U09a ケーサー吸収線を使用した $z = 0.89$ における宇宙マイクロ波背景放射温度の計測 (IV)

小谷竜也, 岡 朋治, 柳原一輝, 金子美由起, 有山 諒 (慶應義塾大学), 榎谷玲依 (国立天文台)

宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の温度は宇宙年齢と共に変化し、標準宇宙モデルでは現在値 $T_0 = 2.73$ K と赤方偏移 z を用いて $T_{\text{CMB}}(z) = T_0(1+z)$ と表されることが知られている。このことは、遠方銀河での T_{CMB} 測定により宇宙モデルが検証できることを意味する。PKS1830-211 は、前景の $z=0.89$ の渦巻銀河により、そのスペクトル中に吸収線群を呈する。我々は、ALMA で観測されたこの天体のミリ波帯データから、HCN $J=2\leftarrow 1$, $J=3\leftarrow 2$, $J=4\leftarrow 3$, $J=5\leftarrow 4$ 回転遷移の吸収スペクトルを取得した。輻射励起が支配的という仮定に基づき、吸収線強度から $z=0.89$ における CMB 温度を計算したところ、 $T_{\text{CMB}}(z=0.89) = 5.17 \pm 0.04$ K を得た (2025 年春季年会 U07a)。この値は、標準宇宙モデルが予言する値 (5.14 K) と矛盾しない。

励起温度 (=CMB 温度) を正確に評価するためには、吸収雲による遮蔽率の不定性のみならず、柱密度の非一様性も考慮する必要がある。前回の報告では前者のみを評価していたが、今回は後者の効果も考慮した詳細な検討を行った。具体的には、吸収雲の柱密度が対数正規分布に従うと仮定し、大きなビームで観測される見かけの光学的厚み τ_{obs} と、実際の平均された光学的厚み τ_{real} の関係を補正因子として導出した。対数正規分布のパラメータとしては、吸収雲と同程度の平均柱密度を持つ Orion A 分子雲のものを採用した。様々な不確定要素を考慮した結果、 $V_{\text{rad}} = -18.3 \sim +12.5$ km s⁻¹ において励起温度の不確かさが極めて小さい事が判明した。この速度範囲の加重平均を取ることで、 $T_{\text{CMB}}(z=0.89) = 5.13 \pm 0.03$ K を得た。本講演では、B0218+357 における $z=0.68$ 吸収線系についても同様の解析結果を紹介し、宇宙モデルに与える制約について議論する。