Journal of the KSQC
Vol. 8, No. 2 (1980)

破壞検査에 있어서의 最少費用 샘플링 検査方式의 決定에 관한 研究
- 計数破壊 1 回検査를 中心으로 -

A Study on the Determination of a Minimum Cost Sampling Inspection Plan for Destructive Testing.

黃 義 徹*
鄭 永 培**

Abstract

This paper deals with the problem of determining a minimum cost sampling inspection plan for a single destructive testing by attribute.

The cost for inspection lot is constructed by following three cost factors:

(1) cost of inspection, (2) cost of accepted defective, (3) cost of rejected lot

Using Hald's Bayesian approach in a single non-destructive testing, procedure's for finding the minimum cost single destructive sampling inspection plan by attribute are given.

Assuming the uniform distribution as a prior-distribution and using numerical analysis by computer, a minimum cost single destructive sampling inspection plan by attribute for several lot sizes, unit cost, destructive testing cost, and salvage cost is given.

I. 序 論

工場에서 生產되는 製品은 모두다 그 規格에 適合한 것이라고 말할 수 없다.

따라서 이들 製品들은 全数検査를 함으로써 그 品質이 完全히 保証되지만 모든 製品을 하나 하나 検査해 본다는 일은 거의 不可能하거나, 莫大한 費用을 必要로 하는 境遇가 많아 必然的으로 샘플링 検査의 方法과 샘플링検査의 理論의 発達을 促進시켜 왔다고 할 수 있다.

샘플링検査는 製品의 品質을 全部 保証할 수는 없으나 어떤 確率로 로트마다의 品質을 保証할 수가 있고, 또 検査의 수고, 時間의 節約, 検査의 費用에 있어서 全数検査보다 経済的으로 有利하다. 특히 破壞検査의 境遇에는 製品의 品質을 調査하기 위하여 製品을 모두 破壞해 버릴 수 없기 때문에 반드시 샘플링検査를 해야 한다.

이 破壞샘플링検査의 境遇는 로트에서 抽出한 샘플은 모두 破壞되기 때문에 샘플의 크기를 增加시키면 로트의 品質에 대한 信頼度는 높아지나 그에 따른 破壞検査費用이 增加하고, 샘플의 크기를 減少시키면 破壞検査費用은 減少하나 로트의 品質에 대한 信頼度가 떨어지기 때문에 그에 따른 合格된 로트안의 不良品으로 인해 発生하는 費用이 增加하게 된다.

* 漢陽大学校 産業工学科 教授
** 漢陽大学校 大学院 産業工学科

특히 本 研究의 破壞1回檢査에서는 로트가 合格되거나 不合格되는 두가지 境遇밖에 없으므로 만약 로트가 不合格되면 그 損失費用은 매우 크다고 생각된다.

本 研究에서는 이러한 点을 考慮해서 檢査 費用과 로트의 合格, 혹은 不合格으로 인한 損失의 세가지로 費用要因을 限定하여 베이지안(Bayesian) 統計学에 基礎를 둔 A. Hald[9]의 解析的인 方法(非破壞1回檢査 - 総費用을 最小로 하는 檢査方式)을 根拠로 하여 計数破壞1回檢査(Single Plan for Destructive Testing by Attribute)의 最小費用 샘플링檢査方式을 구하고저 한다.

이 檢査方式을 導出하는데 있어서는 線型費用모델(Linear Cost Model, L.C.M)을 設定하고, 이 모델에 의해 総費用函数가 最小가 되는 샘플의 크기 n과 合格判定個数 c를 찾으려고 한다. 이때 n과 c를 찾아내는데 있어서 檢査로트안에 들어 있는 不良品은 구형分布(Uniform distribution)를 따른다고 仮定하고 컴퓨터를 使用, 数値解析的 方法을 採択하였다.

