

$\mathbf{Y}_k = (Y_{n,1}, \dots, Y_{n,k})$ を \mathbf{X}_k に対応して、その pdf. が

$$q_n(\mathbf{x}_k) = \frac{n^k}{\gamma_{n,k}} e^{-nF(x_k)} \prod_{i=1}^k f(x_i) \quad (a < x_1 < x_2 < \dots < x_k < b)$$

で与えられる確率変数とする。ただし

$$\gamma_{n,k} = \int_0^n \frac{x^{k-1} e^{-x}}{\Gamma(k)} dx.$$

次の結果を得た：

定理. 任意の k ($k=1, 2, \dots, n$; $n=1, 2, \dots$) に対して

$$\sup_{E \in \mathcal{B}} |P^{X_{n,k}}(E) - P^{Y_{n,k}}(E)| \leq k/n.$$

ここに、 \mathcal{B} は k 次元 Euclid 空間の部分集合の Borel 集合体、 P^X は X の確率分布を表わす。

また、従来検討されることが殆どなかったと思われる誤差の下界を修正情報量基準を用いて与えた (詳細は略)。

世界と日本の地震カタログから見た地震活動の長記憶性

尾形 良彦

地震活動は、もちろん有史以前から存在しているわけであるが、地震計が出現してから現在ではほぼ 100 年になろうとしている。さてこうなると、この一世紀の地震活動を総括したいところであるが、これを議論する前には様々な問題がある。マグニチュードの決定はその中でも一番困難なものである。多様な性質を持つ地球内部に起こる地震を各地の地震波によって値を定めるのであるから、その定義は様々である。そのうえ、この一世紀には地震計が改良変遷しているし、地震波を計る決定方式も時代によって変わってきている。それ故、質の良い地震カタログは地震波のオリジナルな記録に遡って、それを記録した地震計の特性などを吟味検討して得たものでなければならない。本報告で議論するものは、まず阿部のカタログと呼ばれている 1896 年から 1980 年までのもので、主に遠地で観測される表面波によって決められたマグニチュード (M_s) で与えられ、 $M_s \geq 7.0$ までは漏れなく載っている、世界の大地震のカタログである。もう一つは気象庁が採用している地震波の最大振幅を使った坪井によるマグニチュード (M_j) で与えられ、 $M_j \geq 6.0$ までは漏れなく載っており、日本付近で 1885 年から 1980 年まで、均質になるように吟味された、宇津カタログと呼ばれるものである。

Perez and Scholz ((1984), 以下 P & S と略記) は「一世紀を通して世界全体の大地震発生率は時間的に一定である」という仮説のもとで、 Z 統計量によって阿部カタログの検定を行ない、これが不均質であり、1922-1948 年ではマグニチュードを 0.2 程過大評価しているという結果をアメリカ地震学会誌に発表した。この結果が正しいかどうか、特にその統計処理が妥当であろうかというのが、我々の共同研究の動機であった。

そこで我々は、世界の地震を経度 $\pm 20^\circ$ を境に、高緯度地域のもとの赤道の周りの低緯度地域のものとの二つの地域に分けてみた。もし、P & S が主張するように、世界のデータがマグニチュードの決定に関する不均質性に汚染されているのなら、P & S の仮説と結果のもとでは、両地域の見かけの地震活動は同様でなければならない。しかし、実際にはそうなっていなかった。さらに、高緯度地域の地震活動変化は宇津カタログによる日本周辺地域のもとの大変良く似ていることが分かった。冒頭にも述べた通り、二つのカタログは、まったく異なった地震波の、異なった部分を使った、異なったマグニチュードの決

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