

第1部門

地震動の位相成分によ伝播経路特性と地点特性の同定

京都大学工学部 正員 土岐 憲三 京都大学工学部 正員 澤田 純男
京都大学工学部 正員 盛川 仁 京都大学大学院 学生員○横山 圭樹

1. はじめに

従来、震源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¹⁾を用いることにより、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の傾きである群遅延時間 $t_{gr}(\omega)$ 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 $t_{gr}(\omega)$ 、分散群遅延時間スペクトル $\sigma_{tgr}^2(\omega)$ と定義する。 i 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 $\sigma_{tgr}^{2(s)}(\omega)$ は零と考え、観測された地震波の $\sigma_{tgr}^2(\omega)$ が、その線形演算性より、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。本研究では、伝播経路における分散群遅延時間が距離の二乗に比例すると仮定し、 j 番目の観測点で観測される i 番目の地震の分散群遅延時間スペクトル $\sigma_{tgr}^{2(ij)}(\omega)$ を、

$$\sigma_{tgr}^{2(ij)}(\omega) = \delta(\omega)R_{ij}^2 + \sigma_{tgr}^{2(j)}(\omega)$$

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、 $\sigma_{tgr}^{2(j)}(\omega)$ は j 番目の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 i 番目の地震の j 番目の観測点に対する震源距離の二乗を表している。このモデルは、伝播経路特性を表す分散群遅延時間スペクトルの傾き $\delta(\omega)$ の値が伝播経路のパスに依存しないという仮定のもとに成立する。地震と観測点の組み合わせにより $i \times j$ 個の式ができる。これらの連立方程式から各周波数毎に j 個のサイト特性を表す分散群遅延時間スペクトル $\sigma_{tgr}^{2(j)}(\omega)$ 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 $\delta(\omega)$ の値を決定することになる。上式は一般に方程式の数が未知数より多い条件多過であり解は求められない。そこで、このインバージョン問題を特異値分解法により解く。この時、拘束条件としては $\sigma_{tgr}^{2(j)}(\omega) \geq 0$ とする。

3. 解析結果

解析を行う前に $\delta(\omega)$ のパス依存性を調べるため、近畿地方におけるいくつかの地震観測点において、各観測点毎に回帰分析(図2に解析例を示す)を行った。その結果から、解析区間を限定することでインバージョン解析による伝播経路特性とサイト特性の分離が可能であると考えられる。解析に用いたデータは、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)を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)で観測した記録である。

分離された $\delta(\omega)$ を図3、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を図4の(a)から(c)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(拘束条件は、サイト増幅特性を表すスペクトル ≥ 2)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5、図6に示す。

4. 考察 図3と図5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。Q値が示す減衰の大部分は散乱による減衰と考える。したがって、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 $t_{gr}(\omega)$ は大きくばらつき、分散群遅延時間スペクトル $\sigma_{tgr}^2(\omega)$ も大きくなると考えられる。伝播経路特性を表すQ値と分散群遅延時間スペクトルの傾き $\delta(\omega)$ に

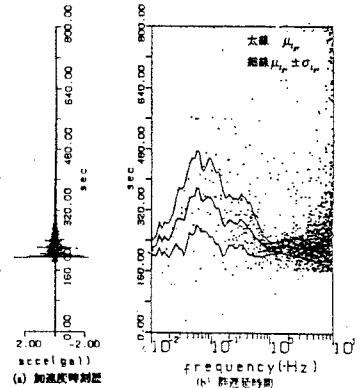


図1 1994年8月28日鳥取県西部地震の神戸海洋気象台における記録

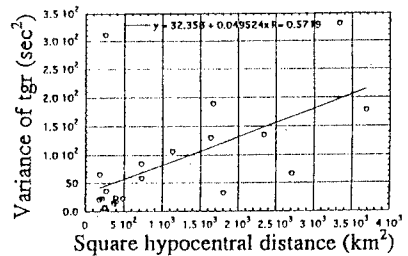


図2 神戸大学における回帰直線

何らかの相関があるのではないかと考えられる。次に、図4と図6を比較すると、阿倍野では、ほぼ同一の周波数特性を示す。神戸大学および千早の岩盤観測点では、どちらも長周期で非常に小さな値になる。これは、表層地盤が存在しないか極端に薄いために地震波の長周期成分がほとんど増幅されない結果、長周期領域では地震動の継続時間が短くなり、必然的に $I_{gr}(\omega)$ のばらつきも小さくなるためと考えられる。よって、サイト特性を表す分散群遅延時間は、振幅のサイト増幅特性と何らかの相関があることが推察される。以上のことから、インバージョン解析により分離された伝播経路特性を表す分散群遅延時間スペクトルの傾き $\delta(\omega)$ およびサイト特性を表す分散群遅延時間スペクトルが、それぞれ伝播経路特性およびサイト特性を近似的に表していると期待される。

