

田口玄一論説集第3巻第1編9章

# SN比の効用

リバーエレクトック株式会社

一橋 和真

9.1 直交表とSN比

9.2 校正法とSN比

9.3 出力特性とSN比

## 9.1 直交表とSN比

### ●なぜ直交表やSN比を用いるのか？

#### 直交表

- ・ 制御因子間の交互作用の有無を調べるため  
(主効果の大きさより大きな交互作用の有無の検査)

- ・ アメリカでは直交表に、  
交互作用が無いときには主効果を、  
交互作用があるかもしれないなら交互作用を求められる要因を、  
わりつけるべきであると言われているが…

タグチメソッドでは、

交互作用があっても交互作用を求めることは無駄

→研究室での実験で交互作用があるということは制御因子の最適水準が、研究室の条件と異なる生産工程、市場条件では異なる可能性が高い

研究室で多元配置実験により交互作用を求めることも無駄

→交互作用が無ければ求めたことが無駄

交互作用が有っても、生産工程、市場条件で最適条件が異なる可能性が大きく再設計が必要となる

研究室の実験で最適設計・最適生産条件を求めることが  
能率上非常に大切

## SN比

- ・ 交互作用が小さくなることが期待できる
  - ・ 1因子ずつの実験でも最適条件が求まることが多い
- ※交互作用が小さい保証はなく下流条件での再現性はわからない

→SN比を用いても交互作用の有無が不明であるから  
直交表を用いた方がよい

- ・ 最適条件での予測値と確認事件が一致しないときには、  
実験は手直しか断念することになる。

→直交表は成功を約束するものではなく、最適ではないものを誤って最適とした不良実験を指摘し、最適ではない設計、生産条件を後工程にそのまま流す誤りを少なくするもの

## 9.2 校正法とSN比

- ・ 交互作用は、不合理な特性値で発生する。  
合理的な特性値が得られないことも多く、合理的かどうか不明なことも少なくない。

→品質保証での不良率や信頼度、合格率といった品質特性は  
経営者向きには良いが、研究開発では使うべきではない  
効率が低く合理的ではない特性値である

経済性に直接関係している特性で合理的なものは  
少ない。(SN比は例外)

・例) 不良率がなぜ悪いのか

二つの条件 $A_1$ 、 $A_2$ で機械加工をした時の寸法分布が図9.1とする

$m$ が規格、 $\Delta$ が許容値とすると、  
 $A_1$ のほうが良品率が大きい！

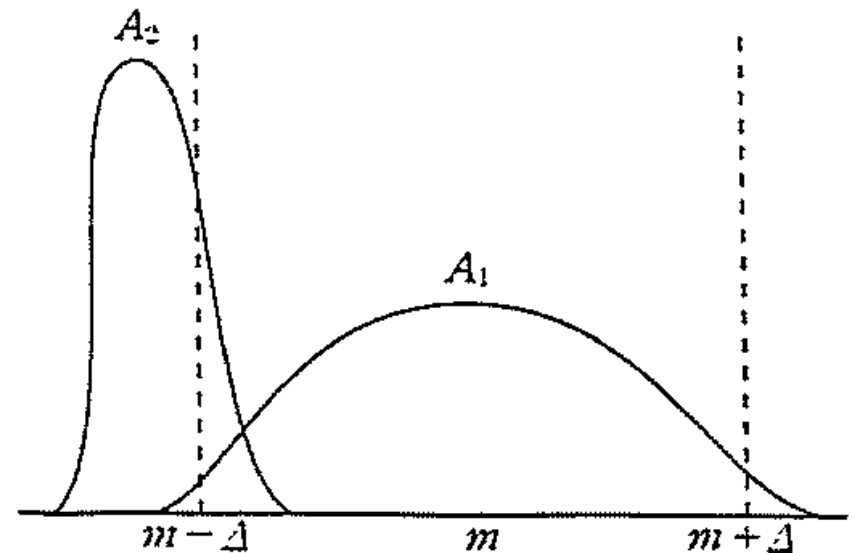


図9.1  $A_1$ 、 $A_2$ の分布と不良率

→しかし、ばらつきは $A_2$ よりずっと大きい

$A_2$ は平均値を目標値に合わせれば不良率は0となる！

- ・ 平均値を変える変数 … 調整因子: adjustment factor  
(信号因子、校正因子)

