

太陽活動が地震の引き金になる可能性

—電離圏と地殻の静電結合モデル—

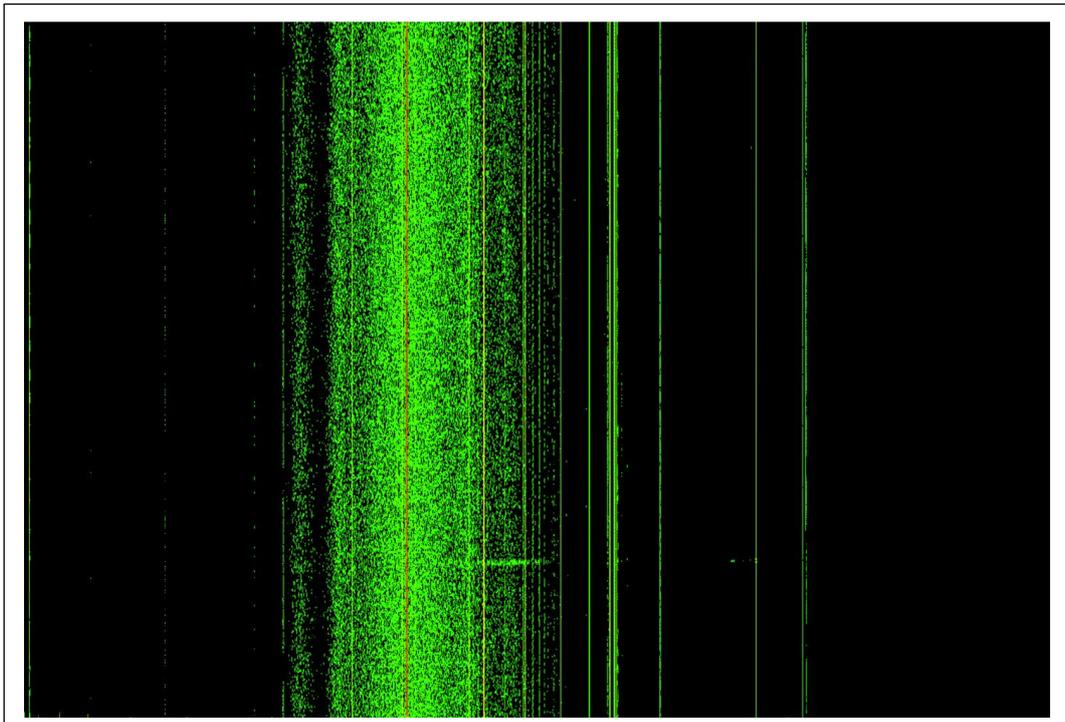
概要

京都大学大学院情報学研究科の梅野健教授、水野 彰研究員、高 明慧技術補佐員らの研究グループは、太陽フレアなどの太陽活動が電離圏に電子数密度の変動（電離圏擾乱）を与えるほど大きい場合、地震発生そのものを促す可能性があることを示す新たな物理モデルを提案しました。

本研究では、地殻内の破砕帯と電離圏が「巨大なコンデンサ」のように電氣的に結合していると考え、太陽フレアなどによる電離圏の電子数密度の変動（電離圏擾乱）が、地殻内部に電氣的な圧力を生じさせる仕組みを理論的に示しました。この電氣的圧力は、地震発生に関与すると考えられている潮汐力や重力と同程度、あるいはそれ以上の大きさに達する可能性があります。

本成果は、地震を「地球内部だけの現象」として捉えてきた従来の枠組みを拡張し、宇宙空間からの影響を含めた新しい地震理解の方向性を示すものです。

本研究成果は、2026年2月3日に国際学術誌「International Journal of Plasma Environmental Science and Technology」にオンライン掲載されました。



1. 背景

次の2つの最近の事象の様な宇宙天気と地震とが絡み合うことは偶然なのか？それとも物理的な因果関係があるのか？という疑問に答えたいというのが研究の出発点です。

- ① 2024年1月1日早朝に大規模なXクラス太陽フレアが発生し、同日の夕刻(日本時間)に気象庁マグニチュード7.6の能登半島地震が発生しました。
- ② 2025年12月8日の午後2時頃Xクラス太陽フレアが発生し、同日の深夜(日本時間)に気象庁マグニチュード7.5の青森県東方沖地震が発生しました。

