木曽広視野カメラTomo-e Gozenと重ね合わせ法による高速移動NEOのサーベイ観測計画

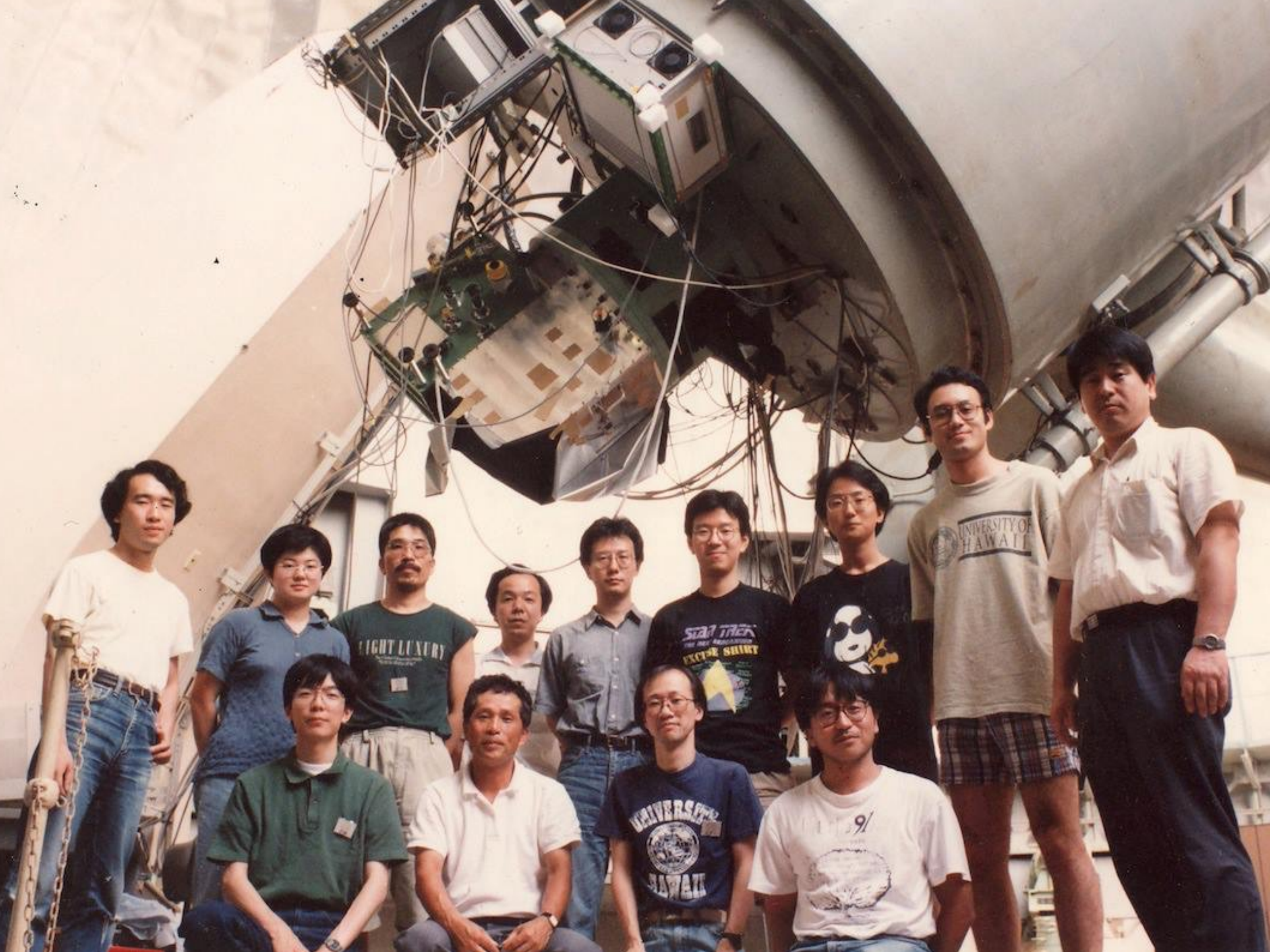
奥村真一郎（日本スペースガード協会）
柳沢俊史（JAXA）、酒向重行（東京大学）、吉川 真（JAXA）
浦川聖太郎（日本スペースガード協会）
大澤 亮、小島悠人（東京大学）
Tomo-e Gozen 開発チーム

