

木曾シュミットシンポジウム2024 2024/05/15 15:45~ (20 min)

Tomo-eによる掩蔽キャンペーン観測が明らかにする太陽系外縁天体の大気

有松 亘(京都大学 白眉センター)



T O M O - E
G O Z E N



太陽系外縁天体(TNO)の『大気』

□TNO表面・内部の高揮発性分子種氷が大気生成する可能性
(N_2 , CH_4 , CO , ...)

- 太陽熱による表面氷の昇華
- 氷火山
- 天体衝突にともなう気化

→TNOの形成領域・軌道進化を示すトレーサー Brown 2012

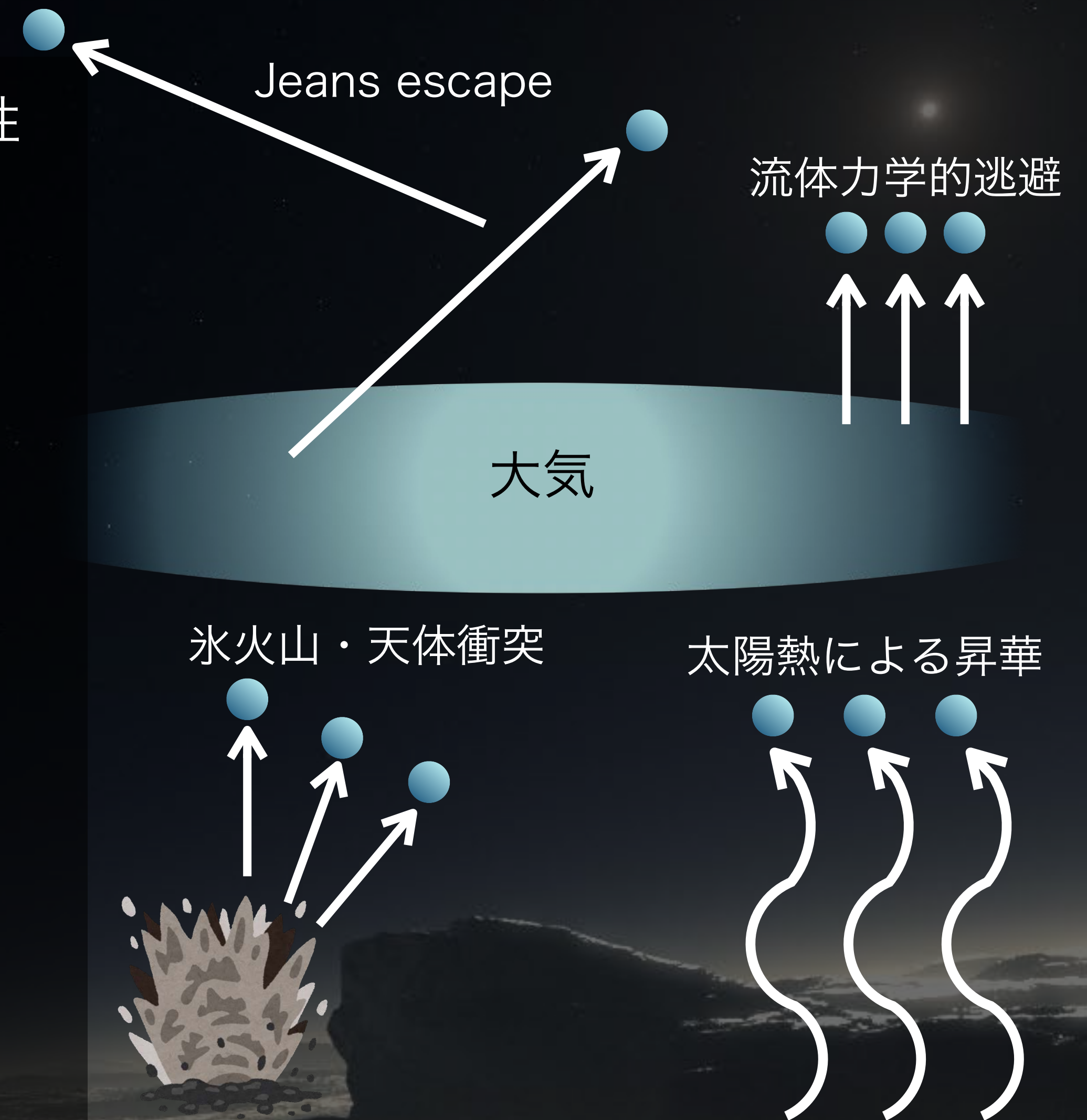
□大気を構成する分子種は(最終的に)宇宙空間に散逸

- Jeans escape (熱的逃避)
- 流体力学的逃避

→散逸過程は形成後のTNOの熱史に強く依存
Schaller & Brown 2007

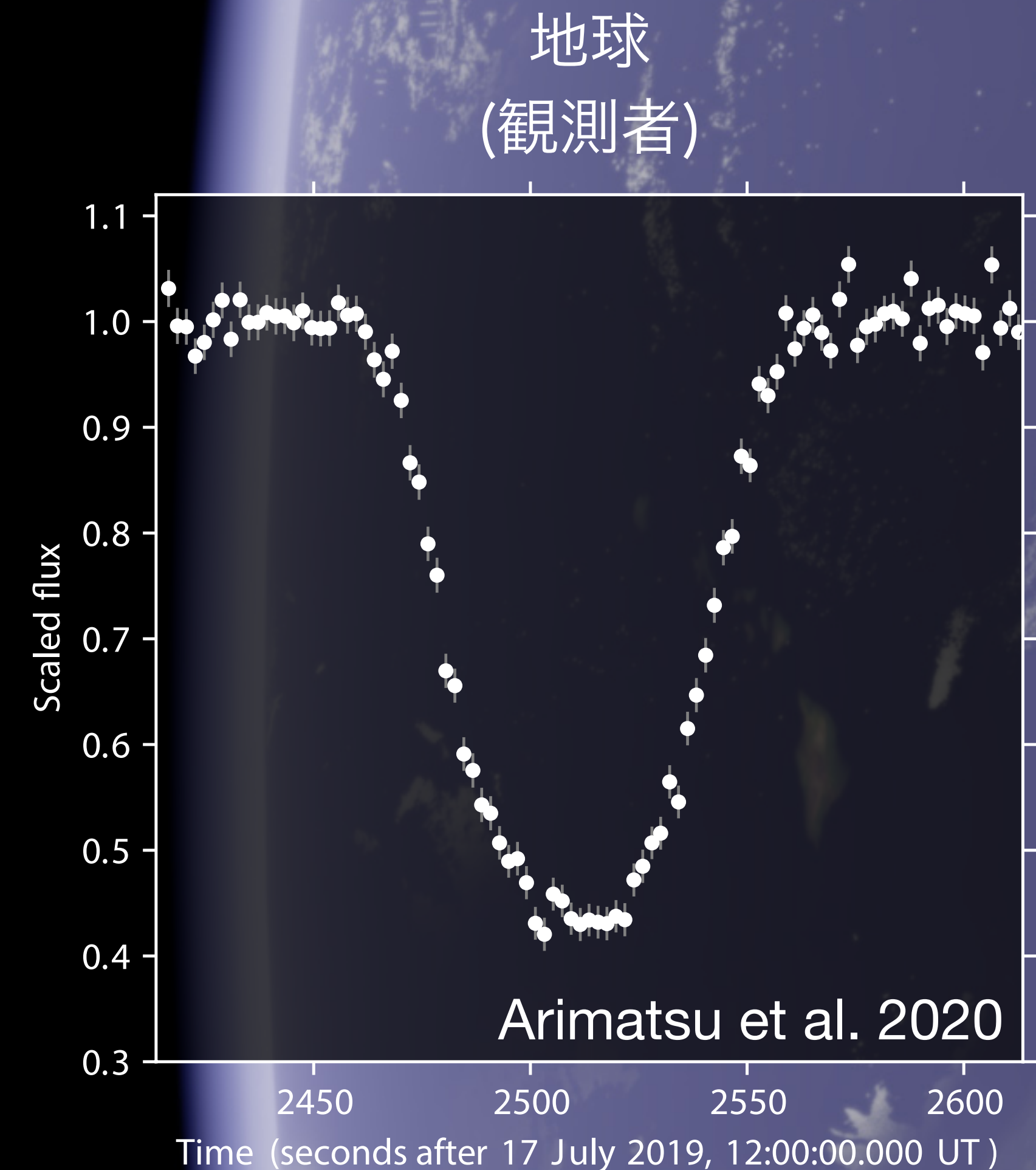
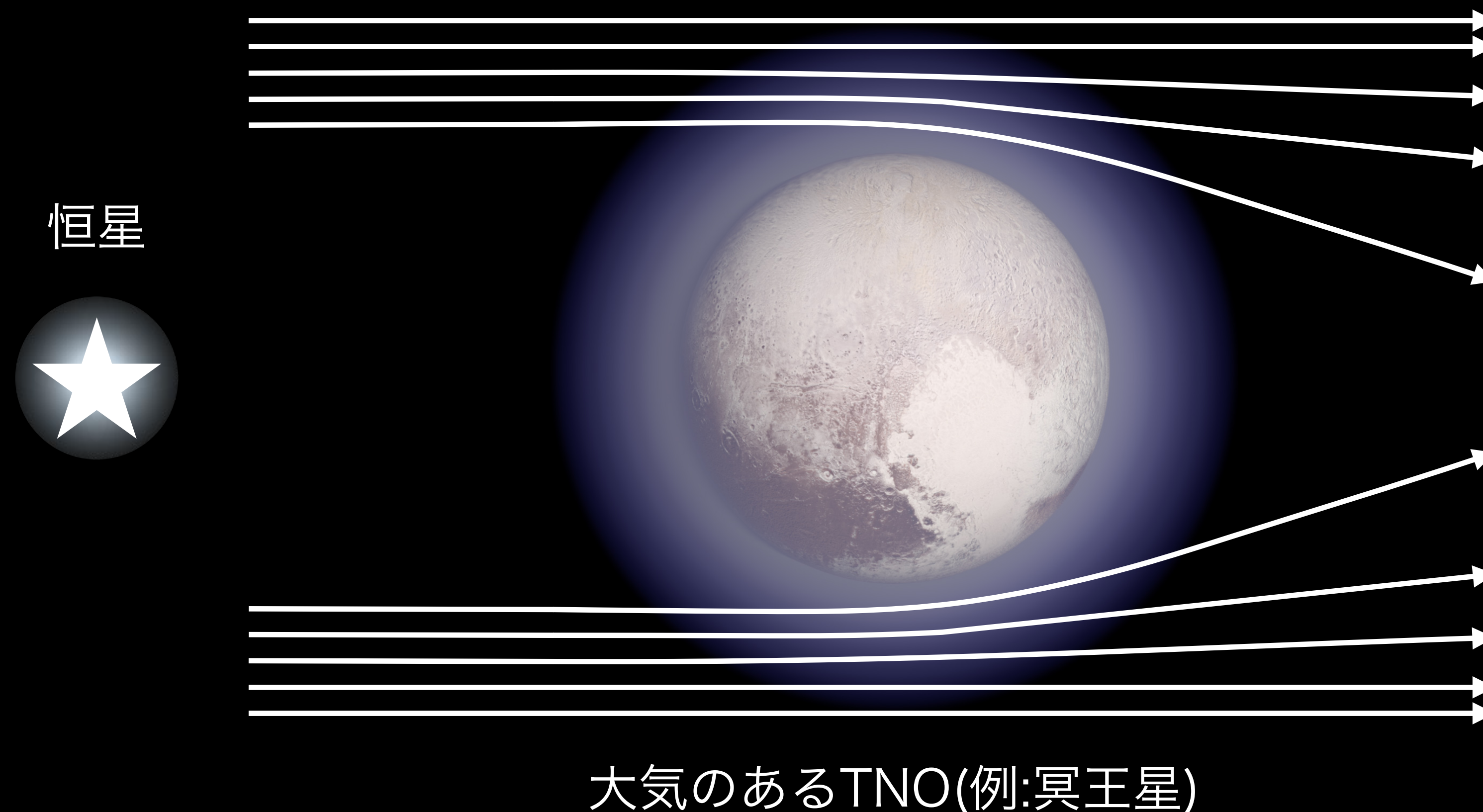
→大気の観測:

