

参 考 文 献

- Batchelder, W.H. and Romney, A.K. (1988). Test theory without an answer key, *Psychometrika*, **53**, 71-92.
- 吉野諒三 (1989). 「Batchelder と Romney の正答のないテスト理論」の拡張とアンケート調査法への応用, *統計数理*, **37**, 171-188.
- Yoshino, R. (1992). Superculture as a frame of reference for cross-national comparisons of national characters, *Behaviormetrika*, **19**(1), 23-41.

ブートストラップと情報量規準——EIC と ABIC 最小化法, 等

坂 元 慶 行

情報量統計学は統計モデルの想定と情報量規準によるその評価という二つの操作によって現象を解析する。AICはこのために導入された評価基準の一つであるが、AICの最大の貢献は、仮説評価の手続き上の曖昧さと煩雑さを格段に減少させることを通じて、不適切なモデルを不適切として排し、より目的適合的なモデルの開発を促進した点にある。しかし、比較的少数のパラメータで規定されるモデルを想定し、最尤法で定めたモデルの中でのモデル選択によって望ましい結果が得られる場合にはAICは有効であるが、このような方法がつねに望ましい結果を与えるとは限らない。たとえば回帰分析で多項式回帰モデルを用いたとすると、低次のモデルでデータの構造を表現しきれない場合、不適切な次数の上昇は推定値の不安定を招くばかりでなく、パラメトリック・モデル特有のくせを持ち込むことになり、望ましい結果は得られない。このような場合、推定値が滑らかに変わるという条件の下で尤度を最大化することによってパラメータの推定値を決める方法が有効で、赤池の提案したABIC最小化法に基づく推定法はこのための有力な方法である。こうして、多種多様なモデルのよさを比較するための情報量規準が必要になる。EICはこのための一つの情報量規準である。

そこで、2値回帰分析を例としてシミュレーションを行ない、EICが、ロジスティック(多項式)回帰モデルやベイズ型モデルなどの、種々のモデルの中からどの程度の確度で真のモデルを検出できるかを調べてみた。その結果、① AICも使えるような状況ではEICも同程度以上にはたらく、② 想定されたすべてのモデルについて、EICは期待平均対数尤度のよい推定値を与え、モデル選択に関してもほぼ満足できる結果が得られる、等の知見を得た。

なお、このほか、いくつかの問題についてもEICの挙動を調べてみたが、いずれの問題においても良好な結果が得られ、EICが予期以上の実用性をもつとの確信を得た。

肝がんのランダム化臨床試験——デザインと実施——

佐 藤 俊 哉

第3相臨床比較試験である、厚生省がん研究助成金による研究班「3-38: 再発肝がんに対する治療法の選択」において、プロトコルの作成、研究の実施を実際にどのように行っているかを、生物統計家の役割を中心に報告した。「再発肝がんに対する治療法の選択」試験は、切除不能な再発肝がんに対して肝動脈塞栓療法に先行してエタノール局所注入療法を実施することで、肝動脈塞栓療法単独よりも延命効果があるかどうかを調べる多施設共同研究である(厚生省がん研究助成金による研究班「3-38: 再発肝がんに対する治療法の選択(山崎班)」研究実施要項(1991))。研究期間は3年間であり、現在1年目が進行中の研究である。

研究に必要なサンプルサイズの設定は、エタノール局所注入療法群と肝動脈塞栓療法群間の3年生存

率にもとづいて行った。肝細胞がんの術後残肝再発例について肝動脈塞栓療法，エタノール局所注入療法の治療効果は報告されていないので，初回治療の結果からエタノール局所注入療法群の3年生存率を70%，肝動脈塞栓療法群の3年生存率を40-50%と見積もった。設定条件を何種類かに動かして必要なサンプルサイズを計算した結果，両群合計120例以上が2年間の研究期間を考えると現実的であると判断した。

無作為化の方法としては，代表的なものとして，単純ランダム化，パーミューテッド・ブロック，いかさまコイン，などがある。「再発肝がんに対する治療法の選択」試験では，目標症例数が120例と比較的小さい試験であること，各施設ごとのエタノール局所注入療法群，肝動脈塞栓療法群の症例数もそろえたいこと，などからパーミューテッド・ブロックによる無作為化を行うことにした。