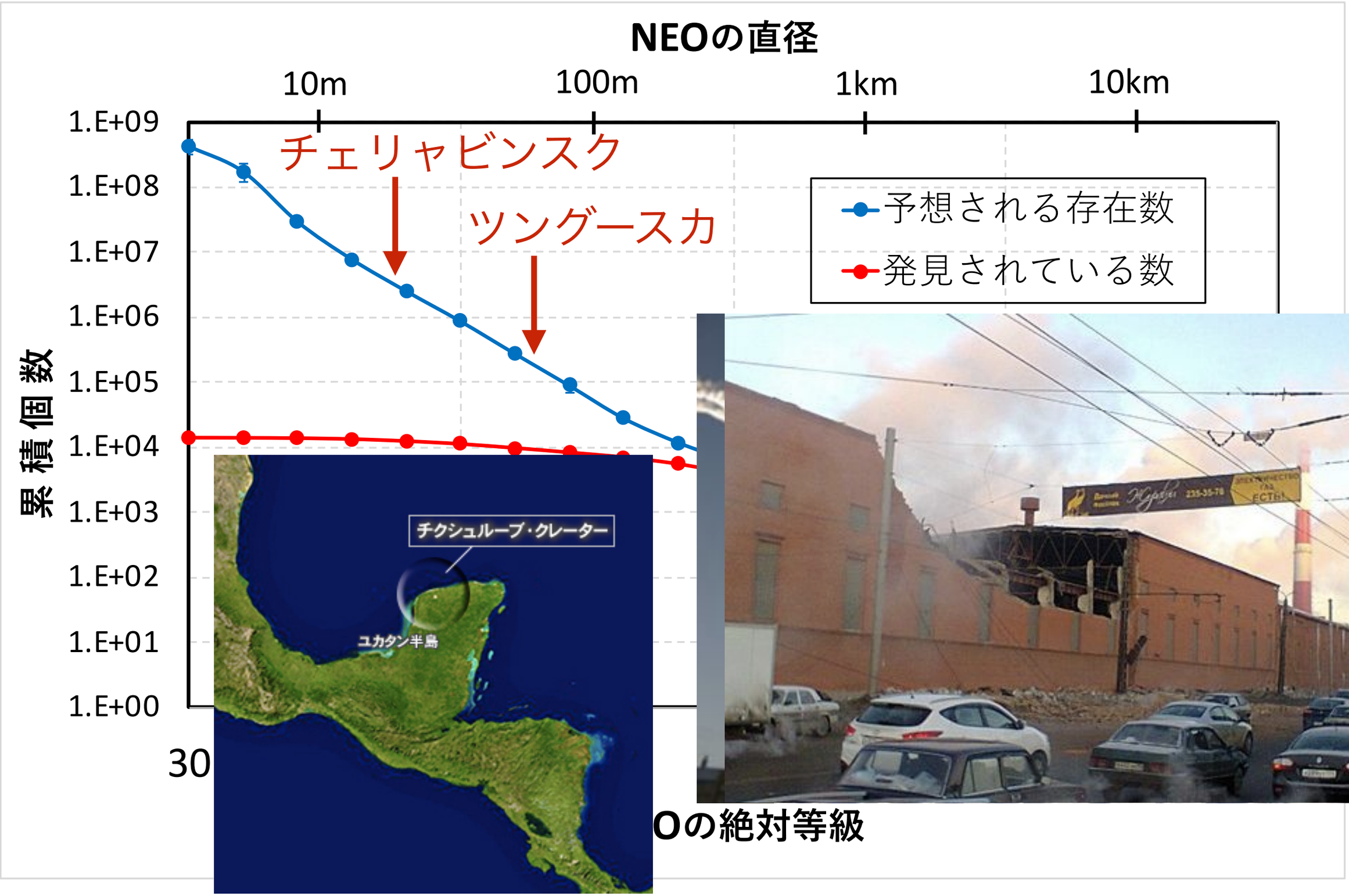
2018.11.3 第11回スペースガード研究会

内容

- NEO(Near Earth Object)と
  スペースガード/プラネタリーディフェンス
- 移動天体の観測とトレイルロス、
  重ね合わせ法について
- Tomo-e Gozenカメラについて
  (NEO観測に対する有効性)
- Tomo-eカメラと重ね合わせ法の組み合わせによる高速移動微小NEO観測計画

NEO(Near Earth Object)と
スペースガード/プラネタリーディフェンス


LIGHT LUXURY
STAR TREK
EXCUSE SHIRT
UNIVERSITY OF HAWAII
UNIVERSITY OF HAWAII


NEOの直径
10m
100m
1km
10km
1.E+09
1.E+08
1.E+07
1.E+06
1.E+05
1.E+04
1.E+03
1.E+02
1.E+01
1.E+00
累積個数
チェリャビンスク
ツングースカ
予想される存在数
発見されている数
チクシュルーブ・クレーター
ユカタン半島
30
Oの絶対等級

