

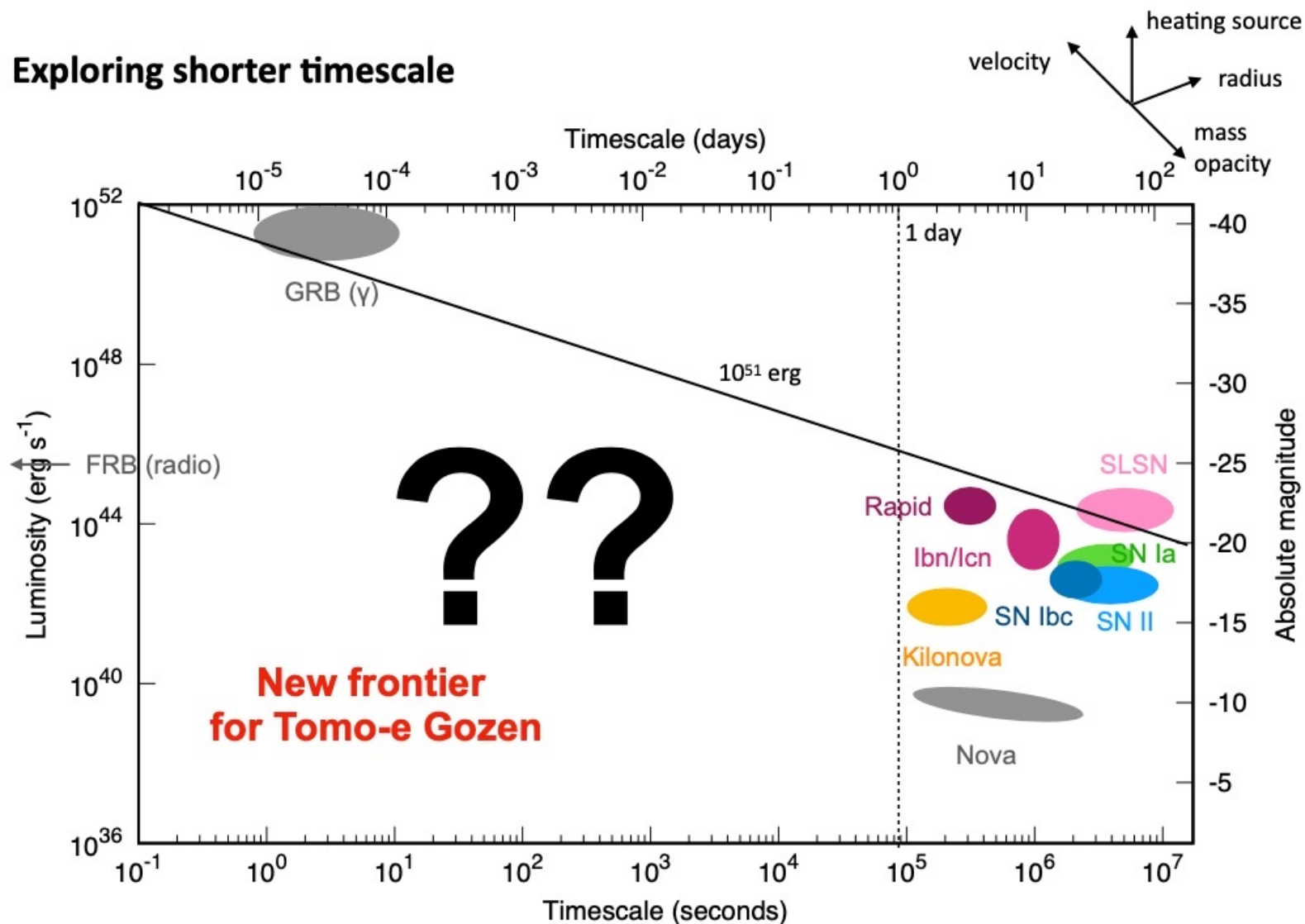
天体動画観測と画像解析による 突発天体候補の検出と分類

畑中駿平^[1] 田中雅臣^[2] 渡邊隆^[1]

