

半経験的手法による地震動予測に関する 2、3 の考察

九州大学工学部 学生員 石橋 広憲
九州大学工学部 学生員 向原 秀樹
九州大学工学部 フェロー 大塚 久哲

1.はじめに

本研究では、1997年3月26日に発生した鹿児島県北西部地震（気象庁マグニチュード6.3、震源深さ7.6km）を、東西20km、南北0.8km、深さ15km以浅の範囲に分布している余震記録を用いて再現し、その精度及び強震動予測に適用する場合の問題点についての考察を行った。

2.波形合成法

本研究では、Irikura（1986）による経験的グリーン関数法を用いる。この方法では、観測された小地震記録をグリーン関数とみなせるので、伝播経路や観測点近傍の影響を推定する必要がある点で有利な手法である。大地震の合成は以下の式で表される。¹⁾

$$U(t) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (r_o / r_{ij}) \cdot F(t) * (C \cdot u(t)) \quad (1)$$

ここで、

$$F(t) = \delta(t - t_{ij}) + (1/n') \sum_{k=1}^{(N-1)n'} \delta(t - t_{ij} - (k-1)\tau / (N-1)n')$$

$$t_{ij} = (r_{ij} - r) / V_s + \xi_{ij} / V_r$$

$$n' = \tau / (N \cdot \Delta t)$$

($\delta(t - t_{ij})$ は δ 関数で、 $t = t_{ij}$ のとき 1 となる。)

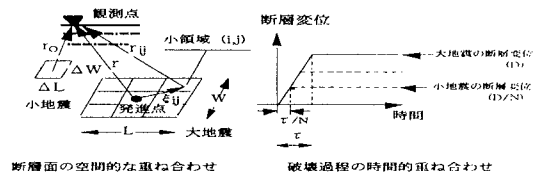


図-1 重ね合わせの概念

ただし、 $U(t)$, $u(t)$ は大地震、小地震の時刻歴速度波形である。 r_o は、小地震と観測点間の距離、 r は大地震の発進点と観測点の距離、 r_{ij} は小領域(i, j)と観測点間の距離、 C は応力降下量比、 τ は大地震のライズタイム、 ξ_{ij} は破壊開始点と小領域(i, j)の間の距離、 V_s は S 波速度、 V_r は破壊伝播速度、 N は断層一辺の分割数、 n' は小地震の立ち上がり時間 (τ/N) の再分割数で、上式の関係を満足する値が推奨されている。 $*$ は、コンボリューションを表し、 Δt はサンプリング間隔である。図-1 は、波形合成法での重ね合わせの概念図である。

3.本震波形の合成

図-2 には、今回用いた鹿児島県北西部地震における地震の震源位置及び観測地点を示す。重ね合わせ数 N は、大地震と小地震の応力降下量が異なる場合には、

$$U_o / u_o = C \cdot N^3 \quad A_o / a_o = C \cdot N \quad (2)$$

となり、応力降下量比は Aruïrre et al (1994) より、

$$C = (U_o / u_o)^{-1/2} \cdot (A_o / a_o)^{3/2} \quad (3)$$

となる。²⁾ また、立ち上がり時間 τ は、

$$\tau = 16 S^{1/2} / (7 \pi^{3/2} V_s) \quad (4)$$

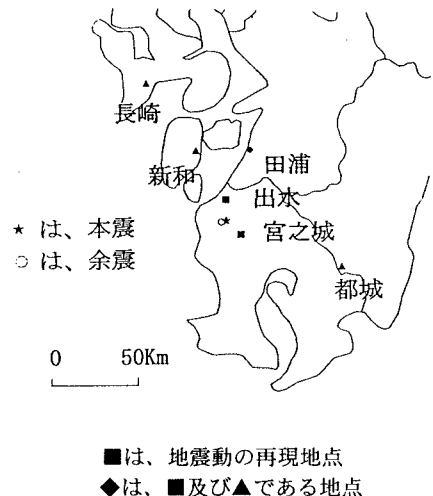
ただし、 S は断層面積、 V_s は S 波速度である。

表-1 4 地点のパラメータと平均

表-2 震源パラメータ

	C	N
田浦	3	1.81
新和	3.73	1.74
都城	4.67	2.69
長崎	2.34	2.39
平均	3.4	2.16

走向角	98°
傾斜角	89°
断層面積	75km ²
立ち上がり時間	1.18sec
応力降下量比 C	3.4
断層分割数 N	2



■は、地震動の再現地点
◆は、■及び▲である地点

図-2 地震の震源及び観測地点

(4 地点を図-2 に▲印で示す)

