

爆破地震動データのエンベロープ・インバージョンにより推定される バレス・カルデラ周辺の地殻の不均質構造

西村太志 (東北大学大学院理学研究科) nishi@zisin.geophys.tohoku.ac.jp

Michael Fehler (ロスアラモス国立研究所, 合衆国) fehler@seismo5.lanl.gov

1. はじめに

バレス・カルデラ火山は、アメリカ合衆国ニューメキシコ州の北東部に位置し、東にリオ・グランデ地溝帯を西に古い大陸塊のコロラドプラトーを望む。この火山は、環状の割れ目に沿って大量の火山灰を噴出し、火山中央部が陥没する特徴を持つ最大級のカルデラであり、バレス型 (バイアス型) カルデラの典型として広く知られている。過去 2 回 (1.6 Ma, 1.2 Ma) の主な火山活動により直径約 20km のカルデラが形成され、それに続く火口内部の溶岩ドーム形成などの隆起活動により現在の山体をほぼ形成している。顕著な火成活動は現在は認められない。この火山及びその周辺では、遠地実体波を利用した 3 次元速度構造探査が行われ、カルデラ直下約 12km と 35 km の深さにマグマ溜まりと考えられる低速領域が検知されている。また、屈折法探査からリオ・グランデ地溝帯のモホ面の深さが約 35 km と浅いのに対し、コロラド・プラトー側では 40 - 45 km と深くなっていることが示されている。本研究では、これら 3 つの領域の短波長の不均質構造を 1993 年に実施された爆破地震動データを理論エンベロープと比較することにより推定した。

2. データ

1993 年の実験では、カルデラを中心とした約 100km の測線に約 130 点の 3 成分速度型地震計が設置された (図 1)。測線の北西部の観測点はコロラドプラトー上に、南東部はリオグランデ地溝帯上に位置する。3 カ所 (Shot1, 2, 6) の爆破震源による地震波データは各観測点で 100Hz のサンプリングで S/N 比良く収録されている。波形例を図 2 に示す。コロラドプラトー上の Shot1 の記録には、モホ面付近からの散乱波と考えられる波群が認められるが、バレスカルデラ付近の Shot2 のデータ、地溝帯上の Shot6 のデータには明瞭には観測されていない。また、観測記録上に明瞭な S 波は検出されず、震源はほぼ P 波のみ放出したと考えられる。

これらのデータは、4-8, 8-16, 16-32Hz のバンドパスフィルターをかけた後、0.5s のウィンドウ毎に自乗平均、0.25s でリサンプリングした後、地表部の密度を掛け合わせ観測エンベロープとする。さらに、各観測点直下の影響を小さくするため、5 km 以内に位置する観測点の波形データを重合・平均し、3 節の解析に用いた。

3. 解析方法.

解析地域をコロラドプラトー、バレスカルデラ、リオグランデ地溝帯の 3 つの領域に分割し、さらに各領域直下を 5 - 10km の厚さの 8 つの水平成層に分割する (図 3)。初動到達時刻データから推定された速度構造をもとに、解析領域は速度構造に鉛直勾配をもたせる。等方一次散乱過程と一定の Q を仮定し、自由表面の効果・幾何減衰の効果を検討しな

がら、各領域各深さからの PP, PS 散乱波を数値的に重ね合わせて上下, Radial, Transverse 成分のグリーン関数を計算する (図 4 参照)。各領域各層の散乱係数 g_0 (計 24 個)、震源輻射エネルギーとサイト増幅係数を未知数にして、理論エンベロープと観測エンベロープを最小自乗法で適合させる。これを 100 から 10000 の Q に対して行い、最も残差の小さくなるものを最適解とする。

4. 結果

図 5 に 8-16Hz の場合の各領域の相対的な g_0 の深さ分布を示す。他の周波数帯の結果もほぼ同様である。主な特徴として以下の 3 つがあげられる。

- (1) 最大の g_0 はカルデラ直下の極浅部に認められる。
- (2) リオグランデ地溝帯とコロラドプラトーは両者とも、大局的には、透明な上部地殻と不均質性の強い下部地殻構造を示す。
- (3) リオグランデ地溝帯の散乱係数はコロラドプラトーより数倍程度大きく、下部地殻及びモホ面がやや浅い。

