다구찌의 품질특성 측정에 대한 고찰과 사례 연구

Study on establish for unit of measure for Quality Feature

박 노 국* · 이 상 복**

Abstract

In this Paper, We study on establish for unit of measure. Quality means abstract for customer needs. we surveyed unit of measurement of quality feature of Juran, Taguchi, 6 sigma method. We suggest unit of measurement of quality feature. Each enterprise can use defining own unit of measurement of quality feature. Effect is expected in enterprise that these proposals do quality control. There is meaning in direction that measuring mean of quality feature that propose in this treatise understands actuality to be deeply and reconcile exact point of theory.

Key words: unit of measure, quality feature of Juran, measuring mean of quality

1. 서 론

이 논문에선 우리는 품질 특성을 측정하는 측정 정의에 대하여 살펴본다. 품질 특성 측정은 오래된 품질의 문제 중 하나이다. 공학적 특성은 정확하게 수치로 측정할 수 있는 센서 등의 발전되어 있어 고객과 관련된 품질문제가 명확하게 정의되어 의사소통에 문제가 없다. 그러나 추상적인 품질특성이나 품질통제가 다른 부서에서는 측정 방법을 만들어야 한다. 이러한 일반적인 문제를 살펴보고 새로운 기법을 제안한다(이상복 2004).

2장에선 쥬란, 다구찌 등 기존 연구된 측정 문제를 살펴보고, 3장에서 측정 아이디어를 제안하고 4장에서 결론을 내린다.

* 상지대학교 경영정보학과 교수

** 서경대학교 산업공학과 교수

2. 품질특성치 측정 고찰

2.1 쥬란의 품질특성 측정에 대한 고찰

좋은 품질 계획은 고객과 구매자간의 정확한 의사소통이 필요하다. 본질적으로 중요한 몇 몇 정보는 단어로 적당하게 전달된다. 하지만, 산업사회는 품질과 관련된 정보의 의사소통에 더욱더 정밀성을 요구한다. 고도의 정밀도는 '수'로 전달할 때 가장 잘 전달된다.

예로 고객이 '즉각' 서비스를 요구하면, '즉각'이 의미하는 것이 시간단위 혹은 날자로 표현되는지는 정밀한 의사소통에 꼭 필요하다. '수'로 말하는 것은 '측정 단위', '센서'로 이루어져 측정한다.

측정은 품질과 관련된 경제적 고려사항으로 다른 현상을 다루는데 도움이 된다. 예로 품질 가치, 품질 시장성, 경쟁 제품의 품질, 유지 품질비용, COPQ 등이 있다(본 절은 쥬란의 Juran on Planning for quality(1988)의 5장 6장의 내용을 요약한 것이다).

2.1.1 측정 단위의 범위

품질 특성은 기술, 부서, 관리 등 품질을 활용하는 넓은 범위에서 활용된다. 다양한 품질 특성을 나타내기 위해서 측정 단위의 범위도 마찬가지로 다양하게 정의된다. 측정 단위의 몇 종류를 살펴보자.

첫번째 종류는 기술적 수준이다. 이들 측정 단위의 몇 개는 현장사람들에게 친근하다. 예로 품질 특성이 거리이면, 측정 단위는 km로 나타낸다. 현장 사람에게 친숙하지 않은 기술적 측정 단위도 많다. 이들은 기술자들에겐 잘 알려진 것들이다. 예로 품질 특성이 열량이면, 측정단위는 쥬울을 사용한다.

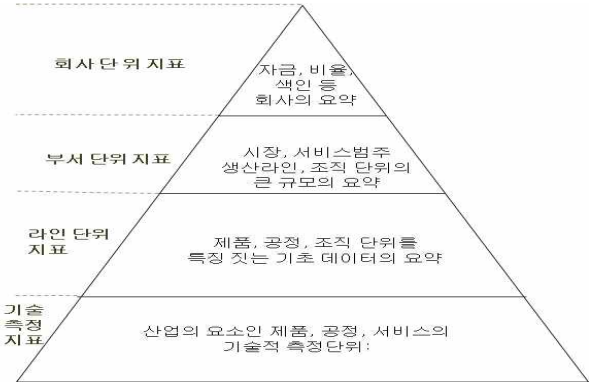
두번째 측정 단위의 종류는 생산 효율성에 관련된 것이다. 예로 품질 특성이 서비스 시간 이면, 측정단위는 시간(hour), 날자를 사용한다.