^[1]仙台高等専門学校 ^[2]東北大学

背景 & 目的

Exploring shorter timescale



昨年の田中雅臣氏の発表資料より

秒スケール突発現象の探査はまだ進んでいない

秒スケール突発現象の理解を
進めるには動画による観測が必要



動画観測は出力データが膨大で
効率的な解析手法が不可欠



動画解析プログラムを開発

解析のPoint

① 人工知能を用いずに、解析プログラムの中に

ブラックボックスを作らないこと

② 突発天体・人工衛星・航空機・宇宙デブリなど

光学的突発現象を全て検出する

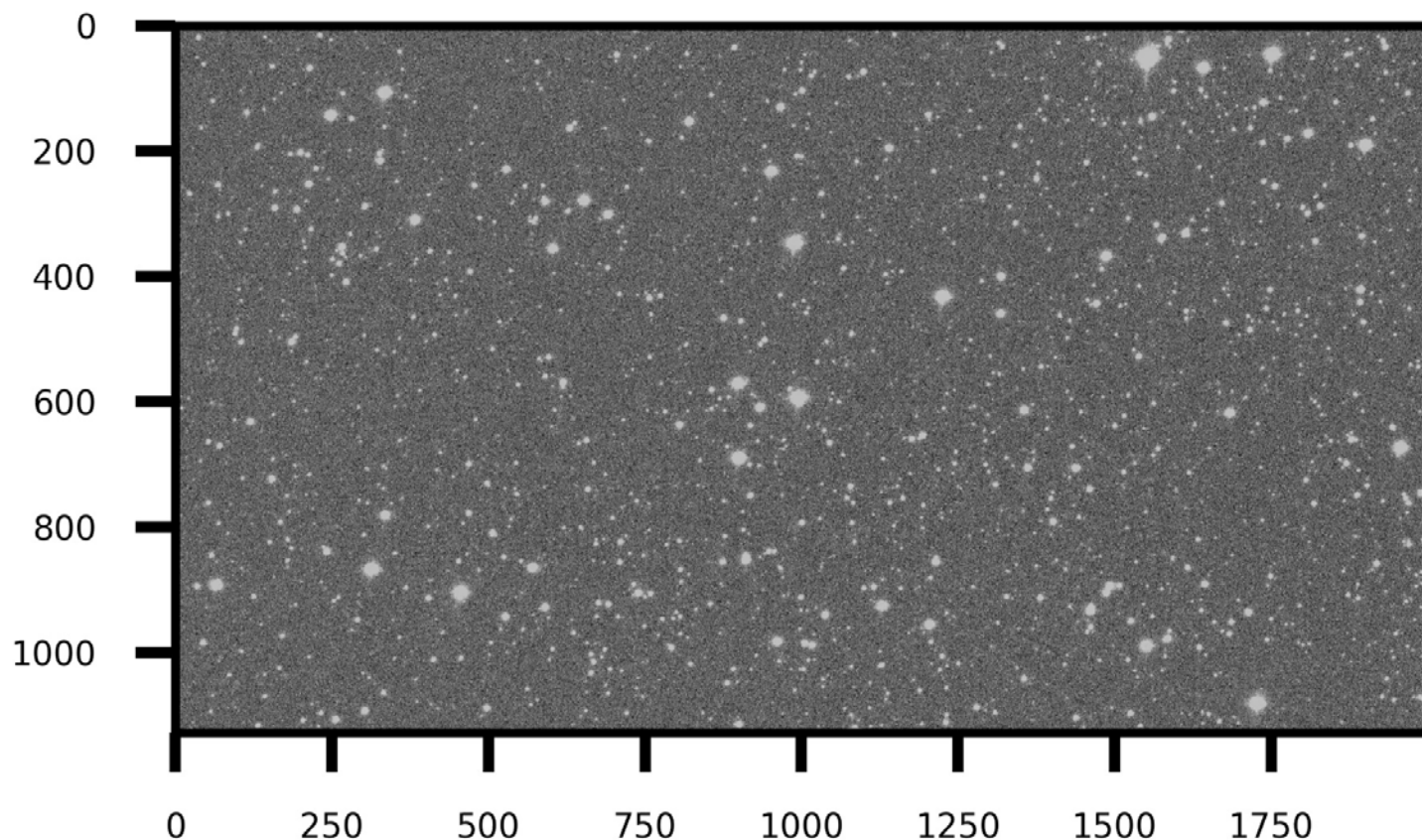
疑わしき物体はあらゆる時間帯で

漏れなく全部検出して分類はあとから考える

使用したデータ

Tomo-e Gozenによる84.7TBのデータ

観測期間：2023/1/10～2023/2/11 サイズ：2000×1128pixel×18枚（3次元）1枚/0.5 s



動画：https://drive.google.com/drive/u/0/folders/13C5XNDzpz673jMRv3XEPWx8b4LJD_98v

既存の星だけ残したMaster Imageを作成



