

# FMEA

**FMEA:故障モードと影響度解析**  
( Failure Mode and Effects Analysis)

- ★ 設計: D-FMEA
- ★ 工程: P-FMEA
- ★ 評価水準の事例

# FMEA 目次

- オリエンテーション
- FMEAの概要
  - FMEAの進め方 P05～
  - FMEA具体的展開
    - 設計FMEA P24～
    - 工程FMEA P38～
    - DRとFMEA P48～
- 実施例の紹介 P59～
- 効果的なFMEAをあげる P61～  
品質工学併用
- 課題演習

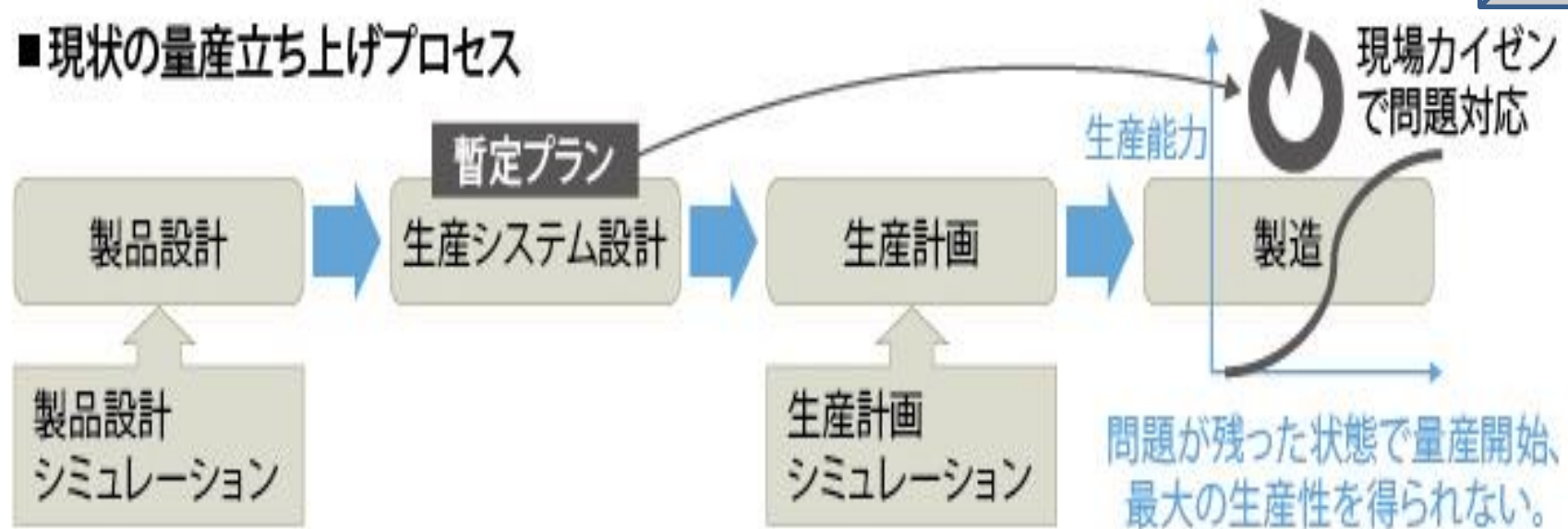
## タカタの欠陥エアバッグ

**時事通信 10月25日から引用します。自動車部品メーカー、タカタが製造したエアバッグの欠陥をめぐる問題が米国で深刻化している。運輸当局は問題のエアバッグを搭載した車約780万台の所有者に対し、すぐに修理するよう異例の声明を発表。議会も調査に着手した。危機的な状況を招いたのは、タカタが海外展開を急いだ2000年代初頭のずさんな管理体制だ。**

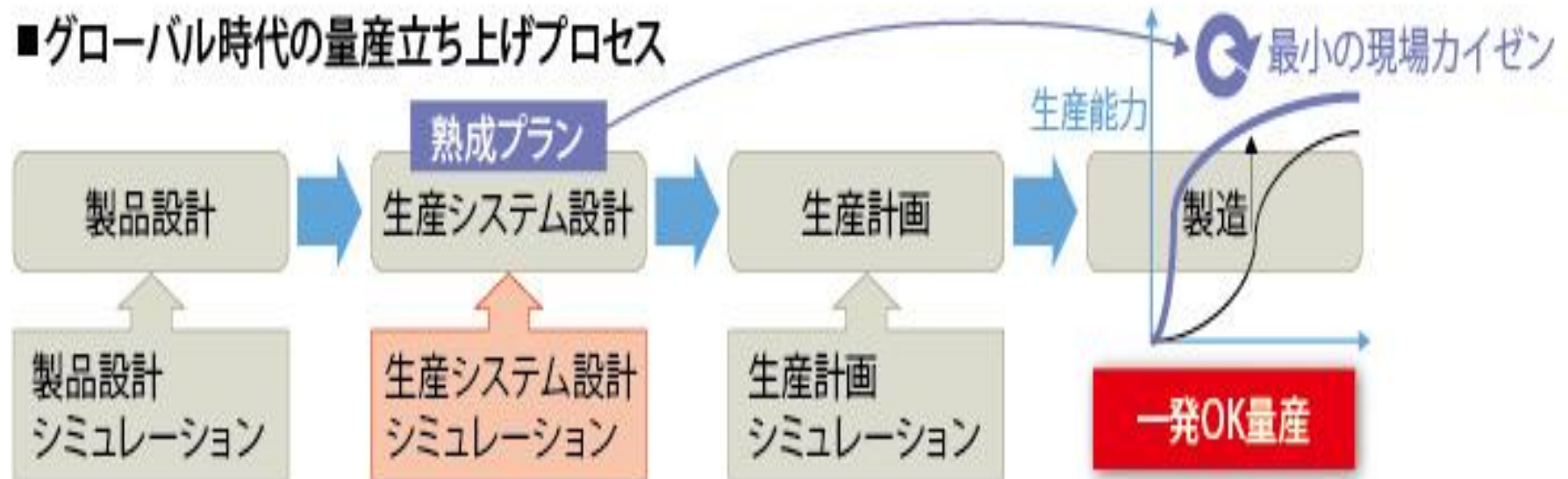
**問題のエアバッグは、主に2000～2002年に米国とメキシコの工場で生産された。エアバッグを膨らませるガス発生剤の製造過程で、不良品を除外する装置を作動し忘れたり、2回必要なプレス工程を1回省いたり、保管時に湿度の管理を怠ったりといった初歩的なミスが相次いだことが欠陥の原因だ。**

この場合、工程管理の失敗は、工程設計に指示したことに違反した点にある。この設計指示違反が工程の故障モードなのです。

## ■現状の量産立ち上げプロセス



## ■グローバル時代の量産立ち上げプロセス



FMEA

野球チーム

ベンチ入りは15名

エースピッチャー・キャッチャーが怪我をした

影響は

対策は



## 【経緯】

1950年代の初期、アメリカのグラマン社がジェット戦闘機の操縦システムの信頼性確保のための手法として開発したと、言われている。その後、アメリカの航空宇宙局(NASA)で実績をあげ、宇宙開発計画や兵器開発計画で信頼性の保証と安全性の評価に広く用いられ成果をあげた。

## 【FMEAの目的】

設計されたシステムや製品の潜在的な故障モードを洗い出して、システムや製品の稼動中にこれらの故障が生じた場合に、求められる機能に及ぼす影響を検討し、評価して、影響の大きな故障モードに対しては適切な対策を実施して、故障の未然防止を図る方法である。



重大不具合を未然防止するために、より科学的・論理的に衆知を集めて行う手法である

## 【一般的な種類】

D-FMEA: 設計部門での活用 対象: システム、サブシステム、部品、材料

P-FMEA: 製造部門での活用 対象: 工法、設備

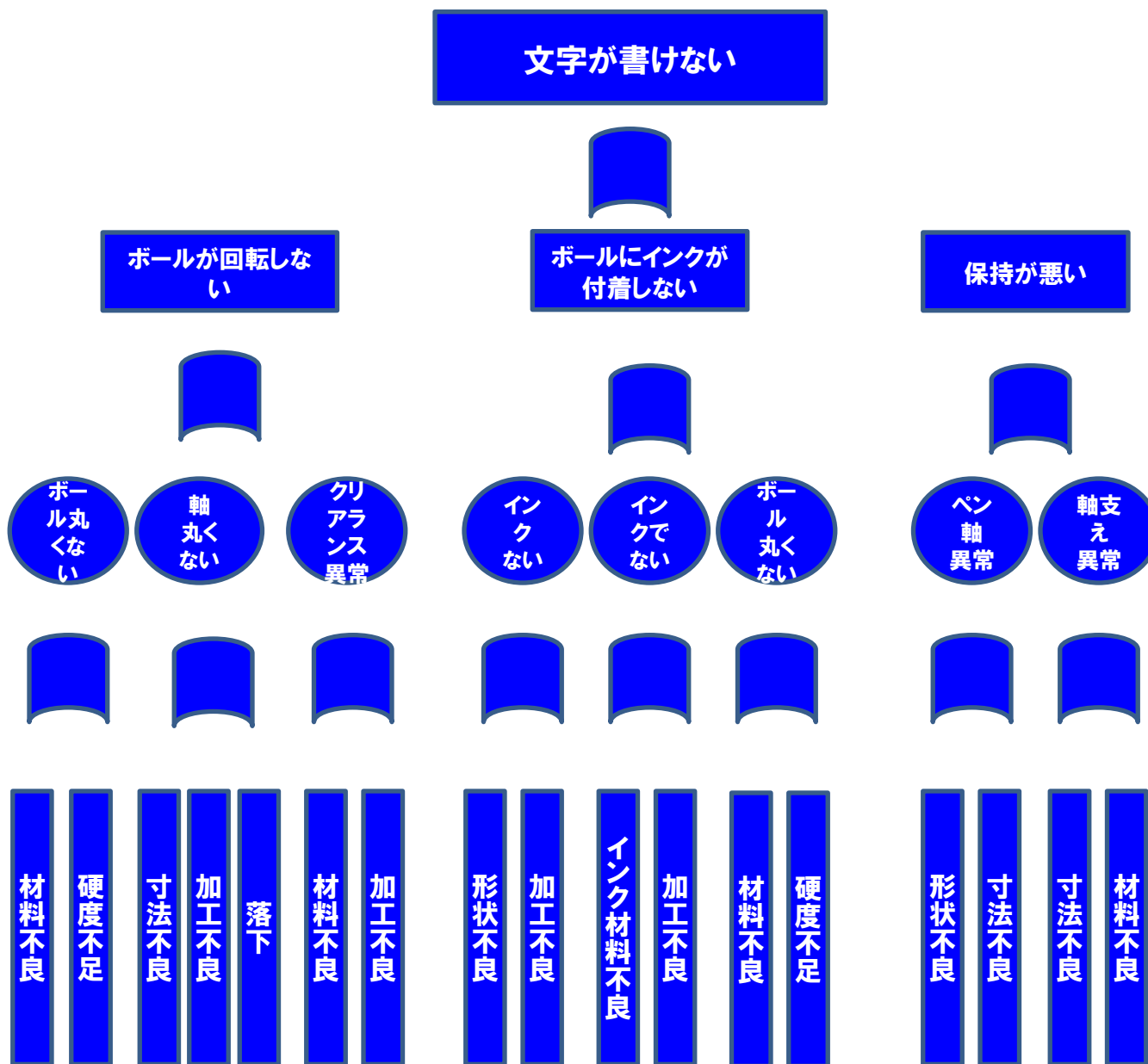
■ 製品機能：文字をスムーズに書く

■ 必要機能： 本体部・保持部・保護部

## 100円ボールペン機能分析シート

製品機能	必要特性	部品	部品特性
文字をスムーズに書く	本体部	ボール	滑らかに回転しインク出す
		ボール軸	ボール保持し回転させる
		インク軸	インク保持し見えるように
		インク	適度な滑らかさ
	保持部	ペン軸	本体保持しスムーズに書く
		軸支え	ボール軸支え交換できるように
	保護部	キャップ	ポケットに固定。インクで汚さない
		保護キャップ	インクがこぼれないように





# モード・影響・原因展開表

4

部品名	モード	影響度	原因
ボール	ボール傷 ボール変形 ボール腐食 ボール磨耗	スムーズに 文字が書けない	落下
			硬度不足
			材料不足
			材料
ボール軸	受け部変形	インク出すぎ	
	曲がり		
インク軸	インク溢れ		冷熱ストレス
		インクでにくい	材料不良
インク	固着	スムーズに書けない	低温
	こぼれ		高温
ペン軸	曲がり・変形	スムーズに書けない	軸を曲げる
	つぶれ		材料不良
軸支え	つぶれ・変形	書けない	軸が曲がる
	ペン軸抜け		材料不良

	FMEA	FTA
基本思想	<p>ボトムUP方式 システムの故障を構成する 部品の全てのトラブルを見通しその対策 を考える</p>	<p>トップダウン方式 重致命故障・トラブルを最初に捕え その故障の要因ツリーにより その対策を突き詰めていく</p>
用途	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新製品の信頼性、不具合の影響度解析</li> <li>・全部品の品質保証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・市場で発生した故障の探求</li> <li>・致命故障の発生防止</li> </ul>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部品の故障モードごとに検討を行うのでハードウェアの解析に優位</li> <li>・時間と工数がかかる</li> <li>・設計思想・評価・管理点が把握しやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・いろいろな故障モードの検討ができソフトウェア・サービス解析に優位</li> <li>・システムの完全な理解が必要</li> <li>・原因が層別でき、見落とし防止防止がしやすい</li> </ul>

## FMEAは対象や目的により4種類に分類

- 1) 設計FMEA・・・製品の設計段階で、製品を構成する機器・部材が「その機能（役割）を果たさなかったら」という仮定により、機器・部材の機器を予測し、発生原因を押さえ込む
- 2) 工程FMEA・・・製造工程でのミス、設備故障、製造条件の変動、環境条件の変動などにより起こり得る製品の故障について予測し、不良を作らない、漏らさない観点から対策し、工程にまつわる製品の故障を未然防止することが目的
- 3) 設備FMEA・・・起こり得る設備の故障について予測調査し、設備の管理点整備を図り「故障を起こしにくい設備の実現」が目的。設備の故障（品質、稼働の両面）に対する原因を論理的に抽出し、設備の管理・改善内容を明確にすることがポイント
- 4) 変化点FMEA・・・変化点とは、既存の技術内容に対して、新技術の部分、既存と新技術のつながりの部分、新技術による既存技術への影響部分である。変化点FMEAの目的は変化点に着目し見える化することにより、その課題抽出を行い未然防止を図ることである

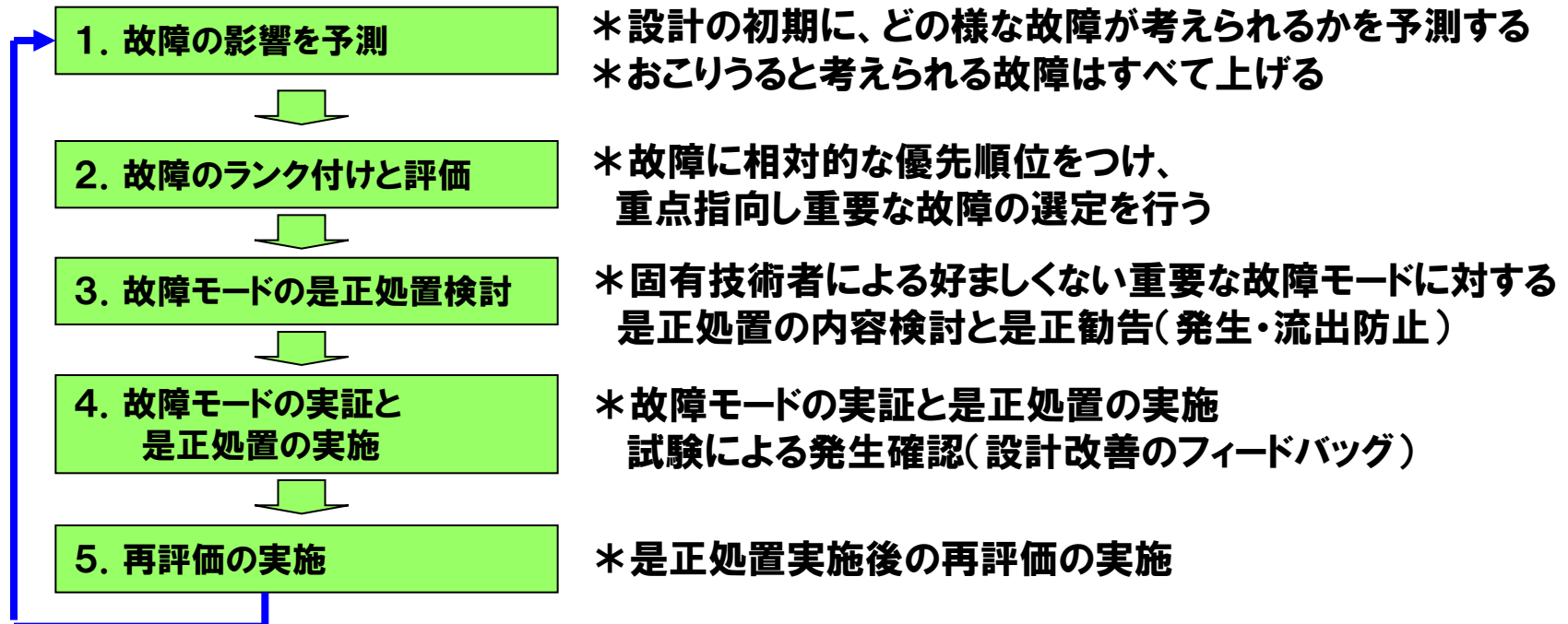
## FMEAとは

Failure Mode and Effects Analysis

### 「故障モード影響解析」

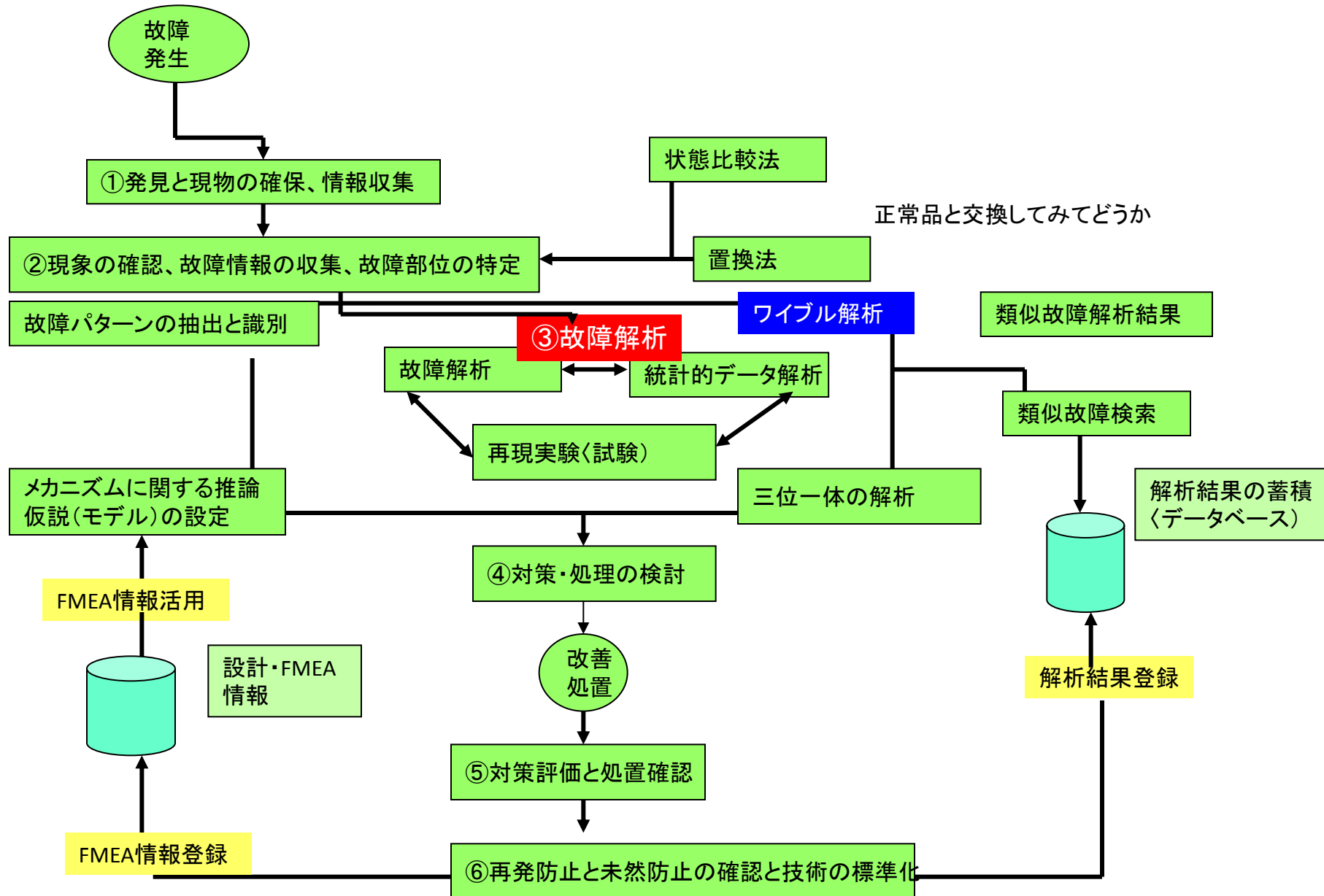
事前におこりえる故障モードの影響を予測し、処置対策を講じることを目的とした信頼性手法の一つ。FMEAは、システムを構成する最下位の部品や機器に故障が発生した場合に、構成されるユニット部がどのような影響を受けるのか、表を使って解析を進めることを特徴としている

## FMEA解析の基本的な進め方



# 故障解析の進め方

8



# 使われ方を考慮した故障モード発想

9

## 環境

- ・ 製品が製造からユーザーに渡るまでの過程、及びユーザーの仕様状況におけるまでの過程
- ・ 使用環境条件（使用状態、頻度、温度、湿度、関連システムからの影響）
- ・ ヒューマンファクター（操作状況、使われ方、誤動作）
- ・ 輸送 ・ 保管 ・ 検査状況
- ・ 製造工程での加工条件（圧力・コンタミ）

## ストレス

- ・ 製品が曝される環境から加わるストレス
- ・ 熱 ・ 圧力 ・ 湿気 ・ 重量 ・ 電気
- ・ 磁気 ・ 応力 光
- ・ 誤入力 ・ 振動

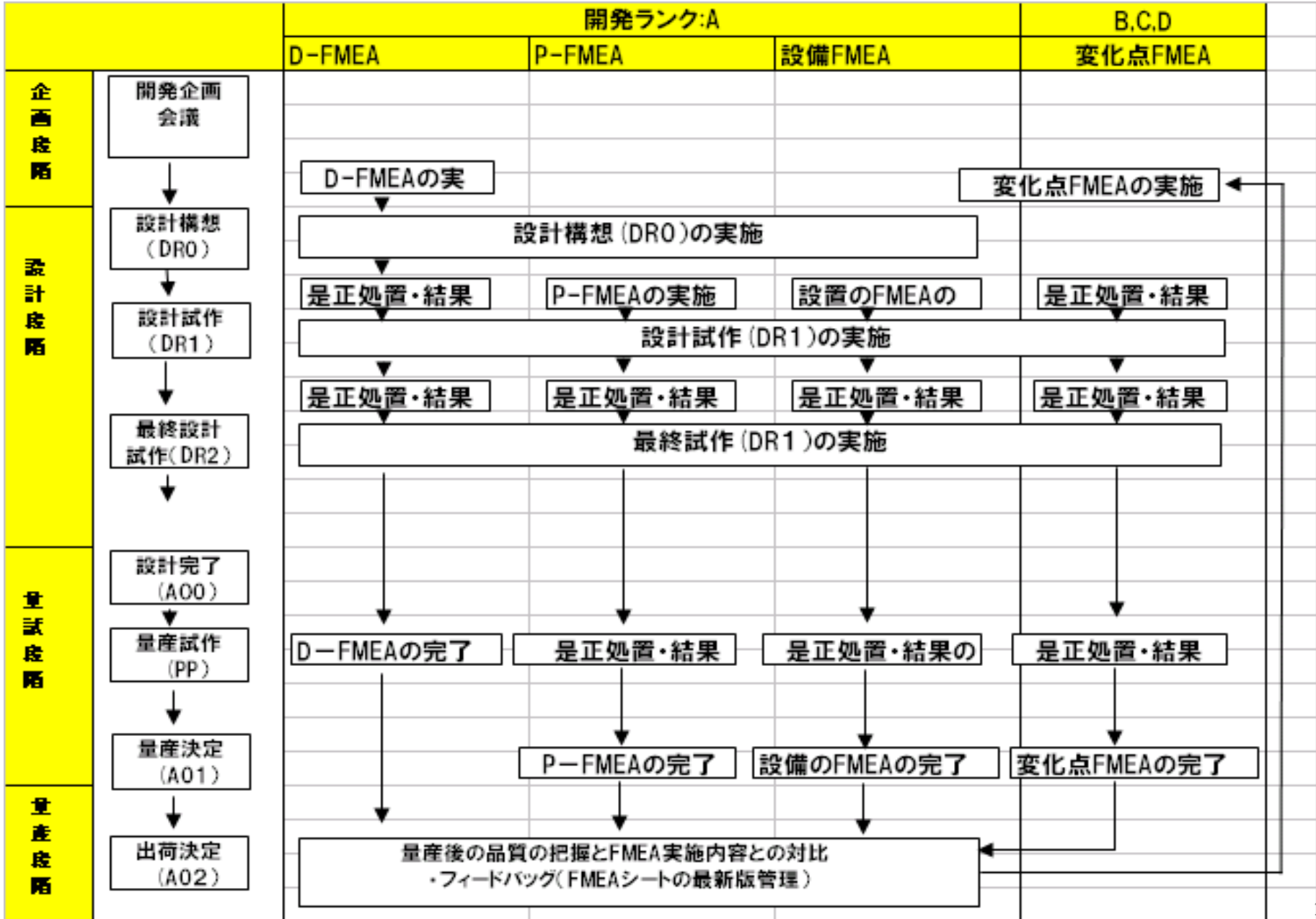
## 故障の メカニズム

- ・ 製品がストレスによってどのような変化を起こすか
- ・ 歪み ・ 膨張 ・ 疲労 ・ 化学反応 ・ 結晶化 ・ 摩耗 ・ クリープ強度
- ・ 劣化 ・ 結露 ・ 凍結 ・ 吸収 ・ 腐植 ・ 拡散 ・ 揮発

