

# 電離損失を考慮したモリエールの横広がり分布

中塚 隆郎、 桶井 一秀<sup>†</sup>

岡山商科大学商、 <sup>†</sup>岡山大理

多重散乱過程における荷電放射線の横広がり分布に関しては、かつて Molière が定常エネルギー過程の下で進行角度と横広がりの任意の一次結合

$$\vec{\rho} = a\vec{\theta} + b\vec{r}/t \quad (1)$$

の分布を得ている。電離損失過程

$$E = E_0 - \varepsilon t \quad (2)$$

において、我々は昨年度の EGS 国際会議である特殊な組み合わせのときのみ分布を示すことができたが、今回我々は一般の組み合わせの時の Molière 分布を得ることに成功した。この一次結合の Molière 分布を特徴付ける基本パラメータ  $B$  と  $\theta_M$  は次のように表現される：

$$B - \ln B = \Omega - \ln \Omega + \ln \left\{ (Q/\varepsilon) [s - s^{-1} - 2 \ln |s|]_{Q/E_0}^{Q/E} \right\} \\ + \frac{2[s + \ln |s| - (s - s^{-1}) \ln |1 - s| - 2L_2(s)]_{Q/E_0}^{Q/E}}{[s - s^{-1} - 2 \ln |s|]_{Q/E_0}^{Q/E}}, \quad (3)$$

$$\theta_M^2 = \frac{B}{\Omega} \theta_G^2 \quad \text{with} \quad \theta_G^2 \equiv \frac{b^2 Q K^2 t}{(E_0 - E)^3} \left[ s - \frac{1}{s} - 2 \ln |s| \right]_{Q/E_0}^{Q/E}, \quad (4)$$

ここに  $Q$ 、 $L_2(z)$  はそれぞれエネルギーパラメータ、および dilogarithm 関数である：

$$Q \equiv E - (a/b)\varepsilon t \quad \text{and} \quad L_2(z) = \int_z^0 \frac{\ln |1 - t|}{t} dt. \quad (5)$$

一方 Molière 理論は小角近似を使うため精度において Goudsmit-Saunderson 理論に遅れを取っていたが、昨年度の国際会議で述べたように Lewis の理論を使うと、Molière 分布の基本パラメータであるところの  $B$  と  $\theta_M$  をそのまま使って電離損失を考慮した GS-Lewis 分布を表現できる。つまり、Molière 分布と並

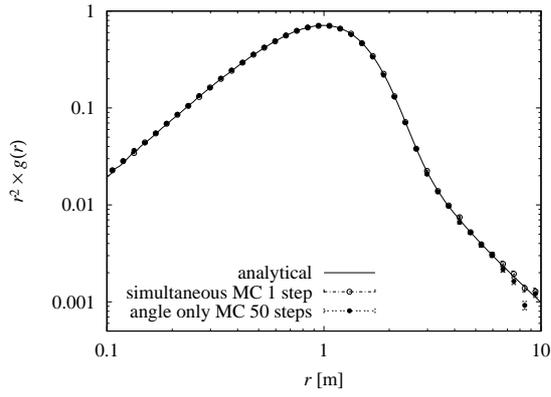


図 1: 電離損失で半分のエネルギーを失ったときの横分布の、解析的予想とシミュレーション結果。

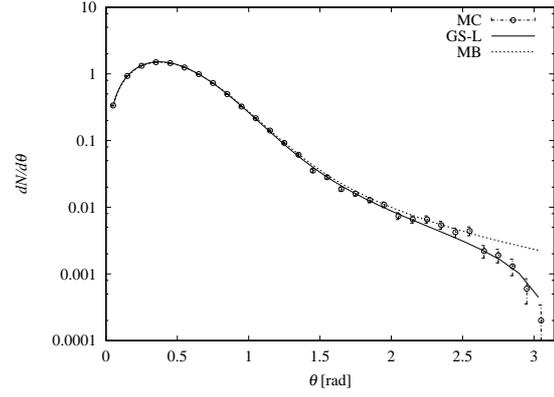


図 2: 電離損失を考慮した GS-Lewis 分布はモリエールの基本パラメータの  $B$  と  $\theta_M$  から求まること、シミュレーションによる確認。

べて表現すると

$$2\pi f_{\text{GS}}(\theta, t) = \sum_{l=0}^{\infty} \left(l + \frac{1}{2}\right) P_l(\cos \theta) \exp\left\{-\frac{\theta_M^2}{4} l(l+1) \left(1 - \frac{1}{B} \left[\ln \frac{\theta_M^2}{4} + 2\psi(l+1)\right]\right)\right\}, \quad (6)$$

$$2\pi f_{\text{M}}(\theta, t) = \int_0^{\infty} \zeta d\zeta J_0(\theta\zeta) \exp\left\{-\frac{\theta_M^2 \zeta^2}{4} \left(1 - \frac{1}{B} \ln \frac{\theta_M^2 \zeta^2}{4}\right)\right\}. \quad (7)$$

図 1、図 2 に、我々の結果を精密なモンテカルロシミュレーションの結果と比較する。これらの結果はシミュレーションコードの精密化、高速化、およびベンチマークテストに有効であろう。