

PPM 부적합품률의 샘플링 검사 계획의 고찰

최성운*

*경원대학교 산업공학과

Review of Acceptance Sampling Plans for Parts Per Million Fraction of Defectives

Sung Woon Choi*

*Department of Industrial Engineering, Kyungwon University

Abstract

This paper is to introduce attribute acceptance sampling plan based on statistical inference of binomial proportions such as PPM or PPB.

In addition, this paper presents three variable sampling acceptance sampling plans based on C_{pm} , C_{pmk} , and Taguchi's loss function. Producers are able to consider as not only external vendors but also internal customers.

Keywords : PPM, Acceptance Sampling Plan, Binomial Proportions, C_{pm} , C_{pmk} , Loss function

1. 서론

식스 시그마는 모토롤라의 마이클 해리에 의해 품질 혁신 활동으로 시작되었으며 GE의 잭 웰치에 의해 전 업종에 걸친 경영혁신 운동으로 확산, 전개되었다.

식스 시그마 경영혁신 운동에서는 제품의 부적합품률(불량률)과 시스템 및 프로세스의 에러(Error)율을 퍼센트(%)가 아닌 PPM(Parts Per Million), PBB(Parts Per Billion) 등으로 유지, 개선하는 목표를 가지고 있다.

식스시그마 개선 프로세스는 DMAIC(Define, Measure, Analyze, Improve, Control), DIDOV(Define, Identify, Design, Optimize, Validate), DMADV(Define, Measure, Analysis, Design, Verify)등이 있으며 MINITAB 패키지를 이용하여 품질통계, 확률분포, 검추정, SPC(Statistical Process Control), MSA(Measurement System Analysis), DOE(Design of Experiment), Gage R&R (Reproducibility & Repeatability) 등의 통계적 도구를 의사소통의 수단으로 활용하고 있다.

종전의 SQC(Statistical Quality Control)품질활동에

서는 관리도와 더불어 샘플링 검사가 주로 사용되어 왔으나 PPM, PPB를 추구하는 식스 시그마 경영혁신 활동에서는 퍼센트(%)의 부적합품률과 에러율을 보증하는 샘플링 검사를 활용할 수 없게 되었다.

샘플링 검사는 구매활동에서 로트의 품질을 부적합품률로 계약하고 샘플을 채취하여 주어진 표의 샘플의 크기(n)와 합격판정갯수(A_c)에 따라 로트의 합격, 불합격을 판정하는 효율적, 경제적인 통계적 방법이다.

샘플링 검사는 데이터의 종류에 따라 계량형과 계수형 샘플링 검사로 분류되며 용도에 따라 규준형, 선별형, 조정형 검사 등으로 구분되고 샘플 조성을 위한 채취횟수에 따라 1회, 2회, 다회, 축차 검사 등으로 분류된다.

계수 선별형 1회, 2회 샘플링 검사의 종류로는 Dodge-Romig 검사가 있으며 이는 독과점 공급업체를 둔 구입자 측에서 로트의 부적합품률을 LTPD(Lot Tolerance Percent Defective)와 AOQL(Average Outgoing Quality Limit)로 계약하고 이를 어길 시 로트의 나머지를 전수선별하는 방식이다.

계수 조정형 1회, 2회, 다회 샘플링 검사의 종류로는 ANSI-ASQ Z14 : 2003, MIL-STD-105E가 있고 계량 조정형 1회 샘플링 검사의 종류로는 ANSI-ASQ Z19 : 2003, MIL-STD-414 등이 있으며 다수의 경쟁공급업체를 둔 구입자측에서 로트의 장기간 품질 즉 공정불량률을 AQL(Acceptance Quality Limit, Acceptable Quality Level)로 계약하고 납품실적에 따라 인센티브를 주는 엄격도 조정규칙의 특징을 지니고 있다.

OC(Operating Characteristics)곡선은 위 두가지의 선별형과 조정형의 특징을 모두 나타낼 수 있다. 즉 공급자는 AQL을 구입자는 LTPD를 계약하고 샘플링오차에 따른 공급자 위험 α 와 구입자 위험 β 를 규정하여 실시하는 검사이다.

본 연구에서는 식스 시그마 활동을 추진하는 기업에서 제조품질의 부적합품물과 시스템 및 프로세스의 에러율을 PPM 또는 PPB의 목표로 개선을 취하는 경우 효율적으로 사용할 수 있는 계수형, 계량형 샘플링 검사를 제안한다.

