

## 論文の内容の要旨

論文題目：Fault Tree Analysisを用いた高信頼性設計

およびその知識マネジメント

-Fault Tree Analysis 支援システム開発と自動車部品開発における効果検証-

氏名：平岡 洋二

### 【内容の要旨】

本論文は、昨今のグローバルな競争に直面している日本の製造業において、製品の競争力を維持、向上するための解決すべき課題のひとつが知識体系化の構築であることを示し、製品の高信頼性設計における知識マネジメントに有効な Fault Tree Analysis (以下、FTA と略す) に着目し、実際の企業での事例から FTA の課題を設定する。その課題解決を目的に、従来の設計知識マネジメント研究を応用した FTA 支援システム (FTAid と呼ぶ: 商標登録済、以後 FTAid と略す) を提案し、企業におけるシステムの検証評価からその有効性と課題を述べ、さらに今後の本研究の発展性に言及する。

第1章では、日本の製造業における課題と設計知識マネジメントの先行研究の検討から、論文の目的を述べる。日本の製造業では、競争力向上のため、品質向上、機能向上、コスト削減、及びグローバル化の相反する課題に取り組んでいる。その課題解決のための高信頼性設計における知識マネジメントに有効な FTA に着目し、FTA の課題を検討する。FTA は故障を階層的、論理的な樹形図である Fault Tree 図 (以下、FT 図と略す) を作成し、FT 図を用いて解析する手法である。先行研究調査と実際の企業の設計プロセス、ツールの検討から、FTA の知識体系の構築を目標にした研究目的を以下に設定している。

- ・企業における FTA にもとづく製品開発から、実用の問題点を分析し、製品設計における FTA の課題を設定すること。
- ・製品設計における FTA の課題を解決するため、設計知識マネジメント研究成果を応用した FTAid (FTA 支援システム) を提案すること
- ・実際の企業における設計現場にて、FTAid の検証評価を行うこと
- ・企業における検証評価結果からシステムの課題と発展性を考察すること

第2章では、企業の製品開発におけるFTAを用いた製品設計と品質問題解決の現状と課題を述べる。まず、設計におけるFTA活用事例からその有効性と問題点を述べる。また、企業におけるFTAの改善活動から設計知識マネジメントの課題を挙げ、製品設計におけるFTAの課題を以下のように定義する。

- ・設計者によるFT図の精度ばらつき低減と作成効率向上の両立
- ・製品システムの複雑化に伴うFT図に対する仕組みの構築

第3章では、第2章で定義したFTAの課題を解決するため、FT図作成を支援できるFTAid (FTA支援システム)を提案する。FT図の特性と製品システムの故障体系から、システム系故障、機械系故障、及び制御系故障の3つのFT図分類を定義し、各FT図の支援手法を述べる。機械系故障のFT図では、物理的なメカニズム、工学原理に沿って展開するため、先行研究成果であった物理量次元インデクシングを用いた支援手法、システム系FT図と制御系FT図ではブロック図による支援手法を用いる。物理量次元インデクシングは、物理量がSI単位系の7つの基本単位の組み合わせで表現できることを応用し、情報のインデックスとする設計知識マネジメント手法である。これをFT図の事象展開における物理量次元の整合性検証、及び類似度によるデータベース検索をFT図の作成支援に応用する。ブロック図による支援はインプット、アウトプット、及びブロックからFT図への変換ができる支援を行う。さらに、FT図の支援手法をもとにしたシステム開発を産学官の研究体制で行い、システム設計とその動作について述べる。システム開発ではシステム要件を検討すると同時に、システム開発の目標を以下のように設定した。

- ・FTAidを使うことで、FT図作成工数を50%削減させる
- ・工数削減と解析精度向上を両立させる

第4章では、第3章で提案したFTAid (FTA支援システム)のシステム動作から効果予測を行い、その検証結果を述べる。検証評価では、物理量次元インデクシングによる支援の検証、ブロック図による支援検証及び実際の設計部署での妥当性検証を行っている。まずは、物理量次元インデクシング支援は機械系故障の物理量表現には有効であるが、語句表現には十分ではないと予測し、実務で作成したFT図の事例に対して、FTAidと指導者の整合性検証結果の比較を行っている。その結果、機械系故障のFT図事例では、FTAidによって5~22%の展開に間違いが見つかり、約80%の展開には整合性検証が有効であることが検証された。さらに、約20%は故障モードなどの物理量でない事象の表現であり、語句表現による支援の課題が抽出できた。システム系故障、制御系故障のFT図では、その特性から物理量次元インデクシングだけでは十分でないことも確認できた。