TNOの起源、軌道進化、表面物理・化学史の解明に貢献



掩蔽観測によって明らかになる太陽系外縁天体(TNO)の大気

- 恒星掩蔽の際の屈折現象によって恒星潜入・出現時の光度が緩やかに変動
- ➡ 直接観測困難な太陽系外縁天体(TNO)の大気の検出・詳細研究に利用
 - 冥王星では掩蔽観測によって大気発見 Hubbard et al. 1988, Elliot et al. 1989

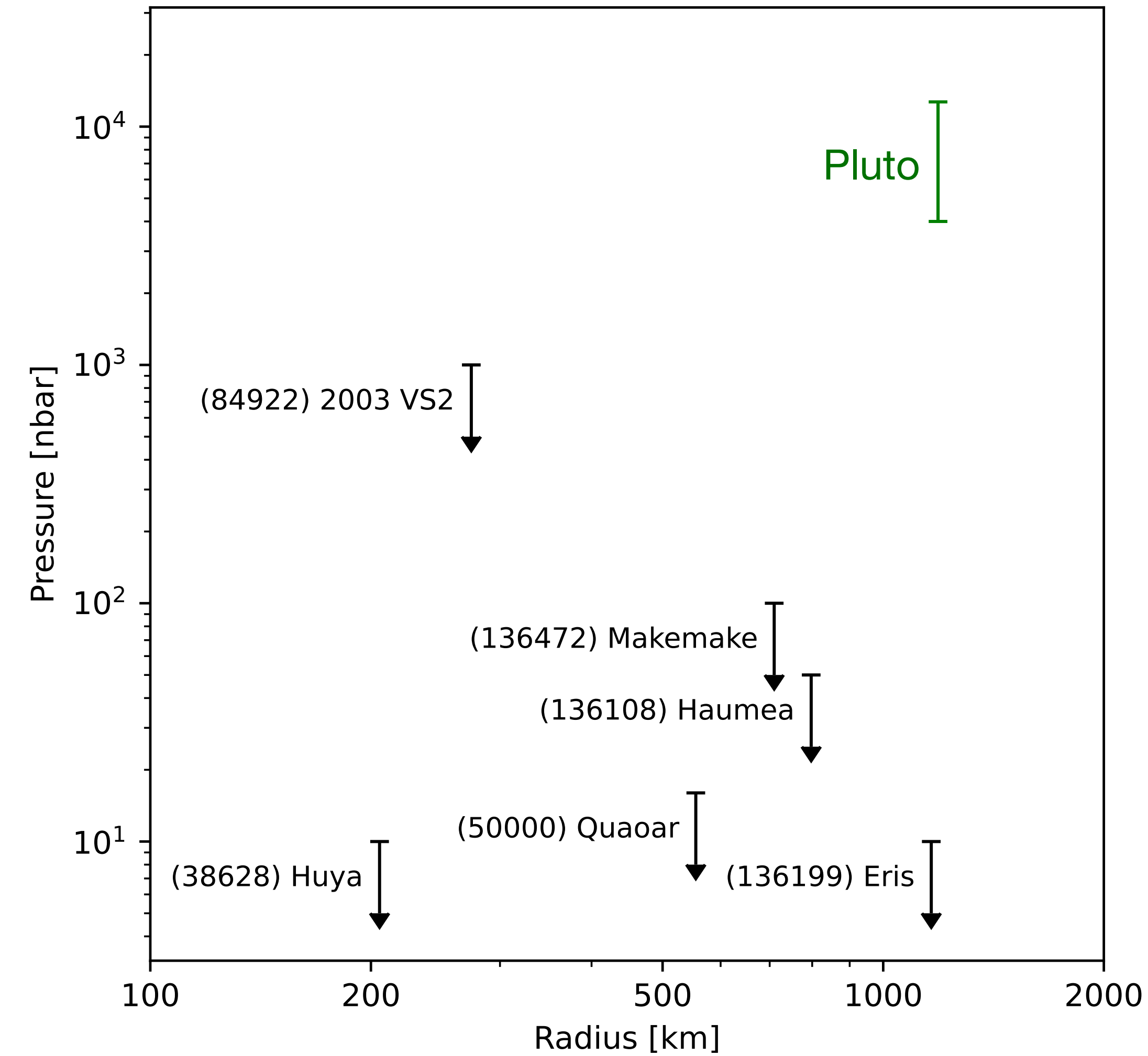


太陽系外縁天体の『大気』:先行研究での掩蔽観測結果

□ これまでTNO 7 天体に対して表面大気圧の計測実施

➡ 冥王星以外のTNOでは大気未検出

- 他の準惑星天体では10 –100 nbar大気の存在を棄却



国内メートル級望遠鏡を用いたTNO掩蔽観測キャンペーン: TABASCO

□ TNOの大気の発見・詳細観測: 地上からの恒星掩蔽観測が極めて有用

□ 先行研究で大気が存在が確認されたTNOは冥王星のみ

□ 大気圧の上限値が計測されたTNOも6天体のみ→**大気のあるTNOは本当に冥王星だけなのか？**

□ 統計的な議論を進めるためにはより多くのTNOで大気の探索を実施する必要

➡ **光赤外線天文学大学間連携 (OISTER)の観測提案枠を利用し、木曾シュミット/Tomo-eを含む
国内のメートル級の望遠鏡+高速撮像装置を用いたTNO恒星掩蔽キャンペーン観測を実施**

