

S / N 比手法による機械加工の評価（第一報）

（ソフトウェアの作成と試用）

中 津 正 志*・道 正 滋**

Evaluation of the Machining using the Method of S/N Ratio (Part 1)
(To make softwear and Put to trial)

Masashi NAKATSU, Shigeru MICHIMASA

要 旨

実験計画法において、S/N比を使った機械加工の評価実験をするにあたり、実験データの処理プログラムを作成した。一つは外側因子による実験データから望小特性のS/N比を算出するもので、要因数、水準数を任意にかえて計算することができる。もう一つはこのS/N比を特性値として分散分析するもので、直交表データに従って計算することができる。本報ではその概要と試用結果について報告する。

Abstract

For evaluating the experiments of the machining using the method of S/N ratio, the authors made the programs to calculate the data of them on the method of design experiments. One of the program is to calculate the S/N ratio in the case of the characters been desired minimum value. Even if the number of the factors and the levels are change, it is able to compute. The other is able to analyze the variance using the S/N ratio by orthogonal array.

This paper deals the summary of the programs and the effects by using them.

1. はじめに

S/N比とは、従来通信の分野に用いられてきた言葉である。JIS Z 8103によれば「信号パワーの雑音パワーに対する比。普通はデシベルであらわす」となっている。S/N比による評価は、最近機械加工の分野にも広く使われ出しており、S/N比による評価結果と従来の固有技術による結果との整合性が認められてきている。機械加工は多くの要因に左右される現象である。従来の加工実験は、ある特定の要因による効果を取り出すために、他の多くの要因は無視するか、一定値に設定した結果である。しかし、実際の加工現象は

実験室内のような管理された中でなく、多くの誤差要因が入り込みやすい状況下で行われている。実験計画法とS/N比による評価法はこのような場合、非常に有効な手法である。筆者は数年前からS/N比手法による機械加工の評価実験を行ってきた。多数の実験データをパソコンで処理してきたが、実験計画によって因子数、水準数、直交表が変わるため、そのたびにプログラムを変更したり、あらたにつくり直す煩わしさがあった。本報では、一連の機械加工評価実験を進めるにあたり、まずデータ処理の効率化のためのソフトづくりを目的として一部実験に試用したので報告する。

2. 望小特性のS/N比

望小特性¹⁾²⁾とは、小さければ小さいほど良い

* 機械工学科助教授

** 機械工学科実習工場係長

特性で、たとえば、機械加工面の粗さや切削抵抗などがこれにあたる。

一般に分散 V_T の期待値 $E(V_T)$ は m を x_i の平均、 σ を x_i のばらつきとすると、

$$\begin{aligned} E(V_T) &= E(\Sigma x_i^2) \\ &= E\{\Sigma(x_i - m + m)^2\} \\ &= E\{\Sigma(x_i - m)^2\} + m^2 \\ &= m^2 + \sigma^2 \end{aligned} \quad (1)$$

望小特性の場合は m も σ も小さい方がよい。いま実験で得られた n 個のデータを $x_1, x_2, \dots, x_n$ としたとき総変動 S_T は

$$S_T = \Sigma x_i^2 \quad (2)$$

分散 V_T は

$$V_T = S_T / n \quad (\text{データ数}) \quad (3)$$

分散値の逆数の対数を取り、10倍してデシベル値にしたものが望小特性の S/N 比 η である。

式で表すと、

$$\eta = 10 \log(1/V_T) \quad (4)$$

V_T は小さい方がよいのであるから、 S/N 比 η は大きい方がよいという評価になる。

ここで得られた S/N 比を新しい特性値として直交表の制御因子の水準に従って分散分析するのが S/N 比手法による評価方法である。

3. 望小特性計算プログラム

3.1 プログラムの設計

S/N には望小特性、望目特性、望大特性とか、動特性など、実験目的によって使い分けなければならない。今回は望小特性、計量値、無校正の場合とした。また、以下の方針でプログラムの設計製作を行った。

- 1) プログラムの標準化を心がける。
- 2) 言語はC言語を使用する。
- 3) プログラムは構造化し事後の機能アップの際の加除をたやすくする。
- 4) アルゴリズムの記述には分かりやすくして個人差のない PAD (Problem Analysis Diagram) を使用する。
- 5) 汎用性を持たせるが、機能は機械加工評価のための実験計画によるデータ処理を逸脱しないようにする。

