

## 二次元物質が形成する積層構造の摩擦・凝着機構

### Mechanism of Friction and Adhesion of Layered Structures

#### Formed by Two-Dimensional Materials

電通大院情報理工<sup>1</sup> ○佐々木 成朗<sup>1</sup>

The University of Electro-Communications<sup>1</sup> ○Naruo Sasaki<sup>1</sup>

E-mail: naruo.sasaki@uec.ac.jp

ナノメートルサイズの世界では摩擦・凝着の効果が著しく増大する。微視的なデバイス間の摩擦の制御は、あらゆるサイズの機械の効率的な稼働に寄与するため、産業上の要請である。こうした事情に鑑みて、我々のグループでは摩擦を制御する材料やシステムを数値的・理論的に開発する研究をナノテクノロジーの観点から進めてきた。そこで本講演では特にナノカーボンが形成する二次元材料界面における超低摩擦（超潤滑）や接触、またはエネルギー散逸のメカニズムに関する研究について紹介する。

まずグラフェン/グラフェン界面を粗視化したポテンシャルモデル (Fig. 1) を考案して、グラフェン剥離<sup>1)</sup>の計算時間を従来の $10^4$ 分の1に短縮することに成功した<sup>2)</sup>。このモデルに原子間力顕微鏡バネの効果を組み込んで、グラフェンシートサイズの関数として剥離過程を分類する相図を導出した<sup>3)</sup>。次にグラフェン/ $C_{60}$ /グラフェン界面 (Fig. 2)<sup>4)</sup>のせん断滑りの超潤滑シミュレーション<sup>5)</sup>を行い、平均水平力の荷重依存性を計算したところ、高荷重領域でアモントンクーロン則が破綻する結果が得られた。これを封入 $C_{60}$ 分子の実効的硬さの観点から説明する。また、金表面に吸着したスマネン薄膜 (Fig. 3) を原子間力顕微鏡探針で圧縮してこする分子動力学シミュレーションに現れる摩擦や摩耗現象についても紹介する。

#### 文 献

- 1) M. Ishikawa, N. Sasaki, and K. Miura et al.: Appl. Phys. Exp. **5**, 065102 (2012).
- 2) R. Okamoto, K. Yamasaki, and N. Sasaki: Mater. Chem. Front. **2**, 2098 (2018).
- 3) R. Okamoto and N. Sasaki: Jpn. J. Appl. Phys. **58**, 110901 (2019).
- 4) K. Miura, S. Kamiya, and N. Sasaki: Phys. Rev. Lett. **90**, 055509 (2003).
- 5) N. Sasaki et al.: Tribology Online **7**, 96 (2012).

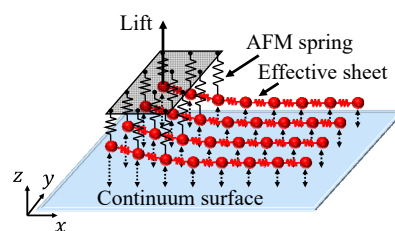


Fig. 1. Coarse-grained model of graphene/graphene interface for the peeling process of atomic-force microscopy.

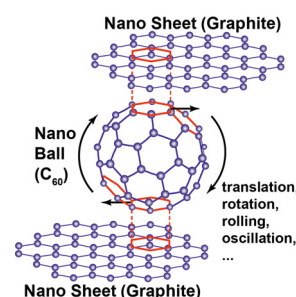


Fig. 2. Simulation model of graphene/ $C_{60}$ /graphene interface for the superlubric scan.

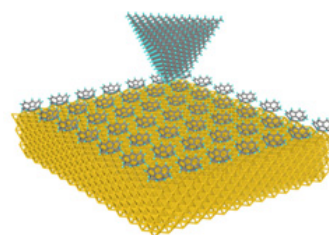


Fig. 3. Simulation model of  $C_{21}H_{12}/Au$  interface for the tip scan of atomic-force microscopy.