

# システム・エンジニアの仕事と諸技法

大阪大学工学部 手塚 慶一

## 1. システム・エンジニアの必要性

企業体それ自身、ないしはその企業を構成する生産・事務活動のどの部分を取りあげても、これらを1個のシステムと見ることができる。すなわちシステムとは多数の要素が互いに関連しあって構成されている対象であって、そこに存在する「複雑さ」によって特徴づけられるものとみることができる。

したがって、いかなる人間集合の場合、いかなる装置をとっても、見方によってはこれをシステムとして取り扱うことができるのである。

話を具体的にするために生産会社を例にとり、システム・エンジニアの必要性とその仕事の内容を考えてみよう。生産企業の「動き」はまずその企業の経営方針および、それに基づく経営計画の樹立によって開始する。

この経営計画には生産、販売、資材、財務の諸計画が包含されており、これらの諸計画がそれぞれの実務担当者に伝達されて、各部所における詳細な計画に作り上げられ、作業に移るのが普通である。この原理図を示すと(図1)のようになる。

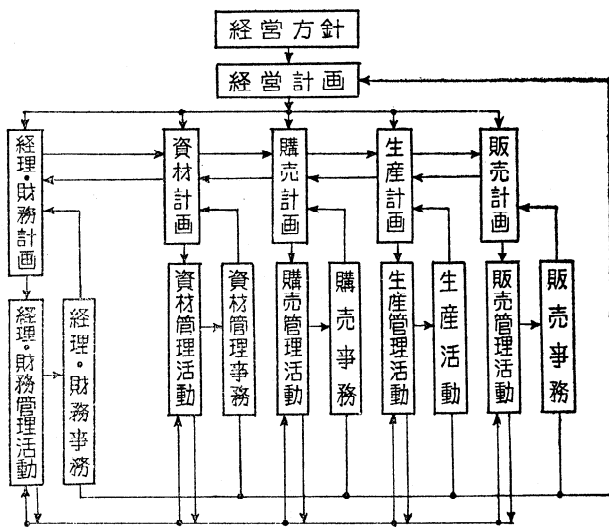


図1 生産企業システムの構成

ここで問題になるのは種々の計画がいかんして作られるかということである。経営計画とは、企業を構成する各部局の「機能」とその相互関係を把握し、経営方針と

いう目的を各部局に適した形態に変換し、配分するものであると考えることができる。すなわち、企業システムは、この場合、生産、販売、資材などのサブシステムより構成され、システムに与えられた機能(経営方針)をサブシステムに割り当てる所にシステム工学の役割があり、システム・エンジニアの必要性を見出すことができるのである。

例を少し小さくして生産システムのみを考えてみる。この場合、システムに要求される機能は経営計画より与えられた製品種別、生産台数などの諸命令を行うことであり、この機能の実施に際して、資材手配、工程、検査、標準技術などの諸要素の影響を充分考え、それらの間の関係を科学的に論じ、各現場に適切な命令を与える技術を必要とする。ここにもシステム工学的手法の必要性があり、システム・エンジニアの存在により、より迅速・正確な決定を可能とするわけである。

このような例は電子計算機とか、列車の自動操縦装置のような単一大型装置を製作する場合の生産計画の場合にも見出すことができる。すなわち、計算、種別、操縦規則、および、それらの速さ、正確性などの機能が与えられた場合、これらの装置を構成する部分装置としていかなる形のものを選び、さらにそれらにいかなる部分機能を与えるかを決定することはシステム・エンジニアの思考操作により、はじめて正確な解答が得られるようになってはならない。

以上のようにシステムは多数の互いに関連しあうサブシステムから構成されており、サブシステムはまた複数個の構成要素(component)から構成されていると見るとき、システムとサブシステムとの間、およびサブシステムと構成要素との間に存在して、上位システムの所要機能を下位システムに変換・配分し、さらに下位システムの種類と数を決定するのがシステム・エンジニアの仕事であり、またその解答を科学的に見出す方法を提供する者として、システム・エンジニアの必要性を知ることができるのである。

