

タグチメソッド

(実験方法、解析方法、統計との接点)

富士ゼロックス株式会社

立林 和夫

はじめに

過去

タグチメソッド(品質工学)は、名前は聞いたことはあるが、あまり
実用されない技術と認識されていた。



現在

日本の先進企業では、試行段階を終え、実用に移行してから数
年を経過。

[例]

自動車産業 トヨタ自動車、日産自動車、ホンダ、マツダ、三菱自動車、ダイハツ、…

複写機産業 富士ゼロックス、リコー、キヤノン、コニカミノルタ、セイコーエプソン、…

品質工学を研究する品質工学会

会員数2,400名超、研究発表会への参加者1,300名超

… こうした事実は、一般にはあまり知られていない

品質工学の発展経緯

ロバスト設計 = パラメータ設計 …… タグチメソッドの中心手法

[1980年代] 設計に品質を作り込む手法として認識され、一部の企業で活用。

[1990年代] 技術開発の加速手段と認識され、多くの企業で、**先行技術開発**に適用された。

先行技術開発に適用しやすくするための方法の提案

基本機能 …… 使用している技術の原理を入出力で表現する

機能性評価 …… 品質ではなく、基本機能のノイズに対する安定性を評価する

[現在] ハードウェア開発だけでなく、ソフトウェア開発でもロバスト設計を実施。

その他の手法

MTシステム 製造の自動出荷検査、病気の自動診断などで実用。

オンラインQE 自動車メーカー、エレクトロクス部品メーカーなどで実用。

直交表の試験への利用 ハード/ソフトの実力評価、ソフトウェアのデバッグ

タグチメソッドの現在の体系

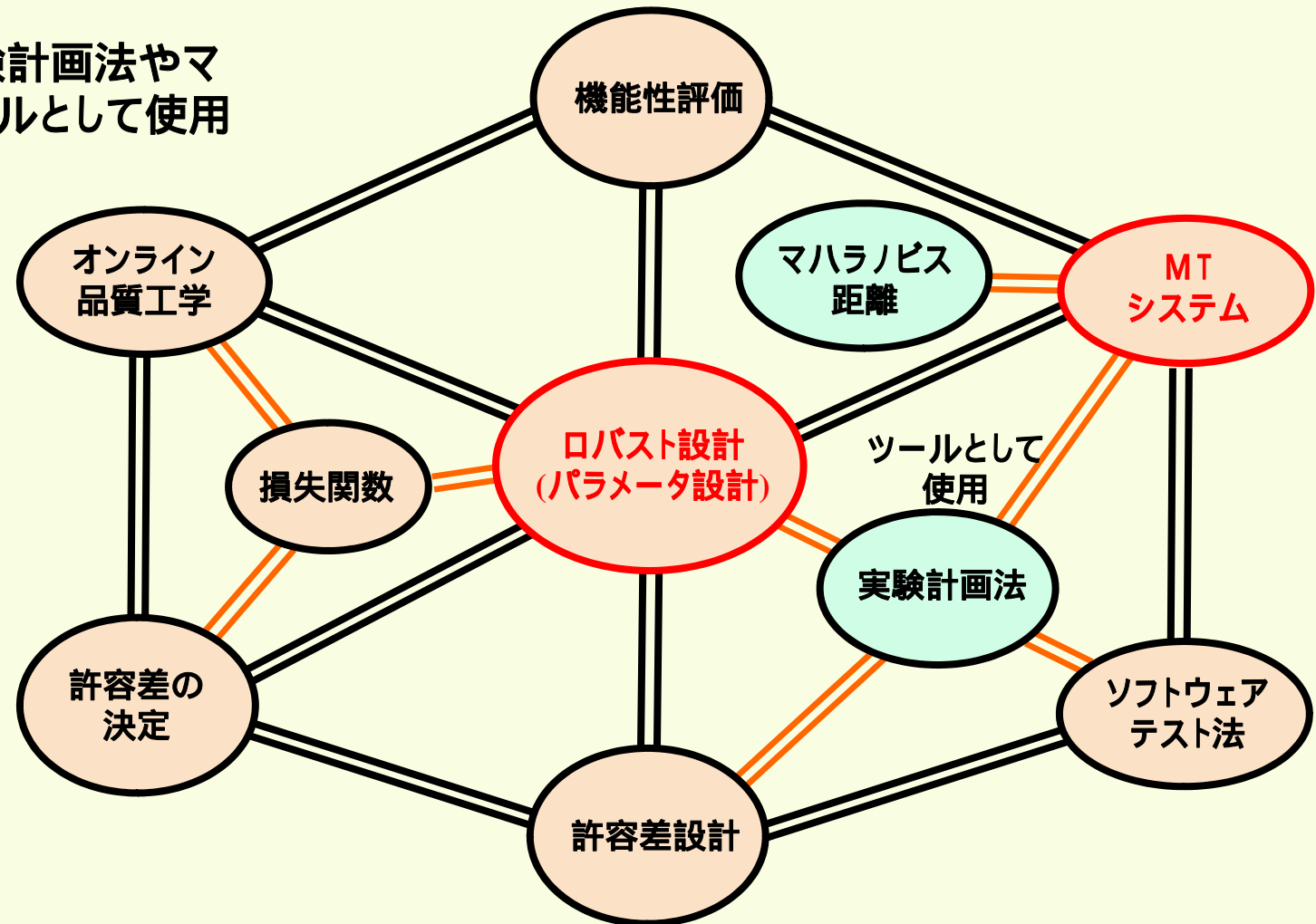
タグチメソッドは、実験計画法やマハラノビス距離をツールとして使用している。



もとより、統計との接点をもっている。



しかし、使い方は従来とは異なる点が多い。



品質工学を導入・活用している企業
(多くの企業が組織的に推進)

○

○

○

タグチメソッドを知らない
技術者の素朴な疑問

タグチメソッドは単なる
統計手法。組織的な推
進などが必要だろ
うか？

品質工学を活用している日本企業の例

業界	企業名
自動車	トヨタ自動車、日産自動車、マツダ、いすゞ、三菱自動車、ダイハツ、三菱ふそう、・・・
複写機・プリンタ	富士ゼロックス、リコー、キヤノン、コニカミノルタ、セイコーエプソン、シャープ、東芝テック、パナソニック、ブラザー
エレクトロニクス	パナソニック、ソニー、アルプス、アルパイン、東北リコー、新電元、セイコーインスツルメント、三菱電機、・・・
プラスチック成型、	日精樹脂、高畑精機、・・・
カメラ、フィルム	富士フイルム、オリンパス、ニコン、フジノン、・・・
化学	積水化学、積水エンジニアリング、住友化学、日東電工、
重工業 / 電気工業	三菱重工、IHI、古河電工、昭和電工、・・・
機械 / 生産機械	コマツ、不二越、 ¹ 松浦機械、山城精機、・・・

企業が品質工学を取り入れる理由

現在の開発プロセスの問題点
ロバスト設計の利点と開発プロセスの改革

多くの企業の開発プロセスの問題点

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、

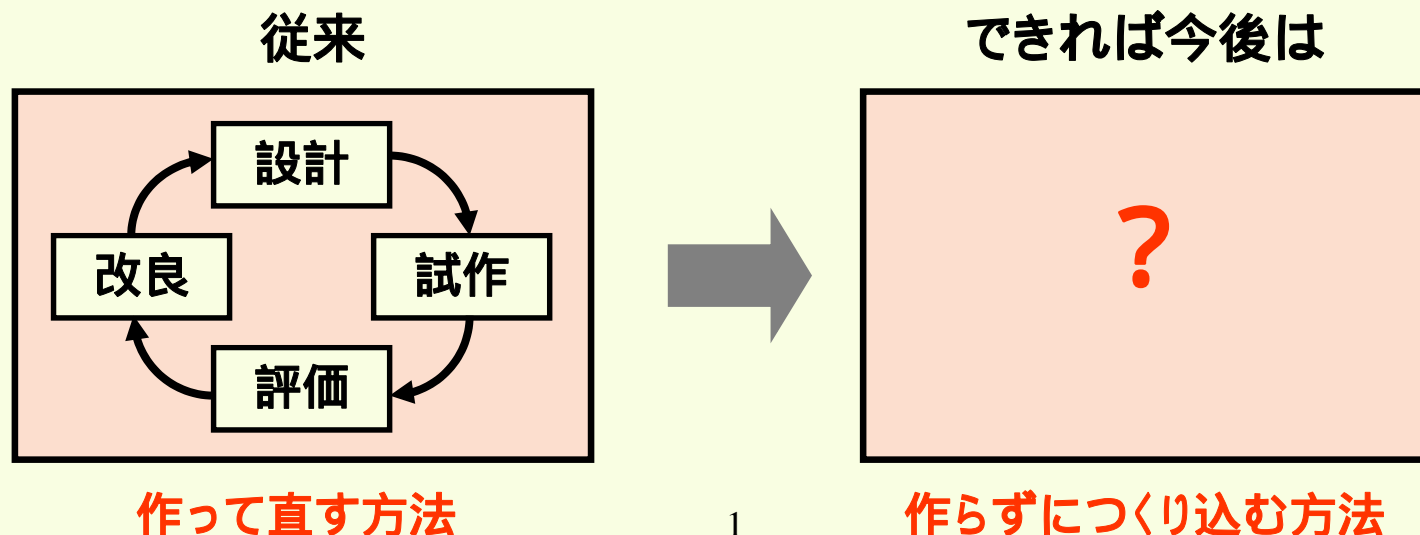
多くの工数と費用が品質試験に費やされる

品質問題対策に工数と費用が費やされている

そのうえ、

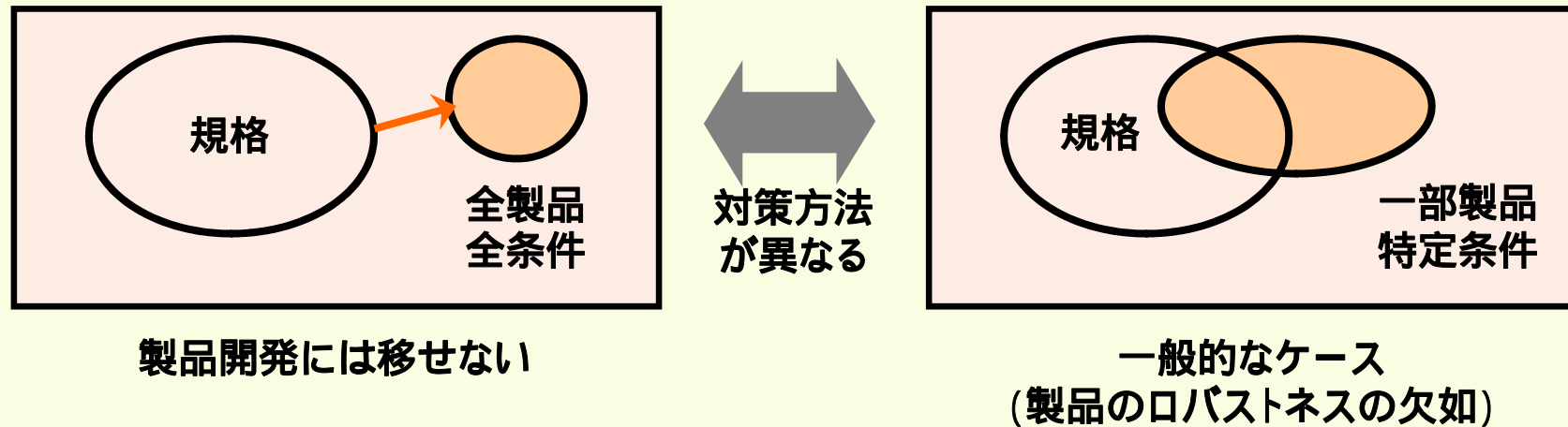
試験で見つけからなかった品質問題が市場に流出してしまう

従来からの開発方式は大きな問題点を抱えている



開発段階での品質問題

製品開発段階での品質問題はばらつき問題



ばらつき問題にはロバスト設計の実施が必要

ところが、

大学の授業には、ロバスト設計の授業がない

ロバスト設計を研究している大学の研究室は少ない

技術者のほとんどは、ロバスト設計の方法を系統的に学んでこなかった

ロバスト設計を実施できる技術者が少なかった

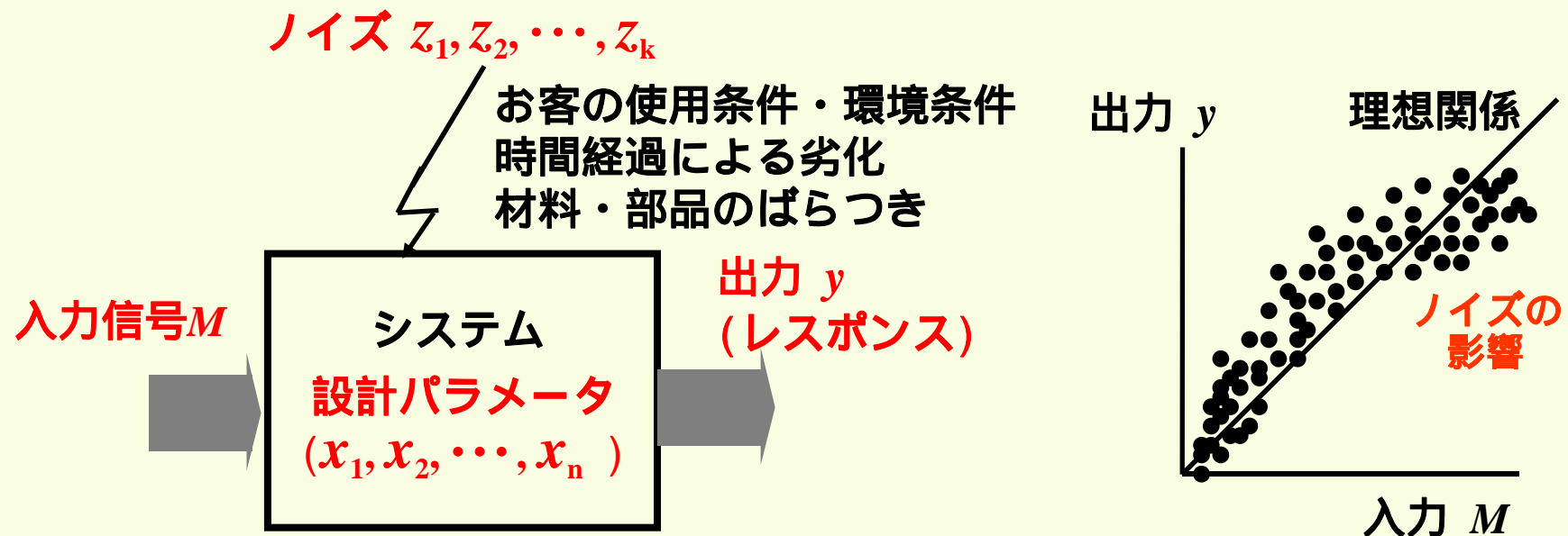
ロバスト設計 = 品質工学の中心手法

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？

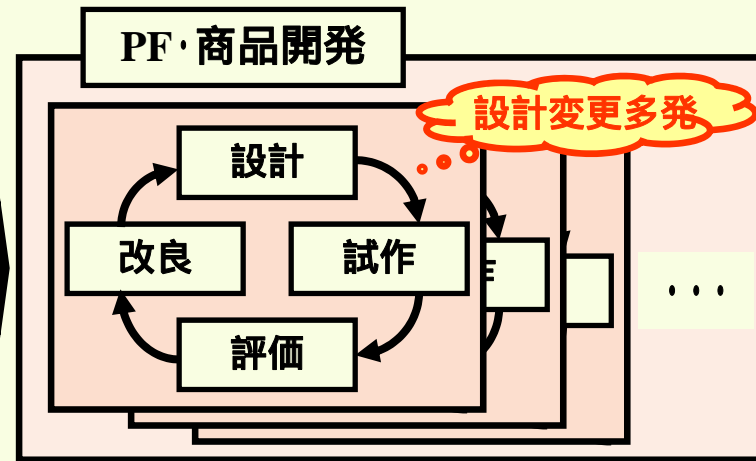
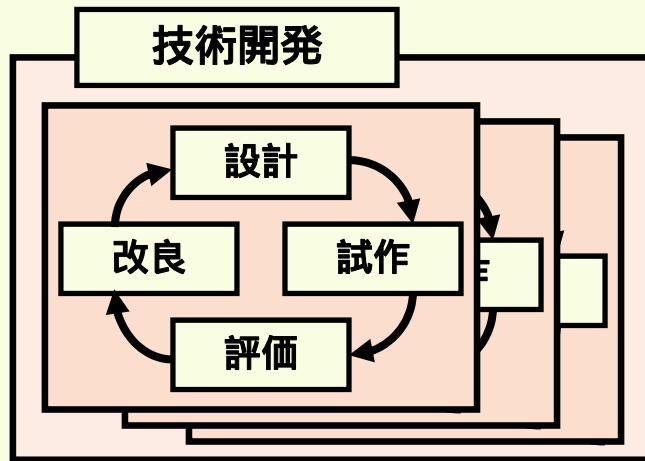
ノイズに対して強くなるように設計パラメータ値を決める



