

# 地上中間赤外線 スロースキャン観測

東京大学理学系研究科天文学教育研究センター 研究員

大澤 亮

宮田 隆志, 酒向 重行, 上塚 貴史, 岡田 一志,  
毛利 清, 内山 S. 允史, 山口 淳平, 池田 思朗, 森井 幹雄, 藤吉 拓哉

2016.11.24 第6回 可視赤外線観測装置技術ワークショップ

# 講演内容

1. チョッピング観測について
2. スロースキャン観測のススメ
3. Subaru/COMICS による試験観測結果

地上中間赤外線スロースキャン観測

# チョッピング観測のおさらい

# 地上中間赤外線観測

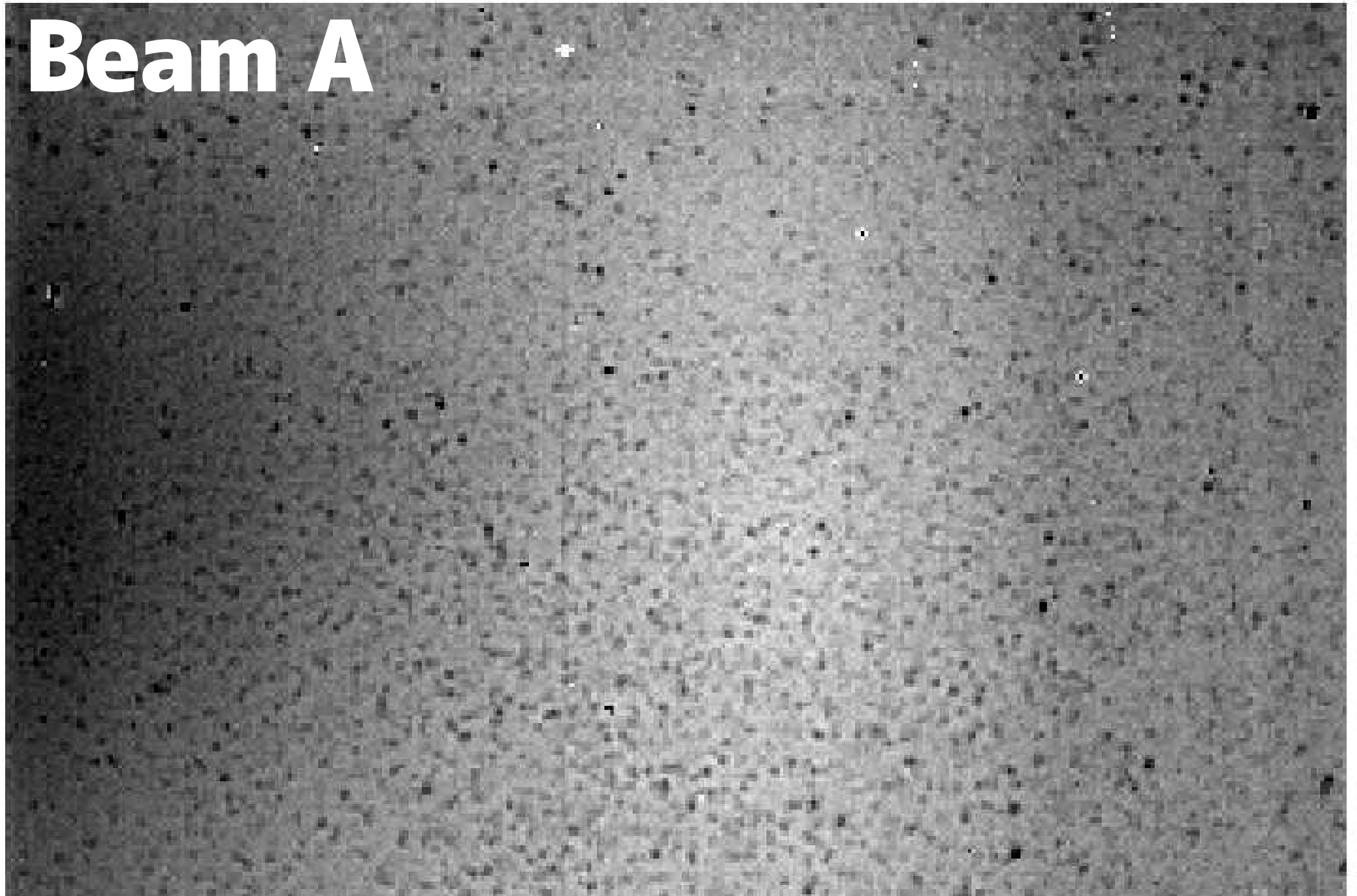
1. 惑星形成過程の解明
2. バイオマーカーになる分子の観測
3. 星間ダストの科学進化の解明

