

☒ 연구논문

일반적인 SN비에 관한 소고⁺

임용빈

이화여자대학교 통계학과

이영조

서울대학교 계산통계학과

A Note on Generalized Signal-to-Noise Ratios

Yong Bin Lim

Dept. of Statistics, Ewha Womans University

Youngjo Lee

Dept. of Computer Science and Statistics, Seoul National University

Abstract

For quality improvement, it is important to reduce variations of the quality characteristic. That can be achieved by the application of parameter design methodology to make the performance of the quality characteristic robust over the variety of noise conditions. Taguchi has used the signal-to-noise ratios for that purpose. For the static target characteristic and the dynamic characteristic problem, we propose a reasonable generalized SN ratio and p-value plot for identifying dispersion factors. The original idea of the p-value plot is from the gamma-plot in Lunani, Nair & Wasserman(1995). The graphic advantage of the p-value plot for identifying dispersion factors is illustrated through constructed examples.

⁺ 이 논문은 1996년도 교육부 기초과학연구비 지원(과제번호 BSRI-96-1415)에 의한 연구결과임.

1. 서론

품질공학의 중요한 목표는 품질특성치의 산포의 크기를 작게 함으로써 제품과 공정의 품질을 향상시키는 것이다. 제조공정과정에서의 잡음인자의 변화가 품질특성치의 산포를 크게 하는 주요 원인이다. 다구찌 방법은 설계인자(design factors; x)들의 각각의 실험조건에 실제공정에서 그 값을 제어할 수 없는 잡음인자(noise factors; z)들의 배치를 인위적으로 실험계획에 포함시켜서, 제품의 설계·개발단계에서의 실험에서 품질특성치가 잡음인자들의 조건의 변화에 둔감하게 반응을 나타내는, 즉 품질특성치의 산포를 작게 하는 설계인자들의 조건을 찾는 방법이다. 실험계획으로는 직교배열표를 이용한 설계인자의 배치와 잡음인자의 배치의 교적실험(product array)을 실시한다. 실험자료의 분석을 위해서 주어진 설계인자의 실험조건에서, 모든 잡음인자의 배치에 대해서 실험하여 얻어진 품질특성치들의 평균의 크기와 산포의 크기를 반영하는 SN비를 정의한다. 각각의 설계인자의 실험조건에서 SN비를 계산하고, 분산분석을 통해서 산포제어인자를 분류한다.

망목특성인 경우에 다구찌(1987)는 SN비를

$$SN_i = 10 \log_{10} \frac{\mu_i^2}{\sigma_i^2} \quad (1)$$

로 정의하고, 일단계로 먼저 SN비를 최대를 하는 실험조건을 찾는다. 그 다음에 나머지 설계인자들 중에서 평균에 영향을 주는 인자들을 찾아내어 평균치를 목표치에 근접시키는 이 단계에 의한 최적조건을 찾는 방법을 제시하였다. Leon, Shoemaker & Kacker(1987)는 각각의 실험조건에서의 분산인 σ_i^2 이 평균의 제곱인 μ_i^2 에 비례하는 승법모형의 경우에, 다구찌의 이 단계 최적조건이 품질특성치 y 의 목표치 τ 에 관한 평균제곱오차를 최소로 한다는 사실을 보여주어서, 이차손실함수를 가정한 경우에 다구찌방법에 대한 이론적 근거를 최초로 제시하였고, 분산과 평균의 관계가 알려진 경우에 평균제곱오차를 최소로 하는 산포특성치(a measure of dispersion)로 PerMIA (Performance Measure Independent of Adjustment)를 정의하였다. 실제문제에서 평균과 분산의 종속관계는 일반적으로 알려져 있지 않다. Box(1988)는 $Y=h(y)$ 가 분산안정변환(variance stabilizing transformation)일 경우에 PerMIA의 최소화와 σ_Y^2 의 최소화가 동치이어서 산포제어인자는 σ_Y^2 에 영향을 주는 인자라는 사실을 보여주고, 변환된 변수에 대한 평균효과와 산포효과들에 대한 램다그림(lambda plots)을 통해서 분산안정변환을 선택하고, 산포제어인자들을 분류하였다. 임과 이(1995)는 변환된 자료의 평균과 표준편차의 표본상관계수의 크기를 가장 작게 하는 변환에 대응되는 SN비를 정의하고, 시뮬레이션을 통해서 다구찌의 SN비와의 효율성을 비교하였다. 2절에서는 망목특성의 경우에 일반적인 SN비를 결정하는 하나의 규칙을 제시하고, 동적특성

의 경우에 산포제어인자를 분류하기 위해서 Lunani, Nair & Wasserman(1995)에 의해서 제시된 γ 그림을 응용하여 작성된 유의확률그림에 의해서 산포제어인자를 시각적으로 분류하는 방법을 소개한다.

