

PS I - 18

記録地震のクラスター分析手法

米国MIT

Daniele Veneziano

鹿島建設(株) 正員 清水 保明

1. まえがき

地震活動の空間的・時間的分布特性の把握は、地震危険度の検討や、地震発生機構の解明、さらには地震予知に関する研究にとって重要である。記録地震の発生パターンを統計的に分析する手法には、大別して、確率モデルを記録地震データに直接当てはめる方法と、本震、前震、余震に層別したのち統計分析を行う方法があるが、前者は確率モデル設定の困難さのために実際への適用が難しい。Veneziano and Van Dyck (1984)は、後者の方法を適用するために、発生過程が非正常であり、かつ空間的にも一様とはいえない記録地震を本震と前震・余震で構成される地震群に分割して本震、前震、余震に層別する手法(一次クラスター分析手法)を提案している。しかし、このように分類された地震群中に二次的な地震群が存在することが指摘されている。本報告では、このような地震群中の地震をさらに二次的な地震群に分割する手法(二次クラスター分析手法)を提案し、Veneziano and Van Dyckの手法と組み合わせることにより記録地震を本震と二次的な本震、前震、余震とに層別できることを示す。

2. 解析方法の概要

1). 一次クラスター分析

Veneziano and Van Dyckの提案したクラスター分析手法は、以下の仮定に基づいている。

a. 各地震群(クラスター)中でマグニチュードが最大の地震のうち発生時刻が最も早い地震を本震とみなす。

b. 本震の発生は、震央位置と発生時刻に関してある領域内でポアソン過程に従うものとする。

すなわち、経度-緯度-時間空間内で本震として仮定した地震の周辺に想定した前震・余震領域内の地震発生率とその領域周辺の地震発生率(本震の発生率に相当)とに有意な差があれば、その領域を一つの前震・余震領域とみなし、その領域内の地震を前震あるいは余震として層別する(図-1)。

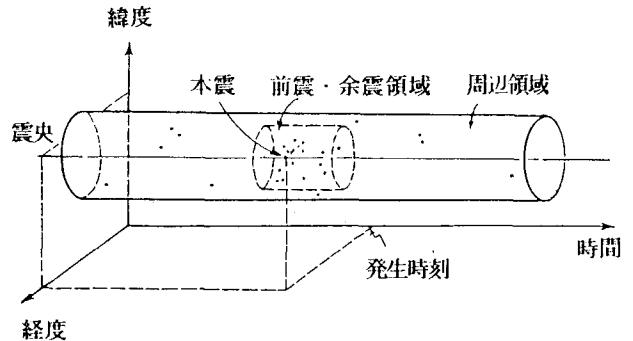


図-1 一次クラスター分析の概念図

2). 二次クラスター分析

経度-緯度-時間空間において複数の確率密度関数が重なった合成確率密度関数(Finite Mixture Distribution)を想定し、記録地震をその合成確率密度関数を有する母集団から得られたサンプルであるものとみなして、一次クラスター分析により識別された前震・余震領域内の地震群をさらに二次的な地震群(サブクラスター)に分割する手法を提案する。ここで提案した手法の主な手順は以下の通りである。

- ① 記録地震を仮に設定したサブクラスターへ分類する(preliminary classification)。
- ② 各サブクラスターの統計量(地震の個数、及び、各サブクラスターに対応する確率分布関数の母数の推定値)を求める。
- ③ 重要でないサブクラスターを消去する。

