

なぜ大地震発生直前に電離層が降下するのか？

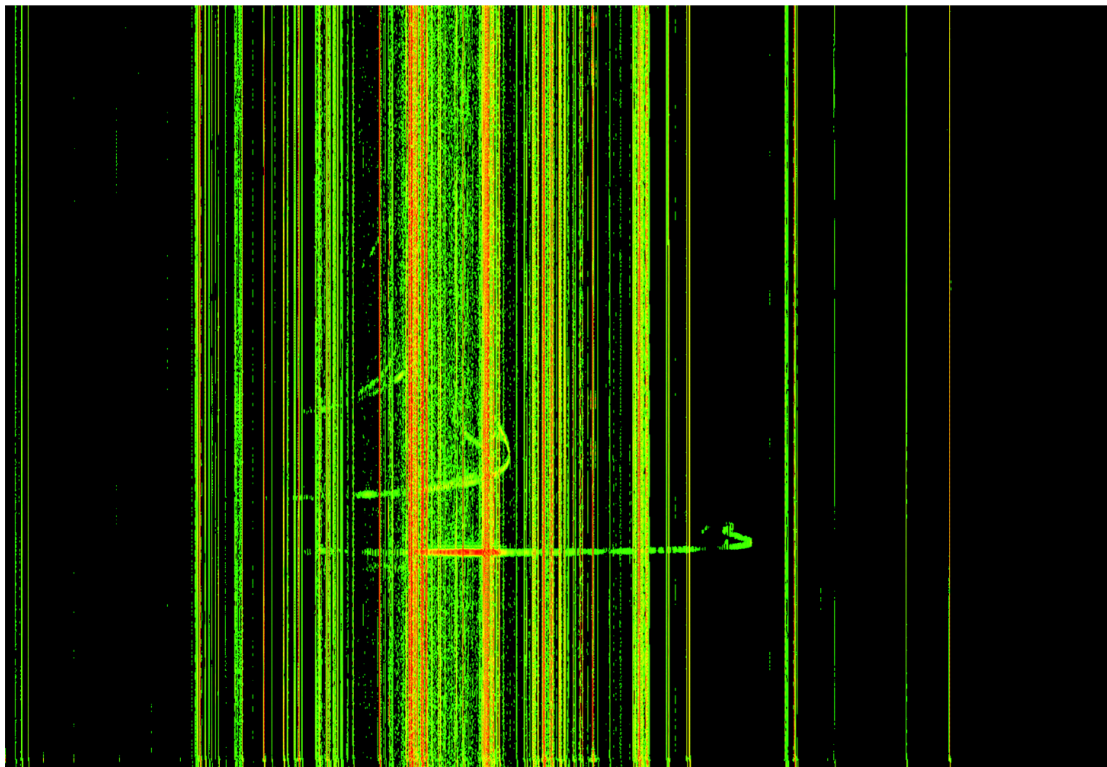
—鍵となるのは電離層降下の時定数の見積もり—

概要

京都大学大学院情報学研究科 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、大地震発生直前に起こる電離層降下のメカニズムを解明しました。今まで、大地震発生直前に電離層の降下が観測されましたが、その電離層降下の物理メカニズムは不明でした。

本研究グループは、高温高压下の地殻の破碎層にある超臨界水中で発生する超微粒子により地表が正極性に帯電し、この破碎層の帯電により地表と電離層間に電界が発生し、その電界により電離層下部の電子が降下することによって電離層を引き下げ、更に生成された電場を緩和するため電離層の低下速度が減速する物理モデルを構築しました。その物理モデルから予測される時定数および電離層降下の距離といった物理量が大地震（2024 年能登半島地震）直前に観測された値とほぼ一致していることから、本物理モデルが観測事実と整合的であることがわかりました。今後、本物理メカニズムの前提となっていた超臨界水中で発生する超微粒子が正に帯電し、地表に電圧が発生するという仮説の検証を進めることにより、事前防災の鍵となる大地震発生直前の地殻・電離層の異常現象が観測と理論の両面で支持できる確固たる科学基盤となり得ることを実証していきます。

本研究成果は、2025 年 4 月 16 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。



図：2024 年能登半島地震直前のイオノグラム（京都大学防災研究所潮岬風力実験所で観測）

1. 背景

今まで、測位衛星やレーダーを用いた数多くの研究から、大地震発生直前に電離層が降下することが観測事実として知られておりました。もし仮にこの電離層の降下が大地震の前兆であるならば、大地震発生のメカニズムと関連付けなければなりません。電離層の降下を定量的に説明する理論やモデルがありませんでした。本研究は、大地震発生直前の前兆現象の物理を理解する試みの一つとして捉えることができます。

