

活動的小惑星107P/(4015)Wilson-Harringtonの 可視測光観測

浦川 聖太郎¹、黒田 大介¹、石黒 正晃²、紅山 仁³、
高橋 隼⁴、花山 秀和⁵

¹日本スペースガード協会、²ソウル大学、³東京大学、
⁴兵庫県立大学、⁵国立天文台

107P / (4015) Wilson-Harrington

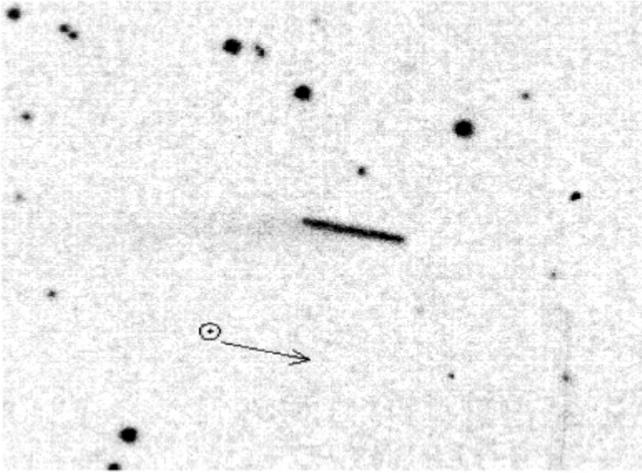


FIG. 3. Digitized portion of POSS blue plate O-10 in the vicinity of Wilson-Harrington. North is at top, and the arrow indicates the direction of the Sun. The tail is clearly visible pointing east. Observation circumstances are in Table I.

Fernandez et al. 1997

1949年パロマ天文台で彗星として発見

小惑星1979 VA (4015)として再検出

活動的小惑星

軌道要素など

a: 2.639 AU e: 0.624 i: 2.785° (アポロ型のNEO)
直径: 3.46km (Licandro et al. 2009),
反射スペクトル型: C or F (Tholen 1989)、可視分光スペクトルは(3200) Phaethonに似てる (Chamberlin et al. 1996)

軌道力学的な起源

65%: メインベルト小惑星帯の外側
4%: 木星族彗星 (Bottke et al. 2002)

自転周期

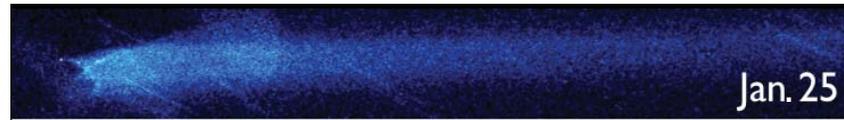
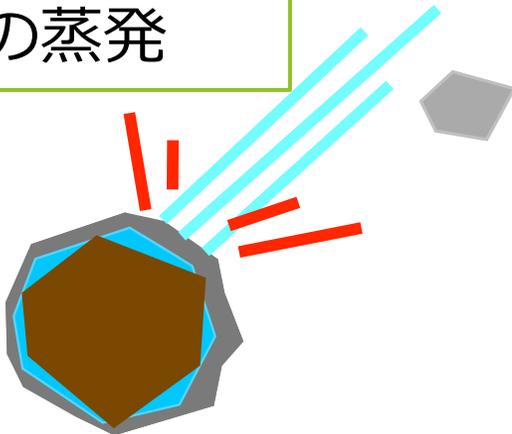
3.557h (Harris and Young 1983)
6.1h (Osip et al. 1995)
7.150h/3.575h (Urakawa et al. 2011)

観測的研究背景(水や有機物の起源)

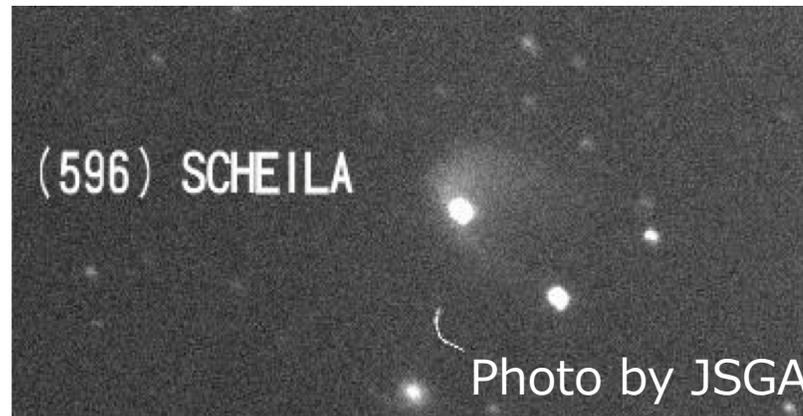
- 相次ぐメインベルト彗星(活動的小惑星)の発見(Hsieh and Jewitt 2006)
- メインベルト彗星の多くはメインベルト帯の外側に存在。
- メインベルト外側はBタイプ小惑星(含水鉱物)が多い
- C型小惑星の水-岩石反応→含水鉱物(Usui et al.2019)