1. 明るく輝く大気 & 望遠鏡
2. 地球大気による強い吸収
3. 絶滅危惧種

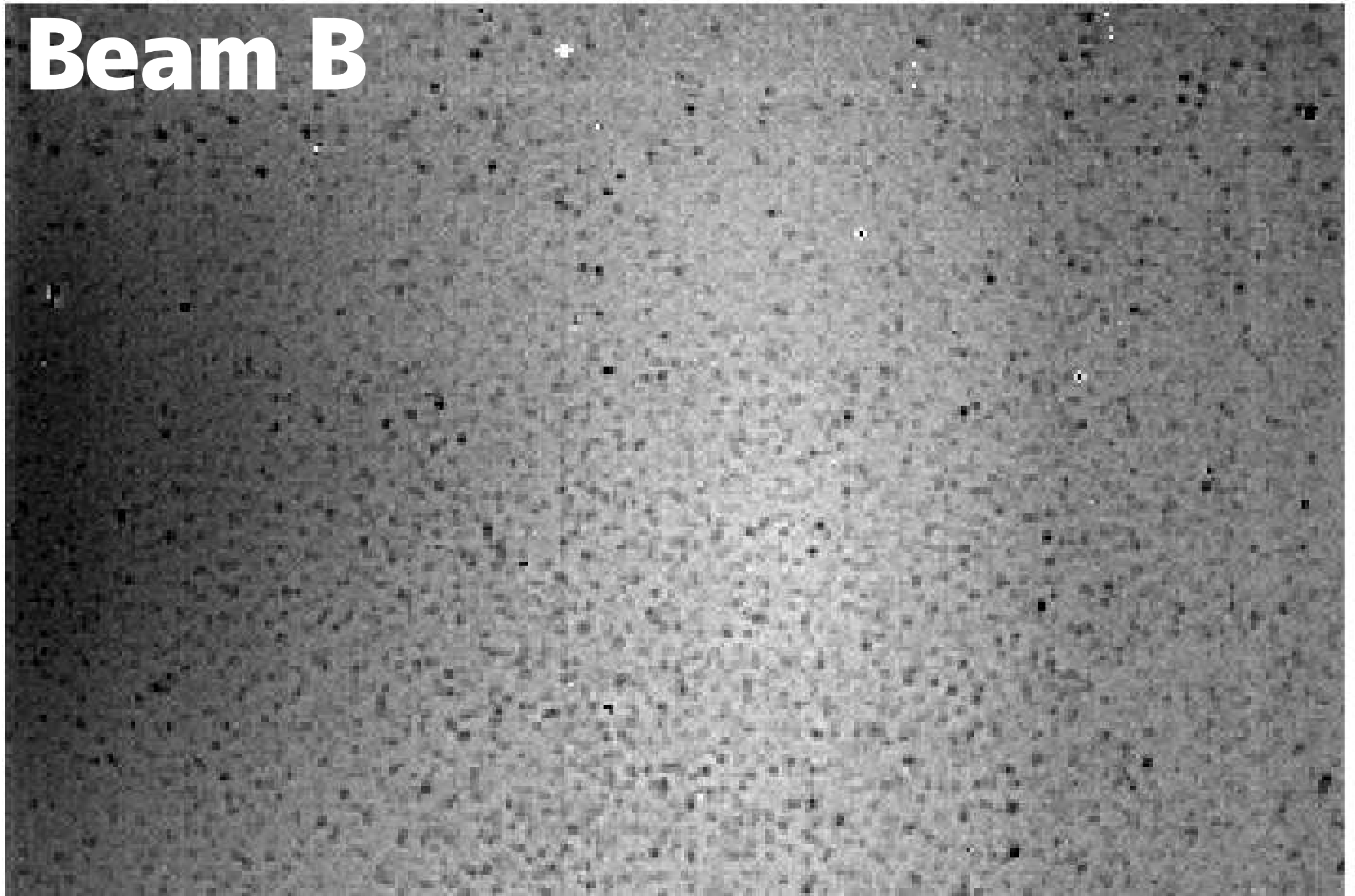
# チョッピング観測

Beam を高速( $\lesssim 1$  Hz)で切り替える差分観測

# Beam A



# Beam B



# Subtracted

Positive

Negative





# チョッピング観測

ピクセル値

天体からのシグナル

大気放射

望遠鏡

バイアス値

ノイズ項

$$I_n(t) = f_n \left( S_n(t) + A_n(t) + T_n(t) \right) + B_n(t) + \varepsilon_n(t)$$

フラット

$$\begin{cases} S_n(t) \ll A_n(t) & : \text{大気放射が圧倒的に強い} \\ S_n(t) \ll f_n \delta A_n(t) & : \text{検出器感度のばらつきが大きい} \end{cases}$$

**背景放射を周辺のピクセルから推定できない**

n: ピクセル位置  
t: 観測時刻

f: ピクセル感度ムラ (フラットフレーム)

S: 天体からのシグナル

A: 大気放射によるシグナル

T: 望遠鏡・装置からの放射によるシグナル

B: バイアスなどの寄与

$\varepsilon$ : ノイズ成分

# チョッピング観測

- すばる望遠鏡など  
tip-tilt secondary mirror で実現
- MAX38, MIMIZUKU, MICHI, METIS など  
冷却光学系内部に tip-tilt mirror を装備  
明日 25 日 9:00 より TMT/MICHI 用チョッパの開発報告 (毛利ほか)