2. 研究手法・成果

2024年に発表した、大地震直前の地殻破壊層が超臨界水により帯電する空中電界により電離層降下を説明するモデルを考えました。図1がその模式図であり、破碎層の帯電で地表と電離層間に発生する電界により電離層を引き下げますが、あるところでその電界を緩和するために電離層の低下速度が減速する電離層降下の物理モデルを新しく考案しました。

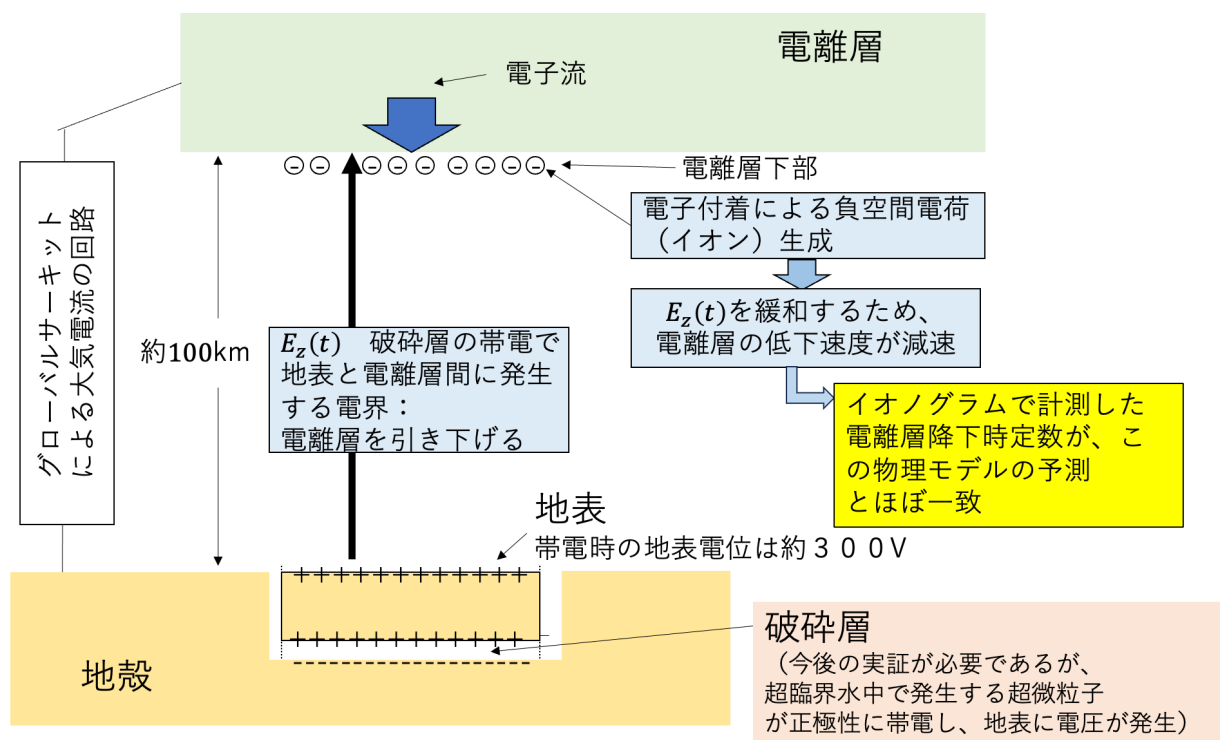


図1：大地震発生直前の地殻破碎層の帯電により発生する空中電界による電離層降下の模式図

このモデルと実際の大地震発生前の電離層降下を比較するために、2024年能登半島地震の電離層降下の観測結果（図2）と比較しました。

モデルから計算した電離層降下の時定数は250秒、一回の電離層の降下距離の推定値は16.5kmで、図2の観測結果とオーダーとともに値がおおよそ一致しました。

これにより、大地震発生直前の地殻破碎層の帯電により発生する空中電界による電離層降下のモデルが、電離層降下の観測と定量的にも整合的なモデルであるとわかりました。

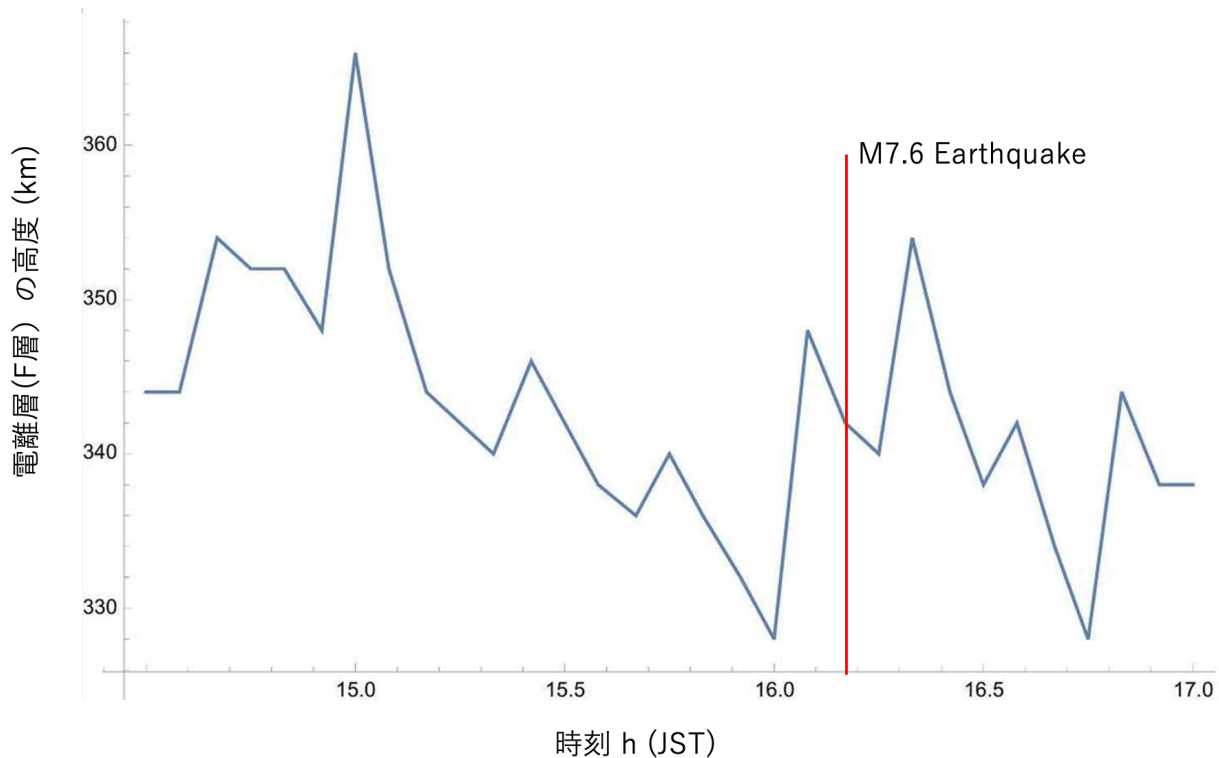


図 2：2024 年能登半島地震発生前後の電離層の高度（イオノゾンデ斜入射観測（稚内―山川）のイオノグラムから計算）

3. 波及効果、今後の予定

今回は偶然にも、イオノゾンデ観測施設（NICT）が稚内（北海道）と山川（鹿児島県）とありその中間地点が大地震の発生した能登半島に偶然に近かったという理由により、電離層降下の観測とモデルとの整合性を確認できましたが、今後はイオノゾンデのレーダーの受信点（現在、京大で保有するのは 2018 年に設置した花山天文台（京都市山科区）と防災研究所潮岬風力実験所（和歌山県串本町）の 2 箇所のみ）を増やし観測網を充実させ、他の場所で地震が起きた場合にも計測できるようにし、大地震発生直前の電離層降下現象をリアルタイムに捉えられるようにしていきたいと考えています。

<用語解説>

時定数：

