

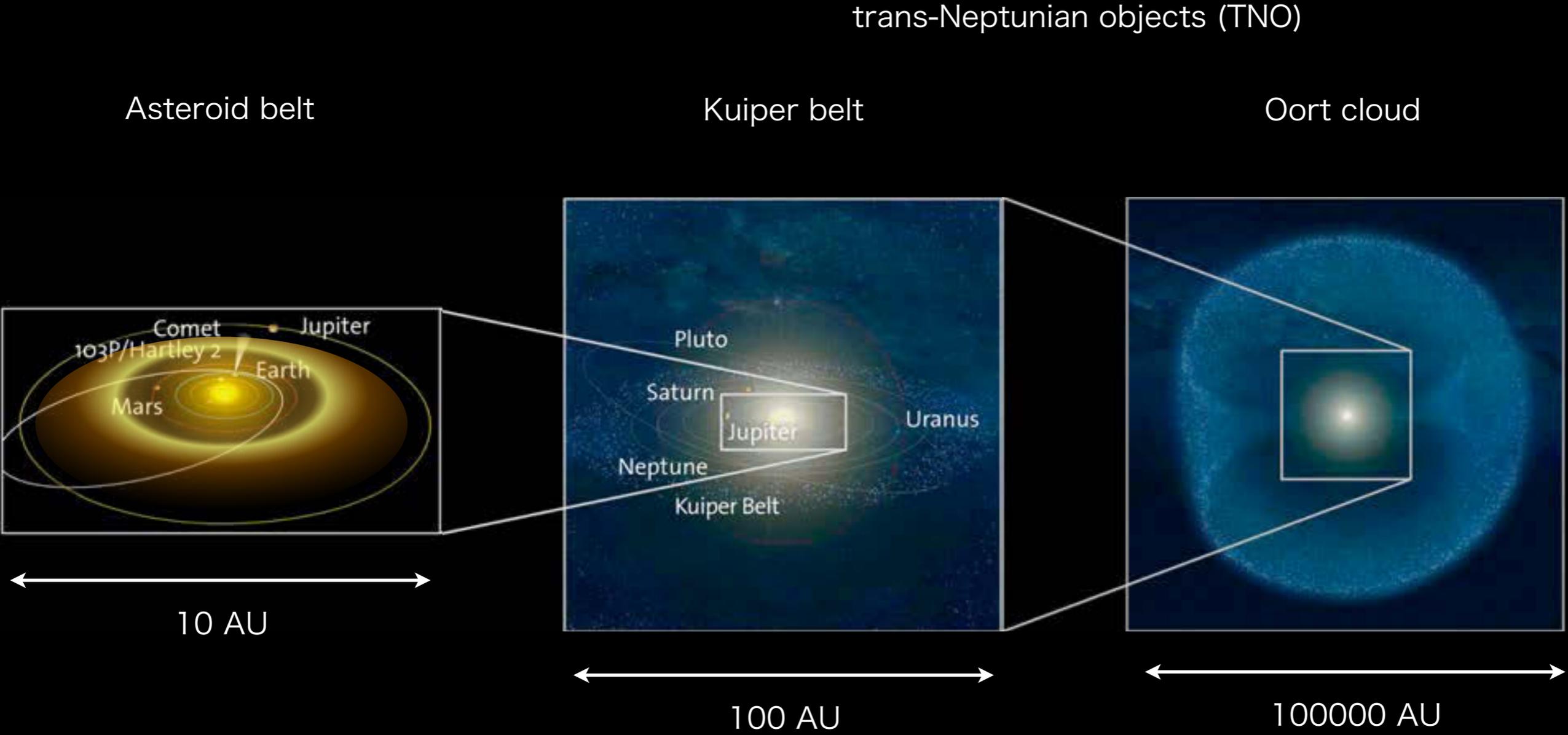
## 恒星掩蔽サーベイで明らかにする太陽系外縁部の描像

有松 亘 (ISAS/JAXA, UoT), 和田武彦, 猿楽祐樹, 臼井 文彦 (ISAS/JAXA)

07 10 13

Kiso Schmidt Symposium 2013

# Structure of the Solar System



- キロメートルサイズTNOのサイズ分布の解明:

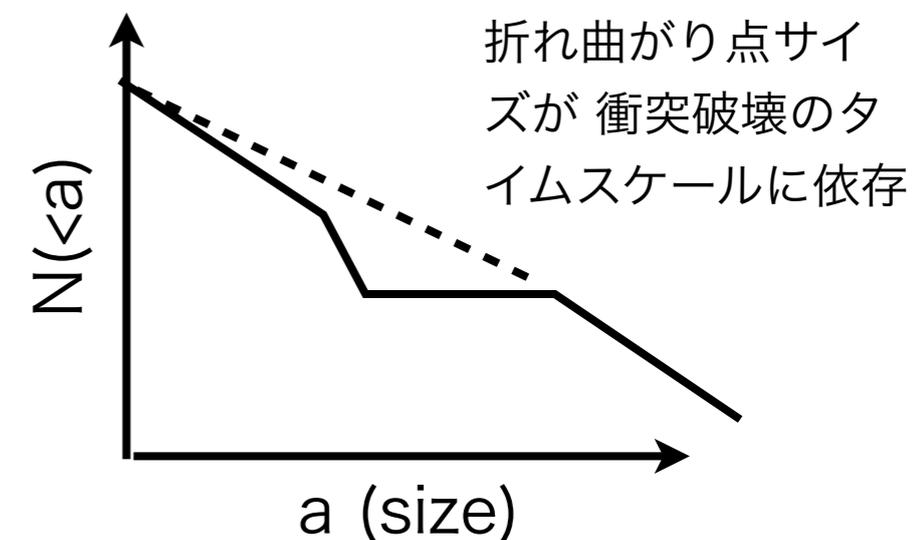
## 1. カイパーベルトは木星族彗星の起源であることの観測的証明

- 彗星核サイズ(1-10km)のTNOはどの程度存在するのか?
- 軌道モデル(e.g., Volk & Malhotra 2008)との比較



## 2. TNOの衝突進化プロセスの解明、デブリ円盤の形成メカニズムの確立

- サイズ分布の折れ曲がり点から Collisional cascadeのタイムスケールやTNOの物性に制約 (e.g., Pan & Sari 2005)
- デブリ円盤生成メカニズムに観測的示唆

