福山平成大学経営学部紀要
第１３号（2016），*－**頁

社会システム分析のための統合化プログラム２９
－パラメータ設計・オンライン品質工学－

福井正康[*1]、大山知之[*2]、織田望[*2]
[*1] 福山平成大学経営学部経営学科
[*2] 日本ニューマチック工業株式会社

概要：我々は教育分野での利用を目的に社会システム分析に用いられる様々な手法を統合化したプログラム College Analysis を作成してきた。今回は経営科学の分野で品質管理に利用されるパラメータ設計（オフライン品質工学）とオンライン品質工学についてのプログラムを紹介する。パラメータ設計は製品の品質を設計段階で高めようとする手法で、SN 比を基に最善の制御因子を求める手法である。オンライン品質工学は品質を金額ベースで表し、工場のラインでの計測とそのフィードバックを管理する手法である。

キーワード：College Analysis，経営科学，パラメータ設計，オフライン品質工学，オンライン品質工学
URL：http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/

1. はじめに

我々はこれまで社会システム分析に用いられる様々な手法を統合化したプログラム College Analysis を作成してきた。今回は経営科学の分野の品質管理で利用される、オフライン品質工学とも呼ばれるパラメータ設計[1] とオンライン品質工学[2] を取り上げる。これらのプログラムは実際の製造業の分野での利用を考えて作られたものであり、今後の応用が重要である。

製品の品質は設計段階でほぼ制御できるという考えをもとに、実験計画法に基づき製品試験を行い、SN 比を基にして最善の制御因子の組み合わせを求め、製造後の故障や不良品の発生を抑えようとする手法がパラメータ設計である。これにより製品製造後の返品や品質改善のためのフィードバックをなくすことができ、効率的な製品開発を目指すことができる。

我々はこのパラメータ設計の過程を学び、実践するためのプログラムを開発した。我々のプログラムはあくまで汎用のもので、実際の問題にはその問題に特化した個別の修正が必要になるかも知れないが、実験的にパラメータ設計に取り組む際の有効性を確かめるには十分であると思われる。

工場の生産ラインでは、目標特性の製品を作るために、品質特性値を計測し、ラインを調整する。計測回数を増やしラインを調整すると、不良品の発生が低減されることは明らかであるが、これらには時間と人手を必要とし、そこには費用が発生する。オンライン品質工学では、

品質を金額ベースで表し、最適な計測間隔と調整間隔を求め、現行の値と比較し、どの程度の金額の削減につながるかを検討する。

この報告では、各章が独立しているため、式番号、図表番号は章ごとに付けるものとする。章を越えて参照する場合は、その旨を示す。

2.　パラメータ設計

2.1　パラメータ設計の理論

2.1.1　動特性パラメータ設計

ここではまずゼロ点比例式の動特性パラメータ設計について考えるが、その前に SN 比と感度について、理論的な考察を加えておく。

1 つの実験では、信号水準M_j（$j=1,\cdots,p$）と誤差水準N_α（$\alpha=1,\cdots,n$）によって、表 1 のように pn 個のデータ $y_{j\alpha}$ が得られる。誤差水準はできるだけ広く散らばるよう配慮されるものとする。

表 1　動特性パラメータ設計におけるデータ

M_1			$\cdots$	M_p		
N_1	$\cdots$	N_n	$\cdots$	N_1	$\cdots$	N_n
y_{11}	$\cdots$	y_{1n}	$\cdots$	y_{p1}	$\cdots$	y_{pn}

この実験について、誤差水準α のゼロ比例式回帰直線を考える。実測値$y_{j\alpha}$ についての推定回帰式を$Y_{j\alpha}=b_\alpha M_j$ とすると、実測値との差の 2 乗和は以下となる。

$$EV_\alpha=\sum_{j=1}^{p}(y_{j\alpha}-Y_{j\alpha})^2=\sum_{j=1}^{p}(y_{j\alpha}-b_\alpha M_j)^2$$

これを最小化するには、

$$\frac{\partial}{\partial b_\alpha}EV_\alpha=-2\sum_{j=1}^{p}M_j(y_{j\alpha}-b_\alpha M_j)=0$$

として、以下を得る。

$$b_\alpha=\sum_{j=1}^{p}M_j y_{j\alpha}\Big/\sum_{j=1}^{p}M_j^2=\frac{L_\alpha}{r},\qquad \text{ここに、}L_\alpha=\sum_{j=1}^{p}M_j y_{j\alpha},\ \ r=\sum_{j=1}^{p}M_j^2$$

データ全体のゼロ比例式回帰直線については、推定回帰式を$Y_j=bM_j$ とすると、実測値との差の 2 乗和は以下となる。

$$EV=\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}(y_{j\alpha}-Y_j)^2=\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}(y_{j\alpha}-bM_j)^2$$

これを最小化するには、

$$\frac{\partial}{\partial b}EV = -2\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}M_j(y_{j\alpha} - bM_j) = 0$$

として、以下を得る。

$$b = \sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}M_j y_{j\alpha} \Big/ \sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}M_j^2 = \frac{1}{nr}\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}M_j y_{j\alpha} = \frac{1}{nr}\sum_{\alpha=1}^{n}L_\alpha = \frac{1}{n}\sum_{\alpha=1}^{n}b_\alpha$$

次にデータの変動について考察する。まず、$y=0$ からの全体の変動 S_T は以下となる。

$$S_T = \sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}y_{j\alpha}^2 \qquad \text{自由度 } pn$$

また、$y=0$ からの全体の回帰変動 S_β は以下となる。

$$S_\beta = \sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}(bM_j)^2 = nrb^2 = \frac{1}{nr}\left(\sum_{\alpha=1}^{n}L_\alpha\right)^2 \qquad \text{自由度 } 1$$

これより、$b^2 = S_\beta / nr$ となる。

誤差水準 α の回帰直線の全体の回帰直線からの変動 $S_{N\beta}$ は以下となる。

$$\begin{aligned} S_{N\beta} &= \sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}(b_\alpha M_j - bM_j)^2 \\ &= r\sum_{\alpha=1}^{n}(b_\alpha - b)^2 = r\sum_{\alpha=1}^{n}b_\alpha^2 - nrb^2 = \sum_{\alpha=1}^{n}L_\alpha^2 \Big/ r - S_\beta \end{aligned}$$

$$\text{自由度 } n-1 \qquad \text{束縛条件} \quad \sum_{\alpha=1}^{n}(b_\alpha - b) = 0$$

各点の誤差水準 α の回帰直線からの変動 S_e は以下となる。

$$\begin{aligned} S_e &= \sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}(y_{j\alpha} - b_\alpha M_j)^2 = \sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}[y_{j\alpha} - (b_\alpha - b)M_j - bM_j]^2 \\ &= \sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}y_{j\alpha}^2 + \sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}(b_\beta - b)^2 M_j^2 + \sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}b^2 M_j^2 - 2\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}y_{j\alpha}b_\alpha M_j \\ &= S_T + S_{NB} + S_\beta - 2\sum_{\alpha=1}^{n}L_\alpha^2 \Big/ r^2 \\ &= S_T + S_{NB} + S_\beta - 2(S_{NB} + S_\beta) = S_T - S_{NB} - S_\beta \end{aligned}$$

$$\text{自由度 } pn-n \qquad \text{束縛条件} \quad \sum_{j=1}^{p}M_j(y_{j\alpha} - b_\alpha M_j) = 0$$

