

# 深層学習を用いた MITSuME望遠鏡画像からの 突発天体検知

東京工業大学 河合研究室

修士1年 飯田康太

共同研究者

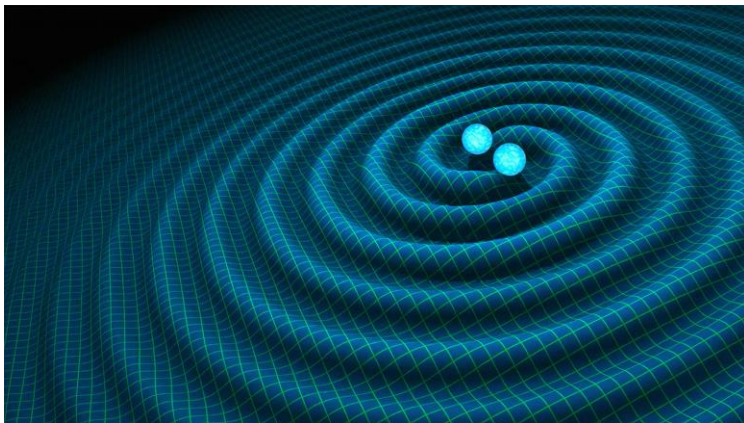
谷津 陽一, 伊藤 亮介, 村田 勝寛, 橋 優太郎, 河合 誠之 (東工大理),  
Yan Long, 篠田 浩一, 井上 中順 (東工大情報理工), 下川辺 隆史 (東京大)

