

様式 7

平成24年度共同利用実施報告書(研究実績報告書)

1. 共同利用種目（該当種目にチェック）

- 特定共同研究(A) 特定共同研究(B) 特定共同研究(C) 一般共同研究
地震・火山噴火予知研究 研究集会 国際・学際共同研究 (D)
国際・学際研究集会 (E) 施設・実験装置・観測機器等の利用 データ・資料等の利用

2. 課題番号または共同利用コード 2012-G-01

3. プロジェクト名、研究課題、集会名、または利用施設・装置・機器・データ等の名称

和文：能登半島地震震源域における地下構造の時間変化に関する研究

英文：_____

4. 研究代表者所属・氏名 千葉大学大学院 理学研究科 津村紀子

(地震研究所担当教員名) 加藤愛太郎

5. 利用者・参加者の詳細（研究代表者を含む。必要に応じ行を追加すること）

氏名	所属・職名	利用・参加内容または施設、装置、機器、データ	利用・参加期間	日数	旅費支給
津村紀子	千葉大学大学院理学研究科・助教	DAT レコーダ・レナーツ地震計 7 セット	2012/5/7-2012/10/25	171	無

6. 研究内容（コンマ区切りで 3 つ以上のキーワードおよび 400 字程度の成果概要を記入）

キーワード：能登半島地震、地震波減衰構造、Q 値

2007 年に発生した能登半島地震では、非常に稠密な臨時地震観測網により余震観測が行われた。そしてその観測データを利用した解析で、震源深部に流体が関与すると思われる不均質構造が存在することがわかった。本研究でも震源断層付近の状態を推定するため、地震波スペクトル比を用いた Q_p/Q_s 推定法を開発し、地下の物性を推定することを試みた。また、2007 年当時から地下の状態の時間変化を調べるため、2012 年 5 月 9 日～10 月 20 日まで 2007 年の地震発生直後に行われた臨時地震観測点のうち 10 点と同じ位置で地震観測を実施した。

開発された Q_p/Q_s 値の推定法を 2007 年次のデータに適用したところ、能登半島西岸部では断層近傍を通る波線では相対的に Q_p/Q_s 値が大きくなるか 1 以下となる傾向があるのに対し、震源断層の外側を通る破線では Q_p/Q_s 値は中間的な値を取ることがわかった。

同様の方法を 2012 年の観測で得られたデータにも適用し 2007 年の観測で得られた地震とほぼ同じ位置で発生した地震データとの比較を行う予定である。

7. 研究実績報告（公表された成果のリスト^{*1}または 2000～3000 字の報告書）

(*1論文タイトル、雑誌・学会・セミナー等の名称、謝辞への記載の有無、ポイント数、電子ファイル添付のこと)

能登半島地震震源域における地震波減衰構造, 2012年地震学会秋季大会, 謝辞への記載なし, 2ポイ
ント

能登半島地震震源域における地下構造の時間変化に関する研究

1. はじめに

2007年3月、能登半島西岸でM6.7の能登半島地震が発生した。津村ほか（2010）は全国の大学および研究機関により立ち上げられた稠密臨時余震観測網[Sakai et al.,(2008)]の地震波形データのP波初動スペクトルからこの地域の地震波減衰構造を求めた。その結果、能登半島西岸の下で震源断層に沿って地震波のQ値が低下する領域があることが明らかになった。

地震波の減衰を引き起こす原因是クラック、水やマグマなどの流体の存在、温度の影響などが挙げられるが、地殻内での地震波減衰に関しては、流体やクラックの影響が支配的であると考えられている[e.g. Winkler and Murphy(1995)]。特に流体に関する減衰では、流体の存在形態によって、P波とS波で減衰の度合いに差があるため、P波に関する減衰とS波に関する減衰を求ることによって、地下の状態に関する新しい知見が得られる可能性がある。

