

GERTによる研究開発評価

Systems Analysis of Research and Development Program Based on
The GERT Technique

神前 康次*

Yasuji Kohzaki

1. はじめに

一般に研究評価は、研究開発の目標となるプログラムの評価と、進め方に関するプロジェクトの評価に大別される。前者は技術の評価であり、原子力技術や新エネルギー技術のようなシステム技術では、設計概念の評価が基本である。後者のプロジェクト評価では、開発目標にガイドされたR&D計画を立案し、R&Dのタイミングや資金、リスク等を検討し、計画の戦略性を評価する。

この両者の評価は独立したものでなく、例えば目標として魅力的な概念は、そのために必要なR&Dのリスクや資金が高くなるというようなトレードオフがある。

近年、研究開発プロジェクトが大規模化し、あるいは様々な分野の学際的協力の重要性が高まるにつれ、プロジェクトの全体像を明確にし、プロジェクト全体としての戦略性を高めることがますます大切なことになっている。このような評価を行うには、プロジェクトマネージャーが直観的に全体を評価するだけでなく、システムティックな手順を踏んだ検討とデータの体系的把握が重要であり、またそのプロセスにおける専門家との対話が不可欠なものとなる。

このような課題に対し、筆者はここ10年程、大規模プロジェクトの計画の戦略評価の仕事に携わってきた。以下、この経験に基づき、システム解析の立場から、GERTに基づくプロジェクトの評価方法と若干の解析例について述べる。

2. プロジェクト計画の立案と評価の方法

2.1 ネットワーク解析方法とGERT

ネットワーク解析方法は、PERT系の手法が良く知られており、プロジェクト計画の最適化や工呈管理等

に広く用いられている。

GERTは、Graphical Evaluation and Review Techniqueの略で、確率的な過程も扱えるように、PERTを拡張したもので、一般アクティビティ・ネットワークあるいはロジカル・ネットワークと言われることもある。

一般にネットワーク解析方法では、まず計画の構造を明らかにするために、目標達成に必要な工呈を要素的な作業（アクティビティと呼ぶ）に分割する。そして、アクティビティの順序関係を、目標に至る情報の流れ、あるいは物を作る手順として位置づけ、ネットワークを作成する。このネットワークはノードと矢線（アクティビティ）で表現される。

GERTでは、確実な表現を仮定できない作業や、失敗した場合の補償バスの表現も表現する。また複数の技術的オプションの選択等、ある条件に基づく選択やディンジョンのプロセスも表現できる。このようなGERTネットワークの例を図-1に示す。



図-1 GERTネットワーク例

2.2 研究開発プロジェクトのネットワーク解析方法

研究開発の評価方法において、シミュレーションは1つのツールであるが、これ以上に体系的な解析の手順や全体としての解析のフレームといったことが重要である。図-2に、ネットワーク解析方法の1つの手順を示す。この評価方法は大規模プロジェクトの複数の開発戦略を比較し、効率的かつリスクに柔軟に対応できるような開発計画の作成を目的として検討したものである。次にその手順の概要を述べる。

① 開発目標と開発路線を設定する。これは第一段階

* 財団法人工学研究所第1研究部主任研究員
〒102東京都千代田区北の丸公園2-1科学技術館

では現在考えられているいくつかの典型例に基くものとし、解析結果によって見直される。

- ② 技術要素を抽出し、これを研究開発の要素的作業（アクティビティ）に分割する。
- ③ アクティビティを、その相互の関係の体系的把握（研究開発情報の階層構造の体系化）によって定義する。これはアクティビティの出力情報とアクティビティ開始に必要な入力情報を明確にすることにより設定される。このアクティビティをブレイクダウンした体系的な構造をABS (Activiti Breakdown Structure) と呼ぶ。
- ④ このアクティビティの体系化に伴い、アクティビティの順序関係、技術的代替策の選択の手順が設定され、研究開発ネットワークが作成される。この研究開発ネットワークのインプットデータは、各アクティビティの所要時間、所要研究開発資源（資金・人員）、リスクである。このデータを予備的にインプットし、繰返しネットワークを調整した上で、解析の基準となるネットワークを設定する。
- ⑤ ③、④に基くアクティビティの定義に基いて、各アクティビティ毎に数名の専門家にヒアリングし上述のインプットデータを得る。
- ⑥ ⑤のデータに基き、GERTシミュレーションコー

ドやPERT等を用いて、計画全体の所要時間や所要資金・人員の山積み、成功確率等を解析する。ここで解析の基準ケースに関するクリティカルパスやリスク要因が示される。

- ⑦～⑨ ヒアリングデータにおける意見の分布やクリティカルパス短縮の方法、リスク補償方法、また所要期間—所要資金—リスクの相互関係や開発路線案について感度解析を行う。

