

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 竹内 良貴

論 文 題 目 Theoretical studies for probing the Universe with  
cosmological 21cm surveys "from dark ages up to the present time"

(宇宙論的 21cm 線観測による宇宙論モデル検証のための理論的研究  
～ 暗黒時代から現在に至るまで～)

### 論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士 (理学)	松原 隆彦
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	理学博士	杉山 直
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	理学博士	野尻 伸一
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	理学博士	田原 讓
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士 (理学)	竹内 努

## 論文審査の結果の要旨

近年、大型電波干渉計を用いて銀河間物質を観測し、例えば宇宙の再イオン化時期、および天体が形成される前の暗黒時代と呼ばれる時期の宇宙を探ろうという計画が多数予定されている。主な観測対象は銀河間物質中に含まれる中性水素原子であり、用いられる放射の波長からそのスペクトル線は **21cm** 線と呼ばれている。そして、宇宙論的な **21cm** 線の観測では、他の観測とはまた違った宇宙の一面を探る事ができるので、精密な宇宙論モデルの検証を可能にすると期待されている。

本研究では、銀河間物質の大型電波望遠鏡による観測計画を念頭に置き、将来の観測から期待される宇宙論パラメータの決定精度を理論と数値計算を併用して考察し、近傍宇宙と遠方宇宙の観測に焦点を当てて議論を行った。

現在の宇宙における銀河や銀河団等、輝いている天体の観測を通して推定される元素（バリオン）の量は、宇宙マイクロ波背景放射（CMB）の解析から推定される値よりも小さく、「ミッシングバリオン問題」と呼ばれている。不足分の多くは、銀河間に存在する光り輝かないバリオン物質に起因すると考えられる。本研究では、宇宙にありふれた元素である、中性水素と同位体ヘリウム3の超微細構造線に注目した。とくに、多数の銀河が1次元的に連なったフィラメント構造の観測で得られる超微細構造線のシグナル量を推定し、将来の大型電波望遠鏡を用いたときに、これらの検出が現実的に可能であることを示した。

また、初期密度揺らぎの型が宇宙の構造形成に与える影響を考察し、高赤方偏移の宇宙に存在する低質量ハローからの **21cm** 線を用いてこの効果を検出する方法について調べた。これらのハローは低温であるため星形成を引き起こすことができず、水素原子もイオン化されないまま密に存在していると考えられる。暗黒物質とバリオン物質の揺らぎに空間曲率を一定とする型（等曲率揺らぎ）の初期成分があるかどうかを観測から区別することができれば、宇宙誕生後  $10^{-35}$  秒というような極初期の宇宙における物質生成機構の解明という観点において重要である。本研究では、初期等曲率揺らぎと低質量ハローの **21cm** 線シグナルの関係を調べると同時に、将来観測で期待できる初期等曲率揺らぎへの制限を求めた。その結果、短波長成分ほど大きいスペクトルを持つ初期等曲率揺らぎであれば、ハローの形成過程に顕著な影響を与えることを示した。また、CMBによって得られているこれまでの初期等曲率揺らぎに対する制限は、**21cm** 線の将来観測によって大きく改善されることを示した。

これらの成果は、将来の大型電波望遠鏡を用いることにより、宇宙のミッシングバリオン問題や極初期宇宙の物理過程の解明が大きく進むことを示す重要なものであり、価値が高い。参考論文はCMBや重力レンズ、大規模構造を用いた宇宙論的な解析について理論的に調べたもので、いずれも価値のあるものである。以上の理由により、申請者は博士（理学）の学位を与えられるに相応しいと認められる。