

## 品質工学に出会う前とその後 —科学的思考から技術的思考へ—

- 1957年から1980年までの科学的思考時代と
- 1980年以後に品質工学を学んだ自分史の紹介です。

2020年1月11日 関西品質工学研究会新春記念講演  
原 和彦

1

### 科学的思考時代 (1957年～1980年)

- 1957年 松下電工（株）技術部電気特別研究室に配属
1. 1957年 タイムスイッチ（24時間制御タイマー）
  2. 1960年 はがき・切手自動発売機（郵政省依頼）
  3. 1965年 戦車攻撃システム（防衛庁依頼）
  4. 1966年 小型歯車の研究（0.1M時計用成型歯車）
  5. 1968年 電磁カウンタの研究（秒速100CPS）
  6. 1970年 小型有極電磁リレー（世界最小）
  7. 1980年 PHP自動販売機（松下幸之助依頼）
  8. 1980年 クォーツ水晶時計（掛時計用振動子）
  9. 1982年 ソレノイドの開発（プリンタ電磁石）
  10. 1985年 マッサージ機の開発（S-H変換法）

「**日本初世界最高性能**」が設計の目的で、市場における品質問題は寿命試験で解決できると考えていた。  
「**線形の世界**」でモノづくりをしていた。



はがき切手発売機



電磁カウンタ

2

## 科学的思考時代の開発研究手法

- 等価変換理論やラプラス変換や微分方程式を使って、アナログコンピュータを駆使して、電子技術と機械技術を結んだ性能第一の設計で、信頼性は長時間の寿命試験で市場の品質問題は解決できると考えていた。

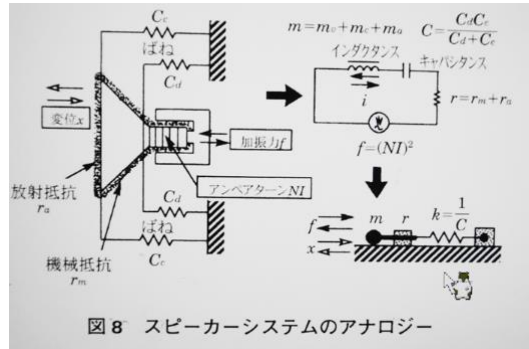


図8 スピーカーシステムのアナロジー

$$\text{変位} \quad x = A e^{-\alpha t} \sin(\sqrt{W^2 - \tau^2} t + \phi)$$

$$\text{速度} \quad \frac{dx}{dt} = B e^{-\alpha t} \sin(\sqrt{W^2 - \tau^2} t + \phi)$$

3

## 品質工学との出会いとその後

- 1980年（47歳）唐津一先生（松下幸之助最高顧問）の紹介で田口玄一先生と出会い指導を受ける。
- 1980年～1994年 中部品質協会で品質工学研究会に参加する
- 1993年（59歳）品質工学フォーラム設立に参加して  
会長（田口玄一）副会長（馬場幾郎、原和彦）
- 当時、松下電工で行った品質工学事例の紹介  
（プリンタソレノイドの改善、CdS素子の改善）
- 1994年（60歳）関西企業の同志14名で関西品質工学研究会を設立して初代会長に就任
- 2003年（69歳）JAXA衛星ロケットのトラブルに対して品質工学の評価の説明を行い、その後のロケット開発に貢献。  
「非線形の世界（ノイズに鈍感）」が大切だと痛感した。

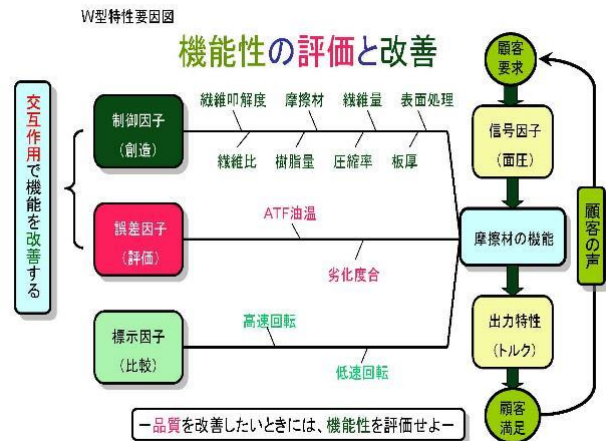
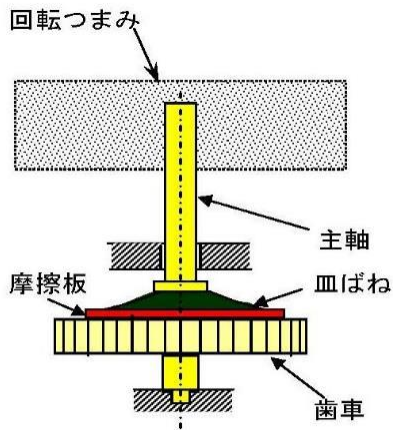
4