Ⅱ. 計数破壞 1 回檢査에 있어서의 最少費用 샘플링檢査方式

1. 計数破壞 1 回檢査의 "Linear Cost Model" 設定

(1) 仮 定

i) 모든 샘플은 랜덤하게 抽出되었다.

ii) 檢査받은 모든 製品은 破壞檢査에 의해 良品, 不良品으로 判定한다.

iii) 破壞檢査는 完全無缺하며 製品이 잘못 判定되는 경우는 없다.

iv) 檢査는 정하여진 順序(体係)에 의해 実施된다.

v) 샘플의 檢査費用은 製品数에 比例한다.

vi) 合格로트 中에 包含되어 있는 不良品은 結果的으로 費用을 誘発시키며 그 費用은 不良品数에 比例한다.

vii) 不合格된 로트의 製品은 그 残存価値가 있으며 이에 따른 費用도 不合格된 製品数에 比例한다.

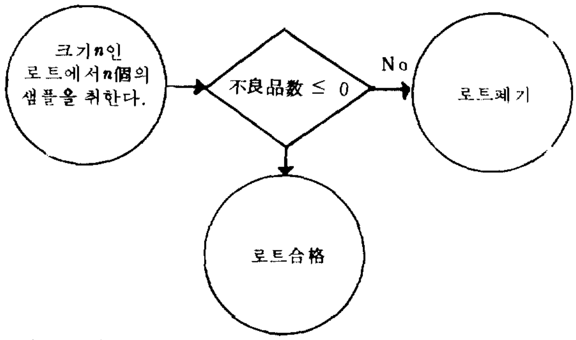
(2) 檢査節次

i) 주어진 로트에서 n個의 샘플을 취하여 破壞檢査를 한다.

ii) 이中 不良品의 数가 c個以下이면 그 로트는 合格시키고, c個를 超過하면 그 로트는 不合格 시킨다. 만약 샘플을 모두 檢査하지 않았는데도 이미 不良品의 数가 $c+1$個가 된 境遇에도 그대로 n個의 샘플을 모두 檢査한다.

iii) 不合格된 로트는 폐기(Scrap) 시킨다.

위의 檢査節次를 Flow Diagram으로 나타내면 다음과 같다.



(3) 모델의 設定

위와 같은 計数破壞1回檢査에서 發生하는 費用을 보면,

i) 로트에서 샘플하고 난 나머지 部分안에 들어있을 不良品이 로트가 合格되었을 때 그대로 나가기 됨으로써 結果的으로 發生하는 費用을 1로 하여 다른 費用을 計算하는 基本単位로 삼는다.

ii) 製品単価를 U_c라 하고, 한개의 製品을 破壞檢査하는 費用을 D_c라 하면 n個의 샘플을 破壞檢査하는 費用은 $(U_c+D_c)\,n$이 된다.

iii) 不合格된 로트는 残存価値만 認定해 주고 폐기(Scrap) 시켜 버리므로 그에 대한 費用은 로트의 나머지 部分을 $(N-n)$, 製品単価를 U_c, 残存価値를 S_c라 하면 $(N-n)\ (U_c-S_c)$가 된다.

로트안에 들어있는 不良品数 X의 事前分布를 仮定할 경우 로트의 不良率이 $P=X/N$일 때 위와 같은 샘플링檢査의 費用은 다음 2가지로 생각할 수 있다.

i) 샘플을 檢査한 後 로트를 合格시키는 費用:

$(U_c+D_c)n+(X-x),\quad 0\leq x\leq c$

ii) 샘플을 檢査한 後 로트를 不合格시키는 費用:

$(U_c+D_c)\,n+(N-n)\ (U_c-S_c),\quad c\leq x\leq n$

또한 샘플에서의 不良品의 数가 x일 確率은

$$P_r(x/X)=\frac{\binom{X}{x}\binom{N-X}{n-x}}{\binom{N}{n}}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2-1)$$

이므로 로트의 不良率이 $P=X/N$일 때 로트当 平均費用은 다음과 같다.

$$K(n, c, X) = (U_c + D_c)\, n + \sum_{x=0}^{c} (X - x) P_r(x/X) + \sum_{x=c+1}^{n} (U_c - S_c)(N - n)\, P_r(x/X) \cdots\cdots\cdots \quad (2-2)$$

로트의 크기 N의 로트가 X個의 不良品을 包含할 確率을 $f_N(X), X = 0, 1, \cdots, N$이라 하고 $f_N(X)$의 累積分布 函数를 $F_N(X)$라 하면

$$F_N(X) = \sum_{V=0}^{X} f_N(V) = \sum_{X=0}^{NP} f_N(X) \cdots\cdots\cdots (2-3)$$

따라서, 로트안에 포함된 不良品의 数 X와 샘플안에 들어 있는 不良品의 数 x의 2次元分布는

$$P_r(x, X) = f_N(X) P_r(x/X) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2-4)$$

이고, x의 周辺確率分布(marginal distribution)는

$$g_n(x) = \sum_X P_r(x, X) = \sum_X P_r(x/X) f_N(X) \cdots (2-5)$$

가 된다.

