

トモエゴゼンで見つかった謎の高速移動天体の正体

法政大学 理工学部 創生科学科 4年 土屋光汰朗

観測目的

トモエゴゼンを用いたポン・ブルックス彗星の撮影を目標とした観測結果の一部にチップ内を高速に移動する天体？が写り込んでいた

⇒観測で得られた情報からこの謎の天体の正体を考える

観測の詳細

観測装置：木曽シュミット望遠鏡+トモエゴゼン

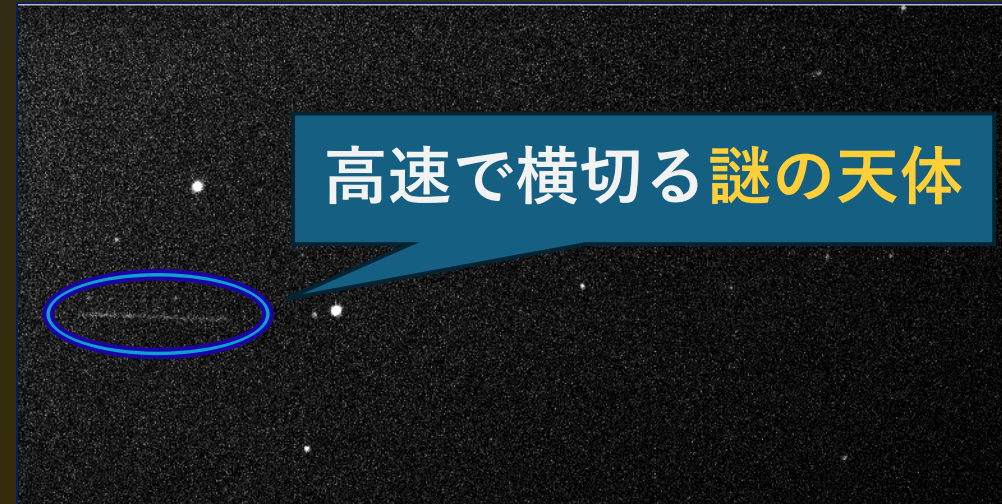
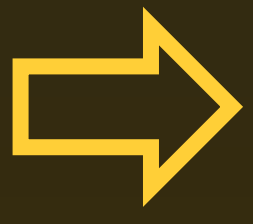
観測日時：2024年3月4日18:27~18:37

中心座標：RA: 359.154167[deg] Dec: 34.565556[deg]

露光時間：0.5[sec]

フレーム数：40

gain：high→lowに変更



画像に基づいた対象天体の情報

高度角 α ：24.7546°

見かけの角速度 ω ：0.0041[rad/sec]