システム・エンジニアは「物」の直接的な設計および解析技術者として存在することを必要とされる場合と、管理業務に対する諮問機関として必要な場合があるもの

と考えられる。

## 2. システム設計の原理

工学にはすべて、与えられた要求を満足する装置を作る技術（設計技術）と、現存する装置の適正度を論じ、またその装置に発生すると考えられる現象を推定する技術（解析技術）が存在する。このことはシステム工学においても同様であるが、ここでは設計技術に必要な要素は解析技術においても同様に必要であるとの見地から、システム設計に必要な基本的要素について考えていくことにする。

前述のように、システム・エンジニアの設計操作は「システムに必要な機能（動作内容、信頼性、動作速度など）とそのシステムを構成するに必要な原価が示された場合、その要求を満足するように、下位構成要素（システムあるいはコンポーネント）を決定し、それに適当な機能と原価を割り当てる」ことに帰すると考えられる。

この場合、システム・エンジニアは、まず次の諸原理を基本にし、この原理のもとで実際の設計操作にたずさわらなければならない。

### 2.1 システムの機能を簡潔、明確に把握すること

システムの機能を左右する要素は多く、それらの要素は互に重複する部分をもって集まっている場合がほとんどである。このような場合与えられた機能をできるだけ重複度をなくするように単位機能に分解し、それを具体的に把握するべく努めるのが、システム設計における第一原理であるといえることができる。

この場合さらに注意すべきことは分解された単位機能のすべてで、システムの必要な機能を充分蔽うるかどかということである。必要な一個の単位機能を忘れてばかりに、作られたシステムが全く無価値なものであることがわかり、再び設計変更をするということは従来しばしば見受けられる所であって、このようなことのないように単位機能を表示する技術を身につけることが、システム・エンジニアの第一に必要なことであると考えられる。

### 2.2 フィード・バック的思考を行うこと

システム・エンジニアは後述のように、設計操作の準備段階から、主設計、製品のテストおよび評価に到るまで数段階の操作を経てその仕事を終るのが普通である。このような場合、初段の諸決定は次段の与条件として現われ、それがやがては後続段階の諸結果となって現われてくる。この場合後続段階における結果が初段階における決定時に予期した結果と一致しているか否かを検出す

ることは極めて重要な事柄である。この問題は自動制御系におけるフィード・バック機構に見習って次の諸手法を可能にするような思考操作ないしは決定情報を作り出すことによって解決される。

- (a) 設計操作の各段階に前段階における予測との誤差を感じとるような思考段階を設けること。
- (b) 誤差を検出できるような決定情報の形態を定めること。
- (c) 誤差があった場合、その誤差を減少せしめるように、直に制御できるような思考・決定方法を各段階に樹立しておくこと。

以上の思考・決定操作の原理図を（図2）に示す。

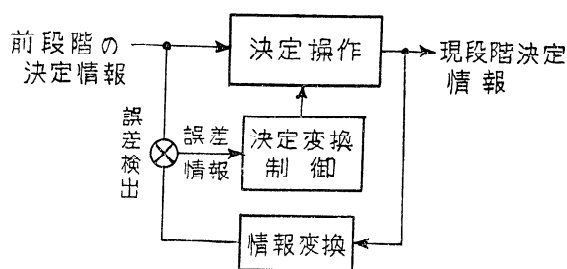


図2 フィード・バック的決定思考原理

### 2.3 中枢的機能の保持

このことは人間というシステムにおける脳髓の役割を見習うことにより考えることができる。人体におけるサブシステムとしての脳髓は人間のもつ機能を発揮する多くのサブシステムをその支配下においており、脳髓の機能がなくなれば、人体システムはほとんどその価値を失う。

システムには、この脳髓のように最も重要と考えられるサブシステムがあり、これの支配下に下位のサブシステムが存在するという例を多く見出すことができる。自動制御装置における判断機構であるとか、事務機械化システムにおける電子計算機の機能などがこれである。

システム・エンジニアは与えられたシステムの機能の中から、中枢的機能が何であるかを見出し、この中枢的機能を行うサブシステムを計定し、これと他のサブシステムと間をフィード・バック・ループで連結してシステム設計を行うことが必要である。いいかえるとシステム・エンジニアはシステムの機能を分解して各サブシステムに割り当てるに際して、他のサブシステムを制御しようとする機能をもつ上位サブシステムが存在するか否かを見出す技術を身につけ、システム設計に際して、この中枢的サブシステムを中心にして操作を開始することが重要な原理となるわけである。

