品質工学に出会う前とその後
ー科学的思考から技術的思考へー

- 1954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講演

原　和彦

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　クオーツ水晶時計（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）

はがき切手発売機

電磁カウンタ

“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。

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。

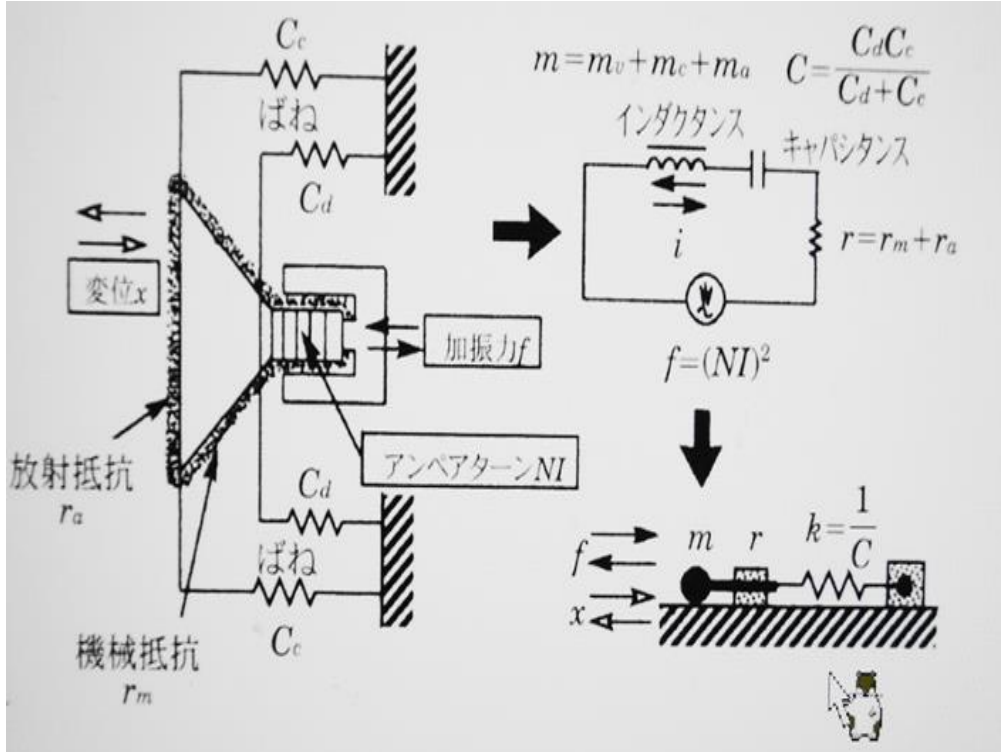


図8　スピーカーシステムのアナロジー

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）

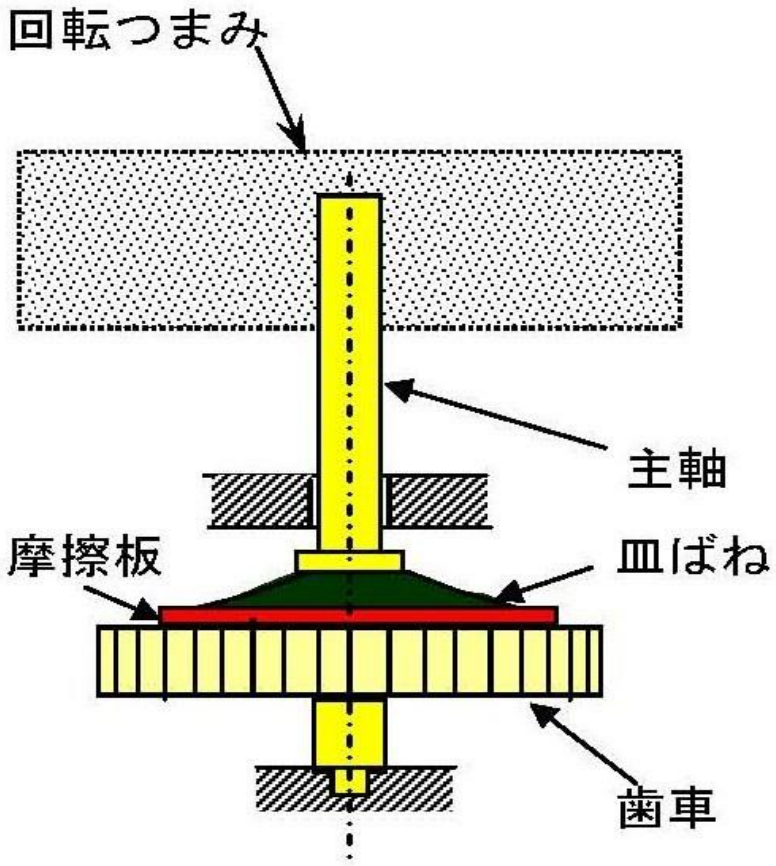
1994年（60歳）関西企業の同志14名で**関西品質工学研究会**を
設立して初代会長に就任
2003年（69歳）JAXA衛星ロケットのトラブルに対して品質工学
の評価の説明を行い、その後のロケット開発に貢献。

