

# 高速イオンによるグラフェン膜透過後の虹散乱パターン ～近接衝突による散乱パターンの比較～

## Rainbow scattering patterns of ion beam transmission by graphene sheet ～Comparison of scattering patterns corresponding to close collision～

久米望未<sup>1</sup>, 李澤寧<sup>1</sup>, 石井邦和<sup>2</sup>, 小川英巳<sup>2</sup>

<sup>1</sup>奈良女子大学 大学院 人間文化総合科学研究科 数物科学専攻

<sup>2</sup>奈良女子大学 理学部

N. Kume<sup>1</sup>, Z. Li<sup>1</sup>, K. Ishii<sup>2</sup>, and H. Ogawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Humanities and Sciences, Nara Women's University

<sup>2</sup> Department of Physics, Nara Women's University

### 1. はじめに

グラフェンはその優れた特性から、近年ナノテクノロジー分野で非常に注目されている物質である[1]. その特徴の1つに、炭素原子が2次元構造を持ち、規則正しく蜂の巣状に並んでいることが挙げられる. そのため、グラフェンシートにイオンビームを透過させると、規則正しく並んだ炭素原子とのクーロン相互作用により虹散乱が起こる. 先行研究では、ĆosićらがZBLポテンシャル、モリエールポテンシャル等の遮蔽ポテンシャルを用いて、5.0 keVのプロトンをグラフェンに透過させる虹散乱シミュレーションを行っている. シミュレーションの結果、グラフェンを構成する炭素原子との近接衝突による円形パターンと遠隔衝突による六角形パターンの2種類の虹散乱パターンが得られることを報告している[2]. また、奈良女子大学では、これまでの研究で、ターミナル電圧1.7 MVのタンデム・バンデグラフ型静電加速器を用いた実験により、0.5 MeVのC<sup>+</sup>イオン、Si<sup>+</sup>イオンの遠隔衝突による虹散乱の1次元積算分布を得ている.

本研究では、価数、エネルギー、質量数の異なる高速イオンに対してグラフェン透過後の散乱パターンを2次元分布として取得することを目的とした. また、実験から得られた結果とシミュレーション結果の比較により、遮蔽を考慮したイオン・原子相互作用ポテンシャルへの知見を深めることを目的としている.

### 2. 実験とシミュレーション

実験では、奈良女子大学所有のタンデム加速器を用いて、2.0 MeVから0.5 MeVのHe<sup>2+</sup>イオンとC<sup>+</sup>、C<sup>2+</sup>イオンのビームを生成した. 生成したビームを0.1 mmの2組の縦横スリットでコリメートした. このビームをグラフェンシートに透過させ、固体飛跡検出器(ハーツラ

ス TD-1)を用いてイオンの到達位置を2次元分布として検出する。その後、イオンを照射した固体飛跡検出器は適切な温度及び濃度の水酸化ナトリウム水溶液で化学処理を行うことで、イオンが当たった場所がエッチングされ、2次元分布が得られる。

シミュレーションでは、ZBLポテンシャルを用いて、運動方程式に基づいた入射粒子の古典的散乱軌道を計算した。シミュレーションにおける軌道数は100万に設定した。入射粒子はグラフェンを透過後、グラフェンから十分離れた位置で等速直線運動をするようになる。その時の入射粒子の速度成分から散乱角分布を得た。

### 3. 結果

図1 (a)は1.0 MeVの $\text{He}^{2+}$ イオンをグラフェンシートに透過させ、固体飛跡検出器でイオンを検出した際の実験での2次元分布である。(b)はシミュレーションにより得られた角度分布である。実験と同様に1.0 MeVの $\text{He}^{2+}$ イオンを入射粒子とした。散乱角分布の強度はlogスケールで色分けしている。シミュレーション結果、実験結果はどちらも中央の散乱パターンの外側に近接衝突による円形パターンが見られた。

発表では、得られた結果から散乱パターンの価数、エネルギー、質量数による変化について議論する。

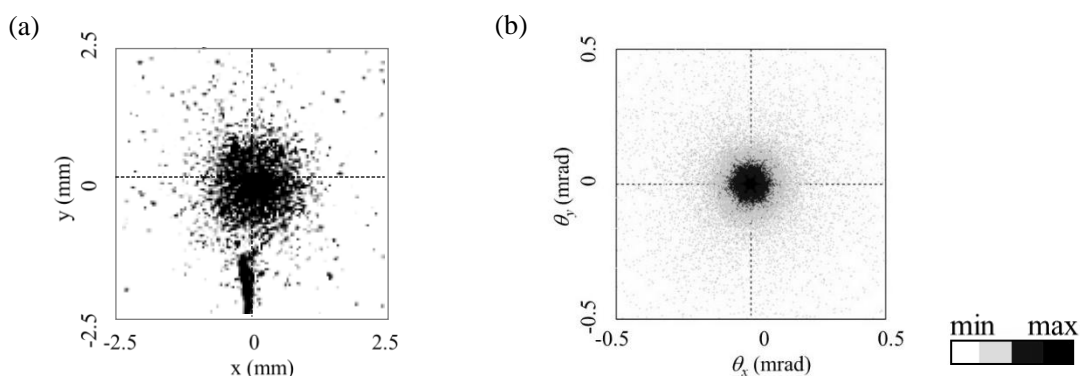


図1：(a) 実験で1.0 MeVの $\text{He}^{2+}$ をグラフェンシートに透過させた際の2次元分布。

(b) シミュレーションで1.0 MeVの $\text{He}^{2+}$ をグラフェンに透過させた際の散乱角分布。分布の強度はlogスケールで表し、色分けしている。

### 参考文献

1. A. K. Geim Science 324, 1530 (2009).
2. M. Ćosić, S. Petrović, N. nešković Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B 422 (2018).
3. J. Ziegler, J. Biersack, P. Littmark The Stopping and Range of ions in Matter Pergamon Press, New York (1985).