

銀河画像のシンプレクティック表現と3Dパリティ探査

○新居 舜¹ 竹内 努^{2,3} 吉浦 伸太郎² (1.第一工科大学 2.名古屋大学 3.統計数理解析研究所)

多数の2次元銀河画像の標本から要約統計量を抽出することで、宇宙論的な情報を取得することができる。実際、重力レンズ効果においては天球面上のshear fieldが検出されており、暗黒物質密度と密度ゆらぎの振幅、あるいは重力法則の制限が得られている。近年、宇宙論的3次元パリティ対称性を検証するために銀河形状が有用であることが指摘されている (T.Kurita et al. 2025)。ここで、宇宙論の文脈で各々の銀河がもつ固有形状をこれまで以上に詳細に調べる必要が生じている。各々の銀河形状は一般には環境に依存し、ときには複雑な合体位相や視線方向の重なりをもつ。さらに、像合成において点拡がり除去する過程で本来の天体にはない人工的な形状ができる。すなわち、光学系で取得される銀河画像はパリティが大きく崩れていることが十分想定され、パリティ推定量の系統的な分散の原因となる。こうした問題に対処するための手段として、本研究では、2次元の銀河形状をシンプレクティック構造をもつ4次元位相空間に表現して、銀河形状の位相情報を力学的に分析する手法を整備した。狙いは、シンプレクティック構造を通して、銀河の合体過程や像合成に起因するモードを力学情報として特定し、宇宙論的な情報と区別することにある。位相空間では銀河画像はWigner関数を用いてシンプレクティック共変に表される。すると、本来の天体形状と観測された形状との差異は、Wigner関数を系統誤差の物理に由来する正準変換、点拡がりやノイズは正準変換では書けない散逸量として顕在化する。まずは手始めに、1つの銀河のWigner関数をWigner Function Shapelets (S.Arai 2026)に射影し、そこからスピン2のパリティ応答としてEモードとBモードを取り出す。合体位相はしばしば異方的かつ高周波モードを作るので、EとBモード相関をとると合体位相の寄与は低減すると期待される。そこで、EモードとBモードの相関量を銀河1つに対して定義して、その値を3D parity proxyとして全天の銀河画像で1点統計量を作った。概念実証として、S\'ersic profileにパリティ非対称モードを足して、その推定制度を評価した。