

新しい信頼性の技術

FMEA と FTA

石 山 敬 幸

1. FMEA と FTA の歴史

1.1. FMEA : Failure Mode & Effects Analysis (故障モードと影響の解析) の略で1950年代にアメリカのグラマン航空機会社が海軍の戦闘機の機力操縦システムの開発にはじめて組織的に活用したのがはじまりであると言われている。

その後、アメリカでは航空・宇宙産業でつぎつぎに試行¹⁾され、その成果が認められるようになったが、最近では、三軍やNASA²⁾が契約業者に対し FMEA の実施を要求していることもあり、航空・宇宙産業を軸に他の民需産業へもいちじるしく普及している。FMEA の詳細な解説は第2節で行なうが、この手法は完成した機器やシステムを検討するために活用するのではなくこれから開発しようとする機器やシステムの設計改善に活用する手法である。

FMEA は物に則して行ない、単一故障の解析に適している。また、エンジニアのノウハウや過去の経験などにもとづいて行なわれるので固有技術に近い手法であるといえる。最近ではわが国でも設計³⁾⁴⁾や生産準備段階⁴⁾での工程計画の時点で活用されており、その成果が徐々に認められつつある。

1.2. FTA : Fault Tree Analysis (故障の木解析) の略でベル電信研究所で開発され、はじめは安全性評価のための手法であった。その後、ア

メリカでは安全性がとくに要求される航空・宇宙産業で安全性工学⁵⁾の面から検討され、今日では軍の契約要求事項となっており、航空・宇宙産業を軸に、すべての民需産業に浸透している。FTA は安全性を評価するもっとも有力な武器で critical な故障モードを評価するために用いられてきた。最近、わが国でも設計段階の安全性の解析のほかに、設備故障や市場品質問題の故障解析⁶⁾などに幅広く活用されている。

2. FMEA と FTA の解説

FMEA や FTA の活用の仕方にはいろいろあるが、本節では当社で活用されているやり方にしながら紹介してみたい。

2.1. FMEA について

(1) FMEA の定義：「FMEA とは製品または工程において起こりうる予想される潜在的あるいは既知の故障モードを明らかにし、それらの故障原因およびシステムやアセンブリに与える影響を総合的、定量的に評価解析して問題点をクローズアップさせ、これらを除去または減少させるために行なう設計改善の活動である」ということができる。

ここで、故障モードとは、割れ、打痕、摩耗などのような故障の形態ということであり、影響とは故障モードが図1に示すように、上位レベルへどう影響するかを定量的に評価することによって

いる。この FMEA の思考で重要な点は故障が起こってから活動するのではなくて現在の設計構想ではどのような故障が考えられ得るか、から出発している点にある。以上、FMEAを行なう場合当社では表1の解析ステップにしたがって設計・工程設計に熟知している固有技術者が行なうようにしている。

(2) FMEA の解析手順

つぎに、FMEA の解析手順を表2の様式に記載してある番号にもついで表3に述べるが、FMEAを行なう前に解析するレベルに応じてシステムまたはアセンブリの機能を明確にししておくことである。

以上は、アセンブリレベルの部品で最終設計段階で行なう FMEA の例を示したが、構想設計など設計の初期の段階で FMEA を行なう場合には、⑥の故障モードの検知の難易、⑧の故障モードの検知の時点、⑨の故障モードの検知方法、は直接関係がないので別に構想設計用の様式を使用している。この他、生産準備段階の工程計画の時点でも工程の FMEA を活用している。なお、工程の FMEA は構成部品のレベルで工程の機能を明確にし設計の FMEA と同様な手順(①～⑦および⑩)で行なう。

(3) FMEA 活用のためのシステム：FMEA を成功させる1つの鍵は運用ルールを自社の開発体制にあうように普遍化しておくことである。このシステムがうまくいっていないと多くの労力をかけて実施してもあまり役立たない結果となってしまう。これらの点を本節で解説する。図2は、当社の現状の FMEA 活用のためのシステムであるが、FMEA を行なう場合とくに考慮しておかねばならない点を表4に示す。

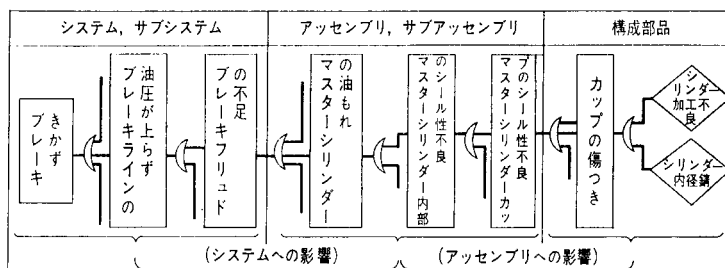


図1 故障モードの上位レベルへの影響とFMEAの関連

表1 FMEAの解析ステップ

設計・工程計画の構想をねる段階でつぎの活動を組織的に行ない設計上の欠陥を除去する。

- 予測：現在の図面で設計したなら、どのような欠陥が考えられるか故障モードを予測する。
- 定量評価：故障モードに相対的なブライオリティをつけ重点指向重要な故障モードの選定
- 是正処置：固有技術者による設計内容の検討と是正勧告試験によるモードの実証など発生条件の確認など

