Journal of the KSQC
Vol.21, No.1, June 1993

1993년 6월 韓國品質管理學會誌 제21권 제1호

消費者 檢査誤謬를 고려한 製品의 返還率 推定에 관한 研究

Estimation of Product Claim Rate with Consumer's Inspection Error

金 濟 崇*
李 昶 勳*

ABSTRACT

In claiming for the purchased products, two types of errors can occur from the consumer's point of view. One is to accept defective products and the other one is to reject good products. Due to such errors, Claim rate for the products is expected to be different from that the producer has originally anticipated. In this paper, the probability distribution of the number of claimed products when such consumer's inspection errors are involved is dervied. Then, a simple model is provided to estimate the claim rate when such errors are present.

* 서울大學校 工科大學 產業工學科

1. 序 論

製品이 기술적으로 복잡해지고 消費者가 중요하기 때문에 生產者는 消費者에게 品質保證期間을 설정하고 그 期間동안 製品故障에 대해 책임을 지고 생산자나 판매자가 修理費用의 일부 또는 전부를 부담하게 된다. 이런 保證의 목적은 消費者에게 製品의 品質을 확신시킴으로써 판매고를 증진시키고, 消費者를 보호하는데 있다 [9]. 요즘 일반적인 추세는 기계나 장비, 시스템들이 복잡해지고 비싸기 때문에 良品의 製品을 生產하기 위한 압력은 증가되고 製品故障費用 역시 증가하게 된다. 결과적으로, 회사의 保證政策 성공이 회사의 이익에 중요한 결과를 가져다 줄 뿐아니라 保證政策이나 그 책임들은 設計, 生產, 販賣, 品質管理, 製品 서어비스 등을 관리하는 관리자에 의해 인식되어야 하며 이들 상호관련된 기능들이 適正 品質保證政策을 수립 실행하기 위해 製品品質이나 信頼性에 대한 좋은 추정치가 필요로 된다. 따라서, 효율적인 費用管理를 위해서는 製品의 故障費用을 정확하게 인식할 필요가 있다.

Duncan 과 Grant & Levenworth(1972)는 檢査誤謬에 대한 결과를 고려하지 않고 適正 샘플링 계획에 대해 研究 하였다. Collins et. al.(1976), Dorris at. al.(1978), Hoag et. al.(1975), Lavin(1946)등은 品質檢査시 製品의 良·不良 판정과정에서 生產者 관점에서만 檢査誤謬를 고려하였다. 또한 Biegel(1974)는 檢査과정중 生產者가 檢査誤謬를 범할 확률을 不良率의 선형함수로 가정하고, 이때 平均出檢品質을 구하였다. 한편, Trader(1983)는 불완전한 검사 모형을 Baysian Treatment로 제시했으며, Beainy & Case(1981)는 여러 가지 성능척도에 관한 檢査誤謬 결과를 연구하였다. 그러나, 이런 研究者들은 檢査誤謬의 정도를 推定하지 않았다. Frank. E. Kalivoda(1977)는 製品 保證期間동안 消費者로 부터 返還된 製品을 生產者나 販賣者가 미리 정해둔 檢査誤謬를 통해 製品의 故障率을 推定하는 모형을 제시하였다.

現代 產業社會에서 대량생산체제가 일반화되면서, 제품에 대한 품질보증 문제는 매우 중요하게 부각되고 있다. 즉, 生產者 입장에서 판매한 製品의 질이 나쁘면 保證期間 동안의 保證費用이 많이 들게 될 뿐만 아니라 消費者로부터 信頼가 감소하게 된다. 따라서 生產者는 가능한한 良質의 製品을 生產하도록 노력하여야 하며, 우연적으로 발생하는 不良品을 販賣전에 발견하도록 하여야 한다.

製品販賣전에 不良品을 발견하는 방법으로는 全數檢査 또는 샘플링 檢査를 적용할 수 있는데, 일반적으로 대량생산품인 경우는 샘플링 檢査가 보편화 되어 있다. 즉, 로트로부터 샘플을 취하여 표본중에 不良品의 수가 미리 정해진 합격판정개수보다 크면 그 로트는 不合格되고, 정해진 합격판정개수보다 작거나 같으면 合格된다. 그러나, 지식의 부족이나 경험부족, 피로 등에 의한 檢査誤謬에 의해 檢査者나 消費者가 모두 오류를 범할 수 있다. 즉, 消費者가 良質의 製品을 不良이라고 하거나 不良製品을 良品으로. 또 生產者 역시 消費者로 부터 返還된 製品들에 대해 檢査誤謬를 범할 수 있다. 따라서, 이와같은 檢査誤謬를 고려할 경우 消費者 관점에서 消費者危險 및 生產者危險을 보다 정확하게 알 수 있다. 그러므로 이런 상황을 고려하여 返還된 製品의 返還率을 推定하는 것이 더 바람직하리라 생각된다.