5. おわりに 今後の課題として、さらに多くのデータを用いて信頼性の高い解析結果を得ることや、ノイズに対する対策を考察することにより、さらに広い周波数領域で解析を行うこと、振幅と群遅延時間の相関性について理論的な検討を行うこと等があげられる。

参考文献 1) 和泉・勝倉：日本建築学会論文報告集、第327号、昭和58年、p p.20-27

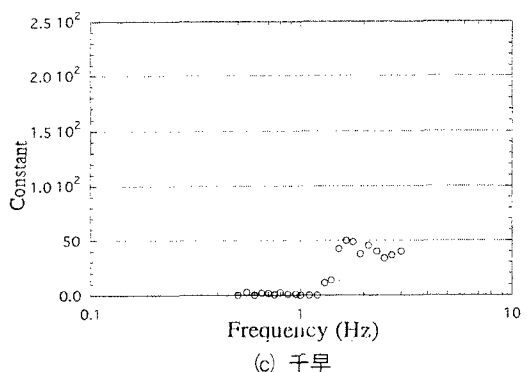
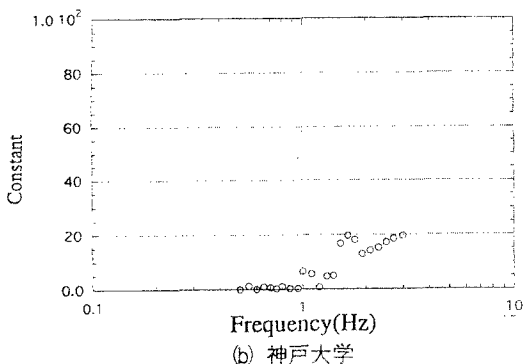
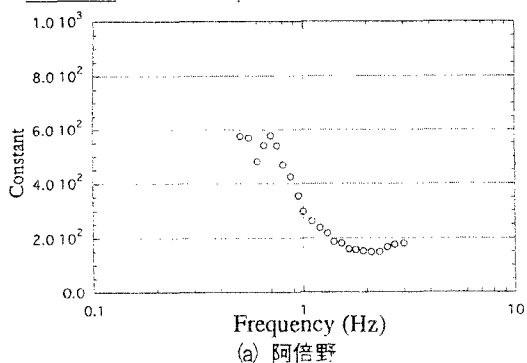


図4 インバージョン解析により分離されたサイト特性を表す分散群遅延時間スペクトル

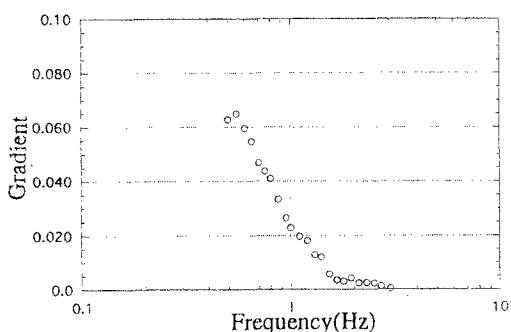


図3 インバージョン解析により分離された伝播経路特性を表す分散群遅延時間スペクトルの傾き

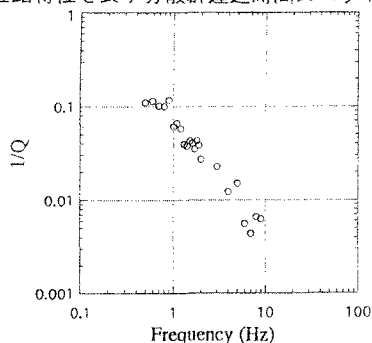


図5 インバージョン解析により分離されたQ値

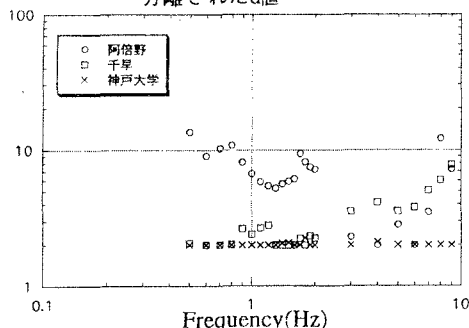


図6 インバージョン解析により分離されたサイト増幅特性を表すスペクトル