세번째 측정 단위의 종류는 실수와 실패에 관련된 것이다. 예로 품질 특성이 제품 속에 포함된 불량 이면, 측정단위는 %, PPM을 사용한다.

네번째 측정 단위의 종류는 기능부서 성과 측정을 포함한다. 예로 품질 특성이 생산 이면, 측정단위는 생산비용의 달러당 실패 품질 비용를 사용한다.

다섯번째 측정 단위의 종류는 상위 경영 수준의 품질 특성을 포함한다. 이 종류에서 흥미는 상대적으로 최근 현상을 나타낸다. 예로 품질 특성이 시장에서의 경쟁력이면, 측정단위는 선도 경쟁사의 생산 성과 비율를 사용한다.

여섯번째 측정 단위의 종류는 품질과 관련된 활동으론 관리자 성과 개발과 관련된 것이다. 측정 단위의 이들은 가끔 부서 품질 성과 측정에서 사용된 것들과 일치한다. 즉, 불량 없는 제품 비율, 운영비용대 실패 품질 비용 등이 있다. 때로는 관리자의 성과 측정은 특별한 행위를 했는지 측정한다. 예로 품질 관련된 훈련 비용 같은 것들이다.



<그림 1> 단계별 품질 특성의 측정 단위

2.1.2 이상적인 정의

모든 측정 단위는 정밀한 정의가 필요하다. 기술적 품질 특성은 특별히 정확하게 정의되나 대부분 다른 종류의 측정 단위는 특별히 정확하게 정의할 필요는 없으나, 의사소통을 정확하게 하기 위해서 충분히 정확하게 정의되어야 한다.
우리가 측정한 것 대부분은 변종이다. 측정 단위에 '에러' 단어가 포함된다면, '에러' 단어를 어떻게 세는지, 어떻게 생략하는지 동의할 수 있게 충분히 정밀하게 정의해야 한다. 이상적인 정의가 되기 위해선 다음과 같이 6가지를 제안했다.

(1) 의사결정을 위한 기본 자료를 제안해야 한다.
(2) 이해 가능해야 한다.
(3) 널리 사용되어야 한다.
(4) 의심 없이 일정하게 번역(해석)되어야 한다.
(5) 적용하는데 경제적이어야 한다.
(6) 기존의 센서설계와 호환이 되어야 한다.
이상의 6가지가 갖추어지면 이상적인 품질측정 단위로 불리워진다.

2.2 다구찌의 품질특성 측정에 대한 고찰

2.2.1 다구찌의 특성치

다구찌는 특성치를 선정할 때, 다음과 같이 3가지를 제안했다.

첫째, 특성치는 가능한 상류나 원류단계를 측정하라. 원류단계의 특성치는 대개 동특성을 갖는다.

둘째, 특성치는 기본기능을 정확하게 측정할 수 있는 특성치를 선정한다.

셋째, 불량률 등 계수치 데이터는 가능한 특성치로 정하지 않는다. 하류단계의 특성치는 대개 계수치를 갖는다. 하류 단계에선 별로 개선할 것이 없다.
특성치는 분류하면 크게 동특성과 정특성으로 나눈다. 동특성은 다시 능동적 동특성과

수동적 동특성으로 나눈다. 능동적 동특성은 신호인자를 임으로 바꾸고 그에 따를 출력을 원하는 것이다. 예로 자동차 핸들은 운전자가 수시로 바꾸는 경우이다. 이때 자동차 방향은 핸들에 바뀌어 진다.

수동적 동특성은 신호인자를 임의로 바꾸지 않는 경우이다. 예로 냉장고의 자동냉동장치는 냉장고 속의 온도가 일정한 수치 이상이면 자동으로 돌아가는 경우이다.

