

2022/12/19,月惑星探査アーカイブサイエンス拠点集会2022

すばる望遠鏡アーカイブデータを用いた未発見小惑星検出アプリケーションCOIASの開発

¹浦川 聖太郎、²杉浦 圭祐、³前田 夏穂、⁴大坪 貴文、⁵茂木 遥平、
⁶木下 大輔、⁷北里 宏平、⁸関口 朋彦、⁹伊東 健一、⁴小池 美知太郎、
⁴臼田-佐藤 功美子

¹日本スペースガード協会、²東京工業大学、³神戸大学、⁴国立天文台、
⁵北海道大学、⁶台湾国立中央大学、⁷会津大学、⁸北海道教育大学、⁹東京大学

¹urakawa@spaceguard.or.jp



(C) Quro/芳文社

まとめ

- ▶ すばる望遠鏡HSC(Hyper Suprime-Cam)のデータから市民・学生・研究者が小惑星の検出・位置測定・測光及びMPC(Minor Planet Center)へ報告を行うことができるアプリケーションCOIAS(Come-On! Impacting ASteroid)を開発
- ▶ 6000個以上の未発見小惑星を検出・測定・報告
- ▶ 使いやすさを高めるために、ウェブアプリケーション化させたWeb-COIASを開発中
- ▶ 開発協力及びユーザー希望の方
urakawa@spaceguard.or.jpまで

謝辞

- ▶ 本研究は会津大学宇宙情報科学研究センター公募型共同研究（文部科学省 特色ある共同研究拠点の整備の推進事業 JPMXP0619217839及びJPMXP0622717003）の助成を受けたものです。
- ▶ 本研究は科研費JP20K0401の助成を受けたものです。
- ▶ GUI部分は株式会社会津ラボ様へ業務委託しました。

動機



- ▶ HSC:すばる望遠鏡の主焦点カメラ・視野直径1.5度(1.77平方度)
- ▶ HSCのアーカイブ画像には直径数百mクラスの未発見小惑星が大量に検出されている。
- ▶ 未発見小惑星の位置測定・測光・報告が実施されていない。
- ▶ データ蓄積は科学の基本

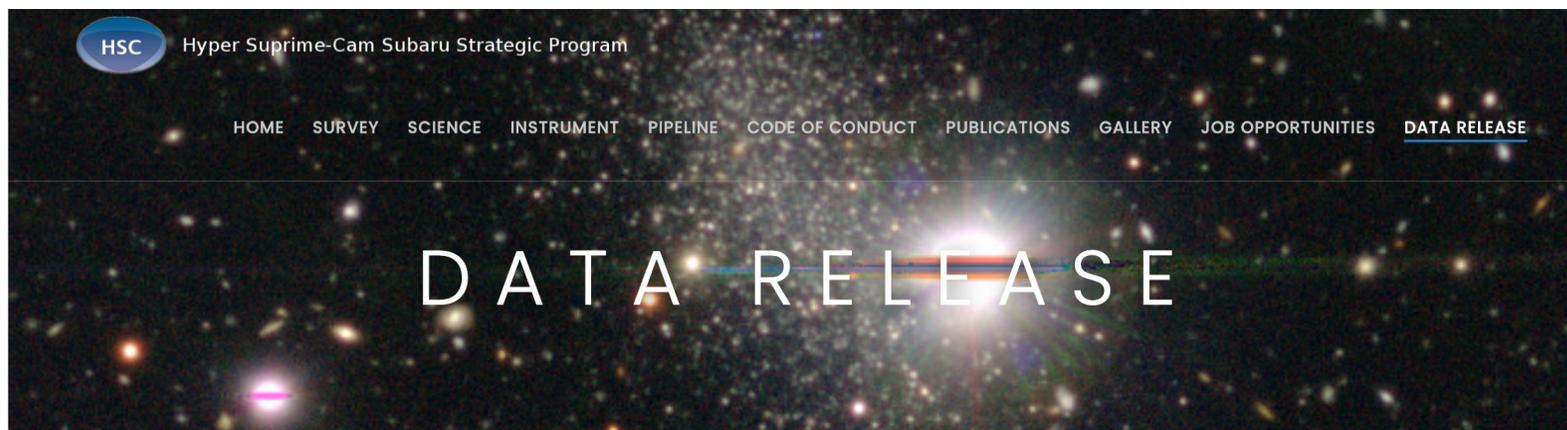
すばるHyper Suprime-Cam戦略枠プログラム (Subaru Strategic Program:SSP)

