京都品質工学研究会新春講演 2012.1.13

「技術者の思考力を強化する」品質工学

品質工学会名誉会員 原 和彦

"品質クレーム,,が頻発している。

- 一危機的状態にある日本企業のモノづくり一
- ▶自動車、暖房器具、IT関連品など何万台、何十万台に及ぶリコールが発生している。
- ▶JRの脱線事故での無罪判決 "危険認識できず" "ATS整備義務なし"とは何事か。(2012.01.10)
- ▶原発 "安全神話" 崩壊=当事者が語る事故の 深層—NHKスペシャル(2011.11.27)
 - ・地震や津波のリスクを知りながら、対策さえとらない電力会社。
 - ・リスクに目を向けようとせず、責任を放棄した日本政府。
 - ・国と電力会社が創出した「安全神話」をたれ流し続けたメディア。
 - ・福島原発事故では、責任を取るべき人間がだれひとり責任を取っていない。

"品質疑惑,が何故起こるのか。

- →品質疑惑は、従来の品質管理の網の目を 潜りぬけてしまう「見えない不良」であり、検 査では「見える不良」しか見ていない。
- ▶市場クレームの94%は設計ミスであり、製造における工程ミスは6%に過ぎないのに、設計技術者は責任を取らない。
- ▶理論的に正しい答え(1+2=3)は、市場では正しいとは限らない。

(技術的思考1+2≠3の欠如)

結果より"プロセス"、を評価する

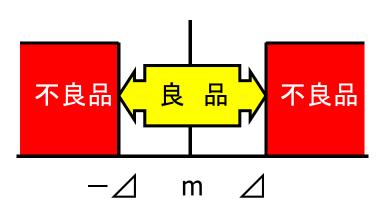
"二値的文化,からの脱却

- ▶「日本人はプロセスより結論を急ぎたがる」 日本の原発政策は「建設ありき」で、事故は起きない とする「原発神話」によりかかって54基作ってしまっ た。
- ▶「モノを作ってから品質を考える」という二値的判断が支配的になり、多面的に分析するという本来の目的から外れてしまう。結論を急ぐあまり基礎工事をおるそかにして、砂上に楼閣を築くことになりかねない。 ▶「モノを作る前に、品質や安全を考える」ことが大切であると品質工学では主張する。

検査では"クレーム,」は減らない

見えない不良の「見える化」

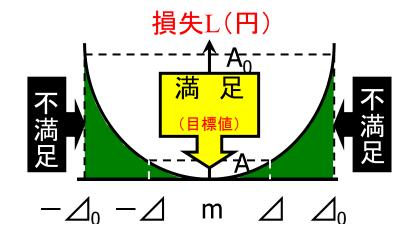
品質管理の考え方 一生産者側の立場一





良品には損失はないと判断する

品質工学の考え方 一消費者側の立場一



△:出荷規格 △0:機能限界

m:目標值 A:生産者損失

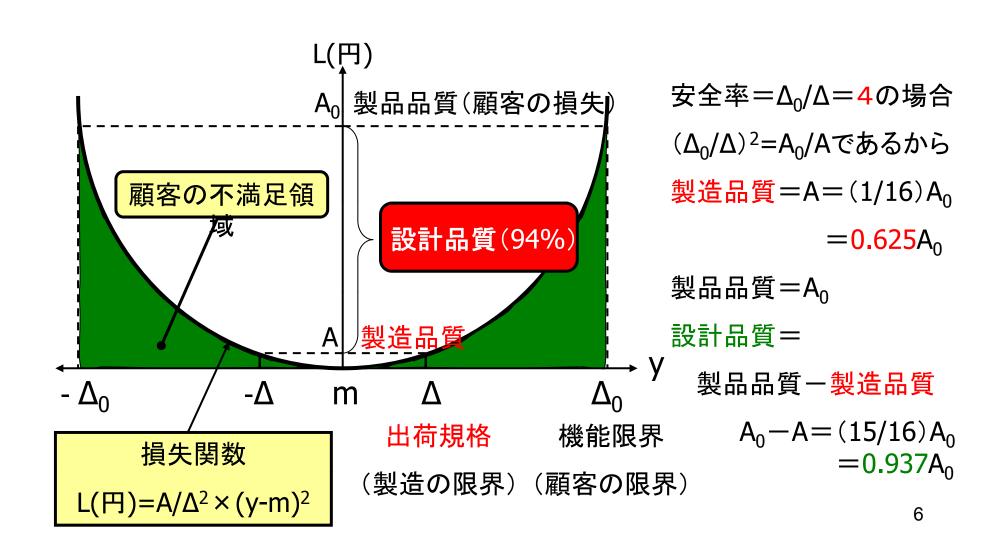
Ao: 消費者損失「損失関数」で製品

の品質損失を表す

$$L(円) = (A_0/\Delta_0^2) \times (1/\eta)$$

$$\eta = m^2/\sigma^2$$
(SN比)

市場クレームの94%は設計責任



"クレーム,,は泥棒より悪い

実例1:福島原発の「投資コスト」は4基で1兆6千億円だ そうだが、事故後は20兆円を超える「損失コスト」で、廃炉 までに30年以上かかる。

実例2:プリンタの「購入コスト」は1万8千円であるが、修理費用は最低で1万500円/回かかる。しかも、廃却するまでに幾らかかるか分からない。

事例3:自動車の購入費用は250万円でも、最終的には 故障修理や税金で2倍以上の費用を取られる。

泥棒は盗んだ後で、追い銭を要求することはほとんどないので、メーカーは泥棒より悪いことをしているのである。(田口玄一談)