정특성은 크게 망소(望小), 망대(望大), 망목(望目), 계수치 데이터가 있다. 망소특성은 음수가 아니며 작을수록 좋은 특성이다. 자동차의 배기가스 같은 것은 작을수록 좋다. 망대특성은 음수가 아니며 클수록 좋은 특성으로, 자동차의 안전도, 화학물질의 순도 같은 경우이다. 망목특성은 어떤 유한한 목표값이 있고, 목표값보다 작아도 커도 만족스럽지 못한 특성이다. 예로 100g 치약은 정확하게 100g을 담는 것이 중요하다. 계수치 데이터는 백분율로 나타내여 망소, 망대의 특성을 갖는다. 0%에서 100%까지의 값으로 표현된다. 이를 <표 1>과 같이 나타낸다.

품질 개선을 위해선 계수치 보단 계량치가 좋다. 예로 만약 군대에서 포탄 1,000개를 납품 받는다고 할 때, 계수치로 관리하면 각 포탄을 전수검사하여 합격 불합격만으로 판정하게 된다. 그 경우 만약 불량품이 10개라면 1% 불량률의 성적표를 준다. 특성치가 계수치로 불량률을 나타내면 협력업체 공정의 현재 생산 능력에 대한 정보를 주지 못한다. 그러나 계량치로 모든 부품을 측정하였으면, 1,000개 부품의 중심치, 산포 등의 정보를 제공하여주여 부품 개선을 할 수 있는 품질 정보를 제공하게 된다.

<표 1> 특성치 분류

특성 분류	계량 계수	특성	예
동특성	계량치	능동적	자동차 핸들 자동현금인출기
		수동적	냉장고 자동온도 조절
정특성	계량치	망소	유해 배기까스
		망대	강도, 신뢰성
		망목	규격제품, 100g 치약
	계수치	망소	불량율
		망대	양품율

2.2.2 다구찌의 SN비

다구찌 기법의 성공은 다구찌 기법의 목적에 맞게 측정한 SN비의 제공에 있다고 할 수 있다. 다구찌 기법의 목적은 잡음에 강한 설계를 하는 것이다. 생산현장은 재료의 다양함, 작업자의 부주의, 통제할 수 없는 외부환경 등 제어할 수 없는 조건이 너무 많다. 다구찌 기법은 이러한 잡음에 대한 오차를 없애거나 줄이려는 목적보다는 잡음의 영향을 받지 않으려는데 있다. 즉, 제어할 수 있는 영향력이 강한 인자를 찾아내어 이 인자들의 영향력을 최대로 하여 잡음의 영향력을 최소로 하는 것이 다구찌 기법의 강건설계(Robust Design)이다. 강건설계된 제품은 경비의 손실을 최소화한다. 불량품이 줄고 이로 인한 상품반환이나 교환 등이 줄어들기 때문이다. 이러한 강건설계에 필요한 기법이 SN(Signal & Noise)비다.

$$\text{SN비} = \frac{\text{신호의 힘}}{\text{잡음의 힘}}$$

$$= \frac{\text{신호입력이 산출물에 전달된 힘}}{\text{잡음이 산출물에 전달된 힘}}$$

$$= \frac{\text{모평균 제곱의 추정값}}{\text{분산의 추정값}}$$

SN비는 통신부문에서 신호(signal) 대 잡음(noise)을 뜻한다. SN비의 단위는 통신에서 사용하는 데시벨 (db) 단위를 사용한다. SN비는 높을수록 좋다. 제품의 특성에 따라서 SN비에 대한 정의가 다르다. 평균이 같은 두 집단에서 분산이 작을수록 SN비는 높다.

다구찌 기법을 위한 SN비를 연구하는 인자는 크게 SN비를 구하기 위한 신호(조정)인자와 잡음(오차)인자, SN비를 비교하기 위한 제어인자와 표시인자로 나눌 수 있다. 다구찌 SN비 공식을 정리하면 <표 2>과 같이 나타낼 수 있다(이상복 2001, 2003, 2008, 장기일 2004).