「再発肝がんに対する治療法の選択」試験では，対象患者が選択基準を満たしているかどうかを最終的に血管造影で判定する。その際，もし患者が選択基準を満たし，かつ肝動脈塞栓療法を割り付けられた場合，血管造影直後に治療を開始する必要がある。そのため，患者登録を迅速に行う必要があり，血管造影前の仮登録（電話またはFAX）と血管造影中の電話による本登録を実施することにした。筆者はこの患者登録のための登録プログラムを開発，作成し，現在患者の登録に用いている。

生存競争系と非線形積分可能な力学系の確率モデル

伊藤 栄明

いま， $\{1, 2, \dots, 2s+1\}$ の $2s+1$ 種からなる総粒子数 n 個の系を考える。離散的な時点を考え，各時点において1度だけランダムな2体衝突が起こるものと仮定する。 $2s+1$ 種の間の強弱関係は次に述べるとする。衝突に際し弱い種の粒子は強い種の粒子に変化する。総粒子数 n は t によらないが，各々の種の粒子数は t とともに変化していく。2種間の強弱関係を oriented arc に対応させれば，各種間の強弱関係は1つの有向グラフ，トーナメントによって示される。トーナメント $[T_r]$ は $2r+1$ 個の node $\{1, 2, \dots, 2r+1\}$ からなり， $i-j \equiv 1, 2, \dots, r \pmod{2r+1}$ のとき i は j より強いものとする。従って $[T_r]$ の各々の node は r 個の他の node より強く，残りの r 個の node より弱いということになる。いま，時刻 t における種 j の粒子数 $N_j(t)$ を並べ，ランダムベクトル $\mathbf{N}(t) \equiv (N_1(t), N_2(t), \dots, N_{2s+1}(t))$ をつくる。 $P_i(t) = N_i(t)/n$, $i=1, 2, \dots, 2s+1$ とおく。 $\mathbf{P}(t) = \boldsymbol{\beta}$ なる状態にあるシステムから $2r+1$ 個の粒子をとりだしたとき，それらの強弱関係を表すトーナメントが $[T_r]$ に同型である確率を $I_r(\boldsymbol{\beta})$ と書く。 $\theta_r = 1 - 2^{-2r+1} C_2/n(n-1)$ とし， F_t を $\{\mathbf{P}(u), u=0, 1, 2, \dots, t\}$ より生成される σ -代数とすれば $\{\theta_r^t H_r(\mathbf{P}(t)), F_t, t=1, 2, \dots\}$, $r=0, 1, 2, \dots, s$ はマルチンゲールとなる。

この確率モデルは次の確率微分方程式系により近似されると考えられる。

$$\frac{d}{dt} P_i = c_1 P_i \left(\sum_{j=1}^s P_{i-j} - \sum_{j=1}^s P_{i+j} \right) + \sum_{j=1}^{2s+1} \sqrt{c_2 P_i P_j} db_{ij}(t), \quad i=1, 2, \dots, 2s+1.$$

ここで $b_{ij}(t)$ ($i > j$) はたがいに独立な標準 Brown 運動とし， $b_{ij}(t) + b_{ji}(t) = 0$ が成り立つものとする。この系について，上記と同様のマルチンゲールがえられる。 $c_2 = 0$ の場合はこれらのマルチンゲールは保存量に対応し， $s=2$ の場合

$$\begin{aligned} I_0 &= P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5, \\ I_1 &= P_1 P_2 P_4 + P_2 P_3 P_5 + P_3 P_4 P_1 + P_4 P_5 P_2 + P_5 P_1 P_3, \\ I_2 &= P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 \end{aligned}$$

がえられる。

A_i を任意の連続，結合的代数とする。 $H: A_i \rightarrow A_i$ を A_i の自己準同型とする。すなわち $H(k_1 a + k_2 b) = k_1 H(a) + k_2 H(b)$, $H(ab) = H(a)H(b)$ が $a, b \in A_i$, $k_1, k_2 \in \mathbf{R}$ または \mathbf{C} について成り立つも