샘플링 검사는 계약조건에 따른 부적합품물과 에러율을 만족하는 샘플의 크기와 합격판정갯수를 표에서 간단히 찾아 사용할 수 있는 효율적인 통계적 방식이다.

따라서 본 연구에서는 PPM의 이항비율을 기초로 하는 계수형 샘플링 검사 설계방법을 제안하며 또한 PPM, PPB의 공정능력지수를 기초로 하는 계량형 샘플링 검사 계획방식을 제시한다.

2장에서는 PPM 이항비율에 기초한 선별형과 OC곡선형을 혼합한 계수형 샘플링검사를 제안하고 3장에서는 PPM과 PPB를 만족하는 C_{pm} , C_{pmk} 와 타구치 손실함수를 기초로 한 OC곡선형 계량형 샘플링검사를 제시하고 4장에서 결론을 맺는다.

2. PPM 계수형 샘플링 검사

PPM 계수형 샘플링 검사의 계약조건은 백만개당 부적합품수로 지정된 품질수준인 LQL(Limiting Quality Level)로 OC형의 샘플링 검사 방식이나 구입자 위험 β 에 의한 샘플크기(n)와 합격판정갯수(A_c)를 구한 후 공급자 위험 α 에 의해 등급별 프로세스 품질수준의 상한(L_U)과 하한(L_P)을 단계별로 설계하는 특징을 가지고 있다.

2.1 이항비율 기초 샘플링 검사

2.1.1 이론적 배경

LQL(Limiting Quality Level)은 공급자와 구입자가

그동안의 납품실적과 공급능력을 고려하여 결정하는 계약조건으로 능력에 비해 너무 적은 목표 PPM의 LQL이 설정될 경우 샘플의 크기(n)의 증가로 적용이 불가능하게 되며 이 경우는 퍼센트를 보증하는 기존의 샘플링 검사를 활용하는 것이 좋다. KSA ISO 14560 : 2000(이하 ISO 14560)[1]에서는 LQL을 3,200 PPM에서 100,000 PPM까지 16수준을 제시하고 있다.

샘플의 크기(n)는 공급자와 구입자가 납품로트의 수(m) 및, 샘플링, 시험, 측정비용 및 시간을 고려하여 결정하는 것이 좋으며 ISO 14560에서는 16에서 25,000까지 33종류를 제시하고 있다.

합격판정갯수(A_c)는 등급별 샘플링 검사표를 작성하는 기준으로 너무 등급이 많을 경우 검사자의 혼란을 야기할 수 있어 ISO 14560에서는 0, 1, 2, 4, 7의 5등급을 제시하고 있다. 계약조건 LQL, 구입자 위험 β (0.01 ~ 0.21)와 등급별 A_c 에 따른 등급별 샘플의 크기(n)는

$$\beta = \sum_{i=1}^{A_c} \binom{n}{i} (LQL \times 10^{-6})^i (1 - LQL \times 10^{-6})^{n-i}$$

의 관 계에 의해 구한다. 공급자 위험 α (0.05 ~ 0.10), 등급별 A_c 와 n에 따른 프로세스 품질의 상한(U_p)은

$$1 - \alpha = \sum_{i=1}^{A_c} \binom{n}{i} (U_p \times 10^{-6})^i (1 - U_p \times 10^{-6})^{n-i}$$

관계에 의해 구한 후 PPM으로 변환하기 위해 10^6 을 곱한다. 프로세스 품질의 하한(L_p)은 Zero부터 시작되나 U_p 의 전 단계 값보다 1이 더 큰 수치가 되어 상한, 하한 등급을 형성하게 한다.

LQL에서의 합격확률은 주어진 n, A_c 와 함께

$$\sum_{i=1}^{A_c} \binom{n}{i} (LQL \times 10^{-6})^i (1 - LQL \times 10^{-6})^{n-i}$$

의해 구해지며 공급자 위험 α 에서의 생산자 위험 품질수준($P_{1.M}$)은

$$1 - \alpha = \sum_{i=1}^{A_c} \binom{n}{i} (P_{1.M} \times 10^{-6})^i (1 - P_{1.M} \times 10^{-6})^{n-i}$$

에 의해 구해지고 구입자 위험 β 에서의 구입자 위험 품질수준($P_{2.M}$)은

$$\beta = \sum_{i=1}^{A_c} \binom{n}{i} (P_{2.M} \times 10^{-6})^i (1 - P_{2.M} \times 10^{-6})^{n-i}$$

의해 구한 후 PPM으로 변환해 주기 위해 10^6 을 곱한다.