ある平衡状態に落ち着くまでの時間。緩和現象の代表的なパラメーター。

イオノグラム：

電離層の電波のエコー。縦軸は高度。横軸が周波数。地球を囲む電離層はあたかも地球の鏡の様に振る舞い、地上からの電波の反射点を色で識別。

<研究者のコメント>

「研究はまた一歩前進しました。最初、2011 年東北沖地震の翌年から電離層に異常が見られるという通信の技術を活用する検知方法の研究からスタートしましたが、定量的に電離層降下の時定数を予測する電離層異常

に関する緩和モデルを構築することができました。まだ観測網の充実という最大の関門が残されておりますが、29 万人 8 千人の命が失われるという試算（内閣府）が出された南海トラフ巨大地震といった大地震が仮に起きたとしても、この研究と観測網の充実により一人でも多くの命が救えるように大学から研究し、研究の社会への発信とともに、社会実装に繋げていく試みをこれからいくつか起こしていきたいと思います。」（梅野健）

<論文タイトルと著者>

タイトル：Mechanism of ionospheric descent prior to intense earthquakes by electrostatic coupling with an electrically charged fractured layer

（帯電した破碎層による静電結合による大地震発生前の電離層降下メカニズム）

著 者：Akira Mizuno, Minghui Kao, Ken Umeno

掲 載 誌： *International Journal of Plasma Environmental Science and Technology*

DOI：10.34343/ijpest.2025.19.e01010

<関連する研究のリンク>

大地震発生直前に観察される電離層異常発生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ことが鍵―

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