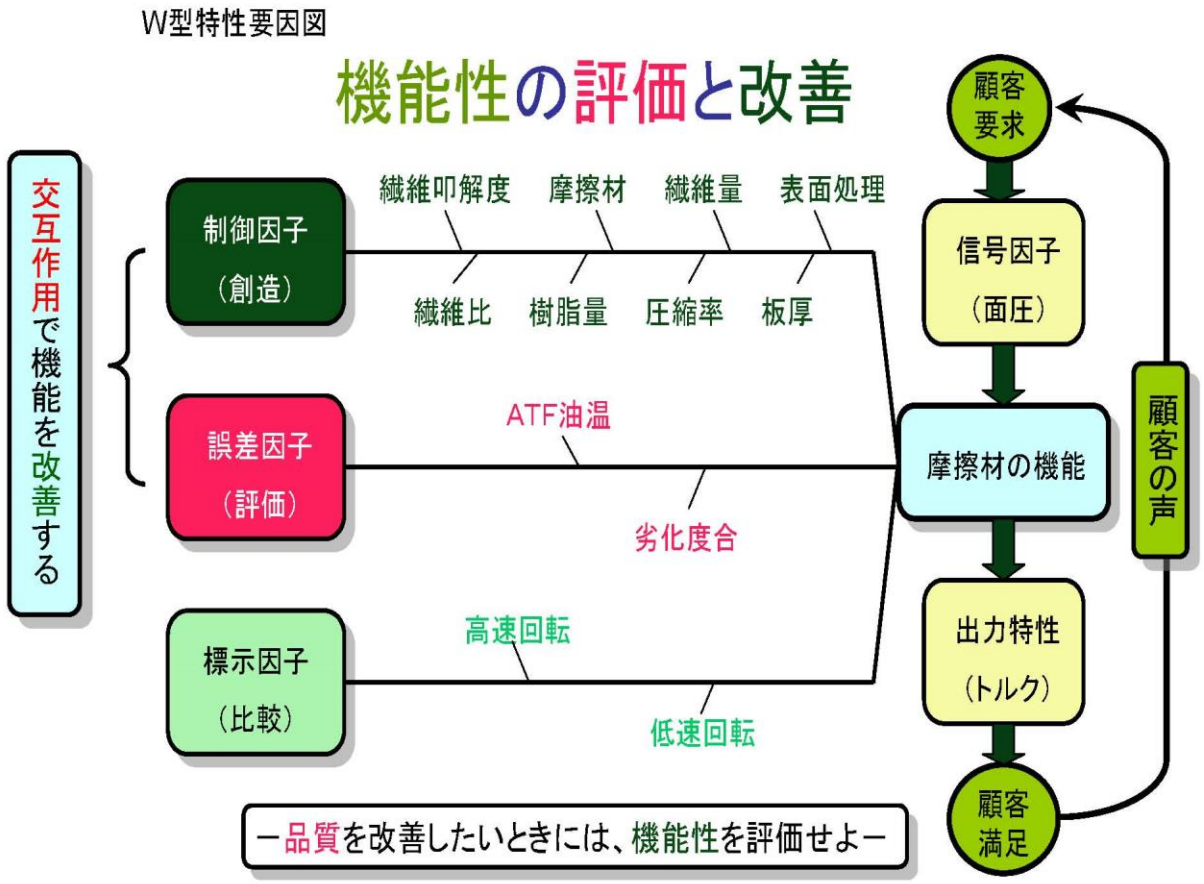
品質工学と曼荼羅との共通点

	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＝βＭ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（β） と顧客が欲しくない機能（σ）の比を SN比で評価する。 SN比とは（η＝β^2/σ^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
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て、 損失関数L(円)=k(1/η）で求める

機能性評価のW型特性要因図

ー寿命試験から機能性評価へ（1994年）ー





最初に品質工学の素晴らしさを体験した事例（1980年）

技術的思考時代の研究

パラメータ設計の極意

—システムは複雑でなければ改善できない—

1. 信頼性試験でトラブル発生

デイジープリンターを開発したとき、電磁石のプランジャーが内部から発生する発熱で「2度打ち」を起こす現象が発生しました。

原因は、プランジャーが衝突するゴムの緩衝体が温度上昇で硬化するという現象が起きたのです。バウンド量の規格が 0.5mm 以内に対して最大 2.5mm まで上昇しました。

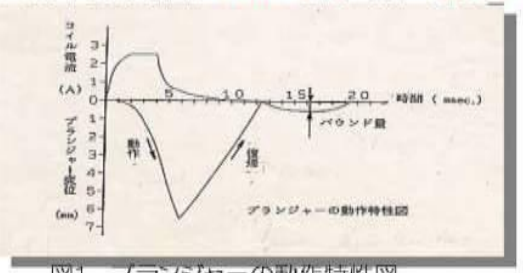


図1　プランジャーの動作特性図

電磁石のコイルに加わる入力電流によって、プランジャーは動作と復帰を繰り返しますが、復帰したときに緩衝体に衝突して跳ね返るためバウンド量が発生します。バウンド量を 0.5mm 以内に抑えることが今回の技術課題です。

2. 従来のトラブル対策

温度が変化してもバウンド量が 0.5mm 以内になるようにゴムの材質を変更するか、それでも駄目なら、温度が 40℃以上にならないようにファンを付けます。しかし、この対策はコストアップになります。

3. 品質工学の機能性の評価と改善（パラメータ設計）

品質工学ではコンピュータシミュレーションを活用して、プランジャーの衝突前後のマクスウェル運動方程式を作って、それぞれの機能についてパラメータ設計を行った結果、温度変化のノイズに強いシステムを考案することに成功しました。

たくさんのシステムから「複雑なシステム」を創造することで、バウンド量を最小にすることができた事例です。

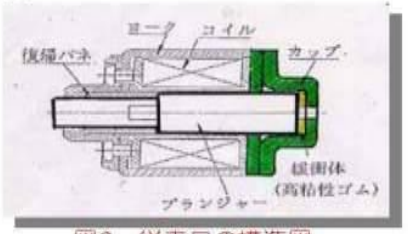


図2　従来品の構造図

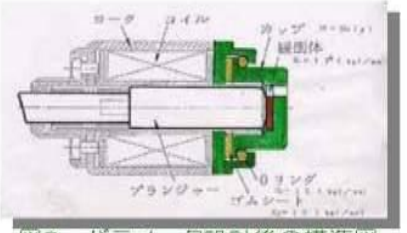


図3　パラメータ設計後の構造図

パラメータ設計においては、システムが複雑でなければ、大きな改善はできないと考えています。その理由は、制御因子（部品）が沢山あることによってノイズと制御因子との交互作用が顕著に現れて、温度などのノイズの影響に強い制御因子の水準が見つかるのです。

