

# 微小惑星 2010 XC15 の測光および偏光観測

Beniyama et al. 2023, ApJ, in press. (<https://arxiv.org/abs/2306.15506>)

2023年9月13日(水) 13:00–13:15 @ 2023年度せいめいユーザーズミーティング






べにやま じん  
紅山 仁 (東京大学 D3)

共同研究者:

石黒正晃 (ソウル大学), 浦川聖太郎, 黒田大介 (日本スペースガード協会),  
関口朋彦 (北海道教育大学), 匠あさみ (国立天文台), 前田夏穂 (神戸大学),  
吉田二美 (産業医科大学/千葉工業大学), 鍵谷将人 (東北大学),  
酒向重行, 瀧田怜 (東京大学), 高橋隼, 斎藤智樹, 大島 誠人 (兵庫県立大学),  
齊藤大晶, 高木聖子 (北海道大学), 中岡竜也, 今澤遼 (広島大学)

# 科学的背景: 地球接近小惑星ペアの形成

- これまでに報告されている地球接近小惑星ペアは5組

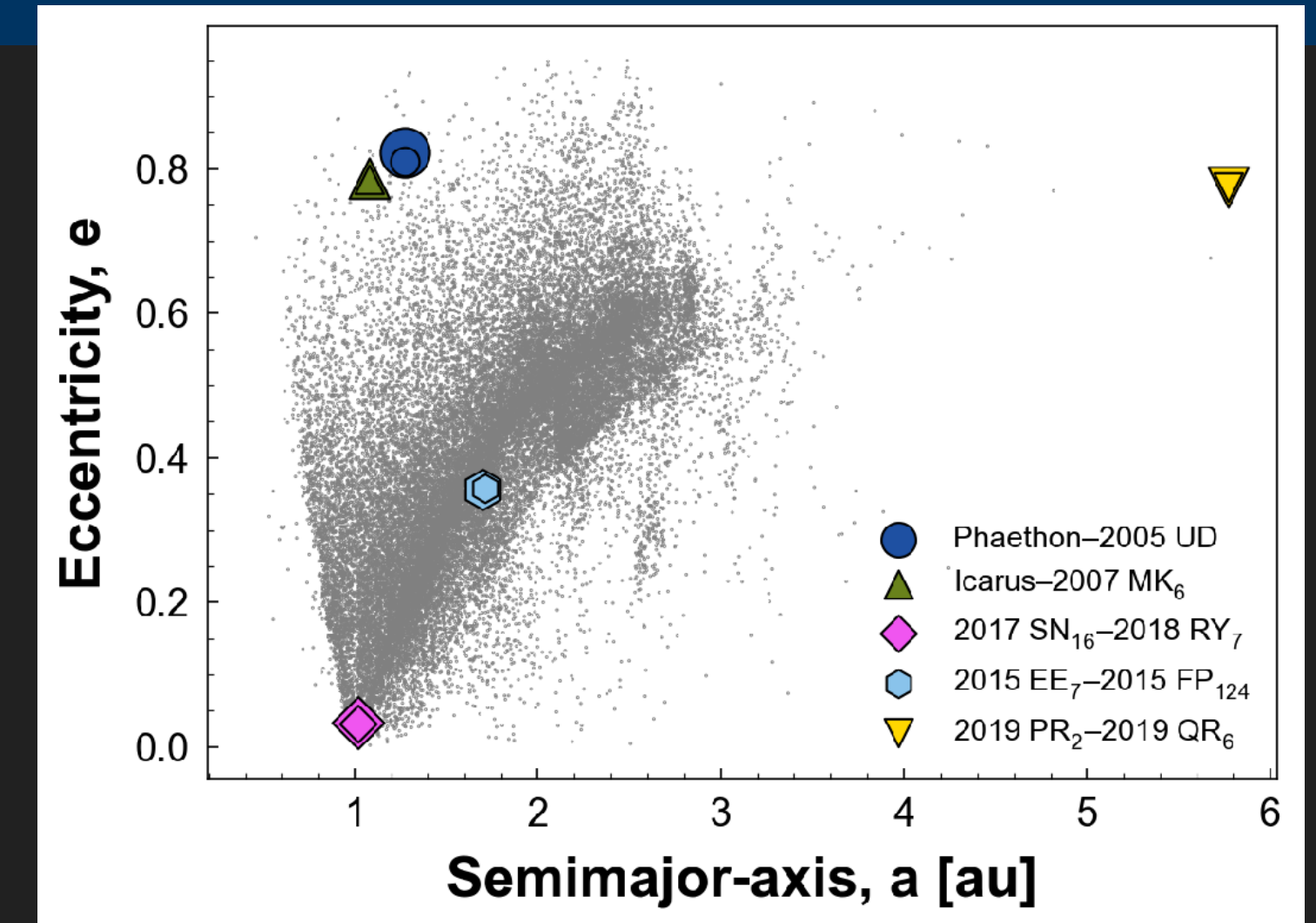
- ▶  Phaethon–2005 UD (Ohtsuka+2006)
- ▶  Icarus–2007 MK<sub>6</sub> (Ohtsuka+2007)
- ▶  2017 SN<sub>16</sub>–2018 RY<sub>7</sub> (de la Fuente Marcos+2019, Moskovitz+2019)
- ▶  2015 EE<sub>7</sub>–2015 FP<sub>124</sub> (Moskovitz+2019)
- ▶  2019 PR<sub>2</sub>–2019 QR<sub>6</sub> (Fatka+2022)

- 地球接近小惑星の約15%は二重小惑星

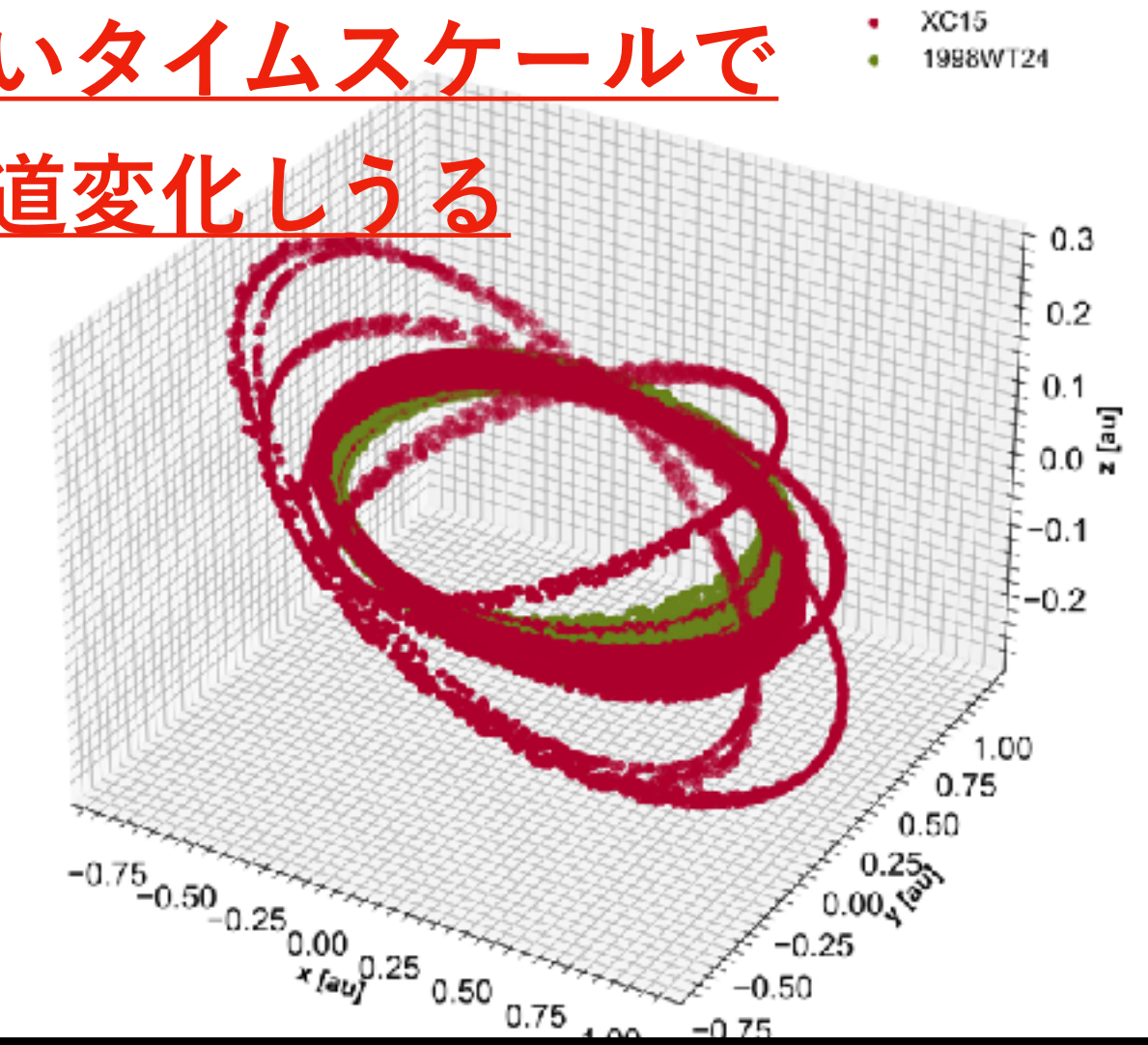
→ 地球接近小惑星の力学史や起源を解明する上で  
二重小惑星 → 小惑星ペア の進化経路の理解は不可欠

- 内惑星と頻繁に接近遭遇する地球接近小惑星の軌道進化は複雑  
(水星, 金星, 地球, 火星)