## 品質工学と曼荼羅との共通点

	仏教の世界（曼荼羅）	品質工学の世界
理想状態	大日如来（仏の化身）	基本機能（顧客のニーズから技術手段の理想機能を $y = \beta M$ で定義）
評価方法	順観（人間のあるべき姿を悟る） 	理想機能からのずれの最小化を顧客の欲しい機能（ $\beta$ ）と顧客が欲しくない機能（ $\sigma$ ）の比をSN比で評価する。 SN比とは $(\eta = \beta^2 / \sigma^2)$ その逆数を損失関数（円）で求める 目的機能や品質特性を含めて評価する。 社会的損失の最小化 <b>QCDの同時達成（一石三鳥）</b>
悩み苦しみの解決	逆観（人間の悩み苦しみから脱却）	市場トラブル（品質特性） SN比の逆数を顧客の損失と考えると、 損失関数 $L(\text{円}) = k(1/\eta)$ で求める

5

## 機能性評価のW型特性要因図 — 寿命試験から機能性評価へ（1994年） —



6



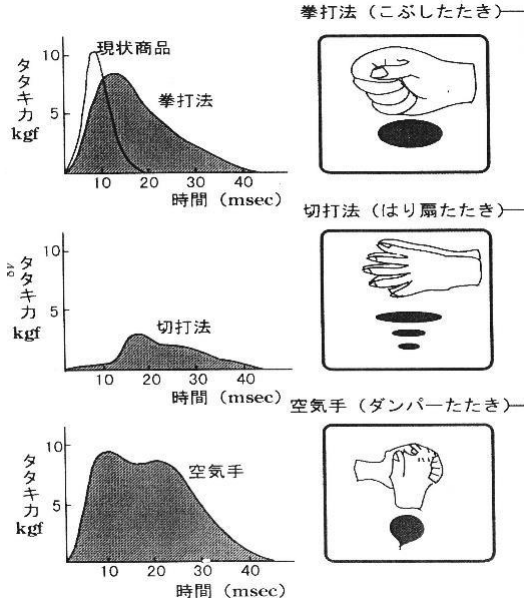


## S-H変換法とパラメータ設計による“肩たたき機”の開発（1985年）

### 肩たたき機の技術開発と商品設計

【ユーザーニーズ】 → 【ニーズの機能表現】 → 【技術開発課題】 → 【技術手段の選択】 → 【基本機能の安定化】 → 【目標値へ調整】

肩たたき機 (システム)	肩の凝りをほぐす 運用が欲しい	目的機能の分析 プロトタイプが解の手段のような肩たたきの目的機能	計測と解析 プロの手技設計計測技術の斬新開発	システムの選択 低消費電力の小型で低コストのシステムの考案と最適な技術手段の選択	パラメータ設計 ノイズ(環境変化)による機能の安定化 ●S/N比(機能の劣化) $\eta = 100 \frac{P}{d}$	商品設計 機能が安定したプロトタイプシステムを統合して、商品の要求品質の目標値に調整
駆動機構 (モーター)		電気エネルギーを機械エネルギーに効率よく変換する機能	高効率電磁石駆動 駆動技術の高効率電磁石設計技術の活用(三次元磁場解析)	駆動機構の考案と選定 理想機能 $y = \beta \omega M$ $\gamma$ : 変換 $\beta$ : タタキ力 $\omega$ : 駆動数 $M$ : 入力電力	駆動技術の安定化	タタキ力 $y = \beta \omega M$ 電力
伝達機構 (バネ)		アクチュエータのタタキエネルギーを減衰させない機能 また、タタキ力の振動が手首に伝わらない	減衰反動機構 駆動系設計技術 $M = \alpha \times \omega \times M$	伝達機構の考案と選定 理想機能 $y = \beta \omega M$ $\gamma$ : 変換 $\beta$ : 伝達係数 $\omega$ : 駆動数 $M$ : 入力	伝達技術の安定化	伝達機構 電力
駆動回路 (制御)		タタキの強さと減衰の調節を正確にプロの手技に合わせる事ができる調整機能 (フラグ制御機能)	任意パルス発生回路 駆動回路設計技術 入力: 制御パルス 出力: 駆動パルス	回路技術の安定化 理想機能 $y = \beta \omega M$ $\gamma$ : 入力電力 $\beta$ : インピーダンス $\omega$ : 駆動数 $M$ : パルス幅	回路技術の安定化	パルス幅 電力



