太陽電波観測のための広帯域高時間分解能観測システム

Wide band and high time resolution spectrometer for the solar radio observation

岩井 一正 [1]; 土屋 史紀 [1]; 三澤 浩昭 [2]; 森岡 昭 [3]
Kazumasa Iwai[1]; Fuminori Tsuchiya[1]; Hiroaki Misawa[2]; Akira Morioka[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
[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/

太陽電波現象における Type-I noise storm は、フレアとの直接的な関係は薄いものの特定の活動領域から放射されることが知られており、近年は CME との関係も示唆されるなど極めて興味深い現象である。他の太陽電波に対する特徴として、狭帯域で継続時間が長く、強い円偏波を有している点が挙げられる。更に、Type-I の低周波側には時間的によい対応で Type-III storm が発生することも知られている。これらの現象を説明するモデルとしては、活動領域で加速された電子のうち、コロナ中の閉じた磁力線に捕捉された電子が、ラングミュア波を励起し、電波へのモード変換により Type-I を発生させ、一方、捕捉されない電子が Type-III storm を発生させるとするシナリオが考えられている。

しかし、電子加速のメカニズムについては幾つかのモデルが提唱されているものの、どれも観測を十分説明するには至っていない。この理由の一つとして、近年の研究は発生源の特性を明らかにする目的で、大型電波干渉計を用いた高空間分解観測が主流である点が挙げられる。電波干渉計は一般的に周波数方向にチャンネルが少ない。そのため広い周波数帯域に渡って連続した観測が出来ないという欠点がある。しかし Type-I のように、継続時間が短く、他の周波数帯域で起きる電波現象との関係が重要である現象の観測には、広帯域に渡って高感度かつ高時間分解のスペクトルデータが必要不可欠である。

そこで我々はこのようなスペクトルデータを得るべく、福島県飯舘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) を用いた太陽電波定常観測を計画している。システムに対する開発要素としては、以下の点が挙げられる。

観測では Type-I がよく観測される帯域の下限数十 MHz～上限 500MHz をカバーする必要がある。IPRT の焦点部には、ダイポールアンテナで構成された一次放射器の指向性を絞るために平面反射板が付いている。通常広帯域観測にはログペリオディックアンテナを用いることが多いが、平面反射板上では指向性の周波数変化が大きくなり広帯域観測に適さない。この問題に対して、我々は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、観測帯域内で太陽常時放射を銀河背景放射レベルに対して 10dB 程度で観測でき、指向性の周波数依存性の小さい給電系の設計に成功した。

本観測では、個々のバーストのスペクトル構造を解析するため 50ms 未満の時間分解能と 1MHz 未満の周波数分解能が必要である。電波スペクトル観測で一般的に用いられる掃引式のスペクトルアナライザでは、高速化が難しく、積分時間を確保できないため S/N が低い欠点がある。一方、高速 AD 変換と FFT 処理による方法も、処理に時間が掛かる問題があった。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、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を行った。その結果 10ms 未満の時間分解能で、安定に信号処理、出力保存が可能であることが分かった。我々のシステムを用いた広帯域観測では、人工電波混入によるサチレーションを回避するため 40dB 以上のダイナミックレンジが必要である。AD 変換の分解能は 8bit なので理論的なダイナミックレンジは 48dB であるが、スペクトルの平均処理により統計的にダイナミックレンジが広くなることを考慮した場合、線形性が確保されたダイナミックレンジが 60dB 程度となることを確認し、本研究で目的とする太陽電波観測に適している事が分かった。

講演では観測システムの開発状況や評価結果に加え、これらの観測システムを用いた太陽電波観測の初期結果も報告する予定である。