

原因事象の相互関連に着目した交通事故の発生構造分析

鳥取大学工学部 正会員 喜多 秀行
(株)協和設計 正会員 ○大谷 明広

1. はじめに

交通事故の原因は一つとは限らず、直接的・間接的な原因が競合して事故にいたることが多い。事故原因を究明する上で、原因とその背景要因との関連性を明確にすることが必要である。製造物の信頼性分析の分野では現在、故障原因を系統的に解析する手法の一つとしてFTAが用いられている。この解析法は、事故発生に関与する原因を明らかにし、またどのような要因の組み合わせにより事故が発生しているかを視覚的にも明らかにできるため故障の発生構造を究明する上で有効である。しかし、交通事故の原因となる事象には人間が関与しているものも多く、機械の故障に見られるように、ある部品の破損という生起の有無がはっきりとした事象のみならず、生起の有無を明瞭に判定し難いあいまいな事象を含んでいることも多いため、必ずしもFTAをそのまま交通事故解析に適用できるわけではない。FTAでは、FTの構造から頂上事象の生起に関連の深い事象を抽出する構造重要度分析が多用されるが、通常のFTAで用いられる構造重要度は、基本事象の状態及び頂上事象の状態を2値論理で表現するため、事象のあいまいさを反映できない。そこで本研究では、事象の生起の有無を2値論理で表現していた従来の構造重要度の概念を拡張し、基本事象をファジー事象とみなしてその生起の程度を帰属度関数で表現することにより、あいまいさを含む事象をも取り扱い得るFTAの重要度分析手法を提案する。また、提案した手法を過去の研究において作成された交通事故事例のFTに適用し、交通事故の発生構造分析を行う。

2. 生起の有無の判定にあいまいさを含む原因事象

上述したように、交通事故の発生にはさまざまな人的要因や環境要因が関与している。その原因の中には、“見通し不良”あるいは“前方不注意”といった事象がしばしば登場するが、どの程度以下の見通し距離であれば“見通し不良”と判断すべきか、他のことにも注意を振り向けていたため前方の注視が必ずしも完全でなかったというような場合と、全くのわき見を同じ“前方不注意”として扱ってしかるべきか、という疑問は事故分析に常についてまわる。1.で述べた“事象のあいまいさ”とは、このような“生起の有無の判定にあいまいさを含む原因事象”である。FTAにファジー事象を組み込む試みは、既に白石・古田・川村¹⁾や光実ほか²⁾によりなされているが、どの原因事象が事故の発生に対して支配的であったかという「重要度」の概念にまでは明確に言及していない。

3. 提案する重要度分析手法の提案

従来の構造重要度では考慮することが困難であった“事象の生起の有無が判定し難いあいまいな事象”をファジー事象とみなし、その生起の程度を帰属度関数で表現することにより、あいまいさを含む事象を表現する。基本事象の状態、頂上事象の状態を表す式として次に示す。基本事象 $i(i=1, \dots, I)$ の状態量、 X_i 、と事象の生起の程度 m_i を、ファジー集合の帰属度関数 $m(X_i)$ を用いて、

$$0 \leq m(X_i) \leq 1 \quad \dots \dots \dots (1)$$

と関係づける。 $m(X_i)$ は $m(X_i)$ を $m_{i1} < m_{ij} < m_{ij+1}$ なる J 値変数であり、 $m_{i1}=0$ 、 $m_{ij}=1$ とする。また、頂上事象の状態を、

$$0 \leq T\{m(X_i)\} \leq 1 \quad \dots \dots \dots (2)$$

によって表し、生起の程度を表現する。FTを構成する I 個の基本事象に関する論理積・論理和を用いてFTの構造関数を定義すると、

$$\text{AND結合} \quad T\{m(X_i)\} = \min\{m(X_1), \dots, m(X_I)\} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{OR結合} \quad T\{m(X_i)\} = \max\{m(X_1), \dots, m(X_I)\} \quad \dots \dots \dots (4)$$

で表される。基本事象 i の生起の程度、 m_i 、のみを $m_{i,j}$ から $m_{i,j+1}$ へ変化させることにより頂上事象の状態が変化するような基本事象の状態の組み合わせをクリティカルカットベクトルと呼び、すべての基本事象の状態のとりうる組み合わせ全体についてクリティカルカットベクトルの数を求める、そして着目している基本事象 i 以外の基本事象の状態の取り得る組み合わせの総数を求め、後者に対する前者の比率により、基本事象 i の重要度を定量的に

