

突発天体探索の手法について

森井幹雄

統計数理研究所、統計的機械学習研究センター

2016.02.12 10:45 – 11:00

木曾超広視野CMOSカメラ(Tomo-e)で 得られた動画の行列分解

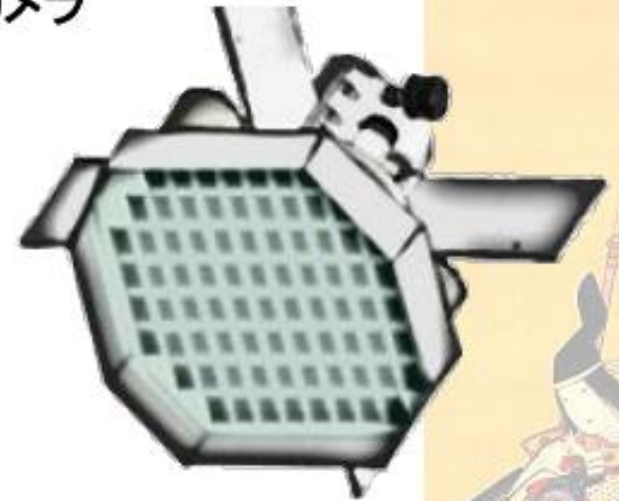
森井幹雄(統数研)

池田思朗(統数研)、酒向重行、大澤亮(東大天文教育
センター)

装置の概要

▼ 東京大学木曾観測所 超広視野高速CMOSカメラ Tomo-e Gozen

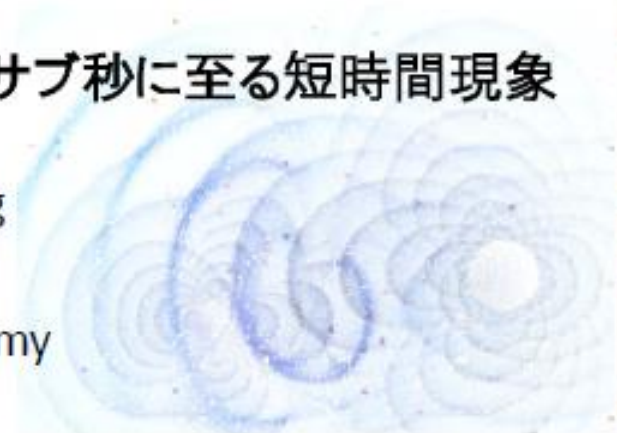
- ❑ Field of view : 20 deg² in ϕ 9 deg
- ❑ Sensor: 84 CMOS chips
- ❑ Frame rate : 2 frames/sec (max)
- ❑ Commissioning : 2017



