

R007-06

Zoom meeting B : 11/2 PM2 (15:45-18:15)

17:00~17:15

太陽活動第23-24周期での Ordinary type III burst と Micro type III burst の出現特性の太陽活動依存性

#関 佑一朗¹⁾, 三澤 浩昭¹⁾, 小原 隆博¹⁾, 土屋 史紀¹⁾, 増田 智²⁾, 岩井 一正³⁾, 森岡 昭¹⁾

¹⁾ 東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター, ²⁾ 名大 STE 研, ³⁾ 名大 ISEE

Occurrence dependence on solar cycle for ordinary and micro type III bursts in solar cycles 23 and 24

#Yuichiro Seki¹⁾, Hiroaki Misawa¹⁾, Takahiro Obara¹⁾, Fuminori Tsuchiya¹⁾, Satoshi Masuda²⁾, Kazumasa Iwai³⁾, Akira Morioka¹⁾

¹⁾PPARC, Tohoku Univ., ²⁾STEL, Nagoya Univ., ³⁾ISEE, Nagoya Univ.

Type III bursts are one of intense solar radio emissions and generally show a large negative frequency drift. Some of them originate above solar active regions and appear with solar flares. These type III bursts are hereafter referred to as ordinary type III bursts. On the other hand, type III bursts sometimes appear as clusters which are characterized by thousands of short-lived type III bursts lasting for a few days or more than a week (type III storm). Morioka et al. (2007; 2015) proposed the term ‘micro type III bursts’, which are elements of a type III storm. They also suggested that micro type III bursts originate near the edge of coronal streamers and are not just weaker forms of the ordinary type III bursts because a distribution of emitted power flux is different from that of ordinary type III bursts.

Generation processes of type III bursts are thought that high-energy electrons originally generated with magnetic reconnections excite Langmuir waves in the solar corona and/or interplanetary space, then the Langmuir waves are converted into electromagnetic waves, which are observed as type III bursts. It is therefore generally considered 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 rates (DRs) reflect the plasma density distribution and the radial velocity of high-energy electrons. The radial velocity of high-energy electrons is determined by not only the velocity of high-energy electrons but the radial component of the magnetic field along which the high-energy electrons propagate.

It is well known that density distributions of the solar plasma differ depending on the activity of solar surface area (ex. Aschwanden and Acton, 2001). This implies that the plasma density distribution varies with the solar cycle and therefore the DRs of type III bursts might show solar cycle dependence. Although the occurrence rates of type III bursts are known to show a positive correlation with solar cycle, our knowledge for solar cycle dependence of the DRs has been still limited (ex. Zhang et al., 2018). Moreover, there has been no study that classifies types of type III bursts as ordinary or micro, and analyzes long-term variations of their DRs.

In this study, we have investigated occurrence features of DRs for ordinary and micro type III bursts to clarify their solar cycle dependences. 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). We have analyzed the low-resolution data (175 kHz frequency resolution, 1 second time resolution) of the NDA.

An automatic burst detection system was newly developed to make the statistical analyses. Threshold methods, Convolution Neural Network (CNN) methods, and least squares methods with curve fitting are applied to our detection system. From candidates of type III bursts detected by this system, we finally selected ordinary and micro type III bursts through a visual check.

Using the developed automatic detection system, we analyzed type III bursts for totally 10 years, 2012-2014 as around the solar maximum, 2007-2009 and 2017-2020 as around solar minimum, and detected about totally 3,500 simple well-isolated type III bursts, whose DRs are calculable. A preliminary result shows that the averages of DRs with a standard deviation at 40[MHz] for micro type III bursts are 5.7 ± 1.9 [MHz/s] and 6.6 ± 2.3 [MHz/s] around the solar maximum and minimum, respectively, while those for ordinary type III bursts are 6.3 ± 2.0 [MHz/s] and 7.0 ± 2.6 [MHz/s]. Although the differences in the average DRs are not more than 1σ for solar activities and types of bursts, the analyses suggest that the DRs for the ordinary type III bursts are larger than those of micro type III in both solar minimum and maximum, and the DRs for the solar minimum are larger than those for the solar maximum.

