

제 10 장

다구치 품질공학

-
1. 다구치 품질공학 / 10-02
 2. 특성치 및 실험인자 선정 / 10-15
 3. 직교배열법 활용 실험배치 / 10-18
 4. 파라미터 설계 / 10-23
 5. 기출·예상 문제 및 착안점 / 10-40
-

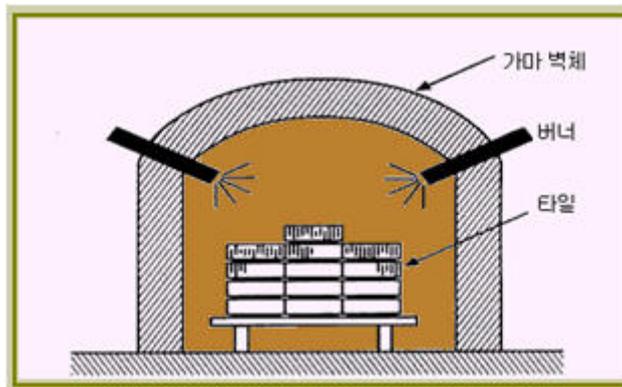
1. 다구치 품질공학

1.1 다구치 품질공학 개념 [경지1회]

1.1.1 다구치 품질관리 정의

(1) 다구치 기법이란 [품기1회]

- * 다구치 기법은 일본의 다구치 겐이찌(田口玄一) 박사가 구현한 제품의 품질개선 기법임.
(참고 : 다구치는 다구찌로 번역되어 쓰이기도 함.)
- * 다구치 기법은 제어 가능한 인자로 제어할 수 없는 잡음(환경) 인자에 강건한 설계, 영어로 로버스트 설계(Robust Design)를 하는 것으로 알려져 있음.
- * 다구치 기법으로 알려진 최초의 적용 예로는 1954년에 일본의 타일 생산업체인 Inax사를 지도했던 사례가 있음.
- * Inax사는 장식용 타일을 만드는 회사였음. Inax사에서는 타일의 모양을 만든 후 가마에서 굽는 공정이 있음(그림 10.1 참조). 타일을 굽는 가마 속은 장소에 따라 온도분포가 다름. 가마 속에서 구워진 후 타일 치수에 편차가 생겨 1등급(비싸고, 빌딩 외장재로 사용)이 80%정도, 2등급(1등급에 비해 값이 싸고, 주택용으로 사용)이 20%정도 생산됨. Inax사는 어떻게 하면 2등급을 줄이느냐가 관심이었음.



[그림 10.1] 타일생산 가마 구조

- * 손쉬운 해결방법은 새 가마를 사 오는 것이나, 당시 Inax사의 재정규모로는 새 가마를 구입하는 것은 무리였음. 이 문제해결을 다구치 박사가 의뢰받았음. 다구치의 접근은 부적합품(불량품)의 가장 큰 원인인 가마 안의 온도분포는 그대로 둔 채(실제로 가마 안의 온도를 모두 일정하게 하는 것은 불가능함) 자유롭게 선택할 수 있는 설계변수(이 경우는 타일의 원료배합과 타일의 판금조건 등)를 바꿔 특성치의 편차를 줄이는 것이었음.
- * 이와 같이 부적합품(불량품)의 가장 큰 원인을 제어할 수 없는 경우는 잡음인자로 두고, 제어가능한 요소를 적당하게 조작하여 원하는 목적을 달성하려는 시도이었음. Inax사에서 제어가능한 원료배합을 바꾸어 전체가 1등급이 되게 할 수 있었음.

(2) 다구치의 품질·생산성에 대한 정의 [품기1회]

- * 다구치 박사는 품질과 생산성을 다음과 같이 손실금액으로 정의하고 있음.

$$\begin{aligned} \text{품질} &= (\text{기능산포에 의한 손실}) + (\text{폐해 항목에 의한 손실}) + (\text{사용비용}) \\ \text{생산성(productivity)} &= \text{품질} + \text{생산비용} \\ \text{여기서, 생산비용} &= \text{재료비} + \text{가공비} + \text{관리비} + \text{공해환경비} \end{aligned}$$

- * 품질은 3가지 손실의 합으로 정의되었는데, 기능산포에 의한 손실은 성능특성치의 변동에 의한 손실이고, 폐해항목에 의한 손실은 부작용 등에 의하여 소비자가 받는 손실이고, 사용비용(operating cost)은 제품을 사용할 때 발생하는 비용(전기값, 물값 등)을 의미함.
- * 생산성은 품질과 생산비용의 합으로 정의되는데, 생산비용은 4가지 비용의 합으로 구해짐. 여기서 가공비 속에 인건비가 포함되어 있고, 관리비는 주로 생산관리비용과 품질관리비용으로 구성됨. 공해환경비는 공해를 없애고 환경을 관리하는데 소요되는 경비임.
- * 생산성을 증가시키려면 품질을 높이고 생산비용을 감소시켜야 함. 품질향상은 주로 기능산포의 감소에 있고, 생산비용 절감은 주로 가공비의 감소에 의존하고 있으므로, 생산성 향상의 초점은 가공비를 가능한 범위 내에서 억제하면서 기능산포를 줄여 나가는 것임. 즉, 품질향상은 생산성향상을 가져 온다는 것임.
- * 설계품질, 제조품질, 서비스의 품질 중 특히 설계단계에서의 품질이 중요하다고 보았음. 그 이유는 제품의 설계단계에서 생산비용을 증가시키지 않으면서 기능의 산포를 최소화시키는 설계작업이 가능하며, 또한 허용차의 크기를 설계할 수 있어서, 재료비나 가공비의 관리가 용이하고 생산성 증가에 크게 기여할 수 있기 때문임.
- * 다구치는 품질부적합이 발생되었을 때 금액으로 환산하는 품질손실함수를 제시하였음.

1.1.2 다구치 품질관리 특징 [품기11회] [공기1회]

- * 종래의 전통적 품질관리 방법과 비교하여 볼 때 다구치의 품질관리 접근방식에는 여러 가지 독특한 면이 있음. 이러한 특성이 품질공학의 바탕이 되며, 다음의 6가지의 특징으로 요약됨.

(1) 설계단계의 중요성

- * 전통적 품질관리에서 품질을 정의할 때 품질은 제품의 성능특성치의 변동에 의하여 좌우된다고 보고 있음.
- * 이 성능특성치의 변동에 가장 큰 영향을 주는 단계는 제품의 설계단계(제품설계와 공정설계)이며, 이 단계에서 가장 철저한 품질관리가 이루어져야 함.

(2) 손실함수(Loss Function)의 사용

- * 제품특성의 목표치가 m 이고, 제품의 실질 특성치가 y 인 경우(즉, 망목특성인 경우)에 손실함수는 다음 식으로 정의됨.

<표 10.1> 잡음제거 방법 가능 여부

품질관리 구분	담당부서	대응책	잡음의 종류		
			외부잡음	내부잡음	제품간 잡음
라인외 품질관리	설계·개발	(1) 시스템설계	●	●	●
		(2) 파라미터설계	●	●	●
		(3) 허용차설계	○	●	●
	생산기술	(1) 시스템설계	×	×	●
		(2) 파라미터설계	×	×	●
		(3) 허용차설계	×	×	●
라인내 품질관리	생산	(1) 공정진단과 조정	×	×	●
		(2) 예측과 수정	×	×	●
		(3) 검사(측정과 조치)	×	×	●
	판매	애프터 서비스	×	□	□

비고 : ● 대응 가능 × 대응 불가능

○ 대응책이 가능하나 최후의 수단임 □ 예방보전의 의미로서 가능

(6) 품질향상 계획의 초점

* 품질향상에 관한 노력은 다음 사항들에 초점이 맞추어져 끊임없이 수행되어야 함.