Ⅱ. 硏究의 內容

Ⅱ－1. 問題 定義

1) 品質保證期間동안 消費者로 부터 不良이라고 반환된 로트에 대해 製品生産者는 檢査를 통해 실제 不良製品은 代替를 해주거나 修理費用의 일부 또는 전부를 부담한다.
2) 단순히 시각적 관찰 이상을 필요로 하는 檢査 수준을 요구할 경우, 返還 製品 檢査費用은 品質保證費用의 중요한 몫이 되기 때문에 生産者는 消費者로 부터 返還된 모든 로트를 檢査하지 않고 통계적 샘플링 檢査를 실시하는게 더 경제적이다.
3) 生産者, 消費者는 製品檢査에 대해 誤謬를 범할 수 있다.
4) 消費者로 부터 返還製品이 실제 良品일 수 있다. 이런 상황은 두가지 가능한 경우가 발생할 수 있는데, 첫째는 檢査者가 返還製品이 良品이라고 정확하게 檢査 할 수 있는 경우와 둘째는 檢査者가 返還製品이 不良이라고 잘못 판단할 수 있는 경우가 있다. 後者의 경우는 返還된 모든 製品은 不良이라는 편견과 檢査시 많은 시간을 요구하는 경우에 흔히 발생한다.
5) 消費者로 부터 返還된 製品이 실제 不良品일 수도 있다. 이런 상황은 두가지 가능한 경우가 있는데, 첫째는 消費者나 生産者가 정확한 판단을 했을 경우와 둘째는 檢査者가 不良이 아니라고 잘못 檢査를 할 수도 있다. 이 경우에는 檢査者의 편견 때문에 특정 故障 형태에 대해서만 檢査를 하는 경우와 특별한 檢査를 하지 않고서는 쉽게 故障을 발견할 수 없는 故障 형태일 경우 발생 가능하다.

Ⅱ－2. 記號 說明

N : 消費者가 生産者로 부터 받은 製品의 로트수.
n : 샘플크기.
F_c : 消費者가 발견한 不合格 로트수.
F_t : 실제 不合格 될 수 있는 로트수
F_f : 실제 不合格이 아닌 로트를 消費者가 不合格 이라고 檢査한 로트수.
R : 消費者에 의해 返還된 로트수.
R : 실제 合格 로트가 消費者에게 不合格이라고 檢査되어 返還된 로트수.
R_f : 실제 不合格 로트가 消費者에게 不合格이라고 檢査되어 返還된 로트수.
I : 生産者에 의해 檢査된 로트수.
I_o : 生産者가 檢査를 통해 合格시킨 로트수.
I_{oo} : 실제 合格될 수 있는 로트이며 檢査者 역시 合格시킨 로트수.
I_{of} : 실제 合格될 수 있는 로트이며 檢査者가 不合格시킨 로트수.
I_x : 生産者가 檢査를 통해 不合格 원인을 발견할 수 있는 로트수.
NI : 消費者가 返還된 로트 가운데 生産者가 檢査하지 않은 로트수.
NI_{oo} : 檢査를 해도 合格될 수 있고 실세 合格 로트수.
NI_{of} : 檢査를 하면 不合格 판정을 내릴지 모르나 실제로는 合格판정 로트수.
NI_x : 檢査를 하면 不合格 원인을 발견할 수 있는 로트수.
NR : 消費者가 不合格 로트라는 사실을 알

고 返還 시키지 않은 로트수

NR_{oo} : 消費者가 不合格 판정 로트라는 사실을 알고 返還 시키지 않은 로트로서 檢査를 하면 不合格 판정을 내릴 수 없고 또 실제 合格 로트수

NR_{of} : 消費者가 不合格 판정 로트라는 사실을 알고 返還 시키지 않은 로트로서 檢査를 하면 不合格 판정을 내릴 수 있으나, 실제로는 合格 로트수

