

( 1 ) 実施機関名：

京都大学防災研究所

( 2 ) 研究課題(または観測項目)名：

地震波干渉法による構造変化の検出手法の開発

( 3 ) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

( 3 ) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

( 3-1 ) 地震発生先行過程

ア．観測データによる先行現象の評価

( 4 ) その他関連する建議の項目：

( 5 ) 本課題の 5 か年の到達目標：

本計画では、地震波干渉法を応用して、地震波形連続記録の雑微動部分の自己相関関数 (ACF) の監視による地殻構造の時間変化の検出手法を確立し、大地震前後の地殻構造変化の有無の検出や、もしもそのような現象が存在する場合にはその原因を明らかにすることを目的とした研究を行う。

これまでの先行研究により、2 点間の雑微動の CCF はそれらの観測点間での擬似反射記録と解釈されることが示されており、これの応用で 1 点の雑微動の ACF は当該観測点直下の擬似反射記録であると解釈されることから 1 観測点の雑微動の ACF からその観測点下の構造が推定できるとされている。

そのため、本計画では、(1)ACF が地下構造のどのような情報を持っているかの検証と、(2)ACF に地震の前後で変化が認められる場合にはその原因を探る、ことの 2 点を目標とする。

(1)のためには、まず、すでに予備的な解析により、ACF の形状が時間的に安定していることが判明している微小地震定常観測点や、その中でも地震前後で ACF の形状が変化することが検出されている微小地震定常観測点を数点選び、周囲に高密度の臨時高感度地震観測アレイを設置して観測を行う。このデータを用い、雑微動部分の観測点間 CCF や各点の ACF を求めて比較考察することにより、ACF の持つ情報の評価を試みる。これにより、単独観測点の ACF により地殻構造を求める手法の有効性の評価を行う。その結果を援用して、( 2 ) のテーマである、ACF が安定している点や地震に伴いそれが変化する観測点での地震波速度構造の推定法の検討とその評価、更には構造の時間変動要因の特定等を試みる。後者に関しては、構造の時間変化は応力・ひずみ状態の変化に起因することが先行研究により示唆されていることから、応力・ひずみ等にかかわる別種の観測量から得られる指標との比較検討も併せて行う。

( 6 ) 本課題の 5 か年計画の概要：

7-1. 平成 21 年度：

・ ACF 形状が安定している定常微小地震観測点の抽出

京都大学や他機関で運用している微小地震観測網のデータを解析して ACF の形状が時間的に安定している観測点を抽出する。予備的な成果により、数点の観測点についてはそのような傾向が見られることが判明しているが、さらに、例を増やす。

・ 過去のデータの再生と解析

いくつかの観測点を選び、過去 10 年程度に遡るデータの再生と解析を開始する。特に、ある程度以上の大きさの地震が発生した地域、時期を選んで解析を行う。なお、京大防災研に保管されているデータだけでは不十分な場合には、他機関に保管されているデータも借用して解析に資する。

- ・既存観測点近傍におけるアレイ地震観測とその解析

予備的な解析で ACF 形状が安定していることが判明している観測点の近傍に、地震計 4 台程度からなるアレイ観測網を設置し、半年程度のデータを取得する。得られたデータは順次解析し、観測点ごとの ACF のほか、観測点間の CCF など求め、解析結果の定量的な評価を進める。

#### 7-2. 平成 22 年度～平成 24 年度：

- ・過去のデータの再生と解析

平成 21 年度までの解析に基づき選択した観測点の、過去 10 年程度またはそれ以上に遡るデータの再生と解析を継続する。

- ・既存観測点近傍におけるアレイ地震観測とその解析

平成 21 年度までの予備的な解析で ACF 形状が安定していることが判明している観測点を毎年 1 または 2 点選び、数か月程度のアレイ観測と得られたデータの解析を進める。

#### 7-3. 平成 25 年度

- ・過去のデータの解析の総括

それまでに解析したデータについて、地震発生前後の地殻構造変化の検出の有無、特に先行して発生する現象の有無などの総括を行う。

### ( 7 ) 平成 24 年度成果の概要：

雑微動の自己相関関数 (ACF) や相互相関関数 (CCF) を使用して地震波速度構造の時間変化の定量的な推定を行う際に必要となるデータ処理手法についての考察を、2007 年能登半島沖地震震源近傍のデータを用いて行った。2007 年能登半島沖地震の震源域における、本震発生に伴う地震波速度構造変化については、すでに Ohmi et al. (2008, Earth Planets Space) に報告があるが、この報告は定性的な解析にとどまっている。この地震による地下構造変化を定量的に見積もるために、データの処理手法、とくに、雑微動データの前処理手法の詳細な検討を行った。