つまり、温度が変化してもバウンド量が変化しない設計ができるのです。

今回紹介するパラメータ設計は1980年に行われたものですが、バウンド量が最小となる最適なシステムを考案した当時としては画期的なパラメータ設計の事例です。

このシステムはデイジープリンタに用いる電磁ソレノイドですが、最初のシステム設計では、図 1のような単純な構造であったため、使っていると図 4 に示すように、電磁石自体の温度上昇でプランジャーの2度打ち現象が発生してバウンド量が許容差の 0.5mm を遥かに越える状態が起きたのです。

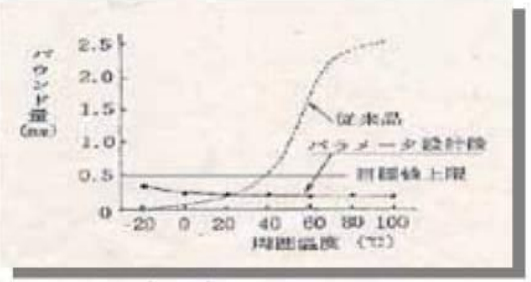


図 4　周囲温度とバウンド量の関係

そこで、この問題を解決するために、図5のようなシミュレーションモデルの等価回路を考えて、プランジャーが衝突する前と衝突後のマックスウェルの運動方程式をつくり、パラメータ設計を行うことにしました。

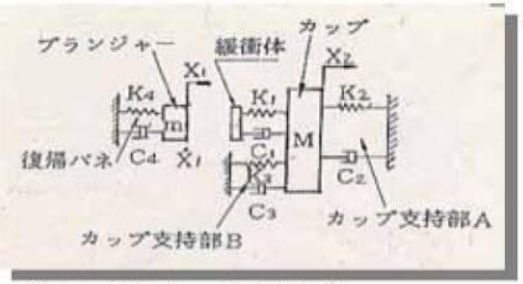


図 5　シミュレーションモデル

M：カップの慣性質量
K_1：緩衝体の等価ばね定数
C_1：緩衝体の等価粘性係数
K_2：カップ支持部Aの等価ばね定数
C_2：カップ支持部Aの等価粘性係数
K_3：カップ支持部Bの等価ばね定数
C_3：カップ支持部Bの等価粘性係数
m　：プランジャーの慣性質量
K_4：復帰ばねの等価ばね定数
C_4：復帰ばねの等価粘性係数
ΔX_1：K_2，K_3 の圧縮量

■ プランジャーが緩衝体に衝突する前後の運動方程式を使って「バウンド量」を「ゼロ望目特性（バウンド量 X1=±0）」として解析します。

ゼロ望目特性の SN 比

$$\eta(db) = -10\log V_s = -10\log\left(\frac{1}{n-1}\right)\sum\left(X_1 - \overline{X_1}\right)^2$$

① プランジャーと緩衝体が接触中の等価モデル（バウンド量のゼロ望目特性）

$$m\frac{d^2X_1}{dt^2} = -K_1(X_1 - X_2) - C_1\left(\frac{dX_1}{dt} - \frac{dX_2}{dt}\right) - K_4X_1 - C_4\frac{dX_1}{dt} + F_{set}$$

$$M\frac{d^2X_2}{dt^2} = K_1(X_1 - X_2) + C_1\left(\frac{dX_1}{dt} - \frac{dX_2}{dt}\right) - K_2(X_2 + \Delta X_2) - C_2\frac{dX_2}{dt} - K_3(X_2 - \Delta X_3) - C_3\frac{d^2X_2}{dt}$$

② プランジャーが単独で運動中の等価モデル（プランジャーの過渡応答性）

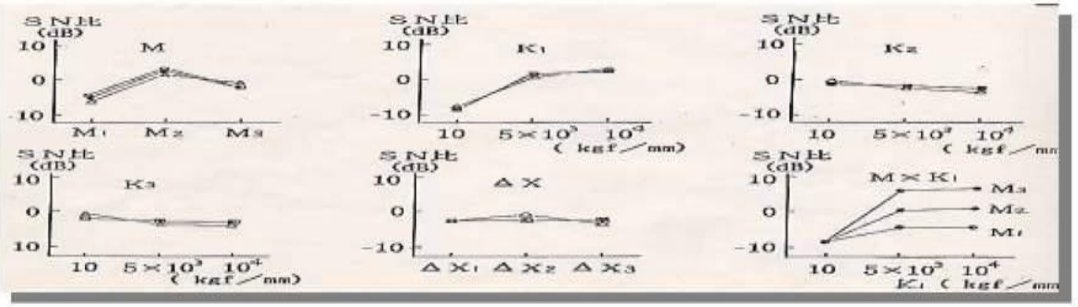
$$m\frac{d^2X_1}{dt^2} = -K_4X_1 - C_4X_1 + F_{set}$$

$$M\frac{d^2X_2}{dt^2} = -K_2(X_2 + \Delta X_2) - C_2\frac{dX_2}{dt} - K_3(X_2 - \Delta X_3) - C_3\frac{d^2X_2}{dt}$$

■ 制御因子と誤差因子の水準の設定

制御因子	水準		
	1	2	3
M：カップ質量（g）	M1	M2	M3
K1：緩衝体ばね定数(kgf/mm)	10	5000	10000
K2：カップ支持 A ばね定数(kgf/mm)	10	5000	10000
K3：カップ支持 B ばね定数(kgf/mm)	10	5000	10000
ΔX：K2,K3 の圧縮量（mm）	ΔX1	ΔX2	ΔX3
誤差因子	**水準**		
	1	2	3
M：カップ質量（g）	−10%	0	+10%
K1：緩衝体ばね定数(kgf/mm)	−20%	0	+20%
K2：カップ支持 A ばね定数(kgf/mm)	−20%	0	+20%
K3：カップ支持 B ばね定数(kgf/mm)	−20%	0	+20%
ΔX：K2,K3 の圧縮量（mm）	−40%	0	+40%

