

和歌山工業高等専門学校 正会員 ○辻原 治
和歌山工業高等専門学校 学生員 江川 智之

1. はじめに

地震発生後、被害の程度を早期に把握する方法の一つとして、各地域の地震動の強さを推定することが考えられる。近年、気象庁から地震発生後比較的早く各地の震度が発表されるようになったが、少数の観測点における計測値から地域全体の様子を表すには限界がある。そこで、計器の設置されていない場所の地震動の強さを推定することが必要となる。

従来、マグニチュードと点震源の情報から地域の地震動強度の分布を推定する方法がよく用いられている。この方法では、断層の広がりやが考慮されていないため、特に震源域の地震動強度を評価しきれない。

本研究では、地震発生後に断層を線分とみなして、最大加速度記録からその両端点の経緯度を推定する方法¹⁾において、より安定し、かつ精度の高い推定値が得られるよう方法を改良した。

2. 断層位置の同定問題の定式化

図-1に示すように、地震断層を直線で表すことができ、 n 個の地点で最大加速度が得られているものとする。このとき、地震断層位置の同定問題は次式の最適化問題に置き換えることができる。

$$S(\alpha) = \sum_{i=1}^n \{\log A_i(\alpha) - \log A_i\}^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

ここに、 α は未知変数を表し、この問題では断層端点の東経および北緯 $E_{01}, N_{01}, E_{02}, N_{02}$ である。 $A_i(\alpha)$ は、それらの未知変数とマグニチュードおよび震源深さの関数として距離減衰式から計算される最大加速度であり、本研究では Fukushima and Tanaka の距離減衰式²⁾を用いた。また、 (E_i, N_i) 、 A_i および R_i は、それぞれ地震計設置点 i の経緯度、最大加速度記録および点 i より断層までの最短距離を表す。

ところで、図-1に示す断層線が地震発生後に発表される震央を通ることを考慮すると、次式の関係より、

$$N_{02} = N_{01} + \frac{N_0 - N_{01}}{E_0 - E_{01}} (E_{02} - E_{01}) \quad (2)$$

独立変数の数を3にすることができる。さらに、マグニチュードに応じて断層の長さを固定すれば、つぎの関係より、

$$E_{02} = E_{01} + \frac{L(E_0 - E_{01})}{L'} \quad (3)$$

独立変数の数を2にすることができる。上式の L は断層の長さを表し、 L' は断層の端点 (E_{01}, N_{01}) から震央 (E_0, N_0) までの距離を表す。

断層の長さを固定することによって、それ自体に起因する誤差は生じるが、反面、未知変数の数を減らすのみならず、1995 年兵庫県南部地震のケースのように、断層の南西側の記録が著しく少ないというような偏った地震計の配置に対しても安定した推定値を得やすくするメリットがある。

3. 断層位置の推定精度の検討

モンテカルロシミュレーションによって未知変数の推定精度を検討する。震央を未知とする場合（独立変数4）、震央を既知とする場合（独立変数3）、震央および断層長さを既知とする場合（独立変数2）について、未知変数の推定精度を比較した。

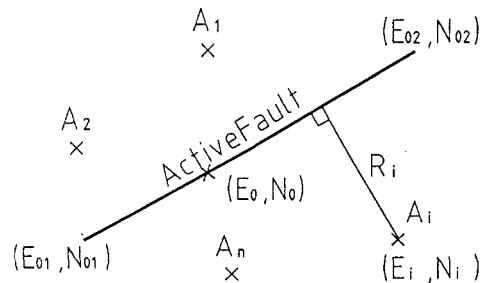


図-1 地震断層と観測点の位置関係

断層位置の真値は、両端点の経緯度で(133.8,33.8), (134.2,34.2)とし、震央は(134.0,34.0)とした。また、マグニチュードは7.77、震源深さは10kmとした。観測点は、図-2に示すように6点とする。

