

深層学習を用いたMITSuME望遠鏡画像からの突発天体検知

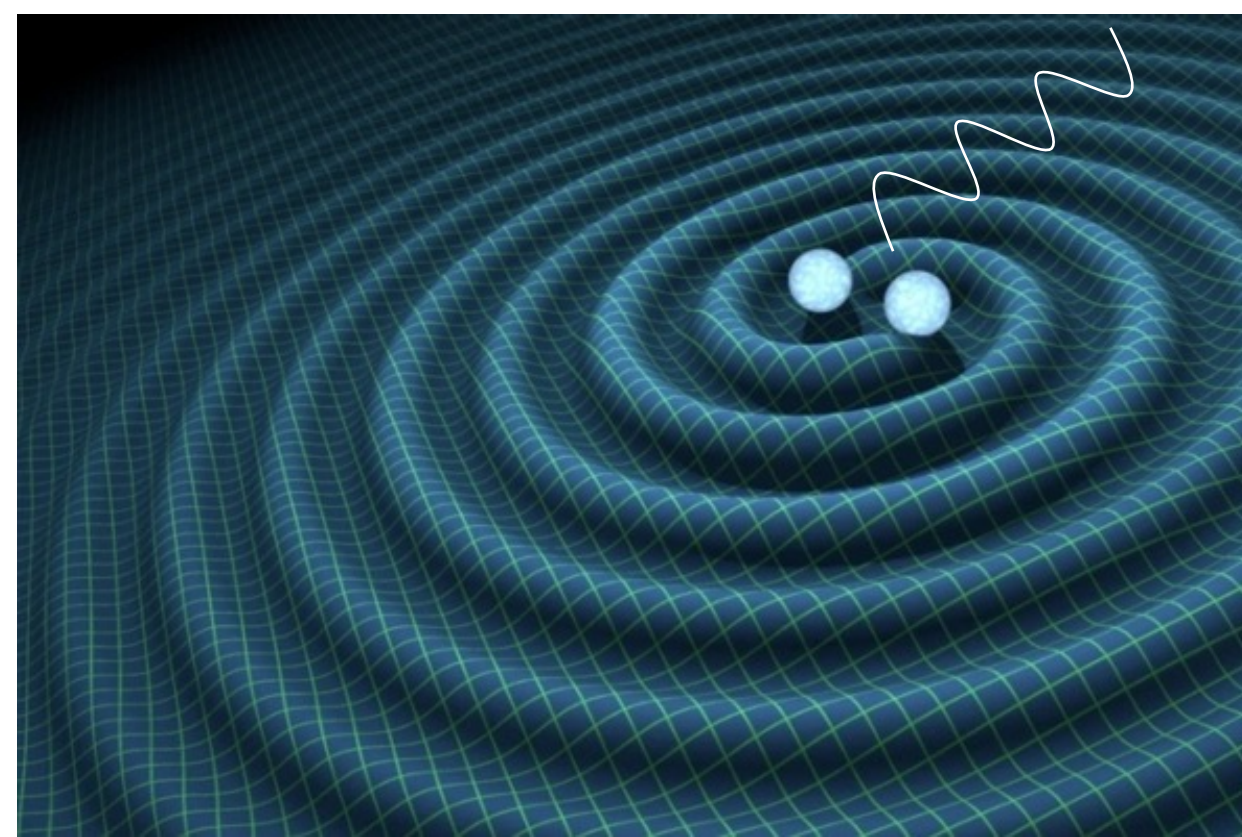
伊藤尚泰、村田勝寛、細川稜平、谷津 陽一、河合 誠之 (東工大理)、篠田 浩一、井上 中順 (東工大情報理工)

