

## 余震の回数分布、規模別度数分布、及び本震と最大余震とのマグニチュード差の分布則 - 負の2項モデルの内陸地震への適用 -

Frequency of aftershocks, magnitude-frequency relation, and magnitude difference between main shock and the largest aftershock

# 岡田 正実[1], 伊藤 秀美[2]

# Masami Okada[1], Hidemi Ito[2]

[1] 気象研・地震火山, [2] 気象研・地震火山研究部

[1] Seismo. and Volcano. Res. Dep., MRI, [2] Seismology and Volcanology Research Dep., M.R.I.

M6.0以上の内陸地震とその余震のカatalogを用いて、余震の回数分布、規模別度数分布、及び本震と最大余震とのマグニチュード差の分布等を調べた結果、負の2項モデルで統合的に表すことができた。D1分布から求めた余震平均的な規模別度数分布が余震回数を直接数えて求めたものと同じパラメータ(a,b)で表された。負の2項モデルで余震に関係したいくつもの分布を表すことができ、総合的に見ると、現実的なモデルであることが分かった。

「負の2項モデル」は、本震と最大余震とのマグニチュード差D1の分布則を導く際に導入(岡田, 1979)されたものであるが、余震回数、規模別度数分布及びD1分布との相互関係を統合するものともなっている。最大余震のマグニチュードの確率予測のために、内陸地震のデータを用いてこのモデルの評価を行った。

### 1. 負の2項モデル

ここでは以下の4つの条件を満たすものを「負の2項モデル」と呼ぶ。

【1】本震と余震とのマグニチュード差Dは、本震のマグニチュードMoに依存しない。

【2】各余震群におけるマグニチュード別余震回数は、M MoでGutenberg-Richterの式(以下G-R式)に従い、本震より大きな余震はない。すなわち、

$$n(D)dD = A \exp(-D/d) dD \quad (D \geq 0, \quad d = b \ln 10)$$

で与えられる。

【3】G-R式のb値は各余震群とも共通一定である。Aはガンマ分布( , )に従う。

【4】余震はマグニチュード及び発生時に互いに独立である。

負の2項モデルには以下のような性質がある。「負の2項モデル」の名称は、性質1に記したように、余震回数が負の2項分布に従うことに由来している。

【性質1】 $D < d$ となる余震回数  $N_a(D < d)$  は負の2項分布  $NB( , )$  に従う。ここで、 $(d) = \exp(-d) / -1$  である。

【性質2】本震と最大余震とのマグニチュード差D1の分布は、式  $NG( , a, b, 1)$  で表される(岡田, 1979)。ここでaは確率変数Aの平均。

【性質3】平均的なマグニチュード別余震回数分布は、D1分布からも計算できる。

### 2. 負の2項モデルの内陸地震への適用

負の2項モデルを日本内陸地震に適用した結果を紹介する。資料は、気象庁地震予知情報課で伊藤・細野(1997)が作成したもの(地震活動統計ハンドブック)に掲載されているもので、期間は1926~95年で、本震はM6.0以上、深さ30km以浅である。72個の本震が登録されている。原資料には、個々の本震に対してM4.0以上の余震がリストアップされている。最大余震がM4未満の場合は地震月報別冊等から一部補充したが、 $D > 2.0$ の余震の統計は不完全である。

条件1を検討するために、本震のマグニチュードMoとD1との関係を調査したが、D1はMoに関連性は認められなかった。条件3の妥当性を直接調べるのは容易ではないので、余震回数の分布を調査したが、 $D = 2.0$ の場合も $D = 1.5$ の場合も負の2項分布( $d = 0.73$ )でよく合っていた。性質2で記したD1分布は、データが分布の中間でかなり凹むので、NG分布の適合性はちょっと劣る。しかし、余震が小さすぎて最大余震のマグニチュードが分からなかったものが12個あることを考慮すると、全体的にはまずまずであった。

b値が共通一定であるので、マグニチュード別平均余震回数もG-R式に従う。余震回数を直接数えて求めたものと、D1分布から求めたものを比較したが、両者の回帰曲線は同じパラメータ(a,b)で表された。b値は宇津(1970)が与えた平均的な値( $b = 0.85$ )に一致している。

負の2項モデルで余震に関係したいくつもの分布を表すことができ、総合的に見ると、現実的なモデルであることが分かった。