

重イオンビームが生成するナノメータサイズプラズマの 粒子シミュレーション

森林 健悟

量研機構

自然は学問の垣根をしらない。これはノーベル化学賞を受賞された福井謙一先生の名言の1つであるが、本講演では、原子分子物理、プラズマ物理、高強度場科学、重イオンビーム生命・材料科学等の研究分野の垣根を越えた研究を展開する。低エネルギー（高 LET）の重イオンビーム照射により物質中で局所的に高密度イオン・電子が生成されるが、これは高強度レーザーや XFEL 照射などの現象と類似している。この現象によりナノメータサイズのプラズマが生成することが予測できる。そこで、高強度場科学でのシミュレーションモデルを重イオンビーム科学に適用した。

重イオンが照射されると分子が重イオンの軌道上で電離され、多くの分子イオンが生成し、それらの電荷の合成により強電場を作る。この電場が σ/r に比例することを示した [1]。ここで、 σ 、 r は、それぞれイオン衝突電離断面積、入射イオンの軌道からの垂直距離を表す。一方、点電荷が作る電場は、 $1/r^2$ に比例し、ここで生成した電場は、点電荷よりも長距離に作用することがわかった。この強電場によって遅い電子は入射イオンの軌道付近に束縛されるが、速い電子は脱出できる。そこで、二次電子がこの軌道から脱出できる確率を計算した。この結果、脱出確率は、 $(\tau/\tau_0)^{0.5}$ という簡便式で表されることがわかった。ここで、 $\tau=1/(N_m\sigma)$ は平均自由行程、 $\tau_0=1.5$ nm、 N_m は標的の分子の数密度を表す。この式は、Kimuraらの観測値[1]の傾向とよい一致を示した(図1参照)。この二次電子の運動と生命・材料科学との関連も示す。

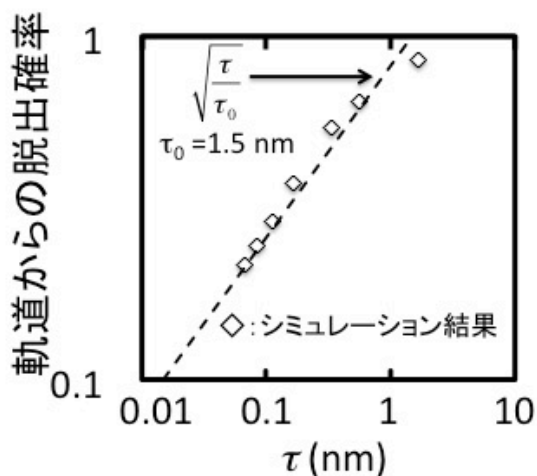


図 1 (a)

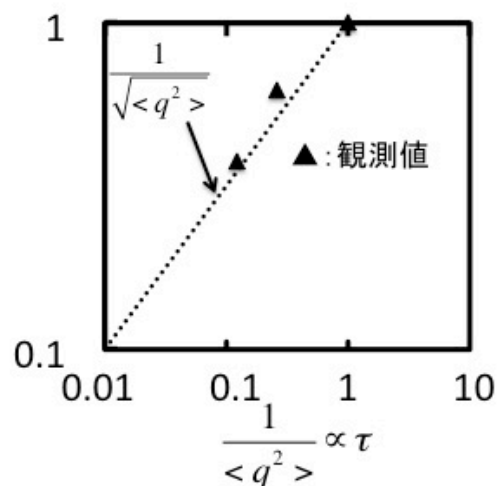


図 1 (b)

図 1 入射イオンの軌道付近から脱出する確率 vs τ : (a)シミュレーション結果、(b)観測値[1]。観測値では入射イオンの電荷(q)の2乗の平均値 $\langle q^2 \rangle$ の逆数を横軸に取ったが、これは τ に比例する。

[1] K. Kimura, et al. NIMB **193**, 661 (2002)