

# 小惑星による恒星掩蔽観測のための 小型望遠鏡システム

可視赤外線観測装置技術WS 2025

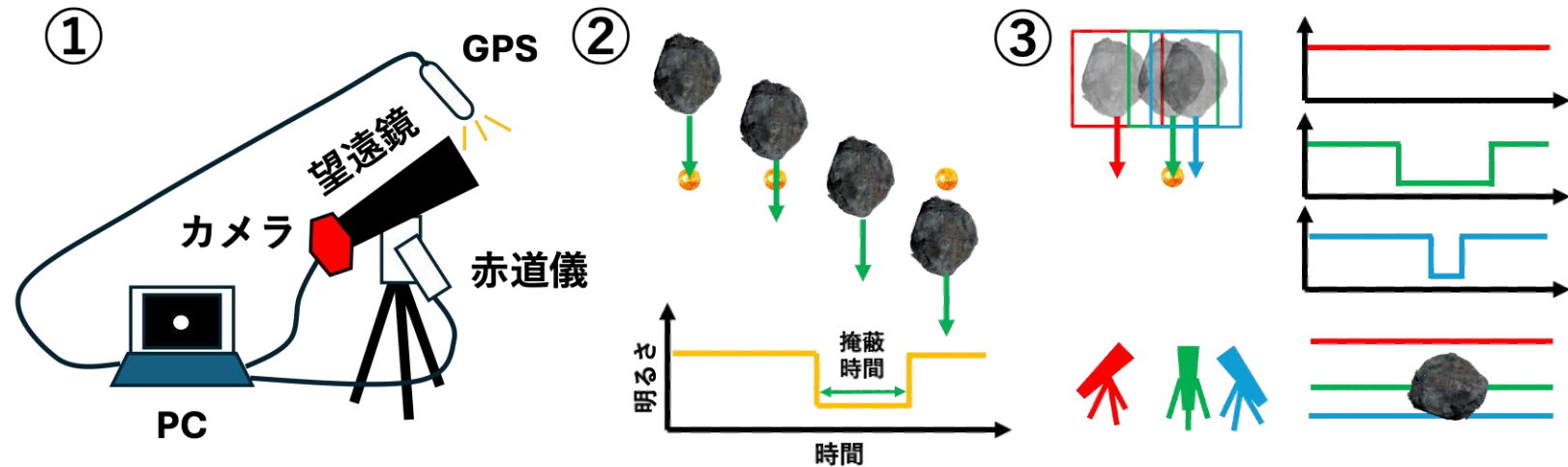
當銘優斗(1)(2)(6), 吉田二美(1)(3)(4), 秋田谷洋(1)(4),  
野田寛大(1)(5), 宮下和久(1), 佐野圭(2)(6), AstroKITメンバー(2)

(1) IOTA/EA, (The International Occultation Timing Association / East Asia)

(2) 九州工業大学, (3) 産業医科大学,

(4) 千葉工業大学, (5) 国立天文台, (6) AstroKIT

# 掩蔽観測とは



## 掩蔽観測概要

### 1. 掩蔽（えんぺい）とは

- 恒星の手前を太陽系天体が通過し、恒星の光を遮る現象

### 2. 現象の特徴と観測原理

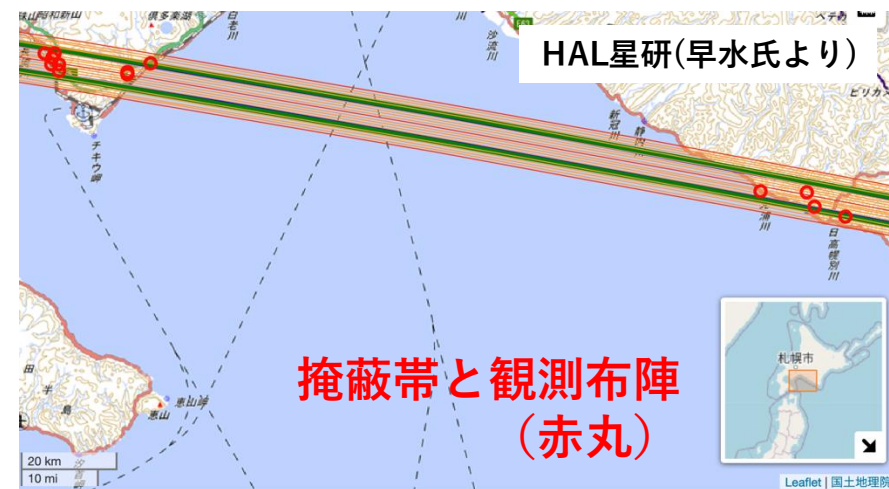
- 小惑星の大きさにもよるが、現象は通常はごく短時間（～数秒程度）
- 地表に落ちる、小惑星の「影」は、小惑星とほぼ同じ大きさ・形
- 望遠鏡でさえ見ることのできない、小さく暗い天体の情報を得れる
- 恒星の減光時刻、復光時刻を動画から測定し、掩蔽時間から影の大きさへ変換
- 複数の地点で同時に観測を行えば、影の形、すなわち小惑星の断面図を導出可能