제품의 품질특성이 신호인자의 입력치에 영향을 받아서 품질특성치의 목표치가 신호인자의 값에 따라서 달라지는 동적특성치를 생각하자. 동적특성의 경우에 실험목적은 관심이 있는 신호인자의 값의 범위에서 품질특성치가 삼음인자의 변화에 민감한 설계인자의 조건을 찾는 것이다. Lunani, Nair & Wasserman(1995)는 선택된 모형으로부터 시뮬레이션에 의해서 생성된 자료를 통해서 동적특성에 대한 다구찌의 SN비가 틀린 산포제어인자를 분류할 수 있다는 사실을 보이주고, 동적특성의 산포제어인자를 분류하는 합리적인 방법으로 일반적인 SN비를 반영한 SS-그림 (sensitivity-standard deviation)과 γ 그림의 해석에 의하여 산포제어인자를 분류하는 방법을 제시하였다. 3절에서는 동적특성의 일반적인 SN비를 결정하는 하나의 규칙을 제시하고 γ 그림에 대응되는 유의확률그림의 해석에 의한 산포제어인자의 분류방법을 제시한다.

2. 망목특성

각 설계인자의 실험조건에서 품질특성치의 분산이 평균의 제곱에 비례하는 경우에는 식 (1)에서 정의된 다구찌의 SN비에 의한 이 단계 최적조건이 목표치 τ 에 관한 평균제곱오차를 최소로 한다는 사실이 잘 알려져 있다. 실제문제에서 분산과 평균의 종속관계는 일반적으로 알려져 있지 않다. Box(1988)는 모형의 간단성과 평균효과와 산포효과를 분리성의 원칙에 근거하여 램다그림을 통해서 역변환(power transformation) $Y = y^\lambda$ 의 범주에서 분산안정변환을 선택하고 산포효과를 분류할 것을 제안하였다. 임과 이(1995)는 분산안정변환인 λ 값 선택의 개량화 방법으로 변환된 자료의 평균과 표준편차의 표본상관계수의 크기가 가장 작은 λ 값을 λ^* 로 선택하고, 이에 대응되는 합리적인 SN비의 추정치인

$$(SN)_i = 10 \log \frac{y_i^{-2(1-\lambda^*)}}{S_i^2} \quad (2)$$

에 의한 산포제어인자의 분류방법을 제시하였고, 시뮬레이션에 의해서 다구찌의 SN비에 의한 산포제어인자 분류방법과의 효율성을 비교하였다. 품질특성치의 분산 σ_i^2 이 평균의 백인 μ_i^2 에 비례한다고 가정한 경우에 주어진 실험자료에 근거하여 r 을 결정하는 문제를 생각하자. 이 경우에 PerMIA는

$$\phi_i^2 = \frac{\sigma_i^2}{\mu_i^r} \quad (3)$$

이고, ϕ_i^2 는 μ_i 에 함수적으로 독립이다. Nair & Pregibon(1986)는 각각의 설계인자의 실험조건에서의 자료의 평균과 표준편차의 log 그림에 의해서 개략적으로 기울기 $r_0/2$ 을 결정하고 일반적인 SN비의 추정치인

$$(\text{SN})_i = 10 \log \frac{\overline{y_i}^{r_0}}{s_i^2} \quad (4)$$

에 의한 산포제어인자의 분류방법을 제시하였다.

식 (3)에서 주어진 ϕ_i^2 이 μ_i 에 함수적으로 독립이 되도록 r 이 선택된다는 사실을 주시하여 일반적인 SN비의 r 을 결정하는 또 다른 계량적인 방법은 다음과 같다.

(1) Nair & Pregibon(1986)이 제시한 바와 같이 내측배열의 각각의 실험조건에서 얻어진 $(\log \overline{y_i}, \log s_i)$ 의 기울기의 최소제곱추정치 a 로부터 $r_0 = 2a$ 를 구한다.

(2) $(r_0 - 2, r_0 + 2)$ 의 범위에서 r 을 변화시키면서 $s_i^2 / \overline{y_i}^r$ 와 $\overline{y_i}$ 의 표본상관계수의 크기를 가장 작게 하는 r_2 를 선택한다.