誤差水準αの回帰直線からの変動の不偏分散V_eは、変動を自由度で割って以下となる。

$$V_e = S_e/(pn-n)$$

これが各回帰直線からのずれの分散$V[\varepsilon]$の不偏推定量となることは、後に説明する。

ここまでの議論で、全変動S_Tは、全体の回帰変動S_β、全体の回帰直線からの誤差水準αの回帰変動$S_{N\beta}$、各点の誤差水準αの回帰直線からの変動S_eの和で以下のように表されることが分かった。

$$S_T = S_\beta + S_{N\beta} + S_e$$

各点の全体の回帰直線からの変動S_Nは以下となる。

$$S_N = \sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}(y_{j\alpha} - bM_j)^2 = \sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n} y_{j\alpha}^2 + nb^2\sum_{j=1}^{p} M_j^2 - 2b\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n} y_{j\alpha}M_j$$

$$= S_T + nrb^2 - 2nrb^2 = S_T - S_\beta = S_{N\beta} + S_e$$

自由度 $pn-1$　束縛条件 $\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n} M_j(y_{j\alpha} - bM_j) = 0$

各点の全体の回帰直線からの変動の不偏分散V_Nは、変動を自由度で割って以下となる。

$$V_N = S_N/(pn-1)$$

これが全変動の分散$V[\sigma]$の不偏推定量になっていることは、後に説明する。

これらを使って、SN 比ηと感度Sを定義する。SN 比は、測定誤差の分散σ^2に対する有効な信号の変化の大きさβ^2の比を用いて、また感度Sはβ^2の値を用いて以下のように定義される。

SN 比：$\eta = 10\log_{10}\dfrac{\beta^2}{\sigma^2}$,　　感度：$S = 10\log_{10}\beta^2$

実際の計算ではβ^2とσ^2の値は不明であるので、これらの不偏推定量を用いて置き換える。

SN 比：$\eta = 10\log_{10}\left[\dfrac{(S_\beta - V_e)/nr}{V_N}\right]$,　感度：$S = 10\log_{10}\left[(S_\beta - V_e)/nr\right]$

一般に SN 比は大きな値ほど、有効な信号を誤差の中から拾いやすくなり、良好な結果である。また、感度は対象により、大きな値がよい場合、小さな値がよい場合、目標値がよい場合など様々であるが、感度があまり変化しない制御因子を用いて SN 比を上げることを考える場合もある。

最後に、β^2の不偏推定量を求めておく。

$$y_{j\alpha}=\beta_\alpha M_j+\varepsilon_{j\alpha}\,,\quad E[\varepsilon_{j\alpha}]=0\,,\quad E[\varepsilon_{j\alpha}\varepsilon_{j'\alpha'}]=\delta_{jj'}\delta_{\alpha\alpha'}V[\varepsilon]$$

とすると、

$$b_\alpha=\frac{1}{r}\sum_{j=1}^{p}M_j y_{j\alpha}=\frac{1}{r}\sum_{j=1}^{p}M_j(\beta_\alpha M_j+\varepsilon_{j\alpha})=\beta_\alpha+\frac{1}{r}\sum_{j=1}^{p}M_j\varepsilon_{j\alpha}$$

より

$$S_e=\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}(\beta_\alpha M_j+\varepsilon_{j\alpha}-b_\alpha M_j)^2=\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}\left[(\beta_\alpha-b_\alpha)M_j+\varepsilon_{j\alpha}\right]^2$$

$$=\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}\left[-\frac{1}{r}M_j\sum_{j'=1}^{p}M_{j'}\varepsilon_{j'\alpha}+\varepsilon_{j\alpha}\right]^2$$

$$=\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}\left[\frac{1}{r^2}M_j^2\left(\sum_{j'=1}^{p}M_{j'}\varepsilon_{j'\alpha}\right)^2-\frac{2}{r}M_j\varepsilon_{j\alpha}\sum_{j'=1}^{p}M_{j'}\varepsilon_{j'\alpha}+\varepsilon_{j\alpha}^2\right]$$

$$=-\frac{1}{r}\sum_{\alpha=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\sum_{j'=1}^{p}M_jM_{j'}\varepsilon_{j\alpha}\varepsilon_{j'\alpha}+\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}\varepsilon_{j\alpha}^2$$

となり、

$$E\left[S_e\right]=E\left[-\frac{1}{r}\sum_{\alpha=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\sum_{j'=1}^{p}M_jM_{j'}\varepsilon_{j\alpha}\varepsilon_{j'\alpha}+\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}\varepsilon_{j\alpha}^2\right]$$

$$=(pn-n)V[\varepsilon]$$

すなわち、

$$V[\varepsilon]=E[S_e/(pn-n)]=E[V_e] \qquad (1)$$

また、

$$b=\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}M_jy_{j\alpha}\Bigg/\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}M_j^2=\frac{1}{nr}\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}M_jy_{j\alpha}$$

より、

$$b^2=\frac{1}{n^2r^2}\left(\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}M_j(\beta_\alpha\,\mathrm{M}_j+\varepsilon_{j\alpha})\right)^2$$

$$=\frac{1}{n^2r^2}\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}\sum_{j'=1}^{p}\sum_{\alpha'=1}^{n}M_jM_{j'}(\beta_\alpha\beta_{\alpha'}M_jM_{j'}+2\beta_{\alpha'}\varepsilon_{j\alpha}M_{j'}+\varepsilon_{j\alpha}\varepsilon_{j'\alpha'})$$

$$=\frac{1}{n^2r^2}\left[\beta^2n^2r^2+2\beta nr\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}\varepsilon_{j\alpha}+\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}\sum_{j'=1}^{p}\sum_{\alpha'=1}^{n}M_jM_{j'}\varepsilon_{j\alpha}\varepsilon_{j'\alpha'}\right]$$

であるから、

$$E\left[b^2\right]=\frac{1}{n^2r^2}E\left[\beta^2n^2r^2+2\beta nr\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}\varepsilon_{j\alpha}+\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}\sum_{j'=1}^{p}\sum_{\alpha'=1}^{n}M_jM_{j'}\varepsilon_{j\alpha}\varepsilon_{j'\alpha'}\right]$$

$$=\beta^2+\frac{1}{n^2r^2}\sum_{j=1}^{p}\sum_{\alpha=1}^{n}\sum_{j'=1}^{p}\sum_{\alpha'=1}^{n}M_jM_{j'}\delta_{jj'}\delta_{\alpha\alpha'}V[\varepsilon]$$

$$=\beta^2+\frac{1}{nr}V[\varepsilon]$$

よって、以下となる。

$$\beta^2=E[b^2]-\frac{1}{nr}V[\varepsilon] \tag{2}$$

(2)と(1)、及び $b^2=S_\beta/nr$ の関係から、

$$\beta^2=\frac{1}{nr}E\left[S_\beta\right]-\frac{1}{nr}E\left[V_e\right]=E\left[(S_\beta-V_e)/nr\right] \tag{3}$$