サイズの小さいNEOの発見・監視が重要

- 小さい → 暗い
- 地球に近づかないと検出不可
- 地球に近づく → 見かけの移動速度：大

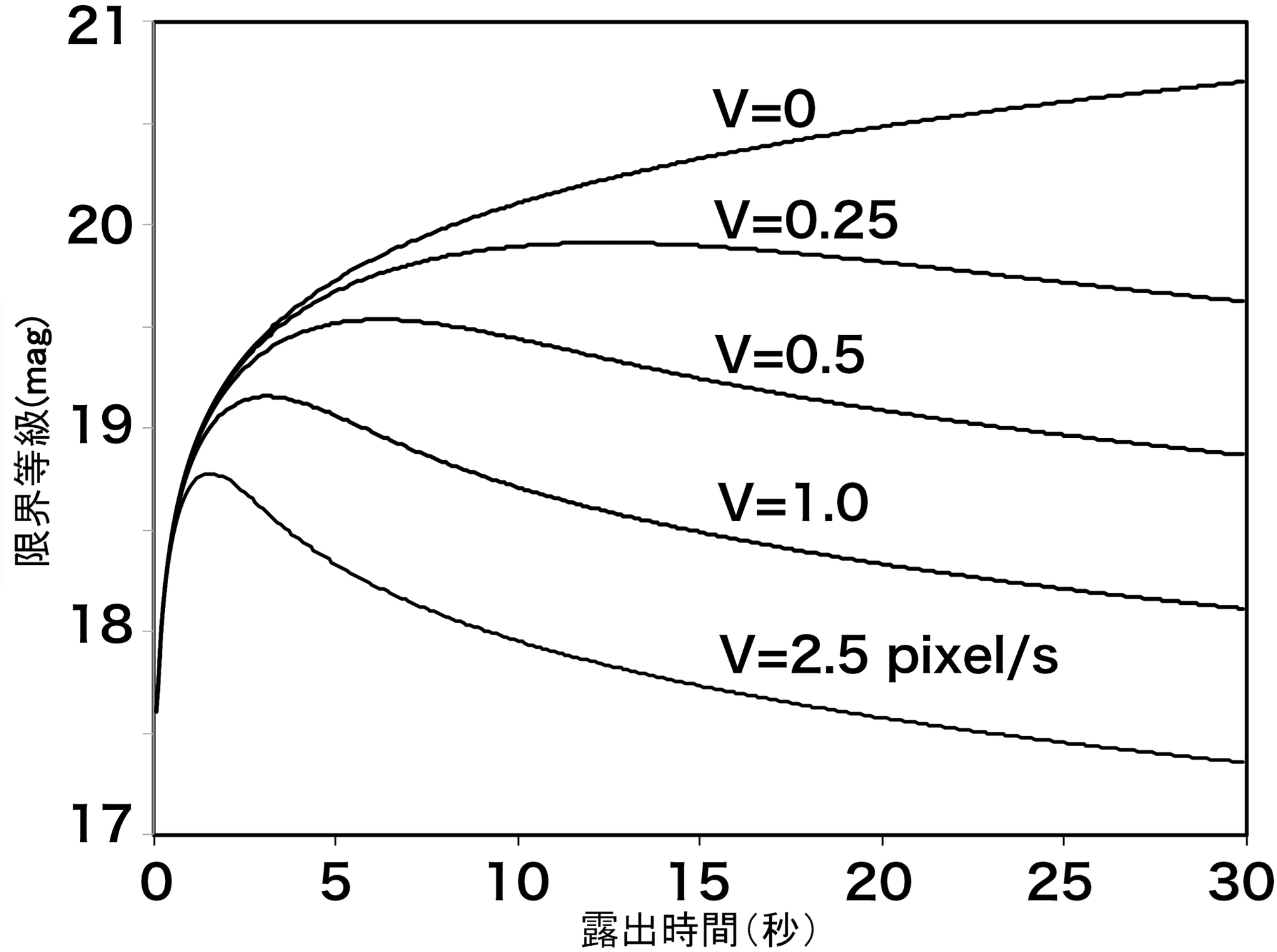
移動天体の観測とトレイルロス、重ね合わせ法について

高速移動天体の観測

・ 移動天

こくい

移動速度と限界等級（トレイルロス）

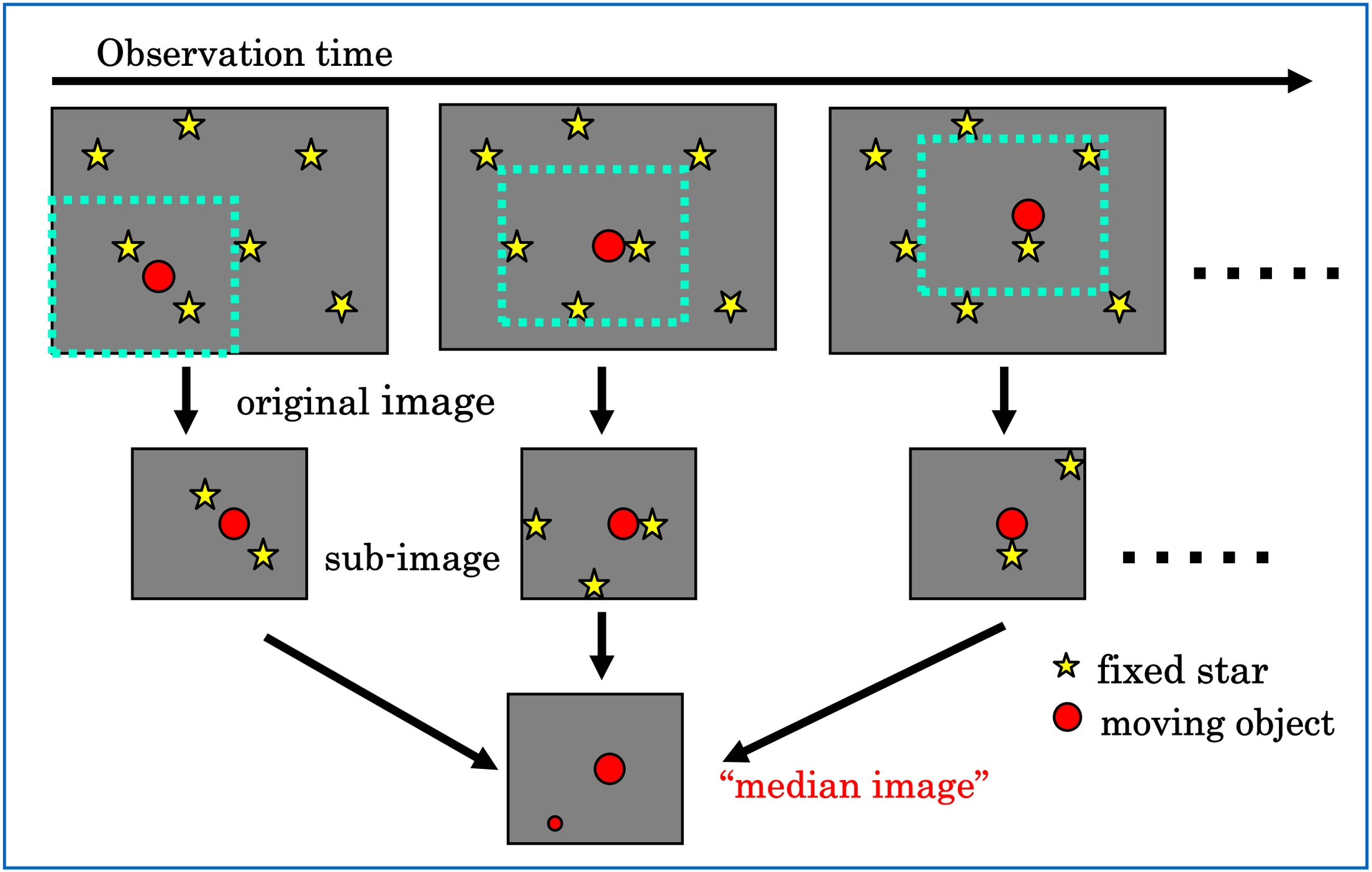