雑微動データの前処理手法としては、Bensen et al. (2007) に代表される、波形データに one-bit 化またはその応用手法を施したのち周波数領域でスペクトルのホワイトニングを行うもの、ならびに、Wegler et al. (2009) に代表される、波形データにある閾値を設定し、その閾値以上の振幅を持つ部分にはゼロ・フィルすることにより、地震等の deterministic な信号の影響を取り除くという手法がある。ここでは、one-bit 化または類似手法の有無、スペクトルホワイトニングの有無、のそれぞれの影響を調べた。その結果、one-bit 化的手法 (pure な one-bit 化や Bensen et al., 2007 の Running absolute mean normalization など) の有無による差異に比較して、スペクトルホワイトニングの有無が結果へもたらす影響の方が大きいことが分かった。本来抽出されるべき、波形の時間変化に相当する部分が、スペクトルのホワイトニングによりマスクされる影響が無視できないことによると思われる。そのため、今回はスペクトルホワイトニング手法は使用しないこととした。

さらに、市街地近郊の観測点の利用時に限らず、雑微動データのスペクトルには特定の周波数のラインスペクトルが見られることがあり、これが特に ACF の推定精度を低下させる。スペクトルホワイトニングを施す場合には、ラインスペクトルの影響も軽減できるが、それを適用しない場合には対策を別途検討する必要がある。そのため、今回の解析では、Wegler et al. (2009) 等のゼロ・フィル手法にスペクトル中のラインスペクトルを軽減する手法を組み合わせたものを使用して解析を行った。

また、観測点間基線の Green's Function は、これまで CCF を用いて評価してきたが、今回は、CCF よりも安定した結果が得られると言われている、Deconvolution 法により求めた。

これらの手法による解析結果によれば、震央から 20km～40km 程度のまでの観測点の ACF は、最大 1.5% 程度の速度低下を示し、それは深さとともに小さくなる傾向を示す。これに対し、震源直上の観測点では、浅部で 3.5% 程度、深部では更に大きな値を示す。観測点間の基線については、震源域を

サンプルする基線には最大 1.8%程度 の速度低下が見られた。これらの結果を考察すると以下のようになる。震源域から離れた観測点については、ACF による速度低下は浅部の方が大きいことから、これらは強震動によりもたらされた可能性が高い。これに対し、震源断層直上では、深部の速度低下がより大きいことが示唆される結果となり、流体の注入等、強震動以外の原因による深部の速度低下もたらされた可能性がある。また、観測点間 GF による速度変化は、考察している基線の平均的な速度変化であると考えられることから、震源域をサンプルする基線の CCF で見られる速度変化が ACF のそれより小さいことは、大きな速度低下を起こした領域が、震源域近傍に極在していることを示唆している。また、ACF の時間変化からは、この震源域近傍の速度低下は、本震発生直後にもたらされたことが推測される。

- ( 8 ) 平成 24 年度の成果に関連の深いもので、平成 24 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：  
Ohmi, S., 2012, Seismic Wave Velocity Decrease near the Fault Zone of the 2007 Noto Peninsula Earthquake, Japan, Detected by Using Ambient Noise, Abstract S42A-01 presented at 2012 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 3-7 Dec.
- ( 9 ) 平成 25 年度実施計画の概要：  
これまでの解析で得られた結果を、論文として公表することを目標とする。
- ( 10 ) 実施機関の参加者氏名または部署等名：  
大見士朗、加藤護、平原和朗、3 人  
他機関との共同研究の有無：無
- ( 11 ) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先  
部署等名：京都大学防災研究所地震防災研究部門  
電話：0774-38-4236  
e-mail：ohmi@eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp  
URL：
- ( 12 ) この研究課題(または観測項目)の連絡担当者  
氏名：大見士朗  
所属：京都大学防災研究所地震防災研究部門