移動方向：東→西へと渡るように複数の画像に連続して出現

等級：？⇒解析手順①

高度：？⇒解析手順②

解析手順①

目標：測光解析を通して目標天体の等級 m_x を算出

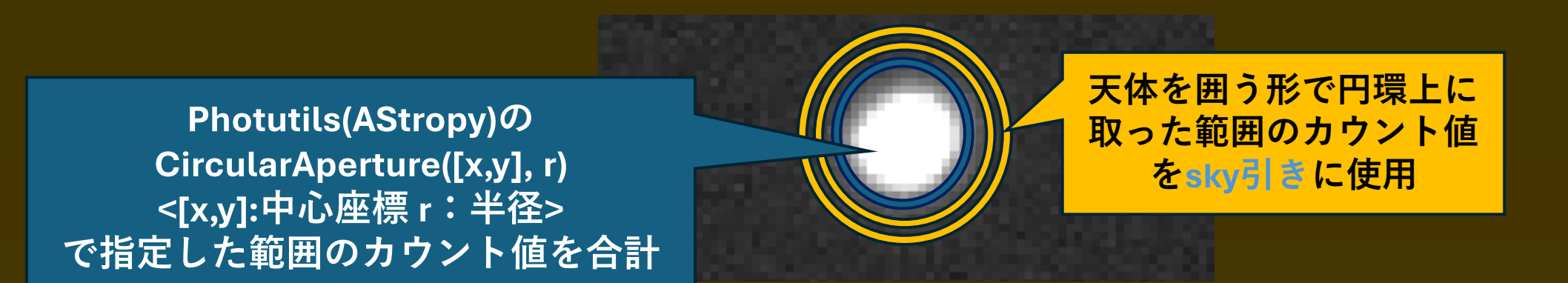
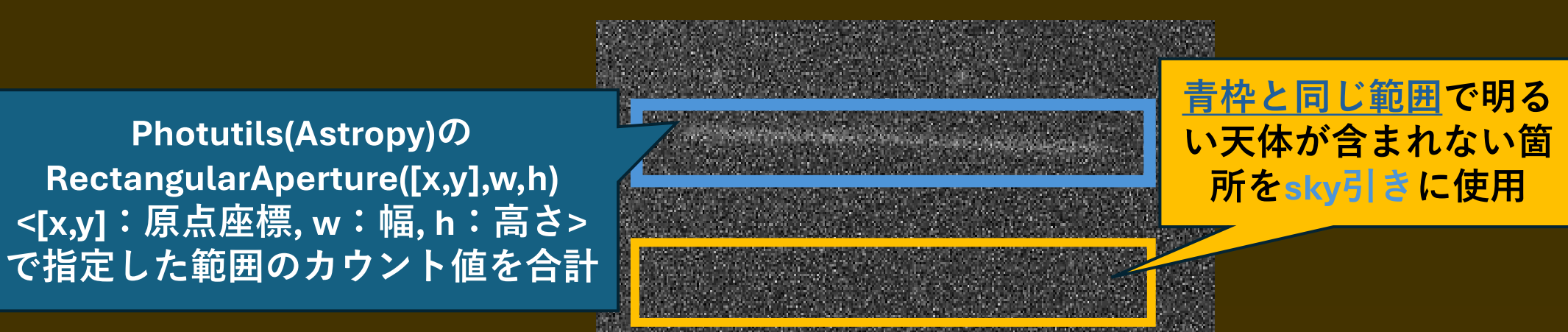
⇒ds9上で確認される天体のカウント値をpythonで読み取り、実際のフラックスとの比例関係を利用

1) 目標天体とのカウント値の比較対象として等級が分かっている天体を選択



Gaia DR2 2878079957535798144
mag：13.13
RA：23h52m44.7s
Dec：+34° 58'57.1"

2) Pythonで青枠内の範囲のカウント値を合計、黄枠内の範囲のカウント値をskyの値として使用し、補正した結果のカウント値 p を求める



3) AB等級の定義の式[1]より比較対象天体の等級 m をフラックス f_0 に変換
$$m = -2.5 \log f - 48.6 \quad [1]$$

4) f と p に式[2]の比例関係があると考えて目標天体のフラックス f_x を求め、式[1]より f_x から m_x へと戻す

$$f_0 : f_x = p_0 : p_x \quad [2]$$

< p_0 ：比較対象天体のカウント値、 p_x ：目標天体のカウント値>

解析結果①

2) 補正後のフラックス値の合計

p_0 ：1062394.39

p_x ：14341.43

3) 比較対象天体のフラックス f_0

f_0 ：5.59e-06

4) 目標天体のフラックス f_x

f_x ：7.55e-08

$$f_x = f_0 \frac{p_x}{p_0}$$

[1]式より、
目標天体の等級 m_x ：約17.8[mag]

解析手順②

目標：天体の真の速度 v と未知の高度 h の関係式を算出

仮定：天体が地球を中心(地球の半径+高度)とする円運動をしている

1) 観測者と天体の距離 X を余弦定理から算出

$$(h + R)^2 = X^2 + R^2 - 2XR \cos(\alpha + 90)$$

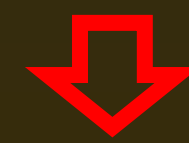
2) (観測者を中心とする)見かけの円運動の速度 v' を $v' = X\omega$ より算出

