

## 統計的決定理論を用いた安全監視システムの一設計法

村上 征 勝

## 0. 目 的

工業プラント、ロケット、ホテルなどにおける安全監視システム（例えば自動火災警報システム）の故障には、不作動故障（欠報）と誤作動故障（誤報）とがあるが、使用するセンサーの信頼性の点から複数個のセンサーよりなる監視システムが要求される場合がある。このような問題に対し、安全性及び経済性の両面を考慮したベイズ的な観点からのセンサー数の決定法が Inoue [1] によって提案されているが、この方法ではプラント等における異常発生確率（事前確率）を必要とする。本報告では統計的決定理論における成果 [2] を利用し、事前確率を用いないミニマックス的な観点からのセンサー数の決定法について述べる。

## 1. 最適なセンサー数の決定

監視システムが誤作動故障、不作動故障を起こした時に被る損失がそれぞれ  $l_1, l_2$  である時に、誤報確率が  $p$ 、欠報確率が  $q$  でコストが  $C$  であるセンサーを何個用いて監視システムを構成するのが期待損失を少なくするという点で最も良いかを考える。監視システムはシステムを構成する  $n$  個のセンサーの内  $k$  個以上が警報を出せば全体として警報を出す  $k$ -out-of- $n$  系とする。一般にセンサーのコストを考えなければ、期待損失はシステムを構成するセンサーの数が増える程減少するが、ここでは最適なセンサー数  $n^*$  とは、センサー数が  $n$  個の状態から 1 個増加し  $n+1$  個となった場合に、得られる期待損失の減少量の最大の値  $\Delta L^n$  が

$$\Delta L^n < C$$

となる最小の  $n$  とする。いま

$$\Delta L_j^n = -\alpha_j \{l_1 (Q_{11} - Q_{12}) + l_2 (Q_{21} - Q_{22})\} + l_2 (Q_{21} - Q_{22})$$

ただし、 $j=0, 1, \dots, n$  で

$$\alpha_j = \frac{l_2 q^j (1-q)^{n-j}}{l_1 (1-p)^j p^{n-j} + l_2 q^j (1-q)^{n-j}}$$

$$Q_{11} = \sum_{k=0}^{n-j} \binom{n}{k} (1-p)^{n-k} p^k$$

$$Q_{12} = \sum_{k=0}^{n-j} \binom{n+1}{k} (1-p)^{n-k+1} p^k$$

$$Q_{21} = \sum_{k=0}^{n-j} \binom{n}{k} q^{n-k} (1-q)^k$$

$$Q_{22} = \sum_{k=0}^{n-j} \binom{n+1}{k} q^{n-k+1} (1-q)^k$$

とすると、期待損失の減少量の最大の値  $\Delta L^n$  は

$$\Delta L^n = \max_j \{\Delta L_j^n\}$$

となる。

## 2. 数 値 例

$l_1=100, l_2=10,000, C=0.5, p=0.15, q=0.05$  のとき

$$\begin{array}{lll} \Delta L^1 = 58.12 & \Delta L^4 = 7.28 & \Delta L^7 = 1.15 \\ \Delta L^2 = 19.87 & \Delta L^5 = 5.00 & \Delta L^8 = 0.97 \\ \Delta L^3 = 17.86 & \Delta L^6 = 2.78 & \Delta L^9 = 0.37 (< C) \end{array}$$

従って、最適なセンサー数  $n^*$  は  $n^*=9$  となる。

### 参 考 文 献

- [1] K. Inoue, Optimal Structure of Sensor Systems with Two Failure Modes. IEEE Trans. on Reliability R-31-1 (1982)
- [2] M. Murakami, Some Properties of the Risk Set in Multiple Decision Problems. AISM Vol. 35, No. 2, A, (1983)

## 国際比較による日本人の森林観と少年の自然体験

千 野 貞 子

森林に対する住民の意識を探るといふ国際的な研究が1978年より森林環境研究会により続けられている。筆者は先に日本、ドイツ、オーストリアの13地点にフランスのナンシー市を加えた14地点の〈森林に対する親近感〉、〈自然に対する神秘感〉、〈森林に人手を加えることの可否〉、〈好ましい自然景感〉に対する意識の類似群をつくり、これが国別になることを統計的に検証した(千野, 行動計量学会, 12巻2号, 1985)。本報告では第一テーマとして同研究会により1984年に実施されたフィンランド(ヘルシンキ, ユバスキュラ, ソダンキュラ)を上記に加え、17地点を対象とし、日本人の自然(森林)に対する意識構造を国際比較の上で明確にすることを意図した。即ち、上記項目に関する質問(11問)の回答を組み合わせたもの(2<sup>11</sup>通り)の分布を調査地別に作り、二組ずつについて分布の差異をピアソンの独立係数ではかった。これは順序尺度であるので、これを等間隔に切り、5段階にクラス分けしてコード化し、林のMDA-ORを適用した。結果は〈ナンシー〉、〈ドイツ・オーストリア〉、〈フィンランド〉、〈東京を除く日本〉、〈東京〉が三次元でかなりよく( $\eta^2=0.957$ )弁別されている。このうち留意すべきことは、東京が、外国は勿論、日本の他の調査地からも飛び出して特異な存在であることであろう。ここにすべての質問に対して目立って消極的な回答しか示していない東京が浮き上がってきた。

一方、「国立那須甲子少年自然の家」では、昭和59年度に利用した407校の中から関東地区及び福島県の8都県50校、1,928人の子供(10歳~13歳)に対し、自然体験、生活習慣等を問うアンケート調査(93問)を行っているが、先の国際比較にみられた東京人の自然離れが、子供を対象としたこの調査結果にも現れている。なお、質問間の独立性の検定に赤池の情報量規準を適用し、 $AIC_1$ (互いの質問は無関係でないとするモデル)と $AIC_0$ (互いの質問は無関係とするモデル)の差で質問相互の関連度を計量した。次いで、これを5段階に分けてコード化し、質問間の親近性マトリックスをつくった。このマトリックスに基づいた質問の類似群をつくるべく、MDA-ORを適用したところ、二次元で質問の類似の様子が視覚的に判然とし、かつ、質問内容からみても社会通念と一致した布置となった。これにより、今後の継続調査に際して質問の選択が容易となり、子供の実態及び意識構造の深層を探ることが可能となった。