NR_{x} : 消費者가 不合格 판정 로트라는 사실을 알고 返還 시키지 않은 로트로서 檢査를 하면 不合格 원인을 발견할 수 있는 로트수

α_c : 消費者가 合格 로트를 不合格 로트로 판단할 확률

β_c : 消費者가 不合格 로트를 合格 로트로 판단할 확률

p : 製品의 고유 不良率

p_c : 不良品이 있을 경우 消費者가 不良品이라고 관찰할 확률

c : 不合格 판정 개수

CR_c : 消費者가 인식한 返還率

CR_t : 실제 返還되는 返還率

$P(n;r)$: 크기 n개의 샘플중에 r개가 故障이라고 관찰될 확률

Ⅱ-3. 模型 分析

生産製品이 복잡해지고 消費者가 중요 하기 때문에 生産者나 販賣者는 製品 販賣시 消費者에게 일정 기간동안 製品의 故障에 대해서 책임을 지겠다는 品質保證期間을 설정하고 그 期間동안 故障製品에 대해 修理費用의 일부 또는 전부를 부담하게 된다. 이러한 保證의 목적은 消費者에게 製品의 品質을 확신 시킴으로서 판매고를 증진 시키고, 消費者를 보호하는데 있다. 保證을 구성하고 있는 요소로는 保證期間과 故障시 支拂政策 등이 있다. 保證期間이란 生産者 또는 販賣者가 製品의 하자사항에 책임을 지는 최대 기간이다.

支拂政策은 製品의 故障時, 生産者와 消費者가 각각 支拂해야할 금액의 決定에 관한 것이다. 따라서 適正 品質保證 計劃을 수립 실행하기 위해 製品品質이나 信賴性에 대한 좋은 推定値가 요구된다. 또한, 효율적인 費用 관리를 위해서는 製品故障費用을 정확하게 인식할 필요가 있다. 이제 消費者의 檢査誤謬와 生産者의 檢査誤謬를 고려하여 消費者로 부터 返還되는 製品의 返還率을 추정하기 위해 먼저 生産者危險 α_c와 消費者危險 β_c를 推定한다.

定理 1 : 消費者의 檢査誤謬를 고려할 경우 $P(n;r)$에 대한 分布가 $B(r;n,p)$에서 새로운 分布 $B^*(r;n,pp_c)$로 변하게 된다.

즉,

$$P(n;r)=\binom{n}{r}(pp_c)^r(1-pp_c)^{n-r} \quad \cdots\cdots (1)$$

證明 :

$$\begin{aligned}P(n;r) &= \sum_{l=r}^{n} p(\text{observing } r \text{ defects} / l \text{ defects in lot}) \\ &= \sum_{l=r}^{n} \binom{n}{l} p^l(1-p)^{n-l} p_c^r (1-p_c)^{l-r} \\ &= \frac{n!}{r!\,(n-r)!}(pp_c)^r(1-pp_c)^{n-r}\end{aligned}$$

$$\cdot \sum_{l=r}^{n} \frac{(n-r)!}{(n-l)!(l-r)!}$$

$$\cdot \frac{(1-p)^{n-l}(p-pp_c)^{l-r}}{(1-pp_c)^{n-r}}$$

$l-r=j$라 하면

$$\sum_{l=r}^{n} \frac{(n-r)!}{(n-l)!(l-r)!}$$

$$\cdot \frac{(1-p)^{n-l}(p-pp_c)^{l-r}}{(1-pp_c)^{n-r}}$$

$$= \sum_{j=0}^{n-r} \binom{n-r}{j} \cdot (j\ (1-pp_c)^{n-r}$$

$$= \sum_{j=0}^{n-r} \binom{n-r}{j} \left(\frac{p-pp_c}{1-p}\right)^{j} (1$$

$$-\frac{p-pp_c}{1-p})^{n-r-j}$$

$$=1$$

즉,

$$P(n\,;r) = \binom{n}{r}(pp_c)^{r}(1-pp_c)^{n-r}$$

이와같이 **檢査誤謬**를 고려했을 경우 샘플링 分布 $B(r\,;n,p)$에서 새로운 샘플링 分布 $B^*(r\,;n,pp_c)$로 변했다. 그런데, $p<1/(1+p_c)$ 일때 새로운 分布의 平均과 分散이 본래 샘플링分布의 平均과 分散보다 작다는 사실을 알수 있다. 만약, $p \leqq 0.5$ 라고 가정하면 그때 $p<1/(1+p_c)$이 항시 만족된다. 대부분 현실 상황에서 이런 제약과 일치되기 때문에 새로운 分布의 分散이 본래 分布의 分散보다 작다는 것을 알 수 있다.