使い方のばらつきや環境変化に強くし、劣化しにくい設計を行う

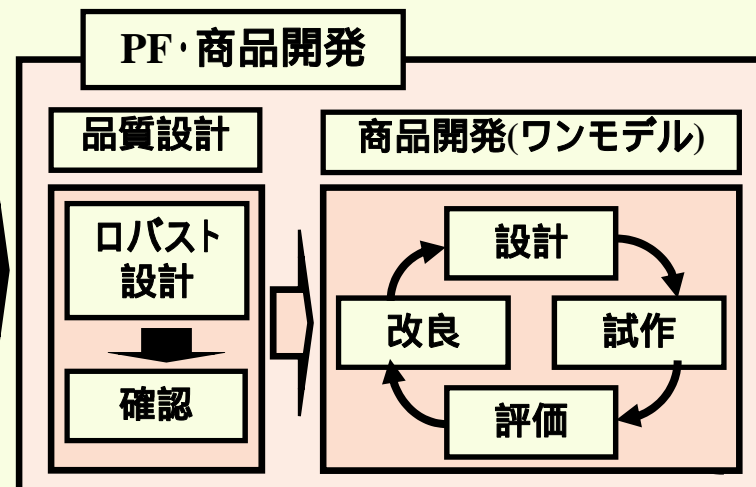
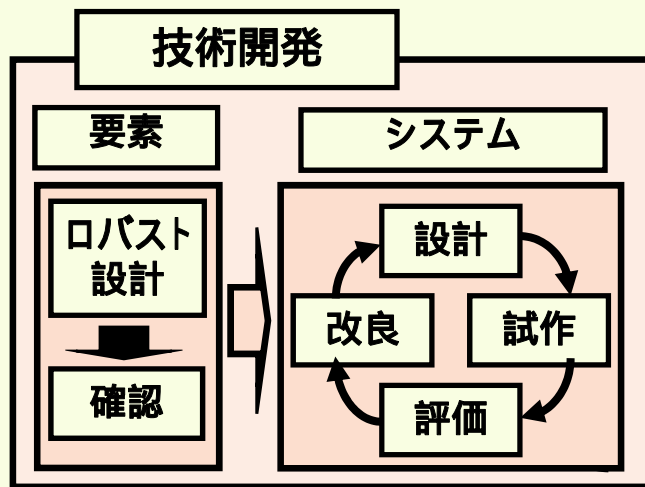
品質工学を活用する狙い (当社の例)

従来
陥りやすい
開発パターン



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

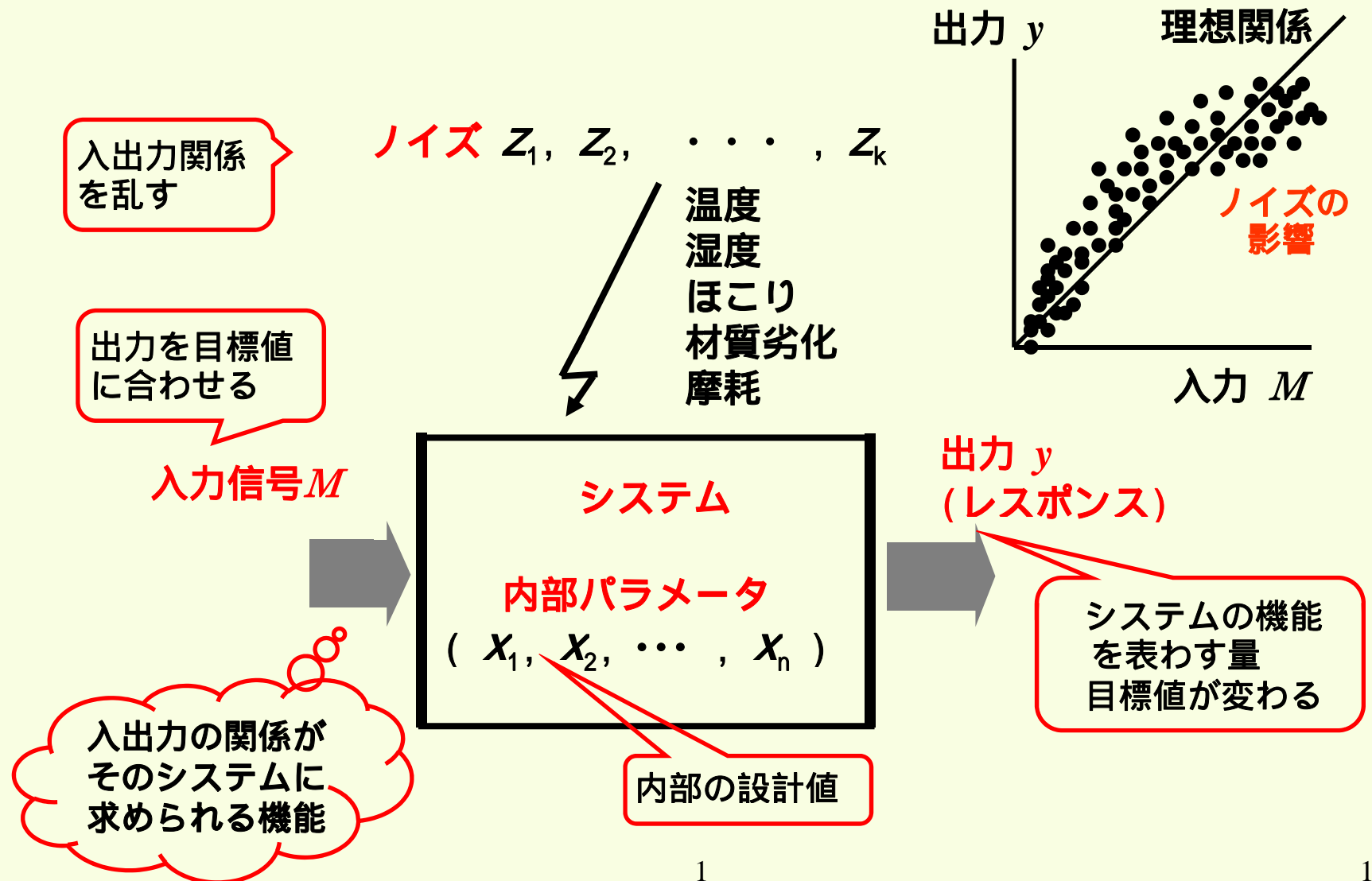
狙い
手戻りのない
開発



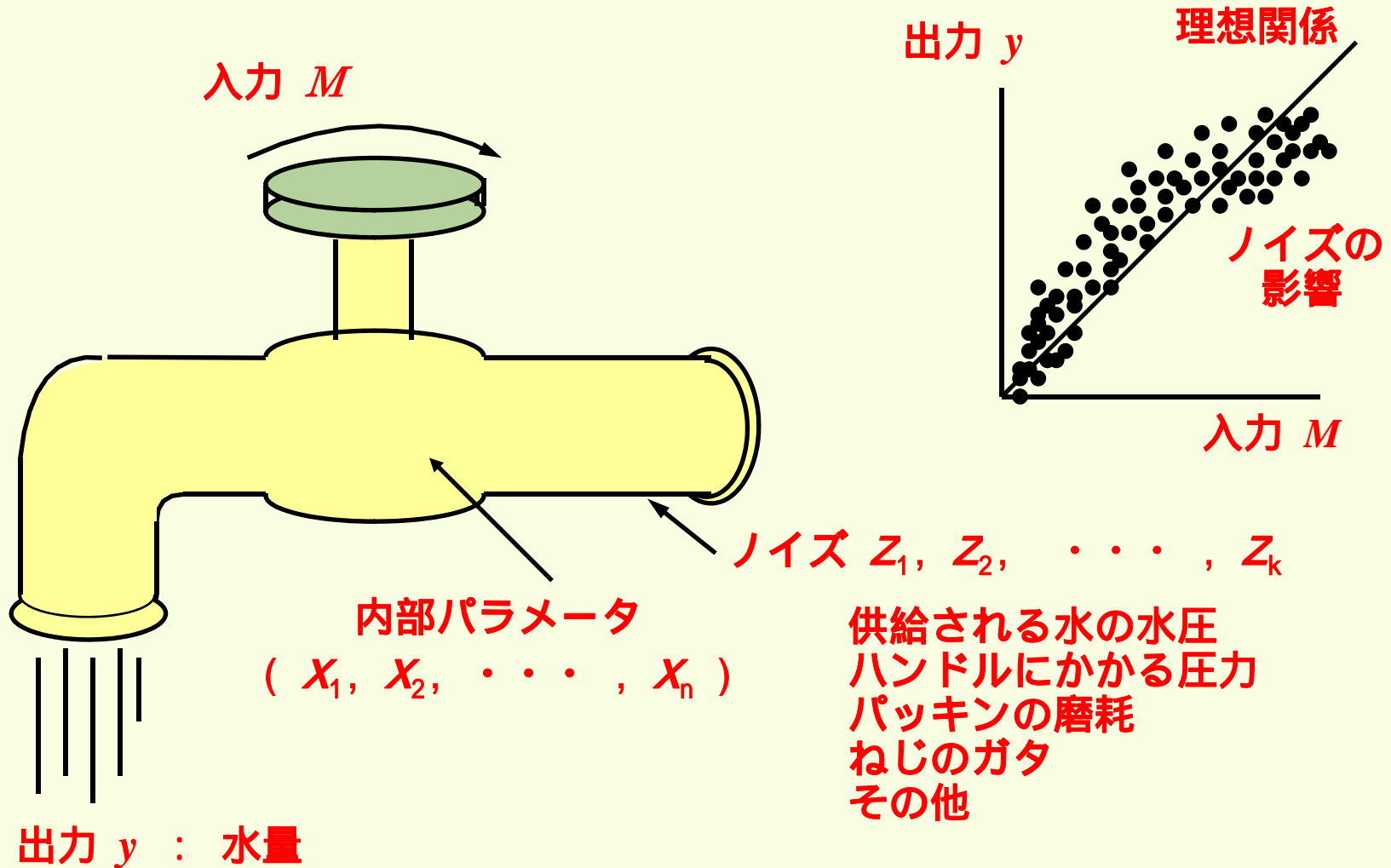
技術作り込み加速 / 移行判断の確実性向上 初期作り込みレベル向上 / 問題早期発見 トラブル低減

ロバスト設計入門

入力、出力、ノイズ、設計パラメータ
ロバスト設計の手順



水道の蛇口のシステム表現



システムの機能を乱すノイズ

品質トラブル

機能のばらつきが機能限界を越えてしまう

ノイズ (システムの機能をばらつかせる)

