題に対しても、ミクロなアプローチのみでは解決は困難であり、同時にマクロなアプローチをも要求するのである。換言すれば、問題を局所的なものとして限定することがいかに不適当であるかを知るのであり、その問題をとりまく関連する諸要因を包括的にとらえることの重要性をつくづく感じるのである。これこそシステムズアプローチなる手法なのである。

さわらぎ よしかず (株)システム総合研究所
〒606 京都市左京区吉田牛ノ宮町4 日本イタリア京都
会館内

それにつけてもこの湾岸戦争で思い出すのは、ORの権威である Danzig 教授 [1] が1979年、ウィーンにおいて International Institute for Applied Systems Analysis (略称、IIASA、国際応用システム解析研究所) の第1回の Distinguished Lectures Series の第1回講演会において、もっと弾力性のある、工業化社会への移行をめざしての政策決定にモデルの果たす役割を論じていることである。すなわち、Harison Brown [2] が1979年東京で第1回の Ishizaka Lectures で行なった講演を引用して、彼が1973年から2008年までの35年間を人類の歴史上の危機的な期間と述べたことを注目すべきであると述べている。まさに現在われわれが当面する中東危機はこの間の1つの出来事と解釈される。すなわち、この危険な期間は1973年に石油が初めて戦争の大きな武器として使用されたことにはじまって現在に至っているのである。そして近代化された工業化社会がいかにもろいものであり、傷つきやすいものであるかを述べている。そして、これを避けてより柔軟な社会へ移行するための政策決定をするのに、システム解析の手法におけるモデルの効用のいかに大切かを論じている。

2. ORからシステムズアプローチへ

筆者は長年にわたり、制御工学の研究に従事してきた。そして、制御の対象が大規模系へと進むにつれて、システム工学の研究へと自然に関心が移ってきた。一方、ORを研究してきた人たちも同じような理由でシステム工学をめざすようになったのではなからうか。こうして、制御とORとはその境界はなくなりつつあるやに感ぜられる。しかも、いずれもその道具としては、コンピュータや通信の革新的技術を使用せざるをえない今日、OR、制御、コンピュータ、システム科学は1つの結合した学際的手法として実世界の問題解決に役立つべく発展が期待される。これこそ、システムズアプローチと称せられるものである。

この意味で、これからのORとは何かを論ずるとき、

実際に役に立つシステムズアプローチとは何かということに論点が向かうのは当然といえる。

3. システムズアプローチの有用性

さて、従来のシステムズアプローチは現在実際に役立つと評価されているだろうか。複雑さへの挑戦の方法論として、従来のORあるいはシステムズアプローチに対するきびしい批判がなされている。すなわち、伝統的なORやシステム解析の手法は問題の最適解をうるために、数学という言葉による対象の客観的記述を要求することである。

一方、現実の対象は複雑さのために、この記述は1つのモデルに帰することは通常きわめて困難である。多くの場合、現実とそのモデルとの差異は避けられない。このため最適解は実際的なものとはならない。この意味でCheckland [3][4]は従来のORやシステム解析をhard systems approachと呼んだ。彼は従来のアプローチを、現実を観察することにより対象を認識したり、同定したり、自然科学における方法でこれを解析することができるとの仮定にもとづいた方法であると断じ、観察者の主観とか感覚が扱われないところに、複雑さを扱うさいの限界を感じている。そこで彼は適当な人間の知覚によるモデルの修正や学習過程に重きをおくsoft systems thinkingを提唱した。[3]このほかにもAckoff [5][6]やBeer [7][8][9]は伝統的なシステムズアプローチに対する批判や種々のsoft systems approachの提案を行なっている。特にUlrich [10][11]にいたっては、きわめてきびしい批判をしている。彼のいわく、従来のシステムズアプローチはHow to doの決定を支援するのに利用されてきたが、What to doの決定を支援するのに使用されるのが本来の目的と断じている。結局のところ、われわれはsoft systems approachは問題を構造化するときに使用され、従来のアプローチは構造化された問題を解くときに利用されると考えるべきではなからうか。

OR、制御あるいはシステムズアプローチの理論は現実の世界における物理的な対象を扱う以上、数学的な抽象化の段階でよしとしてはならない。それにもかかわらず、上に述べたように理論と実際のギャップは大きく、この点でOR、制御、システムの理論は危機に瀕している。この意味で今後はフェジー理論や知識工学などを利用した新しい方法論の台頭が期待される。

