

1) - 4 津波警報に必要な地震情報の迅速な推定

Estimation of earthquake information necessary for tsunami early warning

(研究期間 平成 24~27 年度)

国際地震工学センター

International Institute of Seismology and
Earthquake Engineering

原 辰彦

Tatsuhiko Hara

We revised the coefficients of the magnitude formula using high frequency seismic signal durations and maximum displacement amplitudes from tele-seismic data by a grid search approach. We applied the same grid search approach to regional data to determine the magnitude formula coefficients. We measured strong motion durations and maximum displacement amplitudes. Their products with epicentral distances show a good correlation with moment magnitudes. We showed that the tsunami earthquakes were characterized by the small displacement amplitudes and long high frequency seismic signal durations measured from regional data, which is consistent with the previous analyses of tele-seismic data. We developed a method to determine the end point of rupture using high frequency seismic signal durations from tele-seismic data.

【研究目的】

海域で大地震が発生した場合、その大きさ等を迅速に把握することは津波警報にとって重要である。本研究では、津波警報に必要な地震情報であるマグニチュードを迅速に求める手法の開発、改定を行った。強震動の継続時間と変位振幅を用いた地震規模決定の可能性を検討した。津波地震であるかどうかを P 波の高周波震動継続時間と最大変位振幅から迅速に推定する方法についても検討した。また、地震波の高周波成分を励起した断層運動の方向を推定する手法の開発を行った。

【研究内容及び結果】

1. 高周波震動継続時間と変位振幅を用いたマグニチュード計算手法の改定

Hara (2007, 文献 1) は遠地 (震央距離 30-85 度) で観測された広帯域地震波形記録の P 波から高周波震動継続時間と最大変位振幅を測定し、地震のマグニチュードを計算する方法を提案した。文献 2 に従い、この手法で計算されるマグニチュードを M_{hdd} と呼ぶ。2007 年以降に複数の巨大地震が発生したことを踏まえて、データセットを拡充し、 M_{hdd} の計算式の改定を試みた。1994 年~2015 年 5 月に発生した M_w 7.2 以上で深さ 50km 以浅の地震を選び、遠地の GSN (the Global Seismograph Network) 観測点で記録された広帯域地震波形データを IRIS データセンターから取得した。 M_{hdd} の最大変位振幅、震央距離、高周波震動継続時間に関する係数及び定数の 4 つの係数 (α , β , γ , δ) をパラメーターとし、 M_{hdd} とモーメントマグニチュード M_w の差の二乗平均を求めるグリッドサーチを行った。また、 M_{hdd} と M_w の差の M_w 、震央距離、高周波震動継続時間に対する依存性を評価した。

M_{hdd} と M_w の差の二乗平均を最小にする係数の組合せに対して計算された M_{hdd} は巨大地震に対して系統的に過小評価となった。 M_w が 7.2~9 の範囲で約 0.3 の系統的な差がある。係数の全組合せに対する M_{hdd} と M_w の差の二乗平均の最小値に対して 7% 程残差が大きい一方、 M_w 、震央距離、高周波震動継続時間に対する依存性が小さい係数 ($\alpha=0.87$, $\beta=0.63$, $\gamma=0.68$, $\delta=7.59$) を選び、計算式を改定した。

2. 高周波震動継続時間と変位振幅を用いたマグニチュード計算手法のリージョナルデータへの適用

マグニチュード決定の迅速化を図るために、震央距離 30 度以下のデータ (以下、リージョナルデータと呼ぶ) を M_{hdd} の計算手法を用いて解析し、その適用可能性を調べた。1994 年から 2015 年 5 月に発生した M_w 7.2 以上で深さ 50km 以浅の地震を選び、震央距離 10-30 度にある FDSN (the International Federation of Digital Seismograph Networks) 観測点で記録された広帯域地震波形データを IRIS データセンターから取得した。P 波到着から S 波到着までの時系列を解析し、P 波の高周波震動継続時間を計測した。遠地データから得られた高周波震動継続時間と比較したところ、系統的に長いことが分かった (図 1)。この結果はリージョナルデータを用いて M_{hdd} を求めるには、遠地データの式とは別の式を使う必要があることを示唆する。

そこで、上述したグリッドサーチ手法をリージョナルデータに適用した。遠地データの場合と同様に、 M_{hdd} と M_w の差の二乗平均を最小にする係数の組合せに対して計算された M_{hdd} は巨大地震に対して系統的に過小評価となった。係数の全組合せに対する M_{hdd} と M_w の差の二乗平均