彗星活動の原因

- 他天体**衝突**
- 氷の蒸発



P/2010 A2 (Jewitt et al. 2010)



探査的研究背景



はやぶさ/イトカワ

はやぶさMk2: はやぶさ2以前に提案されていた「はやぶさ」の完全バージョンアップ版後継機。一時期ESAとの共同探査機Marco Poloと名前を変えWilson-Harringtonへのサンプルリターンを計画。ESAで不採択



はやぶさMk2
107P/4015 Wilson-Harrington
©池上章裕氏

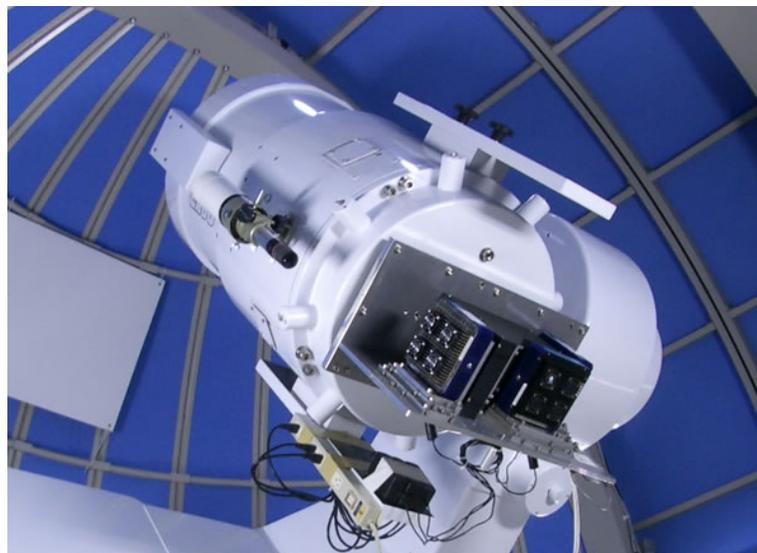
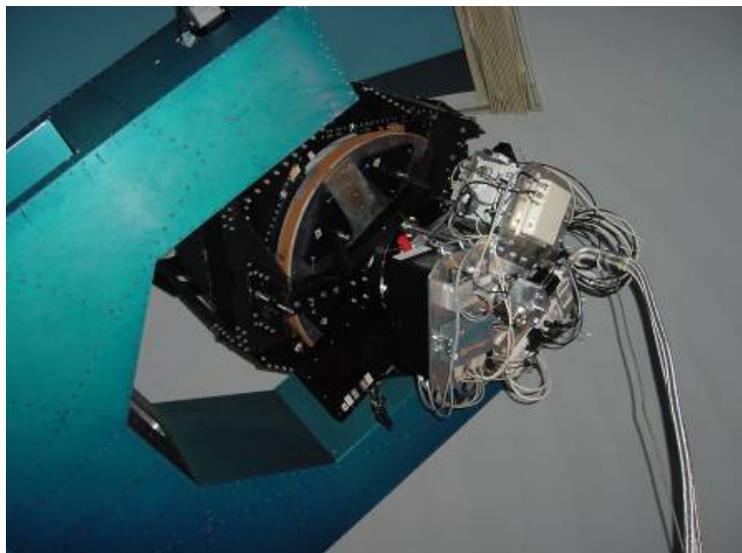
次世代サンプルリターンミッション計画

探査候補天体:289P/Blanpain ほうおう座流星群母天体

WHはバックアップ天体候補 (2032年出発、2035年到着、2039年帰還)

107P/(4015)Wilson-Harrington
これまでの観測
(はやぶさMK2計画における地上観測)

可視測光観測 (ライトカーブ+多色測光)