- 地球接近小惑星ペア形成機構の理解は乏しい



短いタイムスケールで  
軌道変化しうる

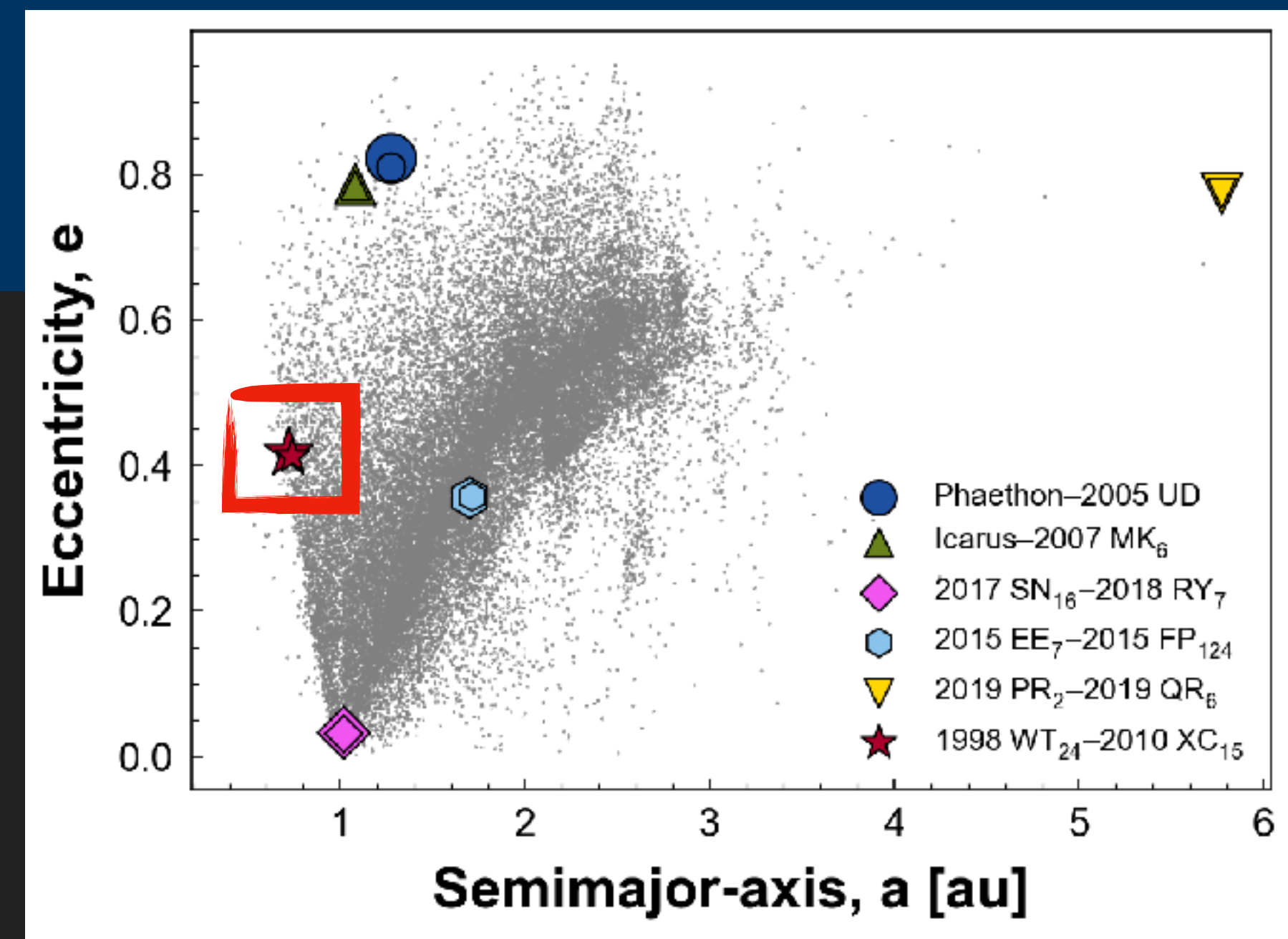


243 clones, 10000 yr integration

# 本研究の目的

6例目の地球接近小惑星ペア候補  
(33342) 1998 WT24–2010 XC15

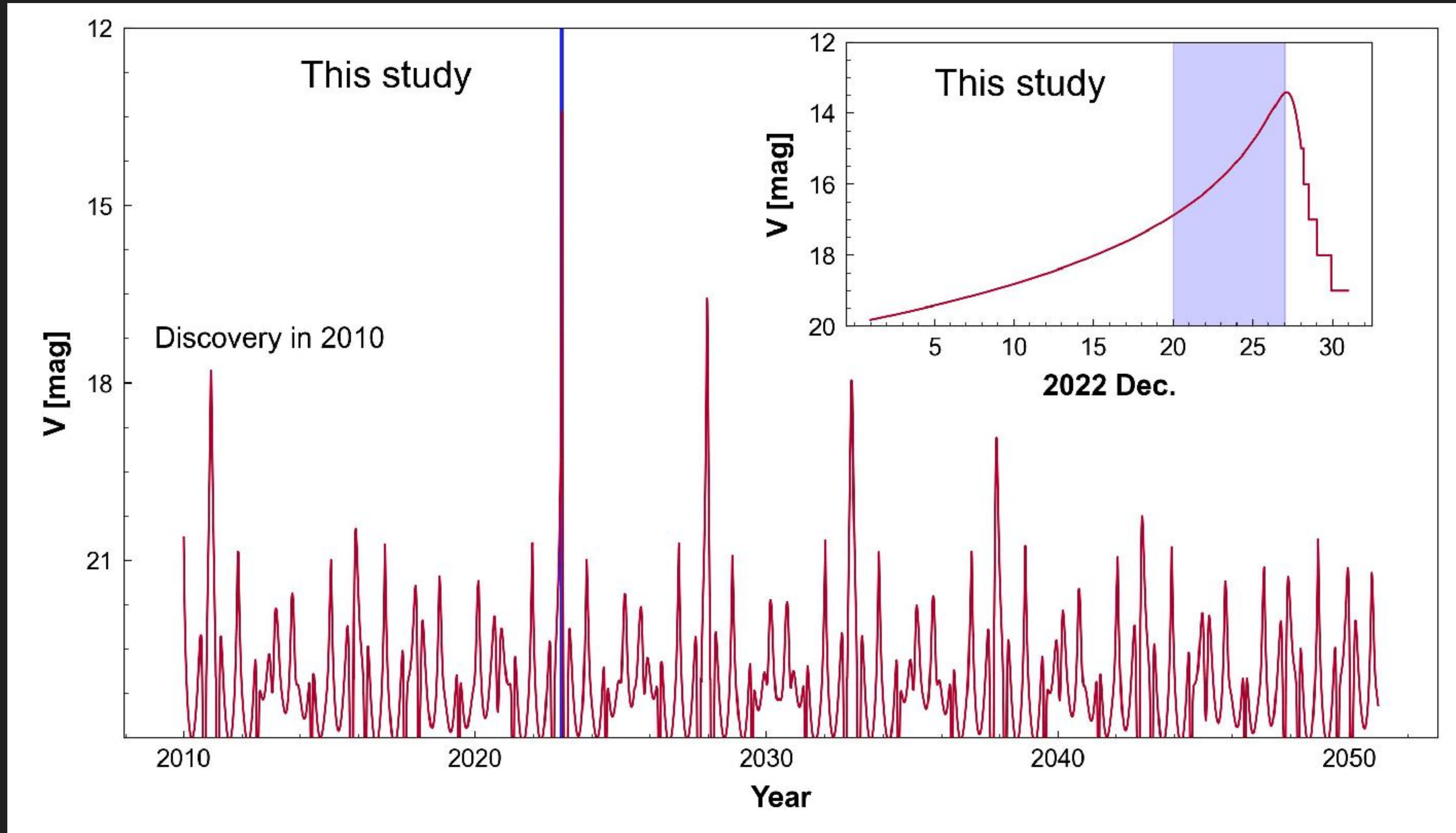
がペアであるか否かを観測的に明らかにする。  
 もしペアであればその成因に迫る。