시물레이션을 통해서 이 방법의 효율성을 조사하기 위해서 Box(1988), 임과 이(1995)에서와 같은 방법으로 자료를 생성한다. 8개의 설계인자에 대한 실험계획인 내측배열은 $L_{16}(2^{15})$ 직교배열표이고, 잡음인자의 배치인 외측배열은 4회의 단순한 반복이다. 역변환 $Y = y^{\lambda^0}$, $\lambda^0 = -1, -.75, -.5, -.25, 0, .25, .5, .75, 1$ 에서 모형이 간단하게 표현되는 것(additive model)을 가정한다. 전체 모평균 μ^0 , 평균에 영향을 미치는 3개의 주효과 $B=-3, D=2, G=-2$ 와 산포에 영향을 주는 효과인 D의 1수준에서의 표준편차를 .75, 0수준에서의 표준편차를 .25로 가정하여 Y 자료를 생성한 후에 역변환에 의하여 원래 단위인 y 자료를 얻는다. 구체적인 자료생성과정은 임과 이(1995)에 있다. 각 모형에서 시물레이션을 1000회씩 실시하여 r_2 에 의하여 결정된 $(\text{SN})_i = 10 \log \overline{y_i}^{r_2} / s_i^2$ 에 의하여 유의수준 0.05에서 산포제어인자로 인자 D만을 분류한 백분율과 임과 이(1995)에서 제시된 $r_1 = 2(1 - \lambda^*)$ 에 의한 백분율을 계산한다. $\mu^0 = 5, 7, 10$ 에서 r_2 에 의한 백분율은 임과 이(1995)에서 계산된 $r_1 = 2(1 - \lambda^*)$ 에 의한 백분율과 유사하게 약 48% 근처이다. 그런데 λ^0 가 음수인 경우에 r_1 에 의한 방법의 효율이 약간 좋지만, λ^0 가 양수인 경우에는 r_2 에 의한 방법의 효율이 약간 좋은 경향이 있다. $\mu^0 = 50$

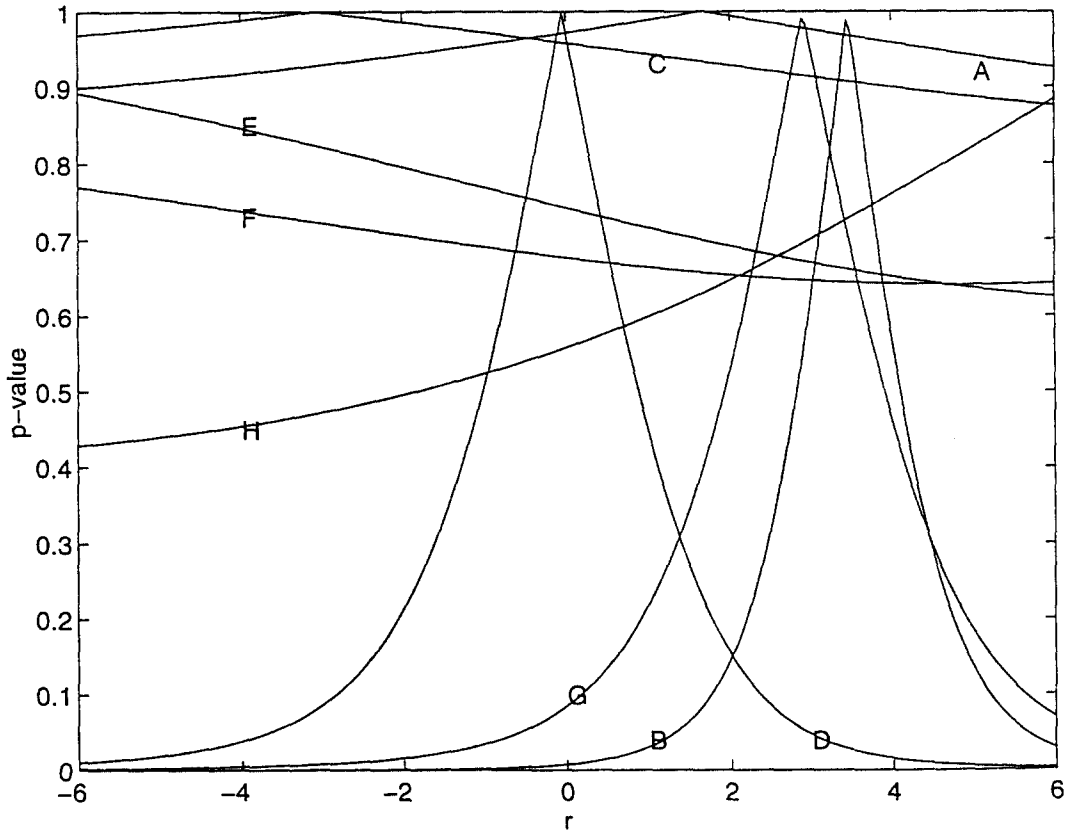
인 경우에는 r_2 에 의한 방법의 효율은 50% 근처로 r_1 에 의한 방법의 효율인 65% 근처와 비교할 때 r_1 에 의한 방법이 효율적이다.