科学と技術は別物

一科学的見方だけでは技術開発はできない一

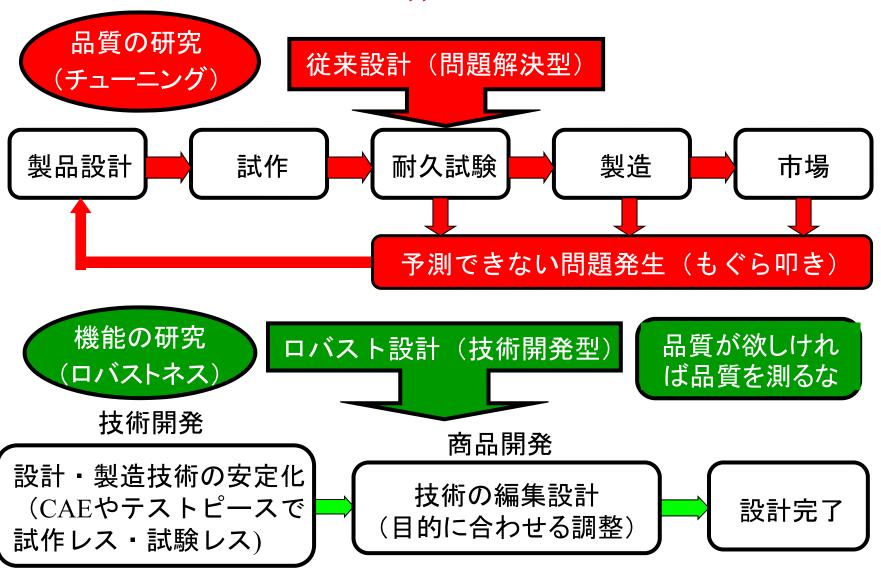
科学的思考

- ●「原因」の追求(WHY)
- 自然現象の「解明」
- 答えは「一つ」(知識)
- レスポンスの研究
- ●「ノイズ」を除去
- ●「高精度」の部品でよい ものを作る
- ●「平均値」優先で目標 達成

技術的思考

- ●「目的」の追求(WHAT)
- 自然現象の「利用」
- 答えは「沢山」(知恵)
- レスポンスの最適化
- ●「ノイズの影響」を除去
- ●「並精度」の部品でよい ものを作る
- ●「ばらつき」優先で目標 達成

"死の谷,からの脱出



"品質工学,,では何ができるか

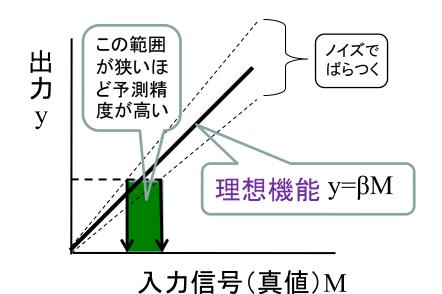
ーモノ・コトの見極めに革命を一

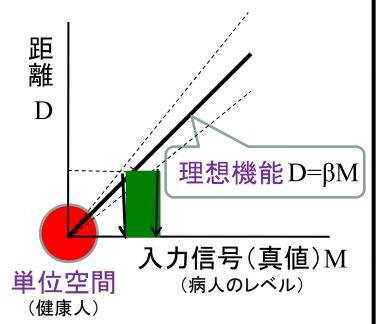
- ► モノの「真値」の追求(機能性評価の活用) 源流の技術開発で、「ロバストネス」を改善して、 上流の商品開発で目標値に「チューニング」する。
- ▶ コトの「真値」の追求(多次元評価の活用)
 - ・ 地震を短期予知ができる。
 - ・ 車の運転の異常の検知ができる。
 - 患者の病気の診断ができる。
 - 企業の利益の予測ができる。
 - •人材の能力評価ができる。
 - ・工程の異常診断ができる。
 - ソフトウェアのデバックができる。

"見えない品質"の予測評価

一問題(誤差)の大きさを評価ー

パラメータ設計の入出力 · MTシステムの入出力





"理想機能"からどれだけ離れているかを予測する。

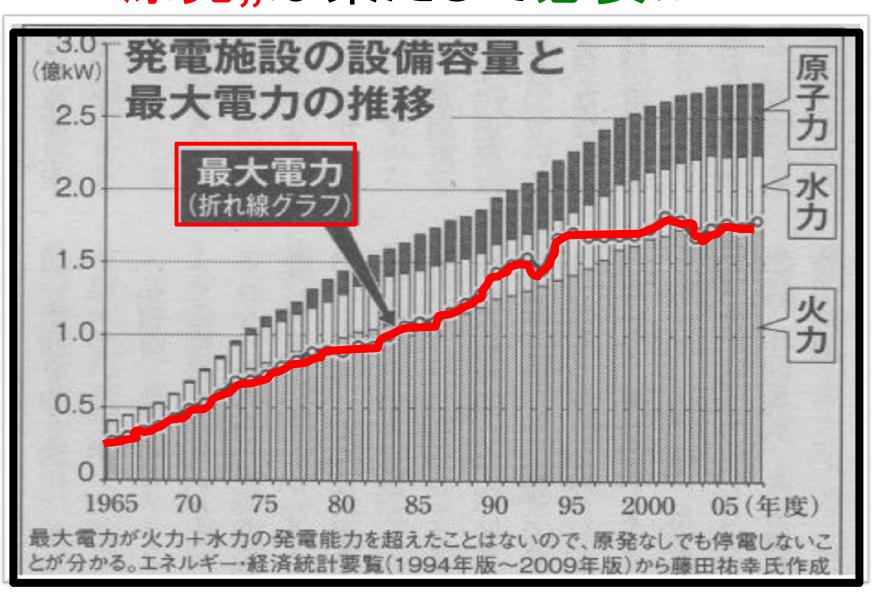
"原子力発電,の功罪

- ➤原子力はタービンを回して発電機を駆動する 手段では火力などの自然エネルギーに比べて 公害も少なく、効率的(?)であると主張。
- ➤「社会的損失の最小化」を考えた場合、設備 の投資コストに比べて膨大な損失コストが必要 であり、地震大国では不適なシステムである。

原発の危険性と不要な理由を指摘したサイト

http://www.geocities.co.jp/Technopolis-Jupiter/1750/genpatsu.html

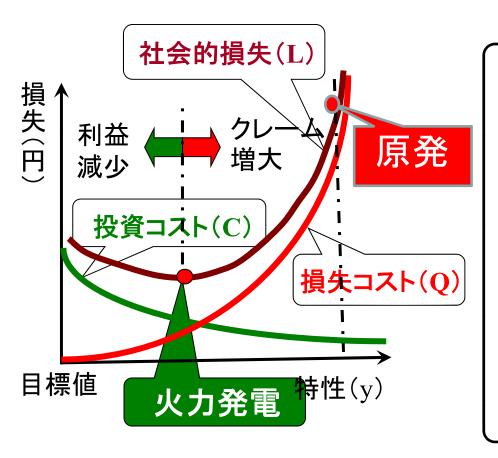
"原発,,は果たして必要か?