- ① 목표치에 대한 성능특성치의 변동을 끊임없이 줄여 나가야 함.
- ② 제품의 공정을 설계하거나 개선함에 있어 제품의 성능특성치가 잡음에 둔감(robust)하도록 하여야 함.
- ③ 제품이나 공정을 설계할 때는 적은 비용이 소요되면서 목표치의 허용한계를 만족시키는 설계변수들의 최적조건을 찾아야 함.

* 위에서 ①을 만족시키기 위하여 SN비를 특성치로 사용하여 변동을 최소화시키는 노력을 함. ②와 ③을 충족시키기 위하여 직교배열표 활용 실험계획법이 주로 사용됨.

1.2 설계의 단계와 품질공학 [품기2회]

1.2.1 품질공학의 활용단계

* 제조기업에 있어서 제품이 개발되고 생산되어 소비자의 손에 들어가 사용될 때까지는 일반적으로 다음의 여섯 단계를 거치게 됨.

- ① 제품기획 : 제품의 성능, 수명, 안정성, 가격 등에 관한 계획
- ② 제품설계 : 제품기획에서 정하여진 것을 구현하는 제품의 개발설계
- ③ 공정설계 : 제품설계에서 설계된 제품을 제조하기 위한 제조공정의 설계
- ④ 생산 : 공정설계에 따라 만들어진 제조공정에서 제품설계에서 작성된 설계품질의 제품을 생산하는 활동
- ⑤ 판매 : 생산된 제품을 소비자에게 파는 활동
- ⑥ 애프터 서비스 : 소비자의 제품사용시 발생 문제에 대한 서비스 활동

- * 품질공학은 제품설계와 공정설계의 단계에서 특히 유용한 방법론이 되고 있음.
- * 제품설계와 공정설계는 각각 3단계로 구성되며, 이들을 간단히 설명하면 다음과 같음.

1.2.2 제품설계의 3단계 [품기2회]

(1) 시스템 설계 (System Design)

- * 개발하려는 제품분야를 고유기술, 전문지식, 경험 등을 바탕으로, 제품기획단계에서 결정된 목적기능을 갖는 제품의 원형을 개발함.
- * 일반적으로 처음부터 완벽한 시스템설계는 어려우므로, 대개 두 세 가지의 가능성 높은 설계를 한 후, 다음 단계의 파라미터설계나 허용차설계에서 미비점을 보완함.
- * 신뢰성은 충분치 않더라도 어떤 소재를 어떻게 가공하면 요구된 기능을 가진 시스템으로서 후보가 되는지를 연구하거나, 하나의 시스템이 여러 개의 부시스템으로 구성될 때 각 부시스템의 역할 등을 연구하는 단계임.

(2) 파라미터 설계 (Parameter Design)

- * 파라미터는 제품성능의 특성치에 영향을 주는 인자 중에서 제어가능한 인자를 의미하며, 파라미터설계는 이들 인자들의 최적수준을 정하여 주는 것을 말함.
- * 파라미터를 설계변수(design variable)라고도 부르며, 파라미터설계에서는 제품의 품질변동이 잡음에 둔감하면서 목표품질을 가질 수 있도록 설계변수들의 최적조건을 구하여 줌. 이때 목표품을 만족시키는 범위 내에서 되도록 비용절감의 조건이나 부품 등을 이용함.
- * 최적조건을 찾을 때 실험계획법이 이용되며, 설계변수와 잡음을 주는 요인들을 포함시켜 실험하는 직교배열표 등이 사용됨.

(3) 허용차 설계 (Tolerance Design)

- * 파라미터설계에 의하여 최적조건을 구하였으나 품질특성치의 변동이 만족할 만한 상태가 아닌 경우에 허용차설계가 수행됨. 이때 사용환경의 변화에 따르는 영향도 조사하여야 하며, 품질변동에 큰 영향을 주는 원인을 찾아내어 허용차를 줄일 수 있도록, 부품을 선별적으로 바꾸어 주거나 작업방법의 자동화 등 적절한 조치를 취함.
- * 대개 변동을 줄이기 위해서는 비용이 증가하며, 만족스러운 허용차를 얻는 범위 내에서 최소비용이 드는 방법이 고려되어야 함. 허용차설계에서는 직교배열표를 이용한 실험계획법이 흔히 사용됨.

1.2.3 공정설계의 3단계 [품기1회]

(1) 시스템 설계

- * 생산기술부서에서는 고유기술 및 생산기술적인 측면에서 제조공정이 설계되며, 흔히 목표 품질을 확보하기 위한 자동제어(automatic control)장치도 같이 설계됨.

(2) 파라미터 설계

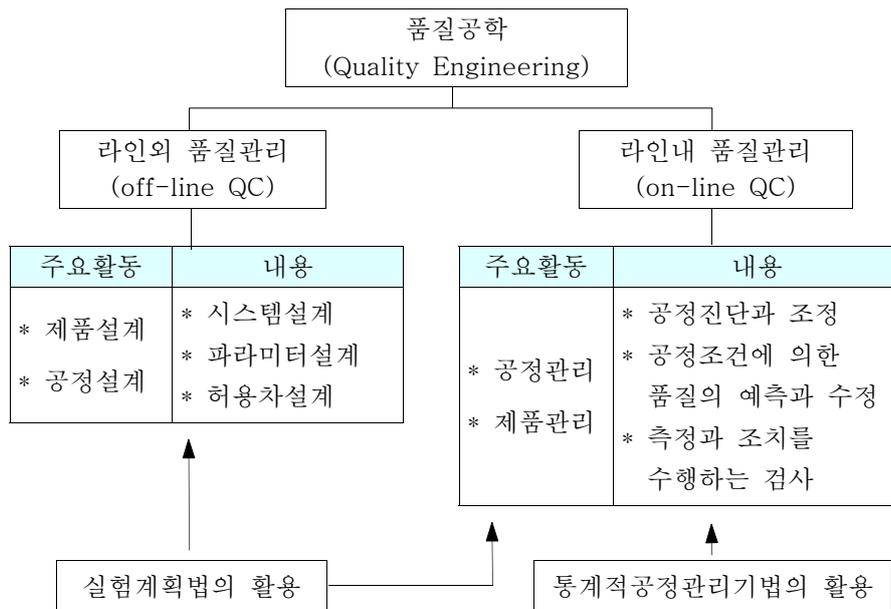
- * 제조공정의 각 부분공정의 최적공정조건을 정하여 주고, 또한 구입하여야 할 적절한 원부 자재, 부품 등도 정하여 줌.
- * 이 설계에서는 각종 잡음의 영향 하에서도 공정능력이 높은 조건을 찾아 주는 것이 주요한 목적이 되며, 실험계획법이 흔히 사용됨.

(3) 허용차 설계

- * 공정조건외의 허용차와 품질변동의 원인을 찾아내어, 허용차를 줄여 주거나 원인을 제거시키는 설계로서, 실험계획법이 품질변동의 원인을 찾기 위하여 주로 사용됨.

