

ブラック・ボックスを透視する

1. 覗（のぞき）の効用

見えざるもの、見難いものを垣間見たいという欲望は、人類固有の特権である。アメ玉をポケットに忍ばせている子供から、己の持物が役立たなくなった老人に至るまで、異常なほどの執念と知恵をふり絞ってこの大願を成就しようとこれ努める姿は鬼気さえ感じる。このように衆人が知りたいたする対象をブラック・ボックス（この例ではピンク・ボックス？）ともよぶことにし、以下ではORのモデル化のプロセスとブラック・ボックスとの関係およびブラック・ボックスを垣間見る際に生ずる諸問題を考えよう。

古くからブラック・ボックスとして扱われている対象の一つに、上述のような覗きの英知を生み出す人間の脳機能があげられる。脳機能の解明に関する研究は、17世紀にデカルト（Descartes）が動物を一種の自動機械と見なして以来はじめて自然科学としての基礎を築いたと考えられている。17世紀の科学は力学中心であり、脳機能はオルガンや時計にたとえられてその原理が説明された。すなわち「モデル」を導入して生体機能の研究に科学性が萌芽したといえる。時代の流れとともに、発明される機械も複雑化し、モデルも電話交換のスイッチ・ボード、テレビの走査方式、電算機などその時代の最先端の事物が用いられている。また、サイバネティクスの思想の芽ばえとともに通信・機械系と脳との関係をブラック・ボックスであらわし、その性質の解明に力が注がれた。このようなモデルの対象となった機械はすべてエネルギーや情報を伝達、処理するための能力

の補助手段として発達したものであった。しかし最近では、脳機能の代行を目的とした機械に対する要求が増加している。この目的に対しては、脳の機能そのものが明白にならないと、機械の設計方法がわからず、単にブラック・ボックスとしての性質を調べるだけでは不十分で、その内部に立ち入って絡線^{からくり}を調べ、それからヒントを得てはじめて同等の機械が実現できる。

このように、システムを既存の類似の事物で説明し、さらに進んで対象を抽象化してブラック・ボックスとして扱い、その内部を透視する方法がシステムのモデル化のプロセスでは重要となろう。

2. モデル化のモデル

あるシステムを直接に研究するのがむずかしいか、莫大な費用を要する場合には、何らかの意味で類似して取り扱いやすい別のシステム（モデル）を用いてアプローチしたり、そのシステムをブラック・ボックスと見なし、入出力間の関係からその性質を導く方法が、工学、経済学、社会学、生物学など多くの分野で盛んにとられている。とくに制御工学では、ブラック・ボックスを伝達関数で特徴づけ、その関数の同定が重要視されている。

ORはモデルの科学であると考えられており、モデル化の目的、一般的注意事項などは多くの書物で述べられている。それらから類推すれば、目的としてはつぎの三つが考えられる。

(i)システムの有機的な構造を解析し、記述するため(構造解析的指向性) (ii)対象とするシステムを望ましい状態に管理するための手段を推測

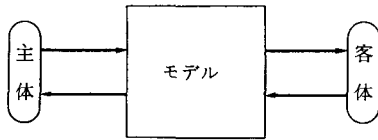


図 1

したり、管理効果を評価するため（ブラック・ボックス的性格が強い）(iii)未来の状態を予測し、意思決定を行なうため。

このような目的を考慮すると、モデルは現実からの一つの抽象であり、仮定の集合がモデルを形成し、モデルを使用する技術はこのような仮定の結果を通して仕事をし、思考をすることからなる。そして、抽象化されたモデルに関係するのは、図1のように主体と客体であり、この間の入出力はエネルギー、情報、物流などが関与する。

ところが、実際にわれわれがモデル化の手続きを考察する場合、書物や講演などを通じて接することができるのは、モデル化の対象としての現実に生起する現象 (input) と、現象をモデル化した結果のいわゆる〇〇モデル (output) のみであり、モデルを作製している途中のプロセスに遭遇することはまれである。

このような状況の具体例として赤ん坊を製造する工程を考えよう。この工程をモデル化する場合、各人の経験がものをいうが、一般に、その原因(input)となる両親(inputとなるのは父親だけ?)と、結果(output)としての赤ん坊の間には、約10カ月のタイムラグで対応関係がある。しかも、明らかに、第三者は両親と赤ん坊の双方を観測できるが、その製造工程を示すブラック・ボックスは直接に製造に関与した両親以外は垣間見ることができないのが普通である。ただしこの例がORのモデル化のプロセスと異なる点は、さまざまな種類の書物、写真、海外からの情報にもとづいて、その全貌を正確に推測でき、すぐにもシミュレーションで検証でき、ヨーロッパのいくつかの国々ではライフショーの名のもとに製造工程を公開している点である。