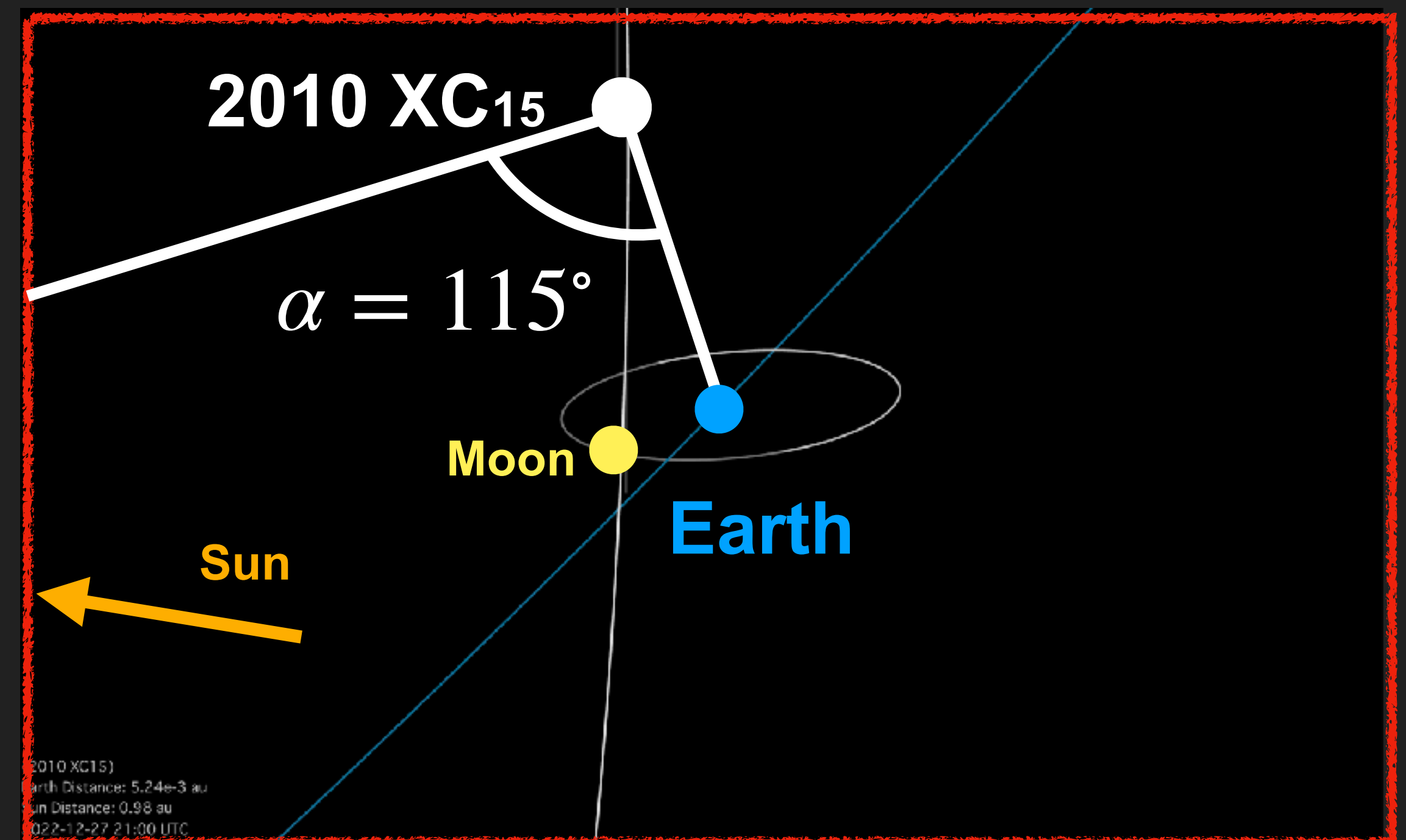
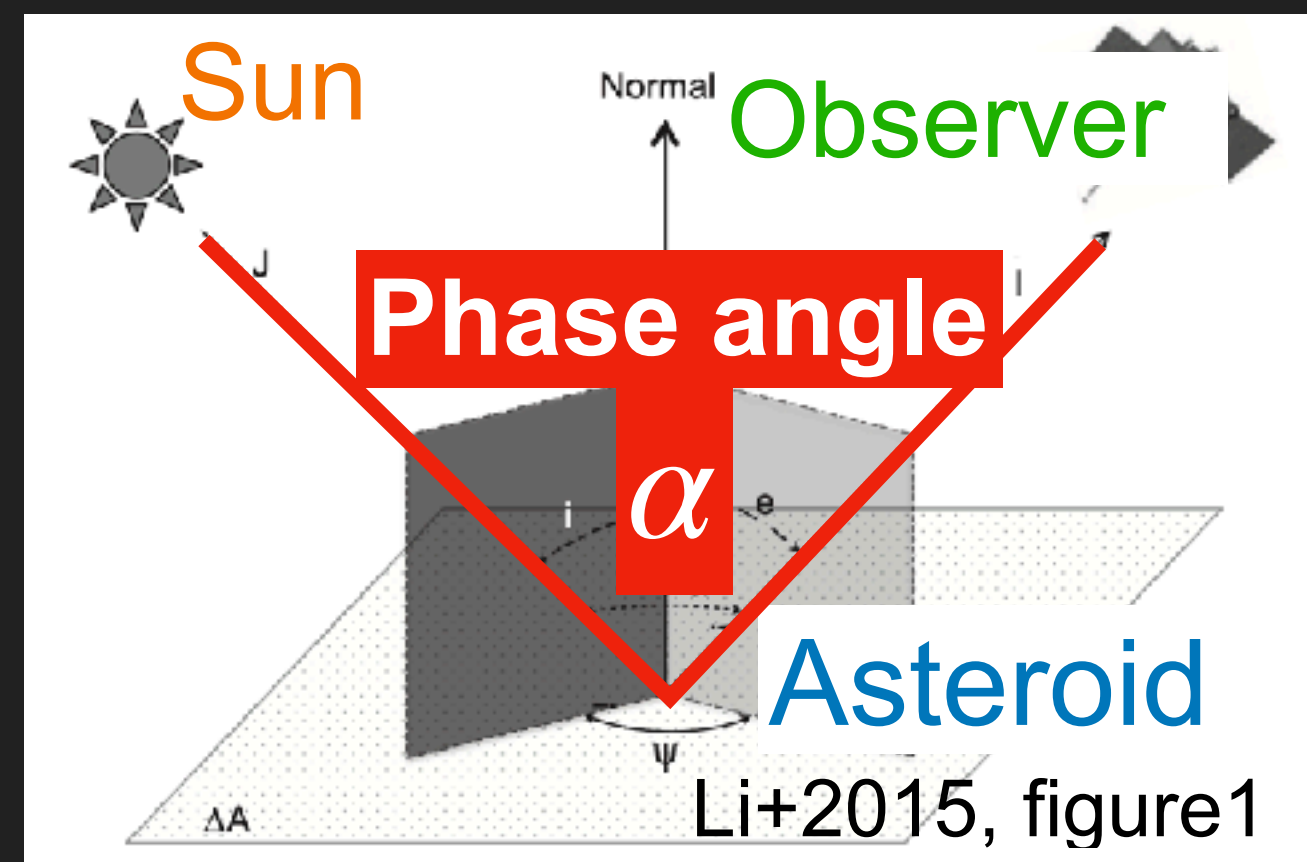
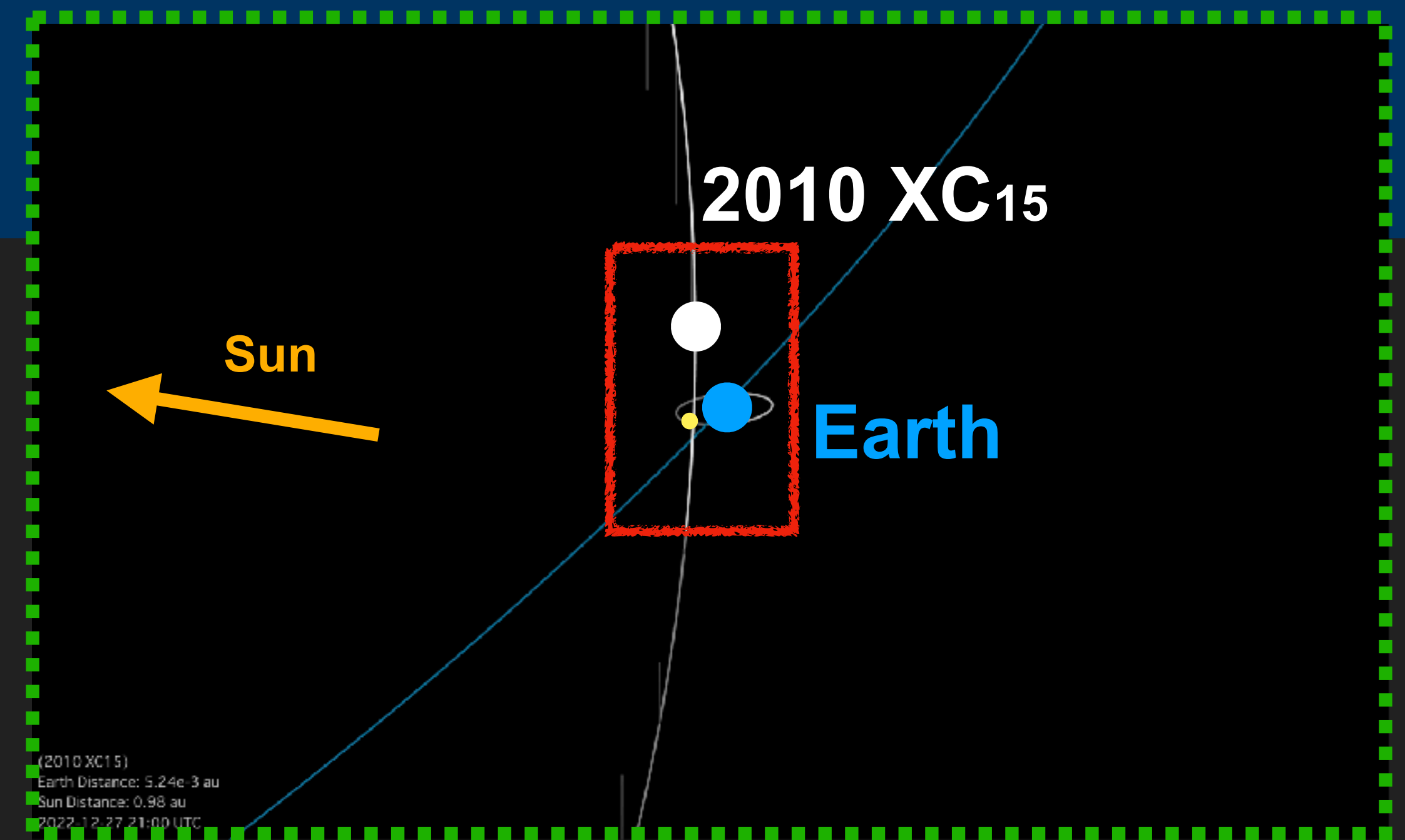
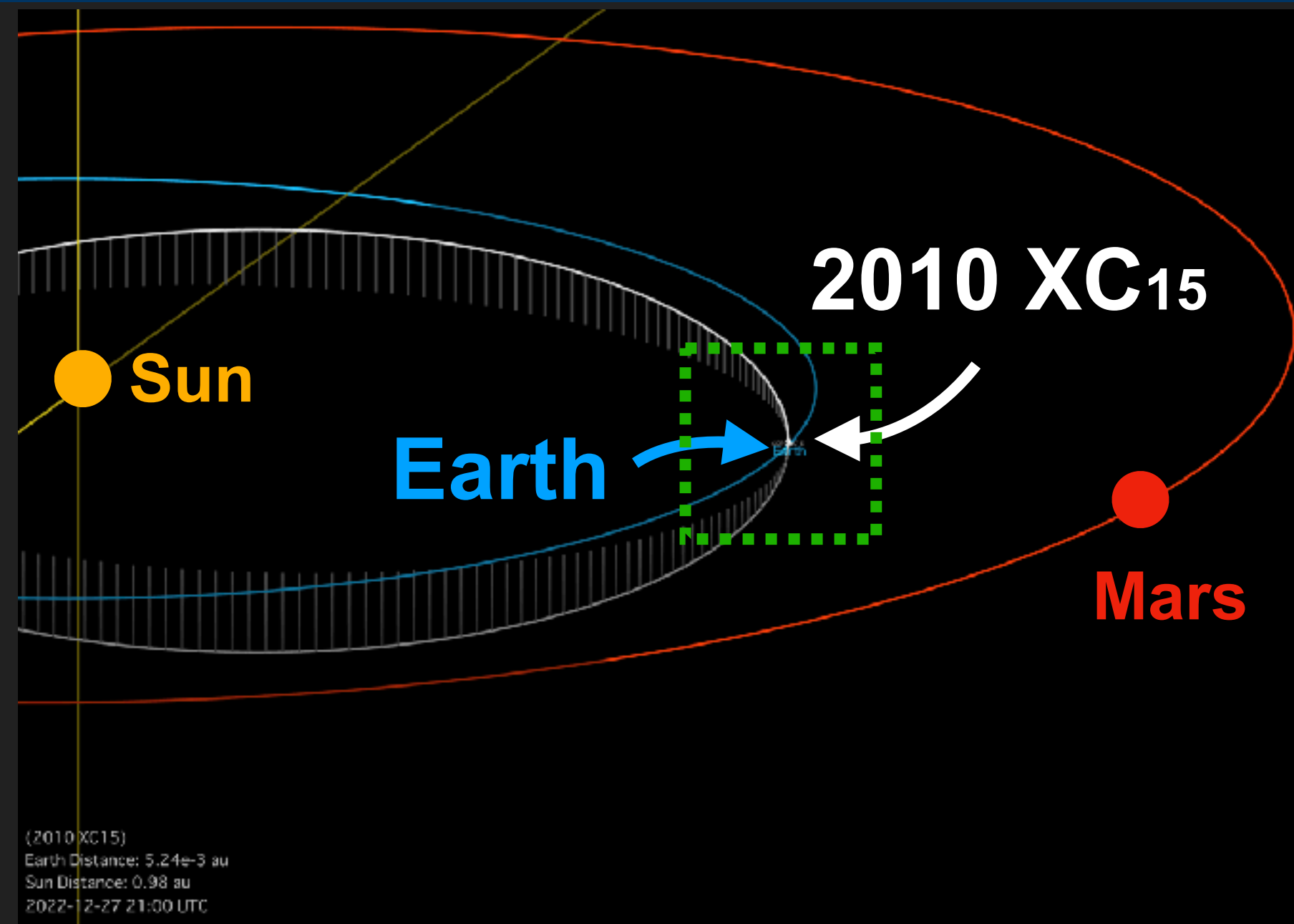
	(33342)1998 WT24	2010 XC15
Diameter	415 ± 15 m	102 <sup>+30</sup> <sub>-17</sub> m
Geometric albedo	0.45	0.350 <sup>+0.176</sup> <sub>-0.151</sub>
Taxonomy	E-type	—
Rotation period	3.6970 ± 0.0002 hr	—
Linear polarization degree	~ 2 %	—