国内メートル級望遠鏡を用いたTNO掩蔽観測キャンペーン: TABASCO

- TNOの大気の発見・詳細観測: 地上からの恒星掩蔽観測が極めて有用
- 先行研究で大気が存在が確認されたTNOは冥王星のみ
- 大気圧の上限値が計測されたTNOも6天体のみ→**大気のあるTNOは本当に冥王星だけなのか？**
- 統計的な議論を進めるためにはより多くのTNOで大気の探索を実施する必要
- ➡ **光赤外線天文学大学間連携 (OISTER)の観測提案枠を利用し、木曾シュミット/Tomo-eを含む国内のメートル級の望遠鏡+高速撮像装置を用いたTNO恒星掩蔽キャンペーン観測を実施**
- ➡ **Trans-neptunian Atmospheres and Belts Analysis through Stellar-occultation Coordinated Observations (TABASCO)**

外縁天体掩蔽観測キャンペーンTABASCO

□現状までの進捗状況

天体 イベント発生日	観測装置	観測成否	減光イベント観測成功
2004 UX10 2023-09-30	Seimei/TriCCS, Kiso/Tomo-e, Pirika/MSI	× (悪天候)	-
2015 MQ204 2023-10-24	Seimei/TriCCS, Kiso/Tomo-e, Pirika/MSI	△ (Tomo-eのみ成功)	×
2002 XW93 2023-11-09	Seimei/TriCCS, Kiso/Tomo-e, Pirika/MSI	× (悪天候)	×
1995 SM55 2023-12-20	Kiso/Tomo-e, Pirika/MSI	× (悪天候)	-
2002 XV93 2024-01-10	Kiso/Tomo-e, SoCoSoCo PONCOTS	○	○
1999 DE9 2024-03-09	(OISTER装置は稼働せず)	○	○
2002 AW197 2024-05-10	Seimei/TriCCS, Kiso/Tomo-e, Murikabushi/MITSuMe	○	○

外縁天体掩蔽観測キャンペーンTABASCO

□現状までの進捗状況

天体 イベント発生日	観測装置	観測成否	減光イベント観測成功
2004 UX10 2023-09-30	Seimei/TriCCS, Kiso/Tomo-e, Pirika/MSI	× (悪天候)	-
2015 MQ204 2023-10-24	Seimei/TriCCS, Kiso/Tomo-e, Pirika/MSI	△ (Tomo-eのみ成功)	×
2002 XW93 2023-11-09	Seimei/TriCCS, Kiso/Tomo-e, Pirika/MSI	× (悪天候)	×
1995 SM55 2023-12-20	Kiso/Tomo-e, Pirika/MSI	× (悪天候)	-
2002 XV93 2024-01-10	Kiso/Tomo-e, SoCoSoCo PONCOTS	○	○
1999 DE9 2024-03-09	(OISTER装置は稼働せず)	○	○
2002 AW197 2024-05-10	Seimei/TriCCS, Kiso/Tomo-e, Murikabushi/MITSuMe	○	○

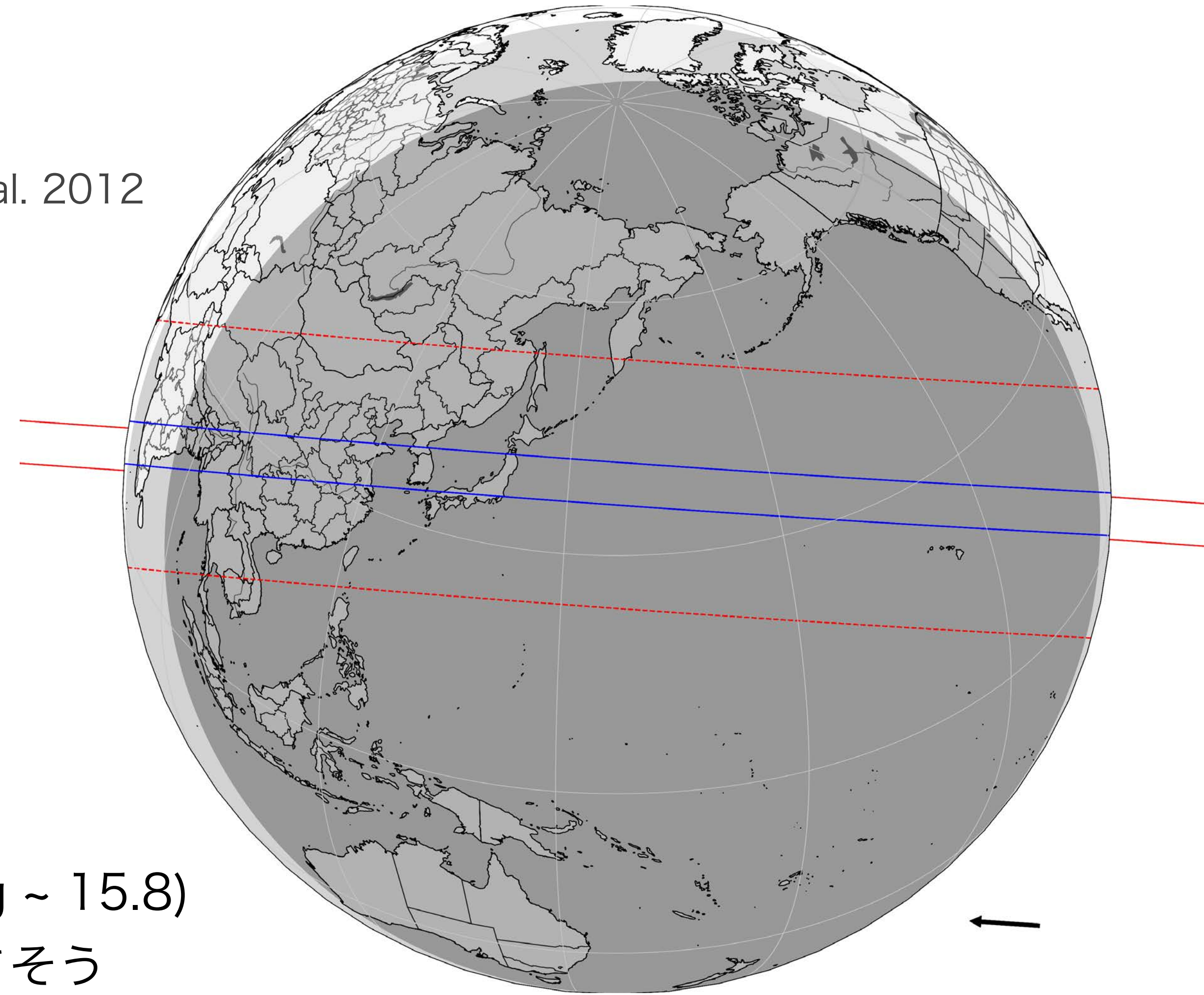
Occultation by 2002XV93 (2024-01-10)