### 2.4 安定性を充分考えること。

システムを構成する素子は常に正確な動作を行うとは限らず、必ず寿命があり、また外部擾乱による誤動作を招くことがある。このような場合、一本の動作系統が乱されても、必ずこれを保障しうだけの他の機能をできうる限り与えておくことが必要である。すべてのサブシステム、構成要素にはそれぞれに個有な信頼度を設定することができる。しかし信頼度は確率的な値であって、これだけで一意的にシステムの寿命を定めることはできない。

システム・エンジニアはまずそのシステムをできうる限り安定ならしめるため、各要素の信頼度には無関係に、許しうる経済的範囲で冗長度をできうる限り多くして余裕をもたせるように努力することが必要である。これは一個のサブシステムの機能が他の数個のサブシステムの機能で達成されうることを意味するものであって、サブシステムの選定にはこの点を充分留意する必要があることをいうものである。

一定原価内でシステムの信頼性を上げようとする数学的手法は、システム・エンジニアにとって第2の問題である。

### 2.5 複雑さは信頼性を落す直接的な原因でないことに留意すること

構成要素が多く、システムが複雑な程、直観的にはそのシステムの信頼性が落ちるように思われるが、そうではない。要は構成要素それ自身の信頼性を高めることと、構成要素をいかに配列するかを考えることが重要なのである。

### 2.6 システムの価値判断を正確に行なうこと

これはシステムの機能から割り出される瞬時的な利潤をいうものではなく、システムの存在する背景を構成する社会的情勢に着目して、今後におけるそのシステムに対する必要性、技術レベル向上の見通しより、システムの価値判断を正確化するというのである。システム・エンジニアは前述のすべての原理の実施に先立って、社会的な情勢変化に対する見解を充分深め、それをシステム設計にとり入れる方法を取得する必要がある。

## 3. システム・エンジニアの仕事と手順

システム・エンジニアが実際にシステム設計の仕事に入った場合、その操作は次の6段階にわけて、リレー式に行われるべきものと考えられる。各段階にはシステム工学の性質上各専門分野の出身者から養生された数名のシステム・エンジニアが配置されているものとする。

### 3.1 第1段階；開始

これはシステム設計を行うための準備段階であって次

段階以下の操作を行うグループの選出と問題の具体的な表示を作って、次段階の操作を円滑に行わしめるための操作であって次の順序によって行われる。

- (a) 問題の陳述
  - (b) 可能な解決法の提案
  - (c) 次段階以下において必要な設計チームの種類と人数の決定
  - (d) 生産終了までの費用と時間の見積り
- (a)と(b)は互いに対比されながら喰味され、この結果より、(c)、(d)を決定すべきである。

### 3.2 第2段階；組織

この段階では、前段階で決定された構成員で出発し、前段階で提案された解決案を更に詳細に検討して、より望ましい解決法を選択する。また必要ならば研究チームを強化し、各人に具体的な仕事を割り当てる。

この段階の設計順序は次のようになり、図3のように表わすことができる。

- (a) 与えられた問題の数字モデルを作る。

この操作では問題を決定論的問題 (deterministic problem) と従来までの諸データを考慮に入れた確率論的問題 (stochastic problem) にわけて表現し、両者についてそれぞれの解答を作り出しうるように準備することが能率的である。決定論的問題の作成に当っては、与えられた抽象的な問題をシステム論理的に分解し、表示するフロー・チャートの手法を用いるのが便利である。

- (b) (a)において作られた数学モデルを次の3問題に分けて扱いかい、それぞれの担当者を決定する。
  - (i) 単一系列の設計 単に必要な機能を与えることのみに着目して扱かう基本設計
  - (ii) 多系列設計 (i)において作られた装置が複数個並列に配置されてシステムを構成するとした場合、各装置間の相互関係を論じ、システムの変化を調べる基本設計。
  - (iii) 競争的な設計 競争会社などの状態を考慮に入れた場合に派生する種々の問題を解決する設計操作。
- (c) 数学モデルの実験計画作成

### 3.3 第3段階；予備的設計

今までの所でしばしば述べて来たように、システム・エンジニアの仕事は、与えられた問題を解決するために必要なシステム機能を抽出し、これを適当なサブシステムに仕様書として割り当てることに帰する。このシステム・エンジニアの主問題を解決するのが、この段階の設計操作であり、より専門的な知識をもつシステム・エンジニアがこの部門に必要となる。この段階における手順は次

