

経験的グリーン関数法を用いた 1998 年 4 月 22 日三重県北部地震の 強震動シミュレーションと震源モデル

愛知工業大学 学生会員 ○樫下峰治、正会員 正木和明、入倉孝次郎

1 はじめに

精度よく強震動予測を行うには、最適な震源モデルを推定する必要がある。現在では、様々な手法により震源モデルが推定されている。¹⁾²⁾

そこで本研究では、震源モデルの有効性は多くの地震によって検証すべきとの観点から 1998 年 9 月 22 日 20 時 32 分に三重県北部にて発生した M5.4 の地震に対して、経験的グリーン関数法 (Irikura, 1986)³⁾を用い最適震源モデルを構築し、震源周辺の強震動シミュレーションを行った。

2 本研究で用いる余震記録

三重県北部地震では前震と余震が観測されている。前震・余震の記録を表 1 に示す。

経験的グリーン関数法に用いる小地震として、規模が比較的大きく、F-net による震源メカニズムが本震と類似している 5 月 17 日の余震記録を使用した。本震と小地震の諸元については表 2,3 に示す。

表 1 本震、余震及び前震の記録 (◎:本震)

発生日時	緯度	経度	震源深さ (km)	M(JMA)
1998/4/21 15:19	35.161	136.565	9.5	3.9
1998/4/22 20:28	35.144	136.577	2.9	4.0
◎1998/4/22 20:32	35.132	136.585	19.2	5.4
1998/5/17 12:59	35.146	136.566	10.2	4.1
1998/9/4 17:15	35.169	136.553	11.8	3.8

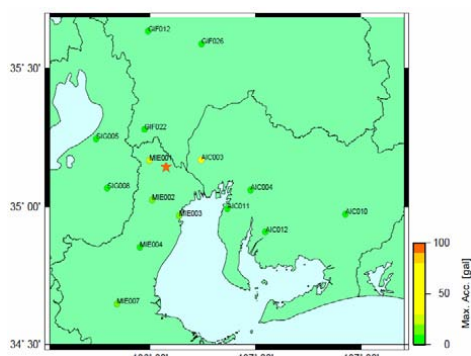


図 1 本震・小地震が観測された地点 (☆:本震の震源)

表 2 本震の諸元 (F-net)

発震日時	1998/4/22 20:32
震央	35.2N 136.6E
震源深さ	10km
マグニチュード (Mjma)	5.4
メカニズム [STR:DIP:RAKE]	163:29:53
地震モーメント	6.74×10^{16} Nm
モーメントマグニチュード	5.2

表 3 小地震の諸元 (F-net)

発震日時	1998/5/17 12:59
震央	35.1N 136.6E
震源深さ	12km
マグニチュード (Mjma)	3.8
メカニズム [STR:DIP:RAKE]	140:31:40
地震モーメント	3.83×10^{14} Nm
モーメントマグニチュード	3.7

3 震源のモデル化

今回は 0.3Hz から 10Hz の範囲で、加速度・速度・変位波形の解析を行った。尚、観測記録にノイズが多い地点については除外した。解析手順・結果を以下に記す。

①大地震と小地震の変位及び加速度振幅スペクトルのフラットレベルを目視で読み取り、(1)(2)式に代入することで大地震と小地震の断層長さの比 N 、応力降下量比 C を求めた。

$$U_0 / u_0 = M_0 / m_0 = CN^3 \cdots (1)$$

$$A_0 / a_0 = CN \cdots (2)$$

②震源メカニズム、S 波速度 (3.3km/s) を固定し、アスペリティサイズ、破壊速度、本震の立ち上がり時間、破壊開始点を変数として強震動シミュレーションを行い最適解を求めた。ただし、強震動はアスペリティのみから生成されると仮定し、背景領域は考慮していない。また、破壊はアスペリティ内から円状に伝播すると仮定した。震源モデルの優劣は合成と観測変位波形の相関係数により比較した。

ここで本地震のメカニズムは F-net で計算されているが、本研究では余震分布からメカニズムを推定し $\text{str}=150^\circ$ 、 $\text{dip}=67^\circ$ を得た。これらのメカニズムをそれぞれ用いて強震動シミュレーションを行った結果、余震分布のメカニズム解の方が相関係数が大きく最適といえる。図 2 に東京大学の地震活動解析システムを使用した余震分布を示す。