HSCを用いた大規模サーベイプロジェクト



データ公開

SSPのデータ（画像1次処理済み）は公開されて誰でも使えます。
SSP以外のデータも公開されています（SMOKA:画像未処理）



Public Data Release

There has been a major update in our public data release schedule due to delays in our survey for combination of reasons (e.g., weather, volcanic activities, telescope trouble, etc, etc.). The final data release is going to be PDR4. We do not yet know when that will happen at this point.

アーカイブ画像には数多くの未発見小惑星が撮像されている

Data Release 2	Released in May 2019
Data Release 3	Released in August 2021
Data Release 4 (final release)	TBD

COIAS (Come-On! Impacting ASteroid)



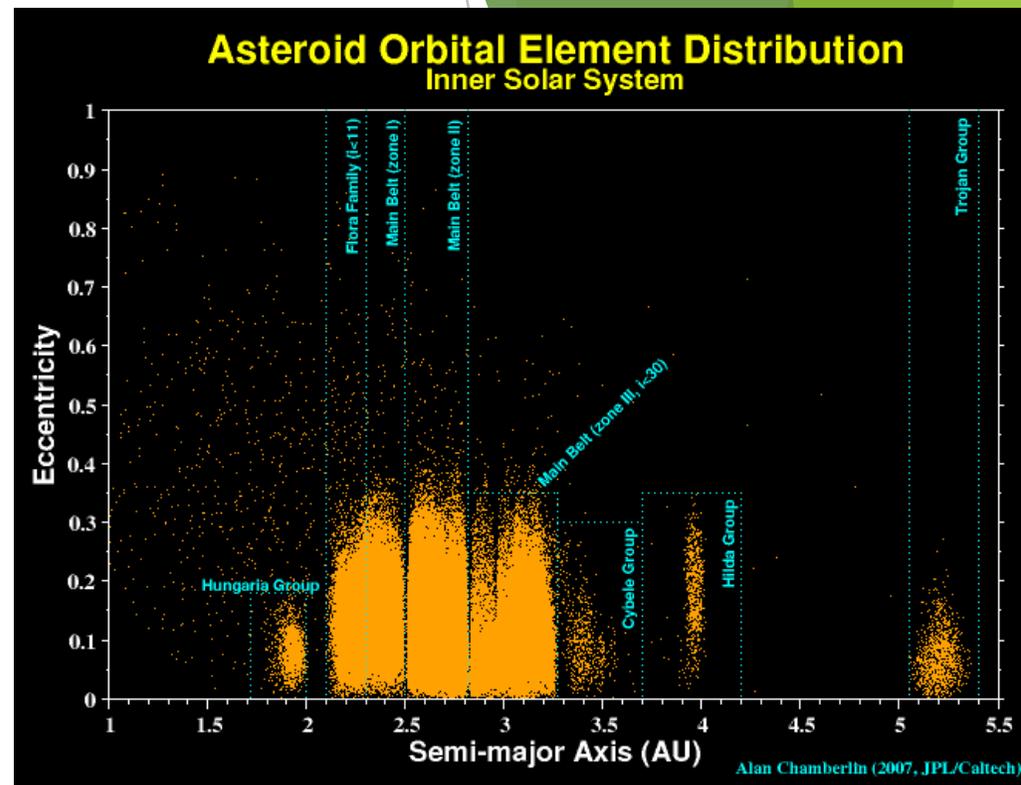
COIAS：我々が開発した小惑星検出アプリと関連する一連のシステム（こいあす→恋する小惑星というアニメ・コミックの略称。地学部の高校生が小惑星探しする話。石垣島天文台登場。）

作中で、日本スペースガード協会から石垣島天文台に提供した小惑星検出ソフトを用いて小惑星探し（美ら星研究体験隊で使用）<=これのすばるHSC版を作りたい。

COIASの効能

- ▶ 小惑星の地図作り。これまで発見した小惑星の軌道分布は直径1km程度以上の非重力効果の効かないものにすぎない。すばるHSCで太陽系科学の基礎となる小惑星の真の軌道分布を解明する。
- ▶ ヴェラ・C・ルビン天文台（LSST:チリにできる口径8.4mサーベイ望遠鏡）との相補性。