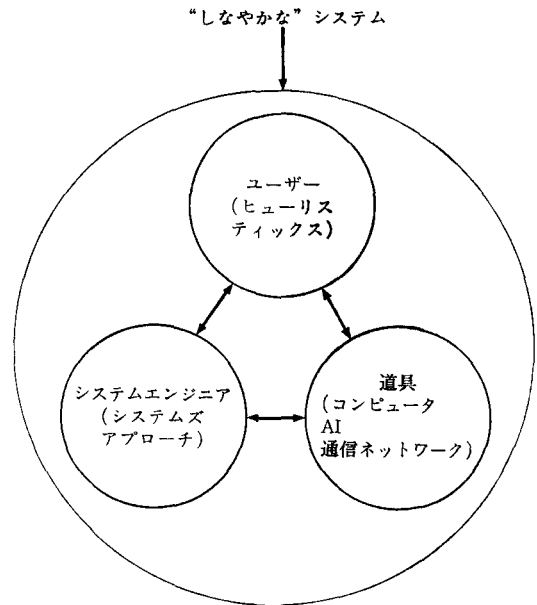


図1 しなやかなシステムの構成

4. しなやかなシステムズアプローチ

—ユーザー主体の日本的システムズアプローチ—

筆者ら [12]も上記のような今までのシステムズアプローチに対する批判を克服するものとして、しなやかなシステムズアプローチを提唱して久しい。“しなやか”なる形容詞は日本人独特のニュアンスをもつものであり、英法のsoftとhardの間あるいはsoftとhardの両方を意味するもので、英語でのびったりの形容詞は見つからない。したがって、あえて外国においても、“Shinayakana” [13][14]なる言葉をそのまま用いている。この意味であえて、日本人独特のしなやかな意思決定にもとづくシステムズアプローチとして提唱する次第である。

さて、しなやかなシステムの構成は図1に示すように、ユーザー、コンピュータおよび通信機器およびシステムエンジニアの三者が緊密な連携をたえずとりながら、人間と情報機器との対話による学習過程としての方法論である。こうして構成されるシステムがしなやかなシステムである。そして、この対話を実現するには知的なサポートシステムが要求される。またこれらの協調システムは学際的になされる。この意味でしなやかなシステムはinteraction (対話)、intelligent (知的)、interdisciplinary (学際的)の3Iの柱からなるものと考えられる。その国の文化や社会基盤とも関連してその

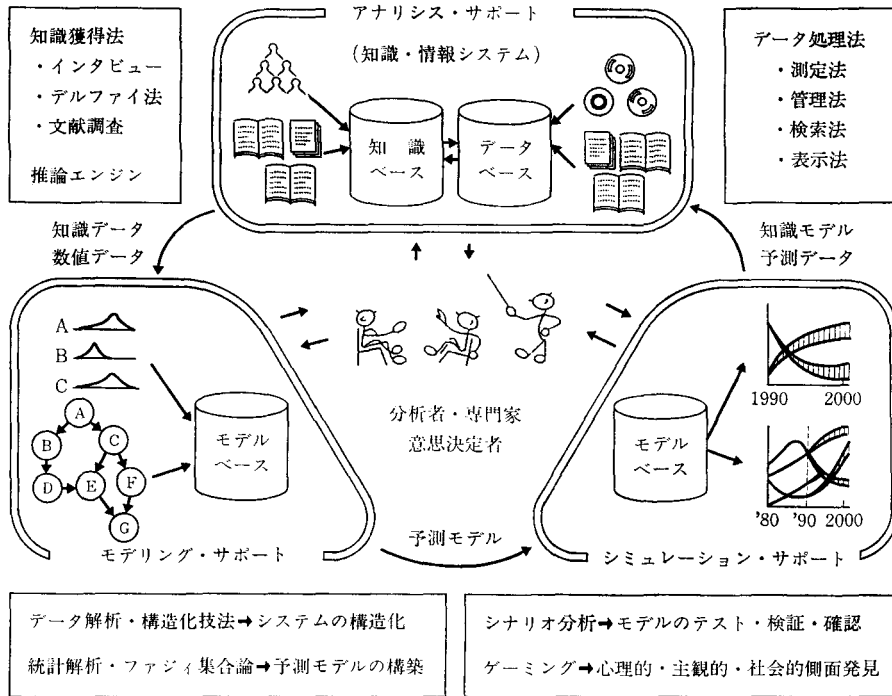


図 2 モデリングとシミュレーションのための総合サポートシステム

国独特のシステムズアプローチが考えられることは、人間をもろに含んだシステムであることから当然といえるだろう。

さて、大規模系に対してシステム解析の第1段階として、モデル作成についての方法論について述べる。数年前よりわれわれグループと国立環境研究所とが共同して環境計画策定支援システム [14] の開発を行なっている。そのさいのモデリングとシミュレーションのための総合サポートの概念図を図2に示す。これは大規模系一般に適用しうるモデリングのあり方を示すものとする。すなわち、分析者、専門家さらには意思決定者などの人間がもつしなやかな発想や判断がたえずコンピュータや通信システムに導入されている状況を示している。このシステムは、アナリシスサポート、モデリングサポートおよびシミュレーションサポートの3つのシステムからなり、図に示す種々のシステム技法を駆使して、繰返し続けるいわゆる学習過程なのである。こうして人間とコンピュータは互いに助け合いながら、問題に対する理解度をより深めてゆくのである。