■ 要因効果図の作成



コンピュータシミュレーションの場合、制御因子の水準は自由に選択できますから、ばね定数は非常に大きな範囲に設定しました。誤差因子の水準幅も大きく設定しました。

設計段階	平均値	ばらつき	品質損失（円）	コスト（円）	全損失（円）
初期設計	2.230	5.160	10.320	C	10.320+C
パラメータ設計	0.375	0.154	308	C+15	323+C
許容差設計	0.240	0.068	136	C+15	151+C

表 3.　設計の各段階における品質損失とコストの比較

品質損失は市場における損失で、下式の「損失関数」を用います。

$$L(円) = \frac{A_0}{\Delta_0^2} \times \sigma^2 = \frac{4500}{1.5^2} \times \sigma^2$$

ここにA_0（円）は機能限界Δ_0=1.5mmを越えたときの損失金額(4500 円)

4. 考　察

1. 初期のシステム設計は構造が簡単で改善の余地が少なかった。
2. シミュレーションを行ったため、新しいシステムを考案することができた。
3. たくさんの制御因子とノイズの非線形効果でばらつき改善ができた。
4. 僅かなコストアップで品質改善を図ることができた。

5. 21世紀の品質工学（標準 SN 比）

最近の品質工学においては、望小特性のような加法性のない品質特性ではなく、加法性の高い機能性の評価が普通であるが、更に応用範囲が広く「再現性」が高い「標準 SN 比」という概念を用いてパラメータ設計することが当たり前になってきた。

■ このソレノイドでは、プランジャーが単独で飛行中の「機能性」は次のように評価します。
すなわち、入力電流（M）を「信号因子」と考えて、出力変位（y）の過渡特性の機能性を評価すればよいのです。　この場合、時間は「標示因子」です。　理想機能は　$y(t) = \beta M(t)$　と考えます。

時間 / ノイズ	T1	T2	T3	T4	T5
N0【M(t)】	y_{101}	y_{102}	y_{103}	y_{104}	y_{105}
N1	y_{111}	y_{112}	y_{113}	y_{114}	y_{115}
N2	y_{121}	y_{122}	y_{123}	y_{124}	y_{125}

N0:出力変位の標準条件でこれを信号として、N1 と N2 で SN 比を求めます。
N1:正側の最悪条件　N2:負側の最悪条件　Ti:過渡応答時間
このような機能性の評価は「21世紀の品質工学」と呼ばれています。