原発の損失は30兆円以上

一社会的損失(原発>火力発電)-

社会的損失(L円)=投資コスト(C円)+損失コスト(Q円)



- ➤原発の投資コスト: 福島原発は4基で約 1兆6千億円
- ➤原発の損失コスト: 廃炉までの費用は約 30兆円で30年以 上と考えられている。

"ストレス・テスト,,の怪

誤魔化されるようなら日本はダメだろう。

原発再開のために政府は突如として「ストレス・テスト」というのを出してきた。内容を聞くと「震度7の地震がきた」とか「10メートルの津波が来た」というように「危険なことが起こる想定」をして、その時に原発がどうなるかをコンピュータシミュレーションで調べると言う。

実にバカらしいことだ。このようなことで、もし日本国民が納得したら、やはり「日本では原発はできない」ということになる。この方法には次の3つの欠陥がある。

- (1) 従来からの耐久テストで安全を確認する方法と変わらない、
- (2) コンピュータは「現在想定していることしか分からない」
- (3) 想定外のことが起こった福島原発の教訓が生きない。・・・」

ストレステスト(耐久検査)は、合否の判断をするだけだから、機能の安定性は分からないのである。

企業の実力は「見えない品質」で決まる

- ➤"商品品質"は機能、デザイン、価格、 感性などの(価値問題)
- ▶"技術品質"は機能のばらつき、使用コスト(燃費、消費電力)、公害(騒音、NOx、CO2)など使ってみないとわからない市場品質(損失問題)

品質工学では技術品質のみを考える

情報化社会では感性を大切に

ースカラー的発想からベクトル的発想へー

- ▶情報化社会における「ものノづくり」」は機能(Function)や技術手段 (Material)は格段に進歩したが、人間の感性(Sensitivity)に訴えるものが欠けているのではないだろうか。(機能美が高い)
- ▶ここに2本のボールペンがある。1本は黒赤青の3色が使い分けられて、価格はよく分からないが、景品に使われている。ノートにつけておき、重要事項に赤を使ったりできて便利だが、赤はすぐ使えなくなる。

もう1本は1色しか使えないが、上を向けても書けるし、長期間の使用に耐えられる。少しまとまったメモや文章を書くときに使う。

田口博士が技術や自動車の殿堂入りの記念品である。米国性であり 高価であるが、私は10年以上愛用している。「機能が高い」ということ と「品質が良い」ということは異なる項目である。

→品質工学でもスペック(品質特性)はスカラー量であるが、機能性 (Functionality)はベクトル的発想である。

「政宗」と「村正」の違い

機能美を追求する

- ➤ 名刀とたたえられた政宗と妖刀と恐れられた村正を比較しても。機能 (切れ味Function)と材料(Material)にはそれほど差があるとは思われない。むしろ、切れ味に関する限り、師の政宗よりも高弟の村正の方が上だといわれているが、政宗には、精神的に人の心を打つ何かがあるという定説である。それが感性(Sensitivity)の高い商品である。
- ▶ 実用商品でも釣り具やゴルフシャフトは、使い勝手や人の心を揺さぶる感性や機能のばらつきなど「見えない品質」が、顧客に感動を与える「ほんまもんの商品」である。
- ➤ QEでは、顧客が満足する機能の価値(Value)だけでなく、感性を含めた機能の損失(Loss)を考えている。

品質工学の開発・生産プロセス

- 1. 開発設計段階の品質工学
 - 1.1 システム選択
 - 1.2 パラメータ設計
 - 1.3 許容差設計と許容差の決定
- 2. 製造段階の品質工学(工程管理)
 - 2.1 フィードバック制御
 - 2.2 工程の診断と調節
 - 2.3 検査設計

技術開発の"マネジメント戦略"

一技術責任者の役割と責任一

- (1)技術テーマの選択
- (2)コンセプトやシステムの創造
- (3)システムの評価と改善
 - ーパラメータ設計ー
- (4)設計のためのツールを準備

組織の役割と責任

- 商品企画部(品種の100%責任)
- 開発設計部(クレームの94%責任)
- ・生産技術・製造部(クレームの6%責任)
- 品質保証部(クレームの100%責任)
- ・ 品質管理部(製造ミスの100%責任)

アメリカにとっての黒船

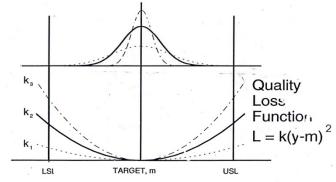
デミング博士が 1992年の「危機から の脱出」という講演 でスペックやZD (ppm)やCpkやシッ クスシグマは永久に やめて、品質尺度 は田口の損失関数 で表現するのがべ ターな考え方である。

"Some Lessons in Variation" From Dr. W. Edwards Deming

Comments on an example of measuring dispersion:

This simple illustration should put to rest forever use of measures of dispersion like Cpk, as it has no meaning in terms of loss. . . Conformance to specifications, Zero defects, Six Sigma Quality, and other nostrums, all miss the point (so stated by Donald J. Wheeler. 1992).

