

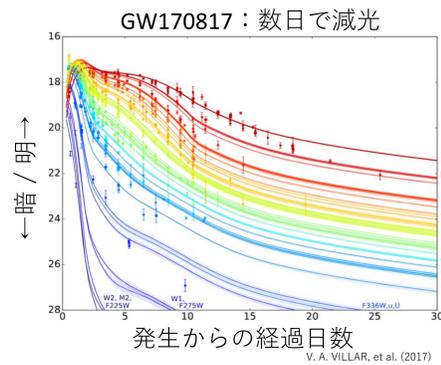
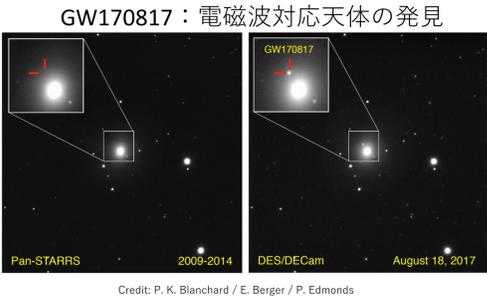
# 畳み込みニューラルネットワークを用いた MITSuME望遠鏡画像からの突発天体検知

伊藤尚泰、村田勝寛、高橋一郎、細川稜平、笹田真人、庭野聖史、谷津陽一、河合誠之 (東工大理)、  
篠田浩一、井上中順 (東工大情報理工)、伊藤亮介 (美星天文台)、下川辺隆史 (東大)

重力波天文学では広大な誤差領域からの電磁波対応天体の位置決定が重要であり、従来はその位置決定の過程では今得られた観測画像と以前得られた過去画像の差分画像を用いていた。しかし異なる望遠鏡間の差分画像にはPSFの差由来の引き残しが発生し膨大な画像の確認が必要となるため、本研究では、畳み込みニューラルネットワークを用いて、差分画像を使用せず観測画像と過去画像から直接突発天体の有無を判断する識別器を作成した。学習のために十分な量の真の突発天体の画像を用意することは困難なため、擬似突発天体画像を観測画像に埋め込んだ画像を学習させ、作成した突発天体識別器の実用性を検証するために実物の突発天体画像による識別性能評価を行い、突発天体がS/N > 10の場合は誤検知数を500/日に抑えつつ突発天体を97%検知可能と予測した。

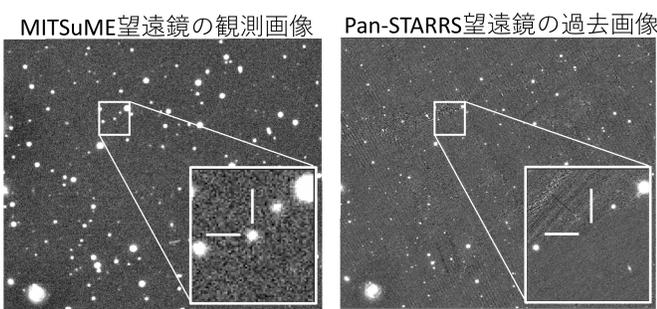
## 1. 目的

- 大目標：宇宙における**重元素**の起源を解明
- 中目標：**中性子星合体**から重力波と共に放射される電磁波を観測
- 小目標：望遠鏡画像から**突発天体**を発見



