

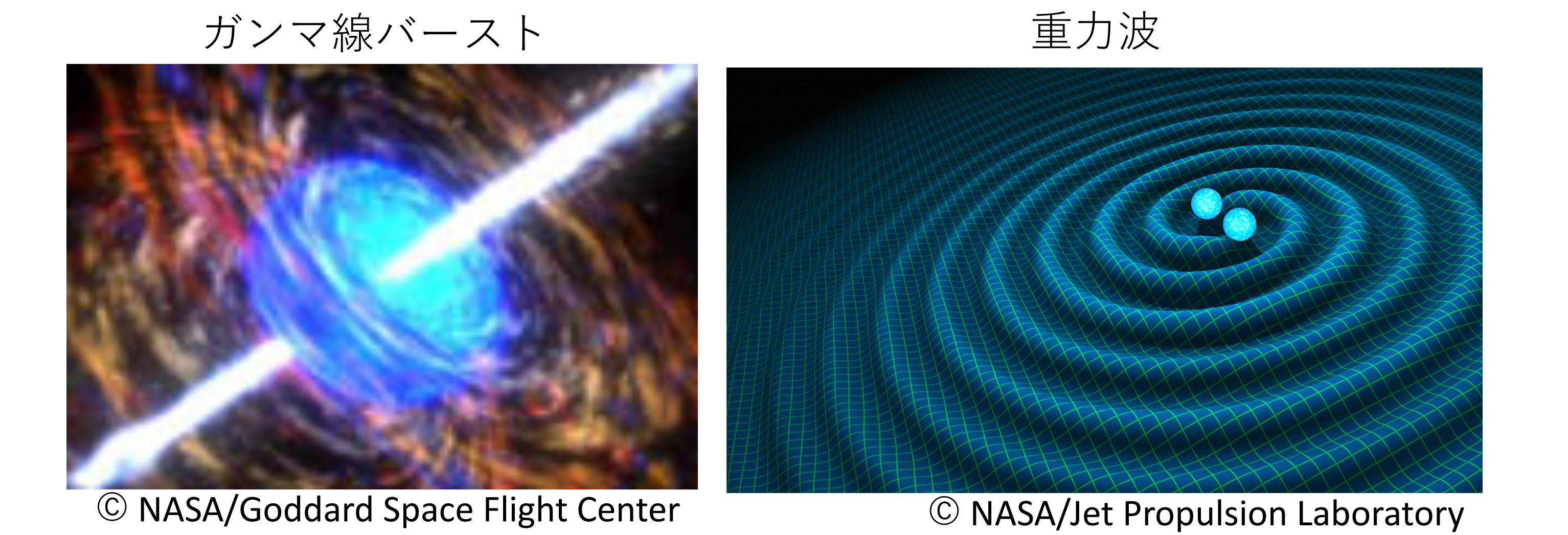
深層学習を用いたMITSuME望遠鏡画像からの突発天体検知

飯田康太、谷津 陽一、伊藤 亮介、村田 勝寛、橘 優太朗、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)

新たな発見領域として注目を集める重力波天文学の要は、広大なエラー領域を自動的に掃天し、すぐさま候補天体を検出するシステムである。この最終ステップである変動天体の検知には、画像差分を用いた手法が広く利用されているが、光学系の収差や回折などによる“引き残し”が発生するため、最終的に人間の目による確認が不可欠であり、大きな時間と労力を要するという問題がある。本研究では、複雑な形のPSFを再現するため、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いた識別器を提案する。データセットとして、JGEMの運用において、東工大MITSuME望遠鏡で撮影された銀河を中心とした切り取り画像をtraining、validation、test用にそれぞれ1540枚ずつ用意。training用だけは、回転と反転により8倍に増やしている。これらのデータを用いて、ネットワークを最適化し、高い精度(95%)での識別に成功した。

背景・研究目的

突発天体の発生場所、時刻を予測することは不可能であり、許容時間は数秒程度と短い。特に重力波は、位置決定精度が数百平方度と極めて低い。これらを踏まえ、我々は、**自動的かつ迅速な突発天体検知技術の確立**を目指す。