Physical properties of 2010 XC15 and 1998 WT24.

# 天体暦 (明るさ): 2010 XC<sub>15</sub>を2022年に観測する必要性



# 2010 XC<sub>15</sub> の軌道

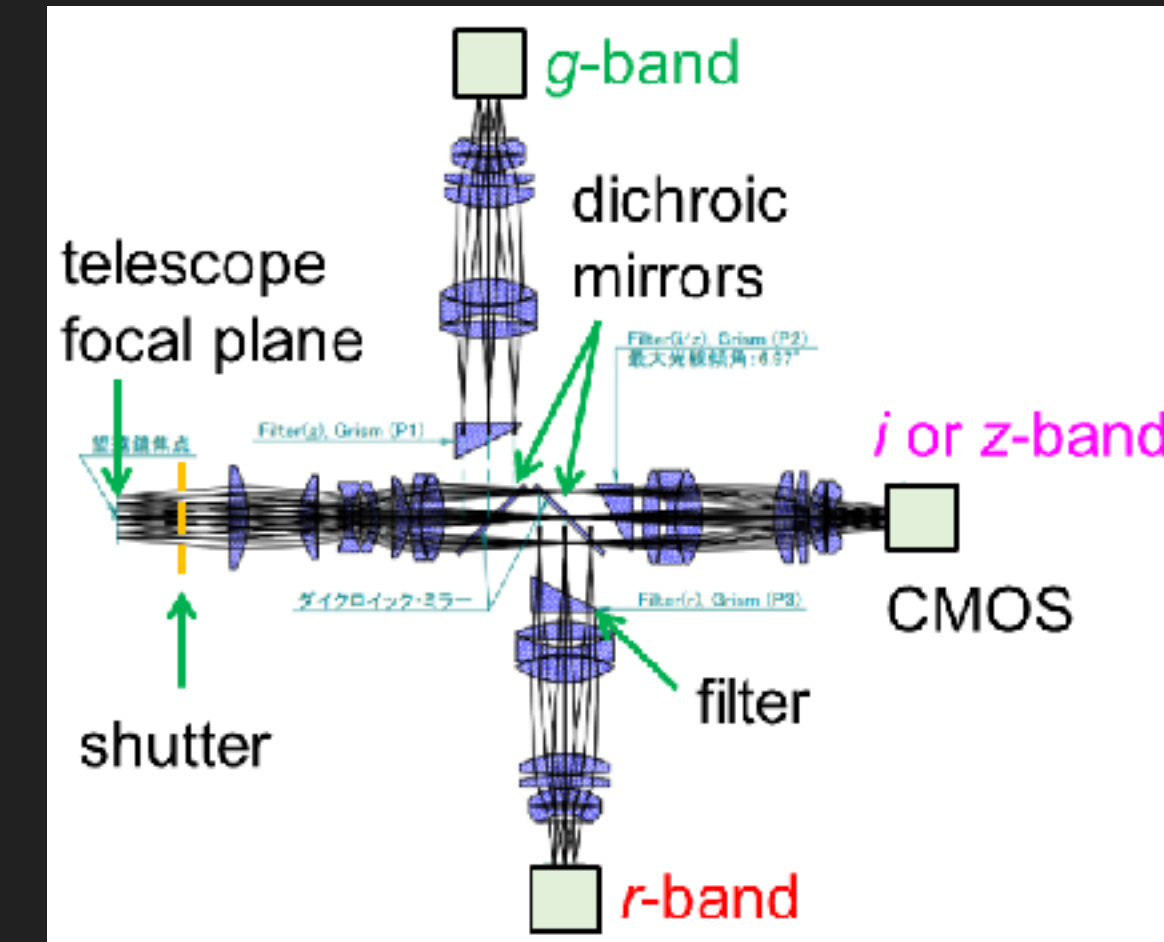


# 4地点での観測

- **測光観測** (共同利用2022B, PI: Beniyama)
  - ▶ Kyoto University 3.8 m telescope  
/ TriColor CMOS Camera and Spectrograph
  - ▶  $g, r, i/z$  (Pan-STARRS), simultaneous multicolor photometry
  - ▶ field of view: 12.6 x 7.5 arcmin
  - ▶ exposure time: 5 s
  - ▶ 0.5 night x 6 days



