

ナノの世界の摩擦(ネバネバ)を見る・制御する

佐々木(成) 研究室



佐々木 成朗
Naruo SASAKI

日常生活において「摩擦」といって、何を思い浮かべるでしょうか。摩擦とは、モノとモノがこすれ合う時に生じる力であり、モノが動くこうすると現れる現象です。一方の動作を邪魔するようにも見えることから、「邪魔者」扱いされることもあります。比喩的には「国家間のあつれきによって貿易摩擦が生じた」、「人間関係の摩擦、心がすりを減らした」などと使われたりもします。

実は、摩擦は日常的にありふれた物理現象であり、人工物から自然界まで至るところに存在します。例えば、消しゴムで文字を消したり、乗り物のブレーキでタイヤの動きを止めたりするのも摩擦の力です。バイオリンやチェロなどの弦楽器の演奏や、スキーやスケートといったスポーツでも摩擦の制御が要になっていきます。ココロギが鳴くのも摩擦の仕組みです。摩擦がなければ、人は歩くことすらできません。近年では、断層間の摩擦現象を解明することで地震のメカニズムの研究にも発展しています。

ナノ世界の摩擦

佐々木成朗教授は、日本では数少ない摩擦の専門家です。さらに特徴的なのが、活動の舞台がナノ

(ナノは10億分の1)の世界であることです。日常の世界では大きな問題にはならなくても、極微少な領域に入り込むと、摩擦の力は相対的に大きくなります。ナノの世界において、摩擦は粘性を持つ「ネバネバ」の状態となり、モノとモノとを否応なくくっつけてしまう、文字通りの邪魔者になってしまいます。

「ナノの世界のネバネバ(摩擦)を制御して、その原理や原則をバイオテクノロジーや環境分野に応用したい」というのが佐々木教授の研究の目的です。摩擦を限りなくゼロに近づけたり、反対に、摩擦を無限大(∞)まで最大化してネバネバ状態を活かしたりするなど、摩擦をうまくコントロールすることで、省エネルギーの特性を示す材料開発などに役立てようとしています。理論家ながら、実験家と二人三脚で研究に取り組んでいるのも、応用を強く意識しているからこそのでしょう。

超潤滑とヤモリテープ

摩擦をゼロに近づける

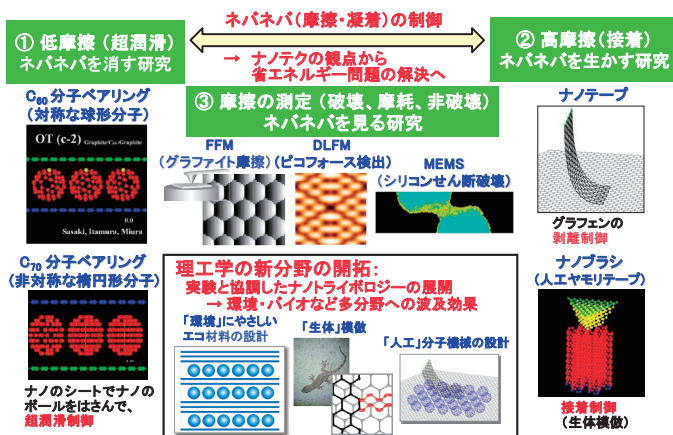
試みとして、サッカーボール型の分子であるフラーレン(C₆₀)を炭素原子のシートであるグラフェンで挟み、ネバネバを消す

「超潤滑」状態を作り出すことに成功しました。「床にパチンコ玉がばらまかれたのと同じような構造」

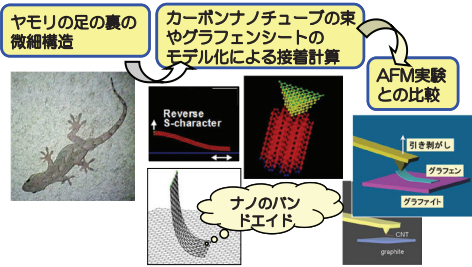
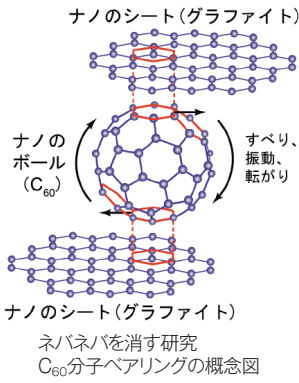
キーワード

