

中竜鉱山アレイ観測に基づく 不均質構造の推定

松本聡¹⁾, 松島健¹⁾, 平野憲雄²⁾, 池端慶¹⁾, 中元真美¹⁾, 山下裕亮¹⁾, 糸谷夏実¹⁾, 栢橋志郎¹⁾, 佐々木裕樹²⁾, 千葉慶太²⁾, 千蔵ひろみ¹⁾, 宮崎真大¹⁾, 野村和正³⁾, 李哲俊³⁾, 武田哲也⁴⁾, 浅野陽一⁴⁾, 小原一成⁵⁾, 飯尾能久²⁾

1) 九州大学地震火山センター, 2) 京都大学防災研究所, 3) 京都大学理学部, 4) 防災科学技術研究所, 5) 東大地震研

はじめに.

濃尾地震断層から約 20 km 離れた, 福井県大野市, 中竜鉱業所有の中竜鉱山坑道内において, 2009 年 9 月から 2 月まで地震計アレイ観測を行った. 地震計アレイ観測は坑口から約 200 m 下の坑道内で行った. センサーは 2 Hz 3 成分地震計を用い, 20-40 m 間隔で 80 点設置した. 本研究では得られた自然地震記録を用い, 広い周波数帯域における散乱特性を詳しく調べるとともにこの地域を中心とした散乱体分布の推定を試みる.

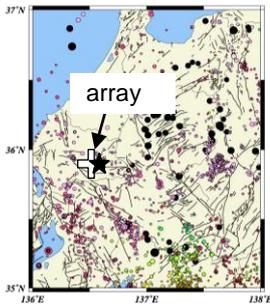


図 1 アレイお(+)+および震源位置(★) (左) とスラントスタック波形例. スラントスタックは AGC(4 秒)および 4-8Hz のバンドパスフィルター後, 震源方向に重合した. 図中の丸は防災科学技術研究所により決定された観測期間に発生した地震の震源.

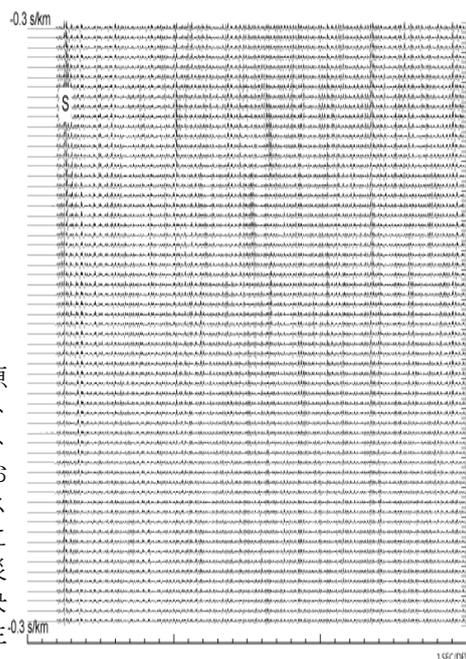


図 2. 各周波数帯における slant stack エンベロープ.

データ解析

アレイ観測はトリガー方式のイベント収録によって行った. サンプル間隔は時期により 1,2,4 msec と変えて収録した. データ長はこれらのサンプル間隔によって変わり, 16, 32, 64 秒である. S/N のよい波形については 100 Hz 以上の高周波でも十分な地震波振幅を得ることができた. 図 2 に震源距離が約 10 km の地震の記録についてスラントスタック後のエンベロープを示す. この図をみると, コーダ部分の減衰率はほとんど周波数によらず一定であるように見える. これは, coda-Q 値に大きく周波数の 1 乗に比例して Q 値が大きくなるのが分かる. 100 Hz 以上でもこのようなるまいを示すことは, 不均質構造のスペクトル強度が短波長側で小さくなるという従来用いられているモデルが波長にして 10-30 m 程度においても成り立っていることを示している.

不均質構造をイメージするために, 解析は Matsumoto et al. (2006) などと同様な slant stack を用いて行った. 震源は防災科学技術研究所によって決定されたものを用いた. 波形から空間への投影は, S-S 散乱を仮定し, 震源決定の際の構造を用いた. 図 1 に例として, アレイ近傍で発生した地震のスラントスタック波形例を示す. この波形例でみられるように, 直達 S 波の数秒後以降, いくつかの顕著な散乱波が見られる. 解析は 2-4, 4-8, 8-16, 16-32 Hz の周波数帯域において行った. アレイの波形相関は坑道という良い環境の寄与によってきわめてよく, アレイ口径が約 1.6 km 程度あるにもかかわらず, 低周波 3 帯域においては直達波のセンプランスが 0.8 以上であった.