**本発表**

**チョッピングを用いない観測手法の開発**

地上中間赤外線スロースキャン観測

スロースキャン観測のススメ

# チョッピング観測の課題

- tip-tilt mirror は大型望遠鏡に不向き
- cold chopper は技術的に難しい

⇒ チョッピング以外の手法を確保したい

- pixel 単位の差分

⇒ "単素子" での観測と変わらない  
アレイ検出器の利点を活かしていきたくない

# 地上中間赤外線観測の特徴

$$I_n(t) = f_n S_n(t) + f_n (A_n(t) + T_n(t)) + B_n(t) + \varepsilon_n(t)$$

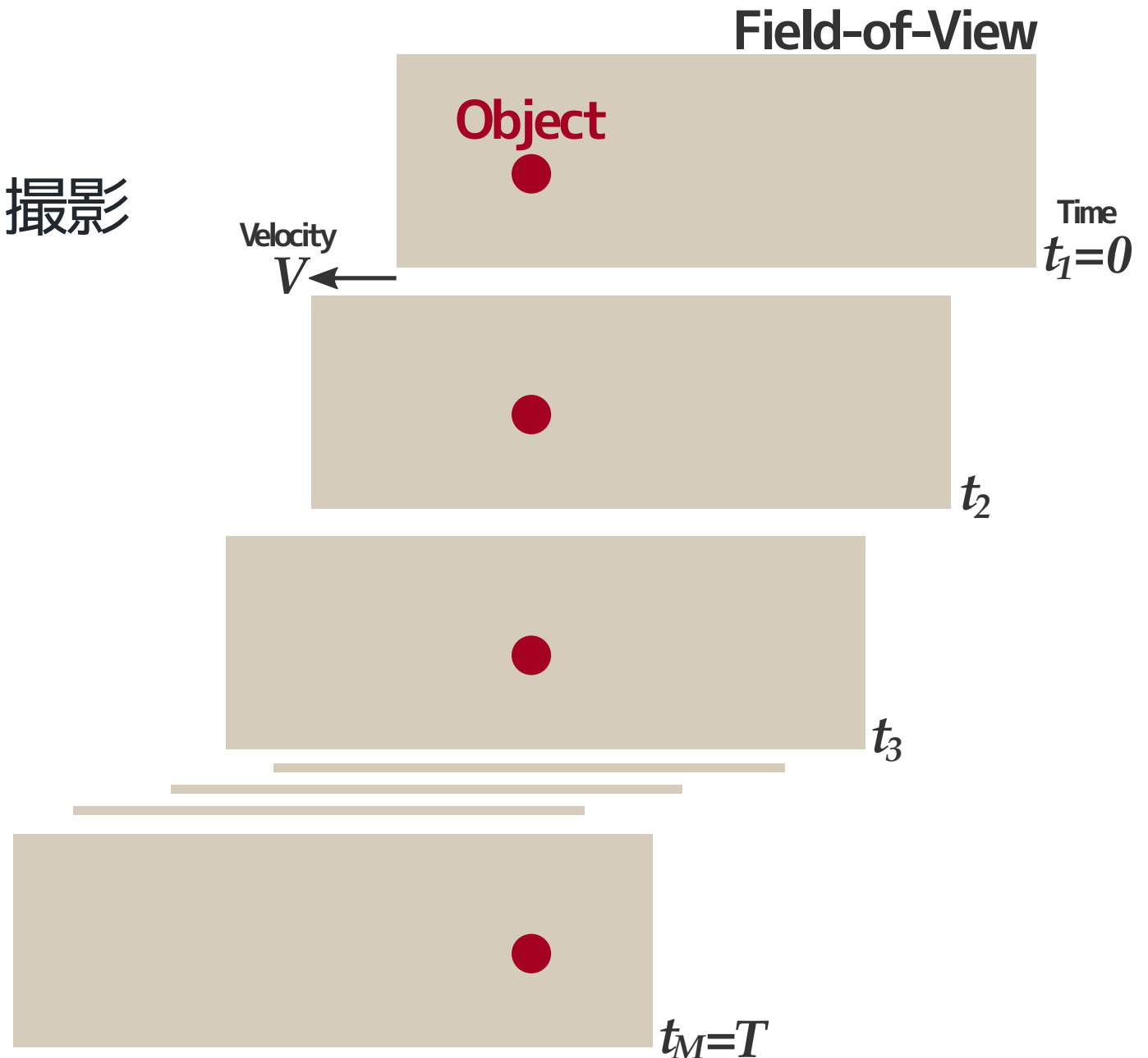
欲しい情報

特に要らない情報

- ↪ 空間 or 時間的にあまり変動しない成分
- ↪ 位相空間で少ない基底で表現可能

# スキャン観測のススメ

- ⇒ 望遠鏡を低速度で動かし続ける  
速度  $V \sim 0.1''/s$
- ⇒ 連続して撮像することで動画を撮影  
積分時間  $t \sim 1s$



