

POLARBEAR実験: 観測テストのデータ解析

KEK, 総研大^A, 他

西野玄記、清水景絵^A、都丸隆行、羽澄昌史、松村知岳

他 POLARBEAR Collaboration

観測テスト：

データ解析の目的

- 観測テスト (engineering run)：望遠鏡からレシーバー、データ読み出しシステムまでの総合試験、技術的な検証
- データ解析：取得されたデータを用いた...
 - ノイズの評価
 - ビームマップ、ビームパラメーターの評価
 - キャリブレーション方法の評価
 - 偏光ソース (Tau A) 観測による偏光への感度を示すデモンストレーション
 - 偏光測定に関する系統誤差の検証

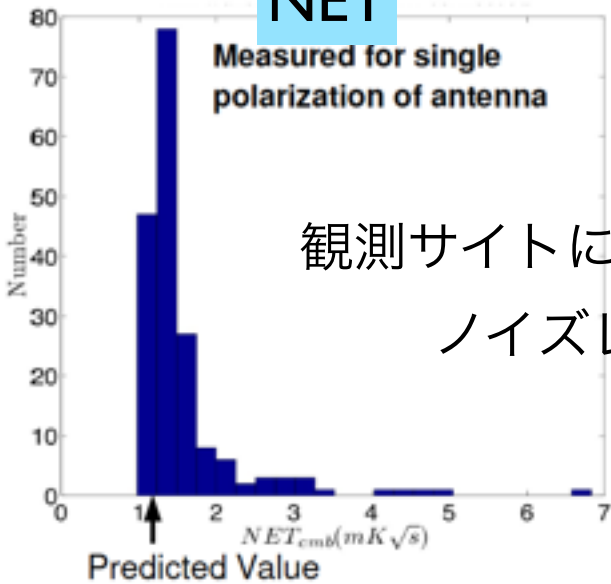
観測テスト結果のoverview (Tau A以外)

• ノイズ特性

NET

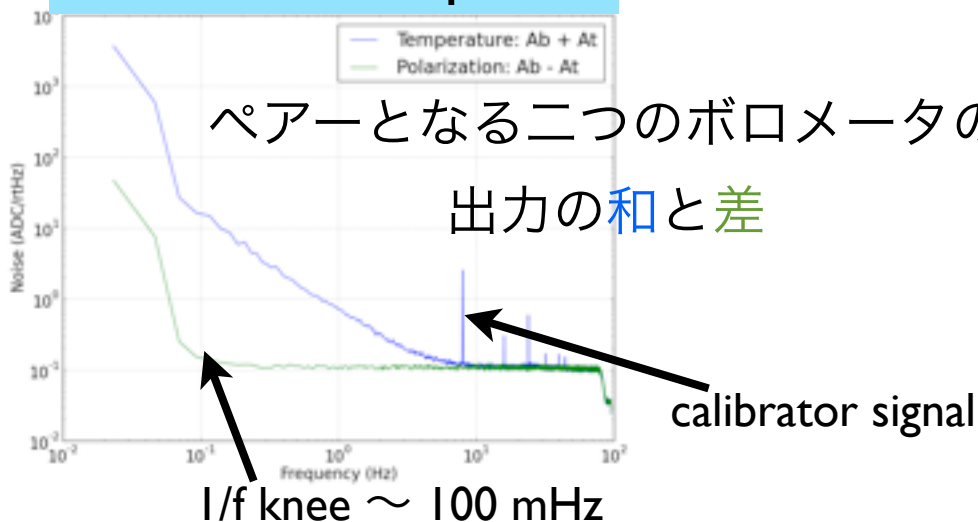
Measured for single polarization of antenna

