

Tokyo Tech

# GPUを用いた高速一次処理パイプライン(2)

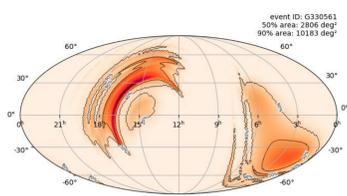
庭野聖史 niwano@hp.phys.titech.ac.jp

村田勝寛, 安達稜, Wang Sili, 橘優太朗, 谷津陽一, 河合誠之(東京工業大学), 下川辺隆史(東京大学), 伊藤亮介(美星天文台)

重力波源の電磁波対応天体の観測や、広視野サーベイ観測など、時間領域天文学に於いては低レイテンシ、高スループットな観測データ処理が重要であり、高速画像処理は同分野に欠かせない基幹技術と言える。我々は、ロボット望遠鏡MITSuMEの画像一次処理プロセスの高速化、ひいては高速画像処理技術の確立のために、GPUを利用した高速画像一次処理パイプラインの開発を2018年度から続けており、第9、10回光赤外天文学大学間連携ワークショップではその成果を発表した。本発表では、前回のWS以降の成果について報告する。

## Introduction

- 重力波源の位置情報はエラーが大きい
  - エラー領域内を片っ端から観測し、対応する可視光トランジェントを見つけ出す
- 広視野サーベイ観測はデータレートが大きい



GW190425zのエラーマップ

Project	Data rate (TB/night)
Tomo-e Gozen	30
Subaru HSC	0.4
ZTF	1
LSST	15

➤ 高速画像処理が重要

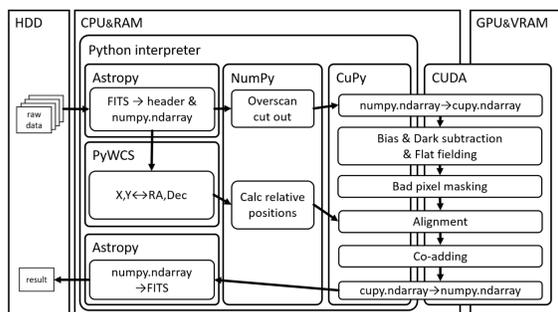
## 研究概要

### 目的

- ロボット望遠鏡MITSuMEの現行の一次処理パイプライン(IRAF使用)を代替する高速パイプラインを開発する

### 開発

- GPU上で画像処理演算を行う
  - CuPyを使用する

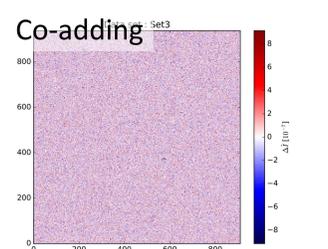
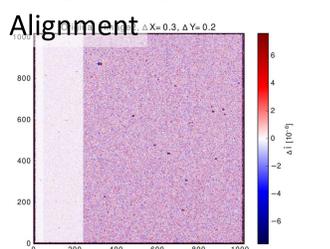


### 性能評価(1) ~IRAFの再現性

- 評価方法: 以下のようにして相対誤差を導出

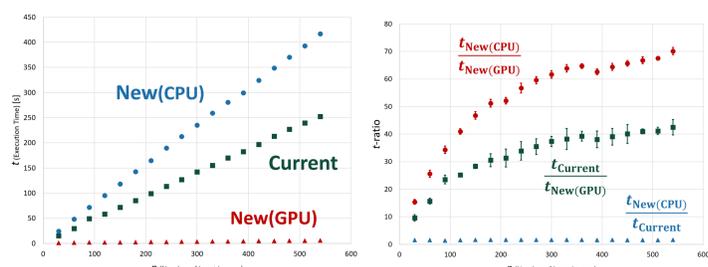
$$\left( \begin{array}{c} \text{New Pipeline} \\ \text{processed} \end{array} - \begin{array}{c} \text{IRAF} \\ \text{processed} \end{array} \right) / \begin{array}{c} \text{IRAF} \\ \text{processed} \end{array} = \Delta I [\mu\text{m}^{-1}]$$

- 結果: 相対誤差はAlignmentで $\lesssim 10^{-5}$ 、Co-addingで $\approx 10^{-7}$ 
  - 前者は何らかの系統誤差、後者は32bit floatの精度限界



### 性能評価(2) ~実行速度

- 現行のパイプラインより約40倍高速



## 追加検証

### 問題

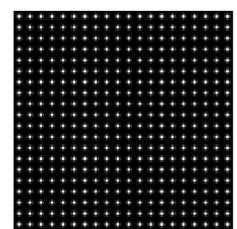
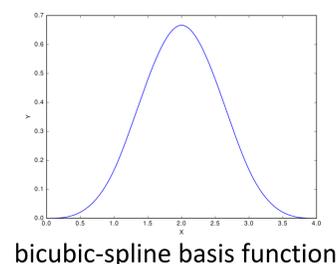
- 新旧パイプラインのAlignmentにおける画像シフトの結果に数値精度限界で説明できない大きさの相対誤差
- 現れた相対誤差は画像内で明らかなパターンがあり、ランダムエラーではない

### 原理

- 新旧パイプラインともに画像シフト時の補間アルゴリズムはbicubic-spline
- bicubic-spline basis functionはspline補間で厳密に再現可能なため、実際に補間を行うことなく、数学的に正しい補間結果を求められる

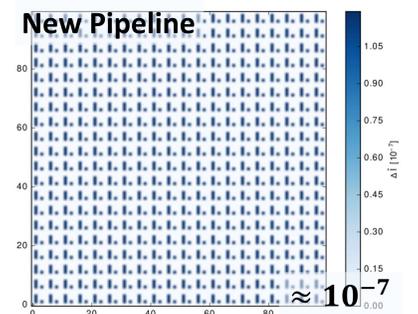
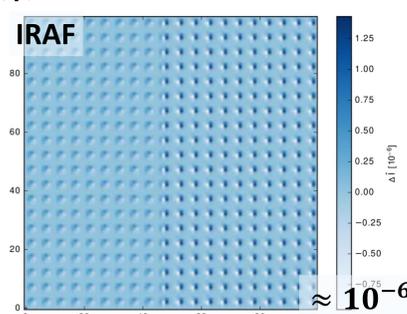
### 方法

- bicubic-spline basis functionを並べた画像を作成
- IRAF-imshiftと新しいパイプラインの対応する関数で画像をシフト
- 前述した正しい補間結果とで画像差分を求める



テスト画像

### 結果



- IRAF-imshiftは、IRAFと新しいパイプラインの相対誤差と同じようなパターンが現れている
- 新しいパイプラインの差の大きさは32bit floatの精度限界と同等
  - $\lesssim 10^{-5}$ の相対誤差の原因はIRAFの側にあった
  - 新しいパイプラインのbicubic-splineの方が精度が高い

## 公開

- PASJ OISTER特集号に論文を投稿

- DOI : 10.1093/pasj/psaa091
- arXiv : arXiv:2008.11486



- 新しいパイプラインをベースにしたGPU利用一次処理用PythonパッケージをGitHubで公開中

- <https://github.com/MNiwan/o/Eclair>