重力波の発生源を探る重力波天文学では、広大なエラー領域を自動的に掃天し対応天体を素早く発見することが重要とされる。この過程の要となる突発天体の検出には、従来は参照画像（発生前）と対象画像（発生後）を人の目で確認するという膨大な作業が必要とされてきた。そこで我々は、機械学習を用いて、突発天体が発生する前後の画像を入力として突発天体が存在する確率を出力する識別器の性能評価および性能向上の研究に取り組んでいる。MITSuME望遠鏡で撮影された銀河を中心としてその周りに擬似的に突発天体を埋め込んだ画像を対象画像、Pan-STARRS天体カタログの画像を参照画像として用いて、莫大な枚数の画像分類タスクに対してすでに最適化されたVGG11という畳み込みニューラルネットワークに対して再学習を行い、テスト画像全体に対する真陽性率は94%、偽陽性率は6%となった。同指標の値は擬似突発天体のS/Nが高い状況に限ると99%であり、S/Nが3~5と低い状況に限っても83%となり、擬似突発天体が暗いと検知性能が下がるといった人の目による検知と同様の傾向が見られた。

背景と目的

重力波源の電磁波対応天体を探す上では、重力波望遠鏡の広大なエラー領域が壁となる。そこで我々は、人の手を介さない迅速で高精度な突発天体検知技術の確立に取り組む。

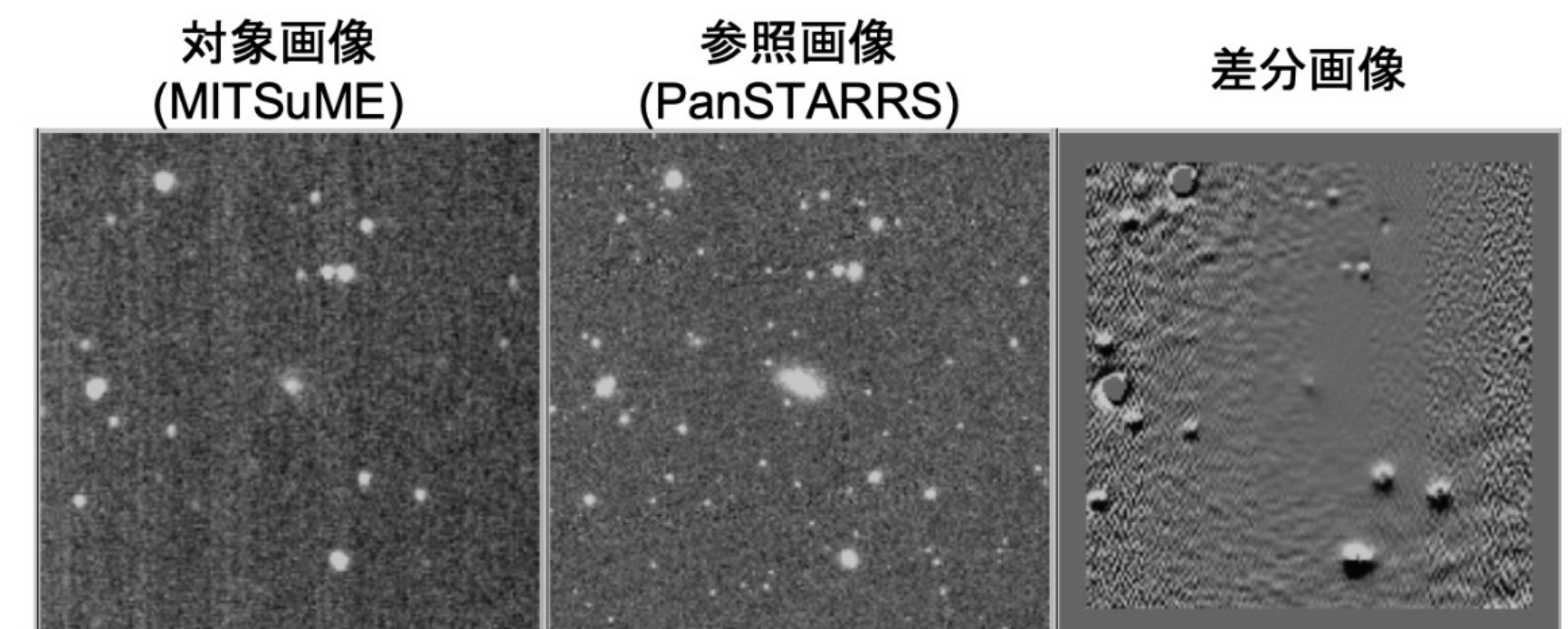
中性子星連星合体で重力波とともに電磁波を放射



©Caltech

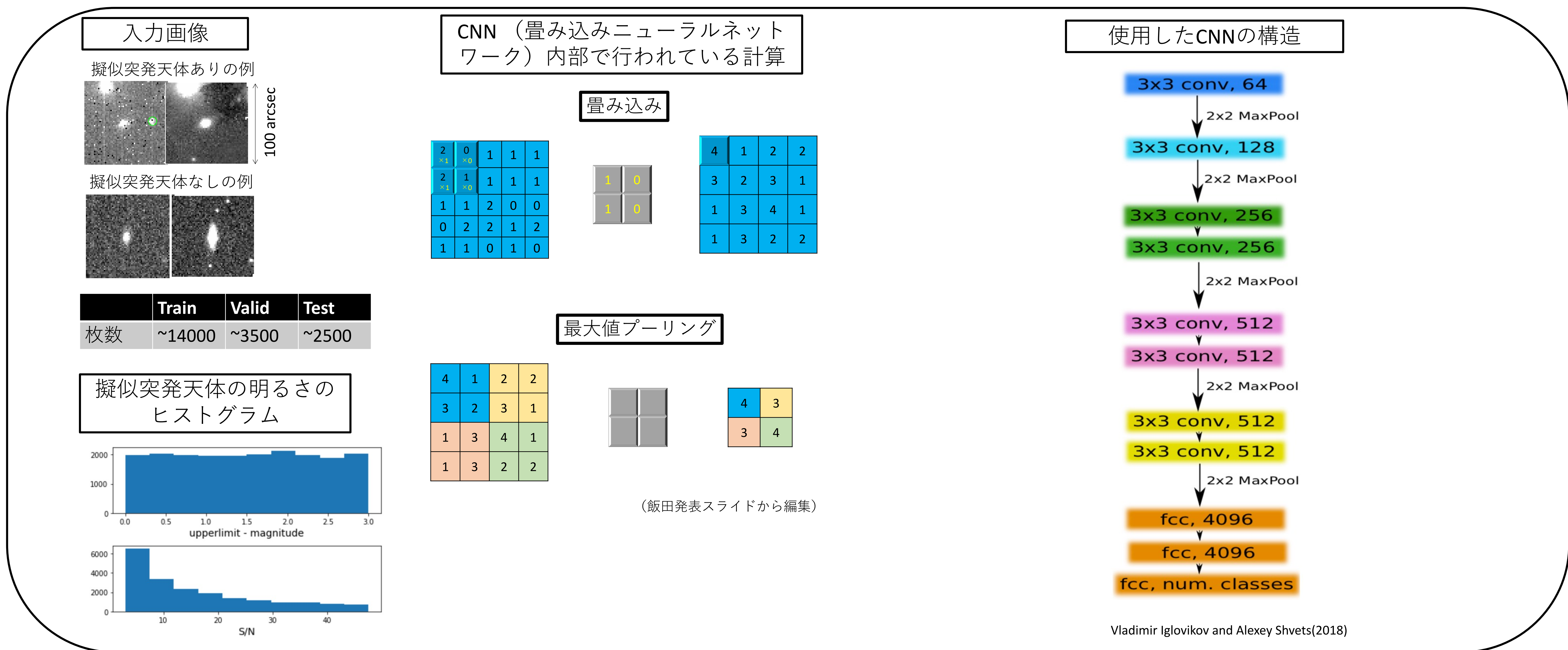
既存手法

画像減算ライブラリであるHOTPANTSを用いて、二つの異なる望遠鏡で得られた画像の差分画像を確認すれば、突発天体が見つかりそうだが、実際は光学収差や大気揺らぎによる画像の引き残しが発生し、その確認作業に時間と労力が必要となる。



飯田修論 (2020)

