

の北限を南緯 55° まで伸ばし、ライントランセクトによる目視と捕獲を並行して行なうことにより、資源量と年齢分布その他の特性値の偏りのない推定を目指すものであった。トラックラインはビリヤードのようにデザインされた。発見されたすべての群れを捕獲の対象とし、群れの大きさに応じて予め決められた頭数を無作為に抽出した。

群れの大きさにより、発見率、群れからの個体の抽出率が異なるため、データは群れの大きさにより事後層別された。各層ごとに特性値を求め、推定資源量で加重平均された。推定量の標準誤差は、層内の推定量の分散と各層の推定資源量の分散共分散からなるが、前者は二段無作為抽出の理論から計算され、後者もブートストラップにより求めることが可能になった (Kasamatsu et al. (1988), Kishino et al. (1988))。

ミンククジラは南半球を回遊するが、商業捕鯨時代のデータでは若い個体がみられなかったのに対して、今回の結果からは、高齢になるにつれ次第に減少する指数関数的な年齢構成が得られた。上で述べたように、この食い違いの原因としては、選択性と漁場の偏りが考えられる。

さらにデータを群れの大きさ、海域で分けて、各層の平均年齢等を AIC で比較した。調査海域が狭いことと、標本サイズが 273 と十分ではないことから、今回の結果からだけでは確定的なことはいえないが、雄では層の間に差がみられないのに対して、雌では、若い個体は沖合いに多く、さらに、南の氷際でも、成熟した者は群れを組む傾向があるらしいことがわかった (Kato et al. (1988))。

## 参 考 文 献

- Butterworth, D.S., Buckland, S.T., Kishino, H. and Silberbauer, M.J. (1987). Revised sighting estimates of Antarctic minke whale abundance from the 1978/79 to 1984/85 IWC/IDCR assessment cruises, Paper SC/39/Mi 18 presented to the IWC Scientific Committee, June, 1987.
- Kasamatsu, F., Kishino, H. and Hiroyama, H. (1988). Estimation of the number of minke whale schools and individuals based on the 1987/88 Japanese feasibility study data, Paper SC/41/Mi 1 submitted to the IWC Scientific Committee, May, 1989.
- Kato, H., Kishino, H. and Fujise, Y. (1988). Age composition and the segregation of southern minke whale from the sample obtained by the Japanese feasibility study under the scientific permit, Paper SC/41/Mi 2 submitted to the IWC Scientific Committee, May, 1989.
- Kishino, H., Kato, H., Kasamatsu, F. and Fujise, Y. (1988). Statistical method for estimation of age composition and biological parameters of the population, Paper SC/41/Mi 3 submitted to the IWC Scientific Committee, May, 1989.

## 一次元点配置の尤度解析

種 村 正 美

直線上の長さ  $V$  の区間に散布された  $N$  個の点の位置座標  $X \equiv (x_1, x_2, \dots, x_N)$  が与えられているとし、 $0 \leq x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_N \leq V$  とする。この配置がパラメータ  $\theta$  を持つ相互作用ポテンシャル関数  $\Phi_\theta(x)$  の下での Gibbs カノニカル分布に従うと仮定すると、パラメータ  $\theta$  に対する対数尤度は

$$\log L = - \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \Phi_\theta(x_j - x_i) - \log Z(\Phi_\theta, N, V)$$

と表わされる。但し、

$$Z(\Phi_\theta, N, V) = \int_0^V \dots \int_0^V \exp\left\{-\sum_{i < j} \Phi_\theta(x_j - x_i)\right\} dx_1 \dots dx_N$$

である。

この規格化因子  $Z$  は一次元空間といえども多重積分であるため、平面上の配置データに対する近似計算法 (Ogata and Tanemura (1984, 1985)) と類似のモンテカルロ・シミュレーションに基づく方法を

適用せざるを得ない。

この尤度法を具体的に実行するため、スケールパラメータのみを含むポテンシャル関数をモデルとして考察した。この場合、 $\tau = N\theta/V$  を新しいパラメータとして採用すると都合がよい。この型のモデルにおいては、 $\phi(\tau) \equiv PV/N - 1$  と置くとき  $\phi(\tau)/\tau$  を  $\tau$  に関して積分することによって  $\log Z$  が得られる。

ポテンシャルの柔らかさを測るいくつかのモデルを設定し、それらに対する  $\phi(\tau)$  の値をそれぞれ  $\tau = 0.05, \dots, 0.80$  においてモンテカルロ・シミュレーションによって求め、近似尤度を与えた。応用例として、電線上に整列したハトの一群 (E.O. Wilson "Sociobiology" 中の写真からデータを採取) の配置に対して尤度解析を行なった。

また、相互作用が隣接粒子に限定される場合には、尤度が厳密に計算できることを示し、その尤度法の手順を提案した。

本研究の一部は、昭和63年度統計数理研究所共同研究(63-共研-47)によるものである。

## 一般 weight 推定量について

川合伸幸

### 1. はじめに

科学は獲得された経験法則を演繹するような理論体系の構築を指向し、技術は人間に有利なある目的を達成する手段を得ることを指向する。科学においては、演繹体系であるから、その導出関係は必然的でなければならない。一方技術は、その目的を達成できることが経験的にわかっているならば、その過程がブラックボックスであっても、十分有効なものとされる。もちろん、その中身がわかっている方が良いには決まっている。しかし、そうでない場合も経験を通して有効性が確認され得る。統計は多分に技術性を含んだ学問である。そして一回限りのまぐれ当たりでないような手法が残ることになる(村上陽一郎「科学と技術」山崎正一・市川浩編「新・哲学入門」講談社現代新書より表現をかえて自由に引用)。

ここでは、Kawai (1986) で多項式回帰の場合に展開された weight 推定量の標準回帰への拡張について述べる。

### 2. 一般 weight 推定量

標準的な回帰モデル

$$\mathbf{y} = \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad E(\boldsymbol{\varepsilon}) = \mathbf{0}, \quad E(\boldsymbol{\varepsilon} \boldsymbol{\varepsilon}') = \sigma^2 \mathbf{I}$$

を考える。真のモデルは、添字を置換すれば、 $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k, 0, \dots, 0)'$  となっているものとする。このとき、予測2乗誤差を最小にする weight 推定量が導かれ、真の weight は真のモデルに追随し、 $(\phi_0, \phi_1, \dots, \phi_k, 0, \dots, 0)'$  という形をとり、逆もまた成り立つ。したがって、weight を眺めることにより真のモデルの探索とそのときの予測量を求めることが可能になる。データからの一般 weight 推定量は、添字を置換して得られる  $K!$  個の各系列に対し、

$$\text{EPMSE} = \text{RSS}(\hat{\mathbf{b}}_w) / \hat{\sigma}^2 + 2 \sum_{k=0}^K k \phi_k - n \quad \hat{\sigma}^2 = \text{RSS}(\hat{\boldsymbol{\beta}}) / (n - K)$$

を  $\left\{ \sum_{i=0}^K \phi_i = 1, 0 \leq \sum_{j=1}^K \phi_j < 1, j = 1, 2, \dots, K-1 \right\}$  のもとに最小化させて得られる weight 推定量のうち EPMSE を最小化するものとして定義される。EPMSE は  $C_p$  統計量 (Mallows (1973)) と同値な尺度であり、過去の論文と比較が可能である。