# 目的

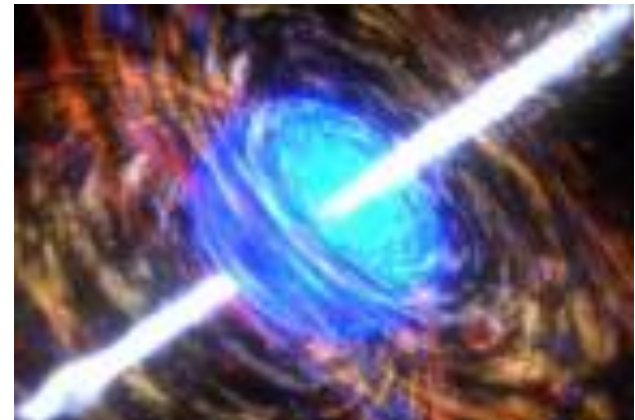
突発天体 →

- 発生場所・時間は予測不可能
- 短い許容時間

重力波



$\gamma$ 線バースト



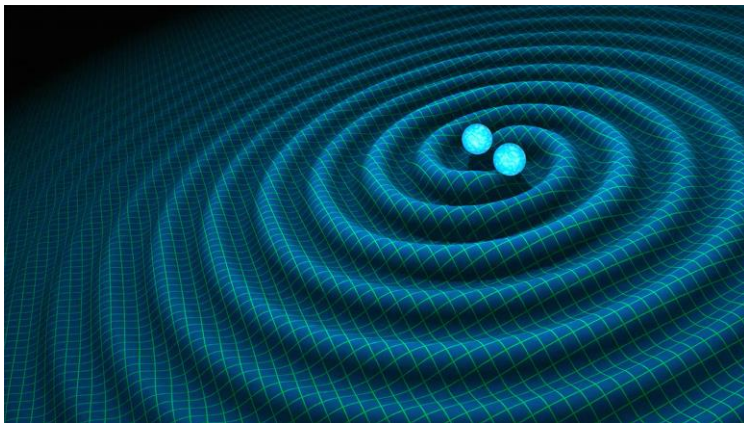
# 目的

突発天体 →

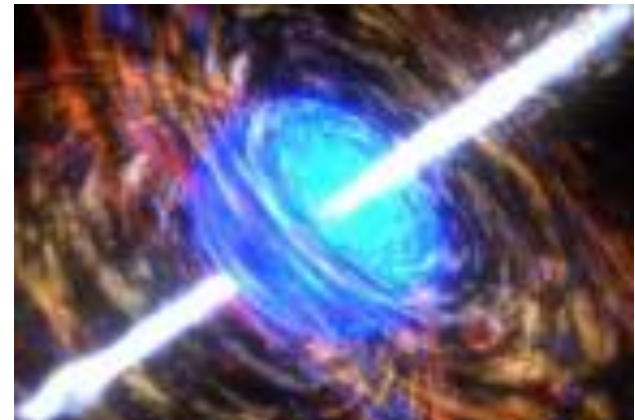
- 発生場所・時間は予測不可能
- 短い許容時間

特に重力波は、位置決定精度が極めて低い：エラー領域  $\sim 100 \text{ deg}^2$

## 重力波



## $\gamma$ 線バースト



# 目的

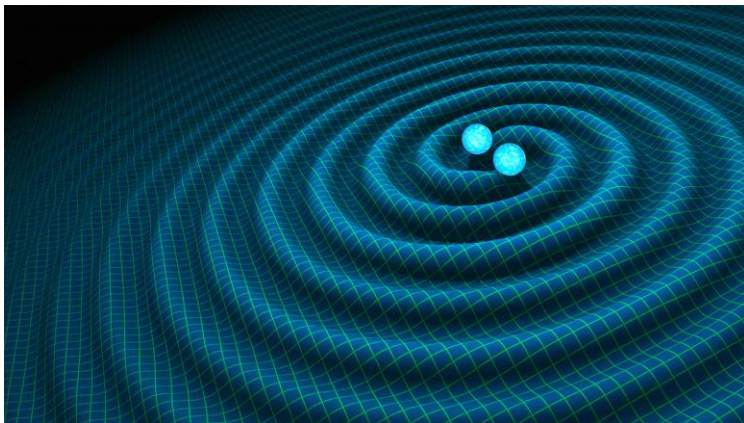
突発天体 →

- 発生場所・時間は予測不可能
- 短い許容時間

特に重力波は、位置決定精度が極めて低い：エラー領域  $\sim 100 \text{ deg}^2$

自動的かつ迅速な突発天体検知技術の確立を目指す

重力波



$\gamma$ 線バースト



# 既存の手法 #画像差分

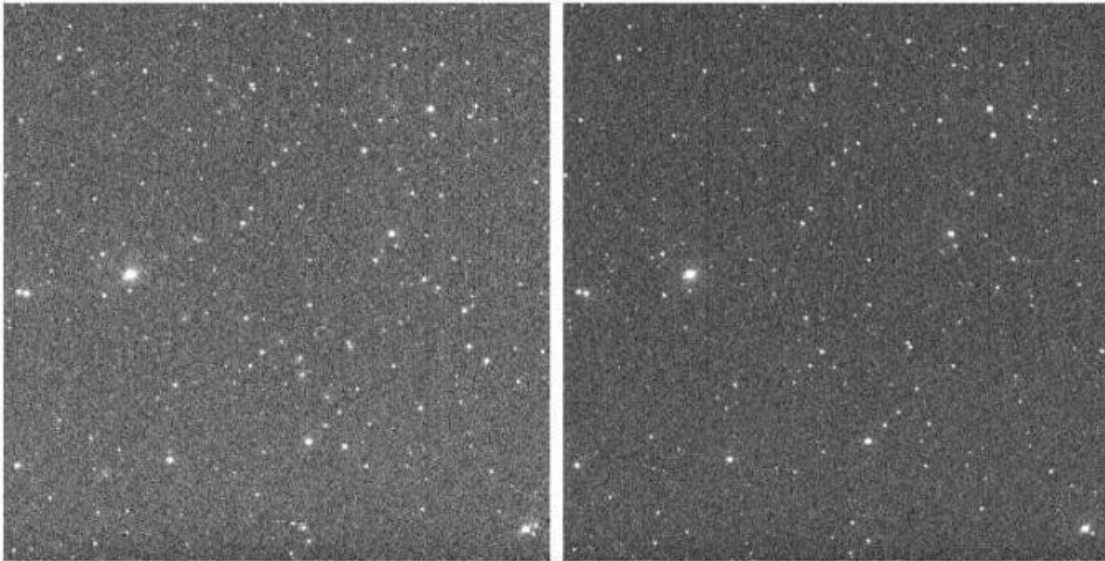