S-H変換法によるマッサージ椅子の開発（1980年）

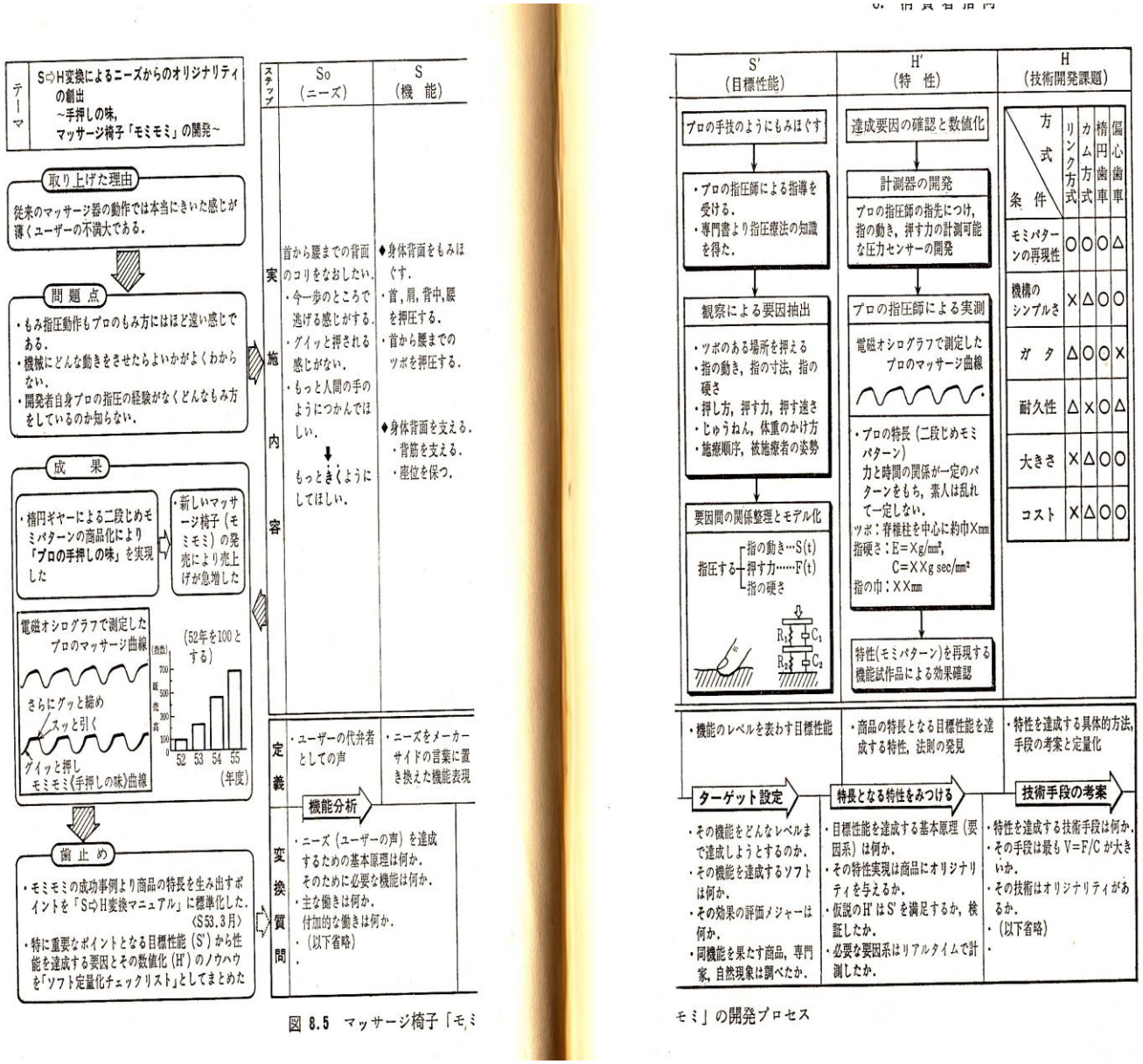


図 8.5 マッサージ椅子「モミモミ」の開発プロセス

図 8.4 マッサージ椅子

プロのマッサージ師の手技「グイっと押し、グっと締め、スッと抜く」マッサージ曲線をシミュレーションして手段は**楕円ギヤ**―でパターンを実現する。

（1981年にデミング賞を受賞）

「QC的ものの見方・考え方」日科技連

S-H変換法と品質工学活用による“**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）

肩の凝りをほぐす道具が欲しい

目的機能の分析

プロマッサージ師の手技のような肩たたきの目的機能

計測と解析

プロの手技波形計測技術の新規開発

システムの選択

低消費電力で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，劣化）による機能の安定化

●SN比(機能の良さ)

$$\eta = 10\log\frac{\beta}{\sigma}$$

商品設計

機能が安定したサブシステムを組合わせて，商品の要求品質の目標値に調整

駆動機構（サブシステム1）

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

高効率電磁石機構

基盤技術の高効率電磁機構設計技術の活用

(三次元磁場解析)

駆動機構の考案と選定

評価項目＼手段	方式A	方式B	方式C	方式D
機　能	3	5	1	2
コスト	2	5	2	3

☆方式Bを採用

駆動技術の安定化

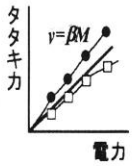
理想機能

$y=\beta M$

y ：タタキカ

β ：変換係数

M ：入力電力



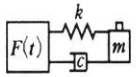
伝達機構（サブシステム2）

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，タタキカの振動が手首に伝わらない

無反動支持機構

振動系設計技術

$m\ddot{x}+c\dot{x}+kx=F(t)$



伝達機構の考案と選定

評価項目＼手段	板ばね	コイル	樹脂	ゴム
機　能	4	3	5	2
コスト	3	4	5	2

☆樹脂方式を採用

伝達技術の安定化

理想機能

$y=\beta(\omega)M$

y ：変位

β ：伝達係数

ω ：振動数

M ：外力

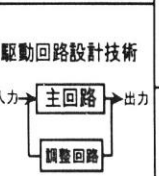
駆動回路（サブシステム3）

タタキの強さと頻度の振幅を正確にプロの手技に合わせることができる調整機能

(ファジー制御機能)