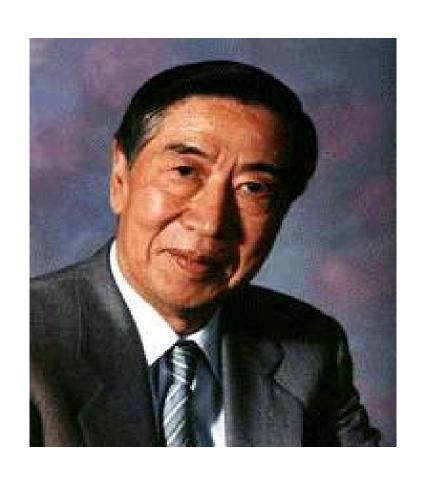
Defining "Quality Loss"



"A better description of the world is the Taguchi Loss Function . . ."

Dr. W. Edwards Deming, Out of the Crises

田口博士の自動車殿堂入りーアメリカを蘇らせた男ー



田口玄一博士の紹介

1948年 文部省統計数理研究所、日本 電信電話公社電気通信研究所 プリンストン大学などの客員教授 1960年 デミング賞本章受賞 1962年 理学博士 1965年 青山学院大学理工学部教授 1982年 日本規格協会参与 1983年 米国ASI Executive Director 1986年 米国ロックウエル・メダル受賞、 1993年 品質工学会会長に就任 1993年 米国オートメーション殿堂入り 1997年 米国自動車殿堂入り 1998年 米国品質管理学会名誉会員 2000年 20世紀の品質チャンピオン賞 (スイス国選定)受賞 現在、品質工学会名誉会長

評価技術に強い技術者であれーTechnicianからEngineerへー

- 技術責任者は「技術テーマの選択」を行う。
- 技術者は「システムの選択」では、考えられる答えの中から専門技術でシステムを創造するが、顧客が満足する「最適システム」を設計するには、「機能性評価とロバスト設計」でノイズに強いシステムの最適化を行う。
- 「専門技術」と「評価技術(品質工学)」は 車の両輪である。

「あるべき姿」を考える技術者であれ

- 「原因追求型」から「目的追求型」へ-
- 「何のため」「誰のため」の仕事か
 - 1. 顧客が欲しいものは何か(理想機能)
 - 2. 顧客が欲しくないものは何か(ノイズ)
 - 3. 地球環境を考えているか(公害問題)
 - 4. その上で企業の「利益」を確保する
- ●問題を起こして「原因を追求する」よりも、問題を起こす前に顧客が欲しい機能を追及して、顧客の「満足度(SN比)」を評価する。

「ノイズに強い」技術者であれ

- 受動的なノイズ(自然のノイズ) Passive Noise
 - ・使用環境条件(温度, 湿度, 振動など) b²σθ²

 - ・劣化条件(初期と耐久試験後) $\beta^2 T^2/3$ ・品物間のばらつき(n個の製造ばらつき) σ_e^2

製品のばらつき
$$\sigma_y^2 = \sigma_e^2 + b^2 \sigma_\theta^2 + \beta^2 T^2 / 3$$
 6% 94%

■能動的なノイズ(人工的ノイズ) Active Noise テロや贋金やコンピュータウイルスなど

カラシニコフ銃に学ぶ

ーロバスト設計の好例ー

ベトナム戦争でアメリカ軍が 使ったのはM16自動銃ではな く、ロシアのカラシニコフ氏が 開発したカラシニコフAK47で あったことは有名である。M16 の設計者ストナー氏がカラシ ニコフ氏に会って、「ベトナムで は貴方の勝ちだ」と告げたとい う話もある。



ストナーM16

M16は命中率や到達距離を重視して使用環境の変動を無視したのに対して、AK47はベトナムの密林やイラクの砂漠などででも使えるように「部品をスカスカ」にして、使用環境の変動に強く、更に命中精度を高める格段に難しい課題に挑戦した銃である。

(二段階設計)

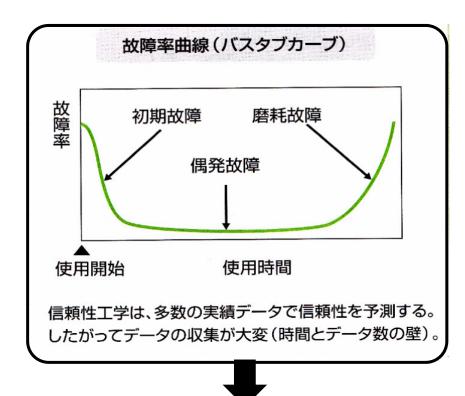


カラシニコフAK47

信頼性工学

一時系列の実績データを使った統計処理ー

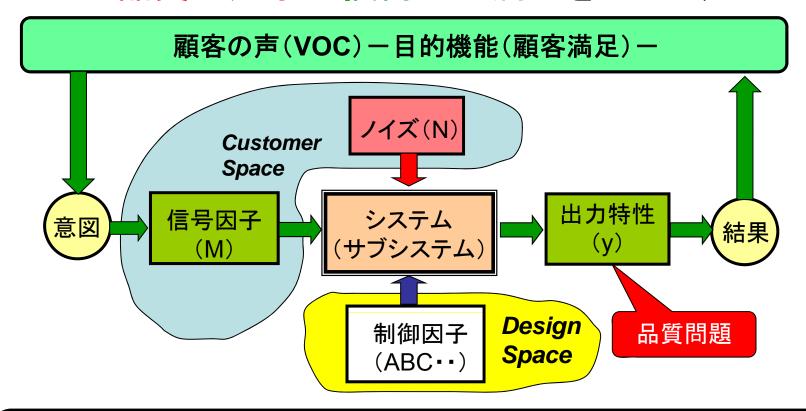
- 信頼性工学はFTAやFME Aなどのツールを駆使して、 故障の原因を論理的にた どり、それぞれの原因の発 生確率を予測する。
- 基本はバスタブカーブやワイブル分布を活用して信頼性を予測する。
- 品質工学は、新しい技術や 予測しにくい実績のない場合に信頼性を予測して改善 することを狙っている。



品質工学は、少数の確認実験データからSN比で信頼性を予測する。 ノイズでいじめればわかる。

一石全鳥の機能性評価

一品質の追求は技術の空洞化をもたらすー



顧客満足度
$$\eta(db) = 10\log\frac{\beta^2}{\sigma^2} = \frac{$$
顧客が欲しい機能(信号)} 顧客が望まない機能(イズ)

品質がほしければ、品質を測るな!