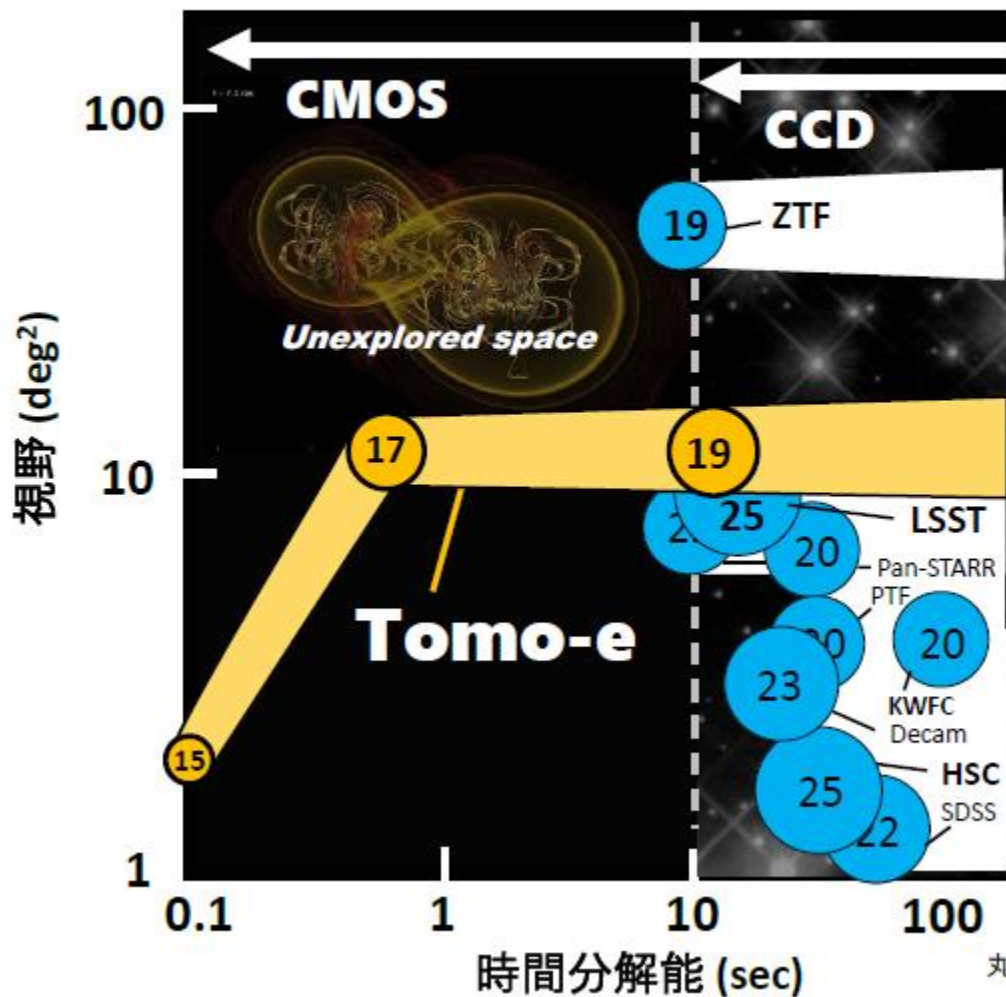
▼ 観測戦略

ターゲット → 稀で貴重な突発現象、サブ秒に至る短時間現象

- ❑ **1-hour**-cadence **all-sky** monitoring
- ❑ **20-fps** wide-field monitoring
- ❑ Synergy with **high-energy** astronomy
- ❑ **Near** and **interior** Earth objects

