

VERA 水沢局での両偏波観測報告

水野 いづみ, 亀野 誠二, 別府 浩寿 (鹿児島大学)
萩原 喜昭, 鈴木 駿策, 亀谷 収, 清水上 誠, 久慈 清助 (国立天文台)

概要

単一鏡電波観測による偏波測定の手法を確立している。VERA 水沢局で両偏波の相互相関とパワーを取得したところ、Ori KL の水メーザーで強い直線偏波を検出した。偏波観測の解析状況を報告する。

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。信号伝播の際交差偏波がおり Stokes parameter が変化する為に交差偏波の割合, すなわち D-term を求め較正する必要がある。較正には無偏波天体と直線偏波天体を用いる。電波干渉計観測では無偏波天体と見なせる天体を同定するのが困難であるため、較正の精度をあげるには電波単一鏡観測で D-term を較正する必要がある。(Cenacchi et al., 2009) で D-term の 2 次の項まで算出し偏波の計測精度が向上した。この手法は統計処理を加えることでさらに精度が上げられると考えている。VERA の小笠原, 入来, 石垣の 3 局では左旋偏波のみ受信しているが、水沢観測局の冷却受信機システムには、昨年度、VERA 両偏波受信の実証試験の一環として 22 GHz 帯の LNA が右旋偏波側に増設され、左右両偏波受信が可能になった。そこで D-term の手法の検証のため VERA 水沢局で偏波観測を行った。

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 $\hat{R} = R + L\tilde{D}_L$, ($\tilde{D}_L = D_L e^{-i\varphi_{L^*t}}$) 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

電波単一鏡観測により交差偏波の割合 D-term を計測し偏波較正を行うの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 D-term 計測法

無偏波天体, 直線偏波天体, absorber を複数の Field Rotator の回転角と Parallactic 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 Parallactic 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 absorber 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。

2.3 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 87	Jupiter	NGC 7027	
直線偏波天体	3C 375	3C 286	3C 279	Ori KL

3 結果

観測した全ての天体について相互相関, クロスパワースペクトルを算出した。以下にその一部を示す。Ori KL のクロスパワースペクトル, 図 1 に大きいピークが存在することから、Ori KL に強い相互相関が存在する事が分かる。さらに、Ori KL の偏波角と視野回転角の比較, 図 2 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。相互相関, 図 3, 4, 5 を比較すると天体の相互相関 (図 3, 4) が Absorber の相互相関 (図 5) よりピークが多く存在している。

