

# 北大1.6mピリカ望遠鏡による 地球近傍小惑星2012 TC4の偏光観測

岡崎 良

北海道教育大学

関口朋彦(北教大), 石黒正晃(ソウル大), 黒田大介(岡山/NAOJ)

今井正堯(北海道大), 内藤博之(なよろ市立天文台)

# 内容

- ① 観測地と小惑星
- ② 小惑星の偏光観測で何がわかるか
- ③ 地球近傍小惑星（NEAs）と偏光観測
- ④ 2012 TC4
- ⑤ 観測計画（2012 TC4）

# ① 観測地

□ 北海道名寄市



なよろ市立天文台きたすばる



名寄市  
Nayoro City



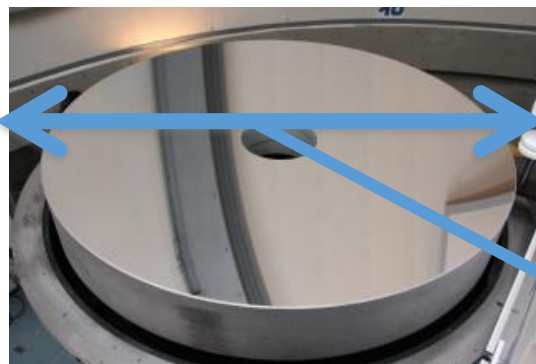
札幌～車（高速）で4時間（220km）  
旭川～車（国道）で2時間（80km）