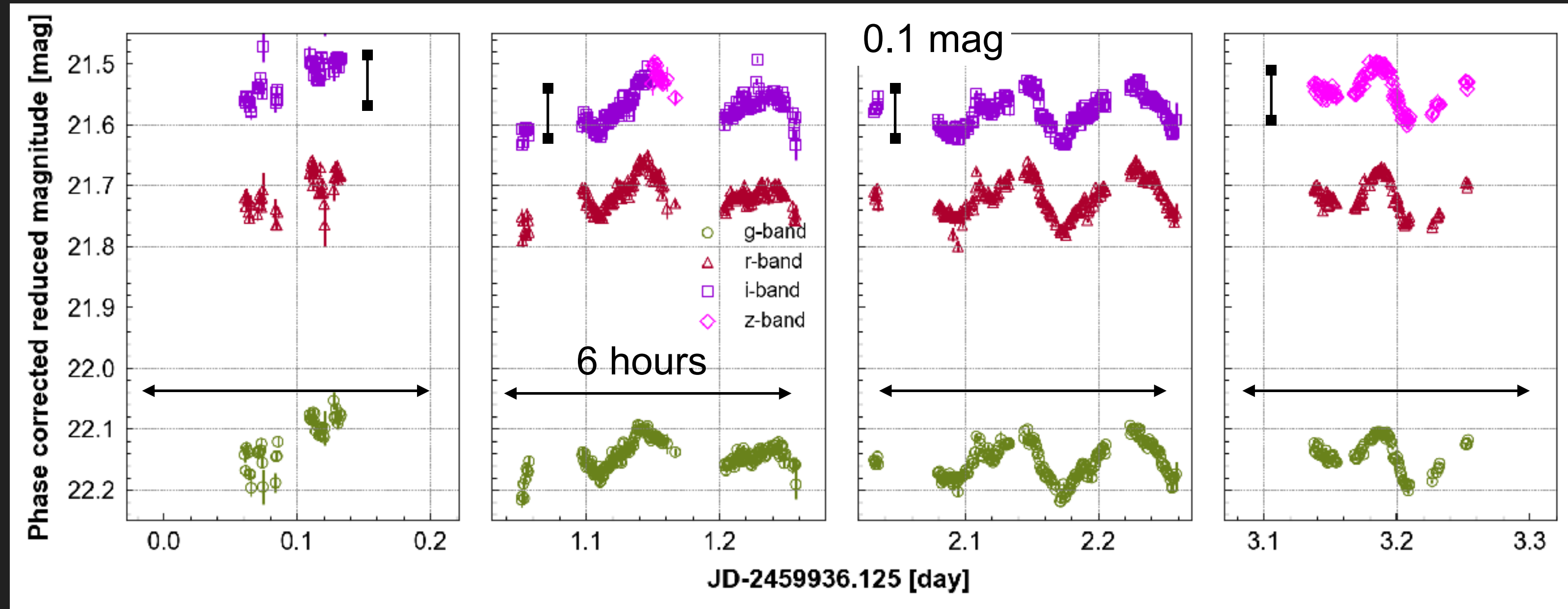
- **偏光観測** (大学関連携, PI: Beniyama)
  - ▶ Hokkaido University Pirka 1.6 m / MSI 1 night
  - ▶ Hiroshima University Kanata 1.5 m / HONIR 5 nights
  - ▶ University of Hyogo Nayuta 2.0 m / WFGS2 2 nights



Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
12/18	12/19	12/20	12/21	12/22	12/23	12/24
		●	●		●	●
12/25	12/26	12/27				
●	●	● ●				

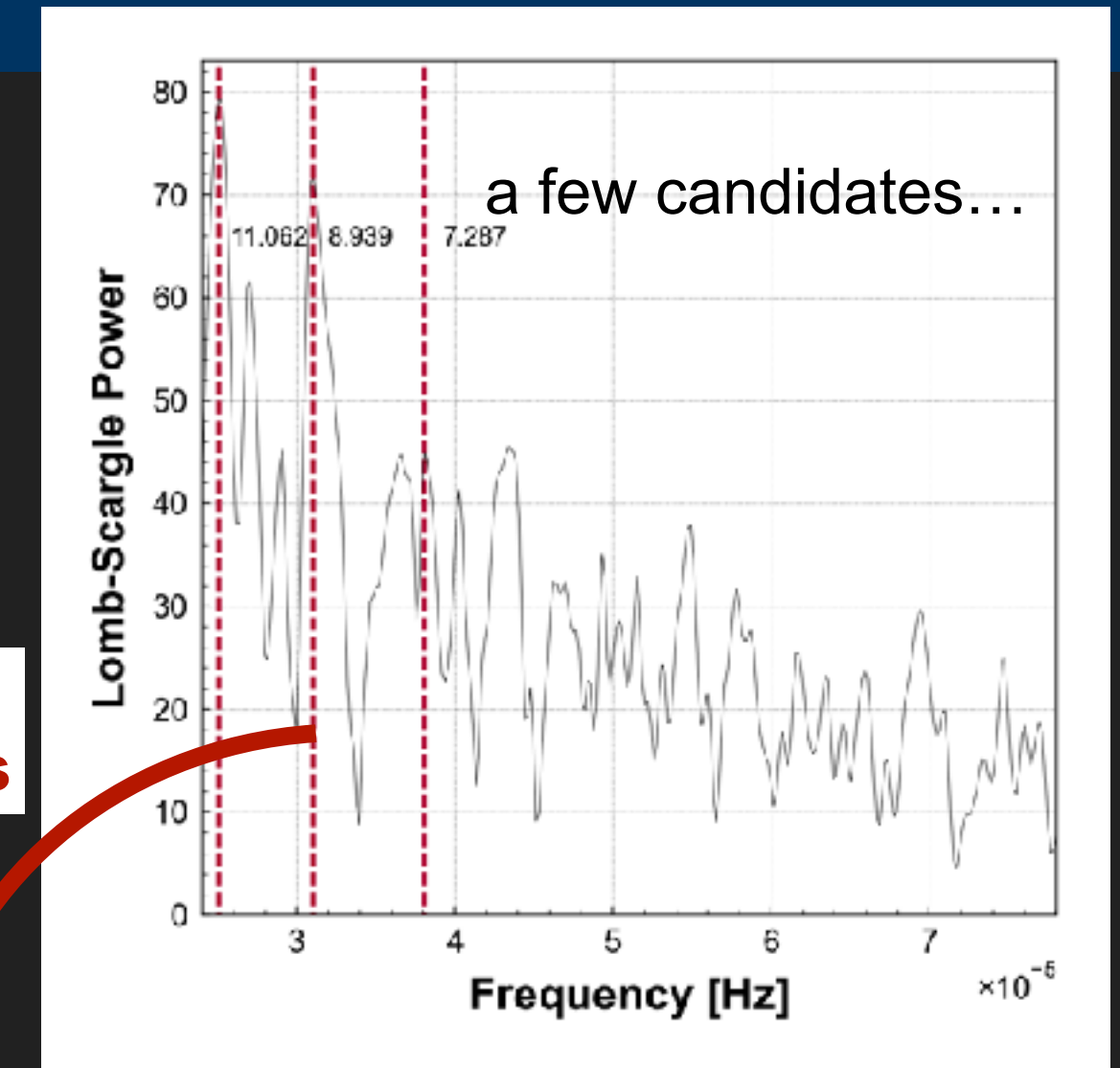
# Results 1. ライトカーブと自転周期

- $\sim 0.1$  mag の明るさの変動が見られる
- 4日間のライトカーブのみでは自転周期はうまくもとまらない

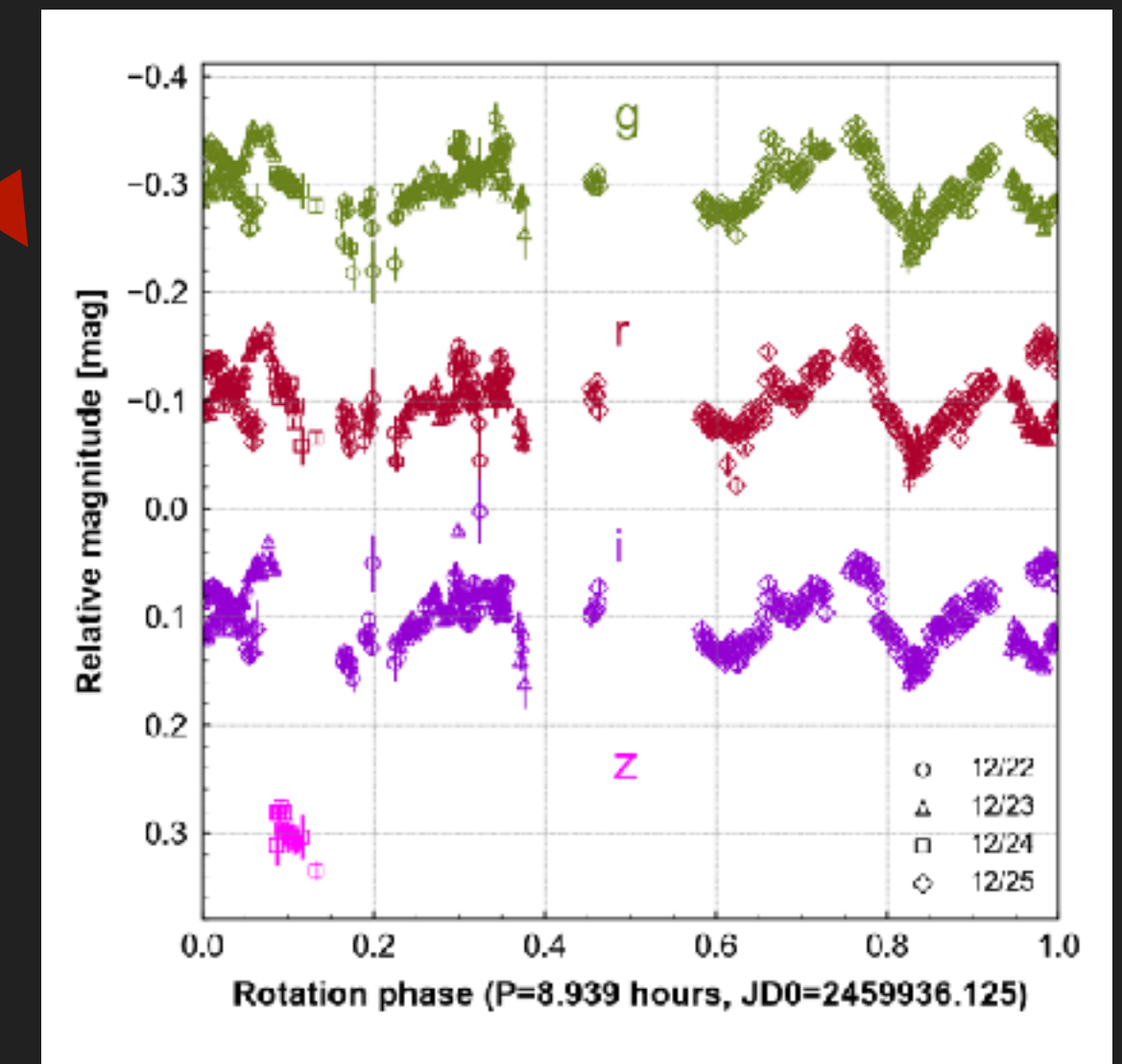


Lightcurves of 2010 XC15.