任意パルス発生回路

駆動回路設計技術



駆動回路の考案と選定

評価項目＼手段	回路A	回路B	回路C	回路D
機　能	1	4	5	2
コスト	2	3	5	1

☆回路Cを採用

回路技術の安定化

理想機能

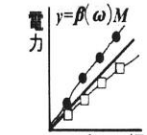
$y=\beta(\omega)M$

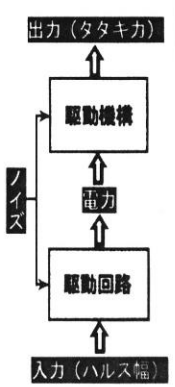
y ：出力電力

β ：インピーダンス

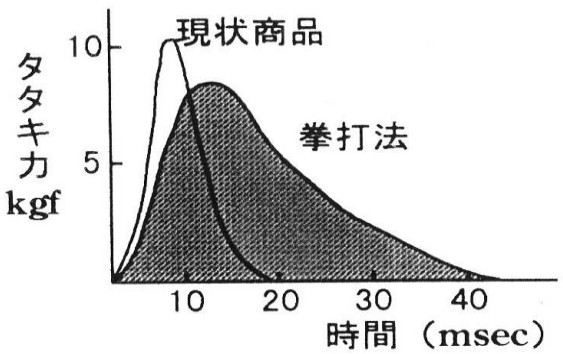
ω ：周波数

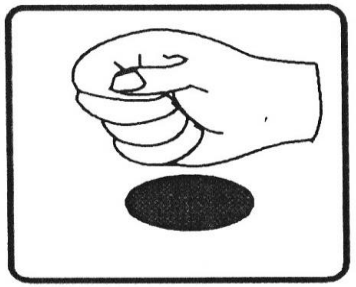
M ：パルス幅



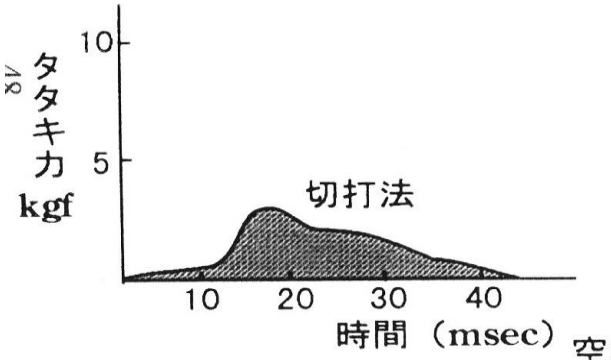


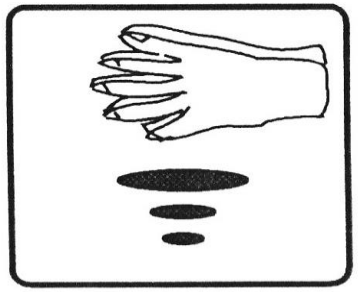
拳打法（こぶしたたき）



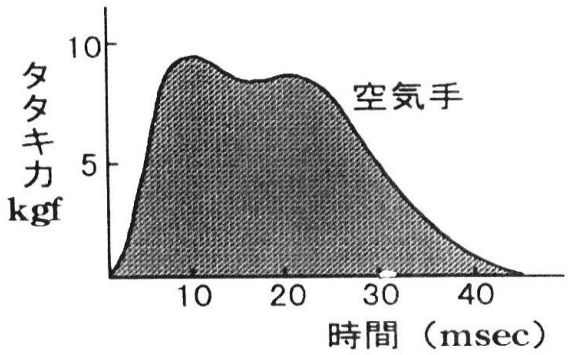


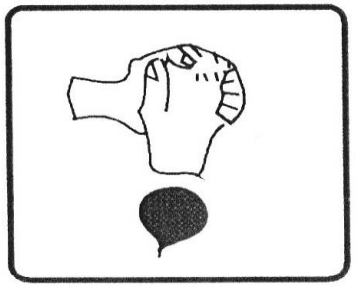
切打法（はり扇たたき）



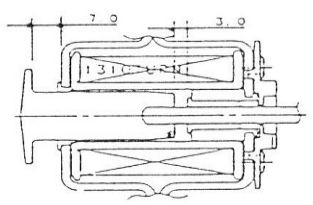
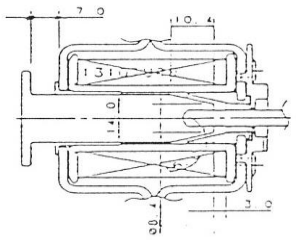
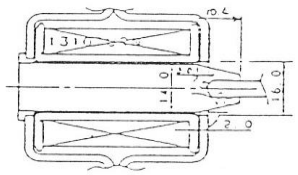
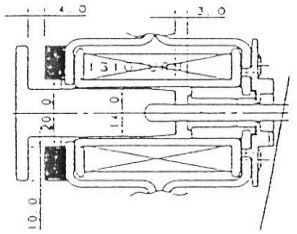
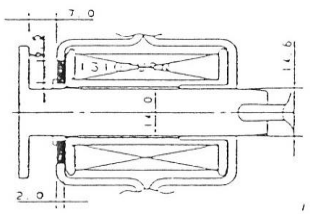
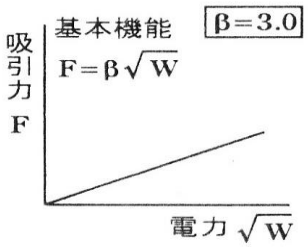
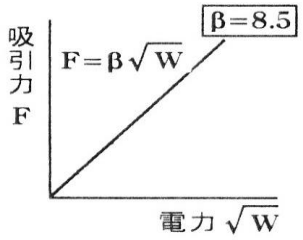
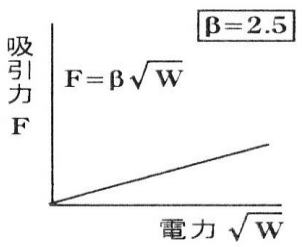
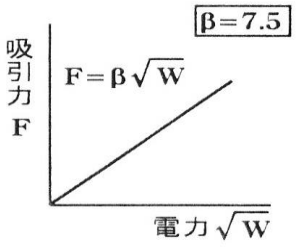
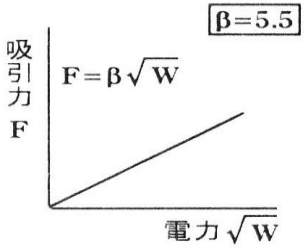


空気手（ダンパーたたき）





肩たたき機の駆動機構の**システム選択**のための機能性評価

	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）
要図					
特徴	《現状品》 タントンEV277に搭載中であるが出力が弱い. ●企画目標達成のため約７倍の機械出力を高める必要がある.	鉄心ストロークが大の時も磁気抵抗を減少し効率を向上できる. ●誘い込み磁極と磁性リングの採用	鉄心ストロークを任意に設定可能である. ●固定鉄心を除去して鉄心貫通型にする.	コイル磁路の磁気抵抗は変えず磁束量を増す. ●鉄心と継鉄間に永久磁石のバイアス磁界を作る.	外形寸法を変えずに磁束量を増す. ●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
コスト	１００	１００	９０	１２０	１１０
機能特性（吸引力）					
評価	△	◎	×	△	×

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				
1.1 ニーズの抽出	N−1	社会的背景の探索	世の中の変化と需要の予測	NCP
	N−2	ユーザーの実態把握	ユーザーの要求品質（S_0）	多変量解析
Needs	N−3	市場動向変化の予測	競合品の普及率と使用率	
	N−4	戦略計画の立案	商品と技術の中長期計画（商品，技術，販売戦略）	ポートフォリオ 新QC7つ道具
1.2 商品コンセプトの決定	C−1	狙いの明確化（ニーズから機能へ）	要求品質の展開（S_0 ➡ S'の設定）	品質表 S−H変換
Concept	C−2	計測特性の決定	機能を目標性能へ変換（S' ➡ H'の設定）	品質工学（機能性の研究）
	C−3	アイディアの検討	技術手段の具体化（H' ➡ H_0の設定）	創造性工学（PAT）
	C−4	目標品質の設定	機能,寿命,価格,発売時期	品質機能展開表（QFD）
1.3 技術開発（技術の蓄積）	R−1	商品の関連技術の抽出	商品と技術の関連表作成	商品／技術関連表
Research	R−2	要素技術の確立	部品，素子，回路の安定性の確保（購入部品を含む）	品質工学（SN比）（パラメータ設計）
	R−3	製造技術の確立	製造技術の安定性の確保	品質工学（SN比）（パラメータ設計）
2. 商品と工程の開発				
2.1 商品設計（技術の活用）	D−1	商品構想の具体化	システムの選択	創造性工学
	D−2	安全性の確保	安全設計	品質工学（損失関数）
	D−3	商品の最適化設計	要素技術の編集設計	品質工学（SN比）（パラメータ設計）
Design	D−4	商品の詳細設計	品質とコストのバランスによる許容差の決定	品質工学（損失関数）（許容差設計）
	D−5	商品の品質確認	信頼性試験と寿命試験	FMEA，FTA 信頼性工学
2.2 工程設計	D−6	工程の最適化設計	製造技術の編集設計	品質工学（SN比）（パラメータ設計）
3. 生産準備と工程管理				
3.1 量産試作	P−1	設計仕様の確認	図面やスペックと品物の一致	品質目標設定書
	P−2	工程能力の確認	管理項目と管理限界の決定	工程能力指数
	P−3	外注部品の品質評価	部品素子の機能性の評価	品質工学（SN比）
3.2 本各生産	P−4	工程の管理	工程管理方式の決定	品質工学（制御設計）
Product	P−5	商品の検査	検査方式の決定（臨界不良率）	品質工学（検査設計）（無検査か全数検査か）
	P−6	商品の実用試験	実使用条件における耐久試験	信頼性工学（寿命試験）

