

## 論文内容の要旨

### Origin of geoelectrical signal associated with very long-period seismic pulses observed in Miyakejima

〔三宅島で捉えられた長周期地震にともなう地電位差変動の起源〕

桑野 修

三宅島 2000 年活動において長周期地震波パルス (VLP パルス) と同時に地電位差変動が捉えられた (笹井他 2001)。笹井らは地電位差変動の振幅の空間パターンと継続時間から注目して、この地電位差変動は長周期地震波パルスの震源から水が周囲に押し出されることによる流動電流が原因であると解釈した。しかし、水の流れを駆動する物理的実体の理解は未だ不十分であり、従来の解釈では定量的な評価をすることが困難である。そこで本研究では定量的に評価可能なモデルを考え、観測された地電位差変動を説明できるかを試みた。

研究では地電位差変動の原因が地震にともなう間隙弾性応答としての間隙水圧変動による過渡的な流動電流であるというモデルを考える。地震に伴って地殻歪が再配分されることにより被圧帯水層では間隙圧が変化することはよく知られており (例えば Roeloffs, 1996)、この間隙水圧変動の消散過程は、界面動電現象により過渡的な電場を発生させると考えられる。モデルの評価に先立って、本研究ではまず地電位差データの再解析をおこない地電位差変動と VLP パルスの関係を調べた。その結果、三宅島内の 8 観測点全てにおいて地電位差変動の振幅と VLP パルスの振幅との間に明瞭な相関が認められた (図 1)。個々のイベントの地電位差変動波形では、ノイズにより波形の特徴を捉えるのは困難である。VLP パルスをリファレンスにしてイベント間のスタッキングをおこない平均イベントを作成した (図 2)。変動は VLP パルスと同時に始まり継続時間は 100 200 秒と VLP パルス 50 秒に比べて長い。

平均イベントについて地電位差変動のみによる、力源の推定をおこなった。このモデルで力源による電位は、[力源の位置、メカニズムによる体積歪みの空間パターンだけに依存する部分 ( $P$ )] と [流動電流係数や比抵抗などの媒質の物性量と力源の大きさに依存する部分 ( $W$ )] の積で次のように表現できる。

$$\varphi(\mathbf{x}) = W \cdot \mathcal{P}(\mathbf{x}), \quad (1)$$

$$\mathcal{P}(\mathbf{x}) = \int_V G(\mathbf{x}, \mathbf{x}') \nabla^2 A(\mathbf{x}', \mathbf{x}'') dV', \quad (2)$$

$$W = -\frac{C_c}{\sigma_R} M_o B \gamma. \quad (3)$$

したがって観測された電位の空間パターンから、力源の位置、メカニズムをグリッドサーチし  $\mathcal{P}$  を決め、最小2乗により最適な  $W$  を決めることができる。観測された電位とモデルから合成された電位との残差のRMSを最小にする解を最適解とする。このモデルから推定された力源とVLPパルスの震源が同じであれば、電位変動の原因が間隙弾性応答による流動電流である可能性が高いと考える。平均イベントについてメカニズムを鉛直の tensile crack と仮定して力源を推定した結果、最適な力源の位置は観測点 st#5(火口の南)の直下、深さ1200m、走向はN50Eとなった(図3, 4)。この結果はVLPパルスのモーメントテンソルインバージョン(Kumagai et al., 2001)で得られた震源位置、走向と調和的である。

最適な係数  $W$  は  $W = 10^8 (\text{Vm}^3)$  のオーダーであった。地電位差の観測値と予測値を図3に示す。VLPパルスの地震モーメントは  $M_o^{VLP} = 10^{17} (\text{Nm})$  のオーダーであるので  $-C_c/\sigma_R = 0.1 (\text{V/MPa})$  程度であれば観測された地電位差変動を説明できる。実験室で求められた三宅島の岩石の流動電流係数  $C_c$  の推定値は  $C_c = -10 (\text{mA/m/MPa})$ 、電気伝導度を  $\sigma_R = 0.1 (\text{S/m})$  とすると、 $-C_c/\sigma_R = 0.1 (\text{V/MPa})$  となり、物性的に現実的な範囲で観測値が説明可能である。

以上の結果により三宅島で観測された長周期地震にともなう地電位差変動は、1) VLPパルスによる地殻の体積歪変化にともなう間隙弾性応答としての間隙水圧変動 2) 間隙水圧変動の消散過程における間隙水流動 3) 間隙水流動による流動電流の発生(界面動電効果)によって発生した可能性が高いことが定量的に示された。