複写機用の紙送りの例

用紙の種類 (銘柄)、用紙の大きさ、
用紙の表裏、裁断方法、セットのばら
つき、用紙の吸湿状態

用紙送りローラの摩耗や劣化、汚れ
紙粉の付着

ゴム材料のロット間ばらつき、用紙
送り装置の組立てばらつき

品質工学ではノイズを3分類

外乱

システム外部から加わる
環境変動や使用のばらつき

内乱

システム内部で発生
劣化や特性のドリフト

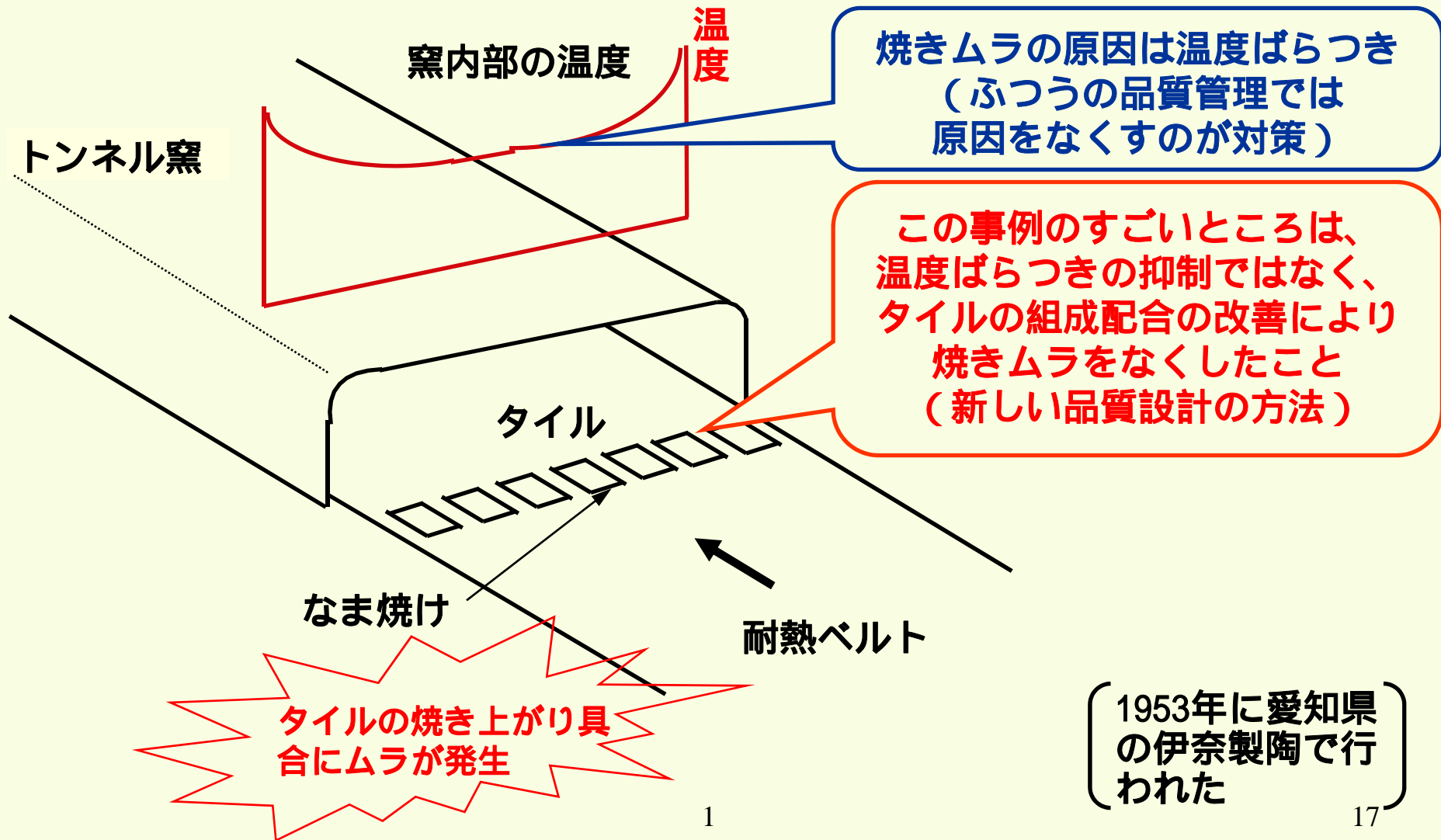
品物間ばらつき

使用部品や材料のばらつき

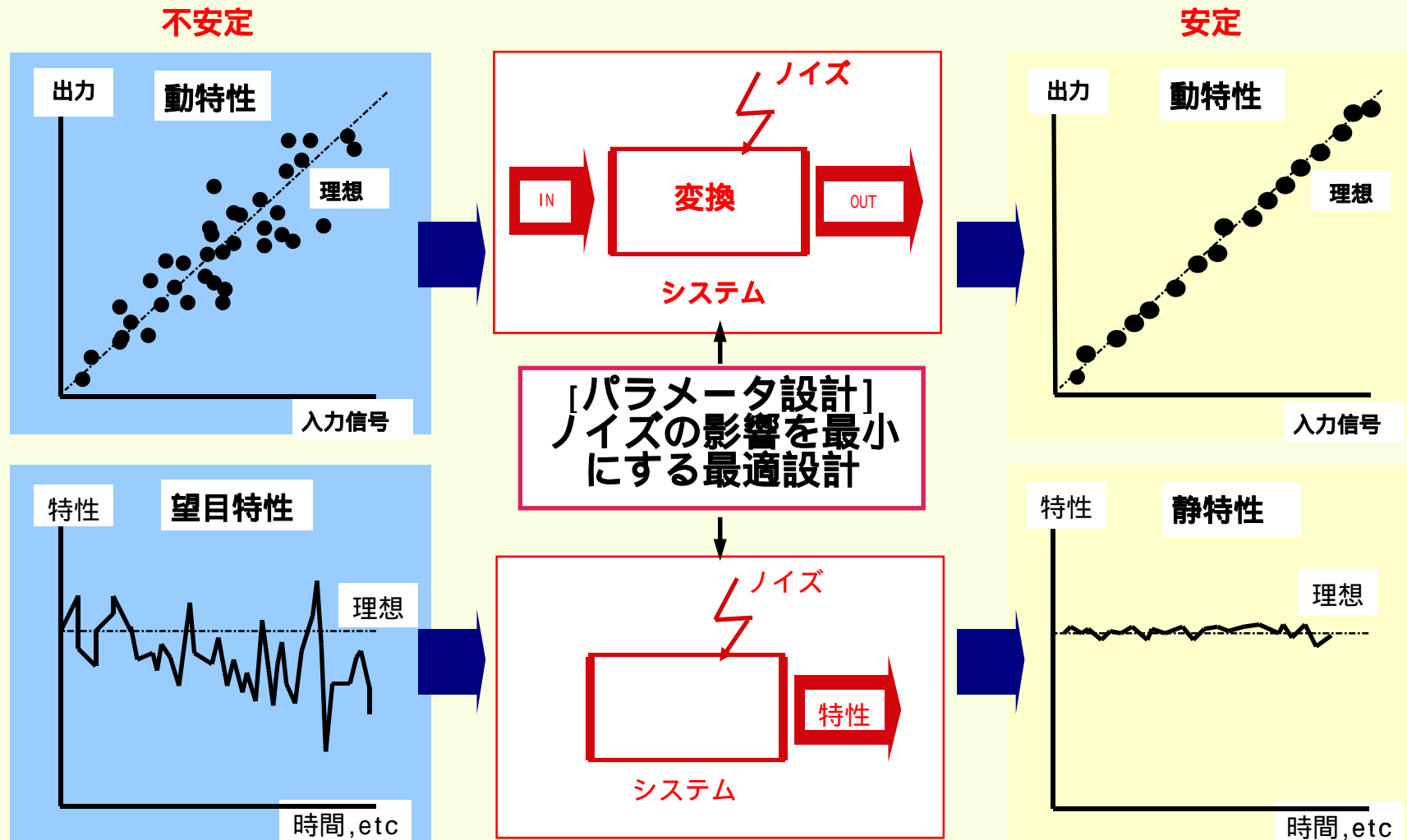
ノイズに対する三種類の対策



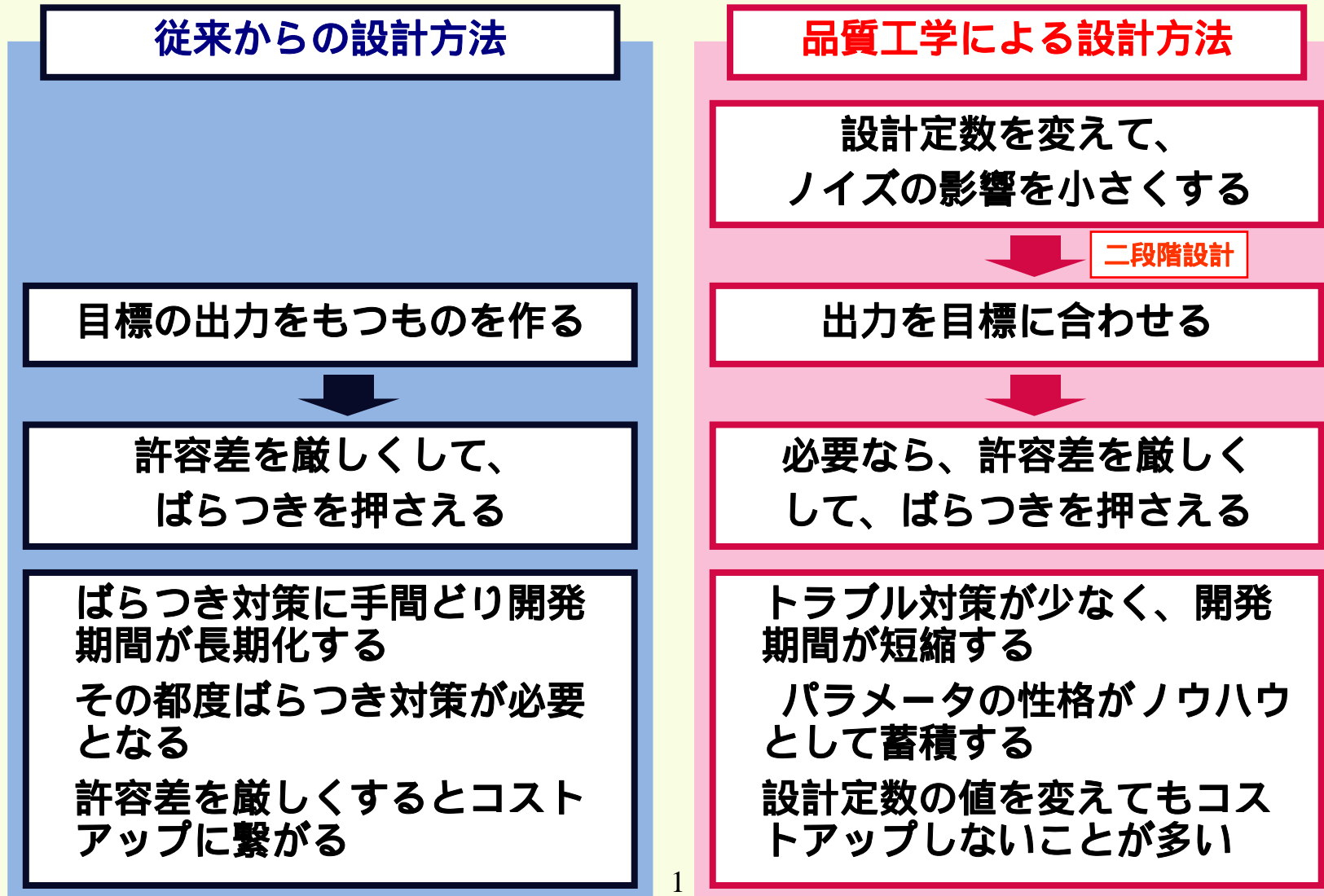
世界で最初の系統的なロバスト設計



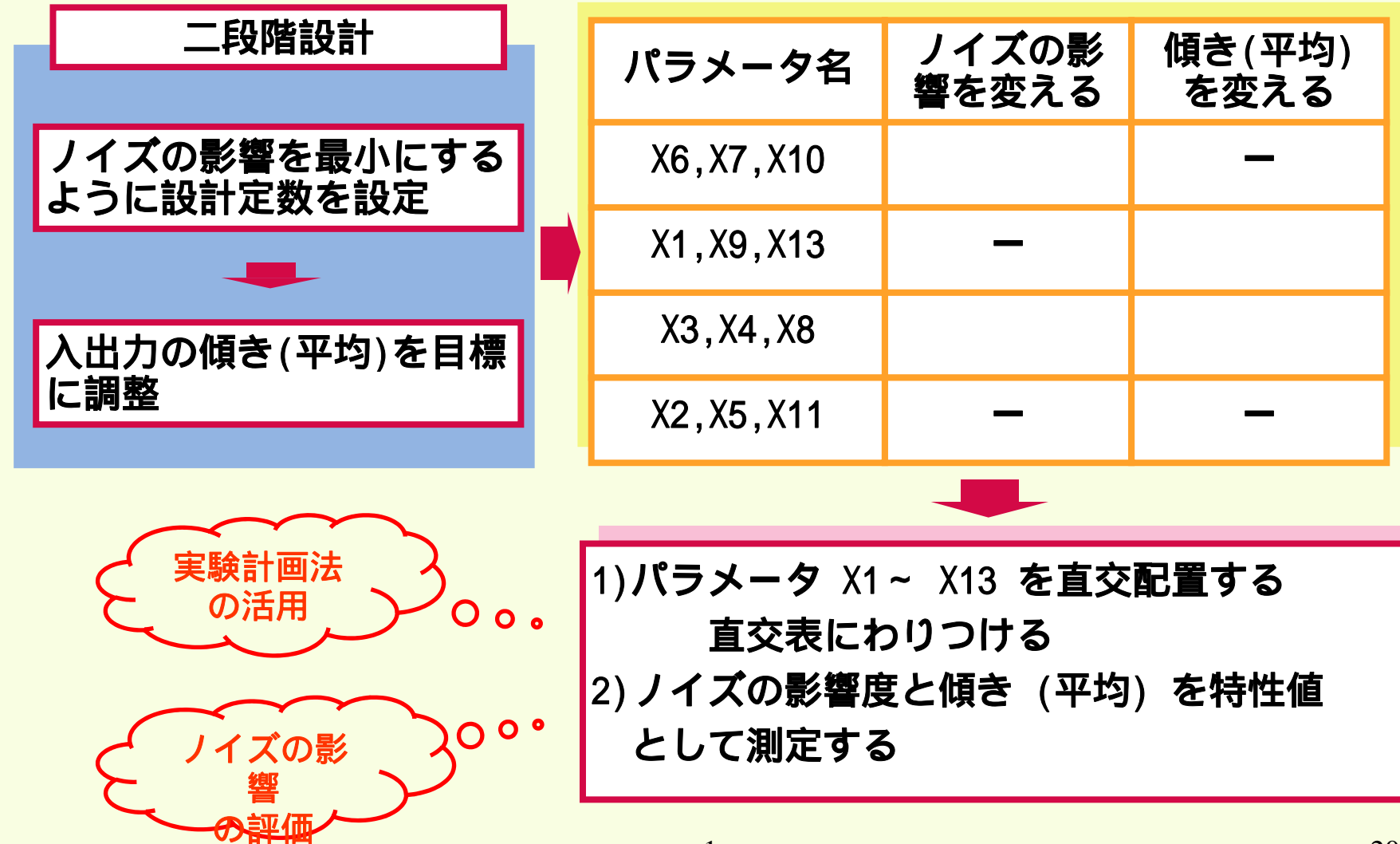
ロバスト設計の目的



品質工学における二段階設計



二段階設計に必要な情報



直交表を使用した実験とデータ解析

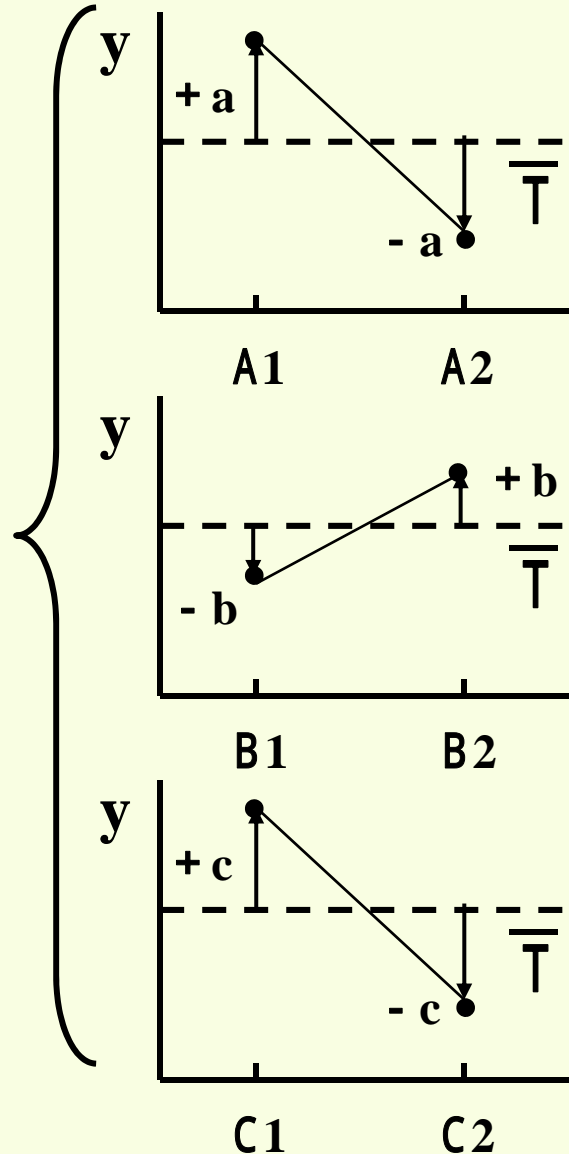
	A	B	C	データの構造
	1	2	3	
1	1	1	1	$y_1 = \bar{T} + a - b + c$
2	1	2	2	$y_2 = \bar{T} + a + b - c$
3	2	1	2	$y_3 = \bar{T} - a - b - c$
4	2	2	1	$y_4 = \bar{T} - a + b + c$

↓ 他の列の効果が消える

$$\bar{A1} = (y_1 + y_2) / 2 = \bar{T} + a$$

$$\bar{A2} = (y_3 + y_4) / 2 = \bar{T} - a$$

1



21

ロバスト設計の実験配置 (動特性)

直交表

制御因子をわりつけ

信号因子(入力)とノイズをわりつけ

列 No	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	M ₁		M ₂		M ₃		ばらつき (SN比)	傾き (感度)
	1	2	3	4	5	6	7	8	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	y1,1	y1,2	y1,1	y1,2	y1,1	y1,2	1	S ₁
2	1	1	2	2	2	2	2	2	.	.	.	.	.	.	2	S ₂
3	1	1	3	3	3	3	3	3	.	.	.	.	.	.	3	S ₃
4	1	2	1	1	2	2	3	3	.	.	.	.	.	.	4	S ₄
5	1	2	2	2	3	3	1	1	.	.	.	.	.	.	5	S ₅
6	1	2	3	3	1	1	2	2	.	.	.	.	.	.	6	S ₆
7	1	3	1	2	1	3	3	3	.	.	.	.	.	.	7	S ₇
8	1	3	2	3	2	1	1	1	.	.	.	.	.	.	8	S ₈
9	1	3	3	1	3	2	2	2	.	.	.	.	.	.	9	S ₉
10	2	1	1	3	3	2	1	1	.	.	.	.	.	.	10	S ₁₀
11	2	1	2	1	1	3	2	2	.	.	.	.	.	.	11	S ₁₁
12	2	1	3	2	2	1	3	3	.	.	.	.	.	.	12	S ₁₂
13	2	2	1	2	3	1	2	2	.	.	.	.	.	.	13	S ₁₃
14	2	2	2	3	1	2	3	3	.	.	.	.	.	.	14	S ₁₄
15	2	2	3	1	2	3	1	1	.	.	.	.	.	.	15	S ₁₅
16	2	3	1	3	2	3	2	2	.	.	.	.	.	.	16	S ₁₆
17	2	3	2	1	3	1	3	3	.	.	.	.	.	.	17	S ₁₇
18	2	3	3	2	1	2	1	1	y18,1	y18,2	.	.	.	18	S ₁₈	

