

電波単一鏡偏波観測の較正手法の確立

水野 いづみ, 亀野 誠二 (鹿児島大学)

萩原 喜昭, 鈴木 駿策, 亀谷 収, 久慈 清助 (国立天文台)

概要

単一鏡電波観測による偏波較正の手法を確立している。遅延、D-term の補正手法を提案し、VERA 水沢局で試験観測した。遅延の計測・補正はでき、観測データに適応できた。そして、Orion KL の増光している水メーザの周波数で 59% の直線偏波を計測した。D-term の計測・補正は、D-term の不安定だったことから計測できなかった。

1 はじめに

1.1 研究背景

偏波観測では右旋偏波, 左旋偏波を別々に信号伝播させ Stokes parameter を算出する。右旋偏波と左旋偏波間の伝播経路差により遅延が生じる。さらに、信号伝播の際に交差偏波が生じる。遅延と交差偏波により Stokes parameter が変化する為に交差偏波の割合, D-term と遅延を求め較正する必要がある。単一鏡による遅延の補正手法は確立されていない。D-term の較正手法は (Cenacchi et al., 2009) で提案されたが、周波数依存性がある D-term を定数として扱っている・アンテナ鏡面の D-term を無視しているという問題がある。

1.1.1 stokes parameter

望遠鏡から出力される右旋偏波 (R), 左旋偏波 (L) を用いて偏波を表す Stokes parameter (I, Q, U, V) を以下のように算出する。電波強度を表す Stokes I は $(RR^* + LL^*)$ 、直線偏波の強度を表す Stokes Q と U は、 $Q = (LR^* + RL^*)$, $U = i(RL^* - LR^*)$ 、円偏波強度を表す Stokes V は $(LL^* - RR^*)$ となる ($*$ は複素共役)。無偏波天体に対しては R と L の相関が無いので $Q = U = V = 0$ となる。

1.1.2 D-term の偏波観測への影響

信号伝播における R と L の混信の比率を D-term という。 R は L への混信により $\hat{R} = R + LD_L$, ($\tilde{D}_L = D_L e^{-i\varphi_L t}$) に L は R からの混信により $\hat{L} = L + R\tilde{D}_R$, ($\tilde{D}_R = D_R e^{-i\varphi_R t}$) に変化する。無偏波天体は本来 R と L の相関がないが交差偏波によって $\langle \tilde{D}_L LL^* \rangle +$

$\langle \tilde{D}_R RR^* \rangle$ の相関が観測され偏波しているようにみえる。

1.2 研究のゴール

遅延、システム全体の周波数毎の D-term の計測手法を確立し、偏波計測精度を向上することが本研究の目的である。

2 偏波観測

2.1 VERA 水沢局受信システム

R と L を polarizer で直線偏波に変換して受信した後、独立な信号系統で伝達する。 R と L の相互相関は Phase cal detector (PCD) で取得し、それぞれの自己相関 (のフーリエ変換対であるパワースペクトル) はソフトウェア相関機 VESPA で取得した。

2.2 遅延の計測法

遅延は電波吸収体を給電部にかぶせたときの相互相関関数から算出する。電波吸収体を給電部にかぶせると、アンテナ鏡面の D-term のが応答しない。そのため、相互相関関数には遅延に対応する時間に 1 つのピークが現れる。よって遅延を計測し、補正する事ができる。

2.3 D-term 計測法

無偏波天体, 直線偏波天体, 電波吸収体を複数の Field Rotator の回転角と Parallax angle で観測し D-term を計測する。

- アンテナシステム全体の D-term の計測
直線偏波天体を観測すると Parallaxic angle の変化に従って天体由来の右旋偏波と左旋偏波の相互相関関数が変化する。一方交差偏波由来の相互相関は一定である。これを利用してシステム全体の D-term を計測する。
- 鏡面由来の D-term を分離
VERA には Field Rotator (FR) がついており鏡面より下流のシステムが回転する。FR を回転させると天体と鏡面の交差偏波由来の相互相関が変化する。さらに、給電部に電波吸収体を被せて受信した両偏波の信号をとることで、鏡面の交差偏波を排除し、給電部以降の信号系での D-term を計測できる。これを利用して鏡面由来の D-term をシステム全体の D-term から分離する。

