

広がる分野融合研究

低摩擦技術の進展に向けて

目に見えない摩擦現象をナノレベルでとらえ、低摩擦技術の開発につながる取り組みが進んでいる。材料や計測、機械など各分野の研究者がネットワークを構築。分野融合研究による「摩擦を科学する」学問領域となるトライボロジーの進展が期待されている。新規潤滑システムへの応用を目指すポリマーブラシやゲルなどの軟らかい素材、無機酸化物コーティングなどの界面評価による実用化に向けた新たな設計指針が生まれてもいる。エネルギーの最大活用に向けた分野融合研究が広がっている。

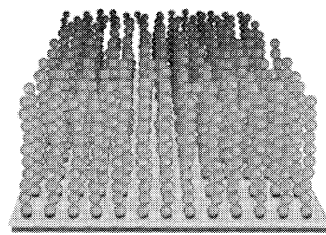
機械システムに新しいシナリオを

11研究室が参画

機械の性能劣化、損傷、寿命の原因はその大部分が表面・接触面・摩擦・潤滑の現象に由来する。摩擦・潤滑の制御は機械システムのエネルギー効率向上、長寿命化につながる。ただ複雑な摩擦減現象を説明していくには、多分野の研究者が手を組むのが欠かせない。

エネルギーの最大活用に向けた「グリーントライボロジー」の先端技術開発において、2015年度末には一つの融合研究プロジェクトが5年間の取り組みを終えた。文部科学省の「グリーン・ネットワーク」が中心で、山形大、鶴岡高専、横浜国大、京都大、同志社大の11研究室、融合研究ネットワークを通じて、界面科学を基盤とした低摩擦技術の進展に向けたさまざまな方向性が示された。

ポリマーブラシ厚膜化 潤滑システムへ応用進む



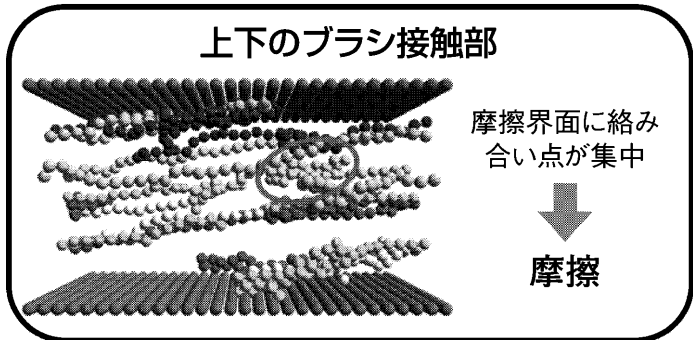
濃厚ポリマーブラシ

「機械系との連携で、実際に機械システムに使えるようなもの」を実現するために、機械分野での新しいシナリオが見えてきた。異分野のネットワークによる成果について、京都大学工学部研究所の辻井敬一教授はこう指摘する。辻井教授は、ポリマーブラシの厚膜化による機械潤滑システムへの応用に取り組んでおり、リビングラジカル重合と呼ぶ方法で基板に長さを変えてポリマーを成長させることを可能にした。従来よりポリマー鎖を10倍以上伸ばすことに成功した。膜厚は最新のデータでは500nmを達成している。濃厚ポリマーブラシ（CPB）を溶媒に膨潤させ、向かい合わせて摺動すると摩擦係数は境界潤滑領域で優れた特性を示す。機械システムに使うには、ポリマーの厚膜化は、ブラシが削り取られることを防ぐことにつながる。東北大学多元物質科学研究所の栗原和枝教授は、厚膜化したCPBがマクロ接触でも低摩擦性と耐久性があることを実証試験から確認した。試験からは300μm程度の面圧に耐える結果を得た。摺動回数は1万回を達成した。シール材やベリ軸受など機械要素としての適用を検討する。入り口が見えてきた。機械設計につながるCPBの特性評価は各拠点から進んだ。同志社大学の山形大、鶴岡高専、横浜国大、京都大、同志社大の11研究室、融合研究ネットワークを通じて、界面科学を基盤とした低摩擦技術の進展に向けたさまざまな方向性が示された。

率法による構造解析と各種摩擦試験を実施した。結果からは親油性ポリマーブラシを形成することで、潤滑油下での摩擦係数が大幅に低下することなどが分かった。将来に向けてはハードディスクドライブの消費電力低減などに役立つ技術としての進化が見込めるといわれる。

ポリマーブラシの機能するためにはポリマー鎖の切断が起これば、摩擦評価では、計算科学との連携も深まっている。東北大学金属材料研究所の久保昌司教授は、摩擦現象を計算科学でシミュレーションにより材料・実験チームを支援した。久保研究室では分子動力学シミュレーションによる摩擦プロセスの研究を進めており、今回のプロジェクトでは濃厚ポリマーブラシの分子動力学シミュレーションで、昨年8月には科学技術振興機構（JST）の戦略的創造研究推進事業（ACCE）に採択された。チームは「濃厚ポリマーブラシのレジリエンス強化とトライボロジー応用」のテーマで、このテーマの研究代表者である辻井教授は「耐久性など『産』とも連携してより実用化に近づけていきたい」としている。