この解析結果に基いて、⑧開発戦略の議論が行われ、計画案の改善策や代替策の検討及び、必要な繰り返しのフィードバック作業が行われ、研究開発計画案に関する報告が用意される。このような報告に政策的判断が加えられて、⑨研究開発計画の作成が行われることになる。

2.3 アクティビティデータのヒアリング

建設工事のようなアクティビティは、過去の統計データあるいは経験からほぼ客観的に決まることが多い。しかし研究開発活動は、研究開発従事者・リーダーのある目標を目指した主観的行為からのものである。つまり前述したようにアクティビティの所要期間等のインプットデータは予測値（prediction）ではなく目標値（projection）と考えられるものであり、主観性を持つものである。

ネットワーク解析法では、開発手順と所要期間を一体として示すガントチャートとは異なり、ネットワークの構造とアクティビティのインプットデータを分離して扱える。ネットワークの構造は、技術固有の特性に規定される普遍性を目指す。これに対し、インプットデータは研究者・リーダーの目標値あるいは約束出来る値という点で主観性を持つ。この2つを分離して解析することによりネットワーク全体の中で統一的に定義されたアクティビティについて、異なる分野の複数の専門家の意見を体系的に扱うことが可能となる。また全体計画の目標達成年や予算枠等の政策的要因が与えられた場合、そのために必要なネットワークの構造の変化やインプットデータの変化をも体系的に解析することを可能とする。

3. GERTに基く研究開発計画の評価例

GERTに基く大規模研究開発プロジェクトの評価の例には、米国NASAによる宇宙船開発計画の解析、ERDAによる核融合開発計画の解析等があり、国内では未来工学研究所における核融合炉研究開発計画の解析（1977～1982）と高速増殖炉開発計画の解析