また、1000 以上の Q 値が観測データをよく説明した。求められたサイト増幅係数はカルデラ周辺部で大きい値をとり、遠地実体波からの解析結果と調和的である。図 6 には、最適解の観測エンベロープ (実線) と理論エンベロープ (破線) の比較例を示す。

5. 考察

値の大きい散乱係数は、一般に、構造の強い不均質性を意味する。従って、推定された g_0 は以下のような構造と関連すると考えられる。

- (1) の特徴は、過去 2 回のカルデラ形成やその後のドーム形成によると推察される。
- (2) の特徴は大陸地殻における反射探査等により指摘されている地殻構造と調和的である。
- (3) の特徴は、活発な火成活動 (高地殻熱流量, 弾性波低速度帯, 浅いモホ面) や地溝帯形成時の sediment 形成などにより、リオグランデ地溝帯の不均質性が大きくなっているためと考えられる。

6. まとめ

等方一次散乱モデルに基づき計算した理論エンベロープと観測エンベロープを適合させることにより、バレスカルデラ、リオグランデ地溝帯、コロラドプラトーの構造を相対的散乱係数を用いて表現し、鉛直方向・水平方向に変化する短波長不均質構造を示した。

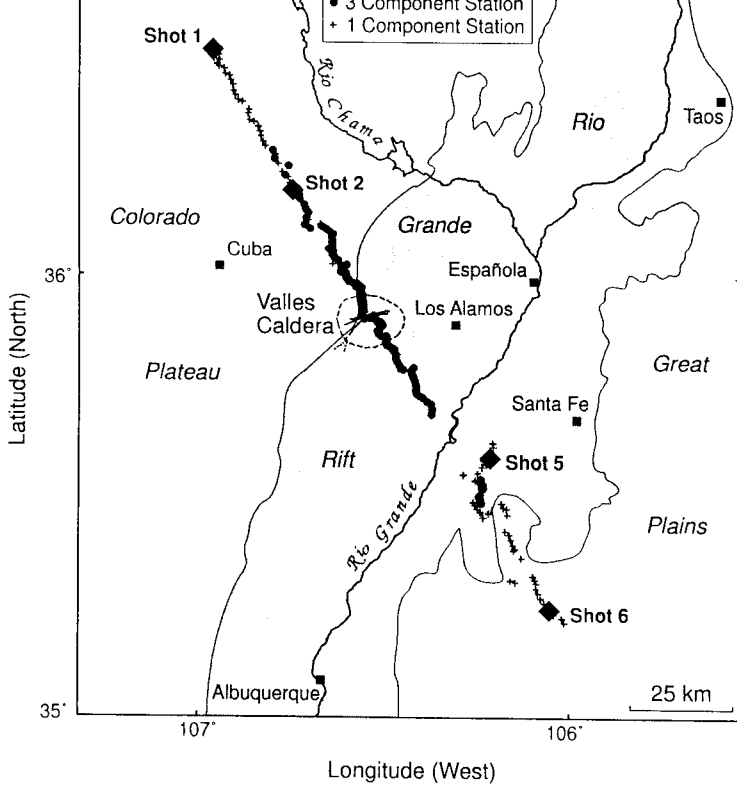


図2. 爆破地震動記録例。
震央距離順に適当に間引いた波形を示す。

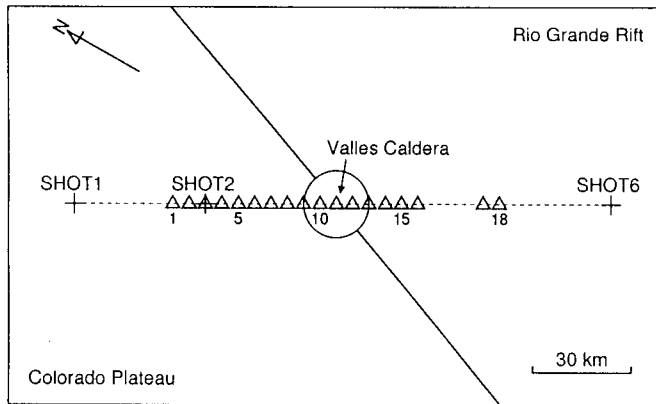
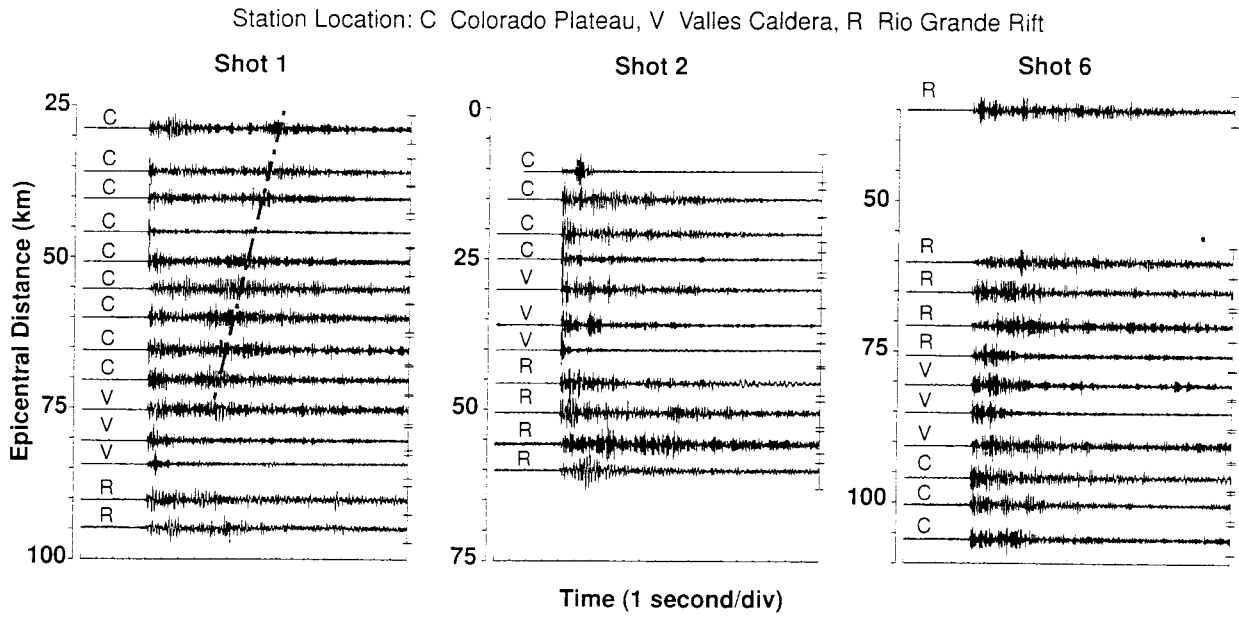