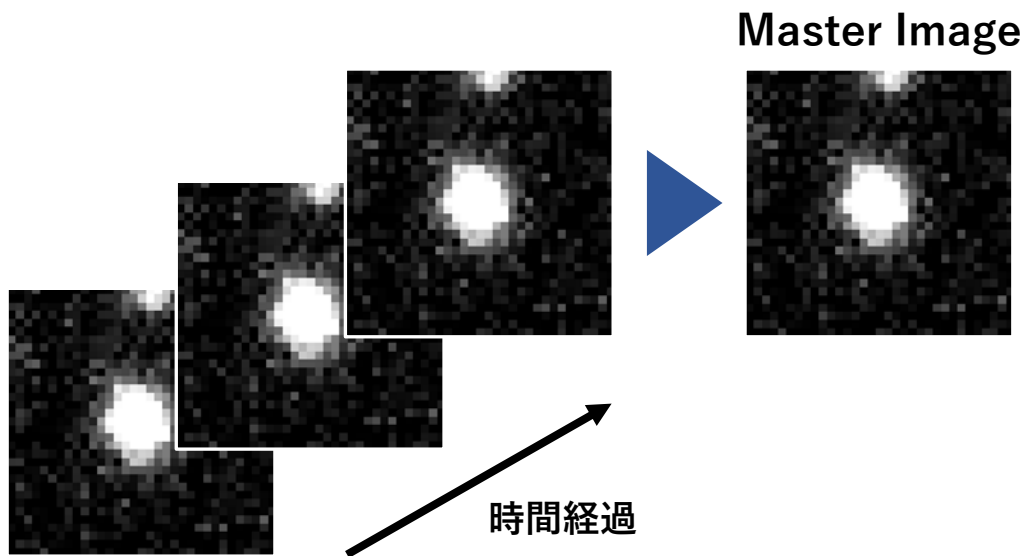
既存の星を消すためのStar Maskを作成する



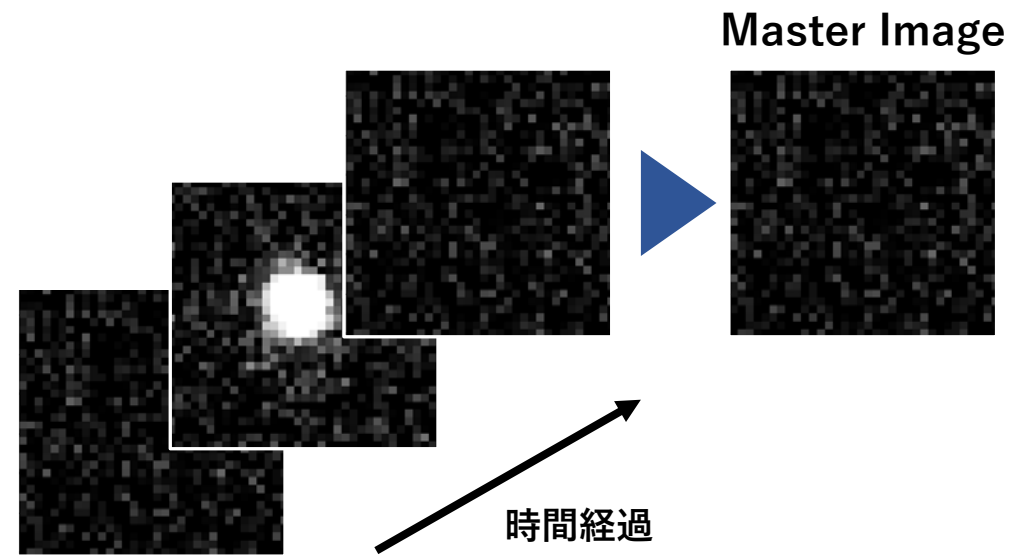
既存の星を除外し突発天体を検出する

既存の星だけ残したMaster Imageをつくるために
シグマクリッピング (外れ値を除外) して加算平均

【既存の星の場合】



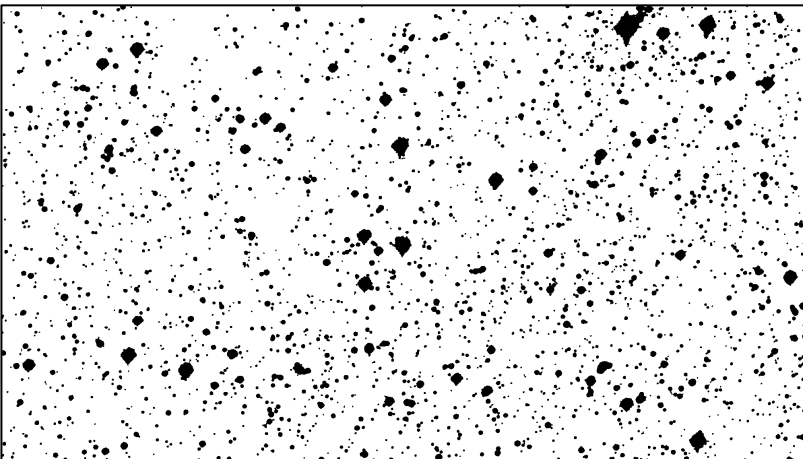
【突発物体の場合】



Master Image



Star Mask



3σ より明るく 10 pixel 以上の面積を持つ
ものを星と判定して 2 値化処理を実行



既存の星が「0」 その他の領域が「1」
のStar Maskを作成

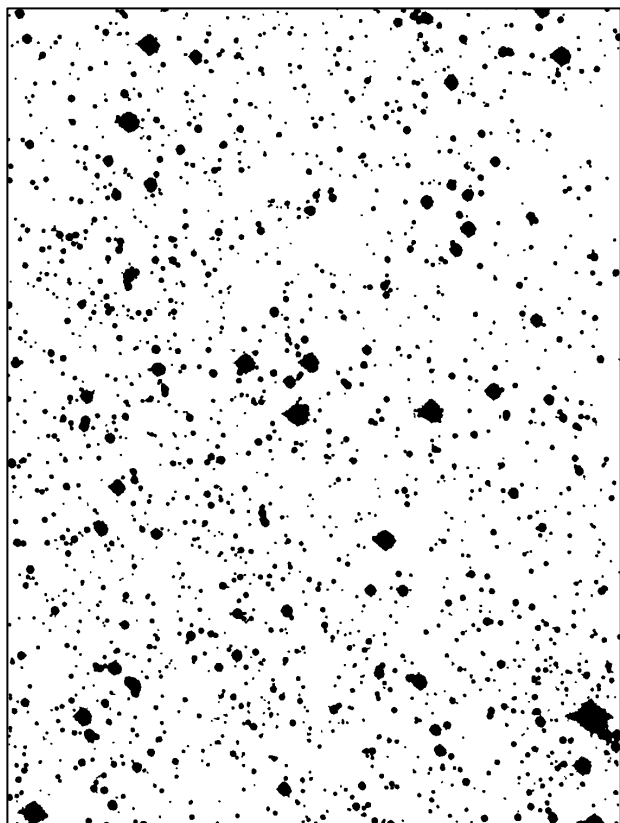
Master Image

Star Mask

検出

データ保存

Star Mask(2値画像)



×

Original Image



=

Star Less Image

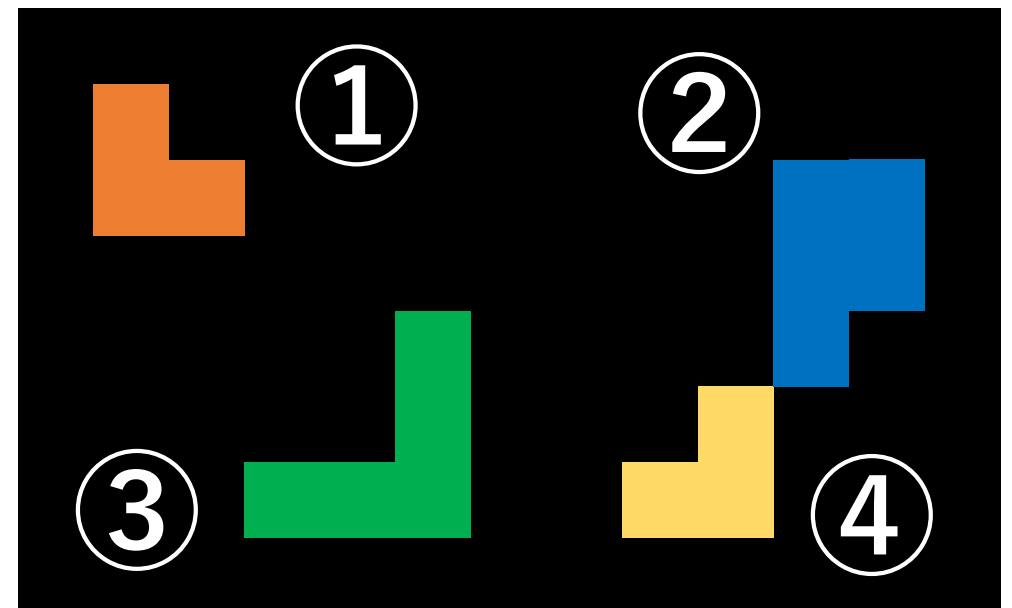
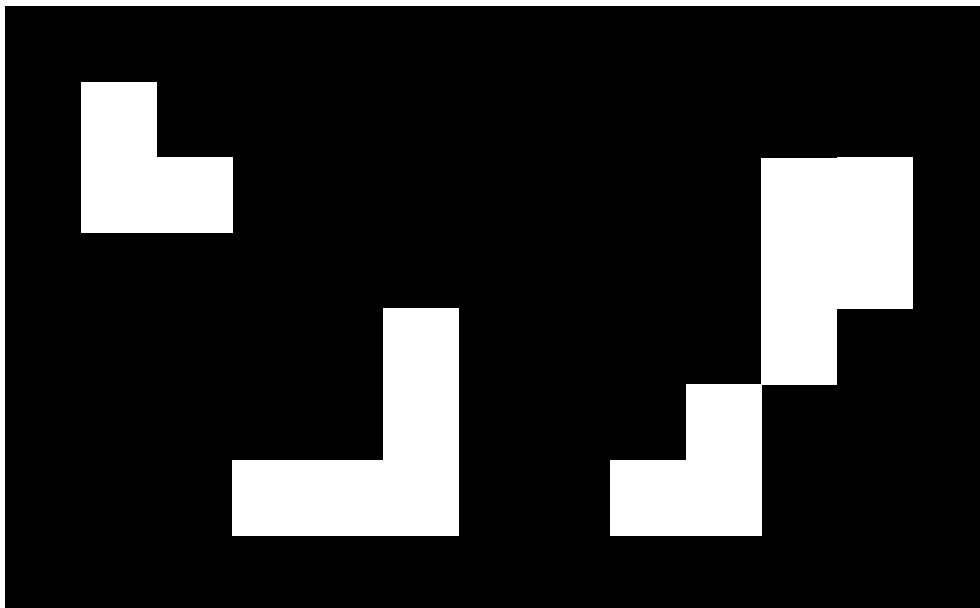