1.2.4 품질공학의 정의

- * 품질공학(quality engineering)은 “라인의 품질관리와 라인내 품질관리 활동을 통하여 제품 품질이 사회에 끼치는 손실의 최소화를 위해 수행되는 모든 활동의 체계”라고 정의됨.
- * 이를 간단히 그림으로 그려 보면 [그림 10.3]과 같음.
- * 제품의 품질은 제품설계와 공정설계 단계에서 대부분 이루어지며, 따라서 라인의 품질관리가 품질공학에서 가장 중추적인 역할을 수행함.
- * 라인의 품질관리의 파라미터설계와 허용차설계에서는 직교배열표를 사용하는 실험계획법이 유용하게 활용됨.
- * 라인내 품질관리는 생산부서에서 공정관리와 제품관리를 통하여 제품간 변동이 적은 양품을 생산하도록 노력하는 활동이며, 주로 통계적 공정관리 기법이 활용되며, 실험계획법이 사용되기도 함.

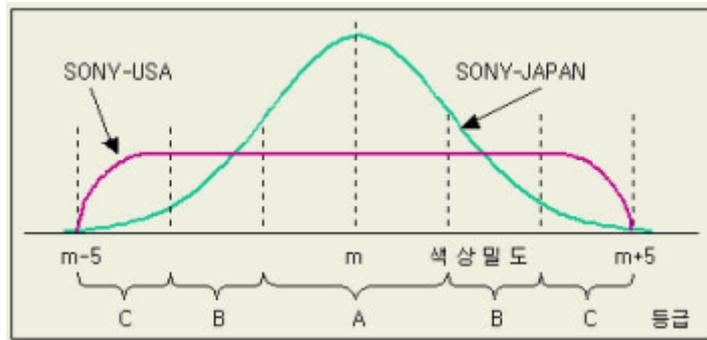


[그림 10.3] 품질공학의 개요

1.3 손실함수 [경지2회] [품기8회]

1.3.1 품질손실함수의 개념

- * 기존의 합격판정 기준은 주어진 규격내의 제품은 모두 합격으로 처리하였으나, 다구치는 품질손실함수를 제안하였음. 그가 제안한 제품의 양품은 목표치를 정확하게 만족하는 제품만 합격으로 인정하고, 나머지는 모두 부적합(불량)으로 처리하였음.
- * 다구치 박사는 현대의 품질기준으로 볼 때 합격구간 내 제품에 대한 차별이 없어 실제 소비자의 취향을 반영하지 못한다고 주장하였음. 합격구간 내에서도 목표치에 가까운 정도에 따라 차별화되어야 하는 것이 적합하다고 제안하였음.



[그림 10.4] 일본과 미국 소니의 품질 비교

- * 이에 대한 예로서, 1979년 4월 일본 아사히신문에 일본의 소니공장과 미국 캘리포니아주 샌디에고 소니공장의 컬러TV 품질비교가 게재된 바 있음. 이 경우 특성값은 컬러 농도에 대한 것이었음. 똑같은 제품이 같은 공정으로 일본과 미국에서 생산되었음.
- * 일제 TV세트 특성값의 분포는 [그림 10.4]로 알 수 있듯이, 목표값을 중심으로 거의 정규 분포로 되어 있음. 일본 소니의 부적합품률은 0.27%임. 미국 공장에선 부적합품이 출하되지 않도록 제품 하나하나를 자동계측하여, 부적합품이 나온 순간 공정을 멈추고, 생산설비를 허용차 내에서 조정했음. 출하중의 부적합품은 0임. 일본의 부적합품 비율이 미국보다 더 높음.
- * 미국 공장은 부적합품이 없는 데도 왜 일본 제품을 선호하는지 설명해 줄 수 없음. 다구치는 허용차를 벗어나면 불합격으로 처리하고, 허용차 안에 있으면 모두 양품으로 취급하는 것은 불합리하다고 지적했음.
- * 다구치가 제시한 품질손실 함수로 각 제품별로 품질에 대하여 손실비용을 구하면 미국 소니는 200달러이고 일본 소니의 손실비용은 66.7달러였음. 손실금액으로 나타냈을 때, 미국이 일본에 비해 3배이상의 손실비용을 나타냈음. 품질손실비용으로 보면, 일본 제품을 선호하는 이유가 설명될 수 있음.

1.3.2 손실함수의 공식

- * 다구치는 품질을 합리적으로 평가하기 위해서 다음과 같은 손실함수를 제시했음.

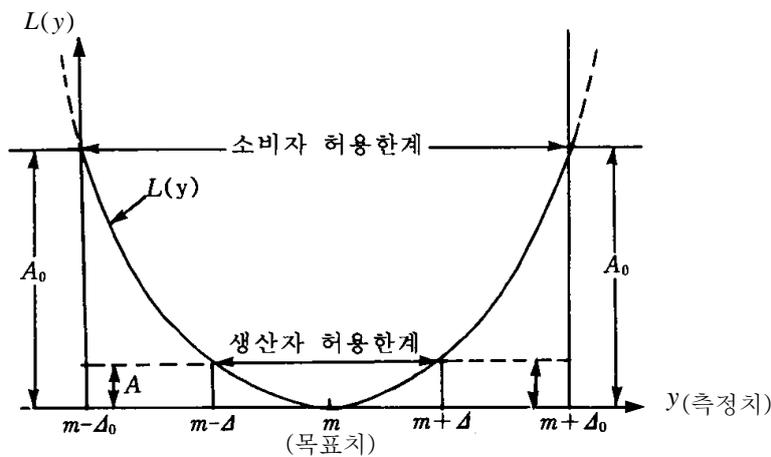
- * 손실함수에서 사용되는 특성치 y 는 금액으로 환산할 수 있는 제품의 결과임. 특성치 y 의 목표값을 m 이라 하면, 목표값 m 에서 벗어났을 때의 경제적 손실을 $L(y)$ 로 표시함.
특성값이 y 인 제품이 출하되어, 설계수명동안 사용될 때 그 평균적 손실이 $L(y)$ 가 됨.
- * 일반소비자에게 팔리는 제품의 경우에는 그 제품을 구입한 전소비자를 N 으로 함. 국내용 냉장고 경우라면 N 은 국내 전세대수가 되고, 제품의 설계수명은 T 년으로 표시함.
예를 들어, 설계수명 T 가 10년이라는 것은 표준조건에서 10년간은 충분히 기능을 발휘하도록 설계하지만, 그 이후는 기능을 발휘하지 않아도 좋다는 것임.
- * i 번째의 소비자가 특성값이 y 인 제품을 샀을 때 t 년 후에 생기는 경제적 손실을 $L_i(t, y)$ 로 가정해 봄. $L_i(t, y)$ 는 어떤 t 에서 갑자기 고장이 나면 손실이 발생하지만, 다른 t 에서는 고장이 나더라도 손실이 0이 될 수 있는 불연속성을 가진 복잡한 함수임.
- * 모든 소비자의 수가 N 이고, 설계수명 T 년 동안 사용되었을 때의 경제적 손실의 평균이 $L(y)$ 이며, 다음 식과 같이 정의할 수 있음.

$$L(y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \int_0^T L_i(t, y) dt \quad (10.1)$$

- * 손실함수 $L(y)$ 를 실제로 구하려면, 특성값 y 인 제품을 1,000개 정도 만들어 전 소비자에게 랜덤하게 분산시키고, T 년간 사용한 후 그 특성에 의한 트러블의 손실을 구해 평균을 취하면 되나, 이런 조사는 사실상 어려우므로 손실함수 $L(y)$ 의 근사식 계산방법이 필요함.

