

太陽電波観測用広帯域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

The development of wide band solar radio polarization spectrograph

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

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

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

There are many particle acceleration phenomena in the solar corona. Non-thermal electrons accelerated in the corona generate electrostatic waves (Langmuir waves). Then the Langmuir waves are converted into electromagnetic waves and finally observed as solar radio bursts. So radio observation is useful prove to study coronal particle dynamics. Among the various solar radio bursts, relatively strong phenomena such as Type-III and Type-II radio bursts have been studied well. However, the particle acceleration mechanisms which make relatively weak phenomena such as Type-I have not been understood.

To observe weak solar radio bursts, we are planning a solar radio observation using the Iitate Planetary Radio Telescope (IPRT) at Iitate, Fukushima. IPRT is a large radio telescope with 1023 square meter aperture and realizes very high sensitive observation. We are developing new observation system optimized to observe weak Type-I radio emission.

Type-I bursts are emitted in the frequency range of several tens of MHz to 500 MHz and its typical flux density is about 20-40 Solar Flux Unit (S.F.U) at 300 MHz. Usually, Type-I bursts are highly polarized and the duration of individual burst element is 0.1 to 2 seconds. So we want to observe the flux density and polarization in the frequency range of 100 MHz to 500 MHz with time resolution of 0.05 s. We have already developed a wide band feed system and high speed control system of frequency analyzer. In this paper, we will describe the development of new receiver system in detail.

In the front end receiver, signals detected by mutually orthogonal elements are amplified by preamplifiers and separated into left and right polarization components (LCP and RCP) in the polarization circuit. We made the polarization circuit using 90 degree hybrid devices. Our polarization circuit achieves more than 20 dB isolation in the frequency range of 100 MHz to 500 MHz.

In the back end receiver, RCP is up-converted to higher frequency than LCP by 500 MHz using the superheterodyne system and then combined with LCP. This system enables us to observe both LCP and RCP using the same frequency analyzer instrument simultaneously. This system needs low pass and high pass filters with highly accurate cutoff frequency and steep attenuation characteristics to prevent cross talk between LCP and RCP. We made low pass and high pass filters and attenuation characteristics of these filters are 20-30dB/50MHz near the cutoff frequency. Combined LCP and RCP signals are finally A/D converted and broken into spectrum by FFT in the frequency analyzer AC240.

In this presentation, we will introduce the new observation system with its calibration 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が観測される。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いえる。

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現象はその基となる粒子加速現象のダイナミクスが解明されつつある(磁気リコネクション、ショックなど)。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、コロナ中での粒子加速現象の中では重要な位置を占める。

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) はこれら微弱な太陽電波バーストの観測に有効である。この望遠鏡は開口面積が 1000 平方メートルを超える巨大な望遠鏡で、高感度な観測を可能とする。我々は、この望遠鏡に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新たに装着することで詳細にスペクトル形状を議論するべく、給電部、受信系を含めた観測システムを開発している。

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 までを最小検出感度 1S.F.U 以下で観測可能とすることである。これは Type-I の典型的な強度 20-40S.F.U を十分観測できる感度である。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。我々はこれまでに開口面の焦点部に置く広帯域偏波給電部および周波数分析器の高速制御システムを開発し、それぞれ目的の性能を達成してきた。それらに加え今回新たに受信系を開発しその性能を評価した。

開発した受信系では、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 L、R 偏波に分離する構成とした。本研究では広帯域偏波分離素子を用いた偏波分離回路を作製した。完成した偏波分離回路は 100-500MHz に渡ってアイソレーション 20dB 以上を達成した。

また 0.1ms 程度の継続時間を持つ Type-I のバーストエレメントの偏波解析のためには、高い同期を保って L、R 偏波

を記録する必要がある。そのために L、R 偏波を同一の周波数分析装置で記録する方法を取った。L、R に分離された信号はバックエンドで R 信号のみがヘテロダイン方式で 500MHz 高い周波数にアップコンバートされる。その後 L の信号と合成される。よって周波数分析器には 0-1000MHz までに L と R が 500MHz ずつ入力されることになる。この方式で L、R の各信号が混じることなく、かつ周波数帯域を広く保つためには、後段受信機に用いるフィルタは正確なカットオフ周波数と急峻な減衰特性が必要となる。本研究で作成したハイパスおよびローパスフィルタはカットオフ周波数付近で 20-30dB/50MHz の減衰特性を示した。合成された L、R 偏波信号は最終的に Acqiris 社製の周波数分析器：広帯域デジタル分光計 (AC240) によって A/D 変換および FFT 処理が行われ記録される。

講演ではこれら受信系の開発結果に加え観測装置全体の較正結果を紹介する。