

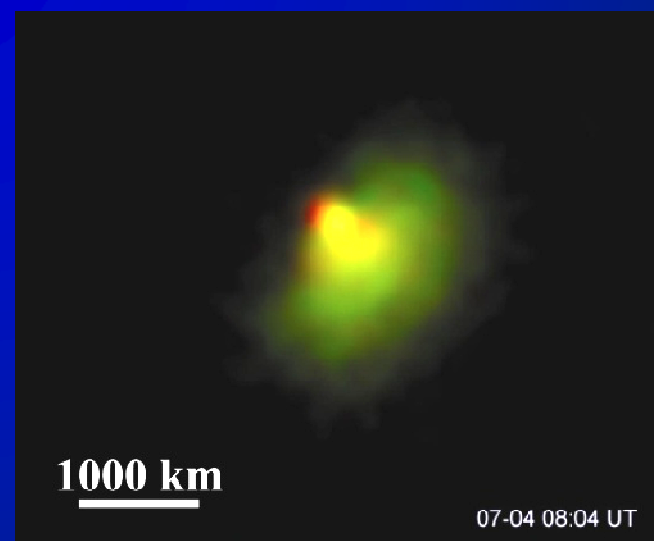
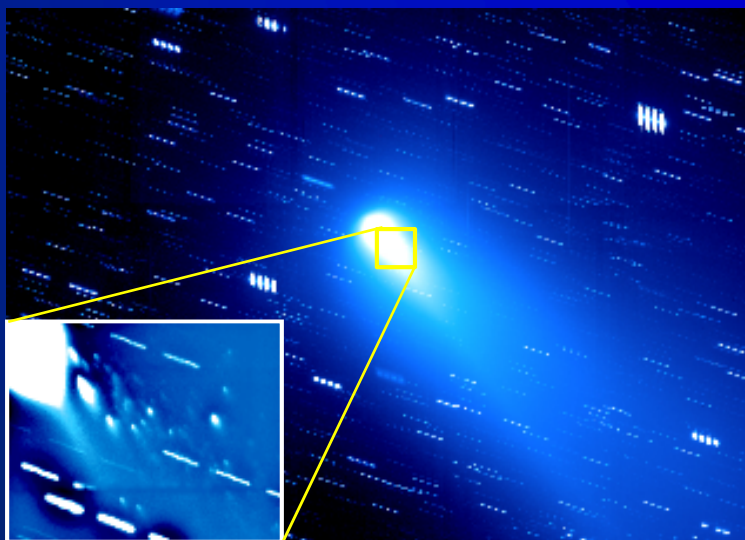
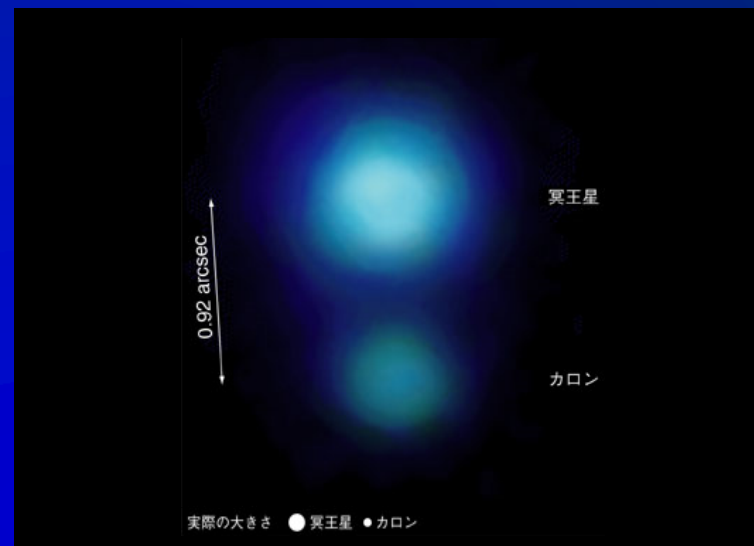
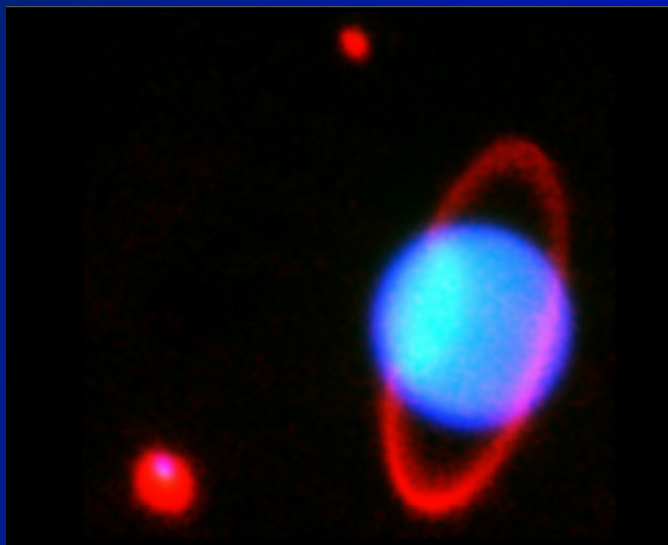
すばる望遠鏡による 太陽系小天体の観測