すばるで検出 ←→ ヴェラ・C・ルビンで検出



Courtesy of NASA/JPL Caltech

8mクラス望遠鏡でないと見つからない直径数百m小惑星の軌道精度向上



©Rubin Obs/NSF/AURA

COIASの効能

- ▶ スペースガード/プラネタリィディフェンス：
地球に近づく小惑星(NEO)の発見
- ▶ 将来の探査候補小惑星の発見
- ▶ 太陽系外縁天体 (TNO) の発見 (仮符号2天体
取得)。もしかして第9惑星も？
- ▶ 市民天文学 + 高校生から大学院修士課程向け
の教育教材的効果

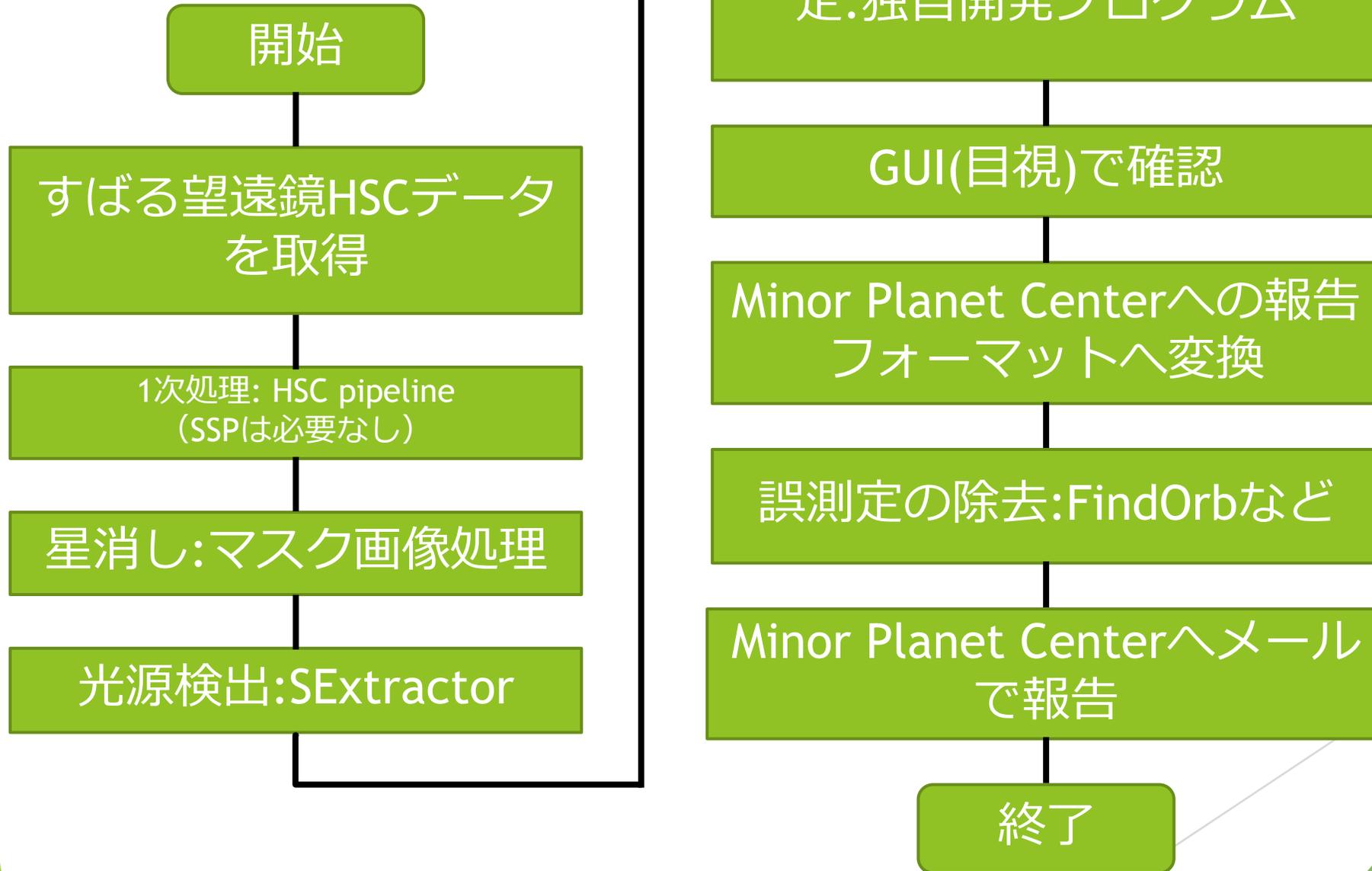
