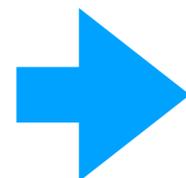


NICによる測光精度向上の試み

斎藤 智樹 (兵庫県立大学)

概要

- NIC のデータ解析を改良する試みを行っている
 - 試験用パイプラインにて新機能を実装、実験を継続中
- 従来の解析の問題点
 - 検出器の縦縞パターン差し引きで「象限の段差」「引きすぎ」が発生
 - フラットレベルのばらつきによって測光値の位置依存性が若干残る
- 改善点
 - 検出器パターン差し引きの手順を見直すことで artifact を低減
 - フラットを新たに取得することで測光値のばらつきを低減
 - ubercalibration (視野内の星を使ってフラット補正後の測光を補正) で測光値のばらつきを低減



より暗い天体での高精度な測光に道筋

目次

- NIC データ解析の流れ

- 従来のパイプライン処理と、その問題点

- 検出器パターンの差し引き

- パターン見積もりの新たな手法: sigma-clipping + median
- 処理順序の見直し

- フラットデータの改善

- 新しいフラットデータとの比較
- 測光結果の比較

- 新手法によるフラットデータの改善

- ubercalibration の流れ
- 実験結果 (現状報告)

NIC データ解析の基本的な流れ

http://www.nhao.jp/~nic/nic_wiki/index.php?NIC解析マニュアル

も参照

(生画像)



I) ダーク差し引き

II) フラット補正

→ (b)

III) スカイ画像作成

→ (c)

IV) スカイ差し引き

→ (d)

V) 検出器パターン除去

→ (e)

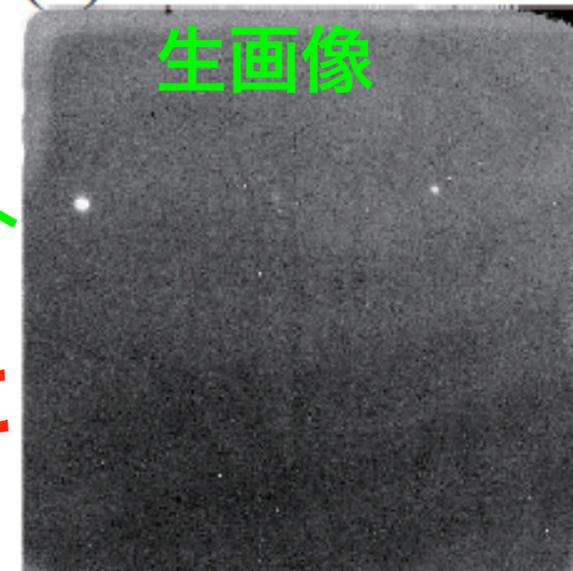
VI) 画像位置合わせ

VII) 重ね合わせ

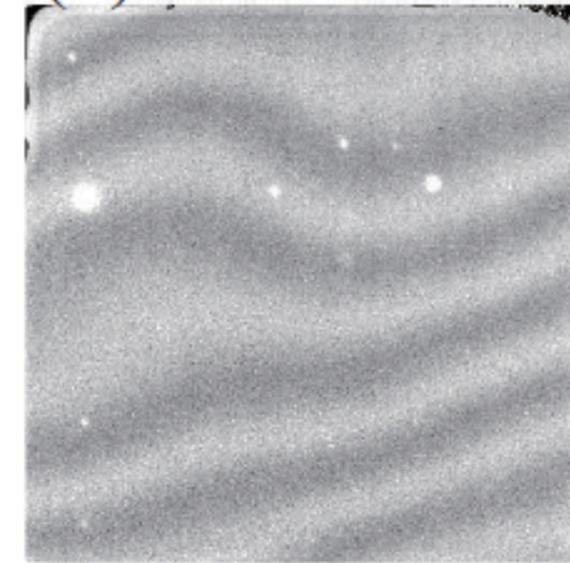
VIII) アstrometry → (最終画像)

(a)

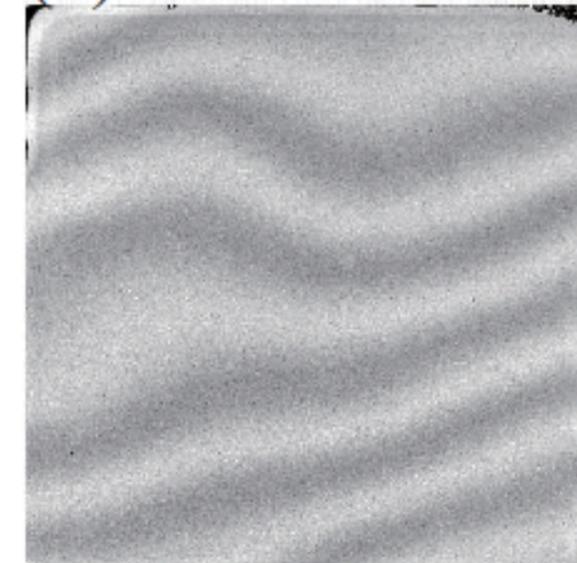
生画像



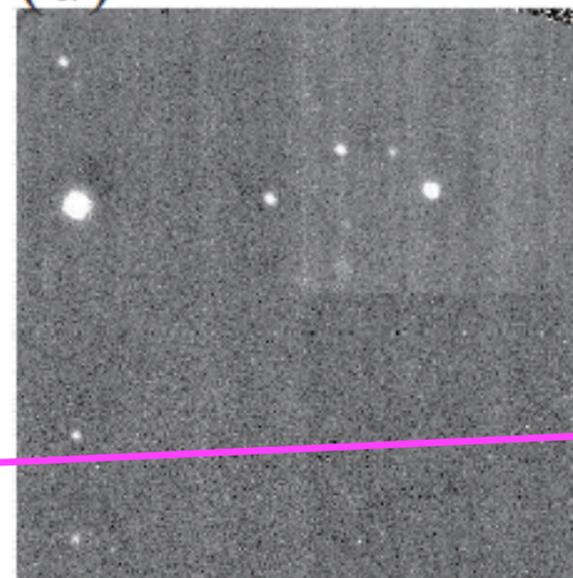
(b)



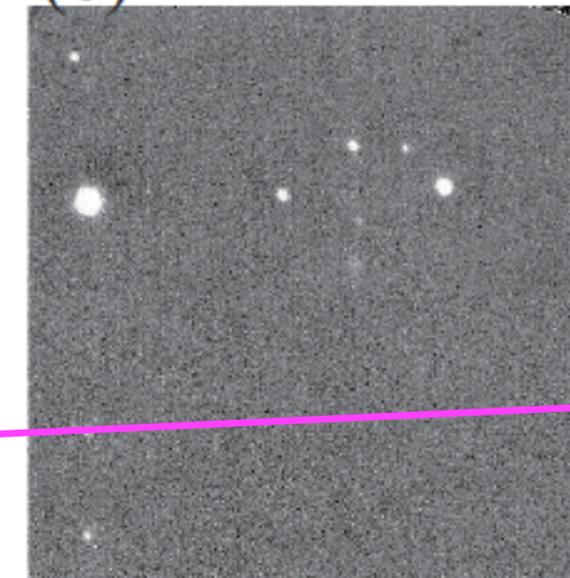
(c)