定理 2 ; 주어진 k에 대해 累積二項分布(cumulative binomial distribution)은 $p(0<p<1)$에 대해서 단조감수 함수 (monotonic deceasing function)이다. ($n \geq k \geq 0$), 즉, $0<p_2<p_1$ 일때

$$B(k\,;n,p_1) < B(k\,;n,p_2) \quad \cdots\cdots\cdots (2)$$

證明 ;

$$B(k\,;n,p) = \sum_{x=0}^{k} \binom{n}{x} p^{x}(1-p)^{n-x}$$

$$\frac{dB(k\,;n,p)}{dp} = \sum_{x=1}^{k} \binom{n}{x} xp^{x-1}(1-p)^{n-x}$$

$$+ \sum_{x=1}^{k} \binom{n}{x} xp^{x}(1-p)^{n-x-1}$$

$$- n\sum_{x=0}^{k} \binom{n}{x} p^{x}(1-p)^{n-x-1}$$

$$= \left(\frac{1-p}{p}\right) \sum_{x=0}^{k} \binom{n}{x} xp^{x}(1-p)^{n-x-1}$$

$$+ \sum_{x=1}^{k} \binom{n}{x} xp^{x}(1-p)^{n-x-1}$$

$$-\left(\frac{n}{1-p}\right) \sum_{x=0}^{k} \binom{n}{x} p^{x}(1-p)^{n}$$

$$= \left(1+\frac{1-p}{p}\right) \sum_{x=1}^{k} \binom{n}{x}$$

$$xp^{x}(1-p)^{n-x-1}$$

$$-\left(\frac{n}{1-p}\right) B(k\,;n,p)$$

$$= \left(1+\frac{1-p}{p}\right) n \sum_{x=1}^{k} \binom{n-1}{x-1}$$

$$p^{x}(1-p)^{n-x-1}$$

$$-\left(\frac{n}{1-p}\right) B(k\,;n,p)$$

$t=x-1$이라고 하면

$$dB(k\,;n,p)/dp$$

$$= (1+(1-p)/p)\,n \sum_{t=0}^{k-1} \binom{n-1}{t} p^{t+1}$$

$$(1-p)^{n-1-t-1}$$
$$-(n/(-p))B(k\,;n,p)$$
$$=(1+(1-p)/p)(p/(1-p))$$
$$n\sum_{t=0}^{k-1}\binom{n-1}{t}p^{t}(1-p)^{n-t-1}$$
$$-(n/(1-p))B(k\,;n,p)$$
$$=((np/(1-p))+n)$$
$$B(k-1\,;n-1,p)$$
$$-(n/(1-p))B(k\,;n,p) \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

그런데,

$$B(k\,;n,p)=B(k\,;n-1,p)(1-p)$$
$$+B(k-1\,;n-1,p)p \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

따라서, (4)식을 (3)식에 대입하면

$$dB(k\,;n,p)/dp$$
$$=((np/(1-p))+n)$$
$$B(k-1\,;n-1,p)$$
$$-(n/(1-p))(B(k\,;n-1,p)$$
$$(1-p)+B(k-1\,;n-1,p)p)$$
$$=nB(k-1\,;n-1,p)$$
$$-nB(k\,;n-1,p)$$
$$=n\sum_{x=0}^{k-1}\binom{n-1}{x}p^{x}(1-p)^{n-x-1}$$
$$-n\sum_{x=0}^{k}\binom{n-1}{x}p^{x}(1-p)^{n-x-1}$$
$$=n(-\binom{n-1}{k}p^{k}(1-p)^{n-k-1})$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

$0<p<1$이기 때문에 식(5) <0

그리고, 실제 消費者危險과 生産者危險은 p_c의 값에 따라 계산될 수 있는데, $p_c<1$인 경우 α의 실제값 α_c는 α의 設計値보다 작고 β의 실제값 β_c는 β의 設計値보다 크다. 製品의 수가 많은 경우에는 二項分布는 계산상의 어려움이 있기 때문에 포아송 分布를 사용하여 α_c와 β_c를 결정할 수 있다. 포아송 근사화는 n이 크고 p가 작은 경우에 적합하다. 즉, $np<5$ 이거나 $p<0.1$를 만족하면 된다.

따라서

$$\alpha=P(x\geq c/n) \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

포아송 근사화를 사용하면 포아송 分布의 모수 $\lambda=np_c$가 된다. 그런데, 檢査誤謬를 고려했을 경우 $\lambda=np_o p_c$가 된다.

