

220 設計意図モデルを用いた FMEA 支援

A Method to Support FMEA using Design Intention Model

○正 湯田晋也 (日立製作所)

Shinya YUDA, Hitachi Co. Ltd, Oomika 7-1-1, Hitachi, Ibaraki

This paper describes a method to support Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), which is a one of general reliability analysis techniques. There is a problem in FMEA that it is difficult to secure covering failure mode. We thought it is because of FMEA is independent in the design work. Our approach to solve this problem is to integrate knowledge concerning reliability examination and design intention. Concretely, we developed a tool that can express FMEA data (Failure Mode, Effects, Cause) in the design intention model. The model is a system of design evaluation knowledge based function tree. It comes to be able to secure covering the failure mode and to keep the consistency of the vocabulary by using this tool. At the same time, efficiency of making a FMEA output goes up.

Key Words: FMEA, function tree, design knowledge

1. 緒言

製品設計において信頼性確保は顧客満足と設計効率という2つの視点から重要である。顧客満足では、故障しにくい製品が良いことはいうまでもない。設計効率の視点では、信頼性について充分検討された設計が、試作や量産段階においても不具合を出しにくく手戻りが無い設計になる。

FMEAは信頼性解析手法として一般的であり、設計現場でも製品ごとに実施されている。しかし、設計検討のかなりの部分が信頼性に関する検討であることを考えると、信頼性解析だけを独立して扱うのは作業上の連続性がなく非効率である。また、本来の解析作業よりも書類作成に伴う作業に手間取り、時間をとられることも多い。

本研究では既に製品機能を木構造で記述する設計意図モデルを開発している。本報告では、このモデルを用いて機能検討と同時に信頼性に関する検討項目が記述でき、最終的にFMEA結果を出力できるツールについて報告する。

2. FMEA実施上の問題点

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) は、部品毎にシステムに起こりうるすべての故障モードを見通して対策を考える信頼性解析手法である[1]。一般的なFMEAの結果は、Figure 6に示すような表形式のシート(以下FMEAシート)になる。FMEAシートの形式は分野、メーカーにより様々だが、基本的にはTable 1に示す項目が

一行となっている。ここでは、このFMEAシートの一行分をFMEAレコードと呼ぶことにする。

Table 1. Contents of FMEA Record

| 項目名 | 説明 |
|-------|------------------|
| 部品 | 対象とする部品名 |
| 部位/機能 | 着目する機能 |
| 故障モード | 潜在的に発生しうる故障症状 |
| 故障の影響 | 故障により、製品全体が受ける影響 |
| 影響度 | 故障の影響の深刻さの度合 |
| 故障要因 | 故障が発生する元となる事象 |
| 発生率 | 故障要因が発生する確率 |
| 予防管理 | 故障を予防するための設計上の工夫 |
| 検出管理 | 故障が発生した場合の検出の方法 |
| 検出率 | 故障発生時の検出の難易度 |
| 重要度 | 故障モードの総合的重要度 |

FMEA実施上の問題点について述べる。この問題点は機械設計の現場からヒアリングした結果である。

(1) 故障モードの網羅性の確保

故障モードの抽出に漏れがあると、その部分の設計チェックは実施されず信頼性が確保できない。現状は故障モードの抽出は設計者の思いつきに頼っている。特に経験の浅い設計者では漏れが出やすいと考えられる。また、ベテラン設計者でも、自身の得意な分野に偏った思いつきがあると予想できる。

(2) 語彙, 影響度, 発生率, 検出率のゆらぎ

FMEAシートに入力する際に語彙の揺らぎが起きるといふ問題がある。ポンプを例にとると, ある箇所では故障の影響を「昇圧せず」と書いたり, ある箇所では「昇圧不能」や「昇圧不可」と書いたりすることがある。それにともない影響度も揺らぐ可能性がある。

同じ事象には同じ表現で, 同じ影響度をつけなければならぬ。故障モード, 故障原因, 発生率, 検出率においても同様である。この問題を人手によって解決するには, 故障モード, 故障の影響, 故障原因の入力のたびに同じ事象を既に記述していないかチェックしなければならず, 非常に手間がかかる。