Star Maskと元画像を乗算し、検出したいものだけ残す

今回はあらゆる形状の物体を検出することを目指した

バックグラウンドに対し、3シグマ以上を閾値に画像を2値化

Star Less Image 画像の連結成分 (Open CV) を確認し、10pixel以上の物体を検出



Master Image

Star Mask

検出

データ保存

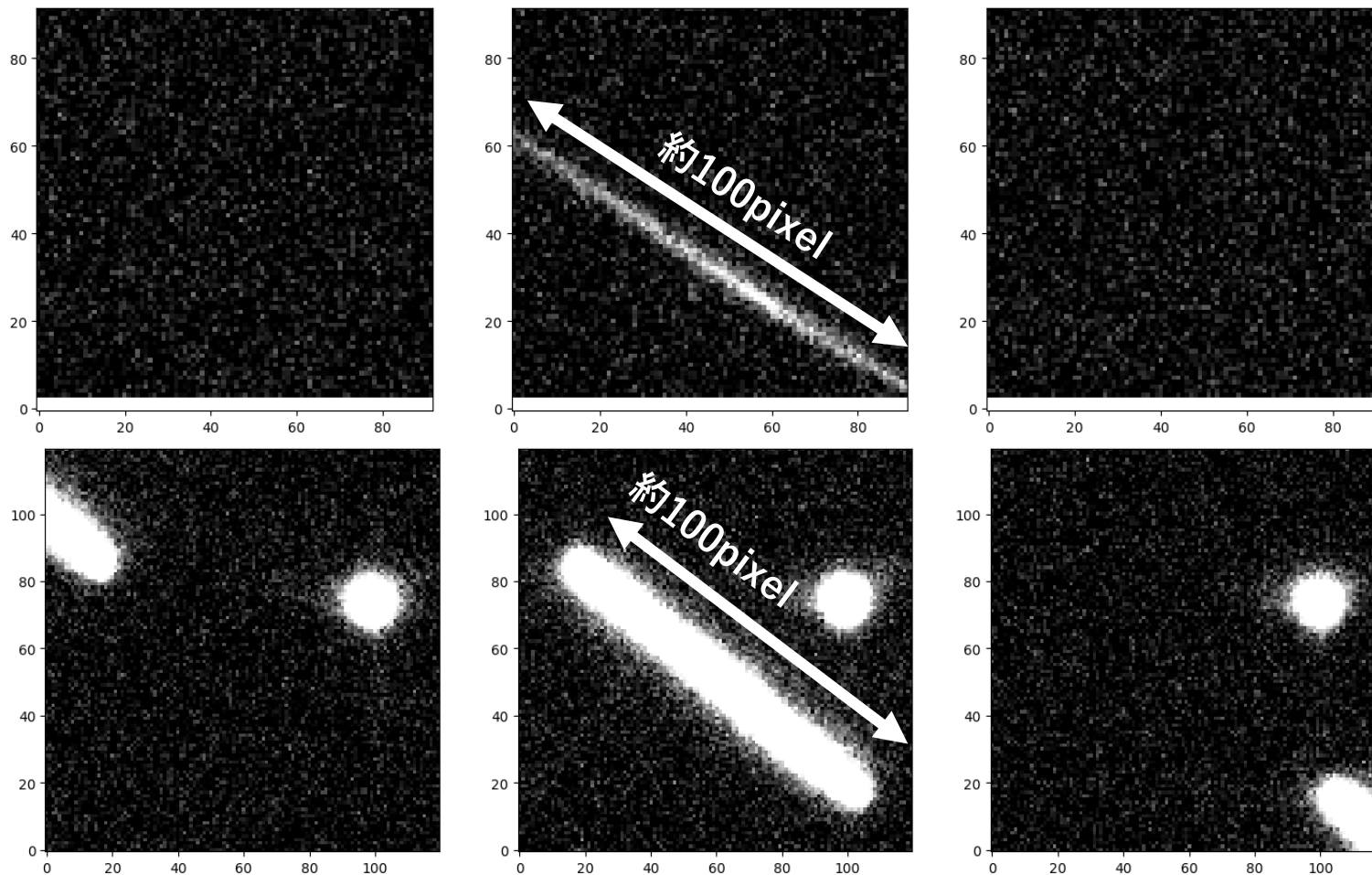
サーベイデータから抽出した1936個
(4センサー×2h分)の動画をテストデータとした

618個 検出

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1		filename	index	number	position_x	position_y	ra	dec	l_oen	b_oen	size_x	size_y												
2	0	rTMQ1202301110087316013.fits	0	1	935	147	38.88073	17.71959	155.2257	-38.5389	13	11												
3	1	rTMQ1202301110087316013.fits	1	1	942	134	38.88332	17.72372	155.2258	-38.5341	14	12												
4	2	rTMQ1202301110087316013.fits	2	1	950	124	38.88592	17.72703	155.2265	-38.53	14	11												
5	3	rTMQ1202301110087316013.fits	3	1	957	114	38.88868	17.73067	155.2271	-38.5255	12	13												
6	4	rTMQ1202301110087316013.fits	4	1	966	103	38.89145	17.73397	155.2279	-38.5213	14	11												
7	5	rTMQ1202301110087316013.fits	5	1	974	93	38.89439	17.73745	155.2287	-38.5169	13	12												
	6																							