임과 이(1995)에서 지적한 바와 같이 분산안정변환으로 변환된 변수의 변동계수가 4.33%, 0.87%인 $\mu^0=10$, 50인 경우에는 다구찌의 SN비인 $r=2$ 방법이 더 효율적이다. 이 경우에 원래자료의 변동계수의 크기를 알기 위해서 각각의 자료에 대해서 원래단위인 y 자료의 내측배열의 각각의 실험조건에서의 변동계수들을 구한 후에, 이들의 평균을 계산한 결과, y 자료의 평균변동계수가 5% 보다 작은 경우가 이에 속함을 알 수 있다. 특히 다구찌의 SN비의 평균효율이 약 72%인 $\mu^0=50$ 인 경우의 y 자료의 변동계수의 범위는 0.5%에서 3.7% 사이로 변동계수가 비교적 작다. 따라서 변동계수가 작은 자료에 대해서는 시뮬레이션의 결과가 다구찌의 SN비에 의한 산포제어인자의 분류방법이 효율적일 수도 있다라는 근거를 제공한다.

산포제어인자는 Lunani, Nair & Wasserman(1995)에 의해서 제시된 γ -그림을 이용하여 작성된 유의확률그림의 해석을 통해서 시각적으로 분류될 수 있다. 유의확률그림은 (-6, 6) 사이의 주어진 r 의 값에 대하여 먼저 일반적인 SN비의 추정치인 $(SN)_i = 10 \log \frac{\bar{y}_i^r}{s_i^2}$ 를 계산한다. 그 다음에 실험에서 고려된 모든 설계인자의 유의성에 대한 F-통계량을 계산하고, 그에 대응되는 유의확률(p value)을 구한 후에 가로축을 r 값, 세로축을 각각의 설계인자에 대한 유의확률의 값으로 취하여 그린 그림이다. γ -그림의 세로축의 값인 t 값의 해석보다는 유의확률의 값의 해석이 쉽다. 예를 들면, 유의확률이 0.05보다 작으면 유의하다 판정하고, 0.10 근처의 값에 대해서는 유의할 가능성이 있는 인자로 분류할 수 있다. 산포제어인자는 다구찌의 SN비인 $r=2$. 임과 이(1995)에서 제시된 $r_1 = 2(1 - \lambda^*)$, s_i^2 / \bar{y}_i^r 와 \bar{y}_i 의 표본상관계수의 크기에 의해서 결정된 r_2 의 값을 참고하여 분류된다. <그림 2.1>은 $\mu^0 = 10$, $\lambda^0 = -.5$ 에서 시뮬레이션에 의해 생성된 자료에 대해서 작성된 유의확률그림이다. 자료에서 계산된 r_1 , r_2 의 값은 $r_1 = 2.56$, $r_2 = 2.35$ 이다. $r=2$ 에서 유의확률이 가장 작은 인자는 B와 D이다. r 의 값이 2와 2.56의 범위에서 인자 B와 D의 유의확률의 변화를 살펴보면, 인자 D의 유의확률은 0.153에서 0.079로 작아지고 있는 반면에 인자 B의 유의확률은 0.147에서 0.346으로 커지고 있다. 따라서 다구찌의 SN비에 의하면 인자 B, D를 산포제어인자로 고려할 수 있어서 실제로 평균조정인자인 B를 그곳되게 산포제어인자로 분류할 수 있지만, 유의확률그림의 해석을 통한 산포제어인자는 D로 판단된다.