그러므로 로트当 平均費用은 式(2-2)로 부터 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} K(n, c) &= \sum_X K(n, c, X) f_N(X) \\ &= (U_c + D_c)\, n + \sum_{x=0}^{c} \sum_X (X - x) P_r(x/X) f_N(X) \\ &\quad + (U_c - S_c) \sum_{x=C+1}^{n} \sum_X (N - n) P_r(x/X) f_N(X) \\ &= (U_c + D_c)\, n + \sum_{x=0}^{c} \sum_X (X - x) P_r(x, X) \\ &\quad + (U_c - S_c) \sum_{x=C+1} \sum_X (N - n) P_r(x, X) \cdots\cdots \quad (2-6) \end{aligned}$$

샘플을 検査하여 x個의 不良品이 発見되었을 때 샘플링하고 난 로트의 나머지 部分안에 들어 있을 不良品의 数에 대한 期待값을 $E\{X - x/x\}$라 하면 本 研究의 計数破壊 1回検査에서의 L. C. M. 은 다음과 같이 表示된다.

$$K(n, c) = (U_c + D_c)\, n + \sum_{x=0}^{c} g_n(x) E\{X - x/x\} + (U_c - S_c)(N - n) \sum_{x=C+1}^{n} g_n(x) \cdots\cdots\cdots \quad (2-7)$$

따라서, 計数破壊 1回検査의 L. C. M.인 式(2-7)은 다음과 같은 3가지 項目으로 構成되어 있음을 알 수 있다.

i) 샘플을 破壊検査하는데 드는 費用 : $(U_c + D_c) n$

ii) 不良品을 合格시킴으로서 結果的으로 発生하는 費用 :

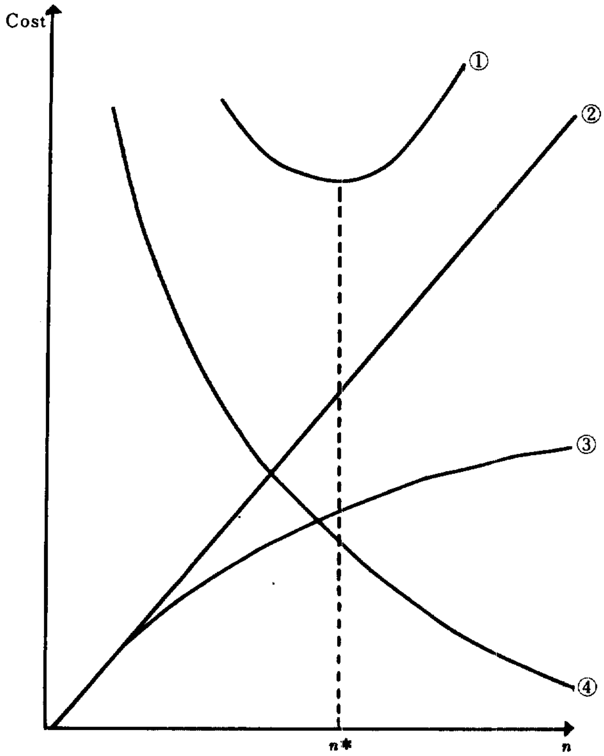
$$\sum_{x=0}^{c} g_n(x) E\{X - x/x\}$$

iii) 不合格로트가 폐기(Scrap)되었을 때 発生하는 費用 :

$$(U_c - S_c)\ (N - n) \sum_{x=C+1}^{n} g_n(x)$$

위의 3가지 項目으로 構成되어 있는 로트当 平均費用函数式 $K(n, c)$의 graph는 다음과 같다.

이 graph에서 로트当 平均費用函数式 $K(n, c)$의 最少値가 유일하게 存在한다는 것을 알 수 있다.



