

降雪期における道路システムの信頼性評価法に関する基礎的研究

鳥取大学工学部 正 員 岡田 憲夫
鳥取大学大学院○学生員 後藤 忠博
鳥取大学大学院 学生員 田中 成尚

1 はじめに 我が国でいわゆる雪寒法の適用される地域は国土面積の約6割であるが、これらの地域の多くはまた生活形態や産業構造を自動車交通に強く依存しており、この意味で特に冬期道路交通の円滑化は重要な問題である。このような問題を解消するための方策としては、道路の整備・拡充などのハード面での対応に加えて除雪体制の整備などのソフト面からの対応も含めた総合的な対応策が検討されなければならない。また、特定の場所や区間の個別的・場当り的な対策のみでは複雑化した道路ネットワークに効果的に対応できない傾向が強まっている。そこで本研究では道路を一つのシステムと考えるとともに、システムの性能が非降雪期と比して低下することをできるだけ回避しうような信頼性の高いシステムの設計問題を取り上げ、その科学的な解析法の構築を試みる。

2 F T A・F M E Aの適用⁽¹⁾⁽²⁾ 冬期における道路システムの障害発生メカニズムを明らかにするためにF T A (Fault Tree Analysis 故障の木解析)法とF M E A (Failure Mode and Effects Analysis 故障モード影響解析)法を組み合わせた分析のアプローチを開発する。F T A法は1つの故障の原因をツリー状にブレイクダウンしながら細分化・解析していく方法であり、F M E A法はシステムの一部の故障が全体にどの程度影響をもたらすかを積み上げ方式で解析していく方法である。本研究ではF T A適用の前処理の手段としてF M E A法を用いることを試みる。すなわちF T Aの故障原因を列挙することを目的として歩行者・自転車等の道路使用者に対してアンケート調査を実施し、その結果をF M E Aチャートとして表1のようにまとめた。次にこのF M E Aの結果を再整理して関連する各事象のレベル分けと分類を行う。すなわち0次のレベルとして前提事象を、ついでユニットレベルの事象を1次事象さらに順に2次、3次、……n次というふうに階層的にレベル分けしていく。n次事象は最終的にもうこれ以上積み上げられないレベルの事象でありF T Aにおける頂上事象に相当している。ただし頂上事象に相当するものが複数個存在する点がF T Aと異なる。(表2参照)

3 F T Aによるモデル化 表2に基づいてF T図を作製する。ここでは走行速度低下を頂上事象にしたF T図の一般例を図1に示す。(頂上事象を何にとるかやどこでF T Aを実施するかによって描かれるF T図はそれぞれ異なったものになる。)このF T図において構造重要度を計算すると表3のようになる。

表1 FMEAチャート

システム	構成要素	原因	事象(故障モード)	影響	備考(場所)
高速性保持	路面	圧雪・凍結 〃 圧雪路面の一部が融ける 雪 堤 積雪路面(初期)	二輪車の走行不安定 (制動距離増大) 凹凸路面でハンドルをとられる 大型車の融合が難しくなる スリップで発進できない	走行速度低下 〃 交通停滞	危険場所 ドライバーの対応不足
	路面幅 障害物				
高速走行性	障害物	雪 堤 雪氷路面、情報不足 人・二輪車の通行スペースなし 路肩に駐車スペースなし 圧雪・凍結路面 降 雪 チェーン着装	バスが後続車の通行を妨げる 大型車スリップで立往生 車道を走る、走行不安定 車両通行阻害 不熟ドライバーの低速運転 視界低下(特に夜間)	交通停滞 〃 走行速度低下 〃, 交通停滞 低下	山間道路、車両構造の弱さ 雪堤のため 〃, 違法駐車 危険確認が遅れる
	空間・視界 車 両				
疎通性維持	交差点	雪氷路面	青信号一回あたりの通過台数減 赤信号に変わってもどんだん突こんで来る 幹線道路に集中	渋滞 混乱・危険 渋滞・停滞	
	代替路	未除雪			
安全性	人・車・二輪車分離 (二輪車) 道路の構造 (情報) 空間・視界 路面スリップ	歩道未除雪・雪堤 積雪路面 凍 結 積雪・着雪 降 雪 圧雪・凍結・積雪 大型車両	歩行者が車道を歩く 不安定な走行 路面の状態が一部分だけちがう(凍結) 標識・横断歩道等がわからない 危険確認が遅れる 急ブレーキがかけられない アクセルを踏むと横を向いてしまう 一度すべり始めると止まらない	転倒事故 スリップ事故 事故	橋の上、日当りの悪い場所 (特に登り坂)

