

地震計アレイ観測による 2005 年福岡県西方沖地震の震源域 周辺における散乱体分布の推定

中元真美・松本 聡（九大地震火山センター）

1. はじめに

内陸地震の発生過程を理解するためには震源断層周辺の不均質構造を明らかにすることは重要である. 2005 年 3 月 20 日に福岡県の玄界灘で発生した地震（2005 年福岡県西方沖地震・ $M_j=7.0$ ）では余震の観測やそれに伴う解析から震源域周辺が均質な構造ではないことが示唆されている. また, 地震が発生したのは警固断層帯と呼ばれる断層帯の北西セグメントであり, 断層帯の南東部はまだ破壊が起こっていない福岡市中心部を通る警固断層が存在し, 今後の地震発生が懸念されている. 本研究では震源断層及び警固断層周辺の短波長不均質構造を明らかにするために地震計アレイ観測を実施したのでその結果を報告する.

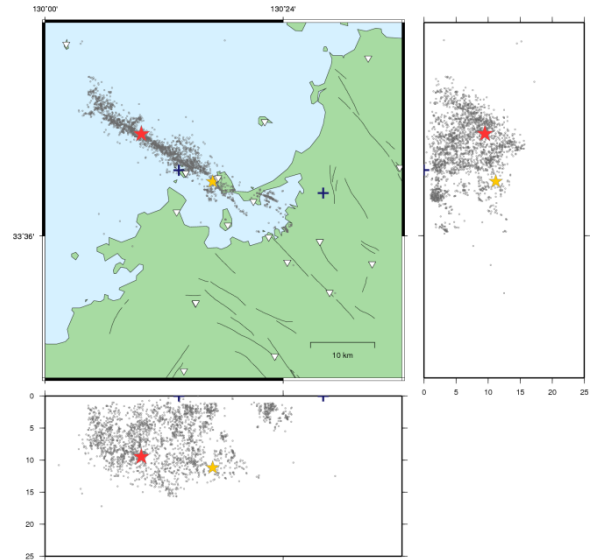
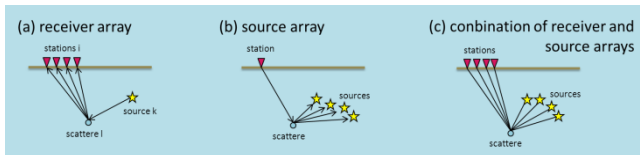


図 1: 2005 年 3 月 20 日～5 月 31 日までの余震分布. ☆は 2005 年 3 月 20 日の本震 (赤) と 2005 年 4 月 20 日の最大余震 (黄) を示す. ▽は震源決定に用いた周辺の地震観測点. + は 2 つのアレイ観測点である.

2. データ

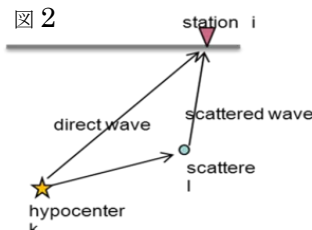
2 つの期間に渡り高密度地震観測を行った. 期間 1 では玄界島の北西沿岸部に 15 点の地震観測点（玄界島アレイ）を展開した. 各観測点の間隔は約 30m とし全て 3 成分の地震計を設置し, データは 250Hz サンプリングで連続して収録した. 期間 2 では福岡市長谷ダムに 67 点の地震観測点（三日月湖アレイ）を展開した. 各観測点の間隔は約 25m とし期間 1 と同様に 3 成分の地震計を用いて観測を行った. 玄界島アレイは三日月湖アレイに比べると地震活動が活発な時期だったためより多くのイベントを収録できたが, 設置環境があまり良くなかったためノイズの多いデータであった. 収録したイベントのうち $M \geq 1.5$ のイベントの S 波コーダ部分を解析に使用した.

3. 手法

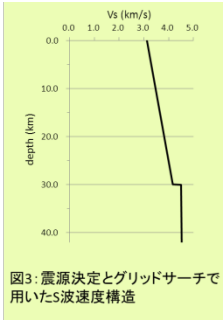


アレイを用いた解析には 3 つの解析方法が考えられる (左図). 本研究では通常よく行われる観測点アレイを用いた解析を震源アレイと観測点アレイを組み合わせる手法を採用した.