解析はつぎの手順で行った。真の断層に対して距離減衰式より各観測点における対数最大加速度を計算し、それを平均値とする標準偏差 0.05 の正規乱数を発生させる。それらを観測された最大加速度の対数値とみなし、断層端点に適当な初期値を与え、式(1)により未知変数を同定する。以上の手順を1000回繰り返した。図-3に、各解析ケースにおいて、1000組の模擬観測記録(対数最大加速度)に対する断層端点の推定値の標準偏差を示す。図より、震央や断層の長さを考慮することで、未知変数の推定精度が向上することがわかる。

つぎに、このような同定問題の基本的性質を理解するために、観測点の数および位置が未知変数の推定精度に及ぼす影響を検討した。観測点の数の影響に関しては、前述の6点の場合に加え、10点および14点の場合について前述のモンテカルロシミュレーションを行い、推定値のばらつきを比較した。図-4にそれぞれの観測点は位置を示す。図-5は推定された未知変数の標準偏差の平均値であり、観測点の数が多くなるほど推定値のばらつきが小さくなる傾向が表されている。観測点の位置の影響に関しては、6観測点について各観測点と断層までの距離を、図-2に示すものの2倍、3倍および5倍として同様の計算を行った。図-6は推定された未知変数の標準偏差であり、観測点が断層から離れるほど推定値のばらつきが大きくなる傾向が表されている。

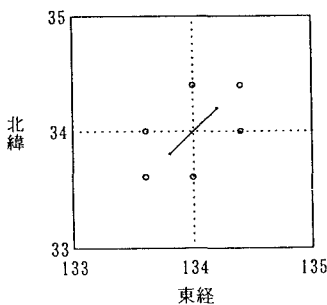
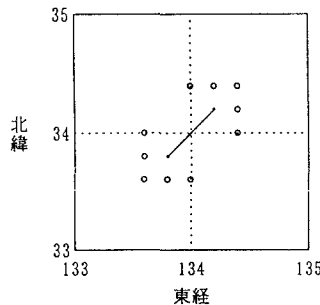
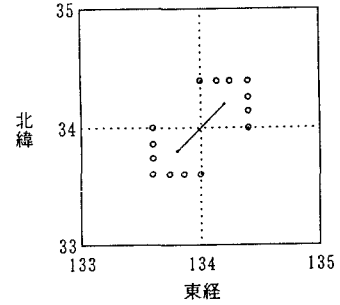


図-2 断層の真値と観測点配置
(6観測点)



(a)10観測点



(b)14観測点

図-4 断層の真値と観測点配置

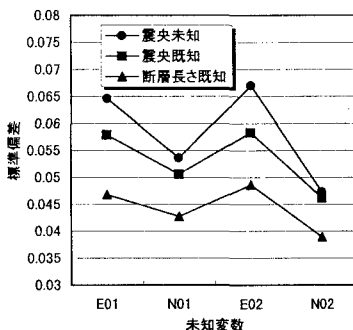


図-3 未知変数の推定精度
(6観測点)

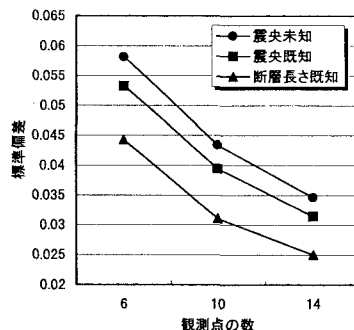


図-5 未知変数の推定精度
の平均値 (観測点数の違い)

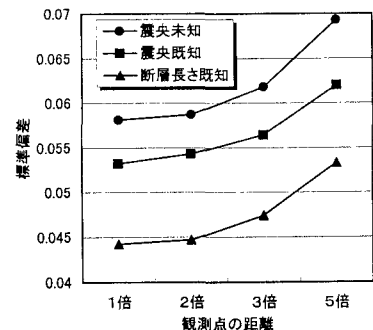


図-6 未知変数の推定精度
の平均値 (観測距離の違い)

参考文献

- 1) 辻原 治: 最大地動を用いた断層位置推定と推定誤差の評価について, 平成10年度関西支部年次学術講演会講演概要集, I-8, 1998.
- 2) Y. Fukushima and T. Tanaka, A New Attenuation Relation for Peak Horizontal Acceleration of Strong Earthquake Ground Motion in Japan, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.80, pp.757-783, 1990.