小惑星の探し方

- ▶ 同じ領域を、時間間隔をおいて撮像
- ▶ 小惑星は移動。画像をブリンクさせて認識

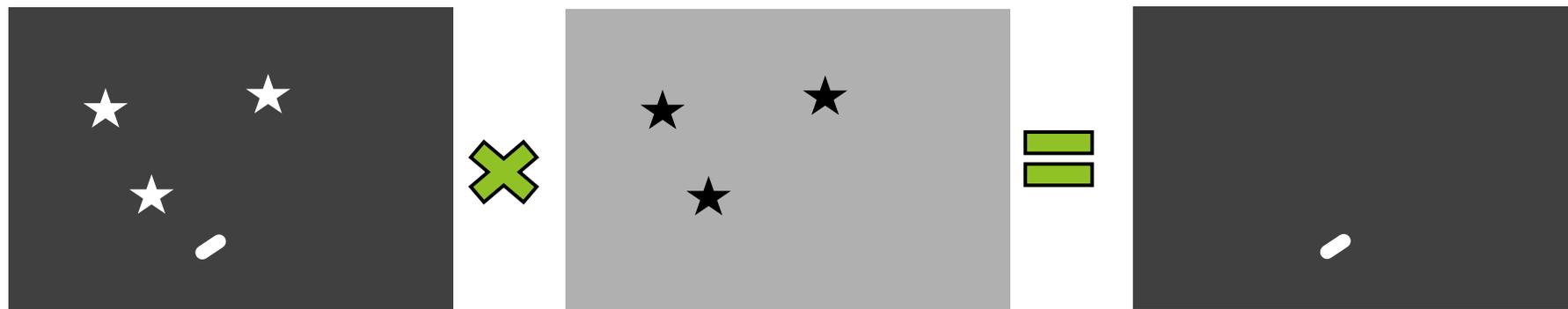
デモ動画のページとなります。公開用のPDF版では見ることはできませんが、同様の動画は星見まどか氏のYouTube「VS天体衝突第4回」で紹介しています。ご参照ください。

https://www.youtube.com/watch?v=r7DYq9m7TK4&list=PLHFwuDVA8Mga_quW0_d3MtbpqZLjEVyXt&index=4

