

2KCCDの感度ムラについて

松永典之(木曾観測所)

7月2日付でユーザーの方にメールを報告の流しました。万一、受け取られていない方があればお知らせください。WikiページにもPDFファイルがあります。

概要

- フラットを検証するための取り組み
 - 解析合宿、ゼミ、など
- 0.2等の感度ムラの発見
 - デュワー窓のくもり
- ドームフラットの性能と今後の方針

フラットの重要性

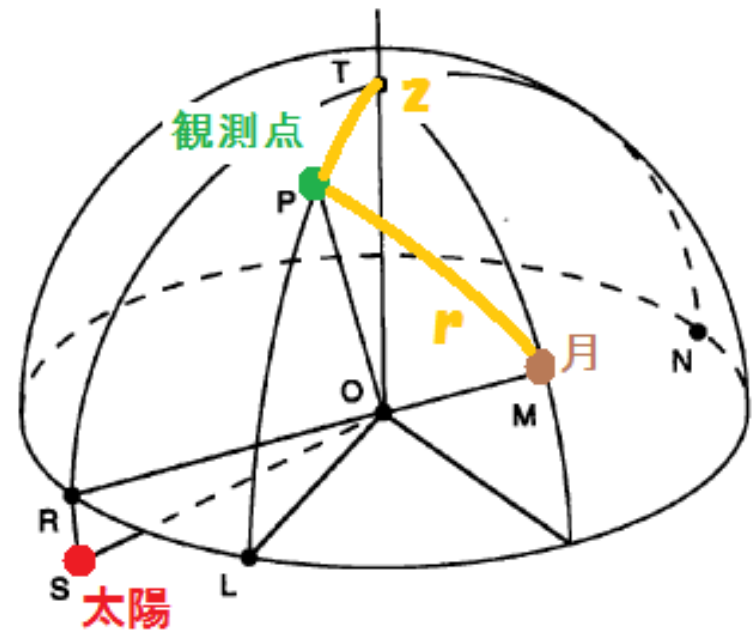
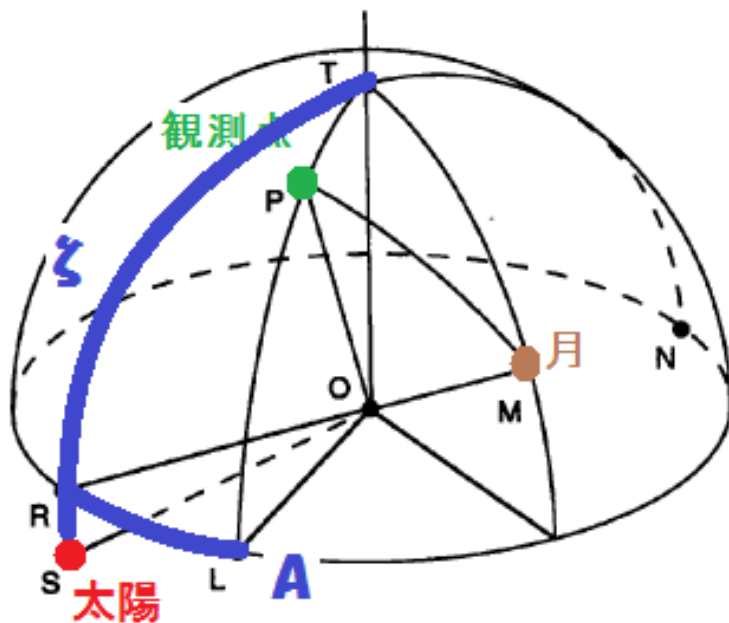
- 様々な要因による感度ムラの補正
 - 各ピクセルの感度の違い
 - 光学系
 - けられ shading, eclipse
 - 口径食 vignetting
 - 迷光 stray light
 - 2次元画像での測光精度を左右する重要な因子

最近の取り組み

- 2KCCD解析合宿
 - 2009年11月5～6日、@木曾観測所
 - 18人の参加者
 - データ解析について様々な議論(フラット、WCS、解析方法,etc)
- フラットゼミ
 - フラットの検証に関する論文の紹介・議論
 - 4～7月、月1回ずつ
 - 家中(東大)、鈴木(鹿児島大)、三澤(学芸大)、松永、他
- 2KCCDを用いたフラットの検証
 - 松永、猿楽、家中、伊藤、西浦、青木、征矢野、他

論文紹介1

- The flat sky: calibration and background uniformity in wide-Field astronomical images
- Chromey & Hasselbacher, 1996, PASP, 108, 944
 - twilight/dark/moonlit skyのそれぞれについて、実際の観測データを用いて、スカイの勾配を調査)



スカイの勾配とその要因

- 月の影響がないときの天頂角付近であれば、twilight flat/sky flatのいずれも1%/deg以下の勾配
- 天頂から離れるとdark skyであっても勾配がある
- (twilight skyの場合) 太陽からの角距離
- (dark skyの場合) 地平線からの高度
- (non-dark skyの場合) 月光
- 他に考えられる勾配の要因
 - 観測所の高度
 - エアロゾル粒子の局所的な集中
 - (twilight skyの場合) 西側の地平線下の雲など
 - (dark skyの場合) 黄道光、分解できない星、人工光

論文紹介2

- A calibration map for Wide Field Imager photometry
- Koch et al. 2004, Astron. Nachr., 325, 299
- SDSSカタログとの比較によって、フラット補正の検証。twilight flatで行ったフラット化では、peak-to-valleyで0.1 mag (10%)程度の歪みが生じていることを発見。

