

I-267

信頼性理論を用いた意思決定プロセスの研究

橋 大 林 組 正会員 ○納多 勝
橋 大 林 組 正会員 河村 秀紀
橋 大 林 組 正会員 宇梶 賢一

1. まえがき

システム工学より発展してきた信頼性理論は、近年、土木構造物の設計に適用しようとする研究が進められている。このようなトレンドの中で、原子力プラント、放射性廃棄物処分施設、エネルギー貯蔵基地、ハイテク産業基地など、高度の安全性が要求されるプロジェクトが増加してきており、立地を含めて、その方針、方向決定には、これまで以上に多くの不確定要素を、合理的に評価する意思決定手法の必要性が高まってきた。そこで、本研究は、信頼性理論を導入して、重要プロジェクト立案における基本計画、概念検討、詳細計画の各フェーズでの意思決定プロセスについて研究したものである。

意思決定とは、プロジェクトに潜在的に存在する、又は、外的要因に起因するリスクを、信頼性理論を用いて、確率論的に評価することと、プロジェクト実行に伴なうコスト、発生する利益、便益を評価に反映して、安全性と経済性とをバランスさせ、最適な方向を定めるものとする。さらに、重要プロジェクトには、将来の利益還元を含めた投資効果の算定の他に、利益、損益を受ける周辺住民の同意（パブリック・アクセプタンス）と、環境に対する影響分析が含まなければならない。

この報告の目的は、公的又は私的セクターを対象として、不確定要素を考慮した意思決定の体系化を試みるもので、基本として与えられたスケール（予算、規模）内でリスクを最小とすることを最終目的とし、市場で激化する競争、システムの複雑化、そして、高度化に対処すべき手法となることを指標としている。

2. 意思決定手法（Risk-Benefit Analysis¹⁾）

プロジェクト立案における意思決定プロセスを図-1に示す。この流れの中で論理を組立てるのに Decision Tree を作成し、その評価手法としてリスク・ベネフィット解析を用いる。

(1) リスクの評価

リスクとは人命損失、環境破壊、社会資本の損失、設備の損失などの量、質的なロスにつながる事象を引き起こすものと位置づけることができる。

リスクは発生頻度と、その影響度から、たとえば、表-1に示す分類が考えられる。リスクを招く原因としての不確定要素は、表-2に示す内的要因と外的要因に大きく分類され、これらをインパクトとしてリスクを評価することになる。

(2) ベネフィット／コストの評価

ベネフィットの概念は、プロジェクトが実行されることによる利益、存在することによる社会的（公的）影響が考えられる。一方、コストとしては一般に初期建設費用、メンテナンス費用、オペレーション費用、保険費用などが含まれる。（ロスによる損失費用はリスク評価で行うものとする） プロジェクト稼動期間中の価値感の变革、経済政策の転換など不確定な要素が多いが、ここでは立案時の

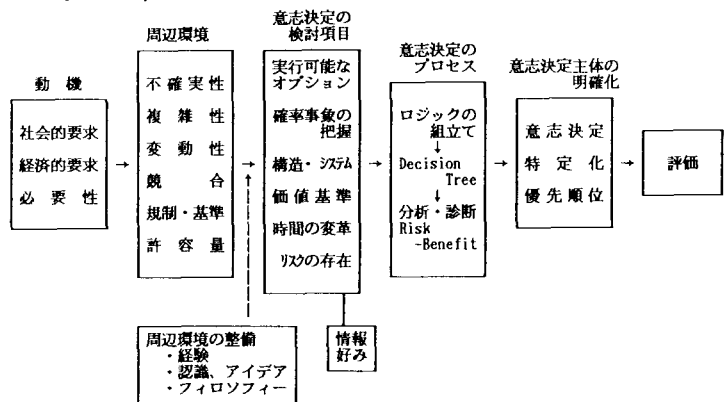


図-1 意思決定プロセス

表-1 リスクの分類

発生確率 影響度	高い	低い
大	設計・概念検討段階で危険性を排除	定量的に評価
小	量的概念を用いた解析評価	定性的に評価

表-2 内的要因と外的要因

内的要因	外的要因
システムエラー メカニカルエラー ソフトウェアエラー ヒューマンエラー	自然要因（地震、火事、火山、洪水等） 人為的要因（墜落、衝突、爆発等）

条件が継続する場合を前提として、キャッシュフローを用いて現在価値で評価する手法を導入する。特に、重要構造物の保険費用の算定には、リスクベネフィット解析が大きな役割を果たすと考えられる。