〔그림. 1〕 計数破壊 1回検査에서의 費用函数 그래프

① $K(n, c)$

② $(U_c + D_c)\, n$

③ $(U_c - S_c)(N - n) \sum_{x=C+1}^{n} g_n(x)$

④ $\sum_{x=0}^{c} g_n(x) E\{X - x/x\}$

2. 最少費用샘플링検査方式

式(2-7)의 $K(n, c)$를 最少로 하는 (n, c)를 찾기 위해 必要한 몇가지 結果를 먼저 구한다.

$$P_r(x, X) = f_N(X) \binom{n}{x} \binom{N-n}{X-x} \Big/ \binom{N}{X} \cdots (2-8)$$

이므로 x의 周辺確率分布 $g_n(x)$는

$$g_n(x) = \binom{n}{x} \sum_X f_N(X) \binom{N-n}{X-x} \Big/ \binom{N}{X} \cdots\cdots (2-9)$$

앞으로 $b < a$ 혹은 $a, b < 0$일 때 $\binom{b}{a} = 0$라 定義하고 $x^{(k)} = x(x-1)\cdots\cdots(x-k+1)$이라 定義한다.

그러면 $P_r(X/x) = P_r(x, X) / g_n(x)$이므로, (X/x)의 条件附 k次 階乗積率(factorial moment) $\mu_{(k)}(x)$는

$$\mu_{(k)}(x)=E\{(X-x)^{(k)}/x\}$$
$$=\sum_{X}(X-x)^{(k)}P_r(x,X)/g_n(x)\cdots(2-10)$$

이다.

式(2－10)에서 分子만을 計算하면

$$\sum_{X}(X-x)^{(k)}P_r(x,X)$$
$$=\sum_{X=0}^{N}(X-x)^{(k)}\binom{n}{x}\binom{N-n}{X-x}f_N(X)\Big/\binom{N}{X}$$
$$=\frac{(N-n)^{(k)}(x+k)^{(k)}}{(n+k)^{(k)}}\sum_{X=k}^{N}\binom{n+k}{x+k}\binom{N-n-k}{X-x-k}f_N(x)\Big/\binom{N}{X}$$
$$=\frac{(N-n)^{(k)}(x+k)^{(k)}}{(n+k)^{(k)}}g_{n+k}(x+k)\cdots\quad(2-11)$$

그러므로

$$\mu_{(k)}(x)=\frac{(N-n)^{(k)}(x+k)^{(k)}}{(n+k)^{(k)}}\cdot\frac{g_{n+k}(x+k)}{g_n(x)}\cdots\cdots(2-12)$$

이고, $E\{X-x/x\}=\mu(x)$

$$=\frac{(x+1)(N-n)}{n+1}\cdot\frac{g_{n+1}(x+1)}{g_n(x)}\cdots\cdots(2-13)$$

따라서 임의의 事前確率分布(Prior probability distribution)가 주어지고 샘플의 不良率 x/n가 주어졌을 때 샘플을 취하고 난 로트의 나머지 部分의 平均不良率을 $P_n(x)$라 하면,

$P_n(x)=E\{X-x/N-n/x\}$로 定義할 수 있다.

式(2－13)에 의해

$$P_n(x)=\frac{1}{N-n}E\{X-x/x\}$$
$$=\frac{x+1}{n+1}\cdot\frac{g_{n+1}(x+1)}{g_n(x)}\cdots\cdots\quad(2-14)$$

$(X-x)/(N-n)$의 推定値로 事前分布와 關係없는 x/n를 使用하는 것 보다는 $P_n(x)$를 使用하는 것이 좋을 것이다.

式(2－7)의 費用函数는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$K(n,c)=(U_c+D_c)n+(N-n)\sum_{x=0}^{c}g_n(x)P_n(x)$$
$$+(U_c-S_c)(N-n)\sum_{x=c+1}^{n}g_n(x)\cdots\cdots(2-15)$$

이제 로트当 平均費用函数 $K(n,c)$를 最少로 하는 샘플링検査方式을 구하기 위해서 A. Hald[9]의 方式을 利用하여 n, c에 대한 定差方程式(Difference Formula)을 구한다.

