

Z208a 原始惑星系円盤の電波干渉計画像再構成への機械学習アプローチ

関口瑞希, 奥住聡 (東京工業大学), 塚越崇 (足利大学), 百瀬宗武 (茨城大学), 武藤恭之 (工学院大学)

原始惑星系円盤は惑星の誕生の場と考えられており、その物理的構造を精密に解明することが、惑星系の形成メカニズムを理解する上で重要である。最近、大型電波干渉計 ALMA による高精度な観測が実施されている。干渉計による観測では輝度分布のフーリエ成分の一部分しか捉えることができず、それに伴うサイドローブパターンの影響は無視できない。したがって、欠損したデータから実際の輝度分布を再構築する作業が不可欠である。

この再構築には、伝統的に CLEAN と呼ばれる手法が用いられてきた。しかし、CLEAN では解の推定に解析者の主観が入りやすく、過学習を避けるために解像度を犠牲にする処理を必要とする。本研究では、この課題に取り組むために機械学習を活用した新規の方法を提案した。具体的には、画像深層学習用のニューラルネットワークである U-Net を採用し、モデルとして与えた円盤輝度分布を模擬観測した dirty image を入力として与え、サイドローブパターンの中から輝度分布を復元させる学習を行なった。

U-Net による再構築の実験を行なった結果、この手法の重要な利点が3つ確認できた。まず、U-Net はガウシアン型の輝度欠損の位置や幅を精度よく再現できることがわかった。具体的には、CLEAN 法と比較した際、位置や幅の再現における相対誤差は $1/4$ 以下であった。次に、U-Net は学習データに含まれていない形状や詳細構造を含む円盤輝度分布も適切に再現する能力を持っていることがわかった。これは、モデルが学習データに過剰に依存せず、一般性を有していることを示している。最後に、U-Net は SN 比が 10 から 30 ほどの輝度分布に対しても有効に機能し、低 SN 比データの精密な解析にも適用できる可能性が示された。これらは、我々の機械学習を用いた干渉計画像構成手法が、原始惑星系円盤に限らない様々な天体に適用できる可能性を示唆している。