

岡山188cm望遠鏡/HIDES-F 自動一次元化システムの開発

原川紘季

(Subaru Telescope NAOJ),

他HIDES-F 運用グループ

HIDES-Fの概況

- HIDES-F (Kambe et al. 2013):
高分散分光器 HIDES+ファイバーリンク+イメージスライサー
- 188cm + HIDES-F によるキュー観測ベースの自動観測が実用段階
(前原氏 ほか OAO UM 2017)
- **2018.03.31 共同利用終了：ユーザー主体の運営へ移行**
- **～2018.11 クーデ室・HIDES改修調整 (波長域の固定化)**
- 2018.11.29 天体導入
- 2018.12.24 本格的な自動観測運用開始
- 2019～ 自動観測を継続

HIDES-Fデータの扱い

- 生データの場所は機器制御サーバー内に一定期間保存

(従来通り)

OA0-188cm Exposure Log

Auto refresh: [ON](#) / [OFF](#) Descending: [ON](#) / [OFF](#)

DATE-OBS: 20181224 ([2018/12/22](#) [2018/12/23](#) [2018/12/24](#) [2018/12/25](#) [2018/12/26](#))

Instrument: HIDES ([Problem report form](#); [Weather report form](#))

EXPID	OBJECT	NA-TYPE	JST	EXP-EXPOSURE	PROP-ID	OBSERVER	FOC-ALTITUDE	FLTS-STATUS	BSMDS	BSMDS2	Remarks
00069543	BIAS		19:02:55	0.0	N/A		37.90	NON_INIT/		0.000	normal
00069544	INST FLAT	INSTFLAT	19:05:40	2.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	0.00	NON_INIT/		0.000	normal
00069545	INST FLAT	INSTFLAT	19:11:41	2.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	0.00	NON_INIT/		0.000	normal
00069546	INST FLAT	INSTFLAT	19:12:35	2.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	-37.90	NON_INIT/		0.000	normal
00069547	INST FLAT	INSTFLAT	19:13:32	2.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	0.00	NON_INIT/		0.000	normal
00069548	INST FLAT	INSTFLAT	19:14:26	2.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	-37.90	NON_INIT/		0.000	normal
00069549	INST FLAT	INSTFLAT	19:15:20	2.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	0.00	NON_INIT/		0.000	normal
00069550	INST FLAT	INSTFLAT	19:16:16	2.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	0.00	NON_INIT/		0.000	normal
00069551	INST FLAT	INSTFLAT	19:17:11	2.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	0.00	NON_INIT/		0.000	normal
00069552	INST FLAT	INSTFLAT	19:18:05	2.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	0.00	NON_INIT/		0.000	normal
00069553	INST FLAT	INSTFLAT	19:19:00	2.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	-37.90	NON_INIT/		0.000	normal
00069554	INST FLAT	INSTFLAT	19:19:55	2.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	0.00	NON_INIT/		0.000	normal
00069555	COMPARISON	COMPARISON	19:23:07	10.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	-37.90	NON_INIT/		0.000	normal
00069556	tauCet	OBJECT	19:50:09	300.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	-23.60	NON_INIT/		0.000	I2Cell file= ovhd069556_2.fits count best 5 = 17852.0 17669.0 17150.0 16822.0 16462.0
00069557	HR586	OBJECT	20:40:28	305.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	-22.60	NON_INIT/		0.000	normal file= ovhd069557_2.fits count best 5 = 11267.0 10978.0 10875.0 10764.0 10690.0
00069558	HR954	OBJECT	20:49:08	200.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	-22.60	NON_INIT/		0.000	normal file= ovhd069558_2.fits count best 5 = 5923.0 5919.0 5853.0 5807.0 5786.0
00069559	tauCet	OBJECT	20:59:19	300.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	-23.00	NON_INIT/		0.000	I2Cell file= ovhd069559_2.fits count best 5 = 14455.0 14189.0 14188.0 13005.0 13302.0
00069560	tauCet	OBJECT	21:06:09	300.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	-23.00	NON_INIT/		0.000	I2Cell file= ovhd069560_2.fits count best 5 = 27033.0 26427.0 25375.0 25069.0 24946.0
00069561	tauCet	OBJECT	21:12:13	300.0	N/A	HIDESCOMISSIONINGTEAM	-23.00	NON_INIT/		0.000	I2Cell file= ovhd069561_2.fits count best 5 = 35323.0 34482.0 33159.0 33063.0 32620.0
											file= ovhd069562_2.fits count best 5 =