式(2－15)에서 n의 값이 주어졌을 때 c에 대한 定差方程式은

$$\Delta_cK(n,c)=K(n,c+1)-K(n,c)$$
$$=(N-n)g_n(c+1)\{P_n(c+1)-(U_c-S_c)\}\cdots\cdots(2-16)$$

따라서 x에 대해 $P_n(x)$가 增加函数이면 $K(n,c)$는 유일한 最少값을 가지며 $K(n,c)$를 最少로 하는 c는

$$\Delta_cK(n,c-1)\leqq 0<\Delta_cK(n,c),\ 1\leqq c\leqq n-1\cdots\cdots(2-17)$$

을 満足하는 값이다.

즉, $P_n(c)\leqq U_c-S_c<P_n(c+1),\ 0\leqq c\leqq n-1\cdots\cdots(2-18)$

이다.

또 c가 주어졌을 때 n에 대한 定差方程式은,

$$\Delta_nK(n,c)=K(n+1,c)-K(n,c)$$
$$=(D_c+S_c)+(U_c-S_c)\sum_{x=0}^{c}g_n(x)-\sum_{x=0}^{c}P_n(x)g_n(x)+(N-n-1)g_n(c)P_n(c)\{(U_c-S_c)-P_{n+1}(c+1)\}\cdots\cdots(2-19)$$

$K(n,c)$는 n에 대해서도 유일한 最少값을 가지므로 $K(n,c)$를 最少로 하는 n는 $\Delta_nK(n-1,c)\leqq 0<\Delta_nK(n,c)$, $1\leqq n\leqq N-1\cdots\cdots(2-20)$를 満足하는 값이다.

따라서 式(2－18)(2－20)을 同時에 満足하는 (n,c)중 総費用函数 $K(n,c)$를 最少로 하는 (n^*,c^*)가 計数破壞1回検査에서의 L. C. M.을 最少로 하는 最少費用 샘플링検査方式이다.

Ⅲ. 考　察

Ⅱ에서 提示한 計数破壞1回検査에서의 最少費用 샘플링検査方式을 찾는데 計算을 簡単히 하기 위해 구형分布($\alpha=1$, $\beta=1$인 β－分布)를 事前分布로 仮定한다.

$$f_N(X)=\frac{1}{N+1},\ X=0,1\cdots,N\cdots\cdots(3-1)$$
$$g_n(x)=\frac{1}{N+1}\cdot\frac{\binom{X}{n}\binom{N-X}{n-x}}{\binom{N}{n}}$$
$$=\frac{1}{n+1}\cdots\cdots(3-2)$$

이다.[14]

式(2－14)에서

$$g_n(x)\ \ P_n(x)=g_n(x)\cdot\frac{x+1}{n+1}\cdot\frac{g_{n+1}(x+1)}{g_n(x)}$$

$$=\frac{x+1}{n+1}\cdot\frac{1}{n+2}\cdots\cdots\cdots\ (3-3)$$

이므로 式 (3 - 2) (3 - 3)을 利用해서 式 (2-15)의 総費用函数式 $K(n, c)$는 다음과 같다.

$$K(n,c)=(U_c+D_c)\,n+(N-n)\,\frac{(c+1)\ (c+2)}{2(n+1)\ (n+2)}$$

$$+(U_c-S_c)\ (N-n)\ \frac{n-c}{n+1}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3-4)$$

式 (3 - 4)를 Ⅱ에서 提示한 方法을 따르면 式 (2 - 18), (2 - 20)을 滿足하는 값은,

$$\frac{c+1}{n+2}\leqq U_c-S_c<\frac{c+2}{n+2},\quad 0\leqq c\leqq n-1$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3-5)$$

$$(D_c+S_c)+(U_c-S_c)\frac{c+1}{n}-\frac{(c+1)\ (c+2)}{2n\ (n+1)}$$

$$+(N-n)\ \frac{(c+1)}{n(n+1)}\{(U_c-S_c)-\frac{c+2}{n+2}\}$$

$$\leqq 0<(D_c+S_c)+(U_c-S_c)\ \frac{c+1}{n+1}$$

$$-\frac{(c+1)\ (c+2)}{2\ (n+1)\ (n+2)}+(N-n-1)\ \cdot$$

$$\frac{(c+1)}{(n+1)\ (n+2)}[(U_c-S_c)-\frac{c+2}{n+3}],\ \ 1\leqq n\leqq$$

$$N-1\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3-6)$$

을 얻는다.

