

検知した地震が成長する確率を用いた巨大地震の緊急地震速報：東南海・南海地震の発生想定域に関する再計算

Probability of earthquake growth to a large one in an earthquake early warning system: Re-estimation for the Nankai trough region

岩田 貴樹 [1]; 井元 政二郎 [2]; 堀内 茂木 [2]; 尾形 良彦 [3]

Takaki Iwata[1]; Masajiro Imoto[2]; Shigeki Horiuchi[2]; Yosihiko Ogata[3]

[1] 統数研; [2] 防災科研; [3] 統数研

[1] ISM; [2] NIED; [3] Inst. Stats. Math.

<http://www.ism.ac.jp/~ogata/Ssg/ssg.html>

緊急地震速報の運用の上で、震源パラメータ（位置、マグニチュード（ M ））の速やかなる推定がまず必要である。しかし、破壊継続時間が数十秒にもなる大地震の M を速やかに推定することには困難が伴う。観測波形の最初の数秒、即ち破壊過程が完全に終了する前の情報のみを用いて推定された M は過小なものとなる恐れがあるためである。このことを踏まえ、Iwata et al.[2005]（以下、IW2005）は、巨大地震の発生想定域で検知された小地震が巨大地震へと成長する確率（成長確率）を見積もる手法を提案し、東南海・南海地震の発生想定域への適用を試みた。しかし、現実の運用に用いるには不十分な点があったため、それを改善し、改めて成長確率の計算を行った。

成長確率の計算には、 M の確率密度関数 $p(M)$ をまず推定する必要がある。IW2005では、東南海・南海地震の発生想定域における過去の地震データから $p(M)$ の推定を行った。 $p(M)$ のモデルとして、Gutenberg-Richter 則 (GR 則) に相当する分布のみのも（モデル A）と、固有地震に相当する正規分布と GR 則による分布とを混合したもの（モデル B）の 2 つを候補とした。両モデルから得られた $p(M)$ より計算された成長確率（ここでは、観測された地震の M が 6.5 に達した時、最終的な M が 7.5 を超える確率とした）は、モデル A については 25%、モデル B については 45%となった。但し、モデル比較の結果、両モデルの優劣は付け難く、どちらかのモデルを選択することが出来なかった。そのため、真の成長確率は 25%と 45%の間にあると結論づけたが、実際にシステムに用いるためには、具体的な数値として成長確率を与える必要がある。

Akaike [1979, 1980] は優劣の付け難いモデルが複数ある場合、AIC または ABIC でモデルを重み付けして推定値を計算する方法を提案し「擬ベイズ法」と名付けた。この手法を用いれば、無理にモデル選択をする必要はなくなり、統計的に妥当な成長確率を得ることが出来る。

また、モデルパラメータの推定の際、適当な事前分布を仮定したベイズ推定を行っていたが、その事前分布についても一部再検討した。モデル B におけるモデルパラメータの 1 つに、固有地震の数が全体の地震数に対して占める割合を表すパラメータ g がある。IW2005では、 g に関する事前分布として(0, 0.5]の一様分布を与えていた。これは、固有地震が全体の半分を超えることはないという直観によるものである。しかし、固有自身の占める割合は半分よりも遥かに小さく、一様分布の上限として 0.5 よりも小さな値を与えるべきだと考えられる。しかし、0.5 以外の上限値を先験的に与える根拠を見出すことは難しい。そこで、上限値をハイパーパラメータとし、ABIC 最小化に基づいて上限値の最適化を行うことにした。

以上の改善をした上で再計算を行った結果、得られた成長確率は 31%となった。この値を用いることで、統計的にもっともらしいシステムの運用が可能となる。

参考文献

Akaike, H., *Biometrika*, 66, 53-59, 1979.

Akaike, H., *Ann. Inst. Statist. Math.*, 32, 311-324, 1980.

Iwata, T., Imoto, M., and Horiuchi, S., *Geophys. Res. Lett.*, 32, L19307, doi:10.1029/2005GL023928, 2005.