1.3.3 y 값이 망목특성의 경우 [품기5회]

- * 망목특성은 어떤 목표값이 있고, 목표값보다 작아도 혹은 커도 만족스럽지 못한 특성임.
대부분 제조물은 목표치를 갖고 제조하며, 망목특성은 목표값 m 이 주어진 경우임.



[그림 10.5] 망목특성의 손실함수

1.3.4 y 값이 망소특성의 경우

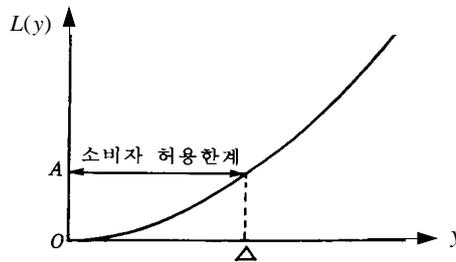
- * 망소특성은 음수가 아니면서 작을수록 좋은 특성임. 자동차의 배기가스 같은 것은 작을수록 좋음. 망소특성인 경우는 아래 그림과 같이 특성치가 작을수록 좋은 경우로 목표치 $m=0$ 인 경우를 뜻함.
- * 망소특성의 경우에는 $m=0$ 이므로, 식 (10.3)은 다음 식으로 주어짐.

$$L(y) = ky^2 \quad (\text{단, } k = \frac{A}{\Delta^2}) \quad (10.8)$$

- * $L(y)$ 의 기대값은 다음과 같이 됨.

$$L = kE(y^2) = k(\sigma^2 + \mu^2) \quad (10.9)$$

- * 식 (10.8)의 그래프는 [그림 10.7]과 같음.



[그림 10.7] 망소특성의 손실함수

- * 망소특성의 예로서 자동차의 배기가스와 같은 유해물질 등의 특성에 대한 예를 보기로 함.
 - ① 만약 현재 CO농도를 m_0 이라 하고, 이 농도의 1,500배가 되면 인류 절반이 죽을 수 있다고 가정함. 그렇다면 Δ_0 는 현재 자동차의 배기가스 중에 포함되어 있는 CO농도의 평균값 m_0 의 1,500배가 됨.

$$\text{기능한계 } \Delta_0 = 1,500m_0$$

- ② 다음에 A_0 를 구함. 사람 1명이 사망할 때 발생하는 손실을 (국민소득×평균수명)이라 하면, 자동차 1대 당 손실 A_0 는 아래 식으로 5억원/대가 됨.

$$A_0 = \frac{1\text{명 사망에 따른 손실} \times \text{인구}}{\text{자동차 대수}}$$

- ③ 따라서 손실함수 L 은 식 (10.8)에 대입하여 구해짐.

$$L = \frac{A_0}{\Delta_0^2} \times y^2 = \frac{5\text{억원}}{(1,500)^2} \times \left(\frac{y}{m_0}\right)^2$$

1.3.5 y 값이 망대특성의 경우

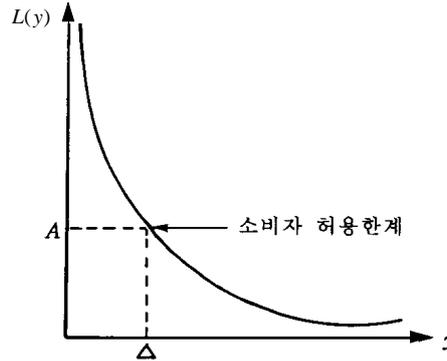
- * 망대(望大)특성은 음수가 아니면서 클수록 좋은 특성임. 자동차의 안전도, 화학물질의 순도 같은 경우는 특성치가 높을수록 좋음.

* 망대특성 y 를 변환하여 $y' = 1/y$ 로 하면 망소특성이 되며, 이렇게 변환시키면 망대특성을 항상 망소특성으로 취급할 수 있음.

* 망대특성인 경우의 손실함수는

$$L(y) = k \left(\frac{1}{y^2} \right) \quad (\text{단, } k = A\Delta^2) \quad (10.10)$$

이 되며, 이를 그래프로 나타내면 [그림 10.8]이 됨.



[그림 10.8] 망대특성의 손실함수

* 식 (10.10)의 손실함수 $L(y)$ 의 기대값은 다음 식으로 알려져 있음.

$$L = k \left(\frac{1}{\mu^2} \right) \left(1 + \frac{3\sigma^2}{\mu^2} \right) \quad (10.11)$$

* 망대특성의 예로서, 어떤 파이프의 강도나 가격은 단면적에 비례한다고 함. 그 파이프는 중력 50kgf에서 절단된다고 하고, 그 때의 손실은 30만원이라 가정함.

위 식에서 $k = 30\text{만원} \times (50)^2 = 75,000\text{만원}$ 이 됨.

이때 손실함수는 식 (10.10)으로부터 $L = 75,000\text{만원}/y^2$ 이 됨.

* 위에서 설명된 3가지의 손실함수의 비교를 위해 표로 정리하여 보면 <표 10.2>와 같음.

<표 10.2> 손실함수의 비교

특성치 종류	손실함수 $L(y)$	기대손실 L	기대손실 추정값
망목특성	$k_1(y-m)^2$	$k_1[\sigma^2 + (\mu-m)^2]$	$k_1[V + (\bar{y}-m)^2]$
망소특성	k_1y^2	$k_1(\sigma^2 + \mu^2)$	$k_1[V + (\bar{y})^2]$
망대특성	$k_2 \left(\frac{1}{y^2} \right)$	$k_2 \left(\frac{1}{\mu^2} \right) \left(1 + \frac{3\sigma^2}{\mu^2} \right)$	$k_2 \left(\frac{1}{\bar{y}^2} \right) \left(1 + \frac{3V}{\bar{y}^2} \right)$

단, $k_1 = \frac{A}{\Delta^2}$, $k_2 = A\Delta^2$

* 다구치 실험계획법에서의 인자들을 정리하면 다음 <표 10.6>과 같음.

<표 10.6> 인자 구분

인자 종류	정의	중요도	사례	실험배치
제어인자	제품 특성에 영향을 주고, 제어가능한 변수	고중시	브레이크 시스템 재료	내측
잡음인자	제품 특성에 영향을 주고, 제어불가능한 변수(실험가능).	중시	브레이크 시스템의 타이어상태, 도로상태	외측
신호인자	최적화시키는 인자가 아님. 출력에 관련된 입력인자	고려	브레이크 시스템의 브레이크 밟는 힘	외측
오차인자	제품 특성에 영향을 미미하게 미치거나, 제어불가능하고 실험할 수 없는 인자	불고려	브레이크 시스템의 자동차 주위의 온도	없음

참조 기존의 실험계획과 다구치 기법의 가장 크게 차이나는 점 [품기1회]

- * 기존 실험계획은 실험실에서 잡음인자를 고정하고 실험하였음. 이런 결과는 실험실에서 정확하지만, 현실에서 사용할 때는 잡음 조건이 바뀌어 성능이 떨어짐.
- * 다구치 기법에서는 실험할 때 현실과 똑같이 잡음 조건을 바꾸어 가면서 실험하면서 최적조건을 찾음.