(d)

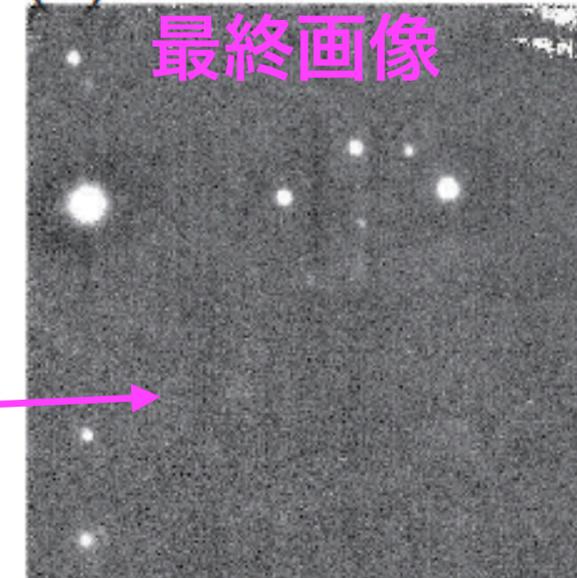


(e)

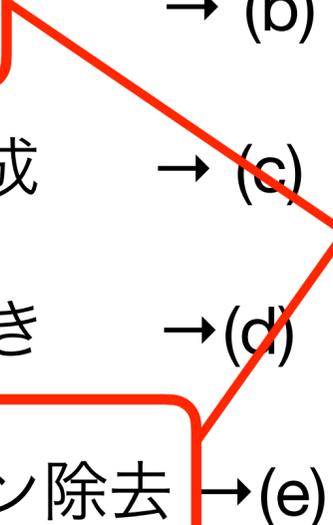
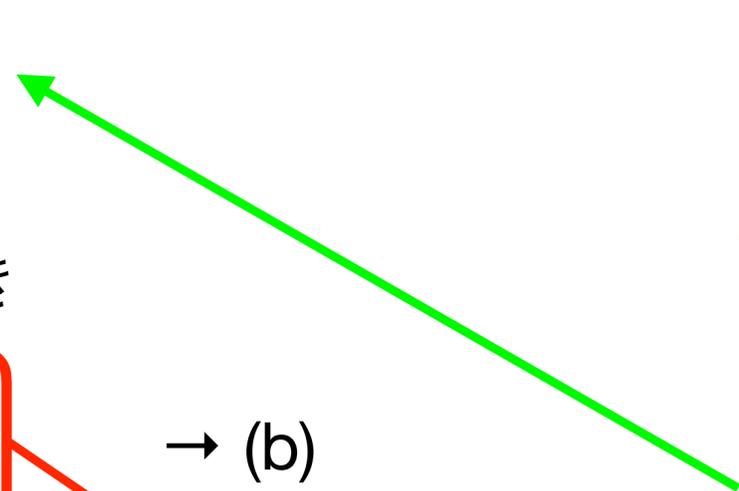


(f)