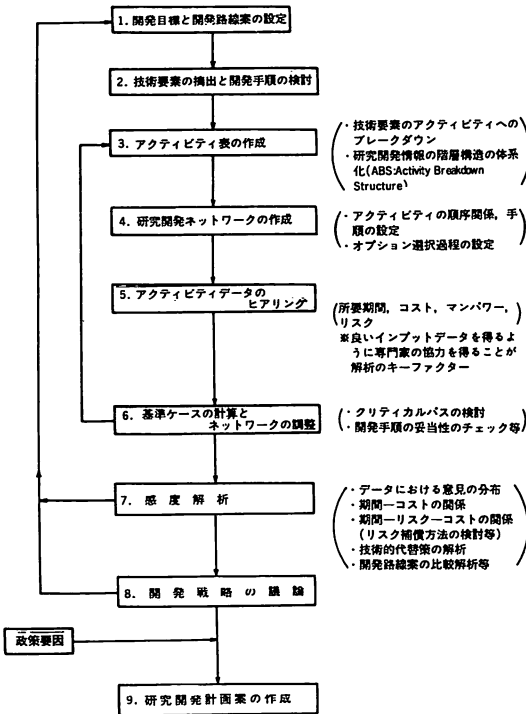


図-2 研究開発計画のネットワーク解析の手順⁽¹⁾

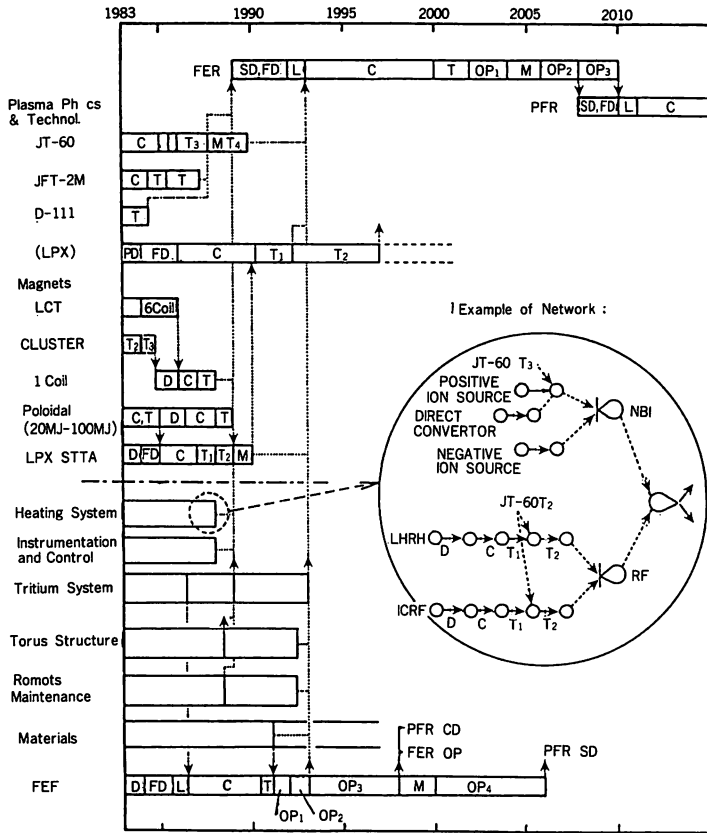


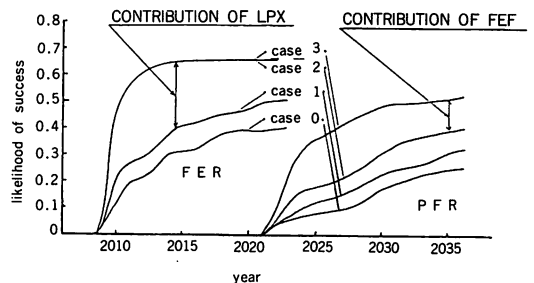
図-3 FERのフェーズド・オペレーション・ケースにおける簡略ネットワーク図の例 (副装置LPX：ロングパルス試験装置とFEF：核融合炉工学試験装置のタイミングの解析を含む)⁽²⁾

(1984~1985) 等がある。ここでは、GERTに基く評価方法の特徴を示すために、そのいくつかの例を紹介したい。

図-3には核融合炉研究開発計画の主要装置と主な技術分野について、簡略ネットワーク図とスケジュールの解析結果を示す。図では、主要装置 (FER) と副装置 (LPX, FEF) との情報の出入とそのタイミングも示されている。この二つの副装置は、元の基本ケースではリスクが高い結果となったため、そのリスクを下げるために新たに追加したものである。これら装置のリスク補償に関する解析例を図-4に示す。このGERTシミュレーションにより、これら装置がどのリスクの低減にどのように寄与するかが解析できる。

なお、このような大規模な研究開発のプロジェクトでは、数百程度の個々の研究開発のアクティビティを扱うことになる。研究開発計画の戦略を議論するためには、開発計画の全体像とクリティカルな点を把握することが必要である。そのためには広く全体をカバーす

ると共に、重要な部分に焦点を当てて詳しく解析する必要がある。このため、細部はできるだけ専門家にま



各解析ケースの主な開発手順は次のとおりである。
 case 0, JT-60-FER-PFR; case 1, JT-60-JT-60-upgrade-FER-PFR; case 2, JT-60-JT-60-upgrade-LPX-FER; case 3, JT-60-JT-60-upgrade-LPX-FER-FEF (parallel to FER)-PFR.
 LPX (水素プラズマによるロングパルス試験装置) のリスク補償は、プラズマ排気及びトカマク定常化に関するものであり、FEF (小型のDT定常燃焼を行う核融合炉工学試験装置) のリスク補償は、材料開発に関するものが主である。

図-4 核融合開発戦略のリスク補償に関する解析例⁽²⁾

かせるか、あるいは簡略化して扱いクリティカルな部分について、詳しく新たな戦略（新しい副装置や主装置のフェーズ化の考え等）を入れていくというような考え方が重要となる。

図-5には、高速増殖炉のリスクの高い点、及び技術の選択を要するものについて、そのディシジョンの手順をGERTにより表現した例を示す。GERTネットワークの解析において、とくにこのようなディシジョンプログラムは中心的な部分となる。このディシジョンに係わるリスクについて、リスク要因とリスクデータを検討し、またこれらが成功した場合の全体計画への寄与の程度（この場合設計研究で評価されるコスト低減効果が主）を解析し、開発戦略が効果的なものかどうかを評価していく必要がある。

4. まとめ

以上紹介したGERTによる評価方法はある一面について述べたに過ぎないかもしれないが、プロジェクトの評価において基本的と考えられるいくつかの問題を指摘できそうなので、次にまとめておく。

i) 評価しようとするプロジェクトに関して、直接そ

の計画に従事するか、類似の計画の経験がある、複数の専門家からいかにして有効なデータを得るが最大の問題である。そのようなデータは、必ずしも戦略検討の 이슈に 応えうる形で存在しているとは限らず、むしろリスクデータのように、技術的な評価の材料として十分なレベルまでは、ブレイクダウンされていないことが多い。この意味において、評価の 手順、手続きを明確にして、統一的なフレームでこのようなデータを 集め、それを 用いて必要な課題に対して評価結果を出していくことは大きな意味を持っている。

