

木星デカメータ電波に対する遅延時間解析

Delay time analysis for determining the source structure of Jovian decametric radiation

中城 智之 [1]; 大家 寛 [2]; 小野 高幸 [3]; 飯島 雅英 [4]

Tomoyuki Nakajo[1]; Hiroshi Oya[2]; Takayuki Ono[3]; Masahide Iizima[4]

[1] 福井工大・宇宙通信; [2] 福井工大・宇宙通信; [3] 東北大・理; [4] 東北大・理・地物

[1] Space Commu. Fukui Univ.; [2] Space Commu. Fukui Univ. Tech.; [3] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [4] Geophysical Inst., Tohoku Univ.

1. 序論

太陽フレアや木星のオーロラ発光に伴い、デカメータ帯で電波放射が生じることはよく知られている。これらの電波は放射電力が非常に大きく、かつ時間的に激しく変動する出現特性を持ち、コヒーレント性の放射であることを示している。木星デカメータ電波は双極子磁場を持つ惑星が放射するコヒーレント電波として地上で観測可能な唯一の電波源であり、その特徴を明らかにすることは重要な意味を持っている。これまで東北大学のグループがその電波源分布を明らかにするために基線長 100km 級の長距離基線干渉計観測を行ってきたが、地球電離層の影響の除去の問題は、今後に残されていた。

本研究では、福井工業大学と東北大学との共同研究として、木星デカメータ電波の電波源分布を求めることを目的とした長距離基線干渉計観測法およびデータ解析法の検討・開発を行っている。この研究の一環として、今回、相互相関関数を用いた遅延時間解析の手法の検討結果について報告する。

2. 遅延時間解析

遅延時間解析は、各観測点で受信された信号の相互相関関数から遅延時間を求める手法である。宇宙から到来する電波は一般にインコヒーレントで白色雑音に極めて近い特性を持っている。したがって、電波源が点源であれば、受信機の帯域幅と通過中心周波数を適切に選択することにより、相互相関関数はデルタ関数に類似した波形となる。このとき、相互相関関数のピークが最も高くなる遅延時間が、求める遅延時間である。相互相関関数は相関をとる2基のアンテナで構成されるアレイアンテナでは、遅延時間は到来方向に置き換えられるので、指向性とみなしてよい。この解析法では、周波数空間において位相差を求める方法と比較して、電波源位置に2の任意性が生じないメリットがある。また、相互相関関数を求めることは2基のアンテナ系の受信方向をデジタル的に変化させていることに等しく、天球の全ての方向を走査することと等価となる。しかし、指向性を高めるには基線長を大きくし、かつ広帯域の観測とする必要がある。

3. 使用データ及び解析結果

2002年4月16日19時20分から19時40分(JST)に、東北大学の米山および飯館観測局の基線(基線長111km)で受信された木星デカメータ電波(Io-B電波)の観測データから、最も受信強度が強い19時37分09秒~10秒(JST)の1秒間のデータを選択して遅延時間解析を行った。各局における観測システムは、受信アンテナとして20MHzから40MHzに感度を持つ9素子対数周期アンテナを採用しており、受信信号は前置増幅部で25dB増幅の後、2系統の3段スーパーヘテロダイン方式受信機により、中心周波数10kHz(帯域幅10kHz)の信号に変換される。この信号を各観測局で独立に50kHzでサンプリングし、HDDに保存している。信号の位相安定性を確保するために、セシウム周波数標準が使用されている。得られた相互相関関数は、中心周波数10kHz、帯域幅10kHzの白色雑音の相互相関関数と非常に良く一致する結果となった。また、相互相関関数のピークの広がり約50マイクロ秒となった。これは約8度の指向性半値幅に相当し、各観測局で用いている9素子対数周期アンテナの半値幅60度に対して52度の改善となっている。

3. 結論と今後の展望

遅延時間解析により求められた相互相関関数の波形から、今回解析に用いた木星デカメータ電波は、白色雑音とみなしてよい特性を持つことがわかった。木星デカメータ電波源は基本的にコヒーレント性を持つが、多数の電波源がグループ化していて、それらが互いに独立な多数のコヒーレント電波源から構成されていることを示すものである。また、基線長111km、帯域幅10kHz、中心周波数10kHzの観測においては、指向性の半値幅を8度まで絞れることが示された。今回の解析結果より、基線長および受信帯域幅を拡大することにより、木星デカメータ電波の観測に対して、さらに指向性を鋭くした観測が可能になると考えられる。例えば、帯域幅2MHzの広帯域受信機を開発し、福井工業大学あわらキャンパスと東北大学の観測局で構成される400km級長距離基線干渉計で観測を行うことにより、木星視直径(40秒角)に近い約47秒角の非常に鋭い指向性が得られることが期待される。