

清水建設

神戸国夫

清水建設 正員。高崎英邦

I はじめに 土木工事開始に先だって施工計画書が作成され、それには一般にBar chart 及び比較的簡単なPERT・CPMが添付される。現場サイドにおいて、PERT・CPMが計画手法として有益な効用を発揮してきた、とは言い難い。その理由として、工事及び施工条件が多様多様で計画の変更を余儀なくされた際、効果的判断が下せない、自然の影響を受け易い工事が多く、計画変更が大規模になることも稀ではなく、その際必要な計画論の正式訓練を受けた人が少ない、等であろう。が、その最たるものは、計画変更等により適確な判断決定を要求される際、PERT・CPMにその論理的根拠を求めることが困難、つまりこの手法の人間工学的論理判断機構の欠除による、主観的過去の経験・勘の最優先であると思われる。

研究を開始するにあたって我々の指向するところは、判断決定に論理的基礎を与えるため、このPERT・CPMを変動可能な系(movable system)となし、各種の概念・手法を導入、即ち判断決定の論理性を概念的・数学的に明確にし、PERT・CPMの有用性を高めることにある。

本報では主として、アプローチの基本を構成する概念を述べ、諸問題の理論化・実用化については順次諸機械に報告する予定である。

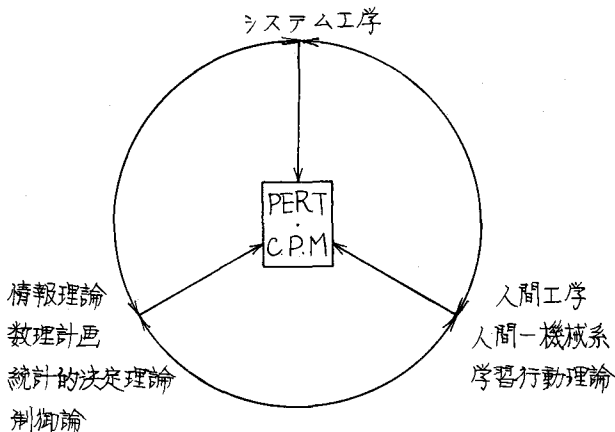
II システムの構成

(1) システム・アプローチ まず我々が諸分野科学の中で、PERTをどのような観点で捕えていくかを示す。我々がPERTに求めるものは、Planning, Follow upの段階を問わず、あらゆる時間帯のシステム構成要素のtime, cost, manpower等は、システムの最終目的に対して目的関数最大化の要求を満足するように決定されなければならない。また、いかなる変化にも迅速に対応できる系(movable system)であらねばならない。これら2条件を満たすためには諸分野の科学が要求されるが、我々は主として図-1に示す様式

で多様化されたPERTの開発を進める。原則として、垂直的發展の方略(技術フロンティアの開発)の完成後、水平的發展の方略(開発した技術の生産現場への導入)を実施する予定であり、第1段階としてプロセス制御の確立をはかり、第2段階として集中管理方式を検討する関係上、理論の整備に初期の力点を置く。すなわち、次に示す手順をふむことによって方式を開発する。

理論 → 実験 → 方式の確立

図-1 PERT・CPMとその関連分野



(2) 選択決定システム。我々が工事現場を運営する際、しばしば直面する問題は、計画変更を余儀なくされた場合の諸種の選択決定をいかに判断するべきか、である。しかもこの間の余裕時間は非常に短かいのが普通である。決定場面の分類は次の3項に集積される。

1. Decision under certainty リスクを含まない決定問題
2. Decision under risk リスクを含む決定問題
3. Decision under uncertainty 不確定場面における決定問題

ここで我々が主として対象とするのは、2及び3である。いずれも、von Neumann によって創始された“ゲームの理論”が有効に使用され得ると考えられ、また他の数理計画の諸法 (operations research) もシステムに導入し、論理的判断決定の基礎とすることが可能であろう。一番問題となるのは、ゲーム・モデルを作製するとき必要となる効用 (利得行列) を限られた時間内に設定しなければならないことである。資料の不足や条件の多様性からみて、主観的に価値 (効用) を判断する場面も存在してくる。あることからの確率を要する場合には、主観確率の合理的判断に委ねられよう。すなわちこういう場面に際しては、主観的期待効用の最大化を選択原理としなければならない。最も簡単な2人ゼロ和ゲームを例にとると、von Neumann & Morgenstern の混合方略 (mixed strategy) の概念による、min-max の定理は(1)式で示される。

$$\max_P \min_Q \sum_i \sum_j \alpha_{ij} P_i Q_j = \min_Q \max_P \sum_i \sum_j \alpha_{ij} P_i Q_j \quad (1)$$

ここで、 α_{ij} : 純粋方略に対応する効用、 $\sum_i \sum_j \alpha_{ij} P_i Q_j$: 効用期待値

$$P=(P_1, P_2, \dots, P_m) \quad P_i \geq 0 \quad \sum_i P_i = 1, \quad Q=(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \quad Q_j \geq 0 \quad \sum_j Q_j = 1$$