観測サイトにおいて予想される
ノイズレベルを達成

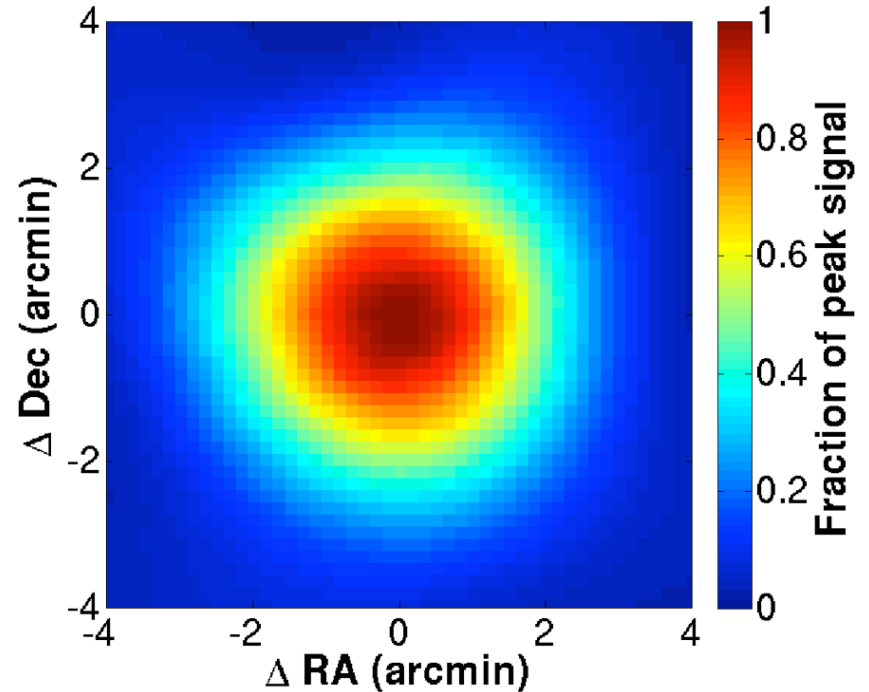


Noise Power Spectra

ペアとなる二つのボロメータの
出力の和と差



• ビームマップ



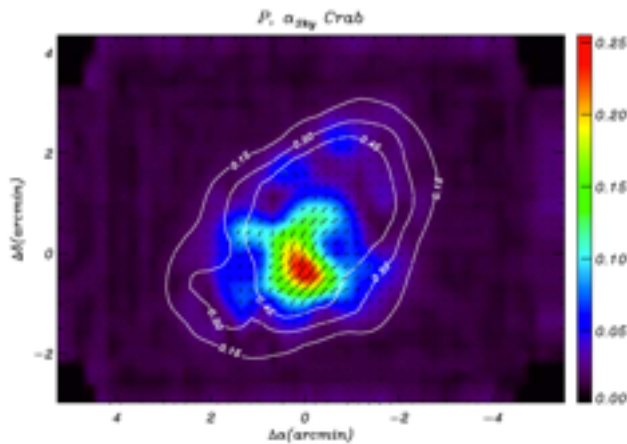
木星の観測によりビームマップを作成

- ビームサイズ: 3.8 arcmin (FWHM)
- differential gainやdifferential pointingなどのビームパラメータを測定
→要求される性能を満たすことを確認

偏光ソース Tau A 観測の目的



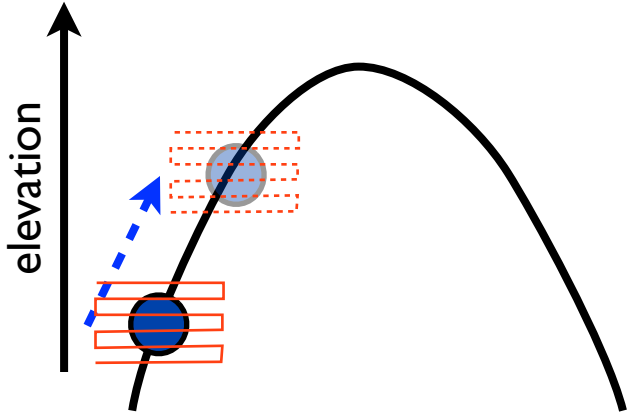
- Tau Aとは
 - crab nebula (かに星雲)としても知られる超新星残骸 (SN 1054)
 - 数分角に広がる星雲中の電子のシンクロトロン放射による偏光源
 - J.Aumont et al. (2009) 偏光強度: 14.5Jy (10%弱) (IRAM 30m望遠鏡を用いた90GHzでの観測)
 - 天体としては、偏光角度の最良の較正源