9

## 肩たたき機のシステム選択のための機能性評価

要 因	無極型 (磁気回路中に永久磁石なし)			有極型 (磁気回路中に永久磁石あり)	
	平面磁極型 (現状品)	誘い込み磁極型	貫通磁極型	有極型 (1)	有極型 (2)
時 機	《現状品》 タントンEV277に搭載中であるが出力が弱い。	● 誘い込み磁極と磁性リングの採用 ● 鉄心ストロークが大きい時も磁気抵抗を減少し効率を向上できる。	● 固定鉄心を除去して鉄心貫通型にする。 ● 鉄心ストロークを任意に設定可能である。	● 鉄心と巻線間に永久磁石のバイアス磁界を作る。 ● コイル巻線の磁気抵抗は変えず磁束量を増す。	● 鉄心間に永久磁石のバイアス磁界を作り固定鉄心を除去する。 ● 外形寸法を変えずに磁束量を増す。
コスト	100	100	90	120	110
機能特性 (吸引力)	基本機能 $\beta = 3.0$ $F = \beta \sqrt{W}$	$\beta = 8.5$ $F = \beta \sqrt{W}$	$\beta = 2.5$ $F = \beta \sqrt{W}$	$\beta = 7.5$ $F = \beta \sqrt{W}$	$\beta = 3.5$ $F = \beta \sqrt{W}$
評 価	△	◎	×	△	×

叩きパターンを満足するシステムの中で性能が最大になる「**誘い込み磁極型**」を採用してパラメータ設計でシステムの最適化を行った。

10

## NCRDPチェックリストによる開発・生産プロセスの充実（1985年）

### 10. 開発プロセスにおける品質工学の役割

【ステップ】	【実施項目】	【実施内容】	【解決手法】
1. 商品と技術の企画 <b>Needs</b>	N-1	社会的背景の探求	NCP
	N-2	ユーザーの実態把握	多変量解析
	N-3	市場動向変化の予測	ポートフォリオ
	N-4	戦略計画の立案	新QC7つ道具
1.2 商品コンセプトの決定 <b>Concept</b>	C-1	狙いの明確化 (ニーズから機能へ)	品質工学 (機能性の研究)
	C-2	計測特性の決定	品質工学 (機能性の研究)
	C-3	アイデアの検討	品質工学 (機能性の研究)
	C-4	目標品質の設定	品質工学 (機能性の研究)
1.3 技術開発 (技術の蓄積) <b>Research</b>	R-1	商品の関連技術の抽出	品質工学(SN比) (パラメータ設計)
	R-2	要素技術の確立	品質工学(SN比) (パラメータ設計)
	R-3	製造技術の確立	品質工学(SN比) (パラメータ設計)
2. 商品と工程の開発 <b>Design</b>	D-1	商品構想の具体化 (技術の活用)	創造性工学 品質工学(損失関数) 品質工学(SN比) (パラメータ設計)
	D-2	安全性の確保	品質工学(損失関数)
	D-3	商品の最適化設計	品質工学(損失関数) (許容差設計)
	D-4	商品の詳細設計	品質工学(損失関数) FMEA, FTA
	D-5	商品の品質確認	信頼性工学 品質工学(SN比) (パラメータ設計)
	D-6	工程の最適化設計	品質工学(SN比) (パラメータ設計)
3. 生産準備と工程管理 <b>Product</b>	P-1	設計仕様の確認	品質目標設定書 工程能力指数
	P-2	工程能力の確認	品質工学(SN比) 品質工学(制御設計)
	P-3	外注部品の品質評価	品質工学(検査材料) (継続的な改善)
	P-4	工程の管理	品質工学(SN比) 品質工学(寿命試験)
	P-5	商品の検査	品質工学(SN比) 品質工学(寿命試験)
	P-6	商品の実用試験	品質工学(SN比) 品質工学(寿命試験)