美星スペースガードセンター1.0m (浦川)
2009年9月6日 - 2010年3月11日 43日間
Sloan, g' , r' , i' , z' フィルター

木曾観測所 1.05m (PI:北里)
2009年8月 17, 19, 20日, 12月12日

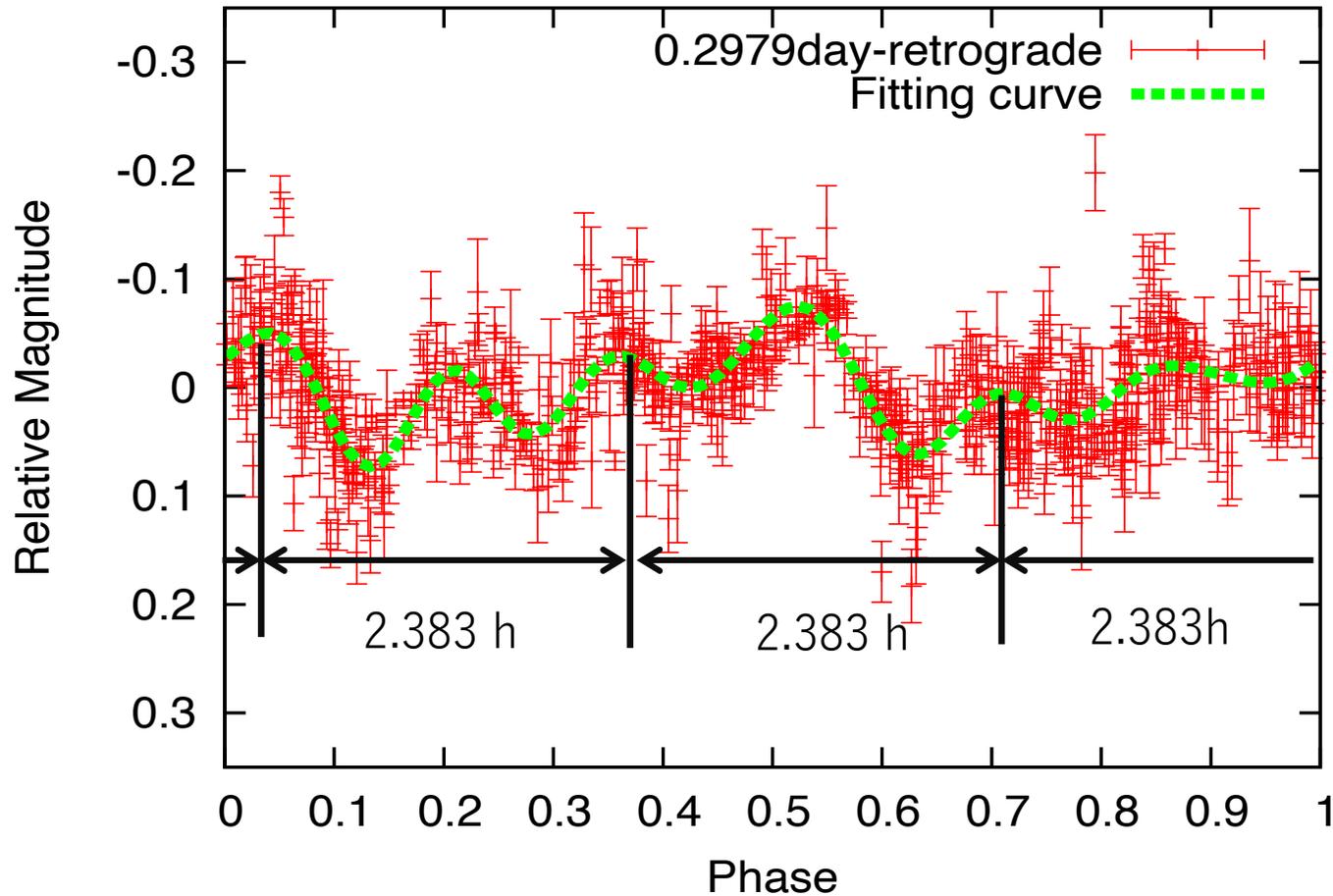
台湾ルーリン 1.0m (PI: 北里)
2009年12月7-10日 4日間

岡山天体物理観測所 0.5m(PI:黒田)
2009年11月7日 - 2009年12月21日 19日間
Johnson Cousins V,R,Iフィルター同時カメラ