国立天文台ハワイ観測所研究員

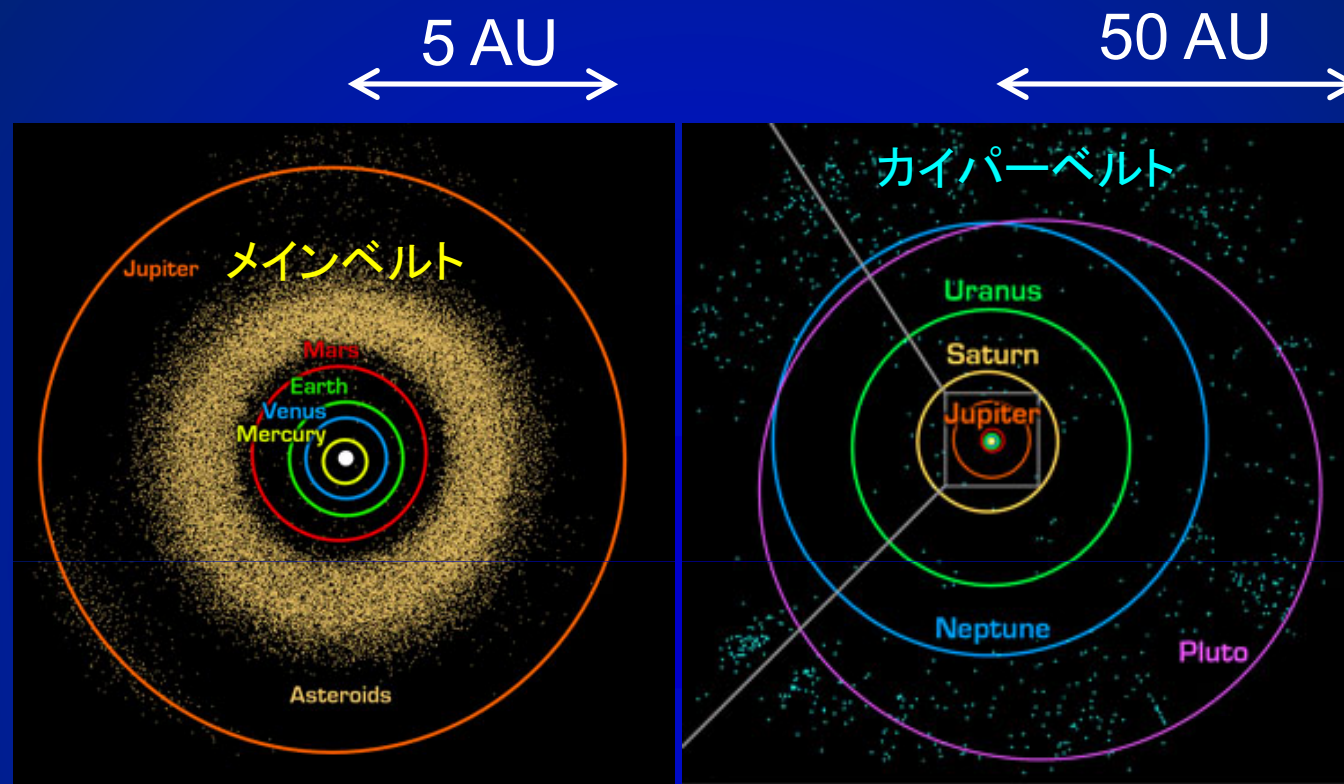
寺居 剛

すばる望遠鏡で見る太陽系



きれいな写真はこれで終わりです。。

太陽系概観



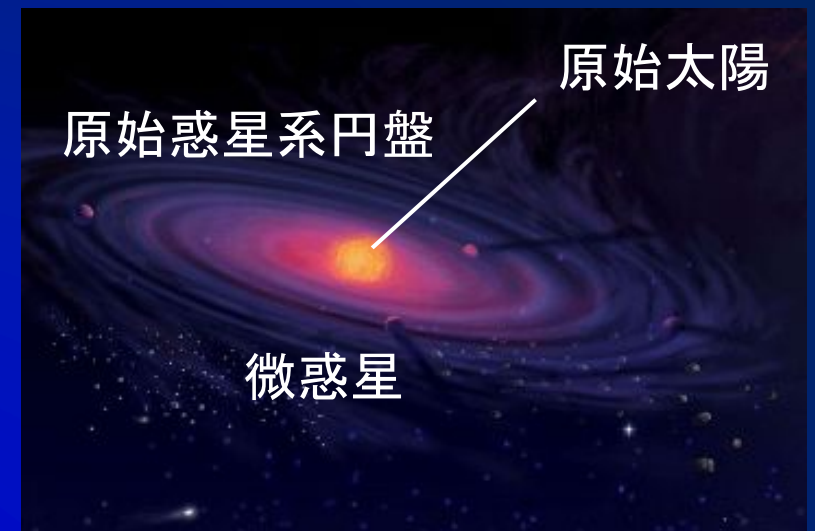
太陽系内側部

太陽系外側部

- 8個の惑星
- 5個の準惑星
- 無数の太陽系小天体

太陽系の歴史

- 生まれたての原始太陽の周りには原始惑星系円盤が存在
- 太陽系天体は原始惑星系円盤の中で形成された

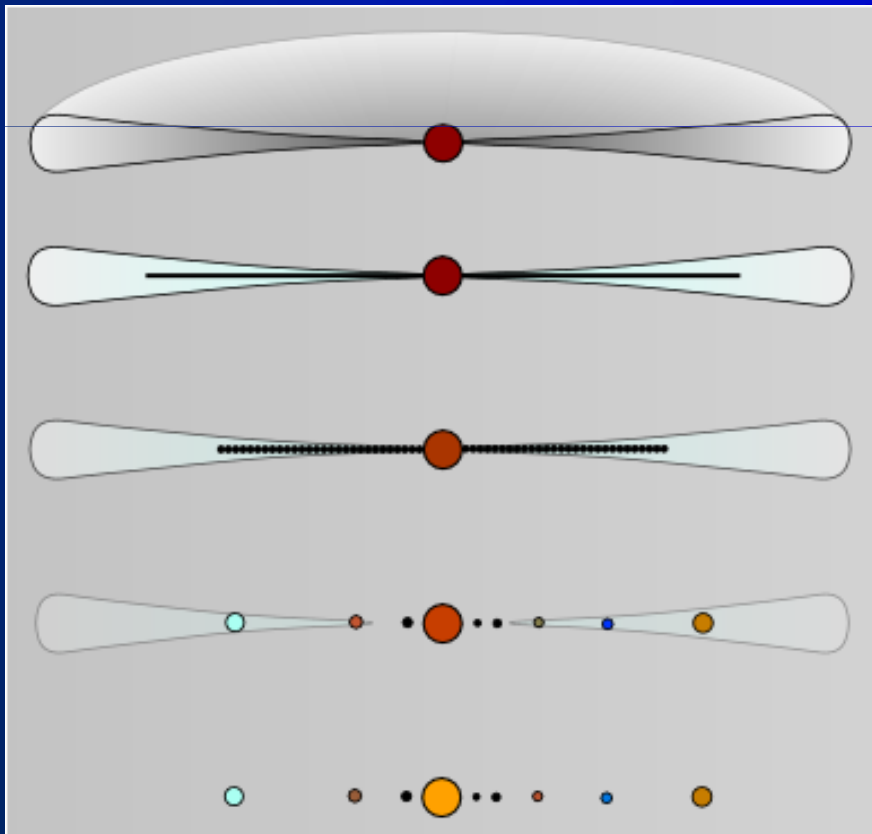


円盤中の塵粒子(ダスト)が赤道面に沈殿し、凝集

ダストが合体成長を繰り返し、微惑星(kmサイズ)を形成

さらに微惑星が合体し、原始惑星(火星サイズ)を形成

原始惑星が巨大衝突を起こし、惑星へと成長



太陽系の小天体たち

太陽系小天体 …… 微惑星の生き残り

変成作用をあまり受けていない → 太陽系の“化石”