□ (612533) 2002 XV93

- 冥王星族のカイパーベルト天体
- $a = 39.4 \text{ au}$, $e = 0.13$, $i = 13.3^\circ$
- 赤外観測による推定直径: $549^{+71}_{-73} \text{ km}$ Vilenius et al. 2012
- アルベド ~ 0.04 , $V-R \sim 0.37$
- 自転周期: 不明
- 表面に結晶質 H_2O , CO_2 氷
Souza-Feliciano et al. 2024, Hénault et al. submitted
- 過去に掩蔽観測成功例なし

□ 掩蔽イベントの詳細

- 恒星: GaiaDR3 940732910252854272 (G mag ~ 15.8)
Duplicity flag = 0, RUWE = 0.98 $\rightarrow$ 重星ではなさそう
- 予測掩蔽中央時刻(JST): 2024-01-10 22:14(Kiso)
- 本体による掩蔽継続時間: 最長21.8 s



Occultation by 2002XV93 (2024-01-10): Observation sites

□ 3 地点での同時観測を実施、2地点で観測成功

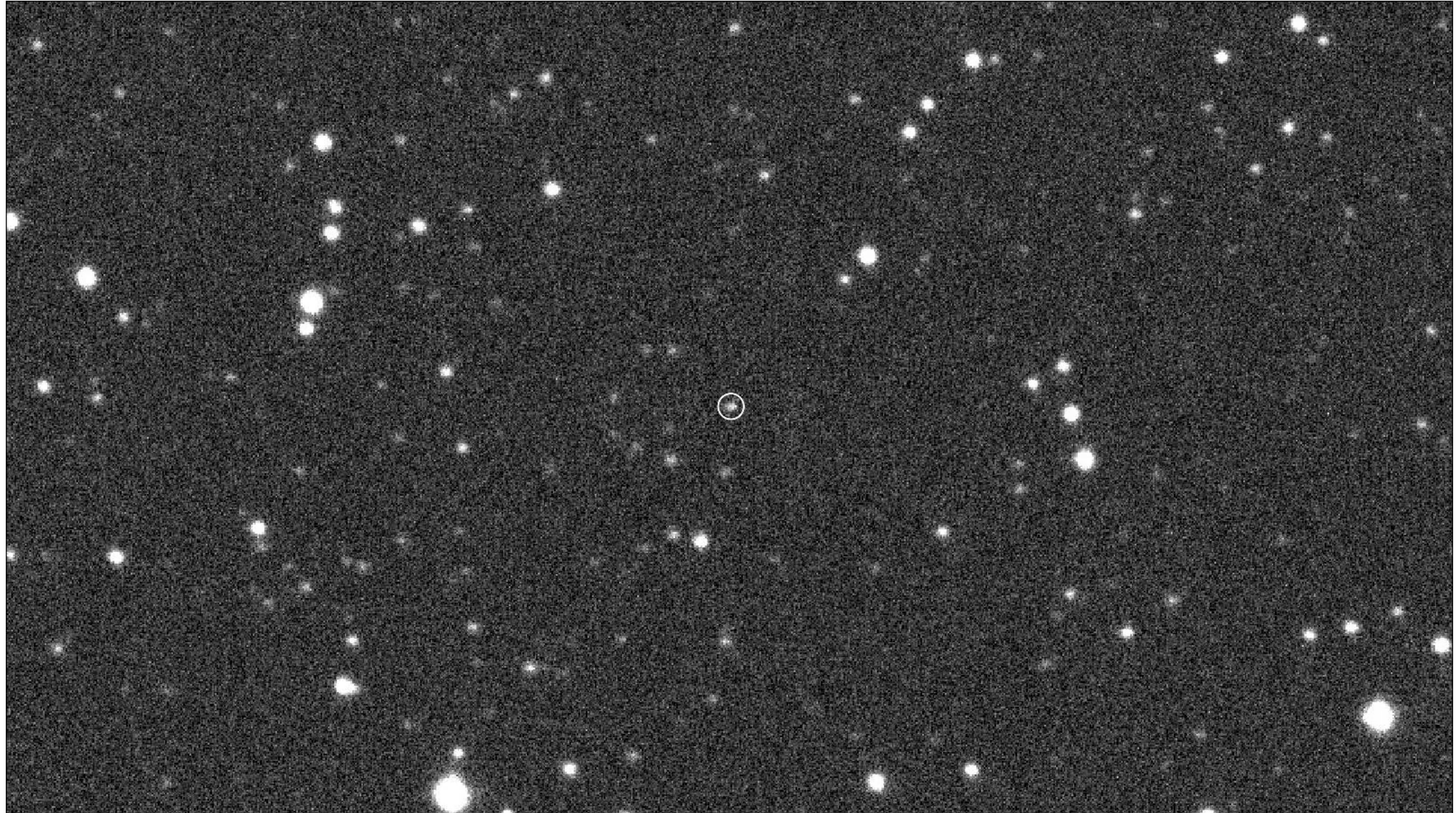
- 東京大学木曾観測所
105 cm シュミットカメラ/Tomo-e Gozen
観測者: 瀧田 怜 氏
- 京都大学岡山天文台
380 cm せいめい望遠鏡/TriCCS 悪天候
- 京都大学吉田キャンパス
20 cm SoCoSoCo PONCOTS 急遽実施