# 望遠鏡

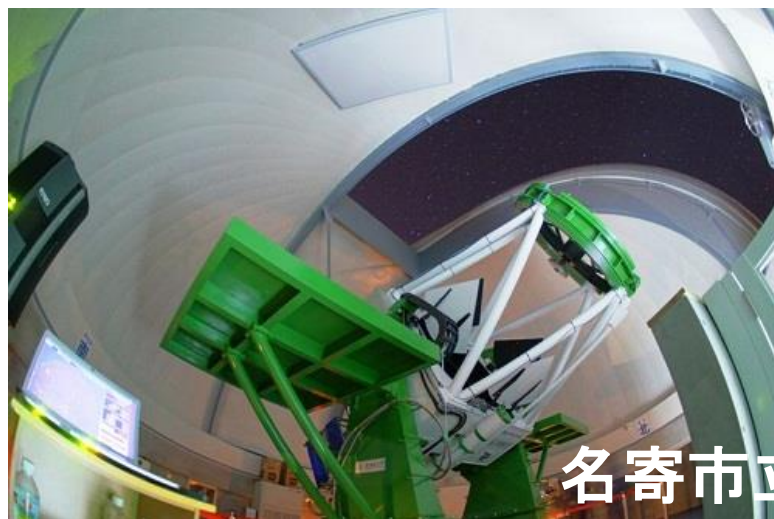
## □ ピリカ望遠鏡

名寄市立天文台きたすばる  
に併設された北大附属天文台に設置

主鏡口径1.6mの可視・近赤外線望遠鏡



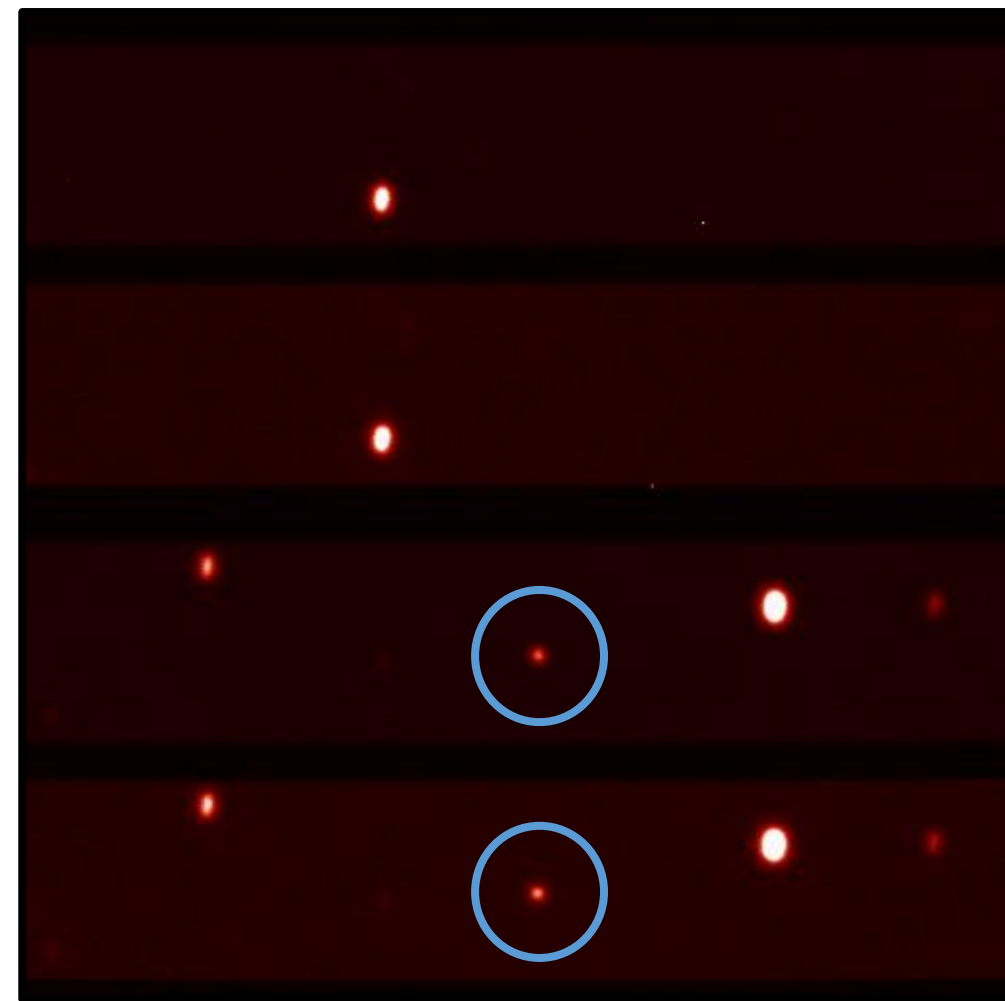
1.6m



名寄市立天文台, 北大附属天文台HPより

# 装置

- MSI（可視マルチスペクトル装置）  
直線偏光撮像モード  
半波長板を4方位に回転させ取得



8月に撮像した小惑星2000 PD3 (NEA, PHA)  
視野マスク & ウォラストンプリズム

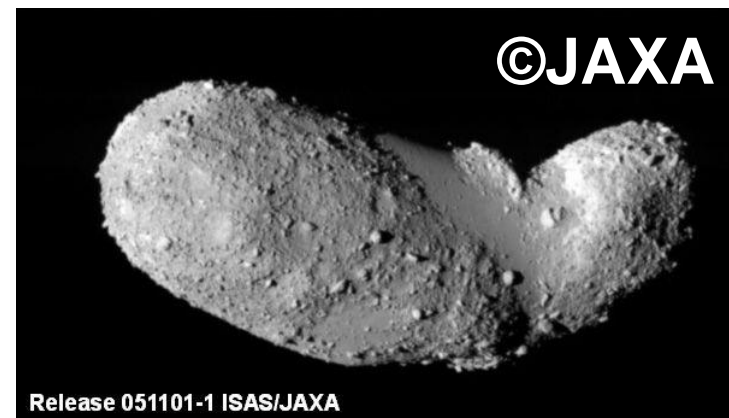
# ① 小惑星

ケイ酸塩鉱物からなる太陽系小天体で、  
一部に有機物や氷を含むことも

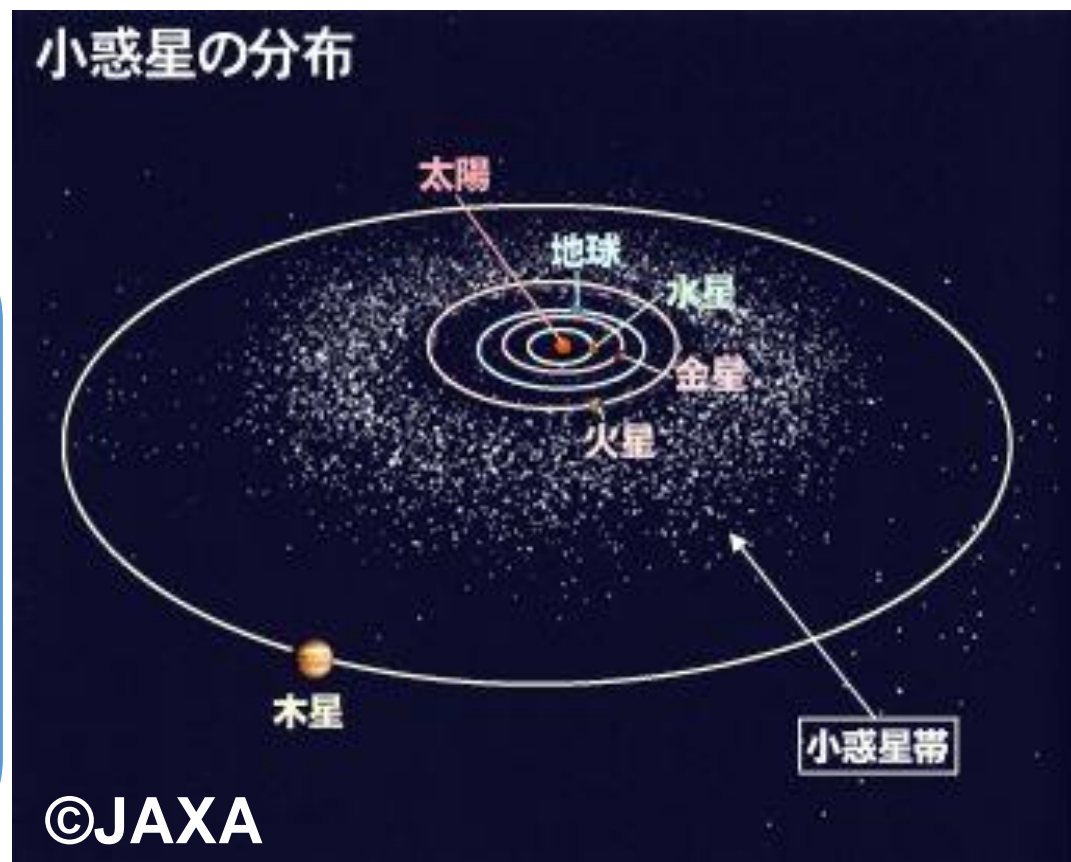
主に火星と木星の間に位置  
→小惑星帯（メインベルト）

地球に接近する小惑星も！！！！  
→地球近傍小惑星（**NEAs**）

その中でも衝突時に影響が大きい  
→潜在的に危険な小惑星（**PHAs**）



はやぶさ探査機による 小惑星 イトカワ



# 小惑星で知っておくべきこと

## 基本的な物理量

軌道      大きさ      アルベド  
組成（スペクトルタイプ）  
空隙率（体密度）      表層の状態  
自転周期      形状

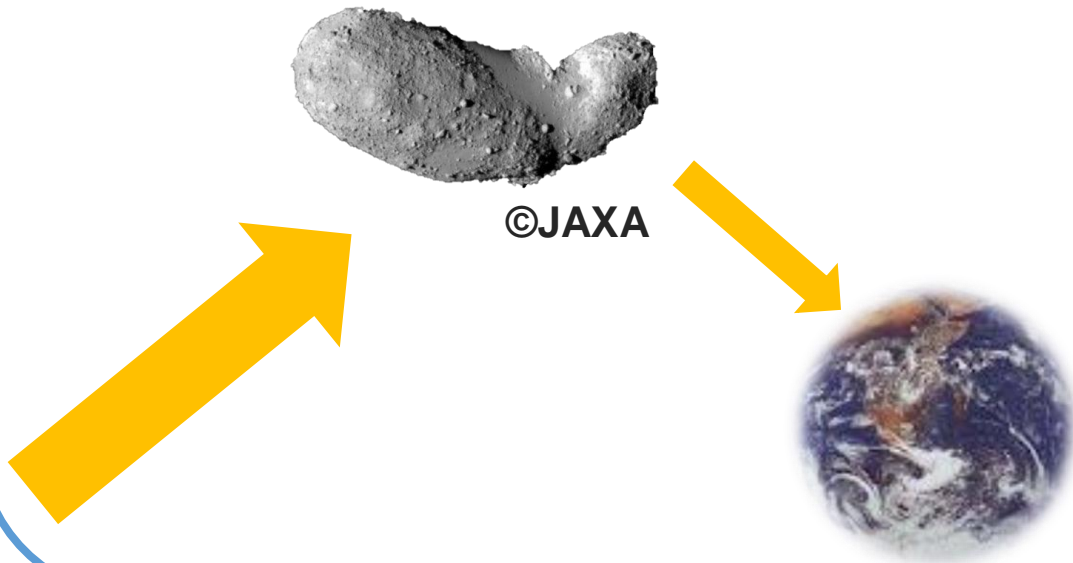


