

失敗例と事故例からの事故予測

Foreseeing incidents that may happen in the future from incidents and mistakes that happened in the past.

石川 敏照*¹ 田中 克明*² 赤石 美奈*² 堀 浩一*²
Toshiaki Ishikawa Katsuaki Tanaka Mina Akaishi Koichi Hori

*¹ 東京大学大学院工学院研究科航空宇宙工学専攻 *² 東京大学先端科学研究センター
Dept. of Aeronautics and Astronautics, Univ. of Tokyo RCAST, Univ. of Tokyo

We tried to foresee incidents that may happen in the future by taking incidents that happened in the past to pieces of phenomena, and reconstructing them. Moreover we considered what informations are necessary to foresee more cases.

1. はじめに

事故予測に関しての手法として、FMEA, FTA, ETAなどがあり、これらは代表的信頼性解析手法として広く利用されてきた。

しかし、昨今の鉄道輸送システムおよび航空輸送システムなどでは大規模化、複雑化が進み、従来のような計算機を用いないFMEA, FTA, ETAの利用では膨大な量となる事象情報および事故情報を記憶し、整理することが困難となってきた。また、信頼性ブロック図を用いた従来の解析手法では予め用意した信頼性ブロック図の経路とは異なる経路を通っておこる予期せぬ事故の予測が困難となっている。

そこで本研究では「単純な因果関係情報を集積、再構成することによって事故や故障に至る新しい経路を見つける」ことを目的としたシステムを提案し、実際の事故情報、失敗情報を用いてこのシステムの有効性と「新しいソパスの発見」にはどのようなシステムが効果的で、情報としてはどのような情報が必要であるかの検証を目的とした実験を行った。

2. 提案するシステム

2.1 システムの概要

本システムは航空輸送システムや鉄道輸送システムに代表される複雑大規模なシステムの中で起きる小事故や大事故を因果情報の集合としてあらし、様々な事故から発生する多くの因果情報を計算機に入力することによって事故へと至る新しいパスを発見しようと言うものである。

簡単な例

情報1 : $A \rightarrow B \rightarrow C$ 情報2 : $D \rightarrow B \rightarrow E$

これらを計算機に入力すると

二つの情報より : $A \rightarrow B \rightarrow E$ $D \rightarrow B \rightarrow C$

情報1 (A から B が起こり C が起こるとい情報)と情報2 (D から B が起こり E が起こるとい情報)から E へと至る新しいソパス(A から B が起こり E が起こるといソパス)と C へと至る新しいソパス(D から B が起こり C が起こるといソパス)が発見される。

2.2 本システムと従来の信頼性解析手法との違い

本システムの特徴は以下の通りである。

- ① 解析するシステムの本来の構造、信頼性ブロック図といったものにとらわれない検索ができる。
- ② 解析の方向が「部品→システム」(ボトムアップ)や「システム→部品」(トップダウン)といった一方向ではなく、あらゆる方向への解析が可能となる。
- ③ 計算機の力を利用することによって膨大な量となりうる原因結果の情報を記憶し、整理することができる。

3. 実際の事故例を用いてのシステムの有効性の検証

本システムの有効性を検証するために、実際の鉄道輸送の現場で起こった事故やヒヤリハットを元に「脱線」事故へと至る新しい経路を検索する実験を行った。

3.1 使用したデータ

- ・ 航空鉄道事故調査委員会 「鉄道事故調査報告書」
[国土交通省 06]
- ・ 科学技術振興機構 「鉄道事故事例」
[科学技術振興財団 06]

3.2 事故例から因果情報への変換

実験を行なうにあたり、変換に関する一律のルールを決めようと思ったが、すべての事故例に共通して用いれそうな良いルールが見つからなかったため今回の実験では筆者らの独自の判断により変換を行い、整理を行なった。

その中で、事故例の変換を行なっているうちに有効であると筆者らが考え、採用した方針は以下のようなことである。

- ① 分解の粒度を必定以上に細かくはしない
- ② 「点検不備」を情報から除外
- ③ 効果(影響)が似ていると思われる事象を同じ事象として扱う

3.3 結果と評価

3.1 のデータを筆者らが提案するシステムに入力すると多数の新しい経路が出力され、そのうち

「強風→杉の葉および付着物がレール上に存在→ブレーキ不具合→(カーブ+) スピードオーバー→横圧の増加→脱線係数の増加→脱線」

「大雨→ 枕木および盛り土の損傷→ 犬釘の支持不十分→ レール間距離拡大→脱線」

といった経路は実際あってもおかしくない経路である。

このように今回の実験では新しい有用なパスもいくつか発見され、このシステムがある程度有効であることがわかった。

しかし、今回の実験では筆者らが期待していたほどの意外なパスの発見はなかった。

それは以下のようなことが原因なのではないかと筆者らは考えた。

- ・今回集めた事故情報は実際に脱線につながったものばかりで扱った事象が脱線の周辺のものばかりとなってしまった。
- ・計算機に入力した情報は事故例から集めたものだけであり、そこで集まった事象の更なる影響分析やその事象に至りうる他の原因を分析するといった作業をしなかった