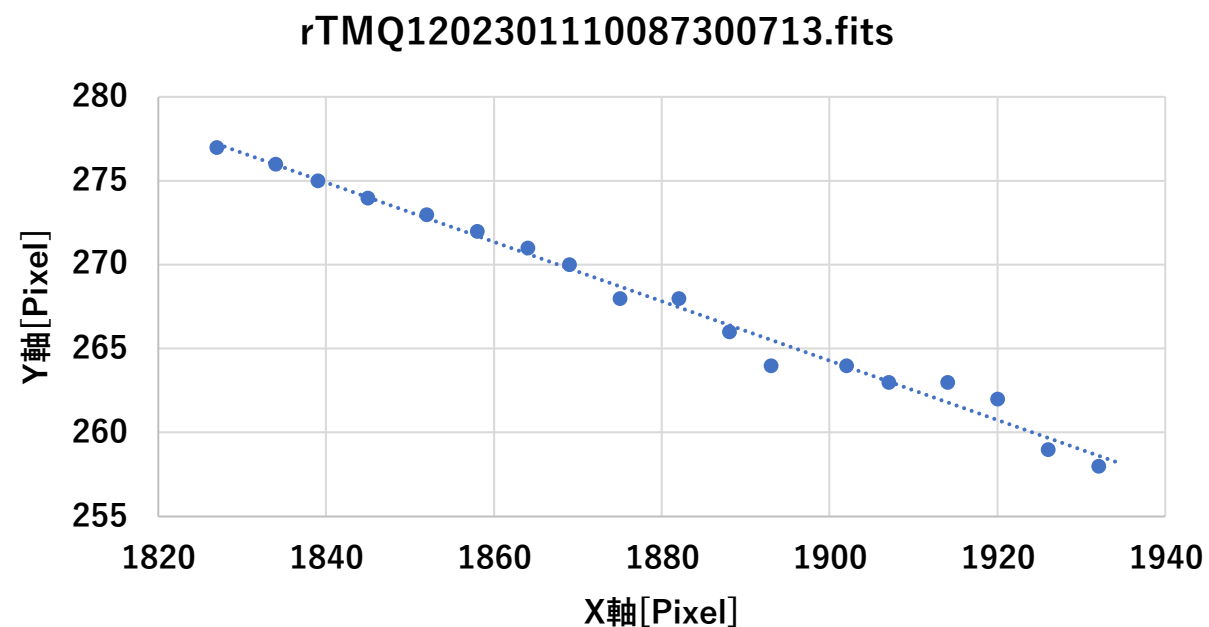
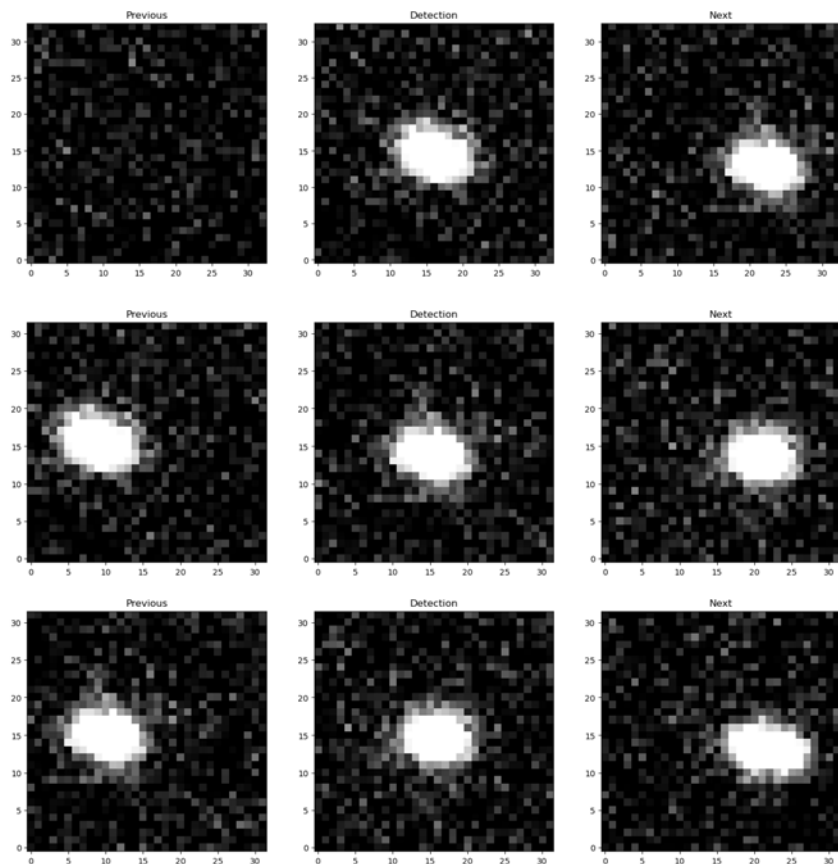
検出した物体の例 ①単一フレームで線に見えるもの