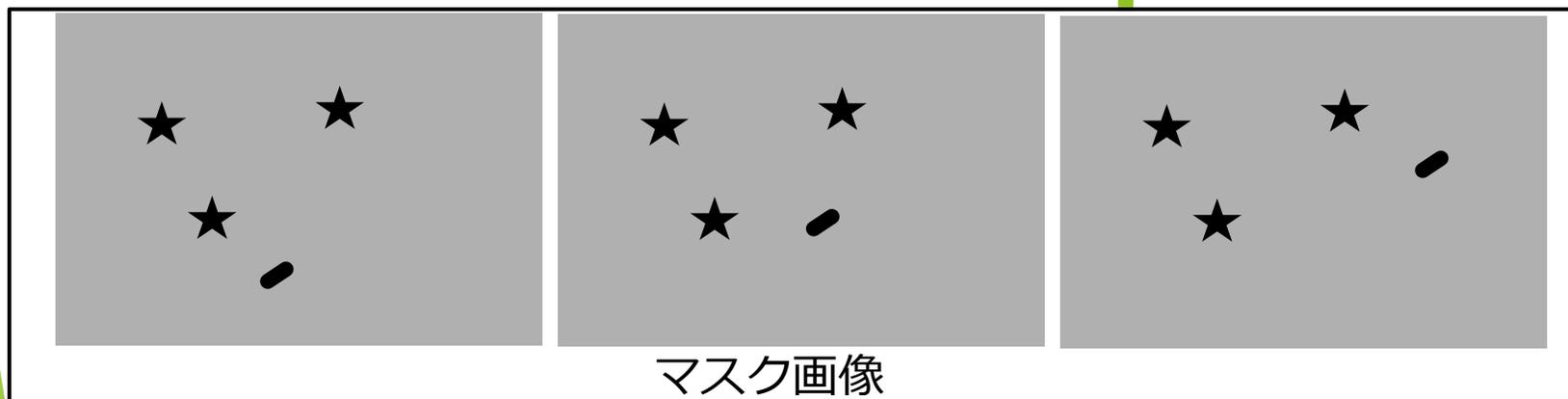
解析の流れ



星消し



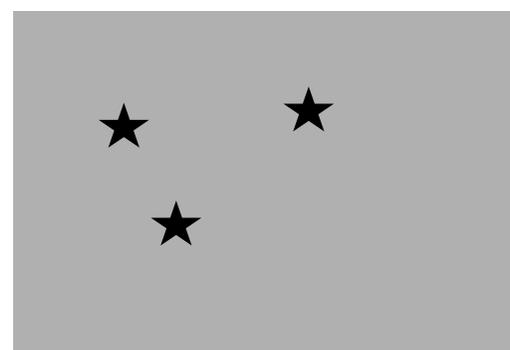
元画像



マスク画像



中央値
2値化

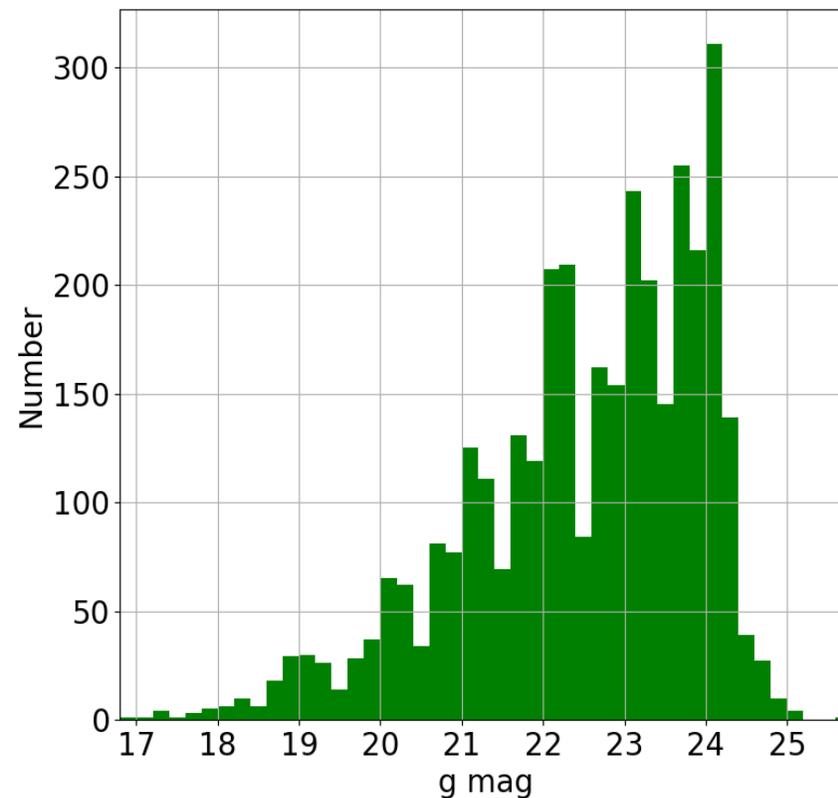


GUIな目視確認にする理由

- ▶ 機械学習でも可能だとは思いますが、しかしなかなか難しい（移動速度が天体により異なる・星と重なる・迷光 etc）。機械学習で挑戦したい人、大歓迎。
- ▶ 自動検出しても正解を確認したくなる。S/N~1は人。
- ▶ 新天体発見の喜び
- ▶ 市民天文学や教育教材のため