# 地上中間赤外線観測の特徴

$$I_n(t) = f_n S_n(t) + f_n (A_n(t) + T_n(t)) + B_n(t) + \varepsilon_n(t)$$

欲しい情報

特に要らない情報

- ↪ 空間 or 時間的にあまり変動しない成分
- ↪ 位相空間で少ない基底で表現可能



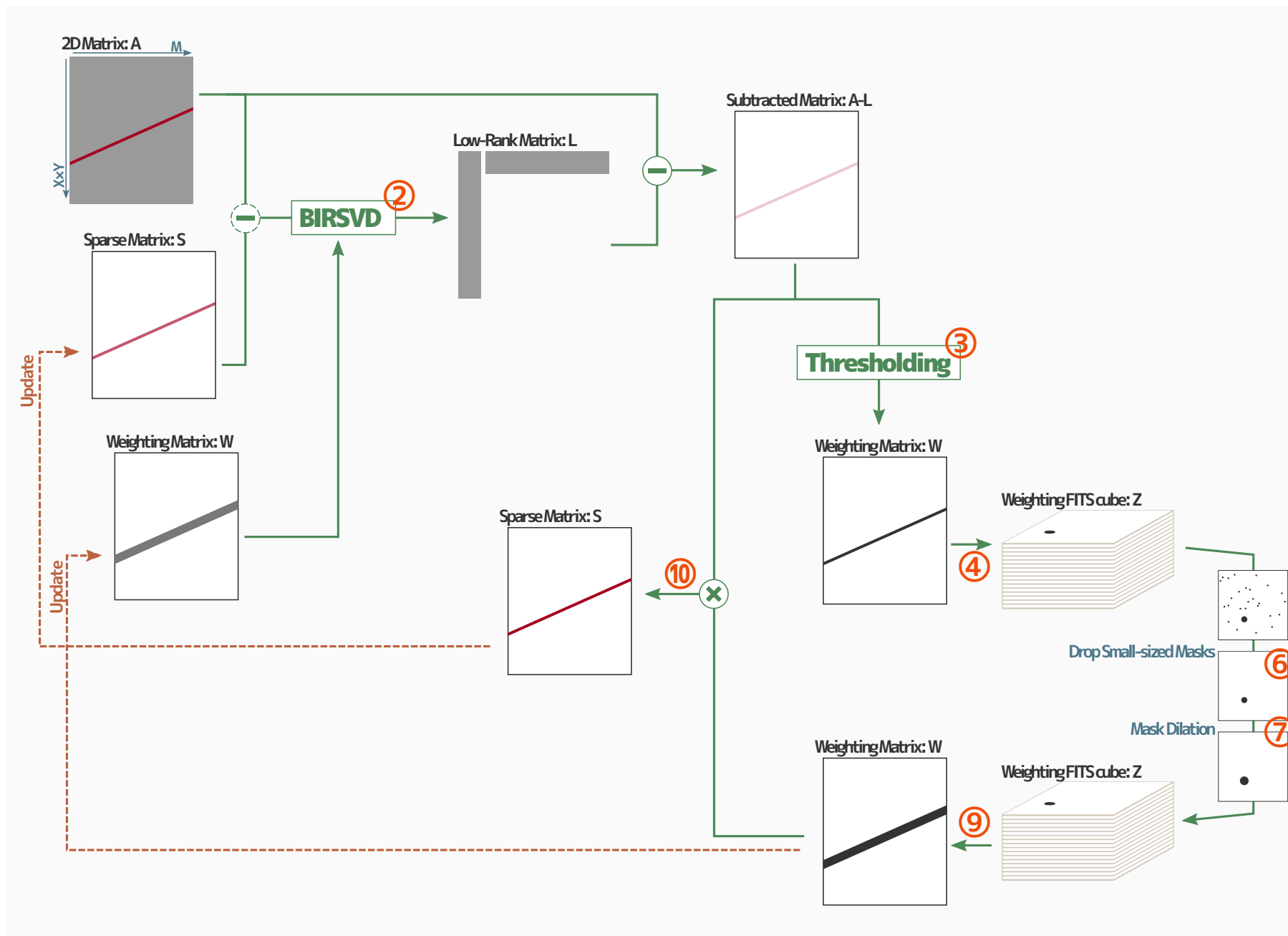
空間的にコンパクトな信号 / 比較的高速で変動 (移動) する成分  
青色の成分とは性質が大きく異なる

