

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 島 袋 隼 士

論 文 題 目

Probing the cosmic dawn and the epoch of reionization with statistical properties of the cosmological 21cm signal: one-point statistics, power spectrum and bispectrum

(宇宙論的 21cm 線シグナルの統計的性質を用いた宇宙の夜明けと再電離の探査
～ 1 点統計、パワースペクトル、バイスペクトル～)

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	准教授	博士(理学)	立 原 研 悟
委 員	熊本大学大学院自然科学研究科	准教授	博士(理学)	高 橋 慶 太 郎

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

宇宙の始まりから現在に至るまでの進化の過程を明らかにすることは現代天文学の重要な課題の一つである。近年の観測の発展、そして大規模計算機や観測装置の発展に伴い、我々の宇宙進化に対する理解が深まってきた。その一方で、未だに観測されていない宇宙の時期も存在するため、さらなる観測技術の発展と観測データを物理的に解釈するための理論構築が求められる。宇宙の「晴れ上がり」以降、宇宙にはほぼ中性水素しか存在しない「宇宙暗黒時代」と呼ばれる時代が続いた。暗黒時代は星や銀河の誕生によって終わりを告げ、宇宙は「夜明け」を迎える。さらに、これらの天体から放射される紫外線光子によって中性水素は電離し、宇宙再電離期が始まる。宇宙暗黒時代から宇宙再電離の時期は未だに観測されておらず、これらの時期の物理的状態や進化の仕方については詳しく分かっていない。申請者は、宇宙の夜明けから宇宙再電離期に至る過程での銀河間ガスの状態を探るために、中性水素の超微細構造由来の電磁波である 21cm 線電波の統計的性質についての研究を行った。

申請者はまず、21cm 線電波のパワースペクトルに対する時間発展を求めることにより、宇宙の夜明けや宇宙再電離期で重要になる要因を調べ、これらの時期では原子核と電子のスピン状態を決める温度であるスピン温度がパワースペクトルで支配的になっていることを確認した。そこでスピン温度の分布関数に注目して、その分散と歪度を調べた。その結果、星からの X 線により銀河間ガスの加熱が始まる X 線加熱期では歪度が符号を変え、これが X 線加熱期を探る指標となることを示した。また、実際の観測量である輝度温度分布の歪度についても、スピン温度分布の歪度と同じ振る舞いをすることを確認した。さらに、輝度温度分布の歪度の観測可能性についても論じ、次世代大型電波望遠鏡 SKA で S/N 比が 1 程度になることを示した。

次に申請者は、X 線加熱等の天体物理学的過程によって輝度温度分布がガウス型からずれた非ガウス性を持つことに注目して、非ガウス性を探るのに有用な高次統計量であるバイスペクトルを 21cm 線シグナルに適用し、その性質を調べた。その結果、21cm 線シグナルのパワースペクトルとは異なり、バイスペクトルが大スケールと小スケールで相関を持つこと、また、バイスペクトルの波数依存性を見れば、21cm 線シグナルの要因となる密度揺らぎ成分、水素電離度揺らぎ成分、スピン温度成分が分離できることを示した。

また、最後に 21cm 線シグナルのバイスペクトルを用いたフィッシャー解析を行い、現在までに観測を開始している観測装置 (MWA, LOFAR) を用いた場合、再電離モデルのパラメータに対してどれくらいの制限を得られるのかを調べた。さらにパワースペクトルを用いたフィッシャー解析との比較を行った。その結果、バイスペクトルを用いた場合には基準となるモデルパラメータがおおむね 1%程度の誤差で制限できることを示した。これはパワースペクトルと比較して 1-2 桁程度よい制限となる。

以上の結果は、21cm 線シグナルの歪度およびバイスペクトルが X 線加熱期や再電離モデルのパラメータ依存性を探る指標となることを示唆し、将来の観測における新しい解析法を提案した価値あるものである。また、参考論文は 21cm 線シグナルの宇宙論的な示唆を議論したもので、いずれも高く評価できる。

以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。