表2 最終設計段階のFMEAの様式

区分		故障モードと影響の解析										作成部署：			No.
品番	品名	設計のフェイズ		作成日		検討日		検討日		検討日		課長	係長	係	
No.	故障モード	故障原因	故障の影響	発生頻度	検知難易	検知優先度	故障検知の時点	故障検知方法	勧告是正処置	担当部署					
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩						

表3 FMEAの解析手順

- ①故障モード：予測される故障モードを述べる故障が単に起こるかどうかわなくてどのような条件になると故障が起こるかを自問自答することである。
例。摩耗(単品)、強度低下など(アセンブリ)
- ②故障の影響：故障モードが上位レベルの故障モード(アセンブリまたはシステムなど)にどのような影響を与えるか。
顧客は記述された故障モードが起こると車両使用時何を体験するか。
例。ワイヤーのショートが起れば、顧客は車両使用時、燃料ゲージが作動不能となったり、室内灯がつきっぱなしになることを体験する。
- ③故障の原因：それぞれの故障モードにあてはまる故障の原因を列挙する。
すべての故障原因が記入されているかどうか確認することに注意を向ける。

例. 故障原因——→故障モード
ワイヤーの絶縁 ショート
シート金属の鋭いエッジ

- ④故障モード：1から10の評価尺度を用いて発生の確率を推定する。
・1は発生確率が非常に小さい。
・10は発生確率が非常に高い。
- ⑤故障モード：1から10の評価尺度を用いてアッセンブリまたはシステムに与える影響の重大性を評価する。
・1は小さな不具合、不快事故
・10はきびしい致命的な故障
- ⑥故障モード：潜在的な故障が顧客に到達する前に検出される推定確率である。
・1は故障が顧客に到達する前に検出される確率が高い。
・10は故障が顧客に到達する前に検出されない確率が高い。
- ⑦危険優先数：故障モードに対する勧告是正処置の相対的な優先順位を表わす。
 $\text{危険優先数} = \text{発生確率} \times \text{きびしさ} \times \text{検出する割合}$
- ⑧故障モード：故障モードの検出される工程を記入する。できれば検出される割合を記入する。
- ⑨故障モード：予想される故障モードに対してどのような検出方法が設けられているか具体的に記入する。
- ⑩勧告是正処置：勧告是正処置を記入する。
主管部署、是正処置の条件、完了期日などを明確に記入する。

(4) FMEA とノウハウ：FMEAは固有技術者のノウハウに依存しているところが多い。ここでは、日ごろ筆者の感じている2、3の留意点を故障モードの発想についてまとめると、表5のようになる。

2.2. FTA について

(1) FTA の定義：FTA とは システム や 部品 などの好ましくない事象に対して各要因の因果関係をシステム→サブシステム→アッセンブリ→サブアッセンブリ→コンポーネントなど順次細かなレベルまでブール代数の論理記号を用いて論理的に追求していくやり方である。

論理記号を用いて展開するとシステムや部品の致命的ないしは重大な故障を頂点として1本の木の枝のように図式表現されるので「故障の木」などとよばれている。FT展開で重要な点は各レベ