(1m望遠鏡を仮定して計算)

重ね合わせ法による高速移動天体の観測

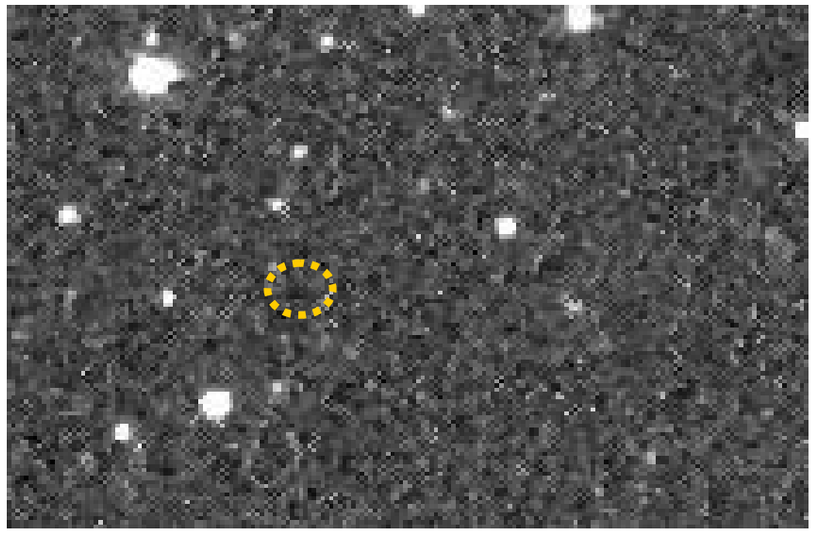
- 移動天体→露出中にトレイルするため検出しにくい
  （トレイルロス）
- 短い露出の画像を足し合わせる「重ね合わせ法」
  Yanagisawa+ 2005, PASJ 57, 399
  柳沢他2017, 天文月報110(10), 645
  <u>あらゆる方向、あらゆる移動速度を仮定</u>して足し合わせ

