

I-B 235 地震動の位相スペクトルにおける伝播経路特性とサイト特性

京都大学 正会員 澤田純男  
 京都大学 正会員 盛川 仁  
 京都大学 フェロー 土岐憲三  
 京都大学 学生員 横山圭樹

1. はじめに 従来、地震動の伝播経路特性およびサイト特性に関する研究は、主に振幅についてのみ行われてきた。そこで本研究では、地震波の位相特性を表す群遅延時間<sup>1)</sup>を用い、観測された地震記録から伝播経路特性およびサイト特性をインバージョン解析によって分離することを試みる。

2. 解析手法 本研究では、図1に示すように位相スペクトル $\Phi(\omega)$ の角周波数軸上の傾きである群遅延時間 $t_g(\omega)$ ( $=d\phi(\omega)/d\omega$ )を平滑化することにより得られる群遅延時間の平均および分散を、平均群遅延時間スペクトル $\mu_{t_g}(\omega)$ 、分散群遅延時間スペクトル $\sigma_{t_g}^2(\omega)$ と定義する。 $\sigma_{t_g}^2(\omega)$ は近似的に継続時間を、 $\mu_{t_g}(\omega)$ はその波群の重心位置を表している。微分は線形演算であり、また誤差伝播の法則から、これらのスペクトルは線形演算性を持つ。すなわち地震動特性が震源(S)、伝播経路特性(P)およびサイト特性(L)の重畳で表されるとすると、これらのスペクトルではS,P,Lの加算で表される。

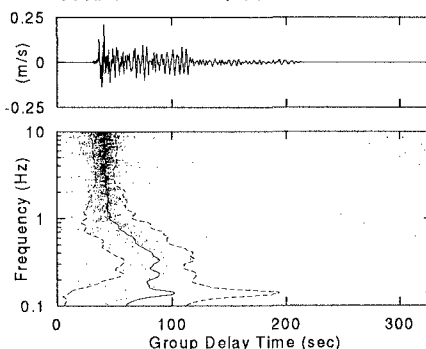


図1 群遅延時間の平均と分散

ここで、 $j$ 個の地震が $j$ 個の観測点で全て観測されたとする。小地震の震源における $\sigma_{t_g}^{2(S)}(\omega)$ は零と考え、観測された地震波の $\sigma_{t_g}^{2(O)}(\omega)$ が、距離の二乗に比例する伝播経路特性を表す項とサイト特性を表す項の線形結合で表現できる仮定し、観測点で観測される地震の分散群遅延時間スペクトルを、

$$\sigma_{t_g}^{2(O)}(\omega) = \delta(\omega) R_{ij}^2 + \sigma_{t_g}^{2(L)}(\omega)$$

とモデル化する。ここに、 $\delta(\omega)$ は伝播経路特性を表す分散群遅延時間スペクトルの傾き、 $\sigma_{t_g}^{2(L)}(\omega)$ は観測点のサイト特性を表す分散群遅延時間スペクトル、 $R_{ij}^2$ は地震の $j$ 観測点に対する震源距離の二乗を表している。地震と観測点の組み合わせにより $i \times j$ 個の式ができ、これらを連立させて各周波数毎に $j$ 個のサイト特性を表す分散群遅延時間スペクトル $\sigma_{t_g}^{2(L)}(\omega)$ と1個の伝播経路特性を表す分散群遅延時間スペクトルの傾き $\delta$ の値を、特異値分解法により $\sigma_{t_g}^{2(L)} > 0, \delta > 0$ の拘束条件の下で解く<sup>2)</sup>。

3. 解析結果 解析に用いた記録は、1994年10月16日和歌山県北西部地震(M=4.5)、1994年10月24日京都大阪地震(M=4.3)および兵庫県南部地震の3つの余震(M=4.5, M=4.5, M=4.9)に対する関西地震観測研究協議会の3観測点(阿倍野, 神戸大学, 千早)における観測記録である。分離された $\delta(\omega)$ を図2(a)、各観測点のサイト特性を表す分散群遅延時間スペクトル $\sigma_{t_g}^{2(L)}(\omega)$ を図3(a)~5(a)に示す。また、同一のデータを用いた振幅のインバージョン解析<sup>2)</sup>により分離されたQ値とサイト増幅特性を表すスペクトルを図2(b)~5(b)に示す。

