



〒650-0034 神戸市中央区京町 83 番地三宮センチュリービル 3 階
地球電磁気・地球惑星圏学会事務局

2025 年 11 月 14 日

地球電磁気・地球惑星圏学会
会長 中村 卓司

地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季年会 プレスリリース論文のご案内

地球電磁気・地球惑星圏学会では、太陽フレアやオーロラに代表されるような太陽や地球周辺の宇宙空間の現象から、オゾン層に代表される中層大気、地震や火山、ダイナモ作用など地球内部の地磁気現象などを主な研究対象としています。近年、研究対象領域は月や惑星にまで拡大し、世界的にも特色ある研究活動を行っています。

本年度は、11 月 23 日(日)～11 月 27 日(木)、神戸大学六甲台第 2 キャンパスにて、標記講演会を開催致します。4 日間を通して、レギュラーセッション 9 件において、最先端の研究発表や討論が行われる予定です。その中から顕著な研究成果や高いニュース性の認められた論文 3 件を「プレスリリース論文」としてご紹介いたします。詳細は別紙の「プレスリリース論文一覧」及びそれぞれの論文概要資料をご参照ください。個々の発表論文の詳細については、論文概要資料にある問い合わせ先にご連絡いただきたく、どうぞよろしくお願い致します。

お問合せ先

地球電磁気・地球惑星圏学会運営委員(プレスリリース担当)

原田 裕己

Tel: 052-747-6337

電子メール press2025@sgepss.org

地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季年会 プレスリリース論文一覧

(1) 火星地殻の磁性鉱物から古代磁場の強さを推定

(論文タイトル: Reconstructing the Noachian Martian dynamo from crustal magnetic anomalies)

佐藤 雅彦(東京理科大学) ほか

(関連発表: 11 月 25 日 (火) 15:15-15:30 D 会場)

東京理科大学、四国総合研究所、海洋研究開発機構、横浜国立大学、東京大学、九州大学、テキサス大学の共同研究チームは、火星の地殻が地球の約 10 倍も強く磁化している理由を解明するため、地球の岩石を用いた模擬実験を行い、岩石に含まれる微小な磁石の量や性質を詳しく分析しました。その結果、火星ではこれらの鉱物が効率よく磁気を記録できる条件が整っており、約 40 億年前（ノアキアン期）の火星には地球の現在の磁場の半分程度の強さの磁場が存在していた可能性が示されました。さらに、この磁場の形は双極子型（棒磁石が作る磁場と同じ形）であったことも明らかになりました。火星の磁場研究は、内部でのダイナモ作用やその持続期間を知る唯一の手がかりであり、火星の熱や化学的変化、大気や水の歴史を理解する上でも重要です。本成果は、火星の内部構造や磁場進化の理解を進め、将来の火星探査や生命存在可能性の研究を支える基盤となるものです。

(2) 電波の異常伝播の原因となるスプラディック E (Es) 層の詳細構造を明らかに

超稠密 GNSS 観測により Es 層の生成から消滅までをこれまでの 2 倍の解像度で明らかに

(論文タイトル: Fine scale structures of the Es layer revealed by an ultra-dense GNSS network)

齋藤 享(国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所 航法システム領域) ほか

(関連発表: 11 月 27 日 (木) 12:05~12:20 A 会場)

海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所及び電気通信大学からなる研究グループは、全球衛星航法システム (GNSS) 受信機の超稠密ネットワークデータを用い、2024 年 5 月 17 日に日本上空高度 100 km 付近に発生したスプラディック E (Es) 層の詳細構造とその生成から消滅に至る過程をこれまでの 2 倍の解像度で明らかにし、これまではっきりと捉えることができなかった Es 層の複雑な構造が明らかにしました。

今回の観測は、Es 層の生成から消滅までの一連の過程を詳細かつ連続的に捉えた初めての例です。今回の観測結果は Es 層発生に関わる高度 100 km 付近の風系、下層大気と超高層大気の結合過程を明らかにする研究の一端となるとともに、電波の長距離異常伝播を引き起こすなど電波利用の障害となる Es 層の発生予測に必要な数値モデルの改良につながる新たな知見をもたらすものです。