そこで本研究では、P波およびS波の波形スペクトルから $\frac{Q_p}{Q_s}$ を推定する方法を開

発し、同地域のS波の減衰を求ることを試みた。また、地震から5年が経過した同地域で、2007年の稠密地震観測を行ったのと同じ地点に地震観測点を設置し、約5ヶ月半の臨時観測を行った。このデータと2007年時に取った地震データを比較することにより、地下構造の時間変化が抽出できるかを検討する。

2. 方法

P波とS波の波形スペクトルは

$$u_p(f) = S_j(f) \frac{R_{\theta_{qp}}}{r} e^{-\pi f \frac{t_p}{Q_p}} R_i(f) \quad (1)$$

$$u_s(f) = S_j(f) \frac{R_{\theta_{qs}}}{r} e^{-\pi f \frac{t_s}{Q_s}} R_i(f) \quad (2)$$

と与えられる。ここで $S_j(f)$ は震源スペクトル、 $R_{\theta_{qp}}, R_{\theta_{qs}}$ はP波およびS波の放射

特性、 r は震源距離、 t_p, t_s はP波およびS波の走時、 Q_p, Q_s はP波およびS波のQ値、 $R_i(f)$ は観測点近傍の影響を表す。

上式の比を取ると

$$\frac{u_s(f)}{u_p(f)} = \frac{R_{\theta_{qs}}}{R_{\theta_{qp}}} e^{-\pi f (\frac{t_s}{Q_s} - \frac{t_p}{Q_p})} \quad (3)$$

となり、さらにその両辺の対数をとれば

$$\log \frac{u_s(f)}{u_p(f)} = \log \frac{R_{\theta_{qs}}}{R_{\theta_{qp}}} - \pi f (\frac{t_s}{Q_s} - \frac{t_p}{Q_p}) \quad (3)$$

と線形化できる。ここで、 Q_p が既知の場合、上式を変形し

$$\log \frac{u_s(f)}{u_p(f)} = \log \frac{R_{\theta_{qs}}}{R_{\theta_{qp}}} - \pi f \frac{t_p}{Q_p} (\frac{Q_p}{Q_s} \frac{t_s}{t_p} - 1) \quad (4)$$

から $\frac{Q_p}{Q_s}$ を求めることが可能である。

3. データ

図 1 に解析に用いた地震の観測点を示す。これらの観測点は地下構造の時間変化を求めるため、2012年に実施した臨時観測で地震観測点をおいた地点と共通である。

まず、2007年の観測で得られた各観測点の S 波初動から 1 秒間の波形を切り出し、FFT で S 波スペクトルを計算する。次に同じ観測点で得られた同じ地震の P 波初動から 1 秒間の波形の P 波スペクトルと比を取り、周波数に対する傾きを求める。またすでに求められている P 波減衰構造を使ってその地震の観測点までの波線上の平均の

Q_p 値を求める。それらの値と波線を伝わるときの走時を(4)式に代入し、波線上で

の平均の $\frac{Q_p}{Q_s}$ 値を求めた。

4. 結果と考察

観測点 EN07 で得られた P 波、S 波の波形スペクトルとスペクトル比の例を図 2 に示した。スペクトル比は周波数の増加に伴って減少する様子がわかる。この傾きを使って波線に沿って平均された $\frac{Q_p}{Q_s}$ 値を求めた。 $\frac{Q_p}{Q_s}$ 値が相対的に大きい波線は

能登半島西岸付近に集中する傾向が見られた。図 3 は $\frac{Q_p}{Q_s}$ の求められた波線を、P 波減衰構造に重ねて描いたものである。 $\frac{Q_p}{Q_s}$ が 2.25 以上となった波線を白、 $\frac{Q_p}{Q_s}$ が

1 以下となった波線を灰色, $\frac{Q_p}{Q_s}$ が 1~2.25 となった波線を黒で示す. 能登半島西

岸のA,B断面で見ると白の波線はP波の減衰の大きかった領域付近を通っているの
に対し, 黒色の波線は相対的に減衰の小さかった地域を通っている傾向が見られる.