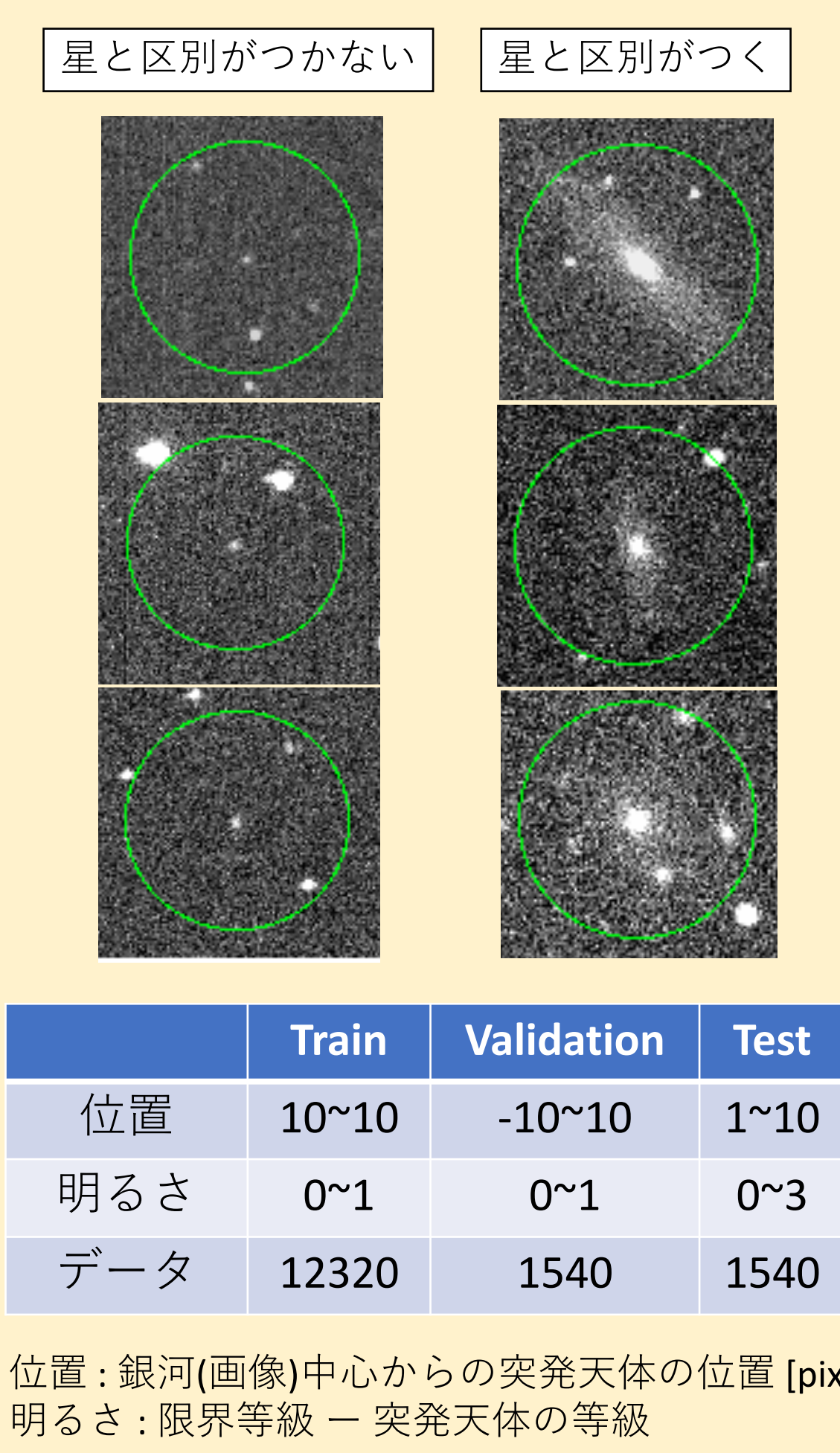
© NASA/Goddard Space Flight Center

© NASA/Jet Propulsion Laboratory

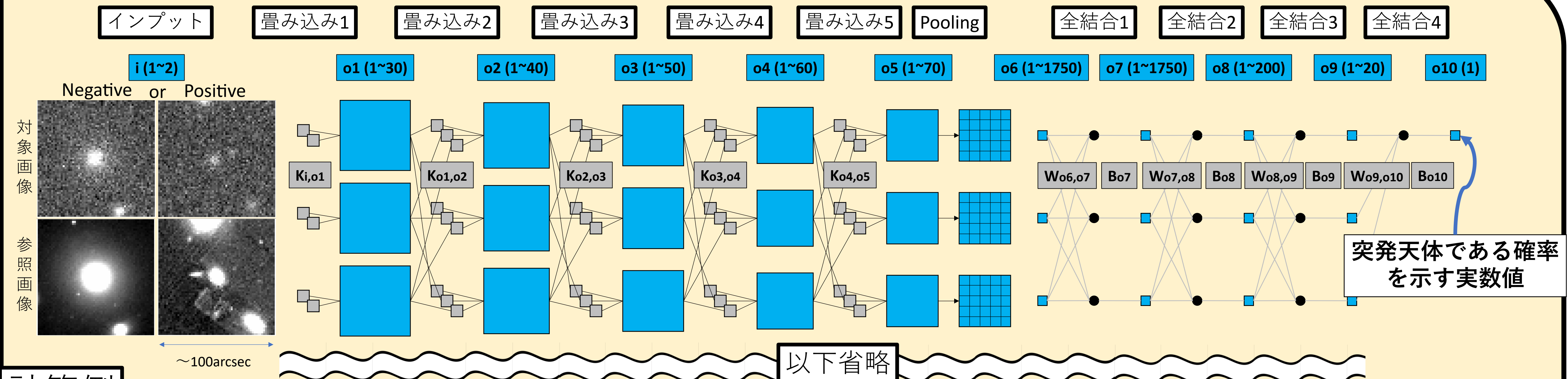
提案手法 # 畳み込みニューラルネットワーク(CNN)

CNNは大量のデータを識別できるような最適なパラメータを学習し、一旦学習を終えれば、即座に識別することが可能である。突発天体現象は星が密集した銀河中心付近で生じやすいことから、データセットは銀河を中心とした切り取り画像(61×61[pix])とした。また、データセットに偏りがあると、識別にも強み、弱みが顕著に現れてしまう恐れがある。そういった背景から、今回は対象とする銀河を星と区別のつかない銀河に絞った。対象画像として、星と区別のつかない231の銀河をtraining、validation、test用に3分割し、各銀河に対し、Positive(突発天体あり)、Negative(突発天体なし)をそれぞれ10枚ずつ用意。ただし、Training用の画像だけは、回転と反転により、8倍に増やしている。ここで、突発天体の位置は画像中心から10ピクセルの範囲で一様に、明るさは限界等級(SN3,3sigma)より何等明るいかで定義し、training、validationは0~1等の範囲で、testは0~3等の範囲で一様に振っている。参照画像は各対象画像と同領域のPan-STARRSの切り取り画像を使用した。ネットワークは、対象画像と参照画像の切り取りのペアを入力すると、5つの畳み込み層とPooling層で特徴を抽出し、4つの全結合層を経て、突発天体である確率を出力する。フレームワークは画像処理やCNNに特化したpytorchを使用した。

