

## Q29a 因果律を保った高エネルギー宇宙線粒子の伝搬の定式化に向けて

川中宣太 (国立天文台/東京都立大学)、高橋芳太 (国立高専機構苫小牧高専)

宇宙線粒子は星間空間ないしは銀河間空間中の乱れた磁場による散乱を受けながら伝搬し、その分布関数の時間発展はしばしば拡散方程式によって記述される。しかし、放射直後の源近傍での宇宙線の伝搬は弾道的 (ballistic) であり、拡散近似を用いると伝搬速度が光速を超えるため拡散方程式による記述は因果律を満たさず不正確となる。特に宇宙線粒子のエネルギーが高くなると平均自由行程が長くなるため、拡散方程式が適用できない領域は無視できないほど大きくなり、源近傍の宇宙線分布を予言する際には宇宙線が高エネルギーであるほどその影響を考慮する必要がある。これまで弾道的伝搬と拡散的伝搬の両方を記述する試みは多数提案されてきたが、粒子数保存を満たさない、マルコフ性が失われているなどの欠点が存在しており、物理的かつ数学的に正しく有用な表式は存在していなかった。

本講演では、Takahashi et al. (2024, ApJL, 967, L10) で導出された、多重散乱を受けて媒質中を伝搬する光子の確率密度関数の解析解を応用し、高エネルギー宇宙線の弾道的伝搬と拡散的伝搬の両方を統一的に記述できる解析的な分布関数の表式を紹介する。さらに、この表式を用いて源から継続して宇宙線が放出されている場合の源周辺の粒子数分布のプロファイルを計算し、拡散近似を用いた場合との違いを明らかにする。本研究の結果は、宇宙線源周囲のガンマ線・X線輝度分布を予言する際に重要となる。