図 1: Ori KL のクロスパワースペクトル。横軸周波数, 縦軸 R, L の相互相関の大きさ。

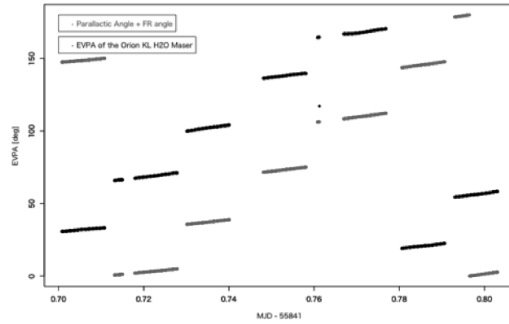


図 2: Ori KL のクロスパワースペクトルの位相から算出した偏波角 (赤) と視野回転角, PA+FR (黒)。横軸ラグ, 縦軸角度。

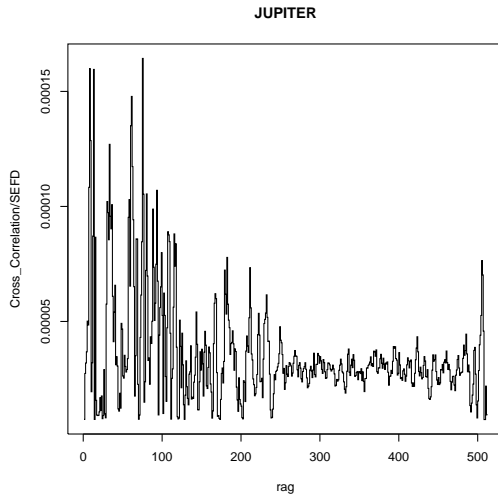


図 3: Jupiter の相互相関。横軸ラグ, 縦軸 R, L 相互相関の大きさ。

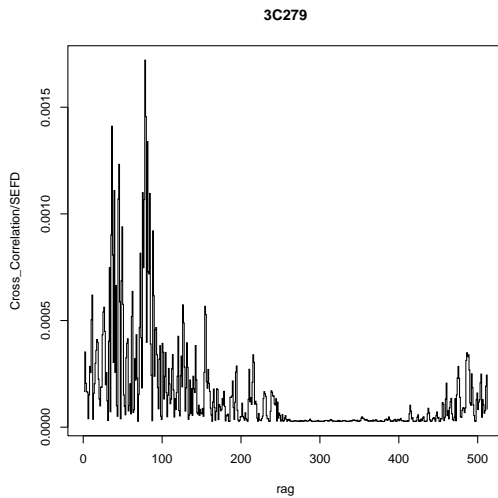
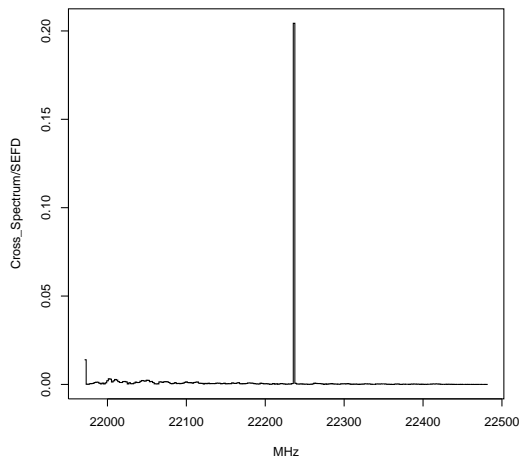


図 4: 3C279 の相互相関。横軸ラグ, 縦軸 R, L 相互相関の大きさ。

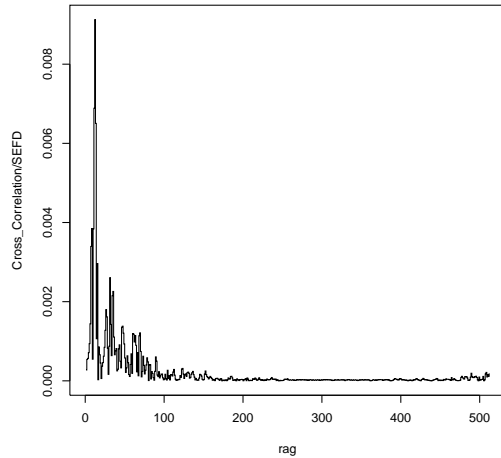


図 5: absorber の相互相関。横軸ラグ、縦軸 R, L 相互相関の大きさ。

4 考察

- Ori KL の直線偏波

Ori KL の直線偏波を検出した (図 1)。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 2) ことから偏波が正しく測定できているといえる。また、偏波率を計測したところ約 50% 偏波していることが分かった。

- 鏡面の multi pass による影響

Absorber の相互相関 (図 5) と天体の相互相関 (図 3, 図 4) を比較すると天体の相互相関に多くのピークが見られる。absorber の相互相関のピークは、フィード以降の D-term 成分を表す。よって feed より上流のアンテナ鏡面の multi pass が大きく影響している考えられる。R, L 間の遅延補正のため直線偏波天体の相互相関から天体由来の相互相関を選択する必要がある。しかし複数のピークが存在し、天体由来の相互相関の成分を選択することは困難である。よって FR 回転による相互相関の変化から鏡面由来の成分を調査する必要がある。

5 結論、今後の課題

VERA 水沢局で両偏波観測を行ったところ Ori KL で直線偏波を検出した。天体の相互相関には複数のピークが存在し R, L 間の遅延補正は困難である。相互相関の複数のピークは鏡面による影響が大きいと考えられる為 FR 回転による相互相関の変化から鏡面由来の成分を調査する。

参考文献

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