

首都圏直下の3次元高解像度地震活動予測

High resolution space-time models forecasting 3D seismicity beneath the Greater Tokyo Area

*尾形 良彦^{1,2}、桂 康一、鶴岡 弘²、平田 直²

*Yosihiko Ogata^{1,2}, Koichi Katsura, Hiroshi Tsuruoka², Naoshi Hirata²

1. 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 統計数理研究所、2. 東京大学地震研究所

1. Research Organization of Information and Systems, The Institute of Statistical Mathematics, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

経度、緯度および深さに関する3次元空間の統計モデルの開発は関東平野直下100km深までの地震活動の解析・予測のために特に必要である。関東直下ではフィリピン海プレートと太平洋プレートのスラブが重なって北米プレートに沈み込み、各プレート間やプレート内の地震活動の相互作用が複雑であり、2次元以下の時空間モデルでは詳細な解析結果や確率予測を得ることが難しいためである。

3次元空間の階層的時空間ETASモデルは、任意の時刻 t と位置 (x, y, z) での地震活動度が過去の地震発生履歴の関数として記述されるものである。なかでも常時地震活動度 m (background seismicity) や余震生産性 K (aftershock productivity) は、地域性的変化が特に大きいので、位置の関数と考え地震活動の特徴を定量化する。さらに現在の関東直下の地震活動度は東北地方太平洋沖地震によって誘発された活動度として大森・宇津型の関数で記述する。ここで関東直下における東北沖地震からの影響度 K_{M9} の地域的な違いを位置依存性として定量化する。さらに将来の大地震の確率予測のために関東直下におけるマグニチュード頻度分布が必要で Gutenberg-Richter 則の b -値にも3次元位置依存性を仮定する。これらの解により関東直下の地震活動の特徴づけ、大地震の長期予測や余震の確率予報に適用する。

かくて、震源データから関数 $m(x, y, z)$, $K(x, y, z)$, $K_{M9}(x, y, z)$ 及び $b(x, y, z)$ を定義し推定するために、関東直下100kmまでの直方体を震源などを頂点とする小4面体にデロネ分割し、これらの関数型を決める係数はデロネ多面体網の頂点での値であり、任意の位置 (x, y, z) における関数値は、その位置を囲むデロネ多面体 (tetrahedron) 内で線形的に内挿したものである。このような局所的に線形な関数をデロネ関数と呼ぶ。しかし、それらの係数は極めて多数なので最尤法は適用不可であり、求める係数間に制約を付けて安定した解を求める。すなわちデロネ関数の変化が平滑になるように、デロネ関数の局所的な傾きにデロネ多面体の体積を乗じたものの2乗和をペナルティ関数とし、これを付加した対数尤度 (penalized log likelihood) を考える。ペナルティの強さを赤池ベイズ情報量規準 (経験的ベイズ法) の最小化によって決め、ペナルティ付き対数尤度を最大化する係数を最適解として得る。

キーワード：赤池ベイズ情報量規準(ABIC)、地震予測、拡張階層時空間ETASモデル、誘発地震活動、東北沖M9地震

Keywords: Akaike Bayesian Information Criterion (ABIC), Earthquake forecast, Extended 3D hierarchical space-time ETAS model, Induced seismicity, Tohoku-Oki Earthquake of M9