

# FMEAによるテストケース選択

大日本スクリーン製造株式会社  
ソフトウェア・テンナインカンパニー 粕渕 清孝



# Agenda

**1. 4点法FMEAとは**

**2. 背景・課題**

**3. 適用・結果**

**4. 考察**

**5. まとめ**



# 会社紹介

## ◆ 大日本スクリーン製造株式会社

■ 京都府京都市 1943年10月11日設立

## ◆ 事業

- 半導体製造装置
- 液晶・有機EL製造装置
- プリント配線板製造装置
- 印刷製版機器・IT関連機器



半導体製造装置



LeafThrough

## ◆ ソフトウェア・テンナインカンパニー

- 社内ソフトウェアの開発
- 開発管理ツール, ビジュアル検索ツール, デジタルフォントの開発・販売

**愛あ永の**  
ヒラギノフォント



# 1. 4点法FMEAとは

## 2. 背景・課題

## 3. 適用・結果

## 4. 考察

## 5. まとめ

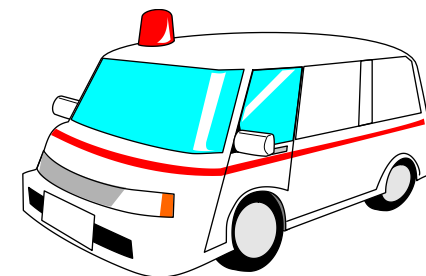
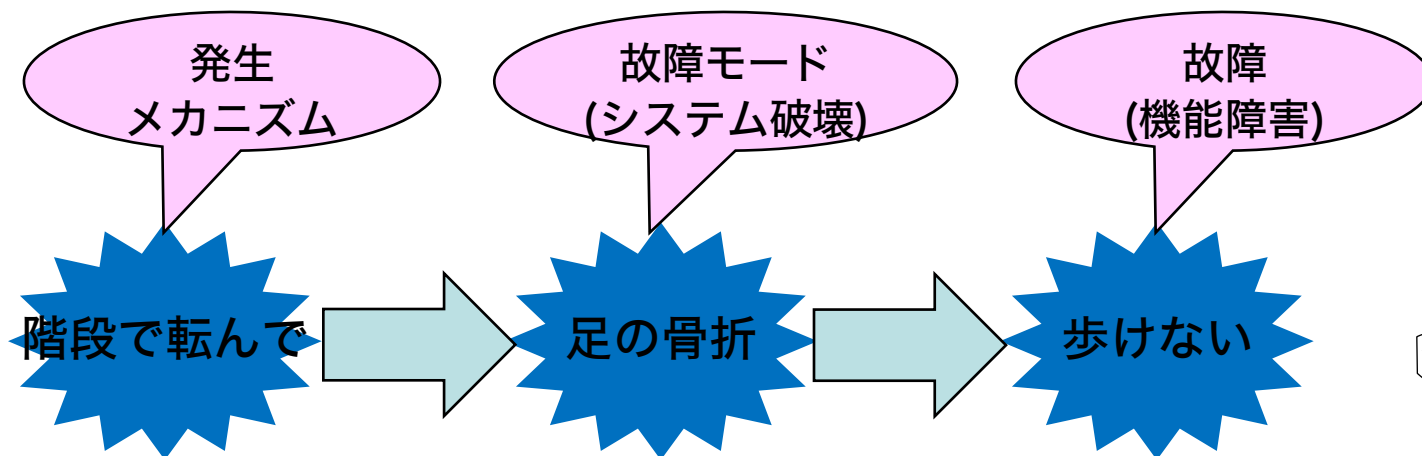


# 4点法FMEA<sup>[1]</sup>とは

## QS 9000 / TS16949 FMEA<sup>[2]</sup>（10点法）との違い

|         | 10点法                               | 4点法                         |
|---------|------------------------------------|-----------------------------|
| 評価の段階数  | 相対順位のため多い                          | 絶対評価のため少ない                  |
| 評価の安定性  | 評価者でぶれやすい                          | 4段階でぶれにくい                   |
| 評価の速度   | 遅い                                 | 速い                          |
| 対策の要否判定 | 症状の重さをランキングする                      | 評価と対策を同時に行う                 |
| 経済的考慮   | 要否が不明確なため、不要な処置を講じたり必要な対策を怠る可能性がある | 小対策・改善の加算ができ、最適信頼性を得ることができる |