□ 細井克昌氏(福島県)も独自に観測実施



Occultation by 2002XV93 (2024-01-10): Observation results

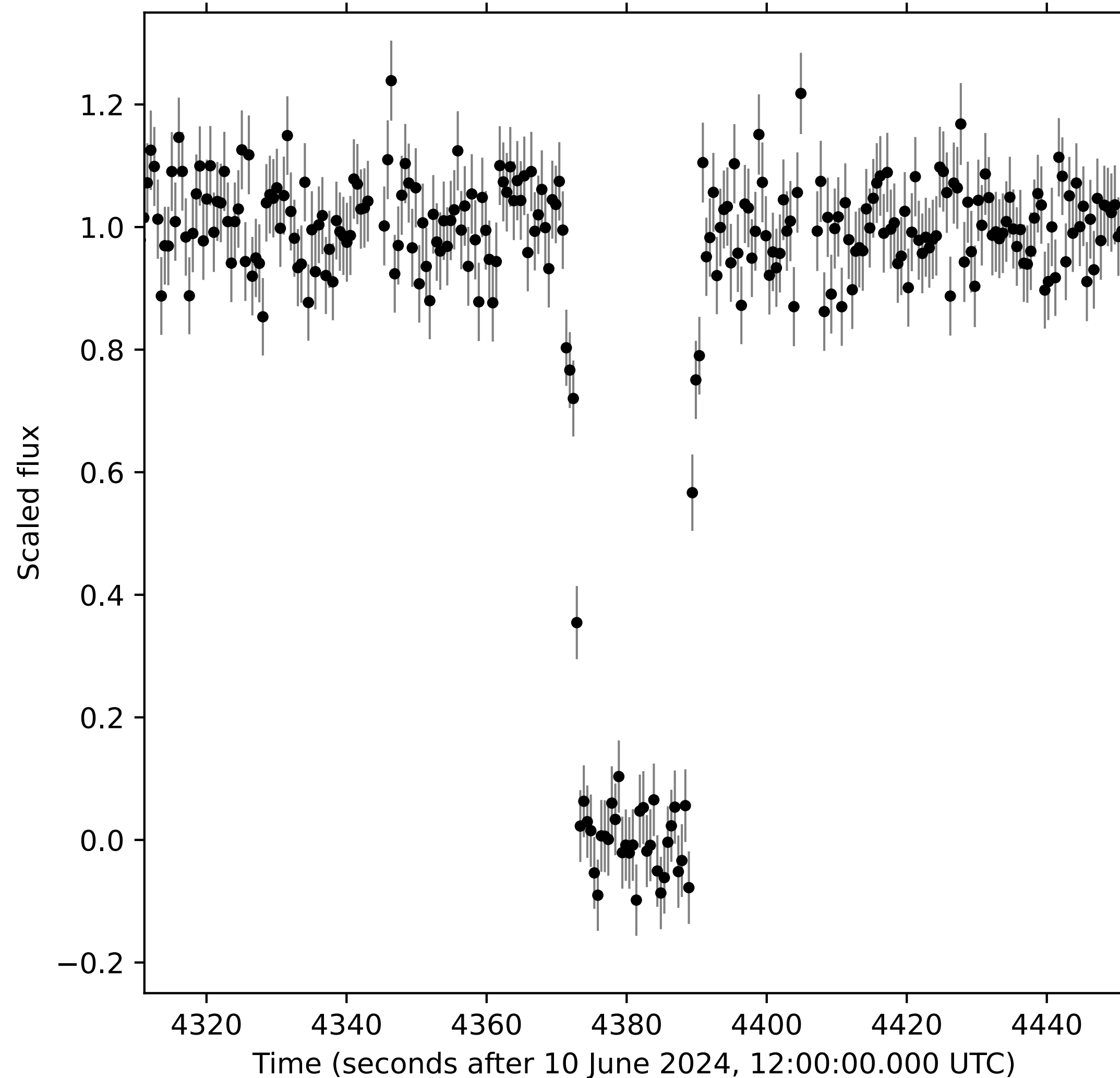
□ Tomo-e Gozen で取得した掩蔽観測動画(2 fpsで連続観測、2.5倍速)