SDSSカタログの等級との比較

- 測光システムの変換（カラー項の補正）を行ったうえで各星の等級を比較。
- 検出器の場所に依存して、SDSSカタログの予想等級からずれる。

2k4k chip8枚のモザイクカメラ
全体で34分角四方

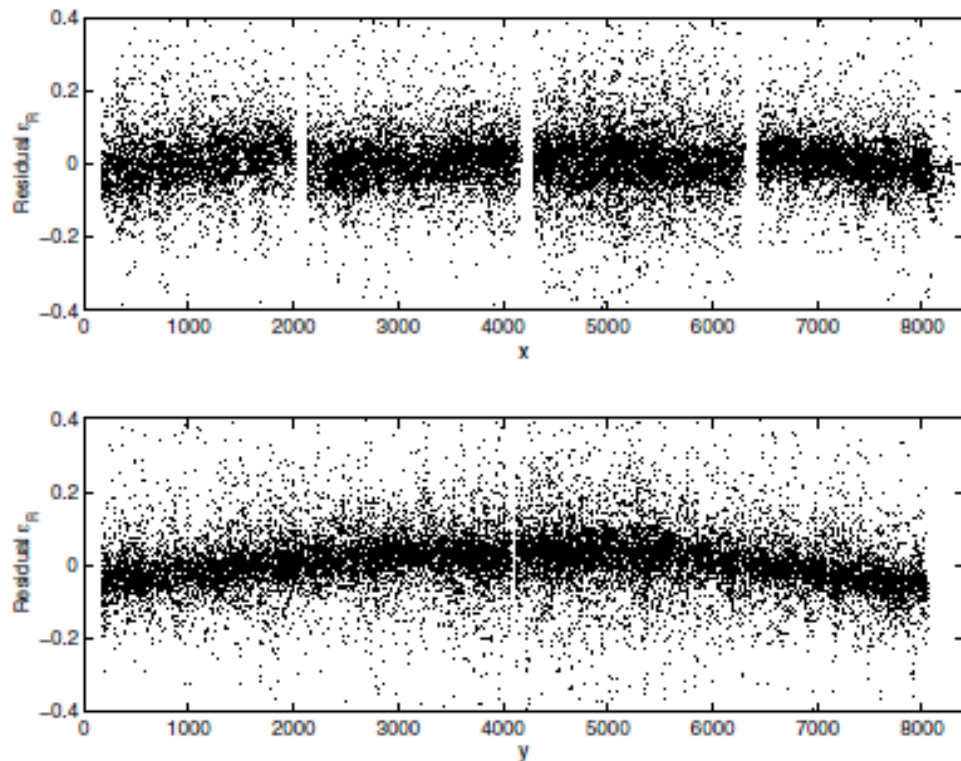


Fig. 4. Residuals for the R -band magnitude of 17754 objects as defined in equation (3) versus location on the WFI. Gaps and gradients are clearly visible. The V-band residuals exhibit a similar spatial pattern to the R trends shown here. Zero-point differences reach peak-to-valley amplitudes of 0.19 mag both in R (cf. lower panel) and V, whereas the r.m.s. scatter is about 0.08 mag for both filters.