望ましい調整因子は、平均値を変えてもばらつきなどの  
変動係数の変化が無い因子

→平均値を変えると標準偏差(ばらつき)も変わるのが普通

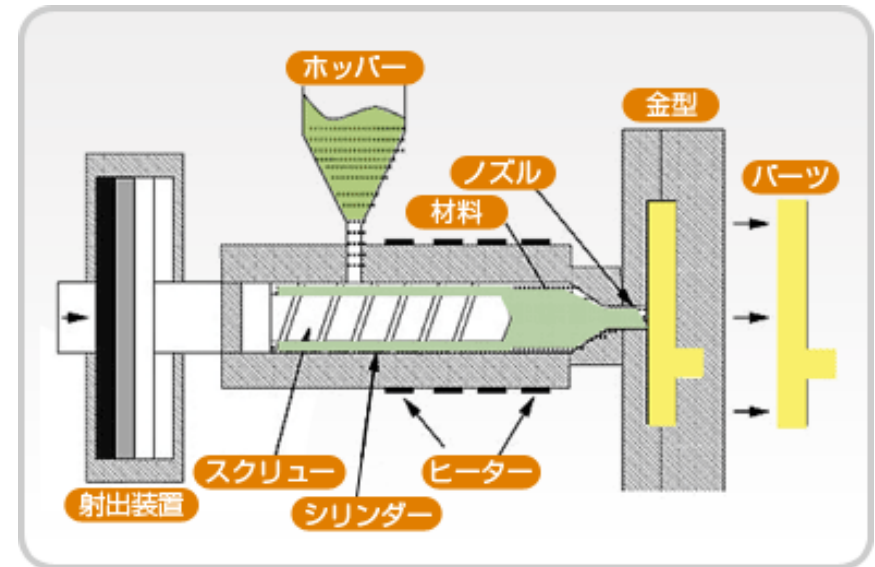
特性値として感度 or 平均値を解析し、SN比に出来るだけ影響がなく  
感度 or 平均値に大きく影響する制御因子を選択する。



- ・ 現場で用いる調整因子は、すべての制御因子が対象とはならない...

### 例) 射出成型の寸法管理

型のサイズが最も効果的ではあるが、、、  
生産時には射出時の圧力や  
射出時間を調整するしかない



© Proto Labs

<https://www.protolabs.co.jp/>

調整の際は SN 比が最大となる近傍で変化させ、

その効果が実用上十分に大きいことが大切

→設計研究の時、調整因子を信号因子として取り上げ、

効果を増幅する必要がある

- ・ 生産時の調整方法

- (a) フィードバックコントロール

- 生産された製品の特性を測定し、目標値との差があれば生産時のパラメータを変え、次の製品の特性値が目標値に近くなるようにする

- (b) 計測と調整

- 製品の特性を調べ、製品自体を調整する。

- (c) フィードフォワードコントロール(適応制御)

- 材料、部品などの特性を調べ、得られる製品の品質を予測し、目標値との差を推定して、目標値との差が無くなるように次工程や組み立て工程で加工条件や相手部品を選択する調整する

- 調整時の問題 … 計測誤差や予測誤差に伴うハンチング現象

→特性値が目標値からずれていても、ずれが予測誤差以内の時は修正をしない方が良い

- 計測誤差や予測誤差の対策

- (a) 割引計数(ダンピングファクタ)を用いる方法

→予測値と目標値の差の2乗に対して、予測誤差分散で割り割引計数を求める。割引計数が求めれば最適修正量が求まる。

- (b) 調整限界を用いる方法(スレシヨルド値や管理限界など)

- まずやることは誤差を減らすこと  
→調整因子の効果の推定や調整作業は制御因子の精度により  
改善は簡単で精度も十分にあることが多い
- 信号因子の感度を増幅した時に、ノイズの効果も増幅しては  
こまるため、感度とSN比の両方の研究が必要になる。
- 感度は多くの場合望目特性であり、感度が小さすぎる場合には  
感度の増幅が第一に考えられてしまうが、感度不十分の損失と  
SN比による損失を比較して、SN比を無視しないことが大切