重ね合わせ法による高速移動天体の観測

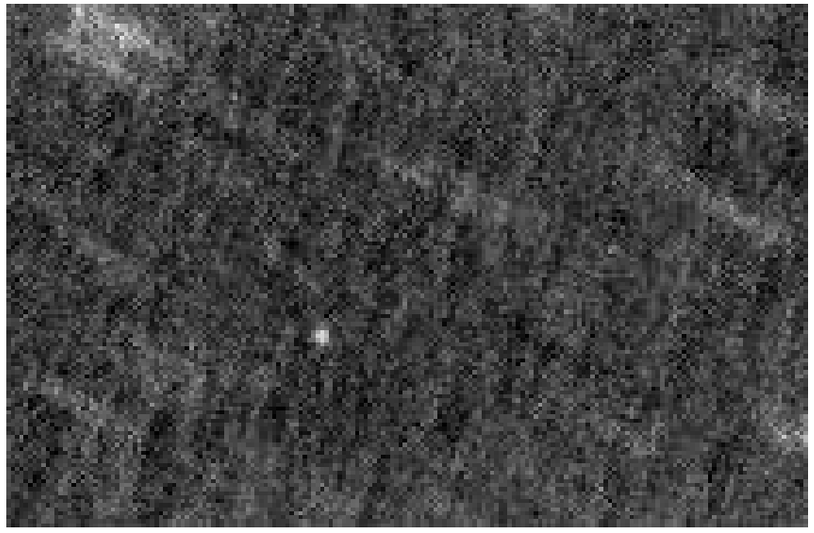


柳沢 他（2002）
第46回宇宙科学技術連合講演会集録より

重ね合わせ法による高速移動天体の観測



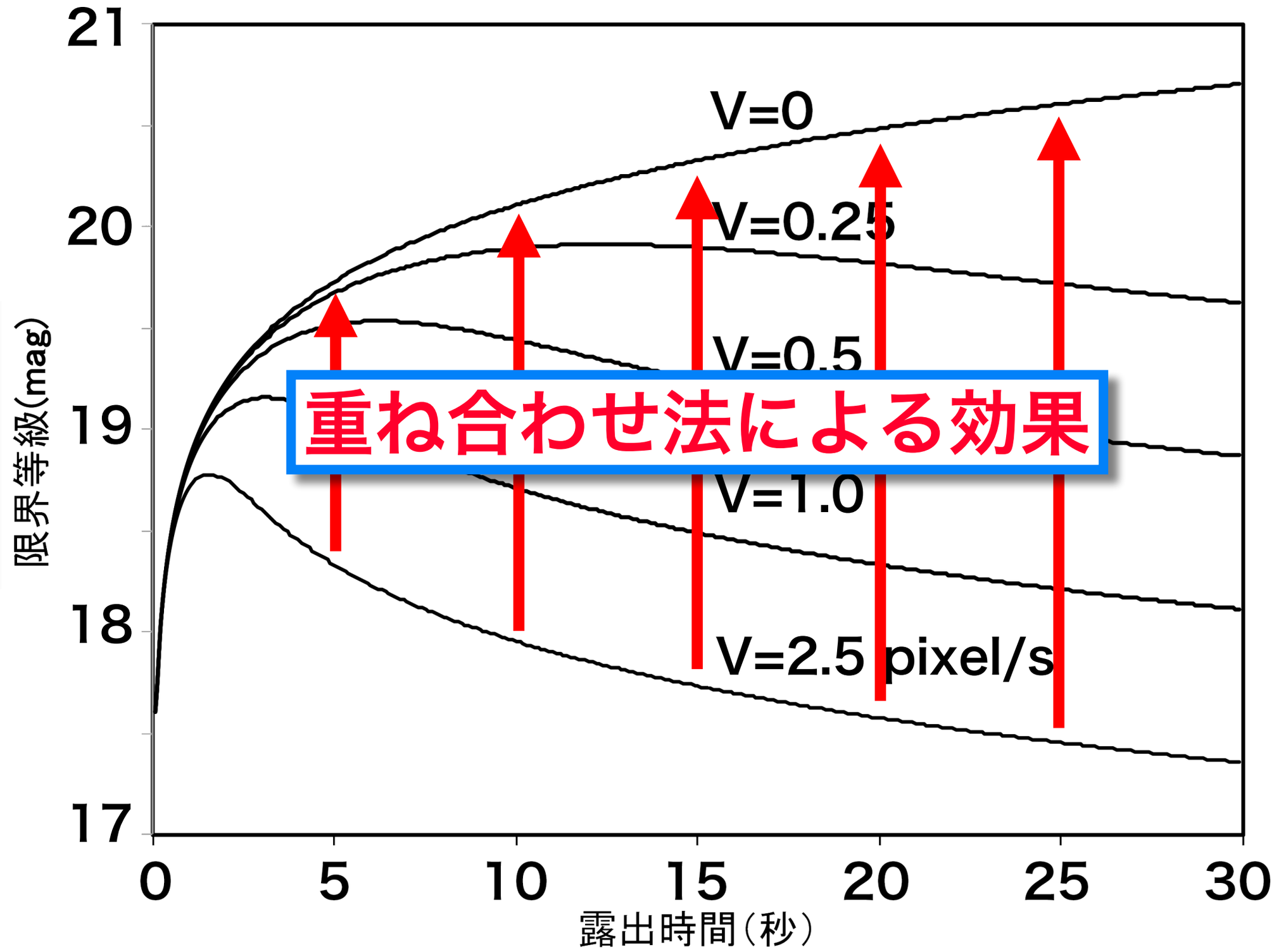
(a)



(b)

