

# 多重クーロン散乱による曲がり角と横拡がり同時分布計算への 電離損失効果の導入

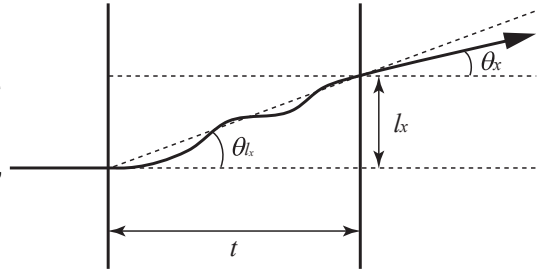
桶井一秀<sup>†</sup>、中塚隆郎<sup>‡</sup>、桐原陽一<sup>\*‡</sup>

<sup>†</sup> 川崎医科大学    <sup>‡</sup> 岡山商科大学    <sup>\*‡</sup> 理化学研究所

物質中を通過する荷電粒子は、多数のクーロン散乱によりその進行方向を変えながら進む。小角近似が成り立つ条件の下で、荷電粒子が厚さ  $t$  の物質を通過した後の曲がり角を  $\theta_x$ 、横拡がりを  $l_x$  とすると (下図参照)、 $\theta_x$  と  $\theta_{l_x} = \tan \theta_{l_x} = l_x/t$  は、同一ではないが全く無関係でもなく、互いに相関を持つので、 $\theta_x$  と  $l_x$  の同時確率分布  $f(\theta_x, l_x)$  は、それぞれの周辺分布の積の形  $g(\theta_x)h(l_x)$  で表わすことはできない。

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, 6] が、解析的に得られているのは、曲がり角  $\theta_x$  のみの分布  $g(\theta_x)$  または横拡がり  $l_x$  のみの分布  $h(l_x)$  だけであり、同時確率密度分布  $f(\theta_x, l_x)$  は分かっていない。しかしながら、周波数空間での分布  $\tilde{f}(\theta_x, l_x)$  までは解かれているので [7, 9]、我々は高速フーリエ変換 (FFT) を用いて、 $f(\theta_x, l_x)$  の数値解を得た [7, 10]。

荷電粒子は、物質内での電離により、通過距離とともにほぼ一定の割合でエネルギーを失っていくが、入射時と最終段階でのエネルギーの差が大きくなると、 $\theta_x$  と  $l_x$  との相関の度合いが変わる [8] ので、 $f(\theta_x, l_x)$  の形も変化する。そこで、今回は、電離損失の影響を考慮した  $f(\theta_x, l_x)$  の計算を試みた。電離損失の効果を考えてした場合 [11] も、 $\tilde{f}(\theta_x, l_x)$  の解析解は得られたが、その数値計算の際には、パラメータによっては丸め誤差の影響を受けやすく、そのような場合は、数値積分を用いたほうが、より安定な数値が得られることがわかった。



## 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] H. Hirayama et al., The EGS5 Code System, SLAC-R-730 (2005) and KEK Report 2005-8 (2005).
- [7] T. Nakatsuka, K. Okei and N. Takahashi, *Proc. 13th EGS User's Meeting in Japan*, KEK Proceedings 2006-4, 18 (2006).
- [8] K. Okei and T. Nakatsuka, *Proc. 3rd International Workshop on EGS*, KEK Proceedings 2005-7, 57 (2005).
- [9] T. Nakatsuka, K. Okei and N. Takahashi, *Journal of Okayama Shoka Univ.* vol. 43-1, 1 (2007).
- [10] K. Okei and T. Nakatsuka, *Proc. 14th EGS User's Meeting in Japan*, KEK Proceedings 2007-5, 26 (2007).
- [11] T. Nakatsuka and J. Nishimura, *Physical Review E* **78**, 021136 (2008)