fold by  
8.939 hours



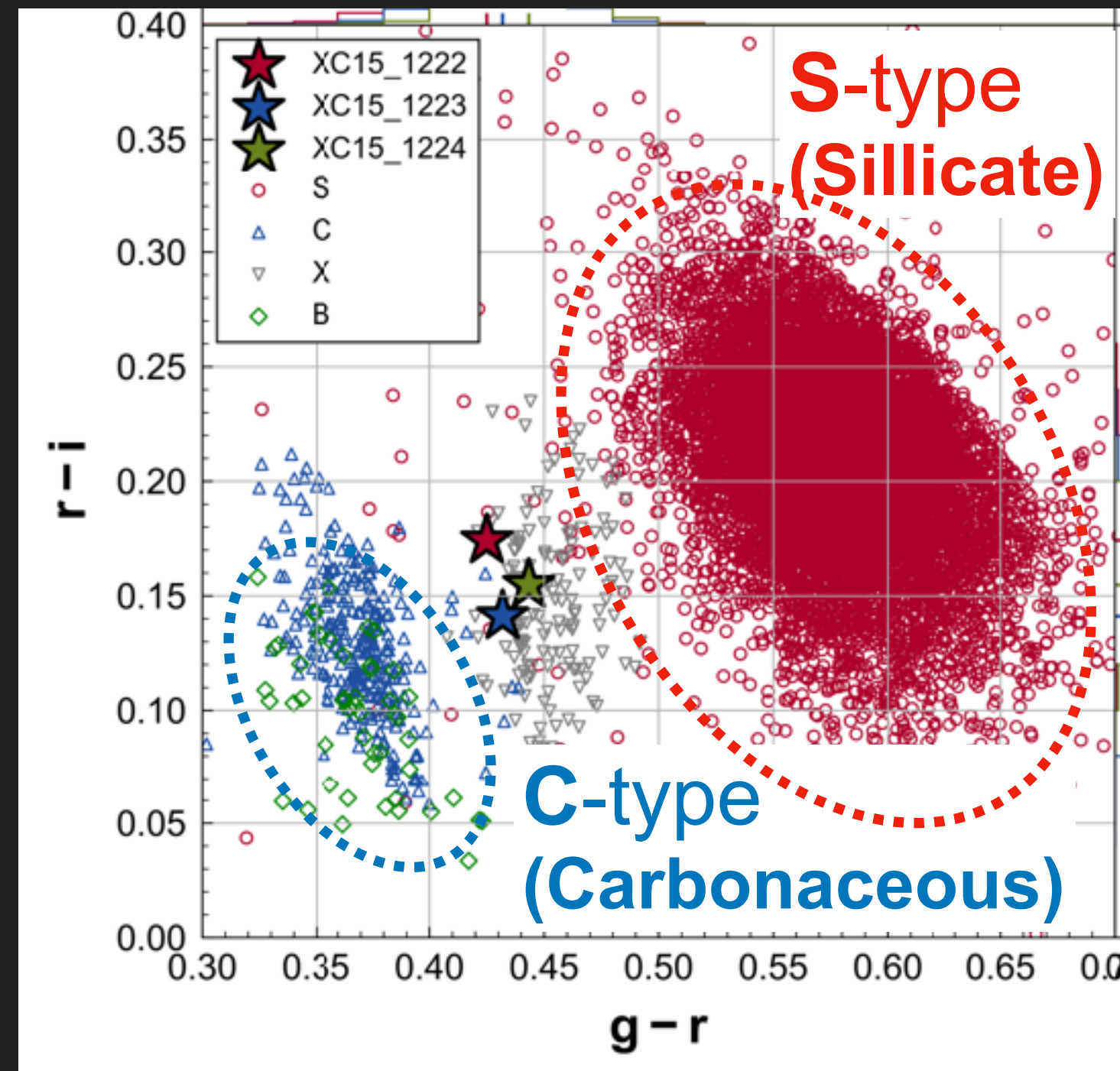
Lomb-Scargle periodogram.



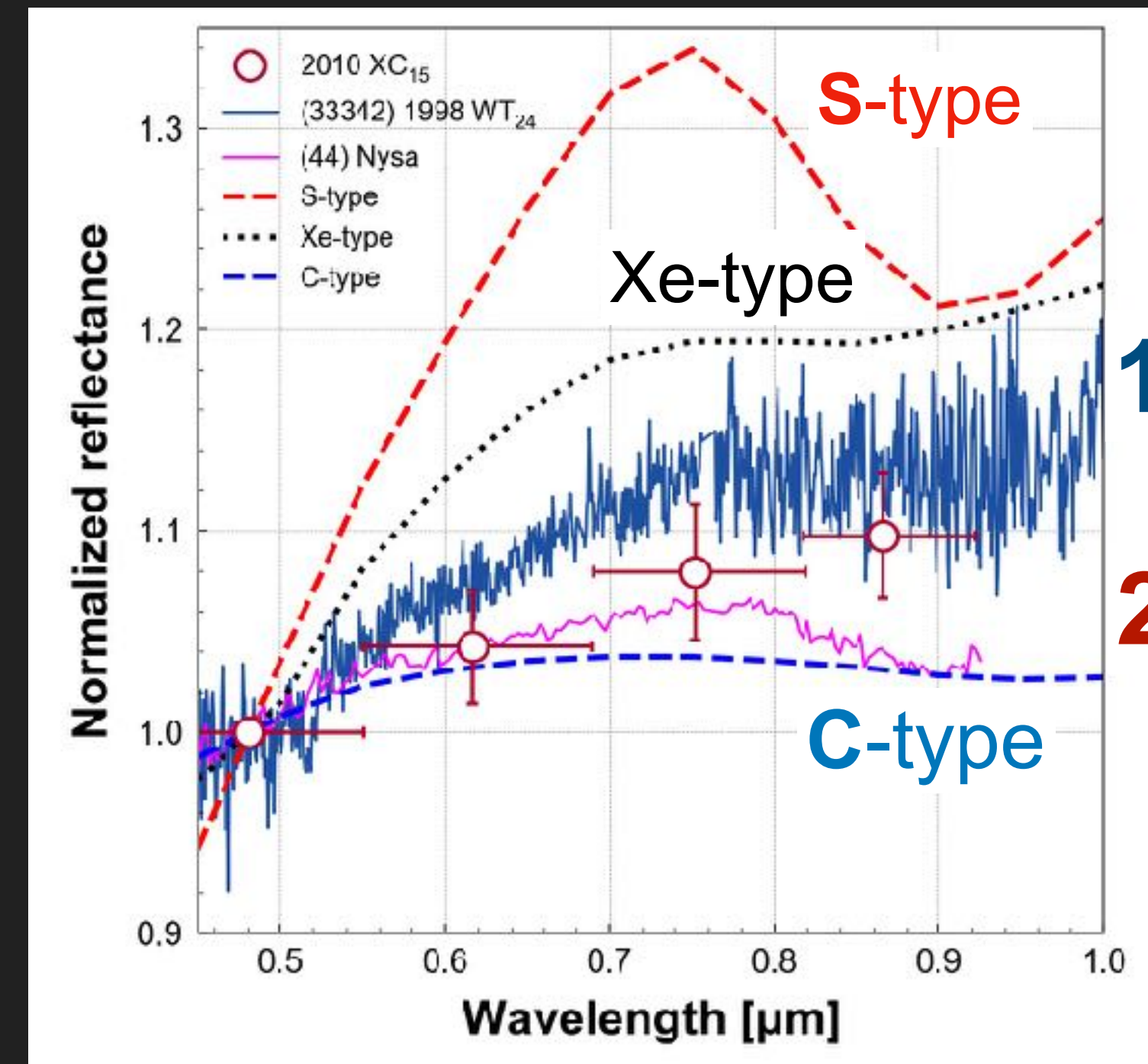
Phased lightcurves of 2010 XC15.

# Results 2. 色と反射率

- 2010 XC<sub>15</sub> の色指数は以下の通りに求まった  
 $g - r = 0.44 \pm 0.02, r - i = 0.16 \pm 0.02, r - z = 0.18 \pm 0.01$  mag. → X-type (E/M/P)
- 2010 XC<sub>15</sub> と 1998 WT<sub>24</sub> の可視スペクトルは類似



Color-color diagram of 2010 XC<sub>15</sub> and other SSSBs.



Reflectance spectra of 2010 XC<sub>15</sub> and other E-types.