- 偏光への感度を示すデモンストレーション
- 偏光測定に関する装置の系統誤差の理解

Tau A の観測について

- 5日間、それぞれ約3時間、ラスタースキャン(1.5 deg/sec)を繰り返して観測
- スキャンの中心がTau Aの動きをトラック
- 6つのピクセルを使って観測
- 2“Q”ピクセル + 4“U”ピクセル
- 大気の状態は sky-dip でモニター
 - お隣の電波望遠鏡CARMAの225GHzの大気モニター
 - 望遠鏡の向きを上下させ、大気の厚みが変わったときに観測される大気の温度の変化から opacity τ を見積もる

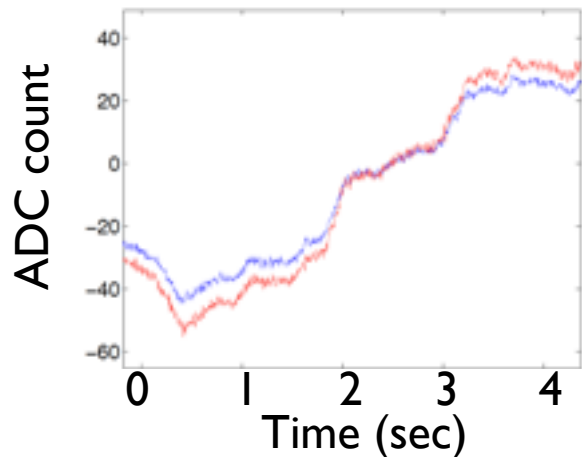


$Q = |E_x|^2 - |E_y|^2$

$U = |E_a|^2 - |E_b|^2$

「観測テストにおける」 キャリブレーション

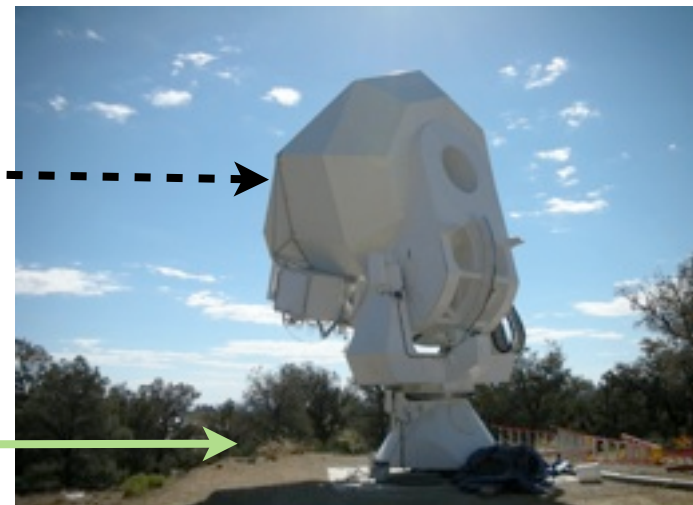
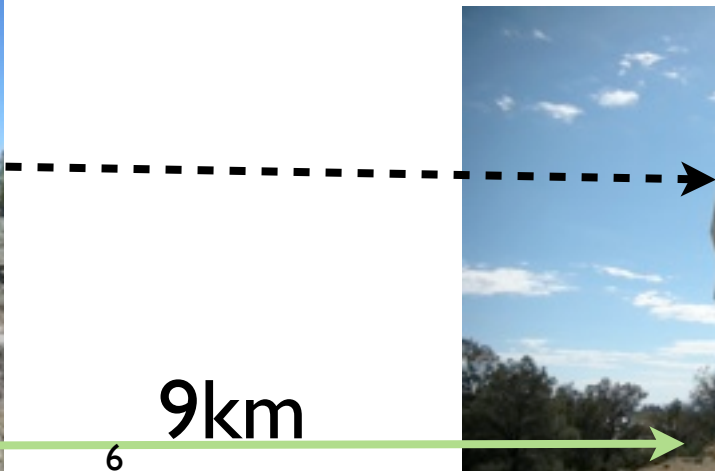
- 相対ゲイン較正:大気の揺らぎを使って相対ゲイン較正