# 故障, 故障モードと発生メカニズム



| 品目      | 故障    | 故障モード                           | 発生メカニズム                                    |
|---------|-------|---------------------------------|--------------------------------------------|
| PFAチューブ | 漏れ    | 割れ (クラック), 折損, 緩み, 磨耗, 腐食, 結露など | → 屈曲繰り返し動作で<br>→ 熱サイクルで<br>→ 耐薬品性に劣る材質を使って |
| 塩ビ槽     | 処理不可  | 処理槽変形                           | → 耐熱性を超える温度の温水が逆流して<br>→ 処理槽内雰囲気温度が上昇して    |
| シリンダ    | 動作しない | シャフトの錆び                         | → 薬液の飛沫で徐々に腐食して<br>→ 取り付けエリア雰囲気によって        |



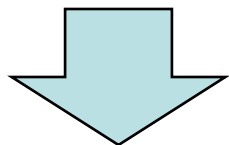
# Risk Index

|              | 4                                | 3                                    | 2                             | 1                            |
|--------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 程度<br>(厳しさ)  | 人命に関わる／<br>大損害(システム<br>停止・ロット不良) | 怪我／<br>主機能の停止(サ<br>ブシステム停止・<br>数枚不良) | 機能障害はある<br>が、程度少(装置<br>は使用可能) | 被害は極めて軽<br>い                 |
| 頻度<br>(発生率)  | 頻繁に起こる<br>週1回以上                  | ある程度起きる<br>月1回程度                     | まず起きない<br>1～3年に1回程度           | 絶対に起きない<br>多重故障以外で<br>はありえない |
| 潜在性<br>(検知度) | 発見は困難<br>点検不可                    | 見逃すことあり<br>未点検、点検改善<br>要             | 見逃し極少<br>点検項目                 | 必ず発見する<br>監視システム有            |

4段階で評価  
がぶれにくい。  
評価に時間を  
要さない！

$RI(\text{Risk Index}) = \text{影響度} \times \text{発生頻度} \times \text{事前検知度の3乗根}$

トータルコスト＝製造原価＋整備関係費



・最適信頼性は経済的合理性を考慮し、トータルコストが低いRI=2.0～2.3と定義する。2.3より高ければ対策を講じ、RIを下げていくことによって最適信頼性を得る。

評価しながら、  
対策が検討可  
能。すべての  
評価を待つ必  
要性なし！



1. 4点法FMEAとは

2. 背景・課題

3. 適用・結果

4. 考察

5. まとめ



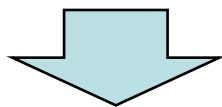
# 背景・課題

## 2004年 装置開発プロジェクト でFMEA試験導入

- ・ 10点法FMEA試験導入.
- ・ ソフトウェア部門も「ブレンストーミング」や「なぜなぜ分析」に参加したが、労力の割に効果を実感できなかった.

## 2006年 装置開発プロジェクト で4点法FMEA導入

- ・ ハードウェア部門が先行して導入.
- ・ ソフトウェアを含む全関係部署に説明会実施.



- ・ ソフトウェアへの適用：  
Risk Indexによる障害  
優先順位づけから検討

## 工程FMEA

- ・ 故障モードは「レビュー漏れ」や「インスペクション手順間違い」等の規定違反.
- ・ ソフトウェア開発にも適用可能.

## 設計FMEA

- ・ ソフトウェアに経年変化はない.
- ・ ソフトウェアでは故障モードに該当するものはないと考えるのが普通….

## エンピリカル(実証的)な アプローチ

- ・ 不良, 故障の違いを理解しつつ, **4点法FMEAのRIはテストケース選択に活用できると考えた.**



**1. 4点法FMEAとは**

**2. 背景・課題**

**3. 適用・結果**

**4. 考察・課題**

**5. まとめ**



# 適用

## 障害対応



- ◆ 発生したソフトウェア障害を RI(Risk Index)で評価.