(3) 短波通信が途絶する「ブラックアウト」の発生しやすさを表す新指標を定義

～信頼性の高い宇宙天気予報の実現に貢献し、短波通信の安定運用に期待～

(論文タイトル: Statistical analysis of blackout prediction parameters using ionosondes)

北島 慎之典(防衛大学校 地球海洋学科) ほか

(関連発表: 11 月 25 日 (火) 14:30~14:45 B 会場)

防衛大学校、国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT)、名古屋大学の研究グループは、日本国内 4 か所のイオノゾンドの 40 年以上にわたる観測データを解析し、ブラックアウトの発生しやすさには太陽フレアの規模だけでなく、フレア発生前の電離圏の状態が強く依存していることを突き止めました。本共同研究グループは、この「電離圏の状態」を定量的に示す新しい指標 f_B を定義し、この指標を用いることでブラックアウト発生の予測精度が劇的に向上することを確認しました。本

成果は、より信頼性の高い宇宙天気予報の実現に貢献し、航空無線や防災無線など、社会基盤を支える短波通信の安定運用につながることを期待されます。

本プレスリリースは、地球電磁気・地球惑星圏学会（SGEPSS）が本共同研究グループによる論文を「プレスリリース論文」として選定して発表するものです。

火星地殻の磁性鉱物から古代磁場の強さを推定

【概要】

東京理科大学、四国総合研究所、海洋研究開発機構、横浜国立大学、東京大学、九州大学、テキサス大学の共同研究チームは、火星の地殻が地球の約 10 倍も強く磁化している理由を解明するため、地球の岩石を用いた模擬実験を行い、岩石に含まれる微小な磁石の量や性質を詳しく分析しました。その結果、火星ではこれらの鉱物が効率よく磁気を記録できる条件が整っており、約 40 億年前（ノアキアン期）の火星には地球の現在の磁場の半分程度の強さの磁場が存在していた可能性が示されました。さらに、この磁場の形は双極子型（棒磁石が作る磁場と同じ形）であったことも明らかになりました。火星の磁場研究は、内部でのダイナモ作用やその持続期間を知る唯一の手がかりであり、火星の熱や化学的変化、大気や水の歴史を理解する上でも重要です。本成果は、火星の内部構造や磁場進化の理解を進め、将来の火星探査や生命存在可能性の研究を支える基盤となるものです。

【背景】

近年、火星の起源や進化、さらには生命が存在した可能性を探るため、世界中で火星探査が活発に進められています。日本を含む各国も探査機やサンプルリターン計画を進めており、火星探査で得られた情報をもとに、火星の内部構造や磁場の歴史を明らかにすることは、火星の形成・進化を理解する上で非常に重要です。特に、火星の磁場研究は、内部でダイナモ作用と呼ばれる磁場生成の仕組みがどのように働いていたかや、その活動期間を知る唯一の手がかりです。また、火星の熱や化学的な変化、大気や水の変化を理解する上でも欠かせません。これまでの観測では、火星の地殻は地球の約 10 倍も強く磁化（磁石の性質を持つこと）していることが分かっています。その理由として、古代火星では強いダイナモ作用があった可能性や、地殻に磁性を持つ鉱物が多く含まれていた可能性が考えられますが、具体的な仕組みは未解明でした。このため、火星地殻に記録された強い磁気の起源を解明することは、国際的にも大きな関心を集めています。

【今回の成果】

東京理科大学、四国総合研究所、海洋研究開発機構、横浜国立大学、東京大学、九州大学、テキサス大学の共同研究チームは、火星地殻岩石に含まれる微小な磁石に注目し、磁気測定・放射光測定・熱力学計算などの最新手法を組み合わせて、地球の岩石を用いた模擬実験を行い、微小な磁石の量や性質を詳しく調べました。その結果、火星の地殻にはこうした微小な磁石が多く存在し、効率よく磁気を記録できることが分かりました。これに基づき、約 40 億年前（ノアキアン期）の火星の磁場は $10 \sim 20 \mu\text{T}$ と推定され、地球の現在の磁場の半分程度の強さだったと考えられます。また、この磁場強度から火星内部の熱の流れも推定され、ダイナモ作用で作られる磁場の形が双極子型（棒磁石が作る磁場と同じ形）であったことが明らかになりました。さらに、ノアキアン期の火星はこの十分な強さの磁場によって太陽風や有害な宇宙線から大気表層が保護されていた可能性も示唆されます。これらの成果は、火星の磁場の歴史や内部構造を理解す