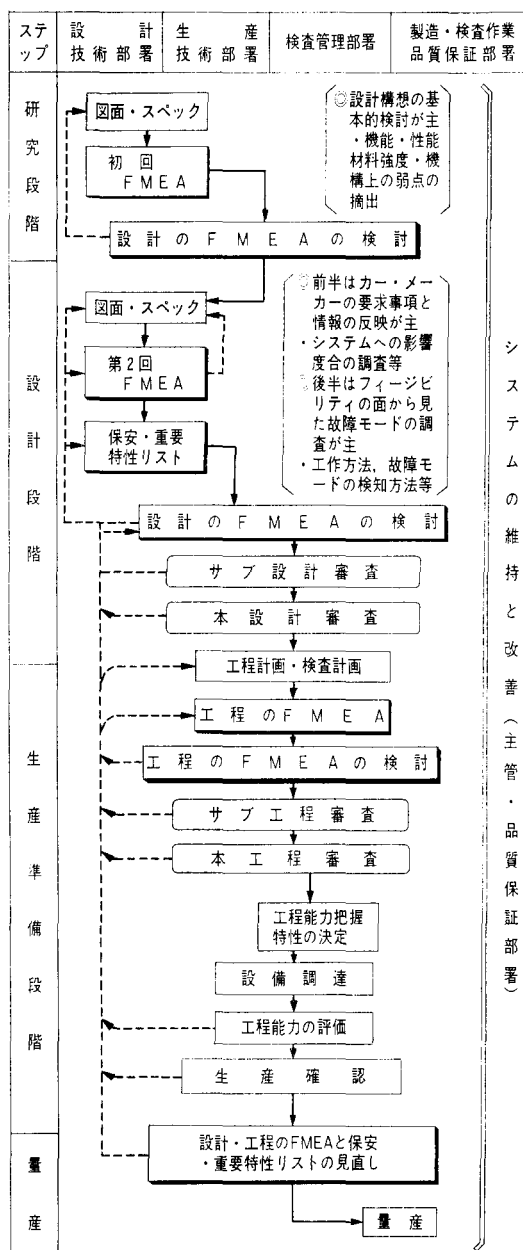


図2 FMEA活用のためのシステム

ルでの要因の因果関係の論理的追求ということである。たとえば図3に示すある車両のルームランプのシステムでランプが1つもつかないとルームが真暗になる。この「真暗な部屋」を好ましくない事象としよう。「ルームが真暗になる」という事象は大きく言ってつぎの2つの事象のうち少なくとも1つが起ると真暗になると考えられる。

表 4 FMEA実施のためのシステム面での留意点

解析面

- ①FMEAの解析をする前に故障モードの発生確率、故障モードのきびしさ、故障モードの検知の難易に関する評価基準を製品に於て実行グループでつくっておくことである。評価基準はデルファイ法によるとつくりやすい。
- ⇒この基準がないと実行グループの間で故障モードを定量評価するときにモードの共通的な重点指向ができなくなる。
- ②勧告は正処置が「作業者教育の徹底など(工程のFMEAの場合)」のように気やすめのようなものであると対策にならない。

運営面

- ①FMEAを効果的に実行するためにはつぎのタイミングを遵守して実行することである。
- ・設計段階では設計審査の時点までに行なう。
 - ・工程計画の段階では工程審査または設備調達の前までに行なう。
- ⇒立ち上がり期間の短いプロジェクトで工程のFMEAが量産間近に実施されることがあるが、この場合は、工程編成も終了しているのでFMEAの改善事項を出しても納期・コストの面で設計・工程設計の改善に限度があり採用されるものが少ない。
- ②勧告事項が過剰品質的なものになりがちな面がある。(品質目標は達成したが目標原価が達成できないことがある)。
- ⇒コスト担当者(VEエンジニア)の意見も取り入れ万全な対策がとれるように配慮することである。
- ③FMEAの実施結果が技術標準、品質標準などにおこまれていないと、FMEAで十分検討したはずの重要な故障モードが得意先や市場で発生する。
- ⇒図面や工程計画表はエンジニアのノウハウを結集した商品である。製造部門はこれらの商品を生産技術部門から買って生産設備を調達し、物をつくっている。欠陥のないものをつくるには、そのインプットである標準類に欠陥があってはならない。そのために、FMEAの検討結果は、図面、工程計画表ならびに関連標準類へのこらず反映されていなければならない。

表 5 故障モードの発想

- ①設計構想を温める時間が十分ないと貴重な故障モードとよい改善案が出てこない。
- ⇒立ち上がり期間が短いプロジェクトでは忙しさにおわれて形式的にFMEAを実施する傾向があるため、量産段階に入ってから社内の工程や得意先などで重大な品質問題が発生しているケースが多い。FMEAを実施するさいに大事なことは、様式作成よりも故障モードの発想過程に時間をかけることのほうが重要なのである。そのためには、日ごろから現在の設計に対して、常に問題意識を持つ習慣をつけさせておくことであり、設計の構想を温める時間を十分与えてやることである。
- ②つくる側の立場だけで故障モードを予測すると思わぬ落とし穴におちいる。
- ⇒つくる側の立場から見た欠陥の摘出に重点がおかれると、まさかと思われる「環境条件下での故障モード」が見落されることがよくある。日ごろから、市場での使用・環境条件に関する情報を十分整備して設計部門へ提供しておくことである。
- ③故障モードの発想は、それぞれの固有技術者のノウハウにより物の見方、受けとめ方が異なっている。異質の発想(見解)を統合することこそが欠陥の発生防止につながる。
- ⇒たとえば、エンジニアはその専門分野から設計上の

欠陥をつぎのように追跡する傾向がある。

機械エンジニア：機構学的な面からの追求

電気エンジニア：システム・部品などの回路設計上の面からの追求(導通、断線、ショートなど)

金属エンジニア：材料の組織などの面からの追求

化学エンジニア：媒体の中で材料と材料の接触による化学変化

物理エンジニア：物性面からの追求(原子、分子レベル)