백만개당 부적합품수의 품질수준으로 추정하는 프로세스 품질수준 \mathcal{P}_M 은 초기하분포, 이항분포, 포아송분포를 사용할 수 있으며 ISO 14560에서는 효율성과 효과성을 동시에 추구할 수 있는 이항분포를 제시하고 있다. 프로세스 품질수준 \mathcal{P}_M 은 샘플의 크기(n'), 부적합품수

(x')에 의해 신뢰구간 상한(CL_U)[5] 50% 즉 부적합품률의 제 50 백분위(Percentiles)를 만족하는 값에서 결정된다.

즉 $0.5 = 1 - \sum_{i=1}^{x'} \binom{n'}{i} \mathcal{P}_M^i (1 - \mathcal{P}_M)^{n'-i}$ 를 만족하는 \mathcal{P}_M 을 구할 수 있으며 이항분포와 F분포의 관계에 의해

$$\mathcal{P}_M = \frac{1}{1 + \left(\frac{n'-x'}{n'+1}\right) F_{0.50}(2n'-2x', 2d'+2)}$$

로 구할 수 있다.

그러나 위의 두가지 \mathcal{P}_M 공식은 실무에서 계산하기 어려우므로 근사 계산식으로 $\mathcal{P}_M = \frac{x'+0.7}{n'+0.4}$ 를 제시하고 있다. 로트의 수(m')에 따른 샘플의 크기(n_i')와 부적합품수(x_i')가 다를 경우

$$\mathcal{P}_M = \frac{\sum_{i=1}^m x_i' + 0.7}{\sum_{i=1}^m n_i' + 0.4}$$

PPM으로 변환해 주기 위해 \mathcal{P}_M 에 10^6 을 곱한다.

프로세스 품질수준 \mathcal{P}_M 을 추정할 경우 검사된 아이템의 수가 적어도 400개 이상이거나 프로세스가 관리되어 있어 LQL로 납품된 로트가 이질적인 로트로부터 혼입되어 있는가를 샘플링 검사 초기에 검토할 필요가 있다. 샘플의 크기(n)와 추정프로세스 품질수준(\mathcal{P}_M)에서 최대허용 부적합품수(x_{max})가 나올 확률의 기준값(Threshold)을 0.02로 정했을 경우

$$0.02 = 1 - \sum_{i=1}^{x_{max}} \binom{n}{i} (\mathcal{P}_M \times 10^{-6})^i (1 - \mathcal{P}_M \times 10^{-6})^{n-i}$$

에 의해 x_{max} 를 구한다. $n \mathcal{P}_M \times 10^6$ 에 따른 x_{max} 의 조건표를 만들고 샘플링 검사 초기에 부적합품수 x 가 최대허용 부적합품수 x_{max} 를 초과할 경우 로트의 이력을 추적하여 로트 관리를 분명히 할 필요가 있다.

2.1.2 절차

이항비율을 기초로 한 PPM 계수형 샘플링 검사단계는 다음과 같다.

단계 1 : 공급자와 구입자가 협의하여 계약 품질수준인 한도 품질수준(LQL)과 공급자 위험(α)과 구입자 위험(β)을 정한다.

단계 2 : 구입자는 프로세스 품질수준 \mathcal{P}_M 을 2.1.1절의 네 가지 공식을 로트조건과 계산의 효율성을 고려하여

추정한다.

단계 3 : \mathcal{P}_M 이 정상적인 프로세스의 품질수준으로 판단될 경우 LQL에 따른 등급별 품질수준의 하한(L_L)과 상한(L_U)에 해당하는 샘플의 크기(n)와 합격판정갯수(A_C)를 구한다.

단계 4 : 추정된 프로세스 품질 수준 \mathcal{P}_M 이 이질적인 프로세스나 로트에서 혼입되어 있는 가의 여부를 판단하기 위해 2.1.1절에서 구한 샘플의 크기(n)의 부적합품수 x 가 최대허용 부적합품수 x_{max} 를 초과하는가를 검토한다.