3. FMEA 支援ツール

3.1. 設計意図モデル

報告者は機能展開に沿って設計知識を整理する設計意図モデルを開発し, DR支援などに活用してきた[2]。活用する過程で, 信頼性検討に関する知識が大きな部分を占めることに気づいた。そこで設計意図モデルを拡張し, FMEAを表現できるようにすることで, 前節の問題点を解決するアプローチをとることにした。最終的な出力であるFMEAシートはこの拡張モデルを表形式に変換して得る。

設計意図モデルはベテラン設計者の設計知識を製品の機能展開に基づいて体系化したものであり, 機能展開と部品リストから構成される。機能展開は設計仕様を満たすための必要条件を階層的に表現したものである[3]。下位機能は上位機能を実現する関係になっており, これを機能ノード間関係と呼ぶ。

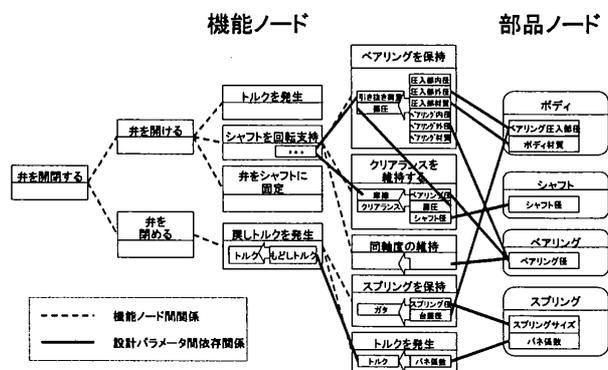


Figure 1. Example of design intention model

機能ノードは一つの検討項目を表現し, 設計課題, 検討方法, 参考文献が記述されている。また, 検討に関わるパ

ラメータも記述されている。部品ノードは機能展開とは別にリストアップされ, 寸法や物性といった属性をパラメータ表現する。パラメータは属するノードの種類に関わらず同じ意味を持つものの中で関係付けられていて, 設計検討方法の間の依存関係をネットワーク的に表現する。Figure 1に例を示す。

3.2. 故障モード, 故障の影響の表現

設計意図モデル上でFMEAデータを表現するために, 機能ノードを Table. 2 に示す 4 種類に細分化した。

Table. 2. New Kinds of Node for FMEA

| 種類 | 概要 | 記号 |
|----------|---------------|----|
| 機能ノード | 従来のノード | F |
| 影響ノード | 故障の影響を表現するノード | EF |
| 故障モードノード | 故障モードを表現するノード | FM |
| 設計検討ノード | 検討項目を表現するノード | E |

機能展開の上層は製品全体の機能と考えることができる。このレベルの機能の喪失は下層の機能が故障することによって引き起こされる。そこで, この機能の下位に影響ノードをぶらさげて, 故障の影響を表現することとした。影響ノードには影響度のデータを属性として持つ。

同様に, 機能展開の最下層は製品を構成する部品が持つべき機能に近い。そのため, このレベルの機能の喪失は故障モードといえる。そこで, 故障モードを表現する故障モードノードを導入し, 関連する機能の下位にぶらさげる。

ただし, 最下層で検討するのは故障モードだけではない。性能値の計算など故障とは関係のない設計検討項目もある。これらを表現するために設計検討ノードを導入した。

3.3. 故障原因の表現

故障原因については, 部品の属性とした。故障原因は製品機能と独立に部品個々に起きる現象についての記述であると考えられるからである。故障原因ノードには同時に, 発生率, 検出率のデータ, 設計管理データへのリンクを記述する。

設計管理は例えば, 「150℃で加速試験をする。」といった設計上のアクションを記す。このアクション1つで複数の故障の検出や予防をするのが普通である。そのため, 設計管理は, 故障原因と独立したデータとして実装し, 故障原因とはリンクを張ることで関係を表現する。

