



(C) Quro / 芳文社

COIASによる太陽系小天体探索状況

¹浦川 聖太郎、²杉浦 圭祐、³伊東 健一、⁴大坪 貴文、⁵北里 宏平、
⁶小池 美知太郎、⁷前田 夏穂、⁸宇野 慎介、⁶臼田-佐藤 功美子、
⁹木下 大輔、¹⁰関口 朋彦

¹日本スペースガード協会、²三菱電機先端技術総合研究所、³Diver-X株式会社、
⁴産業医科大学、⁵会津大学、⁶国立天文台、⁷神戸大学、⁸理化学研究所、

⁹台湾国立中央大学、¹⁰北海道教育大学

¹s_urakawa@spaceguard.or.jp

<https://web-coias.u-aizu.ac.jp/> 左記QRコード、あるいはCOIASで検索



今日のお話(分科会での話題提供)

- ▶ 太陽系小天体の発見状況
- ▶ 太陽系天体を発見する意義
- ▶ COIASとは
- ▶ アプリ&アーカイブデータで新天体を見つける
Daily Minor Planetなど市民科学プロジェクト
- ▶ 見つけた新天体の軌道を繋げる(軌道連結士への道)
- ▶ やっぱり自分の望遠鏡で見つけない人へ

太陽系小天体の発見状況

小惑星・彗星・太陽系外縁天体・(惑星間塵)の総称。約140万天体



地球接近天体(NEO):

地球軌道に接近する天体。約36000天体

メインベルト小惑星(MBA):約136万天体



太陽系外縁天体(TNO):