各ユーザーはweb上のログを参照

✓それぞれCalデータと自分のデータをサーバーから取得、各自リダクション・解析を行う

リダクションの自動化

- 最終的に視線速度解析まで自動化するための必須ステップ
- 自動観測の効率は熟練観測者と同等 (前原氏: OAO-UM)
 - ⇒ データ量の増大
 - ✓ ユーザーの省力化
 - ✓ データ転送によるトラフィックの圧迫などトラブルの回避
- 高分散分光観測に不慣れなユーザーにも一定の品質のデータを提供可能
- HIDES-F内部の異常をいち早く察知できる

リダクション（一次元化）について

- オーバースキャン・バイアス除去
- フラットフレーム作成
- エシエルオーダートレース
- 散乱光除去
- (宇宙線除去)
- フラット補正
- 一次元化
- 波長校正
- 連続光補正 (フラット除算)
- (一本化・フラックス補正)

自動化への必須要素

- **キャリブレーションデータ品質の判断**

- ✓ ランプが点灯していなかった・暗かった

- ✓ フォーマットが大きく変わってしまい、有効なデータではなくなった

- ✓ ヨードセルの混入

- ✓ ハードウェア起因の問題

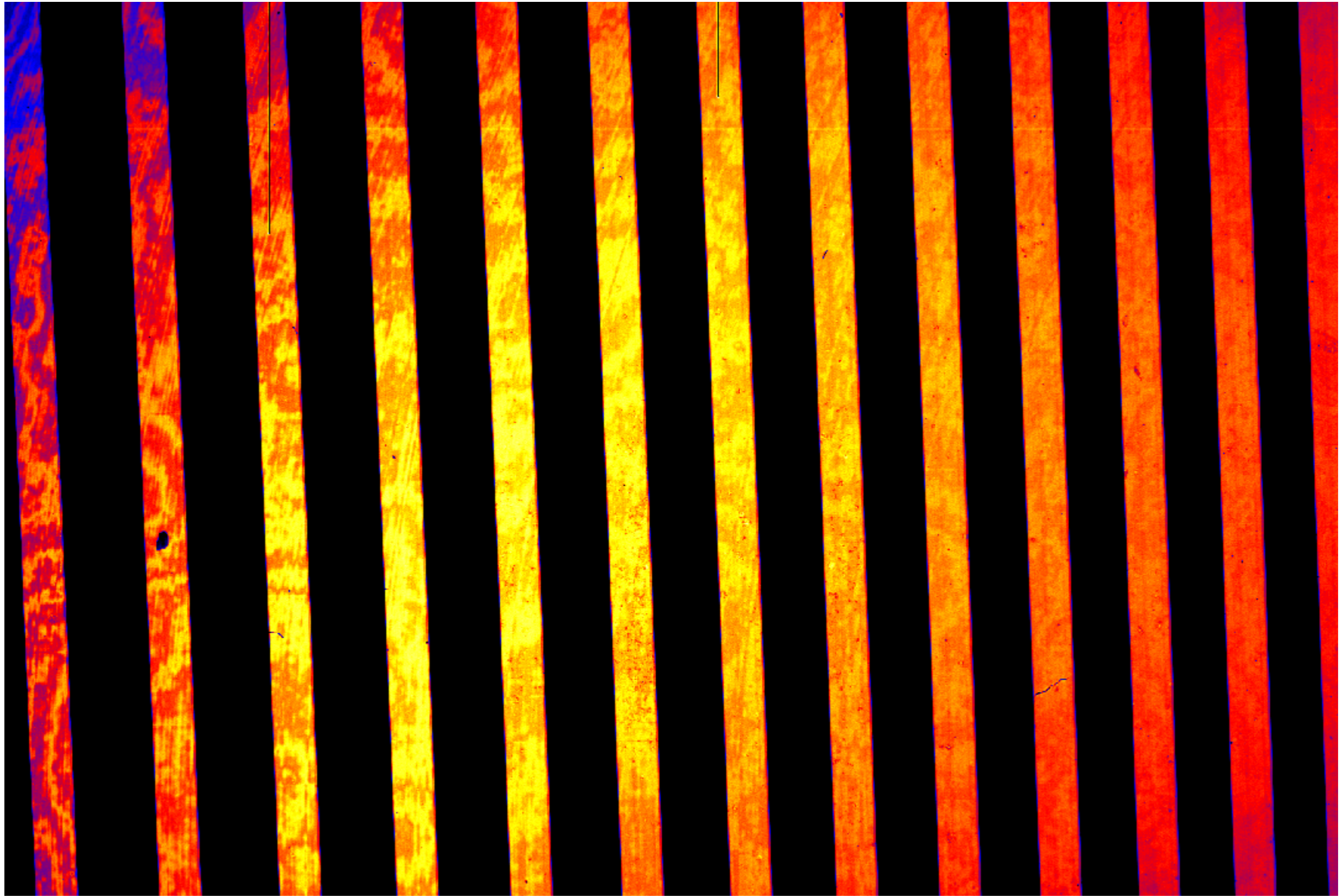
- **リダクション過程の詳細ログ**

- ✓ スタック処理をしたバイアス&フラットのフレーム番号・枚数

- ✓ ThArによる波長校正の残差・分散方向の変位・輝線同定数

自動化への必須要素

- 赤側CCDのフリッジ対策



自動リダクションシステム構成

管理者



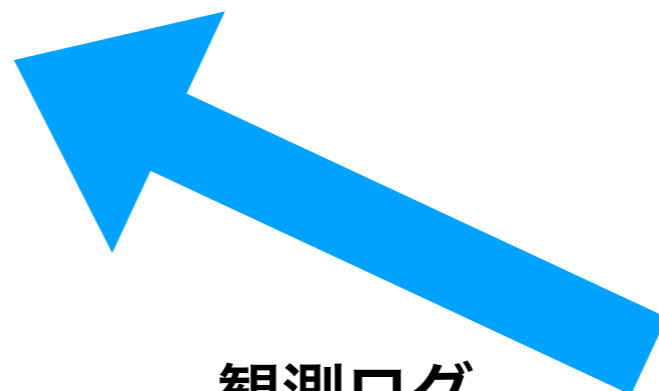
ログ(Slackに送信)



生データ



一次元化データ
ログ



観測ログ
(12セルステータス)



※全てのデータ転送は日中一回ずつ行われる

校正データ品質

- **CCDの中央付近の平均カウント**

- ✓ 著しく低いカウント・試験データなどを除外

- ✓ X軸 全範囲, Y軸 2000:2100 pix

- ◆ 例：フラット：4500-7000 (RG), 700-1500 (B)

- (大きなフォーマット変動の影響も把握できる)

- **採用したバイアス・フラットの枚数**

- ✓ 自動観測システムで取得するフラットの数：**45**(RG), **30**(B)

- ✓ 規定の枚数でない場合 警告 (ただし処理ストップはしない)