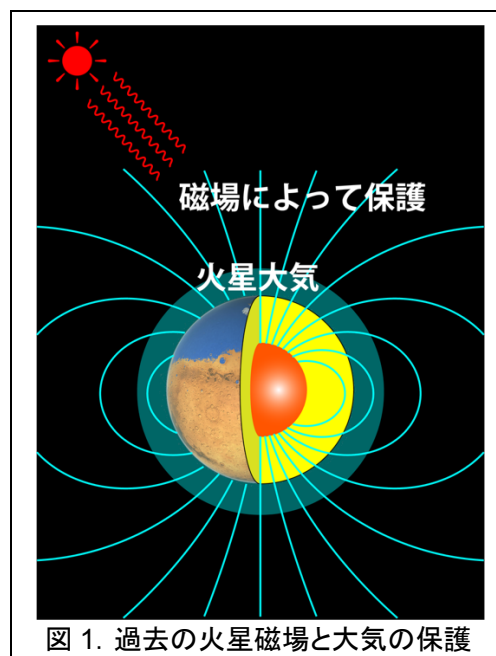


図 1. 過去の火星磁場と大気の保護

る手がかりとなり、将来の火星探査やサンプル回収計画の科学的基盤となる重要な知見です。

【今後の展望】

本研究により、約 40 億年前（ノアキアン期）の火星磁場の強さを具体的に推定することに成功しました。今後は、この磁場情報をもとに火星の大気や地表環境を詳しくモデル化し、火星表面の変化や生命が存在できた可能性のある環境について理解をさらに深めていく予定です。なお、本研究結果の詳細については、2025 年 11 月 25 日に神戸大学で行われる「地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季年会」で発表される予定です。

< 本件に関する問い合わせ先 >

東京理科大学
理学部第一部物理学科
佐藤雅彦
Tel: 03-5228-8745
E-mail: msato@rs.tus.ac.jp

東京理科大学
経営企画部 広報課
Tel: 03-5228-8107
E-mail: koho@admin.tus.ac.jp

< SGE PSS プレスリリース担当 >

運営委員 原田裕己
Tel: 052-747-6337
E-mail: press2025@sgepss.org

電波の異常伝播の原因となるスプラディック E (Es) 層の詳細構造を明らかに 超稠密 GNSS 観測により Es 層の生成から消滅までをこれまでの 2 倍の解像度で明らかに

【概要】

海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所及び電気通信大学からなる研究グループは、全球衛星航法システム (GNSS) 受信機の超稠密ネットワークデータを用い、2024 年 5 月 17 日に日本上空高度 100km 付近に発生したスプラディック E (Es) 層の詳細構造とその生成から消滅に至る過程をこれまでの 2 倍の解像度で明らかにし、これまではっきりと捉えることができなかった Es 層の複雑な構造を明らかにしました。

今回の観測は、Es 層の生成から消滅までの一連の過程を詳細かつ連続的に捉えた初めての例です。今回の観測結果は Es 層発生に関わる高度 100km 付近の風系、下層大気と超高層大気の結合過程を明らかにする研究の一端となるとともに、電波の長距離異常伝播を引き起こすなど電波利用の障害となる Es 層の発生予測に必要な数値モデルの改良につながる新たな知見をもたらすものです。

