

新しい原理のM I 磁気センサーを使った観測システムで 微小な地磁気変動の観測に成功 ～宇宙天気研究を加速～

【本研究のポイント】

- ・産学共同で、新しい原理のM I 磁気センサーを使った観測システムを開発し、微小な地磁気変動を地上で捉えることに成功。
- ・こうした地磁気変動は、宇宙空間で起こっているプラズマ現象と密接に関係しており、地上に居ながらにして、宇宙天気の状況を知ることができる。
- ・この観測システムは、低コスト・軽量・省電力であるため、多点観測ネットワークの構築が容易であり、宇宙環境モニタリングや宇宙天気研究をより一層加速することが期待できる。

【研究概要】

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学宇宙地球環境研究所の能勢 正仁 准教授は、愛知製鋼株式会社（愛知県東海市）との共同研究で、磁気インピーダンス効果（M I 効果）^{注1)}と呼ばれる新しい原理を用いて、地球磁場を計測するための観測システムを開発しました。このシステムを1か月間、屋外に設置して継続観測を行い、地球磁場の大きさの約10万分の1という非常に微弱な地磁気変動を捉えることに成功しました。

宇宙空間で生じている様々な現象は、プラズマ中の電磁波動として、地球の磁場に沿って伝わってくるため、地上では微弱な地磁気変動を引き起こします。そのため、本研究で開発したM I 磁気センサー^{注2)}を使えば、地上に居ながらにして、宇宙空間で起こった現象を調査することができます。またこの観測システムは、低コスト・軽量・省電力であるため、複数箇所で地磁気の同時観測を行うことが容易であり、宇宙天気研究を一層加速すると期待されます。

本研究成果は、2022年10月14日付アメリカ地球科学連合の学術誌「地球物理学研究誌・宇宙物理学 (Journal of Geophysical Research-Space Physics)」に掲載されました。

【研究背景と内容】

近年、民間人による宇宙旅行がたびたび実施され、大きく報道されるようになってきました。また、月を開発するために、月周回軌道上に宇宙ステーションを建設する、日米欧共同のゲートウェイ計画が開始されるなど、人類が積極的に宇宙を利用し、地球と宇宙を頻りに往復する時代がすぐそこまで来ています。

宇宙空間は、真空ではなくプラズマで満たされていることに加え、地球の持つ磁場（地磁気）が張り出しているため、それらの相互作用によって、様々な現象が生じています。時には、人工衛星や宇宙ステーションの電子機器に誤動作を引き起こしたり、宇宙空間で活動する人間の体に悪影響を及ぼしたり、といったことも報告されています。そのため、現在、我々が出かける際に晴・雨・曇などの天気を気にするように、こうした時代においては、宇宙空間の現況をリアルタイムで知るための「宇宙天気」の情報が必要になってきます。

宇宙の一点に留まって、その場所の環境を観察し続けることは困難ですが、宇宙空間で起こった環境変動は、プラズマ中の電磁波動として、地球の磁場に沿って伝わってくるため、地上では継続して観察し続けることができます。ただし、そのためには、地球磁場の大きさの数万分の1という、非常に微弱な磁場変動を捉えなければなりません。そこで今回の研究では、愛知製鋼株式会社と共同で、磁気インピーダンス効果と呼ばれる新しい原理を用いたMI磁気センサーを改良し、地球磁場の精密な計測に最適化した新たな観測システムを開発しました。このシステムを、京都府北部の京丹後市峰山町にて約1か月間、屋外に設置して継続観測を行った結果、地球磁場の大きさの10万分の1程度の地磁気変動を、多数捉えることに成功しました。これらの地磁気変動は、オーロラの発生に関わる宇宙空間での電磁エネルギー突発現象や、宇宙空間のプラズマの重さ・密度を反映しており、詳細な解析から宇宙空間の環境を推定できると期待されます。