# 近年の動向

1. 技術革新による観測精度の向上
  - 予報精度の向上 (**Gaia**カタログ、**NASA-JPL Horizons**)
  - 高速撮影が可能な**CMOS**カメラの普及
2. 惑星探査ミッションのサポート役としての確立
  - 小惑星の大きさ・形状を直接測定可能
  - **DESTINY+**ミッション目標天体 (**(3200) Phaethon**) の掩蔽観測により、正確な大きさ・形状 (長軸  $6.12 \pm 0.07\text{km}$ 、短軸  $4.14 \pm 0.07\text{km}$ ) の決定に成功

## 直近の大規模観測 (北海道)

- 2025年9月20日1時52分に恒星食発生
- Phaethonが隠す星 (対象星) は13.1等
- 掩蔽の継続時間は最大0.66秒
- **観測者:34名** (大学生**23**名、研究者**4**名、アマチュア観測家**7**名)、サイト数:**13**地点



2025 09 19 16:52:04:026 Z

九工大 学生団体



産業医科大 吉田様  
JOIN 宮下様



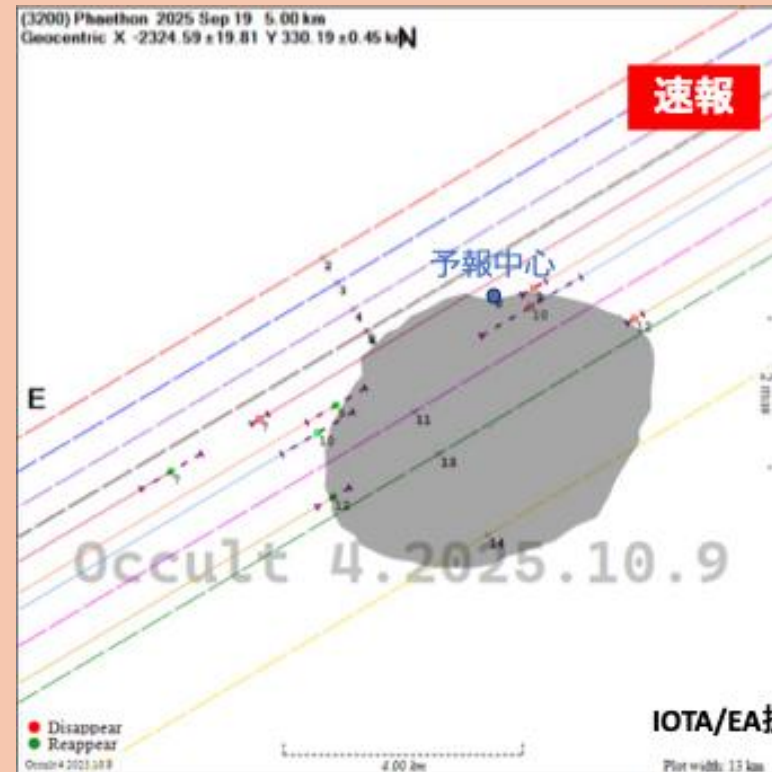
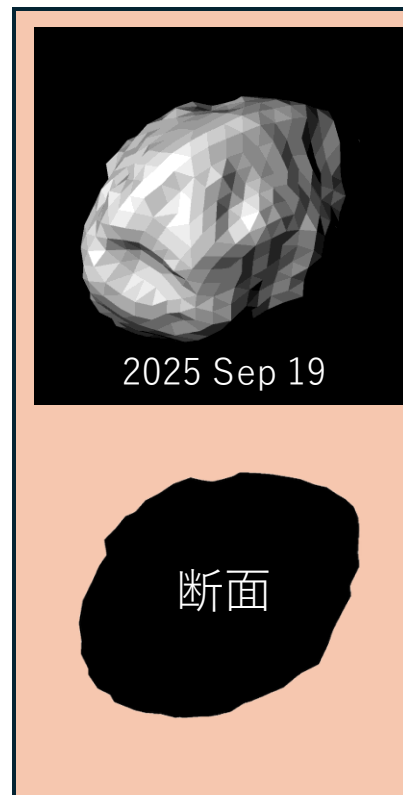
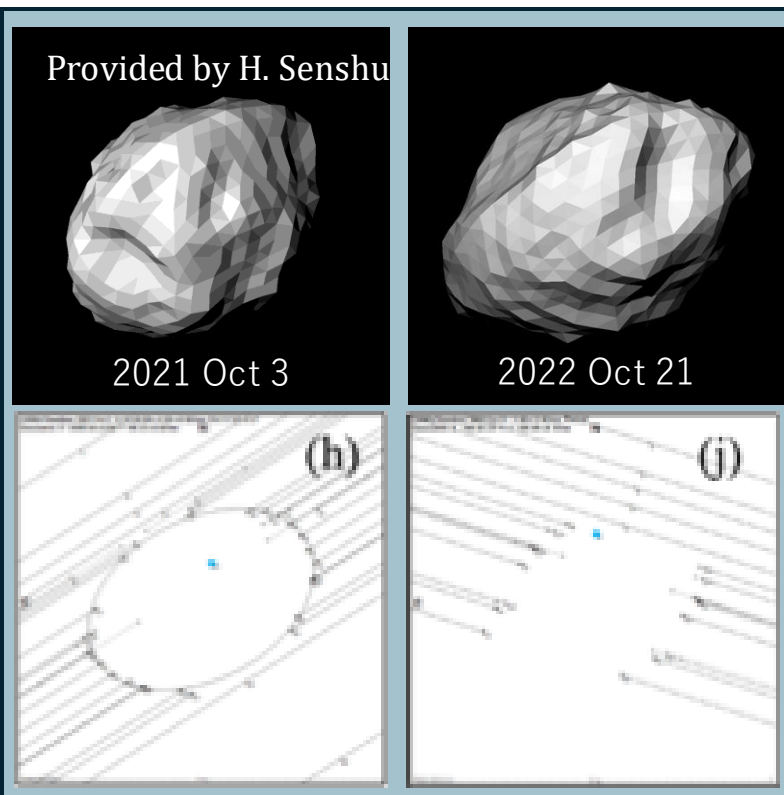
# 25/09/19 掩蔽観測キャンペーン結果速報

- 雲により、観測条件不良
- 成立：5(減光4点、通過1点) / 不成立：8(雲または装置トラブル)

これまでの結果

予測

結果

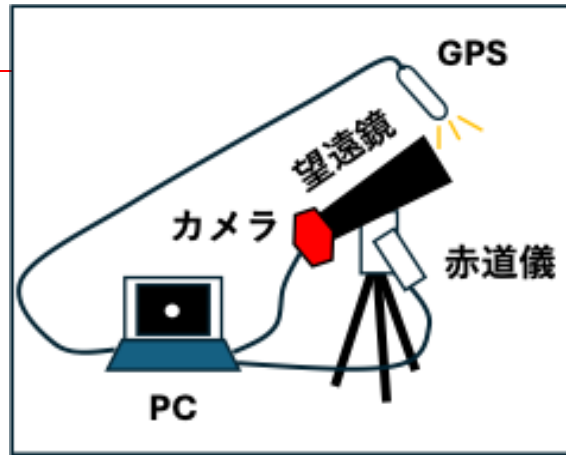


※手動のスケールリング

Phaethonは、  
予報より南を通過

# 観測システム

- 鏡筒
- 架台
- CMOSカメラ
- 電源
- GPS のPPS 信号で発光する装置
- PC
  - カメラ制御ソフト
  - 時刻補正ソフト
- 結露対策