3.2 実験計画とデータ構造

実験目的に従って実験条件から因子と水準を決め、使用する直交表を選定する。直交表は実験効

率を高めるために、高次の交互作用を省略するための実験因子と水準の割付方法である。制御因子を内側直交表に、誤差因子を外側に割り付ける。この時外側に割り付けた誤差因子による実験データの配列が様々になりやすく、これが以後の処理の傷害となっていた。

				M_1	$\dots$	M_{mn}
				$J_1 \sim J_{jn}$	$\dots$	$J_1 \sim J_{jn}$
B_1	H_1	K_1	I_1 $\vdots$ I_{in}	データ	$\dots$	データ
		$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	K_{kn}	I_1 $\vdots$ I_{in}	データ	$\dots$	データ	
		$\vdots$				
$\vdots$	H_2	K_1 $\vdots$				
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$				

図1 データ構造

図1は因子数や水準数の変更にも対応し同一プログラムで読み込みが出来るようにしたデータモデル構造である。因子 M, J, I, K, H, B で、 B は内側直交表の実験(番号)数に当たる。たとえば、 L_9 の直交表の場合9、 L_{18} 直交表の場合18である。添字 mn, jn, in, kn, hn はそれぞれの因子の水準数である。

3.3 外側因子の分散分析と S/N 比³⁾⁴⁾

処理単位ごとのデータ数は

$$dn = mn \times jn \times in \times kn \times hn \quad (5)$$

測定データを x_i とすると式(2)より全変動 S_T は同じく

$$S_T = \Sigma x_i^2 \quad (\text{自由度 } ft = dn) \quad (6)$$

平均値の変動 cf は

$$cf = (\Sigma x_i)^2 / ft \quad (f_c = 1) \quad (7)$$

水準 M の変動は

$$\begin{aligned} S_M &= \frac{1}{2 \text{ 乗したデータ数}} \\ &\quad \{ \Sigma (M \text{ の水準ごとのデータの総和})^2 \} - cf \\ &= \frac{1}{in \times jn \times kn \times hn} \{ \Sigma (\Sigma M)^2 \} - cf \end{aligned} \quad (8)$$

自由度は $f_M = mn - 1$ (9)

分散は $V_M = S_M / f_M$ (10)

