

強震観測に基づく震源、伝播、増幅特性の分離に関する研究

○福井大学大学院 学生員 松島 祐介 福井大学工学部 正会員 小嶋 啓介
東京工業大学 正会員 山中 浩明 東京大学地震研究所 坂上 実

1. まえがき

地震被害予測の精度向上には、起震断層の特性と推定地域のS波速度、Q値、層厚、密度などの地盤構造の適確な評価が不可欠である。本研究では、福井平野に展開した観測点で観測された強震データに基づき、震源スペクトルを ω^{-2} モデルにより、地盤増幅率を重複反射法により表し、観測点直下のS波速度、Q値ならびに伝播Q値を求めた。推定された地盤構造は、基盤・表層間の観測増幅率に基づくS波構造の同定結果と、伝播Q値については、二重スペクトル法など異なる手法による結果と比較し、その信頼性を確認した。

2. 観測地点と強震観測地震データ

本研究では、福井平野の14箇所に展開した強震観測点ならびに科学技術庁防災科学技術研究所のK-NET、KIK-NETの観測記録を用いて、福井平野周辺の強震データセットとした。図-1は、今回使用した地震の震央と、K-NET、KIK-NET強震観測地点の一部を示している。同図の030605などの表記は、2003年6月5日の地震を示している。同図の楕円で示した領域は、鮮新世～第四紀火山岩類の分布域を示している。福井県・石川県境界付近の中新世火山岩類の分布域では、白山の火山性微動が観測されている。

3. 震源・地盤増幅率・伝播減衰特性評価法

岩田・入倉は、地震 i 、観測点 j の表層の観測スペクトル O_{ij} が式(1)に示すように、震源スペクトル S_i 、伝播減衰特性 T_{ij} 、地盤増幅率 G_j の積で表されると仮定し、対数をとって線形化し、露頭岩盤の G_j を2として、震源スペクトル、地盤増幅率ならびに伝播減衰特性の分離を行なっている。図-2では、2地震、3観測点で観測された場合の式(1)で示されている各項の概念図を示している。本研究では、震源スペクトルと伝播Q値を、式(2)、(3)のようにモデル化し、地盤増幅率は、重複反射法によって求められると仮定する。さらに、観測項と被推定項の誤差を式(4)のように表し、これを最小化する ω^{-2} モデルのパラメータ S_0 、 f_c と、伝播減衰の Q_0 と n 、各観測点直下のS波速度構造と堆積層のQ値を、GAによって探索する。