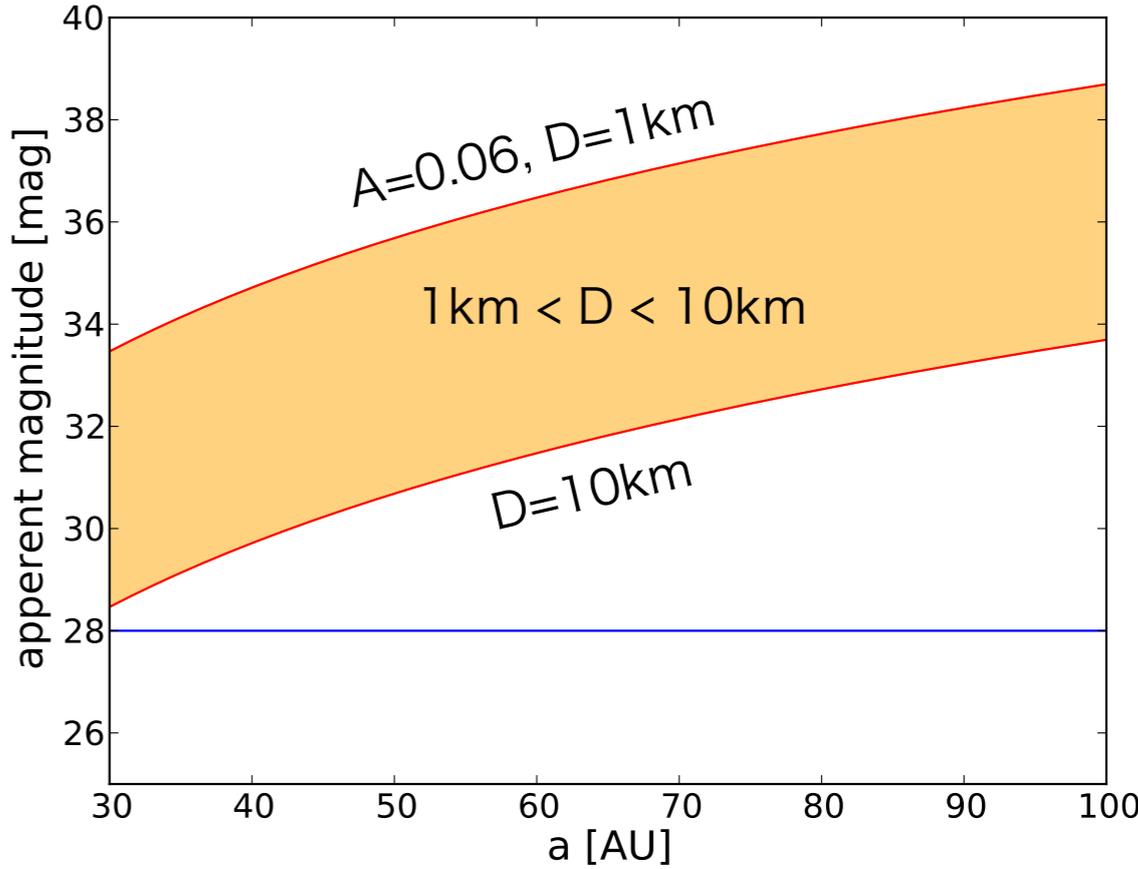


★いずれも1-10kmのサイズ情報が重要

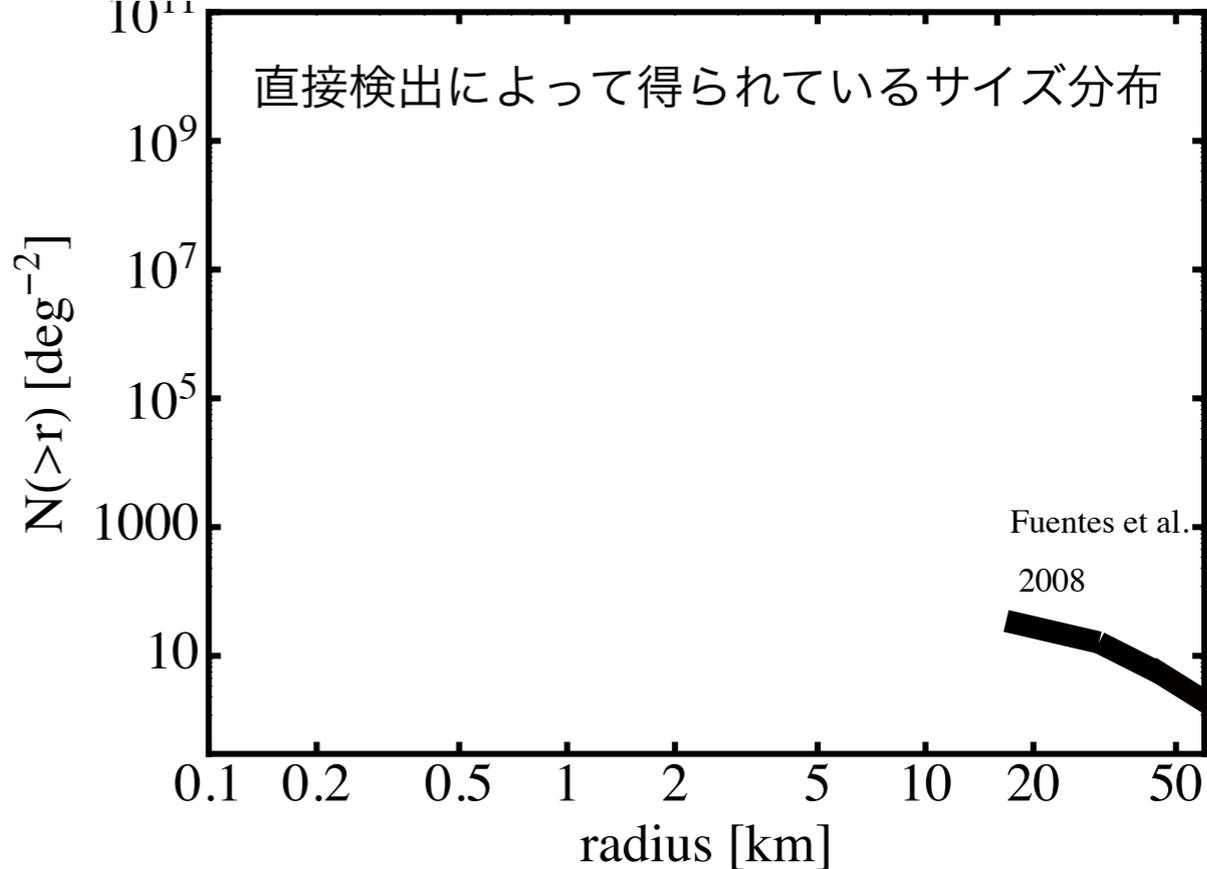
preliminary

# Direct detection of small bodies in Kuiper belt

• キロメートルサイズTNO:  
可視光度は28等以下  
➡ 10mクラス望遠鏡では直接検出不可能



• 直接検出で得られているサイズ分布は  
D~30km程度まで

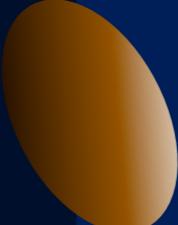


Stellar occultation by TNO

Earth



TNO

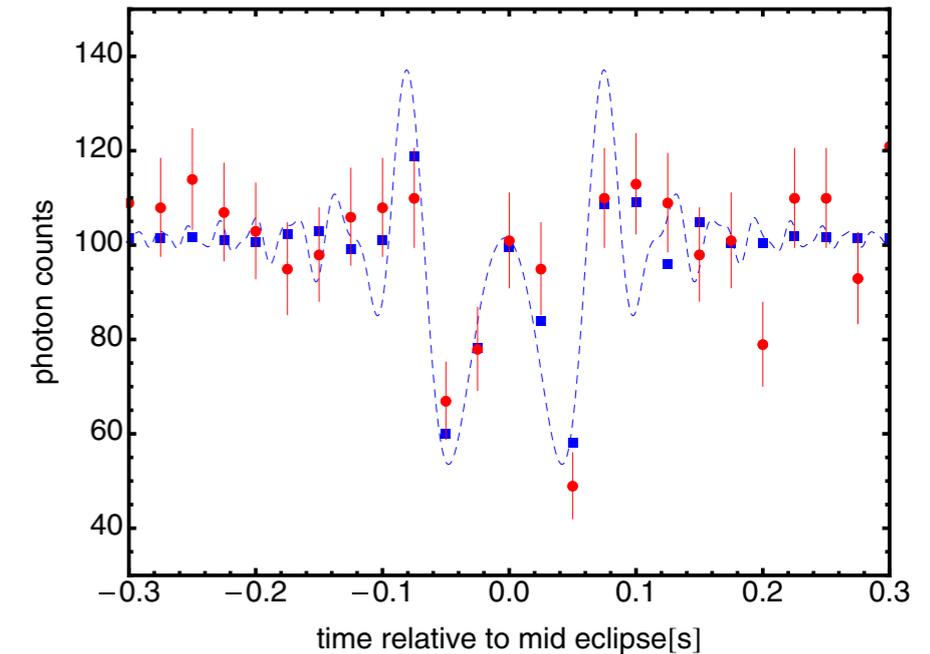


stars



# Previous occultation observation

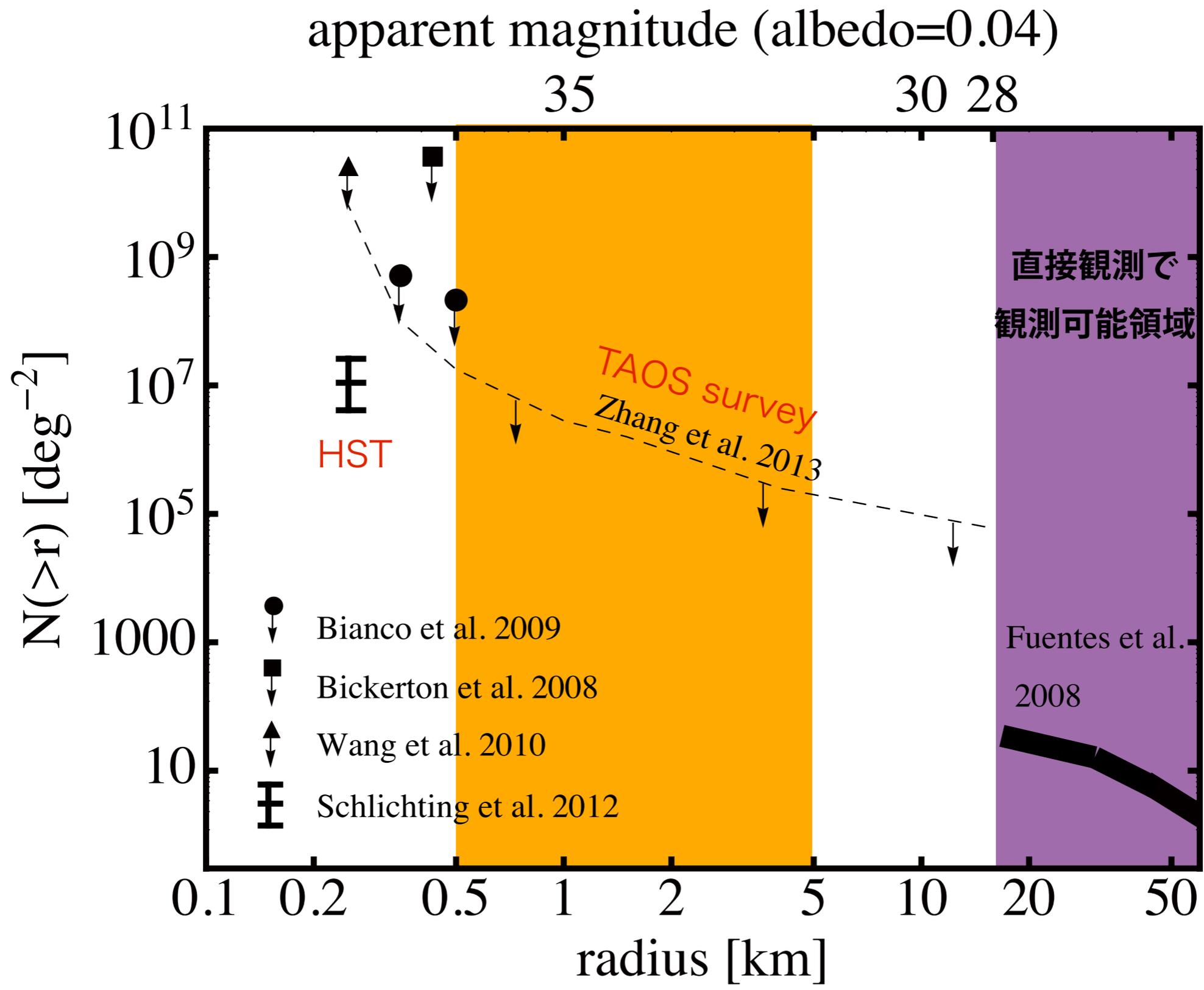
- HST / Fine Guidance Sensor archive data
  - Schlichting+ 2009, 2012
  - 2.4m 宇宙望遠鏡, 40Hz 測光
  - 総搜索期間: 約14年
  - 数100mサイズのTNO掩蔽現象候補を複数検出
- Taiwan American Occultation Survey(TAOS)
  - Bianco+ 2010, Zhang+ 2013
  - 口径50cm望遠鏡4台で、5Hzで測光
  - 総搜索期間: 約6年
  - kmサイズのTNOの掩蔽現象は検出されず
  - サイズ分布に制約



**Figure 5.** Photon counts as a function of time of the candidate occultation event observed by FGS3. The red points and error bars are the FGS data points with Poisson error bars, the dashed blue line is the theoretical light curve, and the blue squares correspond to the theoretical light curve template in our detection algorithm integrated over 40 Hz intervals. We note here that the actual noise for this observation is about 8% larger than poisson noise, due to additional noise sources such as, for example, dark counts, which contribute about 3–6 counts per PMT in a 40 Hz Interval. The best-fit  $\chi^2/\text{dof}$  from our detection algorithm is 27.3/28. The star has an ecliptic latitude of  $+6^\circ.6$  and its angular radius and effective temperature are  $0.58 \pm 0.06$  Fresnel scales and  $\sim 5000$  K, respectively. The position of the star is R.A. =  $64^\circ.74065$ , decl. =  $28^\circ.13064$  (J2000), and its estimated  $V$  magnitude is 13.9. Assuming a circular orbit, the best-fit parameters yield a KBO size of  $r = 530 \pm 70$  m and a distance of  $35 \pm 9$  AU. (A color version of this figure is available in the online journal.)

