

## 離散的トリガリングモデルによる地震活動の統計的解析 Statistical analysis of seismicity by discretized triggering model

栗原 義治<sup>1\*</sup>, 麻生 尚文<sup>1</sup>, 井出 哲<sup>1</sup>  
KURIHARA, Yoshiharu<sup>1\*</sup>, ASO, Naofumi<sup>1</sup>, IDE, Satoshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東大・理・地惑  
<sup>1</sup>EPS, University of Tokyo

### [背景]

地震活動の定量化においては地震間の相互作用(トリガリング)を定量化することが重要であり、地震系列を点過程として捉える統計的解析が可能である。各時刻におけるイベント発生確率はその時刻までのイベント発生履歴に依存する。地震発生頻度(レート)を定常的活動からの寄与(バックグラウンド項)と、トリガリングによる寄与(トリガリング項)のイベント発生履歴についての線形の重ね合わせで表現するとき、トリガリング項の与え方は一意ではない。

### [手法]

既往の代表的点過程モデルとして Epidemic-Type Aftershock Sequence (ETAS) モデルが広く用いられている [Ogata, 1988]。ETAS モデルはトリガリング項に余震系列に対して経験的に知られている大森・宇津法則と同様の関数形を取り入れており、余震系列のモデル化のために提唱されたモデルであると言える。ETAS モデルではトリガリング項を時間とマグニチュードの2変数の連続関数で表現するが、本研究で開発した離散的トリガリングモデルでは離散的関数で表現する。離散的表現によりトリガリング項の時間・マグニチュードに対する複雑な依存性を表現することができ、余震系列以外の様々な地震カタログへの適用が容易である。更にモデルパラメータの推定には最尤法を採用し、AICを用いてETASモデルと離散化の仕方が異なる複数の離散的トリガリングモデルのどれがカタログを最も良く説明するかを比較した。

### [データ]

2種類の地震カタログに対してETASモデルと複数の離散的トリガリングモデルを適用した。1つは普通の地震活動の例として南カリフォルニアの地震について Shearer et al. [2005] により震源再決定済みの SHLK カタログで、もう1つは普通でない地震活動の例として Aso et al. [2012 (本学会)] により日本の3ヶ所(愛媛中部・島根東部・桜島)における連続波形を用いてイベント検出された低周波地震(LFE)カタログである。

### [結果・考察]

SHLK カタログにモデルを適用しそれぞれの結果を比較するとトリガリング項の時間・マグニチュード依存性を変数分離できると仮定した離散的トリガリングモデルの場合 ETAS モデルよりも AIC 的に良い結果を得た。このモデルによる結果はトリガリング項のコーナー(大森・宇津法則の  $c$  値に相当)がマグニチュード依存性を示しており、本研究による離散的トリガリングモデルは  $c$  値の定量化とその物理的意味の考察を可能にする有力なツールであると言える。

3種類のLFEカタログについては、ETASモデルにより推定された大森・宇津法則の  $p$  値は1.2~2.2と普通の地震活動より大きめであった。離散的トリガリングモデルによる解析では更に100~1000秒よりも短時間の領域ではトリガリング項の山が検出できLFEの特徴的タイムスケールと連発性を定量化することに成功した。普通の地震活動とLFEのトリガリング項の形の差は両者の地震発生過程の差を示唆している可能性がある。

キーワード: 離散的トリガリングモデル, ETAS モデル, 地震活動予測, 低周波地震

Keywords: Discretized Triggering Model, ETAS model, forecast of seismicity, low-frequency earthquake