단계5 : 2.1.1절에서 구한 샘플의 크기 n 을 샘플링 하여 구한 실제 부적합품수 x 가 합격판정갯수 A_C 보다 작을 경우 로트를 합격하고 그렇지 않을 경우 불합격한다.

단계 6 : LQL이 합격하는 확률, 공급자 위험 α 에서의 프로세스 품질수준 $\mathcal{P}_{1.M}$, 구입자 위험 β 에서의 프로세스 품질 수준 $\mathcal{P}_{2.M}$ 을 등급별로 구할 수 있으며 실제 프로세스 품질수준 \mathcal{P}_M 은 LQL과 추정 프로세스 품질수준 \mathcal{P}_M 의 기초자료로 활용할 수 있도록 데이터베이스화한다.

2.1.3 예제

2.1.2절의 샘플링 검사에 따른 구체적 적용단계는 다음과 같다.

단계 1 : LQL = 3,200 PPM, $\alpha=0.05$, $\beta=0.21$ 로 계약조건을 설정한다.

단계 2 : 추정을 위한 샘플의 크기 $n'=1,000,000$ 개, 부적합품수 $x'=300$ 개 일 경우 추정된 프로세스 품질수준

$$\widehat{\mathcal{P}}_M = \frac{x_i' + 0.7}{n_i' + 0.4} =$$

$$\frac{300 + 0.3}{1,000,000 + 0.4} \times 10^6 = 301 \text{ PPM이다.}$$

단계 3 : LQL=3,200 PPM, $\mathcal{P}_M=301$ PPM이 $L_P=211$ PPM과 $U_P=531$ PPM 사이의 등급에 해당되므로 그 경우의 샘플의 크기 $n=1,000$ 과 합격판정갯수 $A_C=1$ 를 구한다.

단계 4 : $n P_{M'} \times 10^6 = 1000 \times 301 \times 10^6 = 0.301$ 에 해당되는 최대 허용 부적합품수 $x_{\max} = 2$ 개로 $n = 1,000$ 에서 부적합품수 $x=1$ 개보다 작으므로 정상적인 로트의 프로세스 품질수준으로 인정한다.

단계 5 : $x=1 \leq A_c=1$ 이므로 로트를 합격한다.
 단계 6 : LQL이 합격하는 확률은 17.1% 이나 등급별 합격하는 확률은 90%이상 이 되며 공급자 위험 $\alpha = 0.10$ 에서 프로세스 품질수준 $P_{1.M} = 355$ PPM, 구입자 위험 $\beta = 0.21$ 에서의 프로세스 품질수준 $P_{2.M} = 3,884$ PPM이다.

2.2 추정 프로세스 품질수준의 계산방법

2.1.1절에서 추정 프로세스 품질수준 \mathcal{P}_M 은 부적합품물 상한의 제 50 백분위수를 만족하는 이항비율의 신뢰구간으로 구할 수 있다. 2.1.1 절에서 제시한 \mathcal{P}_M 은 Clopper-Pearson 방법으로 정확한 이항분포를 기초로 계산되었으며 이외에 Mid-p 방법, Blaker 방법, Blyth-Still-Casella 방법등이 있다.

또한 \mathcal{P}_M 을 정규근사를 이용하여 구할 수 있는 방법에는 Wald Score 방법, Wilson Score 방법, 연속성 수정이 된 Wilson Score 방법, Agresti-Coull 방법, 우도기초 방법등의 근사법과 Jeffrey 베이지안 방법 등이 있다.[4]

3. PPM 계량형 샘플링검사

PPM 계량형 샘플링 검사는 PPM을 공정능력지수와 손실함수로 변환한 후 공급자 위험 α 와 구입자 위험 β 를 고려하여 계약조건을 설정하는 OC형 샘플링 설계방식이다.

3.1 C_{pm} 기초 샘플링검사

3.1.1 이론적 배경

공정능력지수는 고객이 요구하는 목표스펙(T), USL(Upper Specification Limit), LSL(Lower Specification Limit)과 실제 데이터의 평균값 $\hat{\mu}$, 표준편차 $\hat{\sigma}$ 와의 상대적 비교를 통한 오차를 정확도와 정밀도 관점에서 종합적으로 파악하는 도구이다.

공정능력지수는 정밀도만 비교하는

$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$ 와 정밀도와 정확도를 비교하

는 $C_{pk} = \min \frac{USL - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\hat{\mu} - LSL}{3\hat{\sigma}}$ 이 있다.