## 故障モード

- ・ 製品に起こった変化
- ・ 我 ・ 破損 亀裂 ・ 硬化, 軟化 ・ 摩耗 ・ 断線 ・ 変色 ・ 焼付, 燃焼
- ・ 腐食, サビ ・ 機能停止 ・ 異臭 ・ 膨張、縮み ・ 誤動作（暴走、誤表示）

# 故障解析のフロー（開発ランクとFMEAの関係）





- 設計のFMEAでは部品名については、構成部品・材料などに分割し解析の最小単位にする・
- 工程のFMEAでも同様に最小単位の解析レベルまで分解する。

## 【機能を定義する場合の良い事例と悪い事例】

対象	良い事例	悪い事例	解説
ゴミ箱	ゴミをまとめる ゴミを保持	ゴミを入れる	ゴミをいれるのは人の手が果たす機能
クリップ	物をまとめる 物を保持する	物を挟む	実際の現象にとらわれない
洗顔	汚れを取り除く	顔を洗う	見かけの姿を機能して定義
清掃	ゴミを除去 ゴミをまとめる	床を吐く 掃除をする	
塗料を塗る	塗料を付着 表面を覆う	均一に塗る	条件を機能として定義
消しゴム	黒鉛を除去 黒鉛を拭い取る	字を綺麗に消す	

# 機能を定義上での注意事項

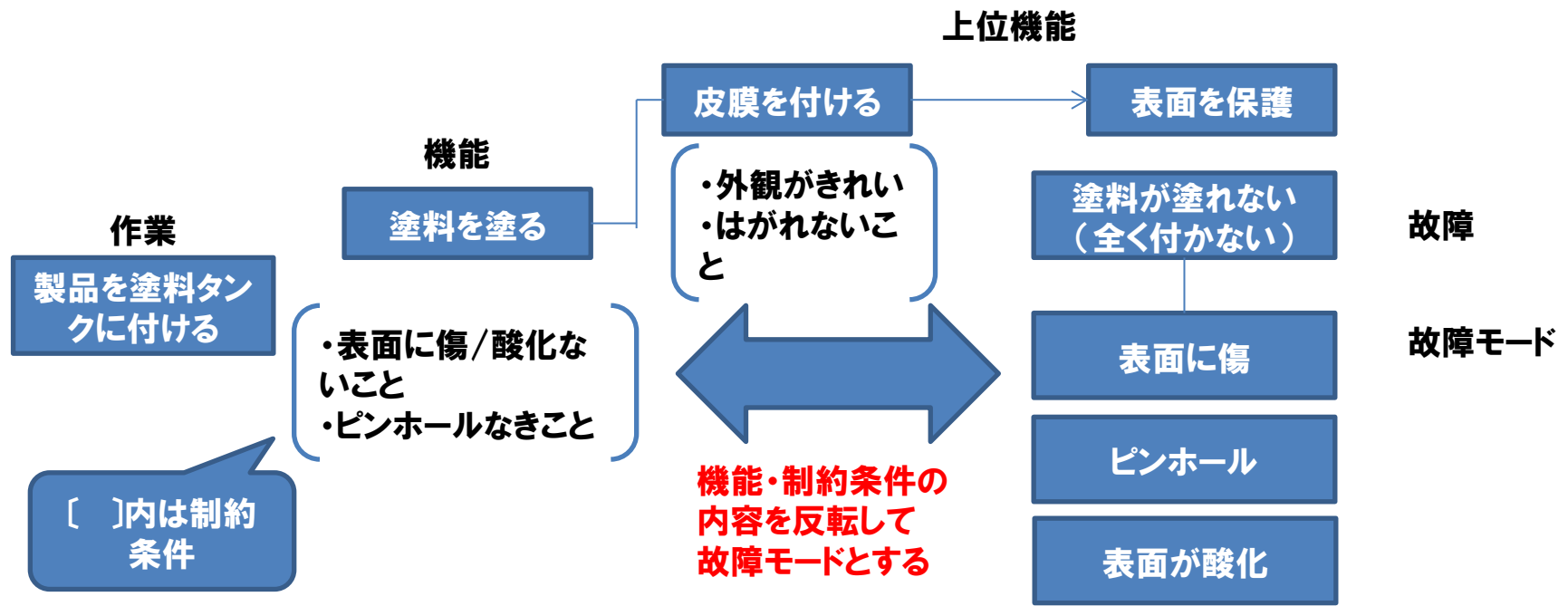
12

機能とは  
なすべき事を示す

制約条件は  
その機能が  
いかなされるべきか  
どういことをしたらいけないのか

製品や作業の機能を定義することによりその  
役割・目的・制約条件が明らかになる

## 機能と故障・故障モードの関連

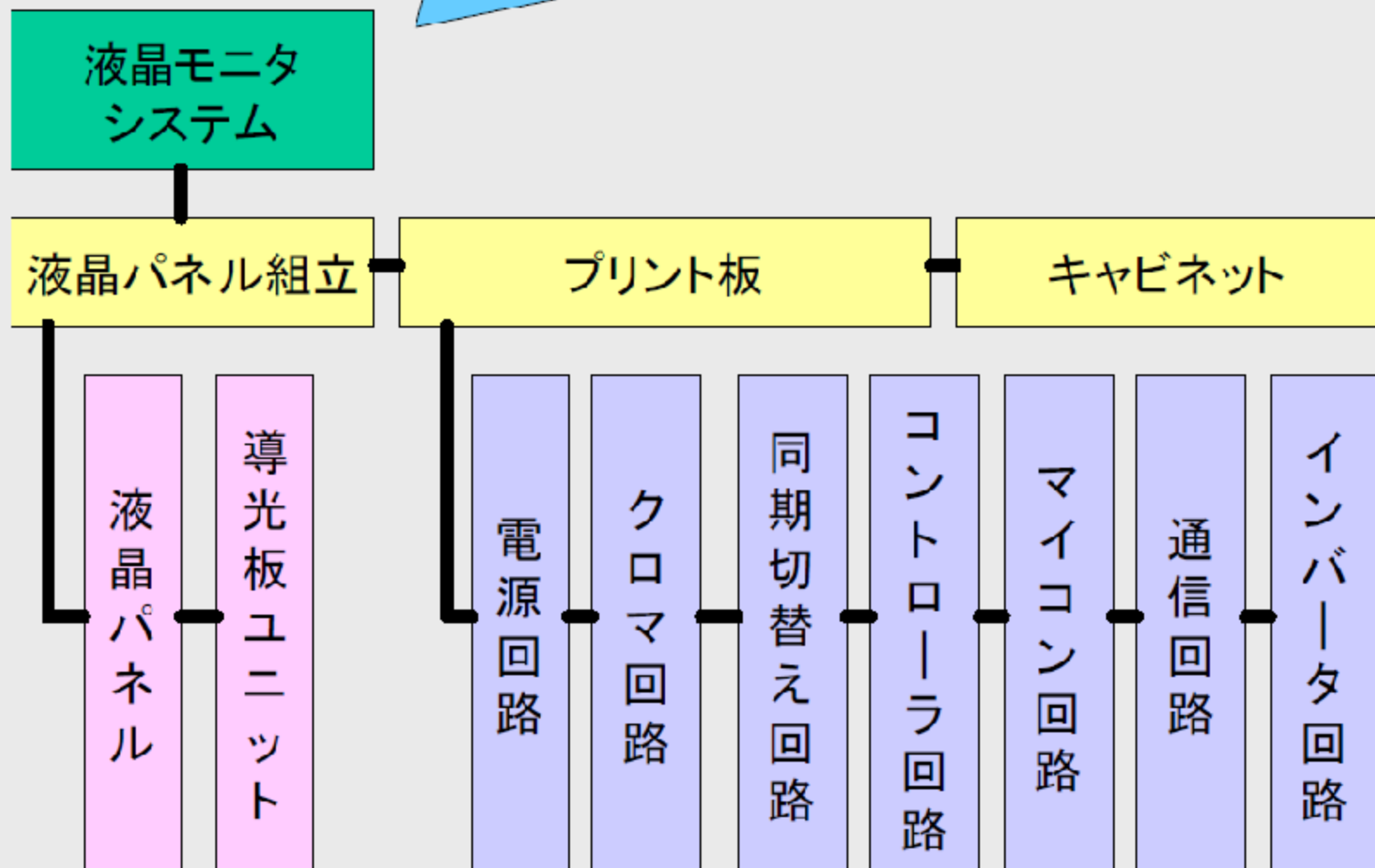


製品の開発・設計や工程の設計を進めるにあたり、設計者は当然のことながらあらゆる観点から自身の設計を評価・検証し、要求品質を満足していることを論理的に評価している。その思考は以下①～⑪の内容に整理できる。

- ①対象の機能(はたらき、特徴、要求事項)
- ②その機能が損なわれるとどんな不具合が起きるか？
- ③その不具合は、セット・完成品にどのような影響を与えるか？
- ④その不具合はどれほどの大きさか？
- ⑤その不具合は、どのような原因で発生するか？
- ⑥その原因は、どれくらい発生するのか？
- ⑦その不具合・原因は、現行の仕事で考慮されているか？
- ⑧その不具合・原因は、見つけることができるか？
- ⑨その不具合・原因は、全体で考えると、どの程度重要か？
- ⑩その不具合・原因に対し、どんな処置・対策をすればよいのか？
- ⑪その処置・対策は、効果があったのか？

①～⑪の内容は、極々あたり前のことであり、いつも、誰でもこの考え方で設計や工程を評価・検証できるようにしたものが「FMEA」である。

## 機能ブロック図：設計FMEA用



### 1) 実施の手順

FMEAによる分析手順に入る前に、システムの機能、任務と構造を十分に検討しておく必要がある。その後FMEAは、次の手順より実施される。

【手順1】 システムと、これを構成するサブシステム(図 1 )を整理し、その機能を確認する。

【手順2】 各サブシステム(機能ブロック)について観察し、これを構成する各部品を体系的に整理して、各部品の機能ブロックに対する役割を明確にする。

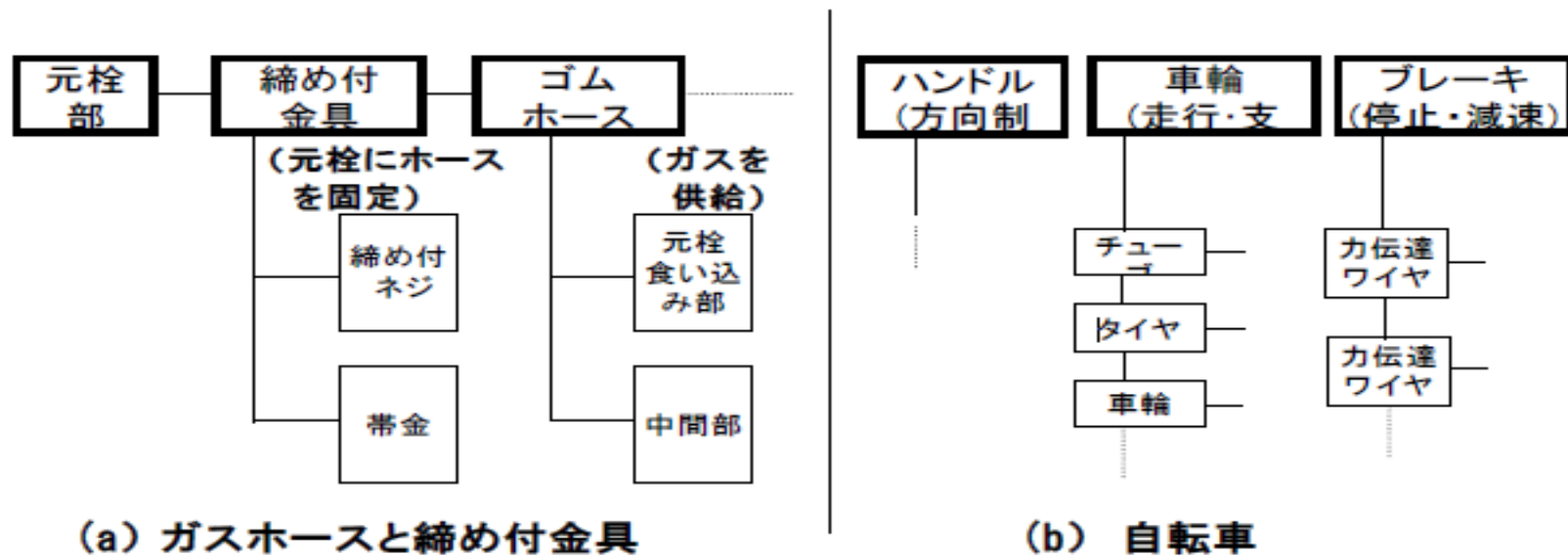


図 1 信頼性ブロック図

ここで**信頼性ブロック図**(図 1)が出来あがった。ここではFMEAによる分析の対象は、必ずしもシステムと呼べる製品であるとは限らない。**工程のFMEA**といって、ある製造工程(上のシステムにあたる)を構成する工程(部品に対応する)を対象として、その不良モードを故障モードの代りに書き出して分析するFMEAもある。次に、これについてFMEAの表を作成する。その手順は、次のとおりである。この手順には、工程のFMEAの場合も併記しておく。

- 【手順1】 クリティカルな部品または工程などを摘出して、これをFMEAの表に書き入れる。  
 【手順2】 各部品または工程について故障モードまたは不良モードを書き出す。この場合、各機能ブロックごとに故障モードを列記していくのもよい。  
 【手順3】 各故障モードまたは不良モードについて、その発生原因(一つのモードに対して2つ以上の場合もある)を書き入れる。  
 【手順4】 部品または工程の対応する機能ブロックの関係を調べながら、故障モードまたは不良モードのシステムに及ぼす影響度を評価する。  
 【手順5】 評価(危険優先度=きびしさ×頻度×検出難易度)の高いものから改善・予防策を考える。

この手順に従って出来あがったものがFMEA表である。図2は、この表の一つの代表例の構成を図示したものである。図3は図1(a)について作られたFMEA表の一部と、さらに工程のFMEAとして作られた場合の一部とを示している。FMEAの表には、影響のスコアを厳しさ、頻度、検出難易度の順に記入しているが、これは通常は5点法(1～5点)か3点法によることが多い。ここで**危険優先数**が合理的なものになるように、どれを選択するかを検討しておくともよい。故障モードの危険優先数の代りに(つまり、スコアを用いなくて)等級によって表示することもあるが、表1はこの両者のおよその関係を例示したものである。

なお、FMEAの表には簡単なものは一枚の紙のものから、大きなものは小冊子程度のものまである。

表1 等級と危険優先数

等級	危険優先数	危険度
I	75～50	致命的
II	49～30	重大
III	29～1	軽微

### 【FMEA表の一例】

番号	部品	機能	故障モード	故障のメカニズム(原因)	検出法	故障の影響	故障モードの			危険優先数	是正方法
							きびしさ	頻度	検出難易度		
							a	b	c	危険優先数	是正方法

番号	部品		故障モード	故障メカニズム	故障の影響	故障モードの			危険優先数	是正対策
						きびしさ	頻度	検出難易度		
1	締め付金具	締め付ネジ	ネジゆるみ	取付不良	ゴムホース外れ	5	1	2	10	取説整備
2			ネジ切れ	しめつけトルク太	ゴムホース外れ	5	1	1	5	取説整備
3			ネジ固着	腐食・さび	取り外し不可	1	1	2	2	
4		帯金	帯金ゆるみ	ホースのヘタリ	取り外し不可	5	2	3	30	点検
5			ゴムホースへのくいこみ	しめつけトルク太	ゴムホース劣化	3	1	1	3	
6	ゴムホース	元栓部	ヘタリ	経年変化	ゴムホース外れ	5	3	3	45	点検
7			クラック	経年変化	ガス洩れ	5	2	1	10	点検

(a) FMEAの例



[ルネサス・テクノロジーの模範例]

工程	① 機能	② 潜在的故障モード	③ 潜在的故障影響度	④ 潜在的故障原因メカニズム	⑤ 評価点				⑥ 処置内容 (工程管理)
					発生度	影響度	検出度	重要度	
ダイシング	ウエハウを分割	チップクラック チッピング	特性不良 特性劣化	ブレードの劣化	1	4	1	4	ブレード摩耗管理 外観チェック
				ウエハ接着剤 が柔らかく チップ動く	2	5	4	30	ダイシング前にUV照

## ルネサス・テクノロジーHP抜粋

「設計」は、具体策の束であって、全てのトラブルに対する具体策を盛り込むことが設計です。また、機能設計と信頼性設計をしてから「信頼性が十分か、不足か」をFMEAで評価をするのであって、信頼性設計をせずにFMEAをするというのは基本的な間違い

## ※ 実施するのは設計担当者が基本

FMEAは設計された製品の機能発揮が基準になるので、システム・サブシステム・部品の役割や機能が明確でないと実施不可能である。部品(デバイス)の場合は、原材料の特性を明確にしておくことが求められる。

従って、この検討を有効にする為に設計担当者を中心に実施するが、信頼性・生産技術・試験・品質管理・サービスなどの部門から、サブシステムや部品の役割や機能に精通し、故障解析経験の豊かな数名の技術者を選任し、チームで実施することが望ましい。

## ※ 記入用紙サンプル

No.	(サブシステム) 部品名	機能	故障 モード	影響		推定原因	評価			重要度	対策	再評価			重要度	判定
				サブシステム	製品		発生度	影響度	検出度			発生度	影響度	検出度		

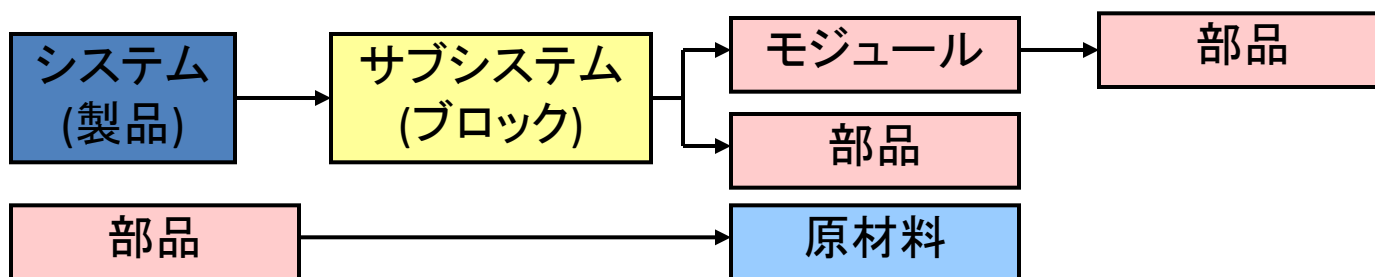
## ※ 準備資料

対象となる製品に関する設計資料、図面、材料部品リストや他の類似品に関するクレーム情報や不具合事例等について調査しておく。



## <(1)分解レベルを決定する>

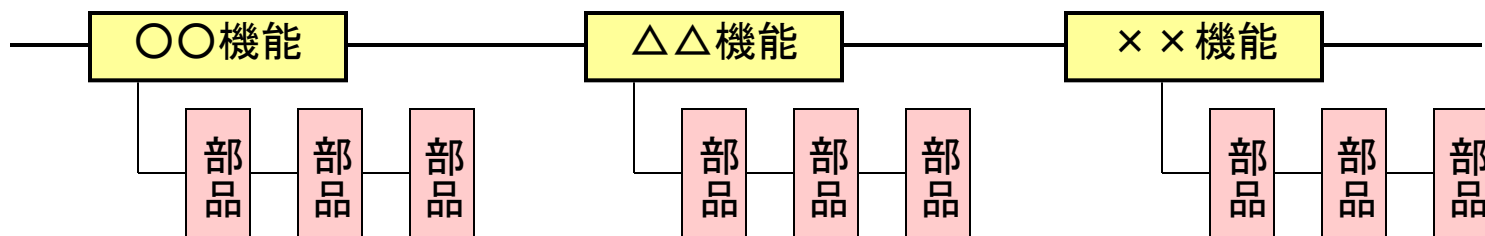
システムのFMEAは、サブシステムにレベルに分解して実施し、サブシステムのFMEAはモジュールや部品レベルに分解して実施する  
特に、変化点に注目して、FMEAを実施する対象を決定する。



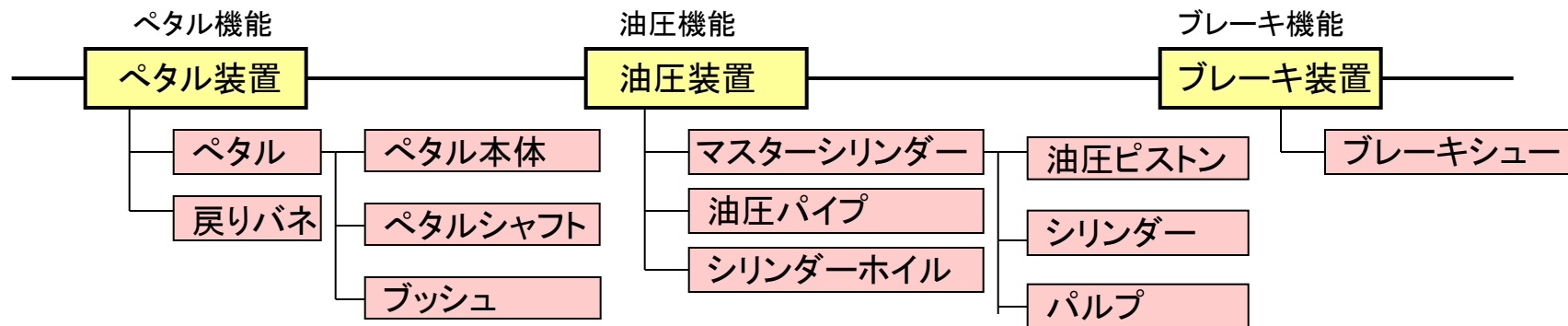
《変化点に注目》: ◆変えた所 ◆変わってしまった所  
※ 信頼性の鉄則は『変えないこと』

## <(2)信頼性ブロック図を作成する>

機能別ブロックに分解したモジュール等 構成要素をまとめて信頼性ブロック図を作成し、対象とするモジュールや部品を明確にする。



## 例：ブレーキシステム(サブシステム)の信頼性ブロック図



### <(3)故障モードの選定>

サブシステム、モジュール等ブロックごとの故障モードを列挙する。過去に類似の製品があればその故障記録やクレームを含めて故障モードを検討する。  
新規商品であれば、KJ法やブレンストーミング法等を用いて故障モードを洗い出す。

設計フェイズ		故障モードの例
製品設計	基本設計 (システム、サブシステム)	動作停止、動作せず、不安定、異常出力、誤動作 など
	詳細設計 (部 品)	変形、亀裂、破損、弾性不安定、摩耗、腐食、表面キズ、表面アレ、ガタ、脱落、固着、焼損、異物、汚損、漏れ、にじみ、侵食、変質、ショート、オープン、ドリフト など

#### <(4)故障モードが発生した時の影響を検討>

その製品の使用者の立場に立って、故障モードが発生した場合どのような不都合になるかを考える。(例: 点灯しない、音声が出ない 等)

この影響は、システム(製品)、サブシステムに対する影響である

#### <(5)故障の原因・メカニズムの考察>

選定した故障モードに対して、推定原因または故障のメカニズムを完全に簡潔に記入する。これにより、対策が打てるようにする。

例: 「故障モード」 断線

「故障の原因」 振動による磨耗、湿気による腐食、外部との接触による破損

#### <(6)故障モードに対する 発生度、影響度、検出度を評価する>

事前に、発生度、影響度、検出度それぞれについてランクを決めておき、どれに当てはまるかを検討する。

発生度の視点	影響度の視点
<ul style="list-style-type: none"> <li>この方式は前の設計で用いられたものか、あるいは同種ものか</li> <li>この方式と以前のものとの相違の程度はどうか</li> <li>サブシステム、部品の結合の方式、部品、材料は新規のものか</li> <li>部品の使い方はどのように変わっているか</li> <li>使用負荷はどのように変わっているか</li> <li>使用環境はどのように変わっているか</li> <li>この部品、結合方法について、 これまでどのような故障解析が行われているか</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人的被害の程度</li> <li>物的被害の程度</li> </ul>
	検出度の視点
	<ul style="list-style-type: none"> <li>製品が使用されるまでに何処で発見されるか</li> </ul>