3. 동적특성

동적특성이란 신호인자의 입력치에 영향을 받아서 품질특성치의 목표치가 신호인자의 값에 따라서 달라지는 품질특성이다. 예를 들면, 자동차의 제동장치(brake system)



< 그림 2.1 > 망목특성 자료에 대한 유의확률 그림

에서 에너지의 전이와 관련된 품질특성치는 제동 중에 발생된 힘인 토크(torque)의 양이고, 신호인자는 브레이크 페달을 밟는 힘이다. 페달을 빨리 밟아서 밟는 힘의 양이 커지면 제동 중에 발생된 토크의 양도 커져서 자동차를 단거리에 멈출 수가 있지만, 천천히 밟으면 밟는 힘의 양이 작아져서 제동 중에 발생된 토크의 양도 작아지게 되고 제동거리가 길어지게 된다. 이때 설계인자는 브레이크 패드의 소재(pad material), 모양(shape), 회전장치의 소재(rotator material) 등이고, 잡음인자는 길의 노면 상태, 운전자의 숙련도, 타이어의 질 등이다. 다루찌가 제안한 동적특성의 실험계획은 설계인자의 직교배열표에 의한 배치인 내측배열과 신호인자와 잡음인자들의 배치인 외측배열의 교적실험이다. 품질특성치와 설계인자, 신호인자, 잡음인자들의 관계는 알려져 있지 않지만, 우리는 신호인자와 품질특성치의 이상적인 에너지의 전이관계를 나타내는 선형식인,

$$y_{ijk} = \beta_i M_j + \epsilon_{ijk} \tag{5}$$

모형을 가정한다. 여기서 y_{ijk} 는 설계인자들의 i 번째 실험조건, 신호인자의 j 번째 조건, 잡음인자의 k 번째 조건에서 얻어진 품질특성치이고, M_j 는 신호인자의 값이고, β_i 는 신호인자의 회귀계수로 설계인자들의 i 번째 실험조건에 의해서 값이 결정되고, ϵ_{ijk} 의 분포는 $N(0, \sigma_i^2)$ 이다.

품질특성치가 동적특성인 경우에 다루찌에 의해서 정의된 SN비는

$$SN_i = 10 \log \frac{\beta_i^2}{\sigma_i^2} \quad (6)$$

이다. 망목특성에서 일반적인 SN비를 제시한 합리적인 근거와 유사하게 Lunani, Nair & Wasserman(1995)은 설계인자들의 실험조건에서의 분산과 회귀계수가

$$\sigma_i^2 = \beta_i^2 \phi_i^2$$

를 만족하는 경우에는 다루찌의 SN비가 산포제어인자를 분류하는 합리적인 척도이지만 실제의 분산과 회귀계수의 관계가

$$\sigma_i^2 = \beta_i^r \phi_i^2 \quad (7)$$

인 경우에는 합리적인 산포제어인자의 분류 척도로 망목특성에서의 식(3)에 대응되는

$$\phi_i^2 = \frac{\sigma_i^2}{\beta_i^r} \quad (8)$$

를 제시했다. 따라서 동적특성인 경우의 일반적인 SN비는

$$SN_i = 10 \log \frac{\beta_i^r}{\sigma_i^2} \quad (9)$$

로 정의되고, 식 (8)에서 정의된 ϕ_i^2 이 β_i 에 함수적으로 독립이 되도록 r 이 선택된다는 사실을 주시하여 실험자료에 근거하여 일반적인 SN비의 r 을 결정해야 한다.

실제의 분산과 회귀계수의 관계가 식 (7)으로 주어지는 경우에 식 (7)에 로그를 취하면,

$$\log \sigma_i = \log \phi_i + \frac{r}{2} \log \beta_i \quad (10)$$

가 된다. 내측배열의 각각의 실험조건에서 얻어진 실험자료를 식 (5)의 모형에 적합시켜서 얻어진 β_i 와 σ_i^2 의 최소제곱추정치를 b_i 와 s_i^2 라 할 때에 Lunani, Nair & Wasserman (1995)은 $\log b_i$ 와 $\log s_i$ 의 산점도인 SS-그림을 그리고, 각각의 인자에 대하여 두 수준인 0, 1 두 그룹으로 산점도의 각각의 자료점을 표시한 후에 두 그룹의 절편의 차이가 있는 지를 살펴보는 SS-그림에 의한 시각적인 분류방법과 (-6, 6) 범위의 주어진 r 값에 대해서 식(8)의 ϕ_i 에 로그-선형모형(log-linear model)을 적합시켜서 모든 설계인자의 산포효과 유의성에 대해 t-통계량의 값을 계산한 후에, 이들을 r 의 함수로 그림을 그린 γ -그림에 의한 산포효과의 분류방법을 제안했다. γ -그림의 해석은 Box의 램다그림의 해석의 원칙인 모형의 간단성과 분리성의 원칙을 따른다. 먼저 산포제어인자가 존재하지 않는 경우에 r 의 값의 추정치인 r_0 를 SS-그림의 기울기의 최소제곱추정치로부터 구한다. 그 다음에 SS-그림에 의한 분류결과를 참조하여 모형의 간단성과 산포효과와 β_i 에 영향을 주는 효과인 민감도효과(sensitivity effects)의 분리성의 원칙에 의하여 r_0 근방의 γ -그림을 해석하여 산포효과를 분류할 것을 제안하였다.