그러나 C_{pk} 는 정밀도는 분모에 정확도는 분자에 위치에 있어 서로의 효과를 상쇄하므로, 정밀도와 정확도를 분모에 오차분산의 개념으로 통합시킨

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\hat{\sigma}^2 + (\hat{\mu} - T)^2}}$$

$$C_{pm} = \frac{A}{3\sqrt{\hat{\sigma}^2 + (\hat{\mu} - T)^2}} = \frac{C_p}{\sqrt{1 + a^2}}$$

여기서 USL-LSL을 공차(Tolerance)라 하며 허용차 (Allowance) $A = \frac{USL - LSL}{2}$ 이고 $a = \frac{\hat{\mu} - T}{\hat{\sigma}}$ 는 정확도(Accuracy)를 나타내는 값이다.

OC형 계량형 샘플링 검사는 공급자가 AQL, α 를, 구입자가 LTPD, β 를 로트의 품질과 위험률로 계약하고 이를 효율적으로 확인하기 위한 통계적 방식이다.

C_{pm} 기초 샘플링 검사에서는 먼저 목표 PPM 또는 PPB 계량형 부적합품물 AQL, LTPD를 목표 공정능력지수 C_{AQL} , C_{LTPD} 로 변환한다.

C_{AQL} , α 와 C_{LTPD} , β 의 두 조건을 만족하는 샘플의 크기 n 과 합격판정 공정능력지수 C_o 를 다음 두 식으로 구한다.[6]

$$1 - \alpha = \int_0^{e_1 \sqrt{n}/3C_o} F\left(\frac{e_1 n}{9C_o^2} - t^2\right) \times |\Phi(t + a\sqrt{n}) + \Phi(t - a\sqrt{n})| dt$$

$$\beta = \int_0^{e_2 \sqrt{n}/3C_o} F\left(\frac{e_2 n}{9C_o^2} - t^2\right) \times |\Phi(t + a\sqrt{n}) + \Phi(t - a\sqrt{n})| dt$$

여기서 e 는 A/σ 로 $e_1 = \frac{3C_{AQL}}{\sqrt{1 + a^2}}$,

$e_2 = \frac{3C_{LTPD}}{\sqrt{1 + a^2}}$, F는 누적 χ^2 분포, ϕ 는 표준 정규 분포가 된다. 샘플의 크기 n 에서 계산된 공정능력지수 C_{pm} 이 표에서 찾은 합격판정 공정능력지수 C_o 보다 큰 경우 로트를 합격하고, 작은 경우 로트를 불합격한다.

3.1.2 절차

C_{pm} 에 기초한 PPM 계량형 샘플링 검사 절차는 다음과 같다.

단계 1 : 공급자는 PPM 또는 PPB 품질수준 AQL, 공급자 위험 α 를 제시하고 구입자는 PPM 또는 PPB 품질수

준 LTPD, 구입자 위험 β 를 제시하여 계약조건을 협의, 결정한다.

단계 2 : AQL의 품질수준에 해당하는 C_{pm} 공정능력지수 C_{AQL} 과 LTPD의 품질수준에 해당하는 C_{pm} 공정능력지수 C_{LTPD} 로 변환한다.

단계 3 : 공급자 계약 조건 (C_{AQL} , α)과 구입자 계약 조건 (C_{LTPD} , β)에 따른 샘플의 크기(n)과 합격 판정 공정능력지수 C_0 를 구한다.

단계 4 : 샘플의 크기 n에 의해 계산된 $C_{pm} \geq C_0$ 이면 로트를 합격하고 $C_{pm} < C_0$ 이면 로트를 불합격시킨다.

3.2 손실함수 기초 샘플링 검사

3.2.1 이론적 배경

타구치 손실함수(Taguchi's Loss Function)은 생산자의 규격한계(Specification Limit)를 소비자의 기능한계(Functional Limit)로 확장시킨 개념이다.

이는 정적인 스펙을 기업의 조건에서 부적합품을 방지하는 소극적 품질(Quality) 개념을 벗어나 동적인 고객의 사용,환경 조건에서 스펙의 고장을 방지하는 적극적인 신뢰성(Reliability) 개념과 이로 인한 고객의 사회적비용을 손실로 환산하여 예방하는 방법이다.

