システム工学における体系化・組立研究の位置づけ

林業試験場：辻 隆道

Takamichi TSUJI: Evaluation of Study of Systematization and Assembly in System Engineering.

1 はじめに

昭和44年の秋季大会のシンポジウムにおいて農作業の体系化研究と組立試験との内容の相違と言葉の定義が問題となり、その後、農作業研究の用語統一委員会ができ、特に両者の概念規定が明らかとなった。

筆者も用語委員として始めは農業部外者として両者の間に差があるような、ないような感じがして漠然としていたが、今回の概念規定を見ると何とか、その相違がわかるようになった。

しかし両者の比較をして見ると言葉は異なるが、内容的にはシステム工学の一部で共通することに気がついたので、その位置づけと将来のあり方についてのべてみたい。

なお、用語委員会における体系化、組立研究の背景と目的、および筆者の農作業研究11号の「農作業における最適化システムへのアプローチ」を参照しながら本論を読んでもらいたい。またこの小論をまとめるにあたり、昭和45年5月林業講習所で行なわれた東京大学工学部三浦広文先生の講義内容を引用させていただいたことに、深く感謝の意を表すものである。

2 システムとは何か

一般に常識でいわれるシステムとは組織あるいは体制という言葉で表現される。しかしシステム化とかシステム工学でいわれるシステムではかなり違った意味をもっている。

K.B.ボウルディングはシステムをその構造と機能の面から次の9つに分類しているので、まず最初にこれを参考までに紹介しておく。

1) 静止機構(ステエティック・ストラクチュア): システムの最も初歩的なもので、地理的なし解剖的構造のものを説明したりするときに、フレームワークとして使うのには便利。

2) 単純動態システム(ザ・シンブルダイナミック・システム): たとえば、時計仕掛けにみられるような、単純な法則にしたがって運動するので、あらかじめその動作が決められている「決定論的」な力学構造をもっている。

3) 制御またはサイバネティックスのシステム: 簡単なフィードバック制御回路を持っていて、あるきまった均衡の維持ができるサーモスタット水準のもの。

4) 自己保存と増殖のシステム(ザ・オープンシステム): 回復、成長、再生産の能力のある自己維持体制水準のもの。この水準のものになると、生体に変化していく。つまり生体直前のものならびに生体になったものが含まれる。即ち自己を保存し、かつ増殖機能をもつ細胞水準といえる。

5) 発生学的群居システム(ザ・ジイネエティック・ソサイエタル・システム): 細胞の間に分業があり、分化した相互依存がある細胞社会であるといえる。つまり、植物は季節をわきまえて、花を咲かせ、実をならせるという時間的感覚をもっている。そして種子から植物へ、そして再び種子へという秩序にしたがって、植物のもつ「情報」を伝え、発達してきたわけで、規則正しい遺伝社会のシステムである。

6) 動物システム(アニマル・システム): 多くの構造の成長、時間についての情報処理能力をそなえた細胞社会があるだけでなく、知覚と運動、眠と覚といったような分化もそなわっている。

情報を受け入れる能力はきわめて拡大し、その結果、学習能力が大きくなっていく。高等な動物になると動物自身が学習する機能をそなえている。また、下等な動物でも特定の制御には敏感に反応し、自己を保存する能力をそなえる。

7) 人間システム (ヒューマン・システム): 人間のもつ過去、現在未来にたいする概念と、それにたいする複雑な反応があるがゆえに、人間は原因、結果、接触、連絡、循環、反復という概念をもつことができ、未来の可能性に注目し、合理的な行動をおこすような能力もそなわっているわけである。

8) 社会システム (ソシアル・システム): 人間のもつ高度の情報処理能力、とくに言語と記憶能力は複雑な人間関係をつくり、組織を構成する大きな要素となっている。こうした組織の単位は人間ではなく、むしろ人間の行為 すなわちある役割を果たしている無形の人間であるといわれている。すなわち個々の人間は、自分の時間と活動とを区別して、いろいろな役割を担いながら、それぞれの目的にあり組織に参加しているわけである。

9) 先験的システム (トランセンデンタル・システム): 体系のとれた機構を持つものであることだけはわかっているが、いまのところその本質がわかっていない。究極、絶対水準のもの (今後あらわれるかもしれない、もっとすごいもの)。