1 フレーム前 該当フレーム 1 フレーム後



検出した物体の例 ②複数フレームにわたって見えるもの

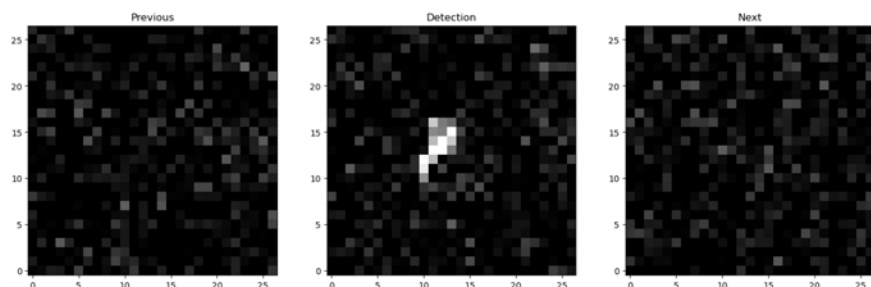
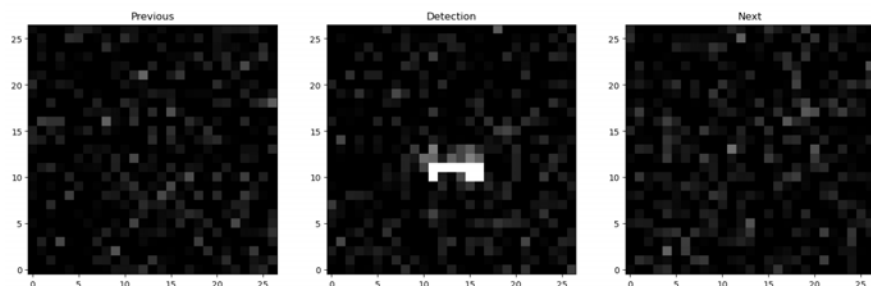
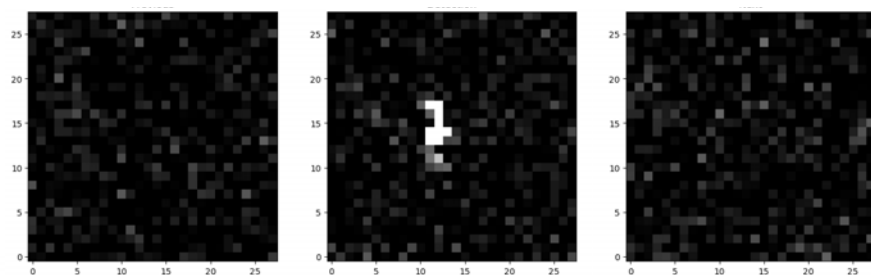
1 フレーム前 該当フレーム 1 フレーム後



検出した物体の例

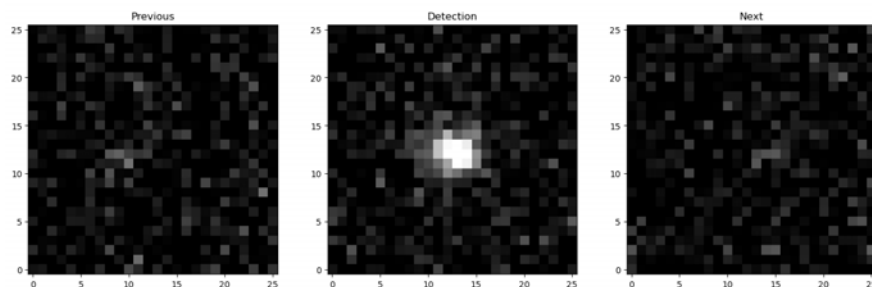
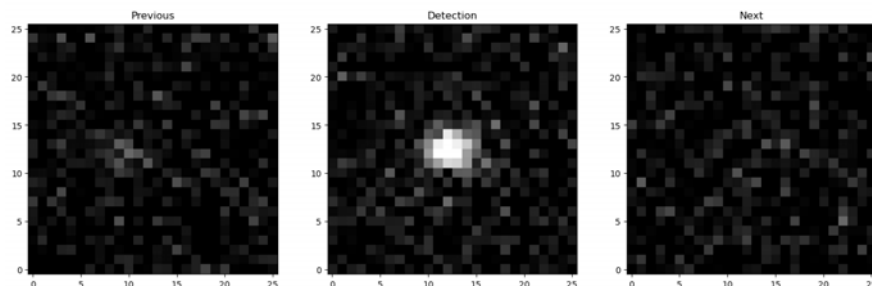
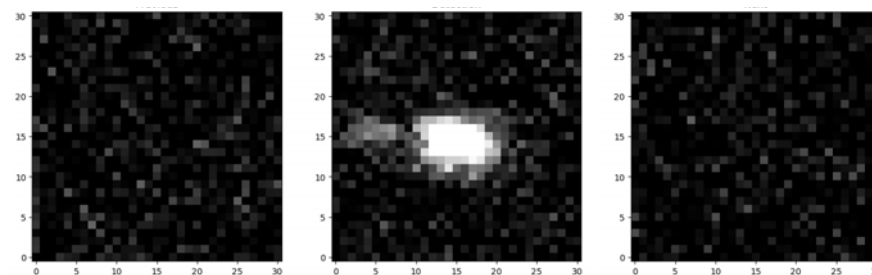
③ノイズ

1 フレーム前 該当フレーム 1 フレーム後



④単一フレームでだけ光っているもの

1 フレーム前 該当フレーム 1 フレーム後



検出された物体の例まとめ

これらをどのように分類するか？

形状特徴	主な原因候補	分類方法
①単一フレームで線	流星・飛行機	長辺と短辺の比
②複数フレームにわたって見える	人工衛星	データベースと照合
③ノイズ	宇宙線	広がりの有無
④単一フレームでだけ光る	未知の天体現象 回転するデブリ？	最後に残す

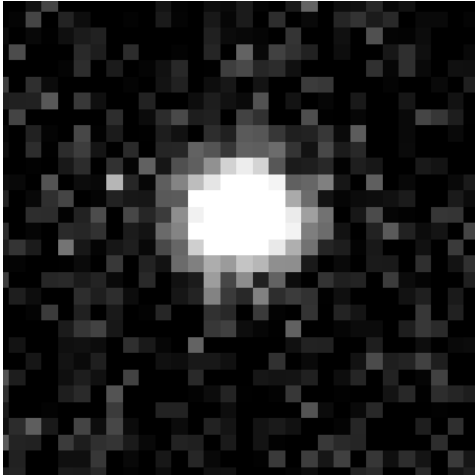
検出された物体の例まとめ

これらをどのように分類するか？

形状特徴	主な原因候補	分類方法
①単一フレームで線	流星・飛行機	長辺と短辺の比
②複数フレームにわたって見える	人工衛星	データベースと照合
③ノイズ	宇宙線	広がりの有無
④単一フレームでだけ光る	未知の天体現象 回転するデブリ？	最後に残す

人工衛星マッチング (On-line artificial satellite identification)

