

# 電波単一望遠鏡の偏波較正

水野 いづみ, 亀野 誠二 (鹿児島大学)

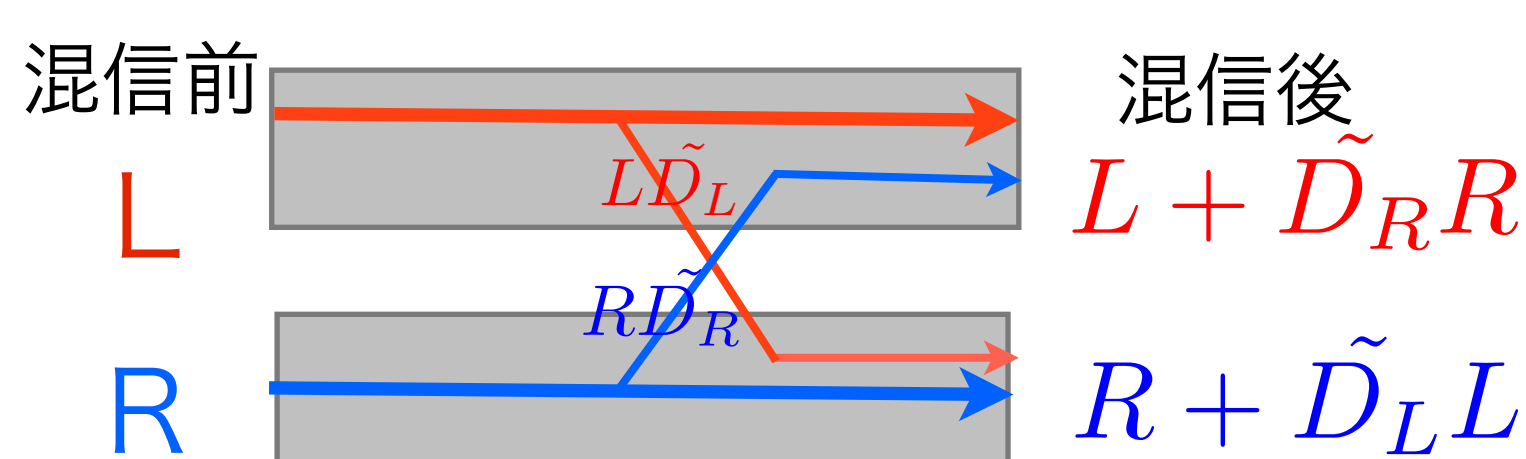
## Abstract

単一電波望遠鏡で偏波観測をするための較正手法、プログラムを開発している。Cennacchi et al.(2009)で直交偏波間の混信(D-term)の影響の較正法が開発され単一鏡で円偏光を計測できるようになった。この手法は、統計的手法を用いてさらに高精度化できる余地がある。本研究ではこの手法を改良し、山口32m電波望遠鏡、VERA水沢局に搭載予定である。本講演では、D-termの較正手法、現状を報告する。

## Introduction

### 直交偏波間の混信 (D-term)

偏波観測では、右旋偏波 (R) と左旋偏波 (L) の受信信号がそれぞれ独立に観測信号系を伝播して出力される。信号伝播の際に 右旋偏波 (R) と左旋偏波 (L) の信号が互いに混信すると、天体由来の Stokes parameter (I, Q, U, V) の成分が混ざり、Stokes parameter に系統誤差が生じる。この混信の比率を D-term という。



(信号伝播の模式図)

$$\text{D-term :}$$
$$\tilde{D}_R = D_R e^{-i\varphi_R t}$$
$$\tilde{D}_L = D_L e^{-i\varphi_L t}$$

### D-termの影響

信号伝播によってI, Q, U, V が相互に混ざり合う比率は、D-term や受信機の増幅率など5つの未知パラメーターを含む要素からなる4x4行列 (T行列) で表現される。

観測値 D-termによる交差成分 天体由来の値

$$\begin{bmatrix} I_m \\ Q_m \\ U_m \\ V_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} & t_{14} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} & t_{24} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} & t_{34} \\ t_{41} & t_{42} & t_{43} & t_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_s \\ Q'_s \\ U'_s \\ V_s \end{bmatrix} \quad (\text{式1})$$
$$Q'_s = Q_s \cos 2\theta - U_s \sin 2\theta$$
$$U'_s = Q_s \sin 2\theta + U_s \cos 2\theta \quad (\text{式2})$$

D-termの2次の項まで計算すると...

Propagation of  $I_s$  into  $Q_m$

$$t_{21} = \frac{1}{DN_{QU}} [D_L \cos(\Psi + \varphi_L) + D_R \cos(\Psi - \varphi_R)]$$
$$DN_{QU} = [1 + D_L^2 + D_R^2 + 2D_L D_R \cos(\Phi + \Delta) \cos \Delta + 2D_L \cos(\varphi_L + \Delta) + 2D_R \cos(\Delta - \varphi_R)]^{\frac{1}{2}}$$

行列成分のパラメーター:  $D_L, D_R, \varphi_L, \varphi_R, \Delta_c$ , and  $\Psi$  ( $\Delta_c$ は既知より未知パラメータは5つ)

$D_L, D_R$ : D-term  $\varphi_L, \varphi_R$ : 基準信号位相差  $\Delta_c, \Psi$ : Receiver gainの位相差

