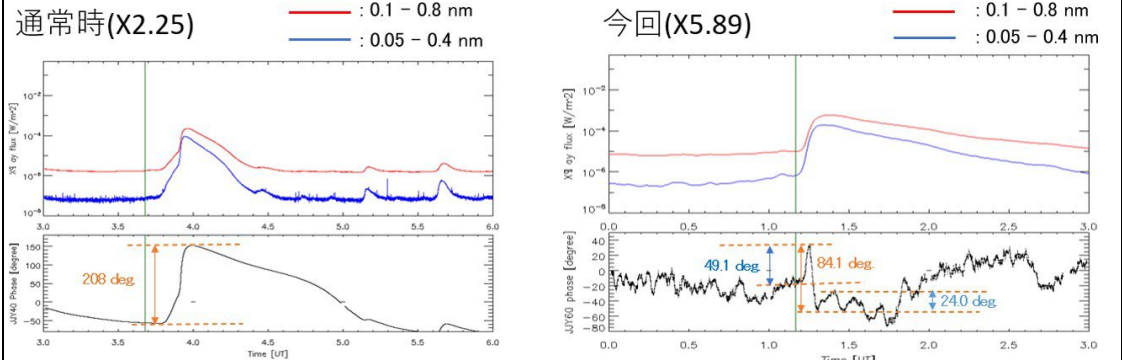


令和 7 年度（2025） 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：飛騨地方における低周波大気波動・大気電磁場の観測 英文：Observations of low-frequency atmospheric waves and electromagnetic fields in the Hida region	
研究代表者 大矢 浩代（千葉大学） 参加研究者 鷲見 貴生（国立天文台）、横澤 孝章(ICRR)、山本 真行（高知工科大学）、成田 知己（湘南工科大学）、横山 順一（東大ビッグバン）、久保田 朱音（千葉大学）	
研究成果概要 本研究の目的は、飛騨地方における中性大気波動や VLF/ELF 帯電磁波をモニタリングし、それに伴う下部電離圏擾乱を解析することで、KAGRA 重力波検出器の精密観測への貢献、防災および地球電離圏の科学的理解に貢献することである。2025 年度は、2026 年 2 月 19 日（木）に、本代表者の大矢（千葉大）と久保田（千葉大 M2）が神岡施設を訪問し、鷲見（国立天文台）とともにインフラサウンド観測の状況を視察した。本研究の 2025 年度における成果は以下である。 ● 2024 年 5 月巨大磁気嵐に発生した X5.89 クラス太陽フレア時の下部電離圏振動 図 1 に示すように、通常の太陽フレア時には X 線強度の増大に伴い LF 波の位相が単調に増加し、その後緩やかに回復するなど、X 線と類似した時間変化を示す。これに対し、 通常時(X2.25) 今回(X5.89)  図 1 （左）通常時、（右）X5.89 クラスフレア時における、GOES-16 衛星で観測された X 線フラックスと LF 帯標準電波の位相変動	

2024 年 5 月 11 日 01:10 UT に発生した X5.89 クラスの事例では、JJY60 kHz-Pontianak (PTK, インドネシア) 伝搬パスの位相変化ピーク付近で通常とは異なる振動現象が観測された。BPC (68.5 kHz, 中国) -PTK 伝搬パスでも同様の振動が見られ、両パスの位相・振幅は約 300~600 s 周期で変動していた。反射高度を推定したところ、フレア直後に約 10 km 低下した後、約 20 km 上昇し、その後は±5 km 程度で振動していた。LF 波位相の振動と、GOES-16 衛星によるライマン α 線を含む複数波長帯の EUV 放射との比較

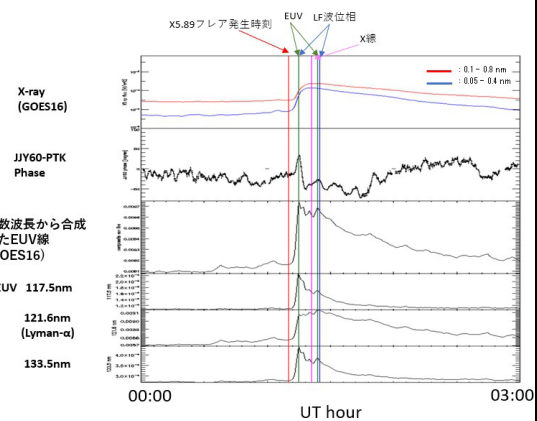


図 2 2024 年 5 月 11 日太陽フレア時の X 線、LF 波、EUV との比較

解析の結果、合成 EUV 波形と LF 波位相のピークは最大 36 s 以内で一致し、高い同期性が確認された (図 2)。これは複雑な位相変動が EUV 成分の増加に対応していることを示唆する。X 線・EUV 観測値に基づく電離生成率推定では、100 nm 以下の短波長 EUV は 100 km 以上で吸収され D 領域電離への寄与は小さく、電離生成を支配するのは軟 X 線およびライマン α 線であることが分かった。また 117.5 nm や 133.5 nm 付近の EUV も D 領域上部の電離に寄与していた。一方、硬 X 線の寄与はこれらに比べ数桁低かった。さらに観測と数値シミュレーションの両面から、ライマン α 線は軟 X 線と同程度の高い電離生成率を持ち、その近傍の EUV 成分も有意な寄与を示すことが確認された。電子密度推定では、これらの EUV 放射が LF 波反射高度付近 (約 75 km) の電子密度を変調し、観測された反射高度低下に必要な電子密度増分とも概ね一致した。以上より、観測された LF 波位相の周期振動は、ライマン α 線を含む EUV の周期変動による電子密度変化に起因すると結論づけられる。

成果発表

【論文】

- [1] Ohya, H. *et al.*, D-Region Ionospheric Disturbances Caused by Fireballs and Satellite Reentries Detected by Octave VLF/LF Transmitter Signals, *2025 Photonics & Electromagnetics Research Symposium - Fall (PIERS-Fall)*, Chiba, Japan, 2025, pp. 1-7, doi: 10.23919/PIERS-Fall62445.2025.11394615.
- [2] Kubota, A., H. Ohya, F. Tsuchiya and H. Nakata, "Unusual LF Oscillations Associated with a X5.89-Class Solar Flare in May 2024: Possible Link to EUV Emissions," *2025 Photonics & Electromagnetics Research Symposium - Fall (PIERS-Fall)*, Chiba, Japan, 2025, pp. 1-6, doi: 10.23919/PIERS-Fall62445.2025.11394196.
- [3] Nakata, H., Chonan, A., Hosokawa, K., Tsugawa, T., Nishioka, M., Ohya, H., Ionospheric disturbances associated with the eruption of Mt. Asama observed by TEC data and HF Doppler sounding. *Earth Planets Space* **77**, 81 (2025). <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02216-7>.