

テムは必須である。HALBAU (はるぼう) は、そのような目的で開発されてきた。

HALBAU の開発に当たって、パソコンの機種は NEC-98 シリーズとし、システム開発用のプログラム言語は N88BASIC を用い、コンパイルして MS-DOS 上で使用するものとした。また、コンピュータやデータ解析について、初心者でも使用できるように、方法の選択等にはメニュー画面方式を採用した。指定などが分かりにくいと思われる箇所には、ヘルプ機能を設定することにした。解析方法は基本的なものから、高度な研究が行えるものまで、広範に取り入れることにした。これらの経緯については、柳井・高木 (1986)、高木 他 (1989) に簡単に述べられている。

今回のバージョン 4 での改訂でも、従来と同様に、HALBAU は 3 つのサブ・システムからなるような概念構成で構築された。すなわち、1) データの入力・編集などに関するシステム、2) 基礎的なデータ解析のためのシステム、3) 多変量解析や特殊な解析方法のためのシステム、の 3 つである。具体的には、1) には調査データを入力し、分析用のデータ・ファイルに保存するためのプログラムの他に、他の形式 (固定長データ、カンマ区切りデータ等) への変換、対数や合計の計算、HALBAU で作成したグラフの編集、などのためのプログラムが含まれる。2) には平均値や分散などの基本統計量の計算、クロス集計、相関係数の計算、各種の検定方法などの基本的な手法と散布図、箱ヒゲ図、生命表解析などが含まれる。3) には重回帰分析、判別分析、主成分分析、数量化理論 1, 2, 3 類、リスク評価のためのロジスティック・モデルや比例ハザードモデルによる解析、さらに質問紙などによる尺度構成のための信頼性係数などの算出も可能になった。また、マニュアルも整備され (高木 (1994a, 1994b)), これまで以上に各種の解析が容易に、かつ統合的に行えるシステムとなったものと考えられる。

#### 参 考 文 献

- 柳井晴夫, 高木廣文 編著 (1986). 『多変量解析ハンドブック』, 現代数学社, 京都.  
 高木廣文, 佐伯圭一郎, 中井里史 (1989). 『HALBAU によるデータ解析入門』, 現代数学社, 京都.  
 高木廣文 (1994a). 『HALBAU-4 マニュアル, I. 基本編』, 現代数学社, 京都.  
 高木廣文 (1994b). 『HALBAU-4 マニュアル, II. 基礎統計学』, 現代数学社, 京都.

#### サンプリング方式と尤度関数

(客員) 東京大学 教養学部 岸 野 洋 久

ほとんどの場合、データ収集に当たっては効率のよい調査を組んで、層別多段サンプリングを実施したりする。そこから得られたデータの解析に際しては不等確率抽出に起因するデータ間の重みの違い、単純ランダムに比して特性値の分散が大きくなる可能性がある、といったことを考慮に入れる必要がある。多次元解析や多変量解析において調査データ個々の重みをどのように考えるか、あるいは最尤法によるモデル分析において、上述のようなサンプリング方式によって抽出されたサンプルの中の相関構造をどのようにして解析に取り組むか、などという問題である。

この方面の関心もこのところ出始めており、たとえば最尤法に関連しては quasi likelihood によるアプローチが開発されてきている (McCullagh and Nelder (1989), Skinner et al. (1989)). ここでは母平均の推定 (Hansen and Hurwitz (1943), Horvitz and Thompson (1952)) を参考に、各データに抽出率に逆比例した重みをつけた対数尤度を考え、サンプリング方式を勘案した精度評価、および情報量規準を提案した。ただし重みづけに関しては、サンプリング

における個体の抽出率の他に、母集団における個体に平等な重みをおくか、あるいは個体の集まりである組織に平等な重みをおくか、といった分析の視角を明確にする必要がある。実例に沿って、2段サンプリングにより得られたデータに単純ランダムを仮定して解析した結果とここでのアプローチを比較したところ、後者の方が節約的なモデルを選択した。

### 参 考 文 献

- Hansen, M.M. and Hurwitz, W.N. (1943). On the theory of sampling from finite populations, *Ann. Math. Statist.*, **14**, 333-362.
- Horvitz, D.G. and Thompson, D.J. (1952). A generalization of sampling without replacement from a finite universe, *J. Amer. Statist. Assoc.*, **47**, 663-685.
- McCullagh, P. and Nelder, J.A. (1989). *Generalized Linear Models*, Chapman and Hall, London.
- Skinner, C.J., Holt, D. and Smith, T.M.F. (1989). *Analysis of Complex Surveys*, Wiley, Chichester.

## 統計基礎研究系

### Consecutive- $k$ -out-of- $n$ : F システム

平 野 勝 臣

#### 本年度の研究

- (1) これまでの離散確率分布の研究のうち、待ち時間分布についての結果をまとめた (Aki and Hirano (1994)).
- (2) システムの信頼性について研究し、Consecutive- $k$ -out-of- $n$ : F システムの信頼性についてまとめた (平野 (1994)). この研究は来年度に継続される。

以上について報告した。ここでは平野 (1994) に基づいて Consecutive- $k$ -out-of- $n$ : F システムの信頼性について述べる。

#### Consecutive- $k$ -out-of- $n$ : F システムの信頼性

$n$  個の成分からなるシステムにおいて、連続した少なくとも  $k$  個の成分が故障したとき、システムが機能しなくなるシステムを Consecutive- $k$ -out-of- $n$ : F システム (Con/ $k$ / $n$ /F と略す) という。Con/ $k$ / $n$ /F の例、拡張やその例を紹介した。成分間の仮定を分類することで、扱われている問題を整理し、どのようなことが研究されているのかを調べた。最も単純な場合の Con/ $k$ / $n$ /F の信頼性はオーダー  $k$  の 2 項分布の値 0 をとる確率であり、Con/ $k$ / $n$ /F を一般化した  $m$ -consecutive- $k$ -out-of- $n$ : F システムの信頼性は、オーダー  $k$  の 2 項分布の確率関数で与えられる。オーダー  $k$  の離散分布論で得られている結果は、このシステムの信頼性の研究に利用できる。例えば以下のようなことが指摘できる。

成分の信頼性を  $p$  (故障の確率を  $q=1-p$ ) とすると、Con/ $k$ / $n$ /F の信頼性は  $p$  の関数  $h(p)=h(p, k, n)$  でかける。  $p$  が時刻  $t$  に依存している。即ち、 $T_i$  を成分  $i$  の failure time とすると、 $P(T_i \leq t)=p_i(t)$  は成分  $i$  が時刻  $t$  までに故障する確率を表す。成分は独立で同一の分布に従うとし、単に  $p(t)$  とかく。また Con/ $k$ / $n$ /F の failure time を  $T$  とする。このとき、Con/ $k$ / $n$ /F の、時刻  $t$  での信頼性は  $h(1-p(t), k, n)$  であり、時刻  $t$  までに故障する確率は  $P(T \leq t)=1-h(1-p(t), k, n)$  で与えられる。従って、 $h(p, k, n)$  を求めれば、成分の故障の