SN比と感度の水準平均の計算

SN比 η と感度(傾き)に関して、次のように水準平均を計算

X2の第1水準の水準平均 \cdots X2が第1水準の6個のデータの平均

$$\overline{X_{2,1}} = (y_1 + y_2 + y_3 + y_{10} + y_{11} + y_{12}) / 6$$

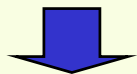
X2の第2水準の水準平均 \cdots X2が第2水準の6個のデータの平均

$$\overline{X_{2,2}} = (y_4 + y_5 + y_6 + y_{13} + y_{14} + y_{15}) / 6$$

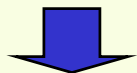
X2の第3水準の水準平均 \cdots X2が第3水準の6個のデータの平均

$$\overline{X_{2,3}} = (y_7 + y_8 + y_9 + y_{16} + y_{17} + y_{18}) / 6$$

第2列の計算



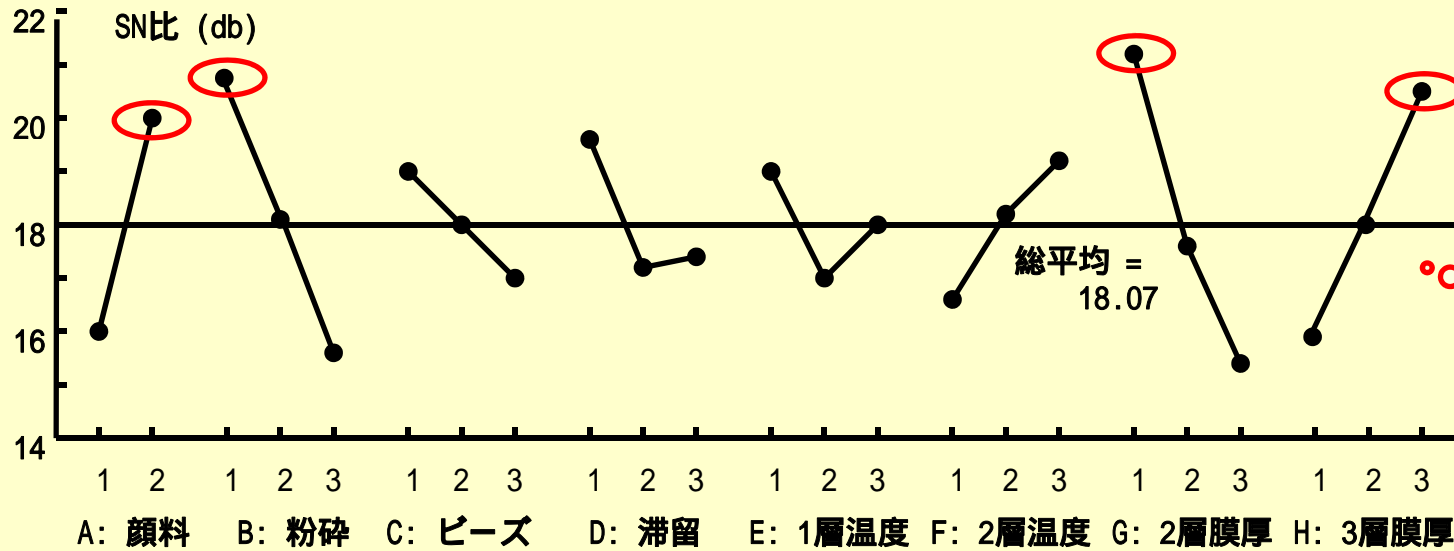
X2を第1水準～第3水準まで、水準値を変えた効果がここからわかる



同様に、X1～X8まで、同じような計算を行う

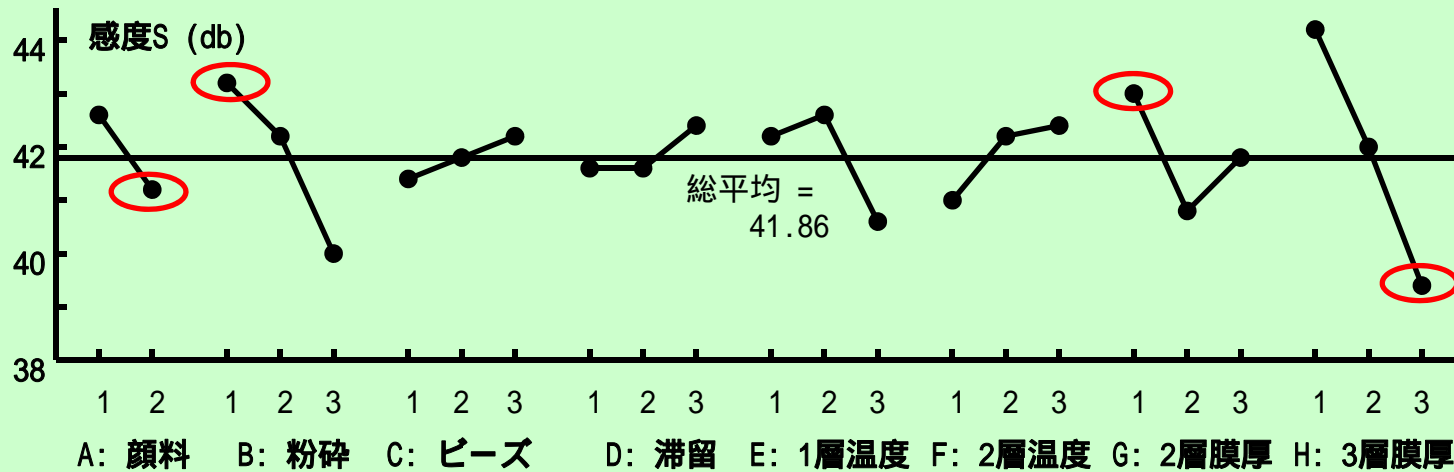
SN比と感度の要因効果図 (動特性)

SN比



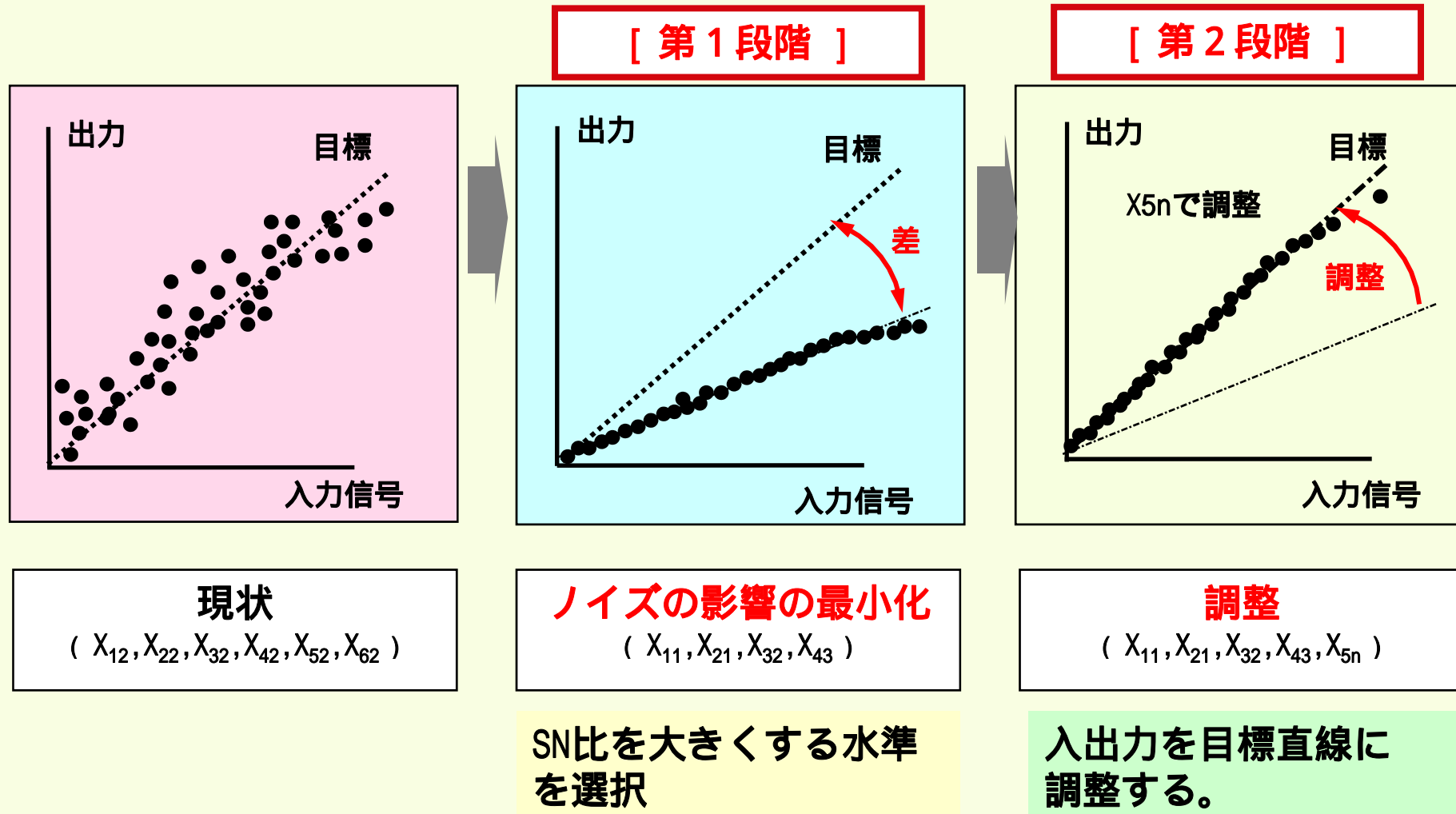
入出力のばらつき

感度S



入出力の傾き

二段階設計の概念 (動特性)



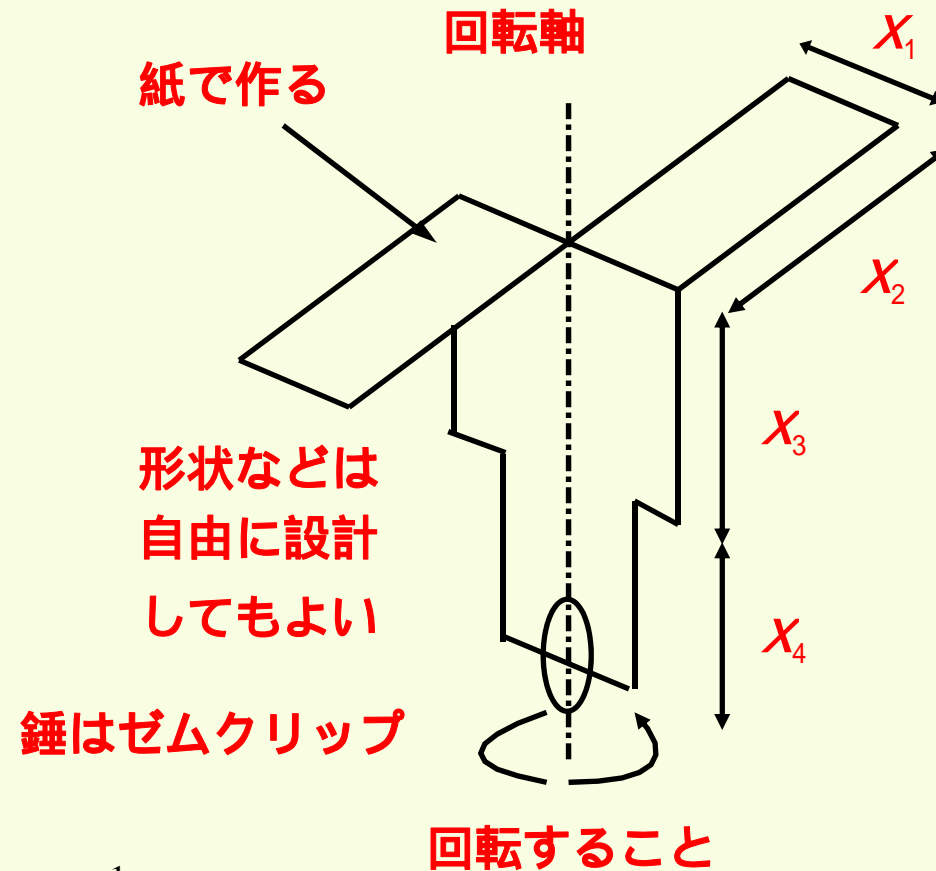
カミコプターの設計課題 (目標値不明)

高さ 10 m から、
ばらつきなく 秒で落下
させるには、 X_1, X_2, \dots
はどんな値に設計すれば
よいか？

[条件]

カミコプターの材料は、
薄紙 ($64\text{g}/\text{m}^2$) から
厚紙 ($128\text{g}/\text{m}^2$) まで
ばらつく

目標値が示されない場合
どのように設計するか？



ロバスト設計と伝統的実験計画法の違い

実験の目的、特性値、実験方法、
データ解析方法、最適化

ロバスト設計は実験計画法の拡張

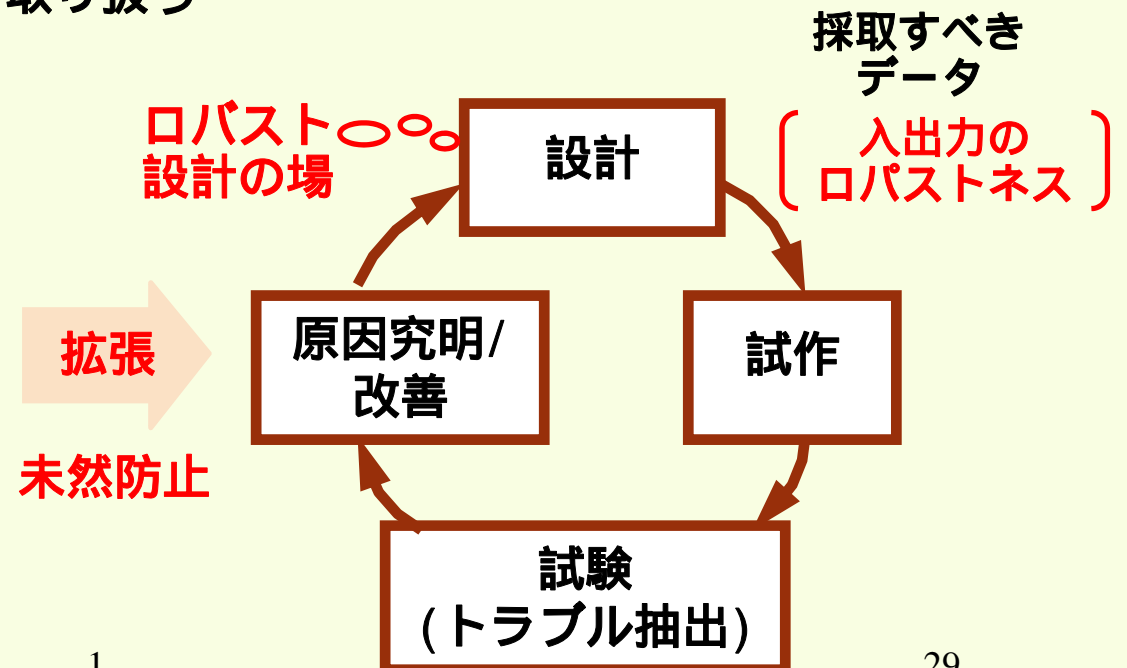
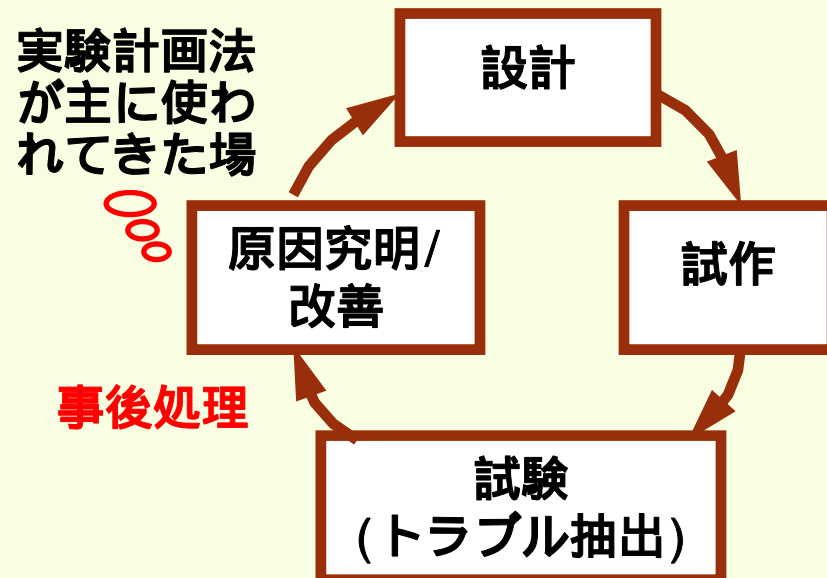
伝統的実験計画法