**赤色**と**青色**の成分の性質の違いを用いて信号を分離する

↪ Low-rank & Sparse Matrix Decomposition

# スロースキャン観測で用いる解析

Low-Rank Approximation とマスク設定を iterative に実行する





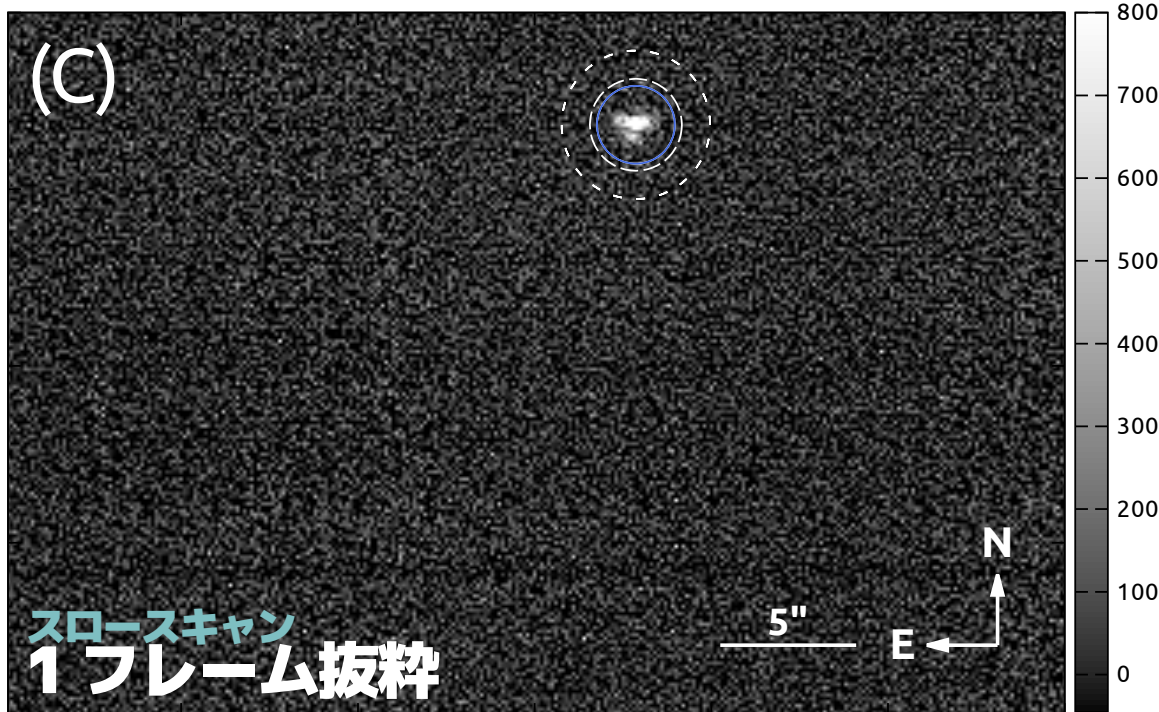
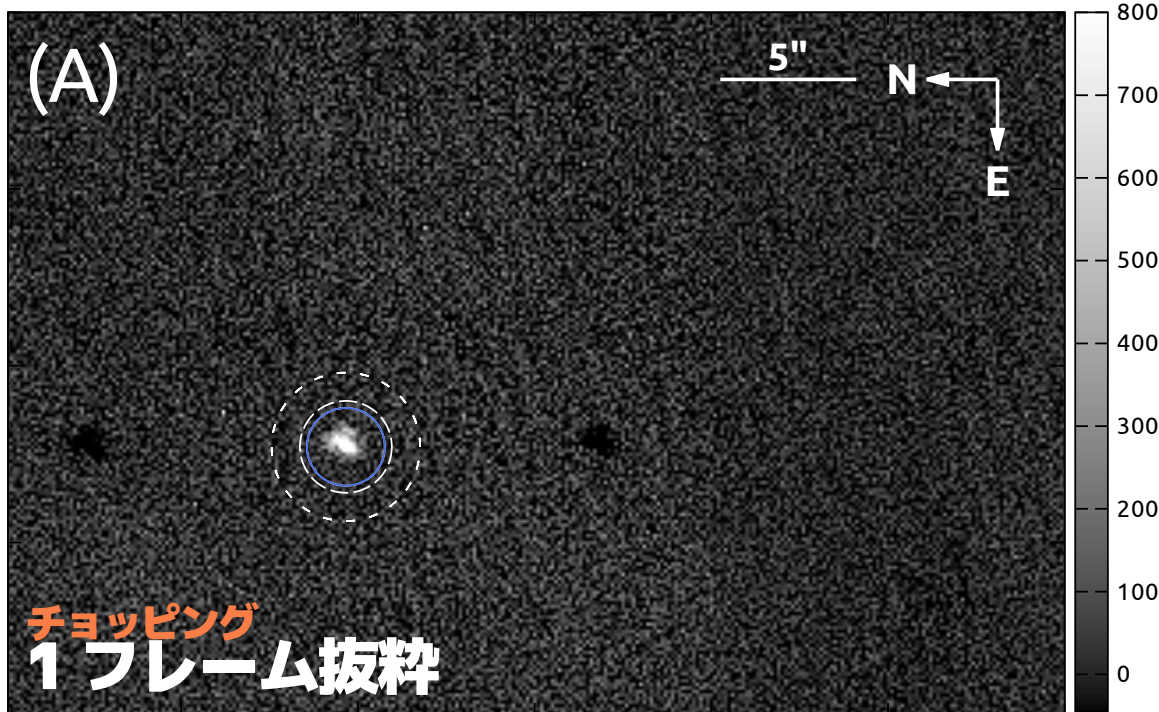
地上中間赤外線スロースキャン観測

