Journal of the KSQC
Vol. 7, No. 2, (1979)

製品規格中心의 管理図에 관한 考察
(A Study on the Specification-Oriented Control Chart)

金 光 燮*

Abstract

The Specification-Oriented Control Chart is obtained by moving from the tolerance limits toward the center line. And when chart are based on center lines, no automatic tie-in with tolerance is provided.

The author recomend the Sepcification-Oriented Control Chart in instances where tolerance limits on the individual unit or product must be met.

1. 序 論

製造工程의 変動을 異常原因과 우연원인으로 区分하고, 異常原因을 除去함으로써 工程을 安定 状態로 이끌기 위한 視覚的 技法으로서 W. A. Shewhart에 의하여 1920年代에 고안된 管理図技法은 現在에도 現場에서 가장 많이 쓰이고 있으며, 重要한 品質管理 技法中의 하나로 되어 있다.

그러나 이러한 Shewhart의 管理図는, 製造工程의 統計的 管理状態如否를 判断하는 管理限界線 算定의 근거를 現在의 工程能力($\bar{\bar{x}}$, $\bar{R}$, $\bar{P}$ 등)에 두고 있기 때문에 設計品質인 製品規格(specification), 혹은 나아가서는 製品의 合格·不合格如否와는 直接的인 連関性을 맺지 못하는 短点을 갖고 있다.

本 研究는 特히 製品을 他会社에 納品하는 下請会社의 성격을 갖는 工場이나 許容公差(tolerance)를 벗어난 製品을 적극적으로 防止하여야만 하는 工程에서 上記한 短点을 補完할 수 있도록 N. L. Enrick 등에 의하여 提案된 「製品規格中心 管理図」(specification-oriented control chart)[1]의 統計學的 理論과 適用上의 問題点 등을 論하고자 한다.

2. 製造工程中心 管理図의 特性과 問題点

製品規格中心 管理図를 論하기전에, 먼저 従來에 使用되고 있는 「製造工程中心 管理図」(process-oriented control chart)에 대한 特性과 諸問題点을 事例로서 살펴보기로 한다.

〈事 例〉

지금, 어떤 鉄鋼製品을 納品하고 있는 会社에서 이 製品의 硬度(hardness)를 管理하고자 $\bar{x}-R$ 管理図를 適用하고 있다. 이 製品의 硬度에 대한 規格은 45±3 (Rockwell Hardness, C-scale)로 규정되어 있다. 約 10日間에 매일 n=4 個씩 뽑은 데이터는 〈Table 1〉과 같았다.

* 亜洲工科大學 工業経営学科 教授

〈Table 1〉 $\bar{x}$－R 관리도 자료표

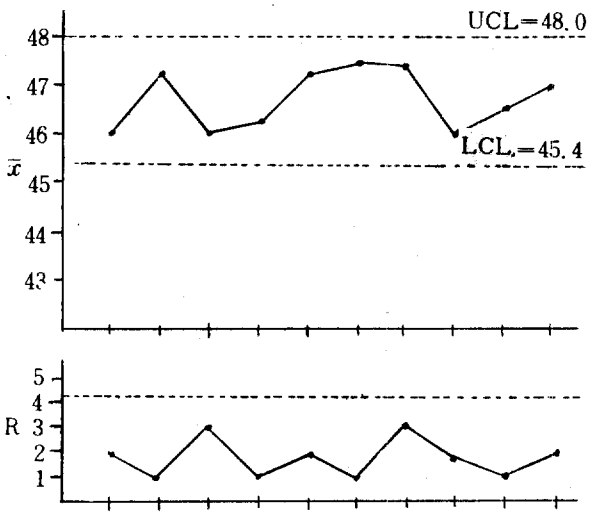
일자	시료군의 번 호	측 정 치 x_1	x_2	x_3	x_4	계 Σ	평균치 $\bar{x}$	범위 R	적 요
10/2	1	47	46	46	45	184	46.00	2	
4	2	47	48	47	47	189	47.25	1	
5	3	44	46	47	47	184	46.00	3	
6	4	47	46	46	46	185	46.25	1	
7	5	47	48	48	46	189	47.25	2	
10	6	47	47	48	48	190	47.50	1	
11	7	47	49	48	46	190	47.50	3	
12	8	46	47	45	46	184	46.00	2	
13	9	46	47	47	46	186	46.50	1	
14	10	47	48	47	46	188	47.00	2	
						Σ	467.25	18	