柳沢 他（2002）
第46回宇宙科学技術連合講演会集録より

移動速度と限界等級（トレイルロス）

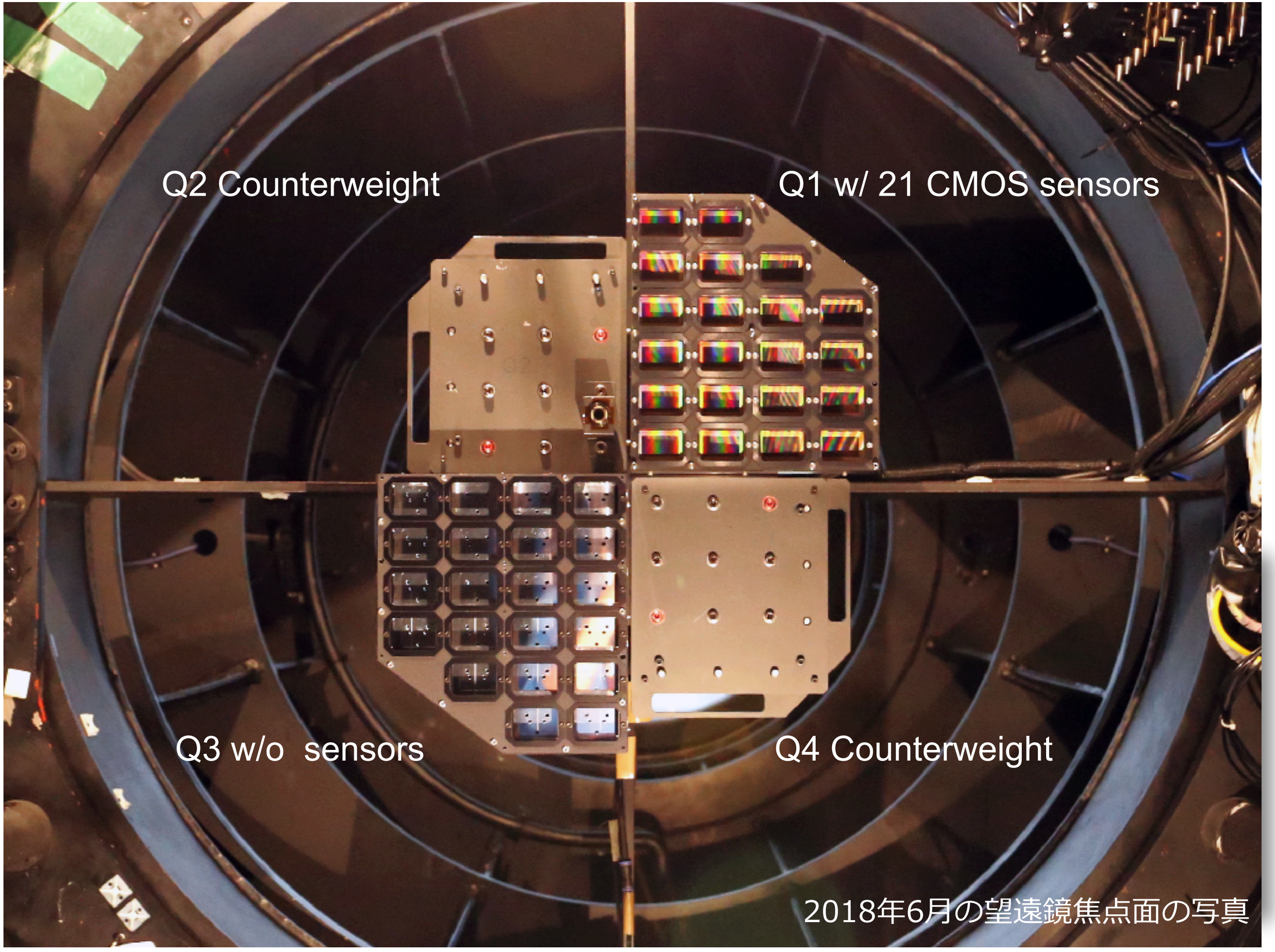


(1m望遠鏡を仮定して計算)

重ね合わせ法による高速移動天体の観測

- 移動天体→露出中にトレイルするため検出しにくい
  （トレイルロス）
- 短い露出の画像を足し合わせる「重ね合わせ法」
  ➡ Yanagisawa+ 2005, PASJ 57, 399
  ➡ 柳沢他2017, 天文月報110(10), 645
  <u>あらゆる方向、あらゆる移動速度を仮定</u>して足し合わせ
- マシンパワーが必要
  → 解析時間の短縮のためにはFPGAボードの導入と
  アルゴリズムの最適化が必要