散乱体分布

図 3 に結果の一部を示す. ここでは, 図 1 に示した地震の処理から求めた散乱強度の相対的に強い部分の鉛直断面を示している. これらは南北動記録を用い, 直達 S 波の後から 0.25 秒ごとにスローネスごとの 2 乗振幅とセンプラン

ス係数を求め、さらに4秒のAGCフィルターをかけ、これを空間に投影したものである。処理は2乗振幅とセンブランス係数を乗じることより、通常のスラントスタックよりもスローネスの分解能がよくなっている。低周波数域においてはアレイ分解能が低くなることから、散乱強度の強い領域が見かけ上広がって見えるが、顕著な散乱体がいくつもイメージされている。アレイ直下深さ約20km、30kmに強い散乱が見られる。また、下部地殻に多くの不均質が分布することを見ることができる。特に約30kmの散乱が強い部分はモホ面からの反射であると考えられる。この比較的深部の散乱体は低周波数帯で顕著であるが、すべての周波数でイメージされている。また、濃尾断層方向(図中の→の断面)では、断層近傍において散乱強度の高い部分が見て取れる。

謝辞

中竜鉱業(株)の皆さまには、本観測についてご理解を賜り、設置・保守・撤収において多大なお力添えをいただいた。記して感謝の意を表します。

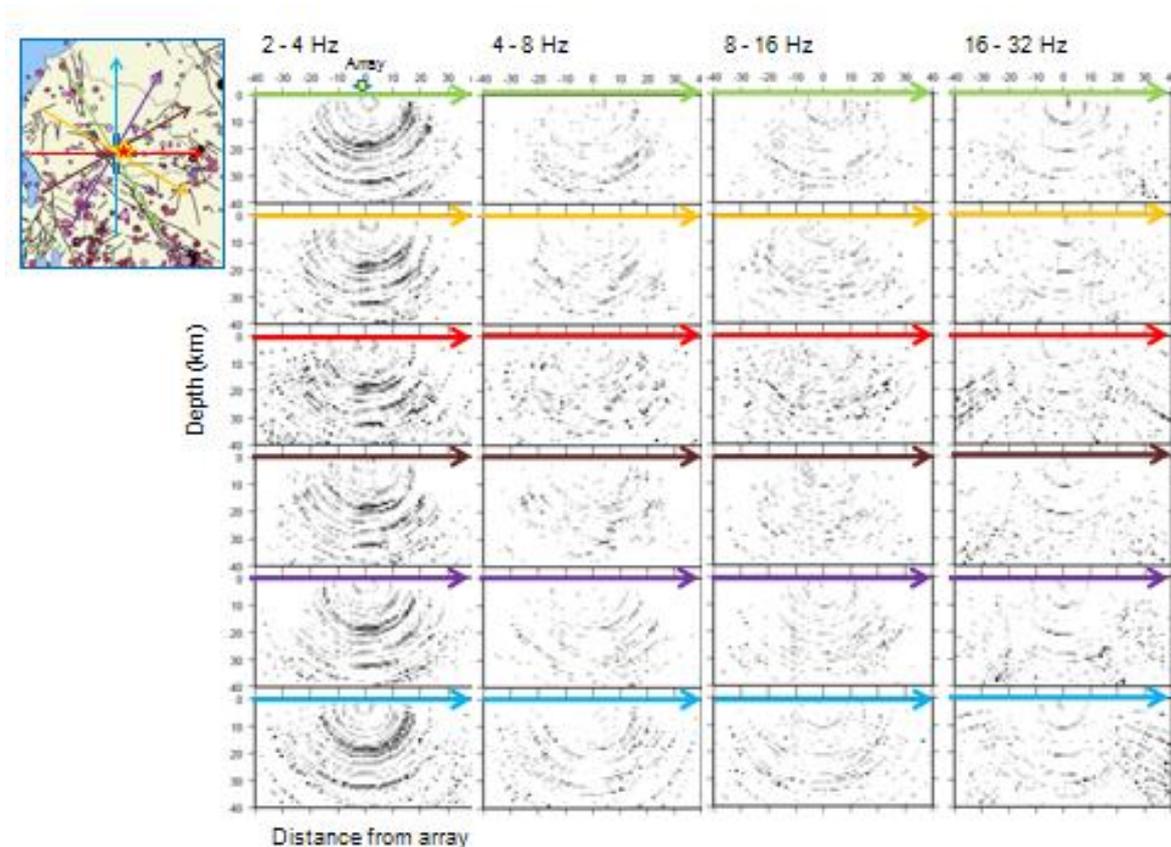


図3. 各周波数帯における相対散乱強度。各図の上部のカラー矢印は左上の地図上の断面を取った位置を示す。地図上で☆印は震源位置を示す。