

宇宙論的21cm線シグナルの観測による 原始磁場の制限

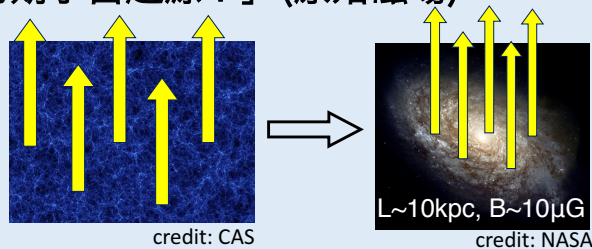
箕田鉄兵、田代寛之(名古屋大)、高橋智(佐賀大)

第31回 理論懇シンポジウム

名古屋大学 C研(宇宙論研究室)

1. INTRODUCTION

様々な天体に磁場が付随している
「銀河に付随する磁場は
初期宇宙起源？」(原始磁場)



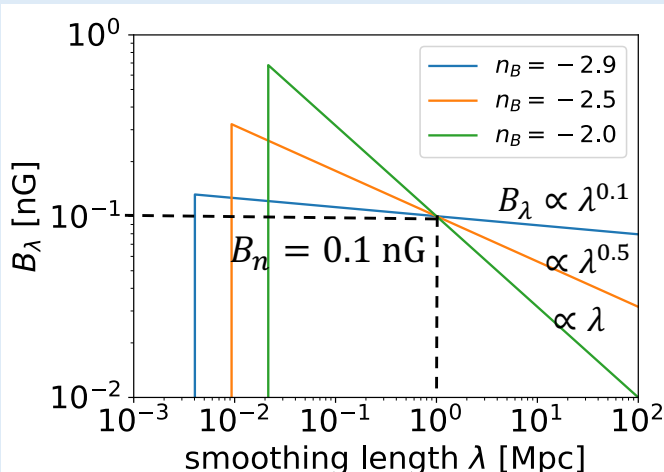
断熱圧縮を仮定すると $\rightarrow B_{1\text{Mpc}} \sim 1 \text{ nG}$ が必要
磁場のエネルギーが散逸して
「宇宙の夜明け」のガスを温めるはず
 $\rightarrow$ 「21cm線」の観測による制限を試みる

2. 磁場の空間分布のモデル

磁場の強度 $B_\lambda = B_n \left(\frac{\lambda}{1 \text{ Mpc}} \right)^{-(n_B+3)/2}$

B_n : 1Mpcで平均化した磁場の強度

n_B : 磁場強度のスケール依存性



短波長側にはカットオフ (初期宇宙で光子とガスが
頻繁に衝突して磁場を減衰させるスケール) が存在

$$\lambda_{\text{cut}}^2 = \frac{B_{\text{cut}}^2}{4\pi\rho_{\text{CMB}}\sigma_T} \int_0^{t_{\text{rec}}} \frac{c dt}{a^2 n_e}$$

5. まとめ

- 原始磁場の空間分布とエネルギー散逸を考慮してガスの温度 T_{gas} を計算
- 21cm線の観測(ガス温度の条件)から原始磁場の制限を得た
- 銀河の磁場を説明するには断熱圧縮以外の磁場増幅機構が必要?

(References) Jedamzik+ 1998; Sethi & Subramanian 2005; Schleicher+ 2008; Marinacci & Vogelsberger 2016; Bowman+ 2018

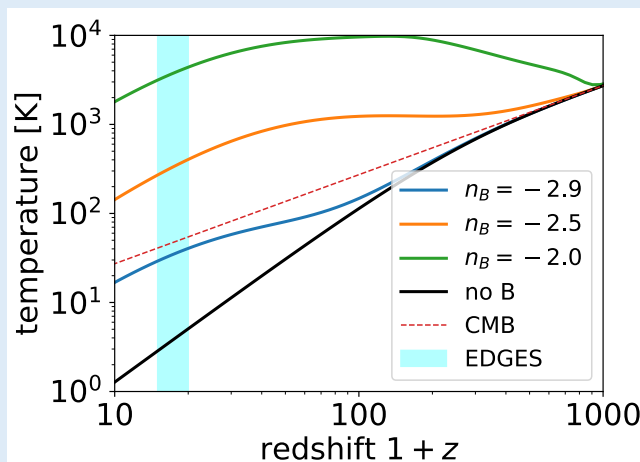
3. ガス温度の時間進化

I. ガス温度 T_{gas} とCMB温度 T_{CMB} は強く結合

II. 結合が切れると宇宙膨張により断熱変化

III. 原始磁場による加熱

- 双極性散逸 (ガスの加熱率) $\propto |(\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{B}|^2$
荷電粒子と中性粒子との衝突で磁場が散逸
- オーム散逸 (ガスの加熱率) $\propto |\mathbf{B}|^2$
乱流でつくられる小サイズの渦が粘性で熱化

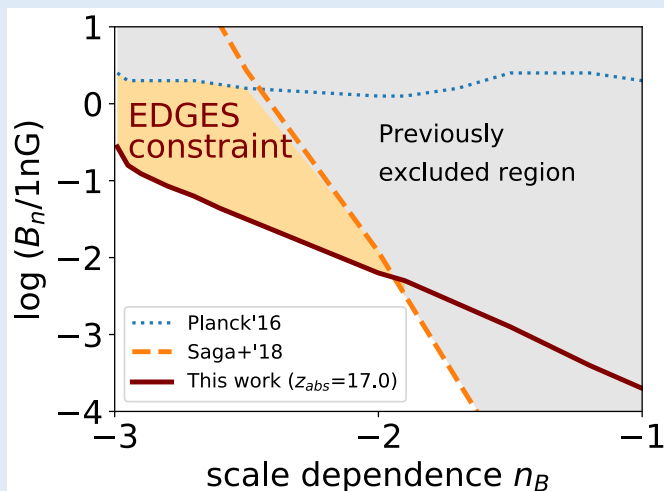


4. 21cm線による磁場の制限

EDGESによる21cm線の観測から得られる条件

$$T_{\text{gas}} < T_{\text{CMB}} \quad (\text{for } 15 < z < 20)$$

様々な磁場のモデル(B_n, n_B)について T_{gas} を計算



(T. Minoda et al., arXiv:1812.00730)