(1)式により我々は最適方略 (optimum strategy) を見出し、選択決定の指針とできよう。また、このミニマックスの原理 (minimax principle) に基づいた統計的決定理論を主として3. に導入する余地がある。1の Decision under certainty の場合にも、前述の手法の他に、数理計画法 (O.R.) を導入して選択決定システムの製作を試みる。

(3) 管理システム PERTで現場を管理すると共に、PERT・CPMを管理する技術がメイン・システムに組みこまれている必要がある。すなわちPERT・CPMの作動効果・状態を監視する計量可能な管理システムである。ここで我々は情報管理システムの思想を考慮するが、このシステム作成・運用については数多くの問題がある。すなわち、①情報の決定、②情報の収集、③情報の処理、④情報の分析、⑤情報の伝達、⑥情報の解釈、等であるが、幸いに我々はいろいろな方法、用具、手法を所有している。第1の手順として、組織調査と管理研究、次にシステムの概念設計に進むのが妥当であろう。組織調査と管理研究の段階では次の条件を満足していることが要請される。①主要な意志決定活動は何か、すなわちその性格とこれに関連した作業所運営政策は何か、②明らかにされた意志決定活動と業務の概観を比較検討して、差異をチェックする、③意志決定活動のすべてを統合し相互関係が示される一つのモデルを造ることである。我々は情報の流れの論理的構造を発見し、個々の組織内の意志決定活動の情報領域を計量的に認知するべきであろう。ここで有用な手法として概念的にも一致をみる情報理論の適用が考えられる。最も重要な情報はパラメーターの値が異

なるのに伴って生ずる最適政策の構造の変化を観察するときに得られ、その観察には(2)式で示されるエントロピー(H)関数が良い測度となる。

$$H = - \int_{\mathcal{X}} f(\mathcal{X}) \log f(\mathcal{X}) d\mathcal{X} \quad (2)$$

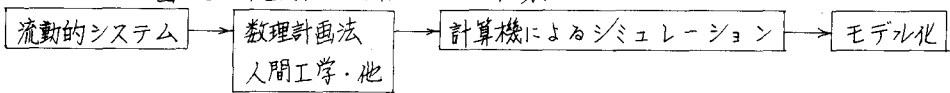
$$\text{ただし、} \int_{\mathcal{X}} f(\mathcal{X}) d\mathcal{X} = 1, \quad \mathcal{X} = (x^1, x^2, \dots, x^n)$$

$f(\mathcal{X})$ は、ある数量が $\mathcal{X}$ と $\mathcal{X}+d\mathcal{X}$ のあいだにある事前確率である。(2)式は完全事象系のエントロピーであるが、実際の工程管理では条件つきエントロピー関数となり、アローダイアグラムによっては多少複雑なものとなる。全システムの運行状態を判断するには、初期計画の段階で予想された、得べき情報量と、途時に得られた情報量を比較検討することにより検知される。マクロな場面であれミクロな場面であれ、我々はエントロピー関数の増大を防ぐ方略をすみやかに判別決定しなければならない。

(4) 学習作動システム 理想的には、経験によって自分の行動の戦略と政策を改良選択していくことのできる系であることが望ましい。いわゆる学習システムであり、これにはサイバネティクス(cybernetics)の重要な概念である“通信と制御”が非常に大きなパートを持つ。PERT・CPMシステムに必要なのは、フィードバック(feed back)回路をもって最適解に収束させることである。このシステムにも、情報理論とゲーム理論の有効な活用によって、有機的学習作動システムとすることが可能と思われる。いままでなされた結果を参考にして、それ以後のやり方を改善していくフィードバック制御系では、効果論的価値判断を定義しなければならないが、この判断基準が制定できればこの系は学習するシステム(learning system)となる。

Ⅲ おわりに 我々がPERT・CPMの内部構造として要求する前述の諸システムのそれは、各々独立な系ではなく、当然融合され一つの系として効力を発揮しなければならない。ここで注意しなければならない点は、全システムを構成する各サブシステムの内部における情報組織は、全体のそれより一般にずっと良いということである。ということは、サブシステムにおける行動の制御は比較的可能であるがサブシステムの結合(全システム)から最適解を発見する際には、各サブシステムの情報源・情報路・情報の作動状態を追跡し、その基本的意味をシステム中に埋没させないようにしなければならない。Ⅱの(1)で述べたように我々が目標とする系は、流動的システムでありその体系を図-2に示す。

図-2 PERT・CPMシステムの体系



- ※ 参考文献 ・計画と管理のための情報システム T.R.プリンス著 ダイアモンド社
 ・サイバネティクス N.ウィーナー著 岩波書店 ・人間-機械系 井口雅一著 共立出版
 ・ゲーム理論と行動理論 戸田正直・中原淳一著 共立出版