University of Hawaii 2.2m (PI: 石黒)
2009年12月18日

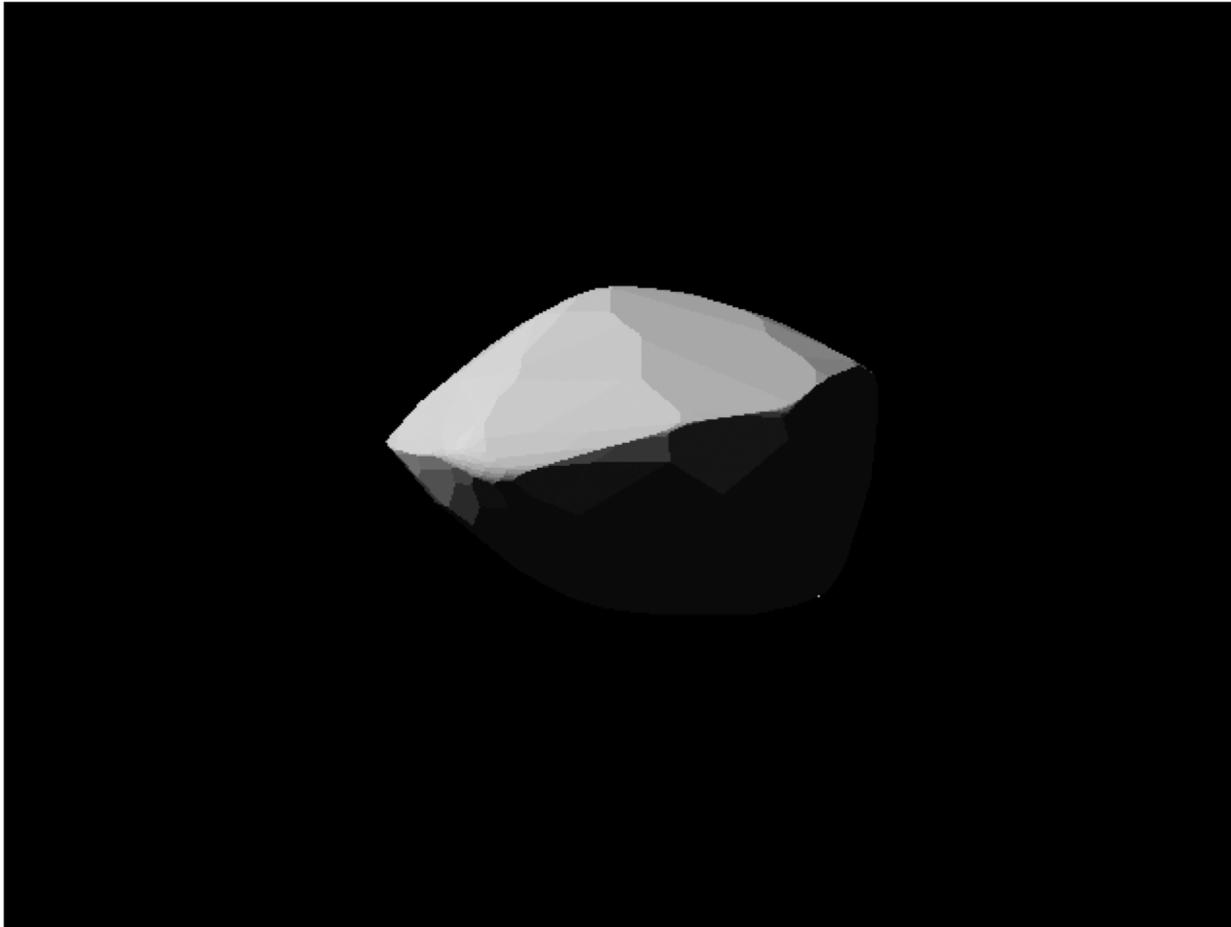
6
位相角範囲: $30.8^\circ - 77.2^\circ$

ライトカーブ



6回のピーク(小惑星を楕円体とすると通常は2回)
自転周期に対して3分の1の周期(2.383h)で表れるダブルピーク

形状モデルの一例



自転軸方向

$$\lambda = 330^\circ, \beta = -27^\circ$$

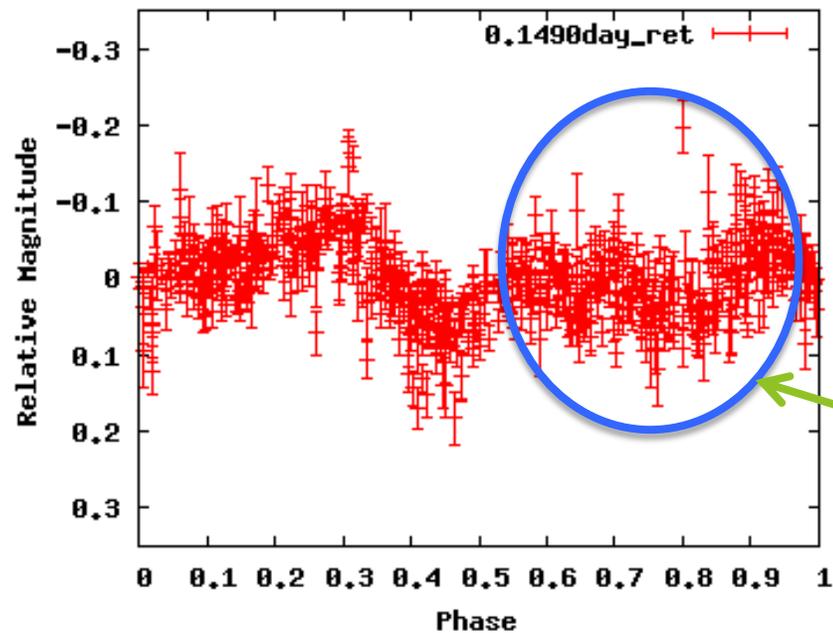
三軸比

$$L_1 : L_2 : L_3 = 1.5 : 1.5 : 1.0$$