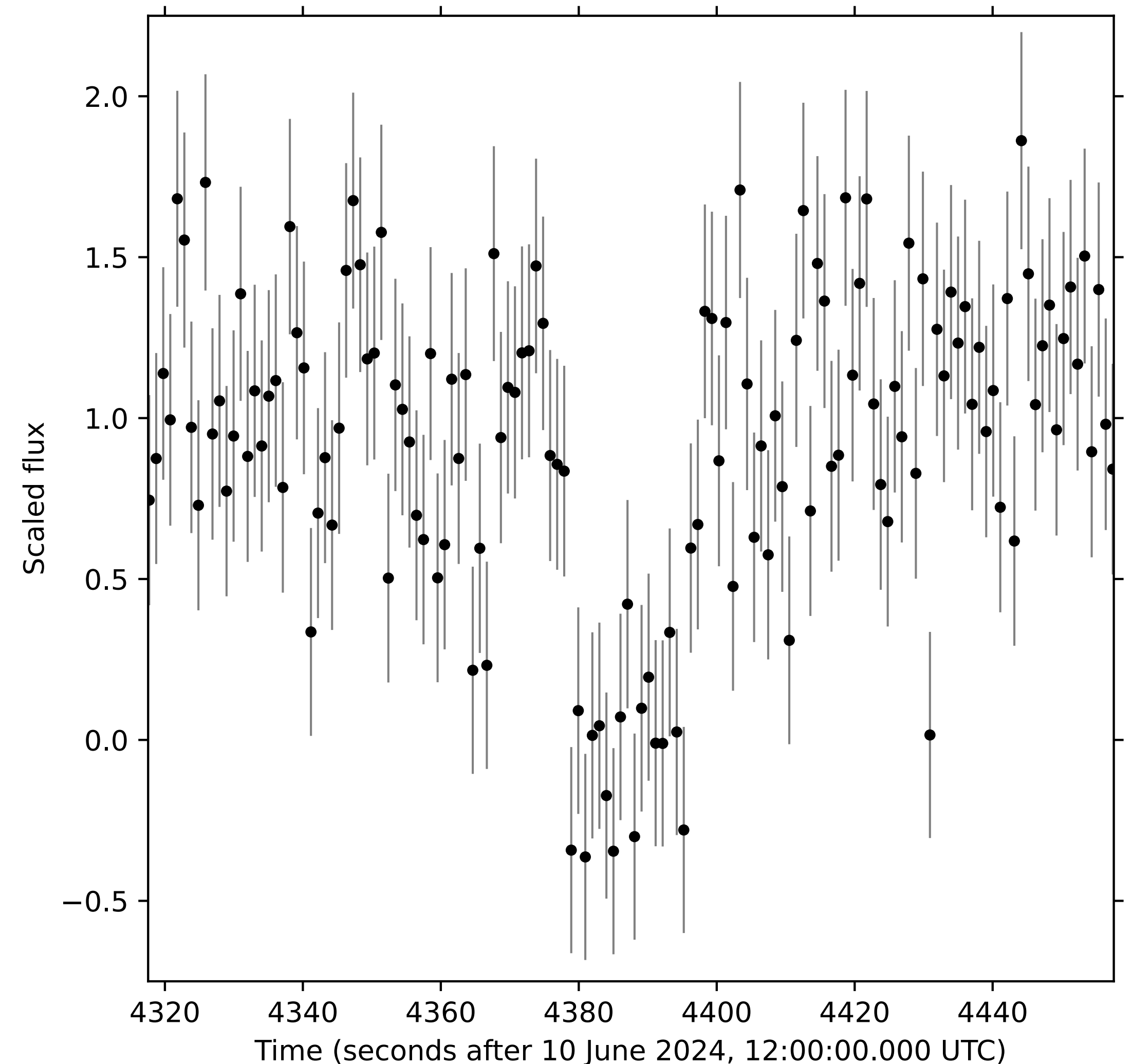
Occultation by 2002XV93 (2024-01-10): Observation results

- Tomo-e Gozen(木曽)とSoCoSoCO PONCOTS(京都)で掩蔽による減光の観測に成功
- 細井克昌氏の観測では通過の報告(現在詳細解析中)

Tomo-e Gozen (Kiso)



SoCoSoCo PONCOTS (Kyoto)