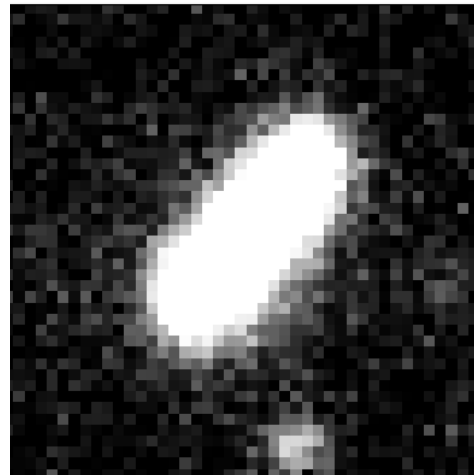
17



NORAD ID 22089U

オーストラリア

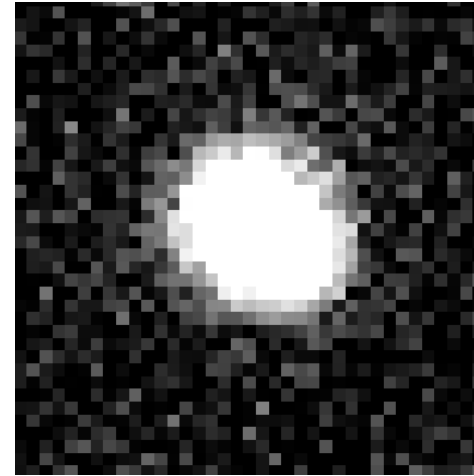
OPTUS B1 R/B(STAR 63F)



NORAD ID 43687U

ロシア

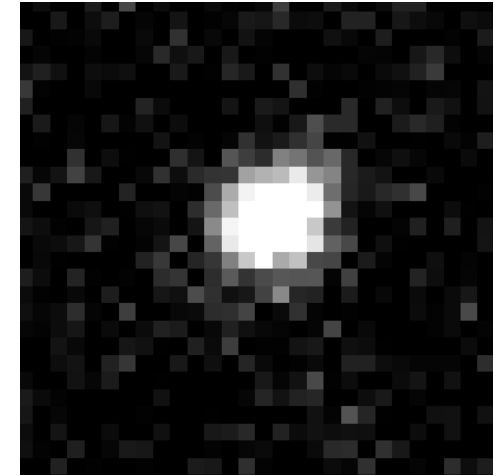
COSMOS



NORAD ID 14234U

アラブ衛星通信機構

ARABSAT 1DR

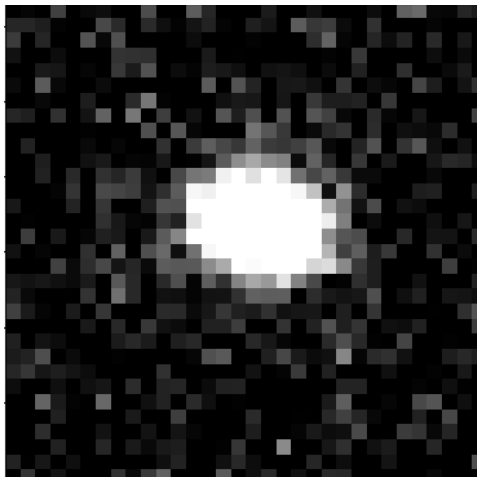


NORAD ID 52255U

中国

CHINASAT 6D

検出されたスペースデブリ

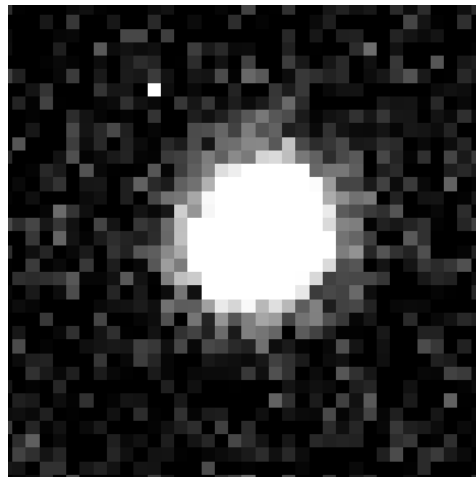


NORAD ID 13899U

ソビエト連邦

SL-12 R/B

(ロケット本体)

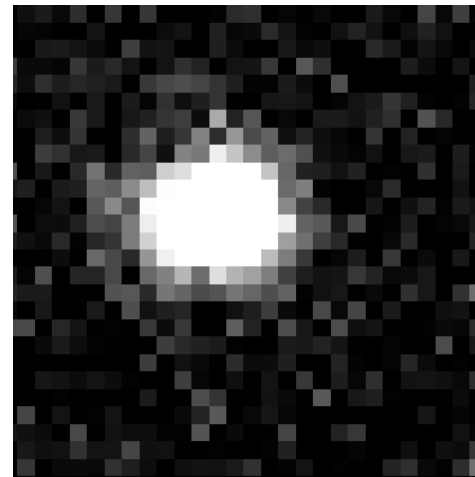


NORAD ID 38869U

ソビエト連邦

BREEZE-M

(タンク)



NORAD ID 43967U

アメリカ

ATLAS 5

(スペースデブリ)

