

卒業論文概要書

2020年 2月提出

所属学科	応用物理学科	氏名	山本 真理乃	学籍番号	1Y17B102-4
研究題目	ガンマ線全天マップへの機械学習の適用と変動天体探索			指導員	片岡 淳

【研究背景・目的】

ガンマ線天文学では主に天体の非熱的な放射を観測することが可能であり、これらの観測により宇宙線の加速機構や加速場所が解明されることが期待されている。しかし極めて高エネルギーであるため、短期間の観測では光子数が少なく、統計量が不足してしまう。

そこで本研究では機械学習(今回用いたものは U-net と Noise 2 Noise(N2N))を用いて 1 週間撮影した全天マップの統計量補完を行い、その結果での点光源の予測傾向を探った。また機械学習の結果と 1 年間撮影された全天マップを比較すると、同じ領域であるのに点源の明るさが共通しないような場所があった。

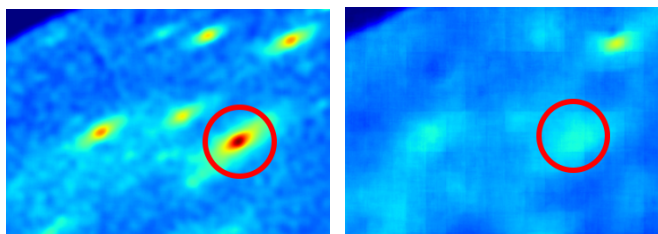


図 1. 同領域での全天マップでの差異
(左) 1 週間撮影 (右) 機械学習(N2N)

このような天体で光度曲線を描くと、実際に 2019 年内で光度の変化があったことが分かった。

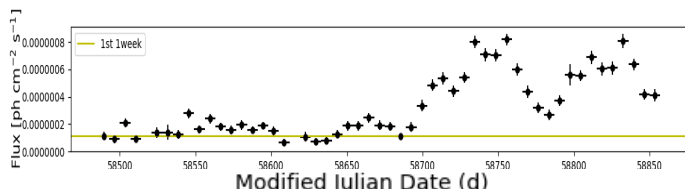


図 2. 図 1 の赤丸の天体の光度曲線(S5 1044+71)

このように 2019 年内で変動を示す天体を、機械学習の結果と 1 年間撮影された全天マップの比較により、系統的に探した。

【解析する天体の選択】

今回解析に用いた天体は 4FGL カタログから、中心天体が一番明るくなるような天体で、なおかつ source の領域(36×36 ピクセル)が background の領域(50×50 ピクセル)より明るくなる天体、約 500 個を用いた。

また天体の光度の変動性の指標としてカタログ記載の fractional variability という値を用いた。

【定常天体の解析】

fractional variability を基準に選んだ定常天体について、その天体を中心とした 36×36 ピクセル内の最大値について機械学習の結果(N2N)と 1 年間蓄積さ

れた全天マップで相関を取ったものが図 3 である。background が明るい場所にある天体を黒、暗い場所にある天体を青としてプロットした。

この図 3 より、background が暗い場所にある天体では、明るい場所にある天体より相関が悪いことがわかる。天体自体の明るさについても同様に相関を見ることにより、background が暗い場所にある天体は十分に明るさがないと、機械学習によってうまく明るさが予測できないことが分かった。

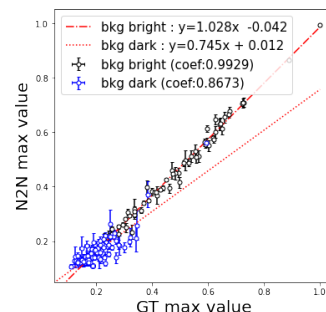


図 3. 定常天体の相関

【全天体の解析】

全ての fractional variability を持つ天体について、定常天体と同様に相関を取ったものが図 4 である。U-net と N2N の双方で通常天体での相関から 3σ 以上外れている天体の数は、相関図の右下に来るような 2019 年内で増光の可能性があるものは 8 個、左上に来るような 2019 年内で減光の可能性があるものは 4 個だった。これらの天体について光度曲線を描いたところ、増光が検出されたものは光度曲線でも増光が確認されたが、減光が検出されたものには特に変動していない天体も混ざっていた。これは background が暗い場所にある天体の予測がうまくいっていないものが多く、うまく予測されたものが変動として検出されてしまうことが一因だと考える。

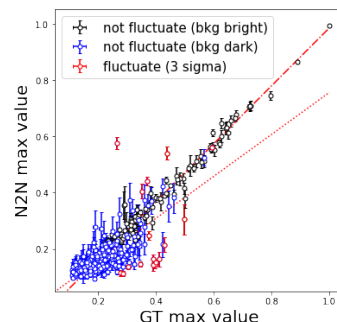


図 4. 全天体の相関

【まとめ】

機械学習の適用により、統計量の不足した全天マップにて統計量補完を行うことができた。天体の明るさは、background が明るい領域ではうまく予測できているが、暗い領域では十分な明るさがないと予測が難しいということが分かった。また、この結果を用いて 2019 年内での天体の変動を系統的に探すことができた。

今後は天体と拡散ガスで学習を分け、天体の浮き立ちの予測精度を改善できるか確認する必要がある。