<표 2> SN비 공식

특성	계량 · 계수치	구분		SN비 공식
정특성	계량치	망소		$SN = -10\log_{10}\sum_{i=1}^{n}\frac{y_i^2}{n}$
		망대		$SN = -10\log_{10}\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{y_i^2}$
		망목	산포만 고려	$SN = 10\log(\bar{y}^2/V)$
	계수치	2조 분류	p가 불합격률(망소)	$SN = -10\log(p)$
			p가 합격률(망대)	$SN = -10\log(\frac{1}{p}-1)$
		3조 이상 분류 (망소, w_i는 가중치)		$SN = -10\log\left[\frac{\sum_{i=1}^{k} w_i^2 n_i}{n}\right]$
동특성	계량치	제로점 비례식 ($y = \beta M$)		$SN = 10\log\left[\frac{\frac{1}{r^*}(S_\beta - V_e)}{V_e}\right]$
		기준점 비례식 $y - y_s = \beta(M - M_s)$		$SN = 10\log\left[\frac{\frac{1}{r^*}(S_\beta - V_e)}{V_e}\right]$
		1차식 비례식 $y = \alpha + \beta M$		$SN = 10\log\left[\frac{\frac{1}{r^*}(S_\beta - V_e)}{V_e}\right]$

2.3 식스 시그마에서 측정

식스 시그마의 문제 해결단계인 정의(Define)-측정(Measure)-분석(Analysis)-개선(Improve)-관리(Control)단계 중에서 측정단계에서 측정을 한다. 식스시그마 전체 문제 해결 과정중 측정단계에서 대부분 측정하게 된다. 개선 전과정을 프로세스 과정으로 인식하면, 프로세스 분석으로 단순한 방법 중 하나가 SIPOC이다<그림 2>. SIPOC는 Supplier - Input - Process - Output - Customer로 나누어 분석하는 방법이다. SIPOC를 구성요소별로 설명하는 다음과 같다.

Supplier는 Input 내용을 제공하는 협력업체/관련업체 등이다.

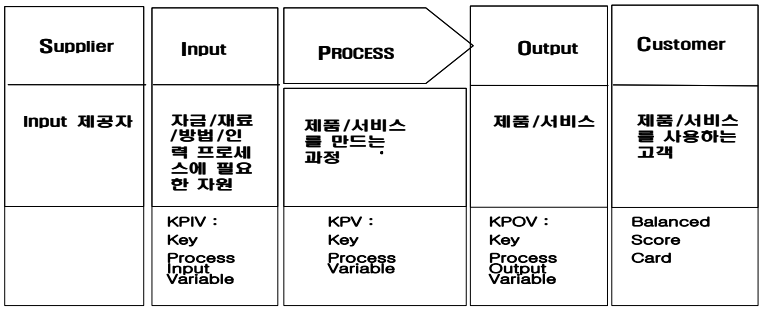
Input는 Process 수행을 위해서 제공되는 자재/기계/인력/지식/자본 등이다.

Process는 제공된 자료로 제품/서비스를 만드는 것이다. 큰 프로세스일수록 많은 작업과 많은 사람들이 관련되어 있다.

Output는 Process 결과 나타나는 제품/서비스이다.

Customer는 Output를 사용하는 고객이다.

SIPOC 과정은 프로세스 시작과 끝부분을 명시하고, 주요 Output과 Customer를 나열한다. 다음에 Input과 Supplier를 나열한다. 다음에는 주요 프로세스를 도출하고 이름 붙이고 순서대로 나열하면 된다.



