

システムのお話し

藤代 侑宏

現代の科学・技術における重要な概念の1つに、“システム”という考え方がある。しかも、現在では、この考えがなくては、問題の所在すら理解することも困難であり、さらには、その問題を解決する適切な方策を選択することもほとんど不可能であるといった方向に、21世紀への世界は確実に進行しているように思われる。

“システム”の概念、特に、システム設計・システム解析の考え方は、人間の歴史の中に古くから現われていて、いわば、常識的に存在してきたものであるだけに、かえって近代的なシステム概念と通俗的なシステムの考え方が混同して、実践段階では、ほとんどシステムの考えが導入されなかったというのが従来の実情であろう。

また、システム概念は、常識にもとづくものであるにもかかわらず、専門的記述は、高度かつ複雑に見えて、一般の人々の敬遠するようなものとなっているのも事実であろう。

この資料は、近代的システム概念を、2つの重要な要件に要約し、かつ、直観的常識だけでも理解、応用できることを意図したシステム概念の入門的概説である。

話をわかりやすくするために、当分のあいだ、物事のもつ特性や条件などのことを、概括的に“観点”ということにしよう。“システム”とは、簡単にいえば、“ある規則にしたがって構成された観点の集合の全体”である。

すなわち、システムのもとでは、個々の観点や物事などは、(1) 全体システムの部分的要素である。(2) システム構成のある規則；一要素間の関係一にしたがう。；という条件によってのみ意味をもつ。

システムのこの2つの要件について、できるだけ直観的にわかりやすく説明しよう。(直観的常識の範囲内で理解したいならば、後出の[注1]、[注2]は無視してよい)

1. 着目した事実に対する全体的観点を定めること[システム設計の問題]

いとぐち

まず、与えられた当面の事実をよく見ることは大切なことではあるが、ただ、目先の事実だけを、熱心に見るだけでは、たいした問題解決とはならないし、また優れた発想が湧いてくるというわけのものではないということは、日頃われわれが体験するところであろう。一般に、1つの事実というものは、それを見る観点や立場によって、どのようにも見えるものであるから、物事を見るときには、それを見る観点や立場を、とにかく、はっきりさせることが、まず必要である。

事実を見るとき、その観点や立場をはっきりさせるということが、システム的な考え方の第一歩であり、さらに、狭い観点から、より広い観点に立つこと；部分的観点から全体的観点到立つこと；が“システム”の考え方の第1要件なのである。たとえば；

現在、われわれの周辺でおこっている政治、経済、教育、科学、技術、そして会社経営などの諸問題を思い出してみても、それらの問題は、個々そのものとして見るかぎりにおいては、ほとんど問題とはならないが、ある全体的観点から見たときに、大問題となるようなものばかりであることに気がつくであろう。つまり、問題に対する観点；部分的観点と全体的観点、の相違にもとづくものである。

システム問題とは、個々の事実自体の問題ではなく、その個々の事実に対する全体的観点の中に潜在する問題なのである。

日常周辺の事実においても、われわれが、いったん全体的観点に立って見れば、今までは気づかなかった多くの問題が潜在していることを見いだすことができるであろう。そこでは、将来の危険を未然に防止する実行計画、さらには、価値ある先端技術を生み出すことも可能となるのである。

逆に、1つの事実に対して、全体的観点から見た問題が潜在しているようなときに、いくら部分的観点にもとづく正当な努力をつくしても、問題は発見されることがないであろう。たとえば、システム技術を主体とするマーケットにおいて、R社の製品が陳腐化しているという問題があるときに、従来の生産技術の世界で、いくら改善努力を重ねても、問題は解決しないのは当然である。それは、問題解決の方法論以前の問題設定の観点；工場レベル(部分システム)とマーケットレベル(全体システム)の相違にもとづく問題なのである。