太陽系内側部 → 岩石小天体

近地球小惑星

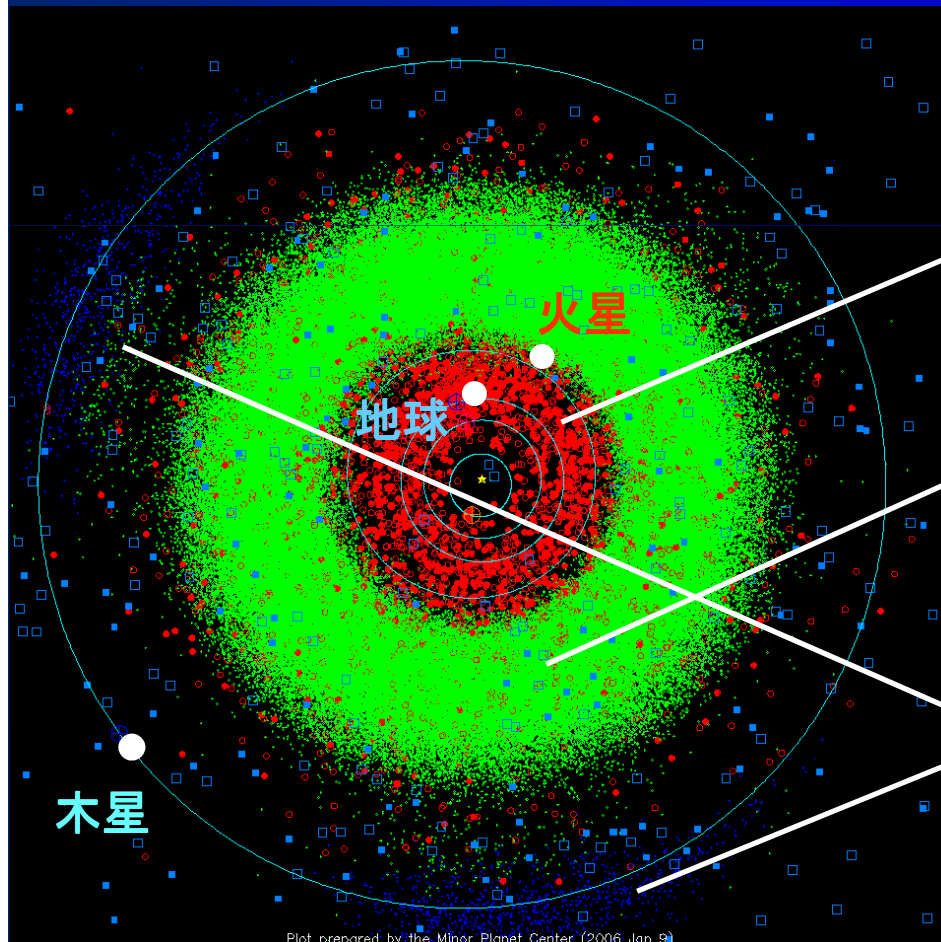
…… 地球軌道に近い小惑星

メインベルト小惑星

…… 火星－木星の間の領域に
群集する小惑星

木星トロヤ群

…… 木星のラグランジュ点付近に
分布する小惑星

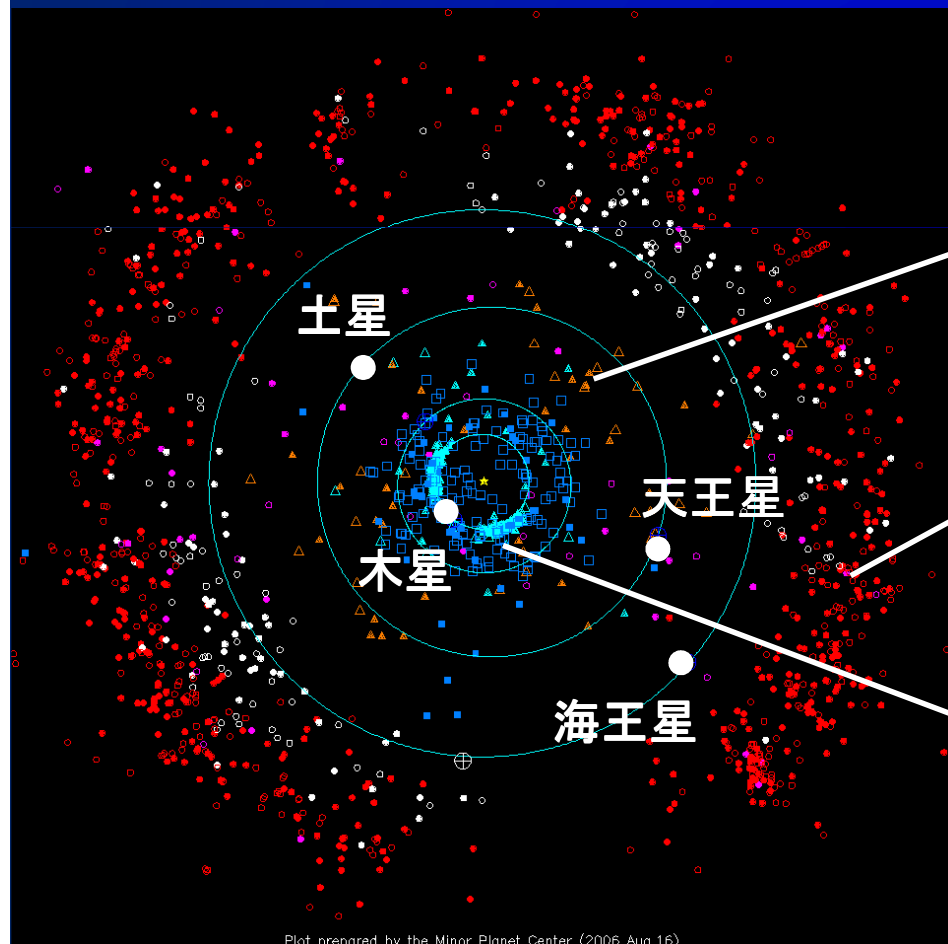


太陽系の小天体たち

太陽系小天体 …… 微惑星の生き残り

変成作用をあまり受けていない → 太陽系の“化石”

太陽系外側部 → 氷小天体



ケンタウルス天体

…… 木星－海王星間に位置する
氷小天体

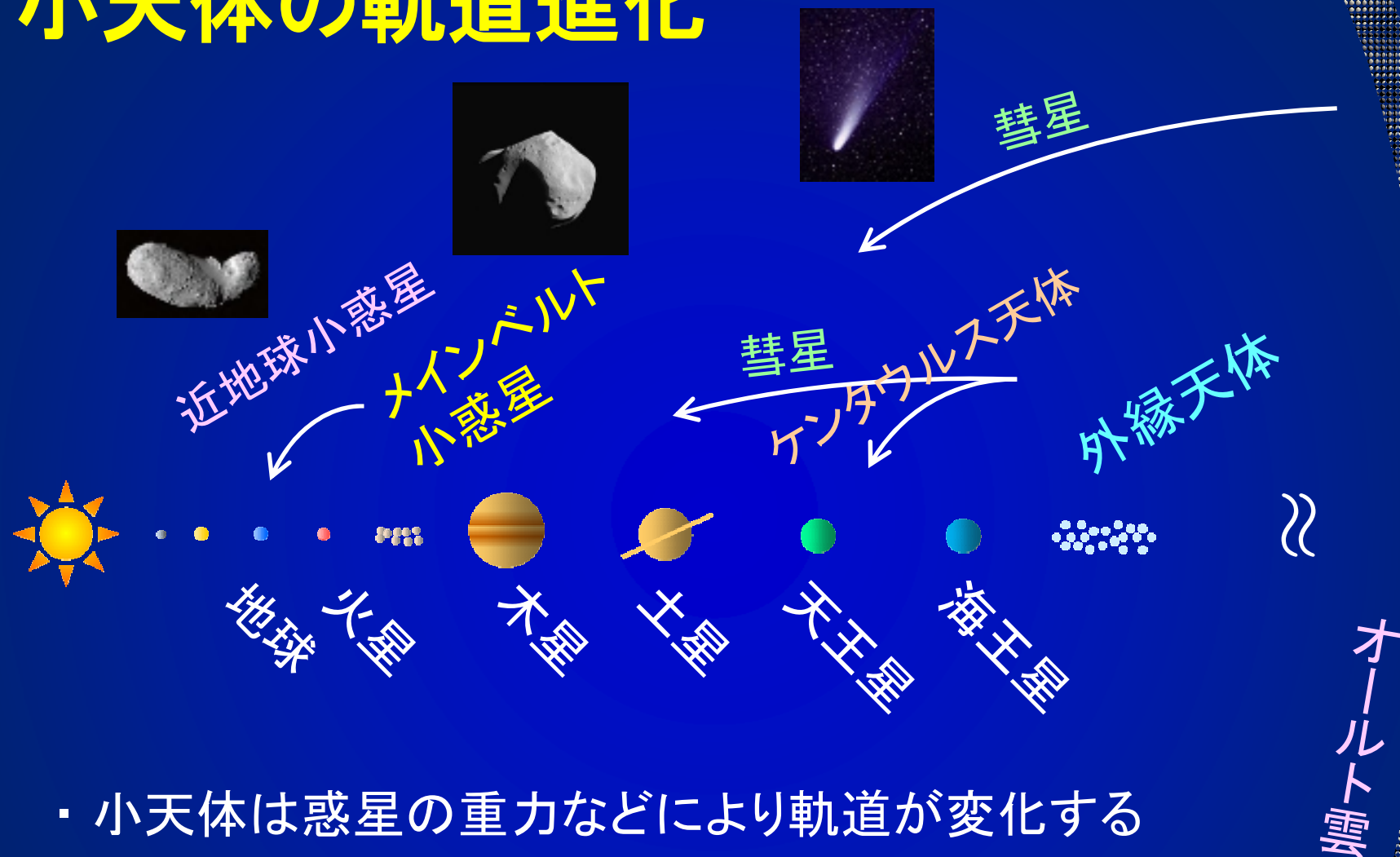
外縁天体(カイパーベルト天体)