즉,

$$\alpha=P(x\geq c/n,\ \lambda=np_o) \quad\cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

$$\alpha_c=P(x\geq c/n,\ \lambda=np_o p_c) \quad\cdots\cdots\cdots (8)$$

따라서,

$$\alpha=\sum_{x=c}^{\infty}\frac{(np_o)^{x}e^{-np_o p_c}}{x\,!} \quad\cdots\cdots\cdots\cdots (9)$$

$$\alpha_c=\sum_{x=c}^{\infty}\frac{(np_o p_c)^{x}e^{-np_o p_c}}{x\,!} \quad\cdots\cdots\cdots (10)$$

식(10)을 다시 쓰면

$$\alpha_c=1-\sum_{x=0}^{c-1}\frac{(np_o p_c)^{x}e^{-np_o p_c}}{x\,!}$$

$$= 1 - \sum_{x=0}^{c-1} \frac{(np_o)^x e^{-np_o}}{x!} + \sum_{x=0}^{c-1} \frac{(np_o)^x e^{-np_o}}{x!} - \sum_{x=0}^{c-1} \frac{(np_o p_c)^x e^{-np_o p_c}}{x!} \quad \cdots\cdots (11)$$

식(9)를 식(11)에 대입하면

$$\alpha_c = \alpha + \sum_{x=0}^{c-1} \frac{(np_o)^x e^{-np_o}}{x!} (1 - p_c^x e^{np_o(1-p_c)}) \quad \cdots\cdots (12)$$

마찬가지로

$$\beta = P(x < c / \lambda = np_1) \quad \cdots\cdots (13)$$

$$\beta_c = P(x < c / \lambda = np_1 p_c) \quad \cdots\cdots (14)$$

그리고,

$$\beta = \sum_{x=0}^{c-1} \frac{(np_1)^x e^{-np_1}}{x!} \quad \cdots\cdots (15)$$

$$\beta_c = \sum_{x=0}^{c-1} \frac{(np_1 p_c)^x e^{-np_1 p_c}}{x!} \quad \cdots\cdots (16)$$

식(16)을 다시 쓰면

$$\beta_c = \sum_{x=0}^{c-1} \frac{(np_1)^x e^{-np_1}}{x!} - \sum_{x=0}^{c-1} \frac{(np_1)^x e^{-np_1}}{x!} + \sum_{x=0}^{c-1} \frac{(np_1 p_c)^x e^{-np_1 p_c}}{x!}$$

$$= \sum_{x=0}^{c-1} \frac{(np_1)^x e^{-np_1}}{x!} - \sum_{x=0}^{c-1} \frac{(np_1)^x e^{-np_1}}{x!} (1 - p_c^x e^{np_1(1-p_c)}) \quad \cdots\cdots (17)$$

식(15)를 식(17)에 대입하면

$$\beta_c = \beta - \sum_{x=0}^{c-1} \frac{(np_1)^x e^{-np_1}}{x!} (1 - p_c^x e^{np_1(1-p_c)}) \quad \cdots\cdots (18)$$

예를 들어, $p_o = 0.03$, $p_1 = 0.1$이고 $n = 100$, $c = 5$일 경우 p_c에 따른 α_c β_c의 변화량에 대한 결과를 보면 〈표 1〉과 같다.

p_c가 0.75라면 消費者危險 α_c는 1/2로 줄어들고 반면 生產者危險 β_c는 5배로 늘어난다. 이제 3가지 檢査計劃에 대해 p_c의 값에 따른 α와 α_c, β와 β_c의 비교를 〈표 2〉로 부터 알 수 있다.

만약 p_c가 0.8이라면 β_c는 β의 2~3배 정도이며 α_c는 α의 약 1/4~1/2 정도로 줄어들었음을 알 수 있다. 그러나, 〈표 3〉에서는 檢査誤謬의 결과는 샘플크기를 크게 함으로써 무시할 수 있음을 보여준다.

여기서는 경험된 檢査者가 不良品을 不良이라고할 확률 p_c를 0.3이라고 하면, α와 β를 두 檢査者가 같게 설정 했을 때 표본의 크기가 크게 변화됨을 볼 수 있다. 따라서, 消費者의 檢査誤謬를 고려하여 返還되는 로트의 실제 返還率을 推定할 수 있다.