Science



# 既存の手法 #画像差分

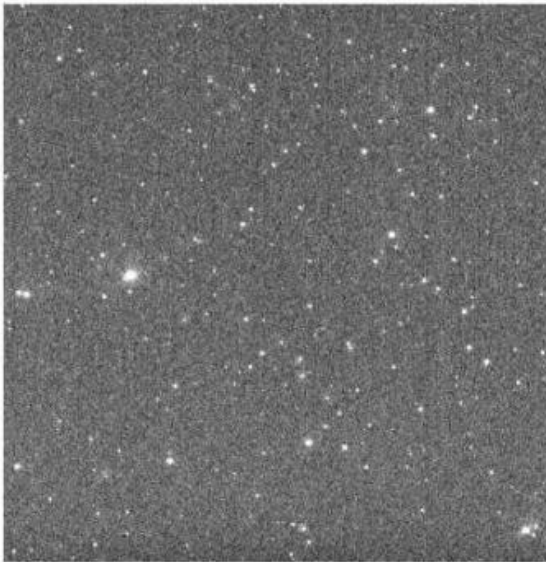
Science

Template



# 既存の手法 #画像差分

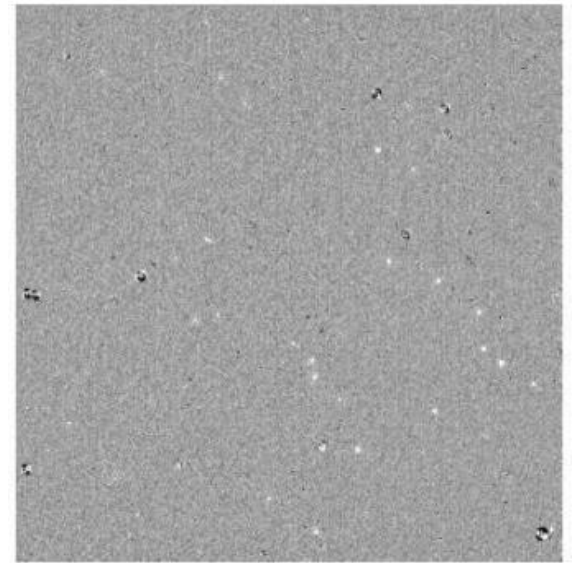
Science



Template

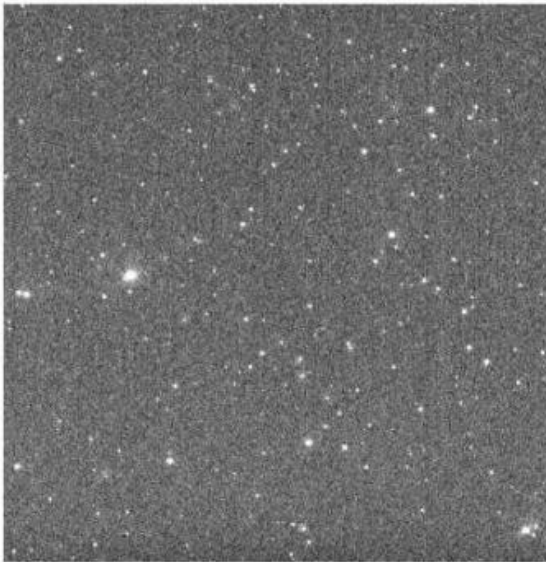


Difference

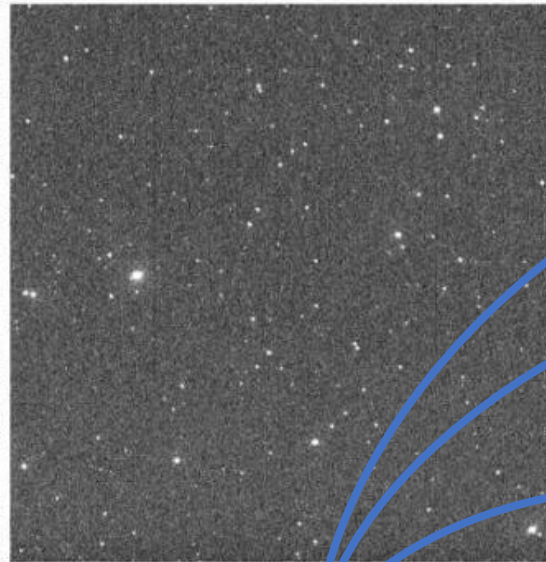


# 既存の手法 #画像差分

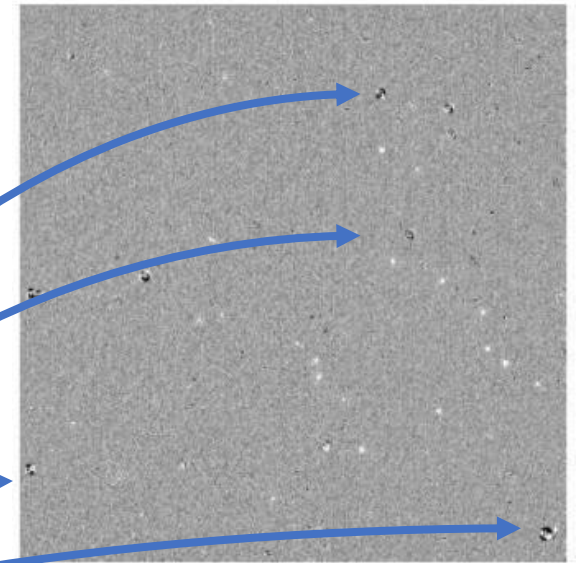
Science



Template



Difference



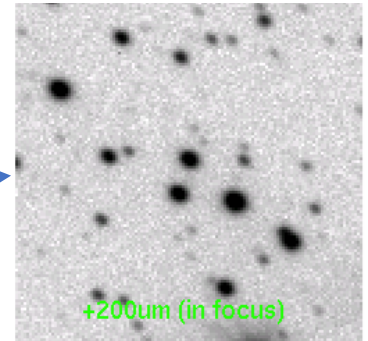
“引き残し”が発生



# 原因と解決策

## ➤ “引き残し”の原因

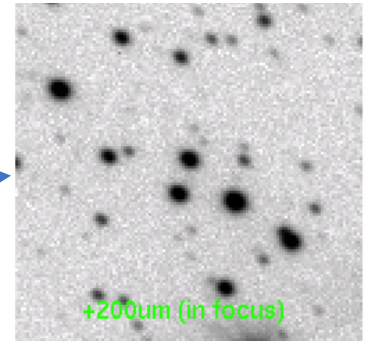
- 点拡がり関数の複雑さ
  - 光学的な収差や回折
  - 大気の揺らぎ



# 原因と解決策

## ➤ “引き残し”の原因

- 点拡がり関数の複雑さ