すなわち、β^2 の不偏推定量は $(S_\beta-V_e)/nr$ である。

同様の考え方で σ^2 の不偏推定量が $V_N=S_N/(pn-1)$ であることも示すことができる。

次に我々は SN 比を最大にする制御因子の最適設定について考える。制御因子 A, B, …について直交表を作ると、他の制御因子の影響をならして、１つの制御因子の影響を調べることができるようになる。表 2 に直交表を加えたデータを示す。

表２　動特性パラメータ設計における直交表とデータ

	A	B	…	M_1			…	M_p			SN 比	感度
				N_1	…	N_n	…	N_1	…	N_n		
1	1	1	…	y_{111}	…	y_{11n}	…	y_{1p1}	…	y_{1pn}	η_1	S_1
2	1	1	…	y_{211}	…	y_{21n}	…	y_{2p1}	…	y_{2pn}	η_2	S_2
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
D	2	2	…	y_{d11}	…	y_{d1n}	…	y_{dp1}	…	y_{dpn}	η_d	S_d

ここに SN 比と感度は上で述べた方法で求めて加えてあるものとする。直交表は、各制御因子の同じ番号の行を見ると、他の制御因子について、すべての番号が同じ数だけ入っているという特徴を持つ。

例えば制御因子 A が k になる行について、SN 比及び感度の平均を取ったものをそれぞれ $\overline{\eta}_{A=k}$ 、$\overline{S}_{A=k}$ と書くとすると、SN 比の補助表は表 3 のようになる。感度の補助表も同様である。

表 3　SN 比の補助表

制御因子	水準 1	…	水準 r
A	$\overline{\eta}_{A=1}$	…	$\overline{\eta}_{A=r}$
B	$\overline{\eta}_{B=1}$	:	$\overline{\eta}_{B=r}$
:	:	…	:

ここに水準の少ない制御因子の場合、その部分は空欄にしておく。

この補助表の SN 比の中で、制御因子ごとの水準値の最も大きな水準を並べたものを最適条件といい、例えば A1B2C1D3…などと表す。我々のプログラムでは制御因子名は省略して番号だけで表している。この最適な水準の SN 比を合計したものを SN 比の最適値という。感度についても SN 比の最適条件を用いて最適値を定義する。

これに対して現実の制御因子の設定を比較条件または現状条件という。この条件を用いて SN 比を合計したものを SN 比の比較値または現状値という。感度についても同様である。最適値と比較値の差は、今後の改善の可能性として検討すべき値である。

ここで述べた水準値は理論的な推測値である。この値が妥当なものかどうか、追実験をして検証しておかなければならない。また、現実的に考えて最適な制御条件が最良のものであるとは限らない。その際は、できるだけ SN 比の値を落とさず、感度で制御因子の調整を行うこともある。

2.1.2　静特性パラメータ設計

次にこれまでの動特性と異なり、静特性のパラメータ設計について述べる。これはデータをある指定された値へ近づけることを目標としたパラメータ設計である。指定された値への近づけ方として、ある値へ上下から近づける場合を一般の望目特性、0 値へ上下から近づける場合をゼロ目標の望目特性、0 値へ上から近づける場合を望小特性、できるだけ大きな値にする場合を望大特性という。

今、静特性のデータを表 4 とする。

表 4　静特性パラメータ設計における直交表とデータ

	A	B	…	N_1	…	N_n	SN 比	感度
1	1	1	…	y_{11}	…	y_{1n}	η_1	S_1
2	1	1	…	y_{21}	…	y_{2n}	η_2	S_2
:	:	:	:	:	:	:	:	:
d	2	2	…	y_{d1}	…	y_{dn}	η_d	S_d

それぞれの望目特性に対する SN 比と感度を示すと以下のようにまとめられる。但し、個々の実験の番号は省略してある。

一般の望目特性

SN 比　$\eta = 10\log\dfrac{(S_m - V_e)/n}{V_e}$,　$S = 10\log[(S_m - V_e)/n]$

ここに、　$S_T = \sum_{\alpha=1}^{n} y_\alpha^2$, $S_m = \dfrac{1}{n}\left(\sum_{\alpha=1}^{n} y_\alpha\right)^2$, $S_e = S_T - S_m$, $V_e = \dfrac{S_e}{n-1}$

ゼロ目標の望目特性

SN 比　$\eta = 10\log\dfrac{1}{V_e}$, 感度　$S = \bar{y}$　(平均)

ここに、　$S_T = \sum_{\alpha=1}^{n} y_\alpha^2$, $S_m = \dfrac{1}{n}\left(\sum_{\alpha=1}^{n} y_\alpha\right)^2$, $S_e = S_T - S_m$, $V_e = \dfrac{S_e}{n-1}$

望小特性

SN 比　$\eta = 10\log\dfrac{1}{\sigma^2} = -10\log\sigma^2$　ここに、$S_T = \sum_{\alpha=1}^{n} y_\alpha^2$, $\sigma^2 = S_T/n$

望大特性

SN 比　$\eta = 10\log\dfrac{1}{\sigma^2} = -10\log\sigma^2$　ここに、$S_T = \sum_{\alpha=1}^{n} 1/y_\alpha^2$, $\sigma^2 = S_T/n$

2.2　プログラムの利用法

パラメータ設計のデータは図 1 のように、左の直交表の部分と右の実験結果の部分に分けられる[3]。

		E	F	G	H	0.025	0.025	0.1	0.1	0.5	0.5
1	1	1	1	1	1	0.046	0.040	0.068	0.056	0.235	0.276
2	2	2	2	2	2	0.052	0.036	0.085	0.078	0.293	0.311
3	3	3	3	3	3	0.071	0.079	0.111	0.109	0.327	0.321
4	1	2	2	3	3	0.043	0.037	0.072	0.050	0.224	0.246
5	2	3	3	1	1	0.058	0.038	0.083	0.082	0.283	0.252
6	3	1	1	2	2	0.076	0.074	0.104	0.131	0.371	0.404
7	2	1	3	2	3	0.030	0.027	0.062	0.065	0.278	0.298
8	3	2	1	3	1	0.044	0.036	0.108	0.086	0.354	0.361
9	1	3	2	1	2	0.035	0.028	0.045	0.043	0.274	0.231

図 1　パラメータ設計のデータ

ここでは、制御因子が A～H の 8 種類、信号因子が 3 種類、誤差因子が 2 種類である。信号因子と誤差因子の部分の変数名には信号因子の数値が与えられている。最後の 2 行に制御因子が空欄の行が含まれることがあるが、これは後に再現性確認を行い実験結果を格納するためもので、あってもなくても再現性確認までの計算に問題はない。