〈표 1〉 p_c에 대한 α_c β_c의 값

	n	c	p_0	p_1	p_c	α_c	β_c
1	100	5	0.03	0.1	1.00	0.1847	0.0293
2	100	5	0.03	0.1	0.95	0.1602	0.0403
3	100	5	0.03	0.1	0.90	0.1871	0.0550
4	100	5	0.03	0.1	0.85	0.1156	0.0744
5	100	5	0.03	0.1	0.80	0.0959	0.0996
6	100	5	0.03	0.1	0.75	0.0780	0.1321

〈 표 2 〉 p_c에 따른 α와 α_c, β와 β_c 비교

	n	c	p_0	p_1	α	β	α_c	β_c	p_c
PLAN－I	65	4	0.03	0.1	0.143	0.112	0.018 0.074 0.103	0.591 0.238 0.155	0.5 0.8 0.9
PLAN－II	67	3	0.01	0.08	0.030	0.100	0.005 0.017 0.023	0.498 0.200 0.140	0.5 0.8 0.9
PLAN－III	179	10	0.03	0.04	0.048	0.101	0.001 0.013 0.026	0.814 0.295 0.175	0.5 0.8 0.9

〈 표 3 〉 檢査誤謬를 고려했을 경우 設計된 計劃 (p_0=0.01, p_1=0.05)

	p_c	n	α	β	c
PLAN－I	1.0 0.9 0.3	137 152 455	0.050	0.091	4
PLAN－II	1.0 0.9 0.3	141 157 469	0.055	0.080	4
PLAN－III	1.0 0.9 0.3	197 219 656	0.050	0.033	5

定理 3 : 檢査誤謬를 고려할 경우 返還된 製品의 로트를 檢査하는 경우와 檢査하지 않는 경우로 나눌때 실제 返還率은 다음식(19)와 같다.

즉,

$$CR_t = CR_c\Big(1-\frac{1-\alpha_c}{1-\alpha_c-\beta_c}\big(\frac{I_0}{I}-\beta_c\big)\Big) \quad \cdots\cdots (19)$$

證明 ; 消費者의 返還率은

$$CR_c = F_c/N = (R+NR)/N \quad \cdots (20)$$

그런데,

$$F_c = F_t + F_0 \quad \cdots\cdots (21)$$

그때, 실제 返還率 CR_t

$$CR_t = F_t/N = (F_c - F_0)/N \quad \cdots (22)$$

消費者로 부터 生産者에게 返還되지 않은 로트이지만, 만약 檢査를 한다면 다음과 같이 3가지로 분류할 수 있다. 즉,

$$NR_{oo} = NR((R_o/R)(1-\alpha_c)) \quad \cdots (23)$$

$$NR_{of} = NR((R_o/R)\beta_c) \quad \cdots\cdots (24)$$

$$NR_x = NR((R_o/R)\alpha_c+(R_f/R)(1-\beta_c)) \quad \cdots\cdots (25)$$

그리고, 실제 消費者로 부터 生産者에게 返還된 로트중 檢査하지 않았지만, 檢査를 할 경우 다음 3가지로 분류된다.

$$NI_{\infty} = NI((R_o/R)(1-\alpha_c)) \quad \cdots\cdots (26)$$

$$NI_{of} = NI((R_o/R)\beta_c) \quad \cdots\cdots (27)$$

$$NI_x = NI((R_o/R)\alpha_c+(R_f/R)(1-\beta_c)) \quad \cdots\cdots (28)$$

만약, R_o와 R_f가 檢査될 가능성이 같다고 가정하면 R_o와 R_f에 대한 檢査比率은 I/R이다. 따라서

$$I_{oo} = R_o(I/R)(1-\alpha_c)+R_f(I/R)O$$

$$= I(R_o/R)(1-\alpha_c) \quad \cdots\cdots (29)$$

$$I_{of} = R_o(I/R)O+R_f(I/R)\beta_c$$

$$= I(R_f/R)(R_f/R)\beta_c \quad \cdots\cdots (30)$$

그런데, I_o는 I_{∞}와 I_{of}로 구성되어 있으므로

$$I_o = I_{\infty} + I_{of}$$

$$= (I/R)(R_o(1-\alpha_c) + R_f\beta_c) \quad \cdots\cdots (31)$$

$$I_x = R_o(I/R)\alpha_c + R_f(I/R)(1-\beta_c) \quad \cdots\cdots (32)$$

따라서, 실제 不合格으로 판정될 로트수 F_t는 檢査된 로트수 I와 檢査되지 않은 로트수 NI, 그리고 返還하지 않은 로트수 NR의 合으로 구성되어 있다.

