

デカメータ電波長距離干渉計網の開発とアンドロメダ星雲ブラックホール探査への応用

Development of DAM Interferometer Network and Observations of Black Holes in Andromeda Nebula

大家 寛[1], 飯島 雅英[2]

Hiroshi Oya[1], Masahide Iizima[2]

[1] 福井工大・宇宙通信, [2] 東北大・理・地物

[1] Space Commu. Fukui Univ., [2] Geophysical Inst., Tohoku Univ.

100 km級のベースラインをもつ東北大学における惑星デカメータ電波干渉計網においては、テレメータ電波で受信信号波形を仙台に直送し実時間干渉計網を構成している。本研究はこの干渉計網に対し、1) 遠距離通信による位相制御の実現、2) テレメータ受信点で1 kHz帯に周波数変換された信号に対する位相制御器の開発製作を通じ、電波源位置を0.1精度で確定する方式を確立した。これにより、アナログ段階で干渉計相関を得てS/N比を向上することが可能となり、230万光年を距ったアンドロメダ星雲中心部にあるブラックホール群からのパルス電波源位置を1光年の精度で決定し、所期の目的を達成した。

1. 序

東北大学理学部では木星デカメータ電波源の位置測定を目的として100 km級ベースライン干渉計網を設立している。それらは川渡(A局) 蔵王(B局) 米山(C局) および飯館(D局)よりなっていて、観測データはテレメータにより中央局である仙台局に直接伝送されている。本研究ではこの干渉計網に二つの位相制御系方式を開発導入し、

0.1角の精度で電波源位置を定めることに成功した。すなわち、i) 各局受信機に対し455 kHz帯で中央局からの指令により遠距離位相制御をするシステム、ii) 各局からの中心周波数1 kHz帯域 ± 500 Hzにおける信号を仙台局において位相制御する方式の開発と製作である。これらの制御システムを導入した後、カシオペアA電波源を較正に使い、電波源位置の確定を行った。このシステムの応用として実時間干渉計によりアナログ段階でS/N比を向上させることができることが利点となり、特にアンドロメダ星雲中心部にあるブラックホール群からのパルス電波の観測が実施された。

2. 遠距離位相制御方式

A, B, C及びD局間に可能となる干渉計ベースラインのうち、D局に対する三つの組み合わせ、A-D, B-D, C-D間の信号に対し干渉計の相関を求め目標電波源を追尾するため、A, B, C各点で位相制御を行う。このため中央局から電話線経由で位相制御信号を伝送する方式をとった。位相制御は内蔵するバリキャップの電圧がコンピュータ制御されるシステムを開発し、仙台局より遠距離制御を行う。

3. テレメータ受信端段での位相制御方式の開発

1 kHzに周波数変換された観測周波数はテレメータ信号によって伝送される。この信号はすでにA-D, B-D, C-D間位相が目的電波源に対して制御されているが、さらにB局に関する干渉計ベースラインの組合せ、A-B, C-Bの情報に対してアナログ段階で相関を求めることが出来る。したがって180°遅れの点を選択し、アナログ位相制御を行う方式を立て、位相制御器を開発した。開発された装置の回路構成の基本はオペレーションアンプを用いた一次遅れ回路のシリーズよりなる。しかし位相推移の周波数依存性が大きいいため、950 Hz - 1500 Hzにわたる信号に対して $\pm 15^\circ$ の精度で制御するためには50 Hz帯域で12チャンネルに分割して、さらに3チャンネルづつをクラスターにして、一次遅れ回路からの取り出しをコンピュータ制御されるリレーによっている。

4. 方式の特徴

この方式の特徴は4観測局からなる干渉計網で可能となる6基線の全ての情報を目的電波源からの信号を検出する相関動作に使うことを可能にする点にある。一方、1 kHzでの位相制御は相対帯域が100%にも広がる広帯域性をもつため、位相制御方式の複雑化は避けられない。しかしこの問題を一次遅れ回路と取り出しリレーの組合せで実現可能とした意義は大きい。

5. アンドロメダ星雲中心部への応用

アンドロメダ星雲中心部より到来するパルス群の電界レベルは、ダイポールアンテナの指向性をもって検出する場合、そのS/N比が 10^{-4} にも落ち、12bit A-D変換器の最小ビット 4.8×10^{-4} に対し約 $1/5$ であって、デジタルデータとしては検出不可能となっている。しかし本研究により開発された干渉計によりアナログ段階で相関検出が実施され、S/N比を 10^{-3} 以上とする目標が達成されることになり、アンドロメダ星雲において1光年の誤差で星雲の中心部より到来するデカメータ電波パルス群を探查することが可能となった。