→三角関数($\cos \theta = \frac{v'}{v}$)より地球を中心とする真の速度 v を求めたい

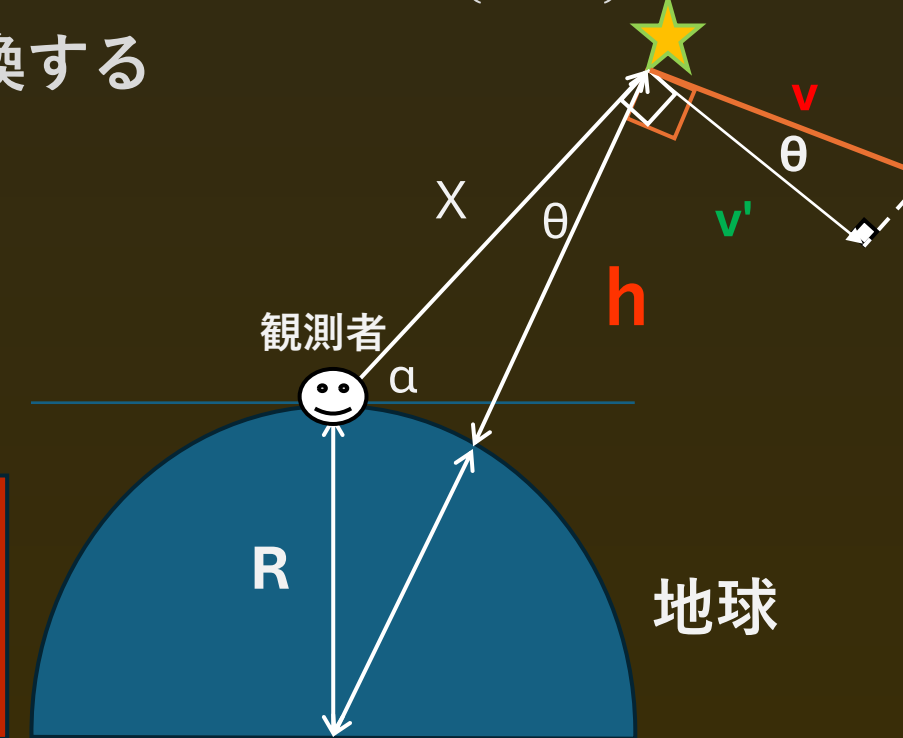
3) 地球中心-天体に対する観測者の角度 θ を正弦定理($\frac{R}{\sin \theta} = \frac{h+R}{\sin(\alpha+90)}$)より算出

→ $\cos^2 \theta + \sin^2 \theta = 1$ で $\sin \theta$ を $\cos \theta$ へと変換する

4) $\cos \theta = \frac{v'}{v} \rightarrow v = \frac{v'}{\cos \theta}$ より v を求める



$$v = \frac{-20.237 + 0.041 \sqrt{243638.8 + h^2 + 12756h}}{\sqrt{1 - \frac{40375496}{h^2 + 12756h + 4067884}}} \quad [3]$$