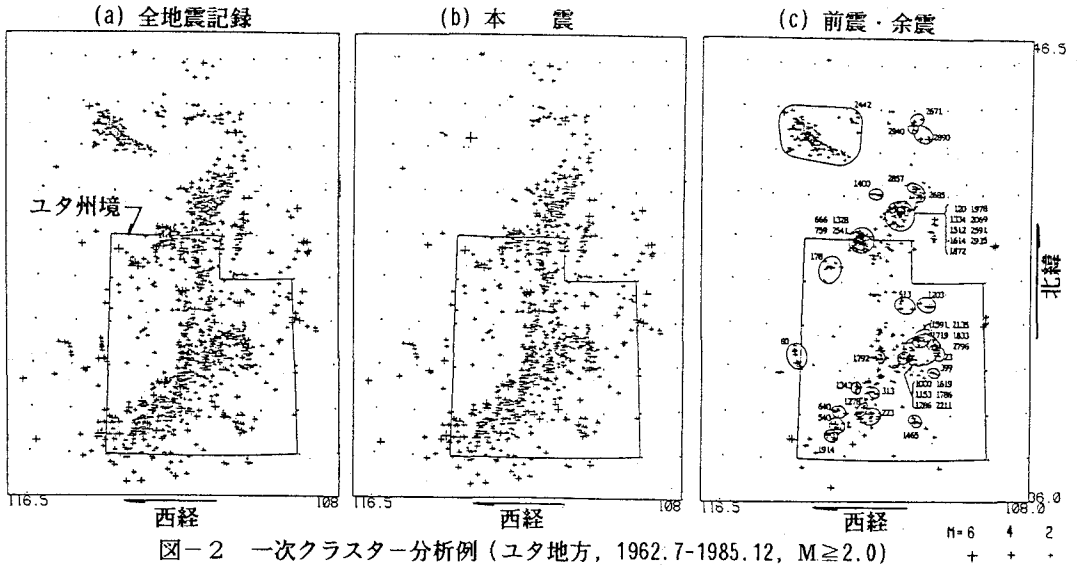


図-2 一次クラスター分析例（ユタ地方，1962.7-1985.12， $M \geq 2.0$ ）

④ 記録地震を新たに設定したサブクラスターへ再分類する。

手順②、③、④は、消去すべきサブクラスターが無くなり、解が安定するまで繰り返される。手順①の仮分類は、経度-緯度-時間空間内で地震発生密度関数を nonparametric 評価法により評価し、そのピークと各記録地震との距離に基づいて実施する。手順②、③、④では、合成確率密度関数の記録地震への当てはめを行っており、EM (Expectation-Maximization) 手法（最尤法的一种）を適用している。

3. 解析事例

米国ユタ地方を対象として記録地震のクラスター分析を実施した。対象とした地震記録は、ユタ大学地震観測網によって 1962.7-1985.12 に記録された、マグニチュード 2.0以上の地震 3003 個である（図-2 (a)）。図-2 (b)、(c) に一次クラスター分析により層別された本震、及び前震・余震を示す。なお、図-2 (c) には代表的な地震群も示した。本解析により分割された地震群は、既往の研究において経験的に指摘されている地震群と良く一致している。図-3に、一次クラスター分析により分割された地震群の一つを例として二次クラスター分析を行った結果を示す。これより、確率統計的に記録地震を本震、および、二次的な本震、前震、余震に層別可能であることが確認された。

4. あとがき

確率統計論に基づく記録地震のクラスター分析手法を提案した。層別された地震データの統計的性質の分析、他地域への本手法の適用性等は今後の課題である。

（参考文献）Y. Shimizu: "Earthquake Clustering in the Utah Region", S.M. Thesis, Dept. of Civil. Eng., MIT, 1987.
および、その参考文献

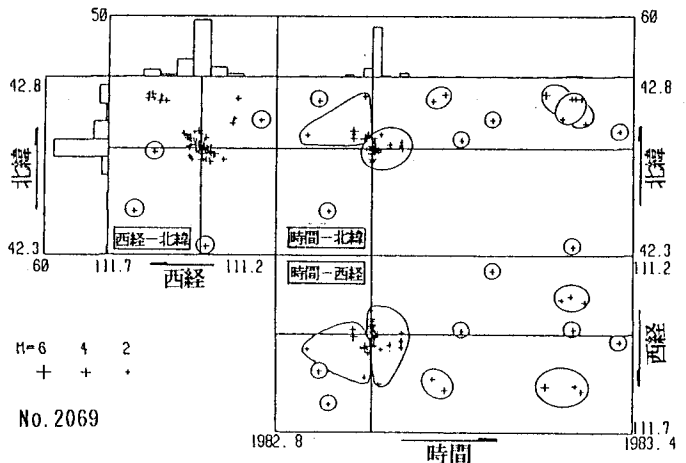


図-3 二次クラスター分析例