論文

ファジィ理論による計数規準型抜取検査の設計†

玉木 太* 金川 明弘* 太田 宏*

ロット受渡しの際、よく用いられる統計的品質管理の基本的な手法は、計数規準型 1 回抜取検査である。これは通常、四つの要素(合格品質水準、ロット許容不良率、生産者危険、消費者危険)を指定することにより成り立つ。しかしながらこれら四つの要素の指定には種々の経済的要因を考慮に入れねばならず、適切な数値を選択することはなかなか難しく、特に生産者と消費者との間の綿密な交渉により決定される合格品質水準とロット許容不良率はこの傾向が強い。そこで本論文では、この問題にファジィ理論を適用し、これら四つの諸量を「だいたい～くらい」にしたいというあいまいな形式での指定を許した場合の抜取検査の定式化と、その検査方式の設計手順について述べる。

キーワード：統計的品質管理，計数規準型抜取検査，ファジィ数，様相性数理計画問題

1. 序論

統計的品質管理とは、数理統計理論に基づき、生産工程の異常検出、改善アクションの効果確認、不良要因の特定を科学的に行う手段の体系である。なかでもロット受渡しの際の品質保証をはかる抜取検査は、管理図と並んで代表的な統計的品質管理手法であり、現在においても活発な研究が行われている。抜取検査には、個々の製品の検査結果を計量データで与える計量抜取検査と良・不良の計数データを扱う計数抜取検査がある。また、サンプルを抜き取る最大回数により、1 回、2 回、多回、逐次方式がある。

計数型 1 回抜取検査によるロットの合否判定手順は、大きさ N のロットから、大きさ n のランダムサンプルを取り出し、そのサンプル中の不良個数が c 個以下ならロット合格、 c を越えたら不合格とする方式である。計数抜取検査には、本論文で扱う規準型の他、不合格ロットを全数選別し AOQL (合格出検品質限界) 等を指定する選別型、また継

続して納入される製品の品質の良否に応じて購入者側が検査の厳しさを調整できる調整型がある。

しかしながらこれらの方式は、本質的には規準型抜取検査の考え方が基礎となっており [1]、規準型の改良あるいは延長と考えることができる。規準型抜取検査は通常次の諸量を定義することにより、その検査特性が決定される。

p_0 : 合格品質水準

p_1 : ロット許容不良率

α : 生産者危険

β : 消費者危険

これらによる品質保証は、不良率 p_0 のロットがこの検査で不合格となる確率を α 以下に、また不良率 p_1 のロットがこの検査で合格となる確率を β 以下にすることで達成される。この不等式関係を厳密に守りすぎると、サンプルの大きさ n が必要以上に過大となる傾向がある。この問題に関しては、Ohta と Ichihashi [2] が生産者および消費者がもつ実現危険値に対する許容領域を、ファジィ集合とすることによる問題の解決を計った。

さらに Kanagawa と Ohta [3] はサンプルの大きさ n の望小特性を考慮したファジィ不等式制約の整数計画問題としてこの問題を扱い、その解法を与えた。

† A Fuzzy Design of Sampling Inspection Plans by Attributes
Futoshi TAMAKI, Akihiro KANAGAWA and Hiroshi OHTA

* 大阪府立大学工学部経営工学科
College of Engineering, University of Osaka Prefecture

ところでこの計数規準型 1 回抜取検査のいまひとつの問題点として、これを規定する四つの要素 $(\alpha, \beta, p_0, p_1)$ をいかに適切に指定するかということがある。これら四つの要素は生産能力、経済的事情、品質に対する要求、検査コスト等を十分考慮に入れたうえで決定しなくてはならず[4]、これらの値を正確に特定することは容易ではない。JIS-Z 9002 抜取検査表[4]では、このあたりの事情を、 p_0 は 21 種、 p_1 は 17 種の区間値から選択するようにして実用に供しているが、便宜的な方法であり、これではそれぞれの指定値に対する確定の度を反映させることはできない。そこでこれら四つの要素をファジィ数と考えることにより、おのおの指定値のあいまい度を定量的に評価する方法が考えられる。本論文では、計数規準型 1 回抜取検査を規定する四つの要素がファジィ数で与えられたときの設計規準の定式化ならびにその解法を示す。

