

## 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 箕田 鉄兵

論 文 題 目

Constraints on Primordial Magnetic Fields with Cosmic  
Microwave Background and 21-cm Line Observations

(宇宙マイクロ波背景放射と 21 cm 線の観測による原始磁場の制限)

### 論文審査担当者

主 査	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)	田 村 陽 一
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
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	市 來 淨 與

## 論文審査の結果の要旨

## 別紙 1 - 2

宇宙には磁場がいたるところに存在する。とりわけ銀河や銀河団には、非常に大きな相関長をもつ磁場があり、その起源については諸説考えられていて、未だ明らかになっていない。なかでも、宇宙初期の相転移などにその起源を求める場合を原始磁場と呼ぶ。原始磁場は宇宙誕生後 38 万年の宇宙晴れ上がり期より前から存在していた磁場である。原始磁場が本当に存在していたのか、していたとすればそれはどれだけの振幅と相関長を持っていたのかを知ることは、宇宙論研究の重要な課題の一つである。

そこで申請者は、原始磁場が存在していた場合に宇宙マイクロ波背景放射の温度揺らぎや中性水素が放出する波長 21cm の電波信号 (21cm 線) に及ぼす影響を調べ、原始磁場に対する制限を得る研究を行った。

申請者はまず、原始磁場が宇宙の晴れ上がり前に存在していた自由電子と陽子の速度場に与える影響を詳細に見積もった。電子の運動が散乱を通じて光子に影響を及ぼし、現在観測される宇宙マイクロ波背景放射の温度揺らぎや偏光成分を生成する。温度揺らぎや偏光成分を観測と比較することで、原始磁場に対する制限を得るのである。申請者は、これまで見積もられていなかった光子の平均自由行程以下のスケールでの荷電粒子の速度場を計算し、温度揺らぎと偏光成分を計算した。その結果を実際の観測と比較することで、原始磁場の強度に 1.5 ナノガウスという上限を得ることに成功した。

次に申請者は、銀河間ガスに存在する高温の電子が光子を逆コンプトン効果によって叩くことで宇宙マイクロ波背景放射の分布関数の形を変える、いわゆるスニヤエフ・ゼルドビッチ (SZ) 効果に注目した。磁場からのローレンツ力や散逸によって高温の電子の状態が変化することを考慮し SZ 効果を見積もった結果、原始磁場の影響が 1 秒角という小さい見込み角のスケール、また銀河間空間のガス密度が低い領域で大きくなることを明らかにした。

最後に申請者は、近年注目を集めている観測量である中性水素 21cm 線に対して原始磁場が及ぼす影響を詳細に計算した。晴れ上がり期の後、ほぼ完全に中性であった水素は、宇宙誕生後 1 億年の頃に始まった星形成などから生じる紫外線によってイオン化される。赤方偏移した 21cm 線を観測することで、このイオン化の過程を知ることができるのである。原始磁場が存在していれば加熱源として働き、水素ガスの平均温度を上げる働きをすることから、21cm 線の全天での平均強度に大きな影響を与える。申請者は、最近 EDGES 観測が報告した 21cm 線平均強度の測定結果に触発され、大域的吸収線が存在するためには原始磁場が 300 万光年というサイズの構造では 0.1 ナノガウス以下でなければならない、という結果を得た。これはこれまでにない強い制限となり得る。

以上申請者は、3つの天文観測によって、原始磁場に対して異なった時期に対する独立な制限を導くことに成功した。

これらの理由から申請者は博士 (理学) の学位を与えられるに相応しいと認められる。