最終画像



これらに
着目

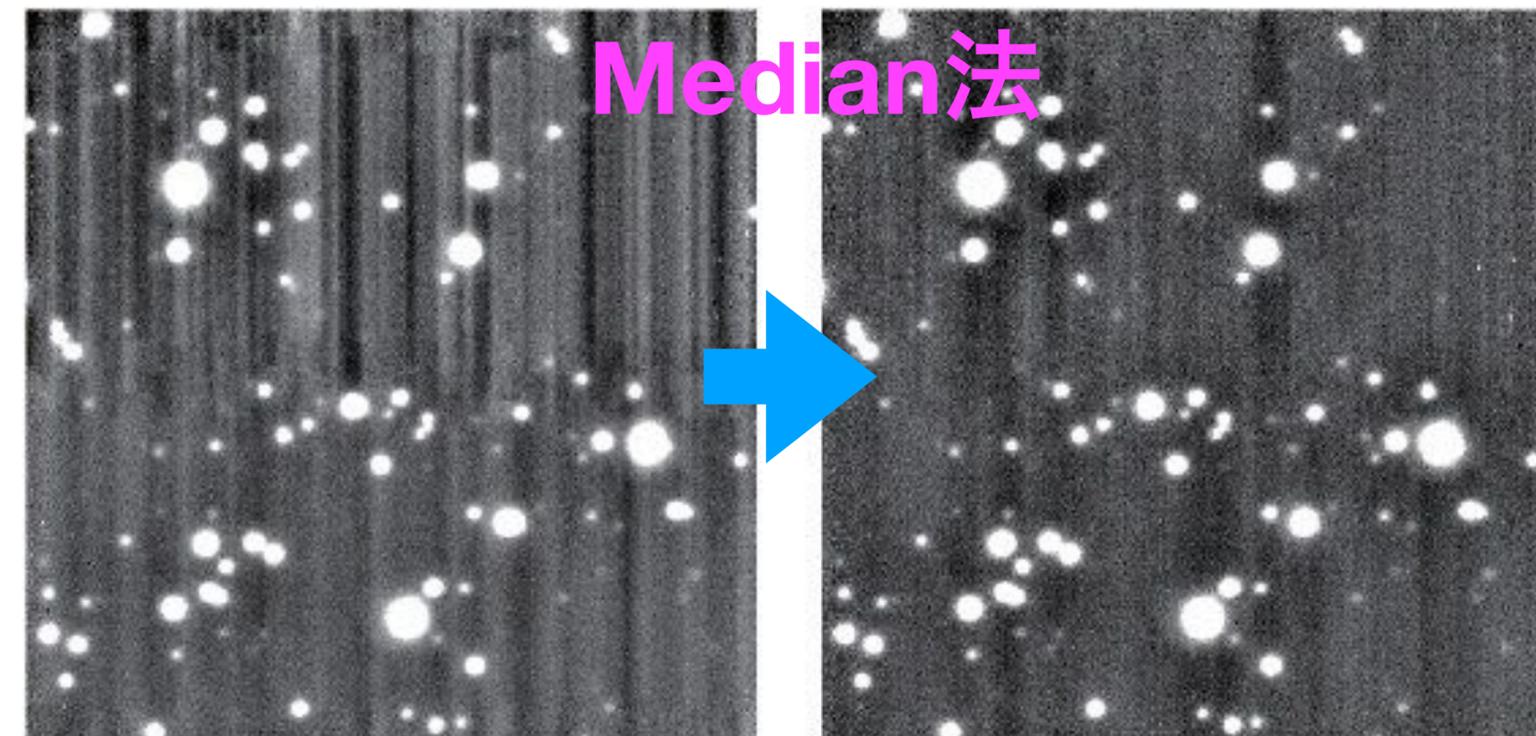
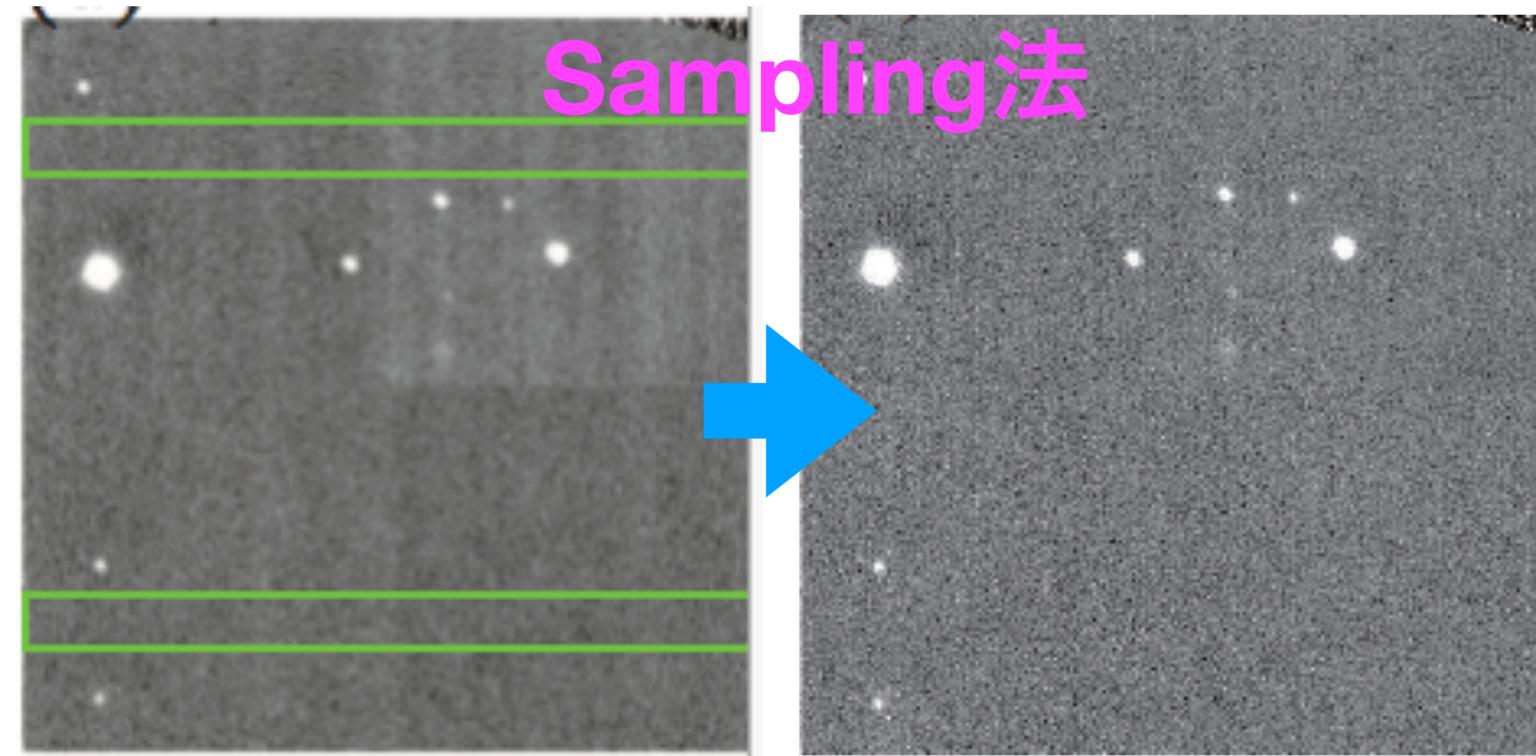


(1) 検出器パターン除去

- 検出器由来の「縦縞」パターンが存在
 - ダーク、フラット等で取り切れない
 - 縦方向にほぼ一定値を取る (上下半分とも)
 - カウントレベルとしては、
「スカイ >> 検出器パターン」
 - フレームごとにレベルは異なる
- パターン見積もりの方法:
 - 天体の写っていない行 (20-100行程度) を取り出し、縦方向に平均 (sampling法)
 - 各列のカウントの中央値をとる (median法)

➡ **いずれも「引きすぎ」等が発生**

& 処理も少々複雑...



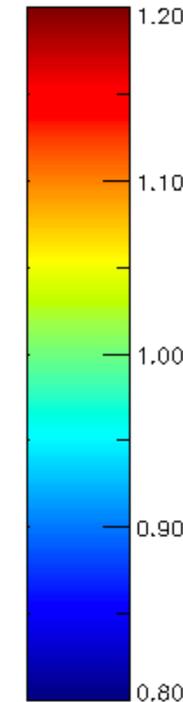
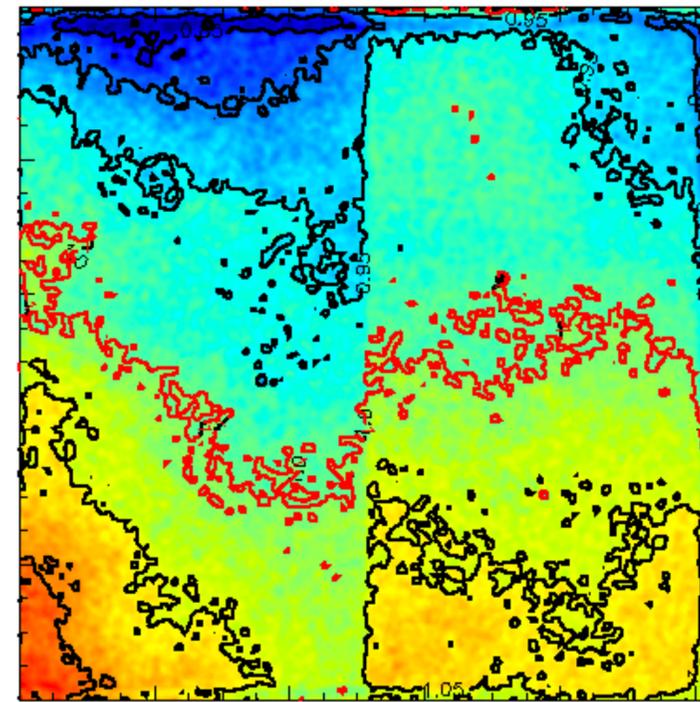
(2) フラット補正