この結果は本震で破壊された震源断層付近に存在する破碎領域に, 水などの流体
がほぼ完全に入り込み, S波を特に減衰させていることを示唆するのかもしれない.

同様の方法を 2012 年の観測で得られたデータにも適用し 2007 年の観測で得られた地震
とほぼ同じ位置で発生した地震データとの比較を行う予定である.

参考文献

Sakai, S., A. Kato, T., Iidaka, T., Iwasaki, E. Kurashimo, T. Igarashi, N., Hirata, and T. Kanazawa and the group for the joint aftershock observation of the 2007 Noto Hanto earthquake, 2008. Highly- resolved distribution of aftershocks of the 2007 Noto Hanto Earthquake by a dense seismic observation, *Earth Planets Space*, 60, 83-88.

津村 紀子, 吉住 武倫, 小林 里紗, 2007 年能登半島地震合同余震観測グループ,
2010, 能登半島地震震源域の 3 次元地震波減衰構造, 地球惑星科学連合合同学会予稿集,
SSS-P01

Winkler, K.,W., and Murphy III, W., F., 1995. Acoustic velocity and attenuation in
porous rocks, "Rock physics and phase relations" in A handbook of Physical constants,
AGU reference shelf 3, 20-34.



図1 臨時地震観測点分布（2012年5月9日～10月20日）

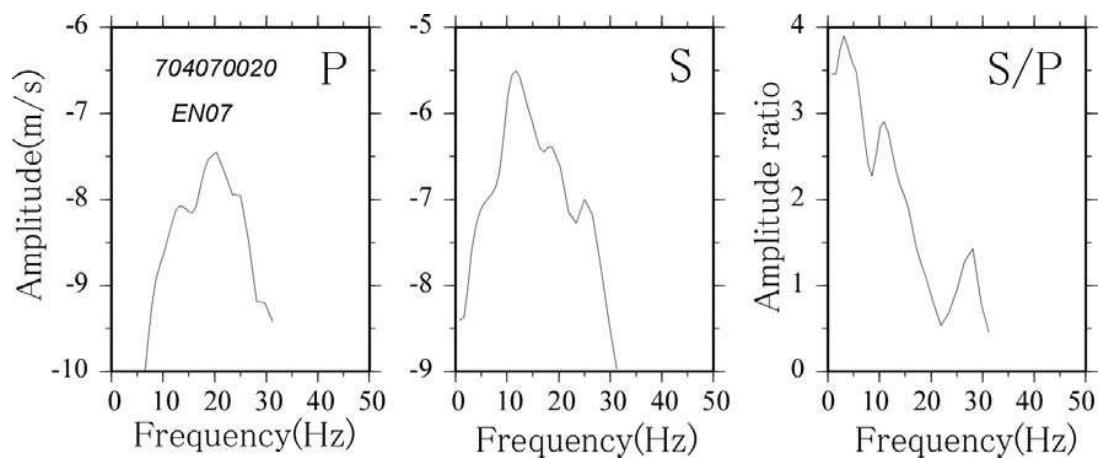


図2 観測点 EN07 で観測された 2007 年 4 月 7 日 0 : 20 の地震の P 波および S 波の波形スペクトルとそのスペクトル比.