信頼性エンジニア：所定条件での時間的な面からの追求

以上のことから、担当技術者が作成したFMEAの案を検討する場合、Manager(設計担当の管理者)がどの専門スタッフを招集するかは該当製品の特質により重要な意味を持っている。メンバーの選定を誤まると思わぬ欠陥を見落すことになる。

- ④ノウハウにない故障モードは見落されてしまう。故障モードの予測が終わったら、あいまいなモードなどは信頼性試験を十分にやりそのモードの存在を確認しておくこと。

⇒故障モードが使用・環境条件下での時間的要素を含んでいるような場合は試験条件の設定がキープポイントになるので条件の設定にはとくに慎重でなければならない。

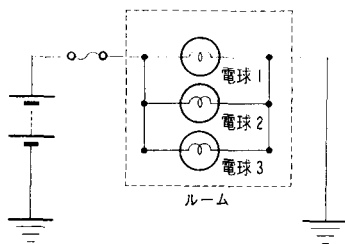


図 3 ルームランプのシステム図

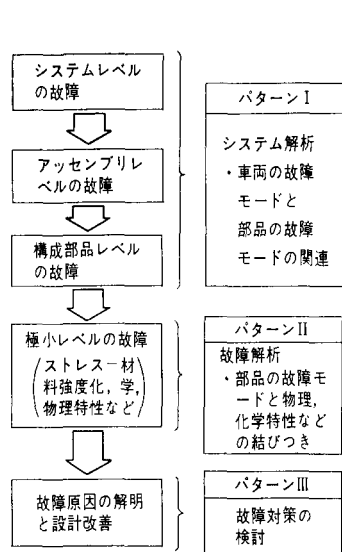


図 4 FTAの解析パターン図

- ① 電球に電流が供給されない。
- ② 電球が3個とも断芯する。

また①の、電球に電流が供給されないは、つぎの3つの事象のうち少なくとも1つが起これば起こると考えられる。

- (i) バッテリーの容量低下
- (ii) ヒューズの断
- (iii) 配線の不良

つぎに②の、電球が3個とも断芯するのは、つぎの3つの事象が同時に起こるときである。

- (i) 電球1の断芯
- (ii) 電球2の断芯
- (iii) 電球3の断芯

この例からもわかるようにFTAではまずはじ

表 6 FTAに用いる論理記号

	不具合事象：条件、故障、結果など基本事象の組合せにより起こる事象でさらに原因を追求するものをあらわす。
	基本事象：これ以上展開する必要のない事象をあらわす。 (発生確率が単独に得られる最小のレベル)
	否展開事象：情報不足、解析技術の不足によりこれ以上展開できない事象をあらわす。ただし、作業の進行によりさらに進んだ解析が可能となったときは、さらに展開する。
	ORゲート：入力事象のうち少なくとも1つが存在するとき出力事象があらわれる。 論理和
	ANDゲート：すべての入力事象が共存するときのみ出力事象があらわれる。 論理積
	INHIBITゲート：入力事象について、このゲートで示す条件が満足する場合にのみ出力事象があらわれる。(条件付確率)
	連結記号：関連の他の図との連結をあらわす。

めにシステムなどの出力事象(好ましくない事象)を提起して「出力事象“Y”が発生するためにはどのような入力事象“X”が起こらねばならないか。あるいはどういう条件のもとで出力事象“Y”が起こるか」というように解析する。

(2) FTAの論理記号と解析ステップ

(i) FTAに用いる論理記号：論理記号はいろいろあるが表6に記載してある記号だけでも十分である。

(ii) FTAの解析手順：FTAは図4に示すように活用のパターンは異なっているが、解析の手順は表7に示すように同じである。参考までに(1)で述べた図3のシステムに起こる出力事象「真暗な部屋」の展開を論理記号を用いて表わすと図5のようになる。

(3) FTAの活用の仕方

FTAの活用の仕方にはいろいろあるが、設計段階ではFMEAと併用して用いると有効である。

すなわち、開発新製品であるとまずFMEAで致命的ないし重大な故障モードを選定しこれらの故障モードの中で掘り下げを必要とするモードに

表 7 解析の手順

- 手順 1 : 解析の対象となるシステムの機能を明確にする(システム解析の場合)
- 手順 2 : システム解析の場合はシステムの望ましくない事象を定義する。
故障解析の場合は構成部品レベルでの望ましくない事象(故障)を定義する。
- 手順 3 : 手順 2 で定義された一次要因を列挙しそれに関連する外部要因を吟味する。
- 手順 4 : 手順 3 で得られた要因の相互の関連を論理記号を用いて記述する。
- 手順 5 : 必要なレベルに到達するまで手順 3, 手順 4 をくりかえす。
- 手順 6 : 各要因の条件, 発生確率を Tree の各部にわりつける。
- 手順 7 : 論理記号に従って出力事象の確率を計算する。
- 手順 8 : 各要因の上位レベルの影響のきびしさを評価し, 設計改善を検討する。
- [注 : 定性的な評価だけの場合は手順 6, 7 は省略してもよい]