図 2



散乱体位置の推定にはグリッドサーチを用いた. 図 2 のように地震 k , 観測点 i に対して散乱体 l を考える. S-S 散乱を仮定すると $k \rightarrow l \rightarrow i$ と伝わる散乱波の走時が計算される. 今回の解析では, 図 3 の速度構造をもとに散乱波の走時を計算した. 仮定する散乱体の位置 l を緯度方向に



0.01°，経度方向に 0.01°，深さ方向に 0.5km 間隔で移動させ各点において走時を計算し，その時刻に対応する window（長さ 0.25sec）を切り出す．観測波形のウィンドウ内の各点のスタック振幅 stk を次のように求める．

$$stk_{w_j} = \sum_{i=1}^{nst} x_i(t_{ij}) \quad j=1,2,\dots,ndt \quad i=1,2,\dots,nst$$

$$stk_{pwr} = \sum_{j=1}^{ndt} (stk_{w_j} \times stk_{w_j})$$

$$stk = \sqrt{\frac{stk_{pwr}}{ndt \times nst}}$$

ここで $x_i(t)$ は観測点 i で記録された時刻 t の振幅値， ndt はウィンドウ内のデータ数， nst はスタックする観測点数である．またセンブランス係数を以下のように定義する．

$$smb = \frac{\sum_{j=1}^{ndt} \left\{ \sum_{i=1}^{nst} x_i(t_{ij}) \right\}^2}{nst \times \sum_{i=1}^{nst} \sum_{j=1}^{ndt} \{x_i(t_{ij})\}^2}$$

さらにスタック振幅とセンブランス係数を乗じて空間へと戻し散乱強度が相対的に強い位置を推定した．

4. 結果

玄界島アレイは 15 個のイベントから成る震源アレイと組み合わせて解析を行い，三日月湖アレイは 5 個のイベントについて解析を行った．

今回の解析では震源断層や余震分布との明確な対応を見いだすことはできなかった．しかしいくつかの特徴が見られた．1. 散乱体は本震の震源周辺よりも断層端周辺に分布する．2. 博多湾の浅部と 3. 震源断層の南東延長部に散乱体が推定された．

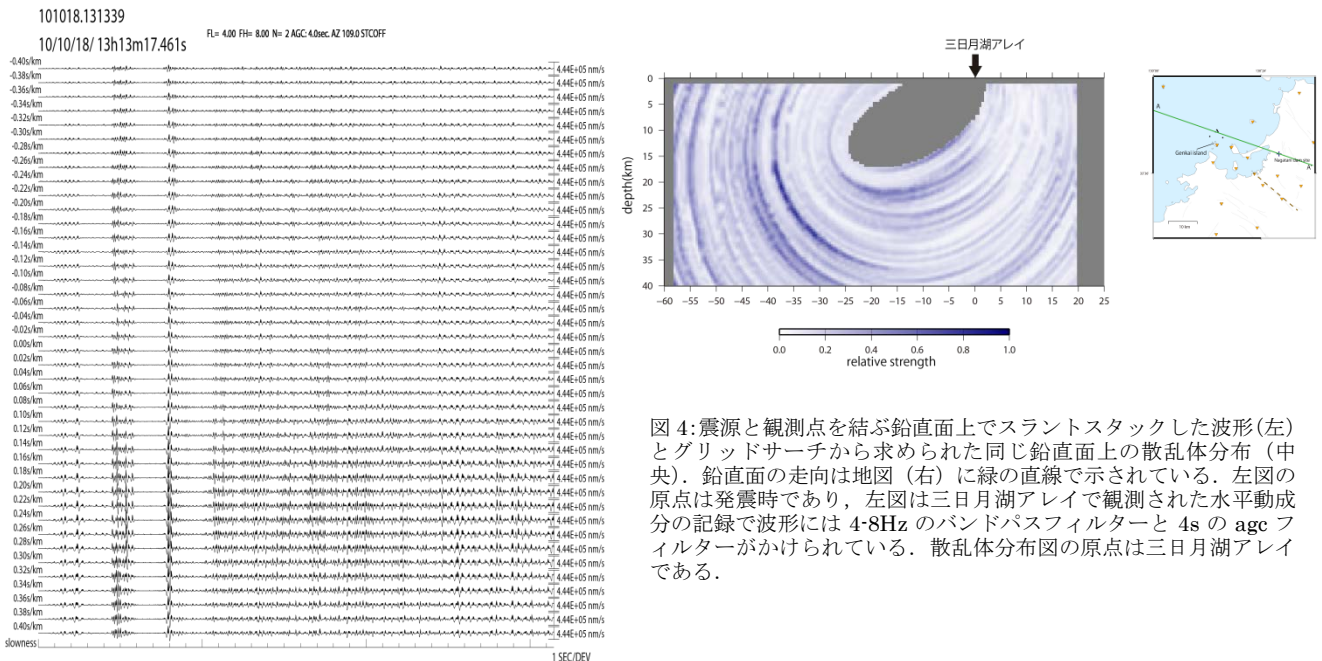


図 4: 震源と観測点を結ぶ鉛直面上でスラントスタックした波形(左)とグリッドサーチから求められた同じ鉛直面上の散乱体分布(中央)．鉛直面の走向は地図(右)に緑の直線で示されている．左図の原点は発震時であり，左図は三日月湖アレイで観測された水平動成分の記録で波形には 4-8Hz のバンドパスフィルターと 4s の agc フィルターがかけられている．散乱体分布図の原点は三日月湖アレイである．