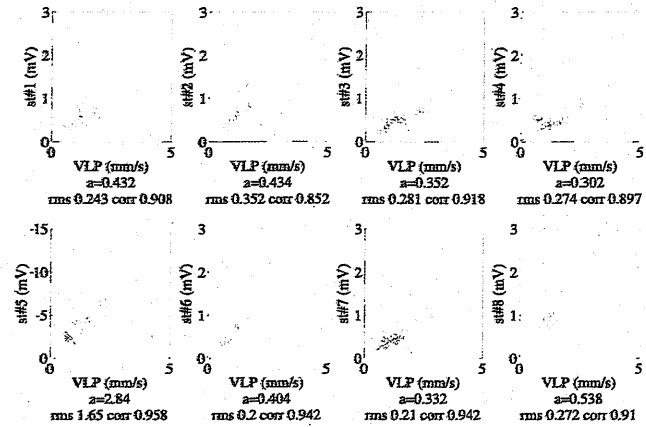


Figure 1: Relation between amplitude of geoelectrical signals and amplitude of VLP seismic pulses.

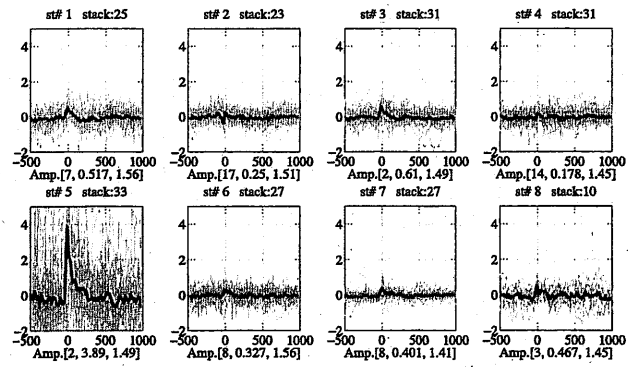
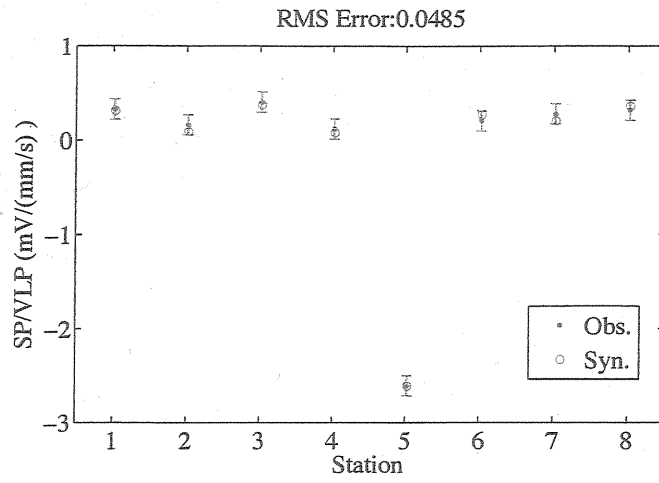


Figure 2: Stacked time series of voltage difference (green). All the data used in stacking are plotted in gray line.



x:-100m, y:-300m, z:-1200m  
 azm:150deg., z<sub>btm</sub>-600m

Figure 3: Synthetic amplitudes of optimum solution (red circle) and observed amplitudes (black dot).

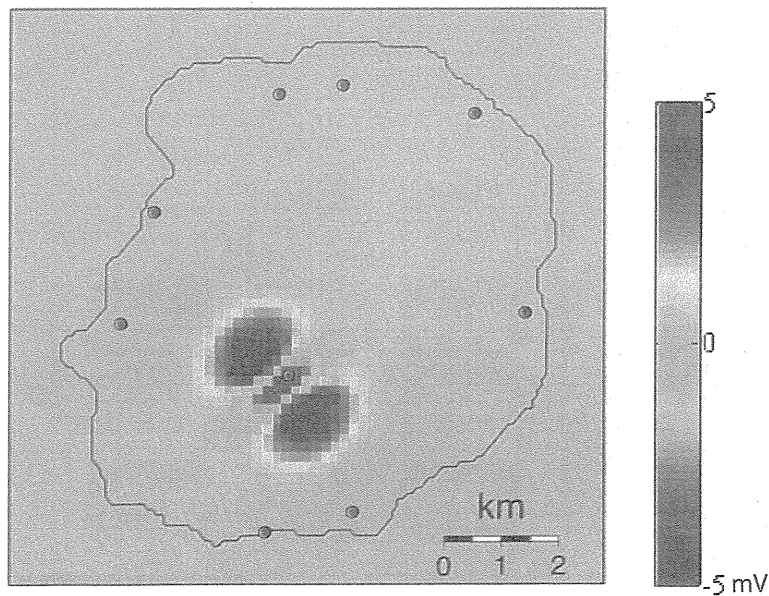


Figure 4: Map view of synthetic SP amplitudes. Red circles indicate observation stations.