尚、FMEA導入当初には、このランクを下記の5段階程度で行うことが、望ましい。

### 故障モードの評価ランク例

ランク	発生度合	影響度合	検出度合
5	起こるおそれ大 《極めて》	人身・家財等に被害を与える致命欠陥(不安全)	通常的手段では検出不可 顧客は故障発生時に連絡
4	類似商品で多発 《しばしば》	製品の機能が完全に停止	通常の検査や試験では、うまく不具合を検出できない
3	起こりやすい(中程度) 《よく》	製品の重要機能が低下(中程度)	加工中は検出されず、完成品等の最終工程で検出
2	類似の使用もあり故障の割合が低い《時々》	外観・機能が低下(軽微)	故障の大部分は加工、組立中の検査、試験で検出可
1	ほとんど起こりそうもない 《まれに》	顧客が気付かないような故障	故障の大部分は加工、組立中に検出可

※発生度合は、後の事例で示すように、発生の割合を定量化するとより明確になる

# 故障モードの発生頻度・影響水準

6

## 発生頻度の評価水準

故障の確率	発生割合	ランク
きわめて高い	$\geq 1/2$	10
故障は必然的に発生する	$1/3$	9
高い	$1/10$	8
故障はしばしば発生する	$1/20$	7
中程度	$1/100$	6
時々故障が発生する	$1/500$	5
	$1/2,000$	4
低い	$1/10,000$	3
まれに故障が発生する	$1/100,000$	2
故障はまず発生しない	$\leq 1/1,000,000$	1

## 影響の評価水準

影響の厳しさ	ランク
壊滅的(Catastrophic) 機能の喪失 人命に関わる安全上の問題を引起す	10
重大(Critical) 重要な使命の遂行が不可能になる 使用時に重大な安全上の問題を引起す	8～9
影響大(Major) 使用は可能であるが、性能低下 顧客の苦情は必至	6～7
軽微(Minor) 使用は可能、快適性・利便性の性能が低下 顧客は多少の不満を覚える	4～5
微欠点(Insignificant) 異音・振動、外観・納まりの不具合 敏感な顧客が欠点を検知する	2～3
影響なし(No problem)	1

# 評価基準例

7

発 生 度		影 響 度(次工程)		影 響 度(製品)		検 出 度	
評価点	評価基準	評価点	評価基準	評価点	評価基準	評価点	評価基準
10～9	発生頻度が非常に高い	5	人身・物損事故に繋がる	5	人身・物損事故に繋がる	5	市場に流出する
8～7	発生頻度が高い	4	作業出来ない	4	特性不良、オープン/ショート	4	出荷までに発見される
6～5	ときどき発生する	3	作業条件の変更が必要	3	外観不良・数量違い	3	検査で発見される
4～3	少ないが発生する	2	わずかな影響あり	2	わずかな機能変化	2	次工程で発見される
2～1	ほとんど発生しない	1	影響無し	1	影響無し	1	その工程で発見される

## &lt;(7)重要度の決定&gt;

⇒『**危険優先指数**』と表現する場合がある

設計条件と故障の重要さを対照し、あらかじめ定めた基準に合わせて故障等級を定める。FMEAの一番重要な作業であり、信頼性保証の処理を決める手順であるから、設計部門のほか品質保証、サービス、製造部門等の意見を十分に聞く必要がある。

重要度

=

発生度合

×

影響度合

×

検出度合

## &lt;(8)対策&gt;

**重要度**の大きいものについて、具体的対策を実施する。  
「誰が、いつまでに」を、明確にしておくことが大切である。

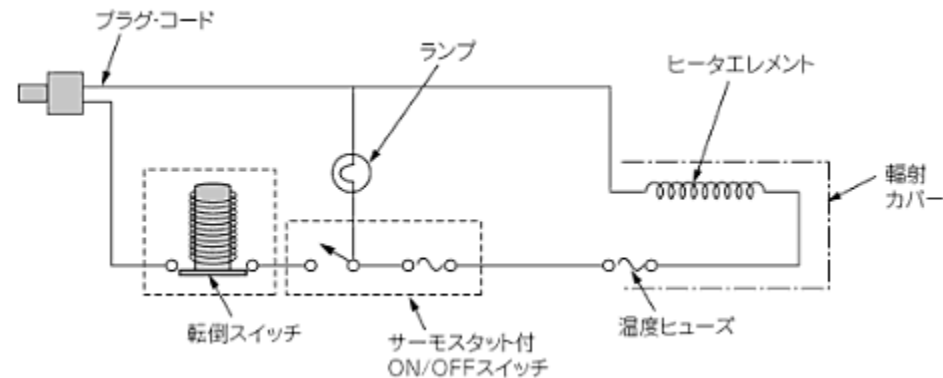
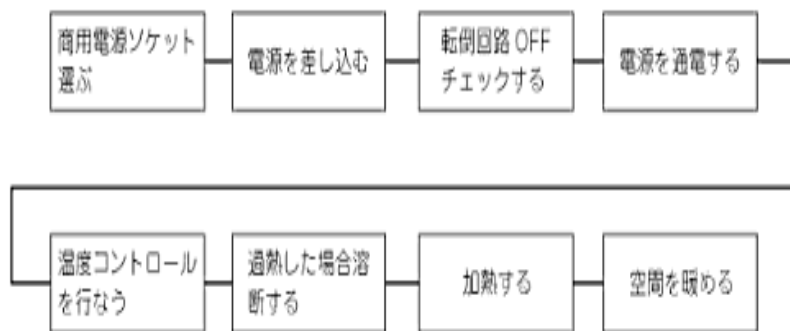
- ・「**重要度**が50以上の場合は、具体的対策をとる」などのルール化が有効である。
- ・「**重要度**」以外に、「**影響度**」が〇〇以上(重大な影響がある)、  
「**発生度**」×「**検出度**」が〇〇以上 (影響度が低い時の対応) の場合、  
具体的対策を取る、とのルール化をし取組んでいる事業場がある。

## &lt;(9)再評価&gt;

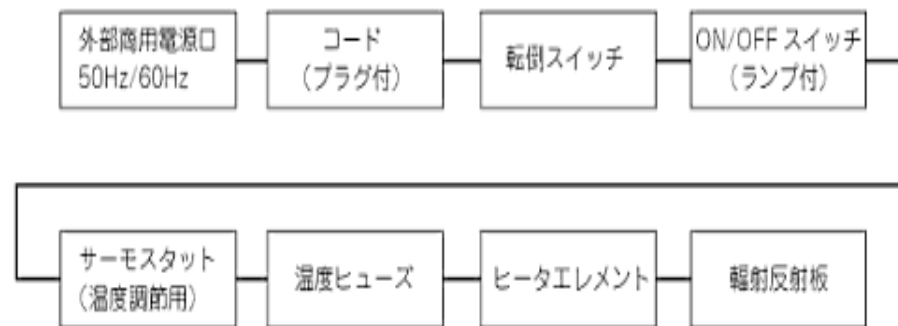
対策を実施し、**重要度**を再評価し、対策が不必要である事を確認する。



機能フロー図



信頼性ブロック図



機能フロー	項目機能	FMEA 展開
商用電源選ぶ	外部電源差込口	(故障モード、影響、原因など)
電源入れる	コード・プラグ	
転倒スイッチ OFF チェック	転倒スイッチ	
通電する	ON/OFF スイッチ	
温度コントロールする	サーモスタット	
過熱時熔断する	温度ヒューズ	
加熱する	ヒータエレメント	
必要空間暖める	輻射反射板	



# 設計FMEAに展開

機能	項目	故障モード	故障影響	厳しさ	原因	発生頻度	現場管理方法	危険度
過電する	ON/OFF SW	動作不良 ONせず	機能不全 (暖房不可)	2	構造不良	1	耐久テスト	4
		クリック感弱い (ON状態)	接点過熱	5	組み付け不良	1 1	耐久テスト	10
		固着したまま	接点加熱	6	組み付け不良	1	耐久テスト	12
温度コントロールする	サーモスタット	設定温度でサーモ開かず	ヒータ切れたままで冷える	5	構造不良	1	耐久テスト	10
		サーモが破損	ヒータ切れたまま	2	部品不良	1	受入検査	4
過熱時溶断する	温度 FUSE	加熱時溶断しない	火災恐れ	6	部品不良	1	耐久テスト	12
		接続部腐食	加熱恐れ	3	水分, ホコリ侵入	2	耐久テスト	30
必要空間温める	輻射反射	腐食している	輻射能力不足	2	材質不良	1	検査	6
		はがれている	局所加熱	6	加工不良	2	耐久テスト	20

新製品開発進行管理表

発行日 年 月 日

更新承認印

押印欄	設計部門検印				合議印			DR1				DR2		AQ0		AQ1	
	承認	検印	検印	担当	QC	製造											
日付		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

商品名		製品ランク					企画台数		台								
商品品番		工程品質目標					%		客先工程品質目標		%						
特記事項 (商品概要)		新規 取組					新工法 新材料										
関連法規 関連規格							その他										
設計 担当	推進責任者	試験項目										試験 台数	完了予定			実施	完了
	設計担当											AQ0	AQ1	AQ2	担当	確認	
	基板担当																
	実装担当																

開発日程		客先 計画	DRO 計画	変更 DR1 DR2 AQ0			実績
企画 段階	企画周知会						
	企画審議会						
安全 審査	安全申請						
	安全申請承認						
設計 段階	変化点検討会						
	DRO						
	技術試作着工(ES)						
	DR1(設計試作DR)						
	試作品出荷						
	部品模試会						
	K物/内外作決定会議						
	金型決裁会議/手配						
	部品先行手配						
	設備決裁/手配						
	安全DR						
	DR2(最終試作DR)						
	試作品出荷						
	AQ0(設計引継決裁)						
製造 引継	量産引継(製造引継)						
仮PP (PR)	仮PP						
	仮PP検討会						
PP	工程安全審査						
	PP						
	PP検討会						
	出荷日						
MP	AQ1(量産着工決裁)						
	MP着工(量産着工)						
	製品安全審査						
	AQ2(出荷決裁)						
	出荷日						
項目 優先							

<信頼性試験記載要領>

※1. 信頼性試験については完了予定ステップに“○”を記入し、試験台数と担当を記入する。  
完了確認は完了確認日付を記入する。又、試験結果は試験方法、判定基準及び判定、  
判定者等を記載した試験結果一覧表にて、DRやAQステップにて随時報告する。

※2. 試験条件については客先要求条件を考慮し条件を設定する。  
※3. 記載項目以外の追加試験項目に関しては、各項目の空欄に記載。  
※4. 客先要求試験項目がある場合は客先項目欄に記入する。(不足の場合は別表にて管理する事)  
※5. 試験完了予定ステップで試験進捗状況を確認する事。

<日程管理記載要領>

※1. 実施しない項目については“-”を記入。  
※2. 客先計画欄に企画段階での客先要望日程を記入。  
※3. 各ステップ移行時日程の確認を行い、変更がある場合は変更日程を記入する。  
(変更が発生した場合は、ステップ会議にて承認を得る事。)  
※4. 引継ぎ移行の日程に関しては、AQ0までの変更予定を記入以降は実績を記入する。  
※5. 各ステップ移行時、技術GM又はTLの承認を得ること。

34

ハザードマトリクス票				作成日:					
				作成部署:					
				担 当:					
				メンバー:					



故障モード影響解析  
(設計フェーズ)

No. 1230  
ページ 1/1

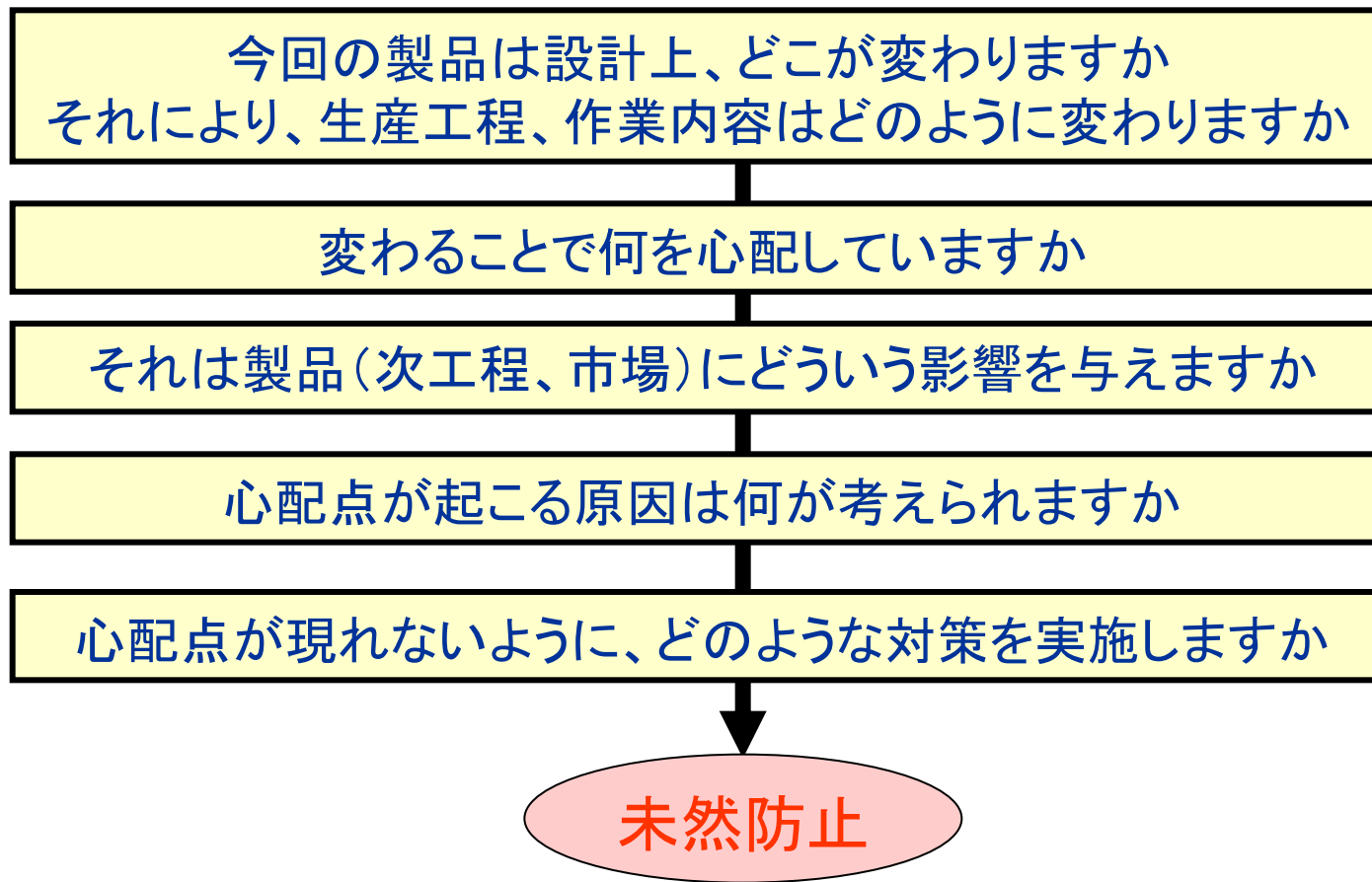
システム名 A  
サブシステム名 sub A  
構成要素 組立品A03-9000  
モデル 年式/車種 94 MY  
検討者 日科次郎

設計責任 技術1部  
期日 2013年3月31日

作成者 日科太郎  
日付(初版) 2012年4月1日  
(改訂) 2012年5月1日

品目/機能  要求事項	潜在的な故障モード	潜在的な故障の影響	厳しさ (S)	区分	潜在的な故障の原因／メカニズム	発生 (O)	設計管理方法 予防	設計管理方法 検出	検出 (D)	危険優先度 S×O×D	推奨される 是正処置	責任及び目標  完了期日	是正処置の結果					備考
													処置方法 得られた効果 及び 完了日	厳しさ (S)	発生 (O)	検出 (D)	危険優先度 S×O×D	
8km/hの衝突エネルギーを車体に吸収し	動的荷重の過大	エネルギー吸収部が収縮しないため作動以前に過大な衝撃力が加わ	4	衝突時	初期封入圧力(大)	6			8	192	各々の故障原因の寄与率を調査 (実験計画) ↓ 規格値の設定	技術1部  2012年10月10日						
			3		シリコンゴム硬度(大)	8			6	144								
			1		ピストンポリフィス	6			8	48								
			2		錆による喰付	2			4	16	耐水性、泥水試験の実施→構造変更	技術1部 2012年10月10日						
	動的荷重の過小	設定されたエネルギー吸収容量不足によりバンパ...	2	衝突時	初期封入圧力(小)	6			4	48	各々の故障原因の寄与率を調査	技術1部 2012年10月10日						
以下省略			2		シリコンゴム硬度(小)	6			3	36								

生産準備段階における未然防止は、従来から生産技術／製造担当者の頭の中で行われてきた。  
この活動を一連のパターン化されたプロセスによって組織的かつ適切なタイミングで実施し、経緯をわかりやすい書式で記録(文書化)することで、外部から理解しやすく、より良い改善を行っていくための基盤となるのがFMEAである。



F  
M  
E  
A

従来の思考プロセスと何ら変わらないが  
やり方がシステマチックである。

## <(1)工程FMEAの考え方>

FMEAは、システムの設計改善の道具として開発されたが、今日では製品設計をはじめ工程設計・設備設計まで活用されている。

工程FMEAのねらいは、故障が発生してから解析評価するのではなく工程や設備の設計過程で起こりそうな故障を全て予測して定性的な評価を行い問題となる故障モードをクローズアップさせ未然に防止・減少させる。

《事前に明確化すべき内容》

- ① 予測される故障モードが全て上げられること
- ② 故障モードが上位レベルへどのように影響しているかが明確であること
- ③ FTA等と併用して故障モードのおこる原因が下位のレベルまで追求されること

※ 記入用紙サンプル

No.	新規/ 変更の 工程名	工程の 機能	故障 モード	故障 モードの 影響	故障 モードの 原因	故障 モードの 検出方法	評価			重要 度	対策の 着眼点	処置・対策内容 (発生源対策) (検出対策)	再評価			重要 度	判定
							発生 度	影響 度	検出 度				発生 度	影響 度	検出 度		

# 工程FMEAでの代表的故障モード

3

NO	工程	代表故障モード
1	受入	変形・短絡・寸法精度不良・破損(亀裂, 割れ)・絶縁劣化・断線・欠品・異物付着
2	組み付け	破損、逆付け・異品・接触不良・絶縁不良・誤動作・取り扱い傷 短絡、誤動作、接触不良・溶接不良
3	検査	破損・亀裂・断線・熱暴走・発熱・摩耗・誤動・雑音・取り扱いキズ 電力破壊・電圧破壊
4	保管	取り扱いキズ・破損・亀裂・腐食・変色・変質・化学変化・酸化膜生成・発火・抵抗値増大・硫化・応力腐食割れ
5	出荷	取り扱いキズ・破損・亀裂・誤品・包装・荷姿不良・製品表示不良 数量不良



## <(2) P-FMEAの解析手順>

### 手順1 工程名

解析する工程を、工程の順に記入する。

### 手順2 工程の機能

工程の機能を確認し、この工程での操作の目的は何か？ 自問自答する。その工程では何が成し遂げられるのか簡潔に述べる。

### 手順3 予測される 故障モード

この工程ではなぜ意図した機能を果たすことが出来ないのか？ 加工されたものがどのような条件になると技術上の要求事項に適合しなくなるのかを検討し、故障モードの予測をする。

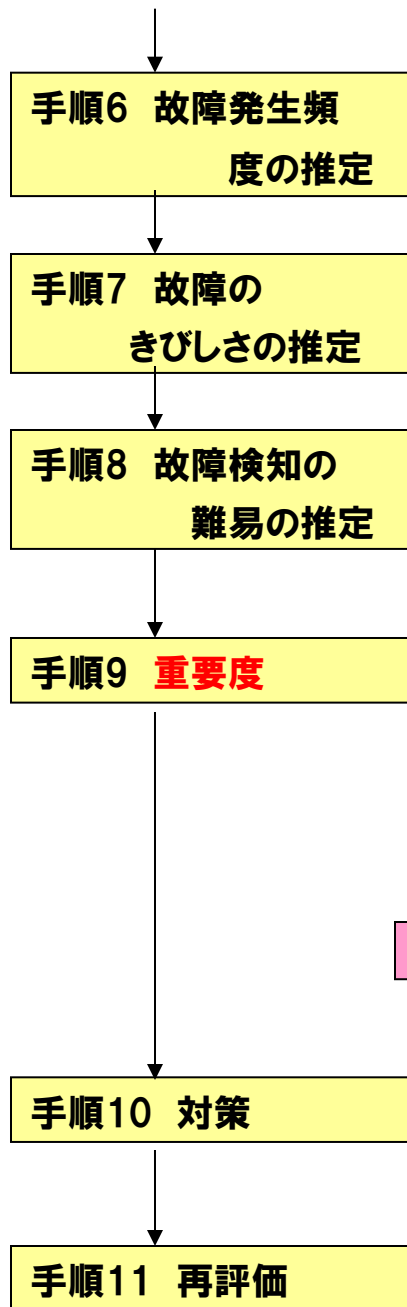
工程例		故障モードの例
工程設計	成形・加工工程	成形・加工キズ、破損、変形、寸法精度不良、表面粗さ、性能不良など
	組付・塗装工程	取扱いキズ、破損、合い寸法不良、接着不良、欠品、誤組立、異色、光沢不良、異物付着、性能不良 など

### 手順4 故障の影響

記述された故障モードがアセンブリ又はシステムに及ぼす影響を予測する。

### 手順5 故障の原因

経験や固有技術を生かして故障の原因を推測する。その際、どんな条件が故障モードを引き起こしているかに留意する。



予測される故障モードが発生する確率を1～5の評価尺度で推定する

記述した故障モードが上位のアセンブリ又はサブシステムに与える影響の重大性を1～5の評価尺度用いて格付けする。

製品が顧客に届けられる前に潜在的な故障を検知できない確率を1～5の評価尺度で格付けする。

〔危険優先指数:RPN (Risk Priority Number) 〕

⇒『危険優先指数』と表現する場合がある

**重要度**を計算して故障モードの優先順位を決める

これより製造工程上重点的に管理すべき項目が決まる。  
この数が高いほど、重要な故障モードである。

**重要度**

=

発生度合

×

影響度合

×

検出度合

**重要度**の大きいものについて、具体的対策を実施する。  
「誰が、いつまでに」を、明確にしておくことが大切である。

対策を実施し、**重要度**を再評価し、対策が不必要である事を確認する。

## 工程FMEA実践事例

デジタルミュージックプレーヤー DMP-M700 (2005.10.21 発売)



大東地区 品質作り込み分科会活動における実践テーマ。  
上記製品は国内設計、中国生産であり、中国への量産移管前に、  
設計・品質・生産技術から各1名が参加し、工程FMEAを実践した。

SANYO事例抜粋

# 第1ステップ：工程／作業内容の抽出

技術試作品を分解して、一通りの組立を行い、作業内容を抽出した。  
 現行機種と新機種での工程・作業の変更点を明確にすることで、特に心配なところに対して重点的に実施すればよい。

実装工程

シャーシ  
組立工程

基板・部品  
取り付け

自動検査  
工程

作業  
抽出

工程／作業内容			
LCDブラケットに	拡散レンズ準備品を		組み立てる
LCDブラケットの	Wフェイスの保護紙を	2枚	めくって捨てる
LCDブラケットに	白い拡散シートを	1枚	組み立てる
LCDのFPCを			整形する(180度折り曲げ)
LCD裏面の	保護紙を		めくって捨てる
LCD準備品を	LCDブラケットに		組み立てる
PWBIに	ヒメロンを	2枚	貼り付け
LCD準備品のFPCを	PWBのソケットに		組み立てる
LCDブラケットの爪を	PWBIに	3箇所	組み立てる
電池に	保護用テープ(大)を	1枚	貼り付け
BGAの上に	スペーサを		貼り付け
PWBのBGA上クッションWフェイスを		1枚	貼り付け
電池のスライダに	ヒメロンを	1枚	貼り付け