$$F_t = I+NI+NR \quad \cdots\cdots (33)$$

즉,

$$F_t = (I_{of}+I_x) + (NI_{of}+NI_x) + (NR_{of}+NR_x) = I(R_f/R)\beta_c + I(R_o/R)\alpha_c + I(R_f/R)(1-\beta_c) + NI(R_f/R)\beta_c + NI(R_o/R)\alpha_c + NI(R_f/R)(1-\beta_c) + NR(R_f/R)\beta_c + NR(R_o/R)\alpha_c + NR(R_f/R)(1-\beta_c) \quad \cdots\cdots (34)$$

그런데, $R = R_o + R_f$, $F_c = R + NR = I + NI + NR$이므로 식(34)는 다음과 같이 정리된다.

$$F_t = F_c(1-(R_o/R)(1-\alpha_c)) \quad \cdots (35)$$

식(35)를 식(22)에 대입하면

$$CR_t = CR_c(1-(R_o/R)(1-\alpha_c)) \quad (36)$$

그리고, 식(31)로 부터

$$R_o = R((I_o/I-\beta_c)/(1-\alpha_c-\beta_c)) \quad \cdots\cdots (37)$$

따라서, 식(36)과 식(37)로 부터 실제 返還率 CR_t는 다음식(38)과 같다.

$$CR_t = CR_c\left(1-\frac{1-\alpha_c}{1-\alpha_c-\beta_c}(I_o/I-\beta_c)\right) \quad \cdots\cdots (38)$$

定理 4 : 檢査誤謬를 고려할 경우 返還되는 製品이 모든 로트에 대해 檢査를 실시할 경우 실제 返還率은

$$CR_t = CR_c\left(1-\frac{1-\alpha_c}{1-\alpha_c-\beta_c}(I_o/R-\beta_c)\right) \quad \cdots\cdots (39)$$

證明 ; 消費者의 返還率은

$$CR_c = F_c/R = (R+NR)/R \quad \cdots (40)$$

그리고

$$F_c = F_t + F_o \quad \cdots\cdots (41)$$

그때, 실제 返還率 CR_t는

$$CR_t = F_t/N = (F_c-F_o)/N \quad \cdots (42)$$

消費者로 부터 生産者에게 返還되지 않은 로트이지만, 만약 檢査를 한다면 다음과 같이 3가지로 분류할 수 있다.

$$NR_{oo} = NR(R_o/R)(1-\alpha_c) \quad \cdots\cdots (43)$$

$$NR_{of} = NR((R_o/R)\beta_c) \quad \cdots\cdots (44)$$

$$NR_x = NR((R_o/R)\alpha_c + (R_f/R)(1-\beta_c)) \quad \cdots\cdots (45)$$

만약, R_o와 R_f가 檢査될 가능성이 같다고 가정을 하면 R_o와 R_f에 대한 檢査比率은 I/R이다.

따라서

$$I_{oo} = R_o(1-\alpha_c) \quad \cdots\cdots (46)$$

$$I_{of} = R_f \beta_c \quad \cdots\cdots (47)$$

그런데, I_o와 I_{oo}와 I_{of}로 구성되어 있으므로

$$I_o = R_o(1-\alpha_c) + R_f\beta_c \quad \cdots\cdots (48)$$

$$I_x = R_o\alpha_c + R_f(1-\beta_c) \quad \cdots\cdots (49)$$

따라서, 실제 不合格으로 판정된 로트수 F_t는 返還된 로트수 R과 返還되지 않은 로트수 NR의 합으로 구성되어 있다. 그런데, $F_t = R+NR$이다.

$$\begin{aligned} F_t &= (I_{of}+I_x) + (NR_{of}+NR_x) \\ &= R_f + R_o\alpha_c + NR(R_f/R) \\ &+ NR(R_o/R)\alpha_c \quad \cdots\cdots (50) \end{aligned}$$

그런데, $R=R_o+R_f$, $F_c=R+NR$이므로 식(50)은 다음과 같이 정리된다.

$$F_t = F_c(1-(R_o/R)(1-\alpha_c)) \quad \cdots (51)$$

이제, 식(51)을 식(42)에 대입하면 식(52)와 같다.

$$CR_t = CR_c(1-\frac{R_o}{R}(1-\alpha_c)) \quad \cdots (52)$$

그리고, 식(48)로 부터

$$R_o = R(\frac{I_o/R-\beta_c}{1-\alpha_c-\beta_c}) \quad \cdots\cdots (53)$$

따라서, 식(53)과 식(52)로 부터 返還率 CR_t는 다음식(54)와 같다.

