論文紹介

確率統計応用

P 10　順序統計量と，ポアソン過程と，修理可能なシステム

D. R. Miller. 519-529.

J. Applied Probability **13**, 3, 1977.

信頼性理論において，システムの故障時点を，再生過程の重ね合わせと考えることは重要だが難しい問題である．この論文では，重ね合わせの数を大きくするときの漸近的なふるまいについて，点過程的な観点からの考察をしている．まず，Gnedenkoの極値分布の結果を用いて，順序統計量に対する極限定理が示される．$\{N_n(t)\}$をn次の順序統計量を点過程とみたとき，$[-\infty, t]$に入る点の数とする．このとき，適当な定数a_n, b_nに対し$\{N_n(a_nt+b_n)\}$が，$n\to+\infty$によって，縮退していない点過程$\{M(t)\}$へ弱収束するための必要十分条件を与え，そのとき$\{M(t)\}$は，3種の型をもつ非定常ポアソン過程となることを示す．この結果を用い，再生過程の重ね合わせにも同様なことが成り立つことが示される．これにより，故障の過程として，ワイブル過程（平均$t^a(t\geqq 0)$をもつポアソン過程）が用いられる理由づけが，理論的になされるとしている．ただし著者も注意しているように，ここで用いられた正規化によると，再生過程の重ね合わせは，その最初の再生点だけを注目した順序統計量と，極限的に同一視されていることに注意しなければならない．（宮沢政清）

P 11　ネットワーク型の待ち行列

F. P. Kelly. 416-432.

Adv. in Applied Probability **8**, 2, 1976.

離散型マルコフ過程の定常分布を求めるときに，反転過程，すなわち，もとのマルコフ過程の時間軸を逆転したもの（これもマルコフ過程となる）がわかると，簡単に解が得られることが，Kingman(1969)等により指摘され，ネットワーク上の人口移動の問題に応用されてきた．この論文では，この方法を用いて，開放型のネットワーク待ち行列問題を扱う．この型の待ち行列については，Jackson(1954)等により，先着順サービスで，サービス時間が指数分布にしたがい，また各窓口でサービスを終えた客は，決められた確率にしたがいつぎの窓口を選ぶかまたは系の外へ出るとする問題を扱う場合，定常状態において各窓口での待ち人数を独立とみなしてよいことが知られている．この論文では，多種類の客がいて，それぞれ，サービスを受ける窓口の順番があらかじめ決められている場合についても同様な結果が成り立つことが証明される．しかも，サービスの規律は，先着順を含むかなり一般的なものでよい．この他，サービスの規律を制限すると（後着順やランダム型は可だが，先着順は不可），サービス分布を一般形にしても，同様の独立性が成立することが示されている．

（宮沢政清）

P 12　ワイブルあるいは極値分布に対する簡易統計手順

M. Engelhardt & L. J. Bain. 323-331.

Technometrics **19**, 3, 1977.

2母数のワイブル分布

$$F_X(x)=1-\exp[-(x/\alpha)^\beta],\quad x>0,\ \alpha>0,\ \beta>0 \qquad (1)$$

は，確率変数の対数変換により極値分布

$$F_Y(y)=1-\exp\{-\exp[(y-u)/b]\},\quad -\infty<y<\infty \qquad (2)$$

になる．ここに，$u=\ln\alpha$, $b=1/\beta$とする．

いま，時刻τにおけるワイブル信頼度

$$R(\tau)=\exp\{-\exp[(\ln\tau-u)/b]\} \qquad (3)$$

を，(2)式からの観測値$y_1<y_2<\cdots<y_r$ $(r\leqq n)$にもとづいて求める．$R(\tau)$の下側100 p％信頼限界

$$L^*=\exp\{-\exp[L(t)]\}$$

は

$$p=P[L(t)\leqq t\cdot\hat{b}/b-(\hat{\ }-u)/b] \qquad (4)$$

の解$L(t)$より得られる．ただし，tはu, bの最小分散不偏線形推定量$\hat{u}, \hat{b}$を用いて$t=(\hat{u}-\ln t)/\hat{b}$とあらわせる．(4)式の解を求める方法として近似

$$W(t)\sim\ln[m\cdot\chi^2(l)/l] \qquad (5)$$

を採用する．ここに，$\chi^2(l)$は自由度lのχ^2変量である．(5)式を用いると，(4)式に対する近似解は

$$L(t)=-\ln[m\cdot\chi^2{}_p(l)/l]$$

となる．ただし，$m=\exp[-t+H(l)]$, $l=G^{-1}(v)$, $v=\mathrm{var}(\hat{u}/b)+t^2\cdot\mathrm{var}(\hat{b}/b)-2t\,\mathrm{cov}(\hat{u}/b,\ \hat{b}/b)$, $G(l)=\dot{\Psi}(l/2)$, $\Psi(z)=\dot{\Gamma}(z)/\Gamma(z)$, $H(l)=\ln(\Psi/2)-\Psi(l/2)$である．したがって，$L^*$は

$$L^*=\exp[-m\cdot\chi^2{}_p(l)/l]$$

で与えられる．（加瀬滋男）

P 13　最尤法の拡張とSteinの問題

H. Akaike. 153-164.

Annals Inst. Statist. Math. **29**, 2, 1977.