フラットのゆがみ

- twilight flatによるフラット補正では、0.1等ほどゆがみが生じている。
 - 各チップごとに2次曲面をフィット

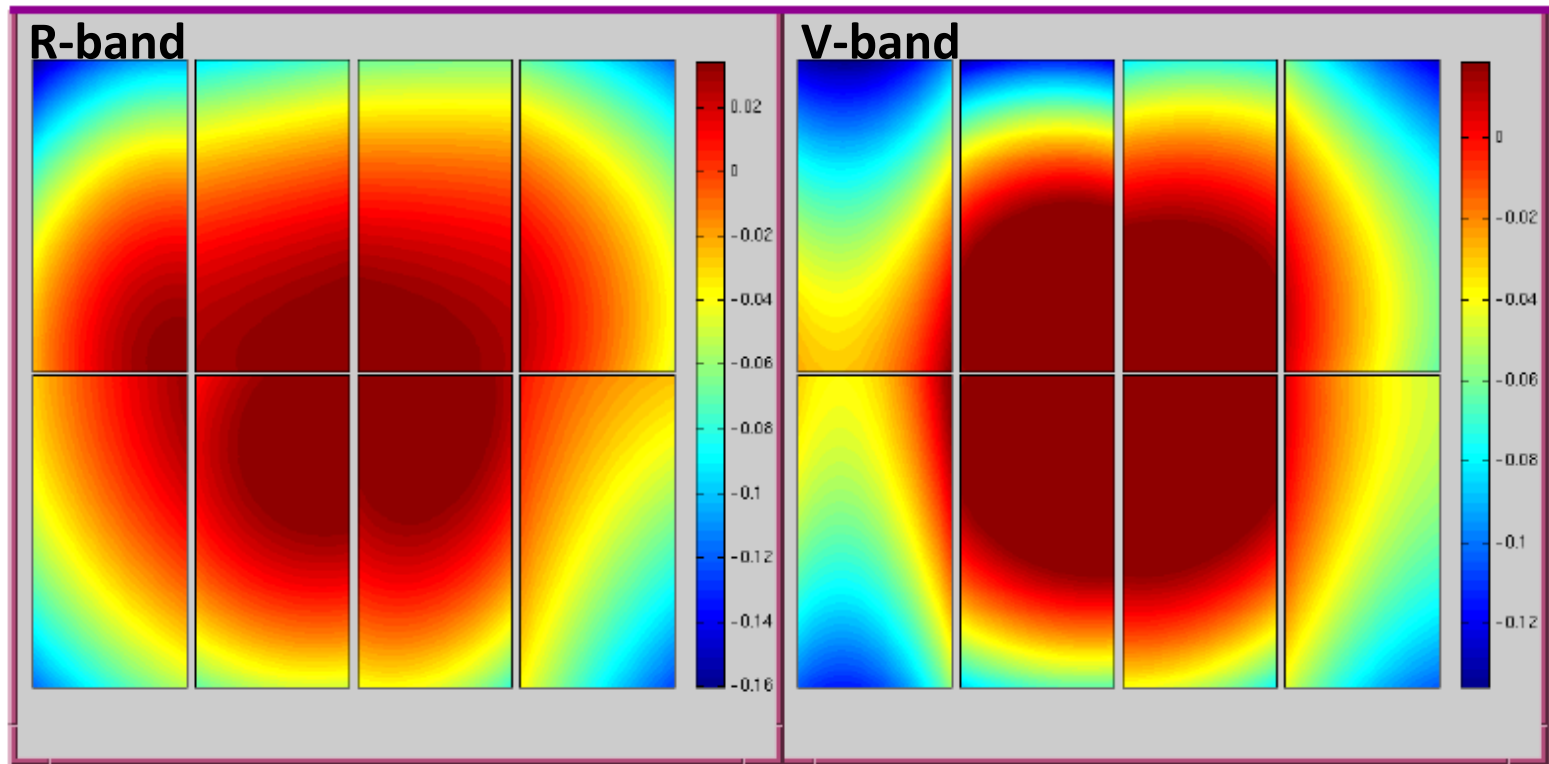
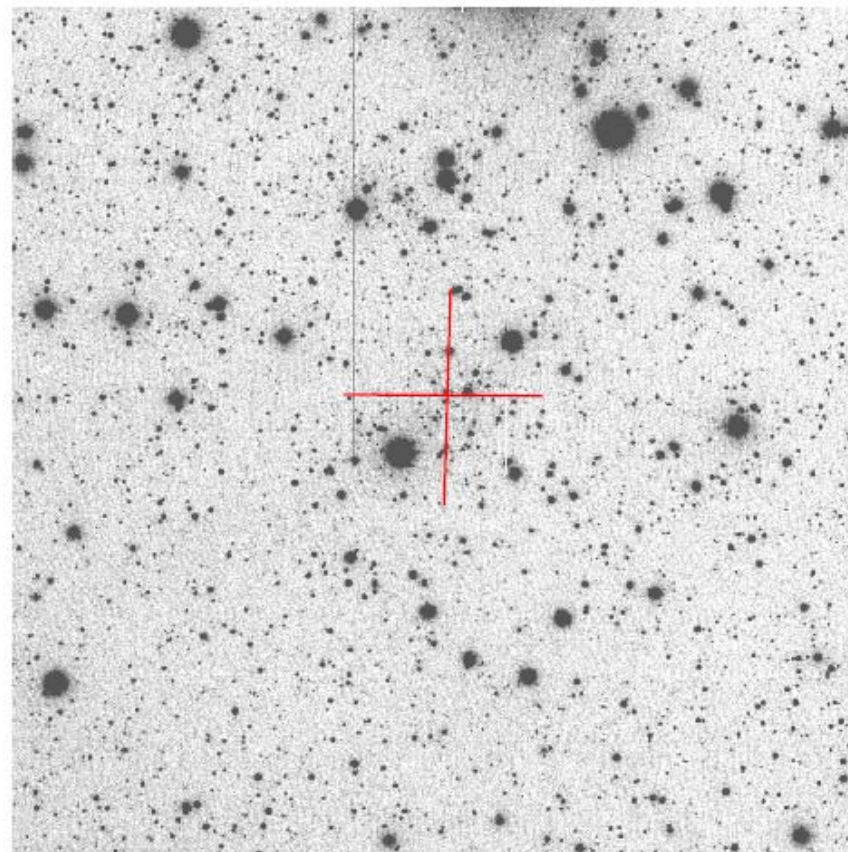


Fig. 5. Our best-fit second-order calibration map after application of the mean offsets that were derived to correct for different flatfield scale factors. Note that all chips were processed individually. The R-band map is shown in the left panel, while the right panel displays the V-band map. The colour scale is in magnitudes. R-band exposures are known to be affected by vignetting in the outermost corners of the camera.

2KCCDによるテスト(4月13日観測)

- Koch et al. (2004)と、同じ視野を観測し、同じ方法でSDSSカタログと比較。
 - 球状星団Palomar5の方向
 - Rバンド+Vバンド
- 第1次のフラット補正はドームフラットで行う。
- 測光はDaophotでPSF測光
 - 1000~2000天体が0.05等以下の測光誤差
 - APPHOTでやってもほとんど同じ結果になった。



測光システムの変換

- SDSSのフィルターと Johnson-Cousinsのシステムはかなり異なる。
- Koch et al. は1次のカラー変換で十分だった
 - $V = g + a(g - r) + c$
 - $R = r + a(g - r) + b(r - i) + c$