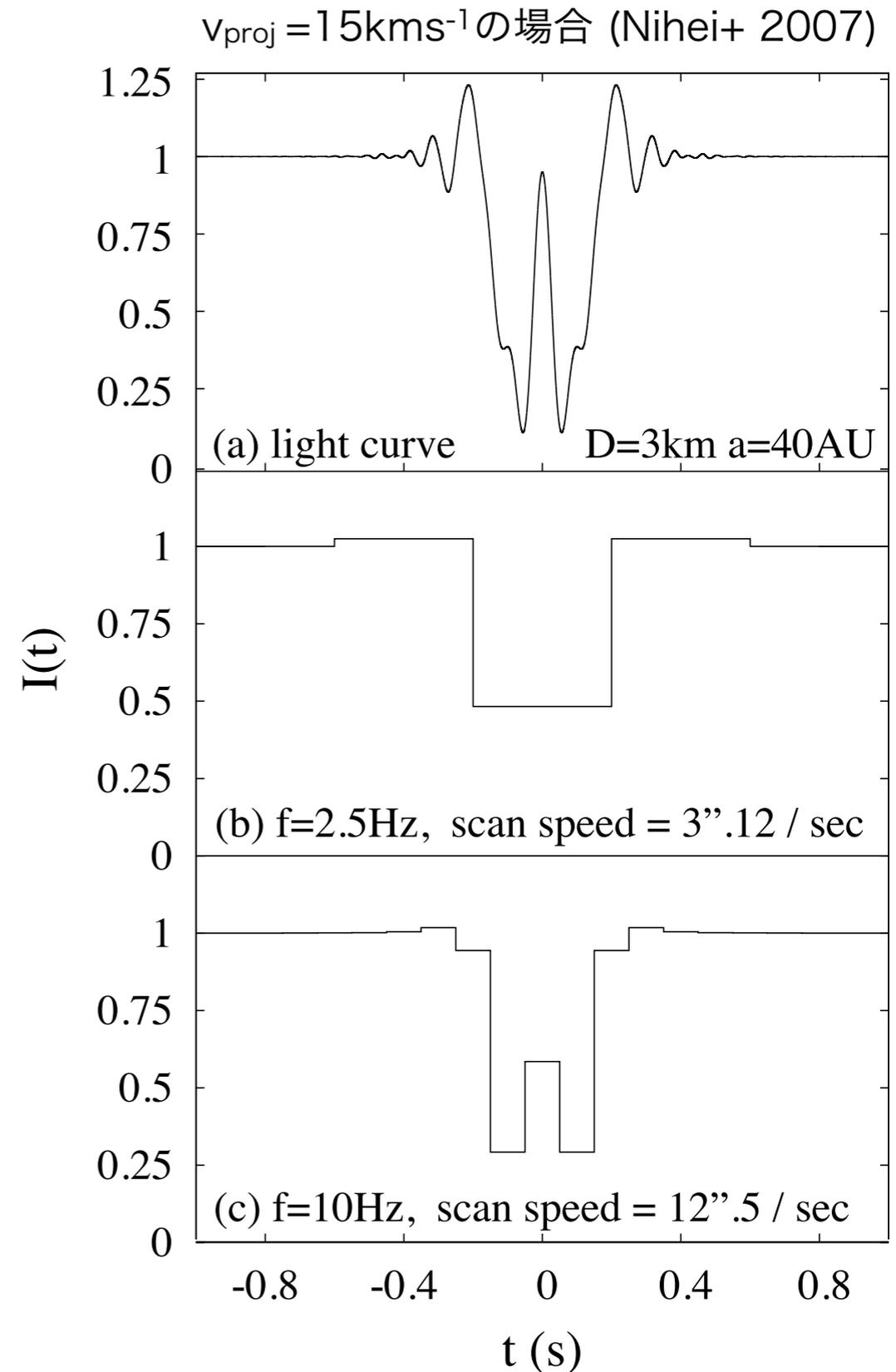


# Cumulative KBO size distribution as a function of KBO radius

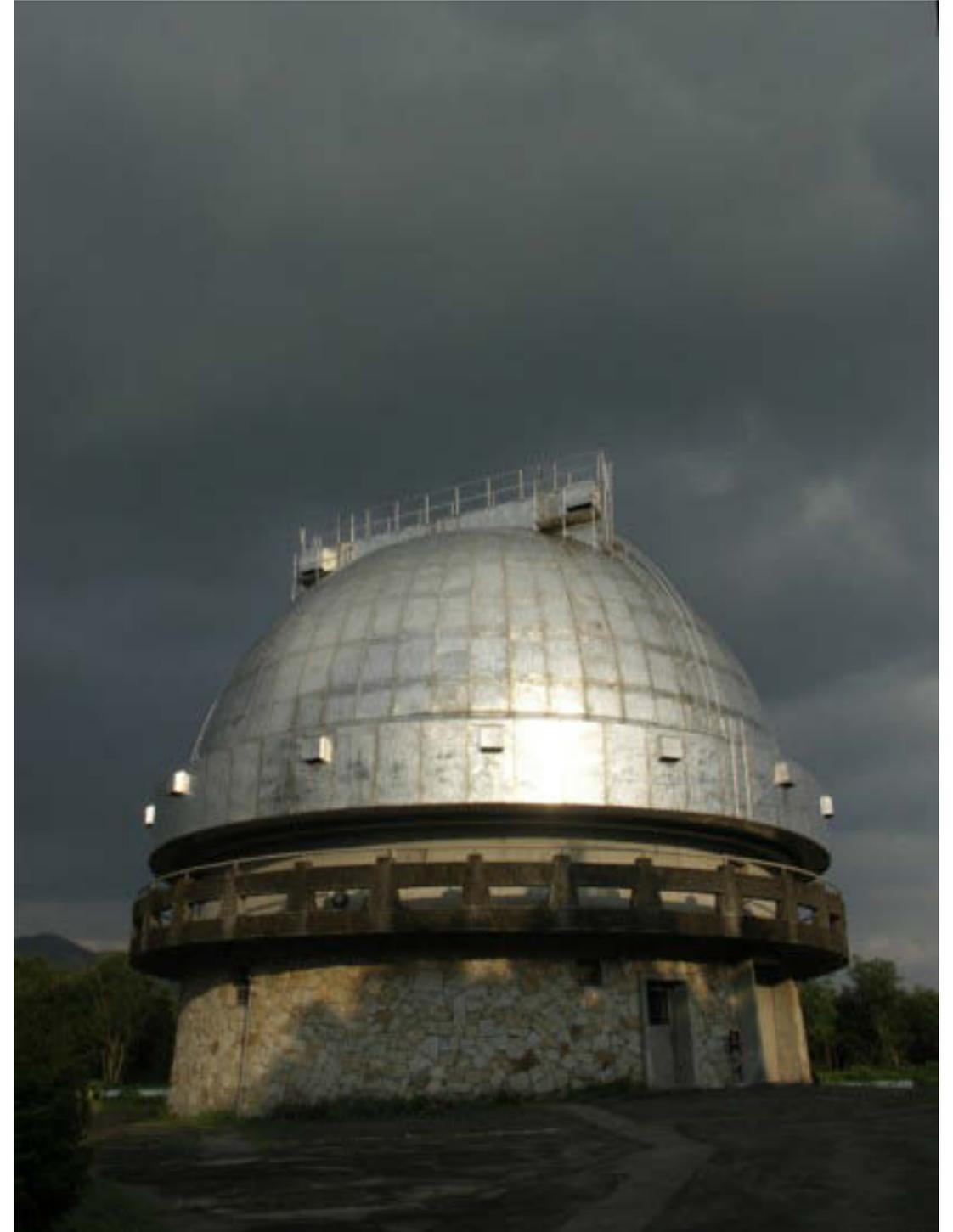