評価する。すなわち、本研究で提案するファジィ構造重要度は、次式のように表される。ここに、 $N_{JT}(X_i)$ は基本事象 i のクリティカルカットベクトルの総数である。

$$K_T(i) = \sum_{j=1}^J N_{JT}(i) / (J-1) \cdot J^{I-1} \quad \dots \dots \dots (5)$$

4. モデルの実際の適用例

本研究で提案するモデルの具体的な事故解析の対象として、空港において地上滑走交通量の増加、管制支援機器の整備の遅れなどのために、着陸機と横断機が滑走路上で地上ニアミスするという航空機地上衝突事故が増加してきている。このことを背景として徳永・喜多・高梨³⁾により作成された「航空機地上衝突事故」のFT(図1)の第5レベルの原因事象までを用い、重要度分析を行った。図1に示した基本事象のうち、影をつけたものが今回あいまい事象として扱ったものである。提案したファジィ構造重要度および従来の定義に基づく構造重要度を算定した結果を表1に示す。両者を比較すると、

- (1)重要度の大きさをみた事象相互の順序には余り違いがみられない、
- (2)生起の有無に関するあいまいさが大きな事象は重要度のランクが下がる傾向が認められる、といった傾向が見られるまた提案した方法により抽出された”事故の生起に強く関連する事象”は従来の方法で抽出された原因事象とは必ずしも一致せず、総体的により実態に即した結果を得ることができた。

表1 事例分析結果

基本事象		Fuzzy-構造重要度	構造重要度
パイロット	パイロット、交通状況の把握不十分	0.03840 ①	0.01786 ①
	パイロット、横断機が滑る	0.02000 ②	0.01786 ①
	パイロット、クリアランスに対する復唱不備	0.01236 ③	0.00669 ②
	パイロット、地機のアラランスを誤認	0.00412 ④	0.00669 ②
	横断許可を受けた滑走路を誤認	0.00412 ⑤	0.00223 ④
GC	パイロットの航行意図を知る手段なし	0.01236 ③	0.00223 ④
	GC、管制不十分	0.00412 ⑤	0.00193 ⑤
GC	GC、横断機の管制不十分	0.00399 ⑥	0.00193 ⑤
	GCの管制能力不十分	0.00221 ⑥	0.00193 ⑤
その他	交通状況の把握する手段なし	0.03840 ①	0.00193 ⑤
	GC、横断機の航行意図を知る手段なし	0.03840 ①	0.00669 ②
	横断機の許可あり	0.03840 ①	0.00669 ②
	GCに対する飛行手段なし	0.01236 ③	0.00223 ④
	作中不十分	0.01022 ④	0.00223 ④
	パイロットの航行意図を知る手段なし	0.00866 ⑤	0.01786 ①
	GCとGCとのニアミス	0.00866 ⑤	0.01786 ①
	GCの横断機の管制不十分	0.00866 ⑤	0.01786 ①
	横断許可を受けた滑走路を誤認	0.00412 ⑤	0.00595 ③
	地上滑走不適切	0.00412 ⑤	0.00595 ③

①印は、あいまいさを含む事象であり、横断機間で表現された事象を示す。

図1 「航空機地上衝突事故」のFT(第5レベルまで抜粋したもの)

5. おわりに

本研究では、交通事故の原因事象に現れるような事象の生起の有無を識別する際に混入する事象のあいまいさをも取り扱える重要度分析の拡張を行った。提案した手法を用い、実際に事例に適用して発生構造の分析を行い、原因事象の抽出を行った。そして、従来の構造重要度と提案したファジィ構造重要度を算定し、その適用性について検討を加えたところ、総体的に実態をよりよく反映する結果をえることができた。本研究では、原因事象の発生確率の大きさは考慮にいれていないため、今後の課題として、原因事象の発生確率の大きさをも考慮にいれた重要度指標への拡張が望まれる。

- 1)白石成人, 古田均, 川村幸男: 事故解析へのファジィ積分の応用, 土木学会論文集, No. 339, pp. 33~40, 1983.
- 2)光実潤一, 喜多秀行, 奥山育英: 事象のあいまいさを扱う拡張FTAに関する研究, 第42回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, pp. 412~413, 1990.
- 3)徳永健, 喜多秀行, 高梨誠: 空港における航空機衝突事故の発生構造分析, 第44回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, pp522~523, 1992.