式 (3 - 5) (3 - 6)을 同時에 滿足하는 (n, c)중 総費用函数 $K(n, c)$ 를 最少로 하는 検査方式 (n^*, c^*)를 컴퓨터를 利用하여(로트의 크기 N의 값을 增加시켜 가면서)구하여 보았다[부록].

그 結果는 다음 表 1, 表 2와 같다.

[表 1] 最少費用샘플링 検査方式

$U_c=1,\ D_c=2,\ S_c=0.7$

N	C	n	$K(n,c)$
100	0	2	33.767
500	0	3	145.675
1,000	0	3	283.175
5,000	3	13	1345.119

[表 2] 最少費用샘플링検査方式

$U_c=0.5,\ D_c=0.1,\ \ S_c=0.05$

N	c	n	$K(n, c)$
100	2	6	37.843
500	6	15	181.692
1,000	8	19	359.304
5,000	21	48	1768.063

이 試験을 통해서 計数破壞 1回検査에 있어서는 어떠한 費用要素가 주어질지라도 最少費用 샘플링検査方式의 解析的인 決定方法에 의해 検査方式(n, c)의 모든 쌍들 중 費用函数를 最少로 하는 것은 하나밖에 없다는 것을 알 수 있다.

本 硏究에서는 事前分布로서 구형分布를 仮定했으나 다른 分布를 事前分布로서 仮定할 지라도 그에 따른 費用函数를 最少로 하는 샘플링検査方式은 구해질 것이다.

Ⅳ. 結 論

従来의 破壞 1回検査에 있어서의 最少費用 샘플링検査方式은 그것이 平均検査量을 最少로 하던가 全体費用을 最少로 하는 것이라 할지라도 合格된 로트안에 包含된 不良品으로 인한 損失費用은 推定이 不可能하다 하여 無視되어 왔다.

本 硏究에서는 合格된 로트안에 包含된 不良品으로 인한 損失費用을 包含한 期待의 諸検査費用을 모두 考慮하여 解析的인 方法에 의해 最少費用 샘플링検査方式을 導出하였다.

本 硏究는 合格된 不良品으로 인한 損失費用을 正確하게 考慮했느냐 하는 難点이 있으나 그에 대한 正確한 推定을 할 수 있다면 더욱 더 合理的인 最少費用샘플링検査方式이 될 것이다.

本 硏究에서 指摘할 수 있는 問題点은 費用要因(cost factor)의 概念注入을 前提로 한 모델의 展開를 벗어나서 새로운 費用変数에 대한 数理的인 展開나 証明過程에 따른 모델의 定立과 U_c, D_c, S_c의 数値変動에 대한 結果分析은 앞으로 硏究해야 할 問題이다.

그리고 本 硏究의 仮定에서 모든 샘플은 랜덤하게 抽出되고, 또 検査는 完全無缺하다고는 했지만 실제로 検査하는 過程에 있어서는 100% 完全하다고는 볼 수 없으므로 그 決定過誤(decision error)에 따르는 費用損失도 包含한 더욱 더 合理的인 最少費用샘플링検査方式을 찾아내는 것도 앞으로 硏究할 問題이다.

科学이 発達하면 꼭 破壞検査를 하지 않고서도 良品과 不良品을 判別할 수 있을 것이며, 그렇게 되면 破壞検査와 非破壞検査를 並行하여 더욱 더 合理的이고 経済的인 샘플링検査方式을 求할 수 있을 것으로 推測된다. 이것은 이 論文과 関聯해서 硏究해 볼만 한 重要한 課題라고 믿어진다.