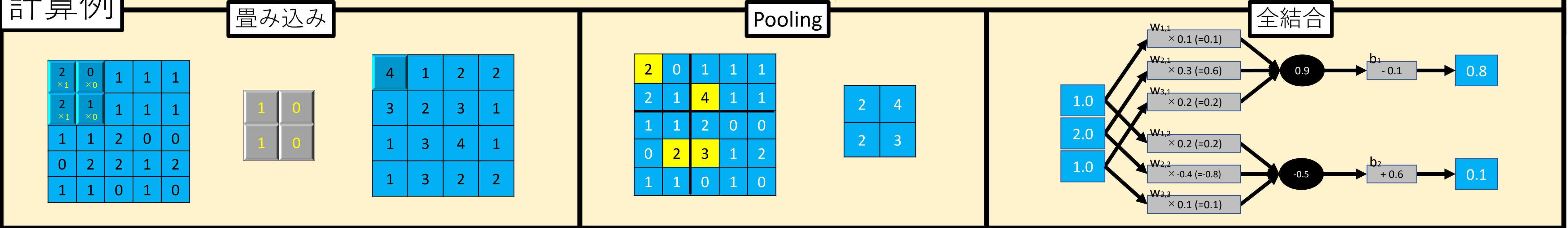
データセット



ネットワーク

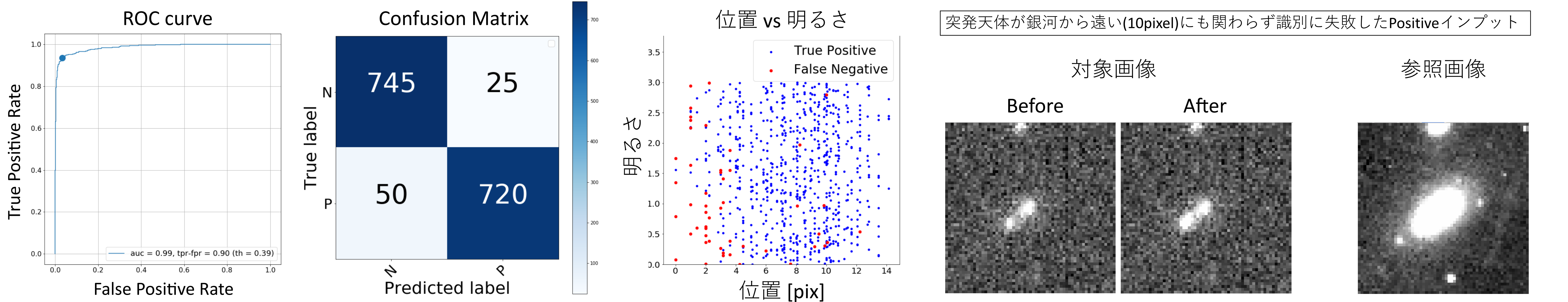


計算例



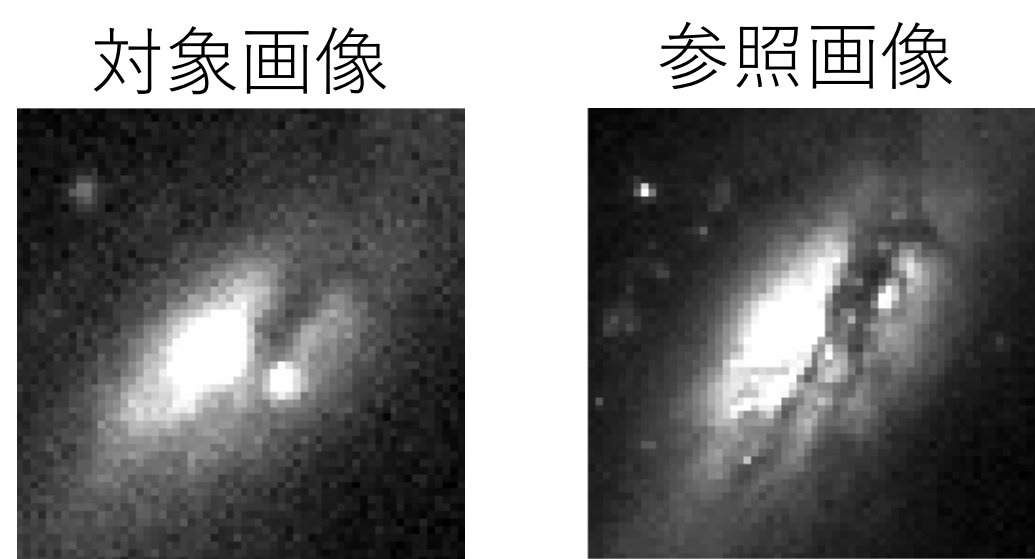
性能評価 # ROC curve and Confusion Matrix

Negativeを770、Positiveを770、計1540セットに対して識別を行った。Negative、Positiveそれぞれに対し、96.8%、93.5%の精度で識別に成功した。また、識別に失敗したPositiveのほとんどについては、銀河に重なるような画像中心付近の突発天体である。銀河から離れているにもかかわらず、識別に失敗した突発天体についても、銀河ではない他の明るい星に重なってしまっていることが多くあった。