以上の9つのシステムに分類しているのであるが、我々が当面、農作業的立場、特に営農技術的立場から見ると、システムは8に示した社会システムのサブシステムと考えられ、それには対象となる2~7のシステムについての分析がある程度解明され、それぞれの組合せというか総合化されたものが、いわゆる慣行技術体系ということになるではなからうか。

3 農作業研究とシステム工学

以上のような認識の上に立つならば、我々が慣行技術体系といっているものは長年の経験や常識から生れたものもあり、また個別技術、部分技術として研究検討されたものも含まれてくる。そのなかで、体系化試験、組立試験と称せられているものは、単なるシステムを対象とするのではなく、システム工

学的な厳密な意味の認識の上に立っての定義づけを考えず漠然とした用語として使用されていたといえよう。

そこでシステム工学の立場からシステムを考えて見ると、次のような条件が必要となってくる。

- 1) 人間が作ったものである: システムの分類のなかで特に農作業が対象としているのは4, 5, 6のシステムで、これらは何れも自然のもので、人間が作ったものではない。しかし、農作物の成長してゆく過程に、人間が何らかの形で関与していることは事実である。このように人間が含まれたシステムは、もはや自然のシステムではなくなり、大なり小なり人間が作りかえたシステムであるといえるから、システム工学の対象となる。
- 2) 共通の目的をもっている: システムに含まれているあらゆる要素が、ある共通の目的に向かって整理されなければならない。

例えば農作業の目的に、多収穫で行くのか、省力で行くのか、機械化で行くのか、あるいはまたコスト最少で行くのか、その目的はいろいろあるが、多くのシステムの分析において、共通の目的を明らかにしなければ、それぞれのシステムにおける分析が異ってくる。そして最適化するうえで、人間がコントロールしうる変数は何かということ把握しても、その精度が異なれば、合理的な最適化は計られないといえよう。適切な例か否かはわからないが、具体的にいえば、畜産において主体である動物システムは多収穫、副作業である飼料生産は省力という目的を設定してみても、両者は畜産経営という面から見ると相反する点がでてくる。両者とも多収穫か、あるいは省力かという共通目的を設定することによって、システム分析における目的の数量化が具体的にになり、それに影響する変数が明らかとなる。なおかつ動物システムと植物システムとの相互関係も明らかとなるであろう。そこではじめて両者の目的に対する価値基準をどこにおくべきかが解明されるのである。

以上のことはシステムを見ると、その目的設定の水準がいかに大変であるかが知れる。即ち体系化研究に一例をとると、

図のごとく目的を達成するためにとられる手段は、一つ下の段階においては一つの目的になることがわるであろう。このように大目的　大手段，中目的　中手段，小目的　小手段とそれぞれが対応しているのに，個別のシステムについて分析を行なうときの目的が，一方のシステムでは大目的の，他方のシステムでは小目的の段階であったのでは，目的の価値づけが混在してしまう。そして，一つの目的として設定しても，その精度が異ってくるので最適化をはかることは非常にむづかしくなり，またはかかれたとしてもバランスのくずれたものになりかねない。

3) 複雑であること：　先に目的が数量的に表現できなければならないことを述べたが，このことによって人間がコントロールできる変数の一つを変化させるときは，その他の変数にも非常に複雑な影響をあたえるものである。システムの総合化を考えるとときに同一の目的レベルにおいて分析されてはいるものの，システム相互においてはより複雑性を持っており，これを徹底的に究明する必要がある。

4) 半自動である。

5) 確立的な要素を持っている：　これは4の半自動であることにも関連するが，完全に自動化されておれば，自動制御理論などで処理され，システム工学の入る余地はない。

また，自動制御理論などでは確率的な要素は扱いにくい，システム工学では確率的な要素が入ることもまた特徴である。確率的な要素を持つことは，偶然的な事象を十分考慮に入れなければならないということである。例えば家畜の病気，天候などによる作物生育の不良など偶発的な事象を無視したシステム工学はありえない。

6) 大規模である：　大規模でなければシステム工学の考え方は必要がない。システム工学は常識だといわれるが，常識を徹底的に実行するところにシステム工学の意味がある。