### 9.3 出力特性とSN比

- ・ タグチメソッドにおけるSN比のSとNは  
信号とノイズのある座標軸での出力への効果の大きさ  
であり、エネルギーに比例する量であることが大切と主張し  
現在用いられている特性値に疑問を投げかけた。

例) ある製品でスイッチを入れたとたんに大きな音が発生し、  
そのあとで静かになる問題があった。  
現設計 $A_1$ と新設計 $A_2$ の騒音を比較して、スイッチを入れた時 $T_1$ と  
そのあとの $T_2$ で測定したホンという単位が次のようになった。

表 9.1 騒音測定データ

	$T_1$	$T_2$	平均
$A_1$	90	30	60
$A_2$	70	70	70

表 9.1 騒音測定の数値

	$T_1$	$T_2$	平均
$A_1$	90	30	60
$A_2$	70	70	70

- このとき平均では $A_1$ の方が良いが、実際には $A_2$ の方が良い製品である

→騒音や振動など人間に与える影響はホンではなく、圧の2乗であるエネルギーのため。エネルギーで計算すると

$$\left. \begin{aligned} A_1 \quad \frac{1}{2} (10^{9.0} + 10^{3.0}) &\doteq 5 \times 10^{8.0} \rightarrow 87 \text{ ホン} \\ A_2 \quad \frac{1}{2} (10^{7.0} + 10^{7.0}) &= 10^{7.0} \rightarrow 70 \text{ ホン} \end{aligned} \right\} (9.6)$$

したがって、 $A_2$ より $A_1$ の方が大きな騒音をとる

(実際には加重平均を取るべきで、その場合より大きな差になる)

- ・ あらゆる計測法は、時間(空間)に対して周波数特性を持っている。  
そこにデータから信号の大きさとノイズの大きさを求める必要がある。
- ・ 単位体間の差も測定器で測れないが、これは空間方向の周波数特性である。時間、空間方向の変化を含んだSの変化、Nの変化を求めることが大切である。
- ・ 先の表1で、平均だけではなく標準偏差も含めて求めれば

$$\sigma^2 = (\text{平均})^2 + (\text{標準偏差})^2$$

$$\left. \begin{aligned} A_1 \quad \sigma^2 &= 60^2 + \frac{(90-30)^2}{2} = 5400 \\ A_2 \quad \sigma^2 &= 70^2 + 0^2 = 4900 \end{aligned} \right\} (9.8)$$

となり、 $A_1$ のほうが悪いということになるが...

表9.1 騒音測定の実験データ

	$T_1$	$T_2$	平均
$A_1$	90	30	60
$A_2$	70	70	70

表9.1 騒音測定の実データ

	$T_1$	$T_2$	平均
$A_1$	90	30	60
$A_2$	70	70	70

- もし $A_2$ が右のようになったとすると

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= 20^2 + \frac{(70 + 30)^2}{2} \\ &= 5400 \end{aligned}$$

表9.2

	$T_1$	$T_2$	平均
$A_2$	70	-30	20

となり、 $A_1$ と同じということになってしまうが、 $T_1$ でも $T_2$ でも $A_1$ より小さい大きさの騒音である。

→ホンやデシベル値は、マイナスの値もとるのが良くない。

SN比を求めてから対数値を取るべきで、

個々の測定値のデータを対数でとってしまうのは良くない。



- ・ 信号の効果も、誤差の大きさもエネルギーに対応するものが望ましい。エネルギーと言っても、出力に無関係なノイズ源そのものは、その効果をゼロとする

エネルギー不滅の原理から言うと信号の効果も誤差の効果も変えることはできないが、実際にはロスの部分があり、総出力が等しくても信号と誤差の配分は変えることができる。

SN比を改善する効果は物理学上の法則から見通しが困難なため、設計研究で研究する必要がある大きい

→困難を考慮して出来る限り多くの制御因子を取り上げるべき

- ・ 制御因子は出来るだけ少なく解決したほうが技術力が高いという人がいるが、SN比に対する効果は、信号因子とすべての誤差因子との交互作用の効果であり、制御因子のレスポンスではない。  
 すべての交互作用の大きさが分かっていることなんてほぼ無い。
- ・ 制御因子の数が多すぎるのが普通だから、どれをとりあげるかは設計者の判断になるが、出来る限り多く取り上げ大幅に変えた方が有利であることは間違いない。