検出状況

- ▶ MPCへ報告：6367個(2015年一晩のデータ)、107個(2017年7月23日のごく一部のデータ、PI.寺居剛氏、北海道教育大学卒業研究)
- ▶ 24.2等まではおおよそ確実に検出
- ▶ 1801年から現在まで発見された小惑星の数は約100万天体。わずか1日でその0.6%を達成
- ▶ 既知小惑星位置情報もMPCに報告&認定
- ▶ 一晩の観測、必ずしも発見とはならない(未発見小惑星検出アプリ)。MPCにデータとしてストックされた状態。将来、検出されるであろう小惑星の軌道を過去に遡ると、すばるで検出したものと同定される。=>軌道精度の大幅向上。



導入方法と使い方

- ▶ 会津大学・COIASで検索
- ▶ COIASを導入してみたで検索
- ▶ Dockerをインストール
- ▶ Windows/Mac/Linux対応
- ▶ 解析データについてはお問い合わせください。

COIAS

概要

COIAS(Come On! Impacting ASteroid)は、未発見小惑星の探索を研究者と一般の市民・学生の方たちが協力して実施するために開発されたアプリです。COIASでは、すばる望遠鏡の画像データを用いることにより、直径数100m程度の暗く小さな小惑星を見つけることが可能です。また、地球に近づくような危険な小惑星や海王星より遠方に存在する太陽系外縁天体も見つけることもできます。COIASを使って、太陽系の中の様々な天体を見つけてみましょう。

注) COIAS起動画面における左上のキャラクターデザインはCOIASアプリのために作成されたものです。その著作権は©Quro/芳文社にあります。

COIASの使い方

前提条件

※【前提条件】の作業手順につきましては、初回のみ実施となります

 [docker desktop](#) がインストールされていること

windowsの場合は、 [WSL2](#) が必要になる

例 WSL2のインストール

1. コマンドプロンプトを「管理者として実行する」

Table of Contents

- ◆ COIAS
 - ◆ 概要
 - ◆ COIASの使い方
 - ◆ 前提条件
 - ◆ 起動・終了方法
 - ◆ 探索準備画面
 - ◆ 探索/再描画面
 - ◆ 手動測定画面
 - ◆ レポート画面
 - ◆ その他

教育普及・アウトリーチ成果

- ▶ 北海道教育大学卒業研究・107天体検出（2021年度）
- ▶ 群馬県新島学園高校天文部・2023年3月14日天文学会ジュニアセッション発表予定・364天体検出（まもなくMPCへ報告）
- ▶ 福島民放・FM岡山等での紹介
- ▶ 2023年1月19日NHK BSプレミアム コズミックフロントでCOIAS紹介予定
- ▶ 日本スペースガード協会とVTuber星見まどかさんとのYouTube配信にて紹介
- ▶ 「恋する小惑星」作者Quro先生・芳文社・KADOKAWAとの連携をきっかけにTwitterで話題
- ▶ エンジニア系ブログ（Zenn）等での紹介。TwitterでCOIASユーザー会（仮）設立