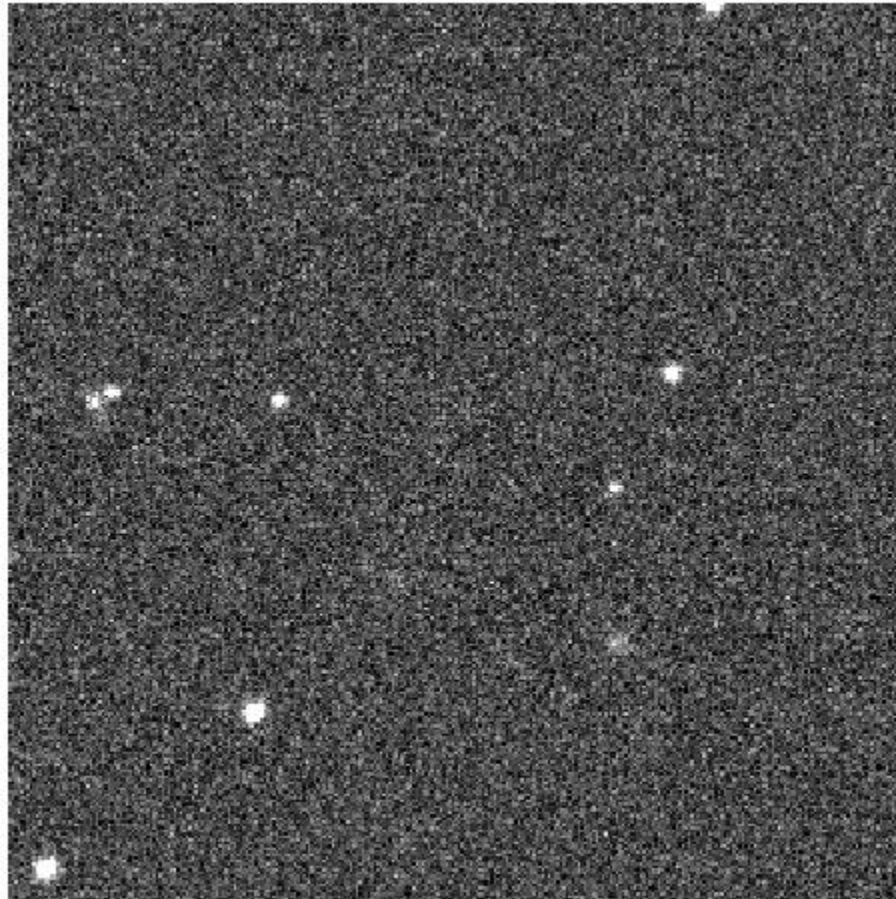


時間変動現象の検出能力の比較



実際に撮られた動画

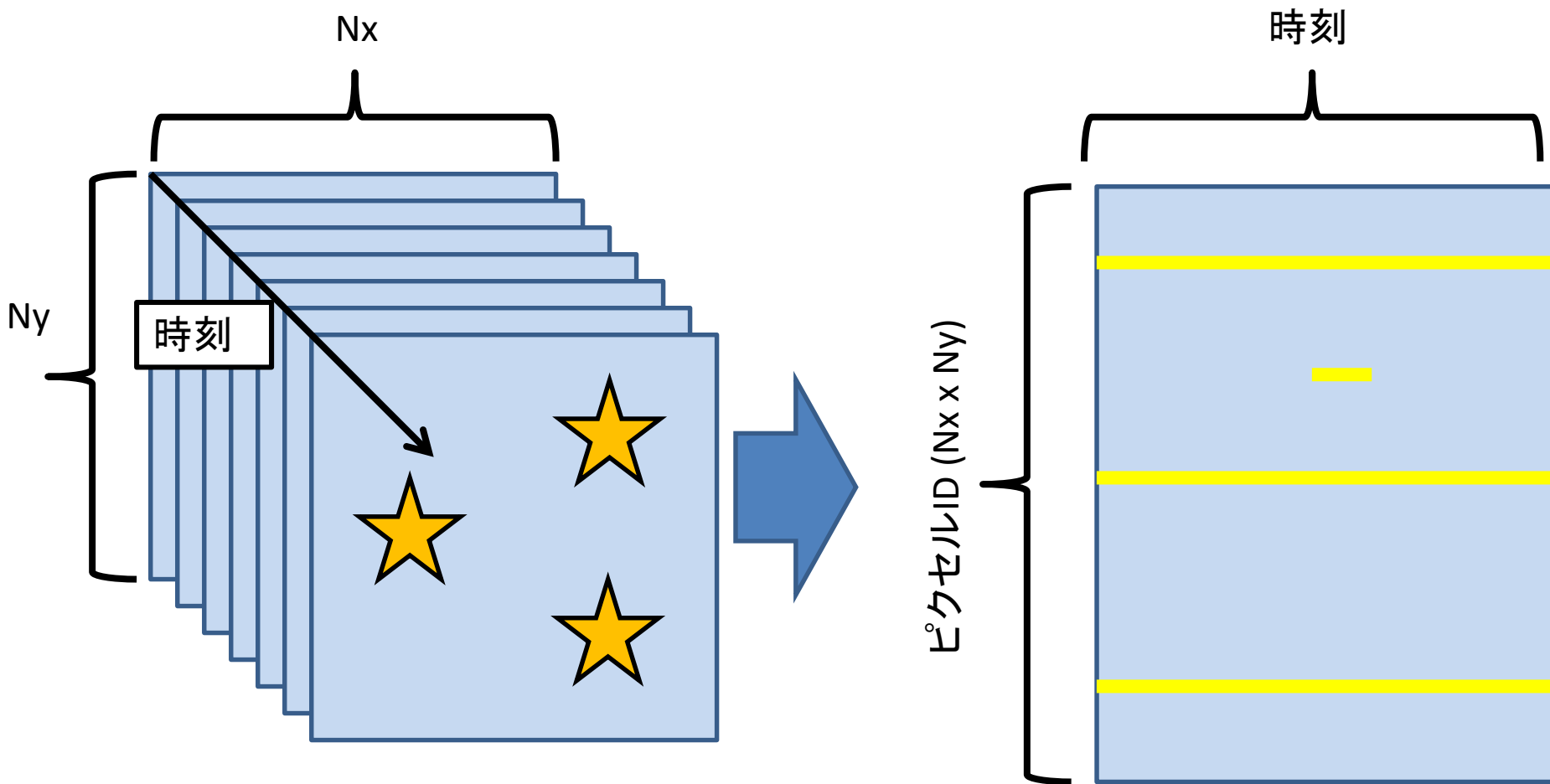
2ヘルツの動画。一部分を抜き出したもの。



酒向さん、大澤さん
より提供して頂いた。

この中から効率的
に突発天体を探し
たい。

3Dデータ(動画)をMatrixで表現



行列分解 (Robust PCA)