# Occultation observation of kilometer-sized TNO

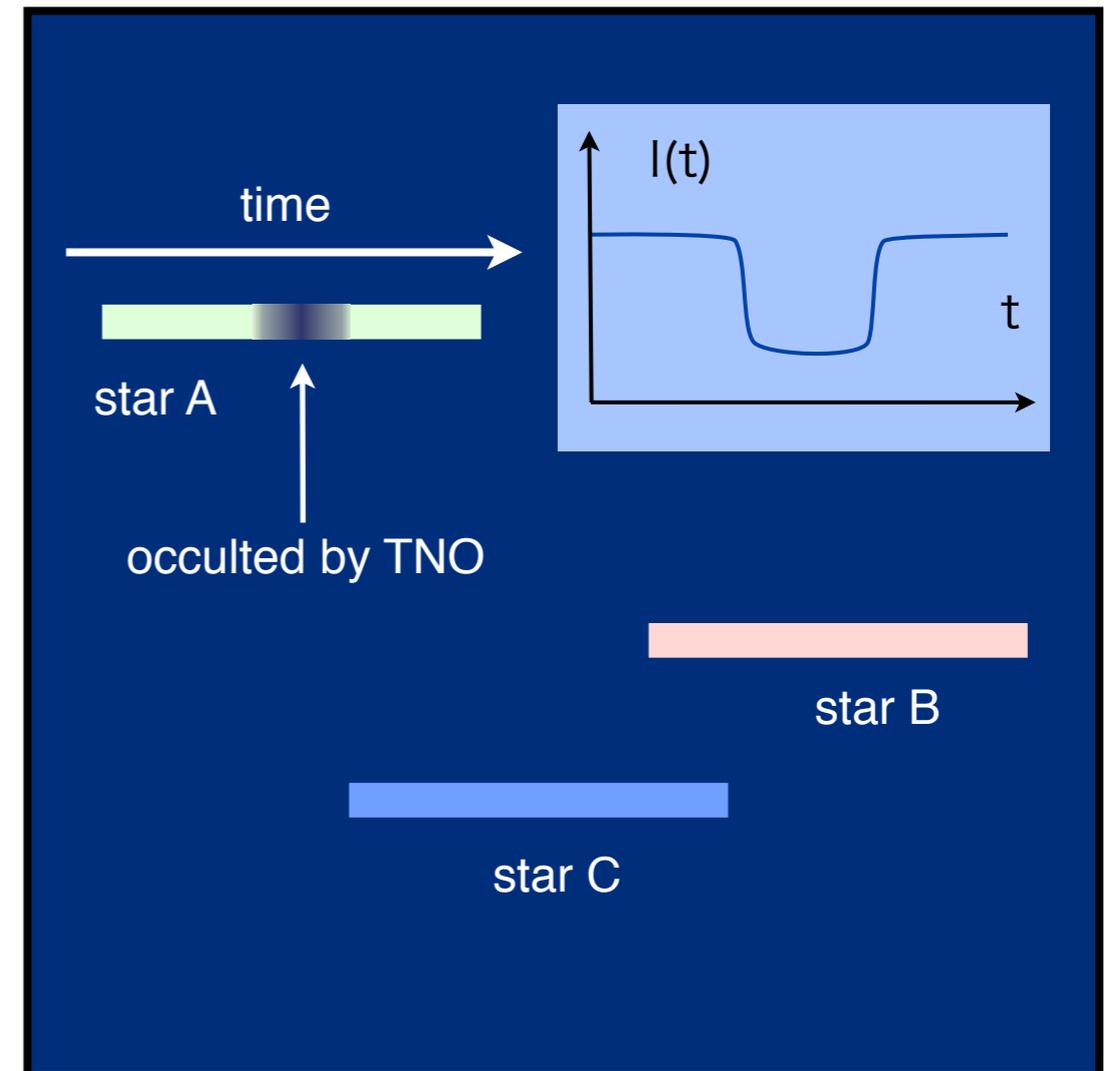
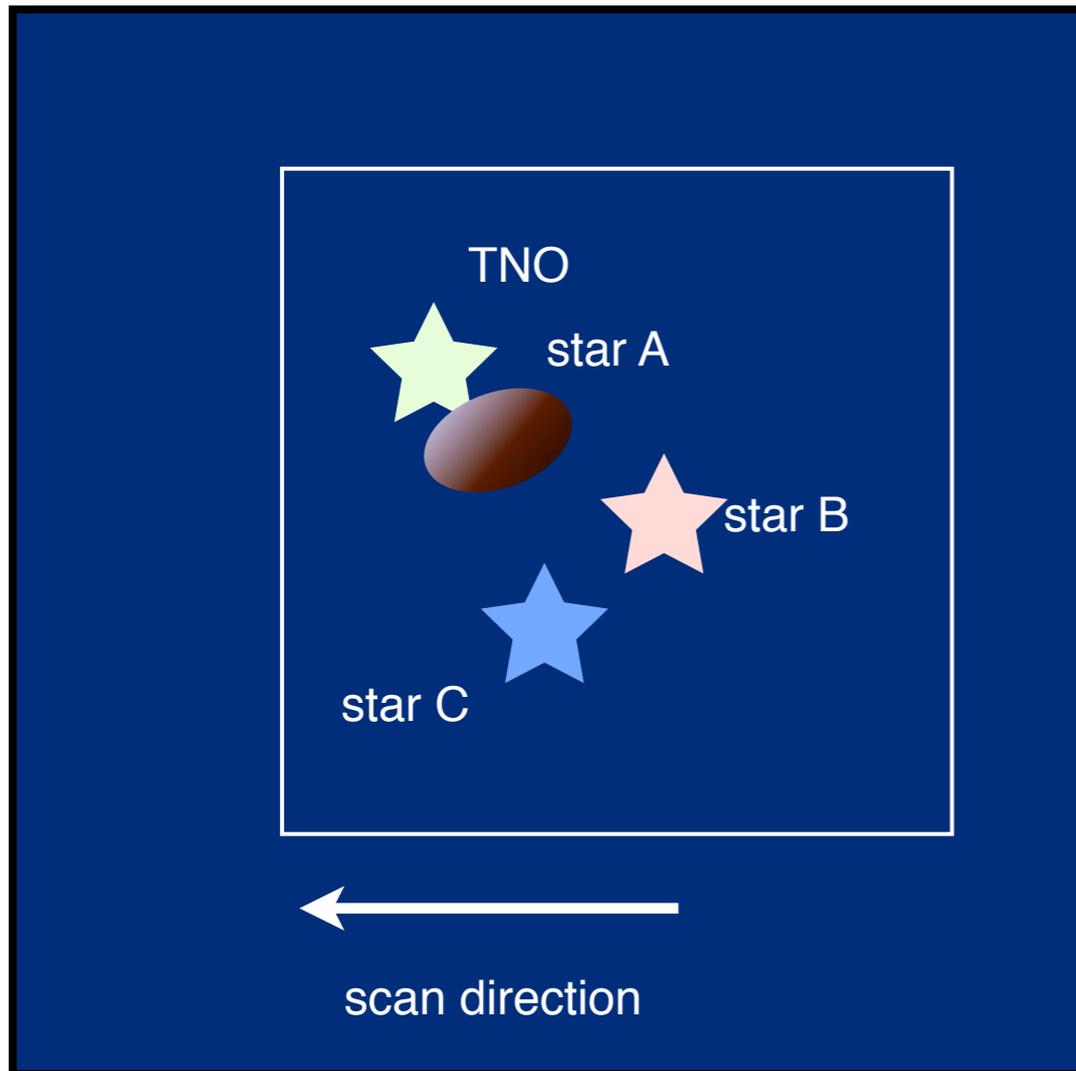
- 継続時間: 0.1-1 秒 (主に地球の公転運動 (~30km/s) に依存)
- Fresnel scale (~1.4km @40AU) に近いサイズの掩蔽: 回折効果を持った光度曲線
- ➡ ~10Hz以上のサンプリング周期で短時間測光を行えば光度曲線プロファイルを検出可能
- 掩蔽による減光率:  $a=1.5\text{km}$ のTNOの12等級の恒星の掩蔽で50%以上
- ➡ そこそこの測光精度で十分に有意な検出が可能



