

陸上玄武岩の磁気ヒステリシスループのアンミキシング

福間 浩司 [1]
[1] 同志社大・理工

Unmixing magnetic hysteresis loops of subaerial basalts

Koji Fukuma[1]
[1] Dept. Env. Sys. Sci., Doshisha Univ.

Magnetic hysteresis measurements are extensively performed to characterize magnetic mineral assemblages in rocks and sediments. Especially subaerial basalts contain abundant magnetic materials and have provided reliable hysteresis data even dated back to the age of low-sensitivity vibrating sample magnetometer. However, hysteresis data have remained underutilized; Just a few hysteresis parameters, such as coercivity or saturation magnetization, are obtained from the hysteresis data when drawing inferences on underlying magnetic assemblages.

Decomposition of isothermal remanent magnetization (IRM) acquisition curves is widely used to quantify mixed magnetic assemblages. In addition to fitting with parametric distribution functions, a linear unmixing is currently employed to separate IRM acquisition curves into several meaningful magnetic components. The linear unmixing has a crucial advantage in not requiring any assumption on basis functions.

The hysteresis data of recent or historical subaerial basalts, collected from Izu-Oshima and Miyakejima islands, were analyzed with the linear unmixing. These samples cover entire lava sections including upper clinker, interior, and lower clinker, and some samples were taken from scoria. The primary magnetic mineral is titanomagnetite with a wide range of Curie points spanning 150-580 degC. In some samples dual or triple Curie points were identified for a single specimen. The hysteresis loops exhibit a variety of shapes from potbelly to wasp-waisted, which seems to be related to the Curie points, that is, the ulvospinel content of titanomagnetite.

Hysteresis loops were preprocessed before applying the linear unmixing as fulfilling inversion symmetry of the upper and lower branches of loops [Jackson and Solheid, 2010]. The center of the loops were adjusted to the origin and the drift during loop measurement was corrected so as to compensate for the failure of loops to close. The maximum field of 1 T was not enough to saturate high-Ti titanomagnetite, therefore the approach-to-saturation analysis was employed to determine paramagnetic susceptibility instead of conventional linear fitting for a 0.7-1.0 T interval.

Remanent and induced hysteresis curves were calculated from the hysteresis loops and constituted a data matrix for the linear unmixing. This time I used the SISAL algorithm that was originally developed for unmixing hyperspectral data [Heslop and Roberts, 2012]. The data matrix was decomposed into a mixing matrix containing several end-members and a matrix holding the respective fractions. The end-member loops have characteristic shapes corresponding to high-Ti titanomagnetite, nearly pure magnetite and their grain sizes, and the fractions quantify a mixing ratio of magnetic components comprising hysteresis loops.

磁気ヒステリシスの測定は、岩石や堆積物中の磁性鉱物を特徴付けるために広く行われている。特に陸上玄武岩は磁性鉱物を豊富に含み、低感度の試料振動型磁力計の時代から信頼性の高い磁気ヒステリシスデータを提供してきた。しかし、ヒステリシスデータは依然としてあまり活用されていない。通常、保磁力や飽和磁化などのわずかなヒステリシスパラメータを求めめるために用いられるだけである。

等温残留磁化獲得曲線の分解は混合された磁性鉱物の集合体を定量化するために広く使われている。パラメトリックな分布関数でフィッティングすることに加えて、現在では線形アンミキシングも使われている。線形アンミキシングは基底関数の仮定を必要としないところに大きな利点がある。

伊豆大島や三宅島から集めた最近または歴史溶岩の磁気ヒステリシスデータを、線形アンミキシングを用いて分析した。これらのサンプルは、上部クリンカ、内部及び下部クリンカを含む溶岩全体をカバーし、いくつかのサンプルはスコリアから採取した。主な磁性鉱物はキュリー点が 150~580 °C の広い範囲に及ぶチタン磁鉄鉱である。いくつかのサンプルでは、二つまたは三つのキュリー点が単一の試料で同定された。ヒステリシスループは potbelly から wasp-waisted まで様々な形状を示し、キュリー点つまりチタン磁鉄鉱の ulvospinel 含有率と関連すると思われる。

線形アンミキシングを適用する前に、ループの上側と下側のブランチの反転対称性を満たすように前処理した [Jackson and Solheid, 2010]。ループの中心は原点に調整され、閉じていないループを補償するようにループ測定時のドリフトを修正した。1 T の最大磁場は高チタン-チタン磁鉄鉱を飽和させるのに十分ではないため、常磁性磁化率を求めめるため従来の 0.7~1.0 T で線形フィッティングに代えて approach-to-saturation 分析を用いた。

残留および誘導ヒステリシス曲線をヒステリシスループから計算し、線形アンミキシングのためのデータ行列を構成した。今回は元々ハイパースペクトルデータのアンミキシングのために開発された SISAL アルゴリズムを使用した [Heslop and Roberts, 2012]。データ行列は、複数のエンドメンバーから成る行列とそれぞれの割合を示す行列に分解される。エンドメンバーループは、高チタン-チタン磁鉄鉱、ほぼ純粋な磁鉄鉱とその粒径による特有の形状をもち、その割合はヒステリシスループを呈している磁気成分の混合比を定量的に表している。