

R007-10

Zoom meeting A : 11/1 PM1 (13:45-15:30)

14:00-14:15

## Nancay Decameter Array データを用いた太陽Ⅲ型電波バーストの機械学習を用いた自動検出とその出現の太陽活動依存性の解析

#関 佑一朗<sup>1)</sup>, 三澤 浩昭<sup>1)</sup>, 小原 隆博<sup>1)</sup>, 土屋 史紀<sup>1)</sup>, 藤本 達也<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター

## Occurrence dependence on solar cycle for type III radio bursts based on the automatic detection analysis using machine learning

#Yuichiro Seki<sup>1)</sup>, Hiroaki Misawa<sup>1)</sup>, Takahiro Obara<sup>1)</sup>, Fuminori Tsuchiya<sup>1)</sup>, Tatsuya Fujimoto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>PPARC, Tohoku Univ.

Type III solar radio bursts are one of intense radio wave emissions that appear with the solar flares. They appear in the wide frequency range from the GHz to kHz band, and show a large negative frequency drift. A generation process of type III bursts is thought that high energy electrons originally generated with magnetic reconnections during a flare event excite Langmuir waves in the solar corona and/or interplanetary space, then the Langmuir waves are converted into electromagnetic waves observed as type III bursts. It is therefore generally assumed that the frequency of type III bursts reflects the plasma density in the solar corona and/or interplanetary space where the radio waves are generated, and their frequency drift reflect the plasma density distribution and the velocity of high-energy electrons.

It is well known that density distributions of the solar plasma differ depending on the activity of solar surface area (ex. Aschwanden and Acton, 2000). This implies that the plasma density distribution roughly varies with the solar activity cycle and therefore the frequency drift rates of type III bursts might show solar cycle dependence since the drift rate should reflect plasma density distributions along the paths of high energy electrons and also their energies. Although the occurrence rates of type III bursts are known to show a positive correlation with solar activity, our knowledge for solar cycle dependence of the drift rates has been still limited (ex. Zhang et al., 2018).

In this study, we have investigated statistical occurrence features of type III bursts, especially drift rate, flux density and their mutual relations, to clarify their solar cycle dependence. For this purpose, we have tried to make statistical analyses of type III bursts using a database of solar radio spectra observed with the Nancay Decameter Array (NDA) in France since 1977. We have analyzed the low-resolution data (175 kHz frequency resolution, 1 second time resolution) of the Nancay Decameter Array (NDA) in Paris, France. Although the observation frequency range of NDA is 10MHz-80MHz, we have used the spectra for 30-80MHz to avoid hard artificial radio noises below 30MHz.

In this analysis, an automatic burst detection system was newly developed to make the statistical analyses. First, candidates of solar radio bursts were picked up as the ones whose radio flux exceeded some threshold level. Second, more plausible candidates as type III bursts were sorted out automatically as the bursts appearing continuity in the frequency and time domains at some extents and also with the negative frequency drift. Next, we visually identified the detected burst candidates, classified the type III bursts and those that were not, and developed a Convolution Neural Network (CNN) that detects type III bursts. Finally, we identified the type III burst from the CNN results through a visual check.

Using the developed automatic detection system, analyses for the NDA data observed in the solar cycle 24 have been performed. A preliminary result shows that the number of detected type III bursts in 2017 (near the solar minimum) was reduced to about 2/5 compared to that in 2013 (around the solar maximum) and frequency drift rate was somewhat higher in 2017 than 2013. In the presentation, we will introduce the automatic type III bursts detection system and show solar cycle dependence for the occurrence characteristics of type III bursts based on statistical analysis with the discussion of their background processes.

Acknowledgments: The solar radio spectrum data was provided by the Nancay Observatory, Observatoire de Paris, France. We would appreciate Dr. L. Lamy and the NDA operation group.

太陽電波Ⅲ型バーストは、フレアに伴って出現する突発的な電波放射の一つである。その出現周波数は GHz 帯から kHz 帯まで広範囲におよび、大きな負の周波数ドリフトを示す特徴を持つ。Ⅲ型バーストの発生過程として、磁気リコネクションによって生成・加速された高エネルギー電子が太陽コロナ中のプラズマを伝搬する際に Langmuir 波を励起し、更に Langmuir 波が電磁波に変換され放射されると考えられている。従って、Ⅲ型バーストの周波数は電波が発生する太陽コロナ中のプラズマ密度を反映し、その周波数ドリフトはプラズマ密度分布と高エネルギー電子の速度を反映すると想定される。

太陽コロナのプラズマ密度分布については太陽表層域の活動状態によって異なることが知られている (ex. Aschwanden and Acton, 2000)。このことは、太陽周期活動の時間スケールで考えた場合、プラズマ密度分布が広域的には太陽活動度に応じて異なることを示唆する。Ⅲ型バーストと太陽活動度との関係については、その出現頻度が活動度と正の相関を示すことは知られている。その一方で、コロナのプラズマ密度分布や電波励起源の高エネルギー電子速度が関係する周波数ドリフト率の太陽活動度との関係については、解析例は限られている (ex. Zhang et al., 2018)。そこで本研究では、太陽周期活動の時間スケールで、Ⅲ型バーストがどのような出現特性 ~ 周波数ドリフト

率、出現強度～を示し、それがプラズマ密度分布や高エネルギー電子速度とどのような関係を持つかを明らかにしていくことを目的に、長期的なⅢ型バーストのスペクトル出現特性の解析を試みた。

この目的のために、本研究では、長期間の太陽電波スペクトル連続観測が行われているフランス パリ天文台 Nancay Decameter Array (NDA) の低分解能データ（周波数分解能 175kHz、時間分解能 1sec）を使用し、Ⅲ型バーストの出現特性解析を行った。NDA の観測周波数は 10MHz-80MHz であるが、今回使用する周波数帯域は人工ノイズの混入が少なく、Ⅲ型バーストの検出が容易な 30-80MHz とした。

解析では、Ⅲ型バーストの統計的な出現特性を捉えるために、Ⅲ型バーストの自動検出プログラムを作成した。電波観測データに対して周波数毎にバーストとして検出する閾値を設定し、閾値を超えたデータをⅢ型バーストの可能性のあるものとして抽出した。得られたデータについて、周波数方向、時間方向に連続性を持ち、周波数ドリフトの構造が確認できること、を追加条件としてプログラムで自動検出した。更に、検出したバースト候補について目視確認を行い、Ⅲ型バーストとそうでない現象の分類を行い、機械学習の教師あり学習を用いてⅢ型バーストを検出する Convolution Neural Network(CNN)を開発した。CNN の検出結果も目視確認を行い、最終的にⅢ型バーストを同定した。

開発した自動検出プログラムを用いて、これまでに、太陽活動周期 cycle 24 の極大期付近の 2013 年と極小期付近の 2017 年のデータ解析を行い、2013 年に比べ 2017 年は検出されたⅢ型バーストの出現率は約 2/5 に低下し、周波数ドリフト率は大きくなる傾向を確認した。現在、解析対象データを追加し周波数ドリフト率の長期変動特性の解析を進めている。

講演では、検出されたⅢ型バーストの統計解析に基づき、太陽活動度による長期変動特性を示すとともに、変動の背景にある物理過程の考察を行う。また、本研究で開発した自動検出プログラムの内容についても紹介を行う予定である。

謝辞：太陽電波スペクトルデータは、フランスパリ天文台 Nancay 観測所により提供された。L. Lamy 博士他 NDA 運用グループに感謝申し上げます。