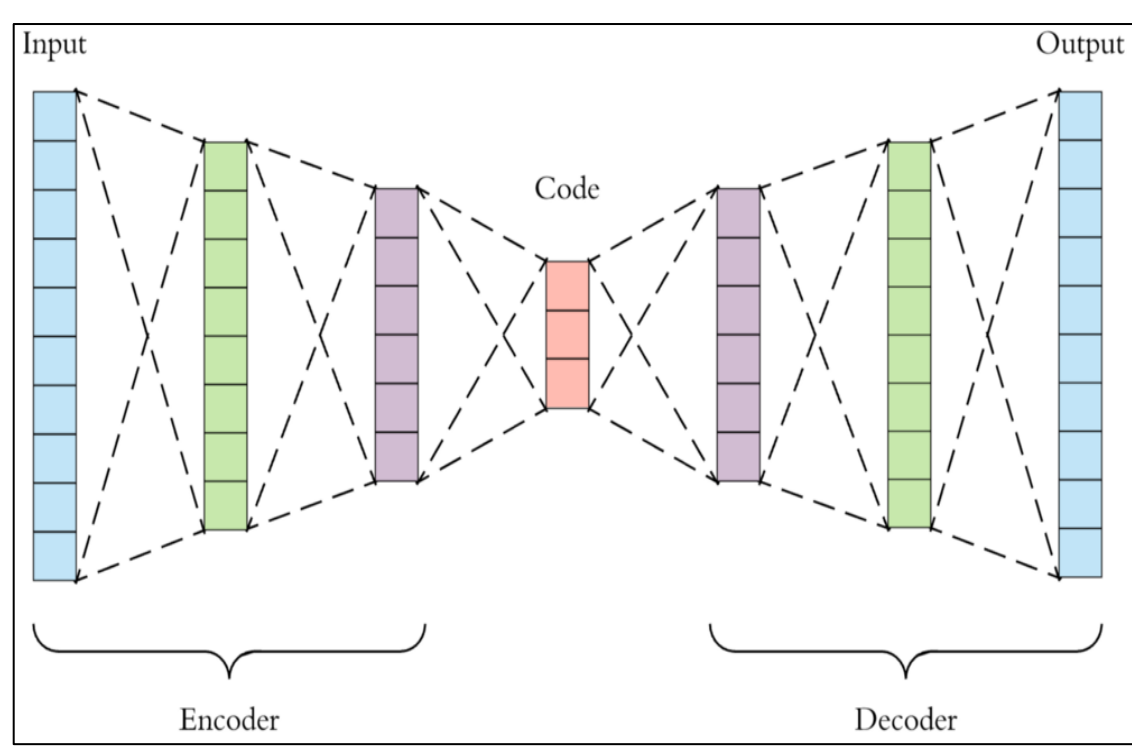
発展 # 拡がりを持った銀河を背景に

- 銀河と重なる突発天体の識別の強化
- 星と区別のつく拡がりを持った銀河の画像の収集、および新たな識別器の開発
- 「あり」「なし」の二値分類ではなく、「あり」の場合には、位置情報をも出力するようネットワークを改良



結論・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。
- 銀河中心から遠い星に対しては高精度かつ高速度で突発天体を特定することに成功。
- 銀河中心に近い星に対する識別の強化を目指し、試行錯誤。



© towardsdatascience.com