

R007-11

Zoom meeting A : 11/1 PM1 (13:45-15:30)  
14:15-14:30

### <sup>3</sup>He 過剰太陽高エネルギー粒子現象における電子とIII型電波バーストの出現特性について

#藤本 達也<sup>1)</sup>, 三澤 浩昭<sup>2)</sup>, 土屋 史紀<sup>3)</sup>, 小原 隆博<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター,<sup>2)</sup>東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター,<sup>3)</sup>東北大・理・惑星プラズマ大気,<sup>4)</sup>東北大・惑星プラズマ研究センター

### The characteristics of electron events and type III radio bursts in <sup>3</sup>He-rich impulsive solar energetic particle phenomena

#Tatsuya Fujimoto<sup>1)</sup>, Hiroaki Misawa<sup>2)</sup>, Fuminori Tsuchiya<sup>3)</sup>, Takahiro Obara<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>PPARC, Tohoku University,<sup>2)</sup>PPARC, Tohoku Univ.,<sup>3)</sup>Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.,<sup>4)</sup>PPARC, Tohoku University

Solar Energetic Particles (SEPs) are protons, electrons, and heavy ions of 10 keV to several tens GeV generated with flares and coronal mass emissions (CMEs), which are explosive phenomena near the solar surface. SEPs are classified into two types; i.e., impulsive and gradual types, based on the elemental abundances and the time profile of ion flux variations. Also, it has been reported that a phenomenon called type III radio bursts, which are suddenly appearing emissions caused by flares, are often observed in the tens to hundreds of MHz band when impulsive SEPs occur [Cane et al., 1986; McDowell, 2003]. Type III bursts are thought to be generated by energetic electrons accelerated by magnetic reconnections during flares, which propagate along the open magnetic field lines. That is, an injection of the energetic electrons into the solar corona leads to the generation of Langmuir plasma waves, and the waves are converted into radio waves as Type III bursts where the radio wave frequency is as same as the local plasma frequency. Type III bursts appear in the frequency range from GHz to kHz, and show rapid negative frequency drifts. The spectral structure is considered to reflect the motion of accelerated electron beams.

Impulsive SEPs, also known as electron-based events, show higher ratios of <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He and Fe/O than general composition of the solar corona. <sup>3</sup>He-rich SEPs are commonly observed below 1 MeV nuc<sup>-1</sup> [Nitta et al., 2015] and they are often associated with 1-100keV electron events [Reames et al., 1985]. Temerin and Roth [1992] proposed that the electromagnetic ion cyclotron (EMIC) waves would exist in the accelerating region of the electron beams that generate type III bursts in the solar corona by a similar physical process of the electron beam generation to that in the Earth's auroral region. In this idea, EMIC waves are thought to play a resonator which selectively increases flux of ions, such as <sup>3</sup>He and Fe. According to this idea, it is expected that both the flux of impulse SEPs and the spectral structure of type III bursts include some features related to particle accelerations. In addition, if the amplitude of the EMIC wave works effectively in particle acceleration, it is also expected that the SEP flux, the intensity of the type III bursts and the flux of the energetic electrons that generate the type III burst might have positive correlations. However, there are few reports comparing characteristics of SEPs type III bursts from such a viewpoint, and the relationship between both of them has not been clarified well.

In this study, we have tried to make a detailed comparative analysis for impulsive SEP phenomena and type III bursts to elucidate relationship between both of them. We have analyzed energy and flux time profiles of SEPs using solar particle data observed with the ACE, WIND, and SOHO satellites staying around the L1 point. On the other hand, we have analyzed spectra of type III bursts using solar radio wave data observed with the WIND satellite, and ground-based solar radio telescopes AMATERAS of Tohoku University. In the presentation, we will report the results of the comparison studies for the characteristics of ion and electron fluxes of impulsive SEPs and those of the spectra and flux of the type III bursts, and discuss the relationship both of them including generation processes of impulsive SEPs.