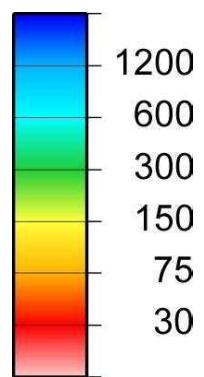
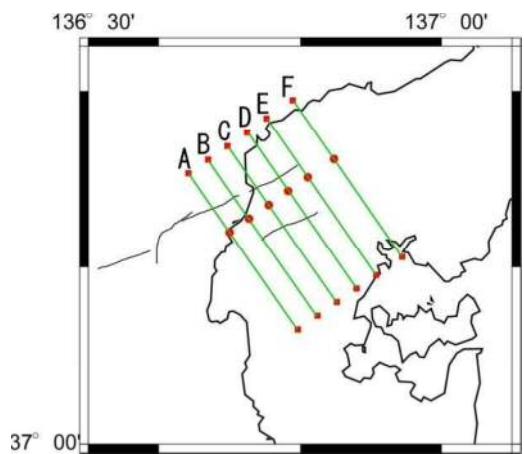
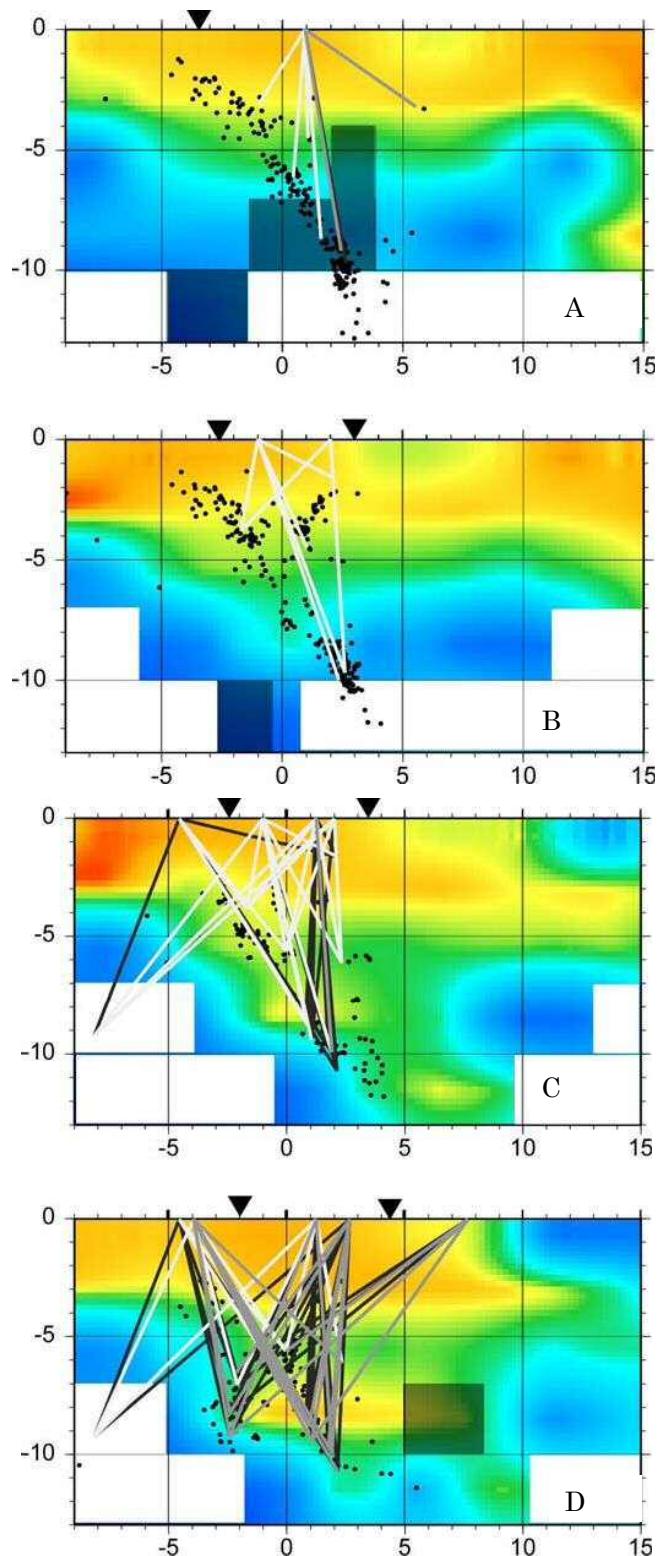


図3 各断面(A-D)に投影したP波のQ構造と Q_p/Q_s を求めた波線。(白: $Q_p/Q_s > 2.25$;
灰色: $Q_p/Q_s < 1.$; 黒: $2.25 > Q_p/Q_s > 1.$)