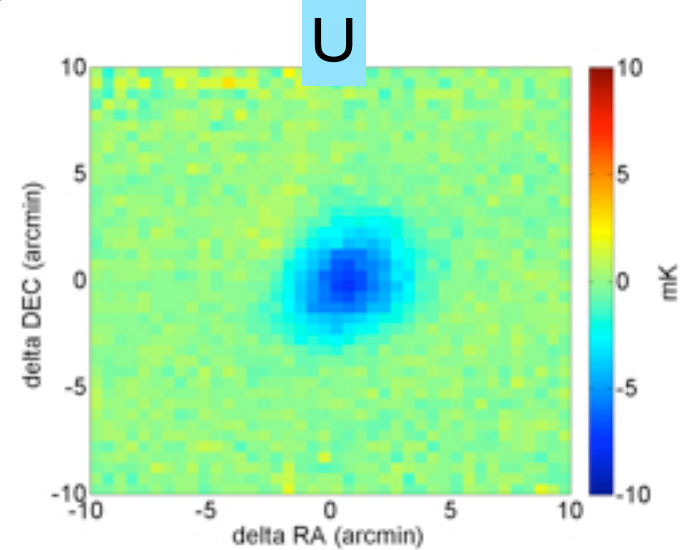
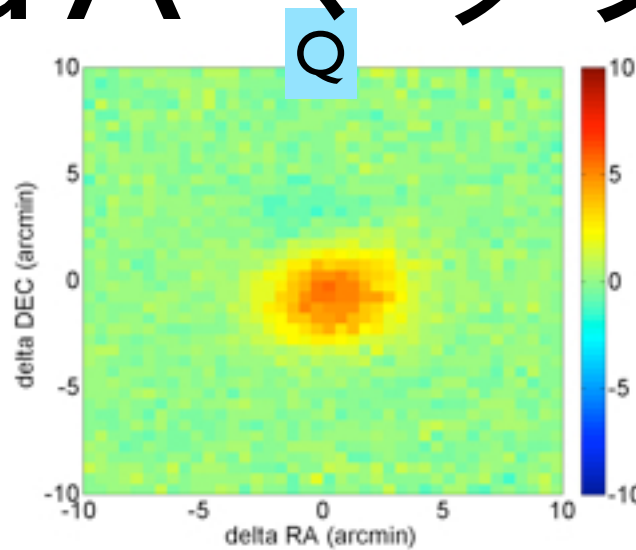
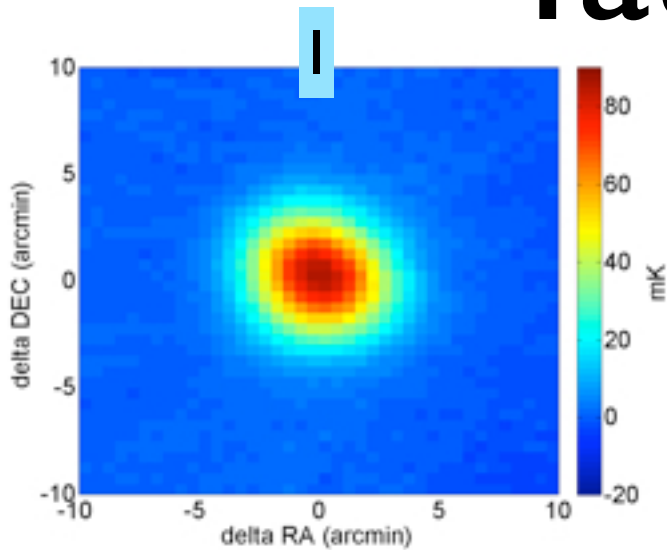
全てのチャンネルで同じ大きさの大気の揺らぎを見ているとして相対ゲインを較正