- (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



ロバスト設計と実験計画法の細かな違い

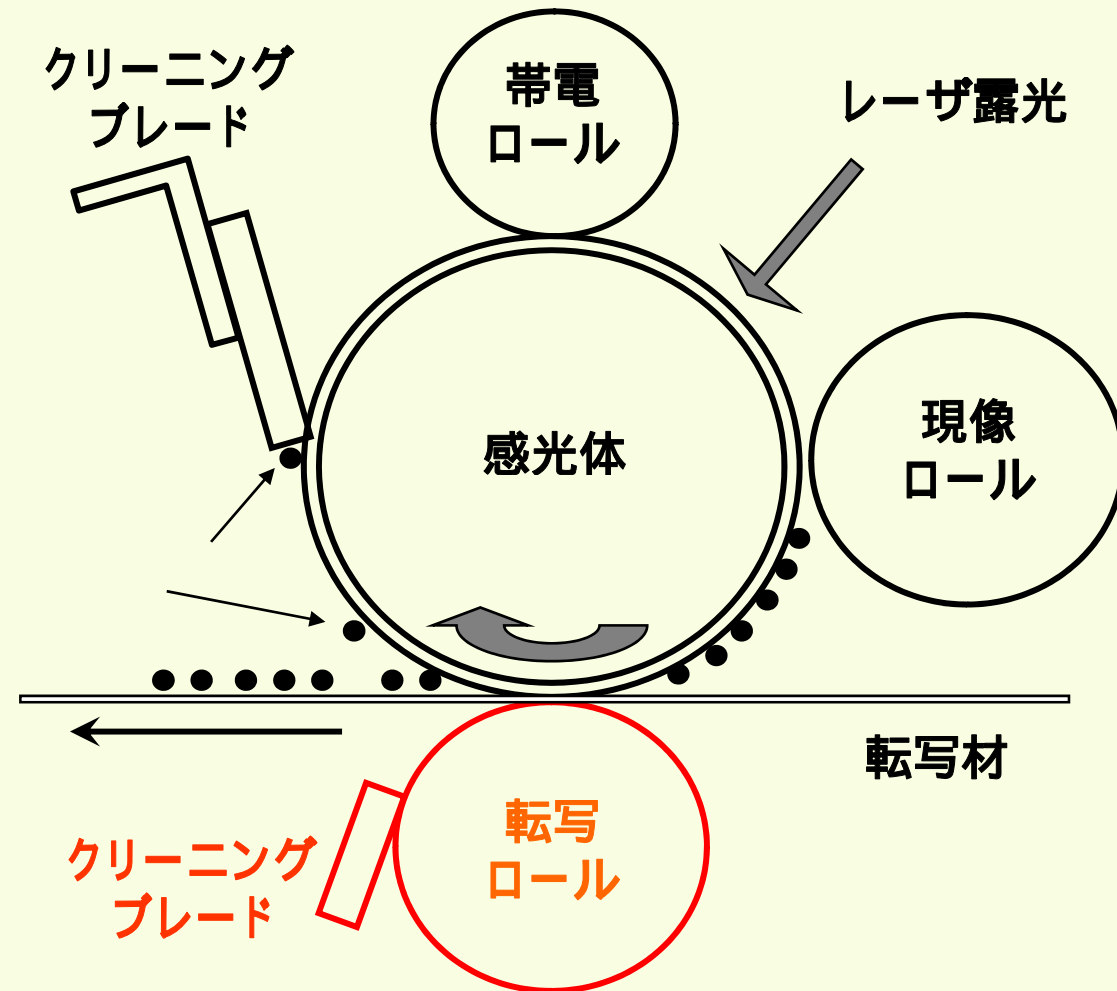
	ロバスト設計	伝統的実験計画法
目的	特性の ばらつき や 劣化 を変える設計パラメータを見出し、そのパラメータの値をノイズの影響(ばらつき)が小さくなるように設定する。	特性の 値 を変える要因を見出し、目標値を満たすように、要因の値を設定する。(特性の 平均値 を扱う)
使用する実験計画手法	二乗和の分解、直交表などの実験計画手法を使用する。要因効果を見るのに、因子の水準平均による要因効果図を利用する。	同左
誤差の考え方	ばらつきを発生させる ノイズ に着目し、その 影響を小さく しようとする。	要因効果の定量的な判定を乱すものが誤差で、実験・解析することにより、 要因効果と誤差を分離 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。 1	特に第1種の過誤を重視し、統計的検定を 厳密 に行う。

事例
シミュレーションによるロバスト設計
(転写ロールのクリーニングでの適用例)

事例 シミュレーションによるロバスト設計

転写ロールのクリーニングは、転写ロールに付着したトナーを掻き落とす役割をもつ。

転写ロールをきれいに保ち、転写を維持し、良好な画質を維持するうえで重要な技術。



1 図 作像プロセスの概略図

[実験の特徴]

(狙い)

ブレードへの**反力 F_1** を安定させることを狙った。(特性値は F_1)

(理由)

ブレードエッジが**安定して転写ロールに接触**すれば、クリーニング不良もスティックスリップによる振動、騒音も発生しないと考えた。

品質不良は測定しない

クリーニング不良

エッジの振動、騒音

ゴムの磨耗や欠け

To get quality, don't measure quality !

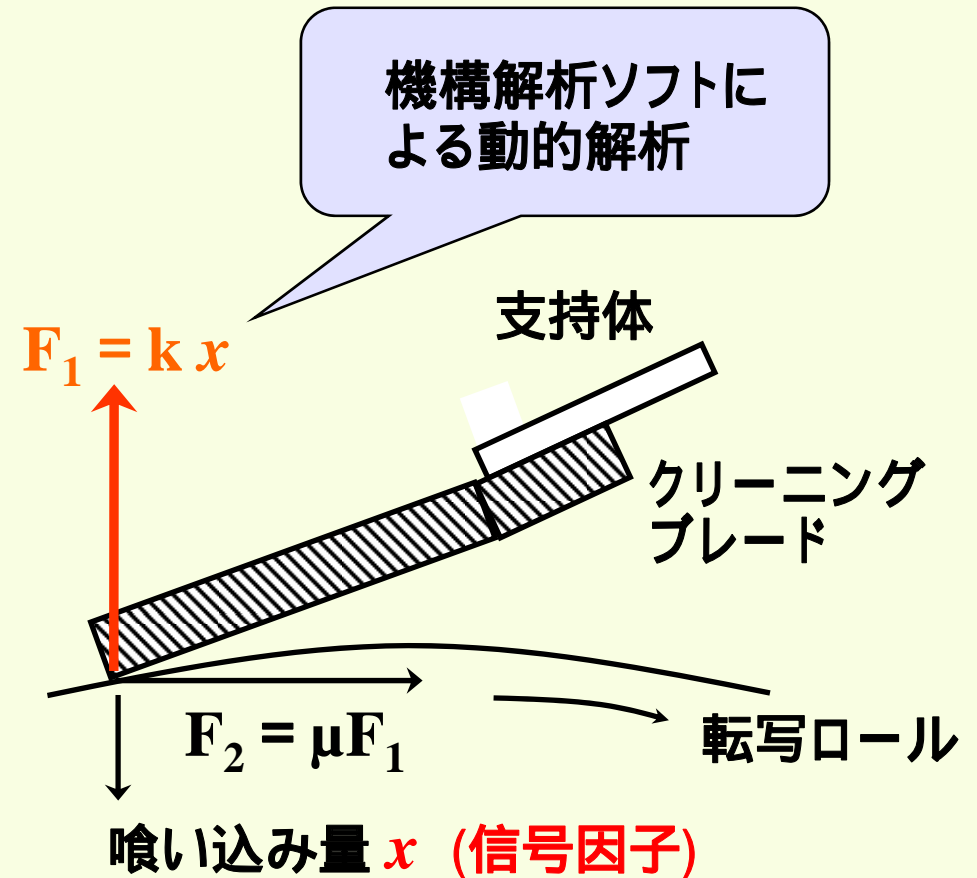


図 クリーニングブレードの断面図

事例 シミュレーションによるロバスト設計

制御因子: 下記のような因子をとって直交表 L_{18} にわりつけた

		水準1	水準2	水準3
A	トルク立ち上げ時間	早い	遅い	
B	ブレードエッジ側厚さ	薄い	中間	厚い
C	バックアップ側厚さ	薄い	中間	厚い
D	エッジ側ヤング率	小	中	大
E	反対側ヤング率	小	中	大
F	ロール外径	小	中	大
G	設定角度	小	中	大
H	自由長	小	中	大

事例 シミュレーションによるロバスト設計

誤差因子 (ノイズ) 以下のノイズと値をとった。

因子	N_1	N_2
静止摩擦係数	小	大
動摩擦係数	小	大
回転速度	速い	遅い
当たりズレ	マイナス方向	プラス方向

N_1 の条件を組み合わせで(調合して)

負側条件、

N_2 の条件を組み合わせで(調合して)

正側条件

とした。

信号因子 (入力):

信号因子	M_1	M_2	M_3
喰い込み量	x_1	x_2	x_3

設計の評価条件:

(入力を変え、ノイズを振る)

	M_1	M_2	M_3
N_1	y_{11}	y_{12}	y_{13}
N_2	y_{21}	y_{22}	y_{23}

ロバスト設計の実験配置 (動特性)

直交表

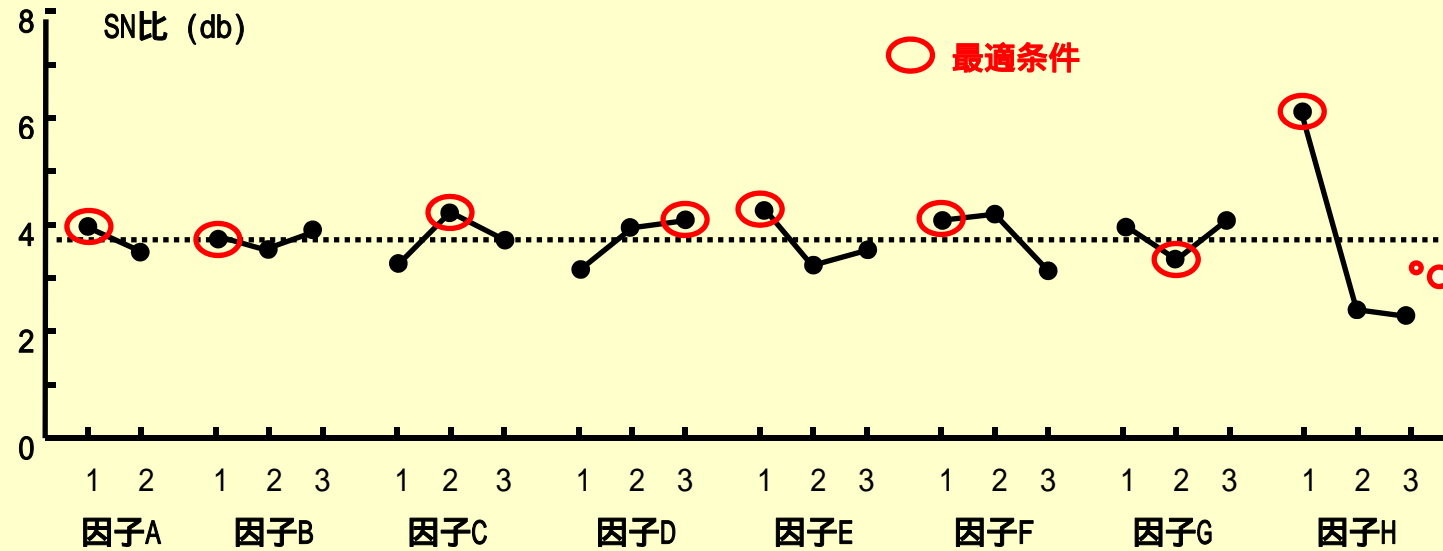
制御因子をわりつけ

信号因子(入力)とノイズをわりつけ

列 No	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	M ₁		M ₂		M ₃		ばらつき (SN比)	傾き (感度)
	1	2	3	4	5	6	7	8	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	y1,1	y1,2	y2,1	y2,2	y3,1	y3,2	1	S ₁
2	1	1	2	2	2	2	2	2	.	.	.	.	.	.	2	S ₂
3	1	1	3	3	3	3	3	3	.	.	.	.	.	.	3	S ₃
4	1	2	1	1	2	2	3	3	.	.	.	.	.	.	4	S ₄
5	1	2	2	2	3	3	1	1	.	.	.	.	.	.	5	S ₅
6	1	2	3	3	1	1	2	2	.	.	.	.	.	.	6	S ₆
7	1	3	1	2	1	3	3	3	.	.	.	.	.	.	7	S ₇
8	1	3	2	3	2	1	1	1	.	.	.	.	.	.	8	S ₈
9	1	3	3	1	3	2	2	2	.	.	.	.	.	.	9	S ₉
10	2	1	1	3	3	2	1	1	.	.	.	.	.	.	10	S ₁₀
11	2	1	2	1	1	3	2	2	.	.	.	.	.	.	11	S ₁₁
12	2	1	3	2	2	1	3	3	.	.	.	.	.	.	12	S ₁₂
13	2	2	1	2	3	1	2	2	.	.	.	.	.	.	13	S ₁₃
14	2	2	2	3	1	2	3	3	.	.	.	.	.	.	14	S ₁₄
15	2	2	3	1	2	3	1	1	.	.	.	.	.	.	15	S ₁₅
16	2	3	1	3	2	3	2	2	.	.	.	.	.	.	16	S ₁₆
17	2	3	2	1	3	1	3	3	.	.	.	.	.	.	17	S ₁₇
18	2	3	3	2	1	2	1	1	.	.	.	.	.	.	18	S ₁₈