メニュー［分析－OR－品質管理－パラメータ設計］を選択すると図 2 のような分析実行メニューが表示される。

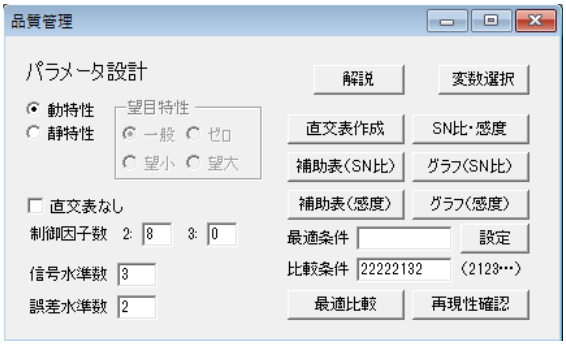


図 2　分析実行メニュー

パラメータ設計には動特性と静特性の 2 種類あるが、最初は動特性について紹介する。まずメニュー中にある、「制御因子数」、「信号水準数」、「誤差水準数」の値を入力する。この例題の場合、デフォルトの数値がそのまま利用できる。次に「変数選択」ボタンですべての変数を選択する。現在の例では直交表が付いているが、単純に SN 比と感度のみを求める場合には、直交表を省略したデータを用いることもできる。その際には「直交表なし」チェックボックスにチェックを入れておく。

「SN 比・感度」ボタンをクリックすると、図 3 の計算結果が表示される。

SN比・感度

	A	B	C	D	E	F	G	H	SN比	感度
1	1	1	1	1	1	1	1	1	26.534	-5.730
2	1	1	2	2	2	2	2	2	28.258	-4.239
3	1	1	3	3	3	3	3	3	23.149	-3.516
4	1	2	1	1	2	2	3	3	26.656	-6.431
5	1	2	2	2	3	3	1	1	25.083	-5.230

図 3　各実験の SN 比・感度

ここでは各実験に対して、単純に SN 比と感度を求めて表示している。

直交表を使った SN 比の補助表は「補助表（SN 比）」ボタンをクリックすることで図 4 のように与えられる。感度の補助表については「補助表（感度）」ボタンをクリックして得られる。

補助表（SN比）

	水準1	水準2	水準3	MAX-MIN
A	27.494	23.169		4.325
B	23.656	22.961	29.378	6.418
C	28.332	25.959	21.704	6.628
D	22.358	26.353	27.284	4.926
E	26.649	24.186	25.160	2.463
F	25.040	27.077	23.878	3.199
G	26.675	24.008	25.313	2.667
H	23.489	26.686	25.820	3.197

図 4　補助表（SN 比）

ここで制御因子 A は 2 水準であるから、空白が 1 つできている。

補助表をグラフにした図は「グラフ（SN 比）」ボタンをクリックして表示される。描画結果を図 5 に示す。

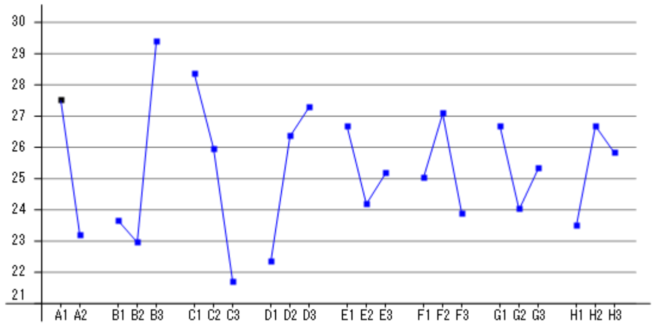


図 5　補助表のグラフ（SN 比）

図 4 と図 5 に対する感度の補助表とグラフは、それぞれ図 6 と図 7 で与えられる。

補助表（感度）

	水準1	水準2	水準3	MAX-MIN
A	-4.515	-3.975		0.540
B	-3.458	-5.041	-4.236	1.583
C	-4.337	-3.729	-4.669	0.940
D	-6.000	-4.117	-2.618	3.381
E	-3.963	-4.762	-4.011	0.799
F	-3.309	-4.239	-5.187	1.878
G	-4.045	-4.400	-4.290	0.355
H	-5.052	-3.968	-3.716	1.336

図 6　補助表（感度）

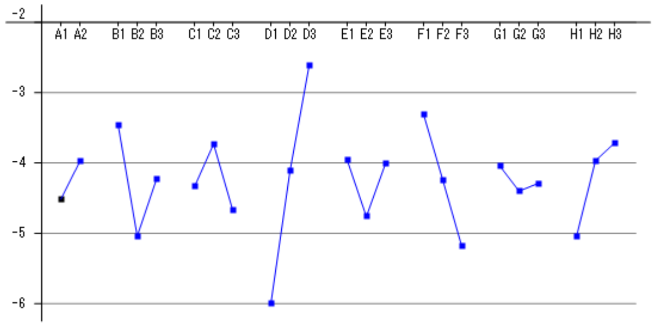


図 7　補助表のグラフ（感度）

利用者はこれらのグラフを見ながら、制御因子の調整を行う。例えば SN 比はあまり動かさず、目的の感度に近づけるような調整には、制御因子 F が適している。

SN 比の補助表やグラフを使った最適条件は「設定」ボタンをクリックすることでメニュー上の最適条件の部分に図 8 のように表示される。

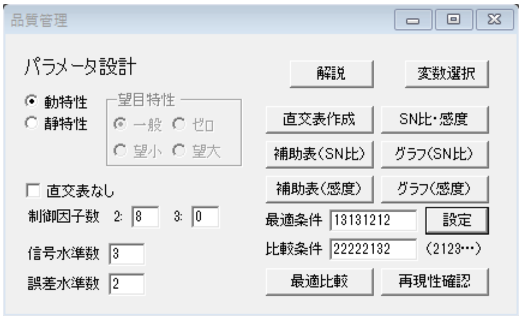


図８　SN 比の最適条件の設定

比較条件で現在の実験から得られるデータの値を求めることができるが、最適条件との比較も可能である。これらの数値は「最適比較」ボタンで得ることができる。表示結果を図９に示す。最適条件の制御因子の組み合わせを変えることで結果を手動で訂正することもできる。

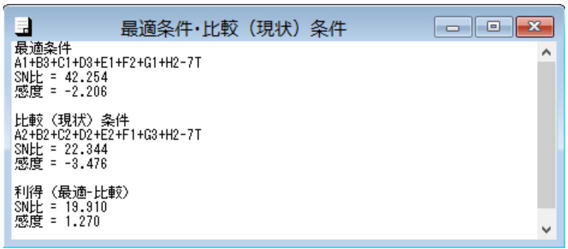


図９　最適条件と比較条件

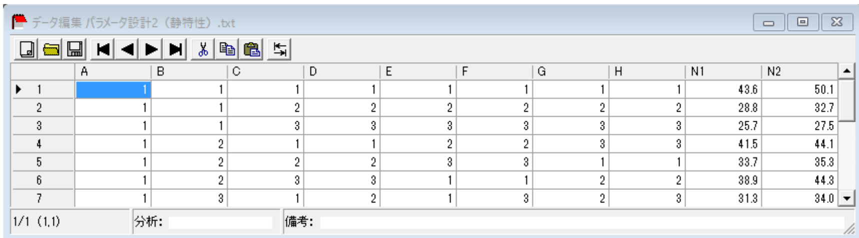
これらの最適条件と比較条件を実験で再現し、結果を得て、それをデータに追加する。当然その部分の直交表は空白になっているが、そのまま「再現性確認」ボタンをクリックすると図10 に示す再現性確認表が得られる。