위의 데이터로 $\bar{x}$－R 관리도를 作成하면 〈Fig. 1〉과 같다. 즉,

$$\begin{cases} \bar{\bar{x}} = 467.25/10 \fallingdotseq 46.7 \\ \bar{R} = 18/10 = 1.8 \end{cases}$$

$$\begin{cases} UCL_{\bar{x}} = 46.7 + 0.73 \times 1.8 \fallingdotseq 48.0 \\ LCL_{\bar{x}} = 46.7 - 0.73 \times 1.8 \fallingdotseq 45.4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} UCL_R = 2.28 \times 1.8 \fallingdotseq 4.1 \\ LCL_R = 0 \end{cases}$$



〈Fig. 1〉 $\bar{x}$—R 관리도(process－oriented control chart)

製品規格과 関連을 맺지 말고 볼 때 위 관리도에서는 아무런 異常的인 現象을 발견할 수가 없다($\bar{x}$, R 관리도가 모두 安定状態임). 그러나 $\bar{x}$ 값이 許容公差의 上限(45+3=48)에 接해 있는 것들이 매우 많으며, 더욱이 下限許容公差(42)가 주어져 있는데도 $LCL_{\bar{x}}$=45.4나 됨은 不合理한 内容이 되어 管理図의 管理限界線(UCL, LCL)이 製品規格과는 아무런 連関됨이 없게 되어있다.

즉, 従来의 工程中心 管理図로서는 그 限界線만으로서 製造에 있어서의 目標品質水準(μ 및 σ에 대한)을 定하는데 큰 도움이 되지 못함을 示唆하며, 더욱이 他会社에 納品코자 할 때는 不合格品이 어느程度나 되는지 推測할 수 없다. 물론 管理図上에 一般的인 管理限界線外에 規格의 公稱値와 許容公差를 함께 表示하는 方法이 있으나, 이것은 補助的인 方法에 불과하며 充分치 못한 解析이 된다.

3. 製品規格中心 管理図의 適用

앞에서 論議한 問題들을 解決하기 위하여 다음에 말하는 specification－oriented control chart 技法을 導入해 보기로 한다.

一般的으로 平均 μ 로 부터 $\pm 3.1\sigma$ 정도를 管理限界線으로 잡으면 第1種의 과오 α는 거의 없게된다(실제는 約 0.1%). 그러므로 α과오를 없게 하자면 UCL 및 LCL은 各各 tolerance$\mp 3.1\sigma$ (부호 同順)로 잡는 것이 옳다. 그러나 실제로 이것은 무리한 要求가 될 것이므로 α=2.3%로 한다면, 약 $1.1\sigma/\sqrt{n}$ 정도의 許容値(allowance)를 주어야 한다. (즉, $2\sigma/\sqrt{n}$)

따라서 規格中心 管理図의 管理限界線은 다음 式에 의하여 구할 수 있다.

$$\begin{cases} UCL_{\bar{x}} = \text{Upper tolerance} - (3.1\sigma - 2\sigma/\sqrt{n}) \\ \qquad = \text{Upper tolerance} - (3.1 - 2/\sqrt{n})\sigma \\ LCL_{\bar{x}} = \text{Lower tolerance} + (3.1 - 2/\sqrt{n})\sigma \end{cases}$$

그런데 관리도에서 σ의 推定値 σ는 $\bar{R}/d_2$가 된다. 따라서 UCL, LCL은 各各,

$$\begin{cases} UCL_{\bar{x}} = \text{Upper tolerance} - (3.1 - 2/\sqrt{n})\bar{R}/d_2 \\ LCL_{\bar{x}} = \text{Lower tolerance} + (3.1 - 2\sqrt{n})\bar{R}/d_2 \end{cases}$$

가 된다. 여기서, $1/d_2$은 試料群의 크기 n에 의하여 決定되는 修正係数로서 〈Table 2〉에 表示하는 바와 같다.