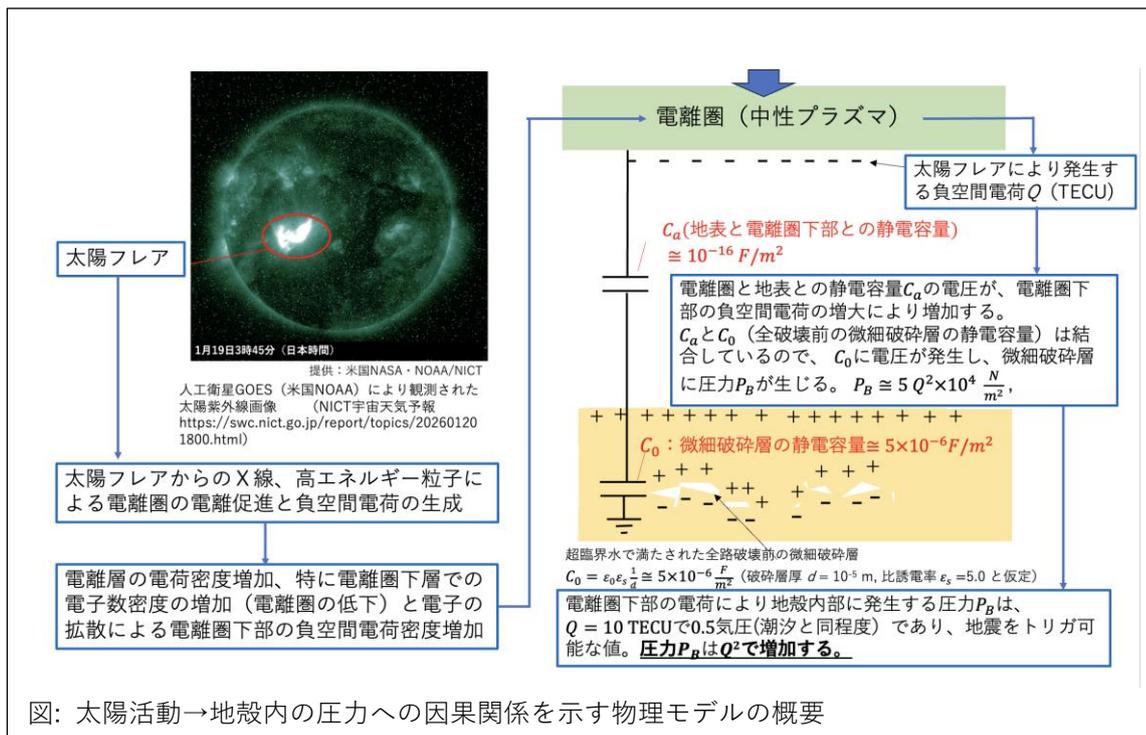
太陽フレア発生と地震発生の統計的な関連性は指摘されておりましたが、その因果関係を示唆する様なメカニズムは未解明でした。また、大規模地震の前には、電離圏において電子密度の増加や高度低下などの異常が観測されることが知られています。しかし逆に、これらの電離圏異常がどのような物理過程で地震と関係しているのかについては、問題設定すらされず、長年未解明のままでした。従来は「地震準備活動が電離圏に影響を与える」という一方の因果関係が主に前兆現象の物理的メカニズムという視点で議論されてきましたが、宇宙天気の一つの代表的な現象である太陽フレアなどによって誘起された電離圏擾乱が、逆に地震発生へ影響を及ぼす逆向きの因果関係の可能性については、明確な物理モデルが存在していませんでした。

2. 研究手法・成果

本研究では、地殻内に存在する破碎帯が、超臨界状態の水を含むことで電気的なコンデンサーとして機能し、地表および電離圏の大規模コンデンサーと静電的に結合しているとする容量結合モデル(2024年,2025年論文発表)を基礎とします。この容量結合モデルは、コンデンサーが直列につながっていることと同じであり、通常のコンデンサーと同じく電気の擾乱の影響は地殻にも影響を与えることができ、電離圏と地殻との間に因果関係の双方向性を持ちます。