- E. J. Candes, X. Li, Y. Ma & J. Wright (2009)
“Robust Principal Component Analysis?”, Journal of the ACM (submitted)

$$\begin{array}{ll} \text{minimize} & \|L\|_* + \lambda \|S\|_1 \\ \text{subject to} & L + S = M \end{array}$$

データ(M) を、
Low Rank Matrix (L) と
Sparse Matrix (S) の和
に分離する。

第1項: Low Rank Matrix の
Nuclear Norm (SVD で得られ
る特異値の和)

第2項: Sparse 行列の l_1 ノルム

パラメータ λ を調整して、
Sparseness を調整する。

行列分解 (GoDec)

- T. Zhou & D. Tao (2011)

“GoDec: Randomized Low-rank & Sparse Matrix Decomposition in Noisy Case”, Proc. of ICML

$$X = L + S + G$$

$$\begin{aligned} \min_{L, S} \quad & \|X - L - S\|_F^2 \\ \text{s.t.} \quad & \text{rank}(L) \leq r, \\ & \text{card}(S) \leq k. \end{aligned}$$

X: データを、
L: Low Rank Matrix
S: Sparse Matrix
G: Noise Matrix
の3つの和に分離する

Rank (r)の値と、
sparseness (k)を設定する。

監視カメラの映像のデモ

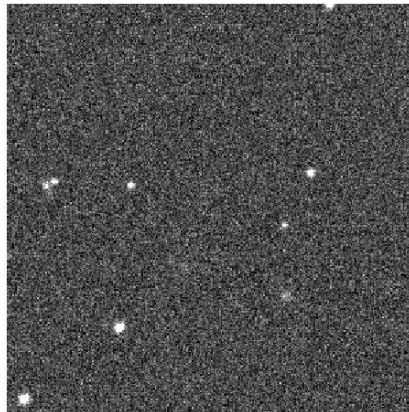
Youtube に在る監視カメラの映像から
動いている人々を抽出するデモ動画

GoDec and Robust PCA for background
modeling on Hall video.mp4

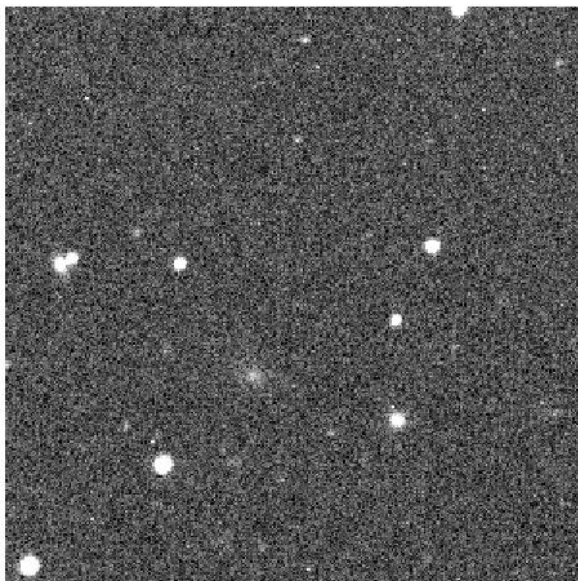
<https://www.youtube.com/watch?v=BTrbow8u4Cw>

行列分解の結果(Robust PCA)