Occultation by 2002XV93 (2024-01-10): chord plot

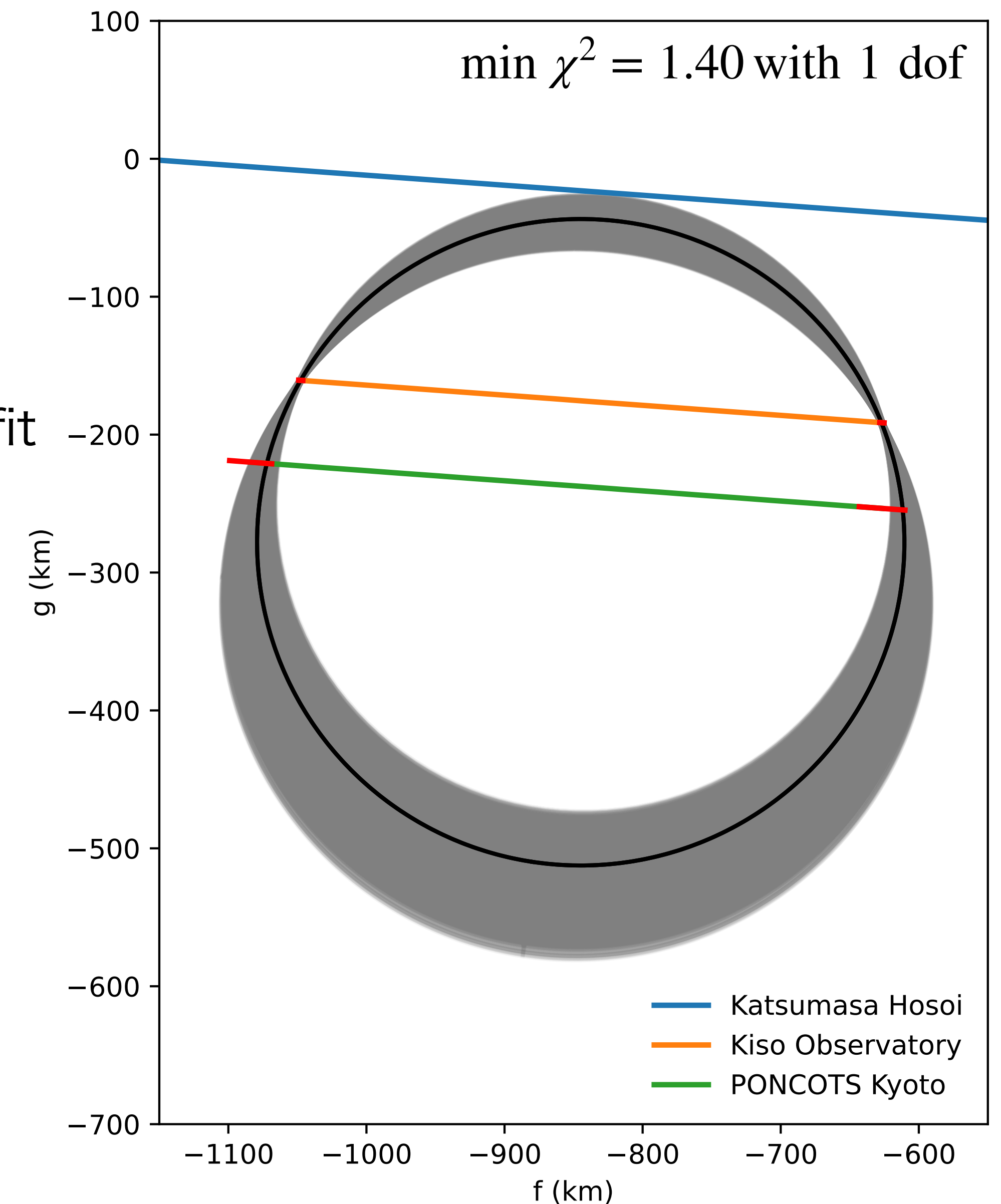
□ 各地点での潜入/出現時刻の制約から円形影を仮定して形状fit

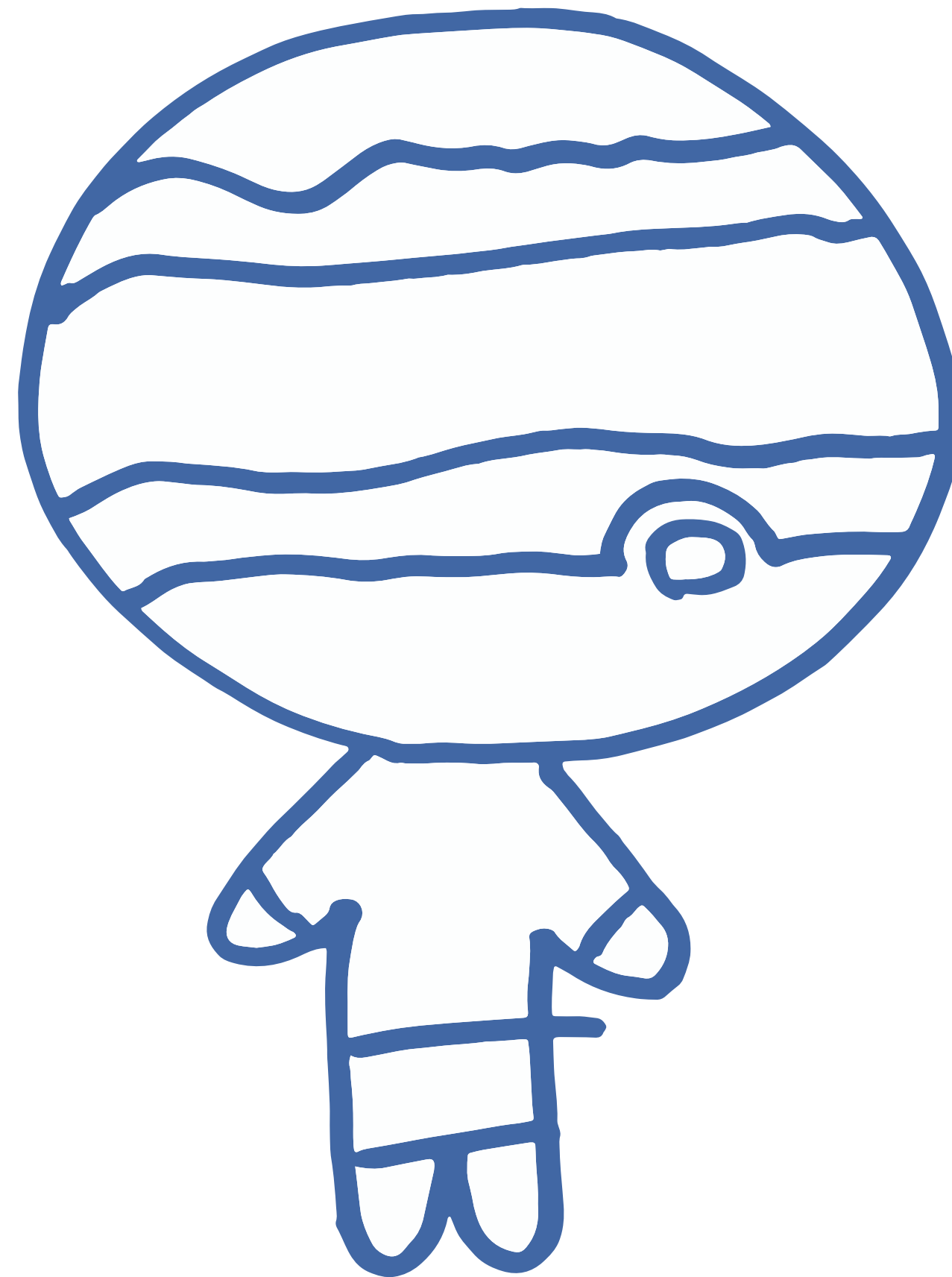
□ 2002 XV93の推定直径:

469⁺⁴⁶₋₁₁ km

- 赤外観測からの推定直径(549⁺⁷¹₋₇₃ km)よりやや小さい

Vilenius et al. 2012





Occultation by 2002XV93 (2024-01-10): model fit results

