

定法に基づいた、独立な関係にあるにも拘らず、似通った発生率変化を示しているということは、これらがカタログの不均質によるというよりは、実際の地震活動の変化であると考えた方が自然である。すなわち1920-1940年代には活動が高く、それ以降、単調に低下し現在に至っているといえる。

地震活動が「確率的に定常である」というのは閉じた有限な地球のなかでの活動として自然な仮説として考えられる。しかし、大きなトレンドに見違えるような、阿部カタログや宇津カタログの、地震発生数の累積曲線との関係はどうなのであろうか。我々はP & Sが、「世界の大地震を考えるなら一割未満の余震を除けば地震発生時は独立である」、すなわち定常ポアソン過程に従っている、という暗黙の仮定をしていることに注目した。しかし、我々のいくつかの統計解析によると世界の大地震の発生時系列は、通常の中小地震と同様、長記憶性 (long range correlation) を示すことが確認された。P & Sの主張する、人為的なトレンドと余震を考慮した、短記憶性 (short range correlation) のモデルではデータの重要な特徴的性質が有意に再現されないことが示される。地震カタログから余震を取り除くのは極めて困難であり、Z検定を使ったP & Sの統計的議論は不適當であることが示された。また、長記憶性のモデルを使ってシミュレーションしてみると、阿部データに見られるように地震発生率がトレンドと見違えるように大きく変動することは、たいしてめずらしいことではないことが分かる。

参 考 文 献

- Ogata, Y. and Abe, K. (1989). Some statistical features of the long-term variation of the global and regional seismic activity (II), Research Memo. No. 362, The Institute of Statistical Mathematics.
 Perez, O.J. and Scholz, C.H. (1984). Heterogeneities of the instrumental seismicity catalog (1904-1980) for strong shallow earthquakes, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **74**, 669-686.

3月23日

調査実験解析研究系

1987/88 南氷洋 ミンククジラ 予備調査解析結果

岸 野 洋 久

現在IWC (国際捕鯨委員会)で、鯨の資源管理方式が検討されている。資源を安全に維持しながら有効に利用するためには、まず、資源量を正しく把握することが不可欠である。このため、IDCR (国際鯨類調査10ヶ年計画)が生まれ、南氷洋において1978/79年から目視調査が行なわれ、現在に至っている。南緯60°以南の海域を経度で6海区に分け、毎年冬(南氷洋の夏)に1海区ずつ調査される。従って、いま、2ラウンド目を回っていることになる。海区全体が等確率で覆われるようトラックラインをデザインし、この上を船が走る。ここからの発見データをもとに資源量は推定される。毎年開かれる科学委員会で解析結果や方法論が検討され、問題点が指摘され、改良が加えられてきた。資源量の推定法に関しては、ほぼ意見の一致を見るに至っている (Butterworth et al. (1987))。

ところで、資源水準の情報に加えて、出生率、死亡率に関する情報が得られれば、数十年先の資源の動向が予測できることになり、管理の効率、安全性は大幅に向上すると思われる。出生率、死亡率は、年齢別の資源量を時系列で追うことにより推定することができる。ミンククジラの年齢は耳垢栓に刻まれた年輪を数えることにより決定されるが、従来の商業捕鯨時代においても、捕獲された鯨についての年齢査定は行なわれている。しかし、漁場が南の氷際の高密度海域に偏っていることや、大きな個体を狙う選択性が働いている可能性があることから、データに置かれた信頼性は低かった。

1987/88年に行なわれた捕獲を伴う予備調査は、経度方向では東経105°から115°と狭いが、調査海域

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 θ 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 θ 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