さて、ここでわかることは、通常の問題は、1つあるいは多くの個別的事実自体を対象とするのであるが、システムは、それぞれの個別的事実を直接の対象とするものではなく、それらの事実に対する全体的観点を対象とするものなのである。

システムの第1要件は、着目する事実に対する全体的観点を定めることである。要するに、たとえ1つの事実についても、なるべく広い視野から、全体的に問題を把握せよということである。当然ながら、システムとは単に多くの事実を総花的に集めることではないということに特に入門者は心すべきであろう。

集合の概念を用いて、システムの第1の要件を述べれば、システムとは、多くの観点を要素とする集合であるということになる。

このとき、1つの事実、システムという集合の1つの部分集合であるとするのである。これもまた1つの部分システムである。

通常、これらすべての部分システム(部分集合)からなる集合族を1つの全体集合(全体システム)とすることが行なわれている。

[注 1]

専門的には、このシステムの第1要件を、システム設計、問題発見、予測モデル選択的モデル選択の問題などとして、固有技術設計、問題解決の方法論の問題と區別している。

数学的にいえば、事実に対する全体的観点を集合、空間として規定する問題で、実態や解析可能性などの条件から、ユークリッド空間、離散空間、距離空間、位相空間、一様位相空間などがよく知られているが、特に線形空間はよく利用される。

統計学的では、事実を実現空間(標本空間)、観点を測度空間(標本分布空間)として、標本空間から分布空間への変換写像(統計量という)によって、近未来に対する予想的システム設計を与える問題を扱うことがある。

いずれにしろ、システム設計では、空間あるいはその変換の“完備性”の問題は基本的な問題であろう。[注 終り]

2. 部分システム間の関係を明らかにすること[システム解析の問題]

システムであるための第2の要件は、部分システム間の関係が明確であることである。

現代では、個々の部分システムだけの単独な問題はあまり重要なものではなくなってきた。個々の部分システムが、それぞれまったく問題がなくても、全体システムは大問題であるようなことが、システムという立場では常識なのである。というのは、先にも述べたように直接的に部分だけを見ることは、誰でもできることであろうが、全体的な視野に立って見直すことは、そんなに簡単なことではない。特に他の部分システムとの関係を考えれば、その関係は、巾乗的な膨大なものとなり、きわめて複雑なものとなる。

したがって、従来ある1つの部分システムと他の多くの部分システムとのあいだの諸関係はほとんど無視されてきた。したがって、もしもシステム間の関係に問題があれば、それは大問題を潜在させることになるのである。逆に、部分システム間の関係に注意するならば、大問題を解決し、根本的大改善の可能性が与えられることになる。

実際、システム間の関係にこそ根本的問題や改善点があることの例は枚挙にかぎりが無いほどである。；

たとえば、A工程で製造した製品を、さらにB工程で加工するようなとき、B工程の加工時間はA工程に依存する手待ち時間あるいは逆に加工待ち製品が生ずる場合、これらの手待ち在庫は、AとBとに共通する部分であって、A、Bの加工時間あるいは加工数は、それぞれ独立に考えるわけにはいかないのである。つまり、A、Bは相互に、共通部分(A * B)の条件付で考えねばならないのである。これは2つの部分システムのあいだの関係の1つのタイプである。このことは、なにも2つの製造工程に限ったことでもなく、また時間、数量で計量化できるものだけに限るわけのものではない。キャッシュ・レスから人工衛星までこのタイプのシステムの例はいろいろ実現している。それでもまだ、このような相互依存関係は、自然、社会のいたるところに無数に存在しているにもかかわらず、国債・税金(財政問題)と公共投融資(経済問題)の例をあげるまでもなく、ほとんどシステムの考え方が無視されて、大きな潜在損失あるいは潜在価値を累積させている現状を見逃がすわけにはいかない。

