九州大学
KYUSHU UNIVERSITY

PRESS RELEASE（2025/04/23）

スポラディック E 層が巨大磁気嵐によって広域で増強することを発見

～短波電波を利用する航空管制や海上通信システムの安全な運用への貢献に期待～

ポイント

① 突発的**スポラディック E 層**（以下 Es 層と呼ぶ）は短波通信障害をもたらすため、その突発性の原因を研究し予測に活かす必要がある

② 巨大磁気嵐発生時に、**Es 層が発生および増強している地域分布と時間発展**を初めて明らかにした

③ **Es 層予測と**短波通信障害の軽減に期待

概要

九州大学大学院理学研究院のリユウ フイシン教授とQiu Lihui助教は、巨大磁気嵐発生期間中に、短波通信に悪影響をもたらすEs層が増強していること、そしてその地域分布と時間発展を、世界で初めて明らかにしました。

電離層（高度 60～1000km）は、荷電粒子であるプラズマが満ちている領域です。Es 層は、下部電離層（高度 90～120km）に突発的に出現する高密度の薄い金属イオン層です。密度が高いため、通常の短波電波の届く範囲である数千 km を超えた長距離通信を可能にします。短波電波は、航空通信（航空管制）、海上通信（船舶-陸上間および船舶-船舶間通信）、放送（FM ラジオおよび VHF テレビ放送）、アマチュア無線や緊急通信などに広く利用されています。そのため、Es 層の発生や増強は、航空通信や漁船、テレビ信号受信などを妨害し、ユーザーの正常な通信に深刻な影響を与える可能性があります。

中低緯度での Es 層は主に大気潮汐によって形成され、磁気嵐など宇宙天気現象には無関係と考えられてきました。過去の磁気嵐発生中の観測でも明確な Es 層の変化は報告されませんでした。しかし今回、本研究グループは、全球に分布する 37 の地上イオノゾンデ（※1）と、COSMIC-2 衛星群（※2）の電波掩蔽観測をシステム的に分析し、2024 年 5 月 10～12 日の間に発生した G 5 クラスの巨大磁気嵐期間中、Es 層が広い地域で大幅に増強されることを発見しました。増強された地域は主に、東南アジア、オーストラリア、南太平洋と東太平洋でした。さらに、Es 層の増強は時間の経過とともに高緯度から低緯度へと波動のように伝播していく特性があることを明確に示しました。

Es 層の増強は短波通信に乱れを引き起こすため、本研究の成果は、短波電波を利用した航空管制や海上通信システムの安全な運用において、気象情報だけでなく宇宙天気情報の必要性を示しています。今回の研究で明らかになった Es 層増強の地域分布と時間発展の特徴は高精度時空間情報を有する宇宙天気予測につながると期待されます。

本研究成果は、2025年4月23日（水）午後11時（日本時間）に米国科学雑誌「Geophysics Research Letters」のオンライン版に掲載されました。

リユウ教授からひとこと：

今回の研究成果により、Es 層の突発性への物理的な理解が深まると同時に、磁気嵐による短波通信障害の軽減につながることを期待しています。

【研究の背景と経緯】

電離層（高度 60～1000km）は、荷電粒子であるプラズマが満ちている領域です。Es 層は、下部電離層（高度 90～120km）に突発的に出現する、薄い金属イオン層である。 Es 層はイオン密度が高い層であるため、HF/VHF（※3）電波を反射し、長距離伝搬する可能性があります。 HF/VHF 電波は、主に航空通信（航空管制）、海上通信（船舶-陸上間および船舶-船舶間通信）、放送（FM ラジオおよび VHF テレビ放送）、アマチュア無線（地域内通信）や緊急通信などに利用されています。 Es 層は、HF/VHF 電波による超長距離通信（数千 km 以上）を可能にしますが、これは通常の短波電波の届く範囲である数千 km から数百 km を超えています。 したがって、Es 層は、遠方の無線局からの信号が、ローカルのテレビ信号受信、地元漁船、航空通信などを妨害し、地域無線ユーザーの正常な通信に深刻な影響を及ぼす可能性があります。

2024 年 5 月 10～12 日の間に発生した磁気嵐は、2003 年のハロウィン磁気嵐に続く、2 度目の G5 クラスの嵐でした。 この巨大磁気嵐の発生期間中に、電離層 F 領域（高度 200km 以上）において、多くの注目すべき宇宙天気現象が記録されました。 しかしながら、この巨大磁気嵐に対する下部電離層の応答は、ほとんど調査されていません。 本研究では、Dst < -400 nT という強い磁気嵐が、下部電離層に出現する Es 層に対して、有意な擾乱を引き起こす可能性があるのか、という問いを提起しました。

【研究の内容と成果】

本研究チームは、全球の Es 層観測データの解析を行いました。 全球に分布する 37 の地上イオノゾンデと、COSMIC-2 衛星群の電波掩蔽観測を用いて、磁気嵐の回復期に Es 層が広範囲において増強されることを発見しました。増強された地域は主に、東南アジア、オーストラリア、南太平洋、および東太平洋上でした。 さらに、アジア、オーストラリア地域における Es 増強は、時間の経過とともに高緯度から低緯度へと波動のように伝播していく特性があることを明確に示しました。