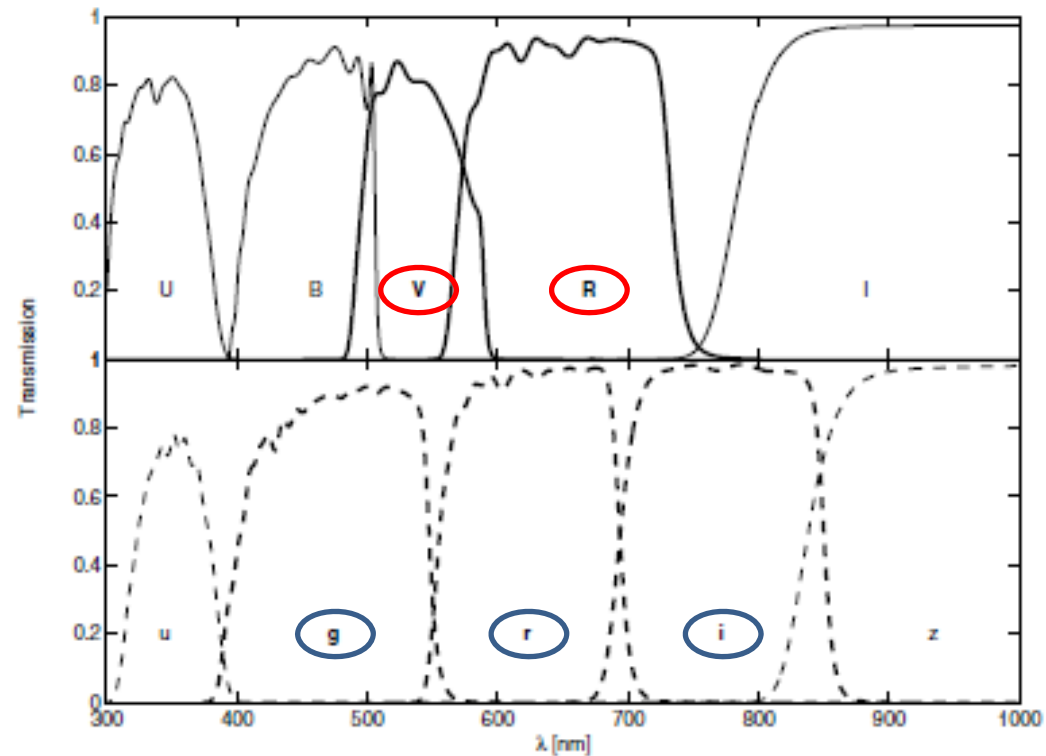
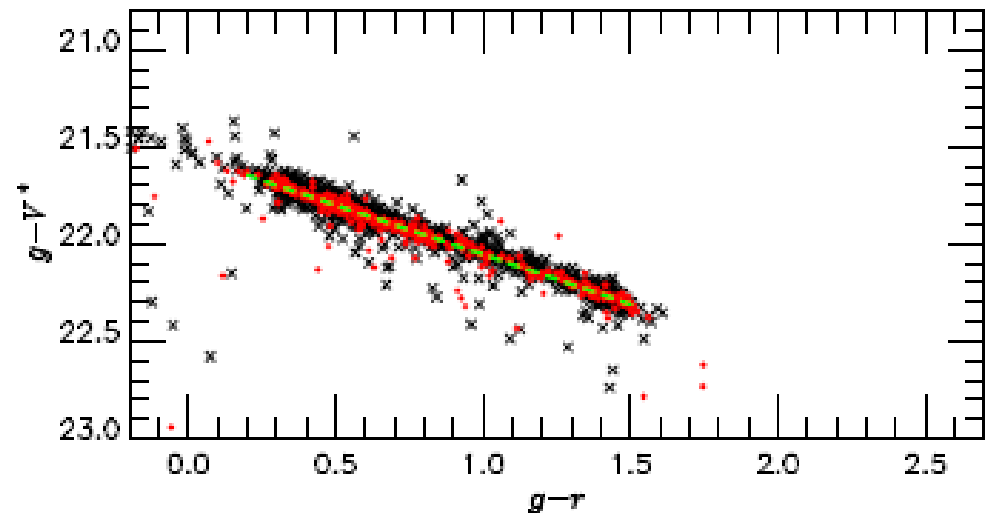
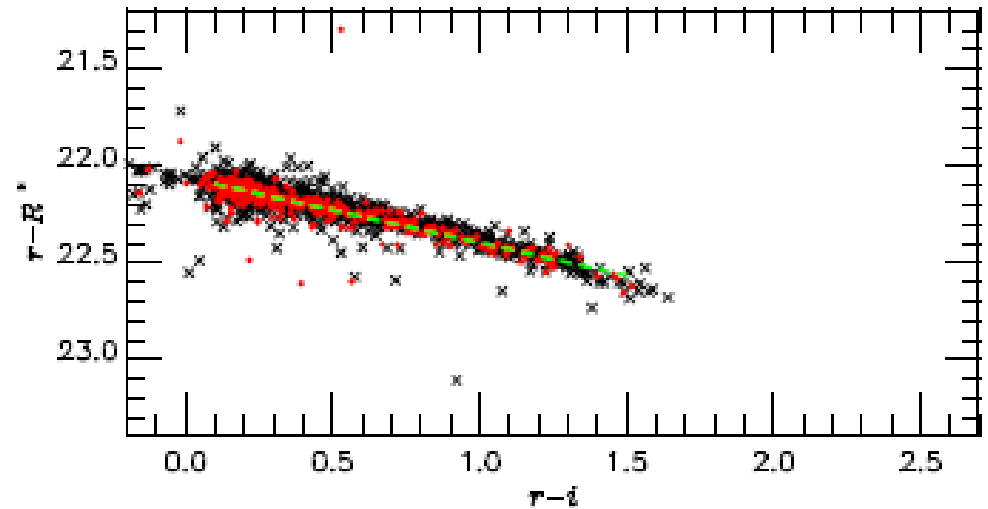


Fig. 3. The transmission curves of the Johnson-Cousins filters used for the WFI (top panel) and in the SDSS (bottom panel). Thick lines indicate the filters that are used in our transformations.

