

木星デカメータ電波多周波数干渉計システムの開発

Development of the multiple frequency interferometer system for identification of Jovian Decametric Radiation Sources

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] 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 Inst. Tohoku Univ., [3] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ., [4] Geophysical Inst., Tohoku Univ.

木星デカメータ電波の発生源におけるモードを直接的に決定するには、干渉計による観測が不可欠である。当研究グループでは、TEC (Total Electron Contents) の影響を除去し電波源位置の決定のために、多周波数干渉計システムの開発および観測を行っている。現在の実験段階では、十分な精度で電波源位置情報を取り出すためには位相フリッジの観測精度を 2° 以下にする必要があることが明確になった。そのために、(A) フリッジ計測チャンネル数の拡大 (B) 遠距離ベースラインにわたる位相較正システムの構築を行った。この改良の結果、 2° の精度でフリッジ位相を決定でき、十分な精度で電波源位置情報を求めることを可能にした。

[序] 木星デカメータ電波の発生源の機構を明確にする鍵となる伝播モードを直接的に決定するためには、発生源の南北の同定が不可欠でそのため干渉計による観測が不可欠である。本研究グループではそのため電波源の mapping を目標とするが、その際、電離層における Total Electron Contents (以下 TEC) の影響を除去する必要がある。このため当研究グループでは多周波数干渉計システムの開発およびそのシステムによる木星デカメータ電波の観測を行ってきた。解析の結果、方式の正しさが証明され、電波源位置情報に関するいくつかの重要な示唆は得られたものの、未だ十分に TEC の影響を除去しきれないという点も明らかにされた。すなわち、十分な精度で電波源位置情報を取り出すためにはフリッジ位相の計測精度をこれまでの 10° 以下という制限から 2° 以下にすることが結論された。本発表では、フリッジ位相の計測精度を高めるために必要とするシステムの改良点と、その改良によって得られる計測精度の見積もりについて報告する。

[システム概要] 過去の開発の積み重ねによって完成している東北大学多周波数干渉計システムは、100km 級干渉計網 (宮城県川渡、蔵王、米山、福島県阿武隈) を基礎にして、多周波数観測機能を付加することによって多周波数干渉計が構成されていて、受信系・テレメータ系、そして通信制御系からなっている。受信系には三段のスーパーヘテロダイン方式を採用しており、9 素子対数周期アンテナで受信された信号は最終的には 1kHz にダウンコンバートされる。その後、テレメータによって仙台局に送信され、リアルタイムで A/D 変換が行われた後、ソフトウェアで干渉処理がなされる。多周波数での観測機能は、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発振器をリレーで切り替えることによって実現しており、現在では 2 周波数と 5 周波数の観測が可能である。多周波数観測時には、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っている。また、システム相互の位相安定性については、(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。

[解析結果] 本システムの川渡、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 9 日、Io-B 電波源に対して得られたデータについて解析を行った。解析手法としては、最小自乗法 (およびリッジ推定) と反復計算法を用いた。観測周波数が近接しているため相対誤差が拡大し安定解が得られない傾向にあるが、リッジ推定法と反復計算法では、電波源が比較的限られた領域に安定的に存在することが示唆された。しかしながら、どちらの手法においても、誤差が必要とする threshold を越していることが判明し、システムティックに TEC の影響を除去し得ないことが結論された。

[システムの改良] 以上の解析結果からは、十分な精度で電波源位置の変動の情報を得るためには、(1) 観測周波数の差を拡大する (2) 観測精度を向上させる、という 2 つの方向性が示されるが、木星デカメータ電波の発生帯域幅を考えると (2) の解決がより望まれる方向である。そこで、我々は現在、システムの位相測定精度を向上させる目的で、(A) 多チャンネル方式の採用 (B) 長距離ベースライン間の位相較正システムの構築、の 2 つの改良を行う。(A) は、同じ位相フリッジが得られる許容周波数範囲で平均化操作を行うため実質的な試行回数を増やすことが目的であり、理論検討の結果は約 1° の精度が実現できると見積もられた。また (B) は、系統的なシステム位相変動を除去するためには必要不可欠なもので、周波数標準を基準にして作られる較正信号をフロント・エンドから印加し位相較正を行う方式をとる。この点についても各局の較正信号間の位相安定性から、 1° の精度で系統的にシステム位相変動を検出可能にしている。