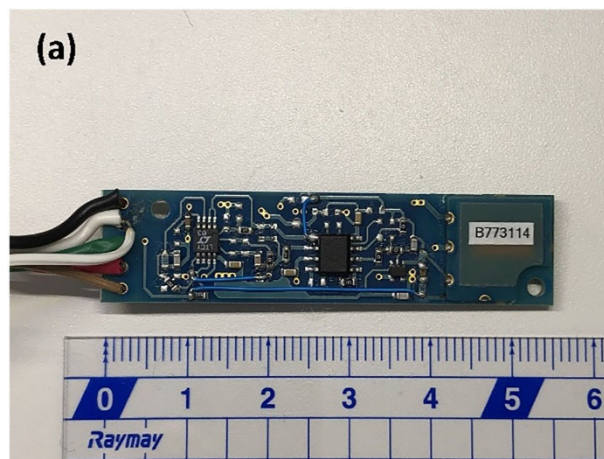


図1：産学共同で開発した地球磁場の精密な計測に最適化したMI磁気センサー

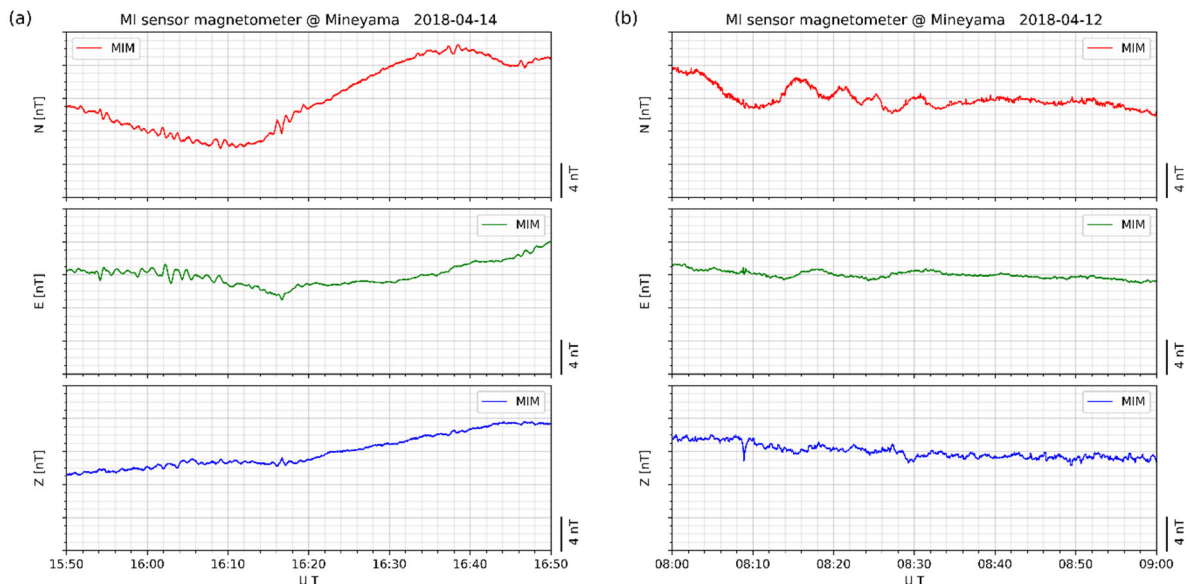


図2：開発した地磁気観測システムで捉えられた磁気変動。特徴的な振動現象が記録されており、その振動の大きさは、地球磁場の大きさの約10万分の1という非常に微弱なもの。これらの振動周期や振幅から、宇宙空間環境の変化を推定することができる。

【成果の意義】

新しく開発した地磁気観測システムは、低コスト・小型・省電力であるため、限られた費用であっても、従来のものより数多く製作して、多点で観測ネットワークを築くことが可能となります。そのため、地上に居ながらにして、広大な宇宙空間の環境を詳細に知ることができ、宇宙環境リアルタイムモニタリングへの展開や、宇宙天気研究の進展につながるという意義があります。

磁気インピーダンス効果と呼ばれる磁気計測原理は、1993年に名古屋大学で発見された国産の技術であり、それに基づいた地磁気計測に最適化したセンサーを日本の企業との産学共同体制で開発・実証し、国際学術雑誌で発表したことは、日本の技術力や学術活動の高さを世界に向けてアピールしたこととなります。

本研究は、主に、2017年度から始まった文部科学省科学研究補助成事業(17K18804)「磁気インピーダンスセンサーによる地磁気観測実験と稠密観測網展開可能性の探索」のほか、名古屋大学・京都大学の学内研究助成金の支援のもとで行われたものです。

【用語説明】

注1) 磁気インピーダンス効果 (MI 効果) :

アモルファスワイヤ(結晶のような整然とした秩序はないが、局所的には秩序性がある状態の極細金属繊維)にパルス電流を通電するとき、インピーダンス(電気抵抗)が外部磁界によって高感度に変化する電磁気現象のこと。

注2) M I 磁気センサー :

磁気インピーダンス効果をもとに、愛知製鋼が開発・量産に成功した磁気センサー。高感度、高速応答、低消費電力、小型などの優れた特性を持つ。

【論文情報】

雑誌名 : Journal of Geophysical Research–Space Physics

論文タイトル : Application of magneto-impedance (MI) sensor to geomagnetic field measurements

著者 : Nosé, M. (能勢正仁・名古屋大学) , T. Kawano (河野剛健・愛知製鋼) , and H. Aoyama (青山均・愛知製鋼)

DOI : 10.1029/2022JA030809

URL : <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2022JA030809>