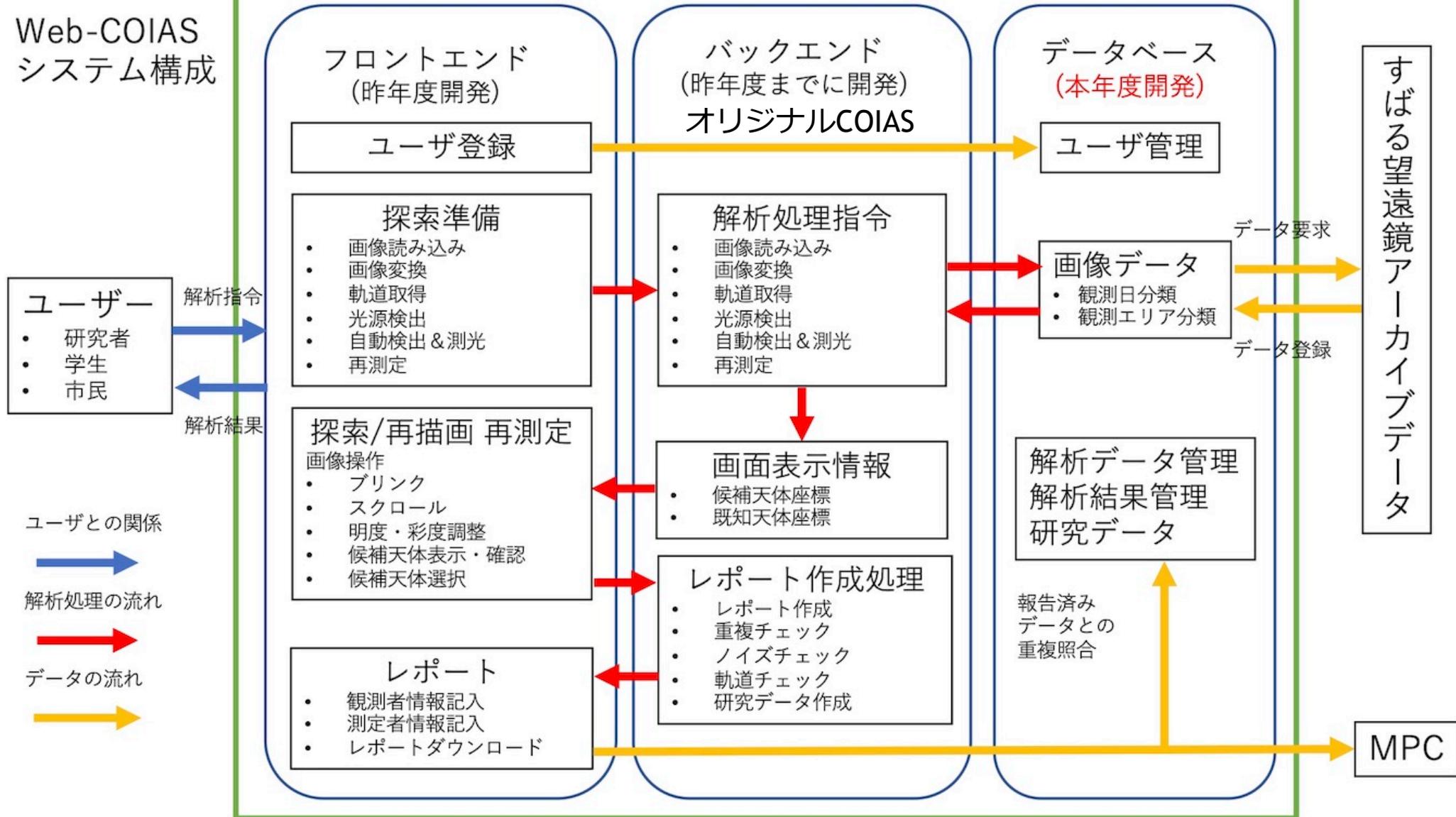
今後の予定

COIASのウェブアプリケーション化

- ▶ アーカイブデータから小惑星検出に適した画像をダウンロードすることは市民・学生には敷居が高い。
- ▶ COIASのウェブアプリケーション化:サーバーを用意、そこに画像とCOIASを置く（2022年度予算）。ユーザーの負担軽減。
- ▶ ウェブページ経由ですばるの画像とCOIASを使えるようにする。例：[Galaxy Cruise](#)

Web-COIASサーバー (本年度開発)
 デスクトップCOIAS(フロント+バック)

Web-COIAS
 システム構成



課題・まとめ

- ▶ アプリ&サーバーの継続的な維持管理方法。会津大？すばるのデータなので国立天文台？あるいはJAXAのプラネタリイディフェンスチーム・ISAS(DARTSシステム)？クラウドファンディング？
- ▶ 「恋する小惑星」原作者Quro様、芳文社様、KADOKAWA様の協力によりアプリのデザインが完成。製作者サイドへCOIASの説明会も実施。ウェブCOIAS完成後は、アニメのウェブサイトからリンクを貼ることも内諾。
- ▶ 開発協力及びユーザー希望の方
urakawa@spaceguard.or.jpまで



アイコンバージョン



プレゼンバージョン

(C) Quro/芳文社

測光

- ▶ HSC pipelineのゼロ点から算出。
- ▶ astropy, photutilsの円形開口測光。開口半径は指定できる。移動天体は少し伸びているので正確性はやや落ちるが、astrometry優先。MPCへのは報告は0.1等の精度が良い。サイズ分布ではそれほど影響がない。ライトカーブを導出するには注意が必要(錠剤形状型開口測光:TRIPPYの採用を検討中)
- ▶ NEOやハンガリア群の星像は伸びているので手動測定。photutilsの矩形開口測光。矩形開口測光と錠剤形状型開口測光はそれほど差がない。