

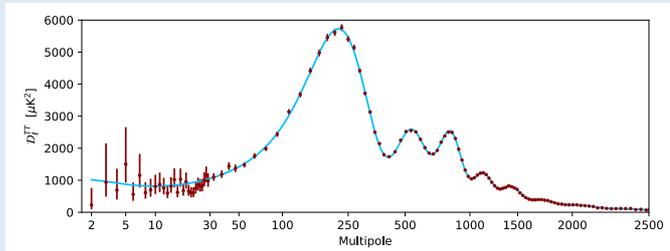
# 宇宙再電離史の観測による原始曲率揺らぎの制限

箕田 鉄兵 (U of Melbourne), 吉浦伸太郎 (国立天文台) 高橋智 (佐賀大)

第35回 理論懇シンポジウム 「理論天文学・宇宙物理学の広がり：さらなる発展に向けて」

## 1. INTRODUCTION

CMB, LSSの観測 => 原始曲率揺らぎの存在  
波数の単一冪モデル、断熱揺らぎで精度良く説明



一方で、現状の観測データは

$0.008 \text{ Mpc}^{-1} \leq k \leq 0.1 \text{ Mpc}^{-1}$   
のスケールに感度があり、より小さいスケールにおいて単一冪モデルで説明できるかは不明である[1]

## 2. ランニングスペクトル

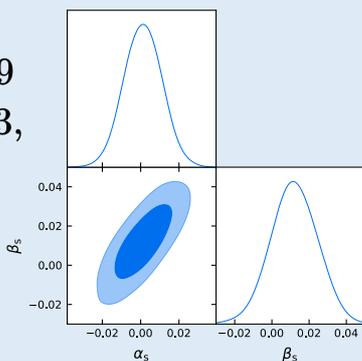
我々は波数の冪を二次まで展開した、いわゆる“ランニングスペクトル”と呼ばれる揺らぎの制限を行った。

$$\mathcal{P}(k) = A_s \left( \frac{k}{k_0} \right)^{n_s - 1 + \frac{1}{2} \alpha_s \ln\left(\frac{k}{k_0}\right) + \frac{1}{6} \beta_s \left[ \ln\left(\frac{k}{k_0}\right) \right]^2}$$

最新のPlanck 2018 [1]によるCMBの観測による制限：

$$\begin{aligned} \beta_s &= 0.009 \pm 0.012, \\ \alpha_s &= 0.0011 \pm 0.0099 \\ n_s &= 0.9647 \pm 0.0043, \end{aligned}$$

ランニングパラメータについては現状0と無矛盾。  
小スケールに着目した  
新たな観測量  
=> 宇宙の再電離史



本研究ではすばる望遠鏡の観測プロジェクト SILVERRUSH のデータ [2]から得られた再電離史を用いてランニングスペクトルの制限を行った。

## 5. Conclusion

- 原始曲率揺らぎのランニングスペクトルを仮定した宇宙再電離史の計算を行った
- Subaru/HSCによるライマンアルファ輝線銀河の観測データ SILVERRUSH の結果を用いてランニングスペクトル+天体物理による再電離モデルの制限を行った
- 天体物理パラメータの不定性を無視すれば、PlanckによるCMBからの制限よりも強い制限を得られることがわかった (=再電離史の観測の潜在的な制限能力)

## 3. 再電離史の理論計算

準数値計算コード“21cmFAST” [3]を拡張し、ランニングスペクトルを考慮した宇宙再電離の理論計算を行った。  
以下の天体物理学的効果を含む：

- ハロー質量に依存した星形成率

$$\dot{M}_* \propto f_{*,10} \left( \frac{M_h}{10^{10} M_\odot} \right)^{\alpha_*} \left( \frac{\Omega_b}{\Omega_m} \right) M_h$$

- ハロー質量に依存した電離光子脱出率

$$f_{\text{esc}} = f_{\text{esc},10} \left( \frac{M_h}{10^{10} M_\odot} \right)^{\alpha_{\text{esc}}}$$

- 原子冷却/フィードバックを考慮したUV光度関数

$$\phi(M_{\text{UV}}) \propto \exp\left(-\frac{M_{\text{turn}}}{M_h}\right)$$

ランニングスペクトルと天体物理のパラメータ

$$(\alpha_s, \beta_s, f_{\text{esc},10}, f_{*,10}, M_{\text{turn}})$$

をMarkov Chain Monte Carlo解析を用いて推定した。

## 4. 結果

\*天体物理パラメータをある値で固定した場合は、Planck 2018の結果と比べて良い精度で制限が与えられることがわかった。

\*一方で全てのパラメータを推定した場合、ランニングパラメータへの制限はほぼ変化がなかった (天体物理パラメータについては議論の余地がある)

天体物理パラメータを固定した場合の Planck + SILVERRUSH の制限結果：

$$\begin{aligned} \alpha_s &= 0.006^{+0.007}_{-0.007} \\ \beta_s &= 0.019^{+0.008}_{-0.009} \end{aligned}$$

