摩擦のはなし

理工学部機械工学科 教授　平野 元久

原子の世界の摩擦

摩擦について、どれほどご存じでしょうか？　私たちは摩擦を利用する術を意外によく知っています。普段、その存在をあまり気にしませんが、付き合い方もよく知っています。本のページのめくり方、重い引越し段ボールのすべらせ方など、いろいろな工夫を自然に身に付けています。紀元前2000年の古代エジプトの人たちも、ピラミッドの巨石の運搬にころや油の活用法を知っていました。さまざまに変化するその大小も心得ています。雨降りの外出時にはぬれた階段の上り下りに注意します。突然の雪の日にうっかり革靴ですべってころんで骨身に染みます。

摩擦はささいなことに敏感です。一滴の潤滑油で機械の性能は格段に上がります。摩擦を操ることはスポーツ競技の勝敗を左右します。選手は、スキー板のワックスがけやゴルフのパッティング、自動車レースのタイヤ交換に細心の注意を払い、勝負に全身全霊を懸けます。摩擦はいつも存在すると考えられてきました。

摩擦がなくなる？

最近の研究によって、常識と異なる世界が開かれつつあります。表面同士の特別な接触で摩擦ゼロの「超潤滑」が現れる理論が示され、摩擦研究が一新されました。実験も世界で進められています。今秋、超潤滑の国際会議が中国・北京で開かれます。研究室では、摩擦で失われるエネルギーをいかに小さくできるかを研究しています。

事始めは、卒業後の就職先で人工衛星開発に加わったことです。宇宙空間は機械にとって過酷な環境です。人工衛星のミッションを遂げるには、摩擦を小さくし保つことが不可欠です。当時、ハレーすい星の地球接近がマスコミの話題でした。天体ショーが幕を閉じると、素朴な疑問が湧きました。「摩擦がどうして現れるのか」の根本問題です。この問題の研究の歴史は古く、15世紀ルネサンス期のレオナルド・ダ・ヴィンチによる実験がはじまりとされています。後に、電磁気学のクーロンや周波数単位のヘルツをはじめ、サイエンスのビッグネームが摩擦を調べました。しかし、その根本原因のすっきりした答えは見当たりませんでした。

昔の人は、摩擦は表面の粗さのひっかかりから生ずると考えました。原子の存在が知られていない時代のことです。現代では、なめらかな表面同士が近づくと原子同士の影響が際立つために、摩擦が現れると考えられています。このため、なめらかな表面の方が摩擦は大きくなります。日常感覚と逆かもしれません。名残が、初等力学の教科書に見られます。高校力学の問題では、摩擦のない面をなめらかな面、摩擦のある面を粗い面としています。これとは対照的に、工業製品では、摩擦の大きいな

めらかな面に注意を払います。宇宙空間の真空下ではなめらかな面同士はくっついて一体になってしまいます。静摩擦係数が動摩擦係数より大きいことの疑問も解消されていないのではないでしょうか。原子レベルでのすっきりした解釈が待たれます。

幸いなことに，原子レベルの研究では、理論と実験を同じ土俵で直接対比できます。実験では、鋭い針先を、不純物のない表面にそっと触れて静かにすべらせ、理想状態の摩擦を調べられます。

しかし、皮肉な問題もあります。単純で理想的な摩擦を追い求めると全体像を見失います。摩擦は見方によって見え方が変わる曼荼羅（まんだら）のような対象に思えます。要素論や一元論では割り切れないのです。日本のお家芸の素粒子論の背後には、東洋思想が横たわっていると聞きます。

機械工学と価値創造

機械工学は、機械機能の創造を目指しています。摩擦の研究は機械分野の一つです。これからの理工学では、全体システムに組み込まれる要素技術の在り方をさまざまな分野から見据えた「設計科学」の役割が重要になります。そもそも、わが国は分野横断的な研究開発を得意としてきました。国づくりを力強く支えるには、国力強化ビジョンに沿った「価値創造」が必須です。人類発展の基幹を担ってきた機械工学においても、多品種・高付加価値製品の生産技術の強化が急務です。少品種・大量生産では他国にかなわない状況があります。技術者は市民性・社会性も備え、さまざまな学術を俯瞰（ふかん）し、人間と機械、人間と自然、人間と人間が調和・共生できる社会システムづくりを目指すべきです。

若い世代のこと

改めて思います。何事につけ、「基礎」と「動機」が重要です。「志」を成すために欠かせないことです。研究の世界でも、基礎トレーニングを続けて基礎学力を付け、強い動機を持つことが活動の源泉となります。スポーツ選手は、試合後のインタビューで繰り返し語気を強めます。モチベーションが大事なことを。動機・実行・達成感の繰り返しが上達につながります。若い人には早く達成感を体験してほしいと思います。これにはどうしても時間がかかります。苦労を回避したいところですが、知識・技能・記憶を遺伝的に引き継ぐのは不可能です。

かつて、ひと握りの学生が大学で学んでいた遠い昔、集団講義の知識伝達は国策として効率的でした。これからの教育には頭の切り替えが必要なようです。自由時間を楽しむことを優先すると、誰しも学習を省力化します。深く考える楽しさを見つけるよりも、厳しさを避けようとします。無駄や回り道も大切です。授業の難易度の上げ下げだけでは、若い人の達成度・満足度を上げられません。良い方法はないのでしょうか？ この解決のヒントに、「協働学習」の方向性があります。教員・学生・上級生間の互いのやりとりを効果的に取り入れます。勉強の悩みは、人それぞれです。病の痛みと同じように、他人には伝えにくいものです。同世代同士だからこそ伝わりやすいこともあります。最新の教育研究の成果をもとに、学習効果を高める授業手法に関心があります。

普段のゼミでは、こつこつと我慢強く勉強すれば、何かよいこと・楽しいことがありそうだと感じてもらえるようにしています。これには、教員の行動が身近な手本となります。教員は学校で楽しくしていればよいのです。大学時代の恩師が、研究を素直に面白がる姿勢は、中身に加えて教育効果大でした。

Motohisa Hirano

1957年愛知県生まれ。1982年名古屋大学工学研究科修了後、同年日本電信電話公社入社、日本電信電話株式会社、2003年岐阜大学工学部教授を経て、2014年より法政大学理工学部教授。1989年工学博士、1998年博士（理学）。専門は摩擦の原子論。主な著書に「Superlubricity(Elsevier, 2008年)」、「Friction at the Atomic Level (Wiley-VCH, 2016年)」。