

多重クーロン散乱による曲がり角と横拡がりの同時分布

桶井一秀[†]、中塚隆郎[‡]

[†] 川崎医科大学

[‡] 岡山商科大学

荷電粒子が物質中を通過するとき、クーロン散乱によってその進行方向が曲げられ、角度や横方向のずれの主な原因となる。多くのモンテカルロアプリケーションでは、すべてのクーロン散乱をそのままシミュレートすると、膨大な計算時間がかかるので、通常は多重散乱理論による近似的な取り扱いがなされる。

モリエール理論 [1, 2, 3] は、高エネルギー荷電粒子の多重クーロン散乱を扱う、最も正確なものの一つであり、これまでに多くのアプリケーションで利用されてきている [4, 5] が、解析的に得られているのは、曲がり角 θ_x のみの分布 $f(\theta_x)$ または横広がり l_x のみ分布 $f(l_x)$ だけであり、同時確率密度分布 $f(\theta_x, l_x)$ は得られていない。

近似の妥当性は、各アプリケーション毎に使用者によって検討されるべきものであり、より正確な解を知ることが重要である。しかし、例えば、多数のラザフォード散乱をサンプリングしたものと、多重散乱のサンプリングを比較するといったモンテカルロ同士の比較は、問題となるステップサイズが長い時、現実的ではない。

そこで、今回は高速フーリエ変換 (FFT) による $f(\theta_x, l_x)$ の数値解 [6] と、断面積分割法 [7] および EGS5 [8] による多重クーロン散乱サンプリングの同時分布を比較した。EGS5 シミュレーションでは、CHARD 変数を設定しない (default) 場合と、する場合でのサンプリング回数と分布の違いを調べた。EGS5 の default 設定で、サンプリング回数がほぼ 1 回になるような物質の厚みでシミュレーションした結果、default 設定の EGS5 のサンプリングでは、同時分布および横分布の誤差が大きくなったが、断面積分割法と、CHARD 変数を物質に厚みの値に設定した場合の EGS5 のサンプリングでは、FFT による同時分布とほぼ一致した。また、CHARD 変数を設定したときは、default の場合よりもサンプリング回数が多くなった。

参考文献

- [1] G. Molière, Z. Naturforsch. **2a**, 133 (1947).
- [2] G. Molière, Z. Naturforsch. **3a**, 78 (1948).
- [3] H.A. Bethe, Phys. Rev. **89**, 1256 (1953).
- [4] W.R. Nelson, D.W.O. Rogers and H. Hirayama, The EGS4 Code System, Stanford Linear Accelerator report SLAC-265 (1985).
- [5] GEANT Detector Description and Simulation Tool, CERN Program Library Long Writeup, PHYS325 (1993).
- [6] T. Nakatsuka and K. Okei, *Proc. 13th EGS User's Meeting in Japan*, KEK Proceedings 2006-4, 18 (2006).
- [7] K. Okei and T. Nakatsuka, *Proc. 3rd International Workshop on EGS*, KEK Proceedings 2005-7, 57 (2005).
- [8] H. Hirayama et al., The EGS5 Code System, SLAC-R-730 (2005) and KEK Report 2005-8 (2005).