<그림 2> SIPOC와 관련 변수들

각 단계 별로 관련된 변수들을 찾아보면 <그림 2>과 같이 생각할 수 있다. 식스 시그마에서 고객에게 가장 중요하여 개선 전과정을 통하여 해결해야할 지표를 CTQ(Critical to Quality)로 정하여 집중적으로 문제를 푼다(이상복 표형종 2009)

3. 품질 측정 제안

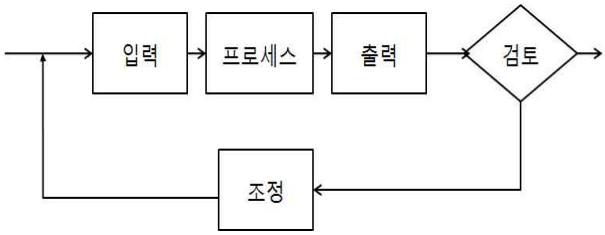
품질관리는 과정과 결과에 대한 관리이다. 과정에 대한 관리 포인트는 주로 동적으로 구성되어 있고 결과는 정적으로 구성되어 있다고 볼 수 있다. 다구찌가 정의한 동적인 지표는 특성값이 조정변수에 따라 변하는 것을 의미하였다. 이때는 특성값이 고정되지 않고 입력값에 따라 결정된다. 다구찌는 이 개념을 제품 설계시에 잡음에 강한 강건설계에서 활용하였다.
관리지표는 다양한 지표간의 관계를 찾아서 새로운 지표를 만들어 사용하는 것이다.

3.1 기술적 품질 측정값

측정값이 쥬란의 구분에 따라 1종으로 기술적 측정 단위이며 자동제어시스템으로 자체 관리될 수 있다.
y는 결과 특성값으로 다음 단계의 입력 특성값이다. 현재 관리해야하는 특성값을 x라 한다. 현재 특성값이 바로 y에 반영되지 않고 일정한 시간이 지나야 y로 측정된다. 이를 식으로 나타내면 <식 1>과 같이 나타낼 수 있다.

$y = f(x, t)$, y= 결과 특성값, x = 현재 관리 특성값, t = 시간 <식 1>

$y = f(x, t)$ 식은 역함수가 존재하지 않는다. t 시간은 뒤 돌릴 수 없기 때문이다. 이러한 시스템은 자동조절되는 시스템이다<그림 3>.



<그림 3> 자동조절시스템

쥬란의 구분으론 다구찌 동적 특성값을 1단계의 기술 단계에서 사용되는 것이다. 이 개념을 쥬란의 2단계 이상에서 활용할 수 있다. 2단계 이상은 생산과정을 관리하는 단계이다. 2단계 관리단계에선 각 생산라인별로 생산 활동의 완급을 조절하고 생산되는 제품의 품질 수준을 맞추게 조절하는 단계이다. 이러한 품질 지표는 현재까지는 특별히 존재하지 않았다.

자동조절시스템의 현재의 상태를 일정하게 유지하는 것이 목적이다. 현실은 여러 조건으로 항상 일정하기 않다(끊임없이 변동 되는 것이 현실이다). 자동조절시스템 원리는 결과가 변할 때, 결과에 영향을 주는 원인 인자의 조건을 조절하는 시스템이다. 관리도 사용의 목적도 자동조절시스템과 같다.

3.2 관리적 품질 측정값

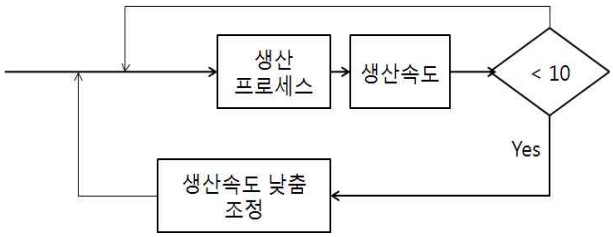
관리적 품질 측정값은 다구찌의 SN비 같은 것이다. SN비는 2개의 기술적 품질 측정값으로 만든 것이다. 평균과 분산의 조합으로 만든 것이다. 이와 같이 관리지표는 기술적 품질 측정지표의 조합으로 구성되었다. 예로 공정능력지수 ($C_p = \frac{|S_U - S_L|}{6\sigma}$), 시그마 수준(시스마수준 $= \frac{|S_U - M|}{3\sigma}$) 등이 있다.