NCRDP(needs/concept/research/design/product)の開発プロセスにおいて **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が、開発研究段階だけで製造段階の充実は夢に終わった。

③品質目標と規格の設定
（品質のあるべき姿が明確になっているか）

（1）消費者の満足する「品質目標」を決める
（生産者側の都合で決めてはならない）

（2）「品質目標設定書」が充実しているか
（「QFD」による有効な機能分析を活用する）

（3）「ベンチマーク」の調査はできているか
（機能、性能、価格など他社の実力を知る）

（4）「規格」は「機能限界」から決めているか
（生産者側の都合で決めてはならない）

（5）部品規格は商品規格から「個別」に決める
（商品特性に対する部品特性の影響から決める）

②評価技術のあるべき姿
（良品の合格レベルを評価しているか）

（1）「目的機能」と「基本機能」を決めているか
（商品や技術の「理想機能」を最初に決める）

（2）「何を測るか」が明確になっている
（機能を満足する「計測特性」を選ぶ）

（3）「必然誤差」で機能性を評価しているか
（使用環境劣化の「ノイズ」で誤差をつぶす）

（4）機能性を「SN比」で評価しているか
（「多次元情報」を「1個の解析特性」に集約）

（5）「品質を改善するときには、品質を測るな」
（管理や検査は品質特性で、改善は機能性で）

①要素技術の蓄積と活用
（技術開発が商品企画に先行しているか）

（1）「新技術」は「汎用技術」になっているか
（未経験の技術は「技術の限界」を明確にする）

（2）将来商品を考えた要素技術になっているか
（先行性、汎用性、再現性が技術の3条件）

（3）商品設計前に技術開発が完了しているか
（要素技術と製造技術の並行開発を実施する）

（4）電子部品など購入品の評価ができているか
（部品や素子や材料の評価を事前に行う）

（5）技術開発で「開発期間の短縮」を図ること
（商品設計は従来技術の編集設計で実施）

（1）機能を満足する「システム選択」ができているか（システムは複雑でなければ改善できない）

（2）「技術の編集設計」を行っているか
（蓄積された技術を寄せ集めて商品設計を行う）

（3）「パラメータ設計」を省略できないか
（「目標値への調整」だけで設計できないか

（4）「許容差設計」でコスト改善を図ったか
（品質とコストのトレードオフでコスト改善）

（5）「図面やスペック」の設計根拠は明確か
（技術開発の「ノウハウ」を設計根拠にする）

（1）加工機の「加工精度」が分かっているか
（実物を加工して「SN比誤差」を求める）

（2）「形状誤差（反りや円筒度）は測れない
（加工機の精度は直線形状のSN比で評価する）

（3）半田付けの評価は汎用技術になっているか
（半田付け評価は「電圧一電流」で行う

（4）図面やスペックの「製造技術」の明確化
（製造できない図面は絵に描いた餅である）

（5）「工程条件の最適化」で部品の精度は決まる（生産工程のパラメータ設計を行う）

（1）モノを造る前に、品質を創っているか
（「問題解決型」から「技術開発型」へ）

（2）「開発ステップの品質」が明確になっているか

源流品質＝技術開発用　上流品質＝商品開発用
中流品質＝製造管理用　下流品質＝マネジメント用

（3）「技術開発」が「商品開発」に先行しているか

① 先行性＝商品企画に先行している
② 汎用性＝たくさんの品種に適用できる
③ 再現性＝市場においても再現する

④商品設計の短縮化
（設計で「品質とコスト」が達成しているか）

⑤製造技術で品質改善
（加工性の評価で品質改善を行う）

⑥新商品開発管理
（開発プロセスが源流管理になっているか）

設計の空洞化を防ぐ設計審査の要点

開発設計段階の設計審査で管理者や技術者が設計の空洞化を防ぐために活用する

CdS素子の品質改善

ー目的機能から基本機能へー

１．CdS素子の目的機能と基本機能

CdS素子は電気回路の開閉を周囲の明るさによって，自動的に制御するために開発されたものである。設計者の要求する品質特性としては，式（1）のようなγ率（抵抗比の対数／光量比の対数）などが考えられる。

$$\gamma_{10}^{100} = \{\ln(R_{10} / R_{100})\} / \{\ln(L_{100} / L_{10})\} \quad (1)$$