Tomo-e Gozen カメラについて



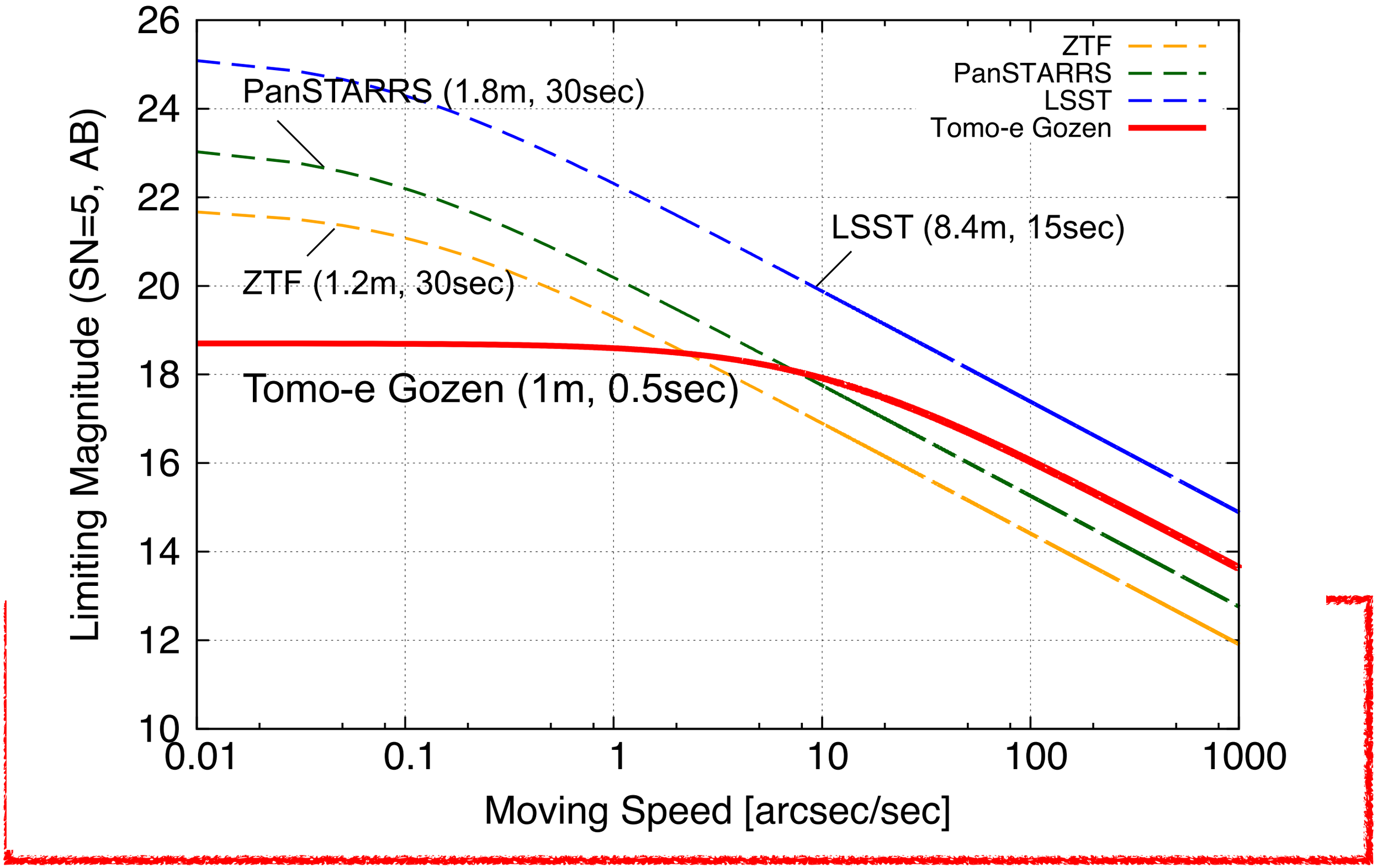
2018年6月の望遠鏡焦点面の写真

Tomo-e Gozenカメラによる
高速移動微小天体(地球接近小惑星)の観測

- 広視野・高速カメラという特徴

↓

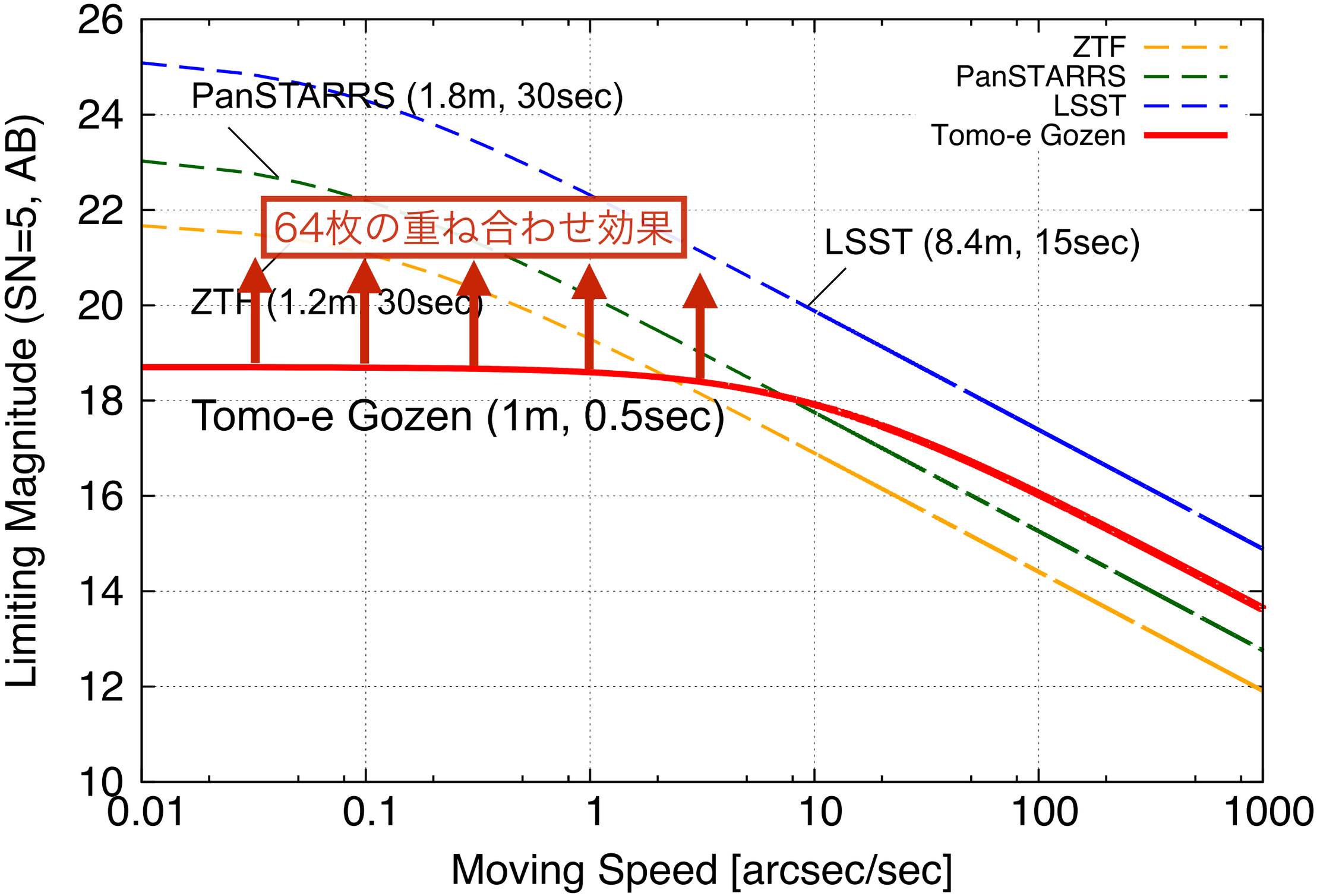
Tomo-e Gozenカメラは移動天体に対して非常に有効
（本研究会小島他講演）