2. 問題の詳述

ロットの大きさ N が十分大きいとき、不良率 p のロットが抜取検査 (n, c) で合格する確率 $L_A(p)$ および不合格となる確率 $L_R(p)$ はそれぞれ

$$\begin{aligned} L_A(p) &= \sum_{k=0}^c \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \\ L_R(p) &= \sum_{k=c+1}^n \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \end{aligned} \quad (1)$$

で与えられる。生産者は、この検査でなるべく合格(確率 $1-\alpha$ 以上)としたい(良い)品質集合 G_0 を考える。これは不良率を台集合として、数直線上の閉区間

$$G_0 \equiv [0, p_0]$$

で与えられるものとする。また消費者はこの検査でなるべく不合格(確率 $1-\beta$ 以上)としたい(悪い)品質集合 G_1 を考え

$$G_1 \equiv [p_1, 1]$$

と定義する。この際、両者の要求は

$$\forall p \in G_0 \text{ について } L_A(p) \geq 1-\alpha$$

かつ

$$\forall p \in G_1 \text{ について } L_R(p) \geq 1-\beta$$

である。これを実現するためには、それぞれの集合 G_0, G_1 の上下限値 p_0, p_1 を用い、また

$$L_A(p) = 1 - L_R(p)$$

であることを利用すれば

$$\begin{aligned} L_R(p_0) &= \alpha \\ L_A(p_1) &= \beta \end{aligned} \quad (2)$$

を満たす抜取方式を採用することになる。実際には(2)式は設計値 (n, c) の整数性を考慮して

$$\begin{aligned} L_R(p_0) &\leq \alpha \\ L_A(p_1) &\leq \beta \end{aligned}$$

とすることになる。これが従来の両危険値に対する制約であり、これを満たす (n, c) の中でサンプルの大きさ n が最も小さくなるような抜取方式 (n, c) が採択される。このような組 (n, c) を見いだす方法は古くからさまざまな方法が提案されている[5]。簡便法としては、 p の値が小さいときに使われる Thorndike の曲線による方法がある。

また関数 $p-L_A(p)$ のグラフはロットの品質とその合格の確率との関係を示す曲線で、OC 曲線と呼ばれ、検査特性を知る上で重要な役割を果たす。

ところで序文で述べた問題、すなわち適切な p_0, p_1 の指定の困難性は、集合 G_0, G_1 のクリスプ性にあるといえる。ロットの品質について‘良い’あるいは‘悪い’といった集合の上下限の指定を強要する従来方式は、すこぶる硬直的である。しかしながら標本論的立場に立つ限り、上述したように上下限の設定は不可避である。ちなみにベイズ流の立場に立つならば、 G_0, G_1 をファジィ集合としたときに、Zadeh の確率を用いて信頼性抜取検査が定式化できることがすでに示されている[6]。

本論文では伝統的な標本論的立場に立脚し、なおかつ従来の指定方式の硬直性を緩和するために、 G_0 および G_1 の上下限値 p_0, p_1 を直接ファジィ数で指定する、すなわち「だいたい～くらい」といった形式で指定された場合の計数規準型 1 回抜取検査について考察する。ちなみに、 p_0, p_1 をそれぞれ上限・下限とする集合は、Dubois と Prade による様

相論的意味付け[7]から、可能性および必然性の2種ずつが得られる。これらはまたTwofoldファジィ集合[8]とも呼ばれ、例えば G_0 の場合、そのメンバーシップ関数は次式で与えられる[9]。

(1) 可能性

$[0, p_0]$: p_0 より可能的に等しいか小さい非負の数の集合

$$\mu_{[0, p_0]}(p) = \begin{cases} \sup_{p \leq x} \mu_{p_0}(x) & p \geq 0 \\ 0 & p < 0 \end{cases}$$

(2) 必然性

$[0, p_0]$: p_0 より必然的に小さい非負の数の集合

$$\mu_{[0, p_0]}(p) = \begin{cases} \inf_{p \geq x \geq 0} [1 - \mu_{p_0}(x)] & p \geq 0 \\ 0 & p < 0 \end{cases}$$