**NEAs**や**PHAs**では地球衝突の観点から特に重要！！！！

## ② 小惑星の偏光観測で何がわかるか

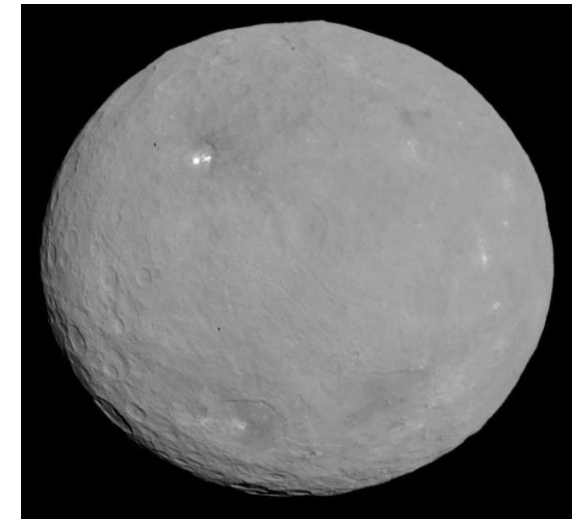
小惑星表面の物理量 (※スペクトルタイプの違いによる特徴)

- ◆ アルベド (表面反射割合)  
小惑星は太陽光で光っている  
0~1



- ◆ 表層の状態 (レゴリス)  
レゴリス：砂や礫の層

Ceres  
非常に細かい  
レゴリス  
(微細粒)



1 Ceres ©NASA


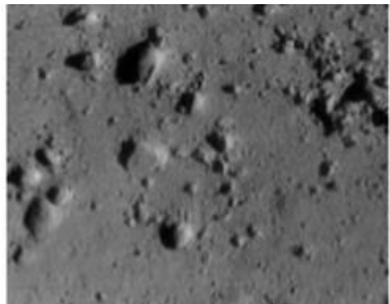

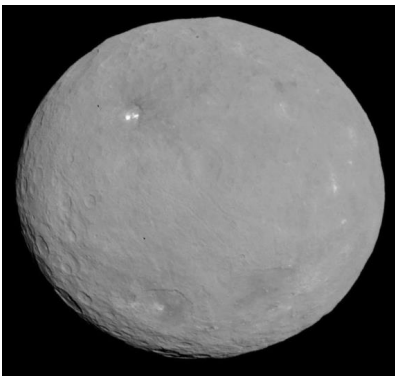


# 表層の状態

## 小惑星表層の粒子サイズ

### 表層物理状態

超高空隙率の微細粒(~80%)?, セレス、火星の砂  
微細粒: 月レゴリス (粒径 50 ~ 100  $\mu\text{m}$ )  
砂(d ~mm): 433Eros  
砂利 (d ~cm): 25143Itokawa's Muses-Sea Regio  
岩片、岩石破片 (d < m): Itokawa's rough terrain  
多孔質岩石  
稠密な岩石

25143 Itokawa	433 Eros	The moon	1 Ceres
			
粗いレゴリス 数cm程度の石 (砂利)	細かく 厚いレゴリス (砂)	微細粒 月レゴリス	超微細粒 レゴリス

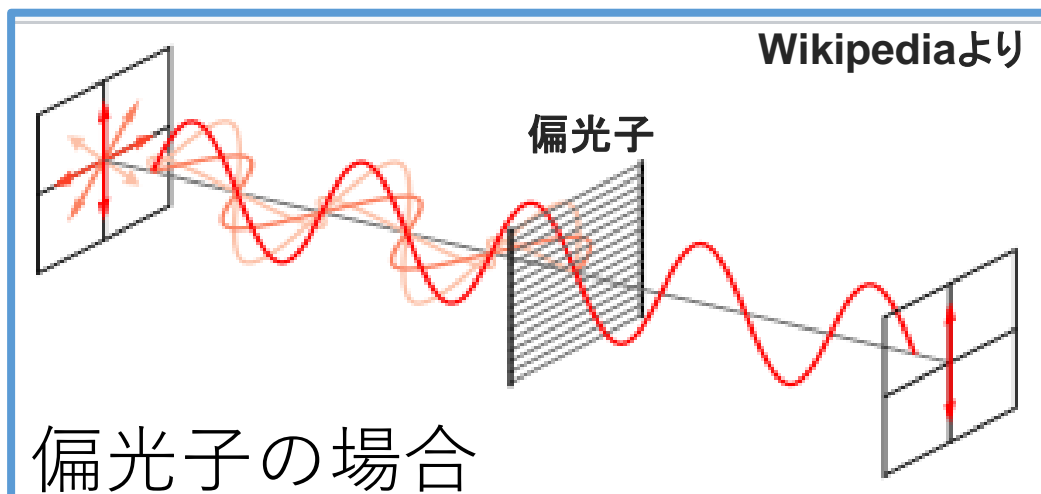
細かい

はやぶさ2TIR資料より

# 偏光

偏光 (Polarization)