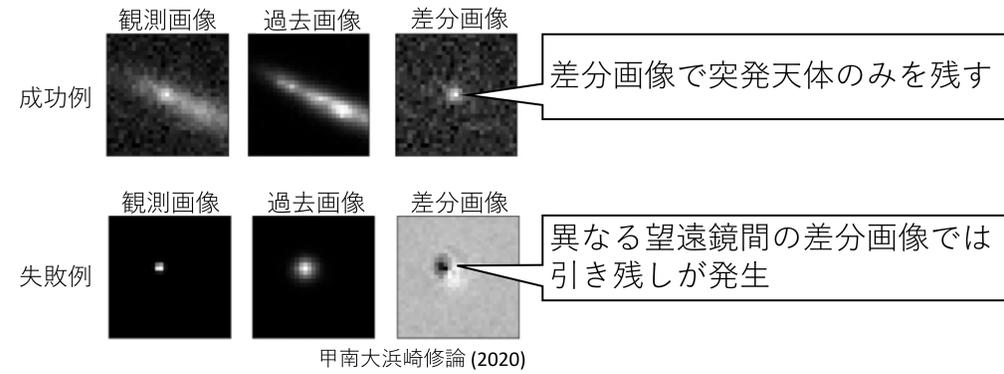
### 突発天体検知の難しさ

- 星が多い
- 解像度の差
- 波長帯の差
- 宇宙線
- 背景のゆらぎ
- などの原因



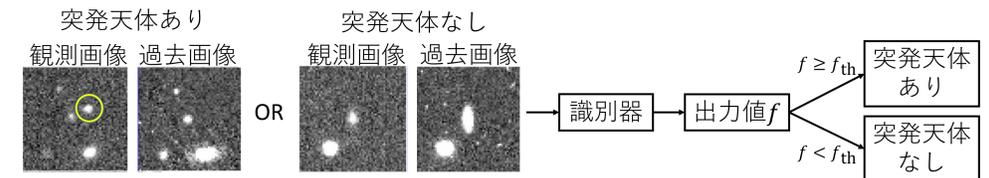
## 2. 既存手法

### 既存手法①：差分画像法



### 既存手法②：機械学習ベースの手法 (飯田修論, 2020)

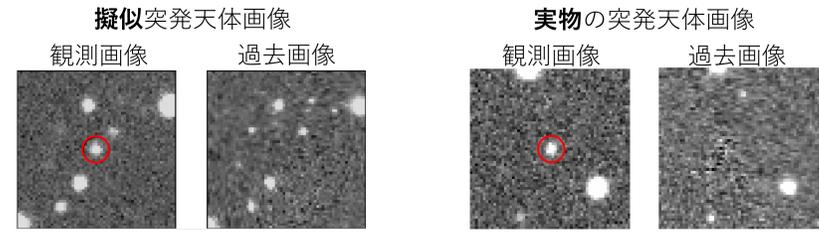
- 引き残しの発生する差分画像を用いず、観測/過去画像のみから検知



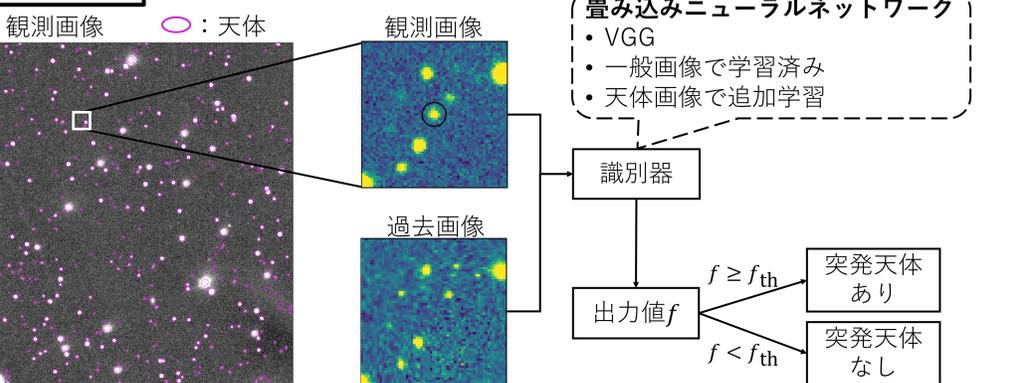
## 3. 提案手法

### 特長

- 先行研究 (機械学習ベース) からの進歩点：**より実践的に**
- 識別性能評価：**擬似→実物**の突発天体画像
- 検知対象位置：等間隔→天体検出



### 手法概要



## 4. 結果：学習の打ち切り/ 識別性能

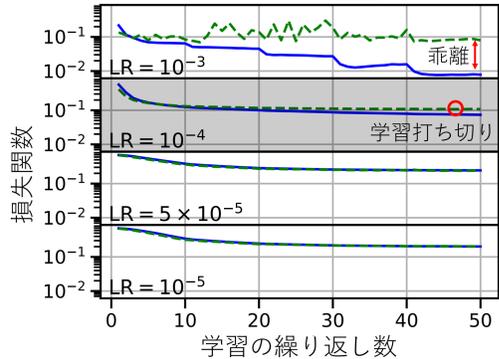
画像を独立に3分割

- 訓練：機械学習モデルの重み更新
- 検証：ハイパーパラメータ調整
- テスト：性能評価

	訓練	検証	テスト
擬似突発天体画像	~ 10 <sup>5</sup>	~ 10 <sup>4</sup>	~ 10 <sup>4</sup>
実物の突発天体画像	なし	~ 10	~ 50