【今後の展開】

本研究の成果は、短波電波を利用した航空管制や海上通信システムの安全な運用において、気象情報だけでなく宇宙天気情報の必要性を示しています。今回の研究で明らかになった Es 層増強の地域分布と時間発展の特徴は高精度の宇宙天気予測につながると期待されます。 今後の研究では、巨大磁気嵐期間中の Es 層の擾乱を理解するためのメカニズムについて、より詳細な解析を行うことに焦点を当てる予定です。

【参考図】

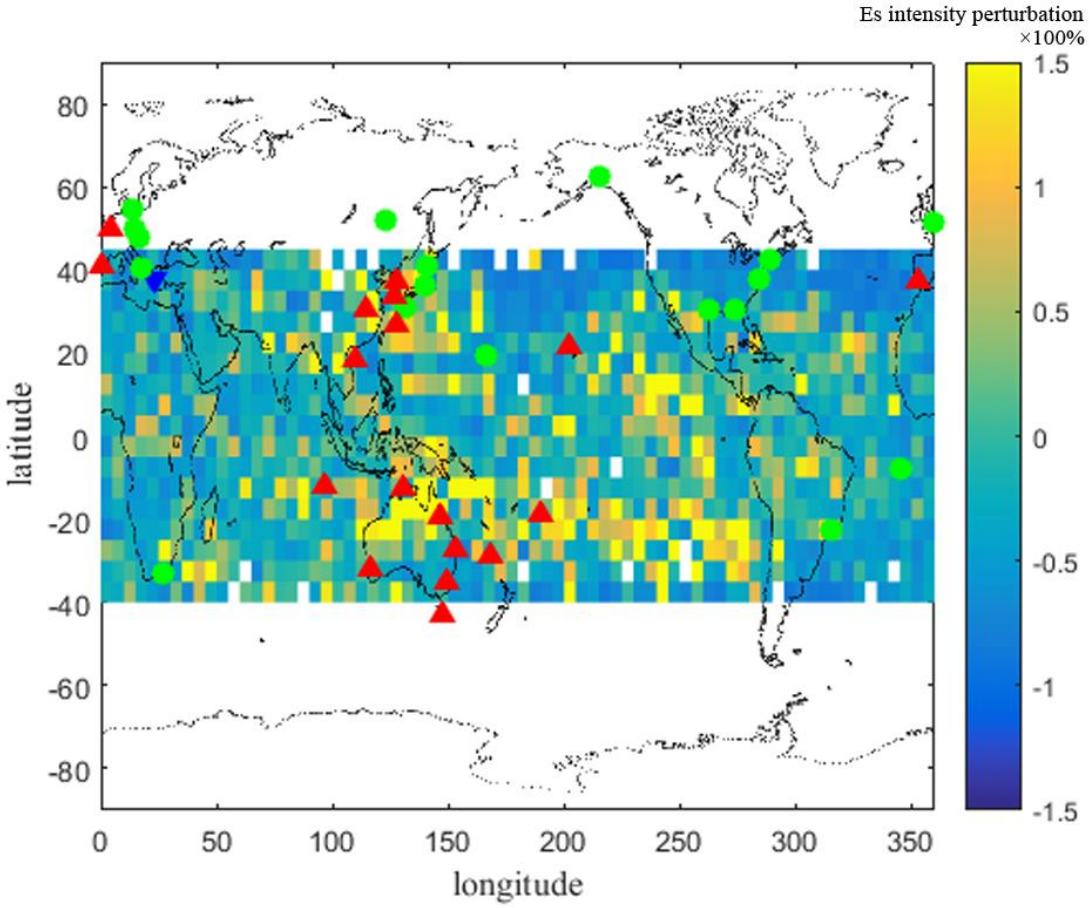

図 1 COSMIC-2 観測から得られた磁気嵐の日（5 月 11 日）の Es 層擾乱の地理的分布

5 月 11 日にイオノゾンデによって記録され、記号▼、●、▲は、それぞれ、抑制された Es 層、変化なしの Es 層、増強された Es 層を示す。

【用語解説】

(※1) 地上イオノゾンデ

イオノゾンデとは、電離層構造を探査するために、電波を電離層に向けて送信する地上レーダーのことである。

(※2) COSMIC-2 衛星群

COSMIC-2 衛星群は米国海洋大気庁が所有する高精度天気予報を目的とする衛星群である。大気圏と電離層の同時モニタリングを行なっている。ttps://www.nesdis.noaa.gov/current-satellite-missions/currently-flying/cosmic-2

(※3) HF/VHF

高周波/超短波（3～300MHz）

【謝辞】

本研究は科学研究費助成事業 （JSPS：日本学術振興会【JP25K01058, JP20H00197, JP22K21345】）の助成を受けたものです。

【論文情報】
掲載誌：Geophysical Research Letters
タイトル：Sporadic-E layer responses to super geomagnetic storm 10-12 May 2024
著者名：Lihui Qiu and Huixin Liu
ＤＯＩ：10.1029/2025GL115154

【お問合せ先】
＜研究に関すること＞
九州大学大学院理学研究院　地球惑星科学部門　教授　LIU HUIXIN（リユウ　フイシン）
TEL：092-802-4234　FAX：092-802-4208
Mail：liu.huixin.295@m.kyushu-u.ac.jp

＜報道に関すること＞
九州大学　広報課
TEL：092-802-2130　FAX：092-802-2139
Mail：koho@jimu.kyushu-u.ac.jp

Kyushu University VISION 2030
総合知で社会変革を牽引する大学へ