(L_3 : 自転軸)

逆行回転

ライトカーブ(3回ピークを仮定)



3回ピークのライトカーブと仮定すると、Harris and Youngの自転周期とほぼ一致

自転周期: 3.575h

観測を位相角50°付近で行ったことによるクレーター地形の影響、あるいは暗い面!?

影の影響が少ない位相角10°付近での追観測を実施(2013年5月西はりま)

十分な光量が得られず(彗星として光度予測をしてしまった。)

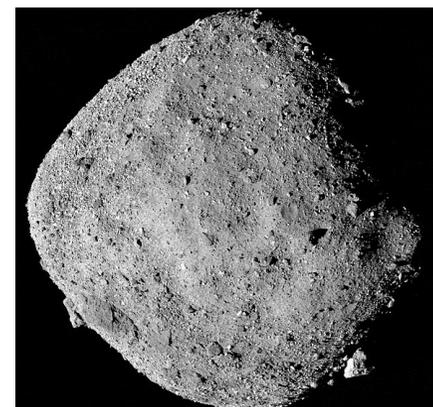
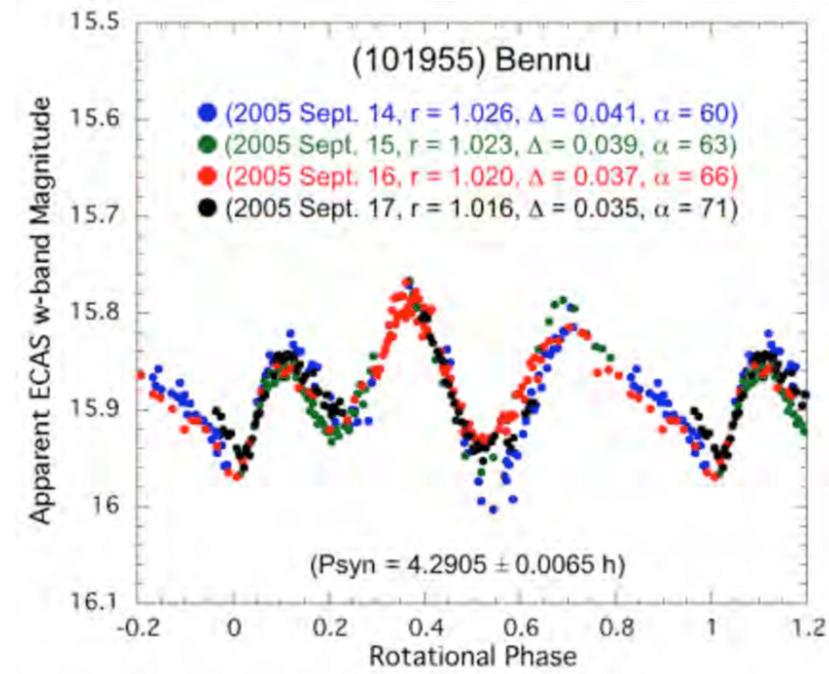
ベヌーは3回ピーク