再現性確認表

	SN比推定値	感度推定値	SN比実験値	感度実験値
最適条件	42.254	-2.206	44.369	-0.962
比較条件	22.344	-3.476	26.177	-4.059
利得	19.910	1.270	18.192	3.097

図 10　再現性確認表

静特性の場合は、分析実行メニューの「静特性」ラジオボタンに切り替える。一般の望目特性のデータは、図 11 のように制御因子と誤差因子からなる[3]。


データ編集 パラメータ設計2（静特性）.txt

	A	B	C	D	E	F	G	H	N1	N2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	43.6	50.1
2	1	1	2	2	2	2	2	2	28.8	32.7
3	1	1	3	3	3	3	3	3	25.7	27.5
4	1	2	1	1	2	2	3	3	41.5	44.1
5	1	2	2	2	3	3	1	1	33.7	35.3
6	1	2	3	3	1	1	2	2	38.9	44.3
7	1	3	1	2	1	3	2	3	31.3	34.0

1/1 (1,1)　分析:　備考:

図 11　静特性のデータ

変数をすべて選択し、実行メニューの「静特性」ラジオボタンを選択し、「望目特性」を「一般」にして、「SN 比・感度」ボタンをクリックすると、図 12 のような一般の望目特性の SN 比と感度の計算結果が得られる。

SN比・感度

	A	B	C	D	E	F	G	H	SN比	感度
1	1	1	1	1	1	1	1	1	20.145	33.393
2	1	1	2	2	2	2	2	2	20.928	29.739
3	1	1	3	3	3	3	3	3	26.398	28.493
4	1	2	1	1	2	2	3	3	27.336	32.625
5	1	2	2	2	3	3	1	1	29.682	30.754
6	1	2	3	3	1	1	2	2	20.726	32.364
7	1	3	1	2	1	3	2	3	24.653	30.270

図 12　静特性（一般の望目特性）の SN 比と感度

また「補助表（SN 比）」ボタンをクリックすると、この計算結果から、図 13 の各水準に対する SN 比の補助表が得られる。

補助表（SN比）

	水準1	水準2	水準3	MAX-MIN
A	24.257	23.949		0.308
B	23.695	24.693	23.921	0.998
C	24.672	24.319	23.318	1.354
D	24.282	24.280	23.748	0.534
E	22.210	24.018	26.082	3.872
F	23.143	23.428	25.738	2.595
G	24.156	23.260	24.894	1.634
H	23.811	23.752	24.746	0.994

図 13　補助表（SN 比）

「グラフ（SN 比）」ボタンをクリックすることで、図 14 のように補助表をグラフに表すことができる。

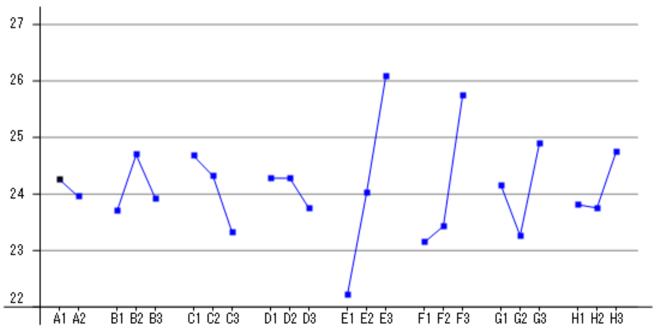


図 14　補助表（SN 比）のグラフ化

同様にして、感度の補助表とそのグラフを求めることもできる。これらを基に SN 比に対する最適条件を求めたり、最適条件と比較条件の SN 比や感度を比較したりすることは動特性のときと同様であるので省略する。

3.　オンライン品質工学

3.1　オンライン品質工学の理論

工場の生産ラインでは、目標特性の製品を作るために、品質特性値を計測し、ラインを調整する。これらには時間と人手を要し、そこには費用が発生する。オンライン品質工学では、品質を金額ベースで表し、品質特性値の最適な計測間隔と生産ラインの調整間隔を求め、現行の値と比較し、どの程度の金額の削減につながるかを検討する。

3.1.1　目的特性の規格値が$[-\Delta, \Delta]$の場合

計算には以下の量を利用するが、規格値の中央値は 0 に設定している。0 以外の値の場合は、規格値からのずれとして考えればよい。計算に当たり、我々は以下の値を利用する。

不良品損失：A，計測コスト：B，調整コスト：C

計測間隔：n 個，調整間隔：u 個，調整限界：D，計測タイムラグ：l

製品１個当たりの計測コストはB/n、調整コストはC/u である。また、製品１個当たりの品質損失（品質水準）Q を以下のように与える[2]。

$$Q = \frac{A}{\Delta^2}\left[\frac{D^2}{3} + \left(\frac{n+1}{2} + l\right)\frac{D^2}{u}\right]$$

後に述べるが、最初の項は調整限界内のばらつき、次の項は問題があった計測時の調整限界を超えた製品の予測個数と計測タイムラグによる計測が遅れた製品の個数である。この品質損失の角括弧の中は誤差分散であり、その平方根を誤差標準偏差または RMS と呼ぶ。

ここで与えた計測調整コストと品質損失を足して、製品１個当たりの総損失L は以下となる。

$$L = \frac{B}{n} + \frac{C}{u} + \frac{A}{\Delta^2}\left[\frac{D^2}{3} + \left(\frac{n+1}{2} + l\right)\frac{D^2}{u}\right] \tag{1}$$

後の考察のために、品質損失（品質水準）Q を、損失関数という考え方に基づいて、少し補足的説明も加えて考えてみる。まず損失関数を以下と仮定する。

$$Q(x) = \frac{A}{\Delta^2}x^2$$

ここに係数は$Q(\Delta) = A$ となるように決めている。

今、損失を調整限界内損失（限界内損失と略す）Q_{in} と調整限界外損失（限界外損失と略す）Q_{out} に分けて考える。

限界内損失のデータの確率分布を、範囲$-D \le x \le D$ の一様分布と考えると、確率密度関数は$1/2D$ となる。そのため損失関数の期待値は以下となる。

$$Q_{in} = \frac{1}{2D}\int_{-D}^{D}\frac{A}{\Delta^2}x^2dx = \frac{A}{6D\Delta^2}\left[x^3\right]_{-D}^{D} = \frac{AD^2}{3\Delta^2}$$

