

安全性の総合評価指標についての検討

5 V - 3

福田久治 佐藤幸正

(財) 鉄道総合技術研究所

1. はじめに

鉄道は大規模公共交通システムであり、安全の確保は最重要課題とされている。ここでは、鉄道における効果的・効率的な安全管理に役立てるため、事故発生予測の考え方、AHP（階層化意思決定法）による総合的な安全性評価指標、および安全診断への応用等について述べる。

2. 事故発生予測の考え方

事故発生の予測（評価）が可能なら、あらかじめ対策を講じる事ができ事故防止に役立つ。しかし事故発生は複雑な要因が絡み合って発生すると考えられるので、一般に予測は困難である。ここでは予測目的（何のための予測か）を明確にし、それに対応した予測レベル {① When（時期：短期か長期か、1年以内か5年以内か、② Where（場所・規模）、予測内容（事故の原因・結果・影響度）、予測精度（定性的か定量的か、可能性の有無程度か発生確率・リスクを推定するのか）、予測の効果（効用）、予測の難度（コスト）} を設定し、難度に対し効果の大きいものから実施することを提案する（図1）。

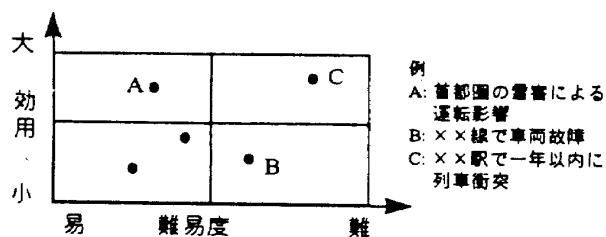


図1 予測の難易度と効果

定量的な評価ができれば様々な可能性を比較検討できる。鉄道重大事故を分析すると、列車の衝突（当該列車と他の物体との衝突）によるもので死傷者が多く発生していることが分かる。そこで、列車の衝突に関する定量評価として、FTAを実施し、PSA（確率論的安全解析）を試みたものが図2である。

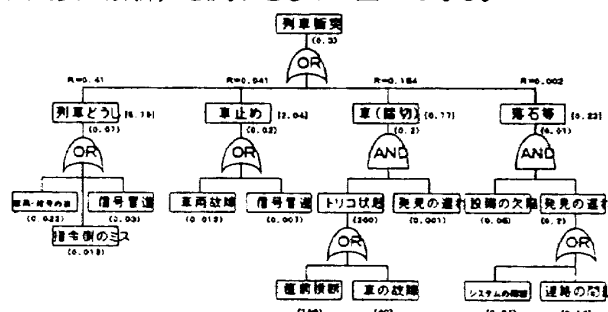
図2 列車衝突のFTAに基づくPSAの例
注) 数値は説明のための例示

図2で、()内は発生確率（年間の全列車本数に対する各事象に遭遇する列車本数の割合） $\times 10^{-8}$ 。[]内は死亡を1、負傷を0.01とし、10年間の重大事故から推定した事故による損失。Rは列車の衝突による人の死傷のリスク。

上記は簡単な例を示したものであるがリスクの計算は、事故実績や専門家の判断に基づいて、可能性のある全ての事故発生のシーケンス（連鎖）を想定し、発生確率を与えていくことになるので、一般的には困難な作業である。

3. AHPによる総合評価指標

膨大なデータから客観的に状況を評価したり、目標値管理を行ったりするための実践的な評価尺度として、経済の分野での消費者物価指数など多数の指標がある。鉄道事故においても事故率、踏切百箇所当たり事故件数等の指標があるが、安全管理に役立てるには一律に件数で評価するのではなく、事故内容も考慮して事故を評価することが求められる。

そこで、表1に示したように事故を事故内容により

IからⅦの重要度段階で区分し、AHP（階層化意思決定法）により重要度に応じたウェイトを付ける方法を考える。

表1 事故の重要度による段階

重要度	段階	事故内容j	ウェイトWj
高	I	死者、もしくは多数の負傷者を生じたもの	0.35
	II	死者、もしくは多数の負傷者を生じる恐れのあるもの	0.20
	III	負傷者を生じたもの	0.18
	IV	負傷者を生じる恐れのあるもの	0.12
	V	車両、線路、架線等の損傷	0.08
	VI	遅延もしくは列車遅延14分以上	0.04
	VII	列車遅延14分未満	0.02
低	VIII	列車遅延14分未満	0.01