で得られる。

同様に他の因子 J, I, K, H についても求める。

S/N 比の計算は式(6)(3)(4)より算出する。計算

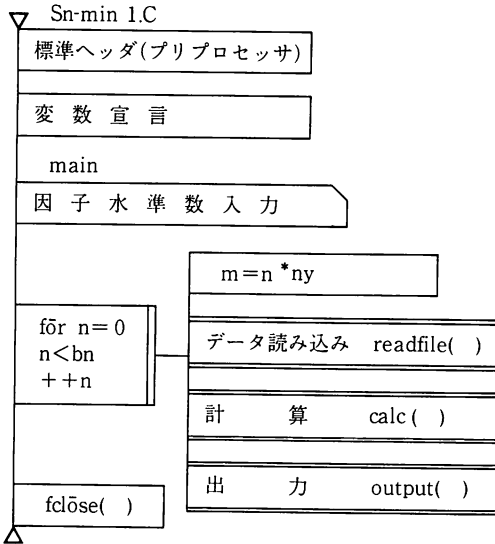


図2 S/N比計算(1) (別報5) 再掲

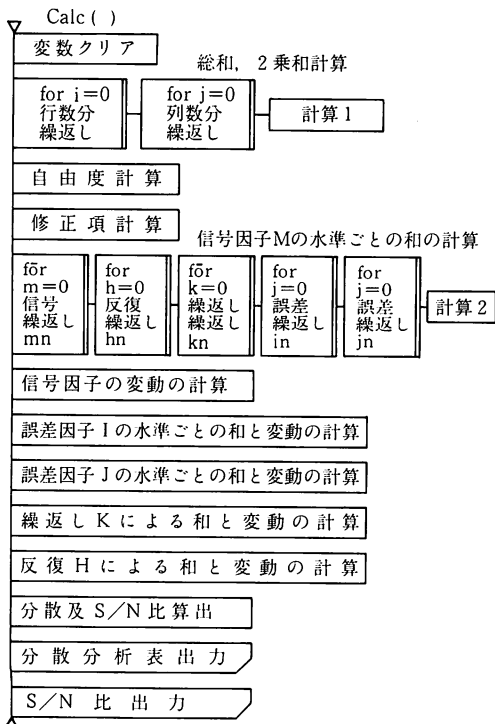


図3 S/N比計算(2) (別報5) 再掲

結果は外側因子の分散分析表とともに出力するようにした。この部分の PAD を図2, 図3に示す(別報再掲₅₎)

3. 4 S/N比を使った内側因子の分散分析

内側因子の直交表を直交表リストの中から選定する。直交表はよく使用される L 8, L 9, L 16 と L 18, 要因の水準は 2 と 3 をあらかじめ用意した。行の数は an : 実験数, 列の数は dn : 要因数である。各行に対応した S/N 比データと直交表の示す水準の割付をもとに分散分析する。

S/N 比データを y_i とすると平均値の変動は

$$cf = (\sum y_i)^2 / an \quad (\text{自由度 } 1) \quad (11)$$

全変動 S_t は

$$S_t = \sum (y_i^2) - cf \quad (f = an - 1) \quad (12)$$

水準 A の変動は外側因子の場合と同様にし

$$S_a = \frac{1}{\text{直交表のA列の同じ数字のデータ数}} \{ \sum (A \text{ の各水準ごとの } S/N \text{ 比})^2 \} - cf \quad (13)$$

分散 V_a は自由度で割って

$$V_a = S_a / f_a \quad (14)$$

他の因子についても同様に計算し $S_b \sim S_h$, $V_b \sim V_h$ を求める。残差 S_e は S_t から各変動を引いて,

$$S_e = S_t - \sum S \quad (15)$$

誤差分散 V_e は

$$V_e = S_e / f_e \quad (16)$$

ここで誤差の自由度 f_e は全自由度 f から各要因の自由度をひいたものである。

要因 A の分散比 F_{ae} は

$$F_{ae} = V_a / V_e \quad (17)$$

寄与率 ρ_a % は

$$\rho_a = ((S_a - f_a \times V_e) / S_t) \times 100 \quad (18)$$

他の要因の分散比, 寄与率についても同様に計算する。これらを分散分析表にまとめる。この部分の PAD を図4, 図5に示す。

4. 結 果

図6はデータ構造に従って作成されたデータファイルの各要因の水準数の入力画面である。要因がすくなくとも, 水準数が要因によって異なっても対応できる。

図7は昨年度卒業研究におけるマシニングセンターによる加工面粗さの実験 (L 9) データを計算した結果である。要因は (制御因子) 一刀あ

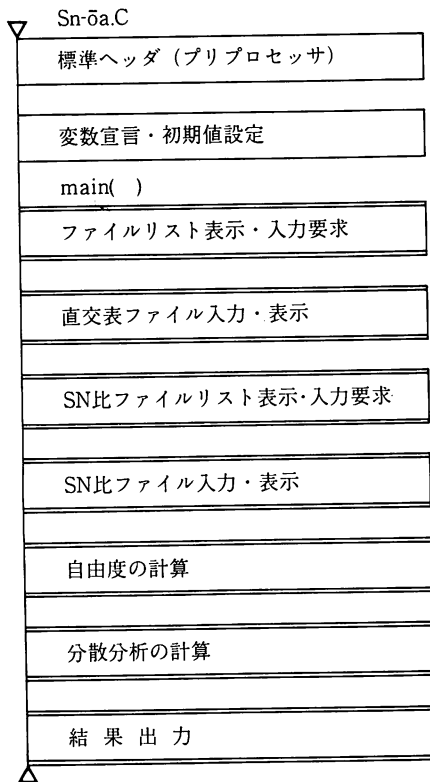


図4 直交表によるS/N比の処理(1)