図1で示されるこれらの集合の定義は、矩形メンバーシップ関数で表現されていた従来の集合 G_0 , G_1 に比べて非常に柔軟な定義となっている。

3. 検査保証の定式化

ここで、 p_0, p_1 をファジィ数と考えることの意味についていまだ少し検討してみよう。いま考えている規準型の抜取検査においては、他の抜取検査方式、例えば計数選別型抜取検査のように工程平均不良率を管理するわけではなく、各ロットごとの不良率を品質保証の対象としている。この実態はロット中に存在する不良品の個数であり、不良率はこの場合不良個数をロットサイズで除した単なる割合に過ぎない。したがって、例えば「良い」と考えられるロット不良率の上限 p_0 を指定することは、とりまなおさず受容できる最大の不良個数の指定をしているのに他ならない。逆に、「悪い」と考えられるロット不良率の下限 p_1 を指定するこ

図1. 様相理論による p_0 を上限とする集合のメンバーシップ関数

とは、許容できない最小の不良個数を指定していることになる。よって p_0 や p_1 をファジィ数で与えることは、受容できるロットあたりの最大不良個数や許容できない最小の不良個数を、ある一定の幅と満足度を含ませたうえ、指定していることと解釈できる。

さて、無限母集団を仮定できる場合、 n 個のサンプル中、 x 個の不良品が混入する確率は不良率 p と同じ値の確率値に支配され、また x が c 以下である確率や、 c を越える確率も排反確率事象の法則から(1)式の $L_A(p)$ や $L_R(p)$ で計算される。前述の受容できるロットあたりの最大不良個数や許容できない最小の不良個数のあいまいさは、直接確率測度の法則に影響を与えるものではない。よって p をファジィ数としたときの2種類の写像

$$\begin{aligned} p &\rightarrow L_A(p) \\ p &\rightarrow L_R(p) \end{aligned}$$

は通常の拡張原理により与えられる。すなわち p 上のファジィ集合 Q の像 $L_A(Q)$, $L_R(Q)$ のメンバーシップ関数は

$$\begin{aligned} \mu_{L_A(Q)}(q) &= \sup_{q=L_A(p)} \mu_Q(p) \\ \mu_{L_R(Q)}(q) &= \sup_{q=L_R(p)} \mu_Q(p) \end{aligned} \quad (3)$$

与えられる。ここで2項分布で表されるOC関数 $L_A(p)$ を不完全ベータ関数比で表現[10]すると

$$L_A(p) = \frac{1}{B(c+1, n-c)} \int_p^1 t^c (1-t)^{n-c-1} dt$$

となる。よって、 $p \in (0, 1)$ について

$$\frac{d}{dp} L_A(p) = -\frac{p^c (1-p)^{n-c-1}}{B(c+1, n-c)} < 0$$

となるので、OC関数 $L_A(p)$ は区間 $(0, 1)$ で単調減少、 $L_R(p)$ は単調増加であることがわかる。よって、(3)式の $\sup$ は事実上必要なく、 p の h -レベル集合 $[p, \bar{p}]$ が、 L_A, L_R の同じレベル集合

$$[p, \bar{p}] \rightarrow [L_A(\bar{p}), L_A(p)]$$

$$[p, \bar{p}] \rightarrow [L_R(p), L_R(\bar{p})]$$

にそれぞれ写されることになる。

さてファジィ数 $\underline{p}$ の写像 $L_A(\underline{p})$, $L_R(\underline{p})$ が与

えられたとき、(2)式の制約は、 α と β をファジィ数と考えた場合も含めて、ファジィ数間の大小関係を定義したDuboisとPradeの四つの指標を用いて表現される。本論文ではこの四つの指標のうち可能性測度 $\text{Pos}(\leq)$ と必然性測度 $\text{Nes}(\leq)$ を考えることとする。より具体的には $\text{Pos}(\leq)$ と $\text{Nes}(\leq)$ は図2に示される m_P , m_N により与えられる。

(a) 可能性測度 $\text{Pos} \{A \leq B\}$

(b) 必然性測度 $\text{Nes} \{A \leq B\}$

図2. 様相測度

以上 $\text{Pos}(\leq)$ と $\text{Nes}(\leq)$ を代表して $\mathfrak{F}(\leq)$ と表すと本問題は様相制約のファジィ数理計画問題となるので、その定式化[11]に従うと

$$\begin{aligned} &\text{minimize} && n \\ &\text{subject to} && \mathfrak{F}_1 \{L_R(\underline{p}_0) \leq \underline{\alpha}\} \geq \underline{\nu}_1 \\ &&& \mathfrak{F}_2 \{L_A(\underline{p}_1) \leq \underline{\beta}\} \geq \underline{\nu}_2 \end{aligned}$$