伝播経路特性について図2(a)(b)を比較すると、どちらも長周期ほど大きく短周期に向かって減少している。1/Q値が示す減衰は散乱減衰が卓越していると考えられ、地震波の散乱が多ければ減衰は大きくなり1/Qの値が大きくなる。一方、散乱が多ければ継続時間が長くなり、分散群遅延時間スペクトル $\sigma_{t_g}^2(\omega)$ も大きくなると考えられる。次に $\sigma_{t_g}^2(\omega)$ のサイト特性では図3(a)~5(a)からわかるように、堆積平野上の阿倍野では長周期ほど大きく短周期に向かって減少しているが、岩盤観測点の神戸大学および千早で

は長周期で非常に小さな値になる。振幅特性を示した(b)図と比べると、各観測点とも位相と振幅が良く似た特性を持つことがわかる。すなわち、振幅が大きく増幅される周波数域では地盤内で重複反射が起こっており、そのために継続時間が長くなり $\sigma_{\text{gr}}^2(\omega)$ が大きくなると考えることができる。

**4. おわりに**  
 今後の課題として、ノイズ対策法を開発してさらに広い周波数範囲で解析を行うこと、振幅と群遅延時間の関係について理論的な検討を行うこと等があげられる。

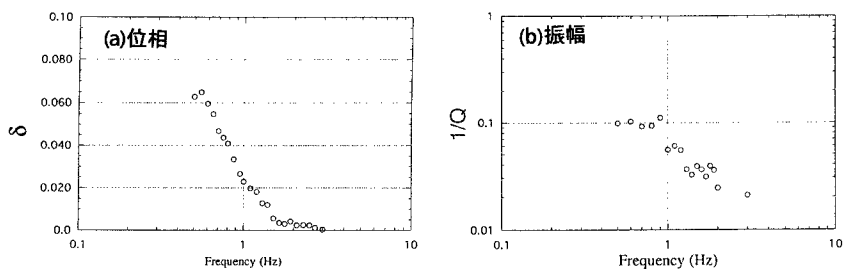


図2 伝播経路特性

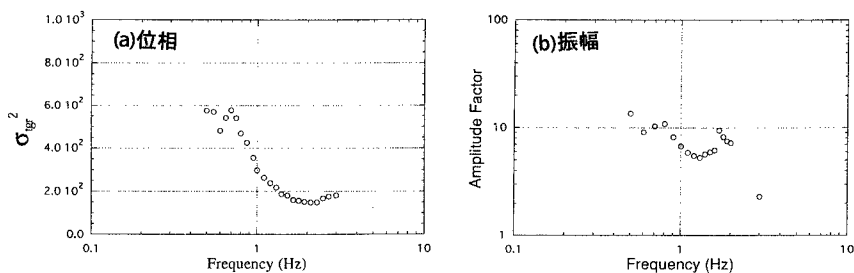


図3 阿倍野におけるサイト特性

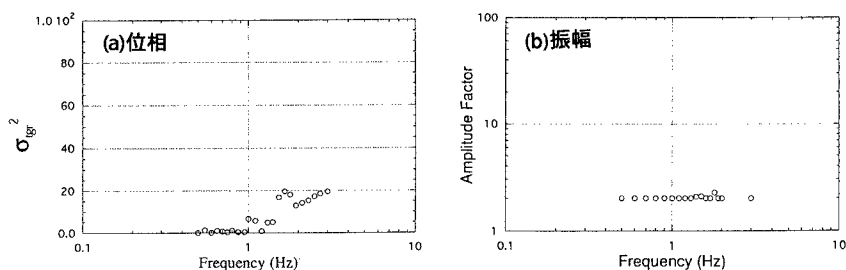


図4 神戸大学におけるサイト特性

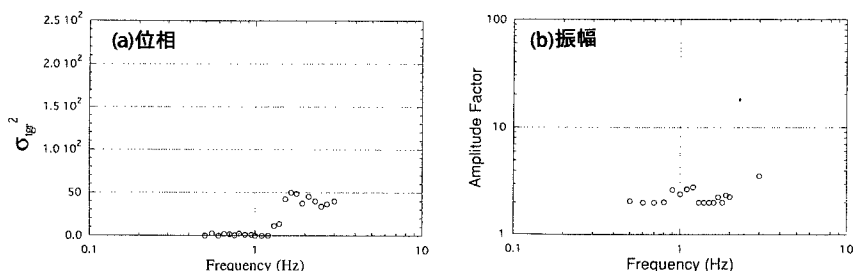


図5 千早におけるサイト特性

参考文献 1)和泉・勝倉：日本建築学会論文報告集，第327号，pp.20-27，昭和58年。  
 2)岩田・入倉：観測された地震波から震源特性・伝播経路特性および観測点近傍の地盤特性を分離する試み，地震第2輯，第39巻，pp.579-593，1986。