  - 光学的な収差や回折
  - 大気の揺らぎ



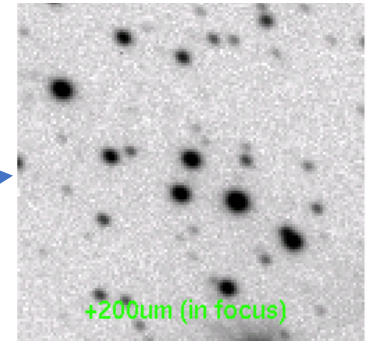
膨大な時間



# 原因と解決策

## ➤ “引き残し”の原因

- 点拡がり関数の複雑さ
  - 光学的な収差や回折
  - 大気の揺らぎ



膨大な時間

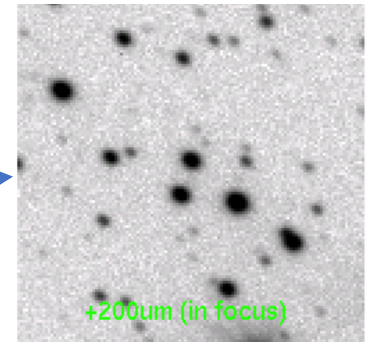


最適??

# 原因と解決策

## ➤ “引き残し”の原因

- 点拡がり関数の複雑さ
  - 光学的な収差や回折
  - 大気の揺らぎ



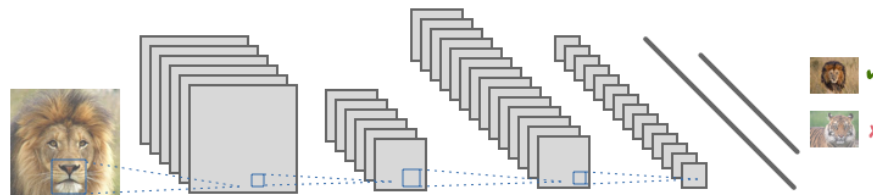
膨大な時間



最適??

## ➤ 畳み込みニューラルネットワークの利用

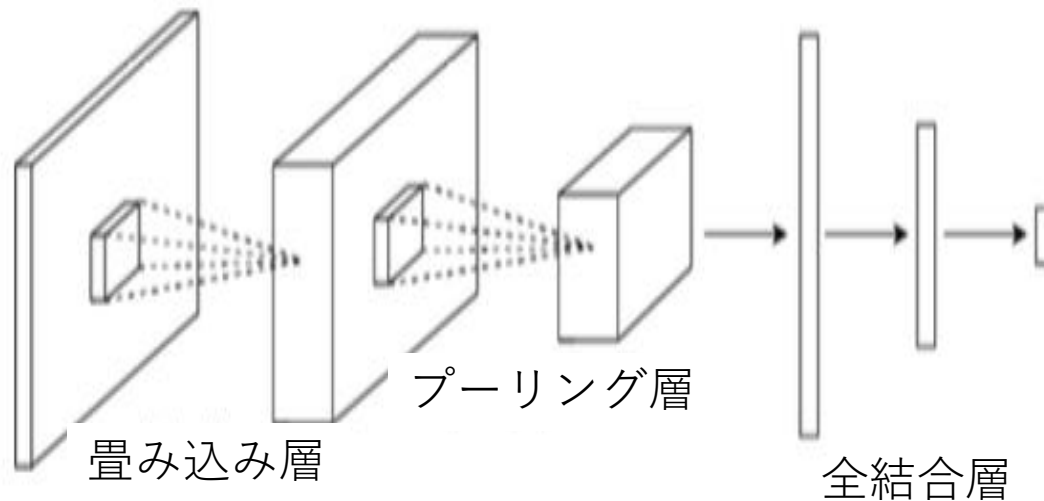
一旦学習を終えれば、瞬時に識別が可能



# 畳み込みニューラルネットワーク

4/13

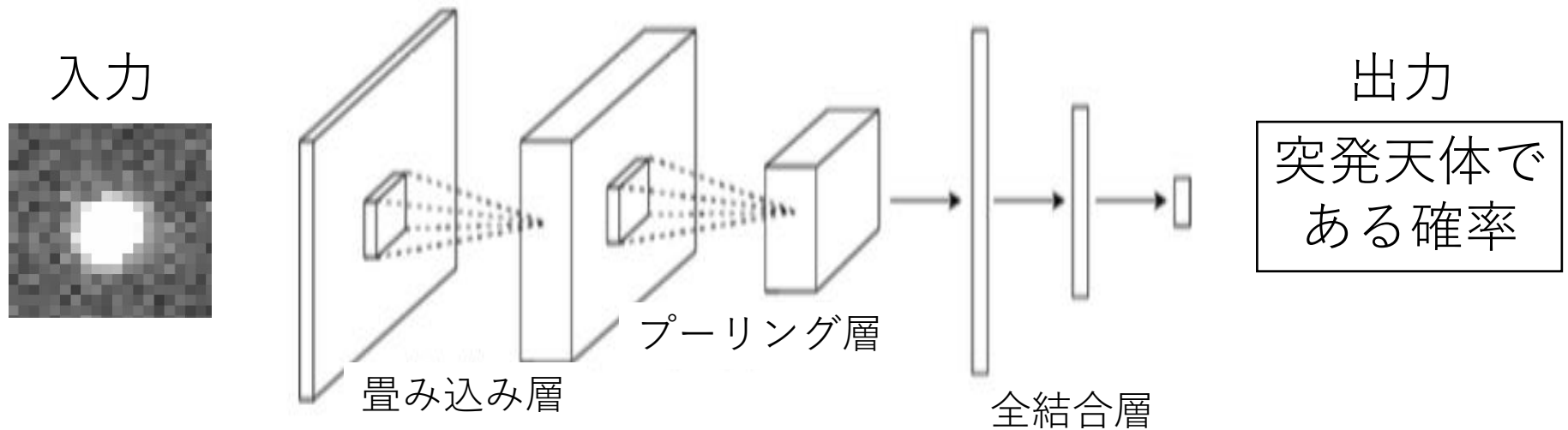
- 画像、動画認識
- 畳み込み層、プーリング層、全結合層
- 畳み込み演算で特徴圧縮
- 重要な情報を保持したまま画像処理