となる。ここで

n : サンプルの大きさ

$\mathfrak{F}_1$: 生産者側の様相測度

$\mathfrak{F}_2$: 消費者側の様相測度

$\underline{\nu}_1$: 生産者側の測度の下限値

$\underline{\nu}_2$: 消費者側の測度の下限値

を表す。

4. 設計手順

計数規準型抜取検査はその設計方法だけで幾多の報告がなされていることから判るように、複雑な手順が必要であり、通常の数理計画の解法は受け付けない。すなわち、通常の数理計画問題のように制約条件に基づいて実行可能空間を構成し、目的関数を最小化する点を探索する方法は計算上多大の困難さを伴う。それゆえ定式化だけでは不十分であり、固有の解法を提示する必要がある[2][3]。本論文では、従来の設計法に関する研究蓄積を活用し、比較的程序も容易で、計算時間もさして要しないアルゴリズムについても提案する。その手順は以下のようなものである。

- (1) ファジィ数の形式で p_0, p_1, α, β を指定する。
- (2) 生産者側および消費者側の様相測度 ($\mathfrak{F}_1, \mathfrak{F}_2$) と測度の下限值 (v_1, v_2) を指定する。

(3) $n=1$ としたときに考えられる合格判定個数 c の集合(この場合 $c=0, 1$)について $c=0$ から順次制約条件を満たす n と c の組み合わせがないか探索してゆく。

(4) 与えられた n で制約を満たす組がなければ n をひとつずつ増やしていき、(3)と同様の手順を繰り返す。制約を満たす組が見つければそれを最適解として出力する。

このとき各制約の成立判定は、 α と β をまとめて δ 、また、 p_0, p_1 をまとめて P とすれば、様相測度が可能性の場合には、おのおののメンバーシップ関数を $h = v$ (v は v_1 または v_2) でカットしたときの δ のレベル集合 δ_h の R 側の端点の値(これを $\bar{\delta}_h$ とする)と P のレベル集合 P_h の L 側の端点の値(これを $\underline{P}_h$ とする)を比較することにより、測度が指定値 v 以上であるかどうかを判定することができる(図3参照)。必然性の場合についても同様である。なお設計プログラムのフローチャートを図4に示す。

(a) 測度が指定値以下である場合の $\bar{\delta}_h, \underline{P}_h$ の位置関係

(b) 測度が指定値以上である場合の $\bar{\delta}_h, \underline{P}_h$ の位置関係

図3. 測度が指定値以上であるか否かの判定

5. 数値検証

α, β, p_0, p_1 が次のようなL-Rファジィ数で与えられたときの抜取方式とその際の生産者危険と消費者危険の実現値の一例を表1にまとめた。

$$\alpha = (0.05, 0.01, 0.01)_{LR}$$

$$\beta = (0.10, 0.02, 0.02)_{LR}$$

$$\underline{p}_0 (\%) = (3.18, 0.37, 0.37)_{LR}$$

$$\underline{p}_1 (\%) = (8.055, 0.945, 0.945)_{LR}$$

ただし、 α, β, p_0, p_1 のメンバーシップ関数は三角型である。ちなみに $\alpha=0.05$, $\beta=0.10$, $p_0=3.18(\%)$, $p_1=8.055(\%)$ としたときのクリスプな抜取方式は、JIS-Z 9002 抜取検査表より $(n, c) = (200, 10)$ と求められる。

表1において、例えば#の $(n, c) = (162, 8)$ の抜取方式は生産者側の要求を可能性測度で0.3以上、消費者側の要求を必然性測度で0.3以上の割合で満たしていることを表わしている。図2からも知られるように、可能性測度による制約は、文字どおり‘制約を満たす可能性がある’ことを示し、その実現値も大きくなる傾向がある。その代償として、生産者、消費者双方が可能性の制約を選択