また、ブロック図による支援では、設計者はブロック図を正確に作成できるが、FT図とする際に、間違いが発生するとの予測をもとに、ひとつのシステムブロック図から設計者

と FTAid によって作成された 2 つの FT 図の比較を行った。その結果、設計者は展開事象をまとめた表現とする傾向が強くなり、ブロック図から正確な FT 図を作成することが難しいとことが分かり、システムの有効性を検証した。

さらに、設計部署に FTAid を配布し、妥当性検証を行った結果を図. 1 に示す。これは、FTAid を使用した FT 図と使用しなかった FT 図に対して、FT 図の社内評価基準をもとにした減点法による評価点を縦軸に、FT 図と共に集約した作成工数を横軸に取ったものである。本結果から、FT 図作成工数の目標削減率 50% 減（実績値：62～72%）を達成すると同時に、工数低減と解析精度の両立も合わせて達成したことを検証した。FTAid を用いたとしても、評価点が基準である社内基準点 60 点を満たしていない FT 図がある。これを分析した結果、設計者が物理量を意識した表現しているが、故障モードとその展開パターンを論理的に表現できていないために、評価が低いことが判明した。これは、故障モードなどの語句表現と展開パターンのデータベース構築によるシステム支援と設計者の力量向上を目的とした FTA 教育のさらなる改善が必要あり、今後の研究課題である。

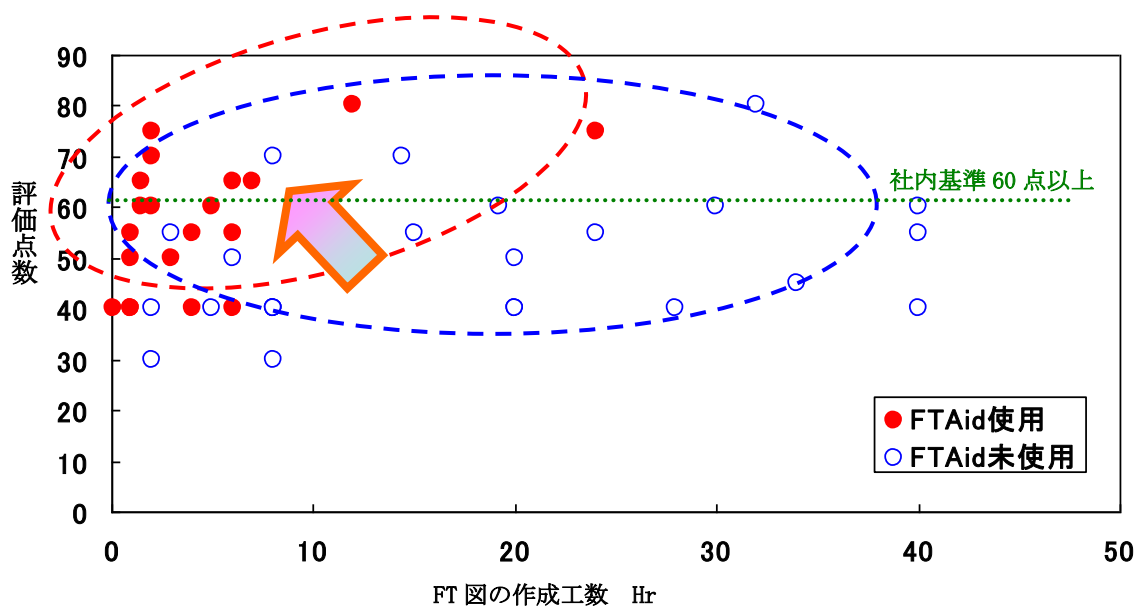


図 1 実際の設計業務における FTAid の効果確認

第 5 章、第 6 章の結論、研究課題及び発展性では、本研究から得た知見をまとめている。

- ・設計における FTA の課題を製品設計におけるプロセスの考察と実際の FTA の改善活動の成果と問題点から、以下のように課題を設定した。
  - ・設計者による FT 図の精度ばらつき低減と作成効率の向上の両立
  - ・製品システムの複雑化に伴う FT 図に対する仕組みの構築
- ・設計者を有効に支援できる FTAid (FTA 支援システム) を産学官によって開発し、FTA の課題解決が可能な FTAid の提案を行い、実際の企業における設計部署での効果分析

から、システム開発で設定した FT 図作成工数 50%削減、及び解析精度と工数削減の両立の目標を達成した。

- FTAid の研究課題を実務の設計での検証結果からの考察から、物理量次元が付加できない故障モードの分類整理と展開パターン支援、語句による支援が必要なこと、及び FTA 教育のさらなる改善が必要なことを明確にした。
- システム設計及び安全設計において、FTA と物理モデルシミュレーションの連携によって、その課題解決の可能性があり、本研究の発展性に言及している。