# 第2ステップ：課題(心配)の抽出、影響・原因、対策の検討

8

工程／作業内容			考えられる心配事	原因	評価					対策	担当者 ／期限	対策結果
					発生度	心配ごとの 影響度 次工程	製品	検出度	危険度			
LCDブラケットに	拡散レンズ準備品を	組み立てる							0			
LCDブラケットの	Wフェイスの保護紙を	2枚 めくって捨てる	めくった保護紙が製品に混入する	保護紙が小さい	1	1	3	3	12			
LCDブラケットに	白い拡散シートを	1枚 組み立てる	拡散シートが汚れる(指紋、油、)	手の汚れ	1	1	3	5	20	手袋使用	向川/PP	
			拡散シートにゴミが付着する	静電気・ゴミがある	2	1	3	5	40	静電気対策をする。従来から付着していない。	向川/PP	
LCDのFPCを		整形する(180度 折り曲げ)	フレキが断線する	フレキの耐久性不足・折り曲げにRが無い	1	1	4	3	15			
			LCDが指紋で汚れる	手袋をしていない	8	1	3	5	160	作業中、表・キャビネット組立する作業中、それまでは保護紙をはずさず	向川/PP	
LCD表面の	保護紙を	めくって捨てる							0			
LCD準備品を	LCDブラケットに	組み立てる	LCDでブラケットをこすり、ゴミが付着する						0			
PWBIに	ヒメロンを	2枚 貼り付け	貼り付け位置がズレる	貼り付け面積が狭い	2	1	2	5	30			
			貼り付けたものがはずれる	貼り付け面積が狭い	1	1	2	5	15			
			貼り付け時に使用するピンセットでチップを傷つける	貼り付け位置とチップの位置が近い	1	1	1	5	10			
			貼り忘れ	作業ミス	2	1	2	5	30	残りの数を確認する(荷姿入り数の調査)	向川/PP	
LCD準備品のFPCを	PWBIのソケットに	組み立てる	スムーズに入らない	FPCの台紙が小さいのでつまみにくい	4	1	1	1	8			
			斜めに入ってしまう。きちんと入ったかどうかかわりにくい	FPCが柔らかい。目印やクリック感が無い	4	2	4	3	72	印刷を追加。作業指導。指導票に追加	向川/PP	
LCDブラケットの爪を	PWBIに	3箇所 組み立てる							0			
電池に	保護用テープ(大)を	1枚 貼り付け										
BGAの上に	スペーサを	貼り付け	BGAにダメージを与える	BGAに直接貼り付けている。スペーサが硬い	-	-	-	-		CSの評価として落下などの評価で判断		
PWBIのBGA上クッションに	Wフェイスを	1枚 貼り付け							0			
PWBIのスライドSWに	ヒメロンを	1枚 貼り付け										

上記FMEAでは、心配事の影響(次工程や市場における)を省略して実施した。

## 工程FMEA実施のポイント

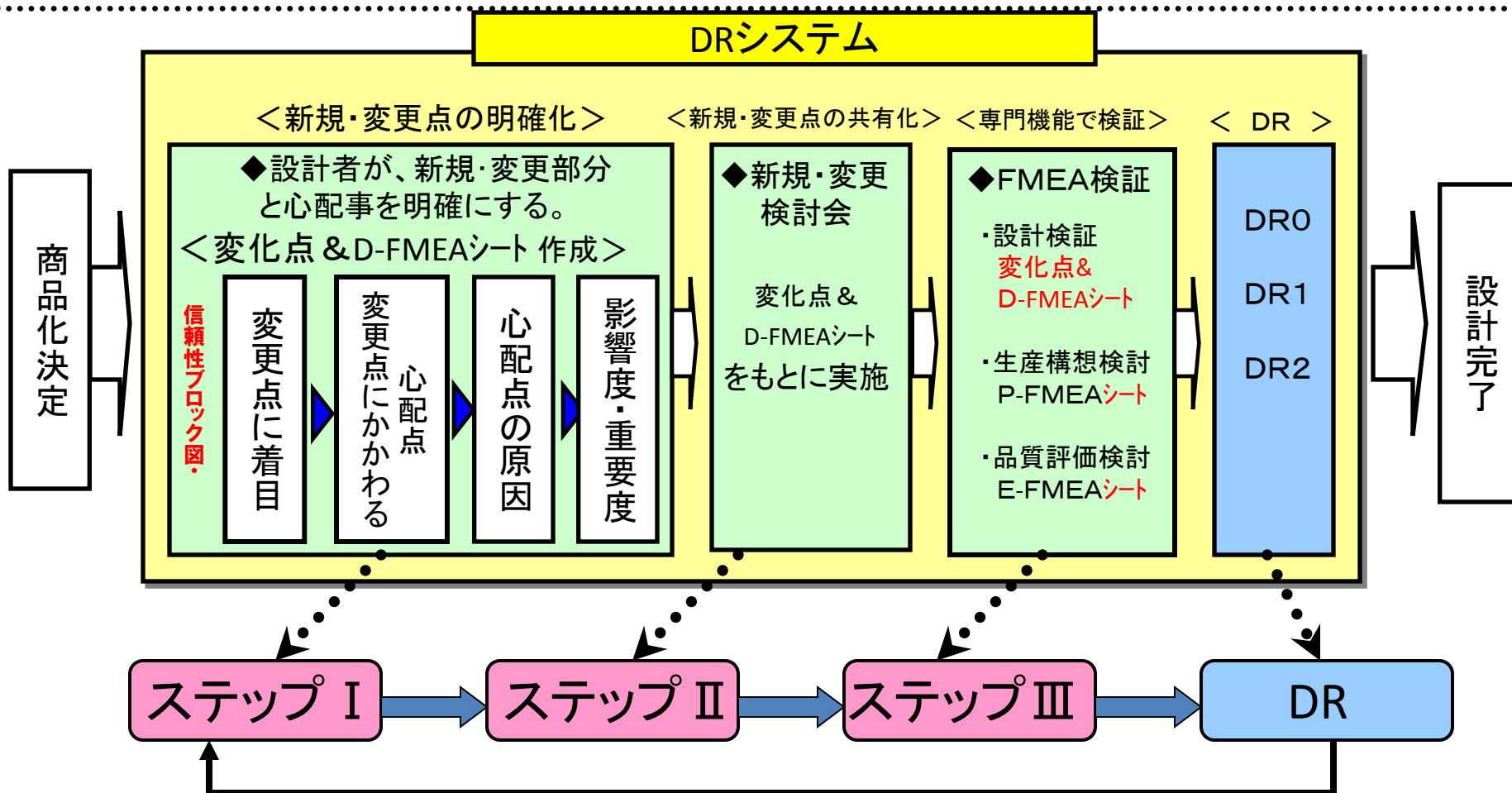
- (1) 工程全体をフローチャートや作業内容で記載し、  
その中で従来との変更点を明らかにする。  
(変えたところ、変わったところ = 不具合発生リスク高い)
- (2) 変更点(=心配な箇所)に対して、重点的に実施する。  
＜変えていないところは、再発防止を心がける＞
- (3) 適切なタイミングで、適切な実践メンバーによって取り組む。  
“叡知を結集する”
- (4) 未然防止(=事前に行う)の考え方を十分理解する。  
試作をやって不具合を見つけるのではなく、試作は大丈夫ということを  
確認する場と考える。

# 工程FMEAのフォーマット例

プロセス機能 作業内容	潜在的 故障モード	潜在的 故障影響	厳 し さ	ク ラ ス	潜在的 故障原因/ メカニズム	発 生 頻 度	現行の プロセス 管理 予防	現行の プロセス 管理 検出	検 出 可 能 性	リ ス ク 優 先 数	推奨処置	責任者 完了目標日	処置結果				
													取られた 処置	厳 し さ	発 生 頻 度	検 知 可 能 性	リ ス ク 優 先 数
人手によるドア内 側へのワックスの 散布  腐食を遅らせるた め、ワックス厚さ 最小の面を少なく する	規定面に対 するワックス 塗布不十分	ドアの寿命の劣化 は以下をもたらす。  ・塗膜面からの発 錆による外観不良  ・ドア内部のハード ウェアの機能障害	7		スプレーヘッド の人手による差 し込み深さが浅 い	8		1時間1回の目視 チェック 1シフトにつき1回 の膜厚測定(膜圧 計)及び塗布範囲 チェック	5	280	スプレーヘッドの 差し込みリミット 装置の追加  スプレーの自動 化	製作技術部 9X.10.15  製作技術部 9X.12.15	リミット追加、オンライン でチェック  同一製作ラインで異なる ドアを扱う複雑さのため却下	7	2	5	70
			7		スプレーヘッド の詰まり ・粘度が高すぎる ・温度が低すぎる ・圧力が低すぎる	5	作業開始時及び 作業中断後のス プレーパターン試 験、並びにスプ レーヘッド清掃の 予防保全プログ ラム	1時間1回の目視 チェック 1シフトにつき1回 の膜厚測定(膜圧 計)及び塗布範囲 チェック	3	105	粘土、温度、圧 力の関係に對し て、実験計画法 の適用	製作技術部 9X.10.01	温度と圧力の限界値を 決め、リミット制御を装 着 管理図によるとプロセス は管理状態にある: Cpk=1.85	7	2	2	28
			7		スプレーヘッド の衝撃による変 形	2	ヘッドに対する予 防保全プログラ ム	1時間1回の目視 チェック 1シフトにつき1回 の膜厚測定(膜圧 計)及び塗布範囲 チェック	2	28	なし						
			7		スプレー時間不 十分	8		作業員指示書、 並びに重要部分 に塗布されている かのチェックをロッ トサンプリングで 実施(1シフトにつ き10ドア)	7	392	スプレー時間を 計るタイマーの装 着	整備部 9X.09.15	自動スプレータイマー装 着 作業員がスプレーを開 始し、時間がくるとタイ マーが遮断する。 管理図によるとプロセス は管理状態にある: Cpk=2.05	7	1	7	49

◆システムの狙い：変化点(新規・変更)を**早期に抽出し**、開示・共有化

「変えた所」「変わってしまった所」に注目





# DR (デザインレビュー)の狙い

2

## 品質クレームの主要原因

- 新規設計
- 新規市場
- 変化点

- 新しい設計方式
- 新しい製造方式
- 今までと異なった製品の使用条件

最適設計

## 設計への要請内容

- ・性能、・原価、・安全性、・信頼性
- 生産性、・周囲への影響、・保全性、
- ・サービス性、・ライフサイクルコスト
- 人間工学的要素、・デザイン、・法規
- など製品全般について

神様はいない → 個別専門家(設計担当者等)の知識不足、情報不足、思い込みを排除

変化点を早期に  
関係者で共有化 → 新規・変更検討会の実施

## DRの実施

設計部門の技術的能力

- 設計者個人の技術能力
- 組織的に保有されているノウハウ  
(標準、基準)

社内外の衆知を結集

関連する分野の経験豊富な専門家

+

設計の評価と見直しを計画的・組織的・体系的に行う

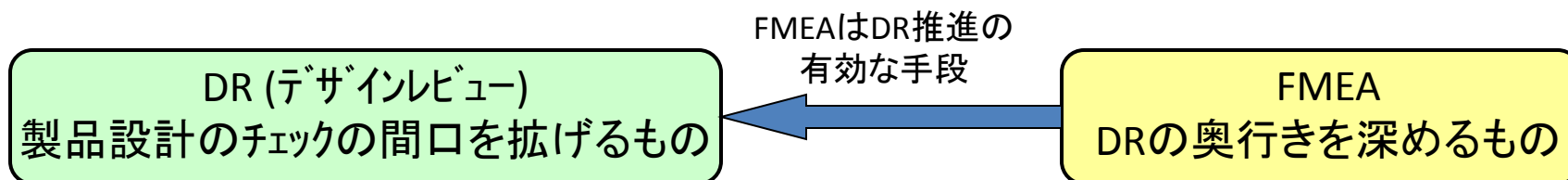
★ 市場品質の確保

★ コストの最適化

★ 設計変更の削減

の實現

# DR と FMEAの関係

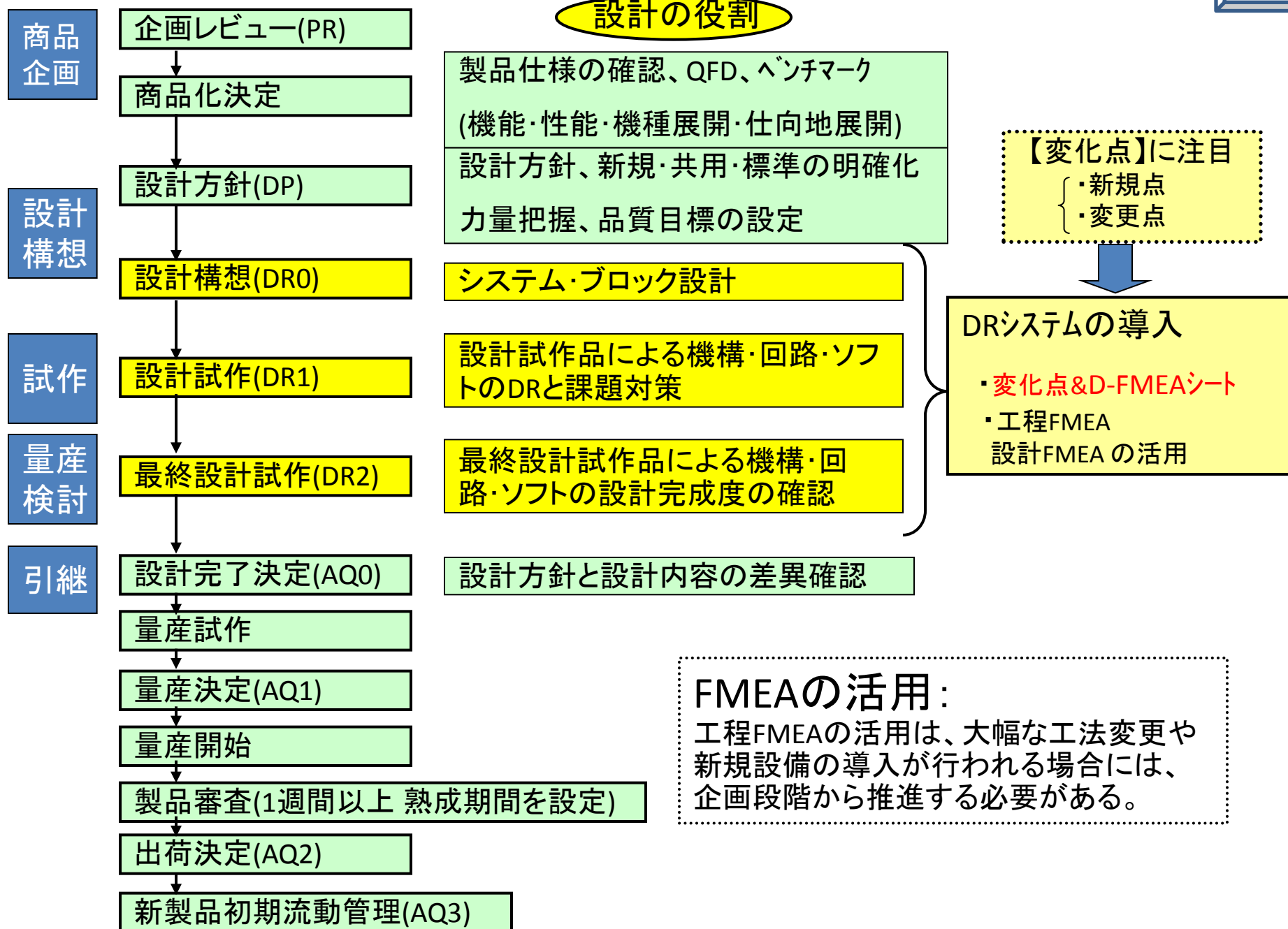


	DR	FMEA
検討項目	製品／ <b>部品</b> の性能、原価、安全性、信頼性、生産性、周囲への影響、保全性、サービス性、ライフ・サイクル・コスト、人間工学的要素、デザイン、法規 など製品全般について	製品／ <b>部品</b> の故障の予防、安全性の改善が中心
参加者	各専門分野の経験のある有識者 (販売、設計、デザイン、購買、生産技術、製造、検査、輸送、サービス、品質管理、原価、法務、特許)	<b>技術者が中心</b> <b>【モノづくり関連: 設計/生産技術/製造/品質】</b> (材料／信頼性／安全技術者、その設計に影響を受ける次工程の設計者、生産技術者、製造担当者、品質管理技術者、サービス技術者、さらに特定の購入品については供給側の技術者)
	<b>部材／工法／故障物理など固有技術を有した社内外のエキスパート</b>	

※ DR と FMEA(FTAも同様)は、設計不具合の未然防止の手段と言える

# 【新製品開発フローとの関係】 (※コンカレント開発マニュアル参照)

4



# 「変化点 & D-FMEAシート」

5



システム全体の機能を考慮して重要度を5段階に分け、「リコール」「火災」など、最重要問題に気づくために行う。

No.	サブシステム/ブロックの新規/変更点	機能	変更に関わる心配点		心配点はどうな場合に生じるか			お客様への影響	影響度
			変更がもたらす機能の喪失、商品性の欠如	他に心配事は無い	発生度	原因・要因	他に考えるべき要因は無い		

故障モードをお客様の立場から検討する。  
「異音」「操作がしにくい」など

新規・変更検討会で  
議論を深める

「〇〇不良」の表現はしない。「何処の部位がどの様に不良なのか」を文章で具体的に書く。

心配点を除くためにどんな設計をしたか (設計遵守事項/設計標準/チェックシート等)	重要度	推奨する対応						対応の結果、実施した活動	再評価		重要度	判定
		設計へ反映すべき項目	担当／期間	評価へ反映すべき項目	担当／期間	製造へ反映すべき項目	担当／期間		発生度	影響度		

重要度=発生度×影響度

設計部門では、創意工夫により発生を押さえることが使命である。従って、検出度を除いた帳票にしている

誰が、何時までに  
を明記する

影響度は、変化しないので、  
同じ値となる

# FMEAの記入事例

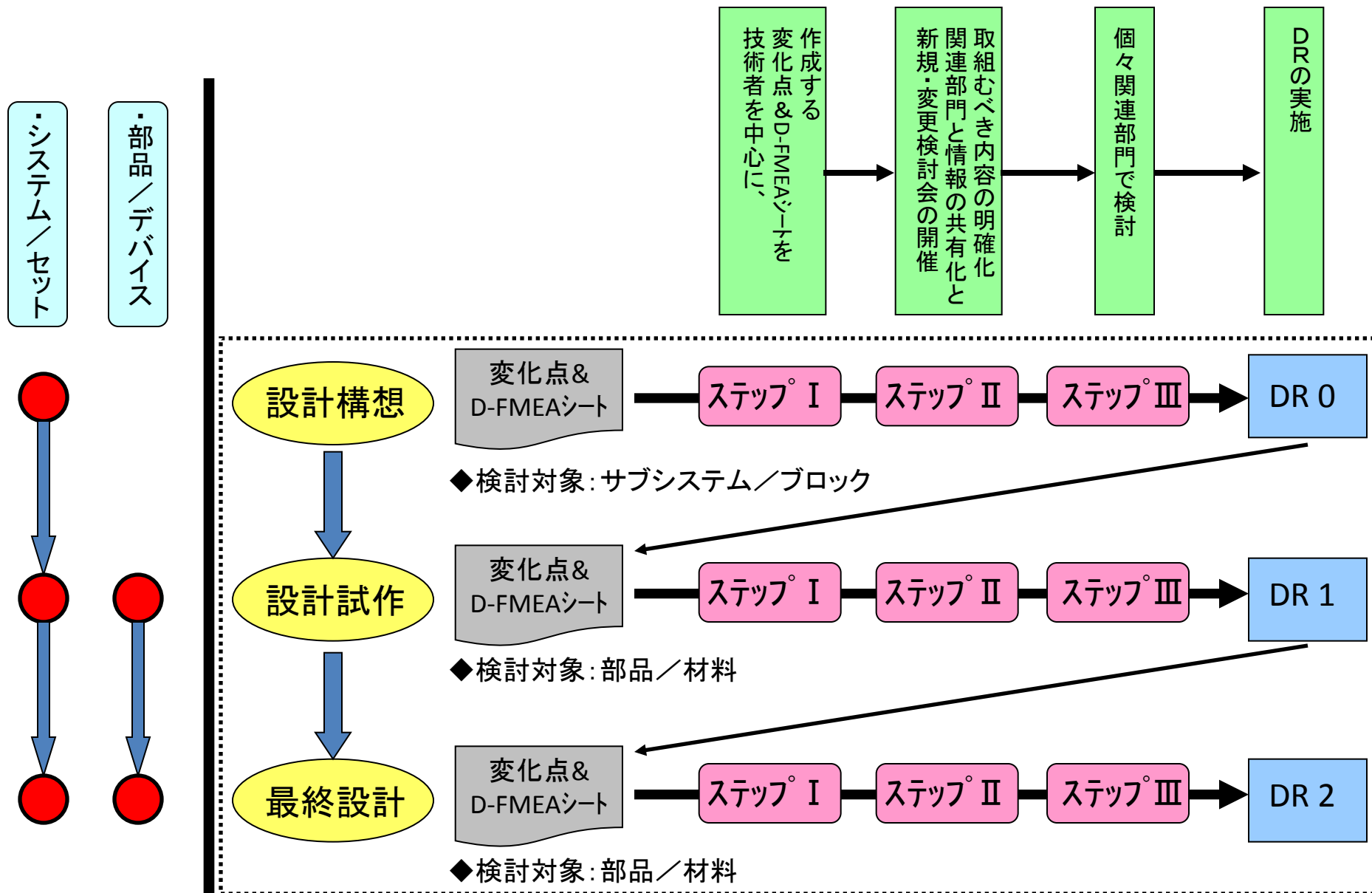
No.	部品名 と新規/ 変更点	狙い	起こりうる故障内容			品質目標	品質確認(上段:確認方法、下段:判定基準)		
			1次	2次	3次		机上解析	単品テスト	実用テスト
	▲▲の材質 変更  ○○→△△	・材質強度向上	▲▲部温度大  ▲▲部応力大	▲▲部クラック  ▲▲付着冷却油最大	▲▲部破損  ▲▲磨耗大 オイル劣化	▲▲部温度 ▼℃  ▲▲部温度 ▼℃  ▲▲温度勾配 ▼℃/cm以下	FEM解析 ▲▲部熱応力 ▼ kg/m <sup>2</sup> ▲▲部温度勾配 ▼℃/cm以下	部品加熱テスト ▲▲部熱応力 ▼ kg/m <sup>2</sup> ▲▲部温度勾配 ▼℃/cm以下	温度分布測定 ▲▲部側温実施 ▲▲部側温実施(条件▲▲) ▲▲付着なきこと ▲▲部冷却油温 ▼℃以下 オイル劣化なきこと ▲▲部破損なきこと ▲▲部磨耗なきこと
		・摩擦馬力の低減	▲▲膨張係数少	▲▲部クリアランス不良  ▲▲部プロフィル不適	▲▲部スカッフ  ▲▲部オイル消費大	▲▲部寿命 [耐磨耗性 ▼℃/h以上]  オイル消費率 初期 ▼% ▲▲h時 ▼%	シミュレーション計算 ▲▲部クリアランス ▼▼ ~ ▼▼以内	耐磨耗性テスト ▲▲hにて磨耗 ▼ミロン以下  同上形状測定 ▲▲部表面粗さ ▼ミロン以下	%加速テスト ▲▲hにて下記 不具合なきこと [……] ▲▲hにてオイル消費率▼%以下

# FMEAの記入事例

No.	新規/ 変更の 工程名	工程の 機能	故障 モード	故障 モードの 影響	故障 モードの 原因	故障 モードの 検出方法	評価			重要 度	対策の 着眼点	処置・対策内容 (発生源対策) (検出対策)	再評価			重要 度	判 定
							発 生 度	影 響 度	検 出 度				発 生 度	影 響 度	検 出 度		
	新規/変更 の工程名 を記入す る	解析しよう とする工 程の機能 を具体的 にを記入 する	考えられる 不良モード を全て記 入する。発 生する可 能性があ る故障 モードも全 て記入す る	故障モードが その製品(サブ システム/部品) に及ぼす影 響を記入する	4Mほか、故 障モードを引 起すと考えら れる全ての 原因を記入 する。	故障モード又 は、推定原因 が発生した時、 どの時点で検 出できるかを 示すもので、下 記の項目から 選出する。 部材受入検査 /加工時/組込 み時/工程検 査/ 完成品検 査/ 出荷検査/ ユーザー/市場	重要度 ＝発生度 ×影響度 ×検出度			重要度の 高い故障 モードに ついて、 製造(可能 ならば設 計)上の留 意点を記 入する。	重要度評価点数で、3 ×3×3＝27点以上の もの、又は発生頻度／ 影響度／検出度の評 価点が1つでも5がある 重要度の高い不良 モードに対して、対策を 記入する。可能な限 り、設備・治工具など の発生源対策で、人的 要素の入らないものが 望ましい。	重要度 ＝発生度 ×影響度 ×検出度 (対策後も影響度 は変わらない)			課 題 が 無 い こ と を 確 認 す る		

特に、設備・治工具・金型 等の視点を忘れないように !!