To get Quality, Don't measure Quality Measure Functionality.

品質特性(静特性)

(static response)

- •望目特性 望目特性 y=m 抵抗値、ばね定数、寸法、電圧など
- ゼロ望目特性 v=±0 反り、たわみ、円筒度など
- 望小特性 騒音、振動、磨耗量、排気ガス量など
- 望大特性
- •百分率特性 *p=0~100 %* 収率、溶出率、不良率、故障率などオメガ変換で「加法性」が向上する。

$$p^* = -10\log(\frac{1}{p} - 1)$$

機能特性(動特性)

(dynamic characteristics)

顧客が満足する目的機能 や技術手段の基本機能の 入出力エネルギーの変換 を下式の理想機能

$$y = \beta M$$

で表す。

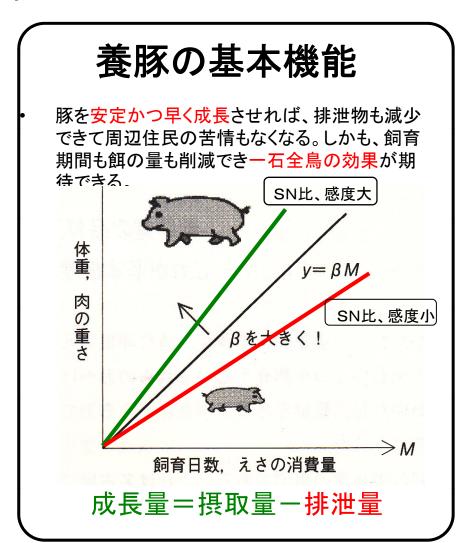
- ・転写性(射出成形,コピー機) ・計測性(センサー,計測器) ・物理的な原理(オームの法則, フックの法則など)

養豚業の品質工学

一豚の排泄物の処理ー

養豚業者の悩み

- ある養豚業者が排泄物 を早急に処理しないと、 悪臭の発生の原因になり、周辺住民の苦情も多く社会的問題である。
- そこで、排泄物処理を効率的に行っても飼育期間の短縮や餌の量の削減はできず、肉のコストアップは避けられず困っていた。(品質問題)



寿命試験から機能性の評価へ

一機能性の評価で寿命を推定一

スリップ機構の品質問題と機能性の評価

自動止水栓を開発したとき、1億回の寿命試験で、 止水機能を確認して、出荷しましたが、市場では 半年足らず(約200回)で故障してしまいました。

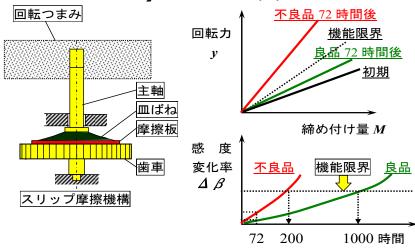
品質工学では下記のような評価を行います

問題を起こしたスリップ機構の「理想機能」を決める 理想機能は、「締め付け量Mと回転力yとの比例関係」 $y = \beta M$ である.

信号因子:締め付け量M(皿ばねの撓み量mm) 出力特性:回転力y(トルク計で測る kg·cm)

誤差因子: N_I (25°Cの水で 0時間)

№2 (100°C温水で 24,48,72 時間放置)



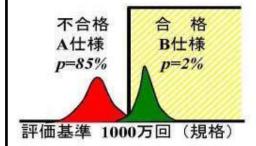
- ●1億回の寿命試験で 出荷したが、市場 では半年以内(約 200回)で故障し てしまった。
- ●最も厳しい24時間 以内の温水試験の 機能性の評価に切 り替えたロバスト 設計で問題を解決 した。

材料の寿命試験と機能性評価

ー試験(Testing)と評価(Estimation)の違いー

従来の寿命試験

- 1. 「破壊」した状態を見る
- 2. 「N個の試料」が必要 ー偶然誤差ー
- 3. 「規格」に対する合否 - 不良率(p%)-
- 4. 「長時間」が必要である



原発のストレステストでは機 能の安定性は分からない

機能性評価と寿命推定 正常の「機能」を見る ーフックの法則ー - 必然誤差 -「初期値からのずれ」 -SN比(ηdb)-「短期間」で予測できる A仕様(100万回劣化テスト) 変 $\eta_a = 20db$ B仕様(100万回劣化テスト) (v) $\eta_s = 23db$ $y = \beta M$ 初期状態 荷重 (M) 感 度変化率 度 寿命 (機能限界) A仕様 B仕様 $(\Delta \beta)$

500

1000 万回

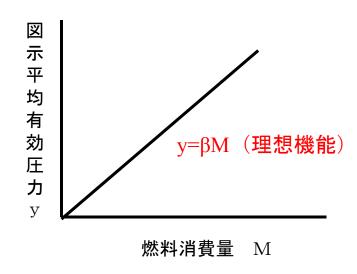
0 100 200

エンジンの機能性の評価(1)

一目的機能の評価ー

1. 目的機能(Objective Function)で評価する場合

エンジンの機能は、ガソリンの燃焼エネルギーをピストンを利用してクランクシャフトを回転させる機械的トルクに変換することである。



SN比
$$\eta = 10 \log \frac{\beta^2}{\sigma^2}$$

感 度
$$S = 10 \log \beta^2$$

この研究では、騒音や振動を減ら しただけではなく、車の<mark>燃費を</mark> 8%減らすことに成功した。

(Ford Motor Company の事例)

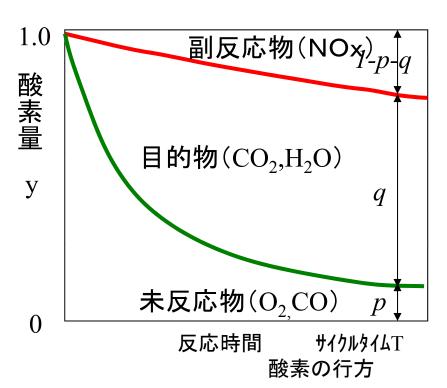
この目的機能の研究では、弊害項目のNOxに対する対策が抜けていたのである. 目的機能の研究では「一石全鳥(One stone kills all birds)」というわけにはいかなかったのである.