- **有効なフラットが取れなかった場合**

- ✓ 直近に撮られたフラットを用いて処理

処理ログ

- 日付ごとに処理内容とPyRAFの出力全てをログに書き出し

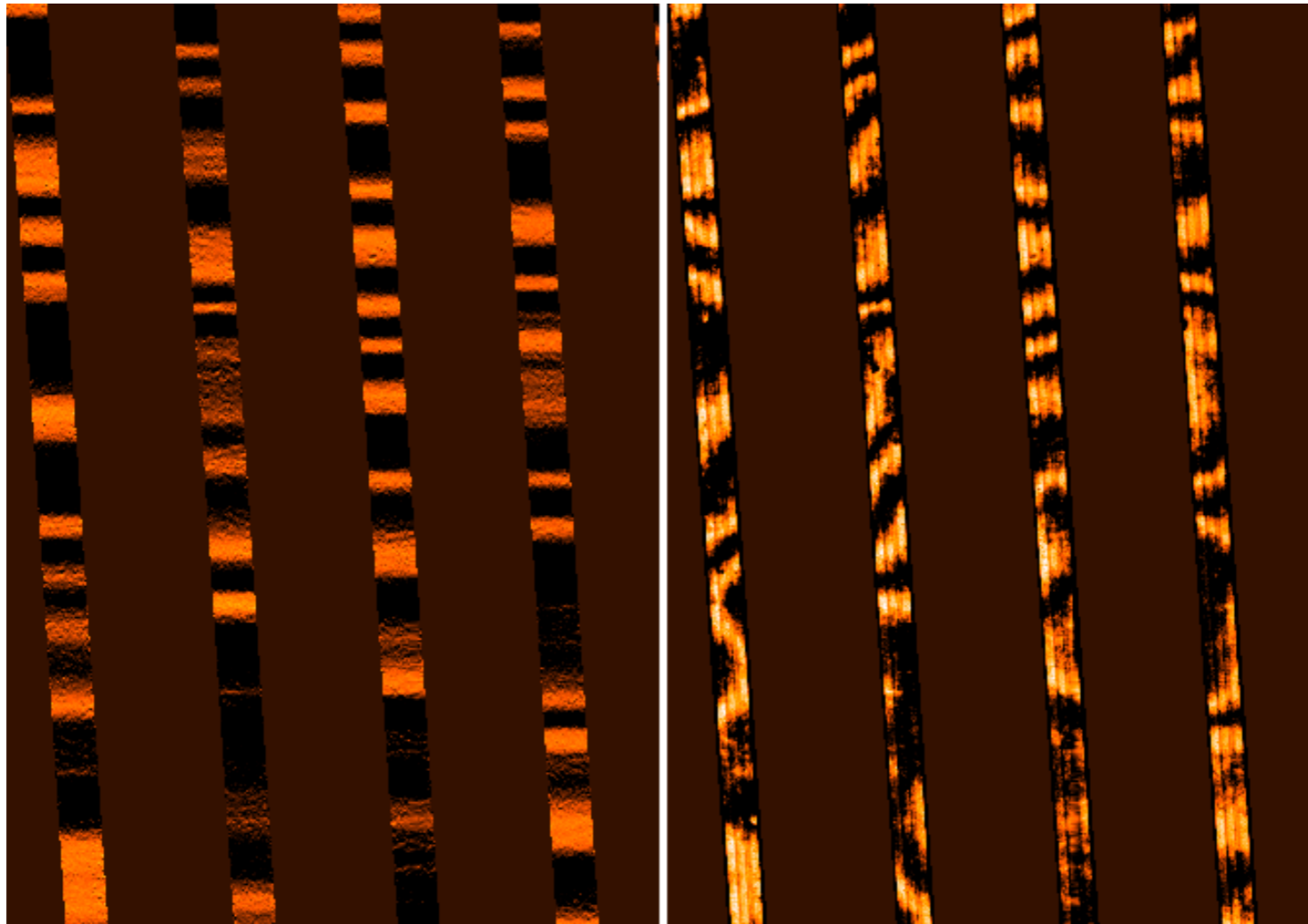
```
o019367_2.fits
o019368_2.fits
o019369_2.fits
o019370_2.fits
o019371_2.fits
o019372_2.fits

Output image = flat_2.fits, ncombine = 45
2019-11-19 09:58:42,119 main_process DEBUG # Bias subtraction...
2019-11-19 09:59:04,580 main_process DEBUG # Flat field creation...
2019-11-19 09:59:25,500 main_process DEBUG # Scattered light subtraction...
2019-11-19 10:08:42,030 main_process DEBUG # Cosmic ray removal w/ lacos_im...
Warning: Cannot delete file (lacos24929_729)
Warning: Cannot delete file (lacos24929_730)
2019-11-19 10:09:27,556 main_process DEBUG # Flat fielding...
2019-11-19 10:09:45,905 main_process DEBUG # Extract 1-D spectra...
2019-11-19 10:10:07,360 main_process DEBUG # ecreidentify...

ECREIDENTIFY: NOAO/IRAF V2.16 hides@autoryv Tue 10:10:07 19-Nov-2019
Reference image = a_comp069639_2, Refit = yes
      Image      Found      Fit Pix Shift  User Shift  Z Shift      RMS
a_comp019261_2  900/900  880/900   -1.41     -3.5   -6.2E-6  0.00104
a_comp019284_2  900/900  870/900   -1.48     -3.69  -6.5E-6  0.00102
a_comp019285_2  900/900  867/900   -1.49     -3.71  -6.5E-6  0.00102
a_comp019289_2  900/900  866/900   -1.41     -3.51  -6.2E-6  0.00106
a_comp019292_2  900/900  865/900   -1.6      -3.98  -7.0E-6  0.00108
a_comp019298_2  900/900  858/900   -1.43     -3.57  -6.3E-6  0.00114
a_comp019301_2  900/900  858/900   -1.43     -3.57  -6.3E-6  0.00119
a_comp019322_2  900/900  857/900   -1.25     -3.11  -5.5E-6  0.00119
a_comp019328_2  900/900  854/900   -1.2      -2.99  -5.3E-6  0.00122
a_comp019332_2  899/900  851/899   -1.13     -2.82  -5.0E-6  0.00123
a_comp019333_2  900/900  853/900   -1.14     -2.83  -5.0E-6  0.00128
```

