

# SQUID 顕微鏡を用いた衝突残留磁化測定の計画と期待される成果

佐藤雅彦<sup>1</sup>, 黒澤耕介<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学 比較社会文化研究院

<sup>2</sup>千葉工業大学 惑星探査研究センター

## 概要

我々は二段式軽ガス銃を用いた衝突残留磁化の着磁実験, SQUID 顕微鏡を用いたターゲットの磁化構造観察を行う事で, 衝突残留磁化の構造決定を行う. 本稿では来年度に計画している実験内容と期待される成果について記述する.

## 1 はじめに

天体衝突イベントに伴う地殻岩石の磁化獲得現象は衝突残留磁化として知られている [1]. 探査機による惑星磁場観測から, 月・火星においてクレーターと磁気異常の関係が明らかになり, 衝突残留磁化の重要性が指摘されている [2] [3]. 衝突残留磁化に関する過去の研究では, 主にターゲットバルクでの磁化測定が行われ, 衝突磁化の評価が行われている [1]. 近年 Gattacceca らにより, 磁場中でレーザーショックを与えた玄武岩試料の SQUID 顕微鏡観察実験が報告されている [4]. 彼らの測定では玄武岩試料内部での磁化は一樣で, 衝突残留磁化は試料内部で一樣であると結論している. しかし, ターゲットの内部では, 衝突現象の際に経験した温度・圧力変化に 3 次元的な構造が存在する事は明らかであり, それに伴い獲得した衝突残留磁化にも 3 次元的な構造が存在していると予想される. そこで本研究では, 衝突残留磁化の構造を明らかにする事を目的として, 以下に記述する実験を計画している.

## 2 実験計画と期待される成果

本研究では, (1) 磁場環境を制御した状態で衝突実験, (2) 実験後に回収しスライスしたターゲットの磁化観察, (3) iSALE を用いた温度・圧力構造の計算を実施する. (1) の衝突実験を宇宙科学研究所スペースプラズマ実験施設に導入されている二段式軽ガス銃で行い, (2) の残留磁化マッピングを産業技術総合研究所に設置されている SQUID 顕微鏡を用いて行う.

図 1 に衝突実験の概略図を示す. 衝突残留磁化の研究では, ターゲット周辺の磁場環境を制御した状態で衝突実験を行う必要がある. パーマロイ製の磁気シールドをチェンバー内に入れ, そのシールド内にコイル及びターゲットを入れて実験を行う. 地球磁場の強度は 50000 nT 程度であるが磁気シールド内部の磁場強度は 100 nT 以下で, 地球磁場の影響を影響を取り除いて実験をする事が可能となる. 磁気シールド内部に設置したコイルに適当な電流を流す事でターゲット周辺の磁場環境を制御する. ターゲットとしては, 玄武岩を用いた実験を計画している. 玄武岩を用いるメリットとして, 細粒な磁性鉱物を多く含む事, 状態方程式が既知である事などが挙げられる.

衝突実験後にターゲットの玄武岩を回収し, そのスライスを作成する. SQUID 顕微鏡 (Superconducting quantum interference device microscopy) では, 試料断面上の磁場分布を観察する事が出来る [5]. ターゲットのスライスを複数作成し, その磁場マップを

SQUID 顕微鏡を用いて観察する事で、ターゲット内部の残留磁化分布を求める事が可能となる。また iSALE shock physics code を用いて玄武岩試料の内部が経験した温度・圧力構造を計算し、残留磁化分布と比較を行う。この比較から衝撃圧・温度と衝突残留磁化強度の対応関係を求める事が出来ると期待される。