次に限界外損失について考えるが、これは一度管理外データが出るとその後も出続けると考える。n 個に１回の計測で管理外データが発見された場合、前の $n-1$ 個については計測されていないのでどの時点で最初のエラーが発生したか分からない。そのため確率を $1/2$ として、エラーが発生してからの個数の期待値をとると、$(n-1)/2$ となる。これと管理外データが発見された１個を足して、期待値は $(n+1)/2$ となる。また、これにタイムラグ l による調整の遅れで管理外データが発生すると考えると、これらを合わせて、１回の調整での管理外データの個数の期待値 n_{out} は以下となる。

$$n_{out} = \frac{n+1}{2} + l$$

これが調整間隔 u 個に１回起こるので、商品１個当たりの管理外データの発生確率 p_{out} は以下となる。

$$p_{out} = \frac{n_{out}}{u} = \left(\frac{n+1}{2} + l \right) \frac{1}{u}$$

管理外データの損失関数 $Q(x)$ の値は $x = D$ として、１回につき AD^2/Δ^2 で与えられると考えると、商品１個当たりの限界外損失 Q_{out} は以下で与えられる。

$$Q_{out} = \frac{A}{\Delta^2} \left(\frac{n+1}{2} + l \right) \frac{D^2}{u}$$

限界内損失と限界外損失を合わせて品質損失は以下となる。

$$Q = Q_{in} + Q_{out} = \frac{A}{\Delta^2} \left[\frac{D^2}{3} + \left(\frac{n+1}{2} + l \right) \frac{D^2}{u} \right]$$

これは、分散という考えから求めた結果と同じである。これに計測費用と調整費用を加えて総費用は以下となる。

$$L = \frac{B}{n} + \frac{C}{u} + \frac{A}{\Delta^2} \left[\frac{D^2}{3} + \left(\frac{n+1}{2} + l \right) \frac{D^2}{u} \right]$$

現行計測間隔を n_0，現行調整限界を D_0，現行調整間隔を u_0 とすると、現行総損失 L_0 は以下のようになる。

$$L_0 = \frac{B}{n_0} + \frac{C}{u_0} + \frac{A}{\Delta^2} \left[\frac{D_0^2}{3} + \left(\frac{n_0+1}{2} + l \right) \frac{D_0^2}{u_0} \right]$$

次に、(1)式に基づく最適な総損失を求めてみよう。そのために、我々は $u = \lambda D^2$ という仮定を考える。パラメータ λ は、現行の値を使って $\lambda = u_0 / D_0^2$ で与える。この関係は調整限界間隔を小さく設定すると、平均調整間隔も小さくする必要があるということに基づく。しかし、これには計算上の理由もある。(1)式にこの関係を代入すると以下となり、

$$L=\frac{B}{n}+\frac{C}{\lambda D^2}+\frac{A}{\Delta^2}\left[\frac{D^2}{3}+\left(\frac{n+1}{2}+l\right)\frac{1}{\lambda}\right] \tag{2}$$

n と D とは和の項として分離され、極小化条件を求めるために微分した後、単独に解を求めることが可能となる。他の関係では、解を求めるために、数値計算の必要が生じ、解析的には困難となる。

我々は(2)式を n と D とで微分して 0 とおき、最適計測間隔 $\hat{n}$ と最適調整限界 $\hat{D}$ を求める。これらは以下のように与えられる。

$$\hat{n}=\sqrt{\frac{2B\lambda\Delta^2}{A}} \quad , \quad \hat{D}=\left(\frac{3C\Delta^2}{A\lambda}\right)^{1/4}$$

これより、最適総損失 $\hat{L}$ は以下のようになる。

$$\hat{L}=\frac{B}{\hat{n}}+\frac{C}{\lambda\hat{D}^2}+\frac{A}{\Delta^2}\left[\frac{\hat{D}^2}{3}+\left(\frac{\hat{n}+1}{2}+l\right)\frac{1}{\lambda}\right]$$

ここで、ハットの付いた量を含む式は $u=\lambda D^2$ の仮定を入れていると考えてもらいたい。

次に $u=\lambda D^2$ の条件を外してその他の指標をみてみよう。誤差分散 σ^2 は(1)式の[]の中で、以下のように与えられる。

$$\sigma^2=\frac{D^2}{3}+\left(\frac{n+1}{2}+l\right)\frac{D^2}{u}$$

前にも述べたが、誤差の標準偏差は RMS と呼ばれ、以下で与えられる。

$$RMS=\sigma=\sqrt{\frac{D^2}{3}+\left(\frac{n+1}{2}+l\right)\frac{D^2}{u}}$$

また、規格値の範囲 $\pm\Delta$ とこの標準偏差の $\pm 3\sigma$ の範囲との比を工程能力指数 C_p と呼び、精度評価の１つの基準としている。

$$C_p=\frac{\Delta}{3\sqrt{\frac{D^2}{3}+\left(\frac{n+1}{2}+l\right)\frac{D^2}{u}}}$$

バッチ処理の場合には、A, n, u 等はバッチ単位の値として総損失等は計算される。計測方法としてバッチ内のいくつかの製品についてサンプリング検査されるので、バッチ処理の場合には計測のバッチ内分散 s_m^2 も考慮しなくてはならない。そのため、バッチ内分散の値を数値として与え、品質損失（品質水準） Q を以下のように考える。

$$Q = \frac{A}{\Delta^2}\left[\frac{D^2}{3} + \left(\frac{n+1}{2} + l\right)\frac{D^2}{u} + s_m^2\right]$$

これに関連して、総損失LやRMS、工程能力指数C_pも変更を受ける。プログラムではバッチ内分散の値が全体の分散の値に占める比率をバッチ内分散比率r_Bとして以下のように与えている。

$$r_B = \frac{s_m^2}{\dfrac{D^2}{3} + \left(\dfrac{n+1}{2} + l\right)\dfrac{D^2}{u} + s_m^2}$$

3.1.2　目的特性の規格値が$[0, \Delta]$の場合

目的特性の規格の下限値は0に設定しているが、特にどんな値でもずらして考えればよい。ここでは、区間が正に限られた場合（製品によって負になる場合も含む）の損失関数を以下と考える。

$$Q(x) = \frac{A}{\Delta^2} x^2$$

限界内損失のデータの確率分布を、範囲$m - D \le x \le m + D$の一様分布と考えると、確率密度関数は$1/2D$となる。そのため限界内損失関数の期待値は以下となる。

$$Q_{in} = \frac{1}{2D}\int_{m-D}^{m+D} \frac{A}{\Delta^2} x^2 dx = \frac{A}{6D\Delta^2}\left[x^3\right]_{m-D}^{m+D} = \frac{A}{3\Delta^2}(D^2 + 3m^2)$$

定数Δの考え方が異なるので注意を要するが、形式的には以前の結果に比べて$3m^2$だけ追加されている。

限界外損失の場合の損失関数の値は以下となる。

内側（0に近い側）　$Q(m-D) = A(m-D)^2 / \Delta^2$

外側（0から遠い側）　$Q(m+D) = A(m+D)^2 / \Delta^2$

平均的に内側と外側で、確率$1/2$で管理外データが発生すると考えると、前節のp_{out}を用いて限界外損失Q_{out}は以下のようになる。

$$Q_{out} = \frac{1}{2}\left[Q(m-D) + Q(m+D)\right] p_{out} = \frac{A}{2\Delta^2}\left[(m+D)^2 + (m-D)^2\right] p_{out}$$
$$= \frac{A}{\Delta^2}\left(\frac{n+1}{2} + l\right)\frac{D^2 + m^2}{u}$$