## 手順

- |        |            |
|--------|------------|
| (-1ヶ月) | 掩蔽現象の予報取得  |
| (-2週間) | 観測場所の選定    |
| (-2週間) | 対象星撮影の事前練習 |
|        | 観測         |
| (-1時間) | 対象星導入      |
| (-30分) | 撮影パラメータの決定 |
| (-1分)  | GPS発光      |
|        | 現象観測       |
| (+1分)  | GPS発光      |
| (+2分)  | 観測位置、標高の記録 |
| (+1週間) | 解析         |

# 鏡筒

- 口径が大きいほど暗い掩蔽現象まで観測可能（口径20cm～推奨）
- 可能な限りF値が小さいと良い（～F/4 推奨）
- 「対象星と他の恒星が接近している場合」「月明により写野が明るく対象星とのコントラストが小さい場合」  
→ 逆にF値を大きくした方が良い

# 架台

- 赤道儀、経緯台どちらでも良い
- 対象星が10等星より暗いことが多い  
→ 自動導入システムを推奨  
→ 移動観測の場合、不慣れた環境のため、特に重要

鏡筒（26cm口径）  
Vixen VMC260L  
F/3.15  
（レデューサ 0.5×0.62）

架台  
Vixen SXP2



# CMOSカメラ

- 入手しやすいのはCelestron、QHY、ZWO、PlayerOne 社
- 掩蔽観測に使用する際に重要な性能
  - モノクロのCMOSチップ (IMX290, IMX492 あたりが適当)
  - 高感度(量子効率:QE が大きい)
  - 高速 (高fps)
  - 低ノイズ(ReadNoise が最小 $<2e$ )



ZWO-ASI290MM(IMX290)



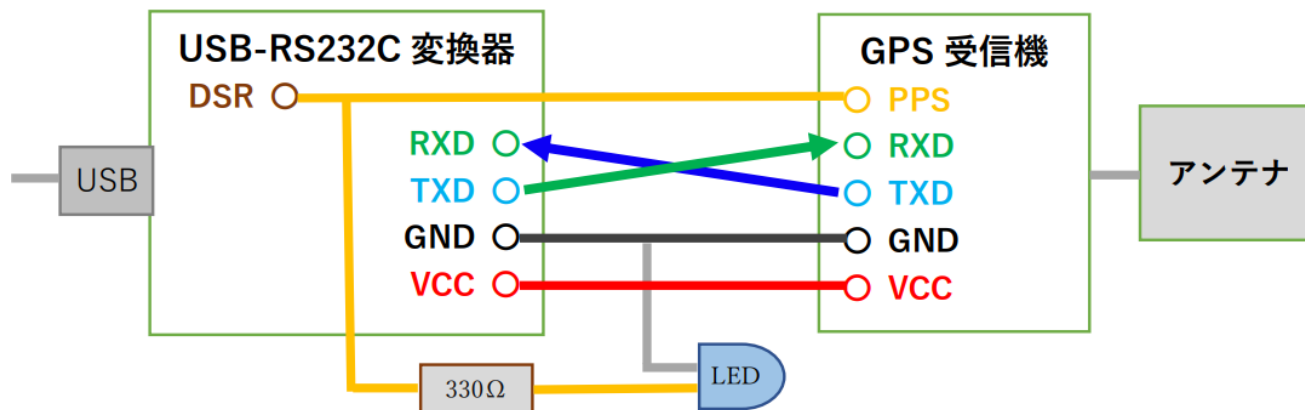
Jackery PTB041

## 電源

- 自動車の12V 電源からインバータ等で100V
- ポータブル電源  
→シガーソケットとコンセントがあればよし

# GPS のPPS 信号でLED 発光する装置

- PPSの光を鏡筒に入れ、現象時刻の精密な決定
- GPSモジュールを使った受信装置を自作
  - PPS信号をRS232CのDSR端子経由でPCへ
  - 0.2ミリ秒以下の誤差でPC時刻を補正
- 受信装置の可変抵抗によりLEDの明るさを調節
- クリップ等で保持し、安定したPPSを受光