重要度 3 ▼ 優先度 3 ▼ 発生確率 4 ▼ 最適信頼性(RI) 33

- ◆ RI>2.3の障害については他障害の評価を待たずに修正を行う.
- ◆ 対策後のリスクをRIに反映.

重要度 1 ▼ 優先度 1 ▼ 発生確率 1 ▼ 最適信頼性(RI) 1

## RIによるテストケース選択

| 分類  | RI数値       |
|-----|------------|
| 要対策 | RI>2.3     |
| 保留  | 2.0<RI≤2.3 |
| 合格  | RI≤2.0     |

- ◆ RI値にもとづいてテストの優先順位づけを行う.
- ◆ 対策前のRI値を使用し、テスト計画作成・変更時にテストケースを選択抽出する.

最適信頼性(RI) [ ] ~ [ ] ☒ 指定数値検索 要対策 ▼

- ◆ リスクベースドテストとも言える考える.



# 結果

## ◆ あるソフトウェアに4点法FMEAを適用し改善状況を測定

- システムテストの障害件数とその Risk Indexを測定
- 1回目：機能テスト，2回目：回帰テストが中心であった

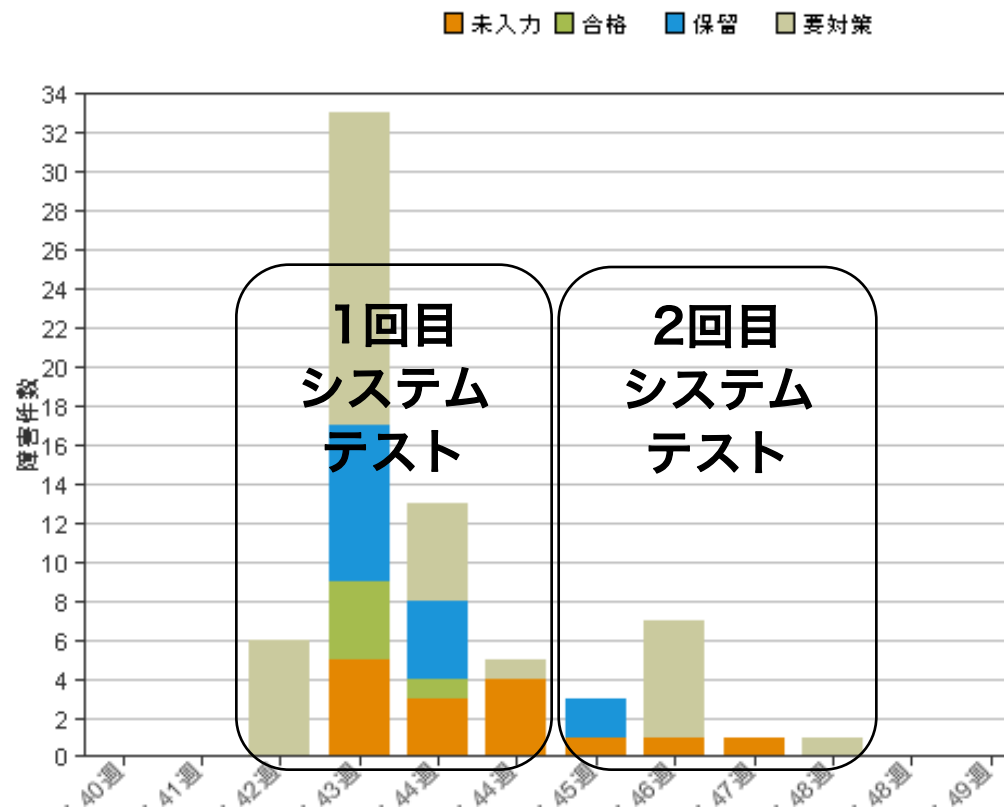
|          | 1回目  | 2回目  |
|----------|------|------|
| 実施テスト数   | 1050 | 498  |
| 見送りテスト数  | 536  | 1089 |
| 障害総数     | 57   | 12   |
| 要対策数     | 28   | 7    |
| 要対策数/障害数 | 49%  | 58%  |
| 既知障害     | —    | 0    |

## ◆ 要対策の割合減ってない

(要対策数/障害数)

→ 重大障害割合は逆に増加

- ただし，要対策(RI>2.3)の既知障害の再発は皆無





1. 4点法FMEAとは

2. 背景・課題

3. 適用・結果

4. 考察

5. まとめ



# 考察

## 要対策障害

- ・ 要対策既知障害の再発は防止できている.
- ・ 要対策障害割合はほぼ一定の割合で発生していた.

