

システム工学の理念

大阪大学工学部 宮 脇 一 男

1. ま え が き

システム工学が対象とするシステムは、つねに、きわめて大規模であり、また高価である。したがって、もし、その建設に失敗すると、これによって生じる損失はほとんどとりかえしのつかない程度のもことになる。

ここに、システム工学の必要性があり、また、システム・エンジニアの責務がある。システム・エンジニアは、したがって、システム工学の諸技法を駆使し、システムの設計に、万漏のないことを期せねばならないのであるが、この仕事は、おそろしく複雑、煩瑣なものであるから、ややもすれば、設計の全般、あるいは各過程における検討に厳密性を欠きやすい。

こうならないためには、システム・エンジニアは、一つの不退転な理念の下に仕事をしなければならないのである。

2. 自然科学者の精神と研究態度

システム工学の理念は、自然の法則を解明しようとする科学者の精神に通じる。

科学者が、一つの自然現象に関心をもち、この現象を解明しようとするときは、まず、現象の世界に入って、丹念に、観察、測定を行なう。それから、この結果にもとづいて、たとえば、その現象は、これこれの原因に由来し、これこれの経過をたどって現われるものであると説明する。

対象とする現象が、科学者の感覚によって、直接とらえられないような類のものであれば、たとえば、原子内部に起っている現象などの場合は、上のような説明は、多分に論理的な推測にもとづいて行なわれ、この際、科学者は、実際の現象を写すと思われる仮説を提示することになる。

さて、このような仮説は、実体の特性を描写するとともに、仮説から逆に、実体について、いままで観測されなかった性質をも予測できねばならない。

そこで、科学者は、この仮説を、種々の条件の下にチェックして、同じ条件下における実体の状態と比較する。そして、これらが同じであることが確かめられたならば、上の仮説は、確かに、実体を写すものであり、し

たがって、現象に関する上の説明は正しく、そして、現象が解明され、一つの法則が確立されたと考える。

図1は、科学者のこのような研究過程を示すものである。

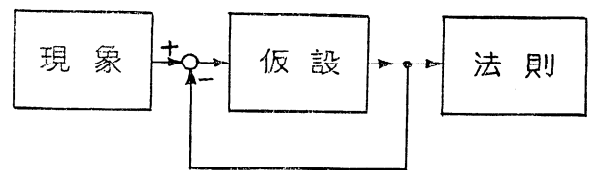


図 1

る。

さて、自然の法則は、唯一無二である。そこで、科学者が、不用意に、間違った仮説を立て、これをそのまま、法則として発表すれば、遅かれ早かれ、その誤謬が指摘される。

このため、科学者の推理、推測は、厳正そのものでなければならぬ。また、観察、測定も、徹底して、慎重に行なわねばならない。

ボイルの法則に例をみるような、簡単な記述でつくされる法則でも、これを確立するためには、科学者は、おびただしい関与因子を考慮にとり、検討を進めていったにちがいがなく、長い年月と、はかりしれない労力とを費しているはずである。

この間、仮説は、いく度も修正され、場合によっては、最初のものとは、ほとんど相似ないものになっているかもしれない。

3. システム・エンジニアへの要求

システム・エンジニアは、自然現象を解明する代わりに、ある目的を達成するためのシステムを設計しなければならない。システム・エンジニアと目標システムとの関係は、自然科学者と自然法則との関係と同じである。

しかし、自然法則が唯一無二であるに対して、目標システムは、一般に、いく通りも存在する（あるいは、存在すると考えられる）ところに、設計にたづさわるエンジニアの間違ひが出てくる。

システム工学の理念は、「目的を真に達成する最適システムは唯一つしかない」と信じることから生まれる。すなわち、正解はいくつもあるとか、正解であるかどうか

かは、どうせ検証されないとか考えて、設計にかかるようでは、システム・エンジニアとしては失格者である。

むろん、多くの場合、建設されてしまったシステムが、当初の目的を果す最適のものであるかどうかを、完全にチェックすることはできない。また、事実上、当初の目的を、一応果しているために、さらに最適性（価格が最低かどうか、保守性が最良かどうか、等）についての問題が無視される場合も多い。

しかし、システム・エンジニアは、上のような現実に甘え、自からの責務を軽んじてはならない。

ここで、米国における Systems Engineering Council の綱領を引用してみよう。

「SE の業務には、高度の誠実さ、判断力、指導力、創造的、かつ、技術的才能が必要である。システム・エンジニアは、目的に対して忠実でなければならないことは明白である。彼の目的は、その依頼者、または、雇用主に対して職業的な助言者として働くことである。……

システム・エンジニアは、彼の専門上の助力者、システムのユーザーに対しても、一般人に対すると同様に道徳的な責任をもつ。システム・エンジニアは、彼の動機行動、および能力が尊敬と信頼を勝ち得るようなものでなければ、その義務を十分果すことができない。……