の最小値に対して、9%程残差が大きい一方、 M_w 、震央距離、高周波震動継続時間それぞれに対する依存性が小さい係数 ($\alpha=0.85$, $\beta=1.13$, $\gamma=0.63$, $\delta=5.64$) を選び、リージョナルデータに対する M_{hdd} の計算式を得た。リージョナルデータから求めた M_{hdd} の値は遠地データから得られる値と整合的である (図 2)。この結果は、 M_{hdd} がリージョナルデータに適用可能であり、遠地データの解析より迅速にマグニチュードの値が得られることを示している。

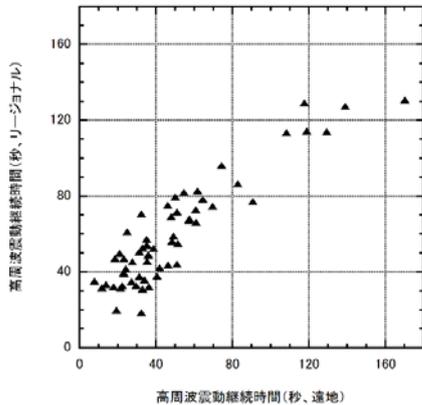


図 1 遠地データから得られた P 波の高周波震動継続時間とリージョナルデータから得られた値の比較。

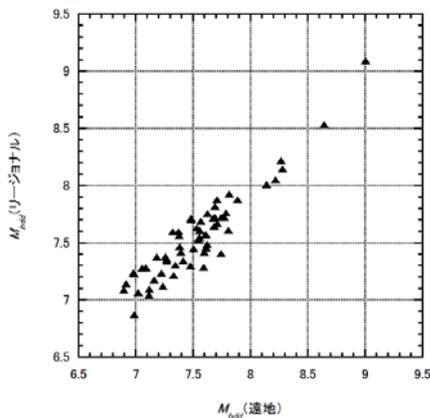


図 2 遠地データから得られた M_{hdd} とリージョナルデータから得られた値の比較。

3. 強震動の継続時間と変位振幅を用いた地震規模決定の検討

強震動の継続時間と変位振幅を用いた地震規模決定の可能性を調べた。2003 年以降に日本及びその周辺で発生した M_w 7.2 以上の 9 地震 (2003 年十勝沖地震, 2011 年東北地方太平洋沖地震を含む) を解析した。波形データは、国立研究開発法人防災科学技術研究所の K-NET と KiK-net の加速度記録 (震央距離 400km 以内) を用いた。

Hara (2007) の高周波震動継続時間の計測方法を基に、強震動の継続時間を計測した。バンドパスフィルターの帯域はより高周波帯域 (5-10 Hz) を用い、平滑化した時系列の振幅が最大値の 10% 以下になった時刻から S 波の理論到達時刻を引いた値を強震動の継続時間とした。変位振幅はハイパスフィルター (コーナー周波数 0.01Hz) をかけた時系列から計測した。

計測された強震動の継続時間は遠地 P 波の高周波震動継続時間と概ね相関することが分かった。KiK-net の地中観測点の加速度記録から計測した強震動の継続時間、最大変位振幅、震央距離の積を求め、 M_w と比較したところ、両者は概ね相関することが分かった。この結果は上記の計測量からマグニチュードを短時間で推定できることを示唆する。

4. リージョナルデータを用いた津波地震の識別

1992 年ニカラグア津波地震及び 1994 年から 2013 年 7 月に発生した M_w 7.2 以上で深さ 50km 以浅の地震に対して、震央距離 30 度以内で観測された広帯域地震波形記録を解析し、最大変位振幅と震央距離の積の高周波震動継続時間に対する比を調べた。データは IRIS データセンターから取得した。津波地震は通常の地震より相対的に小さな変位振幅と長い高周波震動継続時間で特徴づけられることが示された。これは遠地データを解析した既往研究と整合的である。この結果は、震央距離 30 度以下で観測された地震波形データから上記の比を求めることにより津波地震を識別できることを示唆する。

5. 高周波震動継続時間を用いた断層運動の推定

遠地で観測された P 波の高周波震動継続時間を用いて、断層運動の終端点をグリッドサーチ法で求めることにより、地震波の高周波成分を励起した断層運動を推定する手法を開発した。開発した手法を 5 つの大地震に適用し、断層運動の終端点を推定した。データは IRIS データセンターから取得した。得られた結果は解析した地震の高周波エネルギー放射に関する既往研究の解析結果と概ね整合的であり、手法の有効性が示唆された。

【参考文献】

- 1) Hara, T.: Measurement of duration of high-frequency energy radiation and its application to determination of magnitudes of large shallow earthquakes, Earth Planets Space, 59, 227-231, 2007 年
- 2) 原：高周波震動継続時間と変位振幅を用いたマグニチュード：改定とリージョナルデータへの適用，日本地震学会講演予稿集 2013 年度秋季大会，2013 年