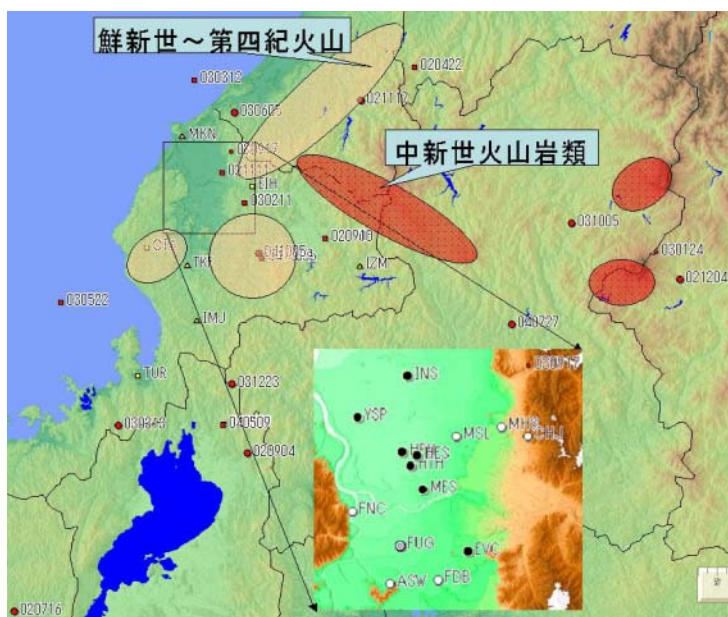


図-1 強震観測点と火山帯

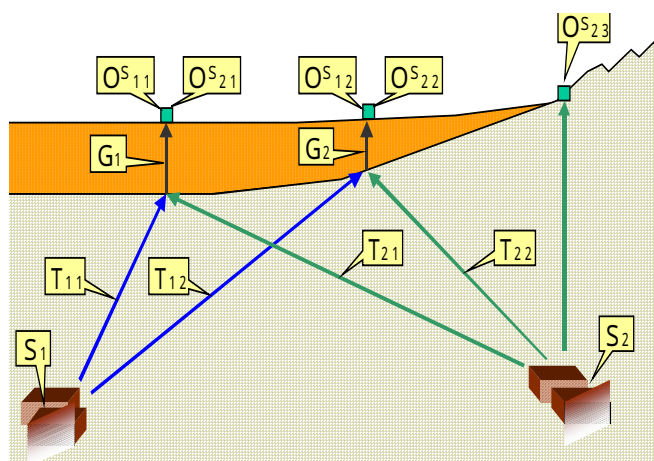


図-2 震源・伝播・地盤増幅特性の概念図

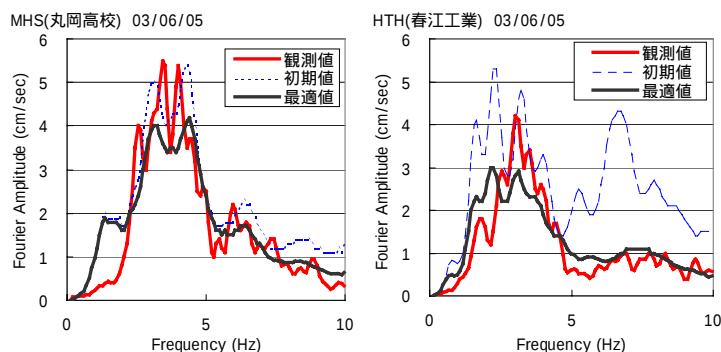


図-3 観測スペクトルと初期・最適化スペクトルの比較

キーワード：強震観測、S波速度構造、伝播減衰特性、逆解析
〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学工学部 0776-27-8592

$$O_{ij} = S_i \cdot Q_{ij} \cdot G_j = S_i \cdot R_{ij}^{-1} \exp(-\pi f R_{ij} / Q_s V_s) \cdot G_j \quad (1)$$

$$S_i = S_0 / (1 + f / f_c)^2 \quad (2)$$

$$Q_s = Q_0 f^n \quad (3)$$

$$\frac{1}{f} = \sum \{ (\ln O_{ij} + \ln R_{ij}) - (\ln S_i - \ln(e) \pi f R_{ij} / Q_s V_s + \ln G_j) \} \quad (4)$$

地盤増幅率及び伝播Q値を求める方法として、次の2種類の方法を比較対象とした。二重スペクトル比法：二地点で観測された二組の観測スペクトルの二重スペクトル比を取ることで、震源スペクトルと地盤特性が除去でき、伝播経路の影響だけを孤立させることができ平均的な伝播Q値を求めることができる。基準

点分解法：式(1)を露頭岩盤の観測スペクトルで基準化することにより、震源スペクトル項が除去され、地盤増幅率 G_j と伝播Q値を未知とする連立方程式が求められ、周波数ごとに地盤増幅率と伝播Q値を求めることができる。

4. 解析結果

図-3は、2003年6月5日の地震の観測点MHSとHTHの観測スペクトルと理論スペクトルの比較を示している。震源スペクトル、伝播減衰及びS波速度構造の最適化を行うことにより、観測スペクトルの再現精度が向上していることが分かる。図-4は、3つの手法で解析した伝播Q値を示している。推定値のばらつきは小さく、いずれの結果も周波数依存性を示していることが確認できる。図-5は、観測点MHS、HTH、FUGにおけるVsとQ値の推定結果である。

同図には、基盤と地表面の記録と重複反射法に基づいて、推定された地盤構造も示している。Q値にややばらつきが認められるが、いずれの地点でも両推定法によって求められたS波速度とQ値構造は良好に対応していることが確認できる。図-6は地震データセットを、火山帯の通過、非通過で分離したそれぞれの組合せから推定された伝播Q値特性を示している。図には、北浦らが福井および石川県のKnetデータから求めた Q_s 値も併せて示している。1Hz以下では、北浦らの福井県のデータを用いた場合がやや小さいこと、火山帯を通過する場合には、 Q_s 値がやや小さく推定されていることが認められる。

