

東北地方太平洋沖地震で観測された地震動の位相特性の検討

徳島大学大学院 学生会員 ○浦田 将弘
徳島大学大学院 正会員 三神 厚

1. 研究の背景と目的

2011年東北地方太平洋沖地震では国内で初めてとなるマグニチュード9.0を記録し、広範囲に及ぶ地域で甚大な被害が発生した。今後、発生が予測される東海・東南海・南海地震をはじめとする巨大地震に対しては、今回の地震と同規模程度の地震に対するの評価が行われると考えられる。

そこで、本研究では設計入力地震動の作成に必要な位相特性をモデル化するため、その一段階として群遅延時間¹⁾に影響を及ぼすパラメータについて検討を行った。

2. 解析手法

本研究で用いた強震動記録は、表1に示す通りである。防災科学技術研究所の強震観測網K-NETで観測された東北地方太平洋沖地震の本震および13の余震記録の計14の地震を対象としている。

地震記録はすべて気象庁マグニチュード6.0以上の海溝型地震とする。継続時間についてはK-NETにより記録されている範囲とし、震源距離が500km以上及び最大加速度が50gal以下の観測地点においては解析の対象外とした。これらの条件から選定された時刻歴波形をフーリエ変換することで、群遅延時間を抽出した。

群遅延時間 t_{gr} [sec]は次式で表される。

$$t_{gr}(\omega_k) = \frac{d\phi(\omega)}{d\omega} = -\frac{\phi(\omega_k) - \phi(\omega_{k+1})}{\Delta\omega} \quad (1)$$

ここで、 ϕ はフーリエ位相、 ω は円振動数である。

既往の研究²⁾³⁾より、群遅延時間の平均値が波形の重心、標準偏差が継続時間 T_d と密接な関係があると示されていることから、同様に群遅延時間の平均値と標準偏差を用いて、各パラメータとの関係を検討する。

群遅延時間の平均値 $\mu_{t_{gr}}$ と標準偏差 $\sigma_{t_{gr}}$ は以下の式で表される。

$$\mu_{t_{gr}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{gr}(\omega) \quad (2)$$

$$\sigma_{t_{gr}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_{gr}(\omega) - \mu_{t_{gr}})^2} \quad (3)$$

3. 解析結果

水平動2成分と上下動成分について、 $\sigma_{t_{gr}}$ と T_d 、気象庁マグニチュード M_j 、震源距離 X 、震源深さ D /震央距離 H のそれぞれの関係について検討を行った。

3.1 $\sigma_{t_{gr}}$ と T_d

$\sigma_{t_{gr}}$ と T_d の関係を図1に示した。また、その結果を $\sigma_{t_{gr}} = \alpha T_d^\beta$ で回帰して回帰曲線を描き、相関係数を求めた。図を見ると、両者の間にはある程度の正相関があり、線形性を持っていることが確認できる。相関係数は水平動が0.59、上下動が0.73と上下動の方が高い相関を示した。ただし、今回は継続時間をK-NETの記録時間としているため、継続時間を定量的に定義する(例えば一定gal以上の範囲)ことで相関が高まると考えられる。また、東北地方太平洋沖地震のデータが多いため、 T_d が300secの時にデータが集中している。

3.2 $\sigma_{t_{gr}}$ と M_j

$\sigma_{t_{gr}}$ と M_j の関係を図2に示した。また、その結果を $\sigma_{t_{gr}} = \alpha M_j^\beta$ で回帰して回帰曲線を描き、相関係数を求めた。正の相関を示し、相関係数は水平動が0.55、上下動が0.81と上下動の方が高い相関を示した。また、 M_j が大きくなるにつれてばらつきが大きくなる傾向にある。

3.3 $\sigma_{t_{gr}}$ と X

$\sigma_{t_{gr}}$ と X の関係を図3に示した。また、その結果を $\sigma_{t_{gr}} = \alpha X^\beta$ で回帰して回帰曲線を描き、相関係数を求めた。Mと同様、 X が大きいほどばらつきが大きくなる傾向にあることがわかる。これは、 M_j や X が大きい地震は震源域が広がるため、異なる波が観測されることでばらつきがでると考えられる。相関係数は水平動が0.61、上下動が0.58と水平動の方が高い値を示した。

3.4 $\sigma_{t_{gr}}$ と D/H

$\sigma_{t_{gr}}$ と D/H の関係を図4に示した。また、その結果を $\sigma_{t_{gr}} = \alpha D/H^\beta$ で回帰して回帰曲線を描き、相関係数を求めた。両者は反比例の関係にあることがわかる。相関係数は水平動が0.67、上下動が0.82と上下動の方が高い値を示した。

表 1 解析に用いた地震記録

地震名 発生日時	マグニチュード	震央北緯 震央東経	観測点数
東北地方太平洋沖地震 2011年3月11日	9.0	38.10N 142.86E	1224
岩手県沖の地震 2011年3月11日	6.5	39.03N 142.28E	323
福島県沖の地震 2011年3月11日	6.1	37.42N 141.32E	493
岩手県沖の地震 2011年3月11日	6.7	39.17N 142.62E	585
福島県沖の地震 2011年3月12日	6.2	37.20N 141.43E	541
茨城県沖の地震 2011年3月14日	6.2	36.46N 141.12E	446
宮城県沖の地震 2011年4月7日	7.1	38.20N 141.92E	923
福島県沖の地震 2011年4月23日	6.1	39.13N 143.00E	254
岩手県沖の地震 2011年6月23日	6.9	39.95N 142.59E	646
宮城県沖の地震 2011年7月23日	6.4	38.87N 142.09E	484
福島県沖の地震 2011年7月25日	6.3	37.71N 141.63E	583
福島県沖の地震 2011年7月31日	6.5	36.90N 141.22E	707
福島県沖の地震 2011年8月12日	6.1	36.97N 141.16E	580
福島県沖の地震 2011年8月19日	6.5	37.65N 141.80E	629