2022-2023年の観測目的

- 位相角の低いところでライトカーブ取得し、地形の影響の確認
- 色指数に周期性があるか
- 形状モデルの再構築
- 次世代サンプルリターン計画

表 1 本研究で説明が期待される WH の物理状態

	単色で3.575時間周期、2回の光度振幅を検出	単色で7.150時間周期、6回の光度振幅 (3.575時間周期、3回の光度振幅)
色指数に周期性あり	パターンA クレーター地形 自転周期3.575時間 表面組成の非一様性	パターンC コマ型形状の可能性 自転周期7.150時間 (色指数の光度振幅が7.150時間で1回) 自転周期3.575時間 (色指数の光度振幅が3.575時間で1回) 表面組成の非一様性
色指数に周期性なし	パターンB クレーター地形 自転周期3.575時間 表面組成は一様	パターンD コマ型形状の可能性 表面組成は一様 自転周期は、光度振幅を精査する事で推定



©NASA

2022-2023年の観測

- ▶ せいめい(TriCCS/g, r, i)
2022/12/20(12h-17h)、27(12h-17h),28(12h-20h)
- ▶ V ~17.8等。位相角 $19.5^\circ \rightarrow 9.0^\circ(12/28) \rightarrow 1.1^\circ(1/9) \rightarrow 7.5^\circ$
- ▶ 露出: 60s(せいめい)、美星(90s-150s)
- ▶ 石垣島天文台ではドーム故障のため観測できず。

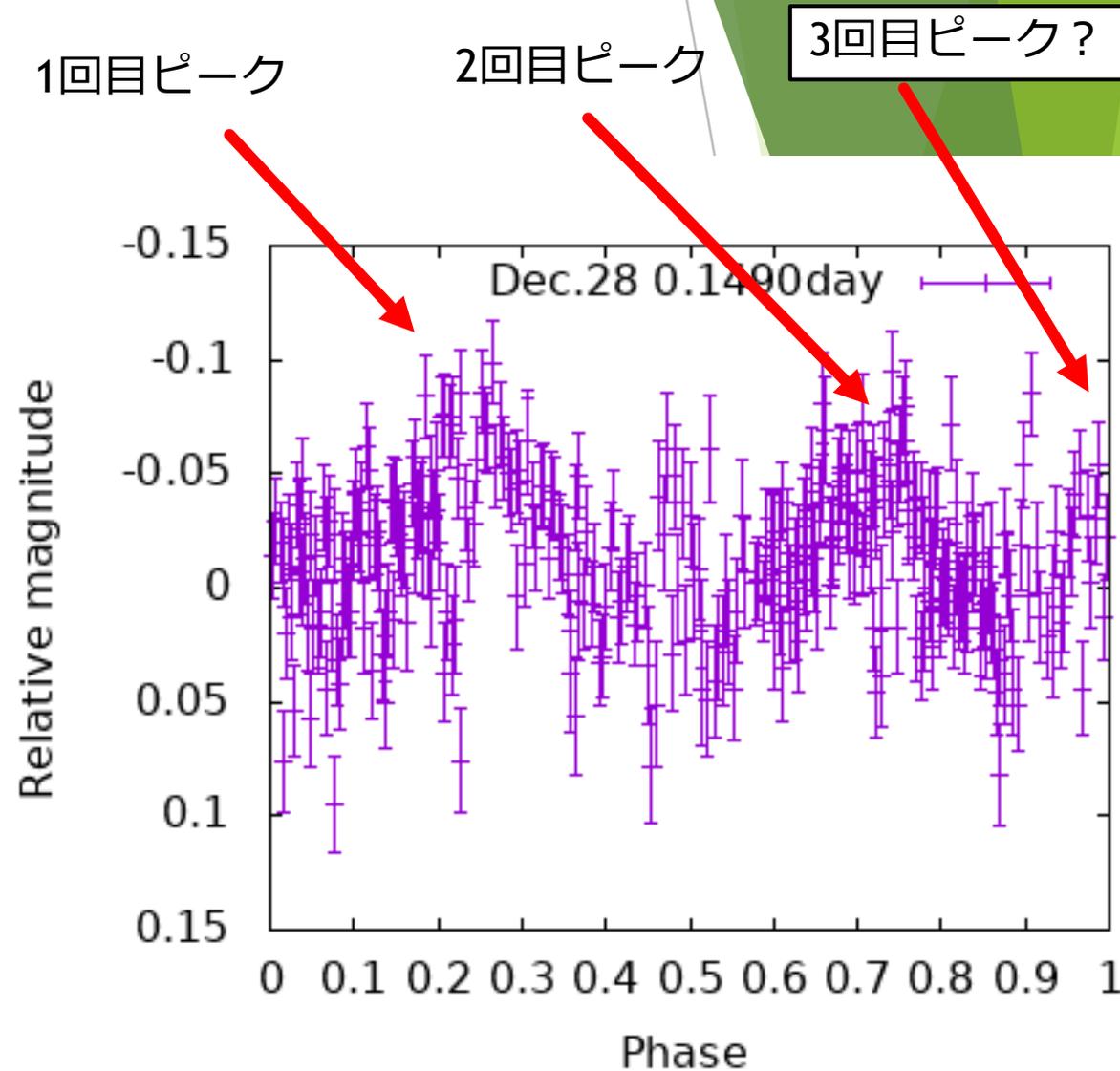
観測結果 (速報)