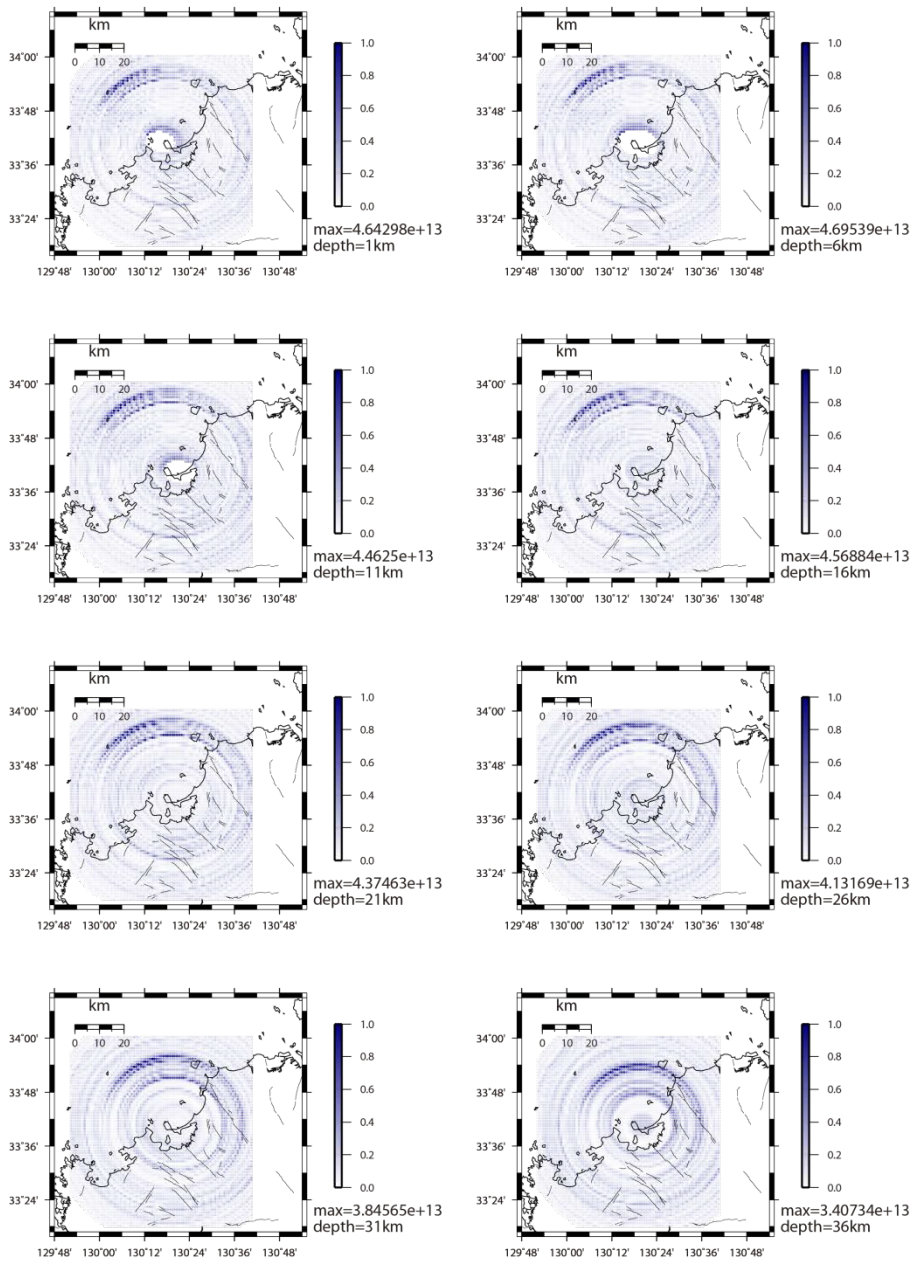


図5: グリッドサーチにより求められた深さ5kmごとの散乱体の水平分布図. 解析は玄界島アレイと震源アレイを組み合わせで行った. 各断面図内の相対強度を示している.