…… 海王星軌道の外側領域に
群集する氷小天体

彗星

…… 長い楕円軌道を持ち、コマや
尾を持つ氷小天体

小天体の軌道進化



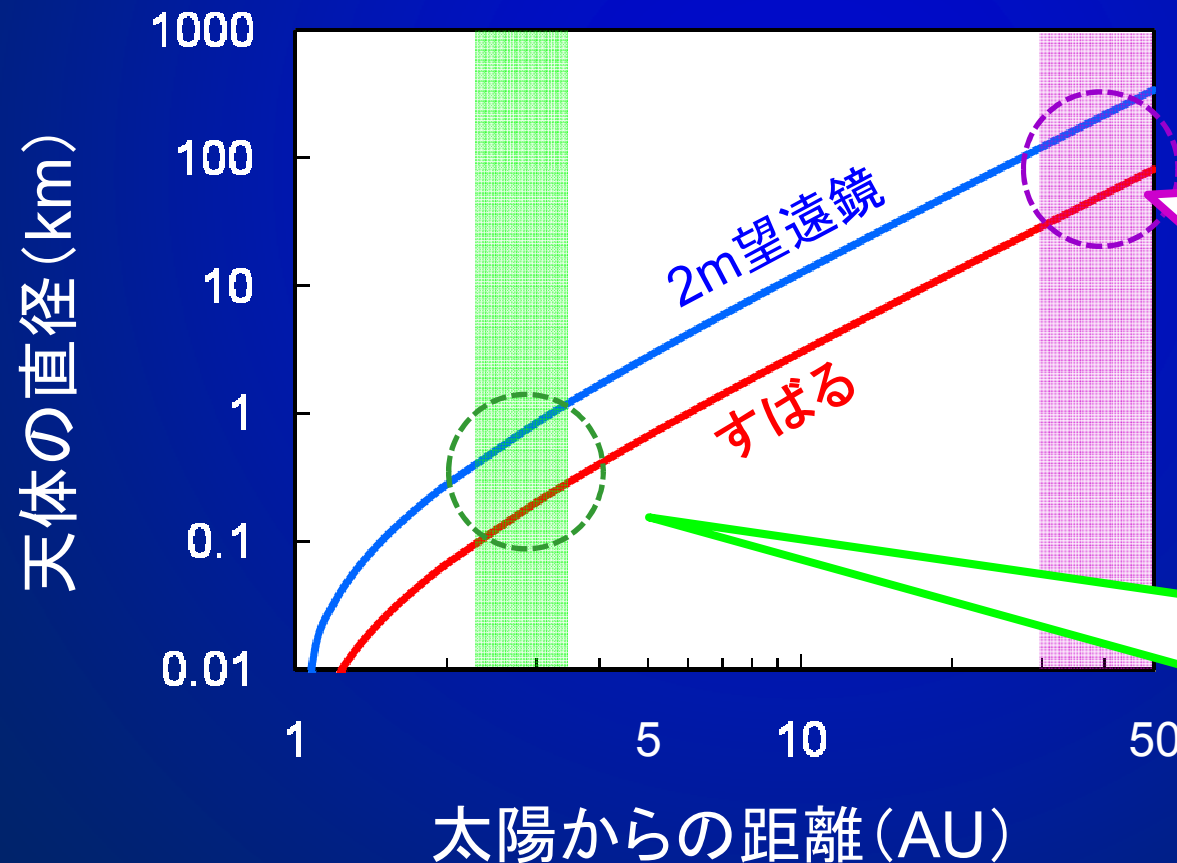
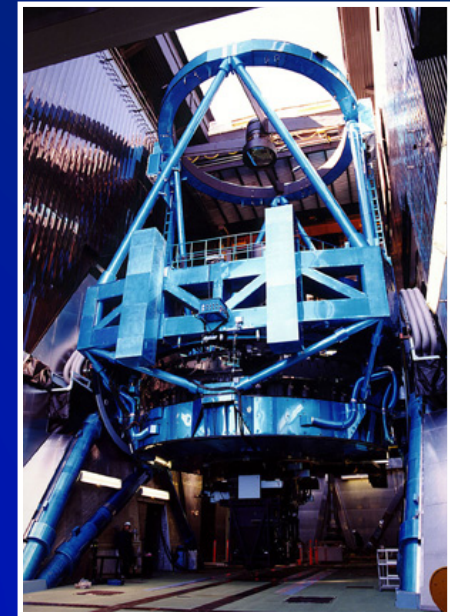
- ・ 小天体は惑星の重力などにより軌道が変化する
- ・ 太陽系初期には大規模な軌道進化を起こしたらしい
- ・ 小天体の起源・進化は太陽系形成過程をひも解く貴重な情報

