

不定形試料の磁化を測定するときの注意すべきこと

小玉 一人 [1]
[1] 高知コアセンター

Cautionary notice of systematic bias in the magnetization of an offset dipole arising from an irregular-shaped sample

Kazuto Kodama[1]
[1] Kochi Core Center, Kochi Univ.

To quantify how the irregularity of a sample shape affects its magnetization, measurements with a Magneto-Impedance (MI) spinner magnetometer were carried out using a small coil that simulates an offset magnetic dipole. The differential sensor output is transferred to an amplification circuit associated with a programmable low-pass filter, and the signal with reference to the spinning frequency is detected with a digital lock-in amplifier. The magnetometer can be operated in two selectable measurement modes, the fundamental-mode (F-mode) and the harmonic-mode (H-mode). Measurements in the F-mode detect signals with the fundamental frequency (5 Hz), in the same way as in conventional spinner magnetometers. In the H-mode, in addition to fundamental component, the second (10 Hz) and the third (15 Hz) harmonic components are measured. Tests in the H-mode were performed using the small coil and changing its distance from the spinning axis. The results demonstrate that the dipole moment of the offset-coil is systematically biased by the quadrupole and the octupole components. This is consistent with the theoretical calculation concluding that the magnitude of the fundamental component of the offset dipole is ar^2 larger than of the non-offset dipole, where r is the ratio of the sample-axis distance over the sensor-axis distance, and a is a constant relevant to the magnetization direction. It is concluded that the MI spinner will be useful as not only a sensitive rock magnetometer but also a tool to quantify the contribution of harmonic components arising from irregularity in shape or inhomogeneity of magnetization. A method for correcting such effects due to the harmonics is also proposed.

円柱や立方体といった標準的なサイズ以外に、様々な形状の試料を計る必要に迫られることがしばしばある。特に考古地磁気では、焼物の一部など不定形の試料を計る機会が多いであろう。これらの測定にはスピナー磁力計を用いるのが一般的と思われるが、試料の形状によって測定磁化が異なることはないか。もし異なるとしたら、その違いは試料の形状といかなる関係にあるか。さらに、それらの違いを補正して、'正しい'磁化を得ることはできるだろうか。新たに開発した多機能 Magneto-Impedance スピナー磁力計 (MI スピナー) を用いて、これらの問題に取り組んだ。

Dipole を模した小型コイル ($D=4$ mm, $L=2$ mm, 100 turns) と火山岩ミニコア ($D=2$ mm, $L=4$ mm) を作り、その位置を中心からずらすことによって様々な offset dipole を測定した。MI スピナーの高調波測定機能を利用して、基本周波数 (5 Hz) だけでなく第2高調波 (10 Hz)、第3高調波 (15 Hz) まで計り、その波形と FFT スペクトルをもとに offset と磁気モーメントの関係を検討した。これら offset dipole 試料による一連の測定や既存スピナー磁力計との比較に加えて、多重極展開による理論的考察や3D シミュレーションなどを総合し、以下の結果を得た。1) 磁化が均一であれば、offset dipole の方向は non-offset dipole と同じ、2) 基本周波数成分の強度は、offset dipole の方が non-offset dipole よりも常に数%大きい、3) その差は offset の程度や磁化方向に依存する、4) offset の程度を $r=d/l$ (d : 回転軸—offset dipole 間距離、 l : 回転軸—センサー間距離) とすると各成分の強度は、基本周波数が $1+ar^2$ 、第2高調波が br 、第3高調波が cr^2 となる (a, b, c は磁化方向に依存する定数)。2)、4) から、基本周波数のみ計る既存のスピナー磁力計では、offset に起因する ar^2 のバイアスが加わることがわかる。著しく不定形の試料をセンサーと近接距離で計る場合、このバイアス項は 10% を越えることもあるので、そこから得られる古地磁気強度には無視できない誤差が加わるであろう。MI スピナーを用いてこの誤差を補正する方法も提示する。