“こうすればよい”という従来の常識が，電子計算機の発達によって，実際に具体的に計算できるようになった。これがシステム工学なので，従来の常識ができたものは，いまさら最適化とか，システム化を計る必要はない。システム工学が対象とするものは，常識では判断できない要素の数が多いとか，費用が多額であるとかいう非常に大規模なものである。

4 体系化試験，組立試験の位置づけ

以上述べたことで，システム工学の具体的内容について大体理解していただけたかと思うが，実際に体系化試験と組立試験がシステム工学の中で，どのように位置づけられるかを検討して見ると図に示すとおりである。

慣行技術体系は図の上段にある2～6までのシステムにおける，今までの常識的な面，経験的な面の総合化ともいえる。まず体系化研究においては，その総合化を，8のサブシステムである農家経営と結び付けたところに意義がある。そして，体系化試験では，まず研究で得られた部分，あるいは個別技術の改善成果例があれば，それを慣行技術体系に取り入れて一つの新しい改善技術体系としたわけである。しかし，その取り入れて来た研究成果は，同一水準の精度でなくても良く，新しい改善技術体系を組み立てている過程において営農に適合させて行ったわけである。すなわち，それによって経営改善が行なわれたと考えることができる。

ところが，この段階の体系化試験の方法では社会

システムエンジニアリングにおける体系化、組立研究の位置づけ図

システムの要求に追従して行くことに限界があったのではなからうかと考えられる。そして、これに次いで前提条件を整理し、もっとシステム分析的に吟味することが必要となってきたのであろう。

社会システムの要求に追随して行くためには、部分あるいは個別技術の研究成果の得られたもので、かつその成果は同一水準のレベルが確保されたものの組合せが必要となり、これによって始めて最適な組合せが可能になるのだといえるのではなからうか。それによって経営改善より一歩進んだ予測的な「想定された経営」とか「ある与えられた目標」に対処出来る態勢を整えられるようにする方向に進められてきたのが、組立研究ではないかと理解できるのである。

5 今後の農作業研究におけるシステム研究のあり方

システム工学の中において以上のように体系化研究 組立研究という段階を経てきた農作業研究は将来どのように発展させるべきであらうか。これに対する著者の見解を述べると次のとおりである。

最初に、農作業研究会において、各分野の専門家が一堂に会し、いろいろと研究、討議を重ねているなかで、早くも用語統一の問題が発生して来た現在の階段は、サイバネティックの初期の段階ともいえよう。同一の表現をいろいろの専門分野における特殊な用語を使用しては情報交換に不便であり、また認識の相違が出来るため不都合である。これは現に体系化、組立研究などの概念規定が問題になったことでも明かである。したがって用語を統一することはシステム研究にとって必要なことであり、それによって自己の関連分野における発達した情報の収集および理解がなされるようになる。従来種々のレベルにあったシステム分析の水準を同一レベル向上させるため、まず用語の統一がはかられなければならない。

次にバイオニクスのごとく生体システムにおける情報網を工学的センスで分析が行なわれはじめており、我々、生体を対象としている者にとっては、もっとこれに接近して、システム分析に大いに役立ててゆくべきではなからうか。また社会システムにおいては、行動科学などが発達して社会システムを人間行動の面で分析しはじめている。この手法の応用も農作業研究に大いに役立つことであらう。

さらに、それぞれ新しい学問体系を十分に駆使して、全体システムの分析、総合化というか、最適組合せにおいて特に忘れてならないものがエコロジ的な配慮ではないだろうか。

以上のような、それぞれの学問体系でもって農作業をシステムの的に分析し、共通の目的に向って行くことにより、我々が理想とする「求めようとする経営」あるいは社会的、技術的な要求に即応した目標が自由に選択され、そのときの最適なシステム化がはかられことになるのである。このような方向に進めるところに、農作業系におけるシステム研究の意義があるように考えるのである。

参 考 文 献

- 三浦 宏文：システム工学とは何か
林業技術・昭45.12.（講議内容の要約）
- 三浦 宏文：技術研究評価と技術査定
スリーエムマガジン 昭46.1.
- 大友 立也：アーギリス研究 昭44.7.
- 合田 周平：サイバネックスの考え方 昭44.3
- 合田 周平：入門 エコロジー 昭45.12
- 岩田 倫典：バイオニクス入門 昭45.10
- H.A.サイモン：システムの科学 昭44.12
- シエイン：組織心理学 昭45.7