

地震波干渉法によって検出された2007年大分県中部の群発地震に伴う地震波速度変化

前田拓人¹・行竹洋平²・小原一成¹

(¹防災科学技術研究所 ²神奈川県温泉地学研究所)

1. はじめに

常時微動の自己相関関数(ACF)の時間変化 (Passive Image Interferometry) は、地殻構造の時間変化をモニタリングする非常に有用なツールとなりうることを示されつつある。今回われわれは、最大規模が M5 という従来と比べて小さな規模の群発的な地震活動に伴う地震波速度変化の検出に成功したので、その結果について報告する。

2. 大分県中部の群発地震活動

2007年6月6日21時ごろより約6日間にわたり、大分県中部地域において地震活動が活発になった (図1)。震源は別府湾から大分平野-湯布院断層帯の北限付近、深さは約10kmで、最大規模の地震のマグニチュードは5.0であった。地震波の波形相関により精密に推定した相対走時を用いた震源決定の結果、経過時間とともに東北東から西南西方向に震源が移動していることが明らかになった。さらに、この震源の移動方向の浅部延長にあたる領域、深さ約2kmの領域で、10月30日に再び小規模な地震活動が観測された。

3. 自己相関解析

地震活動領域のほぼ直上にある気象庁のOITA2観測点の上下動成分地震波形について、1日毎の常時微動のACFを計算し、時間変化を調べた。まず、1日の連続波形を1時間ごとに分割し、その中から分散が一定値を超えるようなスパイクを取り除き、さらにLTA/STA法によって地震にともなう波形を除去した上でACFを計算した。これを24時間分足し合わせることで、1日の平均ACFを評価した。このACFを時間とともに並べ、ACFの形状変化の様子を観察した。今回利用した観測点では、人間活動の変化に伴い、平日と休日でACFの波形の特徴に顕著な差が見られたため、平日のデータのみを比較に利用した。

4. 速度低下の推定

ACFの形状は、ラグ時間が短い場合は日付間の差異が少なく、定常的にみえる。だが、群発地震が発生した6月中旬から、1-3Hz帯のACFにおいて顕著な位相遅れが見られた (図2)。位相の遅れ量は経過時間が増すほど大きくなる。これは、ACFが震源と観測点と同じ場所にある場合の1次後方散乱波を表現しているとの前提の下で、媒質の速度低下が起こった際に期待される現象である。位相遅れは群発地震活動が収束した後も4ヶ月間継続し、時間発展とともに徐々にもとの位相位置に戻っていく様子が観察された。さらに、10月30日の2度目の地震活動に伴って、再度位相遅れが観察された。

そこで、一様に速度が低下したモデルと、観測点から一定距離より遠くのみで速度が低下したモデルの2つを考え、それぞれで速度変化量を推定した。まず、顕著な速度変化が起こる前3ヶ月分のACFのアンサンブル平均もとめ、リファレンスACFとした。それぞれのモデルで期待されるACFの時間遅れ分を、リファレンスACFから補正し、1日毎のACFとの相互相関を取ることで、最も良くACFを説明できる速度遅れをグリッドサーチにより推定した (図3)。仮定した2つのモデルのいずれでも、6月の群発地震活動直後に約1%の速度低下が起こり、それが約4ヶ月かけて回復していく様子が確認された。さらに、2度目の活動直後にも同程度の速度低下が起こっている。また、リファレンスACFと一日ごとのACFの相関係数から、観測点近傍に速度ゆらぎのないモデルの方が観測事実を良く説明できることがわかった。

5. 議論

本研究では、非常に長期にわたる地震波の速度回復の様子が検出された。ACF の時間変化のほかの要因としては、雨量の季節変化に伴う変化が報告されている。しかし、今回検出された位相の緩やかな回復は、6-7月の梅雨だけでは説明できない。また、2度にわたる群発地震活動の両方に伴って位相変化が検出されたことは、この変化が群発地震活動に由来した速度変化であることを強く示唆している。

今回の群発地震活動の最大マグニチュードが高々5であることを考慮すると、強震動による非線形効果が現れたとは考えにくく、群発地震活動の振動によって遊離した地殻内流体が S 波速度を減少させた可能性がある。4ヶ月にわたるゆるやかな地震波速度の回復は、地殻内流体の拡散過程を見ているのかもしれない。