〔부록〕

(1)

(Program Compile)

(Ex 1)

```
      DIMENSION NL(4)
      REAL IC, NS
      DATA NL/100, 500, 1000, 5000/
      DO 40 K = 1,4
      NS = 1
      DMIN = 99999999.
      IIC = C
      INS = C
      M = NL (K)-1
      DO 20 I = 1,M
      IC = -1
      L = NS
      DO 10 J = 1, L
      IC = IC + 1
      CONA = (IC + 1)/(NS + 2)
      CONB = (IC + 2)/(NS + 2)
      IF (CONA. GT. 0.3) GO TO 10
      IF (CONB. LE. 0.3) GO TO 10
      CONC = 2.7 + 0.3 * (IC + 1)/NS-(IC + 1) * (IC + 2)/(2*NS * (NS + 1))+
      *(NL(K)-NS) * (IC + 1) / (NS * (NS + 1))* (0.3 - (IC + 2) / (NS + 2))
      COND = 2.7 + 0.3 * (IC + 1)/(NS + 1)-(IC + 1) * (IC + 2)/(2* (NS + 1) * (NS + 2))+
      *(NL(K)-NS-1)* (IC+1)/(NS + 1) * (NS + 2)) * (0.3-(IC + 2)/(NS + 3))
      IF (CONC. GT. O.) GO TO 10
      IF (COND. LE. O.) GO TO 10
      DABB = 3*NS + (NL(K)-NS) * (IC + 1) * (IC + 2)/(2*(NS + 1) * (NS + 2))+
      *0.3 * (NL(K) - NS) * (NS-IC)/(NS + 1)
      IF (DMIN. LE. DAEE) GO TO 10
      DMIN = DABB
      INS = NS
      IIC = IC
10    CONTINUE
      NS = NS + 1
20    CONTINUE
      PRINT 30, DMIN, INS, IIC, NL (K)
30    FORMAT (1H, 10X, 'THE MINIMUM OF THE K(N, C) = ', F19.3,
      *2X, 'WITH N = ', 14,' C = ', 14,' IN CONDITION OF N = ', 14)
40    CONTINUE
      STOP
      END
```

(Ex 2)

```
      DIMENSION NL (4)
      REAL IC, NS
      DATA NL/100, 500,' 1000, 5000/
      DO 40 K = 1, 4
      NS = 1
```

```
      DMIN = 99999999.
      IIC = 0
      INS = 0
      M = NL(K)-1
      DO 20 I = 1, M
      IC = -1
      L = NS
      DC 10 J = I, L
      IC = IC + 1
      CONA = (IC + 1)/(NS + 2)
      CONB = (IC + 2)/(NS + 2)
      IF (CONA. GT. 0.45) GO TO 10
      IF (CONB. LE. 0.45) GO TO 10
      CONC = 0.15 + 0.45 * (IC + 1)/NS-(IC + 1) * (IC + 2)/(2*NS * (NS + 1))+
     *(NL(K)-NS) * (IC + 1)/(NS * (NS + 1) * (0.45 - (IC + 2)/(NS + 2))
      COND = 0.15 + 0.45 * (IC + 1)/(NS + 1)-(IC + 1) * (IC + 2)/(2 * (NS + 1) * (NS + 2))+
     *(NL (K) - NS - 1) * (IC + 1)/((NS + 1) * (NS + 2)) * (0.45 - (IC + 2)/(NS + 3))
      IF (CONC. GT. 0.) GO TO 10
      IF (COND. LE. 0.) GO TO 10
      DABB = 0.6 * NS + (NL (K) - NS) * (IC + 1) * (IC + 2)/(2 * (NS + 1) * (NS + 2)+
     *0.45 * (NL (K) - NS) * (NS - IC)/(NS + 1)
      IF (DMIN. LE. DABB) GO TO 10
      DMIN = DABB
      INS = NS
      IIC = IC
   10 CONTINUE
      NS = NS + 1
   20 CONTINUE
      PRINT 30, DMIN, INS, IIC, NL (K)
   30 FORMAT (IH, 10X, 'THE MINIMUM OF THE K (N, C) = ', F 19.3,
     *2X, 'WITH N = ', 14,' C = ', 14,' IN CONDITION OF N = ', 14)
   40 CONTINUE
      STOP
      END
```

(2)

(Out put)