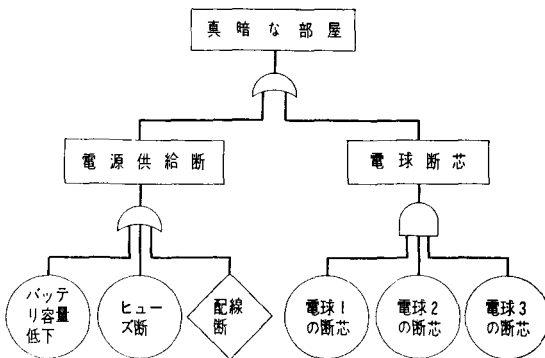


図 5 「真暗な部屋」の FTA

ついて FTA を用いて源の原因まで徹底的に追跡し設計改善に結びつけるやり方である。また, 市場品質問題の解析と原因究明に FTA を活用し活用例を事例集にまとめ設計改善に役立てるとよい。

つぎに, FTA 活用上の 2 ~ 3 の留意点を表 8 に述べる。

2.3 : FMEA と FTA の関連について

FMEA や FTA はともにシステムやアセンブリなどの安全性, 有効度向上のための設計改善に用いられる手法であり, その目的とするところは同じであるが, アプローチの面で表 9 に示すよ

表 8 FTA 活用上の留意点

- ① 解析しようとする事象の定義を明確にしておかないと解析がうまくゆかない。
- ② 対象となる事象が発生するためには, その前提として, どんな入力事象が起こっていなければならないか, または, それは, どのような使用状態でどのようなストレスが加わって起こるか? など命題を十分温め自問自答する習慣をつける。
- ③ 提起された入力事象が, 上位の出力事象にどの程度影響しているか, 実験なり計算などで実証することを忘れてはならない。

表 9 FMEA と FTA の比較

FMEA の特徴	FTA の特徴
故障モードが上位レベルのアセンブリやサブシステム, システムにどのような影響を与えるか, 下から上へのアプローチである。	故障モードが発生するためにはどのような原因が起こらねばならないか, 上から下へのアプローチである。
テーブルによる表示で FTA に比較すると若干わかりにくい面がある。潜在的な単一故障の解析を幅広く行なうところに特徴がある。	図式表示で簡潔でわかりやすい。好ましくない 1 つの事象しか解析しないので範囲はせまくなるが, 原因系を深く追究することができる。
単一な故障の解析に適する。単一な故障の影響しか評価しない。	多重故障の解析に適する。複数の要因が競合した場合の影響が評価できる。
物に則して行ない, 部品, サブシステム, システムの故障の結果を容易に識別できる。	事象に則して行ない, それより水準の高い事象あるいは故障にもとづく事象も識別できる。
機能あるいは使命の解析に適する。	人間の損失あるいは, ハードウェアの破壊など安全に関するまれな事象の解析に適する。

うに若干異なっている。

3. 具体事例

本節では当社で FMEA や FTA を適用した事例の中から参考とすべき事例をとりあげて説明する。

[事例 1] エネルギー吸収バンパー装置への FMEA の適用例について

(1) 問題の発端 : 自動車の安全性向上の一環として時速 8 km で衝突しても, 車に損傷のないエネルギー吸収バンパーの装置が米国において義務

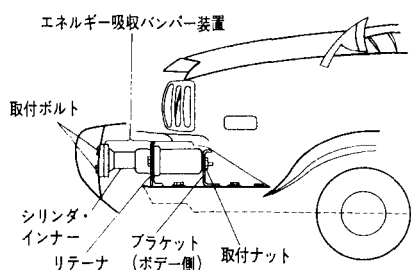


図 6 エネルギー吸収バンパー取付部位

づけられた。この装置は車に新しく付加された機能であり、連邦自動車安全基準(FMVSS)にもとづく重要な製品として高い信頼性が要求されたため設計・生産準備段階での保証活動に万全を期す必要があり FMEA を全面的に適用した。

(2) エネルギー吸収バンパー装置の構成と機能

(i) エネルギー吸収バンパーの構造：バンパーからブラケットに加えられた衝撃はアブソーバー本体内に封入されたシリコンラバーの圧縮とピストンのオリフィス効果により緩和される。衝撃エネルギーがなくなるとシリコンは徐々にもとの体積に復元しバンパーはもとの位置へもどる。エネルギー吸収バンパー装置の車両への取付部位を図6に示す。