～特定の (振動方向が規則的な) 方向にのみ振動する光



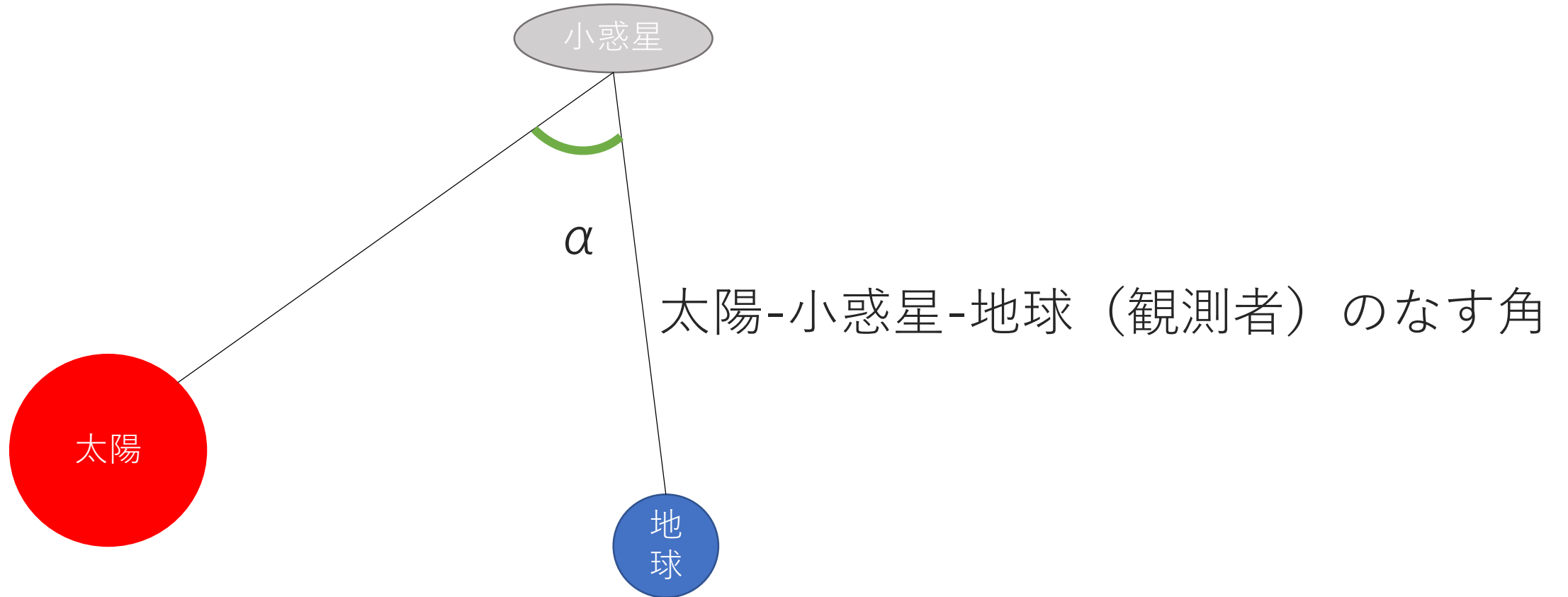
自然光から垂直方向成分のみ  
を持った直線偏光を得る  
(観測の場合は波長板)



偏光フィルター  
釣り用のサングラス  
映画3Dメガネ

# 位相角

Phase Angleまたは $\alpha$  (deg) で表される



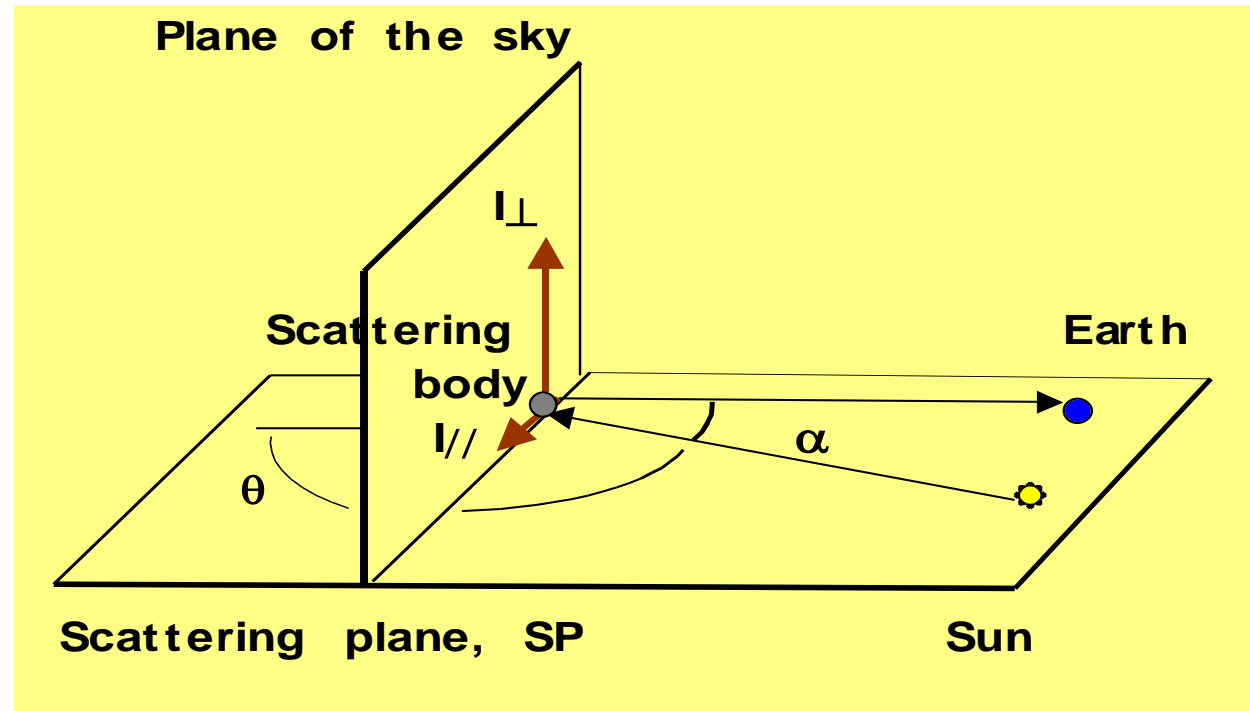
# 偏光度(割合)