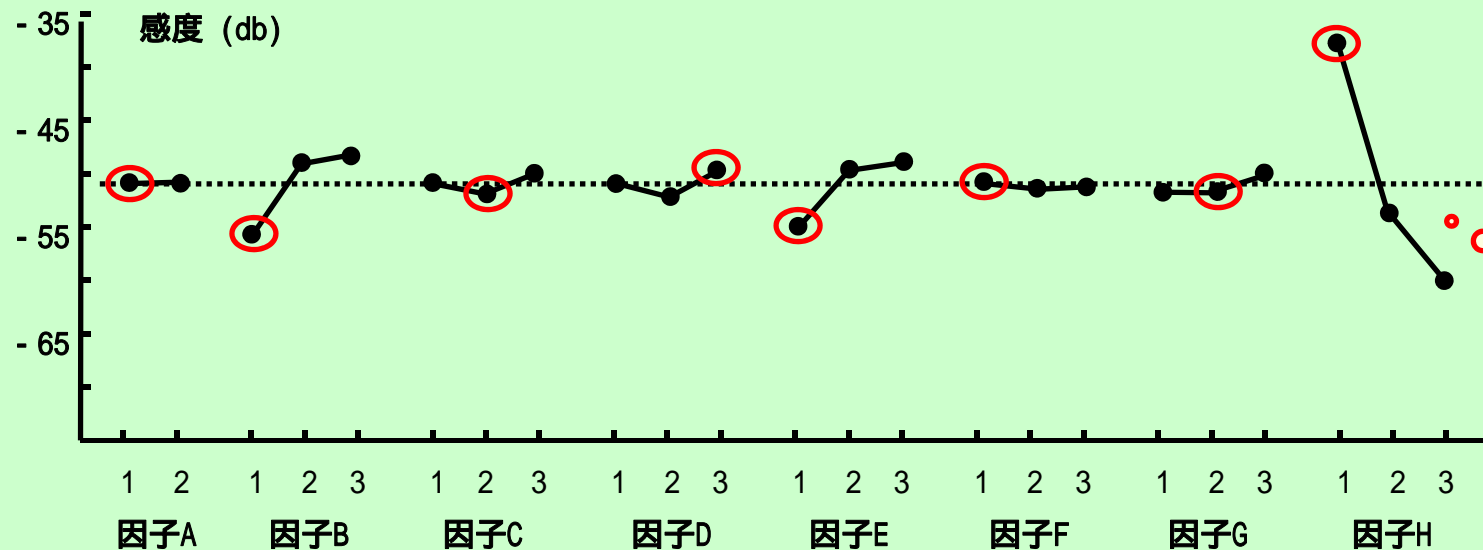
SN比と感度の要因効果図 (動特性)

SN比



入出力のばらつき

感度



入出力の傾き

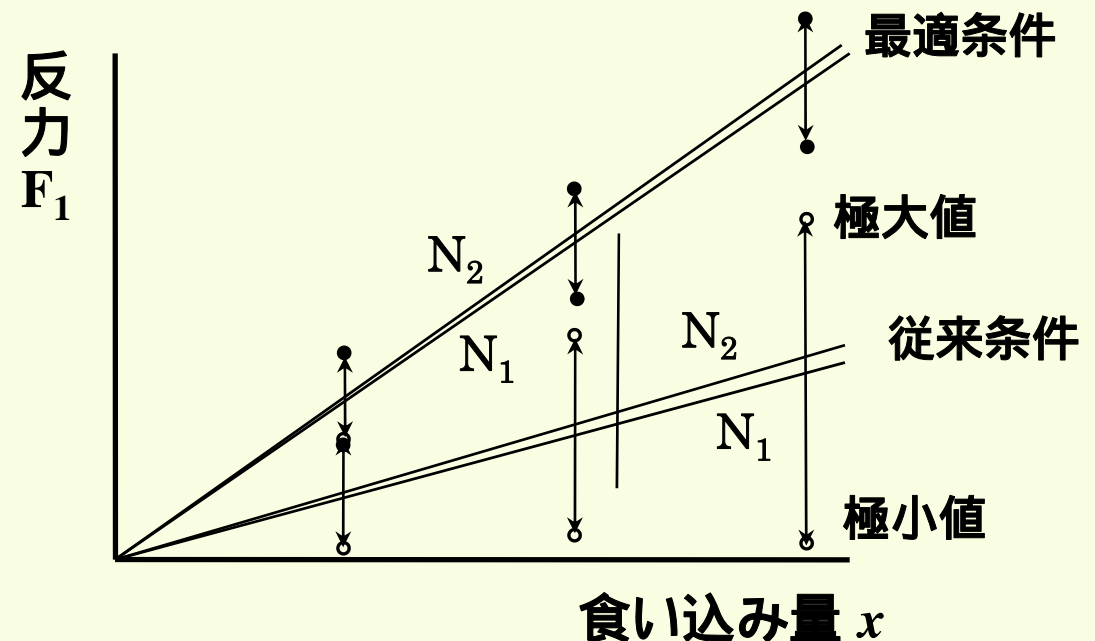
事例 シミュレーションによるロバスト設計

最適条件での確認結果:

最適条件でのシミュレーション結果は、右図のように、スティックスリップの極大・極小が劇的に小さくなった。

実物による確認結果では、若干の微調整を要したが、ブレードの振動やめくれは発生しなかった。

従来に比べて、1/3の開発期間で製品化できた。



確認実験での反力

機能性評価
品質不良を測定せずに品質を作り込む方法
(技術の入出力をいかに考えるか)

。

○

○

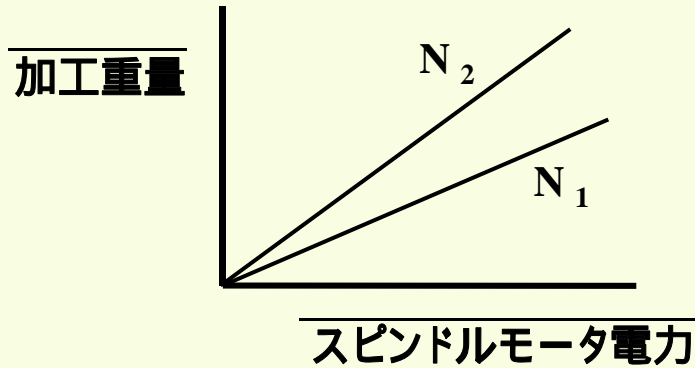
これから設計値を決め
るといふ段階で採取すべ
きデータ

機能性評価の例

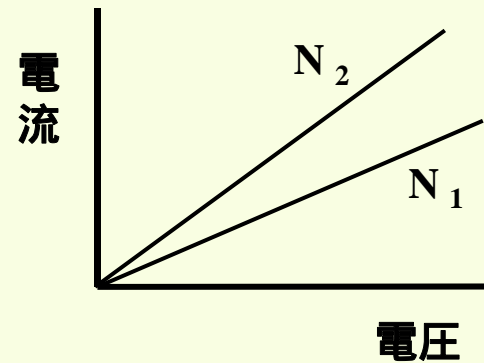
技術の入出力関係を評価し、品質不良を測定しない。

To get quality,
don't measure quality!

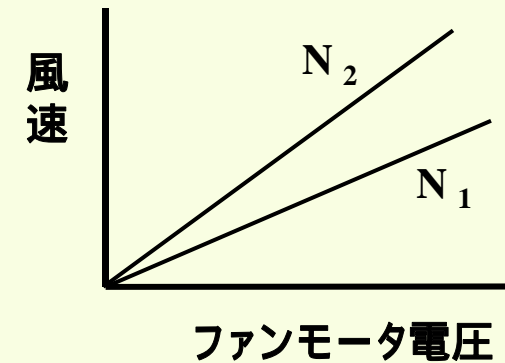
機械加工(旋盤)



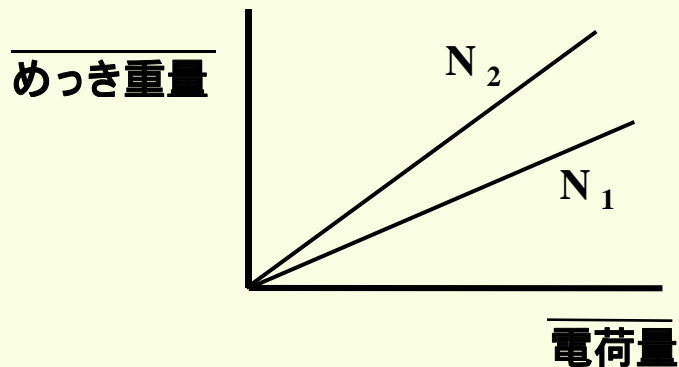
はんだ付け



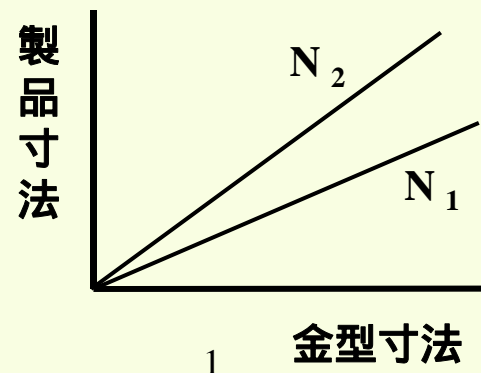
ファン冷却



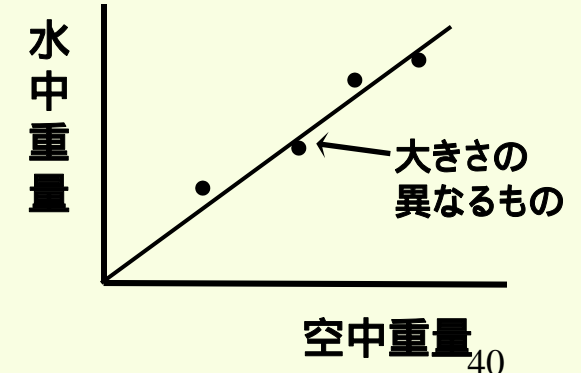
めっき



射出成型(転写)



射出成型(充填)



MTシステムとは？
新しいパターン認識の方法
製品の出荷検査、病気の診断など

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



病気でないのに異常と判定
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



火事でないのに火事と判定
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

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)

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！

異常判定の問題の原因

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

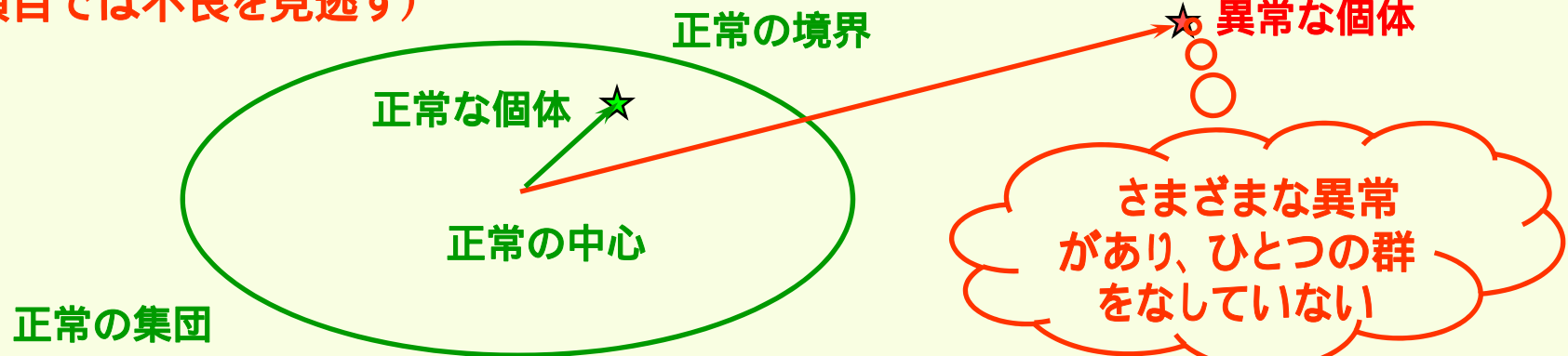
多項目(多特性)である
項目間に相関関係がある
(単一項目では不良を見逃す)

[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



、 、 が問題の解決を困難にしている

判別関数が
使えない

多変量データの例 (ある学校の入学試験)

ある学校の入学試験結果を考えてみる。受験者数(サンプル数)は1,280名で、受験科目(特性)は数、英、国、社、物、化の6項目である。

受験者分のデータ

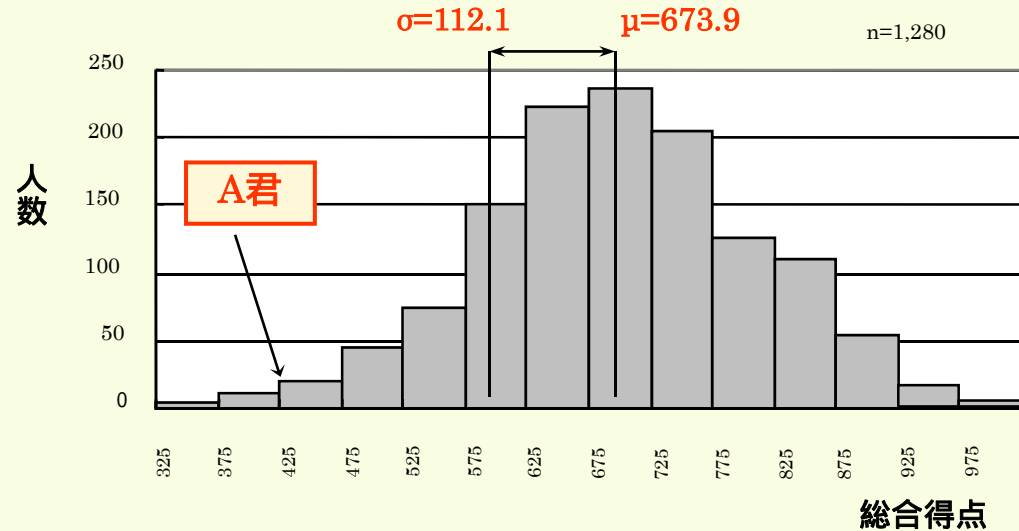
受験科目の点数

受験者	数学	英語	国語	社会	物理	化学	総合点
1	63	:	:	:	55	:	400
2	51	:	:	:	52	:	650
3	66	:	:	:	55	:	480
4	63	:	:	:	60	:	850
5	:	:	:	:	:	:	:
6	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:
1280	40	:	:	:	14	:	600

1変量の場合の中心からの距離

入学試験の総合得点(1変量)を考えてみる。

受験者全体1,280名
平均点 $\mu = 673.9$ 点
標準偏差 $\sigma = 112.1$ 点



A君の総合点は400点

A君は全体の中心からどのくらい離れているのか

A君の総合点を**基準化**
(正規化)する

$$\text{基準化 (正規化)} \quad u = \frac{x_i - \mu}{\sigma}$$

A君は全体の平均よりも
2.44 σ だけ下側にいる
ことがわかる

$$u = \frac{400 - 673.9}{112.1} = -2.44$$

u は標準正規分布 $N(0, 1^2)$ にしたがう

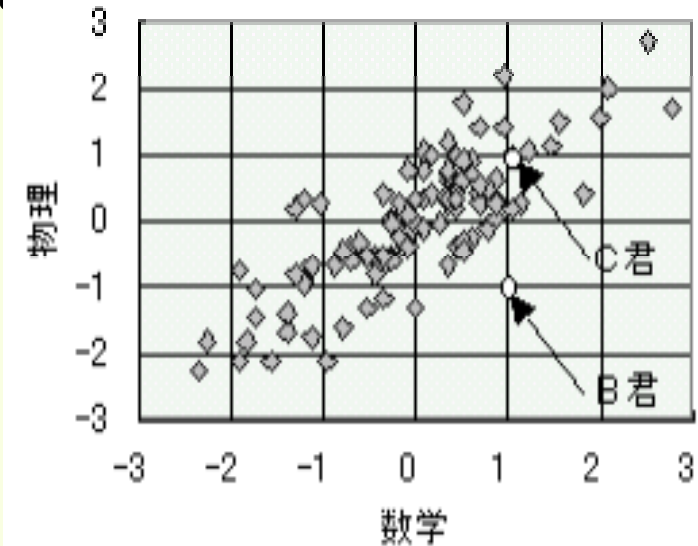
2変量の場合の中心からの距離

数学と物理の得点(2変量)の関係を考えてみる。

数学の点の基準化 $u_1 = \frac{x_{1i} - \mu_1}{\sigma_1}$

物理の点の基準化 $u_2 = \frac{x_{2i} - \mu_2}{\sigma_2}$

散布図より数学と物理の得点には相関が見られる。(相関係数 $\rho = 0.81$)