すばるの威力

8.2 mの大口徑 ⇒ 高い集光力



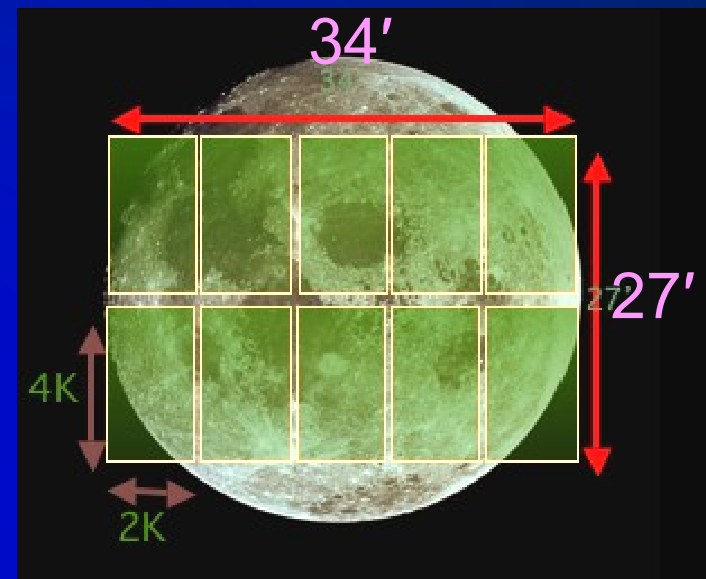
小さな天体／遠く of 天体まで見える



直径数十kmの
外縁天体が
見える！

直径数百mの
メインベルト小惑星
が見える！

主焦点カメラ「Suprime-Cam」



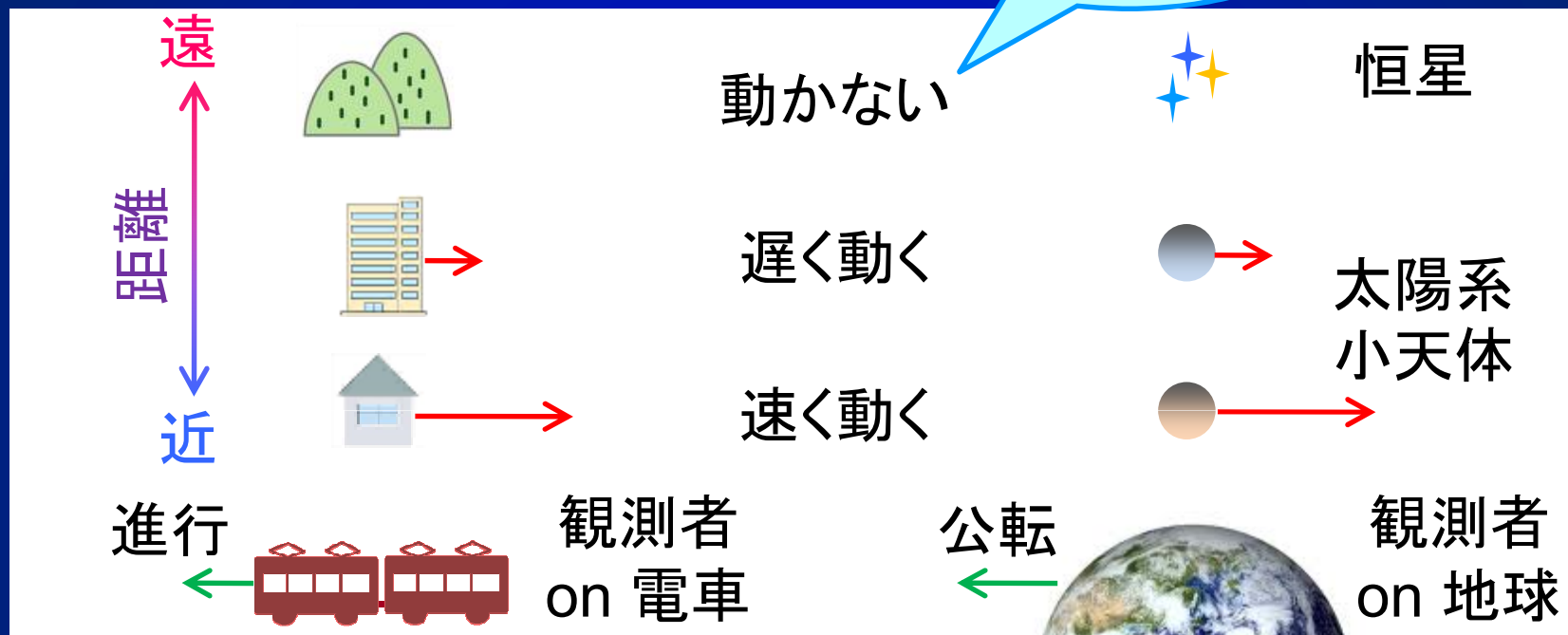
Subaru Prime Focus Camera (Suprime-Cam)

- すばる望遠鏡の主焦点に搭載される可視撮像装置
- 8m級望遠鏡には類を見ない広視野（満月に相当）
- 広い領域から暗い太陽系小天体を探すのに最適

移動天体

太陽系小天体 = 移動天体

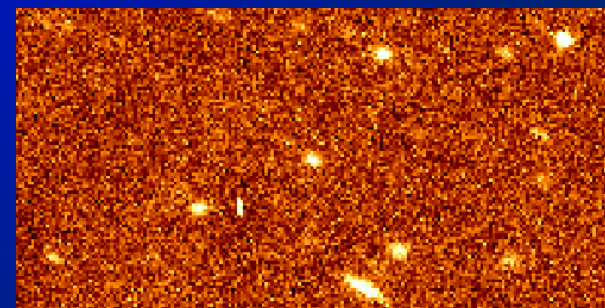
見かけの運動



移動速度 = 小天体の公転速度 - 地球の公転速度

メインベルト小惑星 ~30 "/hr 以上

外縁天体 ~ 3 "/hr

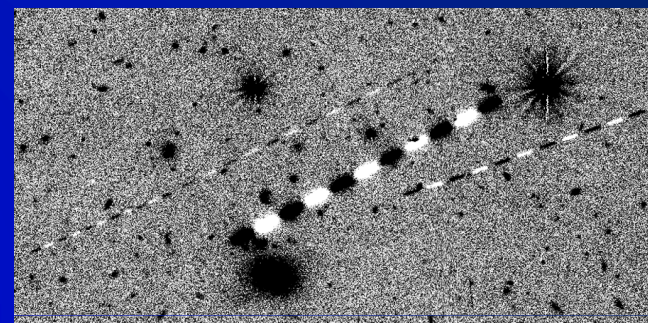


見つけ方

同じ場所を時間を置いて観測 → 移動天体を探す
すばる + Suprime-Camのデータに使用された方法:

- ①画像の足し・引きを繰り返した合成
画像を作成 (Yoshida et al. 2003)

1枚目 - 2枚目 + 3枚目 - 4枚目 + ...

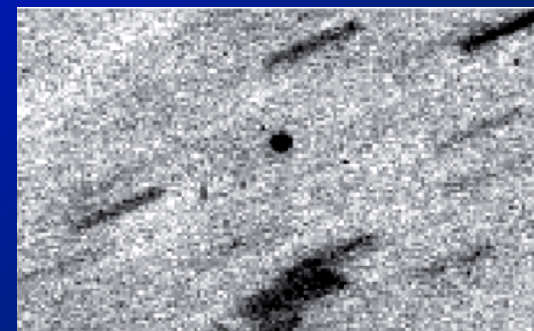


- ②恒星・銀河をマスクした画像を作成 (Terai et al. 2007)

$$\left(\begin{array}{c} \text{1枚目} \\ \text{2枚目} \end{array} \right) \cup \left(\text{マスク画像} \right) \times = \text{結果画像}$$