このように一部の例外を除き、モデル化の過程においてわれわれが知りたい点は、公表された情報をもとにして得られることはまれであって、われわれの目に触れるのは、〇〇モデルとして美しく完成された結果だけである。このように第三者が、モデル化のプロセスを垣間見れない原因の一つは、モデル作製者が途中のプロセスを隠したがる傾向があるからである。これは、作製中の試行錯誤にもとづくドロ臭さを他人に見られ、自分の無知・無能ぶりを晒したくないという自己防衛意識のためであろう。このため、初心者は、モデル化の具体的手続きを習得するには、書物からでは困難であり、それに代わって独断的な自己流によるか、何らかのプロジェクトに参加し、先輩たちが行なう方法を盗むのが早道であろう。すなわち、カンや経験が極度に排除され、科学的方法を追求するのが目的のORにおいて、モデル化のプロセスでは、現在の時点では科学的方法が存在していないといっても過言ではない。しかし、モデル化というブラック・ボックスの内部で行なわれる手続きの概略を整理することによって見通しがよくなると思われる。

3. ブラック・ボックスの特徴

自然科学の分野では、古典的モデルの目標は自然界に生起する現象を忠実に数式で表現し、実験によって再現しうるかということであった。質点の運動は Newton 力学では2階の微分方程式で記述され、方程式を満たす解と経験世界での現実とは対応している。この場合、自然自身はその法則にしたがって運動し、われわれの意志は関与していない。これに対して、ORモデルのいちじるしい特徴は、人間の自由意志にもとづく選択の可能性を秘めている点であろう。すなわち、ORモデルはわれわれが選択しうる決定変数を含んだ意思決定型、計画型のモデルである。OR屋はこのような意思決定のためのモデルを創造して、人間社会がかかわり合う諸問題をアプローチすること

が多い。ここでは、そのモデル化の手続きについて紹介する。

エイコフ、サシーニ(Ackoff, Sasieni)は「オペレーションズリサーチの基礎」の中で、モデル作製の手順をつぎのようにまとめている。すなわちそれはシステムの複雑性と研究者がシステムの構造にどれだけ接近できるかによって五つの様式にわかれる。

- (i) システムの動きの直接的調査
- (ii) 類似
- (iii) データの解析
- (iv) 実験
- (v) 人工的現実のどれを用いるか

データの利用可能性がモデル作成とどのように相互に関連しているかを考え、理想的なものよりもむしろ正確でなくとも有用なモデルを發展させねばならない。粗い近似モデルでも使えない高精度モデルよりははるかによいといえる。すなわちモデルはその対象となる現象ほど複雑であってはならず、正確さをあまり失わずに単純化する必要がある。この考え方は、スードモデルはあまり余分なものを身につけず、大切なものを見せるのがよいという意見と同じである。

このような意思決定のプロセスをサイモン(Simon)は三つのフェイズにわけている。

- (i) 情報活動(What is the problem?)
- (ii) 設計活動(What are the alternatives?)
- (iii) 選択活動(Which alternative is best?)

さらに、意思決定の問題を解決するための科学的方法はつぎのようなステップを踏むとしている。

- (i) 問題を定義する
- (ii) 目的を記述する
- (iii) 仮説を定式化する
- (iv) データを収集する
- (v) 分類, 分析, 解釈をする
- (vi) 結論を引き出し, 一般化し, 新しい仮説を展開する。

また、スモールウッド(Smallwood)はブラッ

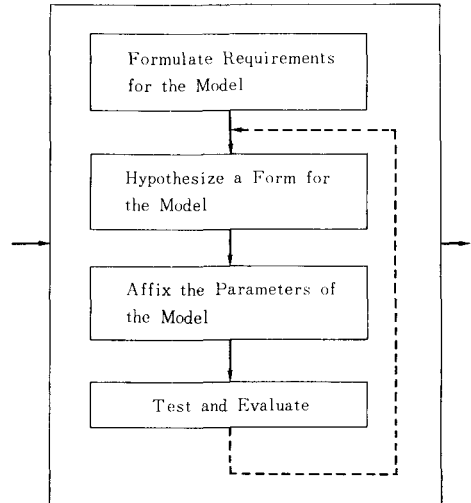


図 2

ク・ボックス内のモデル化の手続きを図2のように概略している。

第1ステップは、モデルが必要であるというニーズを定式化する段階である。とくに、モデルを何に利用するのかを規定するステップである。上述の科学的方法では(i),(ii)に相当する。このステップは、モデル化に対しては素人であるものが見れば、ごく単純そうであたりまえのことしか述べていないのではないかと考えるだろう。ORを志した初学者が入門書の最初の部分を読んだとき、うなずきながら読み過す、盲蛇に怖じずという個所である。しかし入門書の著者の側も特別に力を入れて書いた個所ではなく、書物全体の体裁を整える意味でつけた部分であるともいえる。このステップは、換言すれば、問題認知のステップともいえる。すなわち、ニーズが発生する動機を追求すれば、経営や管理を遂行する場合になんらかの不満が目立つようになり、困ったことが生じているという意識が高揚し、その結果、解決したいという欲望から問題の発生が認知される。