エンジンの機能性の評価(2)

一基本機能の評価合一

2. 基本機能(Generic Function)で評価する場合

エンジンの基本機能は「化学反応」である。エンジンに燃料、空気などを入れて、圧縮した上で点火すると 爆発が起こり、ピストンを動かすのであるが、これは 化学反応を用いているシステムである。



基本機能(理想機能)を次のように定義する。

$$p = e^{-\beta_1 T}$$
$$p + q = e^{-\beta_2 T}$$

反応速度β₁, β₂を求める.

$$\beta_1 = 1/T \ln(1/q)$$

$$\beta_2 = 1/T \ln(1/(p+q))$$
 SN比 $\eta = 10 \log(\beta_1^2/\beta_2^2)$ 感 度 $S = 10 \log(\beta_1^2/\beta_2^2)$

SN比と感度が大きい方が効率がよいと評価される。

"標準SN比"による解析

参照 化学・薬学・生物学の技術開発 43ページ

• デジタルの標準SN比で解析することもできる。

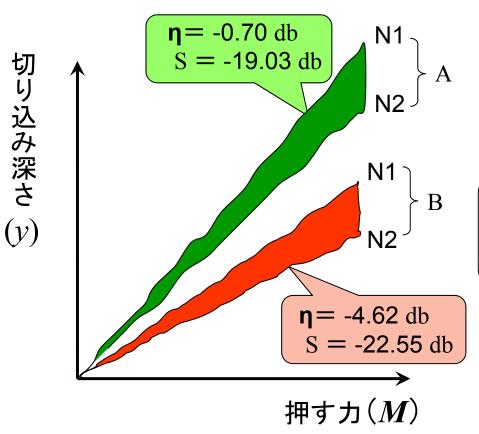
反応は入力の「目的物」と「副反応物」に対して、出力の「反応率」と「未反応率」について、標準SN比を求めて、制御因子の最適条件を求めると「動的機能窓法」の結果とほぼ一致する。

人力 入力	反応率	未反応率	計
目的物	1-p	р	1
副反応物 q		1-q	1

標準SN比
$$\eta_0 = -\log(1/\rho_0 - 1)$$

カッターの切れ味(機能性)の評価

一評価には技術手段は関係ない一



●理想機能 y =β M #すカと(信号因子)とt

押す力と(信号因子)と切込深さ(出力特性)の比例関係

●ノイズ

N1:初期(または軟かい材料) N2:劣化後(または硬い材料)

AとBの品質を比較した場合 Aの方が切れ味がよく(感度大) で寿命も長い(SN比大)

SN比
$$\eta = 10 \log \frac{\beta^2}{\sigma^2}$$
 感 度 $S = 10 \log \beta^2$

SN比と感度の求め方

実験データは信号とノイズ のマトリックスで下記のよう に求める。

	M1	M 2	Мз	線形式
N1	y11	y12	y13	L1
N2	y21	y22	<i>y</i> 23	L2

SN比と感度の解析は右式のようにして求める。

理想機能 $y = \beta M$ 計測特性 $y = \beta M + e$ (e) はノイズ (N_1, N_2) の影響による誤差 全出力 (S_T) 効成分 (S_β) と無効成分 (S_N) の和で表す $S_T = S_\beta + S_N$

全出力(全二乗和)
$$S_T = \sum y_{ij}^2$$
 $(f = 6)$

有効成分(比例項変動
$$S_{\beta} = \frac{(L_1 + L_2)^2}{2r}$$
 $(f = 1)$

有効除数
$$r = M_1^2 + M_2^2 + M_3^2$$

線形式
$$L_1 = M_1 y_{11} + M_2 y_{12} + M_3 y_{13}$$

$$L_2 = M_1 y_{21} + M_2 y_{22} + M_3 y_{23}$$

無効成分(ノイズによる比例項変動)
$$S_{N \times \beta} = \frac{L_l^2}{r} + \frac{L_2^2}{r} - S_{\beta} = \frac{(L_l - L_2)^2}{2r}$$
 $(f = l)$

誤差変動
$$S_e = S_T - S_\beta - S_{N \times \beta}$$
 $(f = 4)$

誤差分散
$$V_e = \frac{S_e}{f_e} = \frac{S_e}{4}$$

総合誤差変動
$$S_N = S_e + S_{N \times \beta}$$

総合誤差分散
$$V_N = \frac{S_N}{f_N} = \frac{S_N}{5}$$

SNLL
$$\eta(db) = 10 \log \frac{\frac{1}{2r} (S_{\beta} - V_e)}{V_N}$$

感度
$$S(db) = 10\log \frac{1}{2r} \left(S_{\beta} - V_{e} \right)$$

カッターの切れ味(機能性)の評価

1. 評価実験

比 較	ノイズ	M1 5g	M2 10g	M3 15g	腺形式 L
A社	N1	0.62	1.23	1.82	42.7
	N2	0.51	1.04	1.51	35.6
B社	N1	0.43	0.85	1.28	29.9
	N2	0.32	0.65	0.95	22.4

目的:A社とB社の切れ味(機能性)を評価する。

信号因子:押付け力(M) 出力特性:切込み深さ(y)

誤差因子(ノイズ):N1は軟らかい材料 N2は硬い材料

3. 切れ味の比較

	SN比 (db)	感度 (db)	β 切れ味
A社	-0.70	-19.03	0.112
B社	-4.62	-22.55	0.075

2. 解析(A社の場合)