図4. ファジィ抜取方式の設計フローチャート

表1. 例における抜取方式 (n, c) とその際の生産者危険と消費者危険の実現値(%)

v_1	0.3		0.5		0.7	
v_2	0.3		0.5		0.7	
α_1	(n, c)	生産者危険の実現値 $L_R(\underline{p}_0)$	(n, c)	生産者危険の実現値 $L_R(\underline{p}_0)$	(n, c)	生産者危険の実現値 $L_R(\underline{p}_0)$
α_2		消費者危険の実現値 $L_A(\underline{p}_1)$		消費者危険の実現値 $L_A(\underline{p}_1)$		消費者危険の実現値 $L_A(\underline{p}_1)$
Pos	(116, 6)	(7.755, 3.170, 4.200) _{LR}	(134, 7)	(6.507, 2.895, 4.035) _{LR}	(152, 8)	(5.478, 2.621, 3.844) _{LR}
Pos		(16.60, 7.195, 10.86) _{LR}		(14.61, 6.901, 11.01) _{LR}		(12.91, 6.562, 11.08) _{LR}
Pos	#(162, 8)	(7.516, 3.479, 4.912) _{LR}	(182, 9)	(6.689, 3.290, 4.851) _{LR}	(204, 10)	(6.300, 3.252, 4.967) _{LR}
Nes		(8.826, 4.874, 9.108) _{LR}		(7.310, 4.315, 8.700) _{LR}		(5.629, 3.558, 7.896) _{LR}
Nes	(144, 8)	(4.134, 2.029, 3.068) _{LR}	(162, 9)	(3.516, 1.834, 2.916) _{LR}	(181, 10)	(3.098, 1.701, 2.834) _{LR}
Pos		(17.19, 8.087, 12.58) _{LR}		(15.16, 7.672, 12.63) _{LR}		(12.98, 7.049, 12.39) _{LR}
Nes	(192, 10)	(4.438, 2.367, 3.784) _{LR}	(229, 12)	(3.281, 1.922, 3.385) _{LR}	(268, 14)	(2.585, 1.628, 3.134) _{LR}
Nes		(8.825, 5.186, 10.19) _{LR}		(6.816, 4.389, 9.732) _{LR}		(4.948, 3.453, 8.814) _{LR}

した場合、いずれも、合格判定個数、サンプルの大きさは小さくおさえられている。一方、必然性測度による制約はその逆で、制約を厳しくとらえていることが判る。ちなみに可能性測度で $\nu=1$ とすると、 $\underline{p}_0, \underline{p}_1$ のファジィモードにおける設計値が $L_A(\underline{p}_0), L_R(\underline{p}_1)$ のファジィモードと一致する。また必然性測度による制約で $\nu=1$ とすると $\overline{p}_0 = \inf[\underline{p}_0]_{h=0}, \underline{p}_1 = \sup[\underline{p}_1]_{h=0}$ における設計値が $L_A(\underline{p}_0), L_R(\underline{p}_1)$ のファジィモードと一致する。表1中の $\nu_1 = \nu_2 = 0.5$ の場合の4種類の抜取方式のOC曲線を図5(a)に示す。また、 $\mathfrak{F}_1: \text{Pos}, \mathfrak{F}_2: \text{Nes}$ で $\alpha, \beta, \underline{p}_0, \underline{p}_1$ が表1の設計例と同じ場合において、 ν_2 が変化したときのOC曲線の様子と、対応するJIS-Z 9002 抜取検査表の方式 $(n, c) = (200, 10)$ のOC曲線をあわせて図5(b)に示す。 $\nu \rightarrow +0$, ある

いは $\nu=1$ とする一般的な議論は次章に譲る。

図5(a)より、上で述べた可能性及び必然性測度の性質が視覚的に理解でき、図5(b)より ν_2 が大きくなるほど制約が厳しくなり、サンプルの大きさおよび合格判定個数が増加し、ロット合格確率 $L_A(p)$ が小さくなり、消費者危険の実現値が小さくなることがわかる。図5(b)では ν_1 を固定し、 ν_2 を変化させたが、 ν_2 を固定して ν_1 を変化させた場合も同様である。また、他の3種類の抜取方式についてもこのことがいえる。

さて一般的には、消費者危険に関する制約はこれを厳しく考えることに消費者の立場としては異論はない。一方、両危険値の制約を厳しくすることは逆に、過大なサンプルの大きさを招くことから、生産者の立場としては、生産者危険に対する

図5(a) $\nu_1 = \nu_2 = 0.5$ のときの4種類($\mathfrak{F}_1 - \mathfrak{F}_2$)の抜取検査のOC曲線 (n, c)

図5(b) $\mathfrak{F}_1: \text{Pos}, \mathfrak{F}_2: \text{Nes}$ において ν_1 を固定し、 ν_2 を変化させたときのOC曲線 (n, c) の様子と、対応するJIS-Z9002抜取検査表の方式 $(n, c) = (200, 10)$ のOC曲線