こうして実問題の構造やパラメータの同定が行なわれることによって、いかにこの問題が互いに矛盾する複数個の目的をもったシステムであることがわかり、第2の

段階として全体の最適化を求めることとなる。すなわち、多くの目的の間のトレードオフをとることになる。また人間の行動原理は必ずしも最適化でなく、人間の判断能力および情報収集の限界から満足化によるとする方

$$\boxed{\text{総合的判断}} = \boxed{\text{バランス感覚}} = \boxed{\text{トレードオフ}}$$

コンピュータだけに任せることはできない (価値判断)

システムへの人間参加

人間と機械の能力の特徴を活かす工夫

対話型多目的計画システム

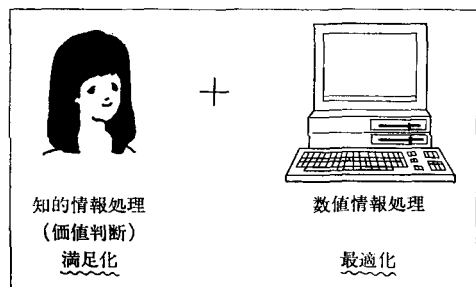


図 3 満足化トレードオフ法

が妥当であると主張したのは H. Simon であった。ここに筆者らが提唱するしなやかな意思決定法としての満足化トレードオフ法 [15] を図 3 に示すのである。図に示すように、従来の数理計画法にもとづいた情報処理系としてのコンピュータと人間のもつ価値判断にもとづいたしなやかな知的情報処理とを協調させたものである。

5. ユーザー・フレンドリー (user friendly) な ヒューマン インター フェース の 開発

— エキスパートシステムの開発 —

人間とコンピュータの対話を実現するためには、適当なヒューマンインターフェースの実現が必要である。ヒューマンインターフェースはハード面からのアプローチとソフト面からのものがあるが、ここでは後者について述べる。もっと具体的にいえば、人間がもつ専門家としての知識をどのようにしてコンピュータに移すことができるかの問題である。この意味で専門家の知識とは何かを考えると図 4 [16] に示すものである。専門家の知識全体を A で表わすと、その中にその分野の事実、つまり教本に書かれている情報としての知識の核 B がある。これは客観的な知識であり、容易に規則中心のシステムにすることができる。A と B との間には人間のみがもつヒューリスティックス、暗黙知すなわち言葉で表現できない知識、想像力および創造力の果たす領域がある。さて、昨今やかましくいわれるエキスパートシステムは専門家の知識や推論をコンピュータ化したものであり、図では B と C との間の部分と考えてよいだろう。今後は知識工学、ファジー、ニューロの研究によってこの部分の拡大に努力がなされるであろう。しかし、ここで残された部分としての C と A との間の重要性をも一度認識すべきである。この部分こそ人間が体験をつみ、思索を重ねて、たゆまない知的努力をすることによってえられる主観的な知識なのである。

6. 今後の研究方向

今や世の中は 21 世紀に向けて、CIM, SIS などと、技術変革はもちろん社会の変革にもおよぶ大きな変動期をむかえようとしている。これに伴って必要と考えられるシステムズアプローチのあり方を述べたが、これは同時に将来の OR に向けての研究方向と同一のものであると考え、も一度以下にその研究方向のいくつかの柱について述べる。

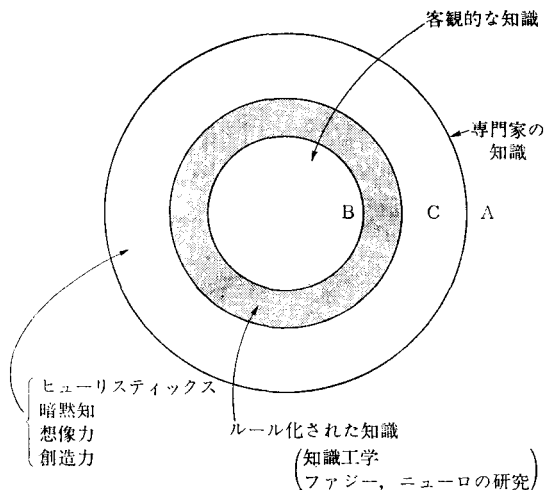


図 4 エキスパートシステムへの努力

6.1 グローバリゼーションをめざす

OR はいろいろな分野の人たちに使ってもらってその価値を評価されるのである。OR の人たちだけの独りよがりの学問であったり、技術であったりしてはならない。ここに応用分野を拡大することが重要となる。それには、各分野の専門家とのコミュニケーションを十分にとる努力をすること、具体的には上記しなやかなシステムの構築で述べたように、OR やシステム技術者はユーザーである専門家主体のコンピュータ、通信機器を道具としたプロジェクトのオーガナイザーとして触媒的な役割を果たさねばならない。これは言うは易く、行なうは難しである。今後 OR に従事する人たちはどんな分野の人たちとも十分に話し合いのできるグローバルな知識に目を開くことが大切である。