기대손실은 정밀도와 정확도의 함수이며 손실의 분산 $\hat{\tau}^2 = \hat{\sigma}^2 + (\hat{\mu} - T)^2$ 으로 3.1절의 C_{pm} 의 분모와 같다.

공급자는 PPM 또는 PPB의 AQL을 유지하기 위한 합격 손실수준을 τ_{AQL} 과 공급자 위험 α 를 결정하고, 구입자는 PPM 또는 PPB의 LTPD를 유지하기 위한 합격 손실수준 τ_{LTPD} 와 구입자 위험 β 를 동시에 만족하는 n을 다음과 같이 구하고 n에서 구한

$\hat{\tau}^2 \leq \frac{X_n^2(\alpha)}{n} \tau_{AQL}^2$ 이면 로트를 합격시키고 그렇지 않을 경우 로트를 불합격시킨다.[2]

$$n = \frac{4}{9(k^2 - k\sqrt{k^2 + k + 2})}$$

여기서 $k = \frac{Z_\alpha \tau_{AQL}^{2/3} + Z_\beta \tau_{LTPD}^{2/3}}{\tau_{AQL}^{2/3} + \tau_{LTPD}^{2/3}}$ 이며 Z_α, Z_β 는 표준 정규분포 값이다.

3.2.2 절차

타구치 손실함수에 기초한 PPM 계량형 샘플링 검사 절차는 다음과 같다

단계 1 : 공급자는 PPM 또는 PPB 품질수준 AQL과 α , 구입자는 PPM 또는 PPB 품질수준 LTPD와 β 를 협의, 결정한다.

단계 2 : AQL과 LTPD의 품질수준에 해당하는 합격 손실수준 τ_{AQL} 와 불합격 손실수준 τ_{LTPD} 값을 변환한다.

단계 3 : 공급자 계약조건 (τ_{AQL}, β)와 구입자 계약 조건 (τ_{LTPD}, β)를 만족하는 표본의 크기 n을 3.2.1 절의 공식과 같이 구한다.

단계 4 : n에서 구한 $\hat{\mu}, \hat{\sigma}$ 과 목표 스펙 T로 실제 손실수준 $\hat{\tau}^2 = \hat{\sigma}^2 + (\hat{\mu} - T)^2$ 을 구한다.

$\hat{\tau}^2 \leq \frac{X_n^2(\alpha)}{n} \tau_{AQL}^2$ 의 합격판정 손실 기준을 반복하면 로트를 합격하고 그렇지 않을 경우 로트를 불합격시킨다.

3.3 C_{pmk} 기초 샘플링 검사

3.3.1 이론적 배경

C_{pmk} 는 C_{pm} 의 정확도를 분모와 분자에 분배시킨 방법으로

$$C_{pmk} = \min\left(\frac{USL - \hat{\mu}}{3\sqrt{\hat{\sigma}^2 + (\hat{\mu} - T)^2}}, \frac{\hat{\mu} - LSL}{3\sqrt{\hat{\sigma}^2 + (\hat{\mu} - T)^2}}\right) = \frac{(e - |d|)}{3\sqrt{1 + a^2}}$$

3.1절의 C_{pm} 기초 샘플링 검사와 같이 공급자 관점의 계약조건 (C_{AQL}, α)와 구입자 계약조건 (C_{LTPD}, β)를 반복하는 샘플의 크기(n)와 합격 판정 공정능력 지수 C_0 는 다음 식에 의해 구할 수 있다.[7]

$$1 - \alpha = \int_0^{e_1 \sqrt{n(1+3C_0)}} \frac{F\left(\frac{(e_1 \sqrt{n} - t)^2}{9C_0^2} - t^2\right) \times [\Phi(t + a\sqrt{n}) + \Phi(t - a\sqrt{n})] dt}{\beta = \int_0^{e_2 \sqrt{n} LSLANT(1+3C_0)}} \frac{F\left(\frac{(e_1 \sqrt{n} - t)^2}{9C_0^2} - t^2\right) \times [\Phi(t + a\sqrt{n}) + \Phi(t - a\sqrt{n})] dt}$$

여기서 $e_1 = \frac{3C_{AQL}}{\sqrt{1+a^2}} \times |a|, e_2 = \frac{3C_{LTPD}}{\sqrt{1+a^2}} + |a|$ 이며 나머지 기호는 같다.