# 畳み込みニューラルネットワーク ワーク

4/13

- 画像、動画認識
- 畳み込み層、プーリング層、全結合層
- 畳み込み演算で特徴圧縮
- 重要な情報を保持したまま画像処理



# 畳み込み層

入力

2	0	1	1	1
2	1	1	1	1
1	1	2	0	0
0	2	2	1	2
1	1	0	1	0

カーネル

1	0
1	0

# 畳み込み層

入力

2	0	1	1	1
2	1	1	1	1
1	1	2	0	0
0	2	2	1	2
1	1	0	1	0

カーネル

1	0
1	0



# 畳み込み層

入力

2 ×1	0 ×0	1	1	1
2 ×1	1 ×0	1	1	1
1	1	2	0	0
0	2	2	1	2
1	1	0	1	0

カーネル

1	0
1	0

# 畳み込み層

入力

2 ×1	0 ×0	1	1	1
2 ×1	1 ×0	1	1	1
1	1	2	0	0
0	2	2	1	2
1	1	0	1	0

カーネル

1	0
1	0

$$2 + 0 + 2 + 0 = 4$$

# 畳み込み層

入力

2	0	1	1	1
2	1	1	1	1
1	1	2	0	0
0	2	2	1	2
1	1	0	1	0

カーネル

1	0
1	0

出力

4			

# Max プーリング層

入力

4	1	2	2
3	2	3	1
1	3	4	1
1	3	2	2

# Max プーリング層

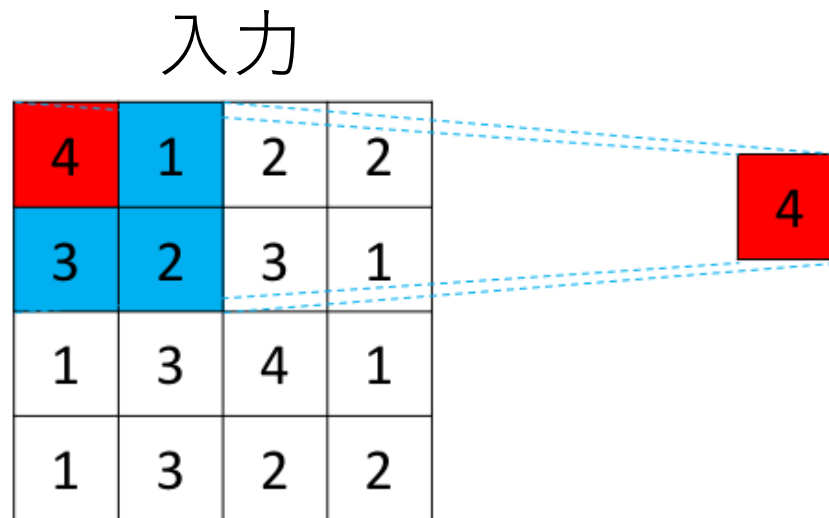
カーネルサイズ =  $2 \times 2$ , ストライド = 1

入力

4	1	2	2
3	2	3	1
1	3	4	1
1	3	2	2

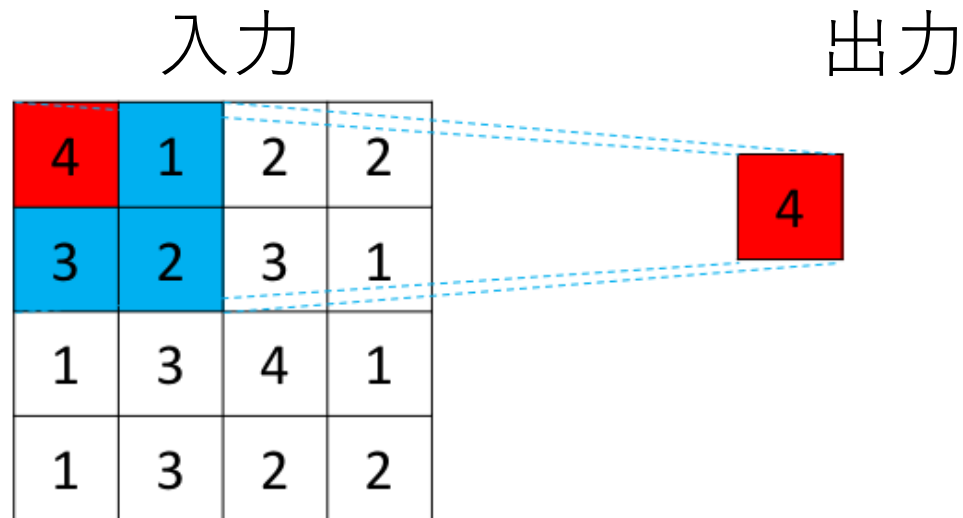
# Max プーリング層

カーネルサイズ =  $2 \times 2$ , ストライド = 1



# Max プーリング層

カーネルサイズ =  $2 \times 2$ , ストライド = 1



入力画像サイズは天体の明るさにより可変  
⇒ Max プーリングの代わりにRoIプーリングを使用

# RoI プーリング層

- RoI = Region of Interest(関心領域)
- 物体検知の分野で活躍
- 異なるサイズのインプットに対してMaxプーリング
- 固定サイズの出カ

## 入カ 1

2	4	1	2
1	3	2	3
1	1	3	4
2	1	3	2



# RoI プーリング層

- RoI = Region of Interest(関心領域)
- 物体検知の分野で活躍
- 異なるサイズのインプットに対してMaxプーリング
- 固定サイズの出カ

分割数= 2

入力 1

2	4	1	2
1	3	2	3
1	1	3	4
2	1	3	2

# RoI プーリング層

- RoI = Region of Interest(関心領域)
- 物体検知の分野で活躍
- 異なるサイズのインプットに対してMaxプーリング
- 固定サイズの出カ

分割数= 2

入力 1

2	4	1	2
1	3	2	3
1	1	3	4
2	1	3	2

# RoI プーリング層

- RoI = Region of Interest(関心領域)
- 物体検知の分野で活躍
- 異なるサイズのインプットに対してMaxプーリング
- 固定サイズの出カ

分割数= 2

入力 1

2	4	1	2
1	3	2	3
1	1	3	4
2	1	3	2

出力 1

4

# RoI プーリング層

- RoI = Region of Interest(関心領域)
- 物体検知の分野で活躍
- 異なるサイズのインプットに対してMaxプーリング
- 固定サイズの出カ

分割数= 2

入力 1

2	4	1	2
1	3	2	3
1	1	3	4
2	1	3	2

出力 1

4

入力 2

2	4	1	2	0
1	3	2	3	1
1	1	3	4	4
2	1	3	2	2
1	2	0	3	1

# RoI プーリング層

- RoI = Region of Interest(関心領域)
- 物体検知の分野で活躍
- 異なるサイズのインプットに対してMaxプーリング
- 固定サイズの出カ