平均的な距離が海王星(30 au)より遠方な天体。1992年にはじめて発見(冥王星除く)。約5000天体

彗星：1P/Halley以来、約4500天体

活動的小惑星：突発的な彗星活動を起こす小惑星。数十天体ほど

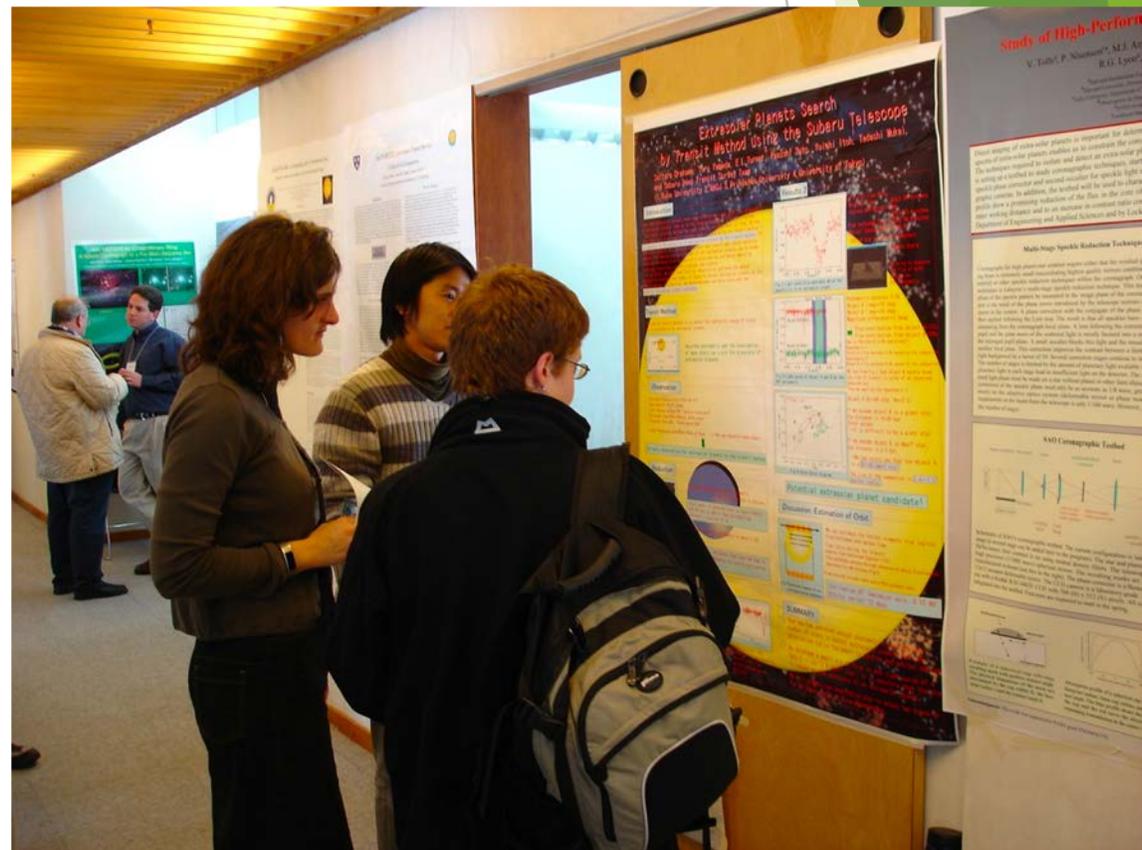
恒星間天体：太陽系外から飛来した天体。2天体

「天文学辞典
(日本天文学会)」

新天体を発見する意義

最初の発見はそれだけで科学的な大快挙

ミシェル・マイヨール博士
系外惑星を初めて発見した人。ノーベル物理学賞



2005年、アメリカ/アスペンでの研究会にて
Photo by B.Sato ← 日本で初めて系外惑星を発見した人。日本天文学会研究奨励賞

太陽系天体を発見する意義

大目標：惑星系・地球・生命の起源の解明

地球接近天体	プラネタリーディフェンス・探査天体探し
メインベルト小惑星	多数の発見により、未知の軌道分布や物質分布がわかるかも。 発見の喜び・天文学の普及といった教育的・社会的意義
太陽系外縁天体	まだまだデータ蓄積が必要。軌道分布の解明(2024年9月国立天文台ニュース・70au-90auに新たな天体群があるかも)
彗星	小惑星よりも始原的な天体。分光観測に繋げるためにも、まずは発見から。
活動的小惑星	発見数、100以下。 なぜ彗星活動を起こすのか？彗星と小惑星の違いは？
恒星間天体	2天体のみ。発見するだけで快挙
第9惑星	大快挙。歴史に名が残る

COIASとは？

COIAS(コイアス, Come On! Impacting ASteroids) :
すばる望遠鏡の公開画像を使って市民の皆さんと協力して
太陽系小天体の探索を行うことができるウェブアプリケーション

- ▶ MPCに報告した新天体候補：16万天体以上
 - ▶ 確定小惑星：3天体。うち一つに「Ao」と命名(昨日の星ナビ祝賀会配信)
 - ▶ 仮符号取得：2797天体
- 地球接近天体(6),火星横断軌道(21),太陽系外縁天体(430:含むケンタウルス族)
- ▶ 利用者：国内外の約1000人

**研究者と同じ基準で「誰もが」「簡単に」「最先端かつ本物の」
天文研究を行うことができる環境を実現**

COIASと恋アス



アステロイド

恋アス:恋する小惑星という漫画・アニメの略称。地学部の高校生が小惑星探しをする物語。

市民天文学を意識してアプリ名に使用

まんがタイムきららキャラットで完結（作中では、堂平観測所にて小惑星発見）

©Quro・芳文社／星咲高校地学部

太陽系天体を発見する意義

地球接近天体	プラネタリーディフェンス・探査天体探し
メインベルト小惑星	多数の発見により、未知の軌道分布や物質分布がわかるかも。 発見の喜び・天文学の普及といった教育的・社会的意義
太陽系外縁天体	まだまだデータ蓄積が必要。軌道分布の解明(2024年9月国立天文台ニュース・70au-90auに新たな天体群があるかも)
彗星	小惑星よりも始原的な天体。分光観測に繋げるためにも、まずは発見から。
活動的小惑星	発見数、100以下。 なぜ彗星活動を起こすのか？彗星と小惑星の違いは？
恒星間天体	2天体のみ。発見するだけで快挙
第9惑星	大快挙。歴史に名が残る