全2乗和
$$S_T = 0.62^2 + 1.23^2 + \dots + 1.04^2 + 1.51^2 = 8.832$$

有効除数
$$r = 5^2 + 10^2 + 15^2 = 350$$

腺形式
$$L_1 = 5 \times 0.62 + 10 \times 1.23 + 15 \times 1.82 = 42.7$$

$$L_2 = 5 \times 0.51 + 10 \times 1.04 + 15 \times 1.51 = 35.6$$

比例項の変動
$$S_{\beta} = \frac{(L_1 + L_2)^2}{2 \times r} = \frac{(42.7 + 35.6)^2}{2 \times 350} = 8.758$$

ノイズの変動
$$S_{N \times \beta} = \frac{(L_1 - L_2)^2}{2 \times r} = \frac{(42.7 - 35.6)^2}{2 \times 350} = 0.072$$

誤差変動
$$S_e = S_T - S_B - S_{N \times B} = 0.0015$$

誤差分散
$$V_a = S_a/4 = 0.00107/4 = 0.000375$$

総合誤差変動
$$S_N = S_e + S_{N \times \beta} = 0.0735$$

総合誤差分散
$$V_N = S_N / 5 = 0.0147$$

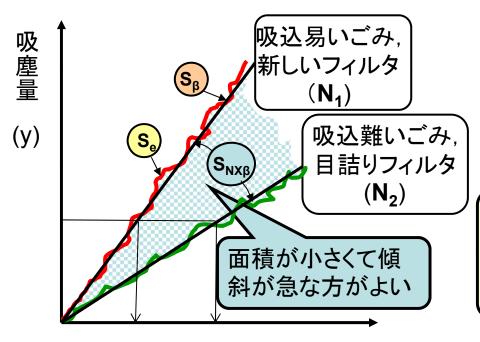
切れ味の安定性(SN比)
$$\eta=10\log\frac{\left(\mathrm{S}_{\beta}-V_{e}\right)}{2rV_{N}}=-0.70(db)$$

切れ味(感度)
$$S = 10\log(S_{\beta} - V_{e})/2r = -19.03(db)$$

A社の方が切味も1.5倍よく, 寿命も3.94db (2.5倍) 長いことが分かる。

掃除機の"機能性の評価"

掃除機は電力と時間の2信号と塵の吸塵量の比例関係で 吸塵性能と作業能率の「機能性の評価」を同時にできる



吸塵性能の安定性(SN比)

$$\eta(db) = 10 \log \frac{\beta^2}{\sigma^2}$$

吸塵性能(感度)

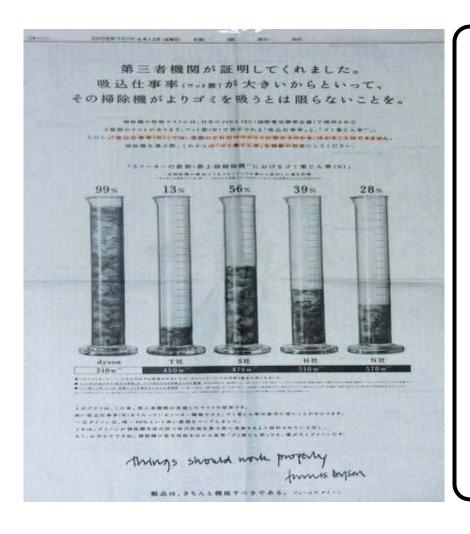
$$S(db) = 10log\beta^2$$

電力(M₁)・時間(M₂)

理想機能: $y = \beta M_1 M_2$

製品は、きちんと機能すべきである。

社長 ジェームズダイソン



- 「使用電力(W)」では実際 どれだけホコリが取れるの か測ることはできません。
- 掃除機を選ぶ際、これからは「ゴミ集じん率」を判断の 目安にしてください。
- ・「機能性の評価」は
- 入力が使用電力で出力が 吸塵力となる。

(ダイソンの広告 読売新聞2008年6月13日)

③ 試作レス・試験レスで開発の効率化 (品質工学とCAEの融合)

▶「一生懸命汗水たらして長い時間働いても、成果が出なかったとき、その人の仕事量はゼロと考える。仕事量はアウトプットで測るべきでインプット(F×時間)で測ってはならない。」

(NHKの「プ<mark>ロジェクトX</mark>」ではなく、「ためしてガッテン」 の論理的なやり方が重要。)

仕事量(ST)=有効成分(Sβ)+無効成分(SN) SN比(η)=有効成分(Sβ)/無効成分(SN) (仕事の成果はSN比を高めることである。)

CAEを用いた鋳造用鋳型設計の最適化(1)

SPECIAL REPORT

理想の設計がここにある 品質工学とCAEの最強タッグ

市場に送り出す製品の性能や品質をすべて高レベルに保つのは難しい。 加工誤差や使用される条件などのばらつきの影響を受けるからだ。 品質工学は、このばらつきによる影響を受けにくい設計を低コストで実現する手法。 ばらつきを抑えるのではなく、ばらつきに強くすることで高性能を維持できる。 品質工学では様々な設計バラメータを広い範囲で比較する。 その過程では、CAEによる検討が大きな効果を発揮する。 品質工学とCAEを組み合わせることで、理想の設計が実現できる。

世界最高の性能、世界初の機能を 実現しても、それが財産された条件 でしか実現できなければ製品として の魅力は半減する。また、どんなに 安い製品でも買ってすぐに壊れてし まっては、副客にとってはまさに 「安物質いの扱美い」だ。

食い報品とは何か。機能・性能が 優れている。価格がないことは確か に顧客の購入利用として大きい。し かし、必要な機能・性能を安定して /担せることも非常に重要である。 ロ バスト作を高めることは、適切を加 工制度によるコストダウンやクレー ム対策性の削減にもつながる。

ロバスト設計を実現する方法の一 つが、品質工学、品質工学の適用に よってどのような効果が得られるか。 見体的な事例をベースに見てみる。

新ロータリーの性能実現を支えた マツガが2000年春に発売した4下 アスポーツカー [RX-8] には、新聞 見のロータリーエンジン「RENE SIS」が搭載されている。RENESIS