このモデルによると、電離圏に負の電荷が集中した場合、その影響が地殻内部に伝わり、ナノメートルサイズの空隙(ボイド)に強い電場と電氣的圧力が生じます。数値評価の結果、この圧力は地殻破壊を促進し得る大きさに達することが示されました。

この物理モデルにより、①2024年1月1日早朝に大規模なXクラス太陽フレアが発生し、同日の夕刻(日本時間)に気象庁マグニチュード7.6の能登半島地震が発生、②2025年12月8日の午後2時頃Xクラス太陽フレアが発生し、同日の深夜(日本時間)に気象庁マグニチュード7.5の青森県東方沖地震が発生したのはたまたまの偶然ではなく、大規模なXクラス太陽フレアに伴う電離圏電子数の急激な増加が、地震発生の「引き金」として作用しうる因果関係(太陽フレア、地震の時間の順序に注意)が存在する可能性があることを初めて理論的に示した点が、本研究の大きな特徴です。



3. 波及効果、今後の予定

本研究は地震発生の電離圏由来の物理的発生機構を示すものであり、特定の地震を予知するものではありません。また全ての太陽フレアが地震を誘発することを主張している訳ではありません。何らかの条件があることが今までの観測結果からわかっています。ただ、これらの従来全く異なるものと思われていた電離圏観測に基づく宇宙天気情報を地震研究に組み込むことで、地震発生リスクの理解や評価を更に高度化できる可能性があります。

今後は、GNSSによる電離圏トモグラフィーの電子数密度の高度別変化や太陽活動データと組み合わせることで、地殻がどの程度「電氣的に外力を受けているか」の因果関係や太陽フレアが地震を誘発する場合の物理条件を解明し、新たな指標の開発や、地震発生過程の統合的理解を目指します。

<用語解説>

電離圏：地球上空約 60～1000km に広がる、大気が電離した領域。

太陽フレア：太陽表面で起こる爆発現象で、X線、大量のエネルギーを持つ粒子を放出し、能登半島地震直前に発生した最大級のXクラスの太陽フレアの場合、電離圏に擾乱(電子数密度が変化)を与えることが知られている。

超臨界水：高温・高圧条件下で液体と気体の性質を併せ持つ水。

<研究者のコメント>

常識的には、太陽活動(宇宙)と地震が関係するはずありません。それが常識です。ただあの日の朝、Mクラスの太陽フレアが発生し、夕方に能登半島地震発生したのは、何か未知のリズム(規則性)、いや因果性があると感じ、この常識を取っ払ってみました。すると急に視界が広がり、この関係性を考えるだけでワクワクしてきました。容量結合は双方向性をもつという気づきも重要でしたが、何より宇宙学と地震学の分野の壁を越えられたところに、本研究の醍醐味があります。地震は宇宙の事象です。(梅野健)

静電力は小さい相手に相対的に強く働くため、集塵装置や遺伝子解析などに使われています。雲仙大火砕流の速さをニュースで知った時、最初から帯電して反発しているかも?と疑問を持ちました。超臨界水は電気を通しにくいからです。地震発生前に地殻内に隙間ができると、間隔が小さいため静電力が強く働くと考え、電離層からの電界による静電力が地震のトリガーになり得るのではないかと考えました。自然現象と静電気の関わりをもっと知りたいと思っています。(水野彰)

<論文タイトルと著者>

タイトル: Possible Mechanism of Ionospheric Anomalies to Trigger Earthquakes

— Electrostatic Coupling Between the Ionosphere and the Crust and the Resulting Electric Forces Acting Within the Crust —

(電離圏擾乱が地震を誘発する可能性を示す物理メカニズム—電離層と地殻との間の静電容量結合とその結果としての地殻内に発生する電気力—)

著者: Akira Mizuno, Minghui Kao, Ken Umeno

掲載誌: International Journal of Plasma Environmental Science and Technology

DOI: 10.34343/ijpest.2026.20e01003

<関連する研究のリンク>

2024年1月1日早朝に発生したMクラス太陽フレアの電離圏擾乱の様子(公開データ)