- 偏光角較正: Far Field Source (Gunn Diode+Horn)
 - 高強度、ほぼ100%の直線偏光源を9km離れた山中に設置
 - 全ての光学系を含めた偏光角のキャリブレーション

150GHz
Gunn Diode
+
Horn



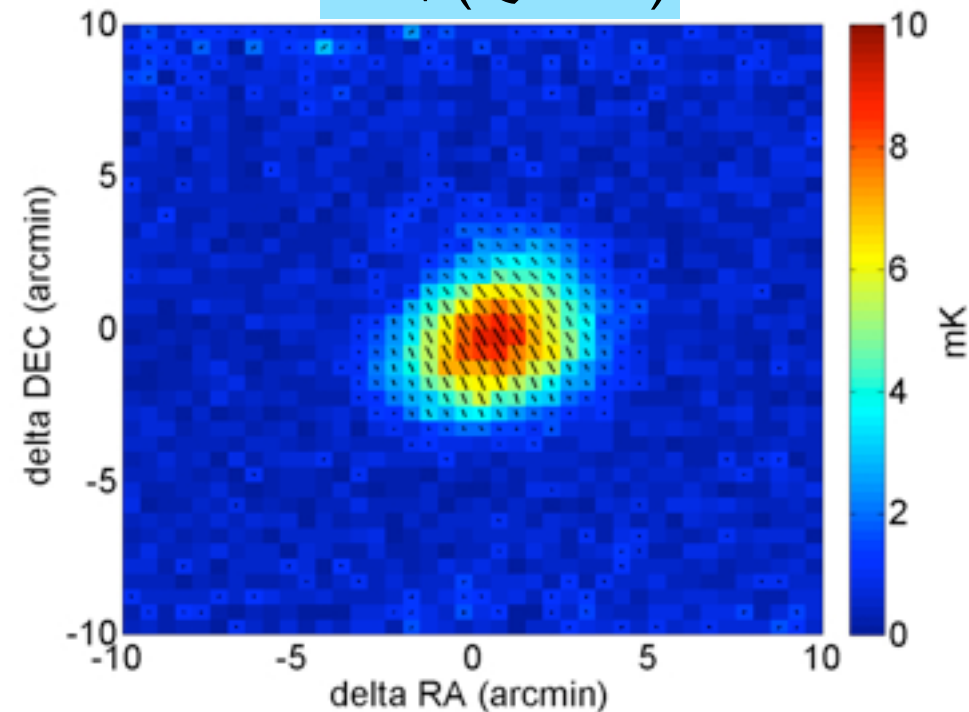
Tau A マップ



- 大気の揺らぎの成分は、(Tau Aをマスクして)時系列データを3次多項式でフィットして除去 (+ 同相信号除去)
- Q,U のマップは赤道座標上で定義 (まずは大雑把な評価として...)