移動天体に対する感度（本研究会小島他講演）

Tomo-e カメラと重ね合わせ法による高速移動微小天体(地球接近小惑星)の観測

例えば　0.5秒露出×64枚重ね合わせ → ~ 20–21mag



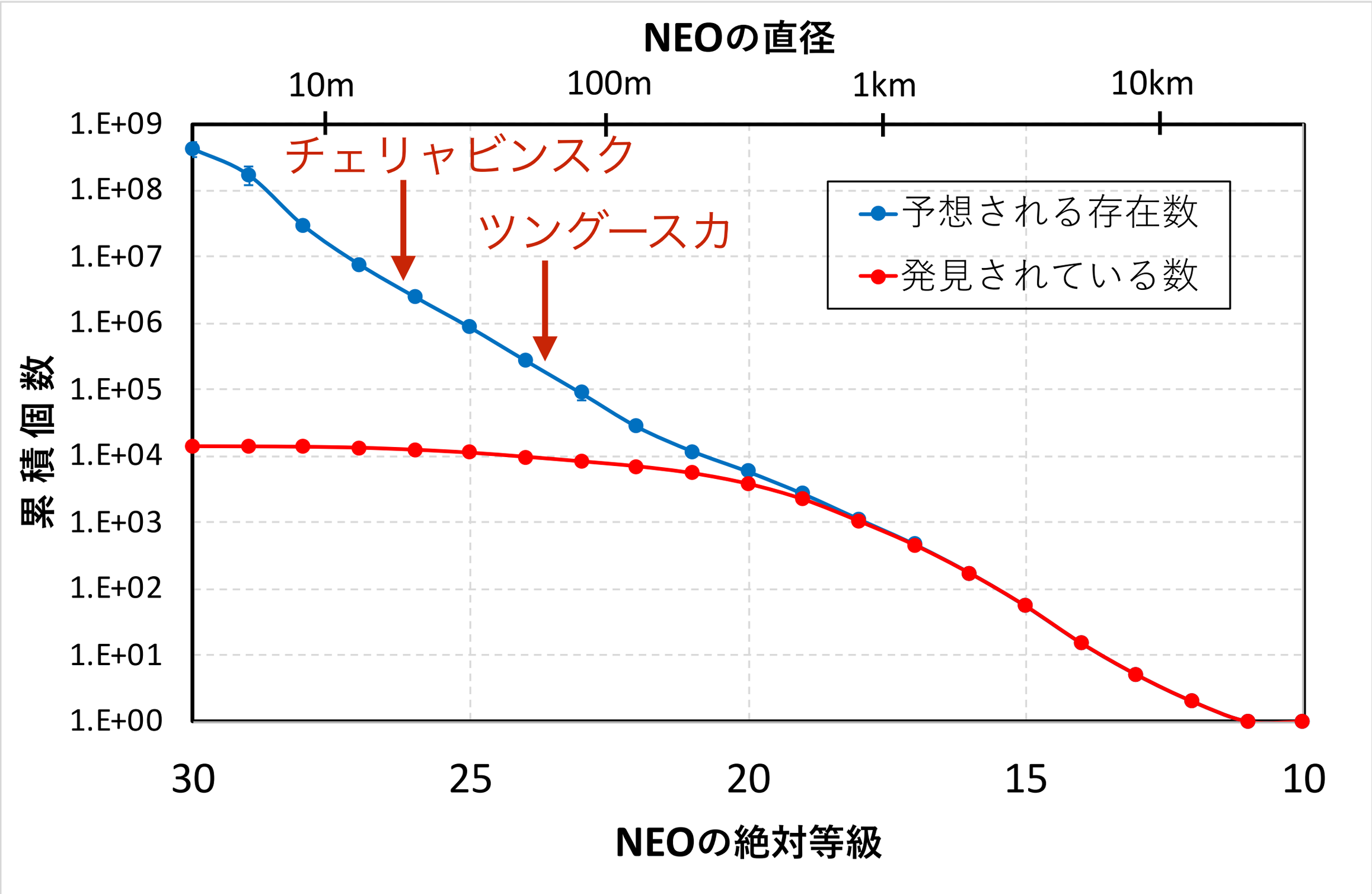
移動天体に対する感度（本セッション小島他講演）

Tomo-e カメラと重ね合わせ法による
高速移動微小天体(地球接近小惑星)の観測

例えば　0.5秒露出×64枚重ね合わせ → ~ 20–21mag

↓

2”/s 程度移動する天体に対しての感度は
8m級望遠鏡に相当！！


NEOの直径
10m
100m
1km
10km
1.E+09
1.E+08
1.E+07
1.E+06
1.E+05
1.E+04
1.E+03
1.E+02
1.E+01
1.E+00
累積個数
チェリャビンスク
ツングースカ
予想される存在数
発見されている数
30
25
20
15
10
NEOの絶対等級

実施計画(スケジュール)

- 今年度
  - Tomo-eの開発、試験データ取得
  - FPGAシステムをJAXA調布と美星スペースガードセンターに導入、
    解析アルゴリズムの検討・開発・最適化
- 来年度以降
  - FPGAシステム＋必要な計算機類を木曽観測所に導入
  - 即時解析パイプラインの構築
  - 即時フォローアップ観測体制の構築

検出NEOのフォローアップ体制

- 移動天体発見時、見失ってしまわないために
  即時フォローアップ観測が必要

↓

- Minor Planet Centerに報告
- 美星スペースガードセンターでの
  即時フォローアップ観測を予定

まとめ

- スペースガード/プラネタリー・ディフェンスの観点から数十mクラスのNEOを発見、軌道を把握する事が重要
- Tomo-e Gozenカメラと重ね合わせ法の組み合わせによる高速移動NEOの観測

移動速度によっては8m級望遠鏡に相当する感度を達成