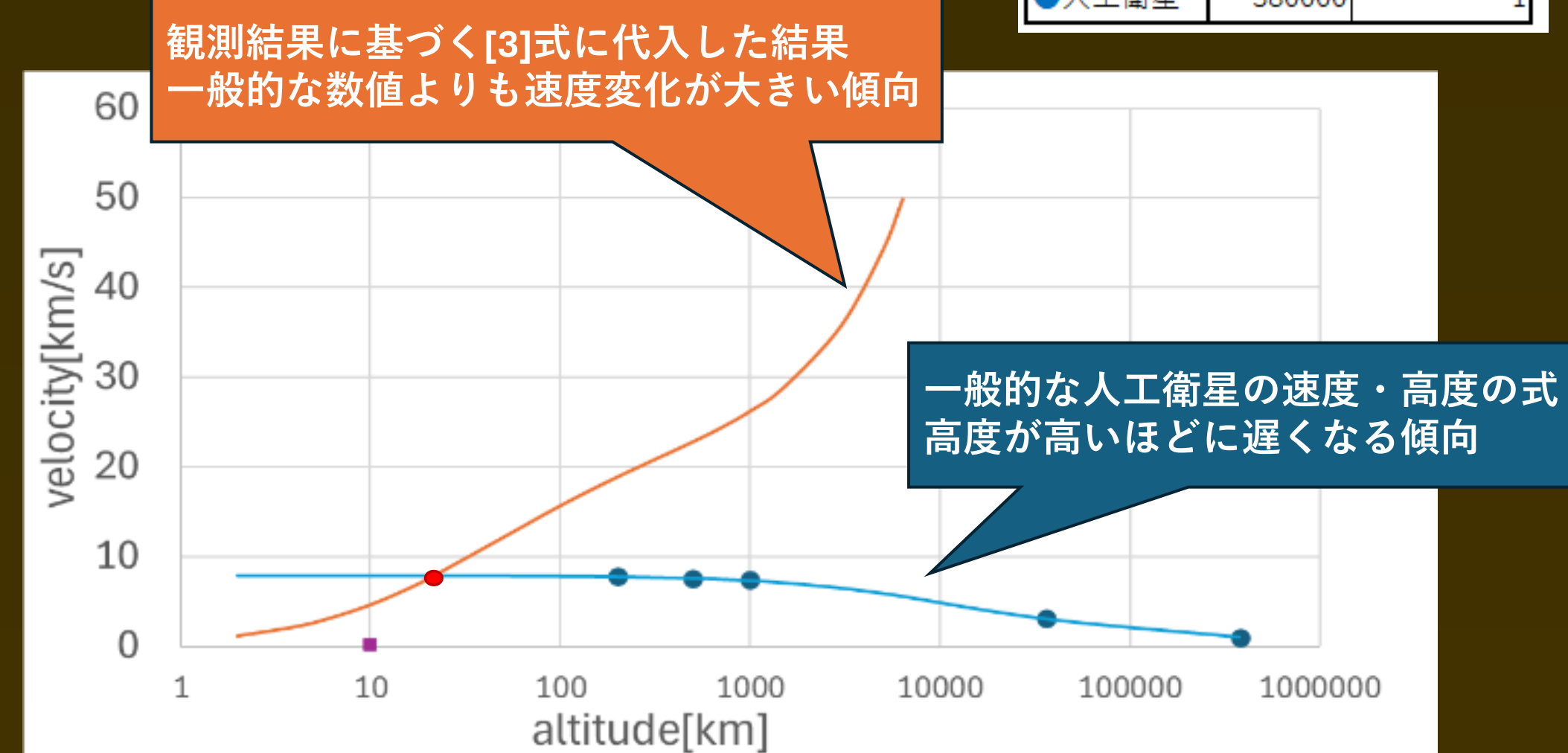
解析結果②

[3]式を一般的な人工衛星の高度 h ・速度 v の式

($V = \left(\frac{398600}{6378+H} \right)^{1/2}$)と共に示す(表の値も同時にプロットする)

表 一般的な飛行機と人工衛星の高度と速度

	高度[km]	速度[km/s]
飛行機	10	0.25
人工衛星	200	7.8
人工衛星	500	7.6
人工衛星	1000	7.4
人工衛星	36000	3.1
人工衛星	380000	1



交点

目標天体の高度 h ：約20[km]
目標天体の速度 v ：約7.8[km/s]

考察

● 飛行機だとしたら、
等級約17.8[mag]は暗すぎる？(人間が目視可能な限界等級：6~7)
飛行機にしては高度が高く(通常は約10[km])、速度がかなり速い

● 人工衛星だとしたら、
等級約17.8[mag]はかなり暗い人工衛星である
⇒約36,000[km]もの高度に位置している静止衛星では？
⇒静止衛星では東→西へと動くのはおかしいのでは
静止衛星以外では、
(A)衛星が小さい(=表面積が少ない)ために暗い？
⇒調べた中で観測時間中に東→西へと動く衛星はなかった
(B)廃棄された衛星・宇宙ゴミの様な軌道が不明なもの
また速度自体はあり得そうだが、高度が低すぎる(通常は約500[km]以上)

全ての衛星については調べられていない

今回の解析結果では飛行機・人工衛星は該当しないと考えられる

今回の解析で更に考慮すべき点

- (1) 高度・速度の関係式の計算における仮定の追加要素
- (2) 地球の自転速度の影響

謝辞

この場を借りて、木曽観測所の皆様に心からの感謝の意を表したいと思います。特に新納悠さんには当日の観測を、森由貴さんには合宿の際の身の回りの援助を、小林尚人所長と近藤莊平さんには貴重なご助言、ご協力いただきました。心からの感謝を込めて、お礼を申し上げます。