(ii) 要求された安全基準：この製品に要求された FMVSS の概要はつぎのとおりである。

- ・8 km/h で固定バリアーに衝突しても車体に損傷のないこと。
- ・振子試験で8 km/h の正面衝突、5 km/h の

斜め衝突で車体に損傷のないこと。

- ・繰り返し衝突においてバンパーは復元可能であること(車両は上記 FMVSS に合格すること)。

(iii) 機能と故障モードの関連：(ii)で述べた FMVSS にもとづいて当製品の機能と故障モードの関連を図示すると表10のようになる。

(3) FMEA 表：エネルギー吸収バンパー装置の機能と故障モードより実施した最終設計段階での代表例“動的荷重の過大”の FMEA 表を表11に示す。表11の FMEA には基本設計の重点である機能、性能など設計改善に関する勧告事項が記されていないが、これはこの時点ですでに基本設計が固まっているためである。これは、動的荷重の過大の故障モードに影響している“オリフィス加工不良”や“初期封入圧の過大”の故障原因に対する勧告事項を見ても、これらの勧告事項の内容が主に Feasibility (製造実行可能性) の検討と設計部門から生産準備部門への連絡事項となっていることからわかる。

(4) 故障モードと構成部品の関係：アッセンブリレベルでの FMEA が完了すると、構成部品の個々の故障モード(原因)がアッセンブリレベルの故障モードにどう影響しているか、また、その関連を調査するために表12を作成した。この表は個々の部品の特性への展開に役立った。

(5) 工程の FMEA：生産準備段階の工程計画

表10 エネルギー吸収バンパー装置の機能と故障モード

エネルギー吸収バンパー装置の機能	エネルギー吸収機能	内 容	故 障 モ ー ド
	バンパー支持機能	内 容	故 障 モ ー ド
エネルギー吸収バンパー装置の機能	エネルギー吸収機能	定められた衝突試験(FMVSS)で車体を保護するエネルギー吸収機能を有すること 衝突後バンパーが元の位置へ戻ること 幅広い環境条件(低・高温、熱衝撃、耐湿性)に耐えること	動的荷重の過大 底つき 戻り不良 漏 洩 衝撃エネルギー負荷によるアイソレータ破損 その他
	バンパー支持機能	走行中にバンパーにガタガタ音、振動がないこと バンパーは通常の押し力、引き力で容易に収縮、脱落しないこと 車体に容易に取りつくこと	振動・異音 引張荷重による破損 溶接部破損 リテーナー変形 車体への取り付け不可 その他

表11 最終設計段階のFMEA

区分		車種・年式		品番		品名		設計のフェイズ		作成		作成部署		技術第3部	
		'74 M・Y		A03 - 9000		アイソレータ Assy W/T BKT		最終設計		1972. 9. 17		改訂 1973. 6. 10		部長 課長 係長 係員	
故障モード		故障原因		故障の影響		発生可能性		検出の易さ		優先度危険		最初に検出できる時点		検出、防止の現状の手段	
動的荷重の過大		・下記に示す原因項目が考えられる		・車体の損傷 (バンパ・バー 変形 フレーム、外 板変形 ランプ、パイ プ類破損)		10						・実際の第1回衝突時		・実車衝突試験	
		1 ピストン組違い (Fr, Rr組違い) (他車種との組違い)				4		10		4		160		・動的荷重試験(工程内テスト100%) ・工程内動的荷重試験機 ・加工区受入区分離	
		2 オリフィス加工不良		・FMVSS No 215の試験(バリヤ、ベンデュームテスト)に不適合となる		2		8		2		32		・部品受入検査 ・部品受入寸法検査 ・工程能力調査 ・性能への寄与度調査 ・公差変更(73...)	
		3 初期封入圧不良												・静的圧縮試験機 ・静的圧縮試験機 ・周囲温度に対して押圧力調節をするよう指示→恒温室の設置(工場)	
		3-1 組付時温度と押圧力調節不良				4		10		4		160		・静的圧縮試験機 ・静的圧縮試験機 ・周囲温度に対して押圧力調節をするよう指示→恒温室の設置(工場)	
		3-2 ナット締付トルク大				1		8		2		16		・工程内抜き検査 ・トルク検知器	

表12 故障モードと構成部品の関係

＜注記＞
 △…保安特性
 A…重要特性
 ●…故障原因の検出できるレベルまたは主原因となる構成部品
 ○…故障原因に関与する構成部品

No.	品名	品番	160	32	160	40	20	20	40	40	80	40	80
1	アイソレータASSY W/T BKT	A03-9000											
2	アイソレータASSY	A03-9001	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3	アイソレータSUB ASSY	A04-9001	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	シリンドラーSUB ASSY W/T RB	A04-9002											