分割数= 2

入力 1

2	4	1	2
1	3	2	3
1	1	3	4
2	1	3	2

出力 1

4

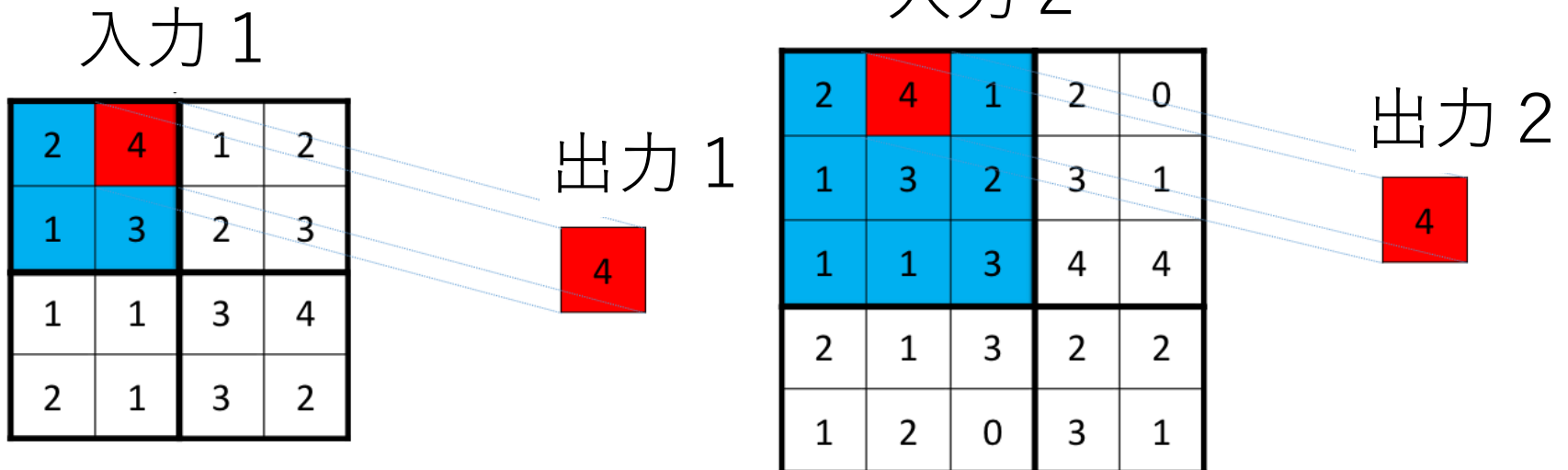
入力 2

2	4	1	2	0
1	3	2	3	1
1	1	3	4	4
2	1	3	2	2
1	2	0	3	1

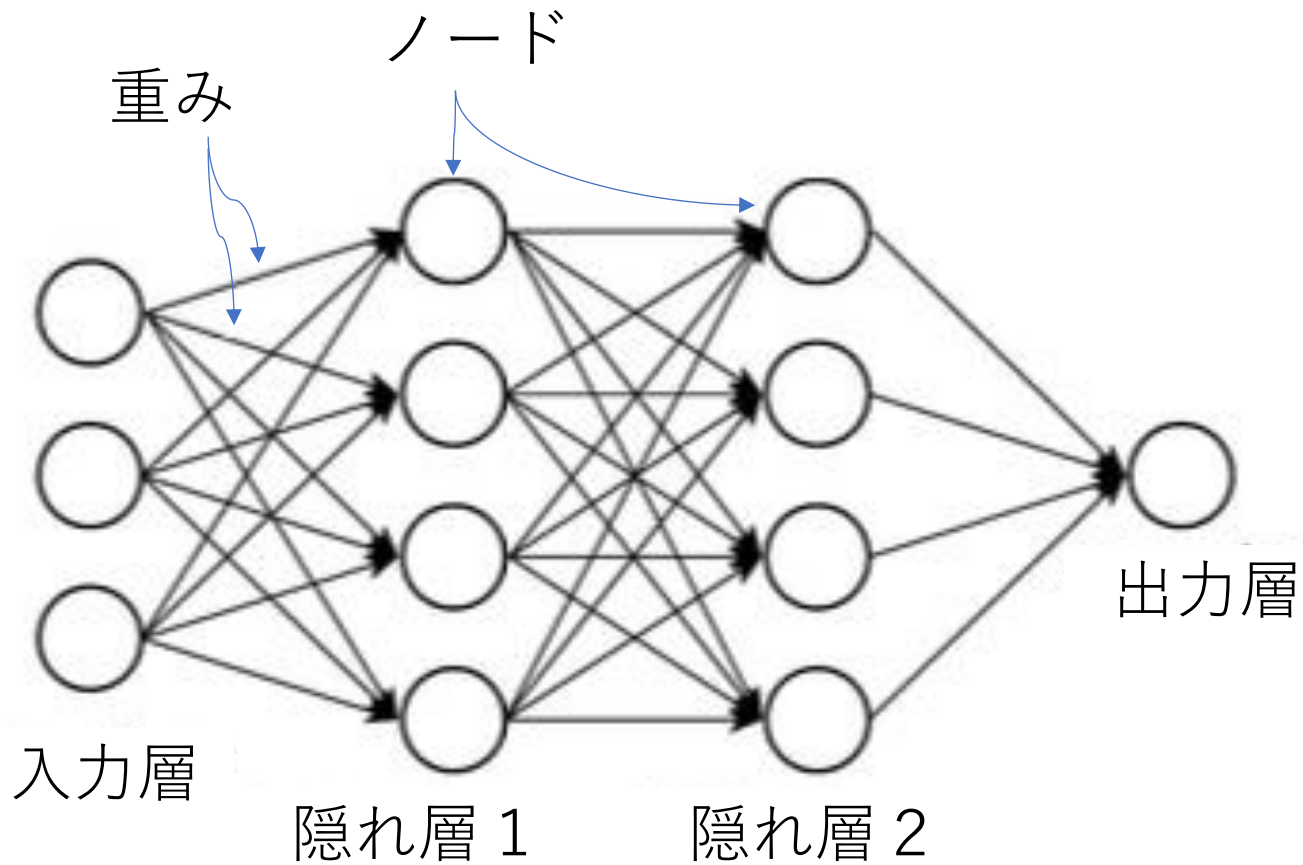
# RoI プーリング層

- RoI = Region of Interest(関心領域)
- 物体検知の分野で活躍
- 異なるサイズのインプットに対してMaxプーリング
- 固定サイズの出カ