Acknowledgments: Solar energetic particle data are provided by the ACE Science Center, NASA, and the Turku University Space Research Laboratory. We thank the operation groups of the ACE, WIND, and SOHO projects.

SEP (Solar Energetic Particle) は、太陽面での爆発現象であるフレアやコロナ質量放出 (CME) などに伴って放出される 10keV から数 10GeV の陽子、電子、重イオンである。SEP の出現様相は、その組成比やフラックスの時間変化から impulsive と gradual の二つのタイプに分類される。また、特に impulsive SEP の発生時には、フレアに伴って発生する突発的な電波の放射である III 型バーストと呼ばれる現象が、数十-数百 MHz の帯域においてよく観測されることが報告されている [Cane et al., 1986; McDowell, 2003]。III 型バーストは、磁気リコネクションによって加速された電子ビームが開いた磁力線に沿って伝搬する際に、背景プラズマとの相互作用によってプラズマ密度に対応したプラズマ波を励起し、そのプラズマ波が電磁波へと変換され生成されたものと考えられている。出現周波数は GHz 帯から kHz 帯におよび、時間とともに周波数が減少する負の周波数ドリフトを示す。そのスペクトル構造は加速された非熱的な電子ビームの運動の様子を反映していると考えられる。

Impulsive SEP は電子主体のイベントとも呼ばれ、高エネルギー粒子の中に <sup>3</sup>He の存在量が異常に増大する、<sup>3</sup>He 過剰現象を伴うものがあることが知られる。この現象は一般に 1MeV nuc<sup>-1</sup> 以下のエネルギー帯で観測され [Nitta et al., 2015]、1-100 keV の電子現象を伴うことが知られる [Reames et al., 1985]。また、コロナの一般的な組成と比較して <sup>4</sup>He に対する <sup>3</sup>He の割合が高く、また酸素に対して鉄の割合が高いという、特定のイオン種が高い存在比を示す特徴

を持つ。この特徴の成因として、地球磁気圏で生じている高エネルギー電子降り込み域で発生する電磁イオンサイクロトロン波(EMIC波)現象とのアナロジーから、太陽大気中のIII型バーストを生成する電子ビームの加速領域においてEMIC波が存在し、これと共鳴する $^3\text{He}$ やFeイオンが選択的にフラックス増大を引き起こすとするアイデアがTemerin and Roth [1992]により提案された。この通りである場合、impulsive SEP現象発生時に出現するIII型バーストのスペクトルには粒子加速に関わる特徴が含まれることが想定される。また粒子加速にEMIC波の振幅が効果的に働くのであれば、SEPフラックスとIII型バーストの強度およびバーストを生成する電子のフラックスとの間に相関関係が表れることが期待される。

しかしそのような観点でSEPとIII型バーストとの比較を行った報告は少なく、両者の関係については明らかにされていない。そこで、本研究では、impulsive SEP現象とIII型バーストの詳細な対照解析を行い、両者の関係を精査することを目的とする。

本研究では、SEPのデータとしてはL1点に滞留し太陽・太陽圏観測を行うACE, WIND, SOHO衛星の粒子観測データを用い、 $^3\text{He}$ 過剰現象発生時の $^3\text{He}$ と電子のエネルギースペクトルの比較解析を行った。太陽電波データとしてはWIND衛星および東北大学の太陽電波観測装置AMATERASの電波スペクトルデータを用いて、impulsive SEP現象出現時のイオンおよび電子の広いエネルギー範囲のフラックスのタイムプロファイルと、III型電波バーストのスペクトル構造及びメートル波帯の絶対強度との比較解析を行っている。本発表では統計解析に基づく両者の関連性について報告を行うとともに、impulsive SEPの加速過程について議論を行う予定である。

謝辞： 粒子観測データはACE Science Center、NASA、Turku 大学 Space Research Laboratory により提供された。ACE, WIND, SOHO の各運用グループに感謝申し上げます。