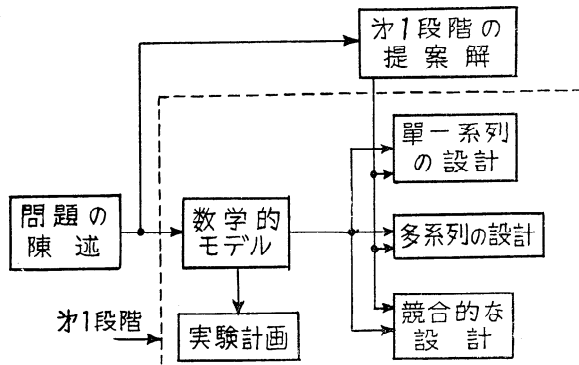


図3 設計第2段階の手順

のようになり、(図4)で示される。

(a) 現場実験

第2段階で作られた実験計画を実行し、現場の経験によって得られるような必要な見通しを得て、数学モデル改良の資料とする。

(b) システム機能の構成単位機能への分解

(c) サブシステムの決定と機能の割り当て

必要なサブシステムとしては入力部、出力部、情報伝達部、制御部(論理制御)、適応制御部(状態変化抑圧)、機能処理部などが考えられる。

(d) 予備設計結果の解析

(e) 重要装置の実験

(f) 数学モデルの改良

第3段階の最終報告には次の情報が含まれていないといけない。

(i) システム全体の動作のかなり詳しい記述

(ii) サブ・システムの明確な描写

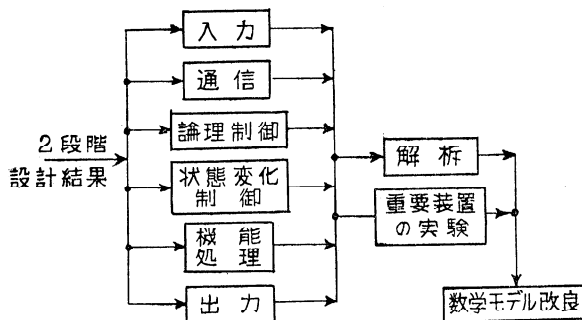


図4 予備設計操作手順

3.4 第4段階; 主設計

この段階では予備設計結果としてのサブシステムの仕様書が更に詳細に、具体的に書き改められ、現場に直接送られるように、不変性のあるものとして作り上げられる。従来の工学設計はこの部分に対応するもので、システム・エンジニアは直接この仕事に従事するというよりも、この段階では諮問機関ないしはその設計結果を受け

て、第3段階の結果が生かされているかを批判する監視者の役目をとることになるであろう。

3.5 第5段階; 試験および評価

システム・エンジニアの仕事は実際に装置が完成された場合に、その装置が

(i) 必要な機能を具備しているか否か

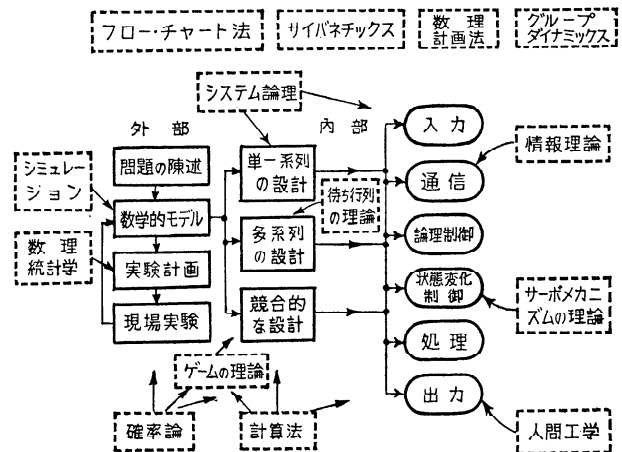
(ii) 所要の信頼度を有するか否か

を調べ、システムの価値評価を行うことによって終了する。この場合、価値評価はシステムのもつ機能および信頼度(寿命)から割り出される総合収入と原価の差として利潤によって決定される。

価値評価操作は設計の各段階において常に考えておく必要があるが、最終段階ではじめて確定的な結果をうるものであり、最初の評価と最終評価との差をいかに小さくするかということも、システム設計における重要な技術となってくるわけである。