- 掩蔽搜索: 一度に観測できる恒星の個数が多いほど高効率
- 木曾シュミット/KWFC
  - 高感度 & 広視野: 一度に大量の恒星の測光が可能
- 読み出しにかかる時間:  $> 30 \text{ sec / frame}$
- 1秒以下の周期での露出&読み出しは困難



# Occultation observation with Kiso/KWFC



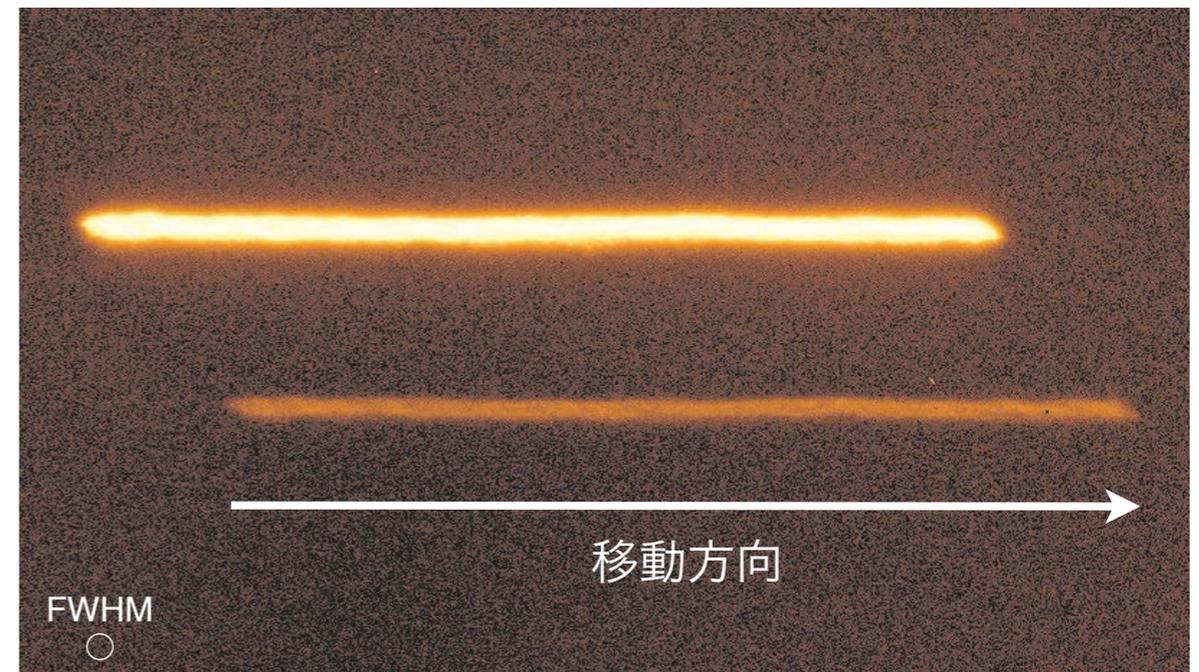
- 流し取りで高時間分解能測光
  - 恒星時追尾に対して一定速度で視野を移動
  - 軌跡に沿って測光→光度曲線
- 露光、読み出し時間よりも早い時間分解能で連続測光が可能