ここで値が0未満になることも考えられるが、これは廃棄になることはないと考えて、損失関数がそのまま適用できると考える。廃棄になる場合は、それを見越して精度や中心の位置を調整する必要がある。

これより、品質損失は以下となる。

$$Q = Q_{in} + Q_{out} = \frac{A}{\Delta^2}\left[\frac{D^2+3m^2}{3} + \left(\frac{n+1}{2}+l\right)\frac{D^2+m^2}{u}\right]$$

これに計測費用と調整費用を加えて総費用は以下となる。

$$L = \frac{B}{n} + \frac{C}{u} + \frac{A}{\Delta^2}\left[\frac{D^2+3m^2}{3} + \left(\frac{n+1}{2}+l\right)\frac{D^2+m^2}{u}\right] \tag{3}$$

m が定数の場合（例えば Δ に比例するとしても）、前節で述べた、n と D との和の項としての独立性は得られず、(3)式の最小化のためには連立方程式の数値計算が必要になる。しかし、$m=\alpha D$ のように決めることができると、

$$L = \frac{B}{n} + \frac{C}{u} + \frac{A}{\Delta^2}\left[\frac{(1+3\alpha^2)D^2}{3} + \left(\frac{n+1}{2}+l\right)\frac{(1+\alpha^2)D^2}{u}\right]$$

のようになり、前と同じ方法で計算が容易になる。

今、$u=\lambda D^2$ を仮定すると

$$L = \frac{B}{n} + \frac{C}{\lambda D^2} + \frac{A}{\Delta^2}\left[\frac{(1+3\alpha^2)D^2}{3} + \left(\frac{n+1}{2}+l\right)\frac{1+\alpha^2}{\lambda}\right] \tag{4}$$

我々は(4)式を n と D とで微分して 0 とおき、最適計測間隔 $\hat{n}$ と最適調整限界 $\hat{D}$ を求めると、以下のように与えられる。

$$\hat{n} = \sqrt{\frac{2B\lambda\Delta^2}{A(1+\alpha^2)}} \quad , \quad \hat{D} = \left(\frac{3C\Delta^2}{A\lambda(1+3\alpha^2)}\right)^{1/4}$$

誤差分散 σ^2 については、損失関数に関係なく、(1)式の[ ]の中で、以下のように与えられる。

$$\sigma^2 = \frac{D^2}{3} + \left(\frac{n+1}{2}+l\right)\frac{D^2}{u}$$

誤差の標準偏差 RMS も同様である。

$$RMS = \sigma = \sqrt{\frac{D^2}{3} + \left(\frac{n+1}{2}+l\right)\frac{D^2}{u}}$$

工程能力指数 C_p については目的特性の範囲が異なるため、以下とする。

$$C_p = \frac{\Delta}{6\sqrt{\frac{D^2}{3} + \left(\frac{n+1}{2}+l\right)\frac{D^2}{u}}}$$

バッチ処理の場合には、前節と同様に計測のバッチ内分散 s_m^2 も考慮して、品質損失（品質水準） Q を以下のように考える。

$$Q = \frac{A}{\Delta^2}\left[\frac{D^2+3m^2}{3} + \left(\frac{n+1}{2}+l\right)\frac{D^2+m^2}{u} + s_m^2\right]$$

バッチ内分散の値は定数として与えるので、$u = \lambda D^2$ と $m = \alpha D$ の仮定の元に与えられた最適計測間隔 $\hat{n}$ と最適調整限界 $\hat{D}$ には変更がない。

3.2　プログラムの利用法

メニュー［分析－OR－品質管理－オンライン品質工学］を選択すると図１に示す分析実行メニューが表示される。また、このまま「実行」ボタンをクリックすると、画面上で与えられた数値を使って、図２に示す結果が表示される。

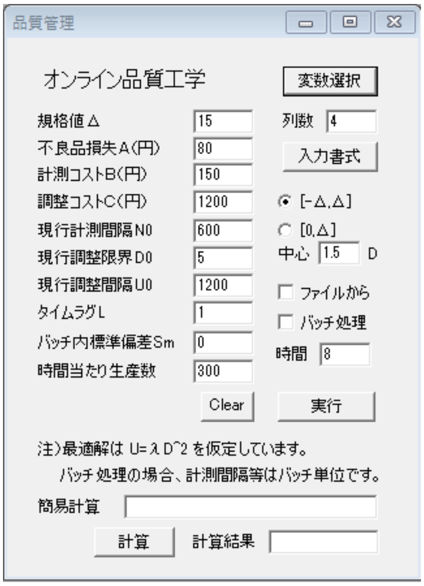


図１　分析実行メニュー


計算結果

	現行	最適
計測間隔N	600.000	201.246
調整限界D	5.000	3.811
調整間隔U	1200.000	697.137
パラメータλ	48.000	48.000
計測費/個	0.250	0.745
調整費/個	1.000	1.721
品質損失/個	5.196	2.478
総損失/個	6.446	4.944
工程能力指数Cp	1.308	1.894
RMS	3.823	2.640
バッチ内分散比率	0.000	0.000
累積計測回数	4.000	11.926
累積調整回数	2.000	3.443
累積計測費	600	1789
累積調整費	2400	4131
累積品質損失	12471	5947
累積総損失	15471	11867

図２　画面からの実行結果

累積となっている部分は、メニューの「時間当たり生産数」と「時間」の値を使って全時間で発生する回数と金額を計算している。例えば１日８時間稼働とすると「時間」を８にして、「時間当たり生産数」を１時間当たりの生産数にする。単位時間を１日にして、年間の稼働日数を「時間」として設定してもよい。

現行のデータを複数与えて、最適解を求めるときには、「ファイルから」チェックボックスをチェックして、変数選択して「実行」ボタンを押す。しかし、このプログラムは最適な結果を出すだけでなく、徐々に最適な結果に近づけて行くときにも利用できる。この方法を参考文献[2]に従って考えて行く。

データファイル[3]を開くと、図３のように現行のデータが入力されている。

データ編集 オンライン品質工学1.txt

	製品1			
規格値Δ	15			
不良品損失A(円)	80			
計測コストB(円)	150			
調整コストC(円)	1200			
現行計測間隔N0(個)	600			
現行調整限界D0(個)	5			
現行調整間隔U0(個)	1200			
タイムラグL(個)	1			
バッチ内標準偏差Sm	0			
時間当たり生産数	300			

1/3 (1,1)　分析:　備考:

図３　変更用ファイルデータ

データは１品目についてであるが、このデータを変更しながら最適な結果に近づけて行く。

まず、最適計測間隔と最適調整限界を求めて、現行よりいくらの改善になるかを推定する。この推定の最後には簡単な金額計算をする必要があるので、メニュー画面の下に簡単な電卓機能を付けておいた。