ナノトライボロジー、表面物理学(物性理論)、計算物質科学、原子スケール摩擦、超潤滑、接着、原子間力顕微鏡、省エネルギー分子機械、フラーレン、グラフェン

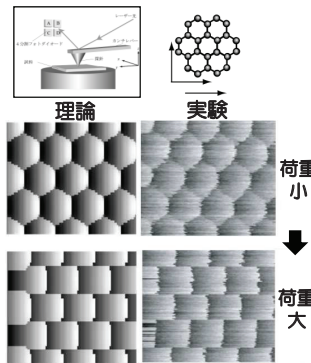
所属	情報理工学研究科 先進理工学専攻 共通教育部
メンバー	佐々木 成朗 教授
所属学会	日本表面科学会、日本物理学会、日本トライボロジー学会、表面技術協会、応用物理学会、日本機械学会、日本化学会、アメリカ物理学会
E-mail	naruo.sasaki@uec.ac.jp



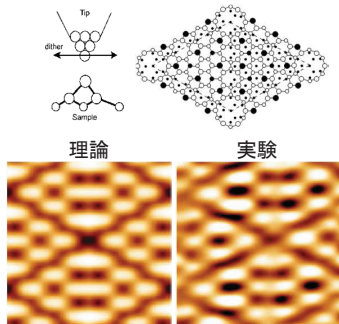
研究の概略図 ネバネバを①消す、②生かす、③見る



高摩擦(ネバネバを生かす)研究の背景と展開。
ネバネバする足を持つヤモリの生体模倣によるモデル化。



測定されたグラファイト表面の原子スケール摩擦。
理論は実験結果を再現することに成功している。



測定されたシリコン表面のピコメートルスケール摩擦。
理論は実験結果を再現することに成功している。

(佐々木教授)で、ピコニュートン(ピコは1兆分の1)レベルの微小な摩擦しか生じないことが分かりました。回転運動を支える、いわゆるベアリング(軸受)を分子で設計することができたのです。

逆に、摩擦を最大化すると、モノとモノとを接着することができます。摩擦を利用すれば、いったん貼り付けたモノでも簡単に引き剥がすことができます。生体模倣の例として有名な「ヤモリテープ」は、ヤモリの足裏に無数に生えている繊毛同士の摩擦が生み出す「接着力」を利用した強力な接着剤です。佐々木教授はこの特性をナノレベルで再現することに挑み

ました。ヤモリの繊毛の働きを一本一本、カーボンナノチューブやグラフェンで模倣したところ、接着や剥離の微視的な特性が、シミュレーションと実験とで良好な一致を見せたのです。

こうした摩擦の制御だけでなく、摩擦そのものを測定する「ナノ力学計測」の理論研究にも力を入れています。例えば、鉛筆の芯に使われている黒鉛(グラファイト)の表面で生じる原子スケールの摩擦を、世界で初めて理論的に再現しました。グラファイトのナノ摩擦測定の実験に対して初めて解釈を与えた結果です。さらに佐々木教授はシリコン表面のピコ

メートルスケール力学の実験に解釈を与えることにも成功しています。

摩擦の経済効果

興味深いことに、摩擦はまた、経済問題やエネルギー問題にも大きく貢献すると言われています。佐々木教授によると、モノづくりの分野で摩擦を減らすことができれば、およそ20兆円規模の経済効果が生まれるという試算があるそうです。「例えば、『摩擦の塊』である自動車などの機械製品において、内部の部品間の摩擦を減らすことで、製品寿命の大幅な向上が見込める」と言います。摩擦が低下すれば、エネルギーの利用効率

も高めることができます。

摩擦研究のハブに

電気通信大学は2014年に、摩擦や凝着のメカニズムを原子・分子レベルで解明する「ナノトライボロジー(ナノ摩擦科学)」の研究ステーションを開設しました。佐々木教授はそのリーダーとして、「国内外の機関と連携し、日本初となるナノ摩擦研究のハブ(中核)拠点として盛り上げていきたい」と意気込んでいます。摩擦でエネルギーが散逸するメカニズムの解明をベースに、より摩擦の低い潤滑剤や、環境に優しい省エネ材料の開発、ナノの世界でも動きやすい分子機械の設計などに

つなげていく考えです。

摩擦の研究は、16世紀にレオナルド・ダ・ヴィンチのスケッチから始まったと言われています。「原子レベルから地球、そして宇宙まで、摩擦は普遍的な現象であるからこそ、その研究の意義は大きい。我々は応用(工学)と基礎(理学)とを行き交い、橋渡しする役目がある」と、佐々木教授は使命感に燃えています。「ナノトライボロジー」という学問分野を確立し、「新しい理工学」を作り出したと考えているそうです。

【取材:文=藤本信穂】