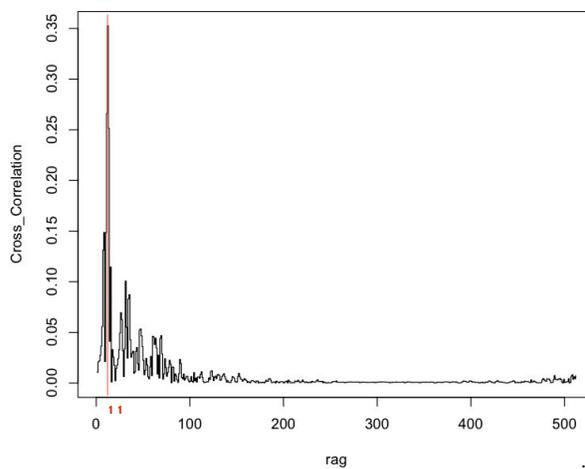


図 1:電波吸収体を給電部にかぶせたときの R,L 間の相互相関関数。
横軸ラグ, 縦軸相互相関関数。

2.4 観測情報

望遠鏡: VERA 水沢局

観測日: 2011/10/7, 8

天体:

無偏波天体	3C 84	Jupiter	NGC 7027	
直線偏波天体	3C 375	3C 286	3C 279	Ori KL

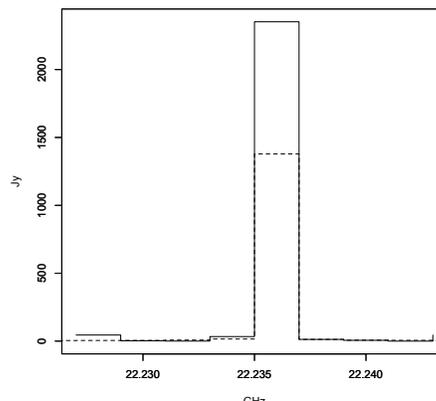


図 2:実線がパワースペクトルが、破線がクロスパワースペクトルを表している。

3 結果

観測した全ての天体について相互相関関数、クロスパワースペクトル、パワースペクトルを算出した。以下にその一例を示す。図 1 より、電波吸収体は 1 つの大きいピークが存在した。ピークがある位置は 11nsec であった ($1\text{rag} \sim 1\text{nsec}$)。Orion KL で増光している水メーザーの周波数に、クロスパワースペクトルのピークを検出した (図 2) パワースペクトルとクロスパワースペクトルの比は 59% だった。さらに、Ori KL の偏波角と視野回転角の比較 (図 3) より視野回転角と偏波角の変化の仕方が一致していることがわかる。無偏波天体のクロスパワースペクトルを図 4,5,6 に示した。ピークの位置、形が天体によって変化している。