## 測定残件・・・

- ・ 2回の規模相違(機能数, LOC)
- ・ テストケース選択についての効果測定はこれから.
  - ・ サンプルが少ないため, 効果まで導きだせなかった.
- ・ →格段に効率・品質が向上するわけではなく, リスクベースドテストの1パラメータという感触

## FMEAをソフトウェアへ適用するためのTips

- ・ 特性要因図はマインドマップで代用可能
- ・ QC工程表はCMMIやSPIのプロジェクト計画書やプロセスフローに相当



# 今後の課題1

## 障害対応

## 設計改善

取り組み、仕組み  
ともに不十分であった。  
今後はこちらにも注力。

1. 障害発生

1. 障害調査

2. RI評価  
(障害調査時)

2. 故障モード  
評価

3. 要対策障害  
を修正

3. データ蓄積

4. RI再設定

4. 設計フィー  
ドバック

+

両輪でまわしていく



# 今後の課題2

## 設計改善の仕組みとツール

- ・ 設計改善のためのデータ蓄積の仕組みとツールを構築する。

## 構成管理と障害管理の連携

- ・ ソフトウェアバージョン分岐が多数発生するプロジェクトでは、バージョン毎のFMEA RI管理が必要である。

## 工程FMEA(開発プロセス)へフィードバック

- ・ 「影響」と「発生メカニズム」の評価結果(「厳しさ」「頻度」「検知度」)を活用できれば、ROIを大きくできるのでは。



1. 4点法FMEAとは

2. 背景・課題

3. 適用・結果

4. 考察

5. まとめ



# まとめ

4点法FMEA

Risk Indexによる障害評価

リスクベースドテストへの応用

効率化と高品質を実現



# 用語整理[5][6]

| 英語        | 日本語      | 意味                                                                   |
|-----------|----------|----------------------------------------------------------------------|
| anomaly   | 不正       | [IEEE1044]<br>要件仕様，設計ドキュメント，ユーザドキュメント，標準などから期待する事象，直感，経験から逸脱するあらゆる状態 |
| defect    | 欠陥       | コンポーネント，システムの不備，実行中に欠陥に遭遇するとコンポーネント，システムの故障を引き起こす。<br>=ソフトウェア障害      |
| fault     | フォールト    | defect参照                                                             |
| problem   | 問題       | defect参照                                                             |
| failure   | 故障       | コンポーネントやシステムが期待した機能，サービス，結果を提供できないこと                                 |
| incident  | インシデント   | 発生した事象中で，調査が必要なもの                                                    |
| deviation | デヴィエーション | 逸脱 incident参照                                                        |
| error     | エラー      | 間違った結果を生み出す人間の行為                                                     |
| mistake   | 誤り       | error参照                                                              |



# 参考文献

- [1] 鵜沼崇郎, 客観的品質管理QC・TQM・FMEA・FTA,  
[http://www.geocities.jp/takaro\\_u/](http://www.geocities.jp/takaro_u/)
- [2] 石川忠幸, FMEA・FTA故障解析入門講座 No.2 FMEAの手順と活  
用法を身につけよう, 2005, 工学研究社
- [3] Rex Black, 基本から学ぶテストプロセス管理, テスト技術者交  
流会誌, P26, 2004, 日経BP社
- [4] Rex Black, ソフトウェアテスト12の必勝プロセス, テスト技術  
者交流会誌, P30, 2005, 日経BP社
- [5] ISTQB, テスト技術者資格制度Foundation Levelシラバス日本  
語版Ver1.01, JSTQB訳, 2005
- [6] ISTQB, ソフトウェアテスト標準用語集 (日本語版) Ver1.1,  
Erik van Veenendaal編, JSTQB技術委員会訳, 2006