

木星デカメータ電波源位置の同定のための5周波数干渉計システムの開発

Development of five frequency interferometer system to identify Jovian Decametric Radiation Sources

中城 智之 [1], 大家 寛 [2], 小野 高幸 [3], 飯島 雅英 [4], 大矢 克 [2]

Tomoyuki Nakajo [1], Hiroshi Oya [2], Takayuki Ono [3], Masahide Iizima [4], Masaru Oya [5]

[1] 東北大・理・地球物理, [2] 東北大・理・地球物理学, [3] 東北大・理, [4] 東北大・理・地物

[1] Astronomy and Geophysics Sci., Tohoku Univ., [2] Geophysical Ist. Tohoku Univ., [3] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ., [4] Geophysical Inst., Tohoku Univ., [5] Geophysical Institute, Tohoku University

干渉計による木星デカメータ電波源の位置決定は、地球電離層の影響によって困難であるとされてきた。しかし、当研究グループでは、この影響を除去することを目的として、これまでの3基線干渉計システムを拡張した5周波数観測システムの開発を行った。本研究では、システムの開発及び安定性の調整を行い、1998年10月9日のIo-B電波源の観測において木星デカメータ電波の受信に成功した。解析の結果、地球電離層の球面効果にもとづいて得られる方程式を最小自乗法を交えて解くことによって、電離層の影響を除去することが可能であることが示された。

[序] 木星デカメータ電波の発生機構の究明のため、電波源での電波放射に関するモード決定が重要である。この、モード決定は、偏波観測とともに源での磁場情報によって電波源位置の情報がそろって初めて可能となる。このため、電波干渉計の観測は不可欠であるが、しかし、必要とする基線長が100km程度であることから、地球電離層の影響により、数10秒角までその位置を決定することは困難であるとされてきた。しかし、当研究グループでは、電離層特にTEC(Total Electron Contents)の影響を除去することが可能であるとの見解に立ち、多周波数観測システムを開発してきた。

そこで、過去において開発してきた2周波数干渉計の実績の上に立ち、本研究では、電離層に対するさらに詳細な補正に対応するために、5周波数観測システムの開発を行った。システムは基本的には既に構成されてきた100km級2周波数干渉計システムにおいて受信周波数を拡張したもので、受信系・テレメータ系、そして通信制御系からなるシステム機能を持っている。多周波数の観測は、同一受信系統を第1局部発振周波数を切り替える方式を取り、干渉計システムにおいて最も重要となる位相安定性については、影響の大きい第1局部発振器、主受信機、周波数標準の3つについて、厳密に測定および調整を行い、ダイナミック・レンジの設定を行った。観測は、1998年10月9日、Io-B電波源からのデカメータ電波受信に成功することから開始され、データ解析に入った。

[システムの開発と安定性] 5周波数干渉計システムは、(1)受信・テレメータ伝送系、(2)5周波数切替機能、(3)システム運用機能、の3つの基本的要素から成る。本研究では特に(2)について新たな開発を行っている。5周波数切替機能は、観測周波数を選択する第1局部発振器において、位相同期方式を用いた5台の発振器をリレーで切り替える手法を採用した。当面、観測周波数は、22.1126、22.3470、22.5033、22.8157、22.9329MHzに設定し、切替の具体的な設定については次の点に留意した。(1)切替の1掃引に要する時間がフリンジの最小周期より十分短い(2)干渉処理に必要な積分時間の確保(3)切替タイミングの判別のため、1掃引毎に出力を0にする(4)電話回線とテレメータから成るコマンド及びAnswer Back Systemによって、各観測局間の切替タイミングの同期をとる。といった点で、5周波数切替機能は、木星デカメータ電波のフリンジを得るための基本的な性能が確保されていることが示されている。また、システム相互間の位相安定性は、(1)第1局部発振器： $\pm 5^\circ$ 、(2)主受信機： $\pm 5^\circ$ 、(3)周波数標準：10分間の短期安定度で $\pm 10^\circ$ が実現されている。したがって、10分程度の観測においては $\pm 20^\circ$ の精度が確保され、木星視直径の約1/20のゆらぎに相当することとなっている。よって、木星デカメータ電波源の位置決定において、システムの安定性の面からは充分なものとなっている。

[観測及び解析] 観測は、東北大学の川渡、蔵王、米山の各観測局から成る3基線干渉計網を用い、1998年10月8日より実施に入り、ダイナミック・レンジを約20dBに設定して、1998年10月9日、Io-B電波源に対し、5周波数での受信に成功した。解析は(1)フリンジ位相の決定(2)TECの影響の除去の二段階に分かれるが、(1)については $\pm 20^\circ$ の精度で決定が行われた。TECの影響の除去については、

(A)同一基線で周波数の異なる観測値に対する方程式を解く方法は、観測周波数が近接しているため係数の独立性が小さく、安定解が得られない。一方、

(B)異なる基線間に得られる方程式系では、電離層の球面効果にもとづく係数の独立性が確保されることが示され、この方程式を最小自乗法を交えて解くことに成功し、電波源位置が決定された。短時間に電波源が南北両極間を移動する場合があることが判明した。