

Q05a H α 輝線の偏光観測による超新星残骸衝撃波での宇宙線量の測定について

霜田治朗, 大平豊, 山崎了 (青山学院大学), John M. Laming (NRL), 勝田哲 (埼玉大学)

超新星残骸 (SNR) 衝撃波は $10^{15.5}$ eV までの宇宙線の加速現場と考えられているが、未だその証拠は得られていない。標準的な加速理論では、 $10^{15.5}$ eV まで宇宙線を加速させるためには衝撃波上流の磁場増幅が要求される (Bell 78)。もっとも信頼されている磁場増幅機構 (Bell 04) では、 $10^{15.5}$ eV の宇宙線を加速するには衝撃波の運動エネルギーの 50 % に相当する宇宙線量を必要とする。現実の SNR での宇宙線量は、衝撃波のエネルギー損失率として見積もられる。損失率は衝撃波速度で決まる断熱衝撃波での下流の温度と、実際の下流の温度との差分として測定され、先行研究は ~ 50 % の宇宙線量を示唆する (Helder+09,13)。しかし、この測定法では衝撃波速度を天球面内の膨張速度から測定するため、SNR までの距離を正確に知る必要があり、定量的な信頼性に欠ける。

荷電粒子のビームと水素原子の衝突実験により、ビームの入射方向に 40 % 程度に直線偏光した H α 輝線放射が確認されている (e.g. Kleinpoppen+62)。SNR 衝撃波は荷電粒子と電磁場との相互作用で形成される「無衝突衝撃波」であるため、上流の水素原子は散逸されることなく波面を横切り、熱化された荷電粒子と衝突し、輝線を放射する。水素原子静止系で見ると、荷電粒子は衝撃波速度程度の集団的速度と下流の熱速度程度の広がりをもつ、ある程度収斂されたビームとして様々な方向から衝突する。このとき有限の異方性が存在するため、結果的に \sim 数 % の偏光度で H α 輝線が放射される (Laming 90)。衝撃波がエネルギーを損失している場合、下流の温度が低くなり、荷電粒子はより収斂されたビームとして衝突し、偏光度が大きくなる (Shimoda+18)。従って、H α 輝線の偏光度は衝撃波速度と下流の温度に依存し、偏光度と下流の温度を独立に測定することで、損失率を推定できる。この測定法では膨張速度を測定する必要がないため、距離の不定性を排除できることが特徴である。