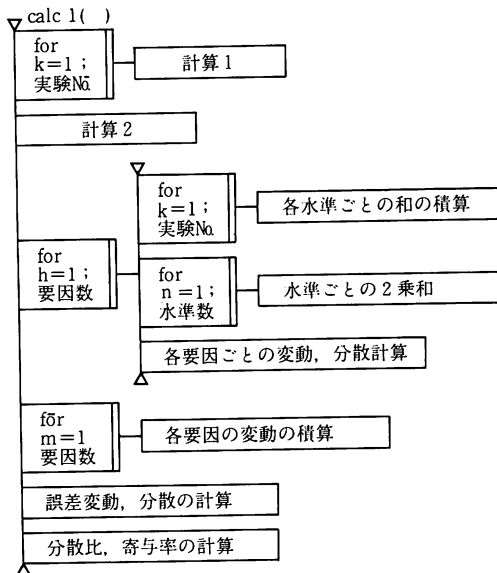


図5 直交表によるS/N比の処理(2)

たりの送り, 切削速度, 切込み, 切削油の4つ, の場合である。データミスによる再計算や他の実験データの検算が簡単である。

```

news% sn_min1.out
Please Key in the Filename of the Data:snmin1.dat

Data Filename :snmin1.dat
**** IF Factor not Exist ,Please Key in 1 ****
Please Key in the number of signal factor Mn?=3
**** IF Factor not Exist ,Please Key in 1 ****
please Key in the number of error factor Jn?=3
**** IF Factor not Exist ,Please Key in 1 ****
please Key in the number of error factor In?=3
**** IF Factor not Exist ,Please Key in 1 ****
please Key in the repeat number kn?=2
**** IF Factor not Exist ,Please Key in 1 ****
please Key in the repeat number Hn?=2
**** IF Factor not Exist ,Please Key in 1 ****
Please Key in the Data Block Number Bn?=1
  
```

図6 水準数入力画面

実験 NO.1

*** 分散分析 ***

	変動	自由度	分散
cf	2028.8667593	1	2028.8667593
m	63.8274074	2	31.9137037
i	0.2940741	2	0.1470370
j	0.1524074	2	0.0762037
k	4.1223148	1	4.1223148
h	0.0208333	1	0.0208333
e	36.1262037	99	0.3649111
T	2133.4100000	108	19.7537963

S/N比(望小特性) = -12.9565[dB]

図7 S/N比算出例

```

* orthogonalarrayfileorthogonalarrayfileorthogonalarrayfile *

tqc2/oa16_245.dat      tqc2/oa18_367.dat      tqc2/oa8_234.dat
tqc2/oa16_247.dat      tqc2/oa18_378.dat      tqc2/oa8_237.dat
tqc2/oa16_248.dat      tqc2/oa8_22.dat        tqc2/oa8_324.dat
tqc2/oa16_24a.dat      tqc2/oa8_233.dat

* orthogonalarrayfileorthogonalarrayfileorthogonalarrayfile *

*** 使用する直交表のファイル名を入れて下さい ****

tqc2/oa18_378.dat
Data Filename : tqc2/oa18_378.dat
check1 *** 18 3 7 8

factor ***
check2 ***
      A  B  C  D  E  F  G  H
check3 *** 1  1  1  1  1  1  1  1
check3 *** 2  1  1  2  2  2  2  2
check3 *** 3  1  1  3  3  3  3  3
check3 *** 4  1  2  1  1  2  2  3  3
check3 *** 5  1  2  2  2  3  3  1  1
check3 *** 6  1  2  3  3  3  1  1  1
check3 *** 7  1  3  3  3  3  1  1  1
check3 ***
  
```

図8 直交表ファイルの入力と表示

図8は直交表ファイルの表示と入力である。unixのシステムコマンドを使って現在登録されている。直交表名を出し入力ミスを防ぐようにした。図中のcheckは読み込みが間違いないか確認するためのものである。check1の数字は実験NOや要因数を表す。check2は各要因の水準数, check3はL18直交表実験の水準を示している。

図9はCNC旋盤の加工実験(L18)によって得られたS/N比データである。これを新たな特性値としてL18直交表に従って分散分析した結果が図10である。分散比, 寄与率はプール前の値である。通常, 誤差として取り扱える要因の変動はプールし, 新しくプールした誤差分散を用いるが, その計算は実験によって異なり, 数値のみで判断されないのが省いている。