- フラットフレームの作成:
 - 「高カウント」と「低カウント」のペアを複数作り、差し引きをする
 - 差し引きしたフレームを中央値でスケールし、重ね合わせる

→好条件の大量のデータが必要

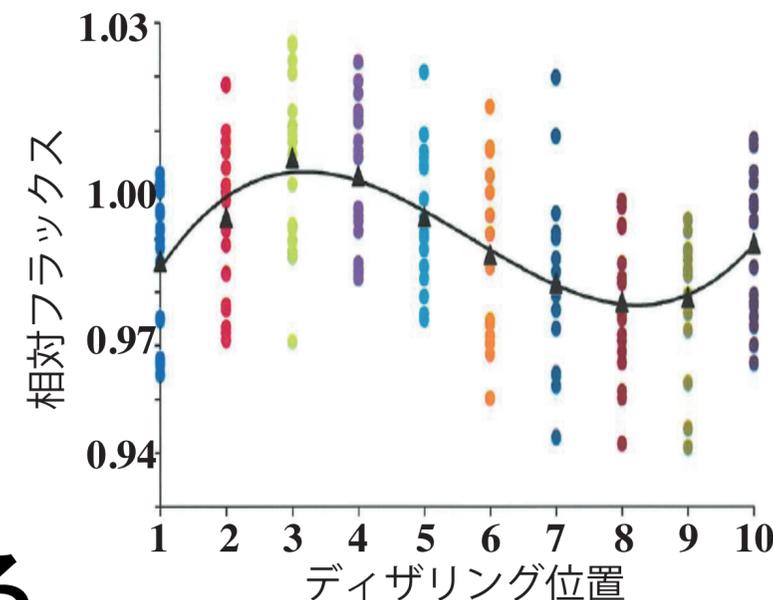
- 理想的には日付の近いデータを使う方が良い
 - 明るい天体 (~13-14 AB 程度まで) で数-10%の精度を求めるならマスターフラットで十分
 - より高い精度を求める場合は要改善

→フラットは変動、さらに位置依存性も残る



(マスターフラット) /
(新規に作成したフラット)

視野端では10%以上、
マスターフラットからの
ずれが見られる。



測光値の位置依存性
(多葉田 2018、修論)

フラット補正で取り
きれない依存性がある。
これを補正して測光精度
を向上させた。

目次

- NIC データ解析の流れ

- 従来のパイプライン処理と、その問題点

- 検出器パターンの差し引き

- パターン見積もりの新たな手法: sigma-clipping + median
- 処理順序の見直し

- フラットデータの改善

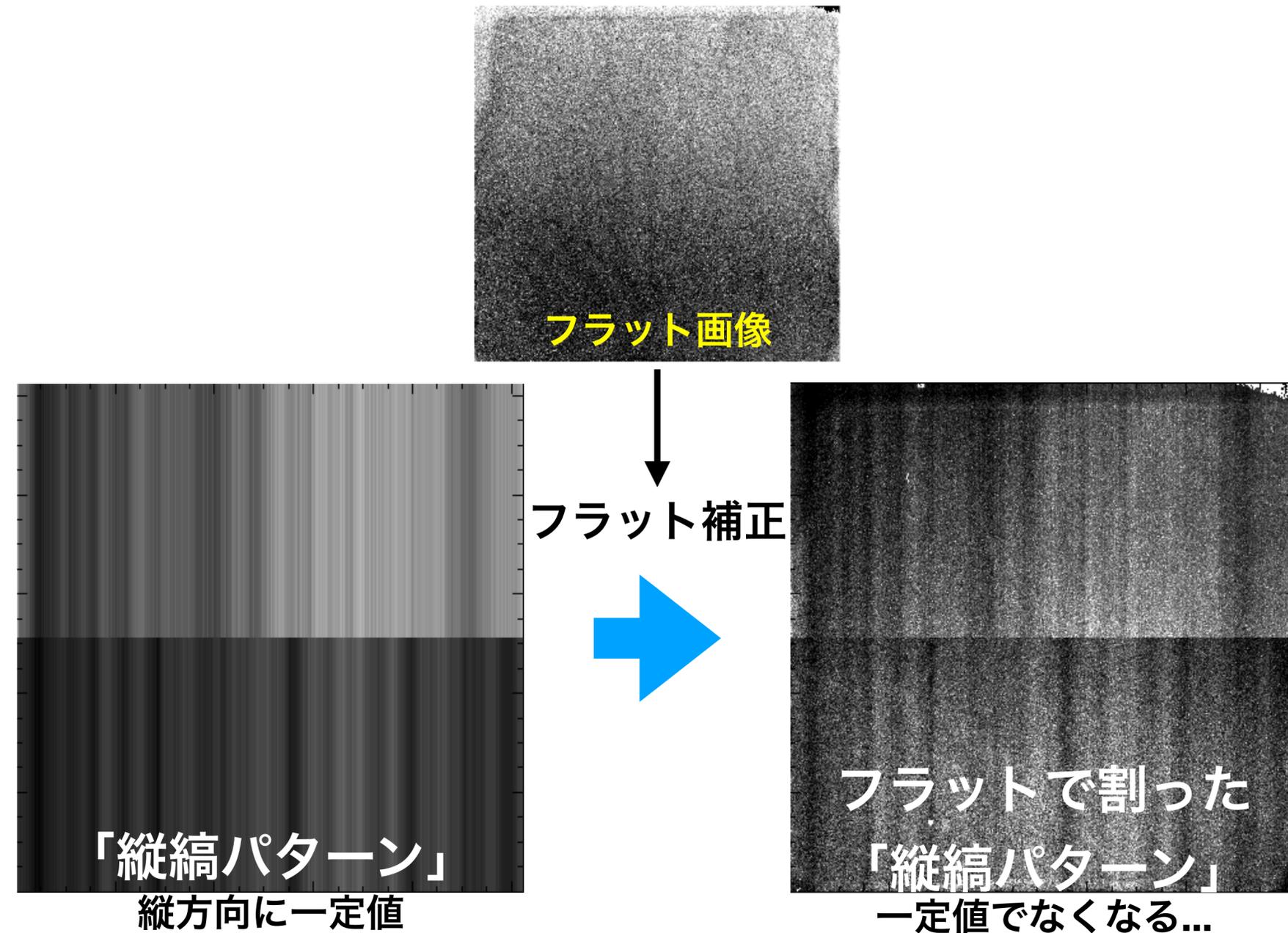
- 新しいフラットデータとの比較
- 測光結果の比較

- 新手法によるフラットデータの改善

- ubercalibration の流れ
- 実験結果 (現状報告)