COIASなら全部取り組めます！



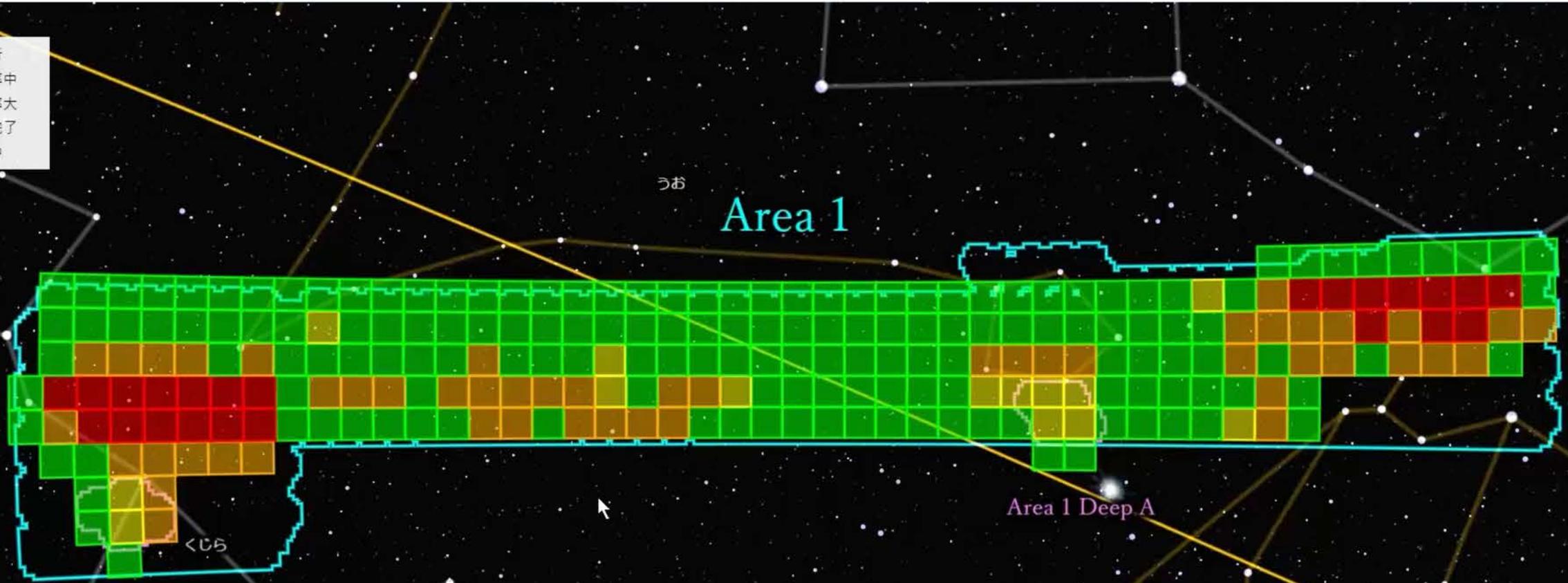
移動 Area 1 Area 2 Area 3 前回

画像 自動選択 未選択

あなたの測定天体数: 1374 個

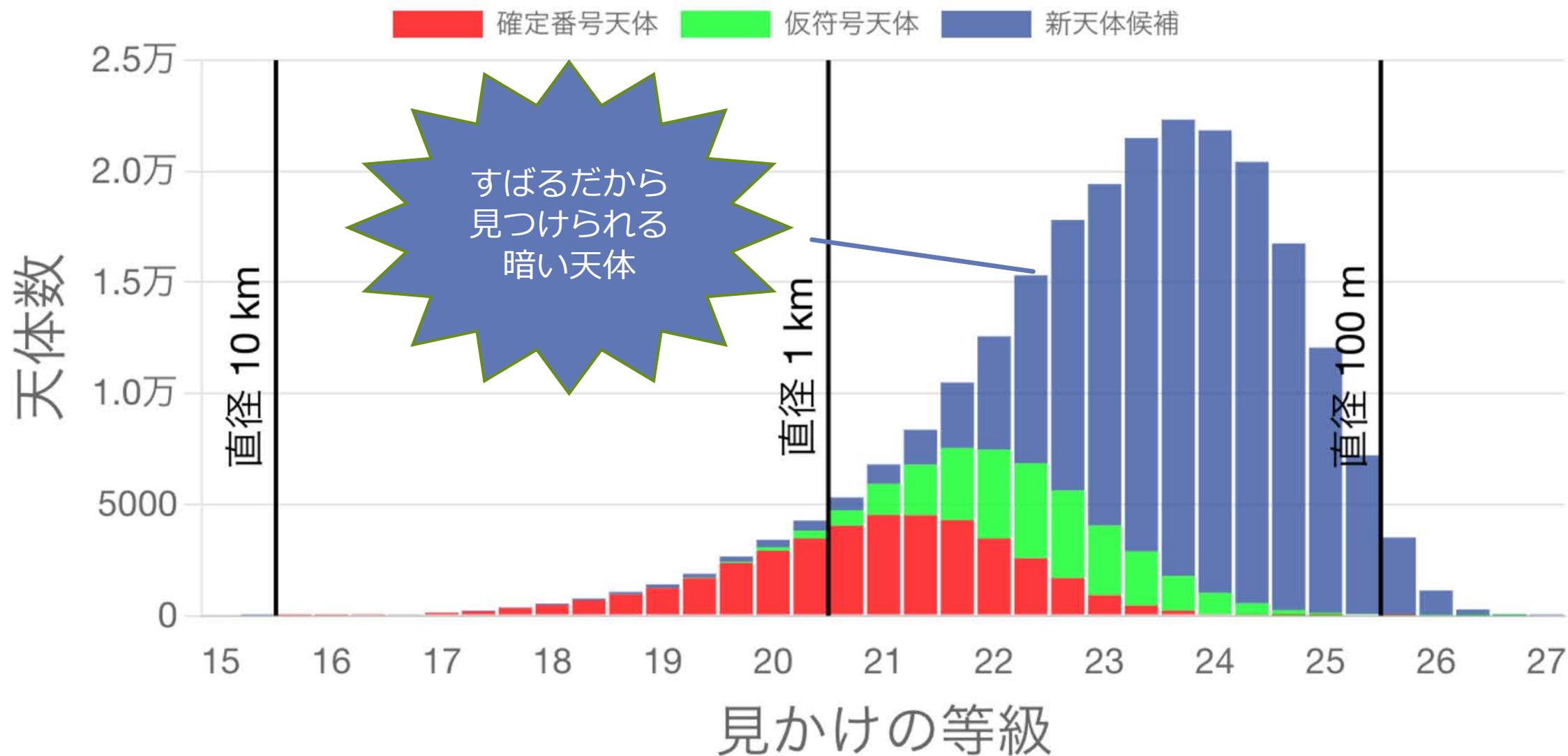


- 未解析
- 解析率中
- 解析率大
- 解析完了
- 選択中



測定したい画像の選択

COIAS測定天体の等級ヒストグラム



COIASによる太陽系小天体探索

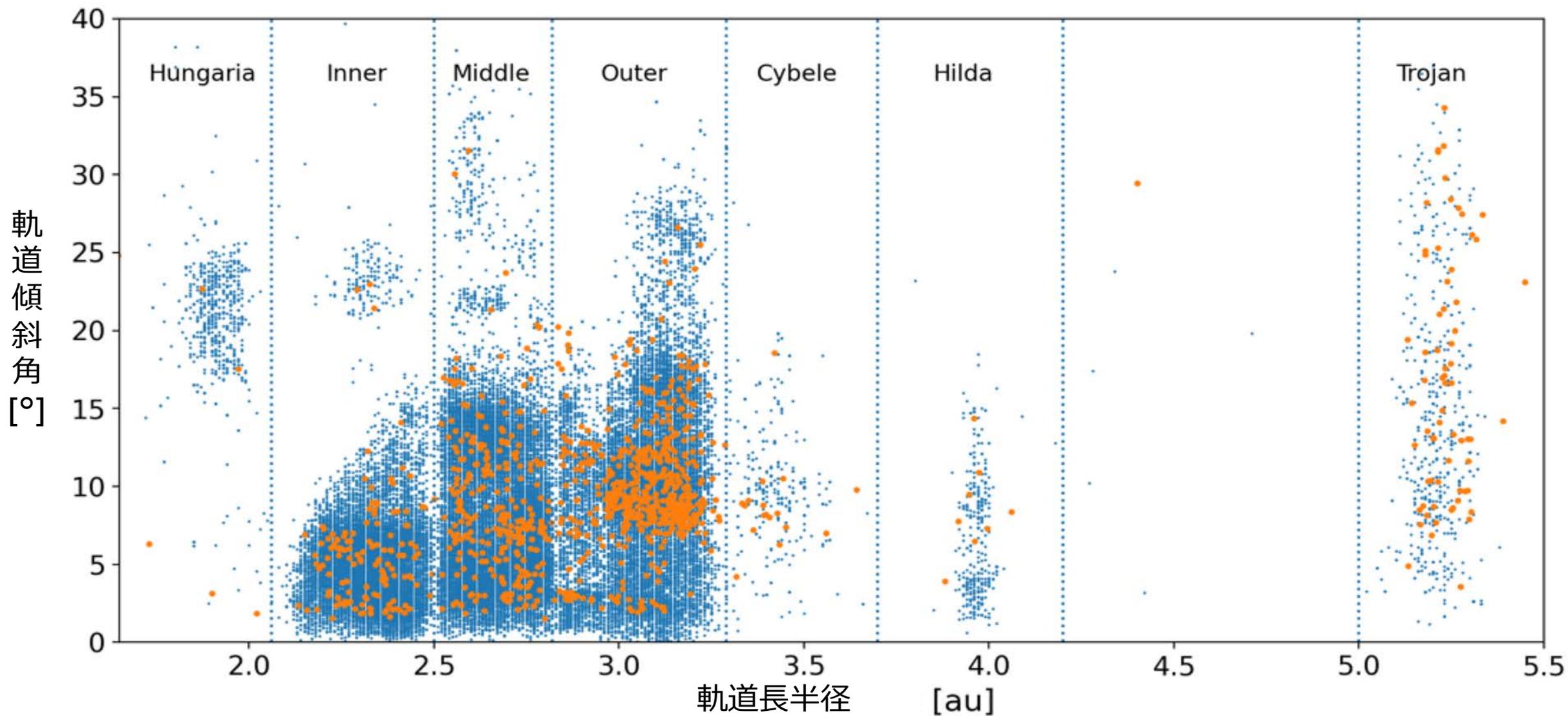


NEO 2017 FC₂₂₈ $a = 1.71$ au, $e = 0.327$, 推定直径 30 m



TNO 2017 DE₁₅₇ $a = 79.9$ au, $e = 0.587$, 推定直径 75 km

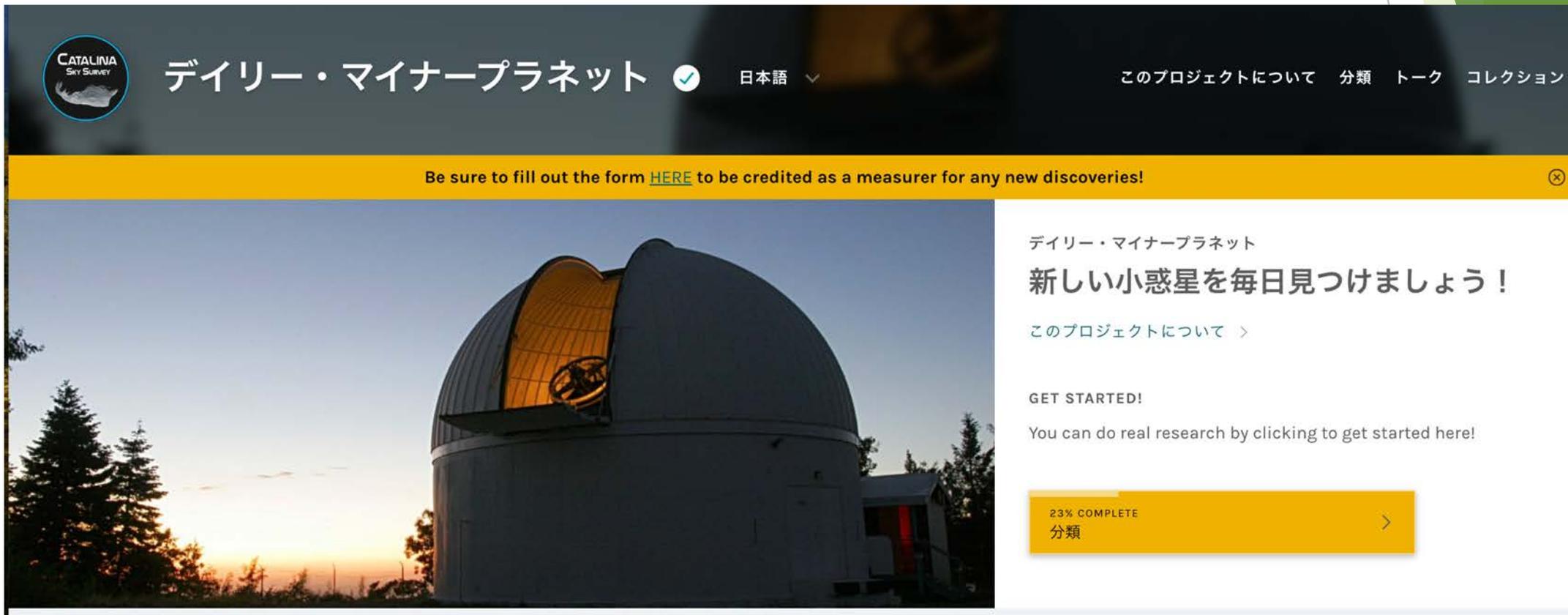
測定天体の軌道分布



アプリ & アーカイブデータで
新天体を見つける

アプリ & アーカイブデータで新天体を見つける

- DMP : カタリナスカイサーベイで見逃した小惑星をみつける
- DMP and COIAS userさん : COIASのハイレベルユーザーさん
- COIASプロジェクト公認の「使い方ガイド上級編」リンク先サイトを運用
- 様々な市民科学プロジェクトを(すごい勢いで)日本語化してくれています



The screenshot shows the Japanese version of the Catalina Sky Survey website. At the top left is the Catalina Sky Survey logo. The main header reads "デイリー・マイナープラネット" (Daily Minor Planets) with a checkmark icon and a language dropdown set to "日本語". To the right are navigation links: "このプロジェクトについて" (About this project), "分類" (Classification), "トーク" (Talk), and "コレクション" (Collection). A yellow banner below the header contains the text: "Be sure to fill out the form [HERE](#) to be credited as a measurer for any new discoveries!". The main content area features a large image of an observatory dome at sunset. To the right of the image, the text reads: "デイリー・マイナープラネット" (Daily Minor Planets), "新しい小惑星を毎日見つけましょう!" (Let's find new asteroids every day!), and "このプロジェクトについて >" (About this project >). Below this is a "GET STARTED!" section with the text "You can do real research by clicking to get started here!". At the bottom right, there is a yellow button that says "23% COMPLETE" and "分類" (Classification) with a right-pointing arrow.

