

## 地震波によって励起される応力磁気効果の見積もりと早期地震警報への応用の可能性 Feasibility of Observing Piezomagnetic Signals Arising from Seismic Waves Propagating through Magnetic Anomalies

○山崎健一

○Ken'ichi Yamazaki

A scheme of calculating piezomagnetic fields accompanying with propagations of seismic waves propagations over a non-uniformly magnetized crust is proposed, and examples of calculations are shown. Calculation of co-seismic piezomagnetic fields involves the laborious three dimensional volume integrals even if the structure of magnetization is two dimensional. However the calculation is simplified by considering the Fourier Transform of spatial distributions of the field. Examples of calculations are performed both for non-uniformly and uniformly magnetized crust with intensity of 10 A/m. Amplitudes of the piezomagnetic signals arising from uniformly magnetized crust are up to 0.02 nT, whereas those arising from non-uniformly magnetized crust are as large as 0.1 to 0.2 nT. This implies the piezomagnetic field is a plausible mechanism of generating co-seismic changes in the magnetic field with detectable amplitudes, if the site location is in the vicinity of magnetization boundaries.

### 1. はじめに

地震動は地殻内部に電磁場変動を生じる。電磁場変動は弾性波よりも圧倒的に速い光速で伝わるため、地震発生に起因する地磁気・地電位の変化を捉える事が出来るならば、P波到達を待たずに地震の発生を感知できるはずである。しかし地震動による電磁場変動は微弱であると予想される。電磁場観測による地震観測を実用化するには、どのような条件を満たす場所に観測点を配置すればよいのかを調べる事が不可欠である。

### 2. ピエゾ磁気効果がつくる磁場変化の表現式

ピエゾ磁気効果の構成法則は応力テンソルと磁化ベクトルの線形関係で記述できる(Stacey, 1964; Nagata, 1970, Sasai, 1980)。これを弾性波の解と組み合わせることで、地殻内部の各点におけるピエゾ磁化の時間変化が計算できる。磁化時間変化が与えられたならば、付随する電磁場変動はMaxwell方程式によって記述され、地殻の電気伝導度が水平成層構造で与えられる場合には解を閉じた形で表すことができる(Stoyer, 1977)。得られた解への地殻全体からの寄与を積分することで、任意の位置の電磁場変動を求めることができる。

今回は簡単のため、レイリー波が作る応力場に対応する磁場の表現式を導いた。地殻の初期磁化

が水平方向に一様な場合、積分は閉じた形で表現できる。初期磁化が水平方向に不均質を持つ場合、実領域では積分を閉じた形で求めることができないが、水平方向の二重フーリエ変換を考慮することで、波数領域において解析解が得られる。

### 3. 結果と展望

初期磁化を 10 A/m , レイリー波の振幅を 5 cm とした場合、一様な初期磁化から生じる磁場変化は高々 0.02 nT 程度であるが、同じ強度の初期磁化が有限領域のみにある場合、磁化境界付近においては 0.2 nT 程度の磁場変化が見積もられた。この結果から、磁化境界近傍に観測点が置かれているならば、レイリー波に伴う磁場変化が観測されることが予想される。

今回の計算はレイリー波を想定して行ったが、早期地震警報との関連ではむしろP波がつくる磁場変動が重要である。解は弾性波の振幅に比例するとともに、波数の二乗にも比例することが解の形から示される。実体波の波数はレイリー波の波数よりも大きいので、特に震源近傍においてはP波起源の磁場変動は観測可能な大きさを持つ可能性がある。ただし震源が近くなると弾性波を平面波として近似することができないので、見積もりのためには計算を精密化する必要がある。