3. 意思決定までのストラテジー

プロジェクトの立案から実行までには、さまざまなフェーズが考えられる。ここでは、表-3に示すように、1.基本計画 2.概略検討 3.詳細設計の3つのフェーズに分類し、それぞれにおける意思決定について検討する。たとえば、概略検討プロセスでは、次の手順で進められる。

(1) 各フェーズにおいて事故を想定したシナリオを組立て、それにいたるシーケンスに従ってリスクを評価する。たとえば、Fault Tree、Event Tree、などが用いられる。一方、各シナリオ毎にベネフィットを算出し、現在価値において両者を比較する。

(2) 目標とする安全性、利益率を指標として各オプションの中から最適なものを選ぶか又は、優先順位を付ける。ここで基本的な形式、形状が決定される。

*各フェーズで重要なことは意思決定主体を明確にすること。

*定性的、定量的両者の論理の組立てが必要。

*現在価値への変換はキャッシュ・フロー解析で行う。

4. 事例研究

基本計画における意思決定の例を示す。ここでは、(1) 液化ガスターミナル基地 (2) 放射性廃棄物処分施設 (3) 原油備蓄の形式の3例についてプロジェクトの立案における意思決定の一部を紹介する。図-2~4にリスク、その主原因、ハザード評価のための要因を示す。

5. あとがき

プロジェクト立案のさまざまなフェーズでの意思決定の一手法として、リスク・ベネフィット解析を導入することを提案した。各フェーズでは戦略的な面（論理の組立て）と戦術的な面（分析、診断）により、意思決定を行うプロセスが考えられる。リスクを最小とし将来の災害を減少させることを主眼において、合理的でバランスのとれた意思決定手法の研究をさらに進めて行きたい。

《参考文献》

¹⁾ M.E.Rate-Cornell, 'Engineering Risk-Benefit Analysis' Industrial Engineering and Engineering Management, 1985

表-3 意思決定までのストラテジー

フェーズ	意思決定	プロセス	手法
基本計画	ニーズを分析し安全・性・経済性、外部環境を考慮して全体の方針、方向を定める（戦略）	①ニーズの数量化、定性化 ②外部環境の数量化、定性化 ③不確定要素の抽出 ④情報収集、分析 ⑤基本システム、構造の設定	統計解析 概略キャッシュ・フロー解析
概略検討	安全性と経済性を考へ、適した最適化オプションを選定（一次最適化）	①意思決定ツリーの作成 ②実行可能オプションの設定 ③リスクの設定 ④リスク・シナリオの作成 ⑤リスク解析 ⑥ベネフィットの算定 ⑦概略コストの算定 ⑧リスク・ベネフィット比較 ⑨最適オプションの選定	リスク、ベネフィット解析 Fault Tree Event Tree キャッシュ・フロー解析
詳細計画	実行に向けて細部項目の最適化（二次最適化）（戦術）	①システム・構造形式の設定 ②実行フローの作成 ③各要素の破壊モードの選定 ④各要素の破壊確率の算定 ⑤要素実行に関する戦術選定	最適化手法 定量分析

オプション	リスク	原因	ハザード評価
地上式貯蔵	施設の損傷 漏液 (gas)	地震 飛来物の落下 冷熱衝撃 不同沈下	引火の可能性 風向、風速
地下式貯蔵	火災、爆発 凍結	ヒーター不良	二次火災

図-2 液化ガスターミナル基地

オプション	リスク	原因	ハザード評価
海洋処分	施設の損傷 放射性物質の授出	地震運動	海水流 潮流、流速
地上処分（浅層）	放射性物質の授出	地震	大気の流れ 風向、風速
地下水汚染	放射性物質の授出	腐食	地下水の流れ 流量、流速
海水汚染	放射性物質の授出	飛来物の落下	流量、流速
空気汚染	放射性物質の授出		
生物圏	放射性物質の授出		

図-3 放射性廃棄物処分施設

オプション	リスク	原因	ハザード評価
洋上備蓄	施設の損傷 漏液	地震 飛来物の落下 地震運動 不同沈下	引火源 海水流 潮流、流速
岩盤内備蓄	火災 地下水汚染 海水汚染	地震 飛来物の落下 地下水 台風	地下水汚染 原油浸出
地上タンク			
地下タンク			

図-4 原油備蓄の形式