重要特性項目
 △(注3)…
 △(注4)…
 △(注2)…
 △(注2)…
 △(注3)…

表13 工程のFMEA

区分		車種・年式		品番		品名		工程名		内外製		製作		改訂		作成部署		No. 1 6	
		'74 M・Y		A03 - 9001		アイソレータ Assy 組付け		組付け		内製 外製		昭和47年12月19日		昭和48年8月10日		生技2課			
工程名		工程の機能		故障モード		故障の影響		故障の原因		発生頻度		検出の易さ		危険優先度		報告は正処置と処置状況		主管	
ナット締付け		規定の封入圧をかけナットを締付ける		封入圧不良		底つき戻り不良		ガイド予圧装置のセット不良 作動不良 シリコン温度のバラツキ 部品ネジ精度不良		10		3		90		装置の定期チェック (I D) 予圧力のコントロール 工程能力調査の実施 △ シリコン温度の管理徹底 △ ナット、シリンドラーインナー部品精度の管理		製造 生技 製造 生技	
		ナット面高さ不良		ストローク長不足ガタの発生		締付装置の作動不良 部品ネジ精度不良		9		2		72		装置の定期チェック (I W) ナット、シリンドラーインナー部品精度の管理		製造 生技			
シリンドラーバー破砕		ロッドをストローク		破砕不足		発生荷重 (初回)		装置の作動不良		7		2		14		装置の定期チェック (I W)		製造	

より工程整備に至るまでの段階では最終設計段階で実施した FMEA と保安・重要特性リスト⁴⁾ にもとづいて工程の FMEA を実施しそのフォローに努めた。表13は封入圧不良の工程の FMEA の代表例である。

(6) 重要特性・工程の選定：工程の FMEA が完了すると、危険優先数ときびしさにもとづいて工程で管理すべき重要な特性と重要な工程を選定し、特別管理を行なった。この特別管理⁷⁾の内容はつぎのようなものである。

- ・安全性が要求される特性の工程能力 $C_p > 1.33$

- ・作業者の指定登録制度など

(7) FMEA のフォローの経過：工程整備の段階で実証のほぼ終了した FMEA の内容は、作成部署でチェックするようにした。また、その結果を技術標準類や QC 工程表などの標準類へ反映させたり、本工程への移管の際の評価資料などに活用している。

〔事例 2〕 市場品質問題の故障解析に FTA を適用した例について

当社では多重故障の考えられる市場品質問題の故障解析にも FTA を活用している。とくに図 7 に示すように、アッセンブリレベルでの現象が同じでも原因系の異なるタイプの再発問題の解析に FTA を活用している。このようなタイプの市場品質問題では、一つの原因系統についての再発防止はできていても、他の潜在的な故障モードの予測・追跡にまで対策がおよんでいないと、対策時点ではたしかに効果があったように見えるが、ある期間を経過するとまた同レベルでの同一現象の問題が再発しやすい。したがって再発問題を皆無にするには問題発生時点に、FTA を通じて他の予測される原因系までも追跡し対策をしていく必要がある。

また、図 7 の FTA の展開に示すように複雑な

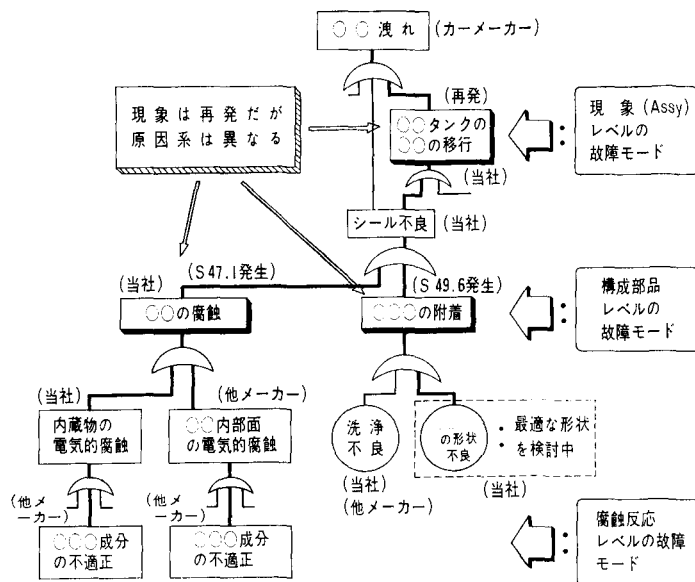


図 7 市場品質問題の FTA

システムの問題になると、そのシステムの構成部品は自社と同業他社で加工された部品から成立っていることが多く、それだけに自社の対策だけでは解決できないことがある。したがって、このような問題に対してはカーメーカー、部品メーカー、仕入先などが一体となった連携による故障解析研究のいっそうの強化が要求されてきている。この他、PL に対処するためパワステアリング(動力舵取装置)などのドキュメントシステムの確立の過程で、ドキュメントすべき特性の決定に FTA を活用しているが、これはまた保安特性の見直しにも役立っている。