【背景】

スプラディック E (Es) 層は、高度 100km 付近の電離圏に発生する非常に電子密度の高い層で、突発的 (Sporadic) に現れることからスプラディック E 層と呼ばれています。Es 層は、通常は電離圏で反射されない VHF 帯の電波も反射し、通常は届かない遠方まで電波を伝播させ、時に電波干渉の原因となることが知られています (図 1)。そのため、Es 層の発生予測は社会的な課題として長年研究の対象となってきました。また、Es 層は下層大気から伝わる大気波動の影響を受けることが知られており、地球大気の上下結合を理解する一端としても研究が行われてきています。Es 層を観測する方法は、様々にありますが、面的・連続的に観測する方法は限られています。近年では GPS に代表される全球衛星航法システム (GNSS) 受信機ネットワーク観測、Es 層による航空無線や船舶位置通報の電波の異常伝播観測から Es 層の面的な分布が観測できるようになってきました。しかし、これまでの観測では空間的な解像度は十分ではなく、Es 層がどのように現れ、移動し、そして消えていくのかはよくわかっていませんでした。Es 層の数値シミュレーション研究も目覚ましい発展を遂げていますが、まだ現実を再現するには至っていません。

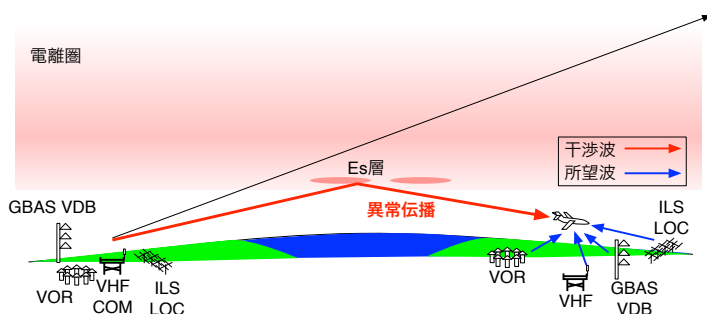


図 1. Es 層と電波の長距離異常伝播

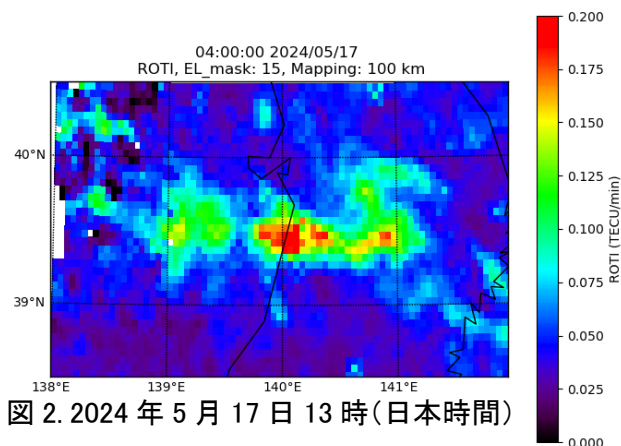


図 2. 2024 年 5 月 17 日 13 時 (日本時間)
頃に東北地方上空で観測された Es 層

【今回の成果】

本研究では、国土地理院が運用する GEONET ネットワークの約 1300 点のデータに加え、ソフトバンクが全国に展

開する3300点以上の GNSS 独自基準点観測網のデータを用い、GNSS 電波の電離圏による伝播遅延の揺らぎ(Rate-of-TEC Index: ROTI)をマッピングすることにより、Es 層の空間構造を既存の GNSS ネットワーク観測での 2 倍の解像度で可視化することに成功しました(図 2)。これにより、Es 層の、渦を巻いたり波紋状の構造を表したりといった複雑な構造がはっきりと捉えられるようになりました。また、今回発見した Es 層は、関東北部で発生して東北地方を北上し、北海道上空で消滅していました。これは Es 層の発生から消滅までの一連の過程が切れ目なく観測された初めての例です。これは、Es 層発生に関わる高度100km 付近の風系、下層大気と超高層大気の結合過程を明らかにする研究の一端となるだけでなく、電波の長距離異常伝播を引き起こすなど電波利用の障害となる Es 層の発生予測に必要な数値モデルの改良につながる新たな知見をもたらすものです。

【今後の展望】

本研究の最終的な目標は、Es 層の発生から消滅を予測し、電波伝播環境予報を実現することです。そのために、さらに観測データを収集するとともに、Es 層の数値シミュレーションの専門家とも協力して Es 層の発生予測モデルの改良に取り組んでいく予定です。