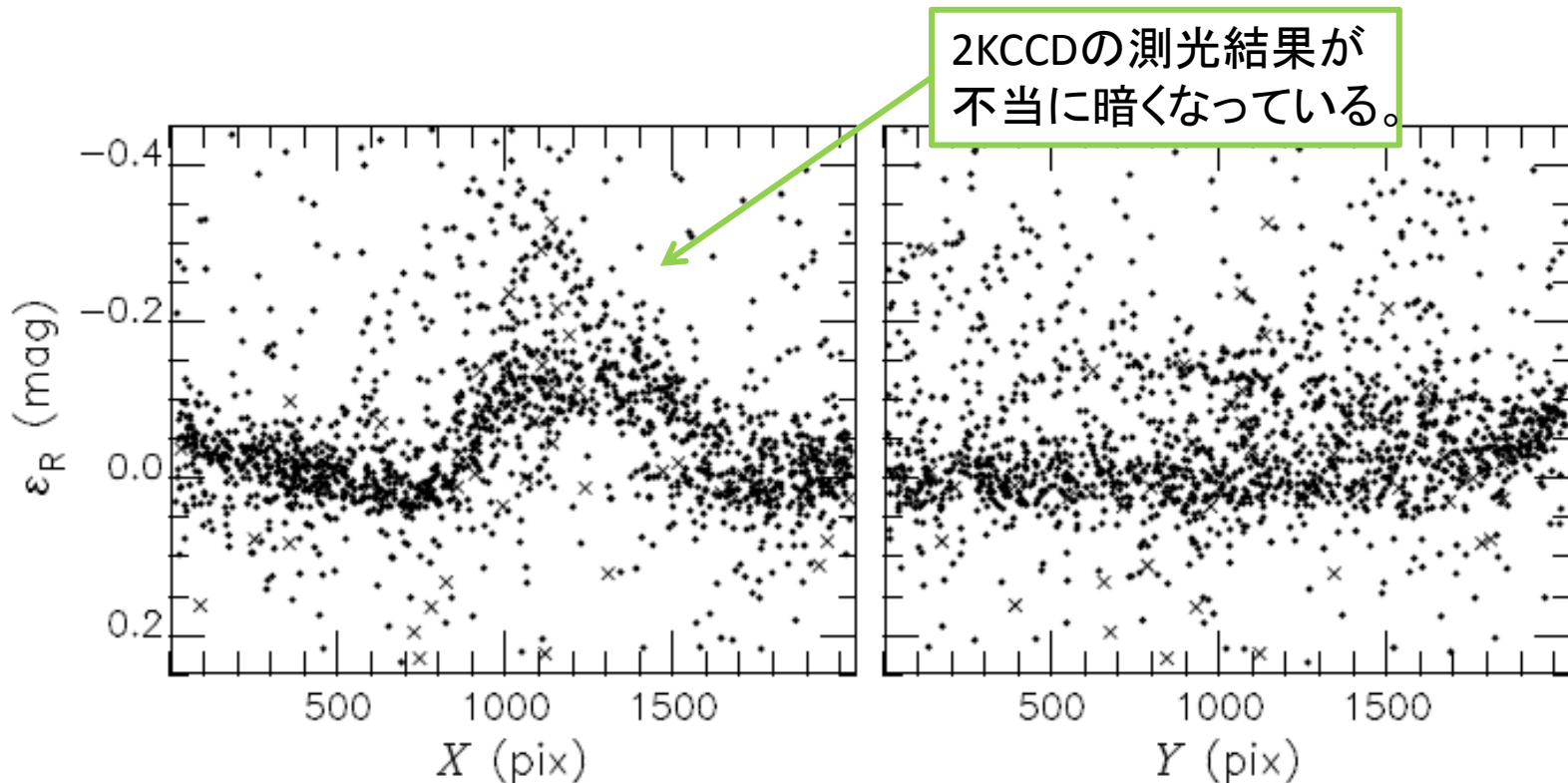
システム変換の結果

- きれいにシステム変換できる。
 - $\partial(g-V)/\partial(g-r) \sim 0.5$
 - $\partial(g-V)/\partial(g-r) \sim 0.3$



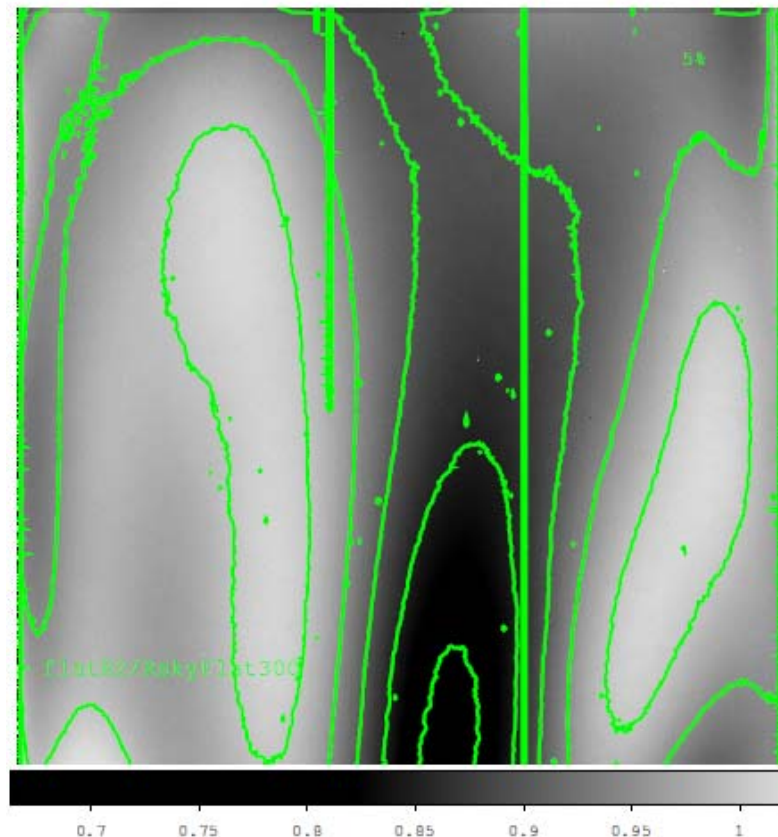
フラットのゆがみ

- 検出器の位置に依存したずれ
 - 0.2等程度の大きなずれが生じている。
 - Koch et al.の結果とは違って、複雑な構造がある。



フラット画像がどう歪んでいたか

- X方向に10次、Y方向に4次の多項式曲面
- 検出器中央下部から縦に、星が20%も暗くなって
しまう領域がある。
- ドームフラットでもスカイフラットでもずれる。