3.4 入力データの追加

以上のような結果を受けて、新しく加えたデータとその結果の一例およびその評価は以下の通り。

3.4.1 鉄道事故以外の専門知識からデータ

木材、ガーデニングの知識より[T's house]

「木材が土にさらされた状態であるとその木材の中にシロアリが発生し、そのシロアリが木材を腐食させる」

これを「木材」→「枕木」と言い換え、因果情報に変換し、元々のデータに加えると

枕木が土にさらされる→枕木にシロアリの発生→枕木および盛り土の損傷→ 犬釘の支持不十分→ レール間距離拡大→脱線
という新しい経路が発見された。この他、枕木がコンクリートの場合は次のような情報がある。

「氷点下のもとではコンクリート中の水分が凍結により膨張し、コンクリートのひび割れが発生する。」

これらデータを加えたことの考察は以下の通り。

- ・鉄道事故以外の専門知識からデータを集め、そのデータを鉄道システムにリンクさせることは鉄道事故のみを情報として扱っていたときには見つからなかった新しいパスの発見へとつながることがわかった。
- ・しかし、この方法には「鉄道以外の専門知識と鉄道システムとのリンク」に困難がある。

3.4.2 ヒヤリハット情報から得たデータ

鉄道会社元社員が書いたブログより

「田舎の単調で長い直線を走っているとボーッとしてしまい、カーブに入って慌ててブレーキをかけた。」

これを因果情報に変換し元のデータに加えると

「単調で長い直線→不注意→(カーブ+) スピードオーバー→横圧の増加→ 脱線係数の増加→脱線」

という新しい経路が発見された。

この他にあった情報は以下の通り。(全て「2ちゃんねる」より [2ちゃんねる 01])

「使用している時計の示す時刻が実際とずれていたため 30 秒早発となってしまった」

「アナログ時計を使用していたら夜間は暗くて時刻を読み違えた」

「通過列車と停車列車が同じ速度で進入する駅は間違っ

て停車してしまいそうになる。」

これらデータを加えたことの考察は以下の通り。

・ヒヤリハット情報からデータを集めることは、設計段階や机上の計算では見つからない現場での生の声を情報とするため、今まで見つからなかった新しい「脱線」パスを発見することに大いに役立つ。

3.4.3 各々の事象についての分析を行なうことによって集めたデータ

ここでは「レールのゆがみ」という事象に着目する。

「レールのゆがみ」の原因として考えられるものに「猛暑によるレールの膨張」がある。これを因果情報に変換し、元々のデータに加えると

猛暑→ レールの膨張→ レールのゆがみ→ 横圧の増加→ 脱線係数の増加→脱線

という新しい経路が発見された。

これらデータを加えたことの考察は以下の通り。

- ・各々の事象についての分析を行ないデータを集めることは各々の事象から伸びるパスの数を増やし、事象間のつながりのバリエーションを増やし、トップ事象へと至るパスの幅を広げ、より多くのパスを発見することに貢献する。

4. 結論

複雑大規模で未知な部分の多いシステムにおいて、その中で起こりうる様々な事象の原因と結果の情報を計算機の中に集積し、それを再構成するという本システムは、人の力だけでは記憶しづらい大量の事象連鎖を記憶し、事故へと至りうる様々なパスを知るという点で有効であり本システムの有効な利用のためには

- ① 注目する事象に至った事故情報のみではなくそれ以外の事象を引き起こした事故情報
- ② 注目するシステム(専門)以外のシステム(専門)の知識から集めた情報
- ③ 実際の現場から挙がるヒヤリハット情報
- ④ 集まった事象をさらに分析することによって現れた各々の事象の要因と影響の情報

が情報として有効である。さらにこのような情報を加える以外に「効果(影響)が似ていると思われる事象を同じ事象として扱う」といった事もシステムに潜在する事故要因を知る上で重要となる。

参考文献

[国土交通省 06] 国土交通省ホームページ 航空鉄道事故調査委員会：鉄道事故調査報告書，
<http://www.mlit.go.jp/araic/>

[科学技術振興財団 06] 科学技術振興財団ホームページ：JST 失敗知識データベース，鉄道事故事例，
<http://shippai.jst.go.jp/fkd/Search?fn=1&dt=2&cat=TZ0000011>

[T's house] T's house ホームページ：枕木とシロアリ(木の外溝)，
<http://www.mlit.go.jp/araic/>

[2ちゃんねる 01] 「2ちゃんねる」ホームページ，「現役乗務員のみヒヤリハット体験談」スレ，
<http://piza2.2ch.net/train/kako/1006/10066/1006615000.html>