検出器パターン除去+フラット補正

- 検出器パターンは「縦方向にほぼ一定」と **仮定**している
 - 一方で、処理はフラットが先だった
 - フラット補正すると仮定が崩れる
- パターン差し引きは「スカイ引き後」かつ「フラット補正前」で行う方が正しい
- 象限間の「段差」が数-10カウント程度残ることがある
 - 現状、大きな問題ではないが、暗い天体には影響大



➡ 処理の順序を入れ替える

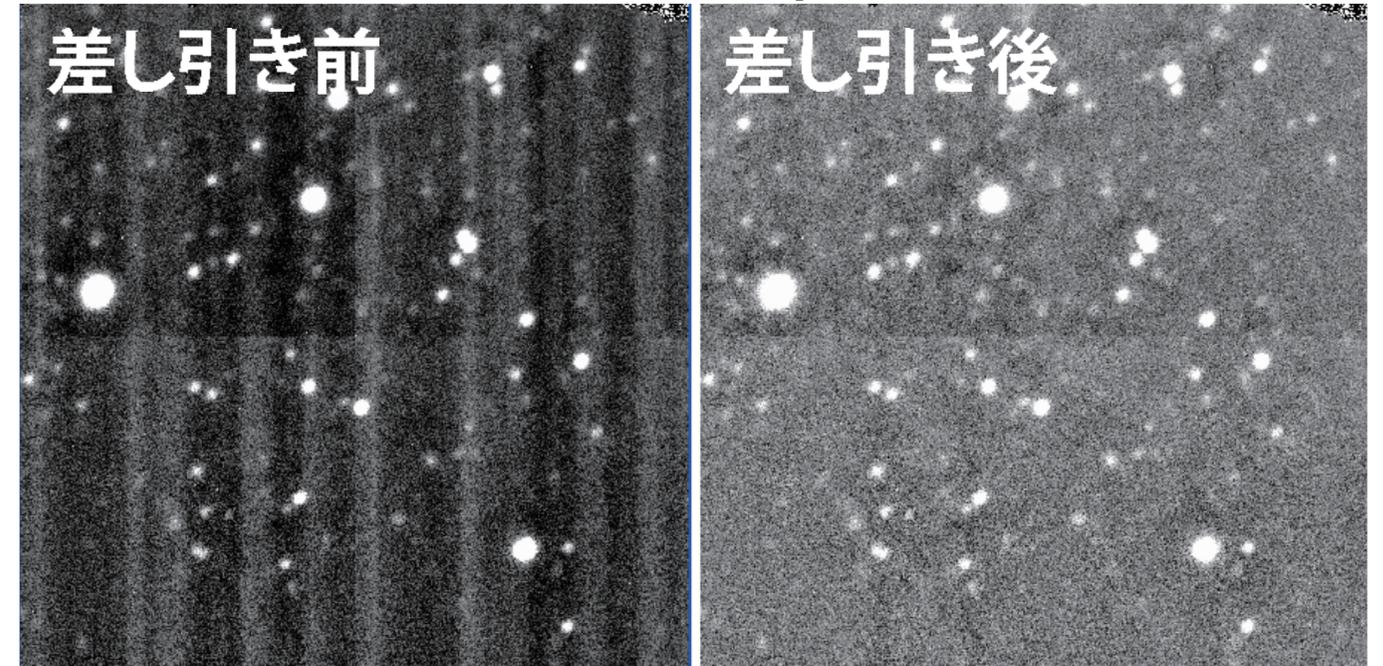
新たな検出器パターン見積もり法

Median法 + sigma clip

- sigma-clipping により「縦方向の天体のない領域の中央値」を抽出する:

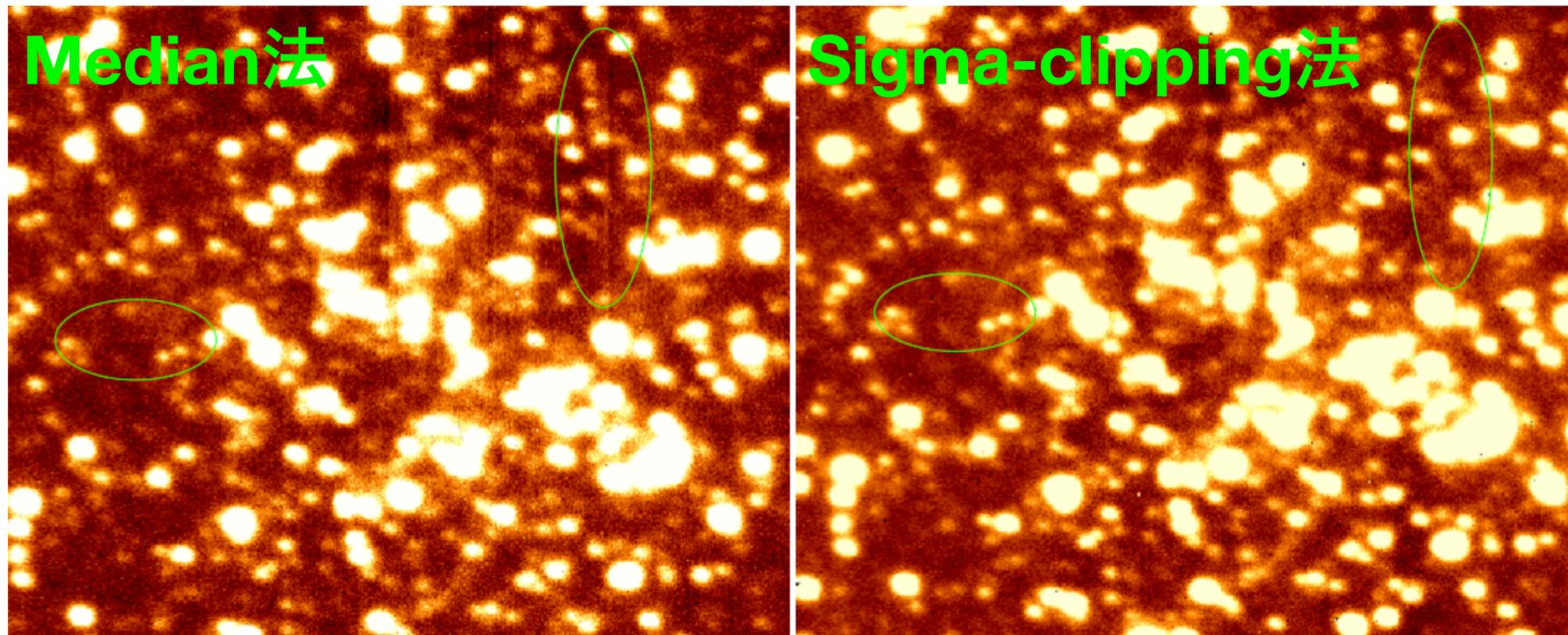
- 縦方向の中央値を取る
- そこからしきい値以上外れたものを除外
- 以上を繰り返す

しきい値は
パラメーター化して調整



- メリット:

- 混んだ天域・空いた天域両方で使える
- シンプルな方法で、写った天体の影響を避けられる
- 新旧パイプラインの比較: 右図

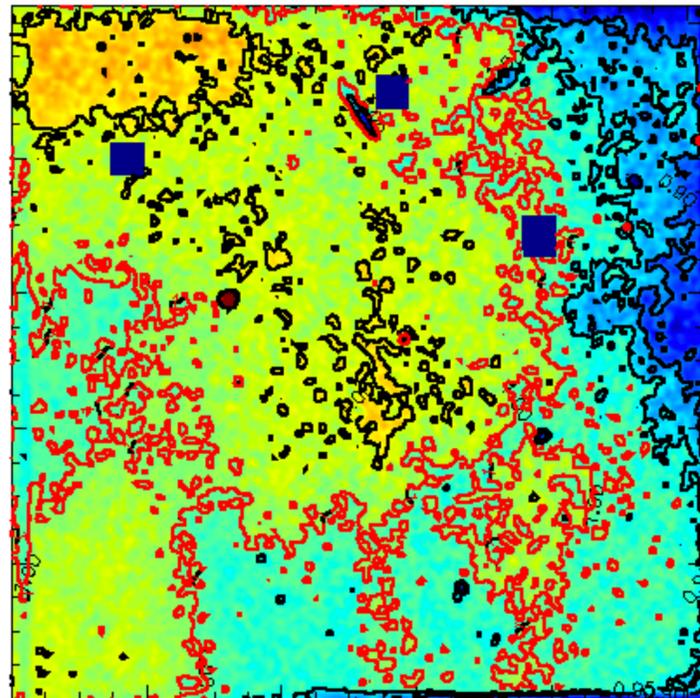
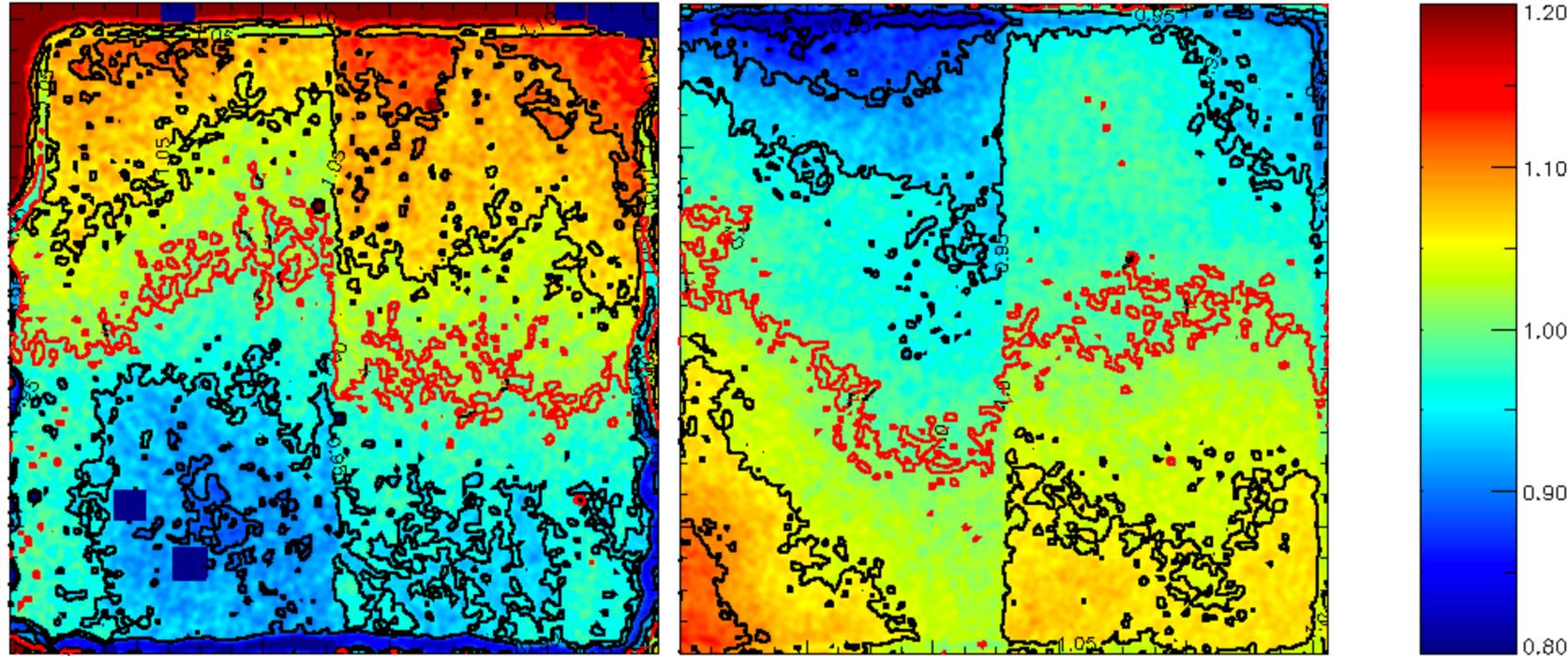


...一定の改善は見られた

目次

- NIC データ解析の流れ
 - 従来のパイプライン処理と、その問題点
- 検出器パターンの差し引き
 - パターン見積もりの新たな手法: sigma-clipping + median
 - 処理順序の見直し
- フラットデータの改善
 - 新しいフラットデータとの比較
 - 測光結果の比較
- 新手法によるフラットデータの改善
 - ubercalibration の流れ
 - 実験結果 (現状報告)

新旧フラットデータ比較



新旧フラットフレームの比
左上: J バンド、右上: H バンド
左下: Ks バンド

いずれも視野端近くでは
10%以上のずれが見える

- 新たなフラットとマスターフラットの比を取る:

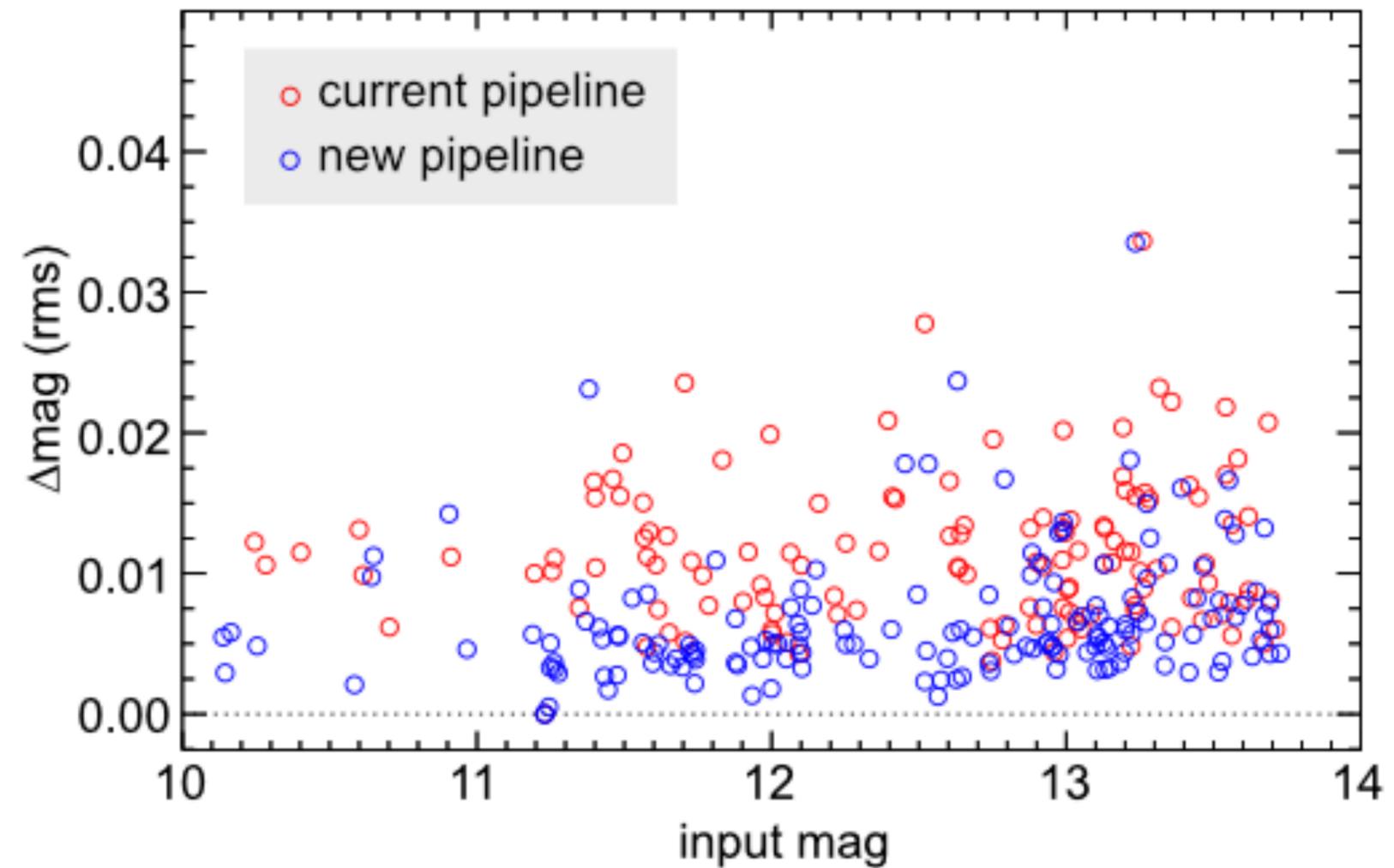
$$F_{new}/F_{master}$$

- F_{new} : 2021-06-09、10秒積分
 - J/H/Ks とともに 2x10 フレーム 重ね合わせ
- F_{master} : 2015-06-21、2秒積分
 - J: 2 x 30 フレーム
 - H: 2 x 19 フレーム
 - Ks: 2 x 17 フレーム

高い測光精度を求める場合は
新たなフラット取得を推奨

新旧パイプラインによる測光結果の比較

- 球状星団のデータを用いて測光解析
 - フラット更新・パターン除去の改善
→ [新パイプライン](#)に実装
 - 3回以上観測された星の測光値のばらつきを求める
 - 旧パイプライン (マスターフラット使用) と比較
- データ諸元
 - ターゲット: M13 (~14 AB までのメンバーを使用)
 - 積分時間: 30秒
 - ディザリング: 半径10秒・7点
 - 共通の標準星を使って相対測光



