

系外惑星の大気と磁場の実証に向けたオーロラ電波データ解析手法の確立

#森野 隆盛¹⁾, 木村 智樹¹⁾, Philippe Zarka²⁾, Laurent Lamy²⁾, 北 元³⁾, 藤井 友香⁴⁾, 土屋 史紀⁵⁾, Member of NenuFAR Exoplanet & Stars(LT02) Key Program²⁾

⁽¹⁾東京理科大学, ⁽²⁾パリ天文台, ⁽³⁾東北工業大学, ⁽⁴⁾国立天文台, ⁽⁵⁾東北大・理・惑星プラズマ大気, ⁽⁶⁾東北大・理・惑星プラズマ大気

Development of data analysis method for auroral radio of exoplanets toward demonstration of their atmospheres and magnetic fields

#Ryusei Morino¹⁾, Tomoki Kimura¹⁾, Philippe Zarka²⁾, Laurent Lamy²⁾, Hajime Kita³⁾, Yuka FUjii⁴⁾, Fuminori Tsuchiya⁵⁾, Member of NenuFAR Exoplanet & Stars(LT02) Key Program²⁾

⁽¹⁾Tokyo University of Science, ⁽²⁾Paris Observator, ⁽³⁾Tohoku Institute of Technology, ⁽⁴⁾National Astronomical Observatory of Japan, ⁽⁵⁾Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, ⁽⁶⁾Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University

Planetary auroras are generated by the collision of electrons in the magnetosphere accelerated along the magnetic field with the atmosphere. If we detect the auroras from the exoplanets, we can demonstrate their magnetic fields and atmospheres, which contribute to understanding the habitability of exoplanets. Auroral radio emissions are circularly polarized waves effectively excited by the precipitating auroral electrons (Wu & Lee et al, 1979). Therefore they are distinguishable from the stellar radio emissions that are generally not circularly polarized. Detection of auroral radio emissions is a promising way to demonstrate the exoplanetary magnetic fields and atmospheres. Since the frequency of auroral radio emissions depends on the magnetic flux density in the source region (Farrell et al, 1999), it is possible to quantify the exoplanetary intrinsic magnetic field from the auroral radio spectrum. The quantified intrinsic magnetic field may constrain the internal convective structure based on the magnetic dynamo theories. The emitted power of auroral radio emission is dependent on the total energy input of the stellar wind to the planetary magnetosphere(Zarka et al., A&A 2018). The auroral radio intensity tells us about the kinetic energy of the stellar wind and its time variability. The exoplanets have been observed using existing radio telescopes. These observation results reported that circularly polarized radio emissions were detected.(e.g., Turner et al, 2021;Vedantham et al. & Callingham et al,2020). However, we have not been able to determine that they are auroral radio emissions from planetary sources, and further observation, analysis, and detection methods need to be improved. In this study, we attempt to detect exoplanet auroral radio emissions by applying the analysis method of existing radio telescopes used in Turner et al (2021) to NenuFAR (New Extension in Nancay Upgrading LOFAR), a next-generation low-frequency radio telescope currently under construction and performance evaluation. We applied Turner's data analysis method to Jupiter observation data to evaluate whether the analysis method is valid for NenuFAR. As a result, Jupiter's radio emissions could not be detected significantly due to RFI noise. We developed a data analysis method to suppress RFI noise by improving frequency and time integration methods and estimating weak frequency bands of RFI noise through statistical analysis. This has enabled us to suppress the degree of dispersion of the intensity of RFI noise by up to approximately 50%. In the future, we plan to apply this suppression method to the observed data in advance and analyze it using the method of Turner et al (2021) to remove RFI noise and detect Jupiter radio emissions. After the data analysis method is established, we plan to apply it to the observation data of exoplanets.

惑星のオーロラは恒星風、惑星自転、惑星固有磁場等がエネルギー源となり、磁場に沿って加速された磁気圏中の電子と大気が衝突することによって発生する。もし、系外惑星のオーロラの検出ができれば、系外惑星の磁場と大気の実証することができ、生命居住可能性の理解へと繋がる。オーロラは様々な波長で発光するが、中でもオーロラ電波は顕著に円偏光しており (Wu & Lee et al, 1979)、一般に円偏光を持たない恒星からの電波と区別することができる。また、恒星光に対する相対的な強度が他の波長と比べ強いと考えられる。そのため、オーロラ電波の観測は、恒星のコンタミネーションを除きつつ、系外惑星の磁場と大気を実証する有望な方法である。オーロラ電波の周波数は、惑星の固有磁場強度に依存するため (Farrell et al, 1999)、系外惑星の固有磁場の定量化や、それに基づく内部対流構造推定が可能である。オーロラ電波強度は、惑星磁気圏に入力される恒星風のエネルギー総量と比例関係がある (Zarka et al., A&A 2018) ため、電波強度から恒星風の運動エネルギーやその時間変動の情報を引き出すことができる。今まで、既存の電波望遠鏡を用いて、系外惑星は観測されてきており、円偏光の電波を検出したと主張する結果が報告された (e.g., Turner et al, 2021;Vedantham et al. & Callingham et al, 2020)。しかし、惑星源のオーロラ電波であると断定することができておらず、さらなる観測や解析・検出方法の改善が必要である。そこで本研究では、現在建造と性能評価が進む、次世代低周波電波望遠鏡 NenuFAR(New Extension in Nancay Upgrading LOFAR) の系外惑星観測データに、Turner et al (2021) で用いられた既存電波望遠鏡の解析手法を応用し、系外惑星オーロラ電波の検出を試みる。本発表では、同解析手法を、まず木星データに適用し NenuFAR による系外惑星オーロラ電波の検出方法の妥当性の検証を行った。その結果、人工電波によるノイズにより、木星電波を有意に検出することができなかった。そのため、周波数・時間積分方法の改善や、統計解析による人工電波の弱い周波数帯の推定を行い、人工電波を抑制するデータ処理方法を開発した。これにより、人工電波の

強度のばらつきを最大約 50% 抑制することができた。今後はこの抑制方法を事前に観測データに適用し、Turner et al (2021) の解析を行うことで、人工電波を除去して木星電波検出を行う予定である。検出手法が確立した後、系外惑星の観測データに適用していく予定である。