$$CR_t = CR_c(1-\frac{1-\alpha_c}{1-\alpha_c\beta_c}(I_o/R-\beta_c)) \quad \cdots\cdots (54)$$

식(38)에서 $k = ((1-\alpha_c)/(1-\alpha_c-\beta_c))(I_o/I-\beta_c)$라 하면 k는 消費者에 의해 overestimation 또는 underestimation 되는 故障率의 양을 나타내는 계수가 있는데, 이는 α_c, β_c 그리고 I_o, I의 값에 의해 결정되기 때문에 $k > 0$이면 overestimation된 경우이고, $k < 0$이면 underestimation된 경우이다. $(1-k)=f$는 수정계수(correction factor)가 되는데 $I_o/I=0.05$라 할때 α_c와 β_c에 따른 수정계수가 〈표 4〉에 계산되어 있다.

Ⅲ. 結 論

본 論文에서는 檢査誤謬를 고려했을 경우 生産者危險과 消費者危險 및 消費者로 부터 返還되는 製品의 返還率을 推定하는 模型을 제시했다. 즉, 消費者는 生産者로 부터 구입한 製品에 대해 실제 不良製品의 分布를 알 수 있기 때문에 〈표 1〉에서 보는 바와 같이 消費者 檢査誤謬를 고려했을 경우 消費者危險과 生産者危險을 推定했다. 따라서, 이 推定値에 의해 가능한 한 消費者危險을 줄이기 위해 消費者는 生産者에게 品質規制 뿐만 아니라 다양한 요구를 할 수 있는 정보를 얻을 수 있다. 또한 生産者는 消費者로 부터 返還되는 製品의 실제 返還率을 推定함으로써 製品不良費用이나 保證費用을

줄일 수 있을 뿐 아니라 消費者로 부터 返還되는 量이 실제 返還率에 대해 얼마만큼 차이가 있는지를 〈표 4〉에서 提示했다. 그러므로, 保證費用 및 返還費用을 줄일 수 있도록 不合格 判定個數 및 設計値 α, β 설정에 관한 經營 意思決定에 중요한 역할을 해줄 수 있으리라 期待된다.

〈표 4〉 α_c와 β_c에 따른 수정계수

β_c \ α_c	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0
0.00	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950
0.02	0.969	0.969	0.969	0.969	0.969
0.05	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0.07	1.023	1.022	1.022	1.022	1.022
0.10	1.060	1.058	1.057	1.056	1.056
0.12	1.087	1.084	1.082	1.081	1.080
0.14	1.117	1.112	1.109	1.107	1.105
0.16	1.150	1.148	1.137	1.134	1.131

參 考 文 獻

1. Beainy, I. and K. E. case (1981), "*A Wide Variety of AOQ and ATI Performance Measures with and without Inspection Error*", J. of Quality Tech., Vol. 13, No. 1, pp. 1−9.
2. Biegel, J. E. (1974), "*inepector Errors and Sampling Plans.*" AIIE Trans., Vol. 6, No. 1, pp. 284−287.
3. Dorris, A. L. and B.L. Foote (1978), "*Inspection Errors and Statistical Quality Control,*" AIIE Trans., Vol. 10, pp. 184−192.
4. Edward Jackson, J. (1981), "*Principal Components and Factor Analysis ?*" J. of Quality Tech., Vol. 13, No. 2, pp. 223−236
5. Feigenbaum, A. V (1961), Total Quality Control, Engineering and Management, McGraw-Hill Book Co.,
6. Frank E. Kalivda (1977), "*A Model for an Estimation of the Product Warranty Return Rate,*" Pro. Annual Reliability and Maintainability Sympoium, pp. 66−72.
7. Lavin, M. (1946), "*Inspection Efficiency and Sampling Inspection Plans,*" J. of the American Statistical Association, Vol. 41, No. 2, pp. 432−438.
8. Trader, R. L. (1983), "*A Bayesian Analysis of Imperfect Inspection Model,*" Communications in Statistics, Theory and Method, Vol. 12, No. 4, pp. 259−268.
9. Udell, J. G. and E. E. Anderson (1968), "*The Product Warranty as an Element of Competitive Strategy,*" J. of Marketing, Vol. 32, No. 1, pp. 1−8.
10. 金永輝 (1979), 品質管理, 淸文閣
11. 朴聖炫 (1984), 統計的 品質管理, 大英社