偏光度  $p_r$  (%) ~ 偏光の程度を示す指標

散乱面に垂直, 平行なフラックスから計算

$$P_r = \frac{(I_{\perp} - I_{//})}{(I_{\perp} + I_{//})}$$

位相角によって変化



# 偏光度と位相角

$p_r$  (%) vs  $\alpha$  (°) 偏光カーブ

重要なパラメータ

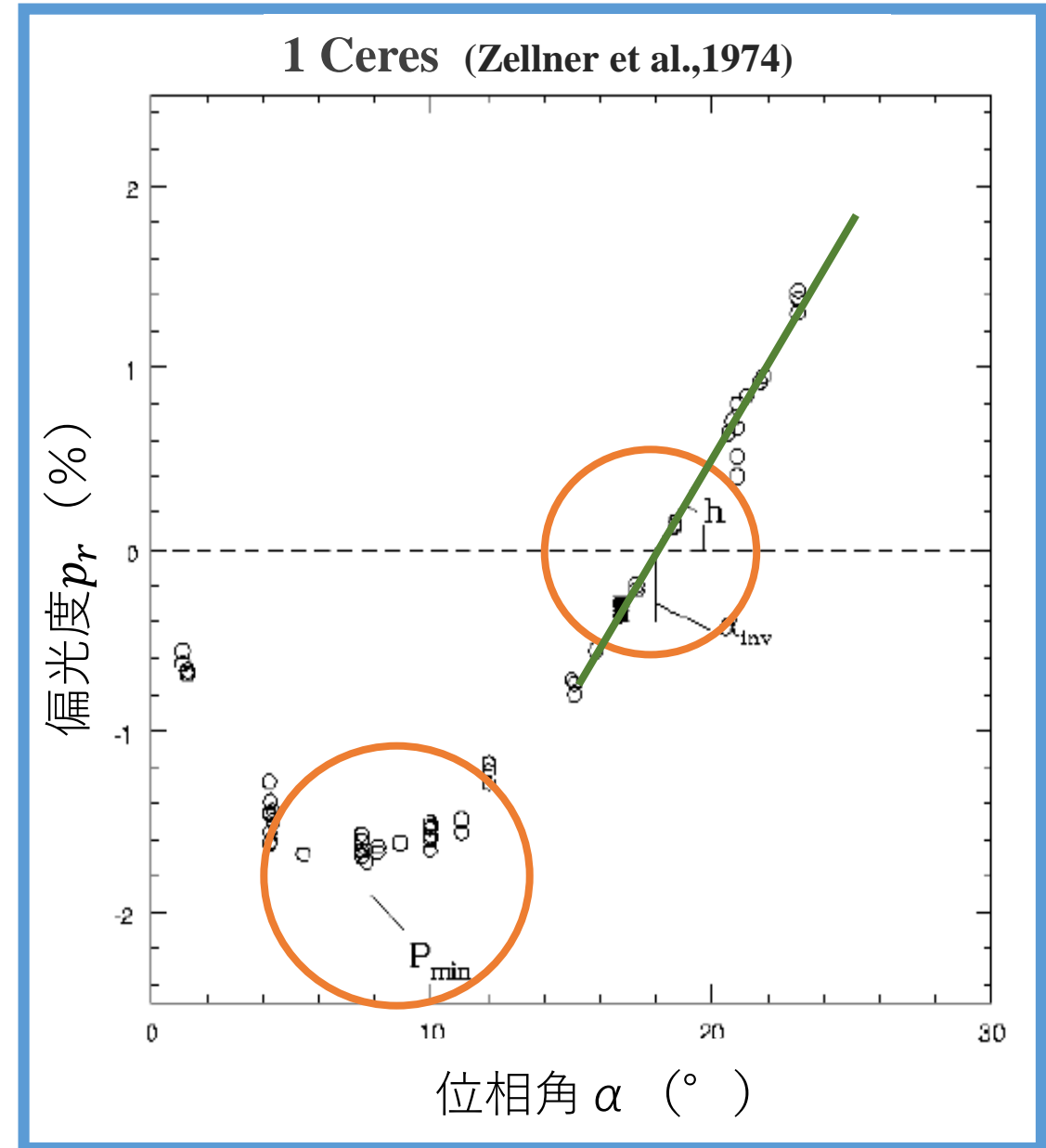
$h$  ( $d p_r / d \alpha$ ) :  $p_r$  増加時の傾き