4. まとめ

本研究では群遅延時間の概念を用いて、位相特性に影響を及ぼす物理パラメータについて検討を行った。群遅延時間の標準偏差と各物理パラメータの回帰式を求め、相関係数を算出した結果、以下の知見が得られた。

1. 全体的に上下動の方が比較的良好な相関性を示した。
2. マグニチュードや震源距離が大きくなるにつれてばらつきが大きくなることを確認できた。

本研究では、周期帯域の考慮を行っておらず、ばらつきが大きかったと考えられる。今回は東北地方太平洋地震に特化した解析を行っているため、他の海溝型地震についても検討を行う必要がある。

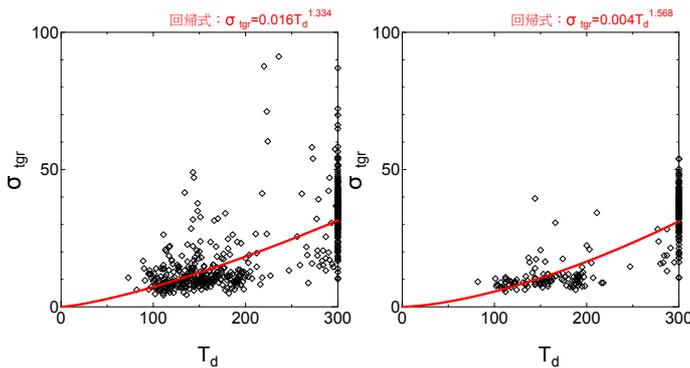


図 1 σ_{gr} と T_d の関係 (右:水平動, 左:上下動)

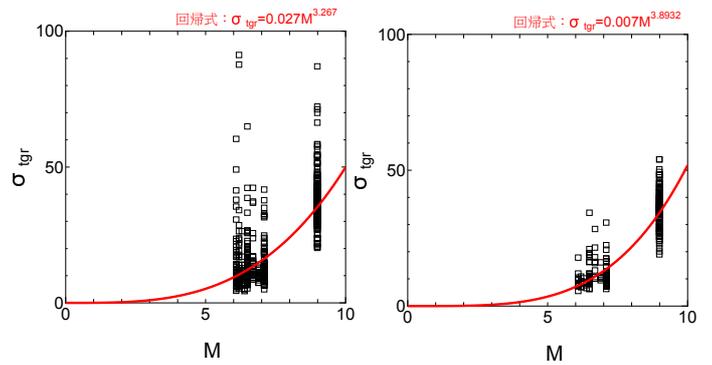


図 2 σ_{gr} と M の関係 (右:水平動, 左:上下動)

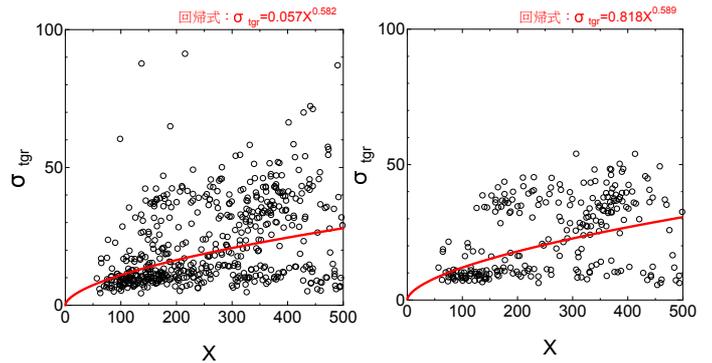


図 3 σ_{gr} と X の関係 (右:水平動, 左:上下動)

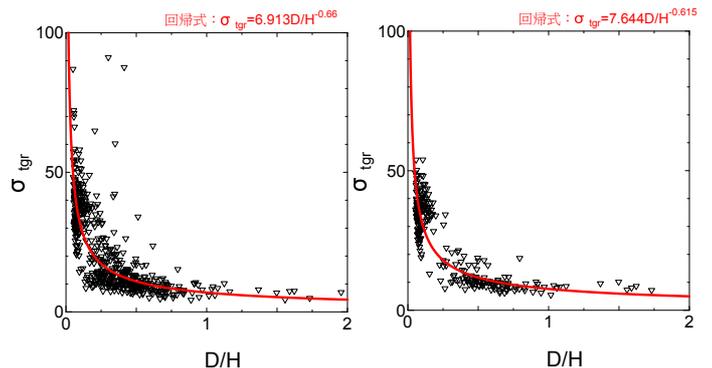


図 4 σ_{gr} と D/H の関係 (右:水平動, 左:上下動)

謝辞

本研究で用いた観測記録は防災科学技術研究所より公表されている強震動観測網 (K-NET) の観測記録を使用しました。記して感謝いたします。また、解析全般にわたり、三神厚氏 (徳島大学大学院) の協力を頂きました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 佐藤忠信, 室野剛隆, 西村照: 観測波に基づく地震動の位相スペクトルのモデル化 土木学会論文集, No.640/I-50, pp.119-130, 2000.
- 2) 沢田勉, 永江正広, 平尾潔: 位相差分による地震動継続時間の定義とその統計解析 土木学会論文報告集, No.368/I-5, pp.373-382, 1986
- 3) 石井秀, 渡辺孝英: 地震動の位相特性と地震のマグニチュード・震源距離・深さの関係 日本建築学会学術講演会梗概集, pp.385-386, 1987.