フリッジ対策

- HDSのリダクションツール(hdsq)のフリッジ補正を流用
 - ✓ 通常のフラット処理ではフリッジのパターンが潰れてしまい、正しい補正ができない
 - ✓ 潰れない方法もあるが イメージスライサーのスライス間部分でノイズが増幅
 - ✓ echelleオーダーを1pix幅でそれぞれフラット補正+抽出を行う

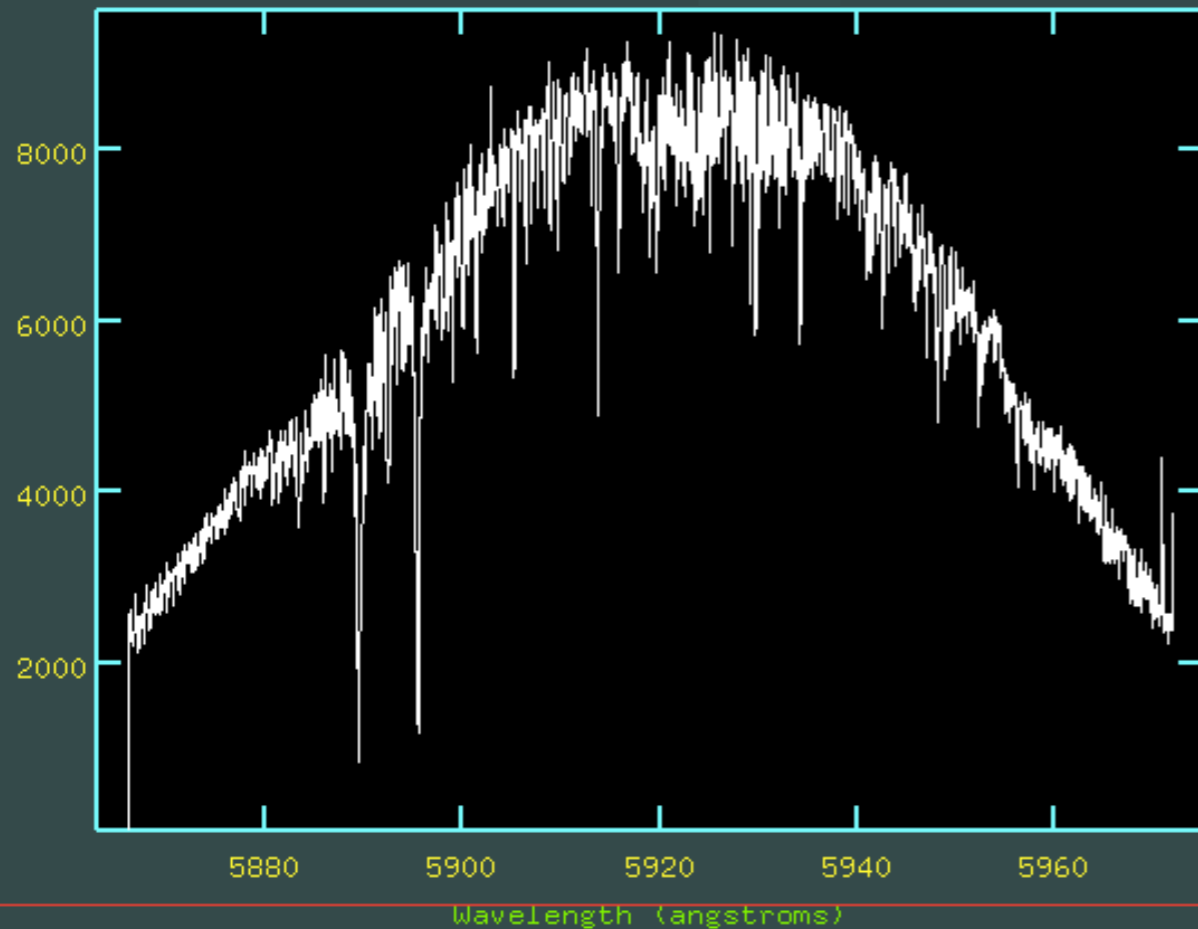


Credit: Tajitsu

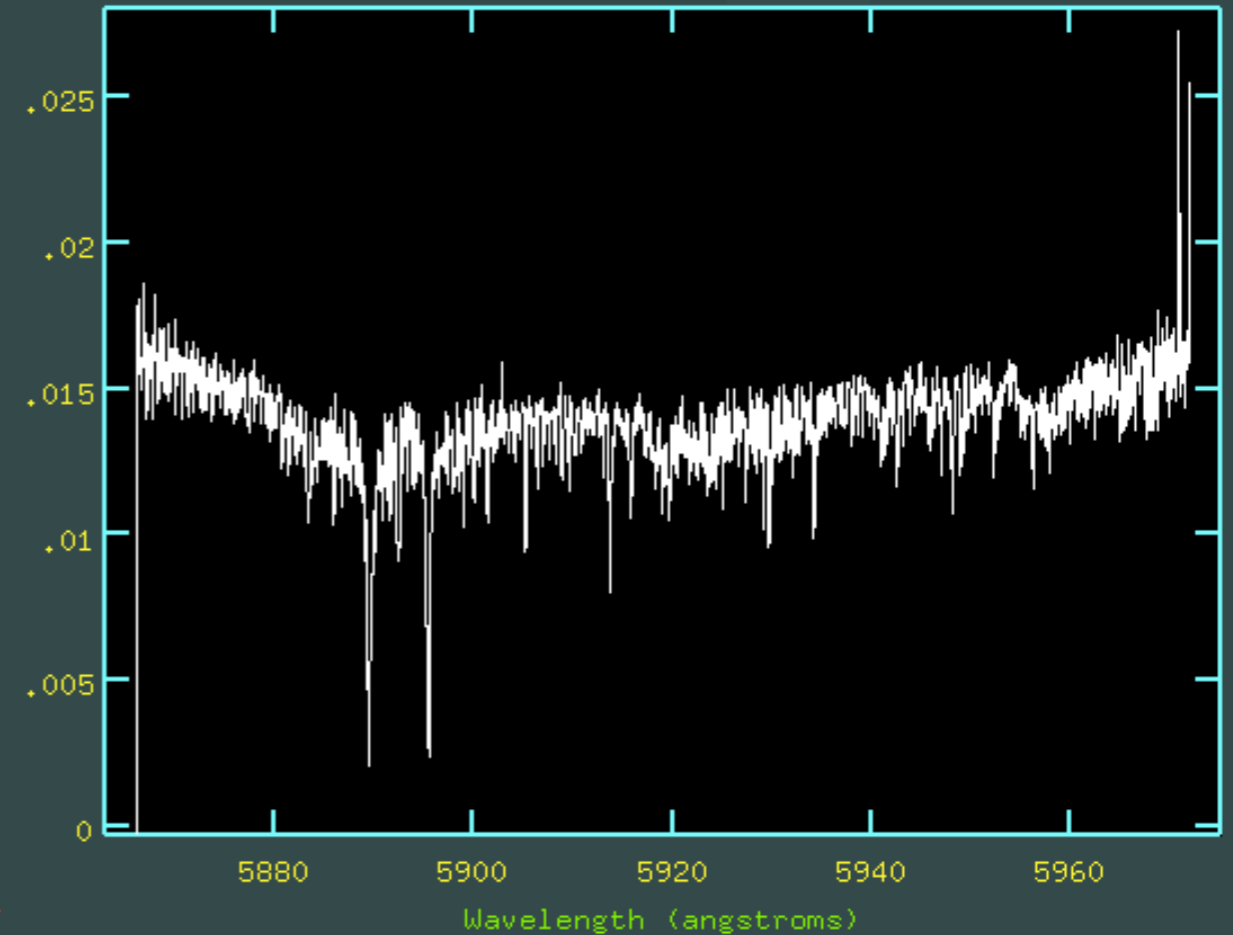
その他 細かい点

- エシエルオーダートレース
→ **aperture, order trace 関連のパラメータは固定**
- 散乱光除去
→ **平面多項式の次数などフィッティングパラメータは固定**
- 宇宙線除去
→ **1500秒以上露出のみ L.A.Cosmic (lacos_im) を用いる
(過剰な補正を回避するため 検出感度は低く設定)**
- フラット補正
→ **赤側のみフリッジ対策(先述)**
- 波長割付け
→ **ThArやI2+フラットについても波長割付 (後述)**
- 連続光補正 (フラット除算)
→ **規格化前後のデータを提供**
- (一本化・フラックス補正)
→ **現在のところ自動化の予定なし**

