

別紙 4

報告番 -	※ 甲 第 号
----------	---------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Imprints of Gravity and Cosmological Expansion
on Cosmic Voids

(ボイドに見る重力と宇宙膨張の痕跡)

氏 名 簗口 睦美

論 文 内 容 の 要 旨

近年の大規模銀河掃天観測により、銀河が大スケールで非一様に分布していることが確認されている。宇宙の大規模構造と呼ばれるこの構造の中で、低密度な領域を特にボイドと呼ぶ。現在の標準宇宙モデルでは、こうした構造を説明するため、暗黒物質と呼ばれる、既知の物質質量の何倍もの非可視物質を仮定する必要がある。また、Ia型超新星等の観測から示唆されるような宇宙の加速膨張を引き起こす、膨大な未知のエネルギーの存在も受け入れなければならない。しかし、それらを含む10程度の未知の自由度をモデルパラメータとすれば、大規模構造及びそれ以外の現在の様々な観測結果をある程度整合的に記述することができる。一方で、観測の精密化に伴い、観測的に好まれるモデルパラメータが観測対象によって有意かつ系統的に異なるという報告がなされ、この標準モデルをより多角的に検証する必要性が高まっている。

標準的な解析においては、大規模構造を特徴づける量として主に銀河、もしくは質量密度場の二点相関関数のみを用いるが、低密度な領域であるボイドの大きさや形状も用いることで相補的に構造の情報を取り出し、より精密な検証を行うことができるかと期待される。

本論文では近い将来に大規模な観測計画がある、中性水素探査で発見されるボイドに着目し、その形状を用いた Alcock-Paczynski (AP) テストの可能性について考察した。AP テスト実施のためにはボイドを形成する物質の特異速度による形状のゆがみを補正する必要がある。申請者は自ら開発したボイド検出アルゴリズムを大規模な宇宙論的流体シミュレーションで得られた中性水素分布へ適用し、得られたボイドを解析した。その結果、ボイドを形成する暗黒物質の特異速度はその密度プロファイルから線形理論に基づいた補正が可能である一方、中性水素の場合では線形の関係に従わず高次の補正が必要になることを明らかにした。

また、本論文では続いて個々のボイドの形状の成長における、潮汐場の役割について行った一連の解析の結果も報告する。先の解析は大域的な宇宙膨張に関する調査であるため、ボイドの全天平均密度構造を用いたが、この解析ではボイドの密度

プロファイルの空間分布を用いて重力場の情報を得ることを目的とする。そのための基礎として、まず標準宇宙論において各ボイドが潮汐場に応答して成長しているという描像が成り立つかを確かめるため、各ボイドの主軸比の時間変化量と、ボイド周囲の動径重力場の四重極成分との相関を、 N 体シミュレーションにより計算する。ここではボイドの成長タイムスケールよりも十分短い時間間隔における形状変化を見る。この場合には、ボイドの中でも比較的低密度な領域にあるものに限れば各ボイドの主軸比の時間変化量と、ボイド周囲の重力場の四重極成分との間に有意な相関がみられたが、全体としては有意な相関が見られなかった。そこで、時間発展の前後で各ボイドがどれほどの暗黒物質粒子を保持しているかを調べたところ、比較的高密度領域にあるボイドは、粒子の出入りによって形状が瞬間的に大きく変化することが分かった。特に粒子がボイドに降着するとボイドの形状が歪み、外部に放出されるとボイドは丸くなる傾向があることを明らかにした。すなわち、比較的高密度な領域にあるボイドは開放系であり潮汐場による成長の痕跡は容易にかき消されうる。

本研究で申請者は、近い将来に探査観測が進む予定である遠方宇宙の中性水素を用いた AP テストにおける問題点を指摘するとともに、これまで流体近似に基づいて議論されることの多かったボイド形状の進化において、重力の潮汐場に加えて粒子描像的な効果を考慮する必要性を示した。