19

NCRDP(needs/concept/research/design/product)の開発プロセスにおいて品質工学の手法を含めて

機能性評価・パラメータ設計・許容差設計・制御設計・検査設計の一貫生産を考えた。

11



12

## CdS素子の品質改善 —目的機能から基本機能へ

CdS素子は電気回路を周囲の明るさで自動的に制御する素子である。

市場にある9品種の製品の機能性評価で優劣を比較した事例である。

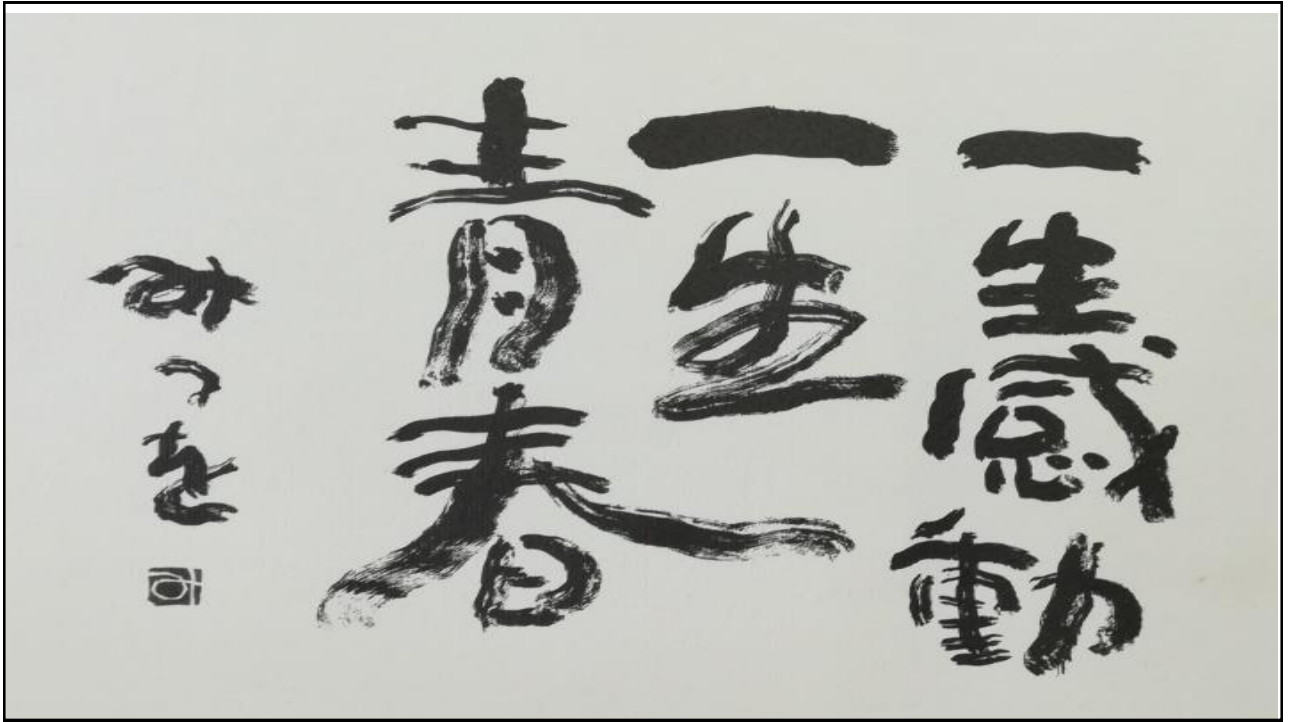
<http://kaz7227.art.coocan.jp/cds.pdf>

13

## 機械システムの機能性評価

- 品質工学誌 Vol.6 No.3に投稿したテーマは
- スピーカーシステムの過渡特性で機能性評価を行った例であるが、電気技術と機械技術の**アナロジー**によって、基本機能は
- ボーイスコイルの入力電流に対するコーンの出力変位の過渡特性で機能性を評価した事例である。
- ホームページ <http://kaz7227.art.coocan.jp/kikaisistemuge.pdf> 「**機械システム**における**機能性評価**」を参照

14



15



16