NOAO/IRAF V2.16 hara@hara01 Sun 17:55:14 01-Mar-2020
[w016403_2_HARAKAWA.fits[*],6]]: 1800. ap:6 beam:96



NOAO/IRAF V2.16 hara@hara01 Sun 17:56:53 01-Mar-2020
[nfw016403_2_HARAKAWA.fits[*],6]]: 1800. ap:6 beam:96



提供される一次元化データ

波長vs電子数 (左図)

ファイル名

w(FrameID)_(#CCD)_(Observer).fits

例:

w016403_2_HARAKAWA.fits

波長vs電子数/フラット (右図)

ファイル名

nfw(FrameID)_(#CCD)_(Observer).fits

例:

nfw016403_2_HARAKAWA.fits

*厳密な連続光補正は行っていない

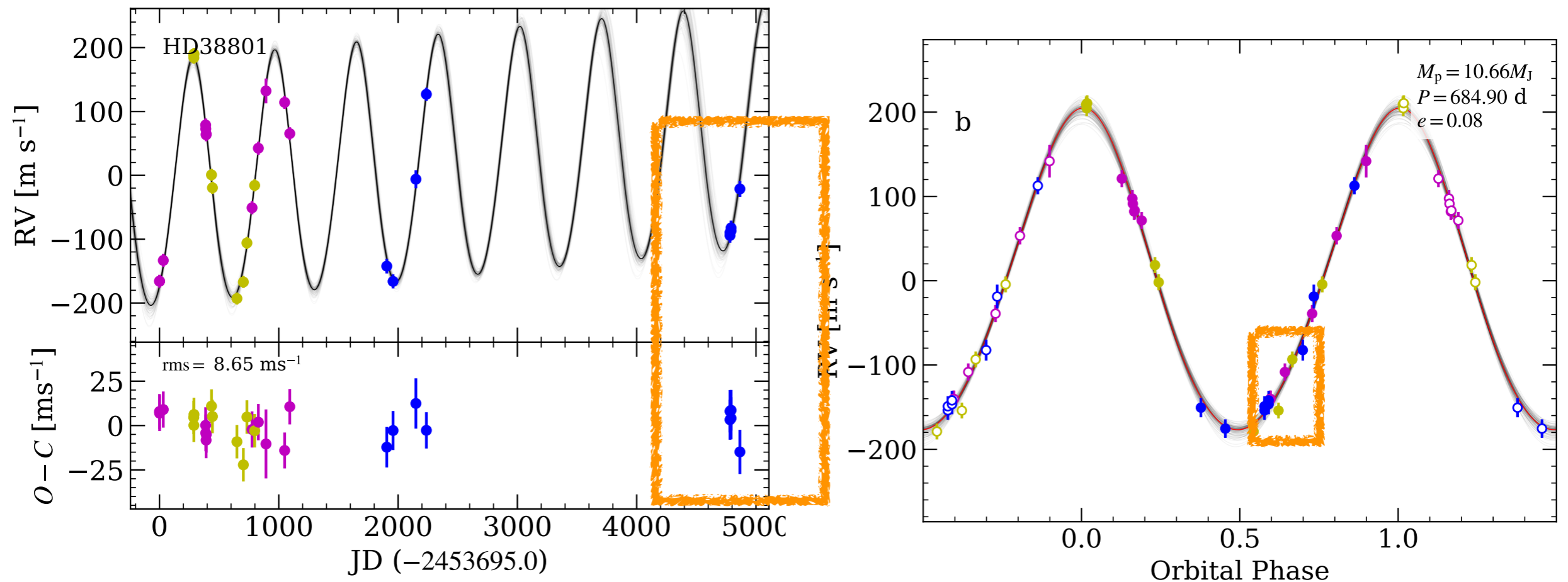
波長校正はIRAFによるものなので 他のツール(e.g. Python)で読むには
IRAFで 'wspectext' を実行し テキスト形式で書き出しする必要あり

データ転送スケジュール

- 転送は毎日定時に実行 & 実行結果は管理者にメール送信
 - ✓ **08:47** 生データ 取得
 - ✓ **09:57** 一次元化処理 開始
 - ✓ **15:09** 一次元化データ 転送
- 各晩のデータを全て問題なく処理した時点で完了のフラグを立てる (以降は処理されない)