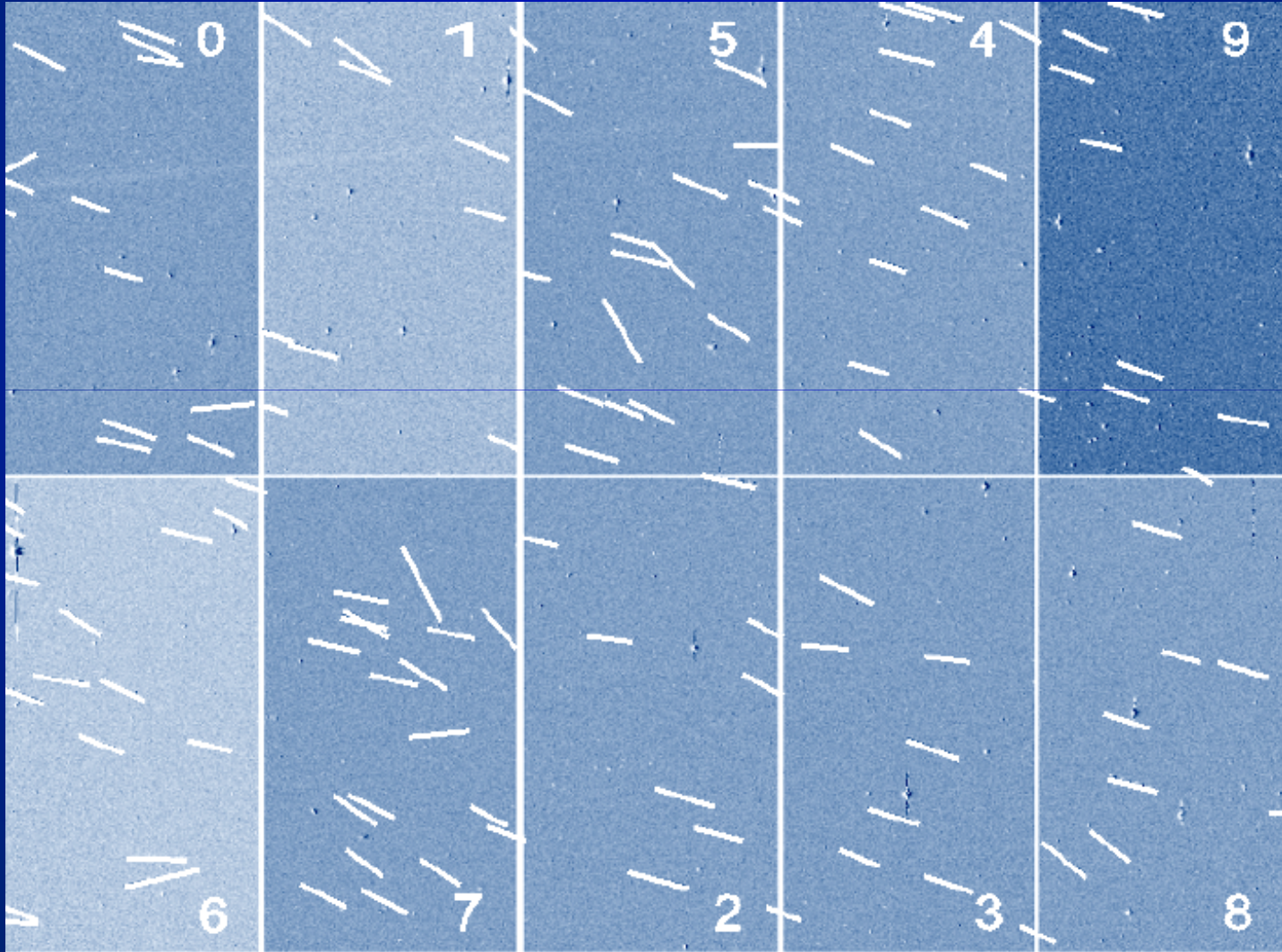
The diagram illustrates the masking process. It shows two orange astronomical images labeled '1枚目' (1st frame) and '2枚目' (2nd frame) being combined with a mask image (orange with black squares) to produce a final result image (orange with black circles). The mask image is represented by a black square on an orange background.

- ③ Shift and Add法 (Yamamoto et al. 2008)
画像を時間とともに動かして重ね合わせる



検出された移動天体

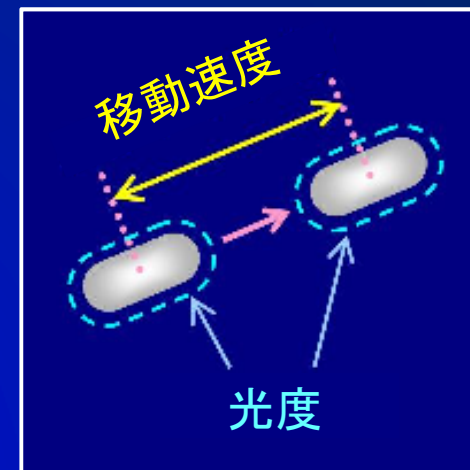
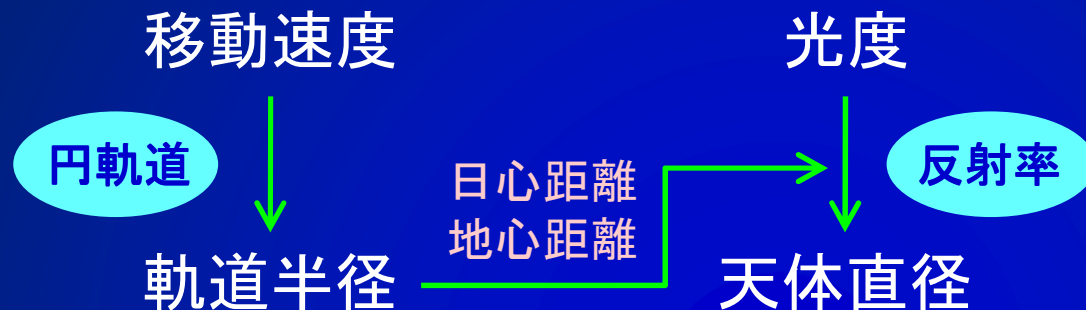
1視野でこんなに(100個くらい)見つかります。



@黄道面領域(Dermawan et al. 2011)

