不均一磁化や異方的形状をもつ試料を測定するための Offset Dipole Model

# 小玉 一人 [1]
[1] 同志社大学文化遺産情報科学研究センター

An offset dipole model for quantification and correction of the effect of inhomogeneous magnetization or irregular shape

# Kazuto Kodama[1]
[1] Research Center for Knowledge Science in Cultural Heritage, Doshisha University

The key assumption to the measurement of discrete, standard-sized samples in paleomagnetism is that they behave like magnetic dipole so that the magnetization vector can be determined by successive measurements of components in three orthogonal axes. However, such dipole assumption is not necessarily valid in cases that a sample has strongly heterogeneous magnetization, irregular shape, or both, and non-dipole components such as quadrupole and octupole are no longer ignorable. Previously, these non-dipole effects are believed to be present, but in not so systematic manner that affects the measurement significantly. This study established a theoretical flamework for the quantification of such non-dipole effects, and found that the non-dipole terms affect the measurement of the fundamental component with a conventional spinner magnetometer. This was proven by the fact that theoretical calculations of the model based on multipole expansion are consistent with the experimental data obtained by a specific magnetometer with high spatial resolution. Based on these results, a new analytical method is proposed to better document how dipolar a sample is, to quantify the non-dipolar effect in terms of an offset dipole, and to detect the dipole component of a non-dipole sample.

円柱や立方体といった標準的形状から著しく外れた試料を計る必要に迫られることがしばしばある。あるいは等方的形状であっても、磁化が不均一な試料もあろう。原因はともあれ、要はいかにして磁化の非双極子成分を除去するかということである。原理的には、センサーから試料を十分遠ざけることによって双極子成分だけを取り出せる。しかし、磁化が弱いときには、ある程度近づけて測定せざるを得ず、そうなると非双極子成分の影響が無視できなくなる。本研究では、スピナー磁力計の使用を前提に、このような非双極子成分が測定に与える影響を定量的に評価する方法を提案する。テストデータとして、空間分解能の高い MI センサーを備えた多機能スピナー磁力計（Kodama, 2017）によって測定した結果を用いた。これらの実データと比較検討するために、多重極展開による offset dipole モデルを構築した。種々の波形や FFT スペクトルを検討した結果、この offset dipole モデルによって、測定波形から試料の磁気モーメントの offset や方位を復元できることがわかった。例えば、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、各周波数成分の強度は、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 は磁気モーメントの offset や方位に依存する定数)。このことから、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 の大きさのバイアスが加わることがわかる。著しく不定形ないし磁気的に不均一の試料をセンサーと近接距離で計る場合、このバイアス (’offset bias’) は 10%を越えることもある。本研究では、この offset bias を適切に補正する方法も提示する。