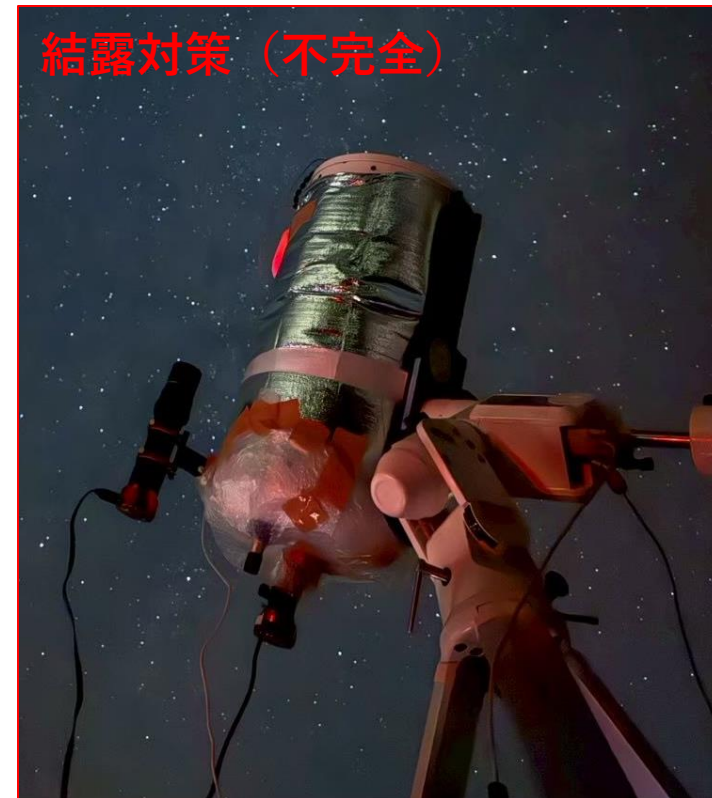


# PC (ソフト)

- カメラ制御ソフト「SharpCap推奨」  
→ 動画に直接、時刻情報を書き込み
- 時刻同期ソフトウェア「HACSTIP-GPS」  
→ GPS モジュールによる時刻合わせ (誤差: 0.2 ms以下)
- 赤道儀制御ソフト「ステラショット」  
→ 手動で対称星導入はかなり難しい
- 観測データ解析ソフト「Limovie」  
→ 掩蔽時刻を誤差 ~数msで決定可 (S/N依存)

## 結露対策

- ヒーターを着ける
- できるだけ蓋を閉める
- 保温シート等で鏡筒 (特に主鏡) を覆う



## 九工大掩蔽観測システム

# 天文教育への活用

### 高校生から観測例あり！

- 低予算で始められる
- 詳しい観測マニュアルあり
- 現象、仕組みがわかりやすい
- 観測計画から解析まで一貫して行える
- アマチュア天文家やIOTA/EAメンバーによる手厚いサポート
- 屋上望遠鏡でも観測可能！
  - 九工大上空を掩蔽帯が通るのは月5~10現象程度
  - 九工大システムだと、~3現象程度、天気を加味すると月~1現象
  - 今年度は、5 / 7 現象を観測成功！

	口径26cmセット / 20cmセット	金額 (円)
鏡筒	Vixen VMC260L / Vixen R200SS	572,000 / 223,300
架台	Vixen SXP2 / Vixen SX2	572,000 / 209,000
CMOSカメラ	ZWO-ASI290MM	38,300
電源	Jackery PTB041	49,300
GPS	自作GPS受信装置	5,000
PC (ソフト)	ステラショット	36,300
<b>計</b>		<b>1,272,900 / 561,200</b>



インスタ・X もこちらから！

# まとめ

- 近年、小惑星による恒星掩蔽現象の観測が容易に
- 惑星探査ミッションのサポート役としてサイエンスあり
- 複数地点での観測が重要
- 観測システムの構築が容易  
→すでに、望遠鏡を所有している方はより容易に
- 教育利用
  - 難しい知識がいらな
  - 現象、仕組みがわかりやすい
  - 観測計画から解析まで一貫して行える
  - アマチュア天文家の方々が手厚くサポートしてくれる

IOTA/EA



観測WS  
マニュアル

**みなさん掩蔽観測始めてみませんか？**