アプリ & アーカイブデータで新天体を見つける

Active Asteroids: 活動的小惑星を見つける

チリのセロ・トロロ汎米天文台・4m望遠鏡のDECam(広視野カメラ)



言語 日本語 ▾

活動する小惑星 アクティブ・アステロイド

このプロジェクトについて 分類 トーク コレクション

Update 2024 October 14: (1) Thanks for finishing this batch super-fast! We're working hard to get more data up to the project! (2) Check out [this incredible and accurate AI-generated podcast about our super-paper!](#) (3) A discovery by YOU was published [here](#) by project co-author Jay Kueny! (4) We just presented Active Asteroids at the American Astronomical Society's Division of Planetary Science (AAS DPS) 56th meeting in Boise, Idaho, with numerous talks and posters!

研究 チームメンバー 結果 よくある質問

なぜ活動小惑星を探すのでしょうか？

活動小惑星（尾などの彗星のような構造を持つ小惑星）は発見数が少なく分かっていないことだらけです。本プロジェクト開始時点では、1949年以来発見数は30個に届いていませんでした。もっと多くの活動小惑星を見つけることで、科学者はこの謎多き天体についてまとめて（個々の天体の調査ではなく、統計的な）研究が可能となります。その結果は科学や工学の広い範囲で、次のような影響をもたらします。

- 地球誕生以来、どのくらいの量の水がどこから運ばれてきたかという重要な未解決問題に答えを出す鍵となります。
- 私たちの生命に必須な水が、太陽系やほかの恒星系のどの部分に見つかるかという知見が、地球外生命の搜索への助言となります。

銀河赤方偏移・食連星・変光星・流星などの市民科学プロジェクトも日本語化してくれています

見つけた新天体の軌道を繋げる (軌道連結士への道)

見つけた新天体の軌道を繋げる (軌道連結士への道)

- ▶ 軌道連結士(浦川造語)：アーカイブデータから新天体候補(ITF)と既知天体(DES)の軌道を繋げたり(ITF-to-DES)、新天体候補同士(ITF-to-ITF)の軌道同定をする人。立派な新天体搜索(ハリー彗星と同じ)。軌道改良に貢献
- A. Dopplerさん：2023年、45425天体のITF-to-ITF(仮符号取得)
- ▶ Precover (pre-discovery recovery)：
発見データから軌道を遡って過去のアーカイブデータから発見天体を探し出す
短期間で新天体候補→仮符号天体→確定番号天体
ADAMシステム(<https://b612.ai/platform/precovery/>)が便利
- ▶ 詳しくは分科会で (COIAS上級編に詳細が記載)

やっぱり自分の望遠鏡で見つけない人へ

- ▶ JAXAサイディングスプリング観測所（口径18cm-25cm）で9個のNEOを発見
- ▶ 入笠山でも2天体

豪州遠隔観測施設(Siding Spring天文台内)



(Yanagisawa, et al. 2021, プラネタリーディフェンス
シンポジウム資料)

- NEOなら可能性あり! 発見価値も高い
- 短時間露出で多数枚の画像取得
- NEOの移動速度や方向は分からない
→あらゆる速度と方向を仮定して画像を重ね合わせれば良い
- 2値化とFPGAによる処理の高速化
- 個人では高価/専門知識必要

Tycho

- GPU（グラボ）による画像の重ね合わせソフト
- 50ドル！！YouTubeに使い方動画あり
- このソフトだけで探索(検出・測定・報告)可能
- まずはNEO-Confirmation天体からトライしてみましよう