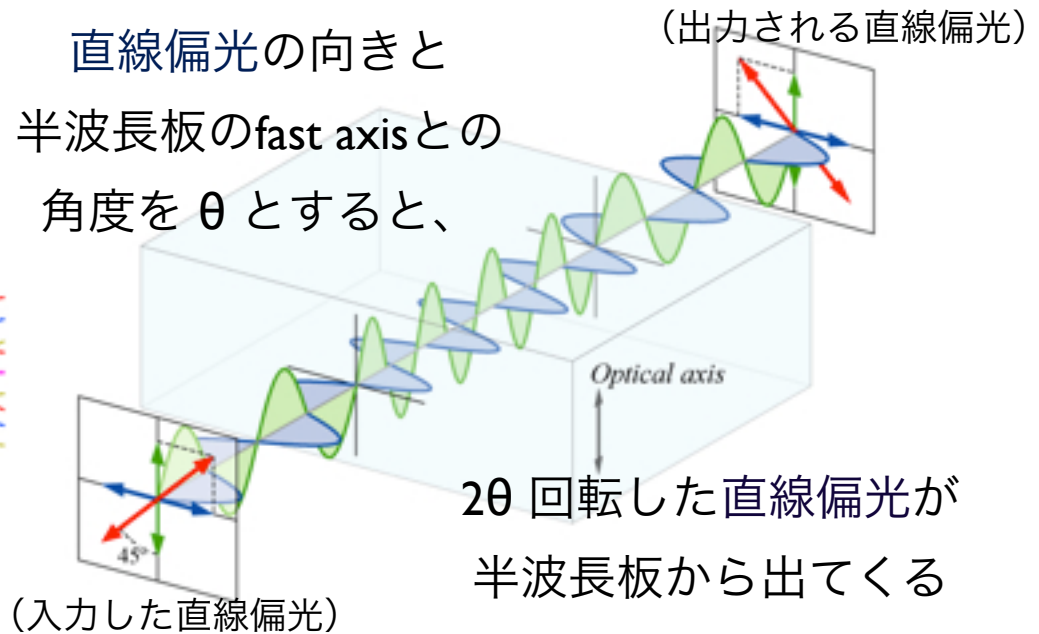
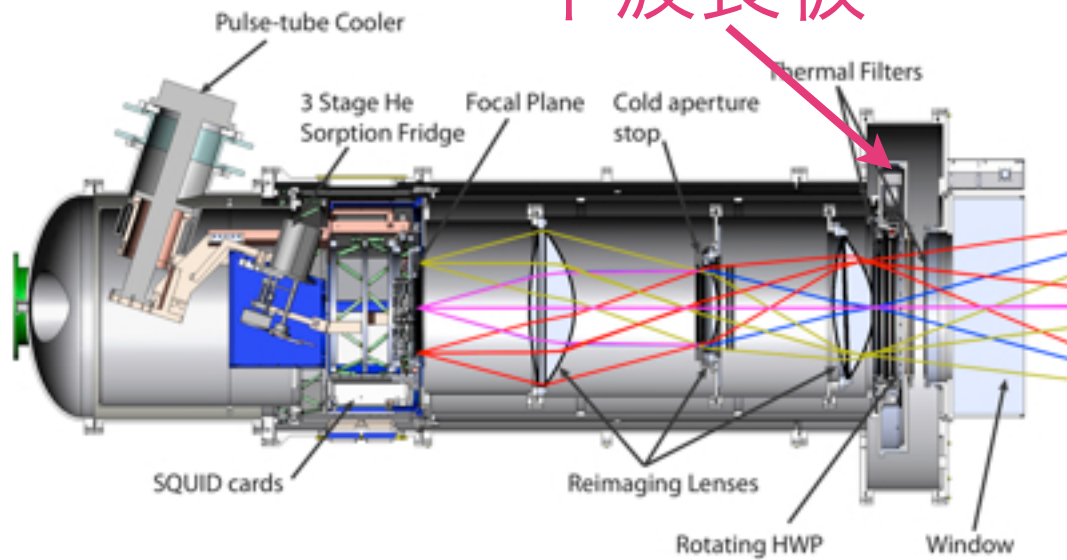
Q>0, U<0、10%弱の偏光強度
→ 期待通りの偏光が見えた！