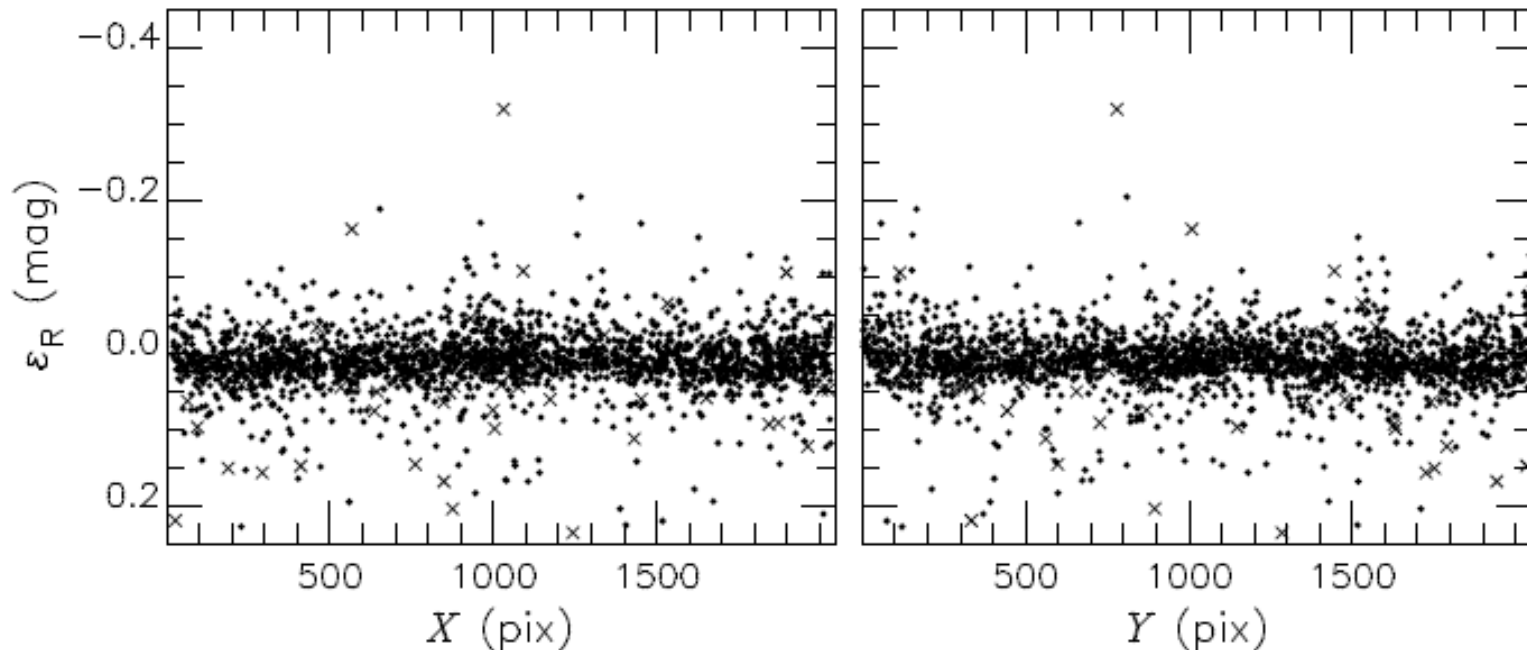
2KCCDデュワー窓のくもり

- 2010年5月31日の作業中、デュワー窓にうっすら白く汚れている箇所を発見。
- 結露防止用の乾燥空気がホースから当たる場所。



デュワー窓を拭いて再観測(6月9日)

- SDSSカタログ等級からの大きなずれは無くなった。
 - 原因はフラット画像がおかしいことではなく、デュワー窓の汚れによって入射して結像する星の光が実際に減っていることだった。



フラット光源と星の光の違い

- デュワー窓にくもりがあった場合には：
 - 星の光は大きく減っていたが(~ 0.2 mag)、
 - フラットの光はそれほど減少しなかった。
- 前方散乱
 - 一様に近い面光源ならば、前方散乱でぼやけても全体的に明るいのは変わらない。
 - 星の光は散乱を受けた分だけ、星像から大きくずれて測光に入らなくなる。