3. 직교배열법 활용 실험배치 [경지1회]

3.1 특수형 직교배열표

- * 직교배열법은 직교배열표를 이용한 실험임. 직교배열법을 정확히 이해하면 다구치 기법 실험을 이해할 수 있는 바탕이 됨.
- * 실험계획에서 직교란 어떤 요인의 어떤 수준(예, 0)에 대해서나 다른 요인의 수준이 같은 횟수씩 나타나는 상태를 말함. 이 경우는 기여가 같다고 함. 기여가 같은 경우 기여가 제로(0)라고도 함.
 이와 같이 A는 B로부터의 기여가 제로, 그리고 B는 A로부터의 기여가 제로인 경우 A와 B는 서로 직교한다고 함.
- * 2수준계의 $L_{2^m}(2^{2^m-1})$ 과 3수준계의 $L_{3^m}(3^{(3^m-1)/2})$ 형 직교배열표를 표준형이라고 함.
 2수준계로는 $L_4(2^3)$, $L_8(2^7)$, $L_{16}(2^{15})$ 등, 3수준계로는 $L_9(3^4)$, $L_{27}(3^{13})$ 등이 주로 사용됨.
- * 다구치방법에서는 이들 표준형 직교배열표 뿐만 아니라 확대직교배열표, 혼합직교배열표, 응용직교배열표 등과 같은 특수형의 직교배열표로도 실험배치가 가능함.

(1) 확대직교배열표

- * 교호작용을 모두 무시하고 많은 인자들만을 배치하여 실험할 수 있도록 만든 확대 직교배열표가 있음.
- * 여기에서는 두 개의 열의 교호작용이 어느 특정한 열에 나타나지 않고 다른 열에 나누어 퍼져 있어서 교호작용을 배치할 수 없음.

〈표 10.7〉 $L_{12}(2^{11})$ 확대직교배열표

실험 번호	열 번호											데이터
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
3	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
4	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	
5	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	
6	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	
7	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
8	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	
9	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	
10	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	
11	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	
12	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	
배치												

- * 대표적인 것으로 $L_{12}(2^{11})$, $L_{27}(2^{22})$ 등이 있음. 교호작용을 배치하려면 표준직교배열표를 사용해야 함.
- * 이 중 $L_{12}(2^{11})$ 확대직교배열표가 다구치기법에서 많이 사용됨.
- * 11개 열이 서로 직교하고는 있으나, 어느 두 개 열의 교호작용이 다른 한 열에 나타나 있지 않고 나머지 9개 열에 조금씩 교락되어 있음. 따라서 교호작용을 배치할 수 없고, 그 변동도 직교배열표를 이용하여 구할 수도 없음.
- * 확대직교배열표 $L_{12}(2^{11})$ 은 12회 실험에 2수준의 인자를 11개까지 배치할 수 있는 장점을 가지고 있음.

(2) 혼합직교배열표

- * 한 직교배열표상에 서로 다른 수준수를 가진 직교배열표를 혼합형이라 함.
- * 대표적인 것으로 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$, $L_{32}(2^1 \times 4^9)$ 등이 있으며, 교호작용은 구하지 않고 주인자만 배치하려는 경우에 사용됨.
- * 이 중 다구치기법에서 많이 사용되는 직교배열표로 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ 가 있음.
 - ① 3수준의 열들(열번호 2~8)간의 교호작용은 $L_{12}(2^{11})$ 에서와 유사하게 3수준의 다른 열들에 고르게 나누어져 있음.

4. 파라미터설계 [품기3회]

4.1 파라미터설계와 SN비 [품기1회]

4.1.1 파라미터설계의 주요 착안점 [품기4회]

* 파라미터설계시 고려하여야 할 주요 착안사항으로서는 다음의 4가지를 꼽을 수 있음.

이들 4가지는 그 중요도의 순서로 나열되었다고 보아도 좋을 것임.

① 품질특성치의 산포를 줄여야 함(reduce variability).

* 제품의 성능변동이 잡음(noise)에 둔감하도록 설계변수의 최적조건을 구함. 즉, 잡음에 최소 영향을 받는 생산 및 공정 조건의 설계로 품질의 안정성(robustness)을 도모함.

* 이때 산포의 특성치로 뒤에서 설명되는 신호대 잡음비(SN비)를 사용함.

② 평균치 이동이 목표치에 접근하도록 함(approach to target value).

* 평균치 \bar{y} 에 유의하게 영향을 주는 설계변수들을 선택하여 평균치가 목표치에 접근하도록 하는 설계변수들의 조건을 구하여 줌.

* 만약 산포를 최소화시키는 어떤 설계변수의 조건과 평균치를 목표치에 접근시키는 이 설계변수의 조건이 일치하지 않는 경우에는 산포를 최소화시키는 조건이 우선함.

③ 비용을 최소화시켜야 한다(least cost).

* 위의 ①, ②단계에서 최적수준이 결정되지 않은 인자의 수준은 비용을 작게 하는 수준을 선택함. 따라서 낮은 등급 또는 최소비용의 구성부품, 재료 또는 공정조건으로 제품이나 공정설계를 시도함.

* 예를 들어 만약 낮은 등급의 부품이 허용차를 만족시켜 주지 못한 경우에 허용차설계 단계에서 조사하여 부품을 선별적으로 고가품으로 대체시켜 줄 수 있음.

④ 재현성이 있는 결과가 표출되었는지 확인한다(confirm reproducibility).

* 위의 ①, ②, ③에서 얻은 설계변수의 조건들이 실험의 재현성이 있어야만 실질적인 가치가 있으므로, 확인실험을 실시하여 재현성이 있는가를 조사함.

* 위의 4가지 착안점에 대한 특기사항으로서 다음 사항에 유의함.

① 위의 4가지 착안점은 주로 망목특성의 경우에 해당함.

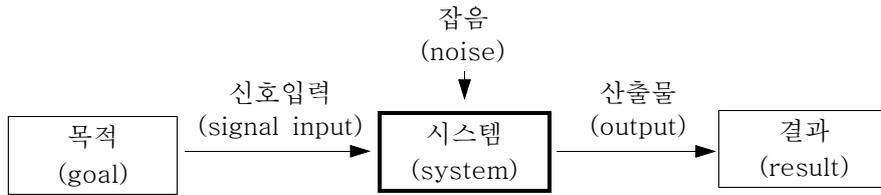
② 망소특성치인 경는 ①과 ②를 합쳐서 SN비에 의해 설계변수의 조건을 선택하여 줌. 이는 망소특성인 경우에 평균치 \bar{y} 가 작아질수록 산포를 작게 해주기 때문임.

③ 망대특성인 경우에도 그 역수를 취하면 망소특성과 동일하므로 ①과 ②단계를 합쳐 SN비만을 가지고 다루게 됨.

4.1.2 SN비 [품기2회]

(1) SN비의 의미 [품기1회]

* 통신공학에서 기능적인 품질특성을 다룰 때에 [그림 10.11]과 같이 신호입력과 잡음이 시스템의 산출물에 어느 정도의 영향을 주는가를 조사하게 됨.