本研究の目的が達成され、衝撃圧・温度と衝突残留磁化強度の対応関係が明らかになれば、衝突現象により形成されたクレーター周辺の衝突残留磁化値モデリングが可能となる。月・火星などの地球型惑星において、探査により得られているクレーター上空の磁場観測値と、衝突残留磁化値モデリングから得られるクレーター上空の磁場強度を比較する事で、クレーター形成当時の”古”惑星磁場強度を復元する事が出来る可能性がある。惑星磁場強度の進化と惑星内部ダイナミクス状態の進化は密接に関係しているため [6][7]、地球型惑星の磁場進化・内部ダイナミクス進化の理解が大きく進展すると期待される。しかし上述の”古”惑星磁場強度復元には、ターゲット天体の地殻内部構造の情報や観測磁場データの解析手法開発など多くの基礎研究を今後行う必要がある。

### 3 まとめ

本稿ではスペースプラズマ実験施設に導入されている二段式軽ガス銃を用いた衝突残留磁化の構造決定を行うための研究計画を記述した。衝突残留磁化は月・火星などの地球型惑星の進化を理解する上で重要であるにもかかわらず、これまでほとんど研究が進んでいない。磁場環境を制御した状態で衝突実験を行い、その後ターゲットを回収・スライスして SQUID 顕微鏡を用いた観察を行うことで、衝突残留磁化の構造決定を目指す。

### 参考文献

[1] Nagata, T (1971), Introductory notes on shock remanent magnetization and shock demagnetization of igneous rocks, *Pure Appl. Geophys.*, 89, 159-177.

[2] Mitchell, D. L., R. J. Lillis, R. P. Lin, J. E. P. Connerney, and M. H. Acuna (2007), A global map of Mars' crustal magnetic field based on electron reflectometry, *J. Geophys. Res.*, 112, E01002.

[3] Mitchell, D. L., J.S. Halekas, R.P. Lin, S. Frey, L.L. Hood, M.H. Acuna, and A. Binder (2008), Global mapping of lunar crustal magnetic fields by Lunar Prospector, *Icarus*, 194, 401-409.

[4] J. Gattacceca, M. Boustie, E. Lima, B.P. Weiss, T. de Resseguier, and J.P. Cuq-Lelandais (2010), Unraveling the simultaneous shock magnetization and demagnetization of rocks, *Phys. Earth Planet. Interiors*, 182, 42-49.

[5] Oda, H., A. Usui, I. Miyagi, M. Joshima, B.P. Weiss, C. Shantz, L.E. Fong, K.K. McBride, R. Harder, and F.J. Baudenbacher (2011), Ultrafine-scale magnetostratigraphy of marine ferromanganese crust, *Geology*, 39, 227-230.

[6] Stevenson, D. J., T. Spohn, and G. Schubert (1983), Magnetism and thermal evolution of the terrestrial planets, *Icarus*, 54, 466-489.

[7] Aubert, J., S. Labrosse, and C. Poitou (2009), Modelling the palaeo-evolution of the geodynamo, *Geophys. J. Int.*, 179, 1414-1428.

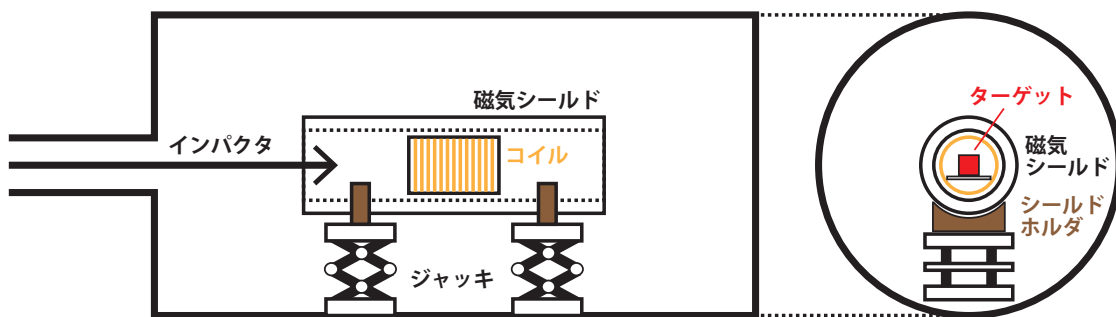


図 1. 実験の概略図