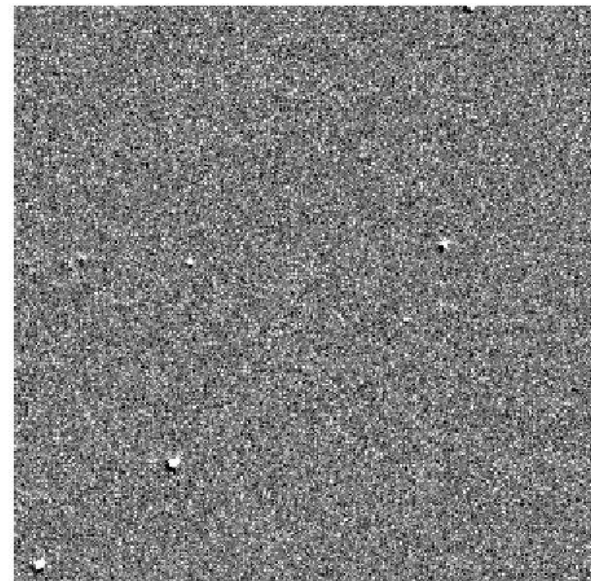
分解前



Low Rank



Sparse



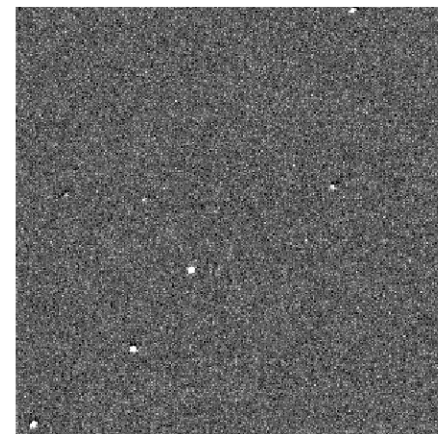
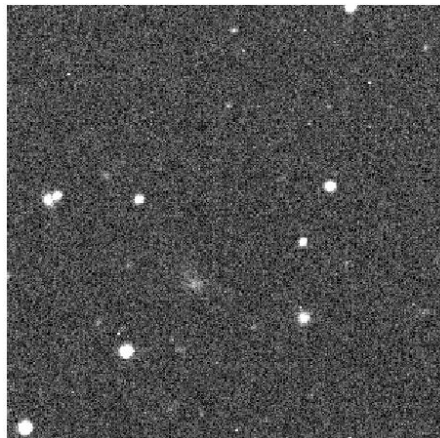
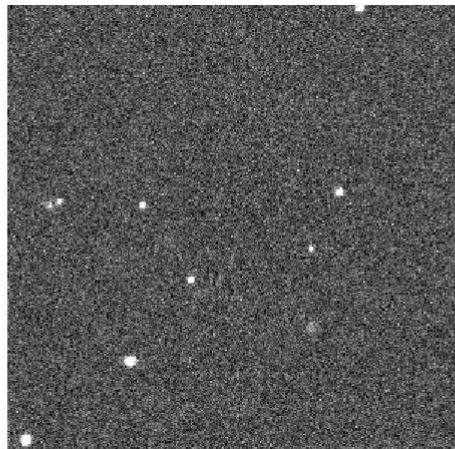
行列分解の結果(Robust PCA)

元画像

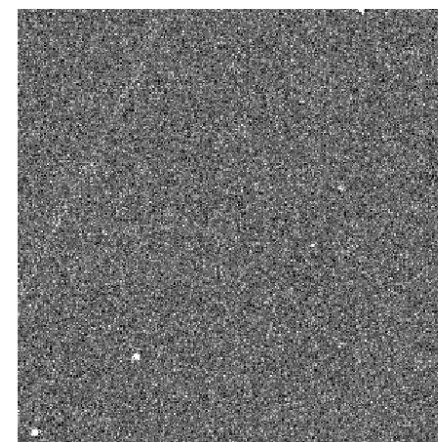
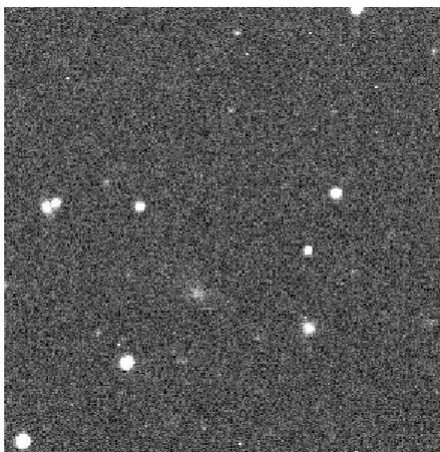
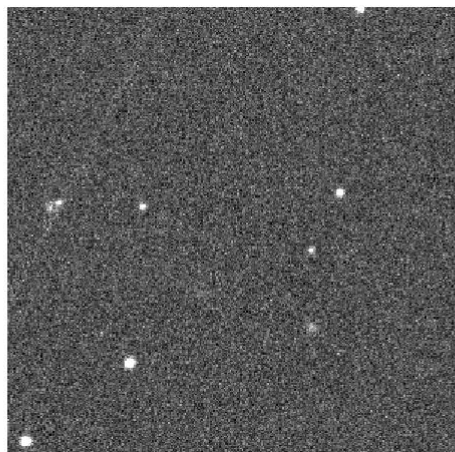
Low Rank