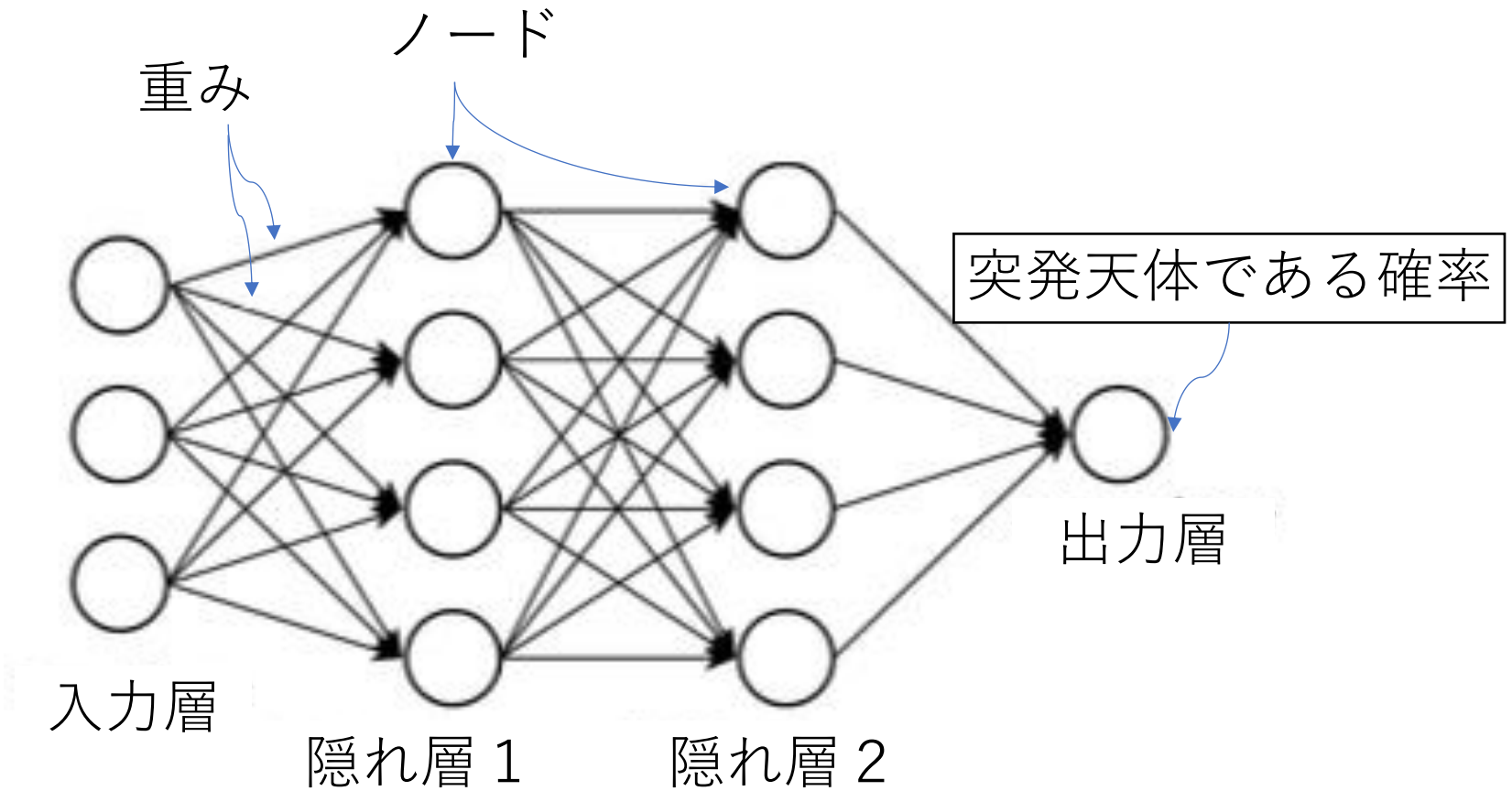
分割数= 2



# 全結合層

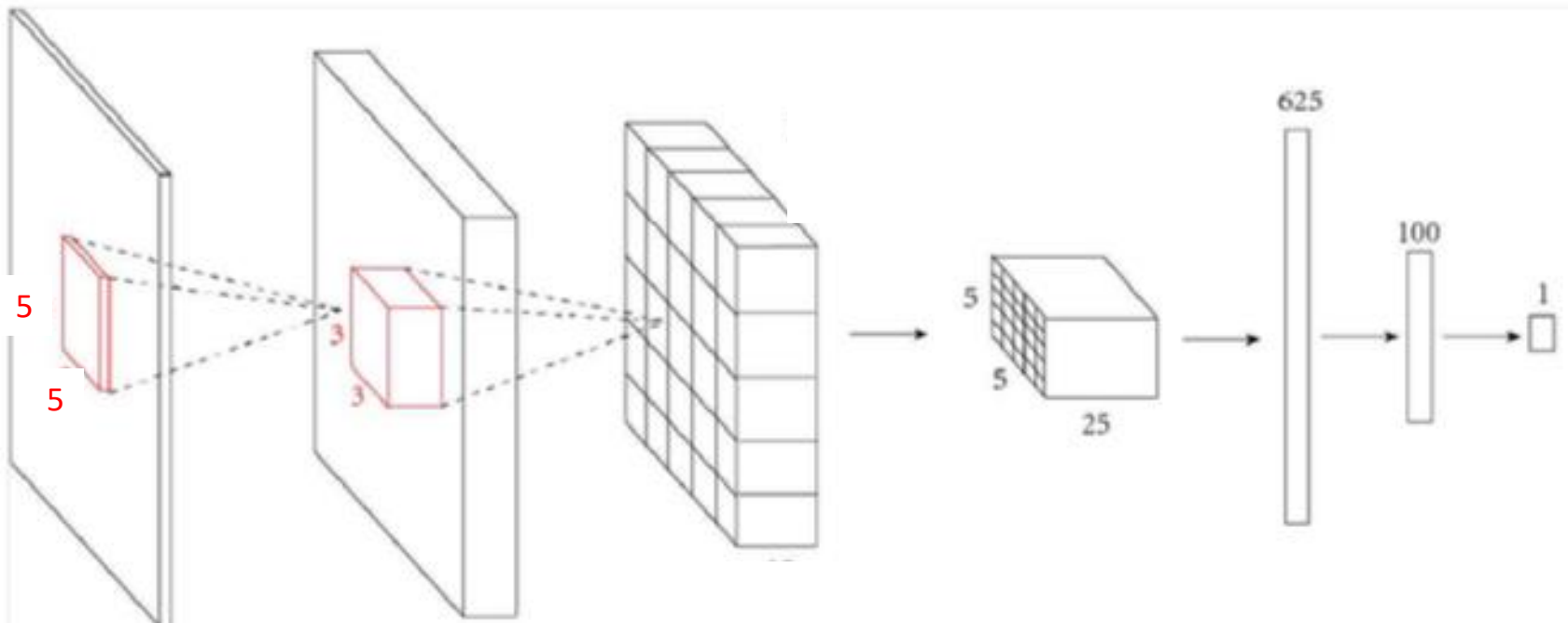


# 全結合層





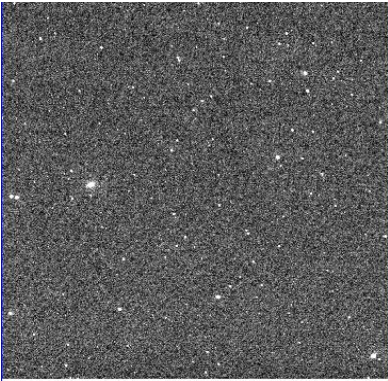
# ネットワーク



畳み込み層 1 畳み込み層 2 RoI プールング層 全結合層

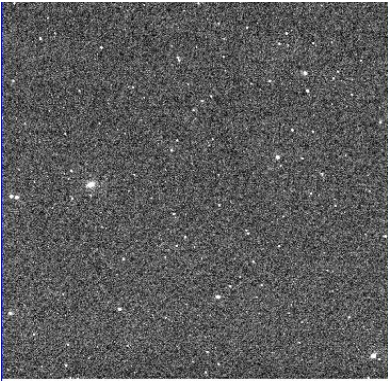
# 入力データ

Template

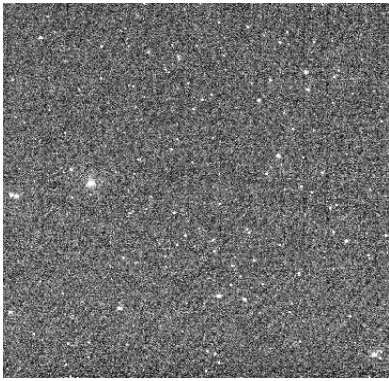


# 入力データ

Template

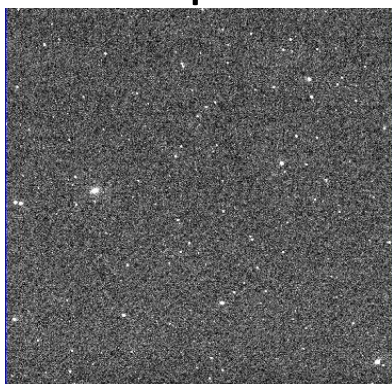


Science

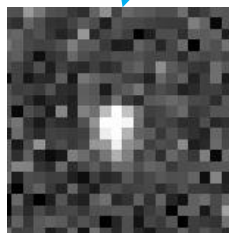
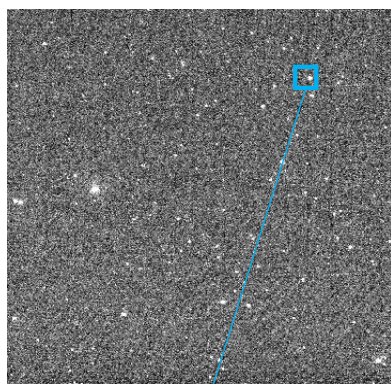


# 入力データ

Template

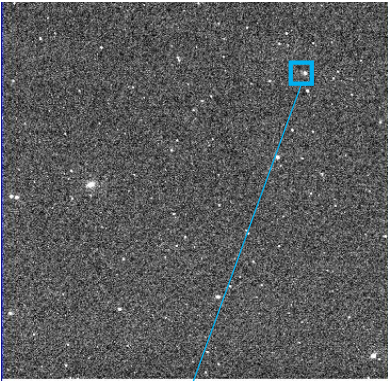


Science

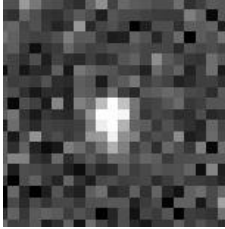
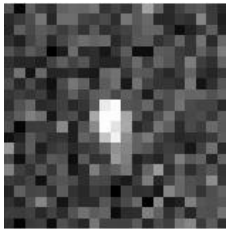
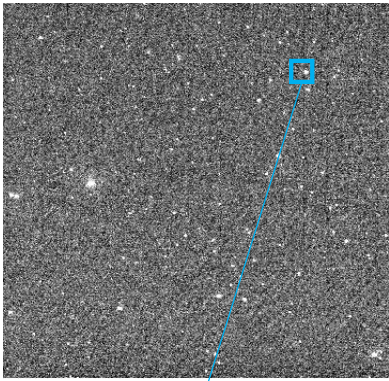