摩擦計算によるポリマー鎖切断のメカニズム



「材料と機械が融合する低摩擦の成果が生まれ、基礎から技術までつながる研究が可能である」ことを示すことができたのではないかと考えている。今後については、「各分野でトップクラスの材料設計や分子レベルの機構も年に数回の情報交換の場を設けていきたいと考えている」。

材料から機械まで「つながる研究」に

文部科学省のGREEN事業の一環として、15年度末に分野融合研究による「グリーントライボロジー」の先端技術開発において、2015年度末には一つの融合研究プロジェクトが5年間の取り組みを終えた。文部科学省の「グリーン・ネットワーク」が中心で、山形大、鶴岡高専、横浜国大、京都大、同志社大の11研究室、融合研究ネットワークを通じて、界面科学を基盤とした低摩擦技術の進展に向けたさまざまな方向性が示された。



「また背景としては、低炭素社会への貢献があった。家庭によるエネルギー消費の約1割が摩擦損失で失われているとの報告もある。目立ちにくい摩擦や摩擦の制御は、経済効果が大きい。機械システムのエネルギー向上、保守作業の軽減につながる」。

総合的な成果は、どのように見えていますか。

「材料と機械が融合する低摩擦の成果が生まれ、基礎から技術までつながる研究が可能である」ことを示すことができたのではないかと考えている。今後については、「各分野でトップクラスの材料設計や分子レベルの機構も年に数回の情報交換の場を設けていきたいと考えている」。

世界最高強度ゲル 多角的に特性評価し改善



ゲルシール材の評価に特化した摺動・回転トルク同時測定装置

「ゲルを機械に適用するさまざまな問題も見てきた」（古川教授）。

材料の改良では、溶媒を従来の水から蒸発しないイオン液体に変更した。ゲルが乾燥に弱いという弱点に対応した。イオン液体と複合した新規DNゲルの開発は、鶴岡大学と共同で進められている。

古川研究室と佐藤研究室との共同で、ゲルを摩擦材料として使ったためのサンプルを供給。多角的にゲルの摩擦特性評価を進めた。各種評価からは、「ゲルを機械に適用するさまざまな問題も見てきた」（古川教授）。

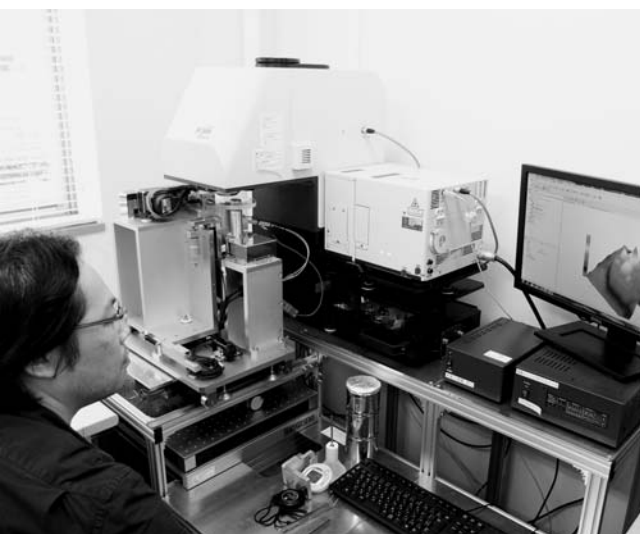
高専の佐藤昌哉教授らと取り組んだ。イオン液体ゲルは80℃、1000回の繰り返し測定後も低摩擦を維持。従来のゲルでは難しかった高温使用、真空使用の可能性を研究では、ゲルの専門家である山形大学の古川英光教授らがDNゲルを調製し、各研究グループにサンプルを供給。多角的にゲルの摩擦特性評価を進めた。各種評価からは、「ゲルを機械に適用するさまざまな問題も見てきた」（古川教授）。

無機酸化物コーティング

ベアリングに適用し発電機に

酸化亜鉛（ZnO）は、高温・高湿度・真空などの厳しい環境でも安定で、地球上に豊富に存在する材料。酸化亜鉛コーティングの結晶配向制御による低摩擦現象を示す実験データが物質・材料研究機構（NIMS）にすでにあった。

分野融合研究ネットワークに加わったNIMS構造材料研究拠点トライボロジーグループの土佐正弘グループリーダーは、酸化亜鉛コーティングの結晶配向制御による低摩擦現象を示す実験データが物質・材料研究機構（NIMS）にすでにあった。



赤外線分光法を応用した「その場観察装置」

「酸化亜鉛コーティングの結晶配向制御による低摩擦現象を示す実験データが物質・材料研究機構（NIMS）にすでにあった」。

NIMSの後藤真主研究員と佐々木道子NIMSポスドク研究員、東北大学多元物質科学研究所の栗原和枝教授らと共同で、酸化亜鉛コーティングの結晶配向制御による低摩擦現象を示す実験データが物質・材料研究機構（NIMS）にすでにあった。

酸化亜鉛コーティングの結晶配向制御による低摩擦現象を示す実験データが物質・材料研究機構（NIMS）にすでにあった。