Sparse

突発天
体？

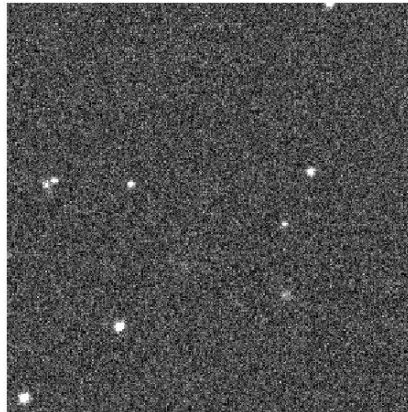


流星

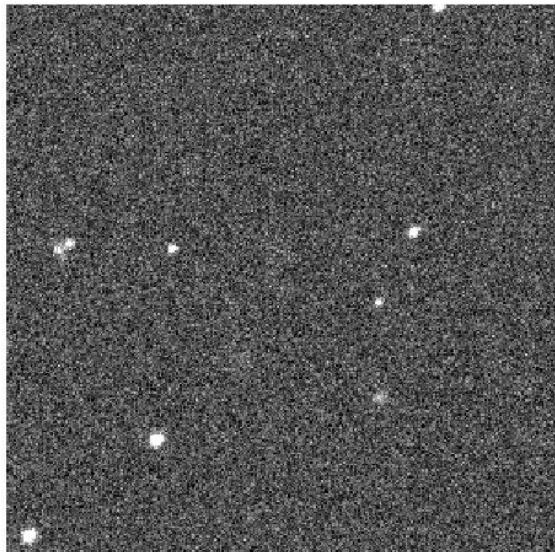


行列分解の結果(GoDec)