システム・エンジニアと依頼者との関係は信頼によって決まる。……」

このように、システム・エンジニアには、誠実さ、信頼性が強く要求されているのであるが、これは、いいかえれば、あらゆる手をつくして、最適解を見出すべきだということである。

4. システム設計の3段階

上に述べたことから、システム・エンジニアにも、自然科学者の場合とまったく同様に、関与条件がどのように複雑であろうと、仕事の全過程にわたって、きわめて厳密な論理性の要求されていることがわかる。

システム・エンジニアは、最初の段階で、設計しようとするシステムの果すべき目的について検討しなければならないが、この段階は、自然科学研究における現象観察のそれに相当する。

複雑で大規模なシステムの設計に当って、考慮すべき条件をあますところなく記述してみると、ほう大な紙数のものになるはずであるが、設計の立場からはこれら満足させるべき条件のすべてを、システムの目的とみなさねばならないのである。たとえば、鉄道の新路線設計の場合、所要の輸送力を実現する方策を考究する以外に、一方、この最終目的を達成するための資材の確保、その

他の多くの仕事を考究しなければならないが、システム・エンジニアにとっては、後者のすべてが、また、当面果さねばならない目的である。

このようにして、附随条件のすべてを、システムの目的としてとりあげ、これらについて、十分な検討をすることによって、はじめて、つくろうとするシステム的全貌が、ある程度明確に、うかびあがってくるのである。

そこで、次の段階に入る。すなわち、上の目的を達成させるためのシステムの構成を考えることになる。これは、システムのモデルをつくることであり、ふつうの意味における設計の仕事である。また、これは、自然科学の研究における仮説設定の段階に相当する。

この段階も、むろん、ほう大な仕事量を要求する。

さて、こうして、一応のモデルができると、このモデルについて、改めて、これが当初の目的、諸条件を真

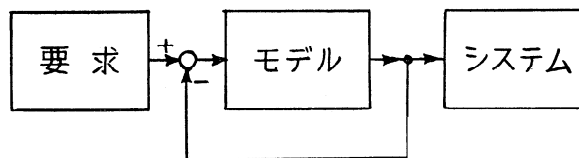


図 2

に満足させるものであるかどうかを厳密にチェック、すなわち、テストする段階に入る。

そして、要すれば訂正し、また、チェックするという手をくりかえす。こうして、最後にシステムの最終設計ができ上ることになる。この過程は、自然科学研究における法則の確立のそれに相当する。図2は、この過程を示すものである。

5. システム設計の手順

システム設計の手順は、オペレーションズ・リサーチ (OR) における問題解決のそれと、原則的には同じである。これは、次のようになる。

- (1) 問題の質的な性格を明確につかむこと。
- (2) 模型 (モデル) をつくること。
- (3) 模型から解を求めること。

上に示した手順は、実は上述のように科学者の研究手順にも一致する極めて一般的なものである。次にこの考え方に基づいてシステム・エンジニアのとるべき手順をやや具体的に示してみよう。

(a) 建設しようとしているシステムの真の目的を徹底的に理解する。このためシステム・エンジニアは命令者との間で完全な意見の一致をみるまで論議をつくしておかねばならない。

(b) 上のシステムの完成、および、使用について、さしあたり考えられるあらゆる制限条件を数えあげる。このためシステム・エンジニアは関係するあらゆる部門の人々と接触しなければならない。

(c) 与えられた制限条件の下にシステムの設計を開始する。この場合、最適化のための規準を明確に決定しておかねばならない。

(d) 一応の設計ができ上がったならば、この当否について、あらゆる角度から、しかも、論理的に最も厳正にチェックする。このため思考実験はむしろのこと、モデル、シミュレーションによる実験、ゲーミングなどを組織的に行なわねばならない。

(e) 上のチェックの結果を整理し、これをシステムの目的、制限条件などから与えられる判定規準に照して設計の当否を決定する。

なお、これらの諸段階においては、過去のデータ、他における事例などを組織的、体系的に調査し、吟味しな

ければならない。

6. む す び

本稿では、システム・エンジニアは、複雑な要因をもった自然現象に挑戦する科学者のような厳正な態度を持つべきであることを強調した。

一方、システムの設計が、自然法則の確立よりむしろかしいのは、時日の制限と、社会性、経済性に関する要求が苛酷な点であることにも注目しなければならないであろう。

わが国では、米国などちがって、従来、それほど大きなシステムをあつかう機会がなかったために、システム・エンジニアの仕事に関する分析が充分に行なわれていない。そこで、システム・エンジニアに課せられる重大な責務についてもほとんど認識されていない。

しかし、これが認識されて、はじめて、システム工学の理念を云々する意義も理解され得よう。