3.3.2 절차

C_{pmk} 에 기초한 PPM 계량형 샘플링 검사 절차는 다음과 같다.

단계1 : 공급자는 (AQL, α), 구입자는 (LTPD, β)의 계약조건을 결정한다.

단계2 : C_{pmk} 에 해당하는 C_{AQL} , C_{LTPD} 값을 변환한다.

단계3 : 공급자 계약조건 (C_{AQL} , α)와 구입자 계약조건 (C_{LTPD} , β)를 만족하는 (n , C_0)를 표에서 구한다.

단계4 : n 에서 계산된 $C_{pmk} \geq C_0$ 이면 로트를 합격하고, $C_{pmk} \leq C_0$ 이면 로트를 불합격시킨다.

4. 결 론

본 연구에서는 식스 시그마 경영혁신 활동에서 사용할 수 있는 PPM, PPB 부적합품 또는 에러율에 대한 계수형, 계량형 샘플링 검사를 제안하였다.

이항비율을 기초로 한 계수형 샘플링 검사는 구입자 위험 β 를 고려하여 1단계로 LQL의 품질수준을 정하였고, 생산자 위험 α 를 고려하여 LQL을 세부 단계별 상한, 하한의 품질수준으로 구별하여 샘플링 검사를 설계하였다. 공정능력지수 C_{pm} 과 C_{pmk} 를 기초로 한 계량형 샘플링 검사는 PPM, PPB를 만족하는 C_{AQL} 과 ΣC_{LTPD} 와 α , β 를 고려하여 설계되었으며 타구치 손실함수 기초 계량형 샘플링 검사는 손실수준 τ_{AQL} , τ_{LTPD} 와 α , β 를 고려하여 설계되었다.

본 연구에서 개발된 PPM 또는 PPB 계수형, 계량형 샘플링검사는 구매활동에서 주로 사용되나 내부고객을 둔 기업의 모든 업무활동에서도 적용될 수 있다.

향후 연구로는 2장의 이항비율 신뢰구간 추정과 다양한 방법을 기초로 한 계수형 샘플링 검사의 개발과 3장에서 새로운 공정능력지수[3]에 기초한 계량형 샘플링 검사의 설계이다.

5. 참 고 문 헌

- [1] KS A ISO 14560 : 2006, 계수치 합격판정 샘플링 검사 절차 - 백만개당 부적합품수로 지정된 품질수준, 한국표준협회, 2006.
- [2] Arizono I, Kanagawa A, Ohta H, Watakabe K and Tateishi K, " Variable Sampling Plans for Normal Distribution Indexed by Taguchi's Loss Function, " Naval Research Logistics, 44(1997) : 591-603.
- [3] Borges W.D.S. and Ho L.L., "A Fraction Defective Based Capability Index," Qual. Reabil. Engng. Int., 17(2001) : 447-458.
- [4] Brown L.D., Cai T.T., Dasgupta A., "Confidence Intervals for a Binomial Proportion and Asymtotic Expansion," The Annals of Statistics, 30(1)(2002) : 160-201.
- [5] Clopper C.J. and Pearson E.S., "The Use of Confidence or Fiducial Limits Illustrated in the Case of the Binomial," Biometrika, 26(4)(1934) : 404-413.
- [6] Pearn W.L. and Wu C.W., "Variables Sampling Plans with PPM Fraction of Defectives and Process Loss Consideration," Journal of the Operational Research Society, 57(2006) : 450-459.
- [7] Wu C.W. and Pearn W.L., "A Variables Sampling Plan Based on C_{pmk} for Product Acceptance Determination, " Eur. J. Oper. Res., In Press.

저 자 소 개

최 성 운



현 경원대학교 산업공학과 교수. 한양 대학교 산업공학과에서 공학사, 공학석사, 공학박사 학위를 취득하고, 1994년 한국과학재단 지원으로 University of Minnesota에서 1년간 Post-Doc을 수행했으며, 2002년부터 1년 반동안 University of Washington에서 Visiting Professor를 역임하였음. 주요 관심분야는 자동화 생산 및 장치 산업에서의 품질관리이며, 컴퓨터, 정보시스템의 신뢰성 설계 및 분석, 서비스 사이언스, RFID시스템에서도 관심을 가지고 있음.

주소: 경기도 성남시 수정구 복정동 산65번지 경원대학교 산업공학과 ☎(031)750-5366