制約の厳しさは消費者危険のそれと比べて小さく考えてもよい。従って多くの場合、生産者危険が可能性制約、消費者危険が必然性制約とする方式が常識的であろう。図5より、 $\nu_1 = \nu_2 = 0.5$ としたPos-Nesで設計した抜取方式(n, c) = (182, 9)の検査特性が、対応するJIS-Z 9002 抜取検査表の方式(n, c) = (200, 10)の検査特性と類似していることから、 $\nu_1 = \nu_2 = 0.5$ としたPos-Nesの設計は、JISとの対応という点においても優れたものであることがわかる。ここで、抜取方式がかなり異なっているにもかかわらずOC曲線が類似しているのは、合格判定個数 c がある程度大きい場合、 n が変化しても n と c の比がほぼ同じであれば、OC曲線はあまり変化しないという特性によるものである。なお、 α, β をクリスプな値で $\alpha = 0.05, \beta = 0.1$ とすれば、抜取方式は(n, c) = (201, 10)となり、対応するJIS-Z 9002 抜取検査表の方式とほぼ一致する。そこでこの制約方式による抜取検査表を提供するために、 p_0, p_1 をJIS-Z 9002 抜取検査表で与えられているすべての区間値に対応したファジィ数(対称三角型)として定め、 $\alpha = 0.05, \beta = 0.1$ (クリスプ)、 $\nu_1 = 0.5, \nu_2 = 0.5$ とした抜取検査表を表2に与えた。

6. 考 察

数値検証では、提案した抜取方式による数値例をあげたが、その意味をファジィでない従来の解法と対比しながらより詳細に議論する。

まず、4. で定義した δ, P を次のようなL-Rファジィで表す。

$$\delta = (\delta_M, \delta_M - \underline{\delta}, \bar{\delta} - \delta_M)_{LR}$$

$$P = (P_M, P_M - \underline{P}, \bar{P} - P_M)_{LR}$$

このとき

- (1) $\mathfrak{F}$: Pos, $\nu = 1$ の場合

従来の解法で $\delta = \delta_M, P = P_M$ としたときに一致する。

- (2) $\mathfrak{F}$: Pos, $\nu \rightarrow +0$ の場合

従来の解法で $\delta = \bar{\delta}, P = \underline{P}$ としたときに一致する。

- (3) $\mathfrak{F}$: Nes, $\nu = 1$ の場合

従来の解法で $\delta = \delta_M, P = \bar{P}$ としたときに一致する。

- (4) $\mathfrak{F}$: Nes, $\nu \rightarrow +0$ の場合

従来の解法で $\delta = \bar{\delta}, P = P_M$ としたときに一致する。

つまり、ファジィを使わない従来の解法(ファジィモードを値として使用する)は、(1)の場合と同じであるといえる。

さらに、(1)~(4)の制約の強さを比べれば

$$(2) \leq (4) \leq (1) \leq (3)$$

という関係が成立している。等号は

・ δ がクリスプな場合

$$(4) = (1)$$

・ P がクリスプな場合

$$(2) = (4), (1) = (3)$$

がそれぞれ成立している。

以上のことから、本抜取方式は従来のものにくらべて、生産者側および消費者側の意向をよりきめ細かく反映できる抜取方式であるといえる。

7. 結 論

本論文では、従来最も多用されている、標本論的立場における計数規準型1回抜取検査について p_0, p_1, α, β をファジィ数で与えた場合の検査設計の定式化ならびにその設計手順を与えた。本論文で与えられた方法の、現在報告されているこの問題におけるファジィ理論の適用例と根本的に異なる点は、従来研究[2][3]が、いずれもその設計が基本的にはBellmanとZadehの決定原理に基づいていたのに対し、ここでは生産者および消費者が各々の制約を満たす度合とそのファジィ測度の種類を指定するところにある。このことは、それぞれの制約条件が利益対立する両者により定められるという本問題の特質を考えれば、提案する様相制約による設計の方が現実的であることは容易に理解できよう。

なお、 α と β をファジィ数と考えることについては、その本来の意味から異論もあろう。本論文で与えた定式化は一般的な形式を示しており、 α

と β をファジィ数とするかどうかは全く使用者の判断に委ねられており、これらをクリस्पとしても、定式化ならびに解法は特に変わらない。

本論文では、計数規準型1回抜取検査の品質保証にファジィ理論を適用したが、AOQLの条件をファジィ制約にしたり、キビシサ調整にファジィ意思決定理論を適用することにより、選別型や調整型の抜取検査を設計することが考えられる。ま