本研究の手法



性能評価

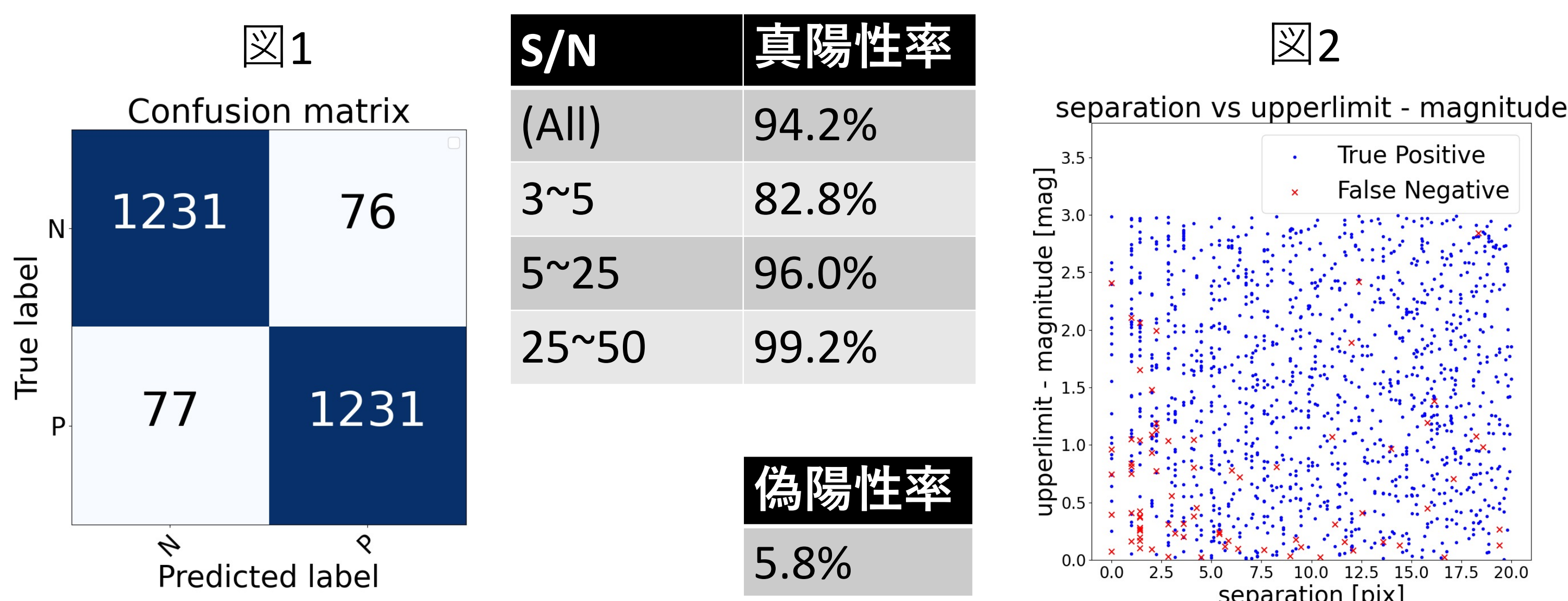


図1は、混同行列と呼ばれ、横軸が予測のpositive, negativeを、縦軸が真のpositive, negativeを表し、図中の数字がその件数を表す。例えば、擬似突発天体埋め込みありの画像のうち突発天体なしと判断してしまったものが77枚ある。この結果から真陽性率および偽陽性率を求めることができる。図2は横軸が中心銀河と擬似突発天体の画像上の距離、縦軸が埋め込んだ天体が3 σ 限界等級から何等級明るいかが示す。青点は正当例、赤いバツは誤答例である。限界等級からの明るさが1等を下回ると誤答が増えることがわかる。

今後の計画

現在は、擬似的に埋め込んだ突発天体が含まれる画像に対する性能を評価していたが、今後は、移動天体を観測した画像を性能評価のための画像として用いることでより実際の突発天体に近い状況でどれくらい性能が発揮されるかを検証したい。また、識別器が画像中のどこに突発天体があると判断したのかを出力できるようにして、誤検知がどのような場合に発生するかの調査に役立てようと考えている。

結論

- CNNを用いて突発天体識別器を作成し、その性能は、真陽性率94%、偽陽性率6%を記録した。
- 擬似突発天体のS/N階級別の真陽性率を評価し、3~5と暗い領域においても80%以上の識別性能があることがわかった。突発天体が見つかる時に性能が低下するのは、人の目による検知と同様の傾向といえる。