

## ダスト整列の起源の解明に向けた単一微小結晶の磁場整列実験

Detection of magnetic anisotropy of a single grain crystal orientated to investigate the origin of dust alignment.

植田 千秋<sup>1\*</sup>Chiaki Uyeda<sup>1\*</sup><sup>1</sup> 大阪大学大学院理学研究科<sup>1</sup> Graduate School of Science, Osaka University

星間、星周における磁場ベクトルの方向は、ダスト整列による可視・赤外偏光で推定され、その観測データに基づいて、恒星・惑星の形成過程への磁場の寄与が研究されている。しかし銀河空間の平均元素組成を考慮すると星間ダストは反磁性または弱い常磁性の状態にあり、一方で磁場強度は微弱である。このため既存の磁気科学で知られているメカニズムでは、ダスト整列が説明できない。私たちはダストが磁化率異方性によって整列する可能性を室内実験のデータに基づいて検討してきた。一般に希薄な分散媒の中に浮遊した粒子は、粒子に誘導される異方性エネルギーが回転ブラウン運動のエネルギーを1桁以上、上回った時に磁場配向する。即ち、整列に要する磁場強度は分散媒に依らず温度、粒子質量および(物質固有の)磁化率異方性のみで決定される。近年の赤外 emission 観測によると、原始惑星系円盤近傍では結晶質の Forsterite, Enstatite および非晶質のシリカが共存する。従ってこの領域での整列のメカニズムを検証するには、上記シリケート粒子の実効的な磁気異方性が必要になる。ただし近年の研究によると、微小結晶の実効的な異方性は、そのサイズの減少と共にバルク結晶の文献値から逸脱する事例が報告されている。従って配向磁場の評価には、実際の粒子サイズでの異方性を用いる必要がある。さらに宇宙鉱物の中には、微小な粒子結晶でしか存在しないものが多く存在する。しかし既存の計測法では mm サイズより小さい試料で弱磁性の異方性を検出することは困難である。しかし既存の計測法では、mm サイズより小さい試料で弱磁性の異方性を検出することは困難である。

私たちは微小重力空間で、粒子結晶の磁氣的安定軸を磁場により回転振動させることで異方性を検出する方法を開発した。そして sub-mm レベルの結晶で測定を実現した。磁気異方性を計測する標準的な手法であるトルク法では、水平磁場の中に試料をファイバーで吊し、発生した磁気異方性トルクとファイバーのネジレ復元トルクをつり合わせることで、異方性を検出する。この方法による測定感度は、ネジレ復元トルクで限定されてしまう。そこで、上記の回転振動の周期から、微弱な異方性を検出する原理の有効性を実験で検証した。この方法では、ネジレ復元力の影響なしに、また、試料の質量計測をすることなく異方性が得られる [1]。上記の異方性測定を通常分析法として実用化する場合、現行の大規模微小重力施設の利用は、作業量や費用の観点から必ずしも適さない。仮に小型の落下 box を、長さ 200 cm の短いシャフト(大気圧)の中で落した場合、持続時間は 0.6 秒以下になるものの、その間、比較的良質の微小重力が得られる。従って、もし上記の回転振動に要する時間を従来の報告の 1 秒レベルよりも短縮できたなら、通常の実験室内に上記のシャフトを設置することで異方性測定が実施できる。この条件に関しては、試料サイズを sub-mm レベルにすることで試料の回転半径が減少し、振動周期を 0.5 秒以下に抑えることができた。(磁場強度 ~ 0.5T, 異方性 > 1E-8 [emu/g] の場合)。これにより最低でも 1 周期分の運動が観察でき、振動が磁気異方性に起因していることを確認できるようになった。また観測装置全体を小型 box 内に収納する必要があるが、これは小型のネオジム磁石プレート 2 枚からなる磁気回路を新たに製作することで、磁場発生部を従来の 40cm から 5cm 以下に縮小することで実現した。

今回、sub-mm 粒子の異方性を観測する技術が確立したことで、今後ミクロンサイズあるいはそれ以下のサイズの粒子の異方性を計測する展望が得られた。今後、測定可能な試料サイズを減少させることで、ダストサイズにおける実効的な異方性が得られると期待される。

[1] C.Uyeda et al: Jpn. Phys. Soc. Jpn. 79, 064709 (2010).

キーワード: 磁場整列, 磁気配向, ダスト整列, 微小重力, 反磁性異方性, アパタイト

Keywords: magnetic alignment, rotational oscillation, dust alignment, apatite, diamagnetic anisotropy, micro-gravity