# Test observation of the scintillation effect with ISAS 1.3m telescope

- 大気擾乱によるシンチレーションの影響は?
  - 短時間露出の測光精度に悪影響を与える可能性

★ 流し取り手法を用いた、短時間恒星測光のシンチレーションの影響調査

- ISAS望遠鏡(D=1.3m)を使用
- シーイング 3.0 arcsec, 雲量3-4



## preliminary

- 0.1秒積分での測光値のばらつき: すべてのバンドで~10%以下
  - 特にR, Iバンドはフラットフィールドディングエラーが支配的か

**➡シンチレーションによる揺らぎは、TNO掩蔽検索で要求される値(~10%)に対して十分小さい**

- 宇宙研望遠鏡の観測データを用いて、光度曲線算出プログラムを作成中

- 7-9月期のプロポーザルを提出
  - 視野内の恒星数を稼ぐため、黄道面と銀河面の交差点付近の領域を観測
  - 1フレームの積分時間を60秒に設定: 限界等級13.8等 (clear, 5-sigma, 0.1秒ごとの測光)
  - 一度に~1万個の恒星を測光可能
  - 50時間の積分時間で先攻研究と比べ約10倍深いサイズ分布の制約を得ることが可能

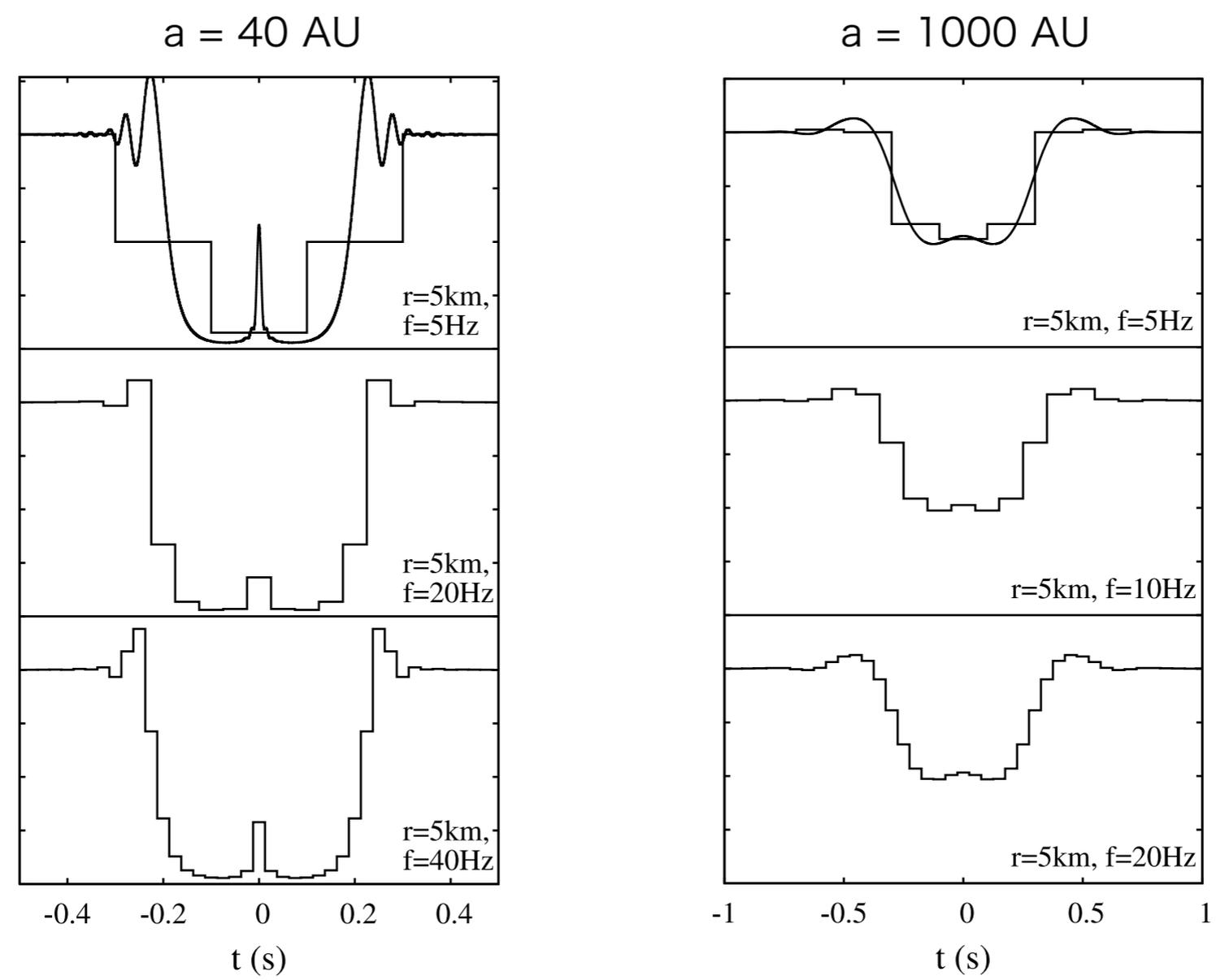
preliminary



# 本観測で期待される成果 2

## 5km以上のサイズを持ったオールト雲天体の個数密度に観測的制約

- $N(r < 5\text{km}) \sim 10^8$  以上なら、1回/100時間程度の頻度で検出可能
- 継続時間と減光率からKB/Oort天体の切り分け可能か



- キロメートルサイズのTNOによる背景恒星の掩蔽を検出し、カイパーベルト、及びオールと雲の存在量を検証
- 0.1-1秒スケールの減光を観測、掩蔽天体のサイズを測定
- KWFC、流し取り手法で50時間積分を行えば、これまでの10倍以上の感度でサイズ分布に制約
- 木星族彗星の起源やTNOの衝突進化に重要な示唆を与えるはず
- オールト雲掩蔽現象の観測可能性