B君(1, -1)とC君(1,1)の全体中心(0,0)からの離れ具合を考えてみる。

ユークリッド距離を考えてみる

B君 $d^2 = (1 - 0)^2 + (-1 - 0)^2 = 2$

$d = \sqrt{2}$

C君 $d^2 = (1 - 0)^2 + (1 - 0)^2 = 2$

$d = \sqrt{2}$

図で見た印象
と異なる

B君は集団とは
離れている

ユークリッド距離ではうまく表せていない … 相関関係があるため

マハラノビス距離 (1938年に提唱)

マハラノビス距離D → 変量(特性)間に相関関係がある場合の距離の表現

2変量 u_1 、 u_2 の場合のマハラノビス距離Dの2乗

2変量間の相関係数

$$D^2 = [u_1, u_2] \begin{bmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \frac{u_1^2 - 2\rho u_1 u_2 + u_2^2}{1 - \rho^2}$$

B君 $D^2 = \frac{1^2 - 2(0.81)(1)(-1) + (-1)^2}{1 - 0.81^2} = 10.52 \quad D = 3.24$

C君 $D^2 = \frac{1^2 - 2(0.81)(1)(1) + (1)^2}{1 - 0.81^2} = 1.05 \quad D = 1.02$

P. C. Maharanobis (1893 ~ 1972)
インドの高名な統計学者でインド統計数理研究所
の初代所長

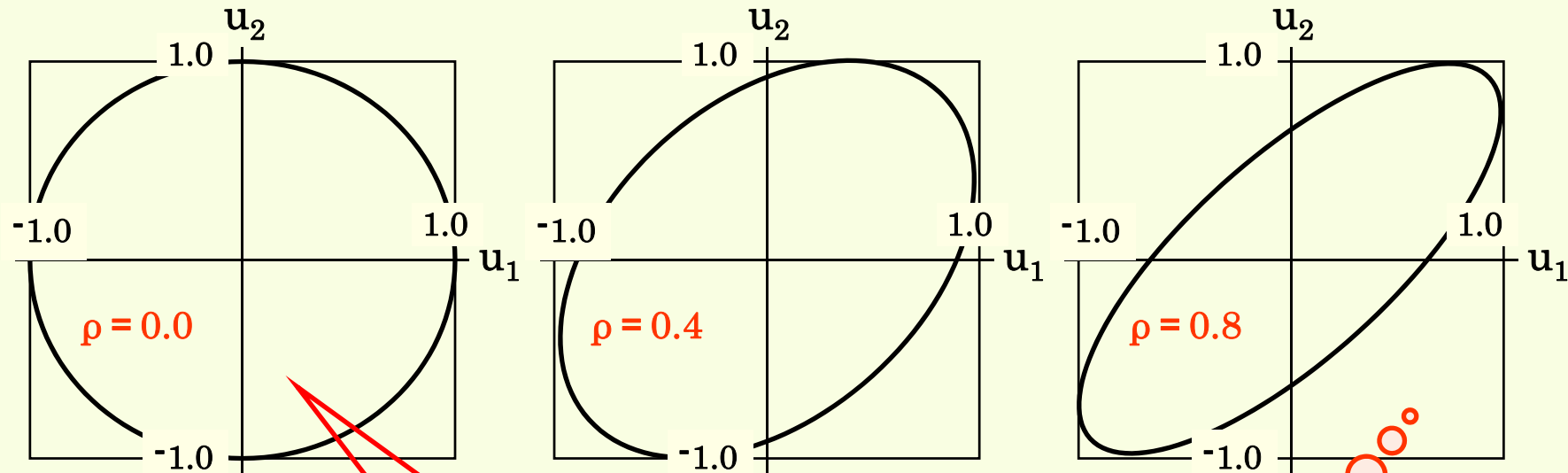
mahara → maharaja (大金持ち)

nobis → noble (高貴な一族)

B君はC君よりも
集団の中心から
3倍も離れている

B君は集団とは離れている

相関係数が変わったときの等距離線



$D = 1.0$ の
等距離線

単一項目で判定
すると、この部分の
第2種の誤りが増える

変量(項目)間に相関関係があるとき、項目単独での判定は誤判定率
(見逃し率)が増加してしまう

多変量のマハラノビス距離の計算

多変量 $u_1, u_2, u_3, \dots, u_k$ の場合のマハラノビス距離 D の2乗

$$\begin{aligned}
 D_p^2 &= [u_{1p}, u_{2p}, \dots, u_{kp}] \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2k} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \dots & r_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{k1} & r_{k2} & r_{k3} & \dots & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} u_{1p} \\ u_{2p} \\ u_{3p} \\ \vdots \\ u_{kp} \end{pmatrix} \\
 &= [u_{1p}, u_{2p}, \dots, u_{kp}] \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2k} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{k1} & a_{k2} & a_{k3} & \dots & a_{kk} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_{1p} \\ u_{2p} \\ u_{3p} \\ \vdots \\ u_{kp} \end{pmatrix} \\
 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k a_{ij} \times u_{ip} \times u_{jp}
 \end{aligned}$$

ただし、 D_p : p 番目のデータのマハラノビス距離
 r_{ij} : 変量 u_i と u_j のデータから求めた相関係数
 a_{ij} : 相関係数行列の逆行列の成分

MTシステムでのマハラノビス距離の利用

健康診断データによる肝臓病の判定の例（東京逋信病院）

200名の健康人のデータがあった

血液検査16項目 + 性別 + 年齢

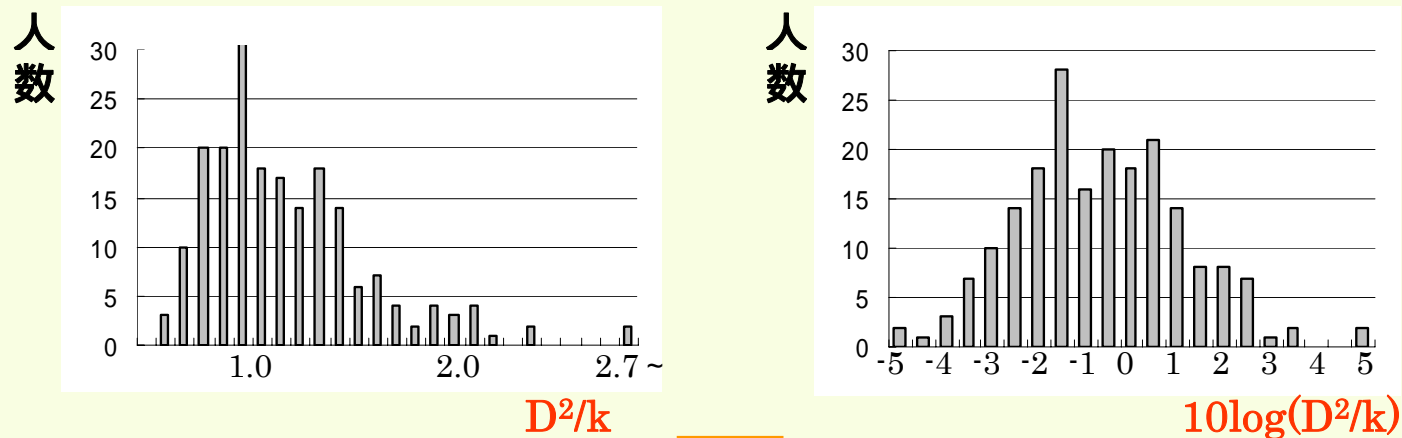
項目ごとに
基準化

200名の
データ

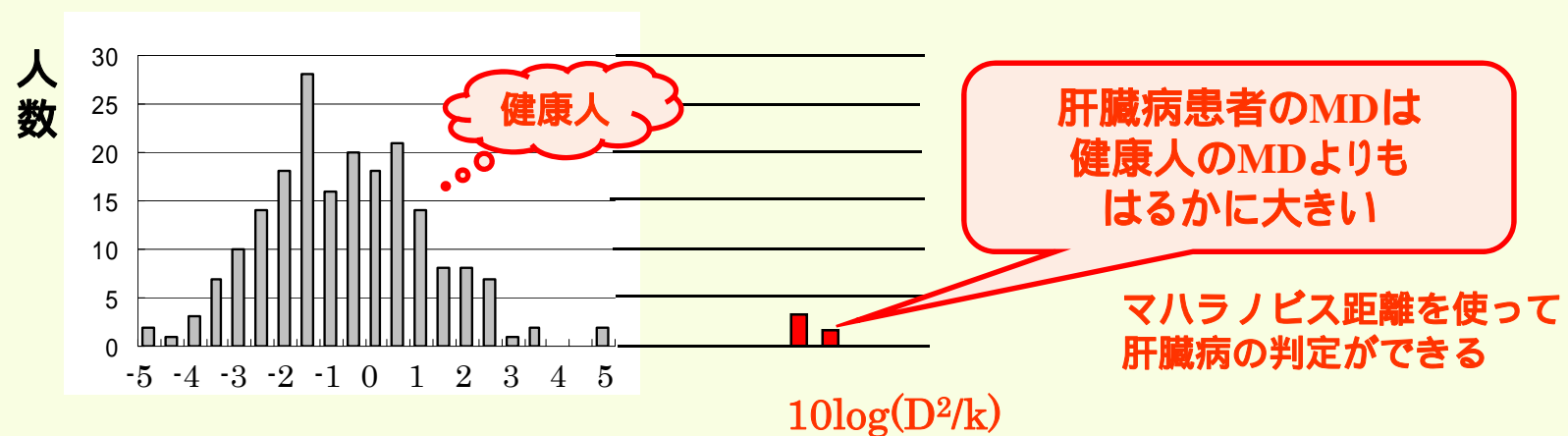
No.	性別	TP	Alb	A/G	ChE	GOT	GPT	LDH	ALP	...
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	...
191	+0.73	-0.34	-0.26	-0.08	-1.18	-0.44	-0.65	-0.06	-0.21	...
192	+0.73	-0.34	+0.51	+0.51	+0.69	+0.90	-0.65	-0.92	-0.21	...
193	+0.73	+1.48	+1.27	+1.27	+1.21	+1.16	+1.29	-0.41	+0.25	...
194	+0.73	+1.48	+1.65	+1.655	-1.21	-0.67	-1.09	-0.68	+0.71	...
195	+0.73	-0.65	+0.51	+0.51	+0.38	-1.36	-0.87	-0.51	-0.34	...
196	-1.36	-0.65	+0.31	+0.13	-0.87	-1.13	-1.30	-1.87	+0.01	...
197	+0.73	+0.04	-0.26	-0.36	+0.48	+1.39	+1.50	+1.57	+0.86	...
198	+0.73	-0.34	-2.16	-2.05	-1.91	-0.67	-0.44	-2.18	+0.45	...
199	+0.73	+0.26	-0.89	+0.89	-0.24	+0.47	+0.43	-0.24	-0.93	...
200	-1.36	-0.65	-1.40	-1.11	+0.04	+0.93	+0.96	+0.96	+1.83	...
平均	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

健康人のマハラノビス距離

健康人200名の相関行列から求めた200名のマハラノビス距離



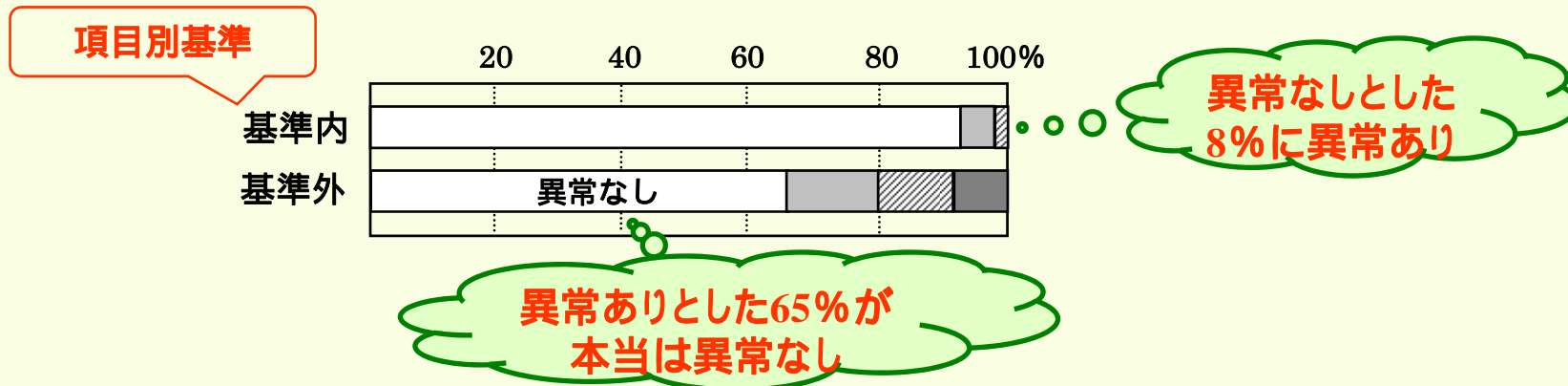
健康人200名の相関係数行列から求めた肝臓病患者のマハラノビス距離



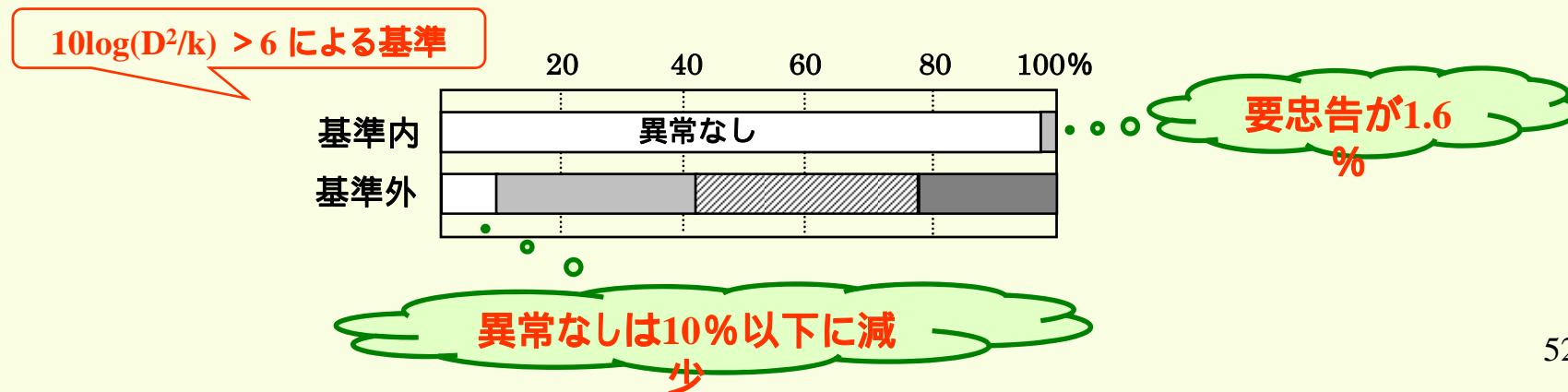
別の検査を受けた人のマハラノビス距離

[別の検査を受けた95名を判定]