# 入力データ

Template



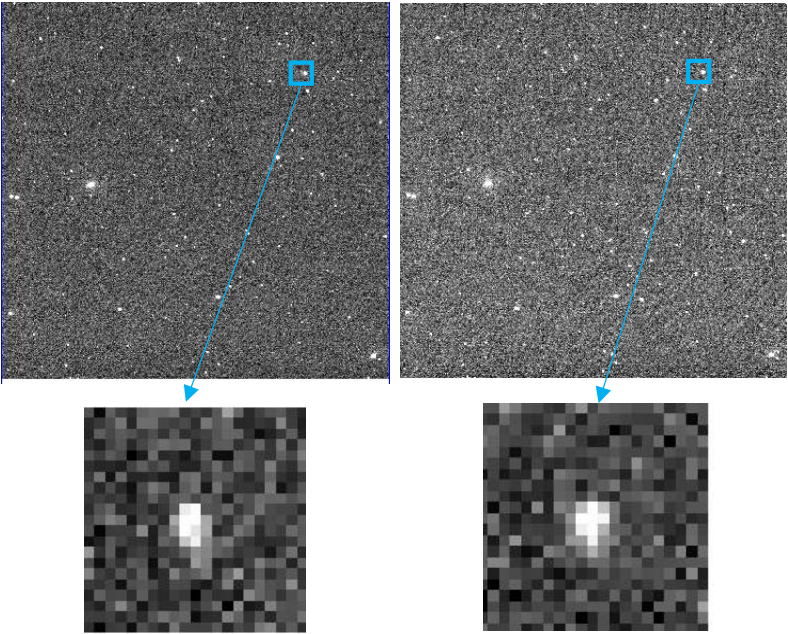
Science



# 入力データ

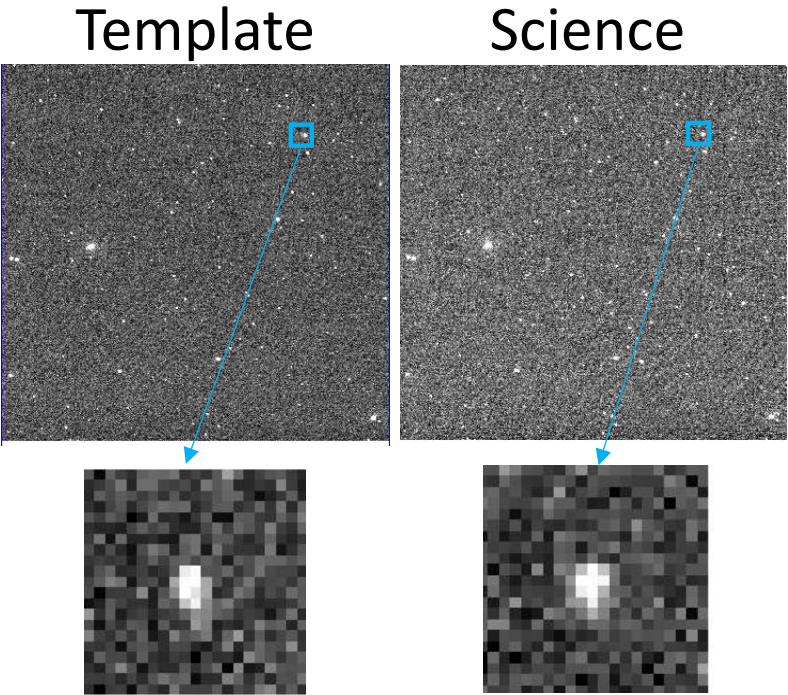
Template

Science

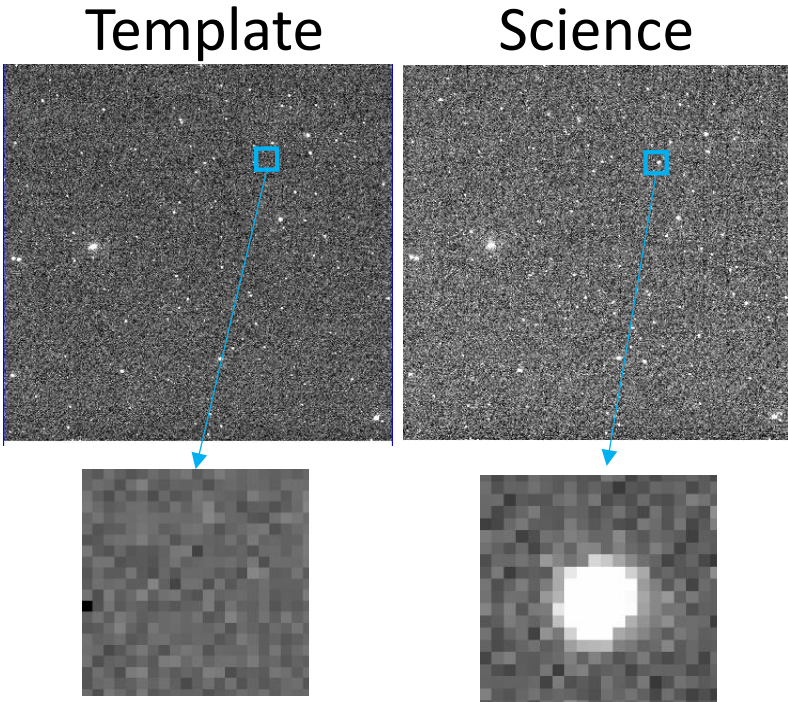


定常天体のインプット

# 入力データ



定常天体のインプット

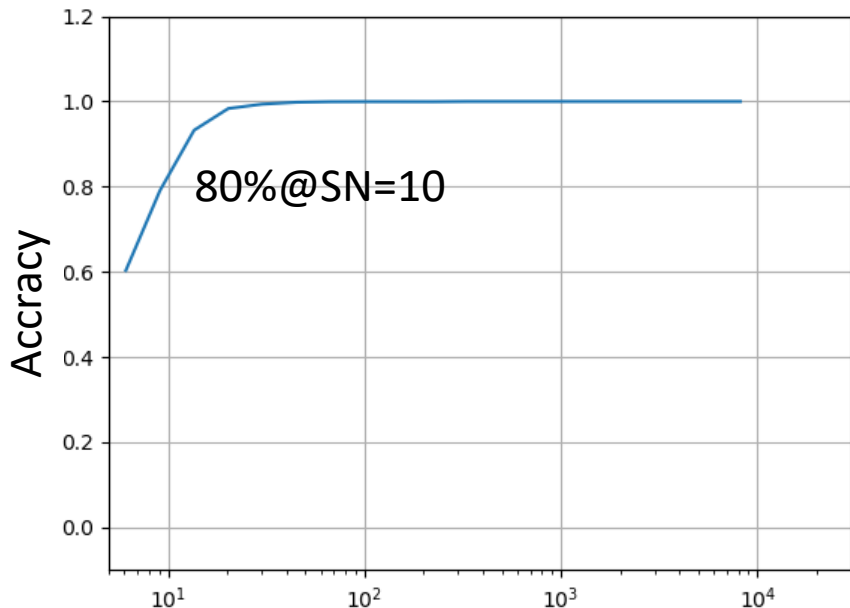


突発天体のインプット

# 性能評価 # SN比 vs Accuracy

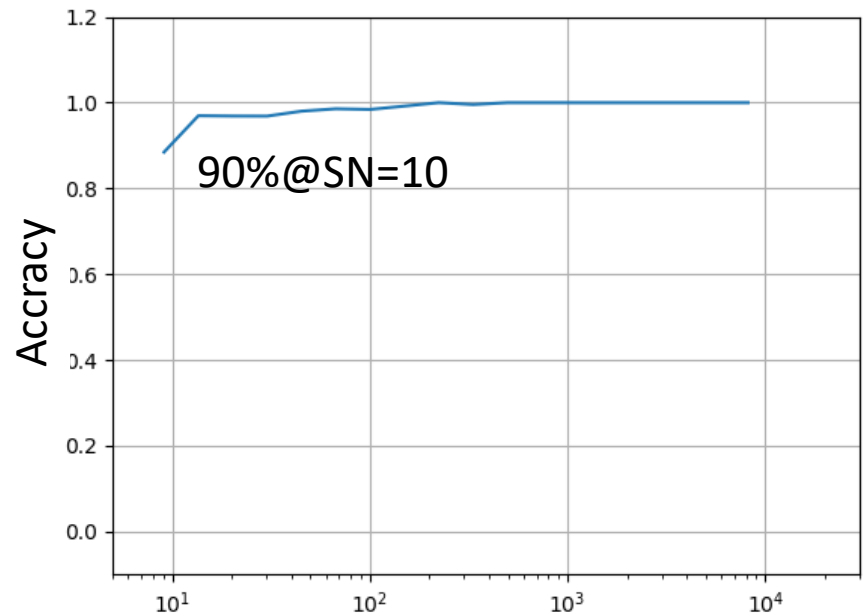
$$\text{Accuracy} = \frac{\text{識別成功数}}{\text{(定常または突発天体の)全ての点源}}$$

## 定常天体



S/N 比

## 突発天体



S/N 比



# 実行時間

- 環境
  - Processor: 2.5GHz Intel Core i5
  - RAM: 8 GB (1600 MHz DDR3)
- 実行時間:
  - 13.1 sec for 5074 sources
  - 2.6 ms/source

# まとめ

- MITSuME明野望遠鏡データセットとCNNを用いて突発天体識別器を開発
- 明るい天体に対して、高い精度で識別成功
  
- **Future work**
  - 暗い天体や、他の天体と重なっている天体に対する精度向上を図る
  - データセット、あるいはネットワークそのものの変更も検討中