多変量正規分布の平均に対する通常の最尤推定量は2乗平均の意味では過大評価され偏りを生ずる．このためJames and Stein (1961)によりある縮小係数を最尤推

定量に付す（Stein 推定量）とか，その係数の正の部分を取る(Stein 正部分推定量)とかして改良されている．その後 Stein 推定量はベーズ的取扱いにより調べられてきている．しかし本論文では，対数尤度の期待値を真の分布の一般化エントロピーと考え，これを最大化する立場からベーズ的接近法によらずに，この問題を検討し，新しい推定量を得る．すなわち，真の分布の一般エントロピーを対数尤度の推定値と考えると，通常の最尤推定値での対数尤度の値は常に偏りを生じ，一般化エントロピーを過大評価している．したがって多変量正規分布の平均の最尤推定量は対数尤度を見掛上大きく評価し偏りを生ずる．Stein による場合では推定された分布に関する真の分布の一般化エントロピーが$\frac{1}{2}$（推定誤差の平方和）に等しく，平均平方誤差規準による最適化は一般化エントロピーの平均に関する最適化と同じである．かくしてベーズ的方法によらず最適な縮小係数を見出す過程で新しい推定量EME(entropy maximizing estimator)を得る．（岡本雅典）

ソフトサイエンス

S 16　デルファイ法の改良

J. W. Kendal. 75-85.

Tech. Forecast. & Soc. Change **11**, 1, 1977.

現在，デルファイ法に対する評価はさまざまであり一定していないが，かなり広く利用されている．この論文はデルファイ法の予測の精度を上げるためにいくつかの改良点を提案している．

1.　同時並行的な質問

同一の内容をもつが異なった表現の質問を２種類作成し，２群にわけた回答者に対しこれらの質問を交互に実施することによって，コンセンサス形成や予測の精度を高めることができる．

2.　中央値や４分位値の計算方法

予測における回答者の主観的な時間軸上の距離感覚が対数尺度になっているという前提に従うならば，中央値や４分位値の計算は得られたデータに対して直接に行なうよりも，いったん $\log e$ 変換を行なったうえで計算し，その後で e 変換を行ないそれを最終的な結果とするほうがよい．

3.　デルファイ法における確率

デルファイ法で確率を質問する場合は，確率の値そのものを質問するよりも確率の比を質問したほうがよい結果を得ることができる．

4.　予測年次の相対化

いくつかの事象が生起する年次を予測する場合，しばしばその絶対的値よりも相対的前後関係のほうが情報として有効であり，その目的のために予測年次の相対化の方法を提案している．

5.　時間尺度の変化の計測

同一の回答者でもデルファイ法の各ステップで予測を行なう際の時間尺度全体が変化することがあるのでその変化を計測する方法を提案している．

（斎藤雄志）

S 17　コンピュータによる３人ゲームにおける提携の認知

Y. Anzal. 403-431.

Behavioral Science **22**, 6, 1977

３人ゲームにおける２者間の提携の有無を知覚する情報処理モデルを構築し，人間の認知行動を考察する．モデルの主要部分はダイヤモンド・ゲーム (Chinese checkers) で，人間のプレイヤーが打つ“手”をシミュレートするヒューリスティックなアルゴリズムと，提携の有無を認知する手続きとからなる．人間のプレイヤーの思考過程のパターンをプロトコール分析の結果より抽出し，①最も移動できる駒を動かす，②他のプレイヤーの“強い手”を妨害する，③後方に残された駒を動かす，という３つの下位目標を設定してプレイヤーのモデルを実現する．提携の有無については，アルゴリズムで決定された手の評価値と実際に人間のプレイヤーが打った手の評価値との差を基礎として，プレイヤーの特性ベクトルをつくり，判別関数により識別する．実験の結果，このアルゴリズムは比較的単純な構造にもかかわらず，約90%の確率で上手な人間の打つ手をシミュレートし，かなりうまくゲームを行なった．このモデルによって，人間の行動はかなり簡単であること，人間の行動は提携の可能性が存在することで，ある程度影響をうけることの可能性が示され，情報処理心理学レベルでの人間行動のモデルとして有効であろうと思われる．

（青木武典）

S 18　諸目標間の優先順位の設定

V. N. Campbell & D. G. Nichls. 561-578.

Policy Analysis **3**, 4, 1977.

資源を賢明に配分することは，最高の利益をあげるための知識そのものである．利益を予測するには，諸目標の重要性を比較し，その優先順位を決めなければならない．この章は，政策決定者が優先順位を合理的に決める方法を論じている．すなわち，優先順位を比較するための諸基準の利点を調べ，順位見積りのための“価値配分”法を論じ，この手法を一組の教育のための目標を使って説明している．さらにアジアへ適用して，この手法を評価している．（湊　晋平）