従来の項目別判定結果



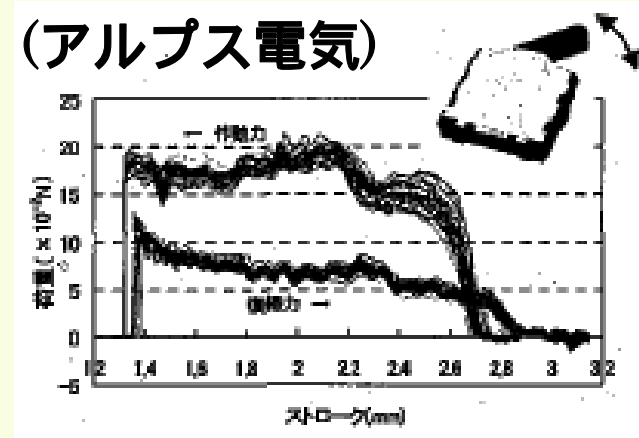
健康人200名の相関係数行列からMTシステムで判定



MT法(マハラノビス距離使用)の適用例

MTシステムによるスイッチの出荷検査 (アルプス電気)

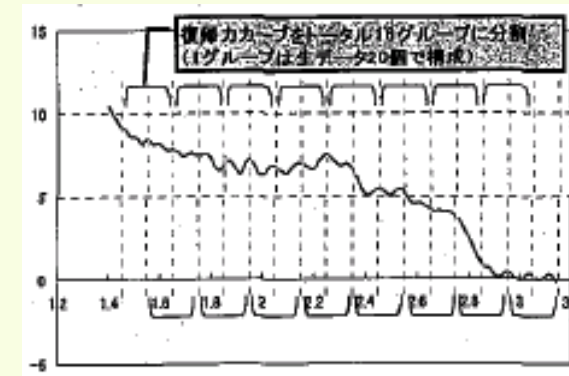
スイッチの出荷検査で作動力と復帰力に関し、ストローク・荷重特性を測定している。両特性とも非線形な特性であり、これまではあるストロークでの荷重を数点選んで判定。



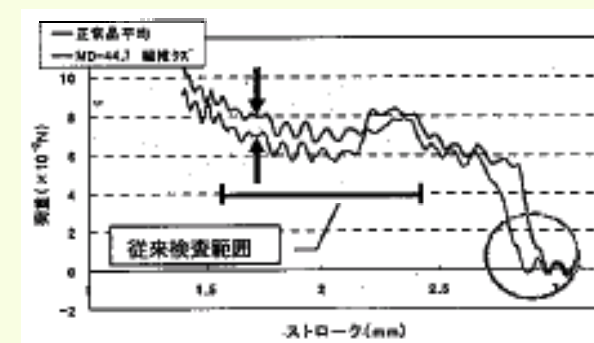
糸くず混入による戻り不良などを見逃し、クレームを発生させていた

[正常品のパターンをもとに不良判定]

図のようにストロークの区間を16区間にグルーピングし、区間内20個のデータによる平均値、標準偏差、変動係数、傾き、望目特性のSN比、動特性のSN比、2乗和、微分特性、最大値、最小値、差などを特性としてMTシステムで判定。データは良品100個のものとした。



糸くず混入による戻り不良なども検出できるようになり、市場クレームが激減



その他のMT法の実用例

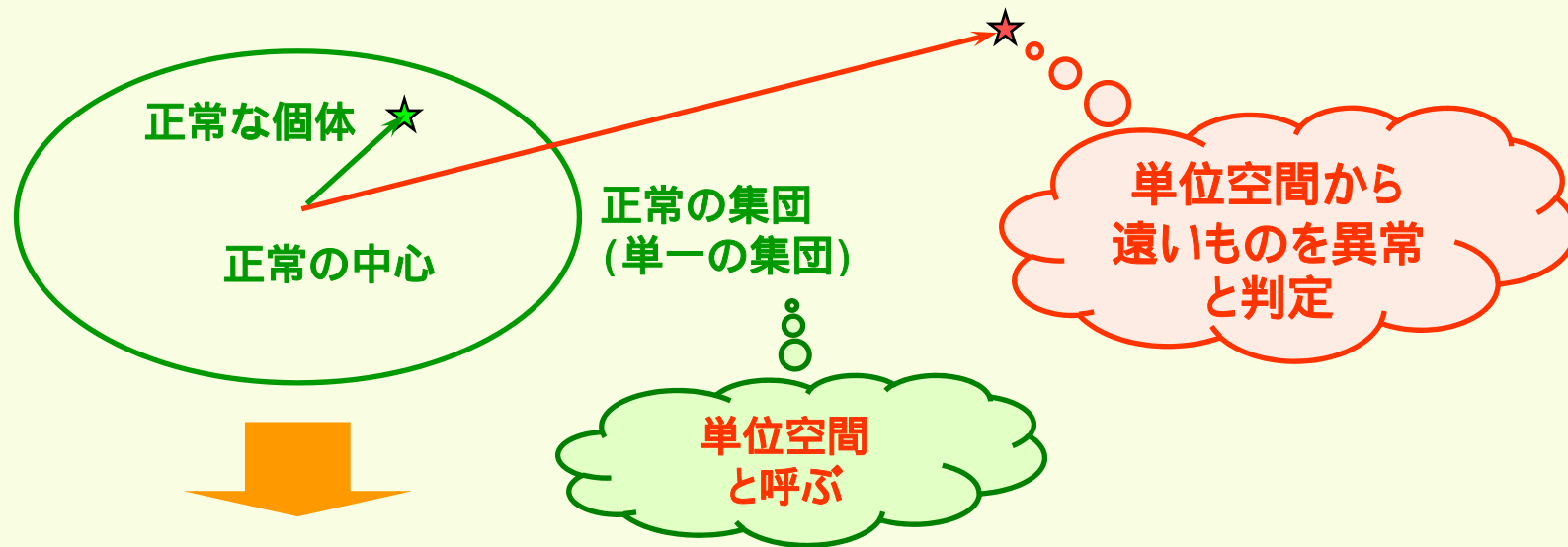
検査での適用

適用分野	対象	内容
外観検査	自動車のクラッチディスク	クラッチディスクの検査で、画像認識装置の出力から不良品を自動判定
	印刷の自動不良検査	部品に印刷した文字の印刷不良(かすれ、文字欠け)を画像認識装置の出力から自動判定
切削加工	深穴加工の刃物の振動波形	刃物の振動波形から特徴量を求め、正常加工時の波形から、刃物磨耗や異常加工を判定
能力判定	ソフトウェア作成能力判定	あるソフトを作成させ、技術者のソフトウェア作成能力を評価して単位空間を求め、性格、行動形式の調査などからソフト作成能力のある人を事前判定

その他の分野での適用

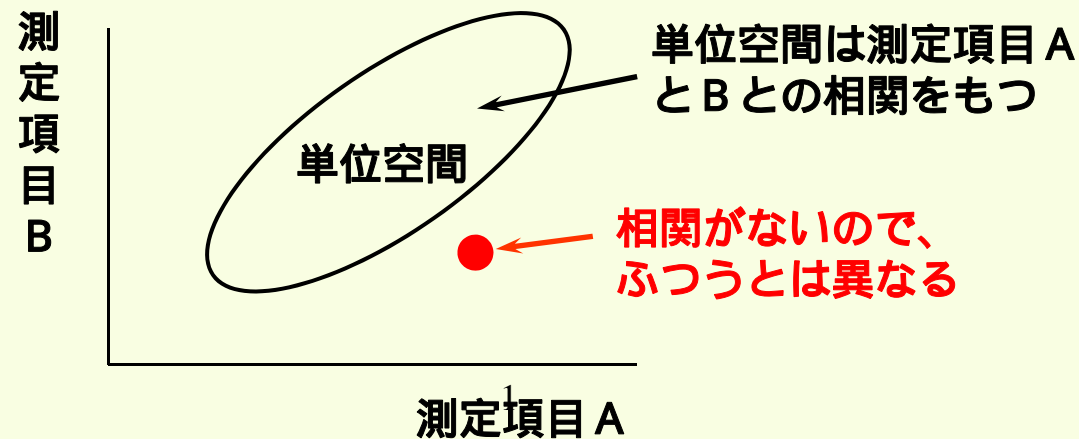
適用分野	対象	内容
文字認識	手書き文字の自動認識	多くの人を書いた5を単位空間とし、似た文字である6、8、3、2を識別
人口衛星	故障診断	ロケットや人工衛星などの故障をシミュレーション・データから診断

MTシステムにおける単位空間と判定



MTシステムの判定は、**ふつうとは異なる**という判定

敏感



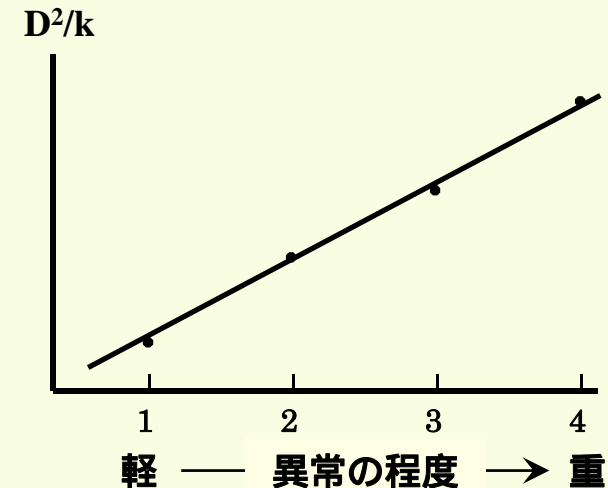
MTシステムにおける項目選択

測定項目(特性)の中から、判定に役立たない項目や、その項目を使うことでかえって判定精度を低下させるものを除外する。

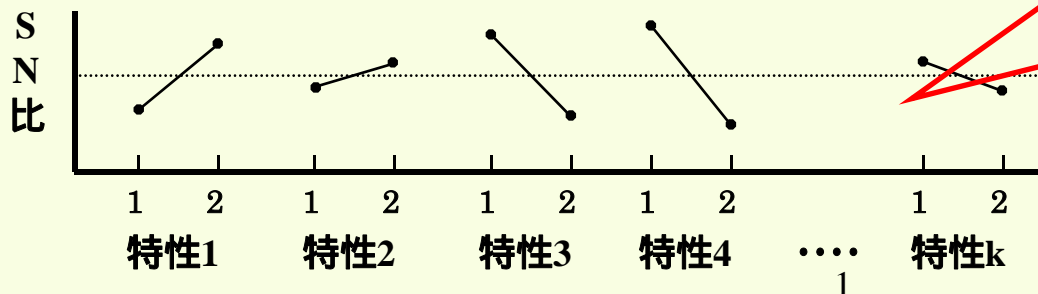
[方法]

右図のように、異常の程度と D^2/k との間の動特性のSN比を考え、「その項目を使う/使わない」をパラメータとして、パラメータ設計を行う。

異常の程度が定量化できない場合は、数種類の異常を選んで、望大特性のSN比を使う



各特性とも、使うを第1水準、使わないを第2水準として、2水準系の直交表にわりつけ、SN比の要因効果図を求める。

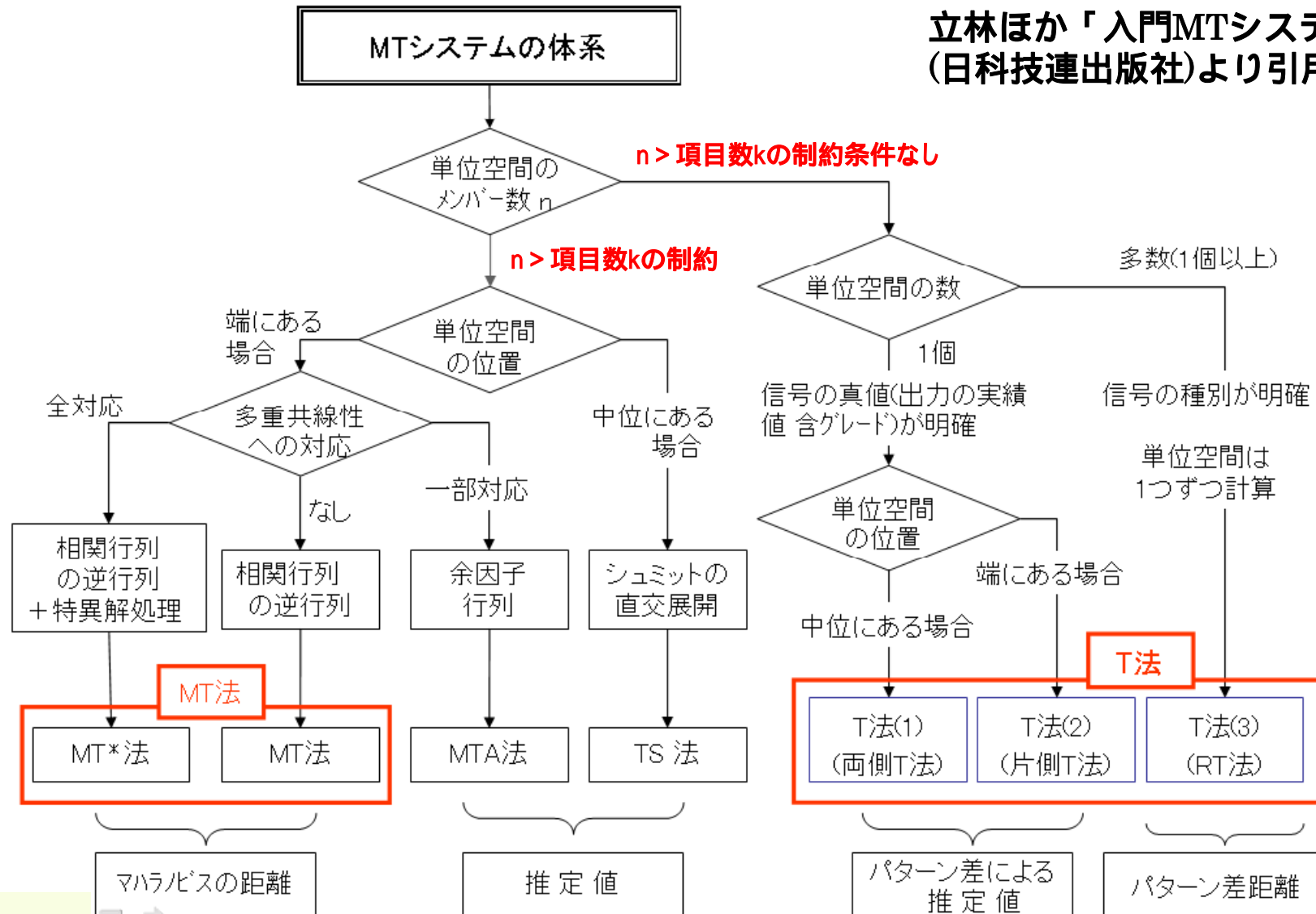


右下がりの効果が小さい特性は判定に有効でない
右上がりの効果が大きい特性は判定精度を落とす

「使わない」とは、はじめからそのデータは除外することを意味する

MTシステムの体系

立林ほか「入門MTシステム」
(日科技連出版社)より引用



図書紹介

宣伝になりますが・・・

MTシステムを丸ごと理解できる

MTシステムは、パターン認識や予測のための新しい手法です。ニューラルネットワークあるいは回帰分析などとは異なる考え方や数理を使用し、パターンの違いや程度を適切に定量化します。ものづくりや医療・経済などの現場で、有用な情報を獲得することができ、品質工学（タグチメソッド）の中でもいっそうの活用が期待されています。

本書はMTシステムの考え方や使い方を、基礎から体系的に理解できるように解説しています。豊富な事例、Excelでの計算方法や専用の計算ソフトも紹介しています。多様で膨大なデータを前に一瞬立ち止まっている方々、認識・予測について勉強したいと考えている方々にお勧めします。



終わり

ご静聴、ありがとうございました

掲載されている著作物の著作権については、制作した当事者に帰属します。

著作者の許可なく営利・非営利・イントラネットを問わず、本著作物の複製・転用・販売等を禁止します。

所属および役職等は、公開当時のものです。

■公開資料ページ

弊社ウェブページで各種資料をご覧ください <http://www.i-juse.co.jp/statistics/jirei/>

■お問い合わせ先

(株)日科技研 数理事業部 パッケージサポート係 <http://www.i-juse.co.jp/statistics/support/contact.html>