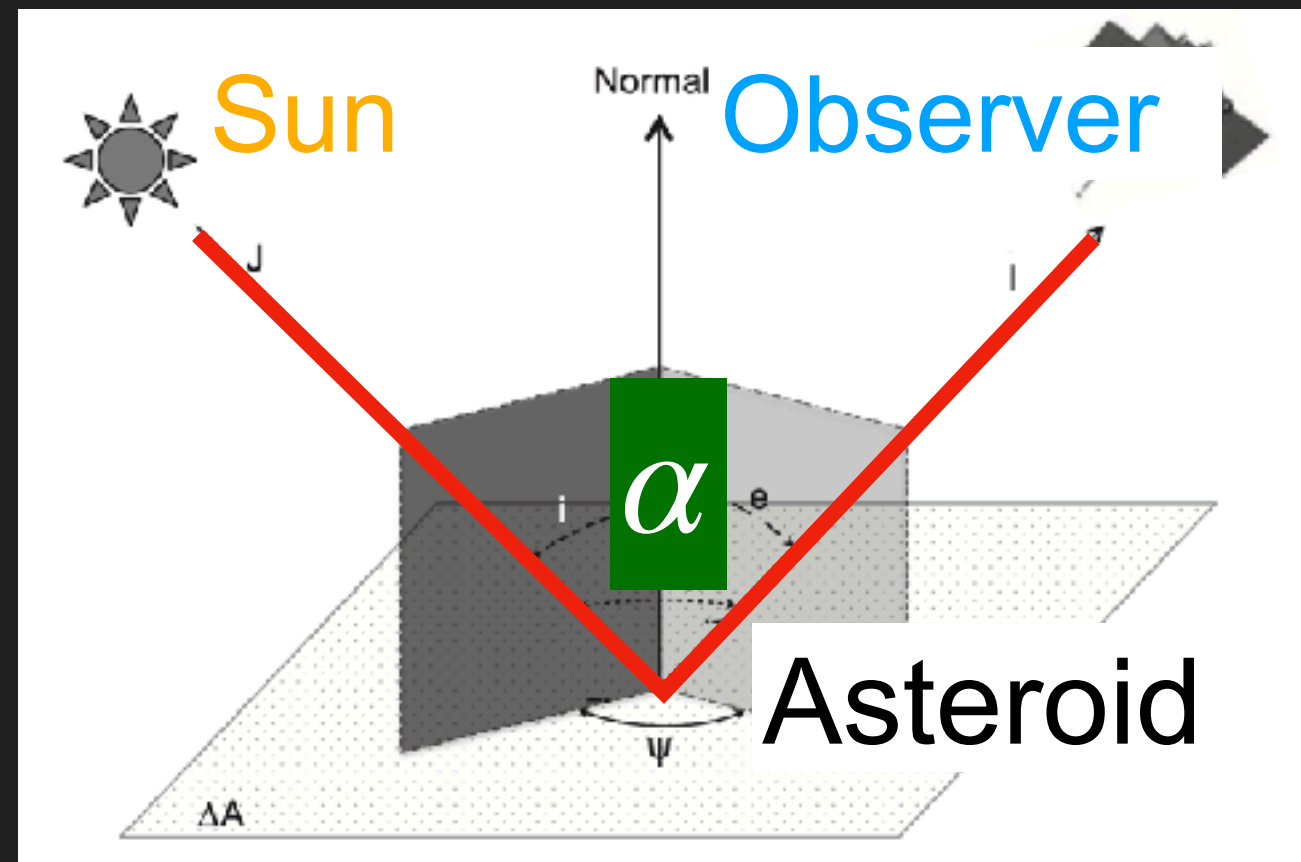
1998 WT<sub>24</sub>

2010 XC<sub>15</sub>

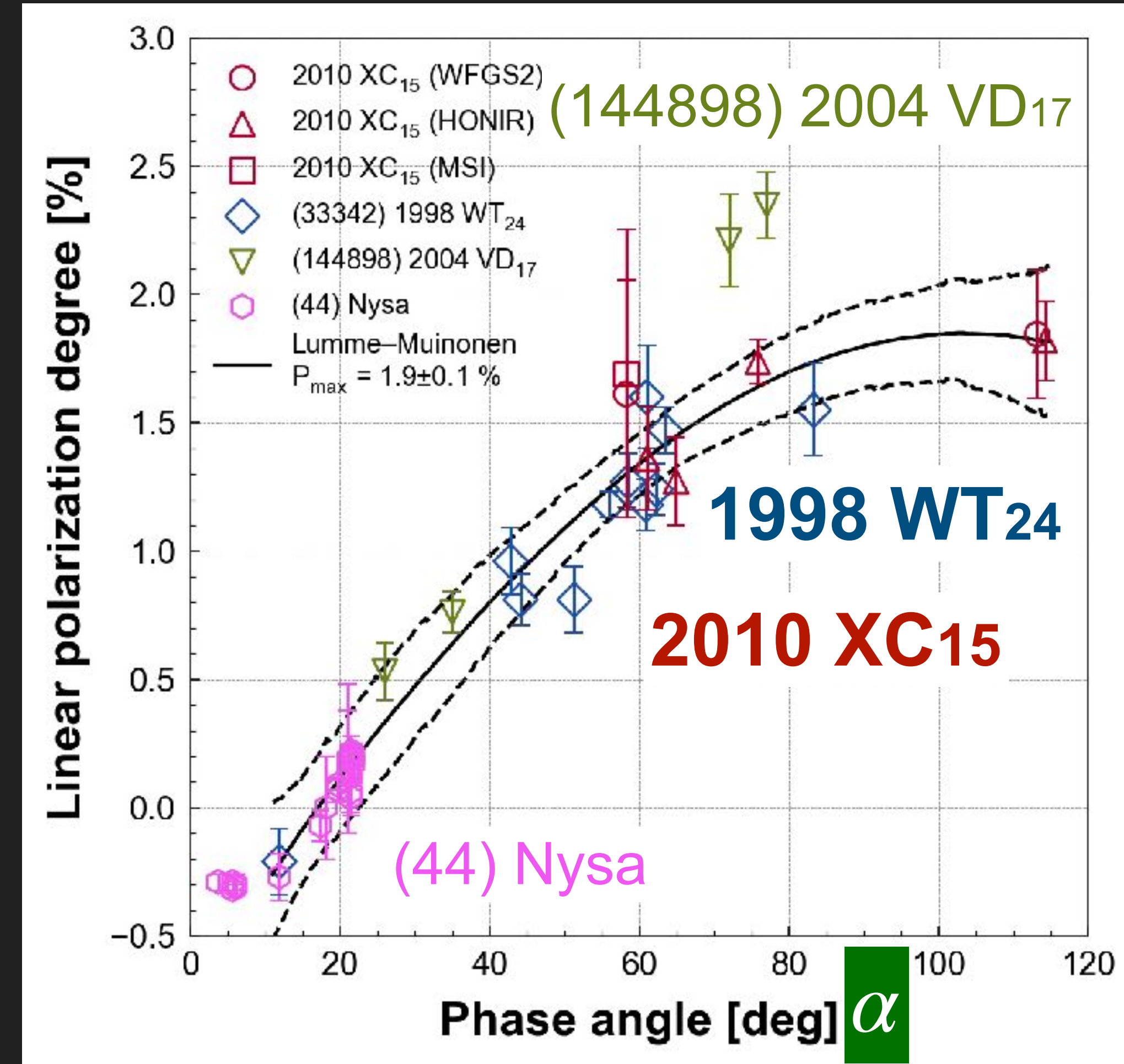


# Results 3. 直線偏光度の太陽位相角依存性

- 2010 XC<sub>15</sub>の直線偏光度は幅広い太陽位相角で数%と求まった

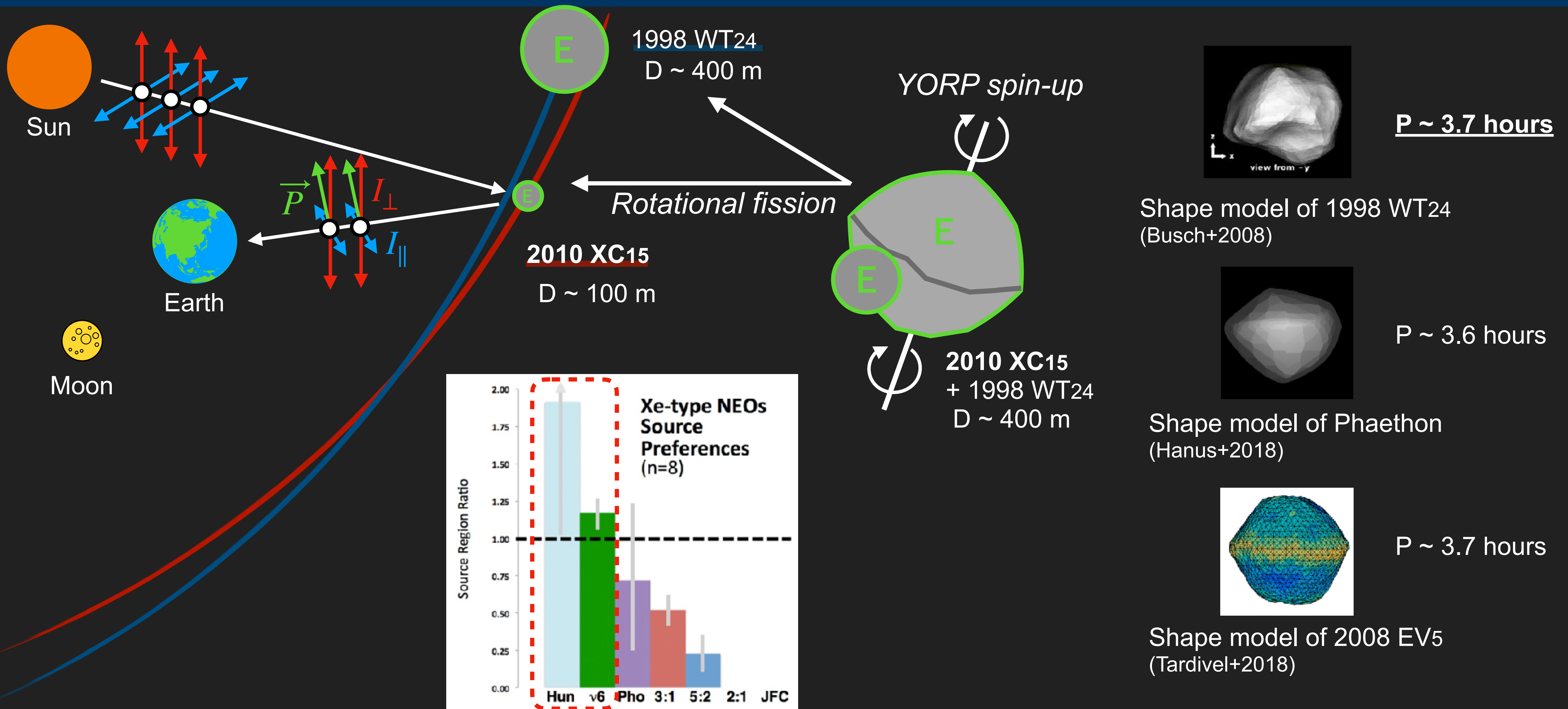


- 低い直線偏光度は2010 XC<sub>15</sub> が高アルベド小惑星であることを示唆 → 色指数を考慮すると E-type
- 2010 XC<sub>15</sub> と 1998 WT<sub>24</sub> の偏光特性は類似



Phase angle dependences of linear polarization degrees of 2010 XC<sub>15</sub> and other E-types.