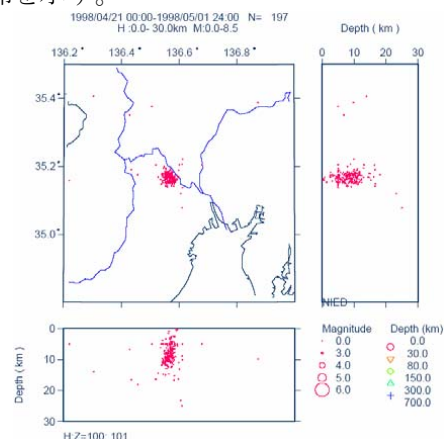


図 2 1998 年 4 月 22 日の地震とその余震の震央分布

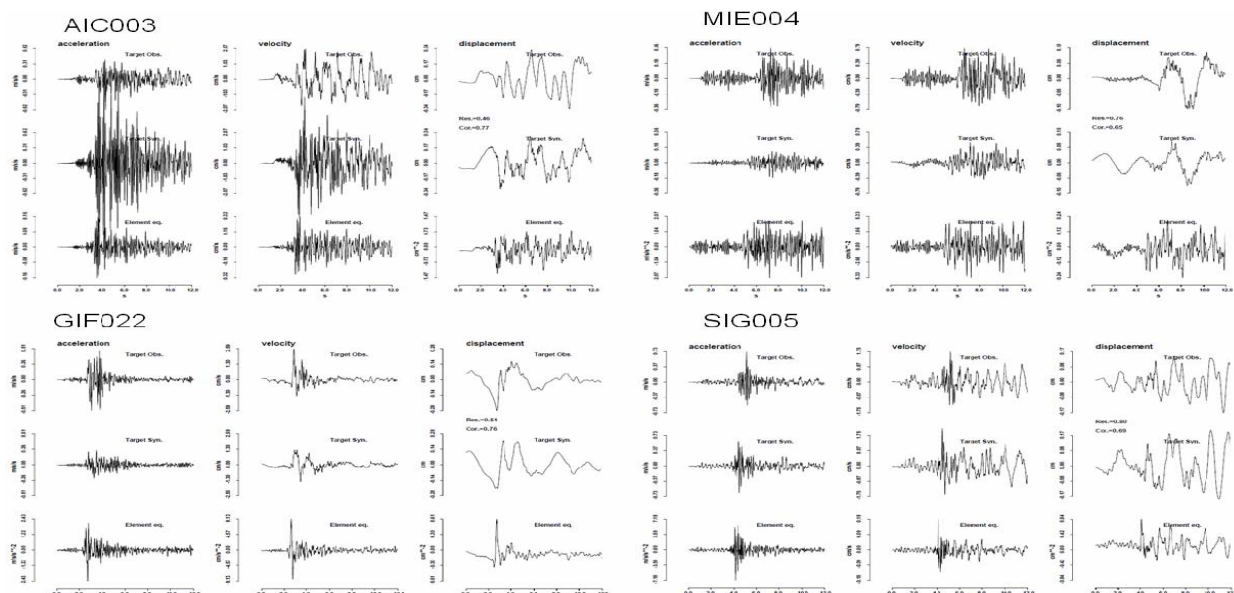


図3 名古屋(AIC003)、亀山(MIE004)、上石津(GIF022)、彦根(SIG005)における観測波形と合成波形との比較
(各地点とも上から観測波形、合成波形、小地震波形 左から加速度波形、速度波形、変位波形)

以上の解析から設定した最適震源モデルのパラメータを表4に示す。

表4 最適震源モデルのパラメータ

震源位置	35.132N,136.585E
メカニズム[STR:DIP:RAKE]	150:67:53
震源深さ	10.0km
地震モーメント	$6.74 \times 10^{16} \text{ Nm}$
アスペリティの面積	$30.3 \text{ km}^2 (5.5 \text{ km} \times 5.5 \text{ km})$
重ね合わせ数 ($N_L \times N_W$)	5*5
応力降下量比 C	1.41
上端深さ	7.25km
S波速度 V_s	3.3km/s
破壊伝播速度 V_r	3.1km/s
立ち上がり時間 T	0.5s
破壊開始点	(3,3)

4 最適震源モデルの合成波形

図3に名古屋(AIC003)、亀山(MIE004)、上石津(GIF022)、彦根(SIG005)における観測波形と合成波形との比較を示す。

各地点とも合成波形の形状や継続時間は観測波形と良く一致しており、変位波形は最大変位も良く一致している。

しかし加速度では地点により過小・過大評価されている。このことを検証するため合成と観測の最大加速度比を震源から観測点の方向別にプロットした。図4に示す。

この結果、震源の西側で最大加速度が過小評価され、東側で過大評価されていることが分かった。

これは破壊は円状に伝播する仮定したが、震源の破壊伝播様式は複雑であり、破壊伝播の方向が異なるため最大加速度が再現できなかったと考えられる。つまりラディエーションパターンを考慮する必要があると考えられる。

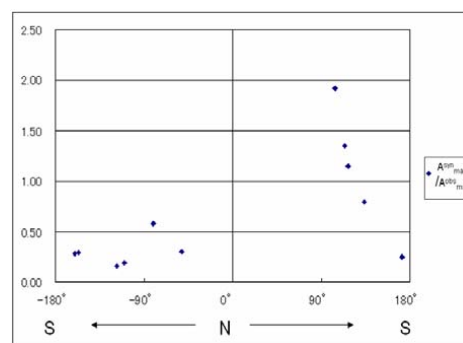


図4 $A_{\max}^{\text{syn}}/A_{\max}^{\text{obs}}$ と震源から観測点の方向の関係

5 結論

本研究では、1998年9月22日20時32分に三重県北部地震の最適震源モデルを経験的グリーン関数法を用いて構築した。

震源メカニズムとして、F-netの計算結果と震央分布から推定したものを比較した結果、余震分布によるメカニズムの方が最適であるといえる。

本研究で示した最適震源モデルでは、各波形とも形状や継続時間は観測波形と良く一致したが最大加速度については過小・過大評価する結果となった。

このことから今後は、ラディエーションパターンを考慮した検証が必要であると考えられる。

謝辞

本研究では、K-NETの観測記録、F-netの情報、東京大学の地震活動解析システムを使用させていただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 三宅弘恵 岩田知孝 入倉孝次郎: 経験的グリーン関数法を用いた1997年3月26日及び5月13日鹿児島県西部地震の強震動シミュレーションと震源モデル 地震2、第51巻、pp431-442 1999
- 2) 池田隆明 釜江克宏 三輪滋 入倉孝次郎: 経験的グリーン関数法を用いた2000年鳥取県西部地震の震源モデル化と強震動シミュレーション 日本建築学会構造系論文集、第561号、pp37-45 2002
- 3) Irikura, K.: Prediction of strong acceleration motion using empirical Green's function, Proc. 7th Japan Earthq. Eng. Symp., Tokyo, pp151-156, 1986