4. システム工学における諸技法

前節に示したシステム設計の手順を総合し、各部門に必要な手法を示すと(図5)のようになる。ここで確率論、数理依計法、計算法などは各段階で適宜用いられなければならないし、サイバネクス、システム論理、グループ・ダイナミクス、フロー・チャート法などは2に述べたシステム工学の原理を実行する上において、常にその内容、理念を把握して各段階の操作に当らなければならない事柄である。



□:手順, [ ]:技法, ○:部分

図5 システム設計の手順と技法

4.1 確率論

(図5)に見るように、確率論はシステム工学による総合化の道程のあらゆる段階に関連する。数学的モデルや実験計画や多系列の設計などにおいて、確率論自体は

もちろんのこと、数理統計や待ち行列の理論の適用には不可欠の技法である。種々の現象が無作為的に発生する場合、確率論の知識は常に有効な技法となる。数理統計はもちろんのこと、サイバネチックス、待ち行列の理論、情報理論などにとっても、確率論は基本的な役割を果たすものである。データを簡約化し、かつそのデータから推定、検定を行なう解析は、実験計画および数理統計の領域に属する。

#### 4.2 待ち行列の理論

システム内部でランダムな入力や出力を処理する場合、待ち行列の理論が、システムの状態を解析する上で欠くことのできない方法を与えることは、すでにORの領域で収められてきた成果に徴しても明らかである。

#### 4.3 システム論理

機能という抽象的な対象を構成要素に分解し、これら間の関係を論ずるためには記号論理学の手法を主体にしたシステム論理的技法を必要とする。

特に、(図5)の論理制御部門の設計にはこの手法は不可欠なものである。

#### 4.4 ゲームの理論

競合的なモデルとして、競合関係にある2人以上のプレーヤの、それぞれの戦略の選択にもとづく競合結果を解析する数学の一部門がゲームの理論である。

従来、ORや経済学において大いに注目されてきた分野であるが、システム工学における競合設計の段階においても、その活用が待たれるものである。競合関係において、最大の効用・利得をあげようとするプレーヤの戦略と、それとまったく反対の行動をとろうとするプレーヤの戦略との関係は、ゲームの理論によって最もよく説明される。

#### 4.5 数理計画法

数理計画法は、入出力の関係において、幾種類かの投入量から、幾種類から産出物をうる場合(これは activity,あるいはプロセスの結合といわれる)に、最適なものを発見する方法を与えるものである。

たとえば、原料(投入物)から製品(産出物)をうる生産過程で、どの原料をどれだけ用いれば利潤が最大になるかを知りたい場合に数理計画法を用いることのできる場合が多い。

利潤を最大にするかわりに、費用を最小にしたい場合、最適な輸送計画や人員配置計画を得たい場合にも、数理計画法の使用が可能である。

#### 4.6 サイバネチックス

サイバネチックスは機械および動物における通信と制御の学問であるといわれる。N.Wienerの提唱したこの

思想の体系化は以後の通信工学や制御工学に多大の影響を与えたが、システム工学も巨大なシステム内の情報伝達処理とこれに基づく制御という意味において、一面ではサイバネチックスの工学的具現ということができよう。サイバネチックスは人間という複雑、しかも巧妙なシステムのからくりを明らかにするとともに、巨大な工業装置系に有機的動作を与えるための有用な指針となる。

#### 4.7 グループ・ダイナミックス

グループ・ダイナミックスは、各グループの構成員間の情報交換の効率を計量しようという心理学の一分野である。構成員間の情報交換をネットワークとしてとらえ、その間の効率を計量化しようとする方法である。

#### 4.8 シミュレーション

シミュレーションはシステムを数学的に表現したものをアナログ形計算機またはデジタル形計算機などによって cut and try 法、あるいは、組織的な方法で調べてシステムの問題を研究することである。一般にシステムの問題を研究するには三つの方法がある。