5. あとがき 本研究の方法により、観測地震動を精度よく再現でき、他の手法とも矛盾のないS波速度およびQ値が推定できることを確認した。今後、強震観測データを増強し、観測点と地震の多様な組合せによる検討を行う予定である。

参考文献：岩田・入倉(1986)観測された地震波から震源特性・伝播経路特性及び観測点近傍の地盤特性を分離する試み，地震第39巻，pp.579-893．西川・北浦(2003)2000年石川県西方沖地震の強震動特性に関する考察，土木学会論文No.731/，pp.257-266．

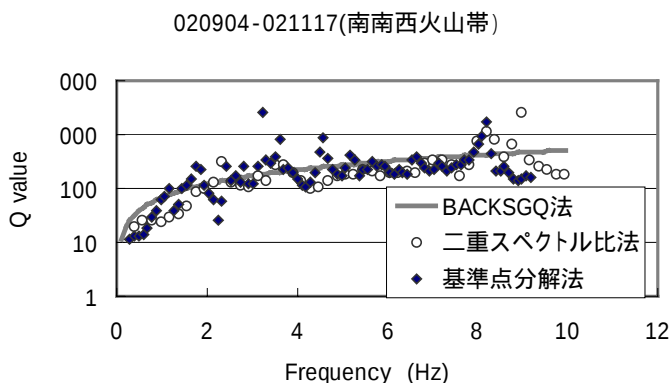


図-4 3手法による伝播Q値の比較

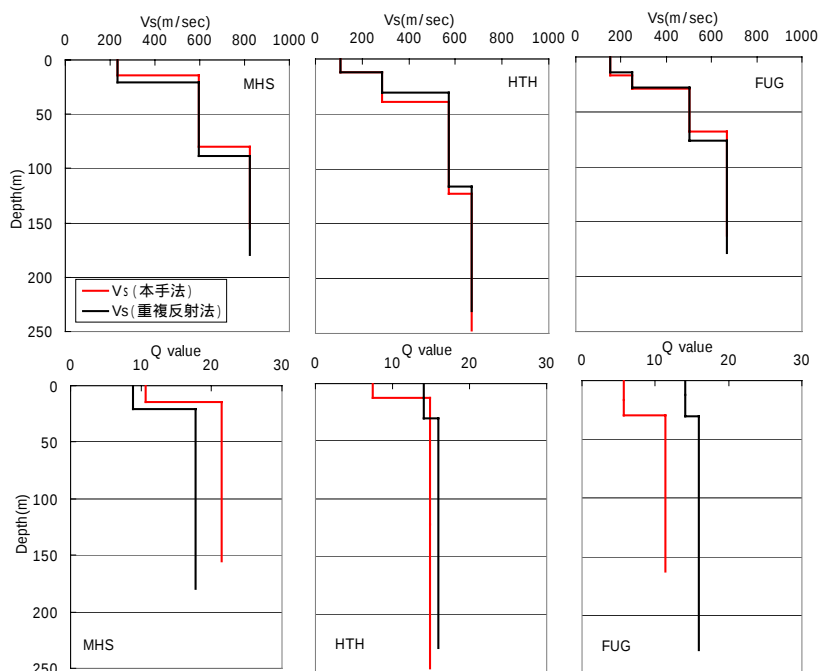


図-5 MHS, HTH, FUG 地点のS波速度・Q値の推定結果の比較

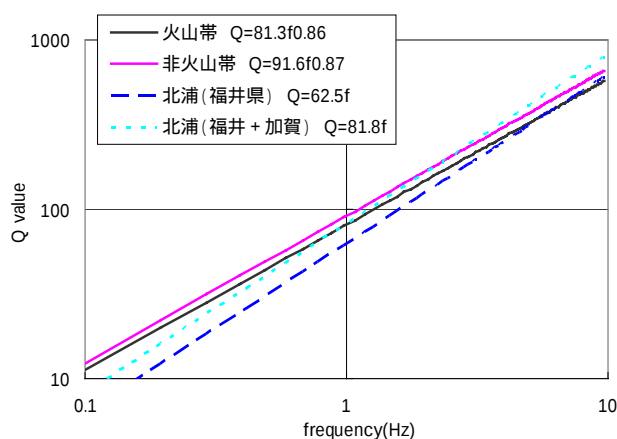


図-6 推定された伝播Q値の比較