3.2.1 기술 품질지표를 포함한 경우

기술 품질지표를 포함한 경우에는 다음과 같이 예를 들어 본다. 불량률 관리지표를 A라 한다. 불량률 관리 지표(A)는 생산속도(생산제품이 파이프 같이 m로 나타낸다는 가정을 함)와 규격 거리의 관계로 다음과 같이 정의하였다.

$$A = \frac{|S_U - S_L|}{\text{생산속도}} = \frac{T}{m/\sec} \qquad \text{<식 2>}$$

이 식의 의미는 허용 규격($S_U - S_L$) 대비 생산속도가 높아져 A의 수치가 낮아지면 불량률이 높다는 가정이다. 만약 실제 제품 결과가 이 식이 의미 있는 결과를 나타낸다면 표준지표를 만들 수 있다. A의 다양한 값에 따라 회사의 불량률과의 상관관계를 찾으면 표준 지표를 만들어 관리할 수 있다. 예로 파이프 만드는 공장의 파이프 지름



<그림 4> 지표 A의 자동조절시스템

은 100ϕ±0.5라고 하고, 평균 생산속도는 0.1m/sec 이라면, A = (100.5 - 99.5)/0.1= 10 이 된다. A가 10 이하이면 생산속도가 높은 경우로 불량률이 높아질 수 있다고 보고 생산속도를 낮추게 조정할 수 있다. 이 경우도 <그림 4>과 같이 자동제어시스템을 만들 수 있다.

3.2.2 품질지표 만을 포함한 경우

품질지표 만을 포함한 경우는 예를 들면 변동지수(=표본표준편차/표본평균)와 같이 통계량 값의 관계로 정리한 경우이다. 다구찌 SN비, Cp도 같은 방법으로 정의되었다.
양품 불량품을 논하는 품질 통계량은 정규분포를 가정하므로 평균과 표준편차의 관계로 좋은 관리 지표를 만들 수 있다. 정규분포가 아니라면 의미를 다르게 정의해야 한다.

새로운 관리지표 B는 중간관리자의 품질 성과지표로 <식 3>과 같이 정의했다고 하자.

$$B = \frac{C_p}{\left[\frac{\text{정상근무시간}}{\text{품질관련·교육에·투자한·시간}}\right]} * 100 \qquad \text{<식 3>}$$

B식의 의미는 Cp가 나쁠 때 좀 더 교육에 시간을 투자하라는 의미이다. Cp가 낮으면서 품질관련 교육 투자 시간이 낮으면 B 지표가 낮아 바람직한 방향이 아니다.

예로 어느 공자의 생산부서 과장은 한달에 평균 20일 일하고, 2일(2*8시간) 교육받는다면,

$$B = \frac{1}{\frac{20*8}{2*8}} * 100 = 10 \text{ 가된다.}$$

이 경우가 보통 기업의 기준이라면, 어느 기업의 관리자의 교육관련 품질성과지표 B를 계산하여 10보다 적으면 공정능력에 비해 교육이 부족하다고 평가할 수 있다. 이 경우는 좀 더 교육을 권장한다. 이경우도 <그림 4>와 같이 자동조절시스템으로 관리할 수 있다. 여기서 예로 든 지표 B와 같이 각 기업은 자신의 관리지표를 만들어 사용할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 품질 특성의 측정에 대하여 고찰하였다. 먼저 기존연구자들의 품질 특성에 관한 연구를 살펴봤다. 쥬란, 다구찌, 6시그마 기법에서의 활용 등을 살펴봤다. 품질특성에 대한 나름대로 제안을 하였다. 3장에서 예를 든 것을 참조하여, 각 기업은 자신의 관리할 품질 지표를 정의하고 만들어 사용할 수 있다. 이러한 제안들은 품질관리 하는 기업 등에서 효과가 기대된다.

본 논문에서 제안한 품질 특성의 측정 방법은 현실을 깊이 있게 이해하고 이론의 정확한 점을 합치하려는 방향에서 의미가 있다. 그러나 제안된 지표에 대한 객관적인 증명을 하기 위해선 현실적인 많은 예제와 이론적인 정확성을 보여 주어야 할 과제가 남아있다.