# DRシステムの流れ



## ステップⅠ

- 設計者が、新規・変更部分と心配点を明確にする

“DR1”以降は、部品／材料で行う

### < 変化点 & D-FMEA シート >

品名:  
品番:

作成者:

作成日:  
修正日:



No.	サブシステム/ブロックの新規/変更点	機能	変更に関わる心配点		心配点はどうなる場合に生じるか			お客様への影響	心配点を除くためにどんな設計をしたか (設計遵守事項/設計標準/チェックシート等)	重要度	推奨する対応						対応の結果、実施した活動	再評価		重要度	判定
			変更がもたらす機能の喪失、商品性の欠如	他に心配事は無いかな	発生度	原因・要因	他に考えるべき要因は無いかな				設計へ反映すべき項目	担当/期間	評価へ反映すべき項目	担当/期間	製造へ反映すべき項目	担当/期間		発生度	影響度		
			ステップⅠで実施する ステップⅡで検証する								ステップⅡで 議論する										
						DRで確認する															

ステップⅠで実施する  
ステップⅡで検証する

ステップⅡで  
議論する

DRで確認する

## ステップⅡ

- 1W以上前に、関係者へ「変化点 & D-FMEAシート」を配布する
- 「新規・変更検討会」を開催する
- 技術・製造・品質等の関連職能が集まり、新規・変更部分を共有化する
- 「変化点 & D-FMEAシート」に書かれた各項目について検証する
- 推奨する対応を議論する

例: 材料強度、耐熱等 ⇒ 評価へ反映 E-FMEA  
製造仕様関係(検査) ⇒ 製造へ反映 P-FMEA



### ステップⅢ

- 専門職能の立場で、変化点に関するFMEAを実施する

- ★設計へ反映すべき項目 → 変化点 & D-FMEAシートを  
「新規・変更検討会」の議論結果を  
「変化点 & D-FMEAシート」にまとめる  
レビュー
- ★評価へ反映すべき項目 → E-FMEAの実施  
(評価項目の中で重要なものについて検証)
- ★製造へ反映すべき項目 → P-FMEAの実施  
(変化点が影響を及ぼす工程の検証)
- 样式例は次頁

DR

- 変化点 & D-FMEAシート
- の結果を持ち寄り、DRを実施する

< E-FMEAシート >

品 名:  
品 番:

作成者:

作成日:  
修正日:

No.	部品名 と新規/ 変更点	狙い	起こりうる故障内容			品質目標	品質確認(上段:確認方法、下段:判定基準)		
			1次	2次	3次		机上解析	単品テスト	実用テスト

< P-FMEAシート >

品 名:  
品 番:

作成者:

作成日:  
修正日:

No.	新規/ 変更の 工程名	工程の 機能	故障 モード	故障 モードの 影響	故障 モードの 原因	故障 モードの 検出方法	評価			重要 度	対策の 着眼点	処置・対策内容 (発生源対策) (検出対策)	再評価			重要 度	判定
							発生 度	影響 度	検出 度				発生 度	影響 度	検出 度		

# FMEAの記入事例

No.	部品名 と新規/ 変更点	狙い	起こりうる故障内容			品質目標	品質確認(上段:確認方法、下段:判定基準)		
			1次	2次	3次		机上解析	単品テスト	実用テスト
	▲▲の材質 変更  ○○→△△	・材質強度向上	▲▲部温度大  ▲▲部応力大	▲▲部クラック  ▲▲付着冷却油最大	▲▲部破損  ▲▲磨耗大 オイル劣化	▲▲部温度 ▼℃  ▲▲部温度 ▼℃  ▲▲温度勾配 ▼℃/cm以下	FEM解析 ▲▲部熱応力 ▼ kg/m <sup>2</sup> ▲▲部温度勾配 ▼℃/cm以下	部品加熱テスト ▲▲部熱応力 ▼ kg/m <sup>2</sup> ▲▲部温度勾配 ▼℃/cm以下	温度分布測定 ▲▲部側温実施 ▲▲部側温実施(条件▲▲) ▲▲付着なきこと ▲▲部冷却油温 ▼℃以下 オイル劣化なきこと ▲▲部破損なきこと ▲▲部磨耗なきこと
		・摩擦馬力の低減	▲▲膨張係数少	▲▲部クリアランス不良  ▲▲部プロフィル不適	▲▲部スカッフ  ▲▲部オイル消費大	▲▲部寿命 [耐磨耗性 ▼℃/h以上]  オイル消費率 初期 ▼% ▲▲h時 ▼%	シミュレーション計算 ▲▲部クリアランス ▼▼ ~ ▼▼以内	耐磨耗性テスト ▲▲hにて磨耗 ▼ミロン以下  同上形状測定 ▲▲部表面粗さ ▼ミロン以下	%加速テスト ▲▲hにて下記 不具合なきこと [……] ▲▲hにてオイル消費率▼%以下

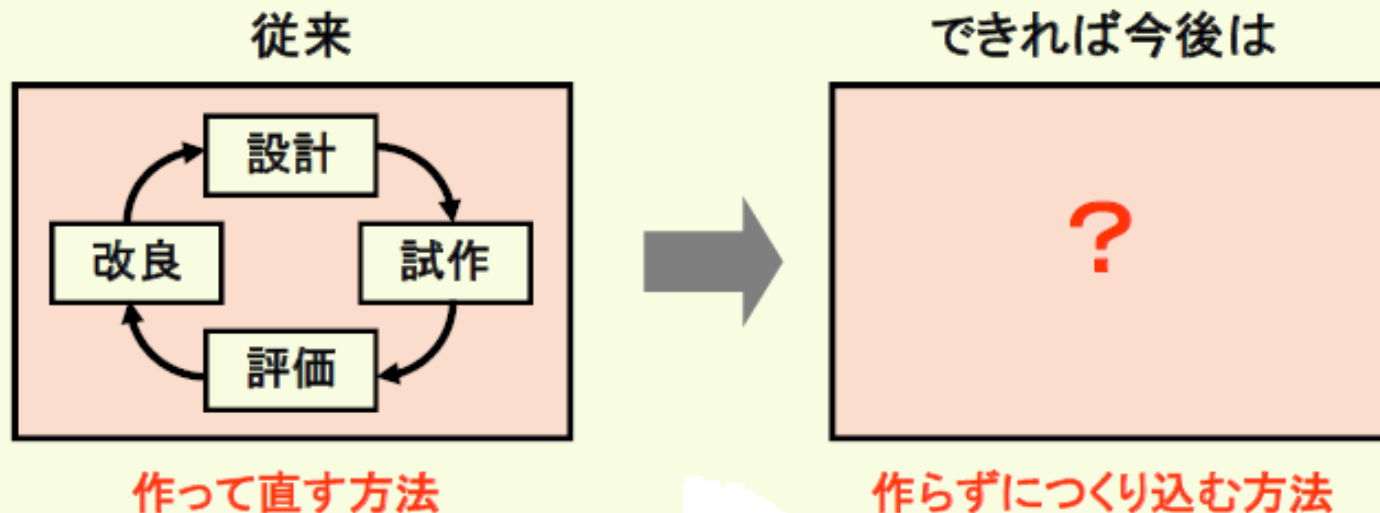
# FMEAの記入事例

No.	新規/ 変更の 工程名	工程の 機能	故障 モード	故障 モードの 影響	故障 モードの 原因	故障 モードの 検出方法	評価			重要度	対策の 着眼点	処置・対策内容 (発生源対策) (検出対策)	再評価			重要度	判定
							発生 度	影響 度	検出 度				発生 度	影響 度	検出 度		
	新規/変更 の工程名 を記入する	解析しよう とする工 程の機能 を具体的 に記入する	考えられる 不良モード を全て記入 する。発生 する可能性 がある故障 モードも全 て記入する	故障モードが その製品(サブ システム/部品) に及ぼす影 響を記入する	4Mほか、故 障モードを引 起すと考えら れる全ての 原因を記入 する。	故障モード又は、推定原因 が発生した時、 どの時点で検 出できるかを 示すもので、下 記の項目から 選出する。 部材受入検査 /加工時/組込 み時/工程検査 /完成品検査 /出荷検査/ ユーザー/市場	重要度 ＝発生度 ×影響度 ×検出度				重要度の 高い故障 モードに ついて、 製造(可能 ならば設計) 上の留意点 を記入する。	重要度評価点数で、3 ×3×3＝27点以上の もの、又は発生頻度／ 影響度／検出度の評 価点が1つでも5がある 重要度の高い不良 モードに対して、対策を 記入する。可能な限 り、設備・治工具な どの発生源対策で、人的 要素の入らないものが 望ましい。	重要度 ＝発生度 ×影響度 ×検出度 (対策後も影響度 は変わらない)			課 題 が 無 い こ と を 確 認 す る	

特に、設備・治工具・金型 等の視点を忘れないように !!

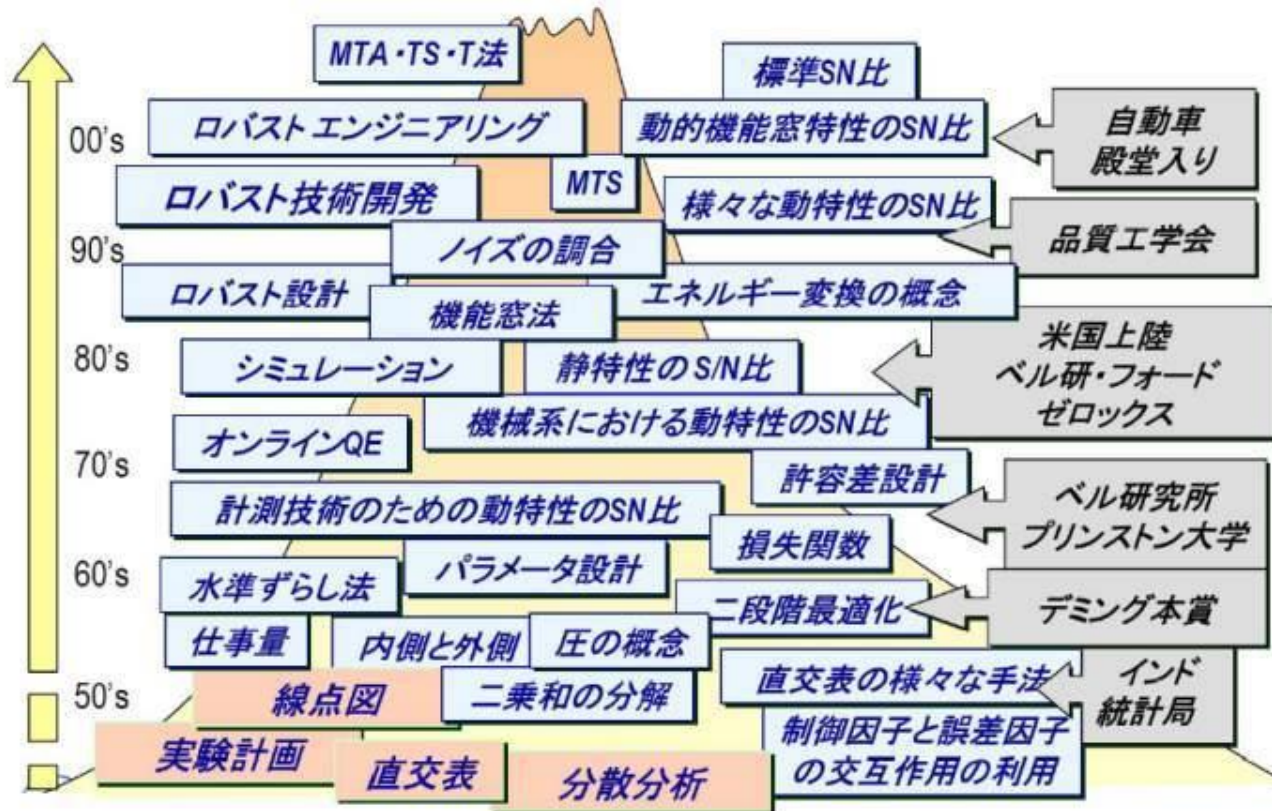
# 多くの企業の開発プロセス・品質に関する慢性課題

- 多くの企業では、高品質な製品を開発するために、品質試験を手厚くしている  
その結果として、
  - 多くの工数と費用が品質試験に費やされる
  - 品質問題対策に工数と費用が費やされている
  - そのうえ、
  - 試験で見つけからなかった品質問題が市場に流出してしまう
- ⇒ 従来からの開発方式は大きな問題点を抱えている



# 品質工学とは？

希望した特性を安定的に実現し  
満足のいく品質を獲得する方法



※ 田口博士により、品質工学のベースが出来上がった。歴史は古い

# 品質工学と信頼性工学の違い

## 品質工学と信頼性工学の違い

品質工学	
目的	良品の品質を評価
定義	品質とは製品を社会に出荷した後の損失(初期ばらつき+環境ばらつき+劣化ばらつき)
評価尺度	SN比 $\eta$ (機能の確実性) $\eta(\text{db}) = 10 \log \frac{\beta^2}{\sigma^2}$
道具	直交表(交互作用実験)
解析手法	機能性の評価 (SN比)
ノイズの扱い	正側と負側の最悪条件で正常状態を評価する

信頼性工学	
目的	故障品の評価
定義	製品の機能の時間的安定性
評価尺度	故障率( $\lambda$ ),信頼度,平均寿命 MTBF (平均故障間隔) = $1/\lambda$
道具	ワイブル確率紙
解析手法	機械故障のワイブル解析
ノイズの扱い	ランダムに組合せて破壊するまで寿命試験する



# 異常の判定と問題点

## [異常判定システムの例]

### [人間ドック]

簡単な検査で健康上の異常を検知



## [判定システムの問題点]

- ①病気でないのに異常と判定
- ②病気を見逃してしまう

### [火災検知器]

簡単な設備で火災を検知



- ①火事でないのに火事と判定
- ②火事を見逃してしまう



判定問題には、必ず2種類の誤りが伴う

- ①正常を異常と判定してしまう誤り (統計では第1種の誤りという)
- ②異常を見逃してしまう誤り (統計では第2種の誤りという)

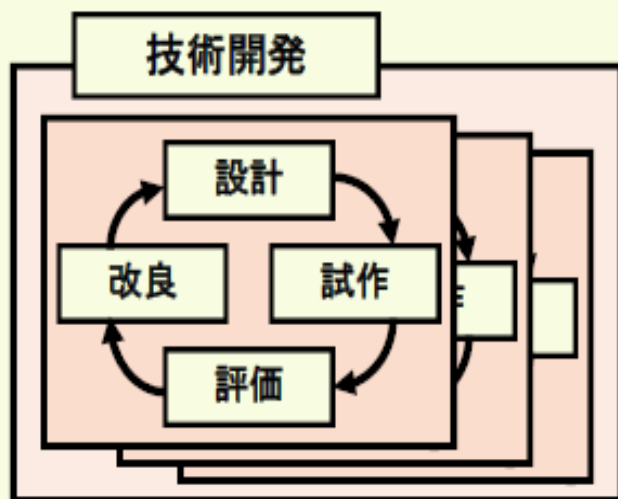
第2種の誤りを減らそうとするので、あまりにも第1種の誤りが多い！



# 品質工学活用狙い

従来

陥りやすい  
開発パターン



PF・商品開発

設計変更多発

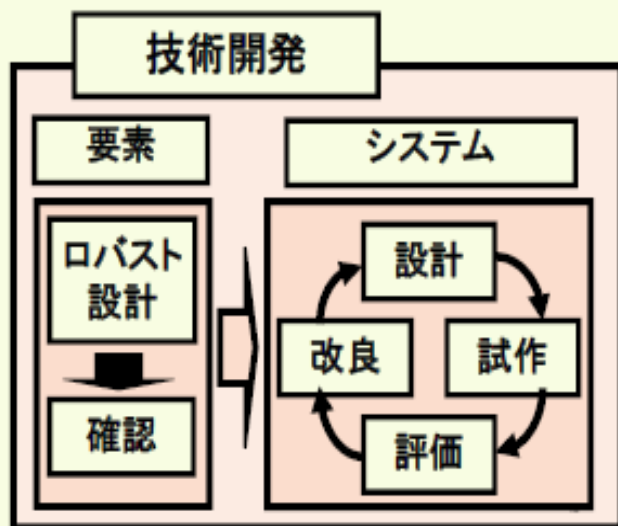
品質  
問題

市場

技術確立の遅れ ⇒ 商品開発の遅れ ⇒ 試作とテストの繰り返し ⇒ 開発長期化 ⇒ 品質問題流出

狙い

手戻りのない  
開発



PF・商品開発

品質設計

商品開発(ワンモデル)

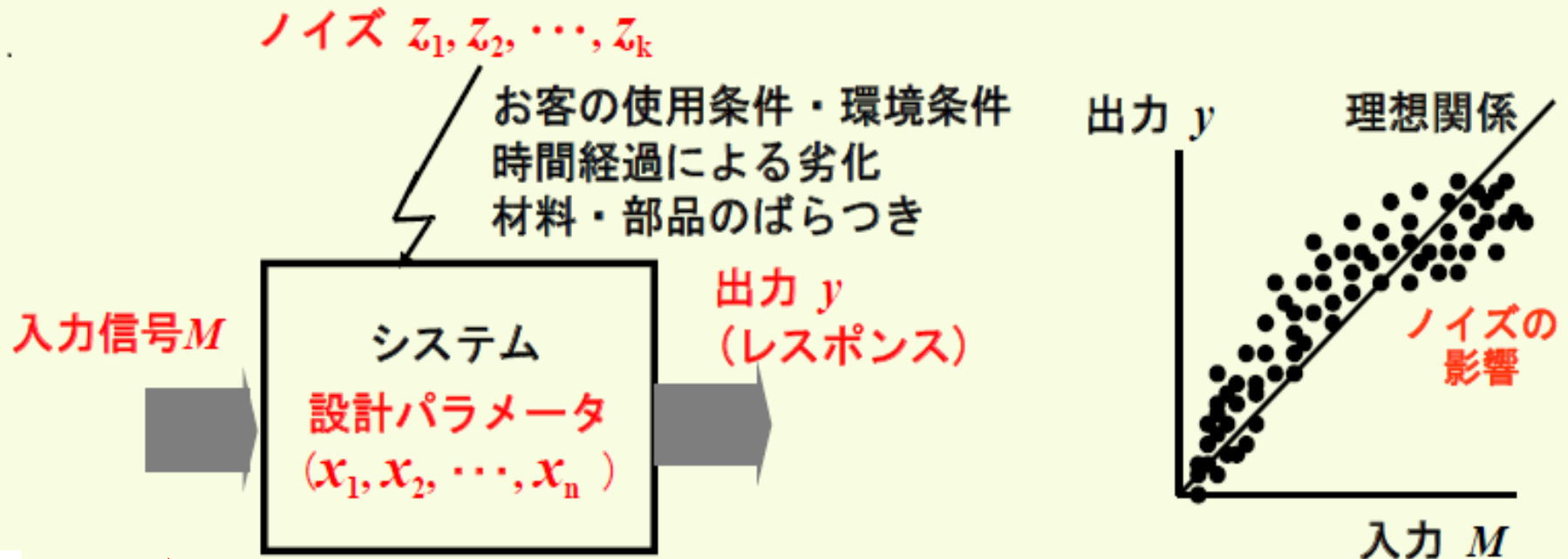
市場

技術作り込み加速／移行判断の確実性向上 ⇒ 初期作り込みレベル向上／問題早期発見 ⇒ トラブル低減

# ロバスト設計＝品質工学の中心手法

- 品質工学＝タグチメソッド（欧米での呼び方）
- ロバスト設計を中心とする品質を作りこむための方法論
- ロバスト設計とは？

ノイズに対して強くなるように設計パラメータ値を決める



➡ 使い方のバラつきや環境変化に強くし劣化し難い設計を行う

## 伝統的実験計画法

- (1) 特性の平均値を取り扱う
- (2) 平均値の変化を解析
- (3) 分散分析の知識が必要

## ロバスト設計

- (1) ばらつきや劣化の評価方法  
⇒ 誤差因子の導入
- (2) ばらつきや劣化の数値化  
⇒ SN比の導入
- (3) 統計的検定を行わない

拡張

ばらつき  
や  
劣化を  
取り扱う

実験計画法  
が主に使わ  
れてきた場

設計

原因究明/  
改善

試作

事後処理

試験  
(トラブル抽出)

拡張

未然防止

ロバスト  
設計の場

設計

原因究明/  
改善

試作

試験  
(トラブル抽出)

採取すべき  
データ

〔 入出力の  
ロバストネス 〕

	ロバスト設計	伝統的実験計画法
目的	特性のばらつきや劣化を変える設計パラメータを見出し、そのパラメータの値をノイズの影響(ばらつき)が小さくなるように設定する。	特性の値を変える要因を見出し、目標値を満たすように、要因の値を設定する。(特性の平均値を扱う)
使用する実験計画手法	二乗和の分解、直交表などの実験計画手法を使用する。要因効果を見るのに、因子の水準平均による要因効果図を利用する。	同左
誤差の考え方	ばらつきを発生させるノイズに着目し、その影響を小さくしようとする。	要因効果の定量的な判定を乱すものが誤差で、実験・解析することにより、要因効果と誤差を分離する。
因子	因子はその性格から、信号因子、制御因子、誤差因子に分類する。制御因子は直交表にわりつけ、信号因子と誤差因子は、ばらつきや劣化の評価条件として使用する。	特性値を変化させるものの中から、その効果を実験で見ようとするものが因子。見たい因子の効果と交絡しないように、特に技術的興味はないが、ブロック因子を取り上げることもある。
因子間の交互作用	制御因子間に交互作用があれば最適化が困難となるため、意図的に無視する。このため、直交表に制御因子間の交互作用はわりつけない。制御因子と誤差因子との間の交互作用、信号因子と誤差因子との間の交互作用を興味の対象とし、それをSN比として算出する。	因子間の交互作用も特性値を変える要因と考え、線点図などを利用して直交表に交互作用をわりつけて、効果の有無を定量的に判定する。
統計的検定	ほとんど重視しない。	特に第1種の過誤を重視し、統計的検定を厳密に行う。

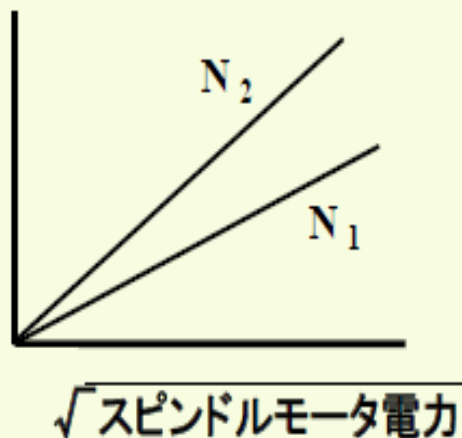


技術の入出力関係を評価し、品質不良を測定しない。

To get quality,  
don't measure quality !