アルベドが求められる！！

$P_{min}$  : 負の偏光度, 極小値

$\alpha_{inv}$  : 負から正へ変化,  $P_r = 0$

表層状態の推定に！！



# 表面組成(スペクトルタイプ)による違い

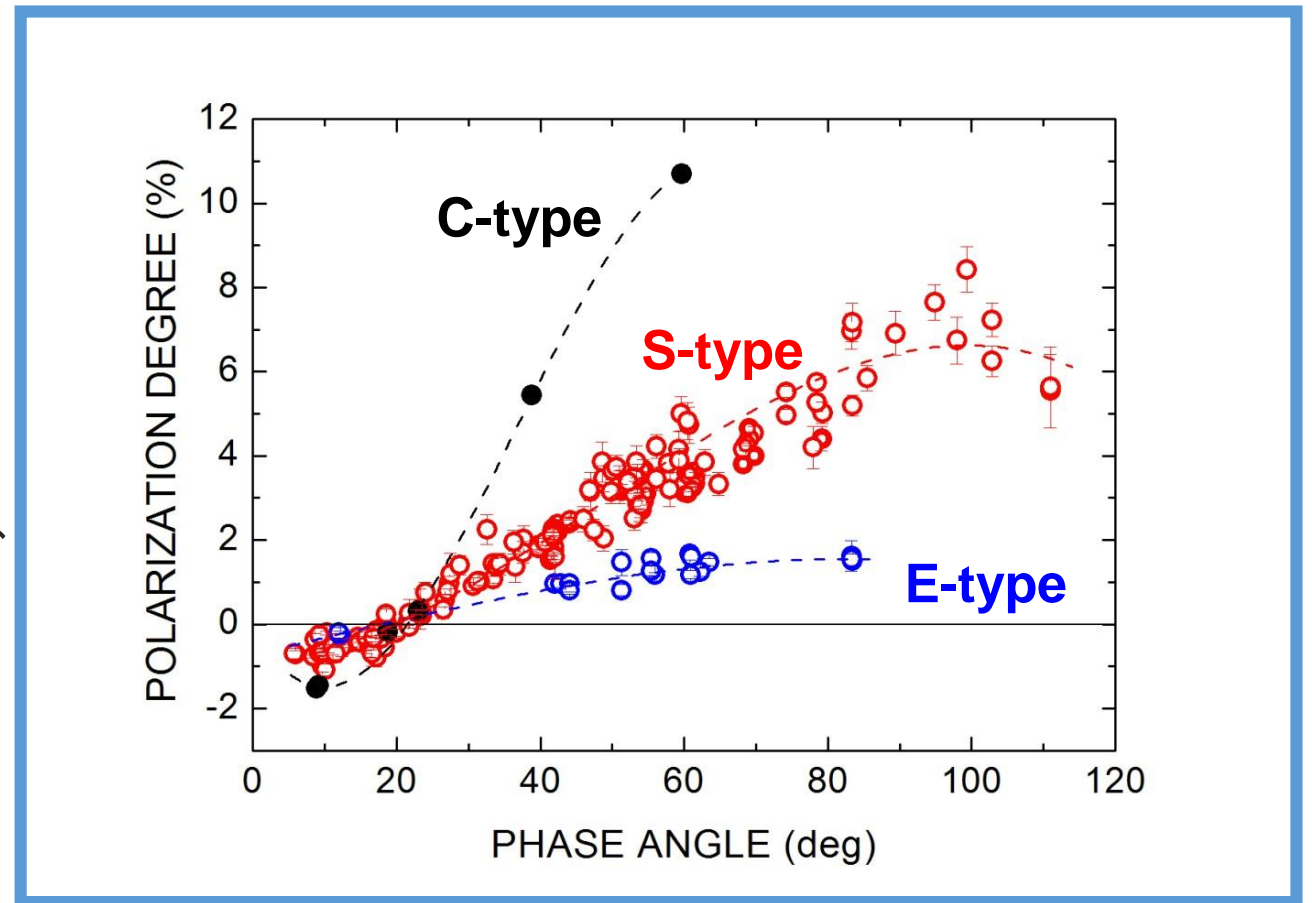
スペクトルタイプによって  
偏光カーブに違いがある

S-type : ケイ酸塩質

C-type : 炭素も含む

E-type : 鉄やニッケルも含む

スペクトルタイプ推定の  
手がかりとしても！！



Albelto Cellinoより

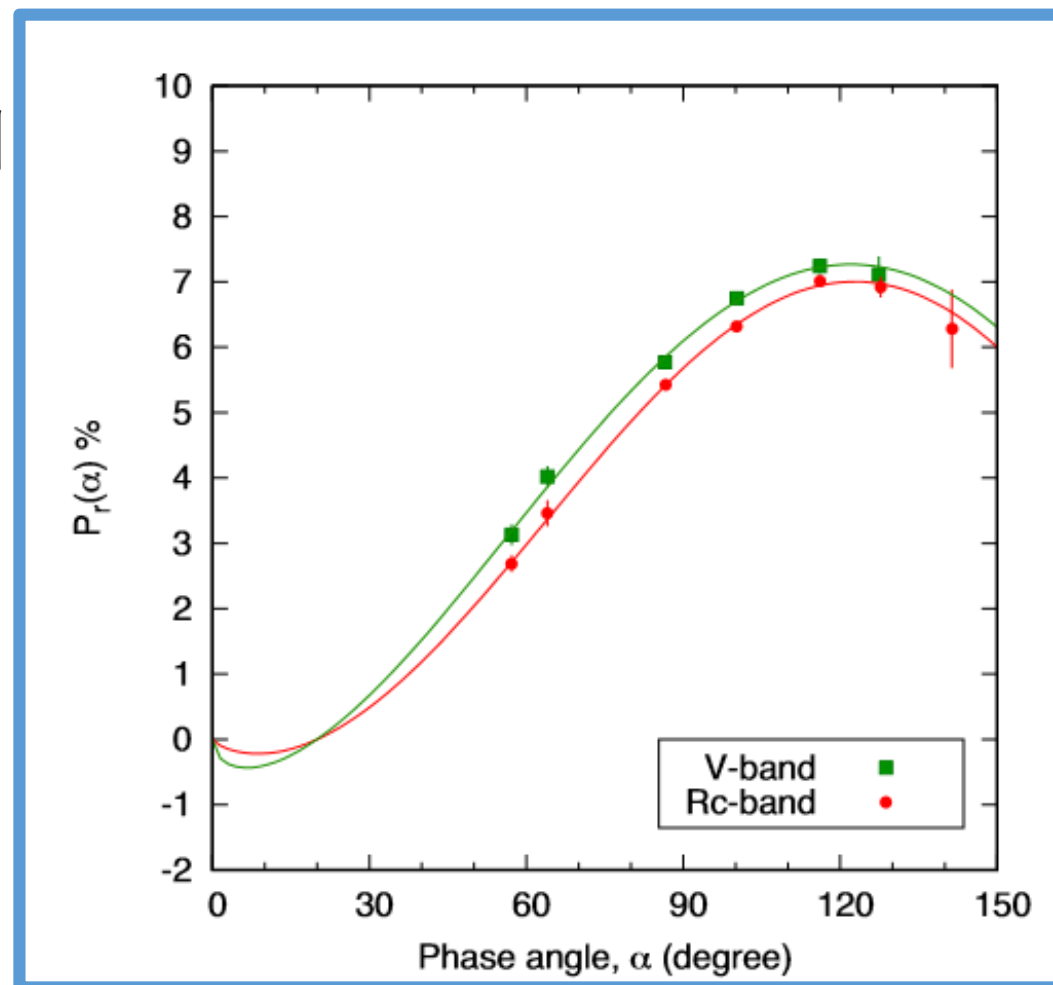
### ③ 地球近傍小惑星(NEAs)と偏光観測

小惑星の偏光観測の問題点

