

太陽電波地上観測のための広帯域高感度高時間分解偏波スペクトル計の開発

岩井 一正 [1]; 土屋 史紀 [1]; 三澤 浩昭 [2]; 森岡 昭 [3]

[1] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [2] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [3] 東北大・理・惑星プラズマ大気

Development of a wide band spectro-polarimeter with high sensitivity and time resolution for ground-based solar radio observation

Kazumasa Iwai[1]; Fuminori Tsuchiya[1]; Hiroaki Misawa[2]; Akira Morioka[3]

[1] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [2] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.
; [3] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.

<http://pparc.geophys.tohoku.ac.jp/>

In the solar corona, there are many particle acceleration phenomena which are caused by the interactions between strong magnetic field and the high temperature plasma above 1 MK. Non-thermal electrons accelerated in coronal acceleration processes make Langmuir waves. Then the Langmuir waves are converted into o-mode waves and finally observed as some solar radio bursts. Therefore radio observations are very effective method to study particle dynamics in the solar corona.

Strong radio bursts such as Type-III and Type-II bursts have been studied well. On the other hand, the electron acceleration processes of weak radio bursts such as Type-I bursts have not been understood sufficiently. They are relatively weak but occur more frequently than strong flare related bursts. Therefore these bursts are considered to play an important role of the coronal particle acceleration processes. The purpose of this study is to realize an observation of solar radio bursts with high sensitivity and time resolution to research the particle acceleration processes of the type-I quantitatively.

Iitate Planetary Radio Telescope (IPRT) is a ground based radio telescope of Tohoku University set at the Iitate observatory in Fukushima prefecture. A physical aperture of the IPRT is 1023 square meter so the IPRT realize very high sensitivity observations. We have newly developed a radio observation system to observe the solar radio bursts with sufficient frequency range and high time resolution.

Type-I bursts are emitted in the frequency range between several tens of MHz to 500 MHz. Their typical flux density is about 20-40 Solar Flux Unit (S.F.U.) around 300 MHz. Thus we have to make observations at least in the frequency range between 100 MHz to 500 MHz with the minimum detectable sensitivity better than 0.8 S.F.U. (Signal-to-noise ratio is about 50.) The typical duration of individual burst element is 0.1 to 2 seconds. Therefore the required time and frequency resolutions are 0.05 seconds. Generally, Type-I bursts are highly polarized. Polarization information is important not only for identifying the burst type but also surveying plasma environment near the source region. The developed parts are summarized as follows.

Feed system: The developed feed system composed of three dipole elements to observe the wide frequency range.

Receiver system: At the first stage of the receiver system, signals are separated into left and right polarization components (LCP and RCP) in the polarization circuit. Then RCP is up-converted to higher frequency than LCP by 450 MHz using the superheterodyne system and then combined with LCP to observe both LCP and RCP using one frequency analyzer instrument simultaneously.

Digital frequency analyzer: Combined LCP and RCP signals are finally A/D converted and the spectrum are made by FFT in the frequency analyzer AC240 with time resolution of 10 ms and frequency resolution of 61 kHz.

Specifications of this system all meet the requirement to observe not only Type-I bursts but also many other metric solar radio bursts. In this presentation, we will introduce our science targets and the newly observed system with its calibration results and preliminarily observation results.

太陽コロナ中では 100 万度を越える高温プラズマと強力な磁場が相互作用して多様な粒子加速現象が発生する。コロナ中の粒子加速過程によって非熱的に加速された電子は、付近のプラズマ粒子を振動させることで静電波を起こし、それが電波に変換されることで地上では電波バーストとして観測されると考えられている。そのため直接探査が不可能な太陽コロナにおいて粒子のダイナミクスを研究するには電波観測が有効とされる。

太陽電波バーストの中でも Type-III や Type-II に代表される比較的大規模な電波バーストは多くの観測によってその発生過程が研究されている一方、Type-I に代表される比較的強度の弱い微弱バーストは、その発生メカニズムが殆ど解明されていない。このような微弱なバーストは放出されるエネルギー自体は小さいものの、発生頻度が高く、コロナ中の粒子加速現象の中では重要な位置を占める。そこで本研究では微弱な太陽電波バーストの高感度高分解観測を可能にすることによってスペクトルの特徴 (= 加速粒子の特徴) を明らかにすることを目的とする。

福島県飯館村に本研究グループが所有する STP 現象観測専用の大型電波望遠鏡 (IPRT) は開口面積が 1000 平方メートルを超える巨大な望遠鏡で、微弱な電波現象の高感度観測に有効である。我々は、この望遠鏡に装着するための太陽微弱バースト観測に特化した高性能観測システムを開発した。

観測で必要とされる仕様は、まず Type-I がよく出現する数十 MHz から 500MHz までをカバーし、300MHz 帯域に

おける Type-I の典型的な強度 20 S.F.U. を数%の変動まで認識できるよう、最小検出感度 0.8 S.F.U. 以下で観測可能とすることである。また Type-I は非常に継続時間が長い現象であるが、それは 0.1 秒程度の短い継続時間のバーストの集合体である。これらのバースト成分を個々に分解して解析するには 0.05 秒以下の高時間分解能が必要である。更にこの帯域で Type-I の重要な特徴である偏波を分析する機能が求められ、右回 (RCP) り左回り (LCP) の偏波成分は 0.05 秒以下の同期を保って保存される必要がある。これらの観測的要求に対して我々は以下の手法で目標スペックを満たしてきた。

給電部：広帯域観測を実現するために、エレメント長の違うダイポールアンテナを三種用いてアレイ状に組み合わせる方式を考案した。この結果、100-500MHz の帯域に渡り本研究の観測条件で最小検出感度 0.8S.F.U. 以下を達成した。

電波受信系：クロス式の給電部で受信された直交 2 成分の信号を初段の低雑音増幅器で増幅後、偏波分離回路によって LCP、RCP 偏波成分に分離する構成とした。また高い同期を保って LCP、RCP を記録するために両偏波を同一の周波数分析装置で記録する方法をとした。2 偏波に分離された信号はバックエンドで RCP 信号のみがヘテロダイン方式で 450MHz 高い周波数にアップコンバートされ、その後 LCP 信号と合成される。結果として LCP、RCP の 100-500MHz の信号を 1GHz 帯域の信号とした。

サンプラー：近年 Acqiris 社により FPGA を用いた高速処理が可能な広帯域 AD+FFT ボード AC240 が開発された。我々は太陽電波観測のためのスペクトル計としての性能評価および高速制御ソフトウェアの開発を行った。その結果 1GHz 帯域の信号を 10ms の時間分解能、61kHz の周波数分解能で安定に信号処理および出力保存することが可能となった。

完成した装置では 100-500MHz 帯域の LCP、RCP 成分を 10ms、61kHz の時間-周波数分解能で最小検出感度約 0.7S.F.U. 以下で観測可能となり、Type-I の観測に十分な性能を有するものとなった。本装置は Type-I のみならずメートル波帯域の他の電波現象に対しても貴重なデータを提供出来得るものである。講演では本観測装置の理学目標と開発された装置本体について、校正結果と初期観測結果を交えて紹介する。