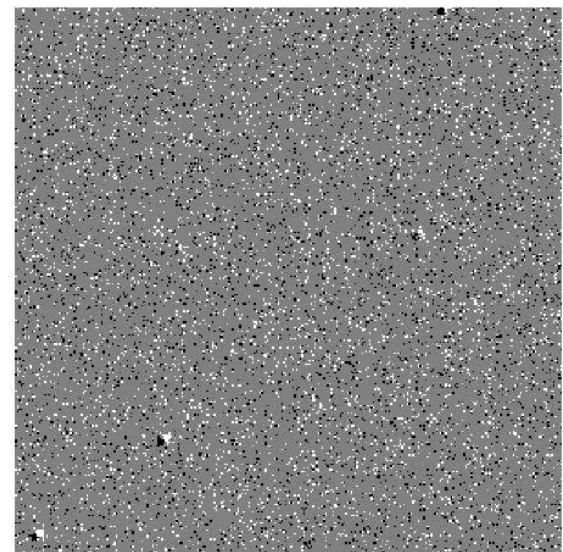
分解前



Low Rank



Sparse



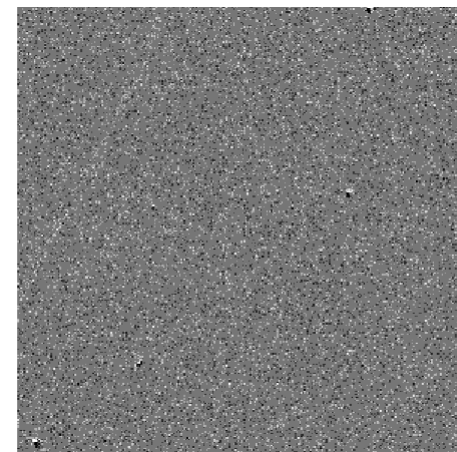
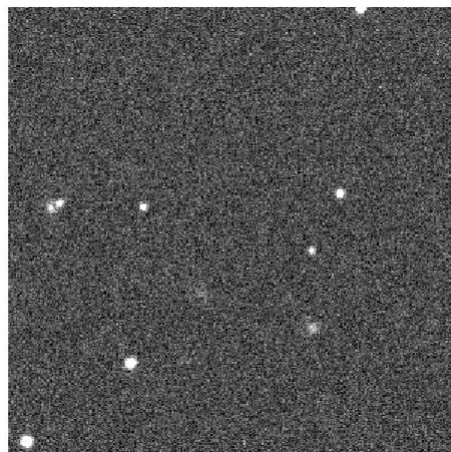
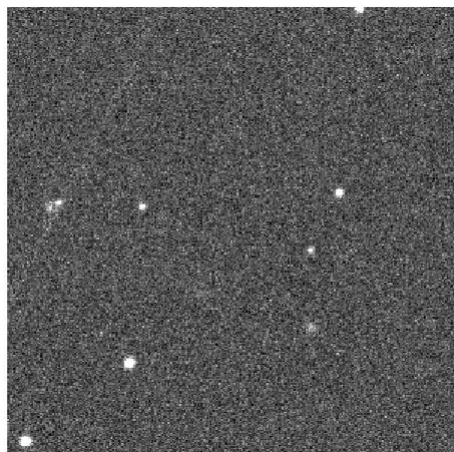
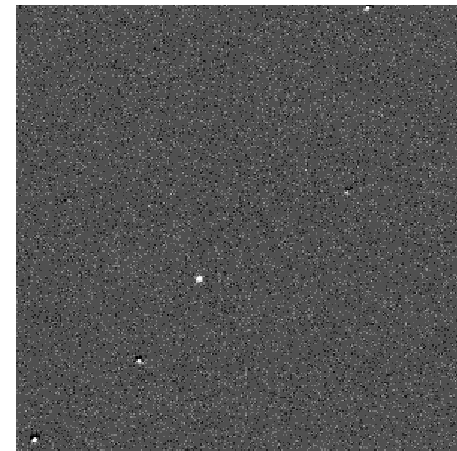
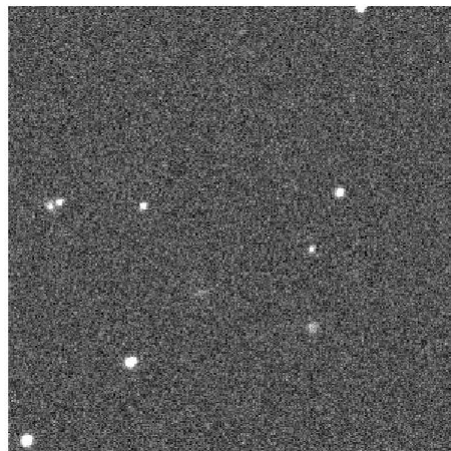
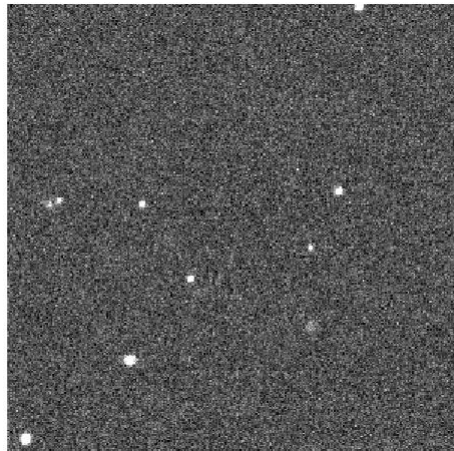
行列分解の結果(GoDec)

元画像

Low Rank

Sparse

突発天
体？



流星

動画観測データから突発天体を探索する方法

- Robust PCA や GoDec で行列分解を行い、Sparse 動画から突発現象だけを抜き出す。
- 明るい天体の場合、星の揺らぎのために、Sparse の画像に混入があるが、低解像度の動画で行列分解を行えば良いだろう。
- 天体と、流星との区別は、PSF の形を調べる。
 - 通常行われる天体検出の方法を用いて天体の形状に関する特徴量を抽出し、さらに、機械学習の方法を使うとよい。
- 行列分解を用いれば、科学的に重要な情報はSparse動画で抽出することができる。定常成分は、Low Rank 動画に含まれるため、データ圧縮をすることもできる。

まとめ

- 可視光突発天体のサイエンス。
 - 重力波対応天体、ガンマ線バースト、超新星爆発等、
 - 系外惑星トランジット
 - 遠方の超新星、宇宙の加速膨張 (dark energy)
- データ量が膨大。BigData。ゴミが多い。
- 木曾超広視野カメラ(Tomo-e)の動画に対し、行列分解の方法を試した。
 - Robust PCA と GoDecを用いると、「突発事象」と「背景」を綺麗に分離することができた。
 - Low rank 行列と Sparse 行列に分割することで、データ圧縮も可能。