- ✓ 同じ小惑星を異なる位相角で観測  
→位相角の大きな変化には  
数年, 数十年

NEAsは位相角の変化が大  
Icarusは10日程度で $60^\circ \sim 140^\circ$

NEAsは偏光観測に最適!!!



NEA 1566 Icarus (Ishiguro et al.,2017)

# ④ 2012 TC4

地球近傍小惑星

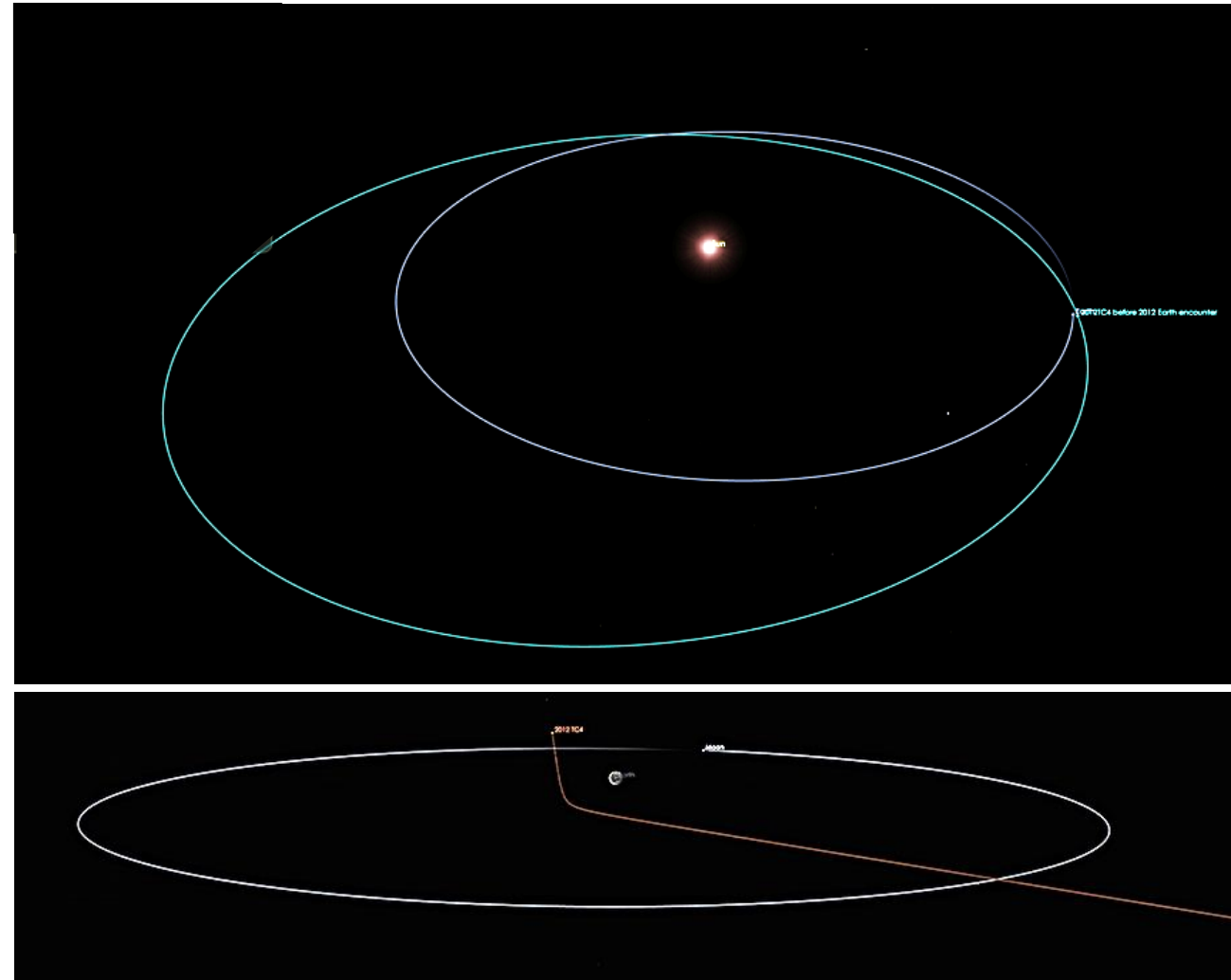
2017/10/11に最接近

地球から5万kmの距離まで接近  
(月までの距離の約1/8)

自転周期 0.2038h

(Warner et al., 2009)

およそ12分で自転!!!