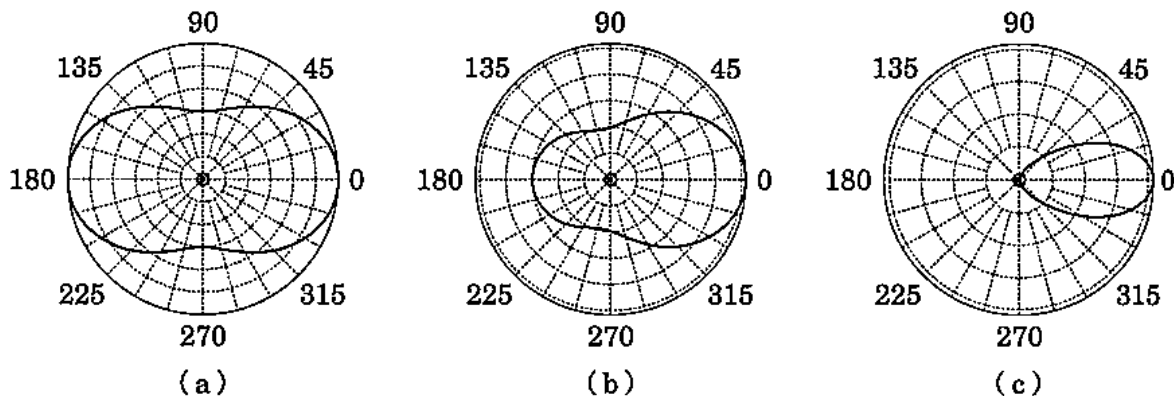
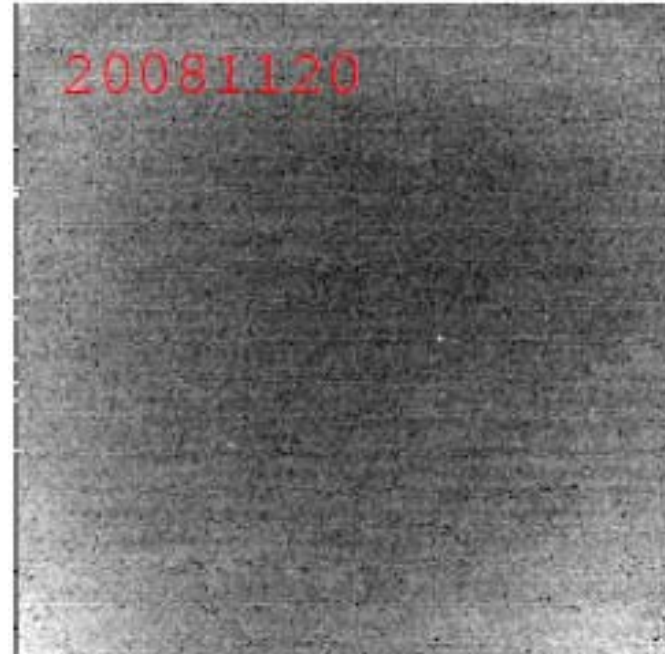


図 6.8 サイズ・パラメータが $x \leq 1$ (a), 0.8 (b), 3 (c) の氷球粒子 ($m = 1.3$) の散乱波強度の方向分布. 極座標表示で表してある. 原点の円は散乱粒子を表す.

過去に同様の感度ムラがあったか？

- フラット画像には小さい変化($\pm 0.3\%$)が現れる。
- 2008年4月以降のデータを調べたところ、
 - 2008年8月~11月
 - 2009年8月~2010年5月にそのような変化が見られた。



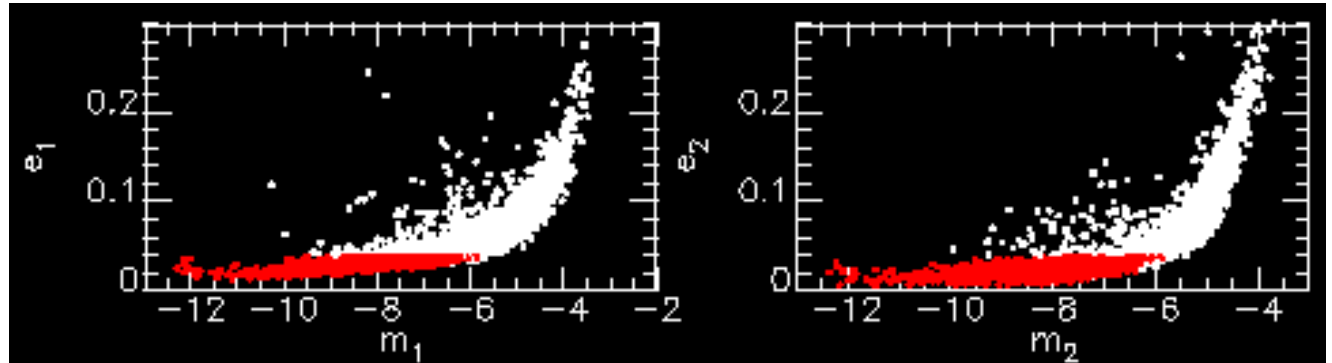
今後の対策

- 定期的な点検
 - 以前はKONICとの交換などで、数週間に一度取り外してデュワー窓を拭いたりする機会があった。
- すでに取りられたデータについては、
 - SDSS領域ならば検証と補正が可能
 - Landolt領域は?
 - 同じ領域を何度も観測していれば検証と補正が可能
 - 補正するには多数の天体が高S/Nで写っている事が必要。
 - 時期的に近い(数日～数週間?)ところに上記いずれかの補正が可能なデータがあれば、それを使えるだろう。

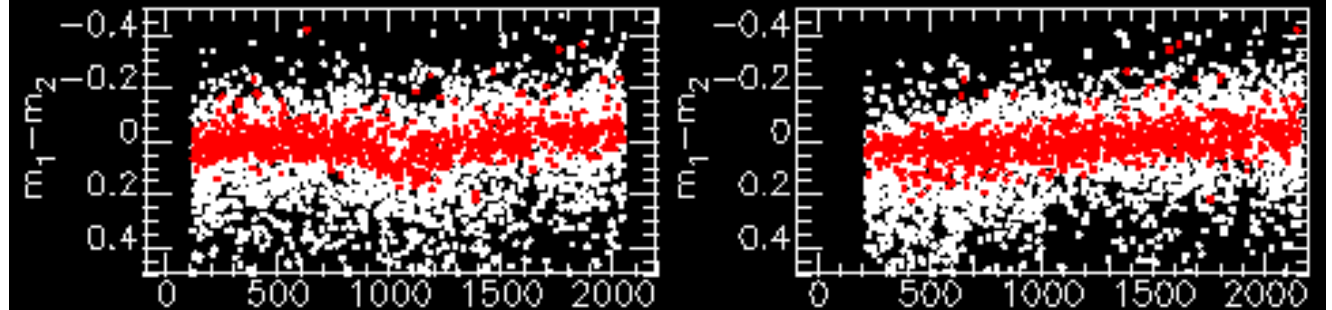
感度ムラ補正の方法

- 等級のずれと検出器上の位置との関係を多項式曲面でフィット。(現在、検討中。)