[그림 10.11] 통신시스템의 기능 관계

* 이때 목적을 수행하기 위하여 전달된 신호입력이 산출물의 품질수준에 영향을 주며, 시스템에 가해지는 잡음이 산출물의 품질에 변동을 초래하게 되어 결과에 대한 신뢰성을 떨어뜨리게 됨.

* SN비는 “신호 대 잡음의 비율(signal-to-noise ratio)”을 의미하며, 다음 식으로 정의됨.

$$SN비 = \frac{\text{신호입력이 산출물에 전달된 힘}}{\text{잡음이 산출물에 전달된 힘}} = \frac{\text{신호의 힘 (power of signal)}}{\text{잡음의 힘 (power of noise)}} \quad (10.12)$$

* 식 (10.12)의 SN비는 특성치 종류별로 달리 정의되는데, 이들에 대하여 살펴보기로 함.

* 다구치 기법에서 사용하는 SN비는 문제에 따라 다양하게 정의되는 특징이 있음.

- ① SN비는 고유의 공식이 있는 것이 아님.
- ② 사용자가 정의하여 사용할 수 있음.
- ③ 좋은 SN비란 개선의 정도를 수치로 정확하고 눈에 보이게 만들 수 있으면 됨.
- ④ 지금까지 문제에 따라 정의된 SN비는 백여 개 이상 보고되어 있다고 함.

(2) 동특성 계량치의 SN비 [품기1회]

* 자동차의 브레이크 성능을 실험할 때 속도에 따라 브레이크 성능이 변하는 경우가 동특성의 예가 됨. 동특성 SN비의 가장 기본은 제로점 비례식의 SN비임. 이는 입력이 0($M=0$)일 때, 출력이 0($y=0$)인 경우로, 기본 기능의 이상적 능력은 $y = \beta \cdot M$ 으로 표시됨.

* 동특성 계량치의 SN비 공식으로서 하나의 예를 들면 다음과 같음.

$$SN = 10 \log \left[\frac{S_\beta}{r^* \times V_e} \right] \quad (10.13)$$

여기서, $r^* = m_i \sum M_i^2$: 유효반복수(단, m_i 는 i 수준의 반복수, M_i 는 신호입력)

$S_\beta = \frac{1}{r^*} \left(\sum y_i M_i \right)^2$: 회귀의 변동, 비례 항(첨자 β 는 회귀계수)

$V_e = \frac{S_e}{k-1}$: 오차에 의한 분산, $S_T = \sum_i \sum_j y_{ij}^2$, $S_e = S_T - S_\beta$

* 6시그마 활동에 쓰이는 미니탭 통계패키지에서는 개선에 SN, β 만을 사용함.

* 동특성은 ① 제로점 비례식의 SN비, ② 기준점 비례식의 SN비, ③ 1차식 비례식의 SN비가 있음.

참조 망목특성인 경우의 SN비 계산공식

- * SN비의 계산공식을 정의할 때에 망소특성과 망대특성인 경우에는 손실함수로부터 유도하여 식 (10.23)과 식 (10.25)를 얻었음.
- * 그러나 망목특성인 경우는 손실함수에서 유도하지 않고 통신공학에서 사용하는 (신호의 힘)/(잡음의 힘)의 비를 추정하는 방법으로 유도하였음.
- * 망목특성일 경우에도 손실함수로부터 유도하여 SN비를 다음 공식으로 정의하여 사용할 수도 있음.

$$SN = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - m)^2 \right) \quad (10.26)$$

- * 이 계산공식은 y_i 의 값들이 음수와 양수가 섞여 있거나 y 의 평균이 0에 가까워서 $S_m \leq V$ 이 발생하여

$$SN = 10 \log \left(\frac{(S_m - V) / n}{V} \right) \quad (10.27)$$

의 공식을 사용할 수 없는 경우에는 이 공식이 바람직함.

- * 위에서 얻은 결론을 비교하기 위하여 표로 나타내 보면 <표 10.13>을 얻을 수 있음.

<표 10.13> n 개 시료데이터가 있는 경우의 손실함수와 SN비

특성치 종류	n 개 데이터가 얻어진 경우 개당 평균 손실함수	SN비
망목특성	$k_1 \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - m)^2 \right)$	$10 \log \left(\frac{(S_m - V) / n}{V} \right)$ 혹은 $20 \log \left(\frac{\bar{y}}{s} \right)$
망소특성	$k_1 \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$	$-10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$
망대특성	$k_2 \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$	$-10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$

단, $k_1 = \frac{A}{\Delta^2}$, $k_2 = A\Delta^2$

예제 10.1 다음과 같이 5개의 반복측정값이 얻어 졌다고 하자.

32, 38, 36, 40, 37

망목특성치, 망소특성치, 망대특성치로 각각 생각하고 SN비를 구하여라.

해설 [품기1회]

(1) 망목특성치인 경우

$$SN = 10 \log \left(\frac{(S_m - V) / n}{V} \right) = 10 \log \left(\frac{(6,697.8 - 8.8) / 5}{8.8} \right) = 10 \log(152.02) = 21.81(\text{dB})$$

$$\text{여기서, } S_m = \frac{1}{n} \left(\sum_i y_i \right)^2 = \frac{1}{5} (32 + 38 + \dots + 37)^2 = 6,697.8$$

$$V = \frac{1}{n-1} \sum_i (y_i - \bar{y})^2 = \frac{1}{4} [(32 - 36.6)^2 + \dots + (37 - 36.6)^2] = 8.8$$

$$\text{단, } \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_i y_i = \frac{1}{5} (32 + 38 + 36 + 40 + 37) = 36.6$$

한편 또 다른 식을 사용하여 계산해도 계산결과는 동일함.

$$SN = 20 \log \left(\frac{\bar{y}}{s} \right) = 20 \log \left(\frac{36.6}{\sqrt{8.8}} \right) = 20 \log(12.34) = 21.82(\text{dB})$$

(2) 망소특성치인 경우

$$SN = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_i y_i^2 \right) = -10 \log \left(\frac{1}{5} (32^2 + \dots + 37^2) \right) = -10 \log(1,346.6) = -31.29(\text{dB})$$

(3) 망대특성치인 경우

$$SN = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_i \frac{1}{y_i^2} \right) = -10 \log \left(\frac{1}{5} \left(\frac{1}{32^2} + \dots + \frac{1}{37^2} \right) \right) = -10 \log(0.001532) = 28.15(\text{dB})$$

4.2 파라미터설계의 특징 및 방법 [공기5회]

4.2.1 파라미터설계의 목적 [품기1회]

- * 앞에서 설명된 바와 같이 제품설계 또는 공정설계를 위한 파라미터설계의 목적은 잡음의 영향 하에서도 성능특성치의 분산이 작고, 평균이 목표치에 근접하도록 하는 제어인자(설계 변수)의 조건을 찾는 것임.
- * 제어인자의 최적조건에서도 특성치의 변동이 아직 만족할 만한 상태가 아닐 때에는 허용차 설계를 통하여 성능변동에 큰 영향을 주는 부품 등을 교환시키거나 기타 적절한 조치를 위하여 허용차를 줄여 주게 됨.