部分システム間の“関係”を、もうすこし広く見れば、

このタイプ以外のものもある。たとえば、A工程とB工程とが、それぞれ共通部分がなく独立に製造しているような場合、全体システム(A, B)から見れば、AとBとはまったく同じもの(同値類)と考えられる場合とAとBとはまったく異なるもの(直和解)と考えられる場合とがある。実は、この両者に関する“類別”は、基本的問題で、A, Bの統合、分割をまちがえると、全体のシステムは基本的に不完全(完備性を失う)なものとなり、必要・十分性も意味を失うことになる。ここにも基本的な潜在価値・損失が累積する。

そのほか、表1を例として、このような“関係”について、いろいろ考えるのもおもしろいであろう。(説明省略)

システムの第2要件は、部分システム間の関係を明らかにすることである。2つの部分システムAとBとの関係とは、だいたい次のようなことを意味する。

関係

- (1) AとBとの共通部分(A * B)があるならば、
 1. Aを考えたときには、(A * B)の条件付で考えること。[順序]
 - (2) AとBとに共通部分がないときは、次のいずれかである。
 2. AとBとが本質的に同じものである。[同値]
 3. AとBとは独立な異なるものである。[直和]

[システムにおいては、計画段階—システム設計、システム解析—が重要である]

近代的システムの考え方でみれば、直観では見えない大きな潜在的価値・損失を見いだすことができることがわかった。これは実施段階においては、事後的に、その場その時に応じて、このシステムの損失・価値を発見・処置することは本質的に不可能であることを意味する。計画の意義はここにあるのである。しかもかりに、直観的常識のレベルであっても、いったん以上の近代的システムの考え方に立つだけでも画期的成果が期待されるに違いないのである。

[注 2]

われわれは、この第2の要件をシステム解析、問題解決、予測的解析の問題などと呼んでいる。これは、第1の要件を前提とした関係に関する“類別”である。

システムの第1要件；空間規定においては、“完備性”が基本的に重要であった。

表 1

全体システム	部分システム	(部分システム間の)関係(制約)
工場	製造工程AとB	(A, B間の)在庫・運搬(原料資源)
産業	生産と消費	流通 <先端技術>
総合計画	産業と環境	水質公害 <人口問題>
教育	個人と集団(家庭)(学校)	社会風俗・TV・職業・教育評価<情報化>
T(a, b, c)	a, b, c	関係(a * b), (a * c), (b * c), (a * b * c)
1	k	2 ^{k-k-1}

この第2要件においては、“関係”に関する解析方法論に対する“必要・十分性”が重要な問題となる。[注終り]

かくて、最適システムを決定することによって、第1要件が更新され、“システムが生成される”ことになる。[システム生成]

なお、線形空間あるいは線形空間をもつ確率測度空間(線形統計)におけるシステム設計、システム解析には、デジタル・コンピュータが活用されて、この結果、システムの利用・運営のためのニューメディアもいろいろと実用化されて、情報システム時代を形成していることは周知である。

[システム設計]—[システム解析]—[システム利用・運営]

という段階において、高度利用のためにも、単なる利用・運営だけでなく、以上のシステムの設計、システム解析の概念を理解することは、今後、必要となってくるものと思われる。

最後に、具体性ならびに実行可能性のため、数量化と制約条件が必要である。

今まで、話の都合上、物事の特性や条件などを概括的に“観点”と呼んできた。すでに、気づいているように“観点”とは、着目する事象に対応するある集合であった。数量化とは、この“観点”を、実際のシステムのもつ“目的(損失・価値)や数量的特性”に合ったように、“計量空間あるいは可測空間”として、具体化することにほかならない。したがって、第1要件の重要な部分をなすものである。

たとえば、“観点”が、品質特性の集合で、可測空間として、システム設計されるならば、“統計的品質システム”と呼ばれるであろう。また、(ある製造工程を時間特性で計量化した部分集合)={t : t=ある製造工程の加工時間}あるいは、(ある製造工程を時間に対するコスト関係で計量化した部分集合)={y : y=f(t)}といった具