〈Table 2〉 管理図用 係数表($1/d_2$)

n	$1/d_2$	
	計 算 値	概 算 値
2	0.8865	0.89
3	0.5907	0.59
4	0.4857	0.49
5	0.4299	0.43
6	0.3946	0.39
8	0.3512	0.35
10	0.3249	0.32
12	0.3069	0.31
15	0.2880	0.29
20	0.2667	0.27
25	0.2544	0.25

그런데, 上記한 数式에서, 群의 크기 n이 주어지면 $(3.1-2/\sqrt{n})/d_2=F_s$를 미리 계산하여 table化할 수 있게 된다 (〈Table 3〉參照).

〈Table 3〉 管理図用 係数表(F_s)

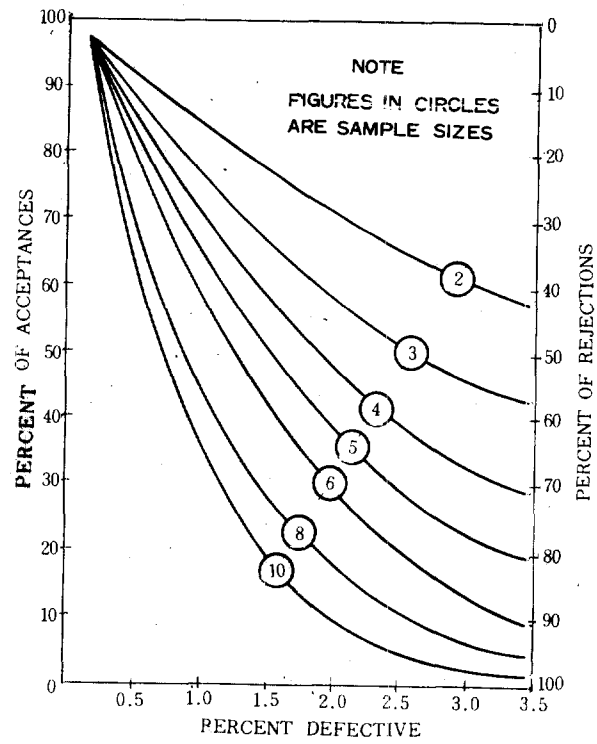
n	F_s	
	計 算 値	概 算 値
2	1.49	1.5
3	1.14	1.1
4	1.02	1.0
5	0.94	0.9
6	0.90	0.9
8	0.84	0.8
10	0.80	0.8
12	0.77	0.8
15	0.74	0.7
20	0.71	0.7

또한 製品規格中心 管理図의 OC 곡선을 보면 〈Fig. 2〉와 같다.

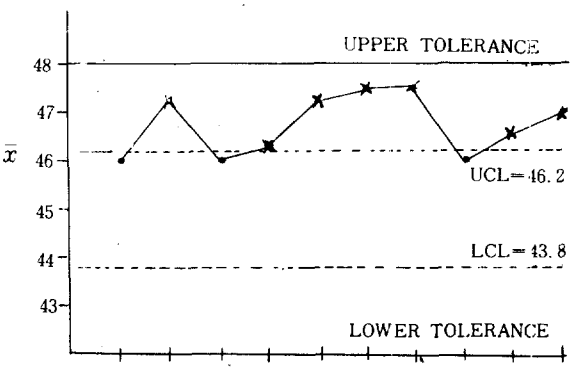
앞에서 提示한 데이터에 의하여 specification-oriented control chart의 $UCL_{\bar{x}}$와 $LCL_{\bar{x}}$를 계산하면,

$$\begin{cases} UCL_{\bar{x}}=48-1.02\times1.8\fallingdotseq46.2 \\ LCL_{\bar{x}}=42+1.02\times1.8\fallingdotseq43.8 \end{cases}$$

이에 대한 $\bar{x}$ 관리도는 〈Fig. 3〉과 같다.