$$P = \sqrt{(Q^2 + U^2)}$$



半波長板を使ったTau A観測

半波長板

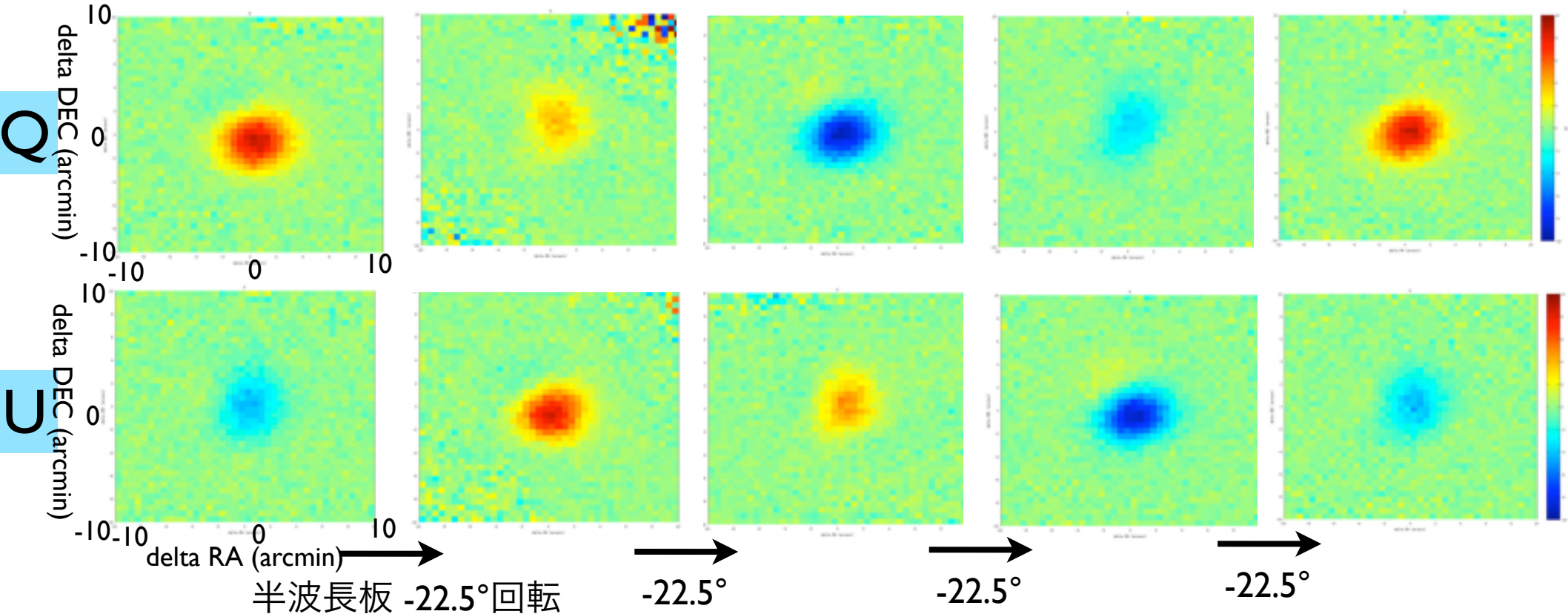


- POLARBEARでは、半波長板を用いることにより、検出器に入る直線偏光の角度を回転させることができる。
- このTau A観測では、一日に一回22.5°半波長板を回転

半波長板の回転と偏光マップ

いくつかの半波長板の角度でTau Aを観測

(偏光角の回転の効果を直接見れるように、半波長板による回転は補正せずマップを作る)



偏光角 -45°回転

$$\begin{array}{ccccc}
 Q_0 & Q_1 = -U_0 & Q_2 = -Q_0 & Q_3 = U_0 & Q_4 = Q_0 \\
 U_0 & U_1 = Q_0 & U_2 = -U_0 & U_3 = -Q_0 & U_4 = U_0
 \end{array}$$

半波長板が意図した通りに偏光角を回転させていることを確認

もう少し詳細な結果

(polarization fraction & angle)