AHPは、複数の評価基準のもとで合理的にウェイトを決定する統計手法である。一対比較によるウェイト付けを階層構造を持つ評価項目に拡張したものである。ここでは、重大性（事故の重大度、重大事故への発展度合）・安定性（事故の回復度）・反復性（同種事故の繰り返し度合）・経済性（事故の経済的損失）・社会性（事故の迷惑度、イメージダウン度）の5つの軸（評価基準）から多面的に数量評価を試みた（図3）。その手順は次の通りである。

- ① 専門家へ各評価基準ごとに重要性を一対比較のアンケート（表2、問1）
- ② 各評価基準iのウェイト ω_i を決定
- ③ 専門家へ各評価基準を念頭に各事故内容ごとに一対比較のアンケート（表2、問2）
- ④ 各評価基準iごとの各事故内容j、そのウェイト ω_{ij} を決定
- ⑤ ②④より各事故内容jのウェイトWjを決定（表1）

$$W_j = \sum_{i=1}^5 (\omega_i \cdot \omega_{ij})$$

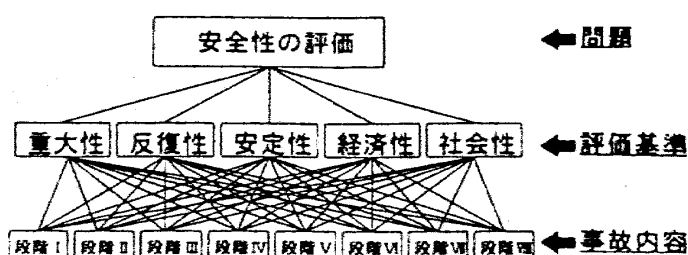


図3 安全性評価のためのAHPモデル

表2 各評価基準の重要性を調べるためのアンケート

問1 発生した事故に対して、下に記された左右の項目のどちらをどの程度重要視しますか？

例：安全を評価する時、経済性よりも、安定性の方を、かなり重要と思っている場合。

極ま	か	か	極
め	常	な	め
に	り	や	り
重	要	重	要
要	要	要	要
視	視	視	視

経済性 — ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐ — 安定性

1 重大性 — ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐ — 反復性

2 安定性 — ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐ — 経済性

...

10 社会性 — ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐ — 経済性

問2 事故内容（事故の重要度による段階）を考慮する時、下に記された左右の項目のどちらをどの程度重視しますか？

1 段階I — ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐ — 段階II

2 段階V — ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐ — 段階IV

...

28 段階VIII — ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐ — 段階VII

ある線区において、事故内容jの件数に表2に示したウェイトWjを掛け、総和を求めれば、その線区の総合評価指標が得られる。また、事故内容jの件数にウェイト ω_{ij} を掛け、総和を求めこれにウェイト ω_i を掛ければ、その線区の各評価基準ごとの評価指標が得られる。これを安全診断として定期的に行うことにより、どこが弱点か様々な比較が可能となり、安全管理に役立てることができる（図4）。

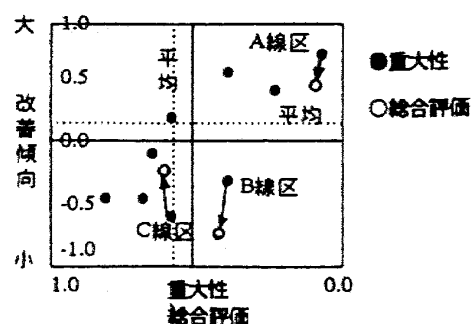


図4 線区別の安全診断の例

4. おわりに

事故未然防止の立場から、総合的かつ定量的な安全性評価手法および指標について提案した。これら手法は、パソコン WINDOWS 上で開発した「安全管理支援システム Ver.3.1」の中に評価システムとして組み入れられている。今後の課題として、ヒューマンエラー評価指標の充実、危機管理システムへの発展等が挙げられる。