謝辞

本研究には気象庁より提供された地震波形データを使わせていただきました。記して謝意を表します。

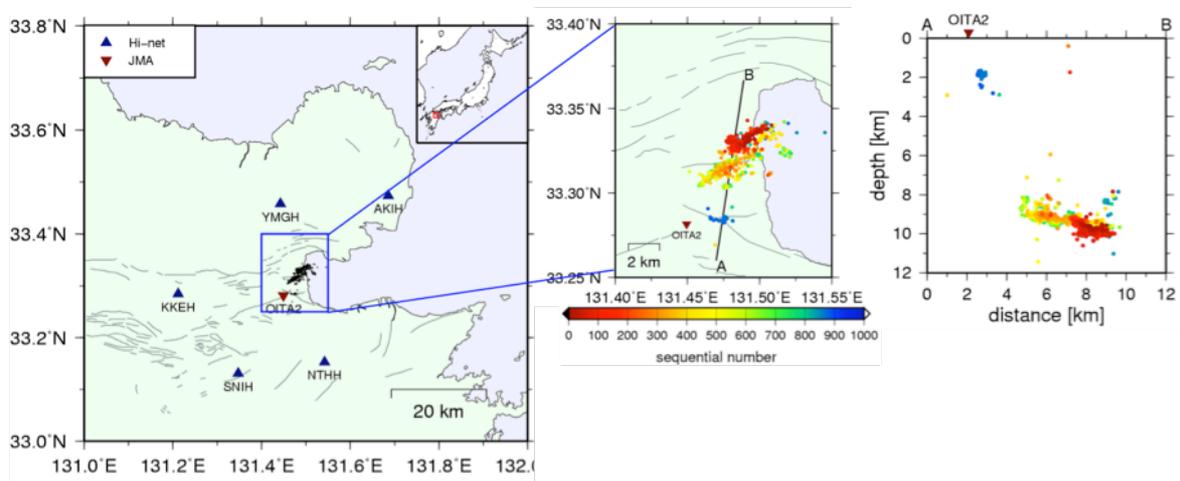


図 1. (左上) 波形相関を用いて再決定した 2007 年 5 月-11 月の大分県中部における群発地震活動の震央分布. 色は地震発生の順序を表す. 周辺 Hi-net 観測点 (青) および気象庁観測点 (赤) をそれぞれ三角形で示す. (右上) 図 1(b)A-B 断面の震源深さ分布. 気象庁 OITA2 観測点の断面投影位置を合わせて示す.

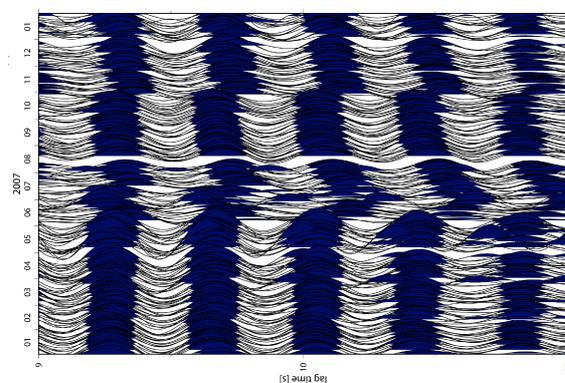


図 2. 推定された ACF の日別変化. ラグタイム 9 秒から 11 秒の区間を拡大して表示した. 一本のトレースが一日の ACF に対応する.

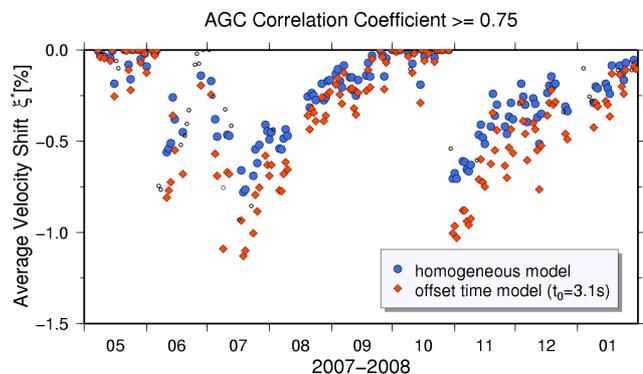


図 3. 速度ゆらぎの推定値. 青が全空間が一様に速度変化した場合のモデルを, 赤がオフセット時間 3.1 秒分だけ観測点より遠方の領域だけ速度変化を起こした場合のモデルでの推定値を示す.