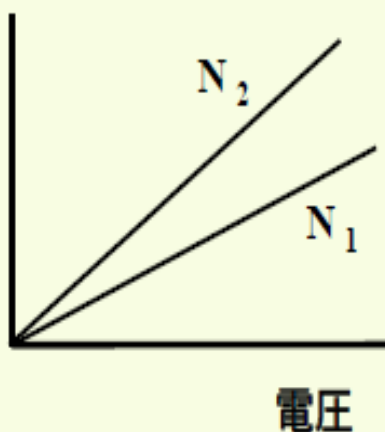
機械加工(旋盤)

$\sqrt{\text{加工重量}}$



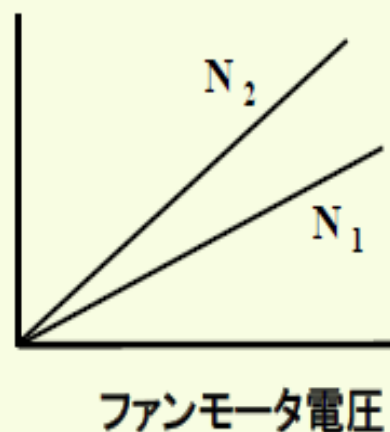
はんだ付け

電流



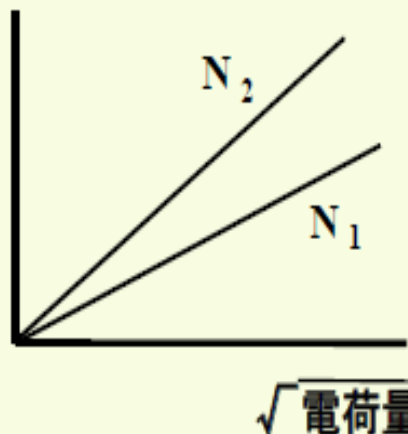
ファン冷却

風速



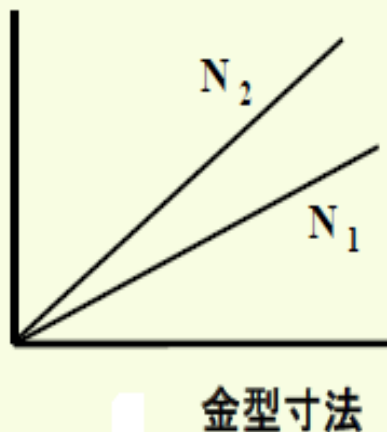
めっき

$\sqrt{\text{めっき重量}}$



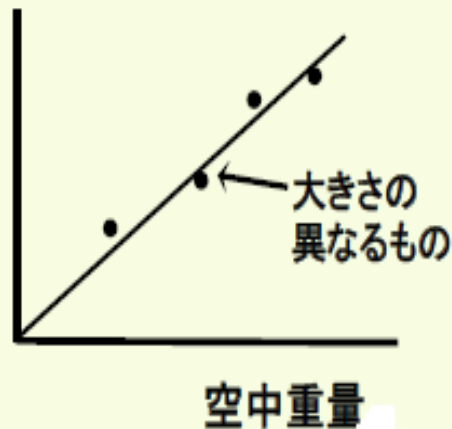
射出成型(転写)

製品寸法



射出成型(充填)

水中重量



# 異常の判定と問題点

## [異常判定システムの例]

### [人間ドック]

簡単な検査で健康上の異常を検知



## [判定システムの問題点]

- ①病気でないのに異常と判定
- ②病気を見逃してしまう

### [火災検知器]

簡単な設備で火災を検知



- ①火事でないのに火事と判定
- ②火事を見逃してしまう



判定問題には、必ず2種類の誤りが伴う

- ①正常を異常と判定してしまう誤り (統計では第1種の誤りという)
- ②異常を見逃してしまう誤り (統計では第2種の誤りという)

第2種の誤りを減らそうとするので、あまりにも第1種の誤りが多い！

# 異常判定問題の原因

統計的には、その個体(状態)が正常群の中心からどの程度離れているかで判定する

## [計測特性]

何を測って判定するか

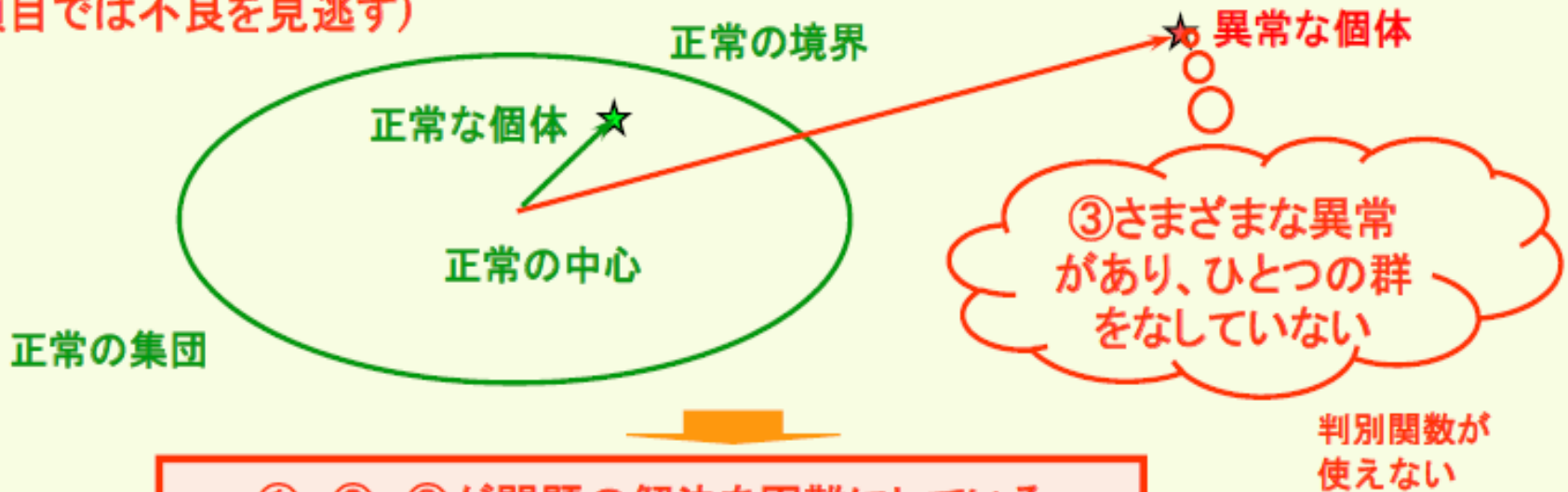
- ①多項目(多特性)である
- ②項目間に相関関係がある  
(単一項目では不良を見逃す)

## [距離の測度]

正常の中心からの距離をどのように測るか

## [判定の閾値]

正常と異常を分ける閾値(境界)の決め方



①、②、③が問題の解決を困難にしている

# 品質工学 各社推進動向

	会社	品質工学会員	推進
電機	三菱	47	品質工学センターが推進
	東芝	42	品質工学推進センターが推進、外部コンサルも実施
	日立	38	日立アプライアンス設計者は品質工学設計義務化
	パナソニック	24	モノづくり本部が全社推進
	ソニー	18	DFSS活動の1つとして定義、推進は不明
車	マツダ	23	全社推進、社内に浸透
	日産	22	信頼性技術センターが推進
	三菱自工	12	外部講師による研修(3回/月)
	トヨタ	11	自工程完結推進室が推進

※総合電機メーカー(三菱、東芝、日立): トップダウンで **推進中**

※車メーカー: 品質工学を独自に進化させて **推進中**



2013年5月発表 経営戦略

## 3. 成長戦略の基本

### ①VI戦略:強い事業をより強く

成長性  
収益性  
効率性  
健全性



品質  
工学

EMC: Electro-Magnetic Compatibility

Copyright © 2012 MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION. ALL RIGHTS RESERVED.

2007年～ 毎年継続して 記載

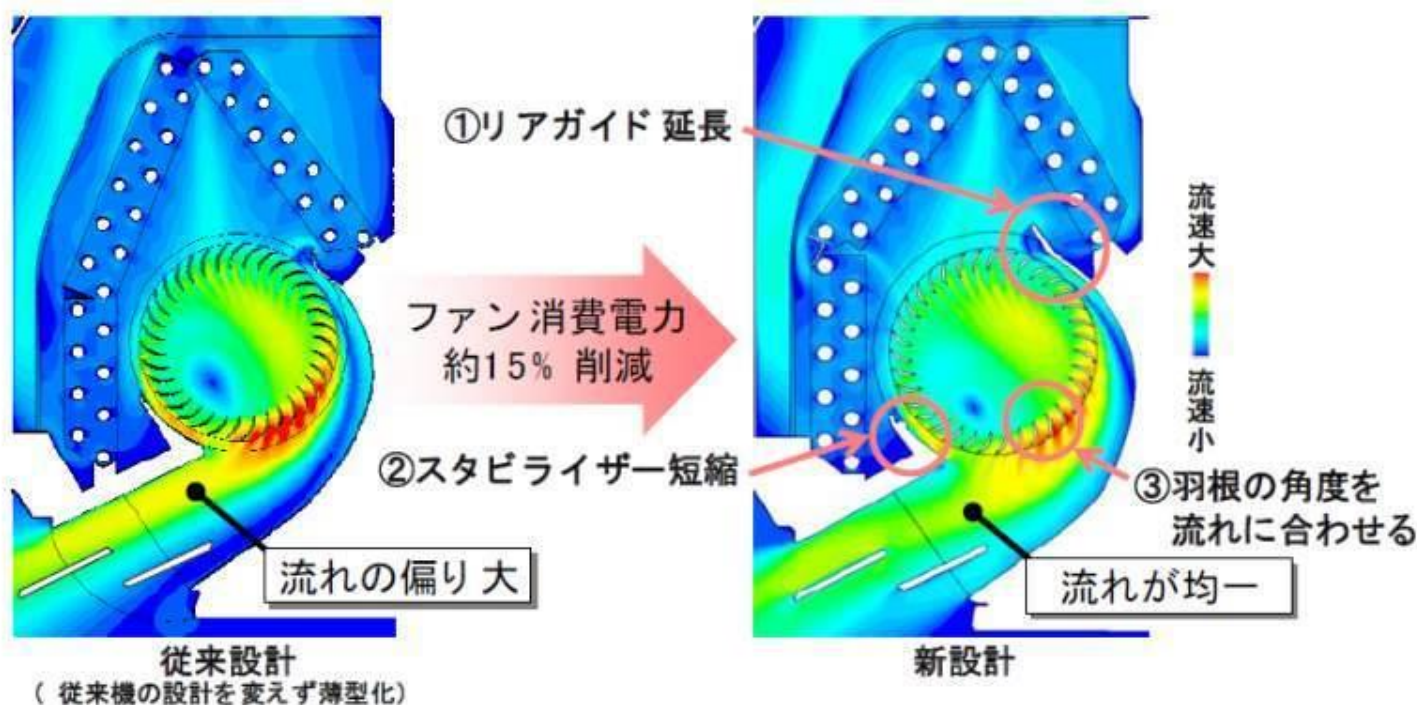
## 2013/2/14発表データ(カタログ) ルームエアコンの薄型・省エネ技術

常に進化

＜薄さと省エネの両立を実現する風路の設計について＞

従来の室内機の風路やファンの設計値をそのまま薄型の室内機に適用した場合、ファンが生み出す風の力に対して、風を吸い込むために必要な力が大きくなりすぎるため、室内機の中の風の流に偏りが生じ、ファンの消費電力が増加します。

今回、**熱流体解析**と**品質工学**を組み合わせた新たな設計技術を適用し、風路のリアガイド延長(①)とスタビライザー短縮(②)、ファンの羽根の角度変更(③)を行い、風の流を均一化しました。これにより、ファンの消費電力を約15%削減します



## ■進化しつづける開発設計手法

より安全で堅牢な商品をお客様にスピーディに提供するため、日々、最新の技術開発動向をウォッチし、果敢に新しい手法、技術を取り入れ、日々進化し続ける技術集団です。

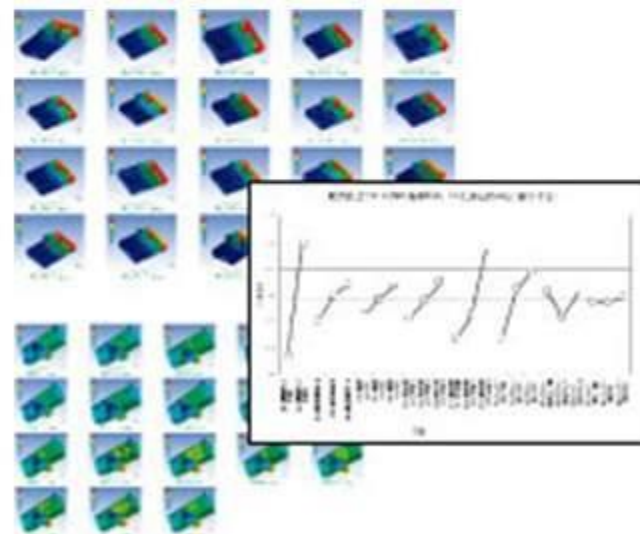
1

最新の3次元CAD、各種解析用アプリケーションを駆使、構造解析、機構解析活用による仮想設計に取り組んでいます。



2

コンピューター上での解析結果を使用した品質工学の活用で、より高品質で安定している商品を開発しています。





### 検討の対象

**空調機の室外機での空気流れ**  
目的機能：意図した方向に流す

空気流れの制御技術が重要

通常のグリル



ガードとしての強度を保ち、  
送風を妨げない形状

風向ガイド

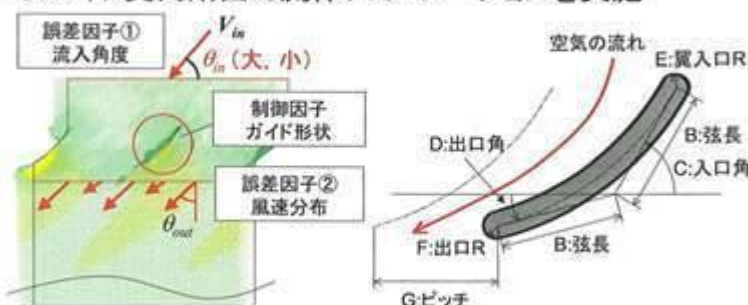


吹出し角度を大きく変化させ、  
狭小な設置スペースに対応

デザインも重要 → 機能をスマートに満足することが必要

### シミュレーション方法、各種因子

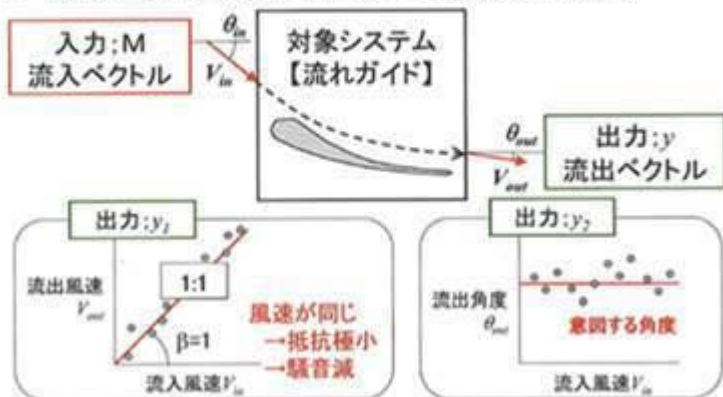
●ガイド翼列断面で流体シミュレーションを実施



シンプルモデルの流体シミュレーションでL18直交実験  
シンプルモデルでも基本機能は解析できる(数十分/モデル)。  
まともに三次元モデルを作ってしまうと... (一日がかり/モデル)。

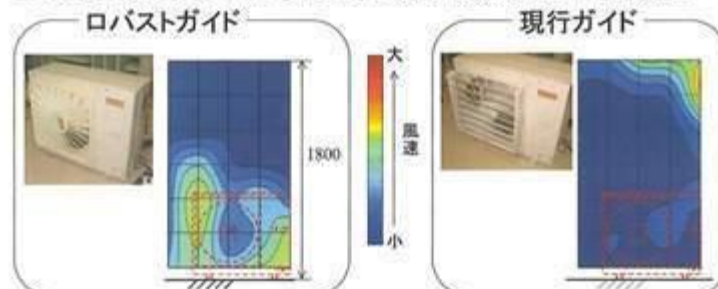
### 理想機能

● 速度ベクトル(速さ・角度)で理想機能を定義



### 製品形状での省エネ性能

●吹出し面から1mの位置における風速分布を測定



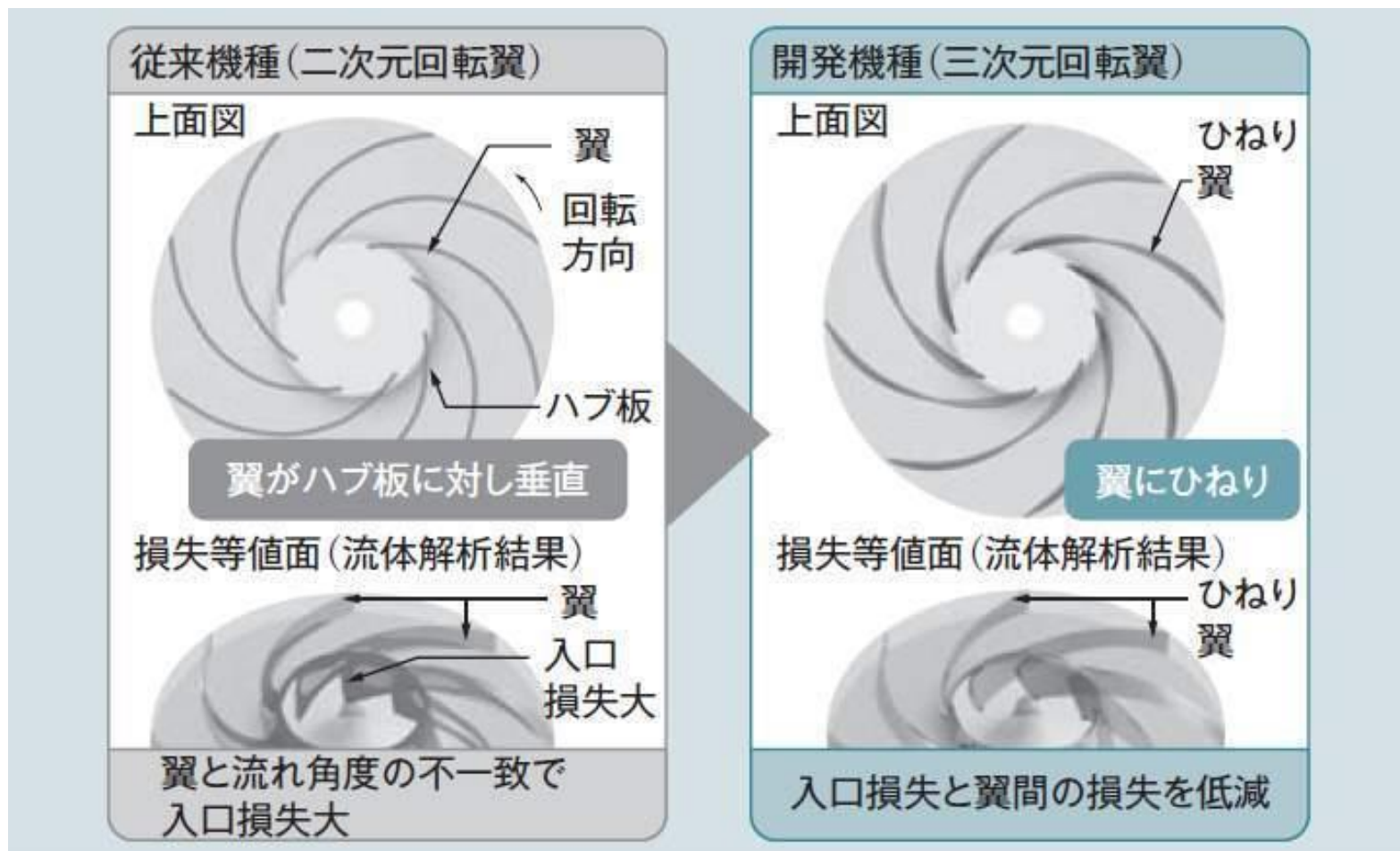
**風速分布の改善により、送風機の電力を約25%低減**

本検討は、(有)カミヤシンクタンク 神谷幸克先生のご指導を賜りました。  
ここに厚く御礼申し上げます。

2011年日立評論

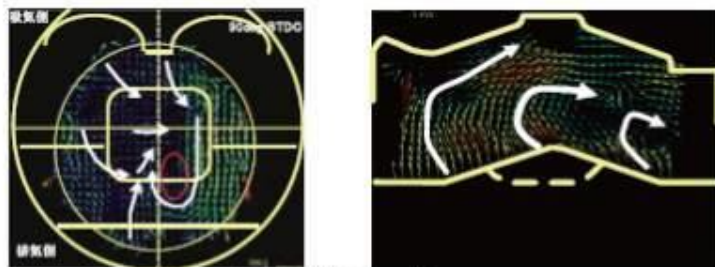
## 掃除機用ファン

2次元→3次元ファンにて、寸法等をパラメータにして、損出低減を実施

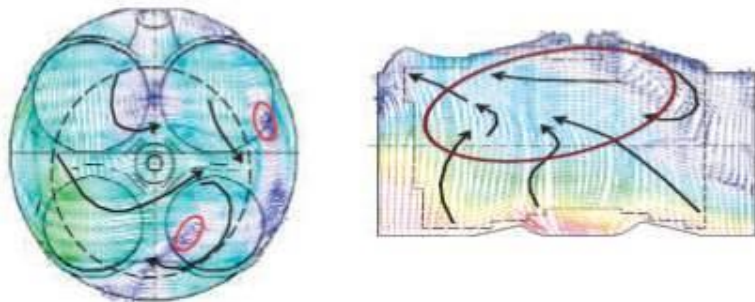


## SKYACTIV-GにおけるCAEの活用

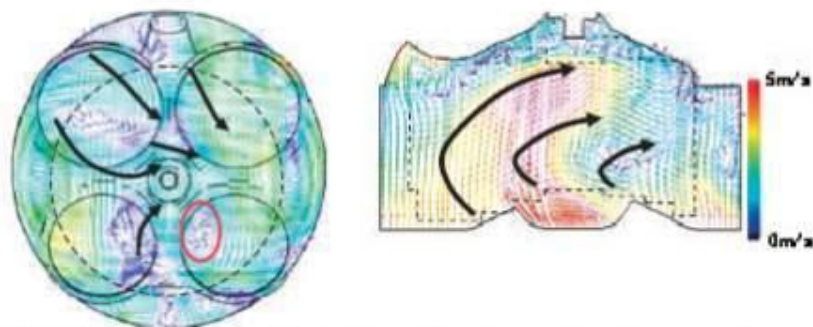
## エンジン筒内の流動解析技術



(a) PIV Results



(b) Calculation Results in Past Configuration Parameters



(c) Calculation Results in New Configuration Parameters

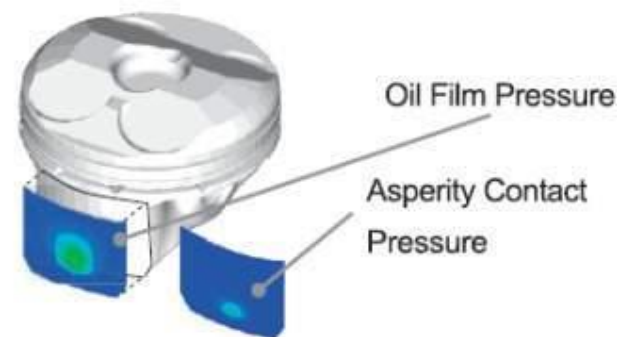
## ①実測とCAEの合わせ込み・確認

デフォルト設定では傾向も合わない

- ・測定技術開発
  - ・CAEノウハウをデータ化・プログラム化
- 誰でも同じ様に使えるインターフェース

## ②最適化

- ・多目的最適化: GA、応答曲面法
- ・ロバスト設計: 直交実験



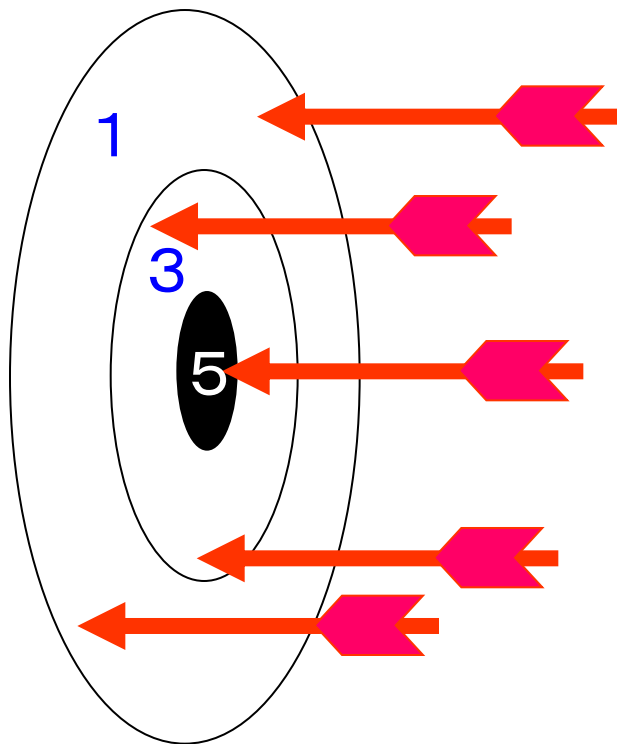
ロバスト性を考慮したピストンスペック

# ■基本機能の最適化

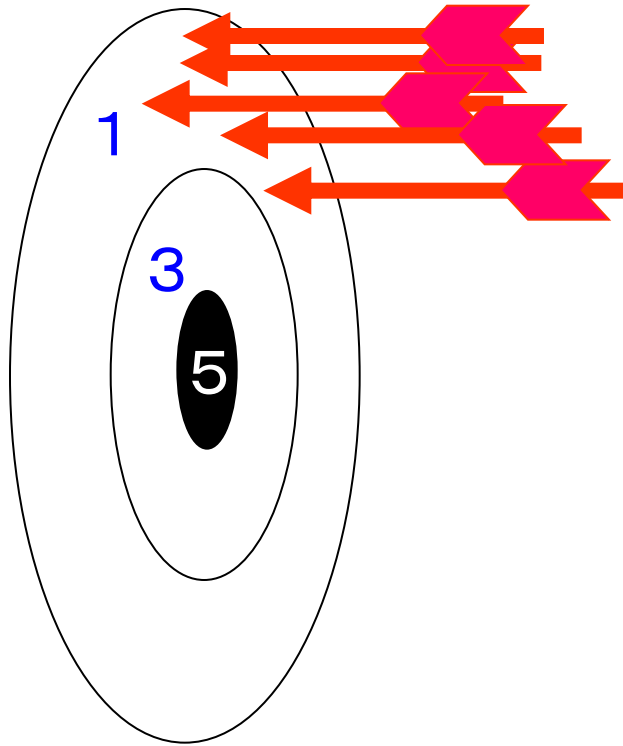
## ●弓矢の的あて競争

Aさんの場合

得点 11点



# ■基本機能の最適化



●弓矢の的あて競争

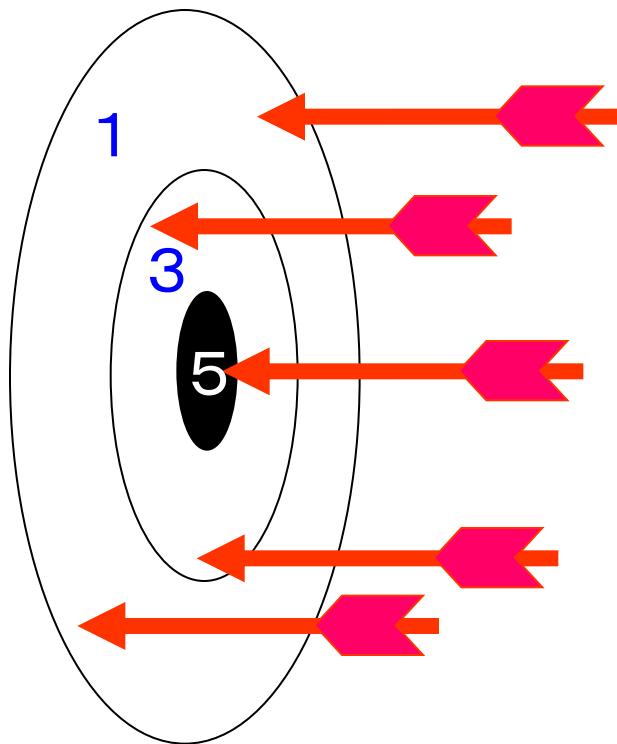
Bさんの場合

得点 5点

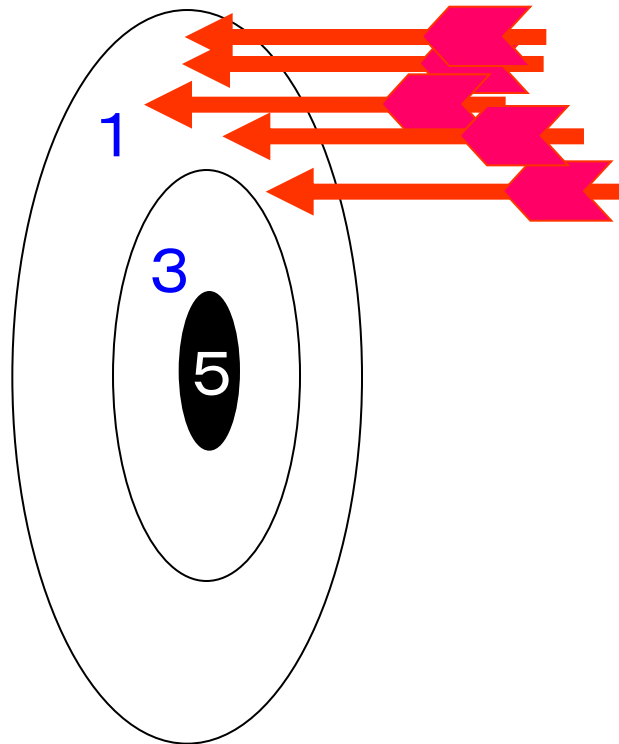


# ■基本機能の最適化

Aさん(11点)