# Dynamical history and origin of E-type NEA pair



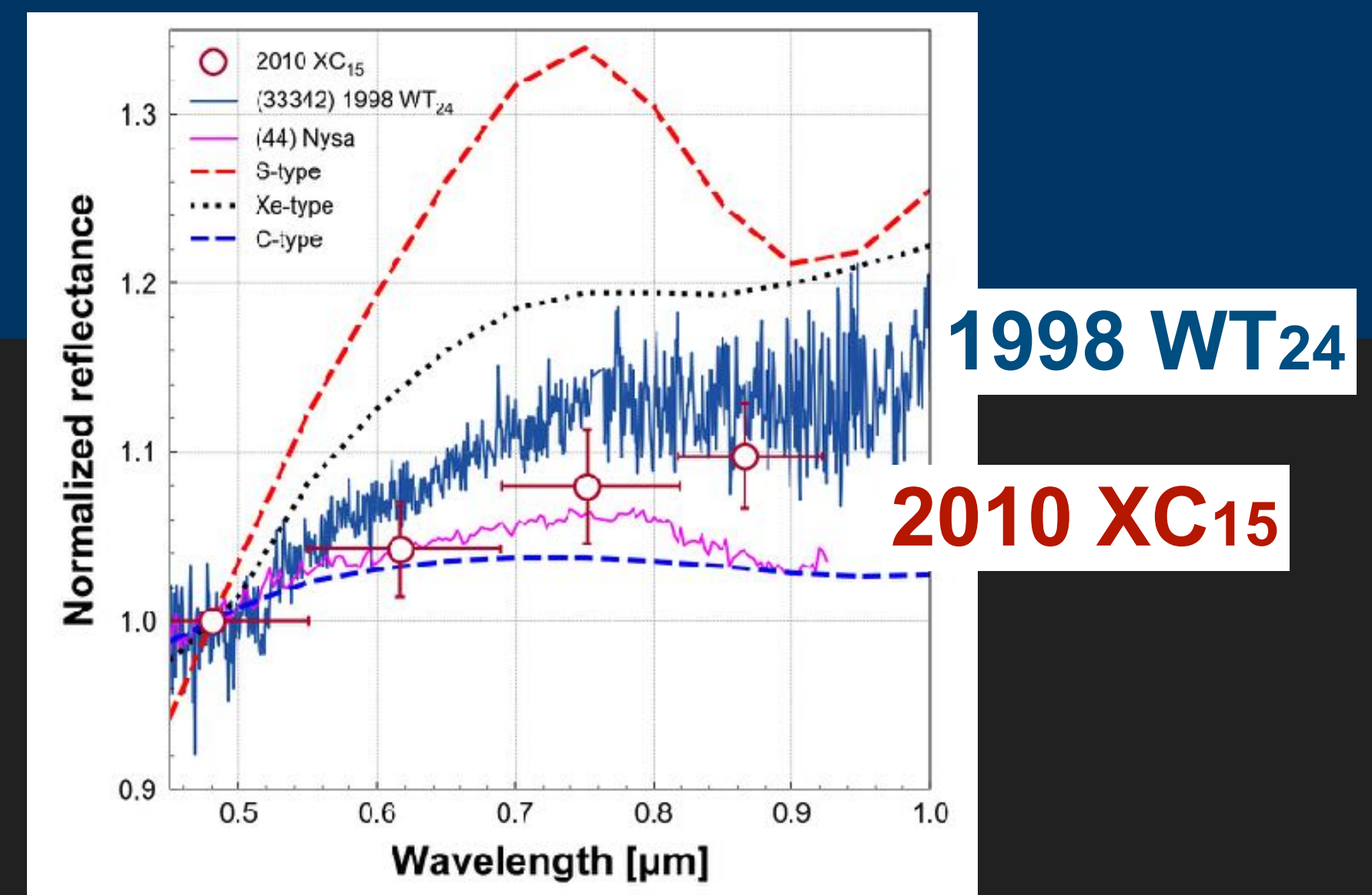
# まとめ



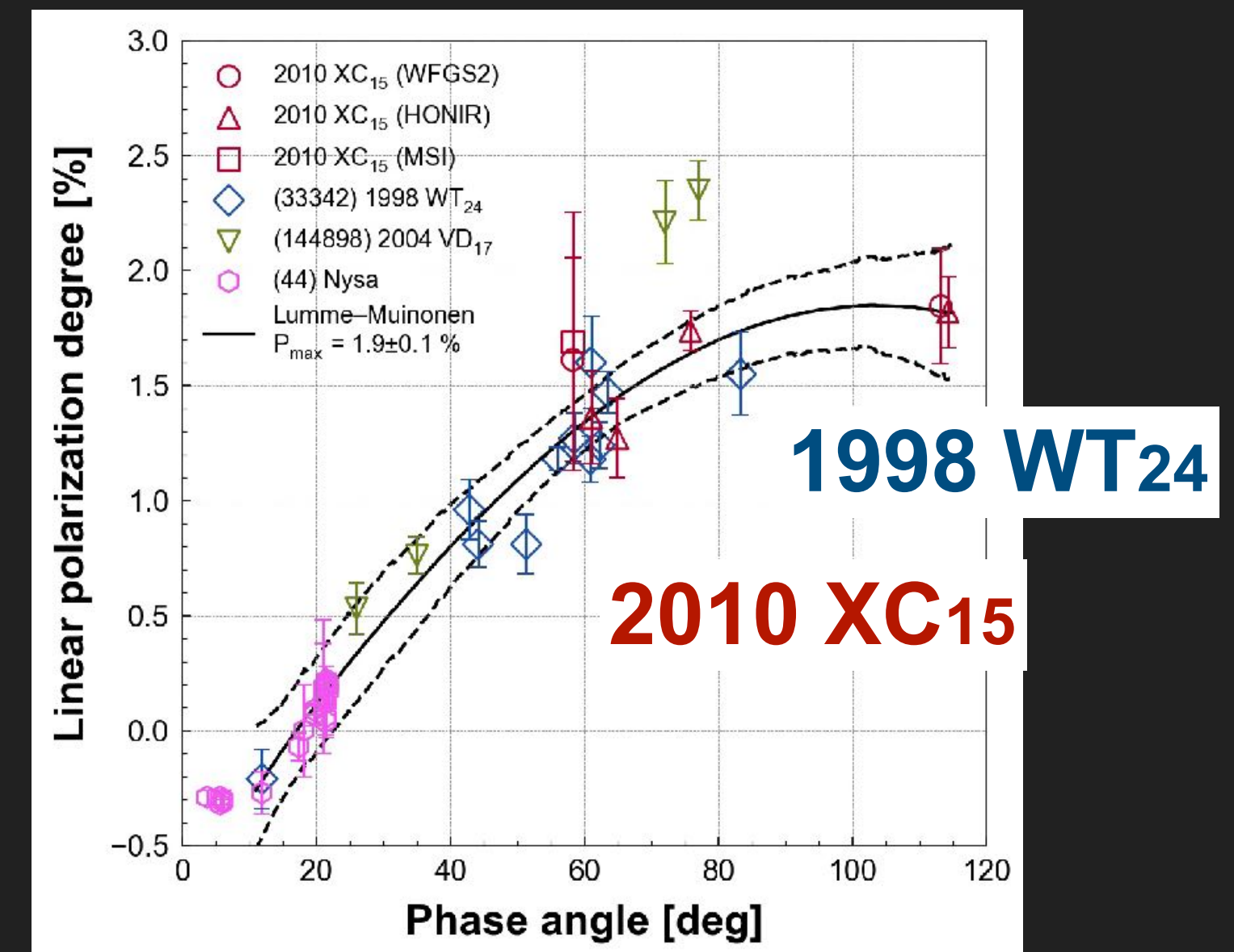
## Contact

Mail: [beniyama@ioa.s.u-tokyo.ac.jp](mailto:beniyama@ioa.s.u-tokyo.ac.jp)  
Twitter: [@JinBeniyama](https://twitter.com/JinBeniyama)  
Facebook: [jin.beniyama](https://www.facebook.com/jin.beniyama)

- 地球接近小惑星の力学史や起源を知る上で 地球接近小惑星ペア の理解は不可欠。  
5例しか報告されていない地球接近小惑星ペアの形成メカニズム の理解は乏しい。
- 我々は6例目のペア候補の一方である2010 XC<sub>15</sub> の測光および偏光観測を実施。
  - rotation period is a few to ten hours
  - colors are  $g-r = 0.44$ ,  $r-i = 0.16$ , and  $i-z = 0.18$  mag. → X-type (E/M/P)
  - linear polarization degrees are a few percent → E-type.
- 1998 WT<sub>24</sub> と2010 XC<sub>15</sub> の測光および偏光特性は類似。  
これらは 自転破壊を経て生成された6例目の地球接近小惑星ペア であると考えられる。



Reflectance spectra of 2010 XC<sub>15</sub> and other E-types.



Phase angle dependences of linear polarization degrees of 2010 XC<sub>15</sub> and other E-types.