

榊熊谷組 正員○寺田 倫康・清水 昭男・阿部 健一

1. はじめに

断層モデルを利用して地震動を予測する場合に重要となる断層パラメータの一つとして、地震モーメントがある。佐藤¹⁾は、日本周辺で発生した地震のマグニチュードと地震モーメントについてまとめている。ここでは、筆者らが、宮城・福島両県で実施しているアレー観測によって得られた記録をもとに、インバージョン手法を利用して分離した震源特性から求めた地震モーメントについて検討を行った。また、同時に求める伝播経路の減衰特性についても、その周波数依存性を含め、既往の研究結果との比較検討を行った。

2. 観測記録

解析に用いた地震記録は、図-1に示すように、主に福島県沖で発生したマグニチュード $M=4.5 \sim 6.7$ の32地震について、強震観測点 8地点で得られた 150記録である。解析には、地震波形から目視によりS波の立ち上がり時刻を決め、そこから次式で仮定した震源継続時間長で計算した水平2成分の減衰0%の速度応答スペクトルをベクトル和したものを用いた。

$$T = L / V_r = L / 0.8V_s \quad (1)$$

ここで、 L は断層長さ、 V_r は破壊伝播速度、 V_s はせん断波速度($=3.7\text{km/sec}$)、である。断層長さは佐藤¹⁾が提案した次式を用いた。

$$\log L = 0.5M + 1.88 \quad (2)$$

3. 解析手法

インバージョンの定式化は、Iwata et al²⁾に従い(3)式に示すように、 j 観測点での i 地震の観測記録から求めた減衰0%の速度応答スペクトル $0_{ij}(f)$ を、震源特性 $S_i(f)$ 、伝播経路の減衰特性 $Q(f)$ 、および観測点近傍の地盤の増幅特性 $G_j(f)$ の線型結合で表現した。

$$\log 0_{ij}(f) = \log G_j(f) + \log S_i(f) - (\log e)\pi R_{ij}/Q_s(f)V_s \quad (3)$$

ここで、 $Q_s(f)$ は伝播経路の平均的 Q_s 値、 R_{ij} は i 地震の j 観測点での震源距離である。(3)式を拘束条件 $G_j(f) \geq 2.0$ のもとで最小自乗法を用いて解き各特性値を求める。さらに、解析に用いた減衰0%の速度応答スペクトルは加速度フーリエスペクトルと近似できるので、分離した震源特性から地震モーメントを求める場合には、次式¹⁾を用いて単位を変換した震源スペクトル $M_0(f)(\text{dyne}\cdot\text{cm})$ を計算した。

$$M_0(f) = 4 \pi \rho V_s^3 \times S_i(f) / (2\pi f)^2 \quad (4)$$

ここで、 ρ は密度(g/cm^3)、 V_s はS波速度(cm/sec)を表す。なお、今回の検討では、 $\rho=2.7\text{g/cm}^3$ 、 $V_s=3.7\text{km/sec}$ の値を用いた。

4. 解析結果

解析の結果得られた32地震の震源スペクトルのうち一例として5地震を図-2に示す。震源スペクトルの大きさは、各地震のマグニチュードに良く対応しており、その形状は、広範囲の周波数帯で ω^2 の勾配で減少している。しかし、コーナー周波数 f_0 が明瞭に現れている地震は少ない。これは、インバージョン解析に用いたスペクトルが、各地

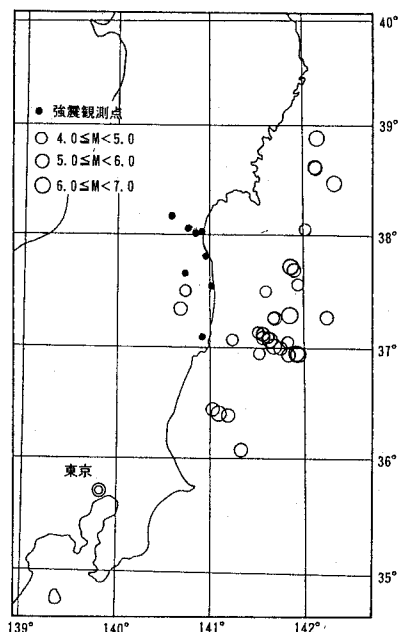


図-1 震央位置

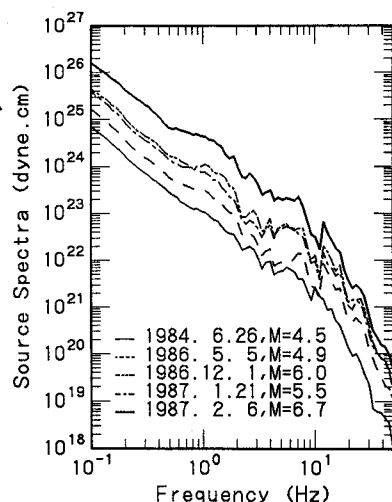


図-2 震源スペクトル

震のマグニチュードから(1)式により推定した震源継続時間長を用いているため、それより低波数側の解析の精度が十分保証されていないなどの理由によるものと思われる。そこで、地震モーメント M_0 を、図-2より(1)式の震源継続時間の逆数をコーナー周波数 f_0 とし、それに対する $M_0(f_0)$ として求めた。以上の手順で求めた32地震の地震モーメントとマグニチュードの関係を図-3に示す。両者の間には次式の関係がある。