データ解析

- 28日のデータ
- 比較星を用いた相対測光
- g,r,iバンドそれぞれのライトカーブを導出
- 観測期間における相対測光平均を0magとする。
- g,r,iの同時刻の測光結果の中央値を採用

結果

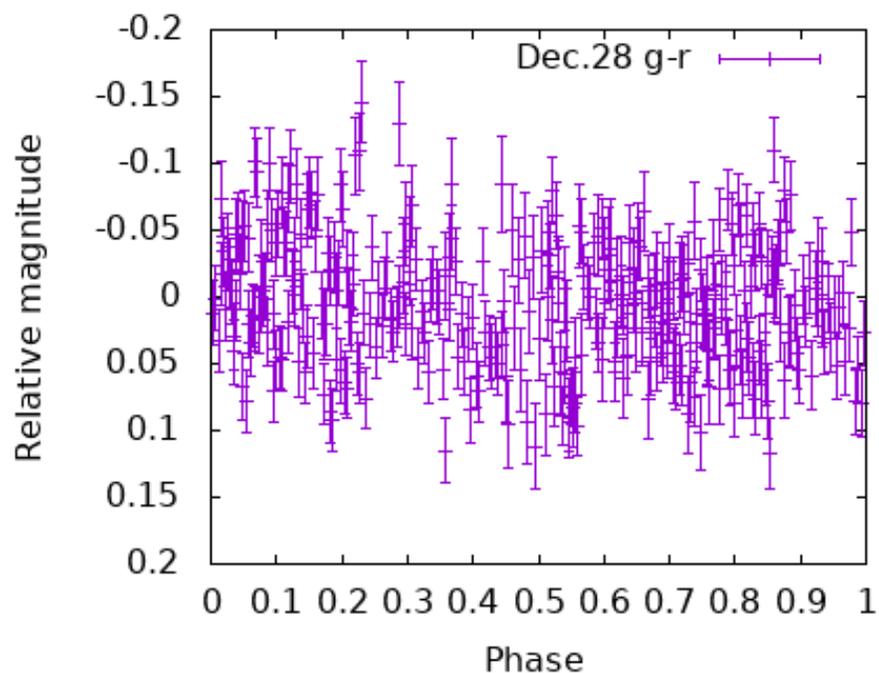
- 3.509hに周期性 (単独解ではない)
- 3.575hで折りたたむと3回ピークありそう