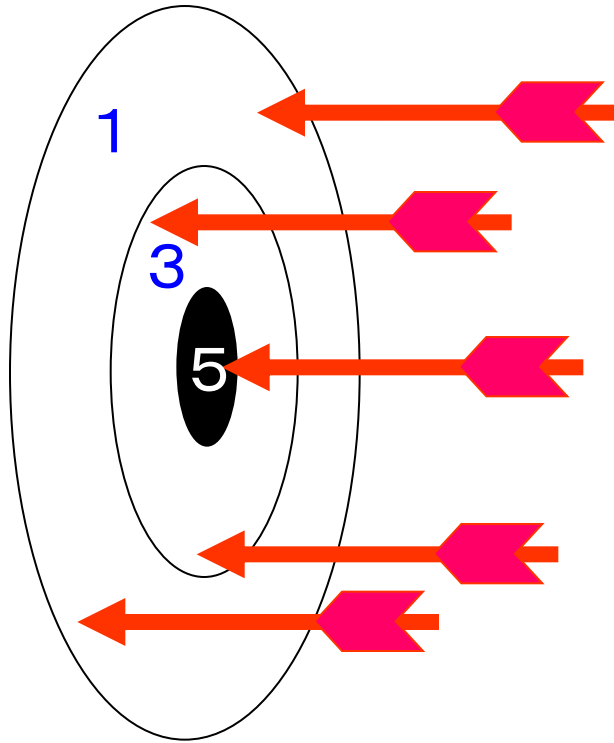
Bさん(5点)



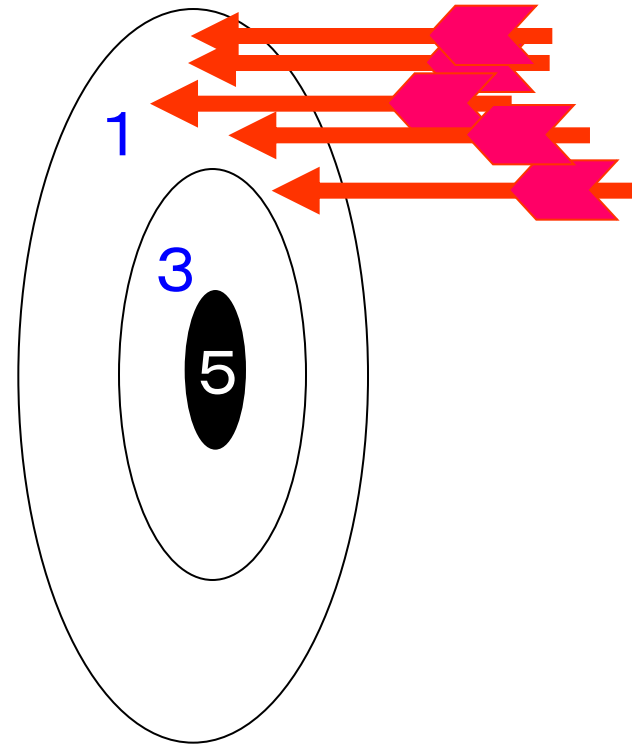
どちらの腕前が高いといえるか？

# 品質工学における2段階設計

Aさん(11点)



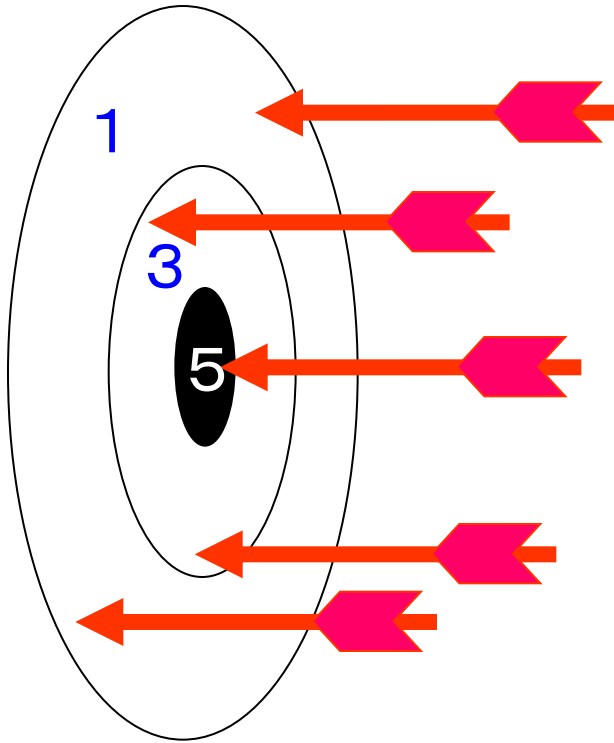
Bさん(5点)



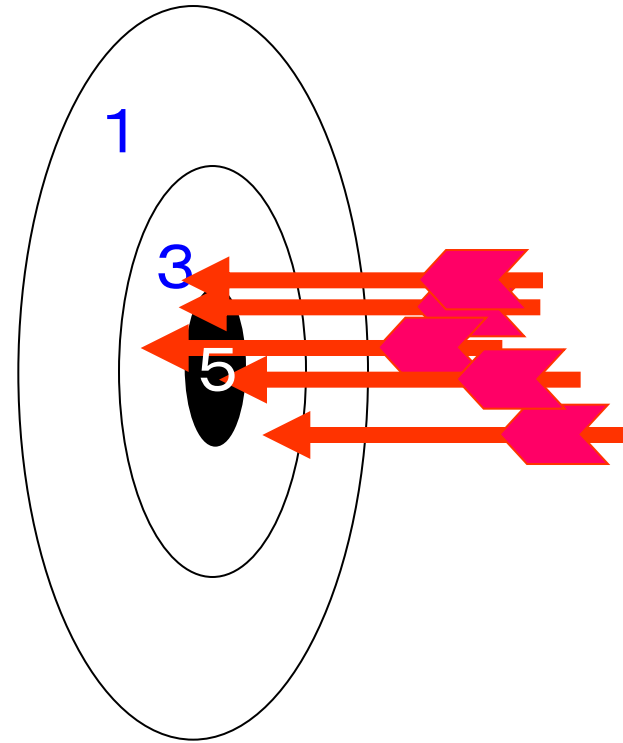
■ 1段階目  
バラツキ最小化

# 品質工学における2段階設計

Aさん(11点)



Bさん(17点)

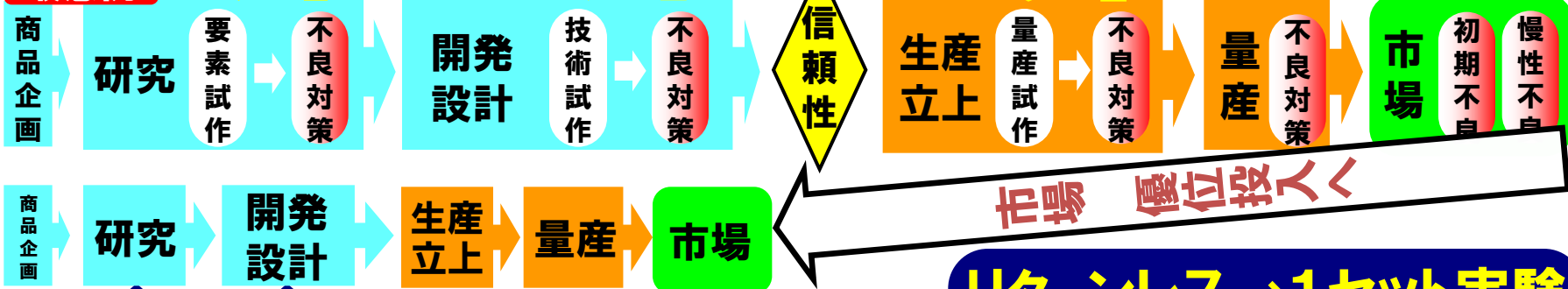


2段階目  
目標値に合わせ込む

ポイント→事後から事前解決へ

田口メゾッド

## 最悪例



## リターンレス→1セット実験

## 基本機能技論

## 診断実験

## 直交実験

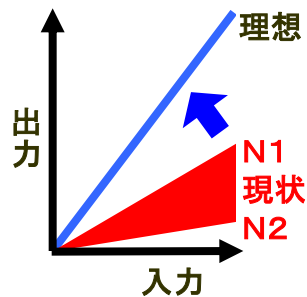
## 確認実験

## 実験試量

## Q C D E 解決

## 1 基本機能追求

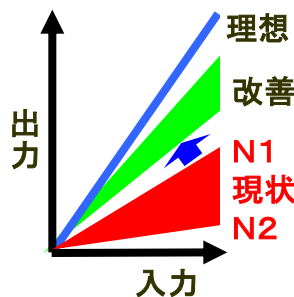
■不良現象のみに  
囚われず  
方式考案  
アイデア創出



①变换性  
②应答性

## 2 必然誤差因子

■開発段階で  
製造と市場の  
極端条件を克服  
信頼性テスト含む

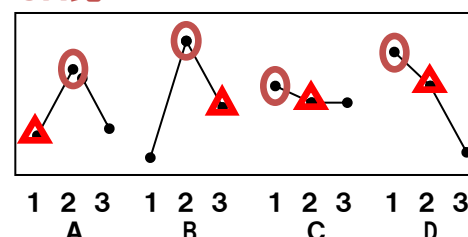


①測定検証  
②比較検証

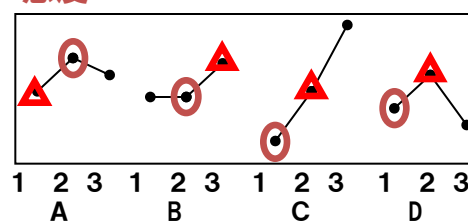
### 3 要因效果图

## ■制御因子の最適化

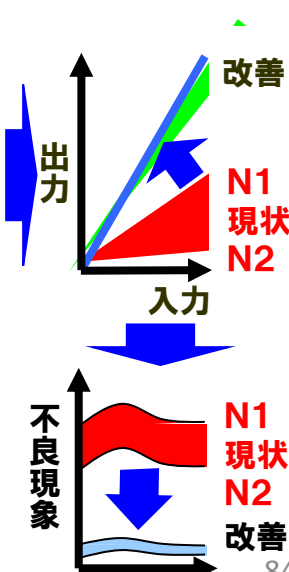
## SN比



## 感度



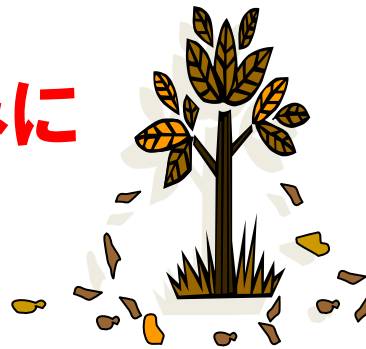
## ■不良解決実証



84

# 品質工学① 基本機能

●不良現象のみに  
囚われず

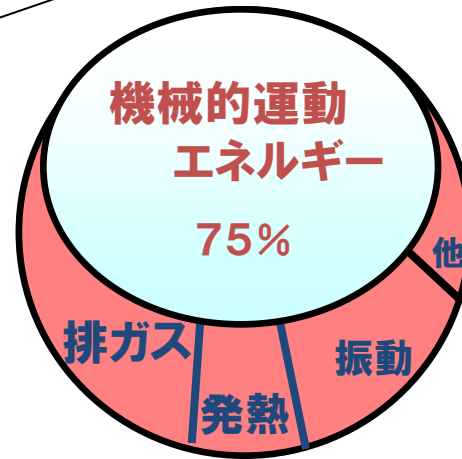
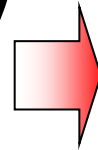
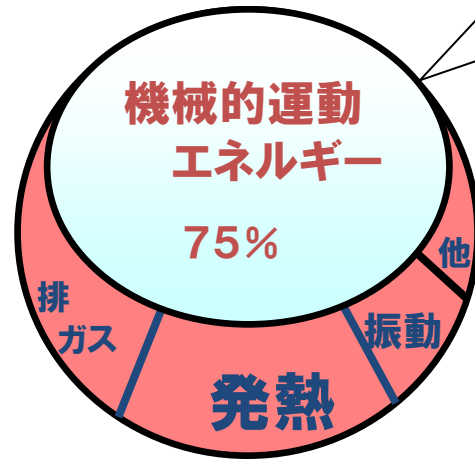


根幹の技術手段の  
はたらきを最適化

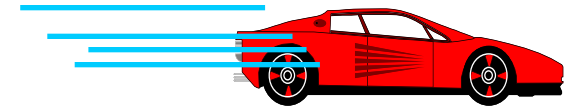
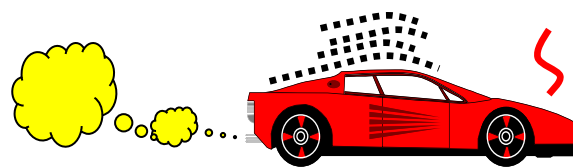
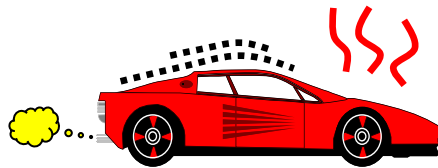


## ■ エンジン

ガソリンの化学的エネルギー100%



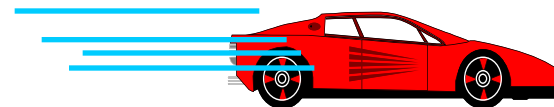
変換性  
UP



# 基本機能の追及例

田口博士著作より

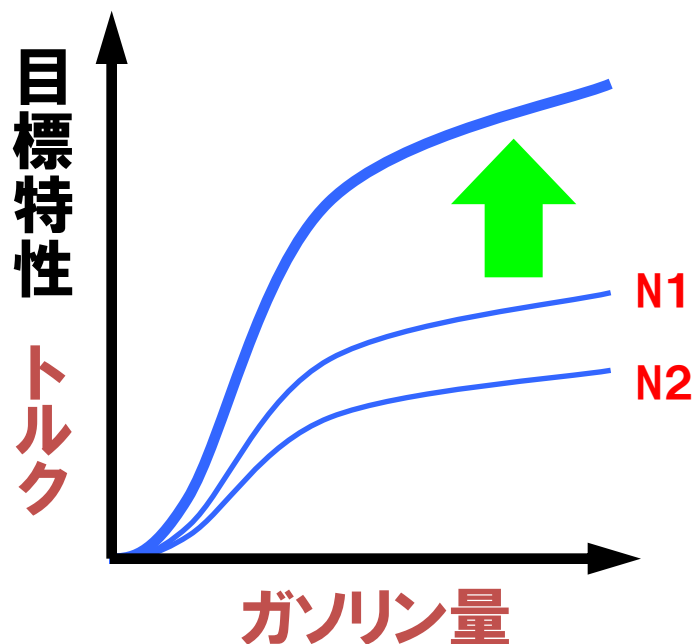
## エンジンの燃焼機能 UP



### ① ワークの基本機能

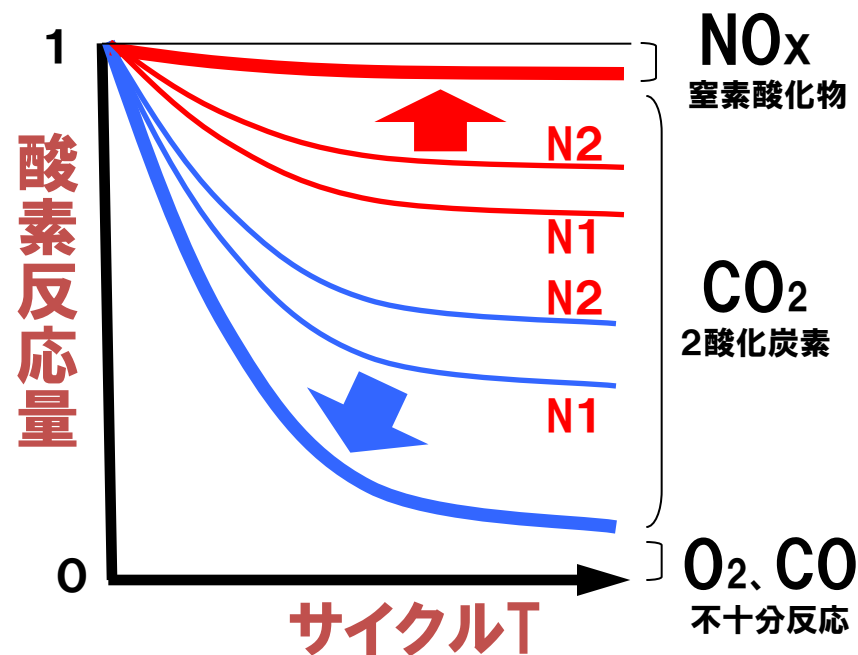
### ② プロセスの基本機能

**結果系** 化学→機械変換性UP



変換性

**要因系** 化学反応性UP



応答性

# 品質工学② 誤差因子

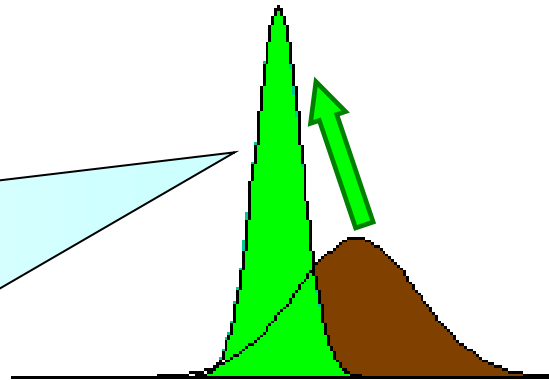
★ 製造と市場で起こりうる  
極端条件を前提に



● 基本機能のバラツキ度を  
最適化する事

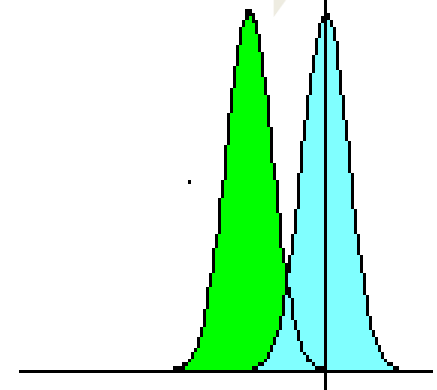
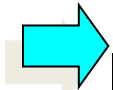
## 第1段階

バラツキ最小化



## 第2段階

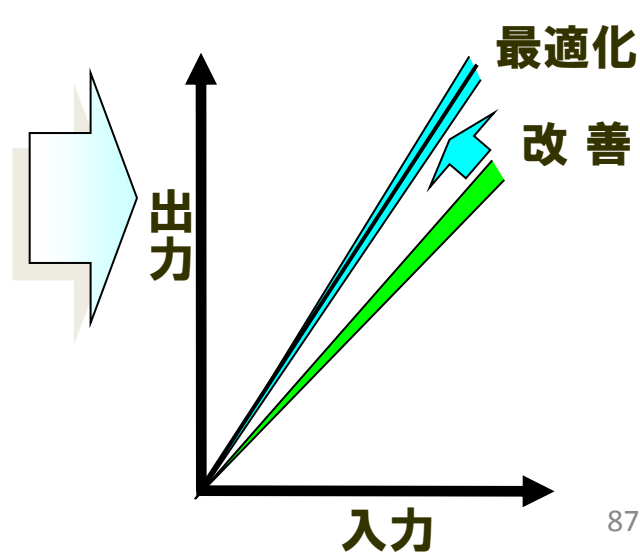
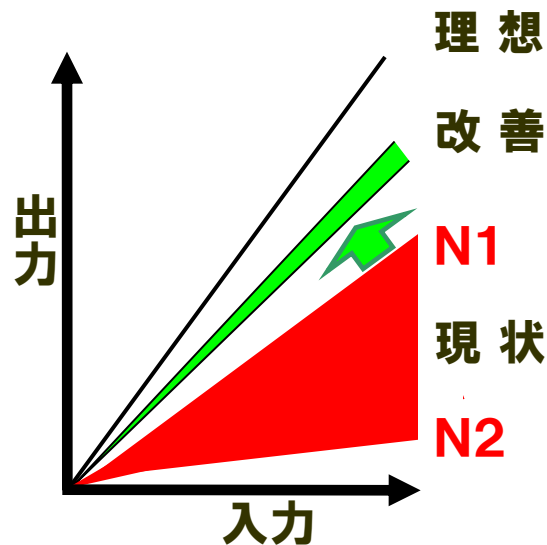
目標に合わせ込む



## 改善例

★ 必然誤差因子

		N1	N2
製造極端	①	＋厚	－薄
	②	＋厚	－薄
市場極端	①	高横	低縦
	②	高横	低縦



診断実験

直交実験

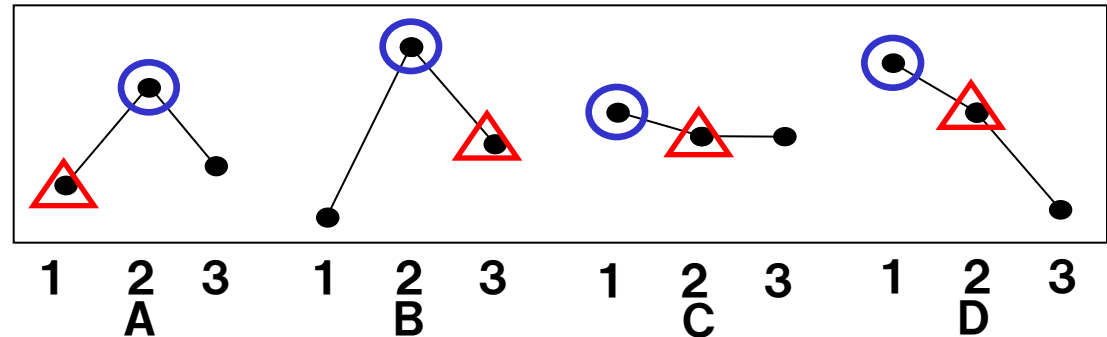
	制御因子				必然誤差因子	
	A	B	C	D	N1	N2
1	1	1	1	1	S大化条件群	S小化条件群
2	1	2	2	2		
3	1	3	3	3		
4	2	1	2	3		
5	2	2	3	1		
6	2	3	1	2		
7	3	1	3	2		
8	3	2	1	3		
9	3	3	2	1		

確認実験

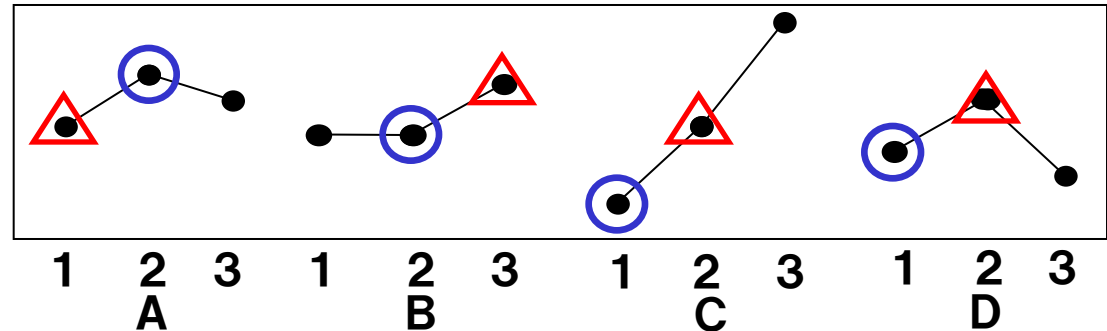
量試実験

## 要因効果図

SN比



感度S



小

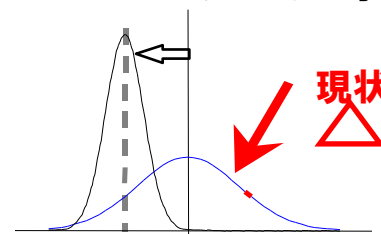
バラツキ

大

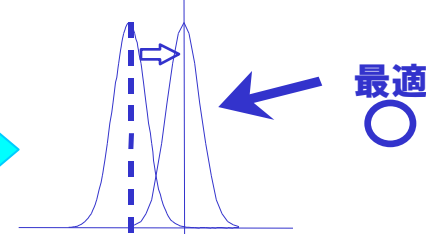
平均値

小

1段階 バラツキを抑える



2段階 目標値に合わせる





### ■品質工学(パラメータ設計)の落とし穴

- ・有効な因子が無い状態で直交実験すると  
→ 苦勞の割りに成果が少ない(失敗?)