**旧パイプライン(赤) に比べ、新パイプライン(青) では、
測光値のばらつき (rms) が
~0.01 mag → ~0.005 mag に改善**

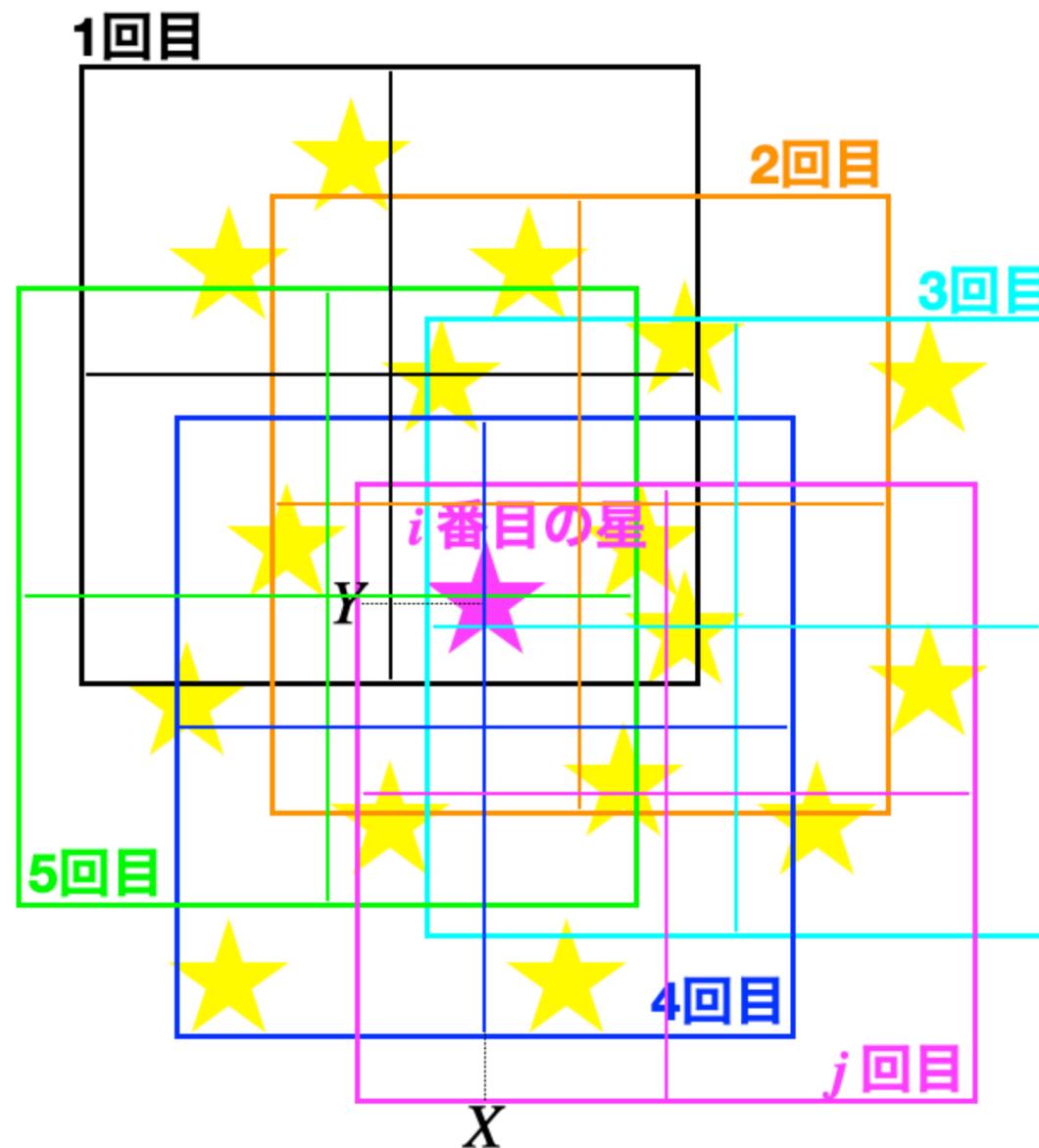
目次

- NIC データ解析の流れ
 - 従来のパイプライン処理と、その問題点
- 検出器パターンの差し引き
 - パターン見積もりの新たな手法: sigma-clipping + median
 - 処理順序の見直し
- フラットデータの改善
 - 新しいフラットデータとの比較
 - 測光結果の比較
- 新手法によるフラットデータの改善
 - ubercalibration の流れ
 - 実験結果 (現状報告)

測光精度の向上に向けて: Ubercalibration

視野内の複数の星を場所を変えて複数回観測

- フラットは補正済み
- 各象限の感度むらは観測期間中一定



- 検出器上(焦点面上)の位置による感度むらが存在
 - フラット補正でも取り切れない
 - 系外惑星トランジットでこれを補正した前例あり
- 同一の星が検出器上のどこでも同じ明るさになるように、補正をかける: "ubercalibration" (e.g. Padmanabhan+2006)

$$m_{true} = m_{obs} + \Delta a + f(X, Y)$$

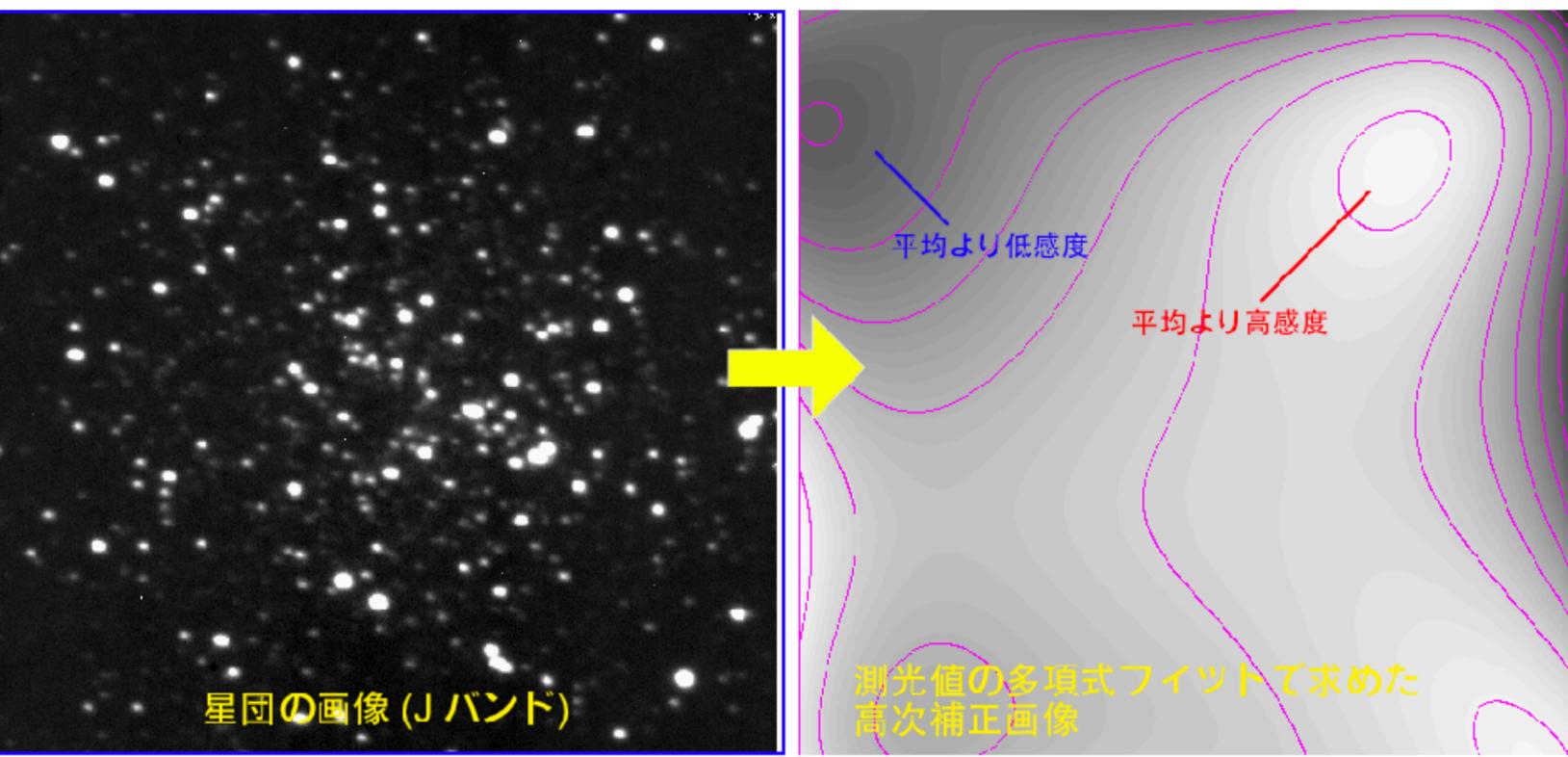
i 番目の星
 j 番目の観測
第 α 象限
ピクセル座標 (X, Y)

$$m_i^{true} = m_{i,j}^{obs} + \Delta a_\alpha + f(X, Y)$$

$$\chi^2 = \sum_{ij} \left(\frac{m_i^{true} - m_{i,j}^{obs} - \Delta a_\alpha - f(X, Y)}{\sigma_j} \right)^2$$

最小二乗法で
 m_i^{true} , Δa_α , $f(X, Y)$
を求める

Ubercalibration : 現状報告



- 実際のデータに ubercalibration を適用するコードを開発
- 星団のデータを複数条件で取得中
- 視野内の測光値を使って "superflat" フレームを作成 (上図)

- 精度の向上は....
- データによっては多少の効果あり(?)
- 現状は有意な結果は出ておらず
- 諸々、試行錯誤中...