HOME

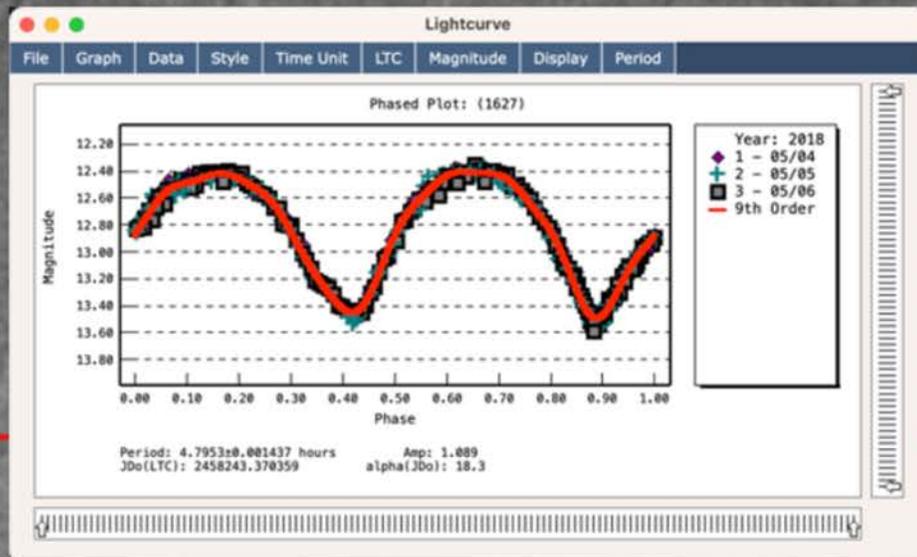
LINKS

MEDIA

DOWNLOAD

REGISTER

CONTACT



Tycho can detect
Near-Earth Objects
and Main Belt
Asteroids

まとめと提言 1 -分科会へ向けて-

- ▶ COIASの現状と協力のお願い:画像データ追加のメンテ中。
有志による運用。資金・開発・広報
- ▶ 新天体探し:観測天文学的手法→データサイエンスの時代へ
- ▶ ライトな新しい搜索者の参入・若年化の成功
- ▶ MPCシステムも現代風に
80カラムからADES形式の報告へ
様々なウェブサービス(API)の提供
新天体が見つかり、これらのウェブサービスを使うようになる (軌道連結士への道、楽しい)

まとめと提言2 -分科会へ向けて-

- ▶ IAWN(プラネタリーディフェンス)会議:
天文台コードを持っている人は参加できそう。
米国のアマチュア搜索者は出席。MPCの運用など最新情報収集
- ▶ これまでの搜索の知見も重要
スマート望遠鏡→新たな天文ファンも増えたけど、やっぱり基本の観測技術は必要。という流れと似ている印象
- ▶ スマート望遠鏡を使ったNEO観測キャンペーン
NASAのDARTミッション：アマチュアの協力の下、eVscopeでディディモスに対する観測(Graykowski et al., 2023 Nature論文)

補足資料



未発見小惑星検出アプリCOIAS公式

140 件のポスト



フォロー中

未発見小惑星検出アプリCOIAS公式

@coias_t09

Come On! Impacting Asteroids (COIAS)は、どなたでもPCのウェブブラウザから気軽に小惑星探索ができるアプリです。まだ見ぬ小惑星を探してみませんか？COIASの運用状況や新小惑星発見状況などをツイートします。漫画・TVアニメ「恋する小惑星（アステロイド）」から名前をいただいております。

📍 COIAS開発チーム [🌐 web-coias.u-aizu.ac.jp](http://web-coias.u-aizu.ac.jp)