なお、本研究結果の詳細については、2025 年 11 月 27 日に神戸大学で行われる「地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季年会」で発表される予定です。

【使用データについて】

本研究で使用したソフトバンクの独自基準点の後処理解析用データは「ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」の枠組みを通じて、ソフトバンク株式会社および ALES 株式会社より提供を受けたものを使用しました。

本研究で使用した GEONET (GNSS Earth Observation NETwork)データは、国土地理院により収集され公開されているものを使用しました。

< 本件に関する問い合わせ先 >

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研
究所 電子航法研究所
航法システム領域
齋藤 享
Tel: 0422-41-3191
E-mail: susaito@mpat.go.jp

国立大学法人電気通信大学
大学院情報理工学研究科
情報・ネットワーク工学専攻
細川 敬祐
Tell: 042-443-5299
E-mail: keisuke.hosokawa@uec.ac.jp

< SGE PSS プレスリリース担当 >

運営委員 原田裕己
Tel: 052-747-6337
E-mail: press2025@sgepss.org

プレスリリース

2025 年 11 月 14 日

地球電磁気・地球惑星圏学会
防 衛 大 学 校
国立研究開発法人情報通信研究機構

短波通信が途絶する「ブラックアウト」の発生しやすさを表す新指標を定義 ～信頼性の高い宇宙天気予報の実現に貢献し、短波通信の安定運用に期待～

【概要】

防衛大学校、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)、名古屋大学の研究グループは、日本国内 4 か所のイオノゾンデ^{※1}の 40 年以上にわたる観測データを解析し、ブラックアウト^{※2}の発生しやすさには太陽フレア^{※3}の規模だけでなく、フレア発生前の電離圏の状態が強く依存していることを突き止めました。本共同研究グループは、この「電離圏の状態」を定量的に示す新しい指標 f_B ^{※4}を定義し、この指標を用いることでブラックアウト発生予測精度が劇的に向上することを確認しました。本成果は、より信頼性の高い宇宙天気予報の実現に貢献し、航空無線や防災無線など、社会基盤を支える短波通信の安定運用につながることを期待されます。

本プレスリリースは、地球電磁気・地球惑星圏学会(SGEPSS)が本共同研究グループによる論文を「プレスリリース論文」として選定して発表するものです。

【背景】

電離圏の反射を利用している短波通信は、航空機無線や災害時の長距離通信に使用されています。しかし、太陽フレア^{※3}によって短波通信が使用困難となるデリンジャー現象(SWF)^{※2}が発生することがあります。最悪の場合、全ての短波通信が途絶するブラックアウト(図 1)に至ります。従来の SWF 予測は、主に太陽フレアの規模(フレアクラス^{※3})に基づいて行われてきました。しかし、同規模のフレアでもブラックアウトの発生有無や継続時間にばらつきがあり、フレアクラスのみでは十分な予測ができないことが課題となっていました。

【今回の成果】

本研究では 1981 年から 2024 年にかけて日本国内のイオノゾンデ観測でとらえられた多数の SWF 事例を統計的に解析しました。その結果、SWF 事例とブラックアウトには季節依存性があることがわかりました。また、世界中でオーロラが見られた 2024 年 5 月の SWF 事例を詳細に分析したところ、5 月 11 日には「負相嵐」^{※5}が発生しており、この時のブラックアウトの継続時間は沖縄(図 1 右上)で 35 分間、負相嵐の影響が顕著であった稚内(図 1 左上)で約 105 分間であったことがわかりました。これにより、電離圏の状態がブラックアウトの発生しやすさや継続時間に大きく影響していることが判明しました。そこで、フレア発生直前のイオノグラム^{※1}(F2 層臨界周波数 f_oF2 ^{※1}と最小反射周波数 f_{min} ^{※1})から、「ブラックアウトになりやすい電離圏の状態」を表す新指標 f_B を定義しました。この f_B を SWF 予測に組み込むことで、SWF の規模を再現できるだけでなく、ブラックアウト発生の予測精度が劇的に向上することを実証しました。