- (a) 実際の設備、機械および人を使って実験する。
- (b) 問題を方程式に書き表わし数学的に解析する。
- (c) シミュレーションによって実験する。

システムを実際に組立てて実験することは現実的であるが、費用がかかり時日も要する。また、変数の値を広い範囲にわたってとることもむずかしい。一方、数学的解析は費用が僅少で有効な方法ではあるが、方程式で完全にシステムを表わすことが困難な場合が多いし、また、それが線形化できる場合でないときと解くことも容易でない。非線形や不連続で複雑になる。入力に外乱を含む、システムを構成する要素が非常に多い、システム内に人間が介在する、というようになると解析は手に負えなくなってくる。もちろん、これらはシステム設計の重要な手段ではあるが、シミュレーションは、費用、所(時間、実現性、とりうる変数の範囲の点からみても、両者の中間のもので大切な手法がある。今日、大規模のシステムを作るには必ずシミュレーションの手段を経なければならない。解析法は予備的手段に用い、実際のシステムはシミュレーションによって得られた最終結論に基づいて作るようにすべきである。

#### 4.9 情報理論

情報理論はグループ・ダイナミックスとは異なって、情報源からの情報を受けとり手の間に介在する通報路の性格を研究するものである。ここで情報というのは量的なものであって、メッセージの意味論的な面は取り扱わない。ある特定の状況のもとで、送られる情報量が問題となる。

#### 4.10 サーボメカニズムの理論

工業の進歩が速度において、また精度において、人手による制御に満足できなくなって、自動的な制御すなわちサーボメカニズムの発展を促した。初期におけるサーボメカニズムは、人間でいえば、反射神経的なあるいは条件反射的な外界の変化に応ずる制御にすぎなかった。しかし、現在の自動システムはそれだけに頼るにはあまりにも複雑にすぎるために、サイバネチックスの思想を生かして人間の頭脳のような機構をシステムに組み込む方向に進んでいる。システム工学はこの点において、大規模な自動システムの設計のための手段として登場したともいえる。

#### 4.11 人間工学

人間工学 (human engineering, H. E.) は生理学、心理学、医学などの成果を正確かつ豊富に利用して、(i) 間作業員に適合するように装置、機械を設計し、また (ii) 作業を企画するための工学である。

H. E. を近來本格的に育ててきたのは、アメリカの航空機工業であった。これは人間と機械が高度に結びつき、一体となって働く超高速航空機を設計するためには、どうしても必要なことであった。

ここで注意を要することは、現在、H. E. と一般にいう場合は、主として人間—機械系の適合方策を考える工学を指すこと、すなわち、上に述べた (i) だけを対象とすることである。機械、装置をおもな対象とせず、人間と作業の適合方策を考える問題は、むしろ労働医学、労働心理学などの分野で扱われ、また、生産工学 (I. E.) としては時間研究、動作研究として取り上げられているようである。

### 5. システム工学と諸周辺技術との関係

システム工学は、その領域が限定されたものではなく、他の工学分野と領域のある部分を共有し合っているから、その性格を明らかにするためには、その周辺の諸技術との関係を検討する必要がある。

#### 5.1 システム工学とプラント・エンジニアリング システム工学にはつぎの2つの面がある。

- (a) 新しいシステムの設計および完成を目的とする。
- (b) 既存のシステムの最適化を目的とする。

第1の面ではシステム工学はプラント・エンジニアリングやプロジェクト・エンジニアリングと同一の目的を持っている。もっとも、プラント・エンジニアリングという言葉には必ずしも「システム」のもつ特異性が強調されて現われていない。しかし、ほとんどすべての場合、プラントは一つのシステムであるから、プラントの

建設はシステム工学の立場で行なわれるべきで、この点からプラント・エンジニアリングはシステム工学の一つの応用分野に属する。

#### 5.2 システム工学とOR

ORとは、政府や企業体などの組織が最大の成果をあげるために、限られた人員、設備、資金などの運用の仕方、科学的な方法で研究することであるといわれる。たまた、ORは科学的な方法、すなわち解析的、実験的、定量的な手法を駆使し、経営体として取ることでできる種々の行動を、全体的な立場から評価して、経営の決定に対する有効な基準を提供するものであるともいえる。

このようにORは本来システムを重視しているが、これには、システム工学に比べてかなり抽象的、概念的なものが含まれている。これに対してシステム工学では実体だけがシステムの要素として取り上げられる。しかし、全体的な観点を強調するORの思想は、システム工学の本質に一致している。システム工学ではORの思想と手法を全面的に利用すべきである。

システム工学とORの差異の最も大きい点は、前者が実体のある一つのシステムを設計、完成すること、すなわち、シンセシスを主要な目的とする工学であるのに対して、後者の目標はもっと広い分野にわたっており、とくにアナリシスだけを目的とする場合もあるということである。それであるから、システム工学ではOR的な考え方や手法を取り入れるにあたって、ばくぜんとしてではなく、ずっと具体的な基本方針のもとに、その考え方、手法の適用の仕方を規定することができる。