表2 FMEAによるレベル分け

0次事象	一次発生事象		二次発生事象		三次発生事象	四次発生事象
	危険事象 (確率)	環境事象 (確定)	危険事象 (確率)	環境事象 (確定)	危険事象 (確率)	危険事象 (確率)
降雪 気温低下	積雪 圧雪 凍結 除雪	情報不足 対策不足 代替交通なし 除雪体制不備 融雪施設有無 幅員狭小 歩道有無 急坂・坂道 急カーブ	雪堤 道路幅が狭くなる 路肩がなくなる 二輪車の走行スペースがなくなる 駐車スペースがなくなる 凸凹路面	故障が多くなる 裏道が除雪されない	離合が難しくなる 違反駐車 歩行人・自転車が車道へ出てくる 二輪車の不安定走行 スリップで発進できない 大型車立ち往生(峠) スリップ事故 ハンドルをとられる 幹線道路への車集中	走行速度低下 交通停滞 交通阻害 疎通能力低下 事故発生 安全性低下
	基本事象	通常事象	事象	通常事象	事象	頂上事象

ここでは「歩道未除雪」と「気温上昇」を除くすべての要因の重要度（システム故障に寄与する度合）が同一であることになって不都合である。これは第2レベルを境にしてFT図の構造が急に錯綜化する特性が十分に評価してないためだと考えられる。そこでこのような臨界レベルを構造錯綜化レベルと呼ぶことにする。

次いで構造錯綜化レベルの存在するFT図において、各々の基本事象の重要度を評価する方法を提案する。すなわち（1）構造錯綜化レベルの事象にFMEAのなかの致命度評点法¹⁾を用いることにより重みづけをする。（2）構造錯綜化レベルの事象の一つを頂上事象としたサブのFT図（図2）を取り出しその構造重要度を求める。（3）（2）で求めた構造重要度を正規化し（1）で求めた重み（致命度）を乗ずる。（4）（2）、（3）の作業をすべての構造錯綜化レベルの事象に対して行う。（5）同一基本事象について（3）で求めた値の総和を求め、構造錯綜化レベルの事象の個数で除す。以上のようにして各基本事象に関する重要度を考慮した補正構造重要度の値が計算される。

4 ケーススタディ 「疎通性低下」を頂上事象にとったFT図として市街部と郊外部の2ケースについて上記計算法により計算を行うと、市街部では「雪堤」「圧雪・凍結」「歩道未除雪」、郊外部では「雪堤」「圧雪・凍結」「幅員減少」の順に補正構造重要度が高い値を示している。ここで一番目と二番目に高い事象は降雪期道路システムを規定する一般的要因であるのに対して三番目にあがってきた「歩道未除雪」および「幅員減少」はそれぞれの地域特性により密接に関わる要因と考えられる。

5 むすび 以上、FTAとFMEAの結合法と構造錯綜化の起こるFT図についての評価法について述べてきたが、詳細については講演時に言及する。

（参考文献）

1) 鈴木順三朗他：FTA・FMEAの実施法，日科技連

2) 塩見弘 他：FMEA・FTAの活用，日科技連

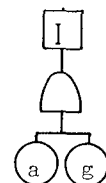


図2

サブのFT図

表3 構造重要度

圧雪・凍結	0.0625
もともと幅員が狭い	0.0625
雪堤	0.0625
未除雪	0.0625
降雪	0.0625
歩道未除雪	0.0
気温上昇	0.0

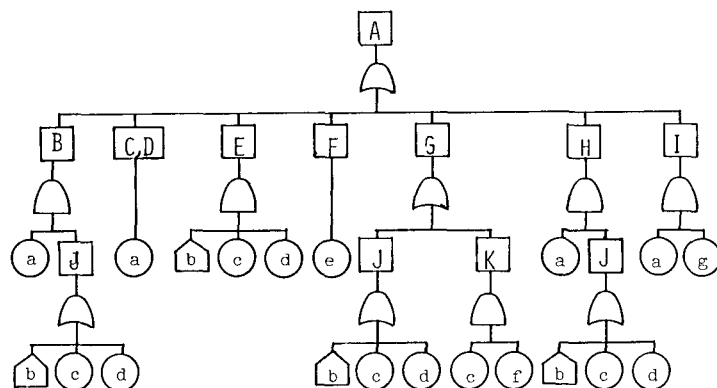


図1 平均速度低下を頂上事象にしたFT図

- A: 平均速度低下
B: 未熟ドライバーの減速運転
C: 安全走行速度低下
D: 安全車間距離増大
E: 離合が難しくなる
F: 視界低下
G: 歩行者・自転車が車道に出てくる
H: 二輪車の不安定走行
I: ハンドルをとられる
J: 道路幅が狭くなる
K: 歩行・自転車の走行スペースがない
a: 圧雪・凍結
b: もともと幅員が狭い
c: 雪堤
d: 未除雪
e: 降雪
f: 歩道未除雪
g: 気温上昇