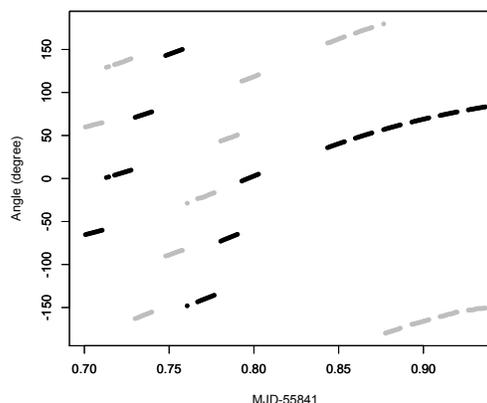


図 3:灰色が Orion KL の水メーザーのクロスパワースペクトルの位相、黒が視野回転角 2(PA+FR) を表している。横軸が時間、縦軸が角度。

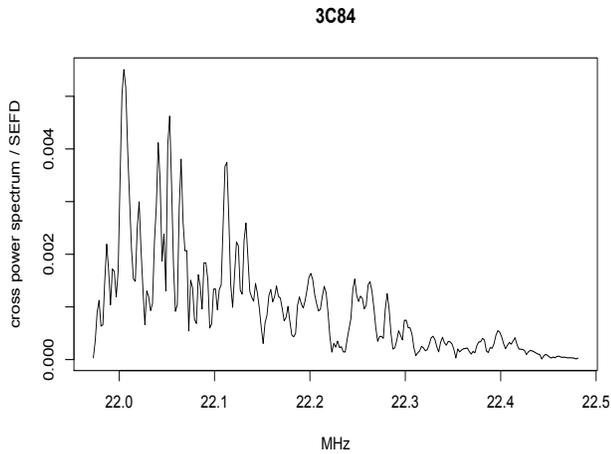


図 4:3C 84 のクロスパワースペクトル。

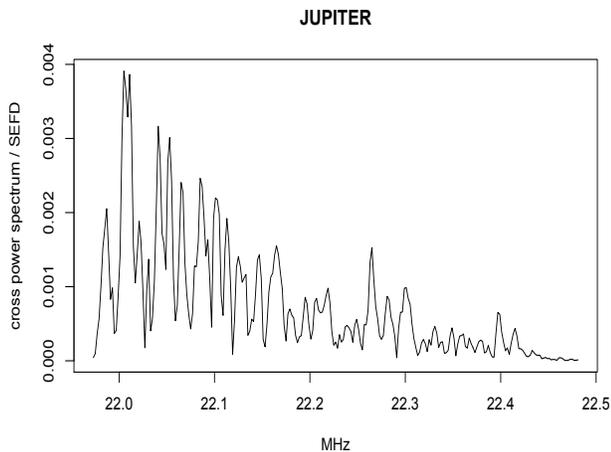


図 5:Jupiter のクロスパワースペクトル。

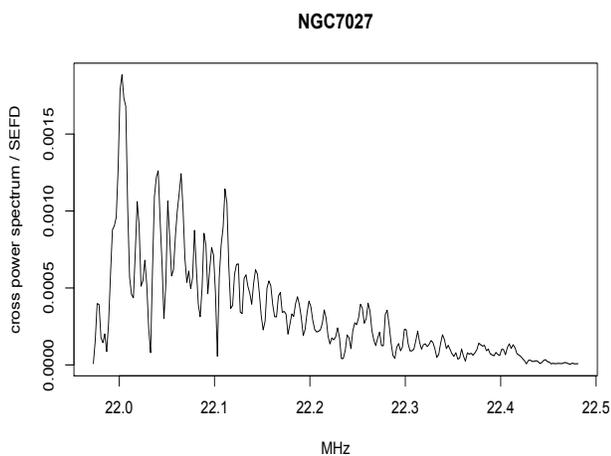


図 6:NGC 7027 のクロスパワースペクトル。

4 考察

- 遅延の計測
電波吸収体の相互相関に強いピークを 11nsec に検出した (図 1)。これは 11nsec に遅延があることを示している (2.2 章)。よって、11nsec の遅延を全ての観測について補正した。
- Ori KL の直線偏波
Orion KL の直線偏波を水メーザーが増光している周波数で検出し、偏波率は 59%であった (図 2)。Ori KL のクロスパワースペクトルの位相から算出した偏波角と視野回転角の差が一定である (図 3) ことから偏波が正しく測定できているといえる。
- D-term の不安定生
無偏波天体のクロスパワースペクトルが異なったピークを示した (図 4,5,6)。無偏波天体のクロスパワースペクトルは D-term の周波数依存性を表しているため、D-term が天体によって違うことは、D-term が、不安定であることを意味する。

5 KVN との協力

KVN(Korean VLBI network) アンテナの偏波観測データは安定している。よって今後は KVN のデータを用いて我々の手法の検証を行う。

6 まとめ

電波単一鏡偏波観測の較正手法を確立している。較正手法の検証のため VERA 水沢局で試験観測を行った。遅延の補正に成功し、Orion KL の強い直線偏波を検出した。D-term は不安定だったため計測できなかった。今後は偏波データが安定している KVN のデータを用いて我々の手法を検証していく。

参考文献

Cenacchi, E., Kraus, A., Orfei, A., & Mack, K.-H. 2009, A&A, 798, 591