第2のステップは、規定された要求を満足するようなモデルの型を仮定する段階である。このような仮定を設定しうる背景には、問題意識、目的意識を明確化しうる状況、すなわち、モデルに関与する諸変量が数量化されて数学的に扱いうる状

態が設定されている必要がある。

つぎに、モデルの型が定まると、そのモデルに対するパラメータを推定する段階になる。この目的のためには、データの収集、処理が要請される。この際、現実をより精密に表現しようとしてやたらに多くのパラメータをもつ複雑なモデルを構築したとしても、パラメータを決定するためには大量のデータと計算を必要とする。そこで、いかなる因子がもっともよく現象を説明するかを調べるために、予備モデルの使用、主成分分析などの統計的方法の適用も有効であろう。

最後に、構築したモデルが初期の要求を満足しているか否かを検証し、評価する段階となる。もし要求通りでなければ、モデルを修正したり新しいモデルを仮定して上述の手続きを繰り返す。

4. 覗いて見えた？

若い女性の多くはカッコいいモデル嬢にあこがれをもち、「私も一度でよいから、舞台上に立てないかなあ……」と嘆息をつき、男性は「一度でいいからモノにできないかなあ」とヨダレをたらすようである。このように衆人羨望の的であるモデルはいかなるプロセスで生み出されるのであろうか。現実には「モデル養成所」があり、モデル嬢になるための条件（ごくゆるい）を備えた者が、歩き方、美容体操をはじめとして、付マツ毛、厚化粧のアルゴリズムがカリキュラムに組まれ、その成果は場末か温泉のヌードスタジオ用のモデルを生み出すことが多い。ところが、われわれが望んでいる理想的モデルは、規格化された標準型モデルではなく、3シグマ以上離れた範囲にある芸術的モデルである。このような3シグマ型モデルは、天賦の才を備えた者が努力と経験の積み重ねによってまれに創造するものである。

一方、ORで用いるモデルは、使用する目的や局面によっても異なるが、通常の問題解決には標準型モデルの手直しで十分なことが多い。これに反して、プロのOR屋が一生に一度創れるかどう

かも疑わしい3シグマ型の芸術的ORモデルは彼の経験とカンにもとづいており、これを作製するためのアルゴリズムはなさそうである。ORにおいて、3シグマ型モデル作製の指南書はないが、「モデル養成所」程度のoutputを期待し（多くの場合、これで間に合うが）、標準的手続きを構成することは可能であり、その概略は前節で述べられた。それらの一般的注意と先輩からの盗み出しなどにより、常識的なモデルが創造可能となるであろう。ただ、もっとも注意しなければならないのは、つぎのような点である。適当な能力と経験を備えたOR屋の特徴として「他人の土俵で相撲を取りたがらない」ものであり、種々の現象を眺めるのに色眼鏡を通して見ることが多い。その土俵は自分の得意とするLP, DP, 待ち行列、…などの分野であって、客引きよろしくこれらの分野へ現象のほうをひきずり込み、歪曲したモデルを作製して、得意手で解析して有頂天になる。さらに現実との乖離に対しては、適当な理由をつけてゴマカスことになる。このような理由から、われわれが他人の作製したモデルを見る場合には、モデル自体の效能書きにのみとらわれず、その副作用を考えながら味わうだけの余裕が必要であろう。

参 考 文 献

- [1] 北川敏男：“情報学の論理” 講談社現代新書
- [2] W. J. Perkins：“Modelling in Biomedical Research” 医用電子と生体工学 Vol. 15, No. 4 (1977).
- [3] 古瀬大六：“数理計画法I” 共立出版
- [4] 横山 保：“意思決定の科学” 中央経済社
- [5] R. L. Ackoff and M. W. Sasieni：“Fundamentals of Operations Research” Wiley, 1968.
- [6] R. D. Smallwood：“A Decision Analysis of Model Selection” *IEEE Trans.* SSC-4 (1968).
- [7] 松田武彦：“計画と情報” NHK情報科学講座
- [8] 樋渡潤二：“生体情報工学” コロナ社

たばた・よしお 1943年生

1971年 京都大学大学院工学研究科博士課程終了
大阪大学経済学部助手、基礎工学部講師を経て、現在工学部助教授