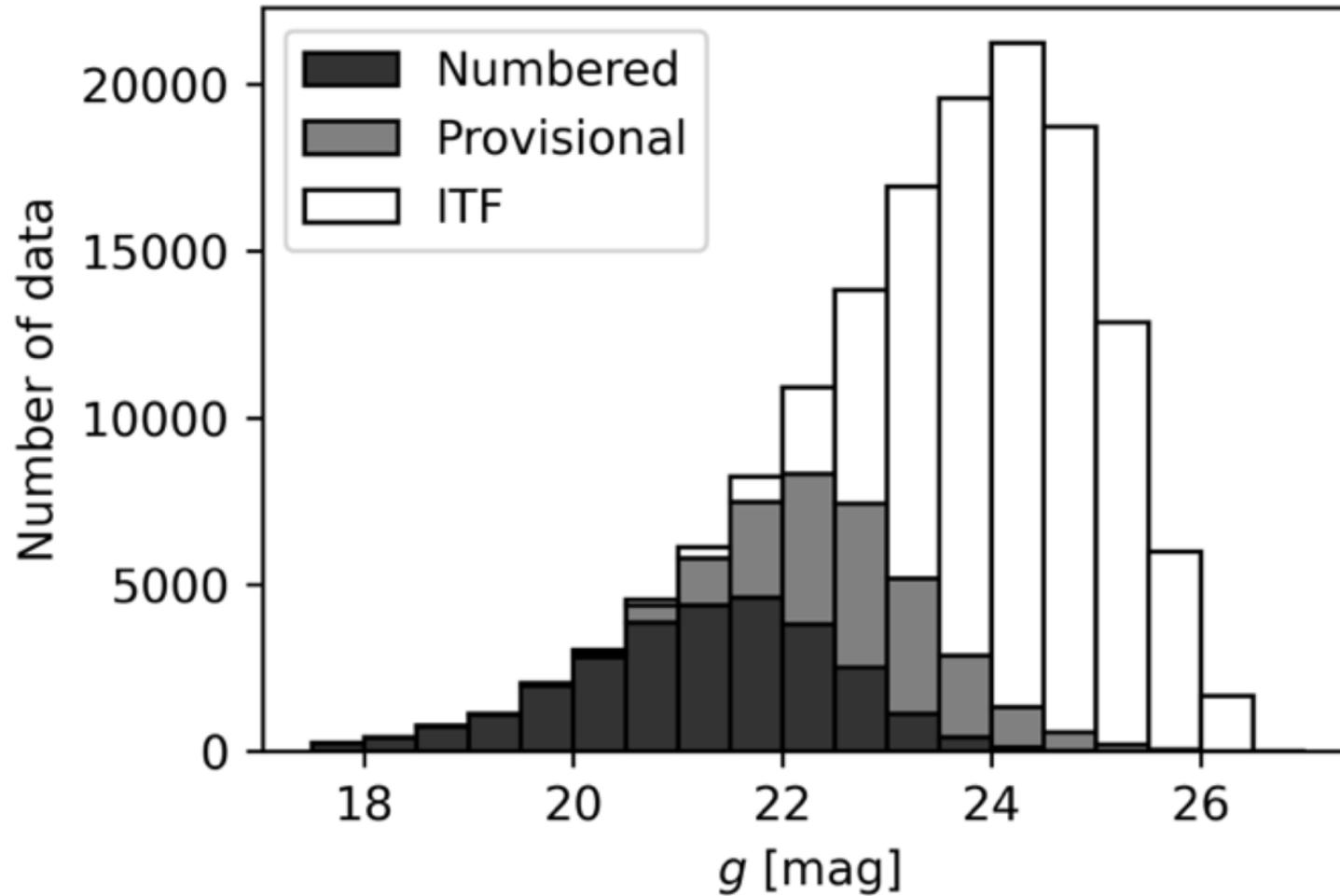
📅 2023年5月からTwitterを利用しています

19 フォロー中 2,193 フォロワー



フォローしているTVアニメ「恋する小惑星」公式ツイッターさん、haya2kunさん、他3人にフォローされています

測定データ数と等級分布



Numbered : 既知の確定番号天体、Provisional : 既知の仮符号天体、ITF:新天体候補

COIASの開発動機とHSC (Hyper Suprime-Cam)



- ▶ HSC(Hyper Suprime Cam):すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラ・満月9個分の視野・2014年導入
- ▶ HSCを使った大規模サーベイ観測（HSC-SSP）が実施。公開画像には未発見の太陽系小天体が大量に撮像されている
- ▶ 太陽系小天体の搜索(位置測定・測光・報告)が効率的に行われていない
- ▶ 搜索を容易にするアプリケーションが必要

COIASが目指すもの

▶ 太陽系の地図作り

直径数100m程度のメインベルト小惑星の軌道を解明をして、太陽系内の物質輸送メカニズムを解明したい。

▶ プラネタリーディフェンス

地球接近天体を発見してプラネタリーディフェンスに貢献したい。

▶ 発見例の少ない天体

太陽系外縁天体・彗星・活動的小惑星・恒星間天体・第9惑星といった希少な天体を見つけない。

▶ 市民天文学

「誰もが」「簡単に」「最先端かつ本物の」天文研究を行うことができる環境を提供して、科学の裾野を広げたい。

太陽系小天体を発見するには

- ▶ Minor Planet Centerに観測を報告。

COIASは過去のデータを使っている。太陽系小天体探しを想定していないので、一夜のデータが多い（複数日以上データもあります）。

- ▶ 一夜データは、MPCでITF(Isolated Tracklet File)として扱われる。MPCでITFデータ同士の軌道連結を行う。報告データはMPCのWAMO(Where Are My Observation)で確認できる。

<https://www.minorplanetcenter.net/wamo/>

太陽系小天体を発見するには

Minor Planet Center(MPC)が世界中の観測データを取りまとめる

1. **新天体候補**：MPCに報告した天体のうち、一夜の観測のみで追観測が実施されていない天体。
2. **仮符号天体**：複数日以上の追観測が実施され、およその軌道推定ができている天体。ひとまずの発見。例: 1998 KY₂₆
3. **確定番号天体**：4年から10年程度にわたる十分な追観測が実施され、確かな軌道が得られた天体。例:(162173) Ryugu

確定番号がつくと正式な発見となり、MPCによって発見者が決定される。発見者は、国際天文学連合に名前を提案する権利を得られる。