6.2 手法としての OR の幅と深さを拡大する

— 公理系からの脱却をめざす —

いうまでもなく、コンピュータ、通信ネットワークなどの進歩はめまぐるしい変化をしている。この先端技術を背景としての方法論であることを考えると、その理論や技術も改善されて当然である。人間と情報機器との対話の仕組みは、人工知能、ファジー、ニューロ技術などで刻々と変化してゆく。これらの進歩におくれず、理解しながら活用してゆくことに心がけねばならない。そして究極には個人または団体の意思決定を支援するシステムの構築に向けて発展を期待すべきである。

それにはわれわれが今までやってきたように、数学、経済学、物理学の知識はもちろんのこと、新しい分野としての人工知能や言語学を含んだ認知科学、心理学、社

会学など人文科学まで含んだ学際的研究が望まれる。

またこれからのORは単なるオペレーションのレベルでの技法で満足してはならない。究極の目標としては、あらゆる問題に対する政策決定、戦略決定に寄与することが望まれる。このように考えると、異なった文化や社会構造に応じて、意思決定のさいの目的や価値観の相違に注目すべきである。筆者が上記しなやかなシステムにおいて、あえて日本的と強調したのはこの点にある。

それにしても、今までのORはあまりにも公理系に限定された議論が多かったように思われる。今後はこれからの脱却を思い切ってやるべきではなかろうか。

6.3 非線形、フィードバックを含むダイナミクスプロセスに向けて

—自律分散システムの取扱い—

従来のORは制御にくらべて静的な面での議論が多かった。上にも述べたように今後はORと制御の差はなくなってゆくものとする。それにしても、最近の制御工学やシステム工学では、生物システムにその典型を見る自律分散システムの研究がさかんである。このときは、非線形でありフィードバック機構をそなえたダイナミクスシステムとならざるを得ないし、このシステムにおいて生ずる自己組織化現象というきわめて高度な機能をもつシステムに向けてORもその対象とせざるを得ないだろう。

以上、筆者の提唱するしなやかなシステムについて論及しすぎたきらいはあるが、今後のOR関係者に参考となれば幸いである。

参 考 文 献

- [1] Dantzig, G. B., The Pole of Models in Determining Policy for Transition to a More Resilient Technological Society. IIASA Distinguished Lectures Series/1, 1979.
- [2] Brown, H., Learning How to Live in a Technological Society. Trans. Shigehara Matsumoto, Ishizuka Lectures No.1, Tokyo: The Simul Press.
- [3] Checkland, P. B., Systems Thinking, Systems Practice. John Wiley, 1981.
- [4] Checkland, P. B., OR and the Systems Movement: Mappings and Conflicts. J. Opl. Res. Soc., Vol.34, No.8, pp.661-675, 1983.
- [5] Ackoff, R. L., The Future of Operational Research is Past. J. Opl. Res. Soc., Vol.30, No.2, pp.93-104, 1979.
- [6] Ackoff, R. L., Resurrecting the Future of Operational Research. J. Opl. Res. Soc., Vol.30, No.2, pp.189-200, 1979.
- [7] Beer, S., The Heart of Enterprise. John Wiley, 1979.
- [8] Beer, S., Brain of the Firm. John Wiley, 1981.
- [9] Beer, S., Diagnosing the Systems for Organizations. John Wiley, 1985.
- [10] Ulrich, W., A Critique of Pure Cybernetic Reason: the Chilean Experience with Cybernetics. J. Appl. Sys. Anal., No.8, pp.33-59, 1981.
- [11] Ulrich, W., Critical Heuristics of Social Planning. Haupt, Bern, 1983.
- [12] 榎木, 中山, 中森, 新しいシステム工学入門, しなやかなシステムズアプローチ, オーム社, 1988.
- [13] Sawaragi, Y. Nakamori, Y. "Shinayakana" Systems Approach in Developing an Urban Environment Simulator, IIASA Working Paper, WP-89-008, 1989.
- [14] Sawaragi, Y. Naito, M. Nakamori, Y., "Shinayakana" Systems Approach in Environmental Management, Preprint of 11th IFAC Congress, Vol. 10, pp.281-287, Tallinn, 1990.
- [15] 中山, 多目的計画に対する満足化トレードオフ法の提案, 計測自動制御学会論文集, Vol.20, pp.29-35, 1984.
- [16] マイク・クーリー (里深文彦 監訳), 人間復興のテクノロジー, 御茶の水書房, 1989.