

U14a Photoionization of a Clumpy Universe (III)

中本泰史, 梅村雅之, 須佐元 (筑波大 計算物理学研究センター)

今後観測的にも明らかにされることが期待される High- Z 期 ($Z \gtrsim 4$; dark age) における clumpy universe の電離状態を, 理論モデルを用いて調べた.

モデル: 水素とヘリウムからなる原始組成ガスを考え, 標準的 CDM モデルに基づいて 3次元空間内での密度分布を Z の関数として Zel'dovich 近似により与える. この密度分布に対し計算領域の境界から一定の UV を入射させ, 振動数依存の UV 輻射輸送を 3次元空間内で解いて各点での電離度を計算する. 入射する UV 輻射は, その強度をパラメータとして与える. 電離度の計算と輻射輸送の計算はこれらが収束するまで交互に繰り返し, 定常問題の解として self-consistent な電離度と輻射場を求める. ここでは, 赤方偏移 $2 \leq Z \leq 9$, 入射 UV 強度 $10^{-3} \leq J_{21} \leq 1$ [$J_{21} = J/(10^{-21} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Hz}^{-1} \text{ str}^{-1})$] の範囲でパラメータを変化させた. 数値計算は格子法により, (空間 N^3) \times (方向 N^2) \times (振動数 6) 格子用いる. 本計算では, $N = 128$ ないし $N = 64$ とした. なお振動数については, 特定の 6 振動数を扱うだけで全振動数の効果を考慮することが出来る計算法を用いた.

結果と議論: (1) 宇宙の電離状態 — Z が大きいほど, J_{21} が小さいほど, 宇宙の平均電離度は小さくなる. しかし, あるところで急激に宇宙全体の電離状態が変化する.

(2) 電離に対する Shadowing 効果 — 近隣の雲による UV の遮蔽効果のために電離度が小さくなる現象が見られる. この Shadowing 効果は電離度が小さい宇宙でより強く働く. 宇宙の電離度が上がると Shadowing 効果は減少し, ある電離度でなくなる. このため, 宇宙全体の電離度があるところで急激に変化するよう見える.

(3) Gunn-Peterson Optical Depth と Continuum Depression — $Z = 4$, $J_{21} = 1$ のとき, 計算された宇宙の G-P optical depth は約 0.11 であった. これは, 観測結果と矛盾しない.

より Z が大きく UV が弱い時代 (dark age) に対し, 今後得られるであろう観測結果と相まって, 本計算は宇宙の再電離過程を解明する有力な手がかりになるだろう.