



微小重力環境を利用した星の“かけら”の再現実験 鉄の存在形態の通説を否定、鉄はどこに!?

研究成果のポイント

- ・ 観測ロケットを用いた微小重力実験で、超新星爆発で鉄粒子が作られる過程の再現に成功。
- ・ 鉄はガスから固体になる際、10万回の衝突で1~2回しかくっつかないことを発見。
- ・ 宇宙で鉄は金属として存在しているとの通説を否定。
- ・ 鉄は他の微粒子中に不純物として取り込まれる、または化合物として存在することを示唆。
- ・ 宇宙における物質の進化モデルの書き換えを迫る成果。

研究成果の概要

北海道大学低温科学研究所（研究代表：木村勇氣准教授）は、宇宙航空研究開発機構（JAXA）と国立天文台と共同で、観測ロケットを用いた微小重力実験を実施し、超新星爆発で鉄の微粒子が作られる過程の再現に成功しました。

宇宙における鉄の存在形態は、天文学上の大きな謎の一つです。この謎に決着をつけるため、宇宙に存在する鉄の主要な供給源である超新星爆発後の鉄粒子の生成過程を再現し、鉄がガスから固体になる際の付着確率（くっつきやすさ）を調べました。その結果、これまで100%と考えられていた付着確率が、実は0.002%程度であることを明らかにしました。これは、宇宙における鉄の主要な存在形態は金属ではないことを示す成果で、天文学に新たな問題を提起することになりました。従来の物質進化モデルの書き換えにつながる成果です。

論文発表の概要

研究論文名：Pure iron grains are rare in the universe（宇宙に鉄粒子はほとんど存在しない）

著者：木村勇氣，田中今日子（北海道大学低温科学研究所），野沢貴也（国立天文台），竹内伸介，稲富裕光（JAXA 宇宙科学研究所）

公表雑誌：Science Advances（アメリカ科学振興協会発刊のオープンアクセスジャーナル）

公表日：日本時間（現地時間）2017年1月19日（木）午前4時（米国東部時間 2017年1月18日（水）午後2時）（オンライン公開）

実験の概要

(背景)

天体観測からは、宇宙空間（より正確には星間空間）では鉄の99%が固体の粒子（ダストと呼ばれる微粒子）として存在していると言われていました。しかし、その粒子がどのような鉱物であるのかは、観測からも隕石の分析からも確かめられていませんでした。そのため、天体観測では真っ暗で検出できない金属鉄だろうと信じられてきました。そこで、宇宙に存在する鉄の主要な供給源である超新星爆発の後に、鉄粒子が生成する可能性を調べる再現実験を行いました。

(実験手法)

JAXAの観測ロケットを用いて得られる約8分間の微小重力環境下で、鉄のガスを発生させ、冷却の過程で粒子が生成する様子をその場観察しました。地上実験だと重力による対流が生じてしましますが、観測ロケットを用いることで、重力がほとんどない環境で対流を抑えた理想的な実験ができます。詳細な解析により、核生成時の温度と濃度を決定し、鉄のガスの冷却率と過飽和度から、核生成理論を用いて鉄粒子の生成時の付着確率を求めました。

(研究成果)

地上実験から、100%に近い値だと考えられてきた鉄の付着確率が、超新星爆発後の環境では実は0.002%程度と非常に小さいことを明らかにしました。これは、金属鉄粒子の生成は非常に限定的なことを示しており、鉄は化合物として存在している、または、不純物として他の粒子にくっついているという可能性を示唆しています。これまでは、宇宙の粒子生成の理解には、付着確率に加え、表面張力が重要だと考えられてきましたが、今回の実験から、表面張力よりも二原子間の結合エネルギーがより重要であることも分かりました。

(今後への期待)

これまで100%くっつくとの単純な仮定に基づいて確立してきた宇宙の物質進化のモデルが書き換えられていきます。今後、他の鉱物に関して同様の実験を行うことで、我々の物質世界が作られた過程の理解が進むと期待しています。また、これまで理論的に説明のできなかった、ガスから固体粒子が生成する過程（核生成過程）の一端が明らかになったことで、原子や分子から材料を作るボトムアップによるナノ粒子の生成過程をデザインできる可能性が広がりました。

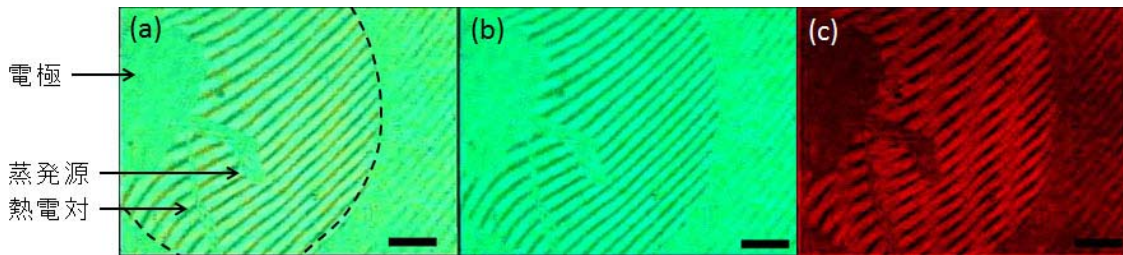
お問い合わせ先

所属・職・氏名：北海道大学低温科学研究所 准教授 木村 勇気（きむら ゆうき）

TEL：011-706-7666 FAX：011-706-7666 E-mail：ykimura@lowtem.hokudai.ac.jp

ホームページ：http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/astro/

【参考図】



観測ロケット S-520-28 号機を用いて得られた微小重力環境中で行った鉄粒子の再現実験の二波長マッハツェンダー型干渉像。(a) は“その場” 観察したオリジナル画像, (b, c) は画像処理により緑と赤のレーザーによる干渉縞にそれぞれ分割した。干渉縞変化の屈折率依存性は波長により異なるため, (b) と (c) から温度と濃度の 2 つのパラメータを同時に求められる。スケールバーは 2 mm。



実験で用いた観測ロケット S-520-28 号機。
内之浦宇宙空間観測所から 2012 年 12 月 17 日に打ち上げた。その後 3 年にわたり, 航空機を用いた微小重力実験による再現実験やデータ解析を慎重に行った。