天体サイズ

個々の移動天体から得られる観測量：



直径と個数の関係・・・サイズ分布
「どの大きさの天体がどれだけあるか」

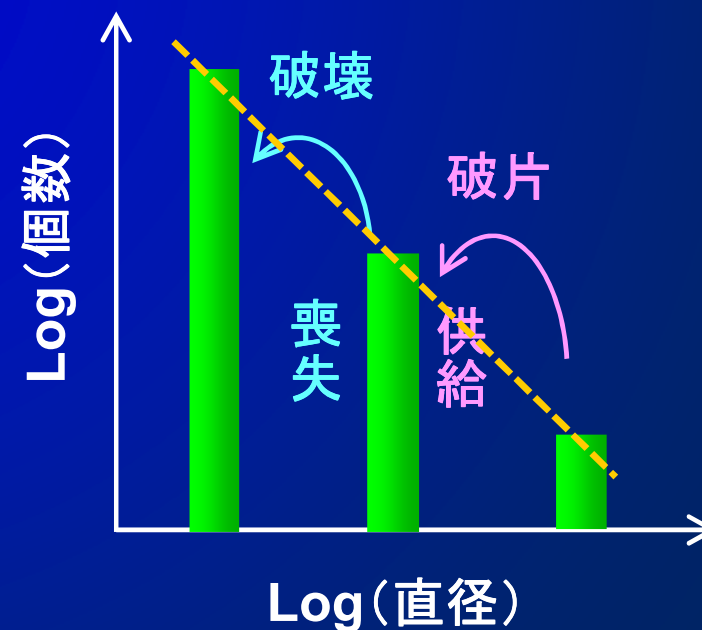
→ 天体の衝突進化を反映



クレーター



破壊



サイズ分布

メインベルト小惑星

すばるによる観測

→ 直径1 km未満のサイズ分布を決定

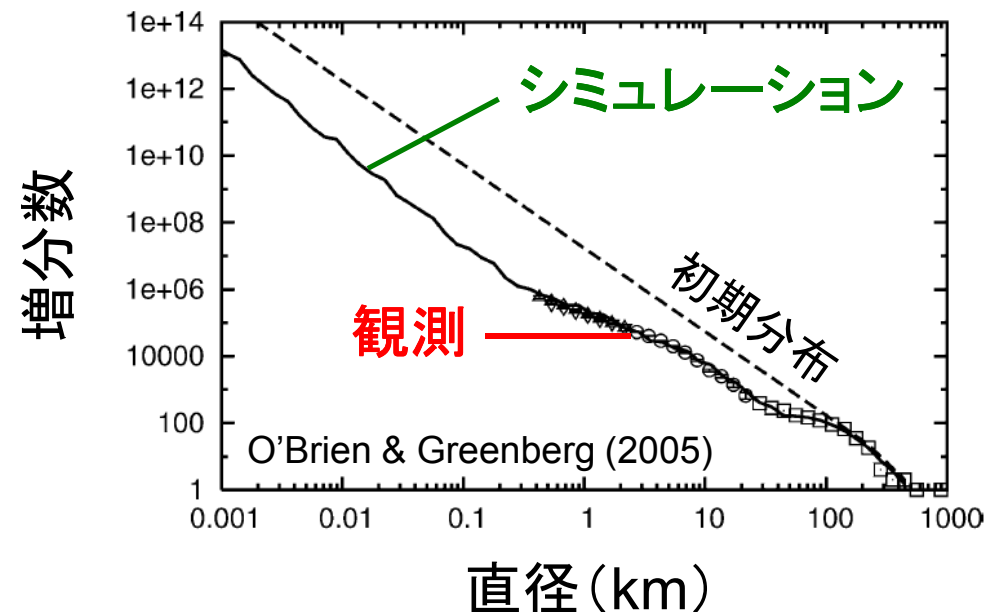
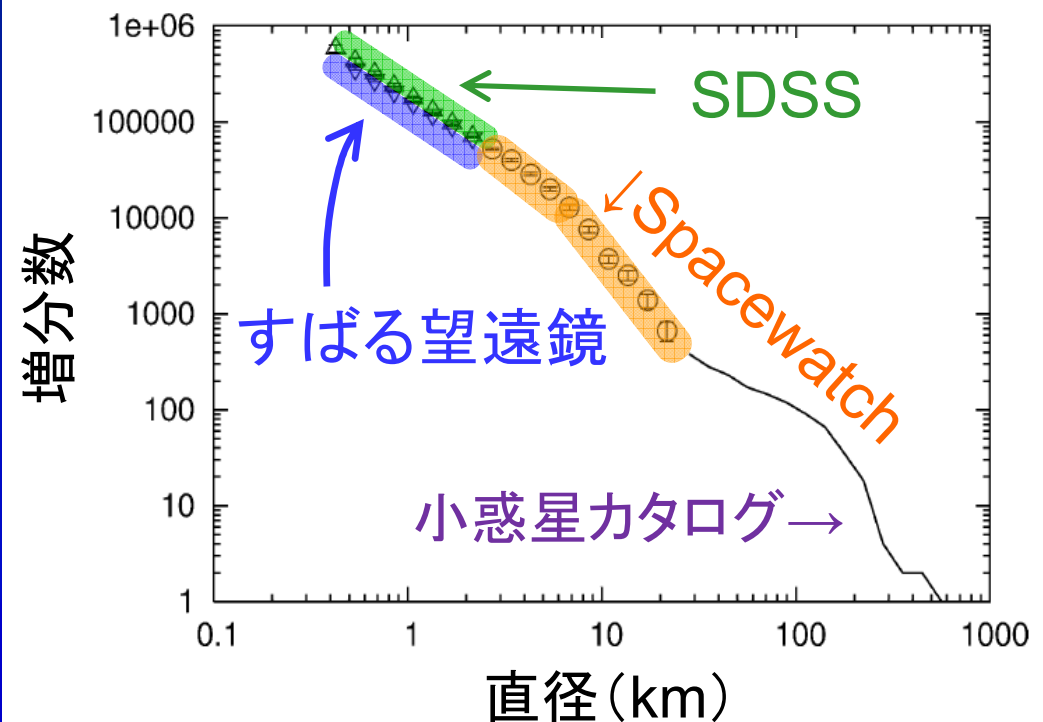
(e.g. Yoshida et al. 2003)



メインベルト惑星の衝突
進化シミュレーション

→ 直径と破壊強度の
関係則などを解明

(e.g. O'Brien & Greenberg 2005)



サイズ分布から探る初期太陽系

サイズ分布は天体の種類によって異なる

→ 小天体の起源・進化を解明するための手掛かり

Strom et al. (2005)