4.2.2 파라미터설계의 특징 및 구조 [품기2회]

- * 파라미터설계는 일반적으로 다음의 몇 가지 중요한 특징을 가짐.
 - ① 주로 직교배열표를 이용하여 설계되며, 제어인자들의 한 실험조건(직교배열표의 한 행)에서 2개 이상의 측정치를 얻음.
 - * 이처럼 반복 데이터를 얻는 것은 성능특성치에 대한 잡음(외부, 내부 또는 제품간)이나 제어하기 어려운 변량인자(블럭인자, 보조인자 등)의 영향을 파악하기 위함임.
 - * 반복 측정치를 얻는 방법은 다음의 2가지가 있음.
 - ㉠ 비제어인자들을 있는 그대로 놔둔 상태에서 특성치를 반복하여 측정하는 것임.
 - ㉡ 비제어인자들의 수준을 정하여 이들 수준조합에서 성능특성치를 측정하는 것임.
 - * 위의 실험은 2개 직교배열표가 교차되는 형태로 되며, <표 10.14>가 하나의 예가 됨.

* 제어인자들로 이루어진 직교배열을 내측배열 또는 설계변수 행렬이라고 부르고, 비제어인자들로 이루어진 직교배열을 외측배열 또는 비제어인자 행렬이라고 부름.

② 분산분석시에 성능특성치 y_{ij} (i 번째 행의 j 번째 데이터)에 대하여 분석하지 않고 y_{ij} 들로부터 SN비를 계산하여 SN비를 새로운 특성치로 삼아 분석을 실시하는 것이 특징임.

* 앞에서 살펴본 SN비의 정의와 같이 하여 SN비를 계산함. SN_i 는 i 행의 SN비 값을 말하고, n 은 각 행에서의 반복수임.

$$\textcircled{㉠} \text{ 망소특성인 경우 : } SN_i = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 \right) \quad (10.28)$$

$$\textcircled{㉡} \text{ 망대특성인 경우 : } SN_i = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{1}{y_{ij}^2} \right) \quad (10.29)$$

<표 10.14> 파라미터설계의 기본 구조

구분		내측배열 [$L_8(2^7)$]						외측배열 [$L_4(2^3)$, 반복2회]								
요인배치	인자이름	A	B	C	D	F	e_1	e_2	1	2	3	4	실험번호 열번호	수준		비제어인자배치
		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0		1		
	0								0	1	0	1	1			U
	1								0	1	1	0	2			V
	2								0	1	0	1	3			W
	열번호 실험번호	1	2	3	4	5	6	7	(품질특성 기재)				(SN비 공식기재)			
	1	0	0	0	0	0	0	0	y_{11}	y_{12}	y_{13}	y_{14}	SN ₁			
	2	0	0	0	1	1	1	1	y_{21}	y_{22}	y_{23}	y_{24}	SN ₂			
	3	0	1	1	0	0	1	1		⋮			⋮			
	4	0	1	1	1	1	0	0								
	5	1	0	1	0	1	0	1								
	6	1	0	1	1	0	1	0								
	7	1	1	0	0	1	1	0								
	8	1	1	0	1	0	0	1	y_{81}	y_{82}	y_{83}	y_{84}	SN ₈			

$$\textcircled{㉢} \text{ 망목특성인 경우 : } SN_i = 10 \log \left(\frac{(S_{m(i)} - V_i) / n}{V_i} \right) \quad (10.30)$$

* 또는 상기 식은 $S_{m(i)} = n(\bar{y})^2$ 이므로, 다음과 같이 변형되어 사용되기도 함.

$$SN_i = 10 \log \left(\frac{\{n(\bar{y})^2 - V_i\} / n}{V_i} \right) = 10 \log \left(\frac{(\bar{y})^2 - V_i / n}{V_i} \right) = 10 \log \left(\frac{(\bar{y})^2}{V_i} \right)$$

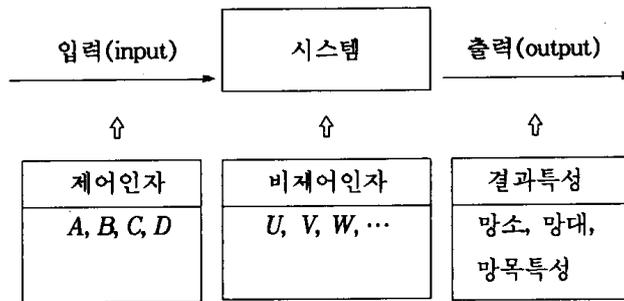
여기서, $V_i = \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 / (n-1) = i$ 번째 행의 n 개 데이터의 시료분산

$S_{m(i)} = (\sum_{j=1}^n y_{ij})^2 / n = i$ 번째 행의 n 개 데이터의 수정합

$\bar{y}_i = \sum_{j=1}^n y_{ij} / n = i$ 번째 행의 n 개 데이터의 평균

③ 제품설계나 공정설계의 대상이 되는 시스템에 대하여 [그림 10.12]와 같은 “인자·특성 관계 그림”을 만들어, 특성치에 영향을 주리라고 예상되는 가능한 모든 제어인자를 포함시키고, 비제어인자로서 잡음인자, 신호인자 등을 배치하되 너무 많지 않게 배치함.

* 비제어인자가 1개 또는 2개일 때에는 1원배치나 2원배치를 외측배열에 배치시키는 것이 좋으나, 3개 이상인 경우에는 <표 10.14>와 같이 직교배열을 배치하는 것이 좋음.



[그림 10.12] 인자·특성 관계 그림

4.2.3 파라미터설계의 방법

* 설계의 구체적인 방법에 대해서는 다음과 같이 크게 두 가지로 나누어 생각할 수 있음.

(1) 망소특성과 망대특성에 대한 파라미터설계 방법

- ① 제어인자들로 이루어진 실험을 구성함.
 - * 이때에는 주로 직교배열표가 사용되며, <표 10.14>에서와 같이 각 실험조건에서 반복 측정치가 있도록 함.
- ② 각 실험조건 of 반복측정치로부터 SN비를 계산함.
- ③ SN비에 대한 분산분석(또는 간이분석)을 통하여 SN비에 영향을 미치는 제어인자를 찾음.
- ④ 위의 ③에서 찾은 유의한 제어인자들의 최적수준은 SN비를 최대로 하는 수준조합이 됨.
 - * SN비에 유의한 영향을 주지 못하는 제어인자는 경제성, 작업성 등을 고려하여 적절한 수준을 선택함.
- ⑤ 위의 ④에서 구한 최적수준조합에서 특성치의 모평균을 추정하여 보고, 확인실험을 실시하여 재현성이 있는가를 조사함.

(2) 망목특성에 대한 파라미터설계방법 [품기1회]

- ① 위의 ①과 동일(제어인자들로 이루어진 실험 실시).
- ② 각 실험조건 of 반복측정치로부터 SN비를 계산함.
- ③ SN비에 대한 분산분석(또는 간이분석)을 통하여 SN비에 유의한 영향을 주는 제어인자를 찾아냄.
- ④ 각 실험조건에서의 평균 \bar{y}_i 들에 대한 분산분석(또는 간이분석) 등을 통하여 \bar{y} 에 영향을 주는 제어인자를 찾아냄.
 - * ③과 ④의 분석을 실시하여 다음과 같이 3가지로 제어인자를 분류할 수 있음.

예제 10.3 PC(개인용 컴퓨터)의 개발단계에서 스위치를 켜올 때 화면이 착오없이 기능을 잘 발휘하도록 하는 신뢰도를 높이기 위하여 다음의 PC제어인자를 가지고 실험하고자 한다.