### ■失敗しない仕掛け ( 診断実験 )

①基本機能(プロセス)／改善案を議論

- ・改善案に基づき、因子をまとめて実験

②結果(出力)が変化

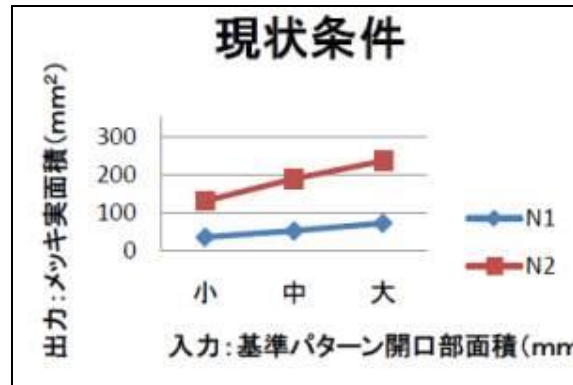
→直交実験へ移行

③結果(出力)が現状と同等

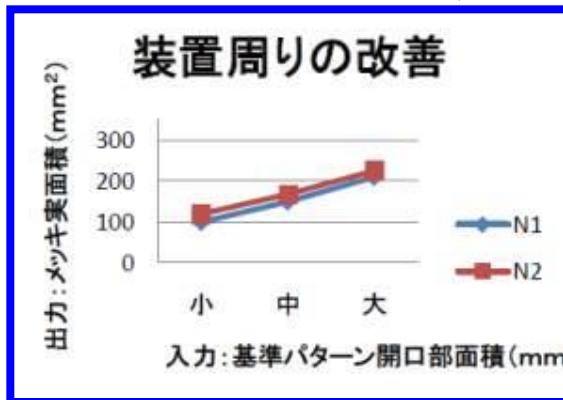
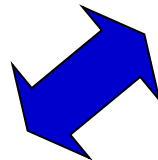
→基本機能(プロセス)／改善案を再検討

# 品質工学ポイント④ 診断実験

特性変化を与える制御因子・水準の有無を確認

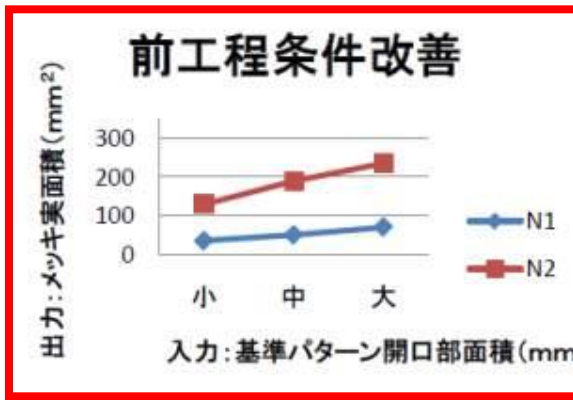
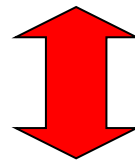


OK



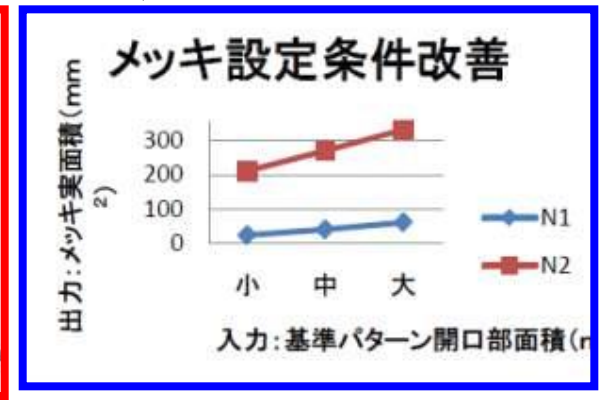
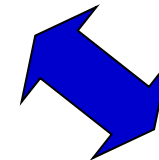
●バラツキを小さくする因子あり

NG



●効果ある因子無し

OK



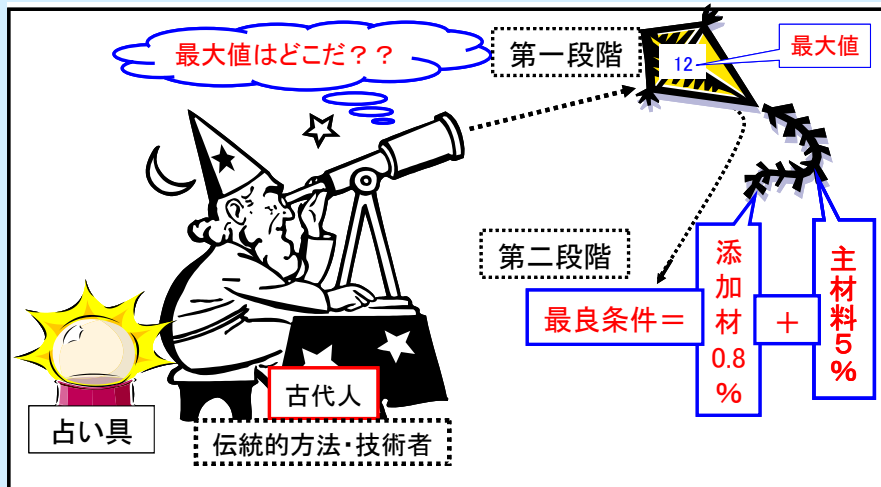
●特性を上下させる因子あり

# 直交表(要因効果図)の活用

最良条件はどの組合せがいいのでしょうか？

## 従来のやり方

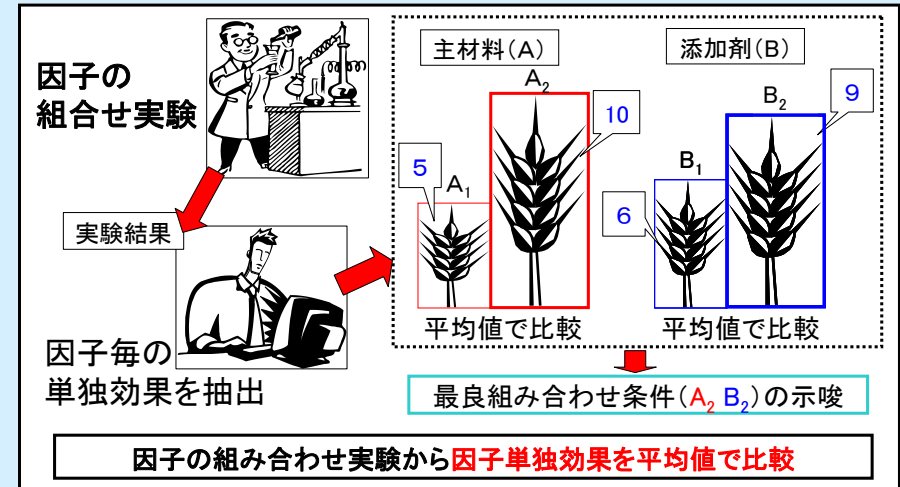
最大値を特定してから  
良い傾向の水準を組合せる



## 新しいやり方(品質工学)

水準選択方法  
(因子単独効果の比較)

要因効果図



# 直交表(要因効果図)の活用

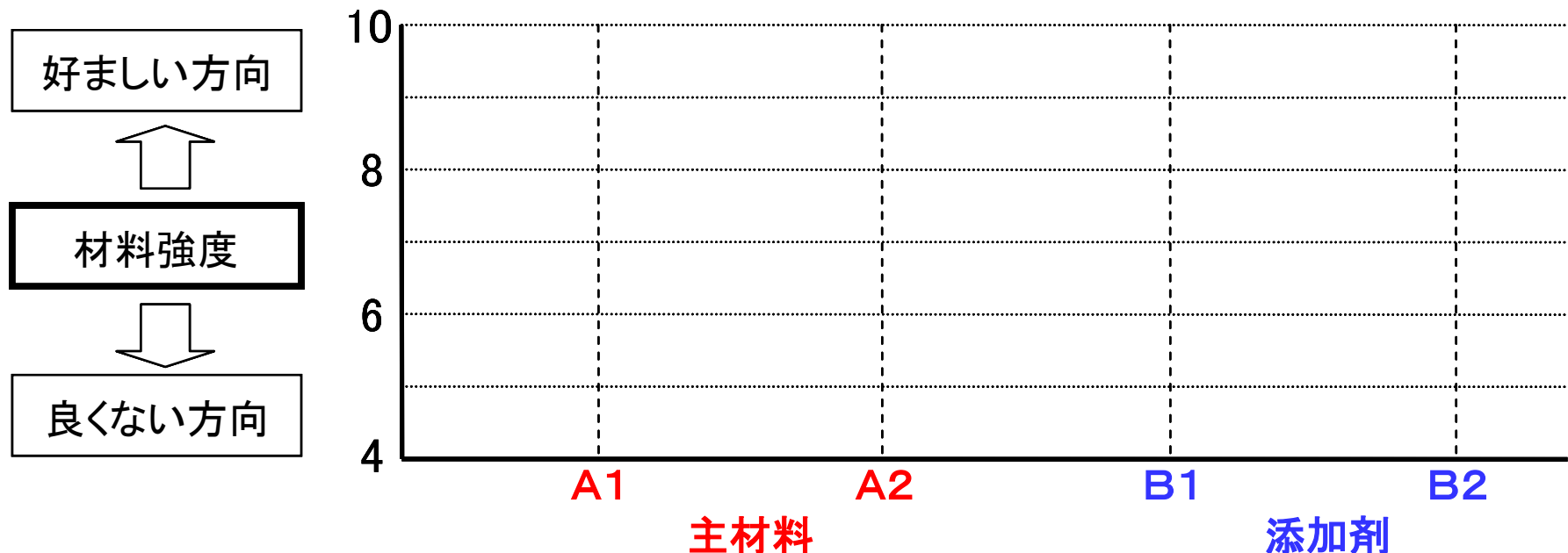
## 新しいやり方(品質工学)

## 水準選択方法(要因効果図で確認)

表1 実験結果(強度)

因子A \ 因子B	添加剤 0.4% (B <sub>1</sub> )		添加剤 0.8% (B <sub>2</sub> )	
	1)	4	2)	6
主材料 3% (A <sub>1</sub> )	1)	4	2)	6
主材料 5% (A <sub>2</sub> )	3)	8	4)	12

	総 和		水準平均	
	第一水準	第二水準	第一水準	第二水準
因子A	主材料3%	主材料5%		
因子B	添加剤0.4%	添加剤0.8%		
総和				



# 直交表(要因効果図)の活用

## 新しいやり方(品質工学)

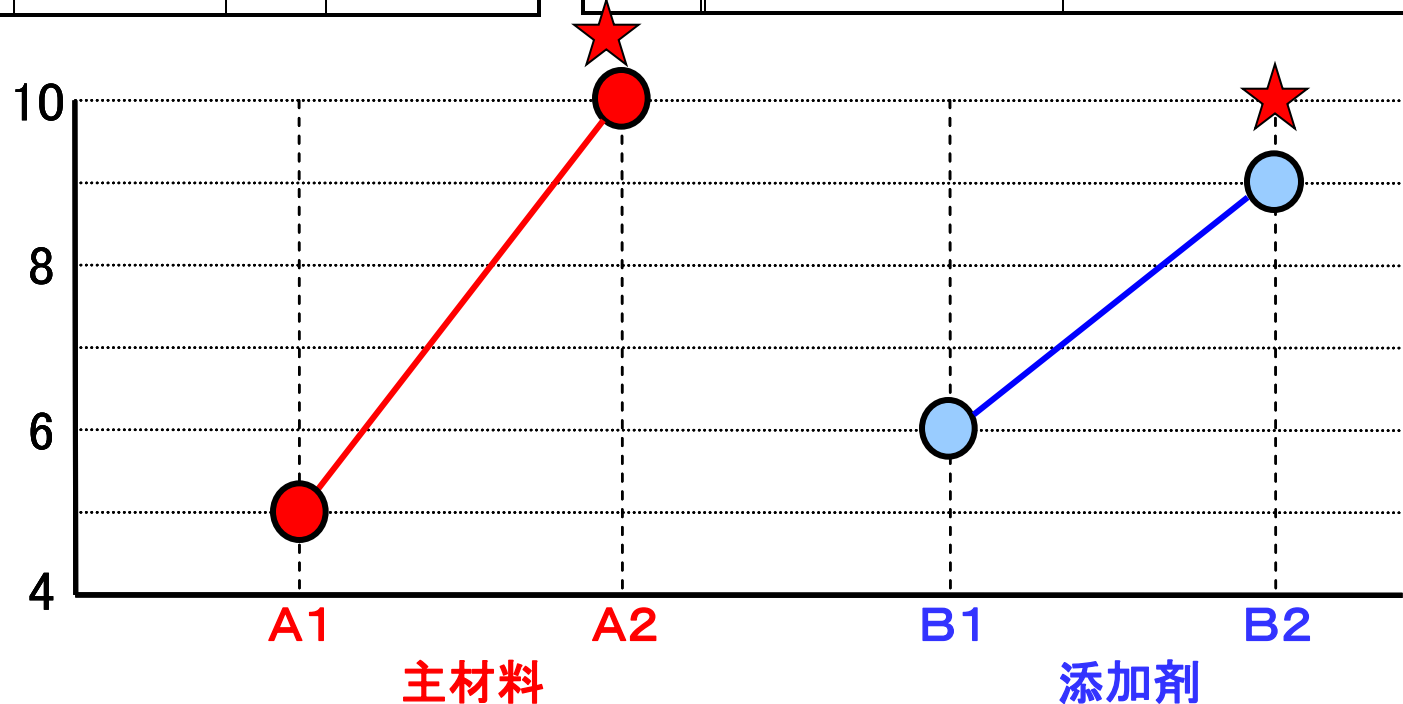
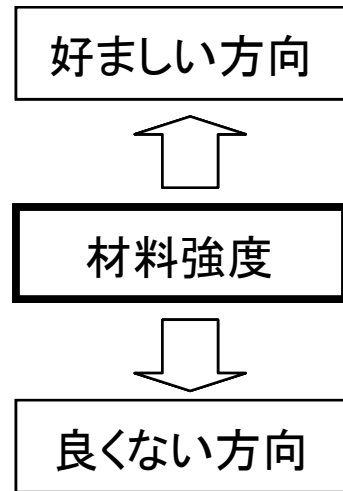
## 水準選択方法(要因効果図で確認)

- ① 因子毎の傾向の把握が可能
- ② 因子間の効果の比較が可能
- ③ 組合せによる結果予測が可能

表1 実験結果(強度)

因子A \ 因子B	添加剤 0.4% (B <sub>1</sub> )		添加剤 0.8% (B <sub>2</sub> )	
	1)	4	2)	6
主材料 3% (A <sub>1</sub> )	1)	4	2)	6
主材料 5% (A <sub>2</sub> )	3)	8	4)	12

	総 和		水準平均	
	第一水準	第二水準	第一水準	第二水準
因子A	10	20	5	10
因子B	12	18	6	9
総和				



# 直交表(要因効果図)の活用

## 新しいやり方(品質工学)

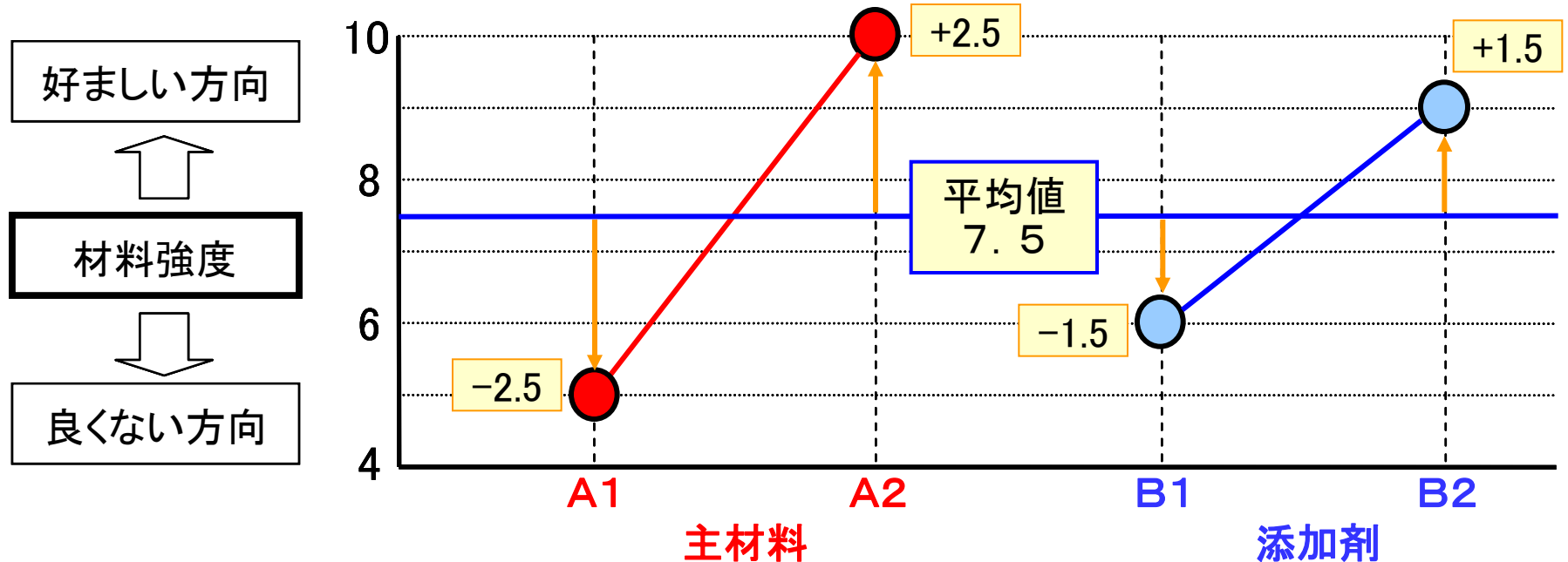
## 水準選択方法(要因効果図で確認)

- ① 因子毎の傾向の把握が可能
- ② 因子間の効果の比較が可能
- ③ 組合せによる結果予測が可能

表1 実験結果(強度)

因子A \ 因子B	添加剤 0.4% (B <sub>1</sub> )		添加剤 0.8% (B <sub>2</sub> )	
	1)		2)	
主材料 3% (A <sub>1</sub> )	4	(3.5)	6	(6.5)
主材料 5% (A <sub>2</sub> )	8	(8.5)	12	(11.5)

	総和		水準平均	
	第一水準	第二水準	第一水準	第二水準
因子A	10	20	5	10
因子B	12	18	6	9
総和	30(全合計)		7.5(全平均)	



## 新しいやり方(品質工学)

## 水準選択方法(要因効果図で確認)

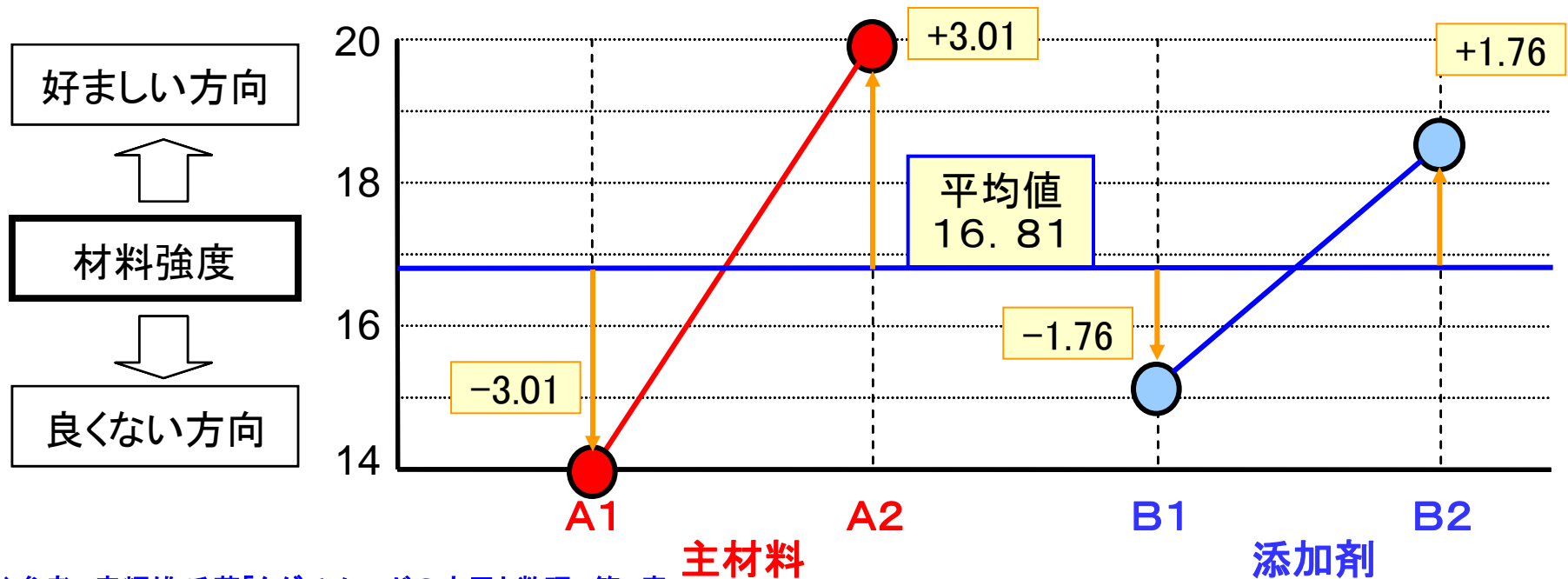
- ① 因子毎の傾向の把握が可能
- ② 因子間の効果の比較が可能
- ③ 組合せによる結果予測が可能

表1 実験結果(強度:対数変換)

因子A \ 因子B	添加剤 0.4% (B <sub>1</sub> )		添加剤 0.8% (B <sub>2</sub> )	
	1)	2)	3)	4)
主材料 3%(A <sub>1</sub> )	12.04	15.56	18.06	21.58
主材料 5%(A <sub>2</sub> )	12.04	15.56	18.06	21.58

	総和		水準平均	
	第一水準	第二水準	第一水準	第二水準
因子A	27.60	39.64	13.80	19.82
因子B	30.10	37.14	15.05	18.57
総和	67.24(全合計)		16.81(全平均)	



説明 情報/インプット 図 (データ)

自動計算 (記入不要)

前モデルの解析				次期モデルの効果予測										結果				
<div>カテゴリ: ***** モデル No: KX-*****</div> <div>生産時期: *****-*****</div> <div>生産数量: </div>				<div>カテゴリ: ***** モデルNo: *-*****</div>										<div>生産時期: *****-*****</div> <div>生産数量: </div>				
不具合の説明		結果		項目	数量	不良率	原因解析	対策	実施日	予測		設計への 落とし込み	結果			結果		
		不具合								効果 (%)	不良率 (%)		不具合		効果	不具合		
		数量	不良率										数	不良率		数	不良率	
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
他の不具合11～				-			-	-		-	-		-	-	-			

トータル00#DIV/0!

注意 1.設計変更、部品の変更、ツールや治具を使った作業ミスの予防等の対策は、効果的な改善と見なす。  
2.注意や説明の追加のみは、効果的な改善とは見なさない。  
3.目視検査・目視チェックは発生不良率によるが、ほとんどの場合 改善効果はゼロとする  
4.この様式は添削チャートを改訂した一つの事例であり、必要に応じて様式を変更すること。  
この様式では不具合項目を10項目とし、他の不具合は集約しているが、実使用の場合は不具合項目を追加すること。  
★他の不具合と集約した場合は、真の要因・発生度合いが把握できなくなる。

発生比率#VALUE!  
削減比率#VALUE!

0  
--  
#VALUE!