時限式コマンドの同時多発を緩和するため
あえてキリの良い時間をずらしてある

一次元化の品質(視線速度)



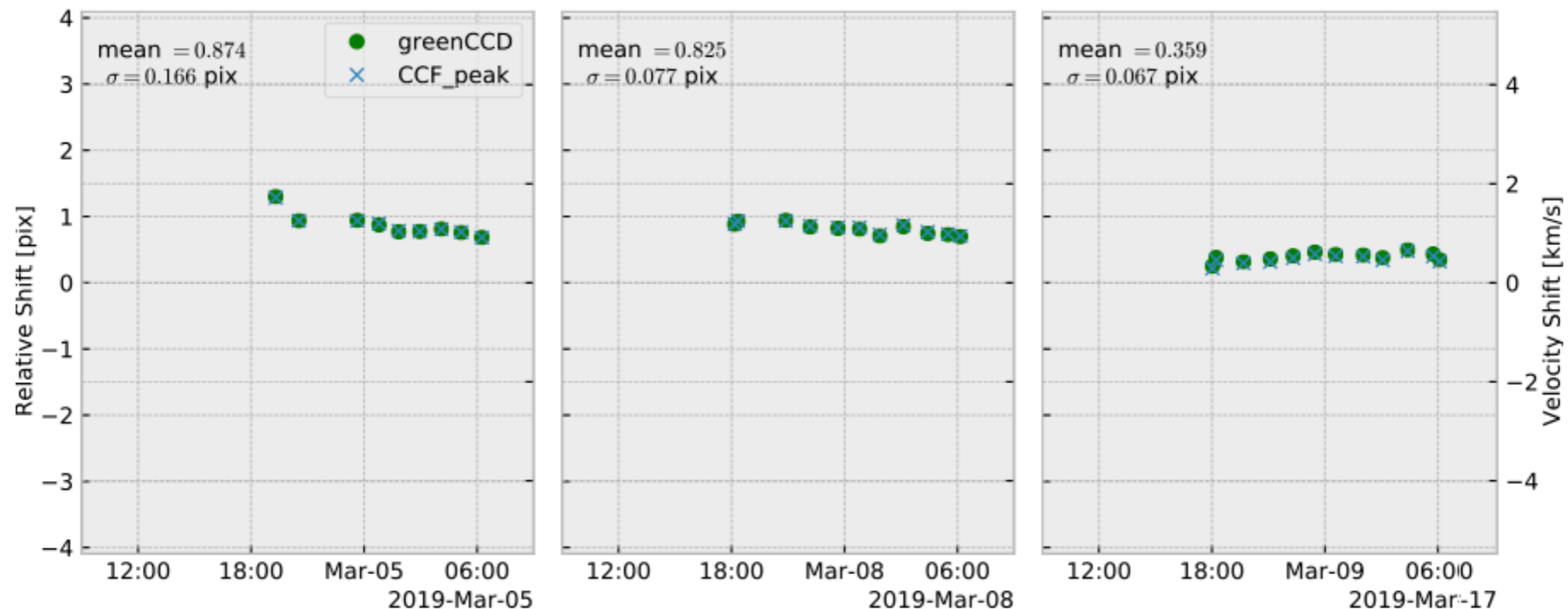
- HD38801 (K0 IV)

- ✓ $M \sin i \sim 10 M_J$ の巨大惑星+長期トレンド

- ✓ 視線速度に特段大きな矛盾はない → Line Profileへの影響はない

ThArの時間変動

- 自動観測による定期的なThAr取得
- 全データをリダクションできるため ThArの位置変動について常時解析を行うことができるようになった
- IRAF波長校正時のスペクトル位置変動
+ 相互相関関数によるピーク位置の変動



今後の予定

- データの秘匿性はどうするか？
現状ではHIDESにアクセスできる人はだれでも
全データを入手可能
(現状では見知ったユーザー間の不文律)
- 最終的には系外惑星サーベイ遂行自体の省力化を図る
 - ✓ RVのフィードバックから観測ターゲット・適時を
割り当て観測時間ごとに最適化

まとめ

- HIDES-Fの通常手順によるリダクション自動化システムを開発した
- 少なくとも線輪郭解析（視線速度解析）には問題なく適用可能

データ保存先：

coude:~/quicklook/
auto_oned_test_harakawa

質問・不具合などは原川まで

harakawa@naoj.org