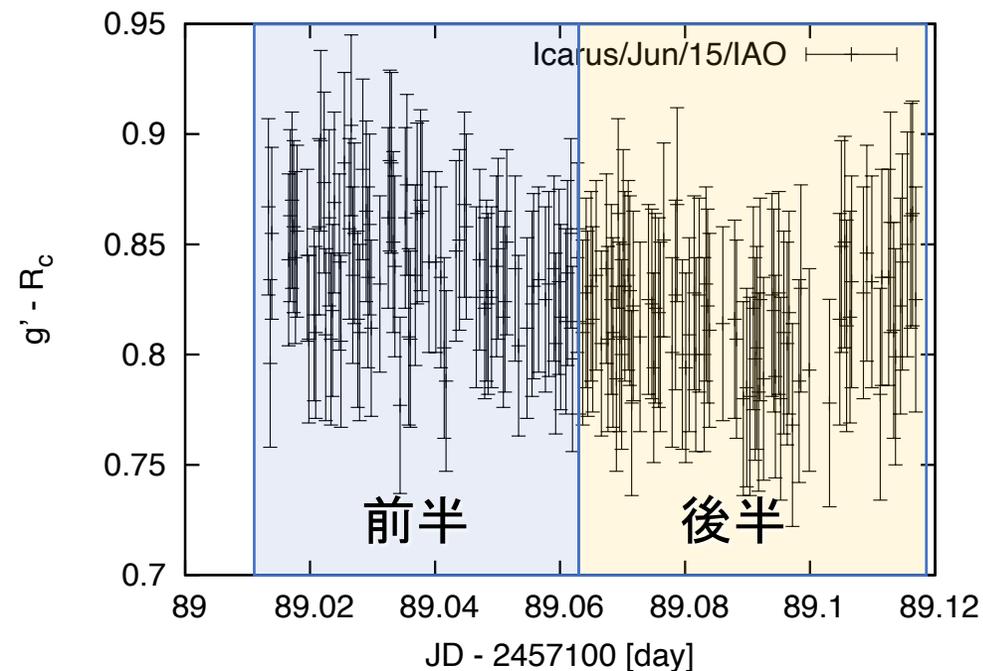
3.575hを仮定したライトカーブ

観測結果 (色指数)

相対測光からの色指数
(絶対測光ではないことに注意)



g-rを3.575時間で折りたたむ
周期性は見られない
g-r, r-iでも同様
表面は一様



周期性が見えた例
石垣島の3色同時カメラで観測したIcarusの例
前半 $g' - R_c : 0.838 \pm 0.004$
後半 $g' - R_c : 0.816 \pm 0.005$

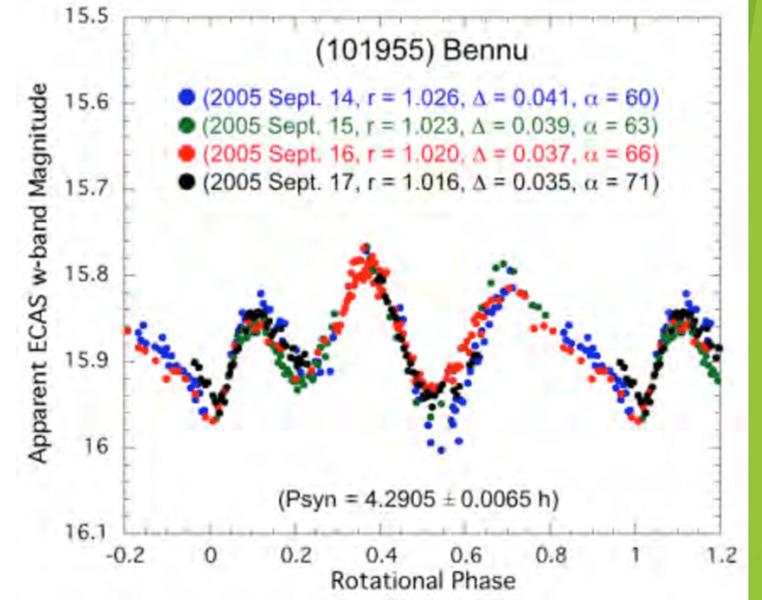
まとめと今後

表1 本研究で説明が期待される WH の物理状態

	単色で3.575時間周期、2回の光度振幅を検出	単色で7.150時間周期、6回の光度振幅 (3.575時間周期、3回の光度振幅)
色指数に周期性あり	パターンA クレーター地形 自転周期3.575時間 表面組成の非一様性	パターンC コマ型形状の可能性 自転周期7.150時間 (色指数の光度振幅が7.150時間で1回) 自転周期3.575時間 (色指数の光度振幅が3.575時間で1回) 表面組成の非一様性
色指数に周期性なし	パターンB クレーター地形 自転周期3.575時間 表面組成は一様	パターンD コマ型形状の可能性 表面組成は一様 自転周期は、光度振幅を精査する事で推定

パターンD? ベヌーのようなコマ型形状かもしれない
形状モデル再構築

ベヌーは3回ピーク



Hergenrother et al. 2013