た計量規準型については、上限規格値 S_U (あるいは下限規格値 S_L)による品質の良否の定義をメンバーシップ関数を用いて柔軟に再定義する方法が考えられる。ただしその場合、Zadehの確率により p_0, p_1 はクリस्पで考えられるので、生産者危険と消費者危険のみをファジィ数とする設計方式[12]となる。これらについては今後より深い研究が望まれる。

表2. 抜取検査表(生産者：可能性，消費者：必然性)

$\Sigma_1: Pos, \Sigma_2: Nes, \nu_1=0.5, \nu_2=0.5, \alpha=0.05, \beta=0.10$																			上段 n , 下段 c	
$P_1(\%)$	0.71 0.90	0.91 1.12	1.13 1.40	1.41 1.80	1.81 2.24	2.25 2.80	2.81 3.55	3.56 4.50	4.51 5.60	5.61 7.10	7.11 9.00	9.01 11.2	11.3 14.0	14.1 18.0	18.1 22.4	22.5 28.0	28.1 35.5	$P_1(\%)$	$P_0(\%)$	
0.090 0.112	701 2	552 2	324 1	257 1	202 1	162 1	129 1	102 1	47 0	38 0	30 0	23 0	19 0	15 0	11 0	9 0	7 0	0.090 0.112		
0.113 0.140	881 3	552 2	443 2	257 1	202 1	162 1	129 1	102 1	80 1	38 0	30 0	23 0	19 0	15 0	11 0	9 0	7 0	0.113 0.140		
0.141 0.180	881 3	693 3	443 2	352 2	202 1	162 1	129 1	102 1	80 1	64 1	30 0	23 0	19 0	15 0	11 0	9 0	7 0	0.141 0.180		
0.181 0.224	1223 5	693 3	557 3	352 2	276 2	162 1	129 1	102 1	80 1	64 1	50 1	23 0	19 0	15 0	11 0	9 0	7 0	0.181 0.224		
0.225 0.280	1552 7	962 5	557 3	442 3	276 2	222 2	129 1	102 1	80 1	64 1	50 1	40 1	19 0	15 0	11 0	9 0	7 0	0.225 0.280		
0.281 0.355	*	1092 6	773 5	442 3	347 3	222 2	177 2	102 1	80 1	64 1	50 1	40 1	32 1	15 0	11 0	9 0	7 0	0.281 0.355		
0.356 0.450	*	1598 10	981 7	614 5	347 3	278 3	177 2	139 2	80 1	64 1	50 1	40 1	32 1	25 1	11 0	9 0	7 0	0.356 0.450		
0.451 0.560	*	*	1284 10	779 7	482 5	278 3	222 3	139 2	110 2	84 1	50 1	40 1	32 1	25 1	19 1	9 0	7 0	0.451 0.560		
0.561 0.710	*	*	*	1020 10	547 8	387 5	222 3	175 3	110 2	88 2	50 1	40 1	32 1	25 1	19 1	15 1	7 0	0.561 0.710		
0.711 0.900		*	*	1639 18	801 10	491 7	308 5	175 3	138 3	88 2	69 2	40 1	32 1	25 1	19 1	15 1	12 1	0.711 0.900		
0.901 1.12			*	*	1288 18	643 10	391 7	243 5	138 3	110 3	69 2	54 2	32 1	25 1	19 1	15 1	12 1	0.901 1.12		
1.13 1.40				*	*	1034 18	512 10	308 7	192 5	110 3	87 3	54 2	43 2	25 1	19 1	15 1	12 1	1.13 1.40		
1.41 1.80					*	*	824 18	404 10	218 8	153 5	87 3	54 2	43 2	34 2	19 1	15 1	12 1	1.41 1.80		
1.81 2.24						*	1755 43	649 18	320 10	195 7	121 5	69 3	43 2	34 2	27 2	15 1	12 1	1.81 2.24		
2.25 2.80							*	1268 39	515 18	255 10	137 6	82 4	54 3	34 2	27 2	15 1	12 1	2.25 2.80		
2.81 3.55								*	983 38	411 18	201 10	108 6	85 4	43 3	27 2	21 2	12 1	2.81 3.55		
3.56 4.50									*	821 40	308 17	159 10	86 6	51 4	33 3	21 2	17 2	3.56 4.50		
4.51 5.60										*	633 39	244 17	128 10	68 6	40 4	27 3	17 2	4.51 5.60		
5.61 7.10											*	478 37	194 17	92 9	53 6	32 4	21 3	5.61 7.10		
7.11 9.00												1717 148	390 38	154 17	72 9	42 6	25 4	7.11 9.00		
9.01 11.2													1403 152	301 37	114 16	57 9	33 6	9.01 11.2		
$P_0(\%)$	0.71 0.90	0.91 1.12	1.13 1.40	1.41 1.80	1.81 2.24	2.25 2.80	2.81 3.55	3.56 4.50	4.51 5.60	5.61 7.10	7.11 9.00	9.01 11.2	11.3 14.0	14.1 18.0	18.1 22.4	22.5 28.0	28.1 35.5	$P_1(\%)$	$P_0(\%)$	