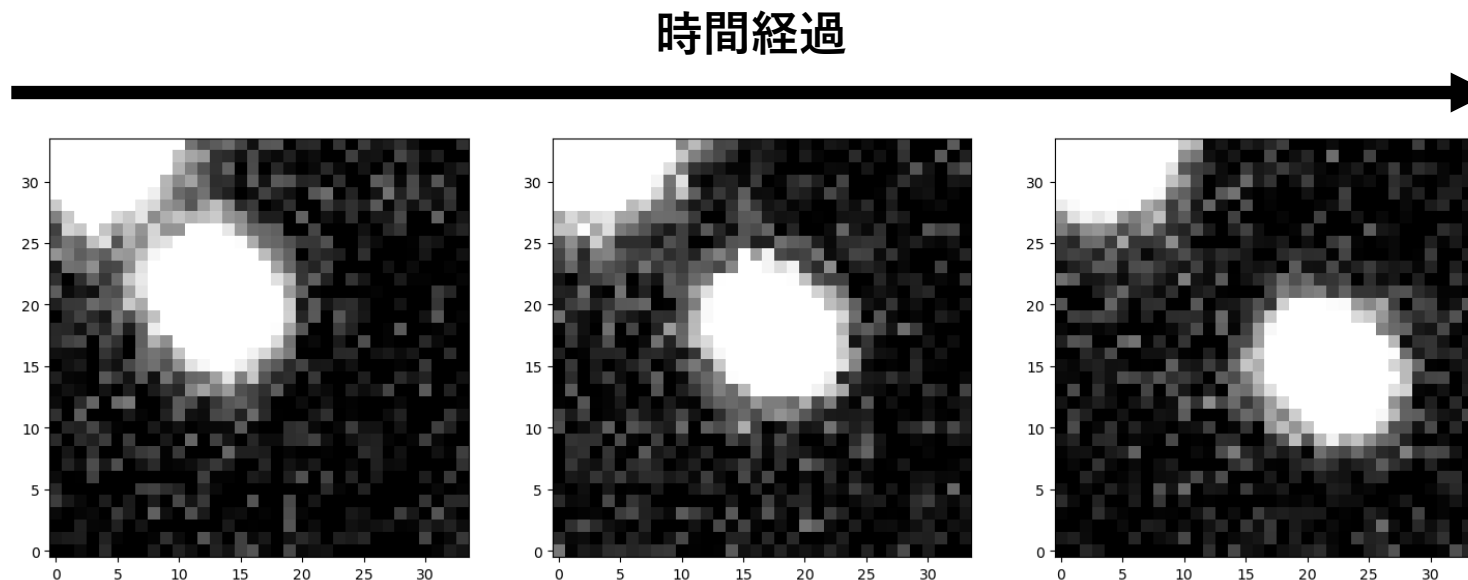
人工衛星マッチング

検出物体618個 ▶ 312 個が人工衛星由来（20機）と判明



人工衛星は複数フレームに
またがって検出される
ことが多い

データベースにない人工衛星の分類



明らかに人工衛星に見えるのにマッピングしない物体も存在

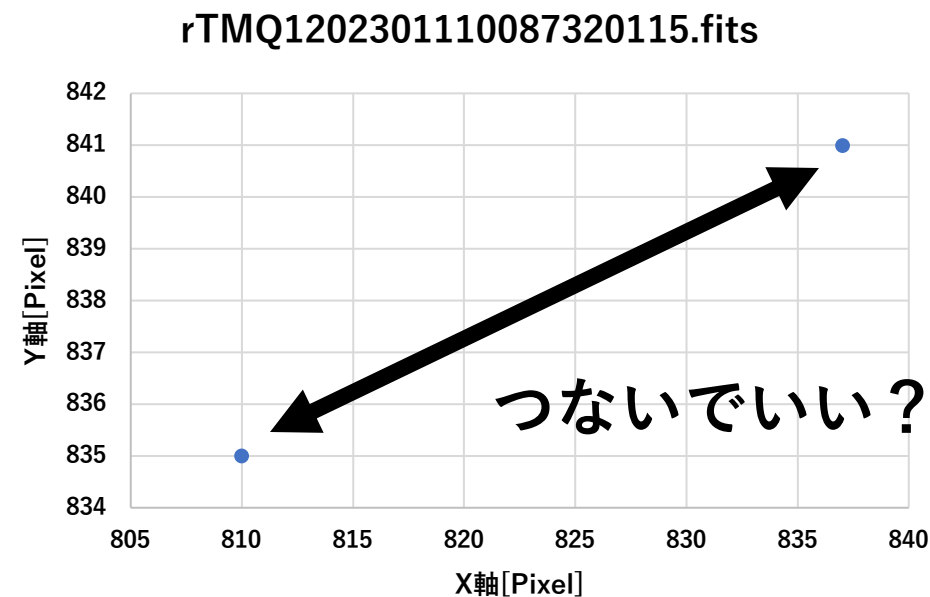
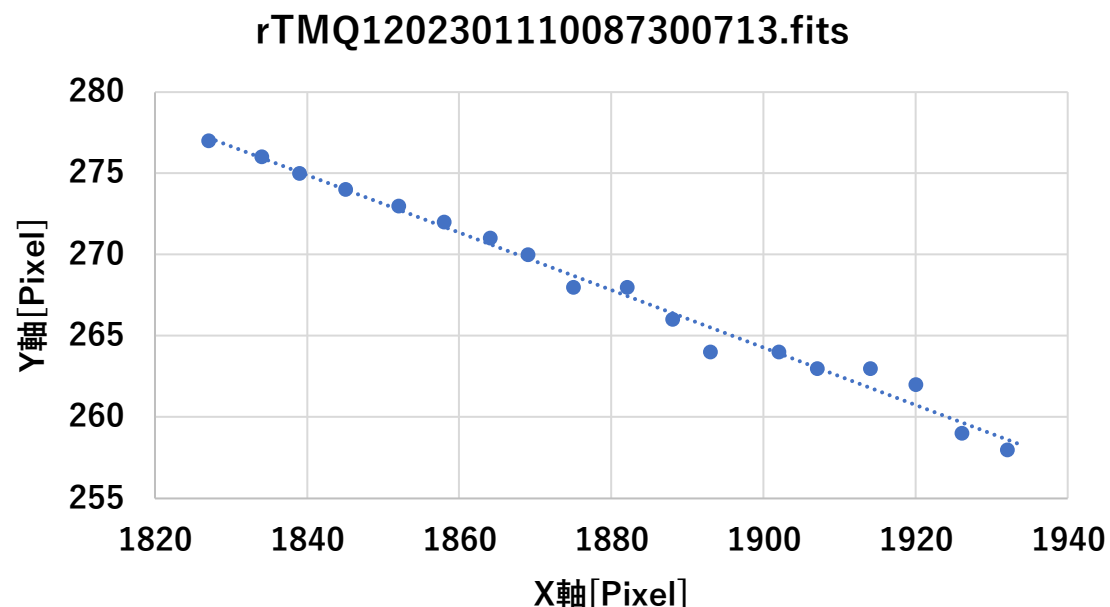
マッピングできた物体を「正解」として

人工衛星を判別する条件を検討し、その他の物体に適用する必要がある

データベースにない人工衛星の分類

3 フレーム以上で検出されているもの

2 フレームのみ検出されているもの



複数フレームで検出され、**線上に見えるものは分類可能**

2フレームのみの場合の分類方法を**別途検討**する必要がある

まとめと今後の展開

- ・ 光学的突発物体を検出するプログラムを開発した
- ・ 検出した物体の形状ごとの分類方法を検討
- ・ 人工衛星マッチングで一部の物体を同定
- ・ データが公開されていない人工衛星を分類する条件の検討
- ・ 84.7TBのデータ全てに対してプログラムを実行する
- ・ 未知の天体現象の可能性がある突発現象の有無を調査

おもしろ検出リスト