Cennacchi et al.(2009)

### Aim of research D-termによる影響を高精度に見積もり偏波の観測

## Method

$$\begin{bmatrix} I_m \\ Q_m \\ U_m \\ V_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} & t_{14} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} & t_{24} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} & t_{34} \\ t_{41} & t_{42} & t_{43} & t_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_s \\ Q'_s \\ U'_s \\ V_s \end{bmatrix} \quad (\text{式1})$$

観測値から天体由来のStokes parameterを算出するためにT行列を求める。

T行列の成分は5つの未知パラメーターで表される。無偏波の較正天体と直線偏波の較正天体を複数観測することで5つの未知パラメータ算出し、T行列を求める。

### <無偏波の較正天体を観測>

$Q_s=U_s=V_s=0$  なので(式1)は

$$I_m = t_{11} I_s, \quad U_m = t_{31} I_s$$
$$Q_m = t_{21} I_s, \quad V_m = t_{41} I_s,$$

となり、 $t_{11}, t_{21}, t_{31}, t_{41}$  の4つの成分を算出できる。

### <直線偏波の較正天体を複数回観測>

parallactic angle  $\theta$  によって $Q'_s, U'_s$ が変化する

$$Q'_s = Q_s \cos 2\theta - U_s \sin 2\theta$$
$$U'_s = Q_s \sin 2\theta + U_s \cos 2\theta \quad (\text{式2})$$

よって観測される $Q'_m, U'_m$ をparallactic angleの関数として最小二乗フィットすれば、 $Q'_m, U'_m$ にかかっている8つの成分、 $t_{12}, t_{22}, t_{32}, t_{42}, t_{13}, t_{23}, t_{33}, t_{43}$  を算出できる。

観測値 T行列 天体由来

$$\begin{bmatrix} I_m \\ Q_m \\ U_m \\ V_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} & t_{14} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} & t_{24} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} & t_{34} \\ t_{41} & t_{42} & t_{43} & t_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_s \\ Q'_s \\ U'_s \\ V_s \end{bmatrix}$$

12個のtの成分が算出できるので、5つの未知パラメータを算出でき、全ての行列成分を決定できる。

## Results

山口32鏡で観測を行った。

観測日:2010年 6月24日, 25日

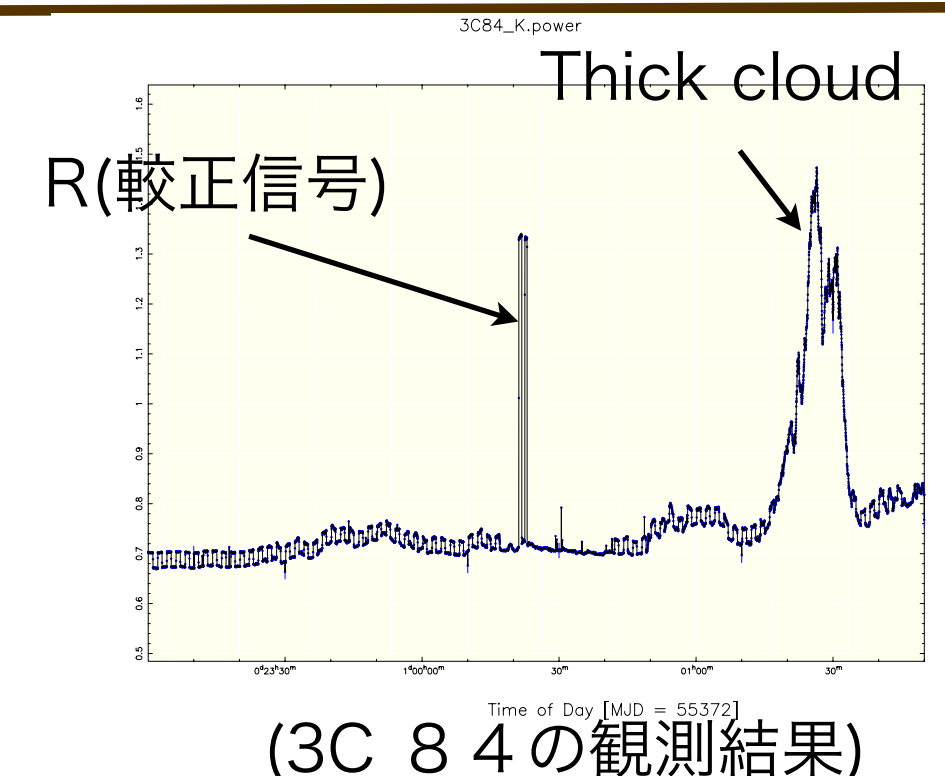
周波数: 8GHz

観測天体: 3C 84, 3C 286, 4C 39.25, DA 193

(観測結果)

parallactic angle が140度の広範囲に渡って変化するデータを取得した。

観測日は悪天候のため、質の低いデータしか得られなかったため再観測を予定している。



(3C 84の観測結果)

## Future Works

10月7~8日にVERA水沢局で周波数, 44GHzと22GHzで偏波観測を行う。ここでは、Field Rotator (FR)を使って短時間に広範囲なデータを取得する予定である。偏波観測に本研究の手法を適応し望遠鏡のT行列を算出する。

## References

Cennacchi, E., Kraus, A., Orfei, A., & Mack, K.-H. 2009, A&A, 498, 591