It is expected that larger DRs are produced by the energetic electrons moving faster (case-1), in steeper density gradients (case-2) and/or along magnetic fields with larger radial components (case-3). In order to understand the results of the DR differences, we are currently making careful evaluation especially for the possibilities of case-2 and 3.

In the presentation, we will show solar cycle dependence for the occurrence characteristics of both ordinary and micro type III bursts with the discussion of their expected 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.

Type III burst は突発的な太陽電波放射の一つであり、大きな負の周波数ドリフトを示す特徴を持つ。Type III burst がフレアに伴って発生する場合、その type III burst を ordinary type III burst と呼ぶ。一方、Type III burst には、顕著なフレアを伴わずに発生し、数多くの継続時間の短い burst が断続的に長期間出現する場合があります、この現象を Type III storm と呼んでいる。Morioka et al. (2007; 2015) では Type III storms を構成する個々のバーストを micro type III burst と名付けた。Micro type III burst は ordinary type III burst と比べ概して電波強度が弱く、coronal streamer の端付近で発生していることが示唆されている。

Type III burst の発生過程として、磁気リコネクションに起因して生成・加速された高エネルギー電子が太陽コロナ・惑星空間中を磁力線に沿って伝搬する際に Langmuir 波を励起し、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、Type III burst の周波数は電波が発生する場所の太陽コロナ・惑星空間でのプラズマ密度を反映し、その周波数ドリフト率はプラズマ密度分布と高エネルギー電子の沿磁力線方向の速度を反映することになる。プラズマ密度分布は、一般に動径方向の関数として与えられているため、周波数ドリフトの解析から Type III burst 発生に関わる物理過程・状態を考察するには、電子が移動する磁場の向きの情報も重要となる。

太陽コロナのプラズマ密度分布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, 2001)。このことは、太陽活動周期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。Type III burst 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と太陽活動度の関係についての解析例は限られている (ex. Zhang et al., 2018)。また、ordinary type III burst と micro type III burst を分別し、それらの周波数ドリフト率の長期変動を同時に探査した研究は今までなされていない。

そこで本研究では、

(1) 太陽活動周期の時間スケールで、ordinary type III burst と micro type III burst の周波数ドリフト率が出現特性を示すのか、

(2) その変動特性はどのような物理過程・状態でもたらされるのか、

を明らかにしていくことを目的に、Type III burst の周波数ドリフト率の長期変化の解析を行った。この目的のために、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) を使用した。

解析では、Type III burst の統計的な出現特性を捉えるために、Type III burst の自動検出プログラムを作成した。自動検出プログラムでは閾値法、CNN 法、そして曲線フィッティングを用いた最小二乗法を用いている。検出された Type III burst の候補から、今回の解析で扱う burst を目視で選定した。

開発した自動検出プログラムを用いて、2012 年-2014 年を太陽極大期付近の期間、2007 年-2009 年と 2017 年-2020 年を太陽極小期付近の期間とし、10 年分の観測データから約 3,500 イベントの解析可能な type III burst を検出した。40MHz での周波数ドリフト率の解析を行った結果、micro type III burst の周波数ドリフト率の平均値±標準偏差 (1σ) は太陽極大期付近で 5.7 ± 1.9 [MHz/s]、太陽極小期付近で 6.6 ± 2.3 [MHz/s] となった。一方で、ordinary type III burst の周波数ドリフト率は太陽極大期で 6.3 ± 2.0 [MHz/s]、太陽極小期付近で 7.0 ± 2.6 [MHz/s] となった。各バーストの太陽活動度による周波数ドリフト率の違いや、同じ時期のバーストの違いによる周波数ドリフト率の違いは何れも 1σ を超えないが、ordinary type III burst の方が micro type III burst よりも周波数ドリフト率が大きくなる傾向や、太陽極小期付近の burst の方が太陽極大期付近の burst よりも周波数ドリフト率が大きくなる傾向が見て取れる。

より大きな周波数ドリフト率を持つバーストを生成する要因として、☑高エネルギー電子の速度が速いこと、☑発生域のプラズマ密度が急勾配であること、および、☑電子伝搬路の磁場の向きが動径方向に近いこと、が挙げられる。現在、観測された周波数ドリフト率の特徴を理解するべく、特に☑と☑についての考察を慎重に進めている。

講演では、検出された Type III burst 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・状態の考察を行う予定である。

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。