2절에서 제시된 망목특성의 경우에 일반적인 SN비의 r 의 결정방법과 유사하게 동적특성의 일반적인 SN비인 식 (9)의 r 을 실험자료에 근거하여 다음과 같이 결정할 수 있다. 산포효과가 존재하지 않는다고 가정한 경우에 r 의 추정치인 r_0 근방 ($r_0 - 2$, $r_0 + 2$)에서 ϕ_i^2 의 추정치인 s_i^2/b_i^r 과 β_i 의 추정치인 b_i 의 표본상관계수의 크기를 가장 작게 하는 r_2 를 선택한다. 따라서 동적특성의 일반적인 SN비를 결정하는 하나의 규칙으로

$$(\text{SN})_i = 10 \log \frac{b_i^{r_2}}{s_i^2} \quad (11)$$

를 제시한다.

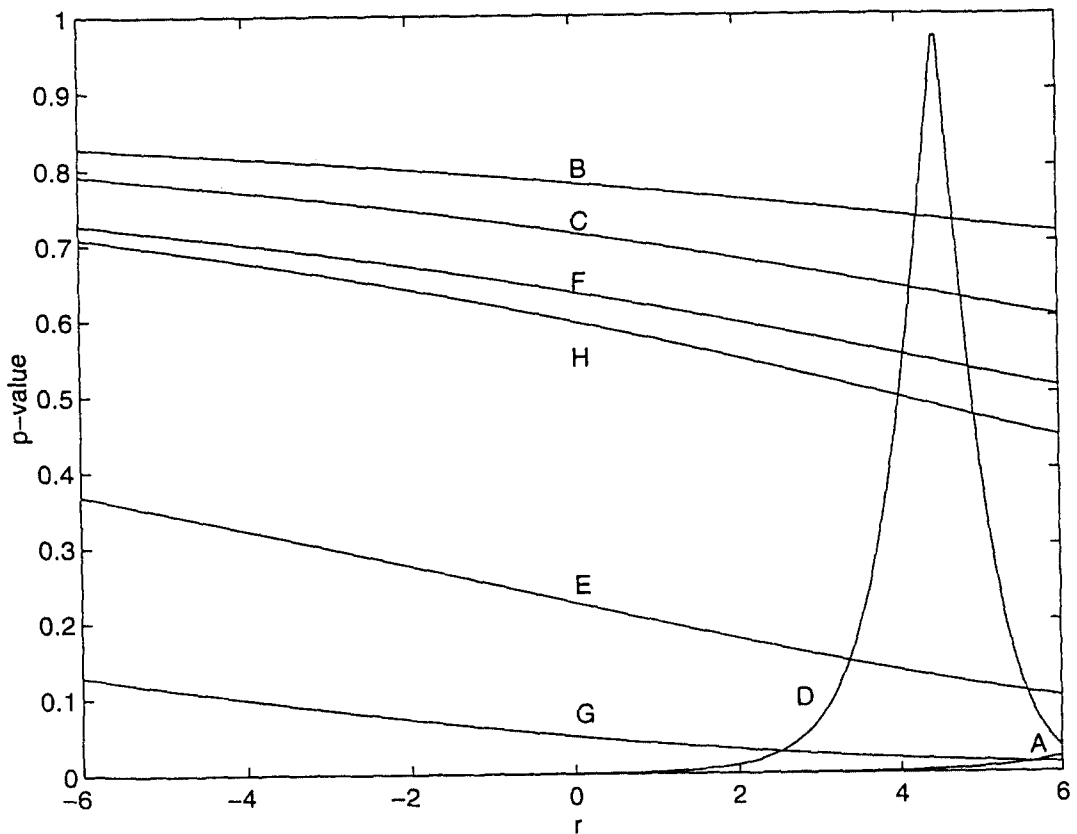
r 의 값이 주어졌을 때에 각각의 설계인자에 대해서 γ -그림의 세로축의 t-통계량의 값은 식 (11)의 일반적인 SN비에 대한 F-통계량의 값과 동치임을 쉽게 보일 수 있다. t-값의 해석보다는 유의확률의 값의 해석이 쉬운 점을 고려하여 가로축을 r 값, 세로축을 F-통계량의 값에 대응되는 유의확률의 값으로 취하여 실험에서 고려된 모든 설계인자의 유의확률을 r 의 함수로 나타낸 그림인 유의확률그림을 그린다. 다구찌의 SN비인 $r=2$, r_0 와 r_2 의 값에서의 유의확률의 값이 비교적 작은 설계인자를 걸러낸 후에, 그 인자들의 r_2 근방에서의 유의확률함수의 경향에 근거하여 산포제어인자를 분류한다.