$$P = \sqrt{(Q^2 + U^2)}$$

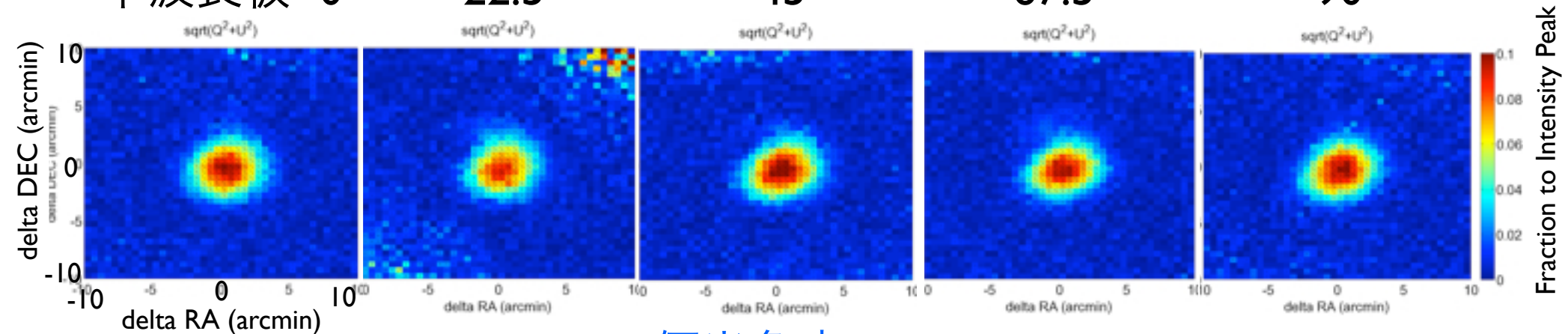
半波長板+0°

-22.5°

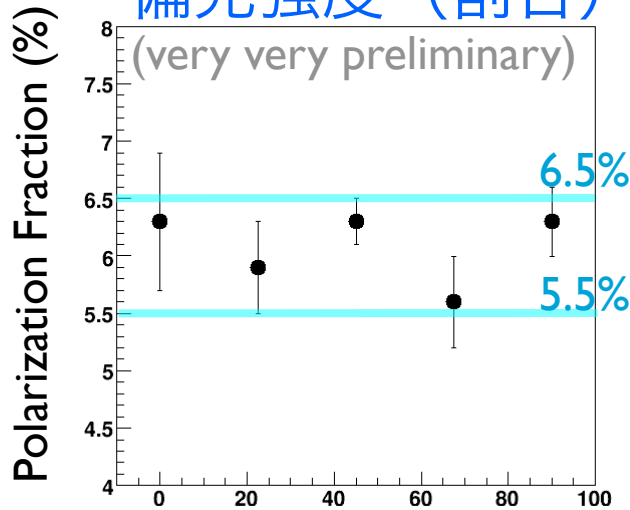
-45°

-67.5°

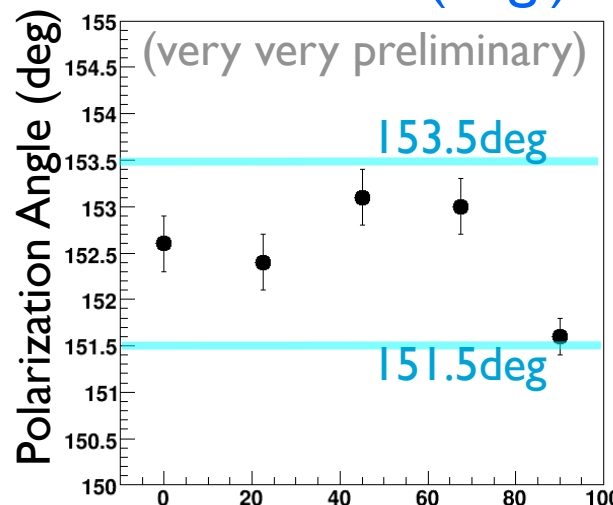
-90°



偏光強度 (割合)



偏光角度 (deg.)



半波長板を回転しても

- 偏光割合は互いにconsistent
- 角度は±約1°の範囲内の変化

詳細はまだまだ解析中

- Half-Wave Plate Angle (degree) - Half-Wave Plate Angle (degree)

まとめ

- 米国カリフォルニア州における観測テストは成功裡に終了し、現在そのデータ解析を進めているところである
- POLARBEAR実験が観測テスト時点での基本的な要請を満たしていることを確認した
- 特に本発表では、Tau A観測のデータ解析経過を発表した。
 - 天空上の偏光源の観測として初めて、POLARBEARが偏光に対して感度をもつことを示すことができた
 - 検出器や半波長板などの偏光測定に関する系統誤差などの研究に格好なデータを得ることができた。現在詳細を研究中である

現在、望遠鏡解体中

今年末にはチリで望遠鏡設置が始まる予定