品質の安定性を確保するためには、開発設計段階に於いて、回路素子の基本機能について下記のような評価を行うことが大切である。

CdS素子の目的機能は「光量の変化で抵抗値が変わること」であるから，式(2)のような指数関数が成り立つことが予測される。

$$R = R_0 e^{-\alpha(L-L_0)} \quad (2)$$

そこで、CdS素子の基本機能，「光量によって変化する抵抗の機能である電圧と電流の比例関係（オームの法則）」を式(3)のように考える。

$$I = (1/R)V = \{e^{\alpha(L-L_0)} / R_0\}V \quad (3)$$

ここで、

$I = y, 1/R = \beta, V = M$ とおくと

理想機能は

$$y = \beta M \quad (4)$$

で表わされる。

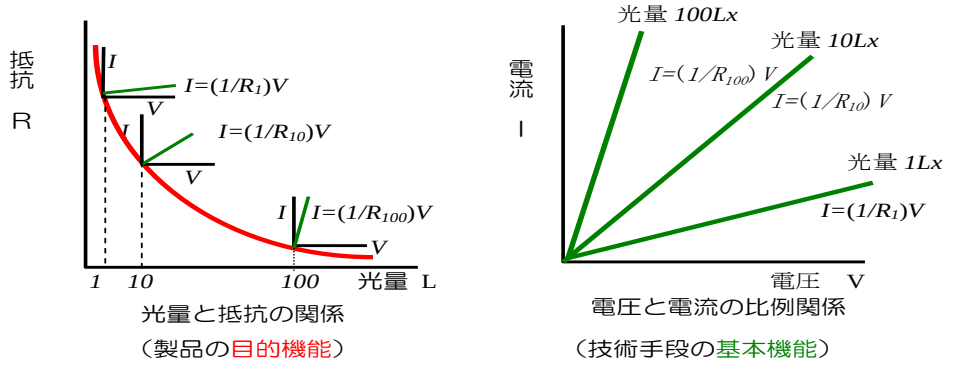


図１　ＣｄＳ素子の機能説明図

- 市場でトラブルが発生したCdS素子（購入部品）の品質評価において**機能性評価**を行い、購入部品の品質を改善した。
- 重要なことは**目的機能**から**基本機能**の機能性評価の大切さを理解できた事例である。

CdS素子の機能性の評価実験

2. 基本機能の評価実験

基本機能の計測特性について、入力信号を電圧、出力特性を電流として、光量や劣化ノイズ別に表１のように計測する。

この実験においては、光量と電流の物理的な関係が分からなかったので、光量は信号因子として扱わず使用条件（標示因子）と考えた。

この実験の調合ノイズは下記のとおりである。

N1：初期状態（常温、常湿）

N2：劣化状態（高温、高湿）

表１のデータは表２に示す品種６の製品について実験したものである。

		M1（2V）	M2（8V）	M3（14V）	線形式
N1(初　期)	A1（　1lx)	y 11（　2.5)	y 12（ 11.0)	y 13（　20.0)	L 1=　373.0
	A2（ 10lx)	y 21（ 20.0)	y 22（ 93.0)	y 23（ 170.0)	L 2= 3164.0
	A3（100lx)	y 31（184.0)	y 32（820.0)	y 33（1480.0)	L 3=27648.0
N2(劣化後)	A1（　1lx)	y 41（　2.5)	y 42（ 10.2)	y 43（　18.2)	L 4=　341.4
	A2（ 10lx)	y 51（ 21.0)	y 52（ 90.0)	y 53（ 164.0)	L 5= 3058.0
	A3（100lx)	y 61（178.0)	y 62（800.0)	y 63（1400.0)	L 6=26356.0

表　１　電圧と電流の入出力関係

3. 実験データの解析

抵抗の機能の安定性（SN 比）

$$\eta = 10\log\frac{\frac{1}{6r}(S_\beta - V_e)}{V_N} = 10\log\frac{\frac{1}{6\times 264}(2344528-140)}{324} = 6.60db$$

抵抗値の大きさ(感度)

$$S = 10\log\frac{1}{6r}(S_\beta - V_e) = 10\log\frac{1}{6\times 264}(2344528-140) = 31.70db$$

- 光量の変化によって，抵抗値が安定していることが望ましいので，各光量におけるオームの法則（電圧と電流の比例関係）を満足していることを評価した。
- ノイズの影響は使用環境や耐久試験の前後を考える。

CdS素子の最適部品の選択

４．評価の結果と考察

市場における3社の９品種について、上記の評価実験を行い、初期と劣化後の SN 比を求めた結果と総コスト（製品コスト＋品質損失）の比較を表2に示す。

品種	初期値	24 時間後	損失コスト	製品コスト	総コスト
1	10．29	12．08	9．4円	80円	89．4円
2	10．21	11．49	10．6円	100円	110．6円
③	13．12	15．19	4．5円	80円	84．5円
4	8．21	0．51	133．9円	50円	183．9円
5	5．64	4．42	54．1円	40円	94．1円
6	8．12	6．60	32．8円	60円	92．8円
7	7．74	4．62	51．9円	40円	91．9円
8	14．34	13．24	7．1円	90円	97．1円
⑨	−11．70	−9．05	1250．5円	30円	1280．5円

表　２　メーカー別の機能性のSN比評価（db）とコスト比較

損失コストは下記の「損失関数」で求めた値である。比例乗数を150円に設定した。

$$L(\text{円}) = \frac{A_0}{\Delta_0{}^2} \times \beta_0{}^2 \times \frac{1}{\eta} = 150 \times \frac{1}{\eta}$$

品質とコストの両面から評価すると，品種3の製品が最も良くて，品種9の製品が最も悪い
ことがわかる。実際に購入するときには，品質・コストの両面から判断して決めることになる。

国内の9社の部品について，CdS素子の評価を行った結果，SN比の評価ではMaxとMinの差が25dbもあり，損失関数で評価すると1200円以上の差があり，製品コストと品質コストのバランスを考えて**品種**③を採用して品質改善を行った。

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/kikaisistemu-qe.pdf「機械システムにおける機能性評価」を参照