# 試験観測結果紹介

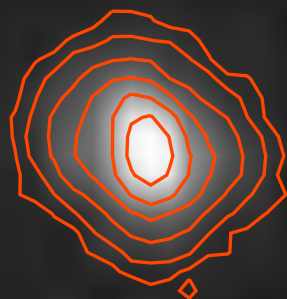
# Subaru/COMICS による試験観測

|          | チョッピング観測         | スロースキャン観測        |
|----------|------------------|------------------|
| 観測日      | 2015-07-27       | 2015-07-27       |
| 観測時間     | 06:25-06:52 (UT) | 10:13-10:21 (UT) |
| 観測天体     | IRAS 17192+1836  | IRAS 17192+1836  |
| 観測モード    | 11.7 $\mu$ m 撮像  | 11.7 $\mu$ m 撮像  |
| スキャン速度   | なし               | 0.15"/s          |
| スキャン方向   | なし               | -90° (East-West) |
| チョッピング幅  | 10"              | なし               |
| チョッピング方向 | 0° (North-South) | なし               |
| 撮像時間     | 0.964 s/frame    | 0.964 s/frame    |
| 撮像オーバヘッド | 0.120 s/frame    | 0.120 s/frame    |
| 合計撮像枚数   | 286 frames       | 440 frames       |

この観測はすばる望遠鏡のエンジニアリング観測の一部として実行されました。  
申請を受け入れてくださった観測所の方々に深く感謝いたします。



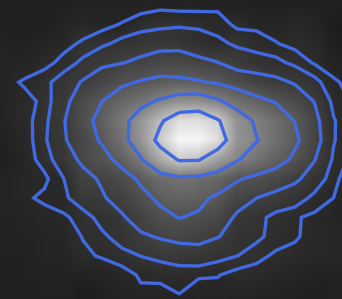
# (A) チョッピング観測



5"



# (B) スロースキャン観測



ちょっと伸びている  
⇒ スキャンが速すぎた

5"



地上中間赤外線

# スロースキャン観測

1. チョッピングを用いない観測手法の開発
  - ⇒ 望遠鏡をゆっくり駆動させながら観測
  - ⇒ Low-Rank & Sparse Matrix Decomposition
2. すばる望遠鏡/COMICS による試験観測
  - ⇒ チョッピングを用いずに点源天体の観測に成功
  - ⇒ 観測効率はチョッピング観測を超える可能性
3. 今後の展望
  - ⇒ 広がった天体 / 暗い天体の観測に使えるか検証
  - ⇒ 分光観測に適用できるか検証