合であるが、これは、具体的に事実に応じて専門的に検討する問題である。

(別記) 流山市総合計画

この計画は、中項目でいえば、36の“観点”からなる長期的全体システムといえる。ここで、大分類5項目を考慮して、二者相互のあいだの“関係”だけに注目すれば、“関係”の項目(これは実に残念ながら、計画案の上には表面化していないが、しかし審議の主要な意見は、ほとんどこの中に含まれていた)は、全部で、630項目となる。総合計画の肝心な問題は、この“関係項目”の中にあることがわかる。事実、過去において問題となったり、

将来の問題点の大部分は、この関係630項目に含まれるものばかりで、単独な36項目に含まれる問題はほとんどない。

しかも重要性と困難度などで簡約(これが、審議、検討のテーマ)すれば、たぶん数分の1だけが、総合計画の対象となるだけであろう。あとは行政レベルに必要な項目を加えて成文化すればよい。

システムは、偉大な成果を生むいっぽうで、事後修正がほとんど不可能という面をもつ。21世紀の愛する子孫のため、また21世紀にとり残されないうためにも、システム計画の段階を重視したいのである。

書 評

SASによるデータ解析

基礎編(上)

監修
共著

中山和彦
雄山真弓・坂口 瑛・東原義訓 丸善 238頁 5300円

SAS(Statistical Analysis System)はデータのハンドリングが良いこと、豊富なグラフィック機能をもっていること、そして利用者が独自のプログラムを組むことができ、そのさいマトリックスを線形代数で扱うと同様に使えること、などの長所をもっているので、ORの専門家にとって有力な武器となるであろう。

SAS User's Guideの日本語版が出版されているが、これは初心者にとって不必要な記述が多く、またむずかしいものであった。本書はこの点を考慮し、例題としてよく使われるような事例を選んであり、わかりやすい。

SASを使うにはまずSASデータセットを作らねばならない。これができる後に使用するプロシージャは比較的やさしい。本書はSASデータセットを作るためのステートメントや操作上の細かい注意点などにも例題をつけて親切に解説してあるので、初心者でもわかりやすいと思う。また本書は欠測値の扱いについて1章をもうけてある。

まずは本書の例題を使って、実際に計算機を動かすが、SASの理解への一番の早道だろうと思う。

(東京理科大学 河本綾雄)

書 評

SASによるデータ解析

基礎編(下)

監修
共著

中山和彦
雄山真弓・坂口 瑛・東原義訓 丸善 169頁 4200円

本書は、最近急速に普及してきたSAS(Statistical Analysis System)の初心者向け解説書である。SASの特徴はTSSで使われることを前提としていること、豊富なグラフィック機能をもっていることで、これが近年の普及の原因になっている。いっぽうSASのマニュアルは最近やっと日本語版が出版されたという状態で、それも厚くてややとつきにくい。はじめてSASを使おうという人には本書は手頃な入門書となるはずである。

上巻では、基本的なデータハンドリングについての解説がなされたが、下巻ではSASのもつ多数の統計処理プロシージャの中から、よく使われる統計手法(クラスター分析、判別分析、因子分析、回帰分析、分散分析等)の実行方法、SASのグラフィック機能の使い方(棒グラフ、

ブロックチャート、円グラフ、2変数の関係グラフ、等高線図、3次元グラフのつくり方)が中心となり、他に上巻より高度なSASのデータハンドリングとSASのオプション等の記述がある。

各コマンドの解説、使い方の説明は簡潔で、また例題を必ずのせてあり、この本を見ればSASを自分でもやりなりに動かせるようになっている。

さらに高度な統計手法やグラフ処理の詳細については本書の姉妹編「SASによるデータ解析 応用編」が出版される予定とのことである。SAS/ORも近々リリースされる予定なので、ORを専門にする人にとっても本書はSASの入門書として価値のある1冊ではないかと思う。(東京大学 鈴木敦夫)