ここで、 U_0 、 u_0 は、大地震、小地震の変位スペクトルの低周波側のフラット部、 A_0 、 a_0 は、大地震、小地震の加速度スペクトルの高周波側のフラット部である。断層面積は、余震域を参考にしたが Forward Fitting を行い、断層面積を決めた。本研究は、深さ 7.7km で発生した M4.7 の余震を経験的グリーン関数として、4 地点で得られた震源パラメータ (表-1) を平均し 3 地点でシミュレーションを行った。震源パラメータを表-2 に、シミュレーション結果を図-3 に示す。

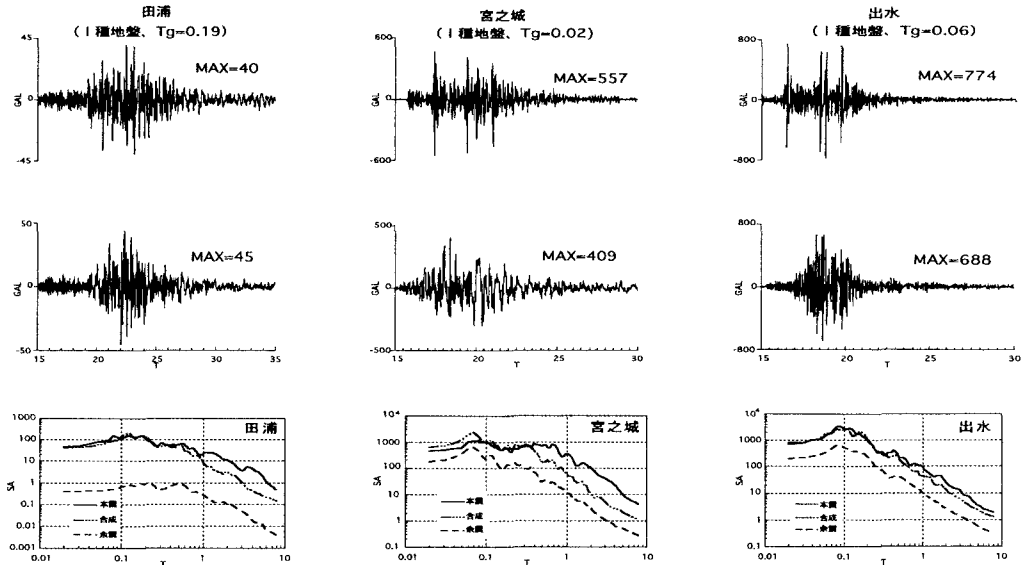


図-3 合成波形と観測波形の比較、加速度応答スペクトルの比較
(波形上：合成、波形下：本震)

4. 結果

本研究では、田浦を含め震源近傍でない 4 地点で震源パラメータを計算しそれを平均して、震源近傍を含めた 3 地点での地震動の再現を行った。その結果、3 地点共に、継続時間は一致した。田浦では波形の再現が良好であった。しかし、震源近傍の出水、宮之城では、波形の再現が良好でなかった。スペクトルは出水では良く一致しているが、田浦、宮之城で、長周期側で一致しない。

5. 考察

1. 断層面積を余震域より (300 km²) で地震動を再現したが、継続時間が良好でなかった。Forward Fitting を行うことにより断層面積が 75 km² で継続時間が一致した。波形は震源近傍でないところで一致したが、震源近傍では一致しなかった。震源特性の影響が考えられる。
2. サイトによって、スペクトル比が異なり震源パラメータにばらつきが生じる。本研究では、4 地点での震源パラメータの平均を取って地震動を再現したが、よりよい再現性を確保するためには、断層破壊の進行方向を考慮した、広域から平均した震源パラメータを求める必要がある。
3. 応答スペクトルの比較では、3 地点の短周期側ではスペクトルが一致しているが、田浦、宮之城では長周期側でスペクトルが一致していない。サイト増幅特性の影響が考えられ、2 地点で本震時に非線形応答の影響で、長周期成分が卓越したと考えられる。合成に使った余震は、非線形応答の影響が小さく、長周期成分が卓越したとは考えられないため、合成のスペクトルが、長周期側で小さくなると考えられる。

参考文献

- 1) Irikura, K: Prediction of strong acceleration motion using empirical Green's function, Proc. 7th Japan Earthq. Symp., pp151-156, 1986
- 2) 今西他：経験的グリーン関数法による 1993 年北海道南西沖地震の破壊過程、地震第 2 輯、第 48 巻、p365-373, 1995
- 3) 科学技術庁：科学技術庁防災研究所強震観測ネットワーク (k-net)、(<http://www.k-net.bosai.go.jp>)