月面の古いクレーター

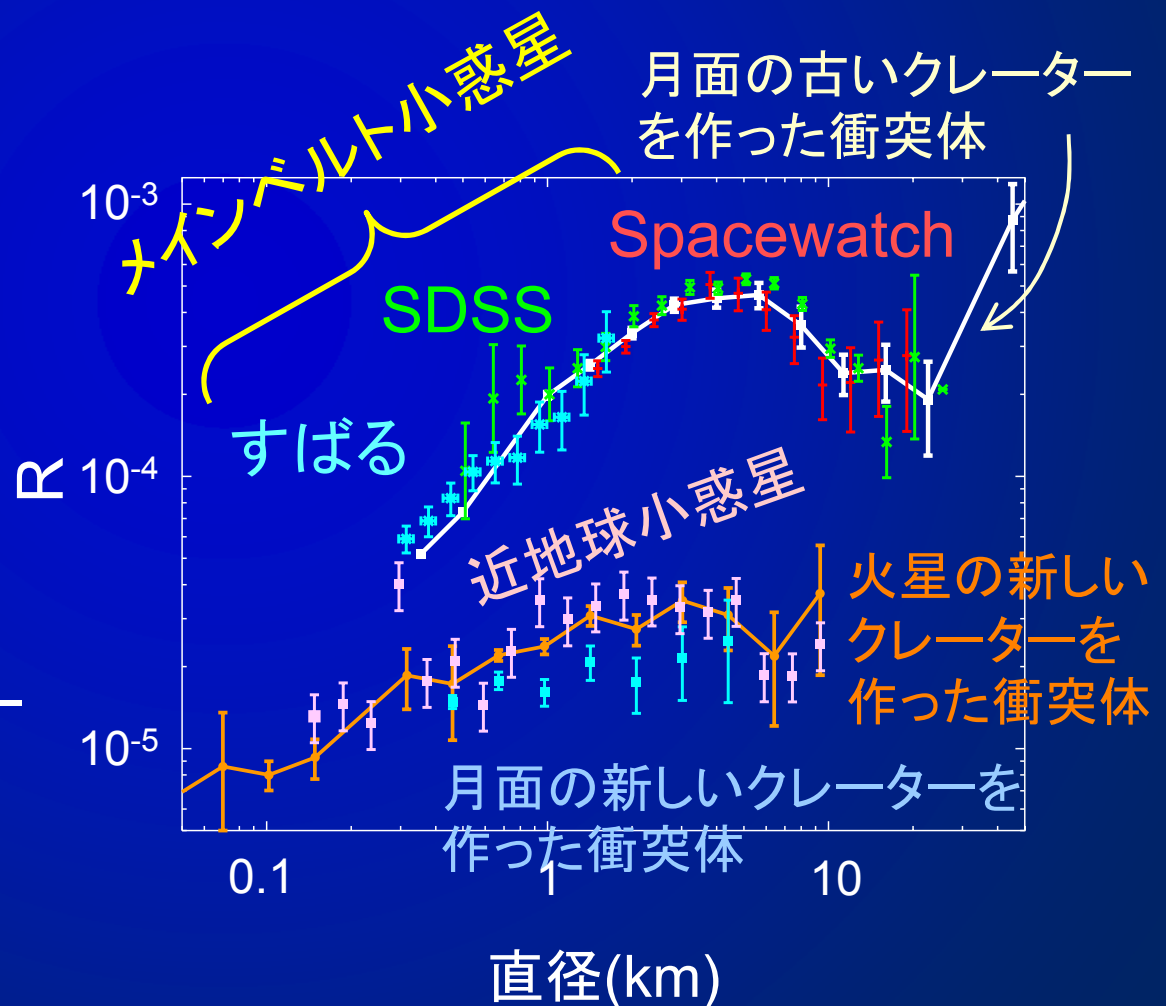


メインベルト小惑星が
起源

月面の新しいクレーター



近地球小惑星が起源



サイズ分布から探る初期太陽系

メインベルト小惑星の間でも軌道傾斜角によって
サイズ分布が異なる

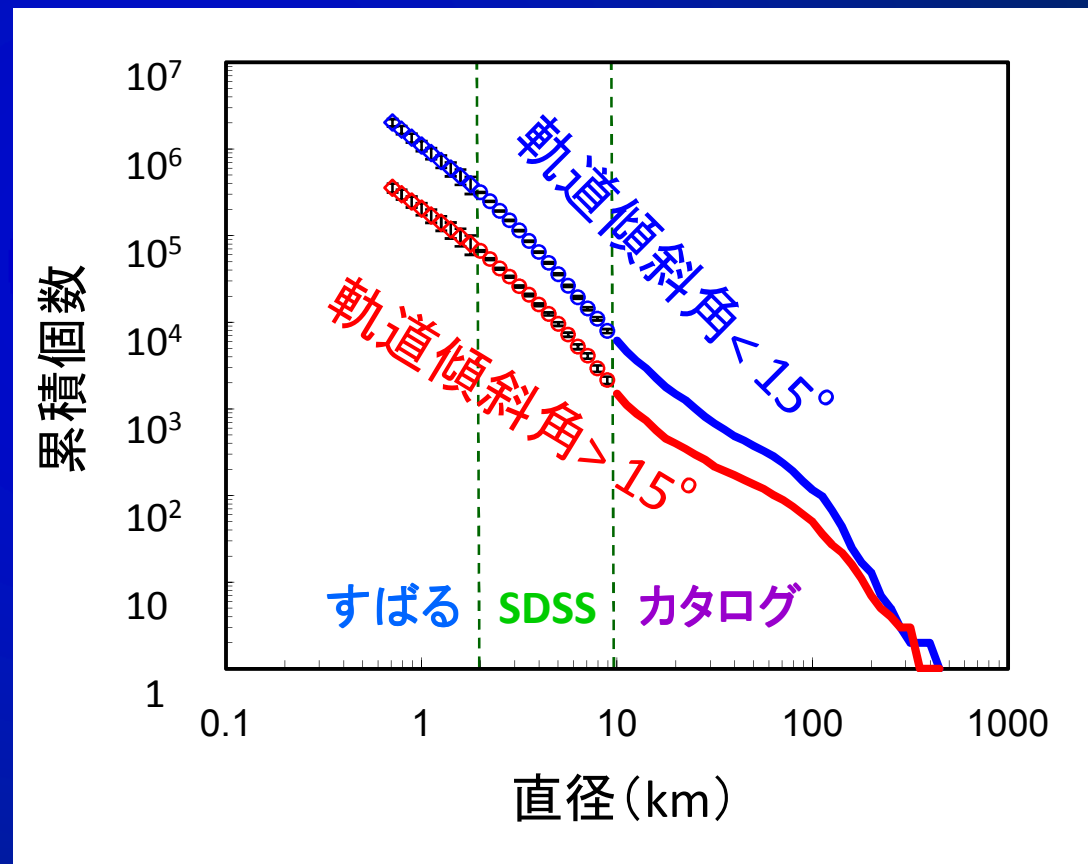
軌道傾斜角が大きい
||
衝突速度が大きい

超高速衝突($\sim 10\text{km/s}$)
下では異なる衝突進化

太陽系初期には超高速
衝突が頻繁に起こっていた



現在とは異なる衝突進化



Teraï & Itoh (2011)

今後の展開

すばる望遠鏡次世代広視野撮像装置

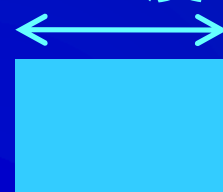
「Hyper Suprime-Cam」

S-Cam 10 CCD chips



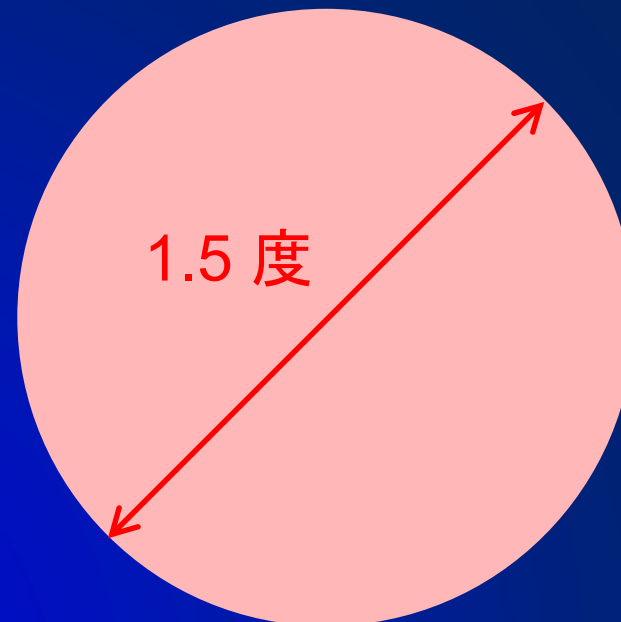
HSC 116 CCD chips

0.5 度



S-Cam

1.5 度



HSC

大規模小天体サーベイ → 惑星移動モデルの構築・検証

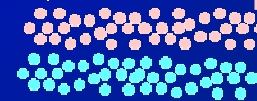
木星トロヤ群



微惑星

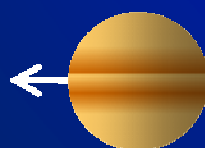


外縁天体



高軌道傾斜角

低軌道傾斜角



内側へ移動



外側へ移動