< 표 3.1 > 동적특성치 자료

내측배열 실험번호	M1=100		M2=200		M3=300		b	s
	N1	N2	N1	N2	N1	N2		
1	60.17	59.98	120.11	120.23	179.93	180.06	0.60	0.125
2	90.62	88.66	177.64	177.58	269.39	270.63	0.90	1.461
3	60.02	59.72	119.94	119.76	179.95	180.19	0.60	0.186
4	90.23	90.65	179.79	180.74	270.37	271.16	0.90	0.454
5	59.85	59.99	120.07	120.13	179.77	179.93	0.60	0.133
6	91.12	89.47	179.66	179.82	270.23	269.91	0.90	0.591
7	60.01	59.89	120.00	120.06	180.17	180.09	0.60	0.078
8	91.78	90.85	181.59	179.03	270.15	270.97	0.90	1.138
9	110.13	109.97	220.42	219.50	330.35	329.45	1.10	0.414
10	142.09	141.23	280.64	280.76	419.87	418.68	1.40	1.307
11	108.93	110.29	219.32	221.12	331.50	330.03	1.10	0.910
12	138.88	141.21	279.89	281.20	421.48	416.03	1.40	2.058
13	110.92	110.30	220.11	219.62	328.66	330.86	1.10	0.850
14	138.98	137.85	279.11	281.42	420.06	418.36	1.40	1.376
15	110.29	110.19	219.83	219.88	329.11	330.57	1.10	0.498
16	139.14	142.70	281.00	278.26	422.47	418.11	1.40	2.077

Lunani, Nair & Wasserman(1995)은 실험에 고려된 8개의 설계인자들 중에서 A, D를 민감도인자로, G를 산포제어인자로 갖고 식 (8)에 주어진 ϕ_1^2 의 r=4인 실제모형으로부터 시뮬레이션에 의해서 생성된 자료를 통해서 식 (9)의 r=2인 동적특성에 대한 다구찌의 SN비가 G, A, D를 산포제어인자로 분류하여 민감도인자인 A, D를 그릇되게 산포제어인자로 분류할 수 있다는 사실을 보여주고, γ 그림의 해석에 의하여 산포제어인자로 인자 D만을 올바르게 분류함을 보여주었다. Lunani, Nair & Wasserman (1995)의 자료생성과정과 유사하게 8개의 설계인자를 $L_{16}(2^{15})$ 직교배열표의 8, 4, 2, 1, 7, 11, 14, 13열에 배치하고, 인자 A, D를 민감도인자로, 인자 A, G를 산포제어인자로 갖고, ϕ_1^2 의 r=4, 신호인자의 3수준 값이 100, 200, 300이고 2수준의 잡음인자를 갖는 실제모형으로부터 시뮬레이션에 의해서 생성된 동적특성치의 자료가 <표 3.1>에 주어진다. 신호인자의 회귀계수의 최소제곱추정치인 b_1 들을 직교배열표를 이용한 실험계획의 반응치로 간주한 분산분석으로부터 인자 A와 D가 민감도인자임을 쉽게 확인할 수 있다. <표 3.1>의 동적특성치의 자료로부터 작성된 유의확률 그림이 <그림 3.1>에 주어지고, 산포제어인자가 존재하지 않는다고 가정하고 구한 r의 추정치인 $r_0=5.76$ 이고, (3.8, 7.8)사이의 0.2 간격의 r값에서 ϕ_1^2 의 추정치인 s_1^2/b_1^2 과 β_1 의 추정치인 b_1 의 표본상관계수의 크기를 가장 작게 하는 r의 값인 $r_2=5.0$ 이다. 다구찌의 SN비인 r=2 에서 유의한 인자는 A, D, G이고, r=5.0에서 유의한 인자는 A와 G이다. 유의확률그림으로부터 인자 D의 유의확률이 2와 5.0의 범위에서 0.01에서 0.9 이상의 값으로 증가했다가 0.42정도로 감소하기에 산포와 무관한 인자로 판단할 수 있고, 인자 A와 G의 유의확률은 0.02 미만의 충분히 작은 값을 유지하고 있어서 산포제어인