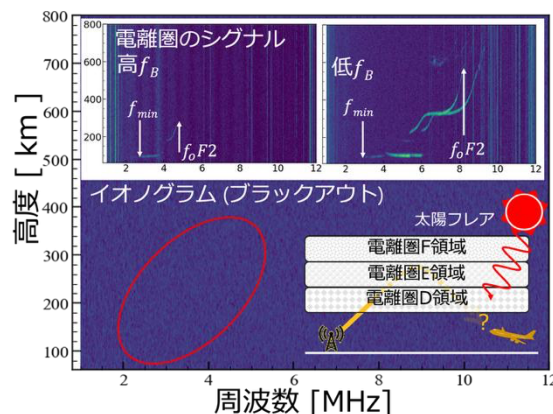


図 1 フレア発生前後のイオノグラムとブラックアウト予測パラメータについて

【今後の展望】

新指標 f_B は、既存のイオノゾンデ観測網からリアルタイムで取得できる情報に基づいています。将来的に、この指標を宇宙天気予報システムに組み込むことで、ブラックアウト発生のナウキャスト予測精度向上が期待でき、通信障害に備えた事前対策がより効果的になります。なお、本研究結果の詳細については、地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季総会・講演会(2025 年 11 月 25 日、神戸大学にて開催予定)で発表される予定です。

【発表情報】

- ・学会：地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季年会
- ・著者名：北島 慎之典、渡邊 恭子、陣 英克、埜 千尋、増田 智、西岡 未知
- ・発表タイトル：イオノゾンデによるブラックアウト予測パラメータの導出
- ・発表日：2025 年 11 月 25 日

<用語解説>

※1 イオノゾンデ / イオノグラム / f_oF2 / f_{min} : イオノゾンデは、地上から電離圏へ電波を発射し、反射して戻ってくるまでの時間や周波数から電離圏の状態を観測する装置。イオノゾンデで観測されたデータをイオノグラムと呼び、図 1 のように横軸が周波数、縦軸が高度(送受信の時間差)、色で電離圏エコーの受信強度を表す。最小反射周波数(f_{min})はイオノグラムで観測できる電離圏エコーの周波数の最小値で SWF の規模を表す指標。F2 層臨界周波数(f_oF2)は電離圏で最も電子密度が高い F2 層の最大電子密度を示す指標。

※2 ブラックアウト / デリンジャー現象(SWF: Shortwave Fadeout): 太陽フレアからの X 線や極端紫外線放射により電離圏下部の電子密度が急増し、短波通信が吸収されてしまう現象。特に、全ての短波通信が完全に途絶してしまう状態をブラックアウトと呼ぶ。イオノグラムでは図 1 の下図のように電離圏エコーが消失する。

※3 太陽フレア / フレアクラス: 太陽フレアは、太陽表面で起こる爆発現象。フレアクラスはフレアの規模を表す指標で、GOES 衛星で観測されたフレア X 線(1–8 Å)放射強度の最大値により決定されている。

※4 新指標 f_B : 本研究で定義した、フレア発生前の電離圏の状態(ブラックアウトの起こりやすさ)を表すパラメータ。フレア直前の f_oF2 と f_{min} の値(f_oF2_0 と f_{min0} と表記)より計算($f_B = f_oF2_0 / (f_oF2_0 - f_{min0})$)。

※5 負相嵐: 地磁気嵐などの影響で、電離圏全体の電子密度が通常よりも減少する現象。負相嵐発生時には f_oF2 の値が通常よりも小さくなる。

< 本件に関する問い合わせ先 >

防衛大学校 地球海洋学科
北島慎之典、渡邊恭子
Tel: 046-841-3810
E-mail: kwatana@nda.ac.jp

国立研究開発法人情報通信研究機構
電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター
宇宙環境研究室
陣英克
E-mail: jin@nict.go.jp

国立研究開発情報通信研究機構
広報部 報道室
E-mail: publicity@nict.go.jp

< SGEPSS プレスリリース担当 >

運営委員 原田裕己
Tel: 052-747-6337
E-mail: press2025@sgepss.org