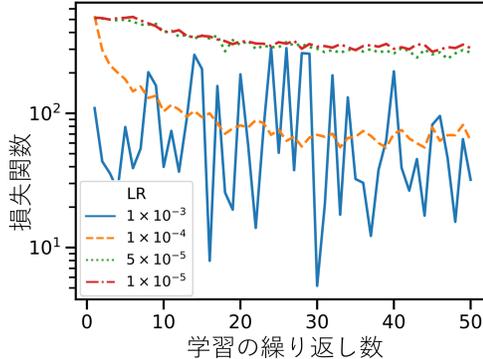
ハイパーパラメータの調整

損失関数の変化 (擬似：訓練/検証)



打ち切り位置の妥当性を評価

損失関数の変化 (実物：検証)



識別性能 (閾値  $f_{th} = 0.0051$ )

実物の突発天体画像を用いて識別性能を評価

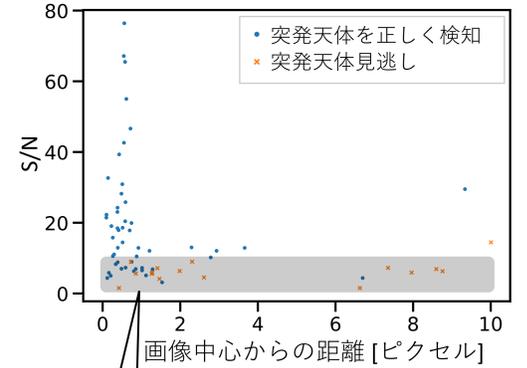
正解	突発天体なし	突発天体あり
突発天体なし	67672	6717
突発天体あり	6	60

- 突発天体を検知した割合  $\frac{60}{60+6} = 91\%$
- 誤検知率  $\frac{6717}{67672+6717} = 9\%$
- 十分な識別性能を確認

予測

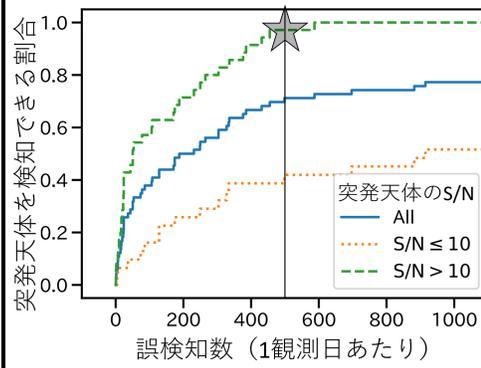
## 5.1 識別器の不得意な点

実物の突発天体の識別性能：S/N・距離への依存性



- S/N < 10で見逃し増加

## 5.2 実運用への検討



- 閾値  $f_{th}$  を下げる → 検知率(増)、しかし誤検知率も(増)
- 誤検知数の許容数を仮定：500/観測日
- その時の検知率はS/Nで変化
- S/N > 10なら97%検知

## 6. まとめ・今後の展望

- CNNを用いて望遠鏡画像からの突発天体識別器を開発
- 擬似突発天体画像で学習、実物の突発天体画像で評価
- 実運用への検討
  - S/N > 10なら97%検知可能
- 今後の展望
  - 開発した識別器を我々の望遠鏡へ導入