図3. 解析領域の分割（バレスカルデラ，リオグランデ地溝帯，コロラドプラトー）と波形を重ね合わせた観測点。

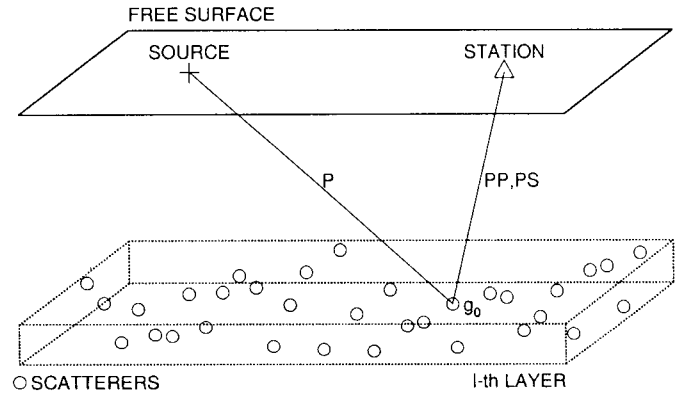


図4. 散乱過程の概念図。

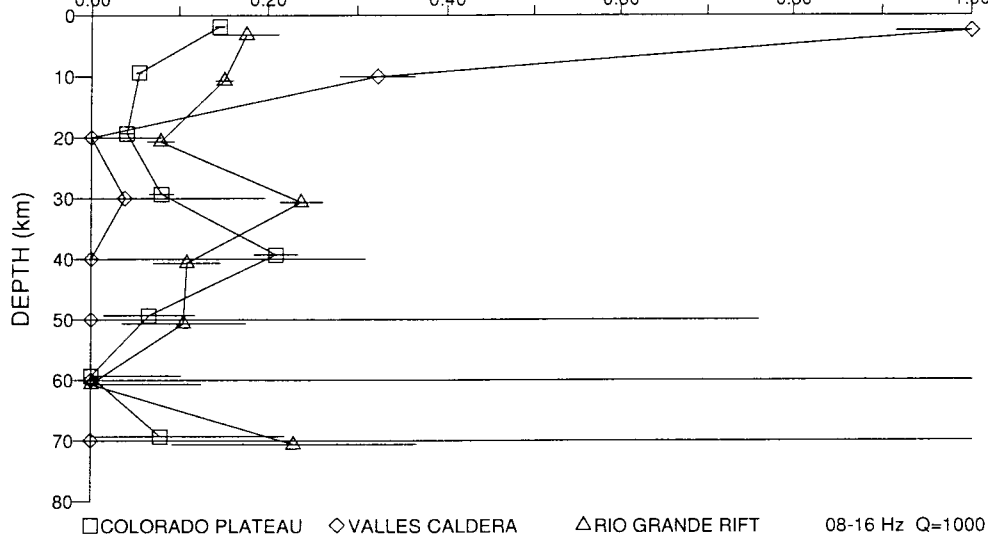


図5. 最適解の相対的な散乱係数 g_0

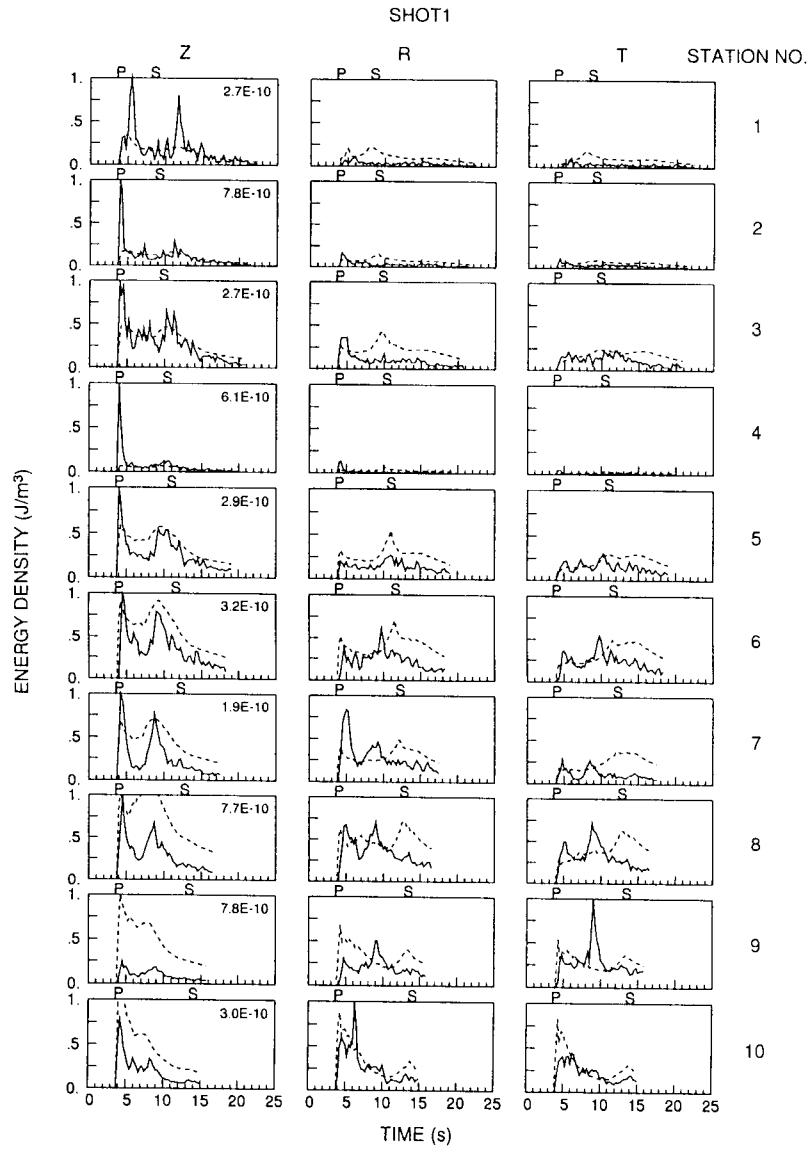


図6. 最適解の理論波形（点線）と観測波形（実線）の比較. SHOT 1 の記録を示す.