注：空欄に対しては抜取方式は存在しない。*欄の抜取方式はサンプルの大きさが2000を越えるため省略した。

参 考 文 献

- [1] 田坂誠男：「品質管理の基礎」，朝倉書店(1977)
- [2] H.Ohta, H.Ichihashi：Determination of Single-Sampling-Attribute Plans Based on Membership Functions；*Int. J. Prod. Res.*, 26, 1477-1485, 1988
- [3] A. Kanagawa, H. Ohta：A Design for Single Sampling Attribute Plans Based on Fuzzy Sets Theory；*Fuzzy Sets and Syst.*, 37, 173-181, 1990
- [4] 「JIS品質管理ハンドブック」，日本規格協会(1991)
- [5] 例えば，森口繁一他編：「生きている数学—数理工学の発展」，培風館(1979)
- [6] 金川，太田：ファジー理論に基づく信頼性受け入れ検査の定式化，電子情報通信学会論文誌，J 73-A, 5, 1019-1021(1990)
- [6] D.Dubois, H.Prade：Ranking Fuzzy Numbers in the Setting of Possibility Theory；*Inform. Sci.*, 30, 183-224, 1983
- [8] D.Dubois, H.Prade：Twofold Fuzzy Sets, 模糊数学, 3, 53-76, 1983
- [9] 田中英夫：ファジィ測度に基づくファジィモデルとその応用，数理科学 2/1987
- [10] 竹内，藤野：「2項分布とポアソン分布」，東京大学出版会(1981)
- [11] 乾口，市橋，久米：ファジィ数理計画問題の様相的構成，システム制御情報学会誌，2, 69-79, 1989
- [12] A. Kanagawa, H. Ohta：Fuzzy Design for Fixed-Number Life Test；*IEEE Trans. Rel.*, 39, 394-398, 1990
- (1990年11月27日 受 付)
(1991年 2月 1日 再 受 付)
(1991年 2月19日 再々受付)

[問い合わせ先]

〒591 堺市百舌鳥梅町4丁804
大阪府立大学工学部経営工学科
金川 明弘
☎：0722-52-1161
☎：0722-59-3340

著 者 紹 介

玉木 太 (たまき ふとし)

大阪府立大学大学院工学研究科博士前期課程

1990年大阪府立大学工学部経営工学科卒業。同年同大学院経営工学専攻博士前期課程入学，在学中，ファジィ理論の品質管理への応用に関する研究に従事。日本経営工学会会員，日本ファジィ学会学生会員。

太田 宏 (おた ひろし)

大阪府立大学工学部経営工学科

1967年大阪府立大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年同大学工学部経営工学科助手，'76年同講師，'83年同助教授，'85年同教授，現在に至る。'77年～'78年ジョージア工科大学Post-Doctoral Fellow。制御・情報理論の生産管理・品質管理への応用，知的意思決定支援システムなどに関する研究に従事。工学博士。日本経営工学会，日本品質管理学会，日本ファジィ学会，AIIE，ASQCなどの会員。

金川 明弘 (かながわ あきひろ)

大阪府立大学工学部経営工学科

1983年神戸大学工学部システム工学科卒業。大阪府立藤井寺工業高校教諭を経て，1988年大阪府立大学工学部経営工学科助手，現在に至る。意思決定理論の品質管理への応用に関する研究等に従事。日本経営工学会，日本品質管理学会，日本ファジィ学会などの会員。