

卒業論文概要書

2021年 1月 29日提出

所属学科	応用物理学科	氏名	中村 有貴	学籍番号	1Y17B072-1
研究題目	機械学習によるフェルミ全天マップの鮮鋭化と統計評価			指導員	片岡 淳

【研究背景】

ガンマ線天文学は天文学の中でも比較的新しい学問であり、宇宙から到来する硬 X 線からガンマ線を観測することで主に高エネルギーな天体の物理現象を探求するものである。このようなガンマ線の観測手段としては、地上望遠鏡を用いるまたは人工衛星を利用することがあるが、特に宇宙の全体像を把握できる全天マップは、現在も運用中のフェルミ衛星によって得られたデータによって作成することができる。しかし、ガンマ線は高エネルギーであるため、他の波長の光子に比べて到来頻度は少なく、短期間の観測では統計不足の問題が深刻である。そこで、機械学習を全天マップの画像に適用することで統計の改善された全天マップを得ることを目指し、その評価を行った。

【全天マップの予測】

2009年から2017年の第1週、第2週、1年間の全天マップをトレーニングデータに、同様に作成した2018年の全天マップをバリデーションデータとして使い、2019年の第1週の全天マップから予測して出力された結果を図1に示す。まず見た目として、全天マップに存在する銀河面やポイントソースのような構造を再現することができている。

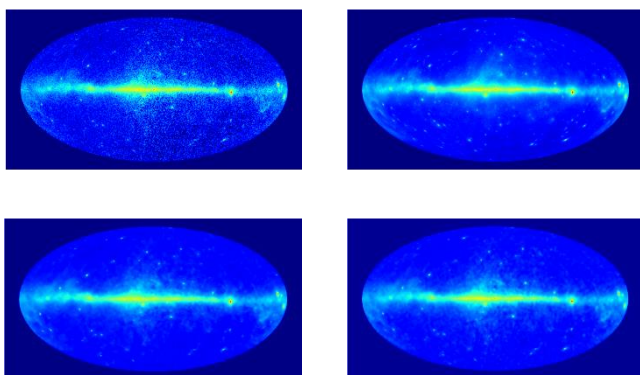


図1 全天マップの予測結果

(左上: 1週間、右上: 1年間、左下: U-net、右下: Noise2Noise)

【RMSE による検証】

機械学習によって予測された全天マップがどれだけ実際の1年間の全天マップに近づいているのかを検証すべく、画像の比較によく用いられるRMSEを求めた。1週間から16週間までのそれぞれの全天マップと1年間の全天マップとで、まず観

測期間とRMSEの値との関係を調べると、観測期間が長い全天マップほどRMSEが小さくなり、1年間の全天マップとの差が小さくなることがわかった。続いて、U-netやNoise2Noiseにより生成された全天マップと1年間の全天マップとでRMSEの値を求めると、U-netとNoise2Noiseによる全天マップはそれぞれ約10週間と8週間の全天マップに相当すると見積もった。

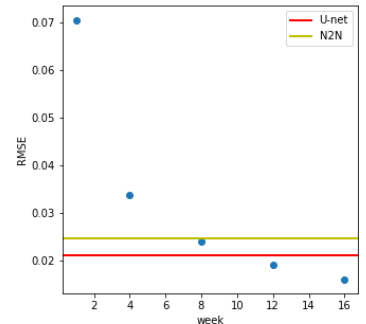


図2 RMSEの比較

【点光源の検出による検証】

各全天マップにおいて検出される点光源の個数を比較すると、観測期間が長いほど多くなる。予測による全天マップでの点光源の個数を調べると、1週間の1.5~2倍程度で2週間~4週間分に相当し、RMSEから期待される個数に比べると少ないことから点光源の予測は比較的うまく行われていないことが示唆される。

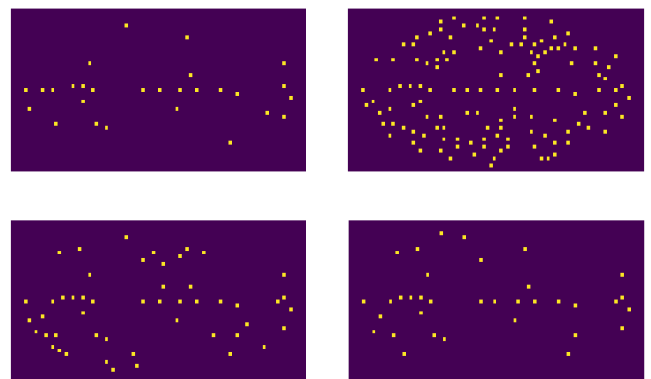


図3 検出された点光源

(左上: 1週間、右上: 1年間、左下: U-net、右下: Noise2Noise)

【まとめと今後の展望】

本研究では、ガンマ線全天マップの統計的な改善を目標とし、機械学習を適用するという方法の有用性が示された。今後は機械学習の適用のプロセスをさらに試行錯誤することなどにより、全天マップ全体として予測性能のさらなる向上や、ポイントソース周りの予測の改善がなされることが期待される。