〈Fig 2〉 Operating Characteristics of specification-oriented control charts



〈Fig. 3〉 $\bar{x}$ 관리도 (Specification-oriented control chart)

工程(能力)中心 管理図(〈Fig. 1〉)에서는 아무런 異常点을 発見할 수 없었으나, 〈Fig. 3〉에서 보는 바와 같이 거의 대부분의 点들이 out of control이 되어 있다. 즉, 이 상태의 製造工程에서는 도저히 製品規格에 맞추어 生産할 수 없으며, 따라서 他会社 혹은 다음의 工程에서 쓸 수 없는 製品(部品)들이 만들어지고 있다고 할 수 있다.

따라서 $\bar{x}=\hat{\mu}$ 을 spec. 의 公稱値 쪽으로 낮추는 努力이 절대적으로 必要하다. 그리고 特히, 위 관리도에서 out of control이 그렇게 많이 나타나게 된 原因으로서 $\bar{R}\rightarrow\hat{\sigma}$ (群內散布 즉 精密度)가 過多하게 큼을 指摘하여야 한다.

만약, 精密度 있는 좋은 製品들을 生産하였더라면 〈Fig. 3〉에서와 같이 upper tolerance 및 lower tolerance로 부터 안쪽으로 깊이 들어가지 않더라도 $\alpha=2.3\%$를 滿足하면서도 적은 數의 点들만이 管理한계선밖으로 나가게 될 것이다.

例를 들어 위의 事例에서 $\bar{R}=0.9$(실제값 1.8의 $\frac{1}{2}$) 程度이었다면,

$$\begin{cases}UCL_{\bar{x}}=48-1.02\times0.9=47.1\\LCL_{\bar{x}}=42+1.02\times0.9=42.9\end{cases}$$

로써 限界線의 幅이 훨씬 넓어진다.

또 반대로, R=3.0 이라면,

$$\begin{cases}UCL_{\bar{x}}=45.0\\LCL_{\bar{x}}=45.1\end{cases}$$

이 되어 UCL, LCL 의 設定이 不可能해 진다. 이런 때에는 品質散布의 主要素인 4 M (Men, Machines, Materials, Methods) 중의 一部 혹은 그 전부를 改善 또는 대체하지 않으면 specification- oriented control chart 를 適用하는 것에 아무런 意義가 없게 될 것이다. (억지로 適用하려면, 規格보다 적은 製品 혹은 큰 製品들 중 어느 한쪽만을 적극적으로 防止하려는 方向으로 管理限界線을 設定하는 方法을 생각할 수 밖에 없다)

4. 結 論

以上에서 우리가 從来에 使用하던 Shewhart의 "製造工程中心 管理図"와 새로운 "製品規格中心 管理図"에 대한 特性과 그 適用範囲 등을 論議하였다.

製品規格에 근거를 둔 관리도는 제품의 性格이 他会社에 納品을 하는 것이라든가, 中間工程에서 우리가 管理하려는 特性에 의한 不良品 발생을 적극적으로 防止해야만 되는 경우에, 工程能力에 기반을 두고 있는 Shewhart의 관리도 보다 더욱 有用하게 쓸 수 있었다. 특히, 管理図를 사용하면서 얻은 情報를 샘플링檢査時의 合否判定 基準設定에도 이용할 수도있는 利点이 있다.

그러나 위와 같은 製品上의 特性을 갖지 않는 現場에 있어서는 자칫하면 「過剩的인 管理」가 될 염려도 있으며, 会社의 実情上 더 이상의 能力向上이 곤란할 때에는 앞에서 論한 바와 같이 本 製品規格中心의 관리도에 의한 管理限界線은 그 有用性을 欠如하게 될 것이며, 이런 때에는 納品處 혹은 会社內의 設計部署와 함께 specification 自体를 再検討하는 方案을 생각해 볼 必要도 있을 것이다.

REFERANCES

1. Enrick, N. L. ; Quality Control and Reliability, Industrial, Press Inc., 1972.
2. Bowker, A. H. and Lieberman, G. J. ; Engineering Statistics, Prentice-Hall, Inc., 1972.
3 Kirckpatrick, E. G., Quality Control for Managers and Engineers, John Wiley & Sons. Inc., 1970.
4. Juran, J. M. : Quality Control Handbook (3 rd. Ed.), McGraw-Hill., 1974.,