

電磁誘導により生じる地震時磁場変動の理論値と実際に観測される地震時磁場変動の比較  
**Variations in Magnetic Fields Arising from Electric Currents Induced by Teleseismic Waves:  
Comparison between Theories and Observations**

山崎健一（京都大学防災研究所地震予知研究センター宮崎観測所）

Ken'ichi Yamazaki (Miyazaki Observatory, Research Center for Earthquake Prediction, Disaster  
Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan)

Variations in the electromagnetic field accompanying earthquakes are generated by various mechanisms, of which the present study focuses on variations in the magnetic field arising from electric currents induced by teleseismic waves. As a simple but informative case, a situation is considered in which seismic waves are approximated by plane waves and the conductivity of the Earth's crust has a stratified structure. Solutions of Maxwell's equations corresponding to this situation have analytical expressions. Using the solutions, variations in the magnetic field due to Rayleigh waves are quantitatively discussed in terms of a crust with a simple structure. Numerical examples demonstrate that the amplitudes of the generated variations in the magnetic field show a monotonic increase with increasing conductivity, although depression of the amplitudes due to the skin effect of electromagnetic waves cannot be ignored. Calculations assuming a simplified conductivity structure provide an upper limit to the possible amplitudes of variations in the magnetic field due to seismic waves. For example, the amplitudes of variations in the magnetic field arising from a Rayleigh wave with a displacement amplitude of 10 cm and a period of 30 seconds are as large as 0.1 nT, which is close to the limit of detection by fluxgate magnetometers under typical observation conditions. If variations in the magnetic field with notable amplitudes ( $>0.1$  nT) are observed in association with seismic wave propagations, they likely imply existence of unknown mechanisms that converts mechanical motions to electromagnetic fields.

地震波伝搬に伴う地磁気変化がこれまでに多数報告されている。そのなかには、震源から数 100～数 1000 km 離れた場所での観測例も含まれている。地震波を電磁場変動に変換するメカニズムは複数知られているため、地震波伝搬時の電磁場変動が存在すること自体は明らかだが、観測量が既知のメカニズムで定量的に説明しうるのかは未解明である。既知のメカニズムが説明しうる値が観測量より小さければ、それは地殻内部で私たちの知らない変換メカニズムが含まれていることを意味する。もしそうならば、観測値と理論値の差を多数の事例について調べることで、この未知の変換メカニズムの正体についてのヒントが得られるであろう。そしてそれは、地震発生前の電磁場異常を説明する理論の構築へとつながるかもしれない。

この背景を踏まえて、動的電磁誘導によって生じる電磁場変動を定量的に評価するための定式化、および数値例での検討を行った。問題を単純化するため、地震波が平面波近似できる程度に震源から離れた場所に限定した。先行報告のいくつかには震源から数 100～数 1000 km 離れた場所での観測例も含まれているため、このように限定しても理論値と観測値の比較という目的は部分的に達せられる。地震波が平面波近似でき、かつ固体地球の電気伝導度が層構造である場合、伝搬する地震波によって動的に誘導される電流がつくる電磁場変動は閉じた形で書き下すことができる。具体的な値として、例えば周期

30秒で変位振幅 10 cm のレイリー波がつくる磁場変動の大きさは高々 0.1 nT であることが確かめられる。地殻の電気伝導度をいくら大きくしても表皮効果が働くため、これよりも大きくはならない。定式化および数値例の詳細は Yamazaki (2012) を参照されたい。

同じ条件、すなわち地震波が平面波近似できる程度に震源から離れている場合には、別のメカニズムのひとつであるピエゾ磁気効果を作る磁場についても検討が行われており (Yamazaki, 2011a, b), 著しく強い磁化強化がある場合を除いて高々 0.1 nT 程度であることが確かめられている。つまり、1.0 nT 程度の磁場変動がもし遠地領域で観測されたなら、その変動は動的電磁誘導およびピエゾ磁気効果では説明できない。

## References

- Yamazaki, K. (2012): Estimation of temporal variations in the magnetic field arising from the motional induction that accompanies seismic waves at a large distance from the epicentre. *Geophysical Journal International* (in press; doi: 10.1111/j.1365-246X.2012.05586.x).
- Yamazaki, K. (2011a): “Piezomagnetic fields arising from the propagation of teleseismic waves in magnetized crust with finite conductivity”, *Geophysical Journal International*, vol. 184(2), pp. 626–638.
- Yamazaki, K. (2011b): Enhancement of co-seismic piezomagnetic signals near the edges of magnetization anomalies in the Earth’s crust. *Earth, Planets and Space*, vol. 63(2), pp. 111–118.