ii) 評価結果は、評価の材料であって、それが最終の評価結果となるものではない。研究評価は、最高の技術者が最も良くなしうるものであって、システム解析の結果が、その総合的な最終評価に直ちになるというのは誤りである。プロジェクトの評価の 이슈を明確に持っている最終評価者にとっては、その評価目的に対応して一連の方法論が用意され、個別専門家の意見が集約されて多面的な解析が行われるならば、その結果は極めて有効なものとなりうるだろう。問題は、評価結果を材料として、どのように議論し、より戦略性が高く、効率的な計画に変えていけるかにある。こ

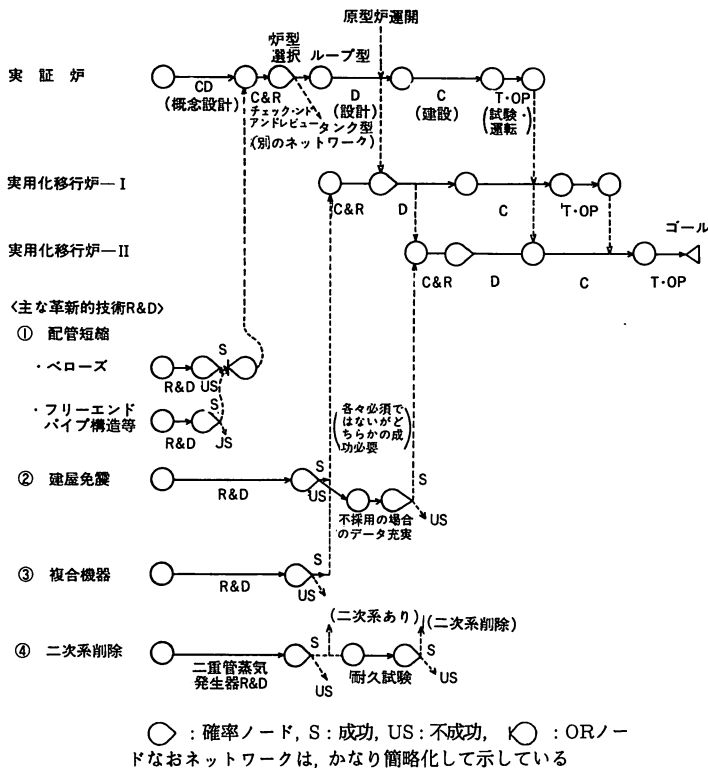


図-5 ディシジョンプログラムのGERT表現（早期実用化ケース、ループ型の場合）⁽³⁾

の評価のプロセスにおいて、いかにして専門家の意見を取り入れ、ボトムアップとトップダウンのフィードバックをはかり、コミュニケーションを図っていくかが、最も大切な点である。

iii) 評価方法のシステム化とAI技術

GERTネットワークの作成や論理的構造の把握、またシミュレーション作業は、あまり簡単なことではなく、解析方法に習熟するにはかなりの訓練と時間を必要とするようである。このようなプロジェクトの解析方法は、使い易いことが必要条件である。このためAI技術を導入すること等により、対話型の使い易いネットワーク解析システムを開発することが重要な課題である。さらに、現在科学技術庁で検討が進められているADESの構想⁴⁾のように、エキスパートシステムを用いた総合的な設計支援システム及びプロジェクト支援システムの一部としての展開が考えられる。ADESは、設計支援、研究計画・管理、シミュレーションの各システムを3本柱とし、各々に必要なデータベ-

ス、知識ベースを有機的に関連づけながら管理しようとするものである。今後のプロジェクト評価のシステムを考える際に、一つの方向を示すものを言えよう。

最後に本稿で述べた解析結果は、科学技術庁、電力中央研究所の委託等によるものであり、主査の関口忠教授、近藤駿介教授、平山省一教授をはじめとして多くの方々に御協力いただいたものであり、改めて感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 財団法人工学研究所；核融合研究開発の国際協力に関する研究報告書，科学技術庁委託（昭和58年）
- 2) Y.Kohzaki, S.Kondo and T.Sekiguchi, Systems Analysis of a Fusion Research Program, Journal of Fusion Energy, Vol. 3, Nos. 5/6, 1983
- 3) 財団法人工学研究所；新技術の研究評価に関する調査研究報告書，電力中央研究所委託（昭和61年）
- 4) 財団法人工学研究所；高度情報処理システム導入による新型炉開発等の推進に関する調査報告書，科学技術庁委託（昭和63年）

