

深層学習を用いた周惑星円盤の検出手法の開発

Developing the detection method of Circumplanetary Disks by Deep Learning

小松 勇

自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター・国立天文台

1. 研究目的

本プロジェクトにおいては周惑星円盤を直接検出することを目指し、周惑星円盤の放射を深層学習によって自動検出するシステムを構築する。これを用いてアーカイブデータから惑星候補を探すことで、今後のフォローアップ観測に繋げる。

惑星は年齢 100 年程度の若い星を取り巻く原始惑星系円盤と呼ばれるガスやダストでできた円盤の中で形成される。このとき、若い惑星は母体の原始惑星系円盤に溝構造や渦状腕構造を励起しつつ、中心星同様に円盤が付随している（周惑星円盤）と考えられている。周惑星円盤の微弱な放射の撮像には厳しい検出限界があり、このような問題に対して有望である人工知能の分野の最新の手法を駆使する。

観測予定天体の公開アーカイブデータを事前に確認し、本プロジェクトで確立予定の手法を適用することで、周惑星円盤候補天体のリストを準備することを目指す。周惑星円盤候補天体が付随する原始惑星系円盤を集中的に観測することで、円盤の観測のみならず、円盤に穴構造などを形成したと思われる若い惑星の検出も期待される。これにより、すでに誕生した惑星が生命を育む惑星形成領域の円盤構造に与える重力的影響の研究などに貢献できる。

2. 研究成果の内容と今後の展望

深層学習による周惑星円盤検出システムの開発・有用性の実証を示すことを目指している。当初 Google が提供している TensorFlow の CNN ライブラリを用いていたが、使い勝手の良い PyTorch での開発・計算に移行した。超大型望遠鏡 VLT の撮像装置、VLT/SPHERE のアーカイブを用いて、惑星を含む円盤の画像データ（~18,000 画像）と、惑星の位置の 1 ピクセルを示すテキストデータを入力とし、惑星が検出できるように系統的なノイズを学習させた（Sadr et al. 2018 の点源検出の例を参考に）。データの 9 割を訓練用に 1 割を検証用として、1 次処理後の画像を入力すると CNN によって惑星位置を強調するように学習した。その結果、惑星位置は enhance されたものの、星像など余計なパターンも出てしまっており、サンプルの偏らせ方やハイパーパラメータと呼ばれる不定パラメータ群の設定や最適化などが課題となっており、広いパラメータで大規模に最適化する必要がある。惑星を強調してからの検出

法に関しても検討の余地があり、有意な特徴量の解析を進める予定である。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

深層学習のパフォーマンス向上には単純に GPU のグレードが効くので、実際的な計算規模の見積もりに役立った。深層学習に必要なネットワークの構成や背景ノイズの程度など、多くのハイパーパラメータを最適化することになり大量の試行錯誤が見込まれた。そのため、より広いパラメータ空間を効率的に掃くことができるのは非常に強力なサポートとなる。また、メモリ不足も深刻な問題であることがわかり、数万画像から学習する場合、メモリ不足が原因で run ができないケースが見受けられた。

Cygnus で適切に複数の GPU を組み合わせることで問題を解決している。

4. 成果発表

- (1) 学術論文
- (2) 学会発表
- (3) その他

| 使用計算機 | 使用計算機 に○ | 配分リソース※ | |
|----------------|-------------|---------|------|
| | | 当初配分 | 追加配分 |
| Cygnus | ○ | 5000 | |
| Oakforest-PACS | ○ | 5000 | |

※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。