(Ex 1)

```
THE MINIMUM OF THE K (N,C) =    33.767 WITH N =  2 C = 0 IN CONDITION OF N =  100
THE MINIMUM OF THE K (N,C) =   145.675 WITH N =  3 C = 0 IN CONDITION OF N =  500
THE MINIMUM OF THE K (N,C) =   283.175 WITH N =  3 C = 0 IN CONDITION OF N = 1000
THE MINIMUM OF THE K (N,C) =  1345.119 WITH N = 13 C = 3 IN CONDITION OF N = 5000
```

(Ex. 2)

```
THE MINIMUM OF THE K (N,C) =    37.843 WITH N =  6 C =  2 IN CONDITION OF N =  100
THE MINIMUM OF THE K (N,C) =   181.692 WITH N = 15 C =  6 IN CONDITION OF N =  500
THE MINIMUM OF THE K (N,C) =   359.304 WITH N = 19 C =  8 IN CONDITION OF N = 1000
THE MINIMUM OF THE K (N,C) =  1768.063 WITH N = 48 C = 21 IN CONDITION OF N = 5000
```

参考文献

1. Ladany, Shaul P., *"Least Cost Acceptance Sampling Plans for Destructive Testing"*, Journal of Quality Technology, Vol. 7, No. 3, July 1975, pp. 123 – 126.
2. Mandelson, J., *"Estimation of Optimum Sample Size in Destructive Testing by Attribute"*, Industrial Quality Control, Nov. 1946, pp. 24 – 26.
3. ———., *"Sampling plans for the Destructive or Expensive Testing"*, Industrial Quality Control, March 1967, pp. 440 – 450.
4. Smith, B.E., *"The Economics of Sampling Inspection"*, Industrial Quality Control, March 1965, pp. 453-458.
5. Martin, C.A., *"The Cost Breakeven Point in Attribute Sampling"*, Industrial Quality control, September 1964, pp. 137 – 144.
6. Hunter, A.J., and Griffiths, H.J., *"Bayesian Approach to Estimation of Insect Population Size"*, Technometrics, Vol. 10, No. 3, August 1978, pp. 231-234.
7. Heeremans, J.H., *"Determination of Optimal In-Process"*, Industrial Quality Control, Vol. 8, June 1962, pp. 22 – 37.
8. Guenther, William C., *"On the Determination of Single Sampling Attribute Plans Based upon a Linear Cost Model and a Prior Distribution"*, Technometrics, Vol. 13, No. 3, August 1971, pp. 483 – 498.
9. Hald, A., *"The Compound Hypergeometric Distribution and a System of Single Sampling Inspection Plans Based on Prior Distribution and Cost"*, Technometrics, Vol. 2, No. 3, August 1960, pp. 275 – 340.
10. ———., *"The Determination of Single Sampling Attribute Plans with Given Producer's and Consumer's Risk"*, Technometrics, Vol. 9, No. 3, August 1967, pp. 401 – 415.
11. Hahn, Gerald J., *"Minimum Size Sampling Plans"*, Journal of Quality Technology, Vol. 6, No. 3, July 1974, pp. 121 – 127.
12. Roeloffs, R., *"Acceptance Sampling Plans with Price Differentiais"*, The Journal of Industrial Engineering, Vol. XVIII, No. 1, January 1967, pp. 96 – 100.
13. Churchill, G.W., *"Minimizing the cost of lot Sampling Through Computer Solution of cost – Probabiltty Equation"*, Technical conference Transactions, 1968, pp. 643 – 652.
14. Riordan, John., Combinatorial Identities, John Wiley & Sons, Inc., 1968.
15. Cochran, William G., Sampling Techniques, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y. 1963.
16. Dodge, Harold F., and Romig, Harry G., Sampling Inspection Tables, 2nd ed., John Wiley & sons, Inc., New York, 1959.
17. Duncan, Acheson J., Quality control and Industrial Statistics, 4th ed., Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 1974.
18. Grant, Eugene L., and Leavenworth Richards., Statistical Quality control, 4th ed., McGraw – Hill, New York, 1972.
19. Mace, Arthur E., Sample Size Determination, Reinhold Publishing Corporation, 1964.
20. Military Standard 105-D Sampling Procedures & Tables for Inspection by Attribute, GPO, Washington D.C. 1963.
21. Bowker, Albert H., and Lieberman, Gerald J., Engineering Statistics, 2nd ed., Prentice – Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1972.