A (부품의 종류) : A_0 =현재 사용하는 것, A_1 =신제품 I, A_2 =신제품 II

B (회로의 종류) : B_0 =현재 사용하는 것, B_1 =회로 M형, B_2 =회로 N형

C (사용전력) : C_0 =현재 사용전력의 -50%, C_1 =현재사용전력, C_2 =현재 사용전력의 +50%

D (방진방법) : D_0 =현재방법, D_1 =개선안 I, D_2 =개선안II

실험은 까다로운 사용조건을 만든 상태에서 100회 실험을 실시한 중에 올바르게 작동한 횟수를 세어 기록한 것임. 실험조건은 다음의 [표 1]과 같이 $L_9(3^4)$ 형을 사용하였다.

[표 1] PC 신뢰성실험 데이터

인자배치	A	B	C	D	데이터	SN비
열번호 실험번호	1	2	3	4	100회 중 작동한 횟수	$SN_i = -10\log(\frac{1}{p_i} - 1)$
1	0	0	0	0	57	1.224
2	0	1	1	1	94	11.950
3	0	2	2	2	60	1.761
4	1	0	1	2	58	1.402
5	1	1	2	0	98	16.902
6	1	2	0	1	60	1.761
7	2	0	2	1	83	6.886
8	2	1	0	2	88	8.653
9	2	2	1	0	72	2.126
합 계					660	52.665

* 실험번호 1번에서는 $A_0B_0C_0D_0$ 조건에서 100회 실험을 실시한 결과 작동이 양호한 것이 57회, 불량한 것이 43회로 1의 데이터가 57개, 0의 데이터가 43개가 있는 망대특성 결과이다.

* 따라서 합격율 p_1 은 $p_1 = \frac{1\text{의 개수}}{\text{실험횟수}} = \frac{57}{100} = 0.57$

* 그리고, SN의 값은 $SN_1 = -10\log(\frac{1}{p_1} - 1) = -10\log(\frac{1}{0.57} - 1) = 1.224$ 로 계산된 것임.

기타의 SN비도 동일한 방법으로 구한 것임.

* SN비의 값이 크면 클수록 합격률은 높은 것이며, SN비에 대하여 분산분석을 실시하여 유의한 인자들과 최적조건을 찾아 보아라.

해설

(1) 우선 인자 수준별로 SN비의 합을 구해 보면 다음 [표 2]와 같음.

[표 2] 인자 수준별 SN비의 합

수준 \ 인자	A	B	C	D
0	14.935	9.512	11.638	20.252
1	20.065	37.505	15.478	20.597
2	17.665	5.648	25.549	11.816
합계	52.665	52.665	52.665	52.665

(2) 변동계산은 다음과 같이 구해짐.

$$CT = \frac{T^2}{n} = \frac{(52.665)^2}{9} = 308.178$$

$$S_A = \frac{1}{3}(A_0^2 + A_1^2 + A_2^2) - CT = \frac{1}{3}[(14.935)^2 + (20.065)^2 + (17.665)^2] - 308.178 = 4.392$$

[참조] 1/3에서 숫자 3은 A의 각 수준별 데이터수 3을 의미함(수준은 3수준임)

$$S_B = \frac{1}{3}[(9.152)^2 + (37.505)^2 + (5.648)^2] - 308.178 = 201.489$$

$$S_C = \frac{1}{3}[(11.638)^2 + (15.478)^2 + (25.549)^2] - 308.178 = 34.410$$

$$S_D = \frac{1}{3}[(20.252)^2 + (20.597)^2 + (11.816)^2] - 308.178 = 16.415$$

$$S_T = S_A + S_B + S_C + S_D = 4.392 + 201.489 + 34.410 + 16.415 = 256.779$$

(3) 분산분석표 작성 및 F -검정

[표 3] PC 데이터의 분산분석표

요인	SS	DF	MS	F_0	$F_{0.95}$
A	4.392	2	-		
B	201.489	2	100.745	45.12*	19.0
C	34.410	2	17.205	7.70	19.0
D	16.415	2	8.208	3.68	19.0
(E)	(4.392)	(2)	(2.233)		
T	256.779	8			

(4) SN비의 최적조건 및 추정

* 분석결과는 B 인자만이 유의하나 C 인자도 무시할 수 없을 정도로 F_0 값이 크기 때문에, B, C에 대한 최적조건을 구하여 보도록 함.

B, C 인자의 수준조합에서의 합으로부터 B_1, C_2 가 최적조건이 됨.

* SN비의 추정값은 A와 D인자에 대해서는 경제성과 작업성을 고려하여 현재 사용하고 있는 A_0, D_0 을 쓸 경우에 최적수준조합은 $A_0B_1C_2D_0$ 이고, 이 조건에서의 SN비의 추정값은 다음과 같이 됨.

$$\hat{\mu} = \bar{A}_0 + \bar{B}_1 + \bar{C}_2 + \bar{D}_0 - 3\bar{T} = \frac{14.935}{3} + \frac{37.505}{3} + \frac{25.549}{3} + \frac{20.252}{3} - 3 \times \frac{52.665}{9} = 15.192(\text{dB})$$

* 현재의 사용조건은 $A_0B_0C_1D_0$ 인데, 이 조건에서의 SN비의 추정값은 다음과 같음.

$$\hat{\mu} = \bar{A}_0 + \bar{B}_0 + \bar{C}_1 + \bar{D}_0 - 3\bar{T} = \frac{14.935}{3} + \frac{9.512}{3} + \frac{15.478}{3} + \frac{20.252}{3} - 3 \times \frac{52.665}{9} = 2.504(\text{dB})$$

(5) 결과의 정리

* SN비의 증가는 $15.192-2.504=12.668$ 로서, 이 만큼 개선된 것임. 이와 같은 품질개선은 합격률로써 비교하여 보면 다음과 같음.

$$\text{현재품의 SN비} = -10\log\left(\frac{1}{p}-1\right) = 2.054 \rightarrow P=0.640$$

$$\text{개선품의 SN비} = -10\log\left(\frac{1}{p}-1\right) = 15.192 \rightarrow P=0.971$$

[참조] 오메가변환표 $dB = -10\log\left(\frac{1}{p}-1\right)$ 로부터

$$dB=2.054 \rightarrow P=64\%, \quad dB=15.192 \rightarrow P=97.1\%$$

* 따라서 합격률이 64.0%에서 97.1%로 향상된 결과를 얻게 됨.

5. 기출·예상 문제 및 착안점

[I] 공장관리기술사[품질기출문제편] 제10장 기출문제

01 Taguchi 방법에 대한 기본철학(philosophy)은 무엇인지 6가지로 구분하여 설명하시오.
(2010년도)

☞ 힌트 : 본문 『1.1.2 다구치 품질관리 특징』해설 참조

[참고] 한국산업인력공단 시행 시험인 2012년도부터의 기출문제에 대한 해설은 제12장부터 최근 기출문제로서 별도로 정리·해설됨.

[힌트] 최근 년도에 제10장 관련 문제가 자주 출제되고 있으므로 최근 기출문제 참조요함.

[II] 공장관리기술사[품질기출문제편] 제9장 예상문제

1. 품질관리기술사 [실험계획법편] 기출문제 참조

☞ CPEDU 아카데미(www.cpedu.com) 품질기술사 안내코너에 기출문제 게시중

☞ 품질기술사 관련 기출문제를 분석후 본서 제10장 본문에 반영시켜 기술됨