機能: 常時接触しない

| | | | |
|------------|------|--------|----|
| 故障の影響 | 部品 | 故障の原因 | 削除 |
| 点いたり消えたりする | 接点金具 | パネがへたる | |

| 機能 | 故障の影響 | 部品 | 故障の原因 | 設計管理 (予防) | 設計管理 (検出) |
|-------------|------------|------|--------|-------------|-------------|
| 電池電極を接点金具に接 | 点いたり消えたりする | 接点金具 | 錆びる | 接点金具の材質... | 接点金具のパネ... |
| 故障モード | 発光しない | 筐体 | 腐食する | 接点金具の材質の選定に | 接点金具のパネ係数を測 |
| 常時接触しない | 暗くなる | | パネがへたる | | |

確定

Figure 5. Screenshot of Inputting Area for FMEA Data

| No. | 項目/ 機能 | 潜在的 故障モード | 潜在的な 故障の影響 | 影響 度 (S) | 分類 | 故障要因/ 故障メカニズム | 発生 率 (O) | 現在の設計管理 | | 検出 率 (D) | R P N. |
|-----|--------------|--------------|---------------|-------------|----|------------------|-------------|------------|-------|-------------|--------------|
| | | | | | | | | 予防管理 | 検出管理 | | |
| 1 | 豆電球 | | | | | | | | | | |
| | 豆電球をソケットに挿する | 発熱する | 暗くなる | 8 | | 接点が腐食する | 2 | ソケットの仕様を確認 | 目視で確認 | 6 | 96 |
| | 豆電球で光を出す | 異常に発熱する | 暗くなる | 8 | | 接点が腐食する | 2 | ソケットの仕様を確認 | 目視で確認 | 6 | 96 |

Figure 6. Part of an Outputted FMEA Sheet

部品を選択すると故障原因が候補として表示される。故障原因を選択し、設計管理の欄を記述し、確定ボタンを押すことでFMEAの一行分が入力される。故障の影響、故障原因の違いにより複数のFMEAレコードを、この画面から入力できる。

すべての故障モードノードについて入力を終了すれば、FMEAシートを作成し出力する。出力されたFMEAシートの一部を Figure 6 に示す。

5. ツールの評価

本ツールの定量的評価はまだ実施していないが、ユーザーとなる設計者には評判が良い。これは上述のFMEAの問題点に対処できているからと思われる。

一般的なFMEAでは故障モードを部品毎にまとめている。本開発では、故障モードと故障の影響は機能にまとめ、シートに出力時に部品毎にまとめなおしている。機能毎のまとめによって以下の利点があり、FMEA品質の向上や書類作成工数の低減に寄与すると考えられる。

- ① 機能展開を用いた故障モードの網羅性の確保
- ② 語彙の一貫性の確保
- ③ 影響度、発生率、検出率のランクの一貫性の確保

FMEAでは、個々の部品の故障を出発点にしているため複数原因の故障事象を扱いにくく漏れが生じやすい。機能毎に故障を考慮することで、複数原因の故障事象についても漏れを生じにくいと考えられる。

また、報告者は設計意図モデルを用いて設計評価知識をWEB上で検索するDE支援システムを開発している[4]。本ツールとDR支援システムを統合することで、FMEAデータを日々の設計の中で利用できるようになることが期待できる。

6. 結論

本報告では、機能展開を用いて信頼性解析技法の一つであるFMEAを支援する方法について述べた。既開発の設計意図モデルの中にFMEAデータを位置づけることによって、信頼性に関する設計知識を設計意図と関連付けて扱うことができる。これにより、FMEAの品質向上と書類作成工数を低減できる見込みを得た。

今後は実製品を対象とした評価により効果を定量的に把握する必要がある。

7. 参考文献

- [1] 小野寺 勝重, グローバルスタンダード時代における実践FMEA手法, 日科技連出版社 (1998), ISBN 4-81-7130415
- [2] 湯田 渡辺, 設計評価知識の共有による不具合未然防止, Design Symposium 2004 講演論文集, pp. 79-82 (2004)
- [3] 梅田 靖 など, 機能設計支援のためのFBSモデリングの提案, 1997, 精密機械工学会誌 Vol63 No6
- [4] 湯田 崎村, 製品開発期間短期化のためのDR支援システムの構築, 第15回設計工学・システム部門講演会 pp.332-333 (2005)