

B21a 非一様宇宙における宇宙再電離に対する輻射輸送の効果

中本 泰史, 梅村 雅之, 須佐 元 (筑波大 計算物理)

非一様な宇宙における宇宙の再電離過程の進行を, 3次元空間内の輻射輸送を計算して調べた. 特に輻射輸送の効果調べるために, 輻射輸送を計算せずに光学的に薄い極限の状態を仮定した場合の結果と比較した. 比較には, 再結合 $\text{Ly}\alpha$ 線強度の空間分布を用い, 平均値, 自己相関, 二点相関などを求め, 両方の計算結果を比較した. この再結合 $\text{Ly}\alpha$ 線は将来観測される可能性もあり, ここに違いが生じる時には両方の計算結果に有意な差があると見なせると思われる.

その結果, 電離領域が浸透してお互いにつながった状態になって以降も, 輻射輸送の効果はかなり大きく残っていることが分かった. すなわち, 強く自己遮蔽する中性に近い領域が残っていないような状態になってもなお, 低い中性度の領域における吸収の積み重ねによって, 電離光子は減衰させられてしまうことが分かった. この効果は, 宇宙の平均中性度 ($\bar{n}_{\text{HI}}/\bar{n}_{\text{H}}$) が 10^{-3} 程度くらい, 電離度が 99.9% くらいになるまで存在する. 言い換えると, 紫外線強度 J_{21} [10^{-21} erg cm $^{-2}$ s $^{-1}$ Hz $^{-1}$ sr $^{-1}$] が $J_{21} = 0.1$ で一定であったとすると $z \gtrsim 7$ において, $J_{21} = 0.01$ で一定であったとすると $z \gtrsim 4$ において, 輻射輸送の効果が存在する. この効果がなくなる時期が, 再電離期の終わりであると思なすことができる.

以上のことから, 再電離の進行はゆっくりとしており, 宇宙の再電離波面は非常に不均一であることがわかった. したがって, 再電離波面を明確に定義することは難しいように思われる. 結果として, 再結合 $\text{Ly}\alpha$ 線の強度分布は再電離時の密度の揺らぎを強く反映して非常に不均一なものとなり, 強度の自己相関 (2乗平均の平方根) は単なる平均値よりも1桁ほど大きな値となることがわかった.