図３のデータで変数選択を「All」にして、「ファイルから」チェックボックスにチェックを入れ、「実行」ボタンをクリックすると、図４のような結果が出る。

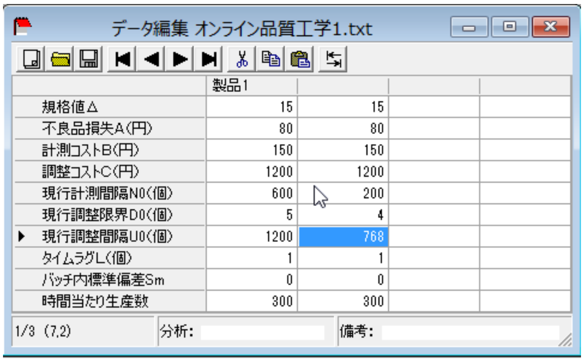
計算結果

	現行製品1	最適製品1	現行var2	最適var2	現行var3	最適var3	現行var4	最適var4
計測間隔N	600.000	201.246						
調整限界D	5.000	3.811						
調整間隔U	1200.000	697.137						
パラメータλ	48.000	48.000						
計測費/個	0.250	0.745						
調整費/個	1.000	1.721						
品質損失/個	5.196	2.478						
総損失/個	6.446	4.944						
工程能力指数Cp	1.308	1.894						
RMS	3.823	2.640						
バッチ内分散比率	0.000	0.000						
累積計測回数	4.000	11.926						
累積調整回数	2.000	3.443						
累積計測費	600	1789						
累積調整費	2400	4131						
累積品質損失	12471	5947						
累積総損失	15471	11867						

図４ファイルからの実行結果

変数が現行と最適合わせて４つ表示されるのは図３ですべての変数（列）を選んでいるためで、変数を１つずつ追加で選択して行く必要がないように、データの「規格Δ」の値が空欄のときは、関連する２列すべてを空欄になるように設定しているためである。

最適な結果が出ているので、その値を参考にして、現行の値を変更することができる。グリッドエディタ上で、現行の値を次の列にコピーして必要な部分を変更した結果を図５に示す。また、図５のデータを元に計算した結果が図６である



データ編集 オンライン品質工学1.txt

	製品1			
規格値Δ	15	15		
不良品損失A(円)	80	80		
計測コストB(円)	150	150		
調整コストC(円)	1200	1200		
現行計測間隔N0(個)	600	200		
現行調整限界D0(個)	5	4		
現行調整間隔U0(個)	1200	768		
タイムラグL(個)	1	1		
バッチ内標準偏差Sm	0	0		
時間当たり生産数	300	300		

1/3 (7,2)　分析:　備考:

図５　現行値を変更した後のデータ

計算結果

	現行製品1	最適製品1	現行var2	最適var2	現行var3	最適var3	現行var4	最適var4
計測間隔N	600.000	201.246	200.000	201.246				
調整限界D	5.000	3.811	4.000	3.811				
調整間隔U	1200.000	697.137	768.000	697.137				
パラメータλ	48.000	48.000	48.000	48.000				
計測費/個	0.250	0.745	0.750	0.745				
調整費/個	1.000	1.721	1.563	1.721				
品質損失/個	5.196	2.478	2.648	2.478				
総損失/個	6.446	4.944	4.961	4.944				
工程能力指数Cp	1.308	1.894	1.832	1.894				
RMS	3.823	2.640	2.729	2.640				
バッチ内分散比率	0.000	0.000	0.000	0.000				
累積計測回数	4.000	11.926	12.000	11.926				
累積調整回数	2.000	3.443	3.125	3.443				
累積計測費	600	1789	1800	1789				
累積調整費	2400	4131	3750	4131				
累積品質損失	12471	5947	6356	5947				
累積総損失	15471	11867	11906	11867				

図６　現行値を変更した後の結果

ここでは現行の総損失の差を見てみる。1 個当たりの改善は 6.446 −4.961=1.485 円、1 時間 300 個、1 年 2000 時間として 89.1 万円となる。これはメニューの「時間」のところを「2000」に変えて出力すると、そのまま累積総損失に全時間の合計が計算されるので、差を見つけ易い。

工程能力指標 C_p を見てみると現行 1.308、改善 1.832 となる。

最後に、計測に必要なマンパワーを求めてみよう。例えば計測に 3 分、調整に平均 15 分かかるとする。計測回数は 1 日 8 時間として 1 日当たり 12 回、時間は 12×3=36 分である。調整回数は 1 日当たり 3.443 回、時間は 3.443×15=約 47.9 分である。両方合わせて、約 82.9 分となる。そのため、1 日当たり 82.9 分/480 分=0.173 人必要である。

規格区間が $[0, \Delta]$ となる場合については、図 1 の「[0, Δ]」ラジオボタンを選択し、その下の「中心」の位置を調整限界値の何倍に設定するかを決めて同じ処理を行うが、操作は全く同じなので、説明は省略する。

4.　おわりに

我々は今回、経営科学の中の品質管理の手法に、品質改善のためのフィードバックをなくすことを目的とするパラメータ設計のプログラムと、製品の品質を金額ベースでとらえ、最適の

計測と調整を補助するオンライン品質工学のプログラムを加えた。これらは企業からの要請によるものであるが、仕様がまだ不十分な気がしている。

例えば、パラメータ設計では、データの測定結果の変数名に信号因子の値そのものを使っている。これはこれまでの分析ではなかったことで、整合性に反する部分である。また、メニューの中で制御因子の最適条件と比較条件のところは、制御因子の番号を連続して記述するようにしているが、どの制御因子か分かりにくいし、欄の長さが適切かどうか不明である。これらは、実際に使ってみて不便さが見えてくる部分である。

また、オンライン品質工学では、損失の計算が一意的であり、柔軟性に欠ける。この方式に合わない製造過程に対してどのように対処すべきか、対応に苦慮する。もう少し汎用的に損失関数を変更できないものかと思う。

このように、これらのプログラムは実際に使ってみて、その後改良点が見つかるものである。また、業種により個別に対応しなければならない場合もあると思われ、今後の改良は必須であろう。ただ、教育的に考えた場合、品質管理の基本的考え方を学ぶツールとしては、役に立つものと考える。

参考文献

[1] 井上清和・中野惠司他, 入門パラメータ設計, 日科技連出版社, 2008.

[2] 矢野宏, 品質工学概論, 日本規格協会, 2009.

[3] ホームページ http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/analysis.html 内のサンプルデータ Samples.zip 内のファイル

社会システム分析のための統合化プログラム２９
－パラメータ設計・オンライン品質工学－

Multi-purpose Program for Social System Analysis 29
- Parameter Design, On Line Quality Engineering -

Masayasu FUKUI[*1], Tomoyuki OYAMA[*2], Nozomu ODA[*2]

[*1] *Department of Business Administration, Faculty of Business Administration, Fukuyama Heisei University*
[*2] *Nippon Pneumatic Manufacturing Co., Ltd.*

Abstract: We have been constructing a unified program on the social system analysis for the purpose of education. This time, we make programs of parameter design (offline quality engineering) and online quality engineering. The parameter design is a technique to increase product quality at the design stage, and is a method which finds the best control factor based on the SN ratio. The online quality engineering is a method which expresses quality on a monetary basis and manages anomaly detection and equipment adjustment at the factory line.

Keywords: College Analysis, management science, parameter design, offline quality engineering, online quality engineering

URL: http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/