<https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/server/api/core/bitstreams/78b0c2af-d1d3-46ff-bfca-1e0231282fad/content>

大地震発生直前に観察される電離層異常発生時の物理メカニズムを発見—地殻破壊時に粘土質内の水が超臨界状態となるのが鍵—

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2024-04-18-0>

なぜ大地震発生直前に電離層が降下するのか?—鍵となるのは電離層降下の時定数の見積り—

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2025-05-02-1>

リアルタイムかつ高解像度な電離圏の3次元可視化—将来の宇宙天気予報・短期地震予知の実現に寄与する可能性—

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2025-10-20-2>

< 参考図表 >

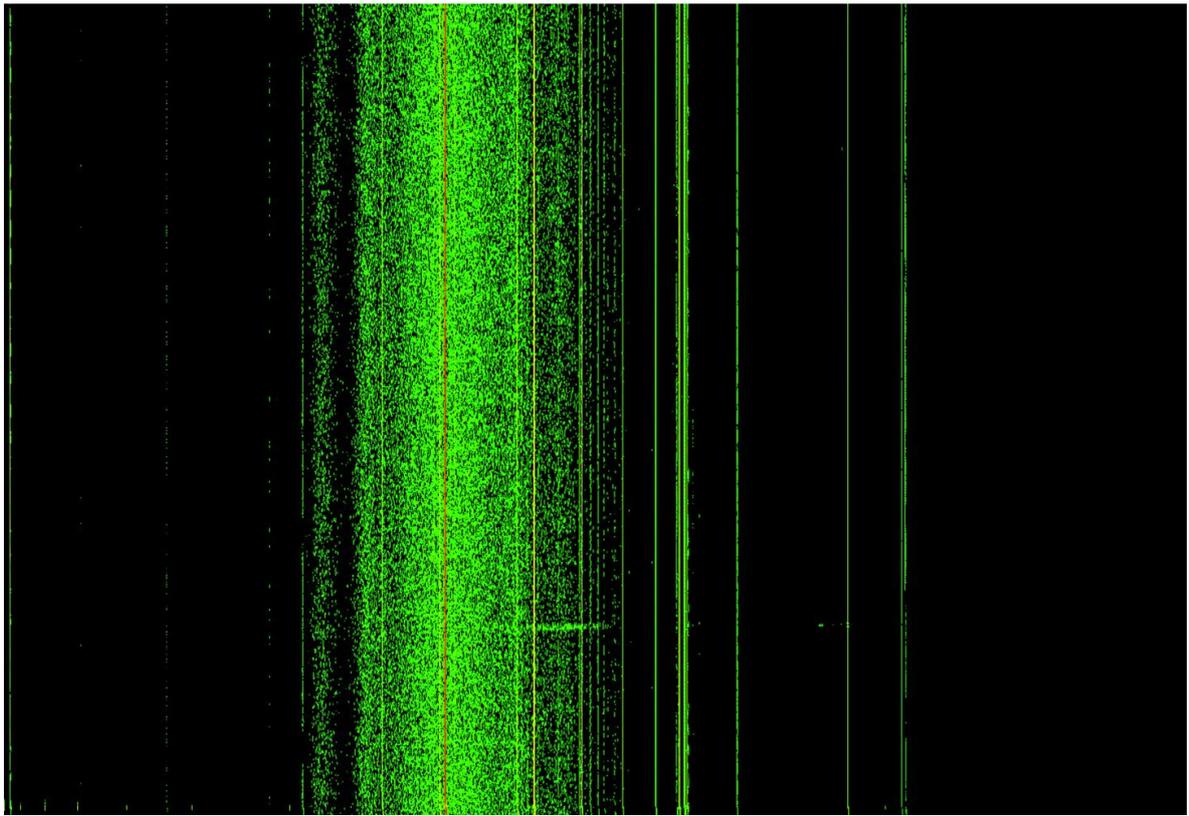


図:京都大学花山天文台(京都市山科区)で観測された X クラス太陽フレアの発生直後電離圏が影響を受けているイオノグラム (電離圏の電波のエコー) -2024 年 5 月 11 日-