$$\log M_0 = 1.55M + 15.68 \quad (5)$$

また、佐藤¹⁾は、日本周辺で発生した地震に関するデータをもとに次式を導いている。

$$\log M_0 = 1.5M + 16.2 \quad (6)$$

しかし、小地震については、その断層面積が過大評価されるため、地震モーメントが(6)式の下側へ外れる傾向があると指摘しており、今回のインバージョンの結果はそれと良い対応を示している。

次に、同時に求まった伝播経路の減衰特性を表す $Q_s(f)$ 値を図-4に示す。 $Q_s(f)$ 値が周波数とともに増加していく周波数依存性は以前から指摘されてきており、インバージョンの結果も同様の傾向を示している。解析結果の $Q_s(f)$ 値を直線近似すると、次式が得られる(相関係数=0.984)。

$$\log Q_s(f) = 2.01 + 0.925 \log f \quad (7)$$

図-4には、Sato et al³⁾によってまとめられた日本の各地域の $Q_s(f)$ 値も合わせてプロットした。 $Q_s(f)$ 値の傾きは、東北・北海道地域のほうが他の地域に比べて急である。今回の解析には、主に福島県沖で発生した地震記録を用いており、 $Q_s(f)$ 値の傾向は、東北・北海道地域の特徴に良く対応している。

5. まとめ

主に福島県沖で発生した地震を対象に、アレー観測記録からインバージョン手法を利用して地震モーメントとマグニチュードの関係および伝播経路の減衰特性を検討した結果、既往の研究結果と良い対応を示すことがわかった。今後は、一つ一つの地震記録にいてより詳細な検討を行っていく必要があると思われる。

最後に、 Q_s 値に関して貴重な資料を提供していただいた京大防災研の清野氏に紙面をかりて感謝致します。

〔参考文献〕1)佐藤良輔、日本の地震断層パラメータハンドブック、1989。2)Iwata, T. and K. Irikura, Source Parameters of the 1987 Japan Sea Earthquake Sequence, J. Phys. Earth., 36, 155-184, 1988。3)Sato, T. and J. Kiyono, Estimation of Seismic Intensity of Ground Motion During the 21 August 1988 Earthquake in the Nepal-India Border Region, J. Natural Disaster Science, 11, 21-36, 1989。

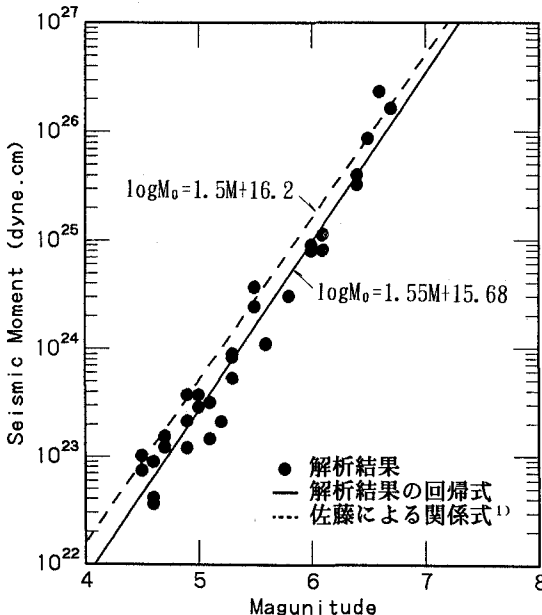


図-3 地震モーメントとマグニチュードの関係

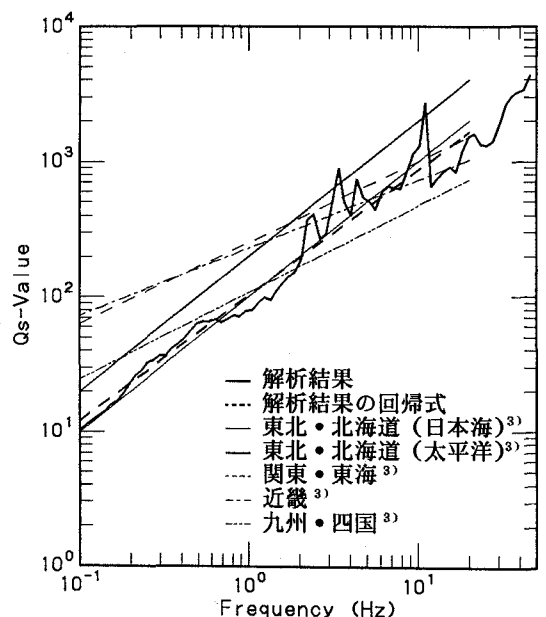


図-4 伝播経路の減衰特性