無くすためには吸揚気ボートに高い 位置精度が求められ

の最大の特徴は、排気ボートの位置

る。 戦棒気ボー きの位置は、 オーバーラッ ブが発生しな いぎりぎりの 位数比级进步

てあるためた。

株をガートの位置を外面的 (ベリフェラル) か 5側面 (サイド) へ称したことだ。これにより 循細数タイミングのオーバーラップを無くなご とが可能になったが、眼睛気点一トの位置構造 を高める必要があった。

排気終了のタイミングを 早ある。または吸気関係のタ イミングを超らせる方向にポートの 位置をすらせば位置精度の思さによ るオーバーラップの可能性は低くな ロータリーエンジン の排気ポートの位置 を外周面から側面に 移して. 品質工学と CAEを活用して吸排 気ポートの位置精度 を高めて、吸排気の タイミングの バーラップをなくすこ とに成功した。

CAEを用いた鋳造用鋳型設計の最適化(2)

簡素化モデルの活用

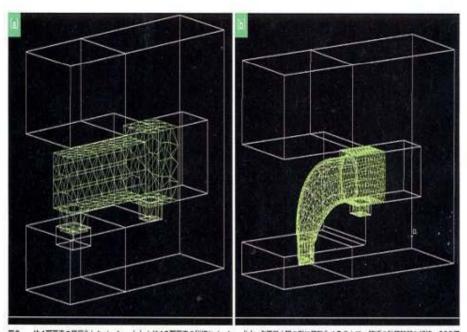


図8 約4万要素の簡易化したメッシュ (a) と約10万要素の詳細なメッシュ (b)。必要最小限の形に簡略化することで、解析の計算時間を短縮。200 以上の繰り返し計算を限られた期間内で完了することができた。



簡素化モデル(4万メッシュ) 詳細モデル(10万メッシュ)

最適化支援ツールを用いて10万要素の許細モデルを4万要素の簡易モデルでパラメータ設計をでい、開発期間を大幅に短縮した。

CAEを用いた鋳造用鋳型設計の最適化(3)

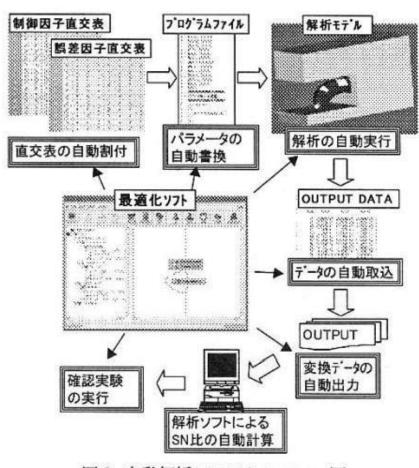


図2 自動解析システムのフロー図

位置寸法78箇所を信 号因子として、制御因 子を直交表に割り付け て、パラメータのすべて のばらつきをノイズとし て外側に割り付けて. 制御因子との交互作用 で位置精度のSN比を 求めてパラメータの最 適水準を決めた。

CAEを用いた鋳造用鋳型設計の最適化(4)

開発期間の短縮

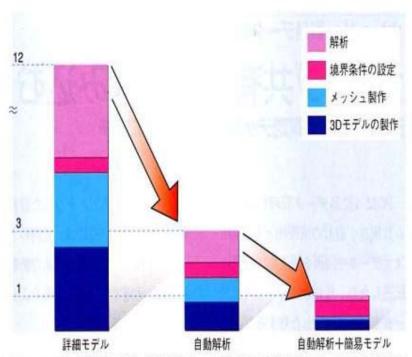


図9 — マツダの解析時間の比較。自動解析によって40分の1、簡易モデルによってさらに10分の1 に解析時間を短縮している。

品質工学の安全設計

安全設計の考え方

事例: 1988.1.5東京のあるディスコで、 $1.6 \ tf$ の重量の照明器具が落ちて3名の青年が死亡、数人が怪我をした。装置は6本のワイヤーで吊り下げられ、自由に伸びるようになっていた。事故は上下に動かすチェーンが切れて落下したのである。

チェーンの引張強さは3.2tf/本で、価格は15万円であり、2本のチェーンを用いていた。安全設計をした場合としない場合の品質評価をしてみる。

望大特性であるので、損失関数は $L = A_0 \Delta_0^2 / y^2$ を適用する。

ステップ	安全設計なし			安全設計あり		
	人命の損失を <i>1.55</i> 億円とし,		安全設計として、ワイヤーの			
	照明装置の下にいる人数を			長さを短くして、チェーンが		
1.パラメータ	6人とすれば,機能限界⊿0			切れても装置が人間の頭上で		
を求める	=1.6tfを越えた時の損失は			止まるようにする。この場合		
	<i>A₀=1.55×6=9.3</i> 億円となる。		の $A_{ heta}$ = 200 万円の修理費用で済			
	む。			む。		
2.品質水準を 求める。	$L = 93000 \times 1.6^2 / y^2$ (万円)			$L = 200 \times 1.6^2 / y^2$ (万円)		
3.損失とチューン 価格の合計 が、最小に なる本数が 最適設計 (2本が最適解)	安全		安全設	計なし 安全設計あり		
	チェーン 本数	価格 C(研)	品質損 失 Q(研)	合計 L(研)	品質損 失 Q(깨)	合計 L(研)
	1	15	23250	23265	50.0	65.0
	2	30	5812	5842	12.5	42.5
	3	45	2583	2628	5.6	50.6
	6	90	646	736	1.4	91.4
	9	135	287	422	0.6	135.6
	15	226	103	328	0.2	225.2
	16	240	91	331	0.2	240.2
	17	255	80	335	0.2	255.2

- ■安全設計とは、信頼性設計に頼るのではなく、事故が起きたときに被害を最小にする設計である。
- 人命は1.5億円と考え て,家は0.5億円と考え て安全装置の設計を 行う。