#### 5.3 システム工学とIE

IEもいろいろに定義されているが、代表的なものはアメリカIE協会によるもので、IEとは、人、資材、設備を総合する組織を立案し、改善し、評価するために、数学、物理学および社会科学における専門知識や技術を使用するとともに、技術的解析や計画についての種々の原理や方法を使用するものである。

IEはORよりはるかに古い歴史を持つものであるだけに、また、ORよりも実際の問題に即して発展してきたものであるだけに、その対象は量的に豊富でかつ実際的である。

IEの適用分野は、

- (a) (i) 作業方法の立案と改善
- (ii) 作業測定
- (iii) 賃金ならびに労務管理
- (iv) 生産ならびに商品目録の管理
- (v) 品質管理
- (vi) 設備管理

## (vii) 経営問題観察

などであるが、これからみると、IEが現実的な問題にただちに取り組んでゆく性格のものであることがわかる。そのためインダストリアル・エンジニアは、観念論になりがちなORを軽視し、あるいは敬遠する傾向が、従来少なからず見受けられたのであるが、現在ではしだいにORをIEの一つの方法として導入しようとする動きが強くなってきているようである。

IEは個々の実際的な問題を丹念に追求している。その反面、普通的な原理というようなものには乏しいようである。そのため、IEにおける個々の手法は確かにシステム工学に役だつのであるが、全般的にはよくマッチしないように感じられる。しかし、最近ではIEにもシステムの概念がしだいに強調されてきており、システム・アプローチなる手法が用いられつつある。これは、現在扱っている問題が組織全体にどのような効果をおよぼすかということを考えてしながら解決してゆく方法である。伝統的なIE活動のほとんどは、えてして組織のごくわずかの部分に集中されがちである。その結果、最善の結果をうることが困難であった。よりいっそうの改善をはかろうとするならば、システム全体およびその派生的サブ・システムの基本的設計を改善することを心がけるべきである。

## 5.4 システム工学とインダストリアル・ダイナミクス

企業体を一つのシステムと見ると、そのうちの各部門はサブ・システムである。これらのサブ・システムが相互に動作し合い、かつ外部から入力を受け取り、そして外部へ出力を与えると、この出力が何らかの形に変えられて、再び入力としてもどってくる。システムに関するこのような動きをとらえる工学がシステム・ダイナミクスまたはインダストリアル・ダイナミクス (ID) である。

システム工学のうち、既存のシステムの運営や簡単な

改造などの仕事は、マネージメント・エンジニアリングとも称すべきものであるが、これはIDの適用によって大きい利益を受ける。

この場合、現在の自動制御の理論や決定の理論などが、思想面において、あるいはモデルを考える上において重要な役割を演ずると考えられる。しかし、実際面において役だたせるには、なお多くの工夫を要する。

## 5.5 システム工学とHE

HEは前述のように生理学、心理学、医学などの成果を正確かつ豊富に利用して、人間作業員に適合するように装置、機械を設計し、また作業を企画するための工学である。

そこで、HEはシステム工学の一つの相であるといえることができる。すなわち、機械とオペレータとをまとめて一つのシステムと見る、システム工学的な立場から機械を設計するのがHEである。

工場の装置などを設計する際、これがかなり多数のオペレータによって運転されるような場合でも、設計者の関心は、とかく機械系だけに集中されがちである。その結果、機械系は予定どおり動作し、所期の生産をあげることができて、この生産を維持するために人間系は不当な労力を要求されていることもあるし、あるいは人間系の規模そのものが不当に大きくなってしまふこともある。これでは、機械—人間系に対するシステム工学的な取り扱いが行なわれていないことになる。いいかえると、HEがまったく行なわれていないのである。

このような不合理をなくするためにHEが必要であり、また、HEによって完全なシステム工学が遂行されるのである。

## 文 献

1. C. D. Flagle, W.H. Hnggins, R. H. Roy.  
OPERATIONS RESEARCH and  
SYSTEMS ENG. The Johns. Hop. Press 1960
2. H.H. Goode and R.E. Machol  
SYSTEM Eng. Mc Graw Hill 1957