本項では 2 つの事例を紹介したが、これらの思考にもとづいて展開した製品は、他の製品に比較して設計や工程計画などに起因する品質問題(正式図出図後の設計変更、工程変更、カーメーカーおよび市場での品質問題など)が格段に少ないことが実証されている。この他、多くの無形の効果⁴⁾をあげることができるが紙面の都合で割愛した。

むすび

FMEA や FTA は自動車産業の信頼性保証活動の中でも予防的な保証活動の面で中核的な存在

になりつつある。

このほか、FMEA や FTA は新製品の開発段階や量産段階での設計改善のたびごとに常に最新の情報にもとづいて固有技術者の異質のノウハウを、所定の様式にドキュメント化しているため設計改善のさいに貴重な Dictionary として活用されてきている。これらの FMEA や FTA の思考にもとづく活動は、今後の新製品開発と信頼性技術の向上に貢献するところきわめて大であると期待している。

参 考 文 献

- 1) Harry E. Arnsen(1966): "Failure mode and effect analysis: a powerful engineering tool for component and system optimization" [annals of reliability and maintainability] (355~371)
- 2) Society of Automotive Engineering, Inc. (1967): "Design analysis procedure for failure

mode, effects and criticality analysis(FMECA), SAEARP 926.

- 3) 宮野文彦(1976): "FMEA による設計評価の改善" [品質管理] Vol 27, No. 5.
- 4) 石山敬幸(1974): "FMEA 活用システムと実施概況" [品質] Vol 4, No. 4.
- 5) Paul A. Crosetti (1970): "Commercial application of fault tree analysis", Annals of Assurance Science. Vol. 3, No. 2, 230~244.
- 6) 堂ノ木忠, 西尾巖, 武田良彦(1975): "メカニカル故障への FTA の活用例" [第 5 回信頼性・保全性シンポジウム発表報文集] 419~426.
- 7) 石山敬幸(1973): "保安部品のトラブルフリーへの挑戦" [第 3 回信頼性保全性シンポジウム発表報文集] 302.

いしやま・たかゆき 1935年生

1941年 千葉大学卒業 現在は、アイシン精機
自動車部品事業部品質保証部勤務

投 書

ペーパー・フェアのよさは、聞きたいもの(聞いてもらいたいもの)をじっくり聞け(聞いてもらえ)、発表者と聞き手との間のグループ討論が行なえることにあると思います。この利点を生かすための会場設営上の問題もありますが、まず同時発表の数がふえると興味のあるテーマが重なって聞けないという問題があると思います。

この点は運営側の発表スケジュールの調整がぜひ必要ですが、それですべてをカバーできるとは思えませんので、発表者側にも原則として持ち時間内で2回、たとえば1回目は40分、2回目は20分といった具合に発表することを考えてもらい、2回目は聞き手の反応により質疑討論にあてるようにするといったことを考えてもよいと思います。もっとも、あまり1部の聞き手が発表者に密着して細かなやりとりをはじめると、話し手の時間のやり繰りが狂い、さらにはほかの聞き手が疎外感を感じてしまうこともあるので、聞き手のマナーの問題もあります。そこでテーマや発表件数によってはテーマ別のコーナーを設け、司会者を置いてワークショップに近い発表形式を1部とってもよいのではないのでしょうか。

また発表する場合、途中から聞く人のことも考え、とくにビラの作成や話し方に、聞き手に理解してもらう努力と工夫が必要だと思います。だれもいないとしゃべりにくいし、何もしゃべっていないと寄りつきにくいという

傾向も見られますが、発表者と聞き手のよりオープンで積極的な態度がこの発表形式を成功させる要因だと思います。(慶応大学 福川忠昭)

はじめてペーパー・フェアという新しい発表形式を見たのは、昭和50年4月に行なわれた春季研究発表会だと思いますが、そのころに比べると、会場の雰囲気もこの新しい発表形式になれてきたと思います。過去の発表を見てきて、感じたことを述べさせていただきます。

ペーパー・フェアは、1会場で8店ほど同時に開かれているので、同時に興味ある発表がある場合や、2~3店に客が集中する場合があります。そこで、各店主(発表者)は、持ち時間内に少なくとも1度くらい、客(聴衆)が替わるように発表していただけると、客の欲求を満足させるし、客の集中もいくぶん解消できるのではないかと思います。

客が多い場合に、店の展示が見にくいことがあるので、細かい図などは、アブストラクトにのせるか、パンフレットなどを準備しておくとう便利です。

各ブースが接近していて、説明が聞きとりにくいことがあり、その点において、従来の発表形式も捨てがたい魅力があります。ペーパー・フェアは、従来の発表形式に比べ、すぐれた点を持つ発表形式なので、今後の活用に期待したいと思います。(萩原健良)