자로 판단된다. 따라서 유의확률그림에 의하면 인자 A와 G가 산포제어인자로 분류하는 반면에 다구찌의 SN비에 의하면 A, D, G를 산포제어인자로 분류하여 실제로 민감도인자인 인자 D를 산포제어인자로 그릇되게 분류한다. Lunani, Nair & Wasserman (1995)의 γ -그림에 의하면, 인자 D는 $r_0 = 5.76$ 에서 유의확률이 0.06으로 작은 값을 갖지만 분리성의 원칙과 r_0 근처의 t-값의 변화에 근거하여 인자 A와 G만을 산포제어인자로 분류한다.



< 그림 3.1 > 동적특성 자료에 대한 유의확률 그림

4. 결론 및 요약

PerMIA의 추정치인 s_i^2 / \bar{y}_i 와 \bar{y}_i 의 표본상관계수를 가장 작게 하는 r의 값인 r_2 에 의해 합리적인 SN비의 r을 결정하는 방법을 제시하고, 임과 이(1995)에서 제시된 변환된 자료의 평균과 표준편차의 표본상관계수를 가장 작게 하는 변환에 대응되는 r_1 ,

다구찌의 SN 비인 $r=2$ 와의 효율성을 씨블레이션에 의해서 비교한 결과 r_1 과 r_2 에 의해 결정된 SN비의 효율은 비슷하다. 다구찌의 SN비에 의한 산포제어인자의 분류방법이 가장 효율적인 $\mu^0=50$ 인 경우에 원래 y 자료의 변동계수의 범위가 0.5%에서 3.5% 사이의 작은 값을 갖다. 엔지니어링의 실험자료에서는 품질특성치의 변동계수가 비교적 작은 자료들을 흔히 볼수있음을 주시할 때에 다구찌 방법을 적용한 많은 품질개선 사례들을 부분적으로 이해할 수 있게 된다. 또한 유의확률그림의 해석을 통한 산포제어인자의 시각적인 분류방법을 제시한다. 이 방법의 적용을 통해서 위에 나열한 3가지 방법의 산포제어인자 분류결과가 일치하지 않을 때에는 경우에 따라서 산포제어인자를 올바르게 분류할 수 있게 된다. 동적특성의 경우에도 일반적인 SN비를 결정하는 규칙을 제시하고, Lunani, Nair & Wasserman(1995)이 제시한 γ -그림에 대응되는 유의확률그림의 적용을 통하여 산포제어인자의 시각적인 분류방법을 제시한다.

참고문헌

- [1] 박성현(1993), 「품질공학」, 민영사.
- [2] 임용빈(1994), “망목특성에서의 자료분석을 통한 SN비의 선택,” 「대한품질경영학회지」, 22권, 4호, pp. 1-12.
- [3] 임용빈, 이영조(1995), “몬테칼로 씨블레이션을 통한 SN비의 효율성비교,” 「대한품질경영학회지」, 23권, 2호, pp. 28-42.
- [4] Box, G.E.P.(1988), “Signal-to-Noise Ratios, Performance Criteria and Transformations,” *Technometrics*, Vol. 30, pp. 1-40.
- [5] Leon, R.V., Shoemaker, A.C., and Kacker, R.N.(1987), “Performance Measure Independent of Adjustment: An Explanation and Extension of Taguchi’s Signal to Noise Ratios,” *Technometrics*, Vol. 29, pp. 253-285.
- [6] Lunani, M., Nair, V.N., Wasserman, G.S.(1995), “Robust Design with Dynamic Characteristics: A Graphical Approach to Identifying Suitable Measures of Dispersion,” *Technical Report #253*, Dept. of Statistics, Univ. of Michigan.
- [7] Nair, V.N. and Pregibon, D.(1986), “A Data Analysis strategy for Quality Engineering Experiments,” *AT&T Technical Journal*, pp. 73-84.
- [8] Taguchi, G.(1987), *System of Experimental Design: Engineering Methods to Optimize Quality and Minimize Cost*, White Plains, NY: UNIPUB/Krau International.