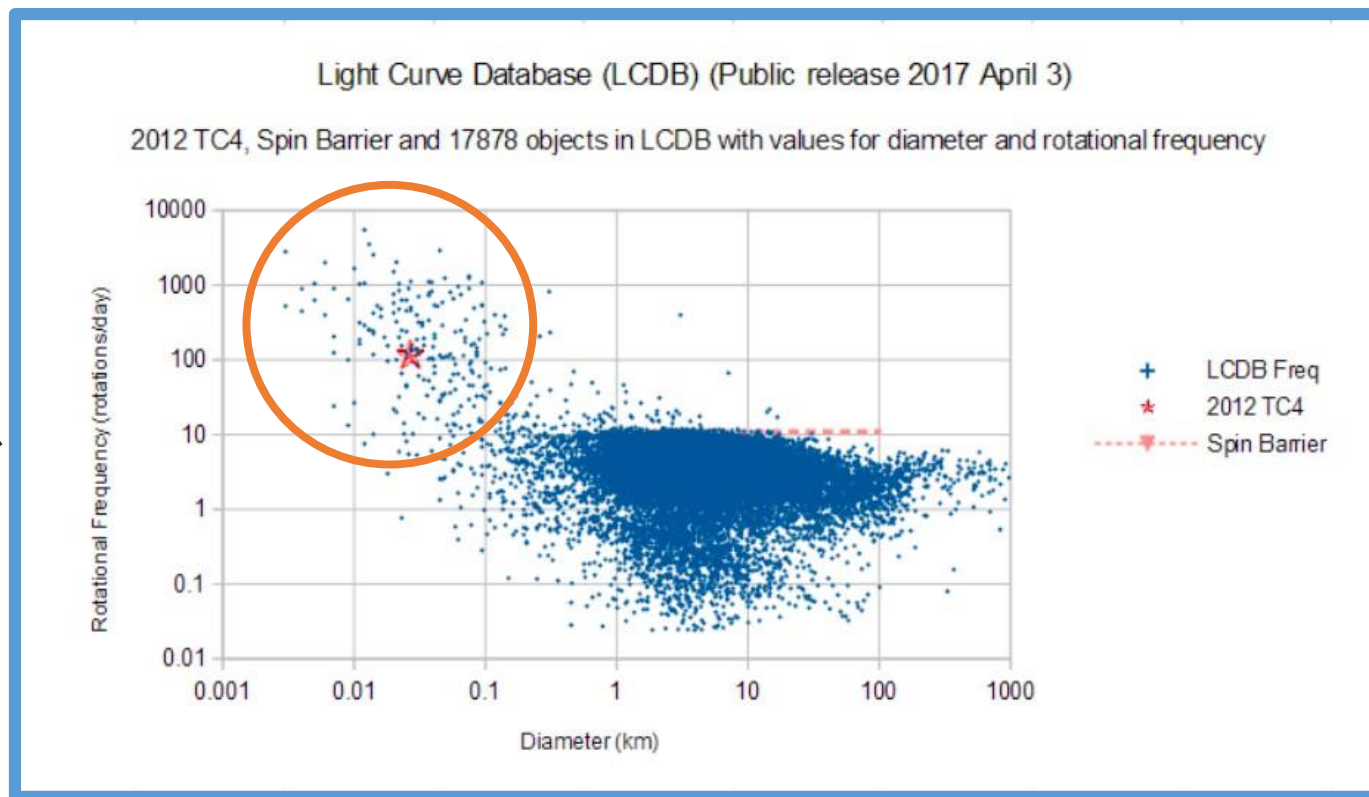
Goldstone Radar Observations Planningより



# 2012 TC4に見られる高速自転

およそ12分で自転  
(一般的に数時間程度)

→非常に高速  
遠心力で表面の粒子が  
吹き飛んでいる？



表面がツルツルな (レゴリスがない, 一枚岩)  
状態だと予想される

## ⑤ 観測計画(2012 TC4)

### □ 目的

高速自転小惑星のアルベド，表層状態の推定

### □ 背景

高速自転小惑星の偏光観測は未だ行われていない  
→偏光度が求められていない

太陽系の起源や進化だけではなく地球衝突の  
観点からも重要  
→アルベドや表層の状態

# 観測期間の等級と位相角

## □ 観測期間

2017.10/8～2017.10/12  
(全夜観測予定)

10/11

UT16:00頃に最接近

10/12

明け方に観測できるか？

20.0等級？

Date(UT)	等級[mag]	$\alpha$ [°]
10/8	18.7	30
10/9	18.0	31
10/10	17.1	34
10/11	15.2	40
10/11(16:00)	15.1	41
10/12(18:00)	20.0	141

UT15:00頃の等級と位相角  
(JPL/HORIZONS @名寄市立天文台)

# 観測から・・・

## □ 解析

- 高速自転小惑星における偏光度 $P_r$ の導出

- 偏光度 $P_r$ と位相角 $\alpha$ のプロット，フィッティング（S-type？）

→  $P_{max}$   $P_{min}$ を得ることはできるのか

- 偏光度の傾きからアルベドの導出

- 小惑星表層の粒子サイズを推定（ $P_{min}$  vs  $\alpha_{inv}$ ， $P_{max}$  vs  $A$ ）