

U10b 大規模構造の識別とグラフ理論による新たな統計量の探索

山崎壮一郎 (東京大学)

宇宙の大規模構造は、ダークマター粒子やダークマターハロー、または銀河団などをノードとし、それぞれのノード同士の物理的な距離を辺の重さとすることで、グラフと見なすことができる。最小全域木はグラフ理論で用いられるスケールフリーな構造で、グラフネットワーク内でのノード同士の集まり方を評価するのに長けている。こうした性質から、最小全域木は今まで大規模構造の識別 (Alpaslan et al. 2014) や宇宙論パラメータへの制限 (Naidoo et al. 2022) などに用いられてきた。これらの先行研究から、最小全域木にはパワースペクトルを超えた高次統計を探る能力が備わっていることが判明しており、更なる応用が期待されている。大規模構造の識別においては、最終的に void 内の統計量から良い void を提供するようにハイパーパラメータチューニングを行うが、void の識別がスケールフリーな最小全域木を取り扱う上でのキーポイントになっていると考えられる。

そこで本研究では、大規模構造の識別を用いた最小全域木による宇宙論パラメータへの制限を提案する。大規模構造のサンプルは、LPT と局所的な重力計算を組み合わせた COLA シミュレーションによって生成されたものを用いる。周期的境界条件を仮定し、一辺 200 Mpc のボックス内でダークマター粒子を 128^3 個使用した。大規模構造としては void とそれ以外のみを考え、watershed transform と呼ばれる密度の観点からの識別を行う。その後、void とそれ以外に対して個別に最小全域木を考えることで、それら二つの領域が異なる情報を持つことをグラフ理論の観点から明らかにした。また、それらの情報から void とそれ以外における宇宙論パラメータからの影響についても議論する。