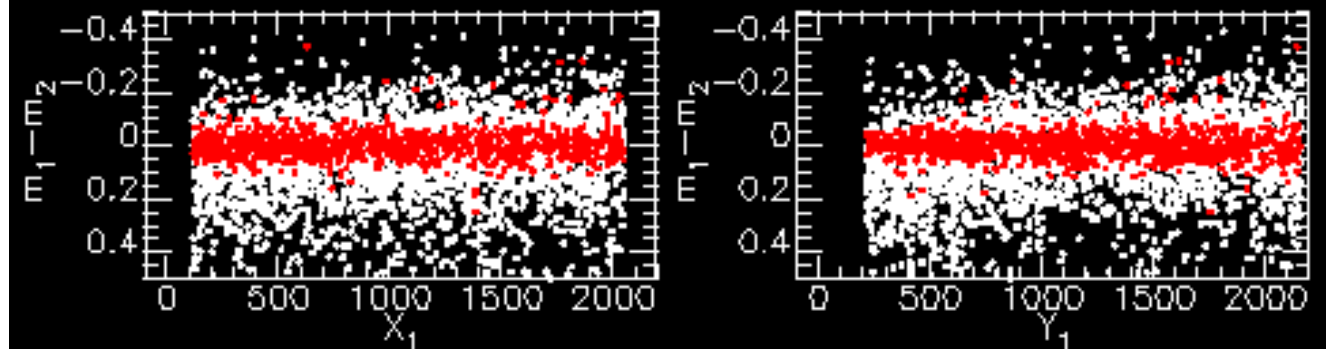
各画像での
測光値の誤差



補正前の等級のずれと
X(左)、Y(右)との関係

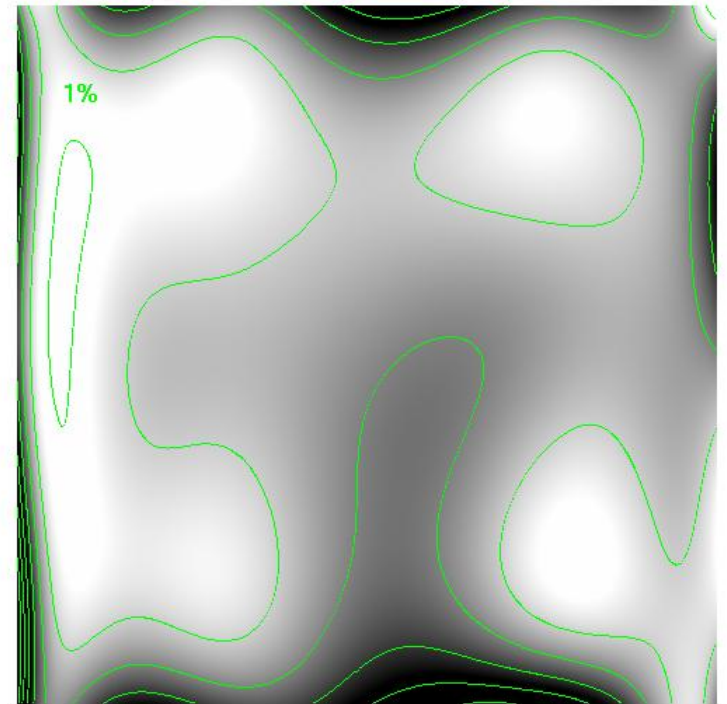
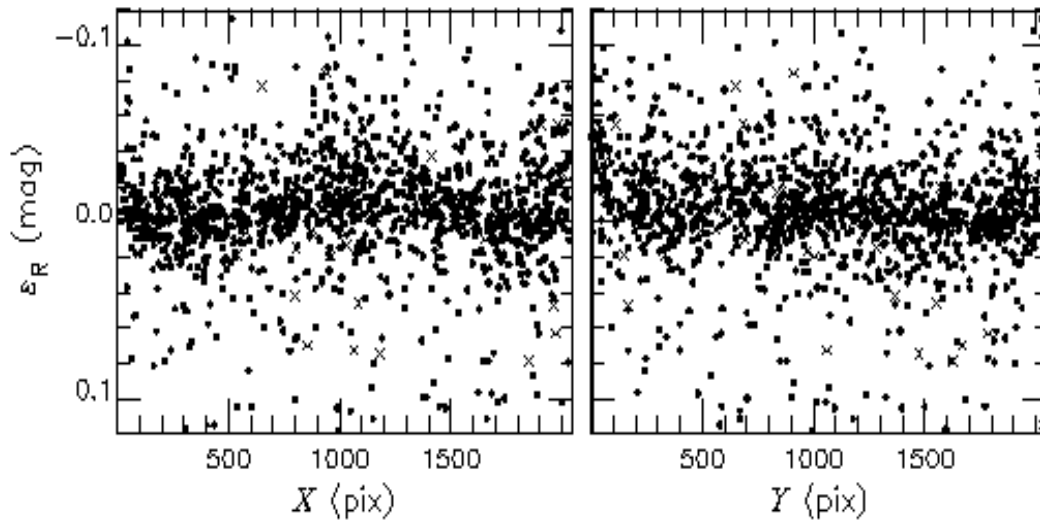


補正後の等級のずれと
X(左)、Y(右)との関係



フラットの精度

- ドームフラットによるフラット化の解析結果
 - 画像の端はややずれが大きい。端を除けば、peak-to-valleyで歪みは3%以下、分散は1%以下
 - フラットを調べ始めた本来の目的であるこのようなゆがみの有無などを今後検証する。



0.97 0.975 0.98 0.985 0.99 0.995 1 1.005 1.01 1.015 1.02

まとめ

- デュワー窓の汚れに起因する0.2等程度の感度ムラが生じていた。
- SDSSカタログとの比較によるフラットの検証の有効性を確認。
 - KWFCデータの解析などへ応用。