

# Green TriboNet Newsletter

グリーントライボ・ネットワーク・ニュースレター

vol. **8**  
OCTOBER  
2015

## ITC Tokyo 2015 でシンポジウムを開催

2015年9月16～20日、東京理科大学葛飾キャンパスにおいて国際トライボロジー会議 東京2015 (ITC Tokyo 2015) が開催されました。学際的な議論を通して、トライボロジーの将来の方向を探ることを目標に掲げ、6つのトピックに分かれての口頭発表、4件の会議主催シンポジウム、11件の公募シンポジウム、ポスター発表、展示、交流会などが行われました。

本ネットワークでは、栗原和枝教授（東北大学）と森誠之名誉教授（岩手大学）が「Green tribology for energy saving」と題したシンポジウムを企画しました。招待講演では、Wilfried J. Bartz博士（TAE、ドイツ）が水力・風力などのエネルギーを利用する際に必要な潤滑の要件について話し、中村隆教授（名古屋工業大学）がトライボロジーによる乗用車の燃費削減の検討結果を発表しました。また、Nicholas D. Spencer教授（ETHチューリッヒ、スイス）はポリマーブラシやゲルなどの軟らかい材料による潤滑の可能性を語りました。他に、本ネットワークの研究室メンバーや国内外の研究者が、先端の潤滑材料と摩擦面で起こっている現象の計測手法について、14件の発表を行いました。参加者は約100名のほり、活発な議論が交わされました。

### Green tribology for energy saving (9月19日)



国内外からの研究者が集まった会場



Bartz 博士



中村教授



Spencer 教授

#### Note 1

9月19日には、本ネットワークの足立幸志教授（東北大学）と久保百司教授（同）がそれぞれ開催したシンポジウム「Surface texturing」と「Tribology simulation」でも活発な議論が交わされました。



「Surface texturing」の会場風景

#### Note 2



Tysoe 教授



Nylander 教授

Tribology LettersのEditor-in-Chiefを務めるWilfred T. Tysoe教授（ウィスコンシン大学、米国）が、今回の会議のために来日したのを機に栗原研究室を訪れ、Tommy Nylander教授（ルント大学、スウェーデン）とともに講演しました。



機能・構造評価チーム  
同志社大学理工学部  
教授

平山 朋子 Tomoko HIRAYAMA



## 潤滑材料の特性評価から機械の設計へ

摩擦特性は、潤滑材料や摩擦条件によってそれぞれ異なります。その違いを潤滑材料の構造に基づいて解明できれば、材料設計により、目的の摩擦特性を実現することが可能はずです。このような観点から、私たちは、独自の分析装置を含む様々な機器を用いて、潤滑材料の特性と構造を評価してきました。現在は、これまでの研究を踏まえて新たな材料を開発・評価し、実際の機械への適用可能性を検討しています。

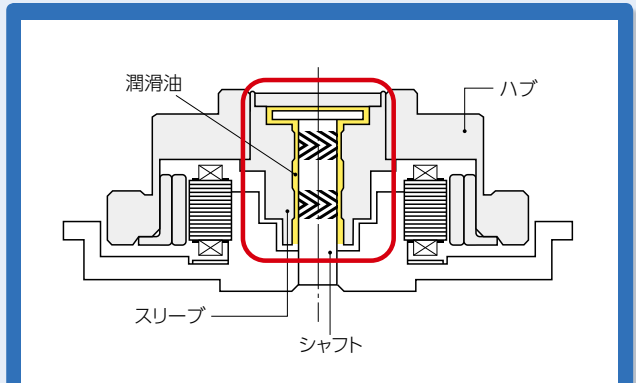
新材料は「潤滑油の中で使える濃厚ポリマーブラシ」で、京都大学の辻井敬亘先生と共同で開発しました。ラウリル基をもつモノマーを重合することによってポリマーブラシに親油性を付与してあり、潤滑油とよくなじみます。

ブラシの膜厚が薄いもの(40nm)と、厚いもの(180nm)を作製し、潤滑油の基油としてよく使われるポリアルファオレフィン(PAO)で膨潤させて特性を評価したところ、ブラシがない場合に比べてストライベ

ック曲線の境界潤滑域では摩擦が低減され、流体潤滑域は左側に広がることができました。一方、もっと右側の流体潤滑域では、曲線が部分的に押し上げられる「増粘効果」が見られました。

境界潤滑域で1万回の摩擦を繰り返しても、ブラシの摩耗は確認されませんでした。実際の応用では、ちょっとした夾雑物でポリマーブラシがはがれる可能性が考えられます。そこで、流体潤滑域が広く、増粘効果があることを生かす方針をとることにし、ハードディスクドライブのスピンドル部への応用を検討しています。

ハードディスクの回転作動時は、



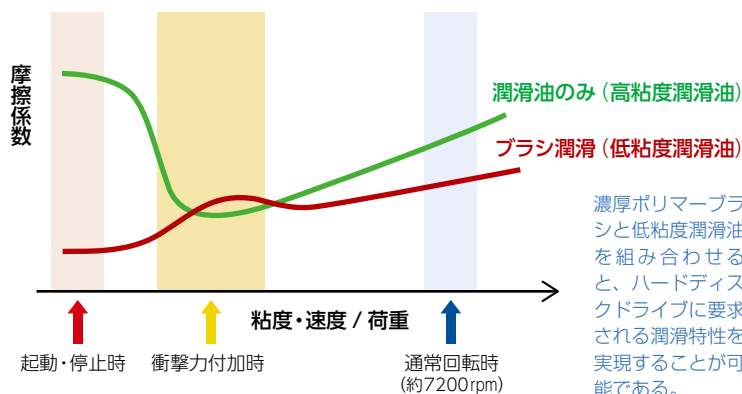
### ハードディスクドライブの構造

ハードディスクドライブは、シャフトの周りをハブが回転することで作動する。スピンドル部(赤枠)では、ハブを支えるスリーブとシャフトの間に潤滑油が存在する。シャフトには矢羽状の溝が刻まれており、通常はその動圧発生効果によって非接触状態を保つが、起動停止時、衝撃力付加時にはハブとシャフトが接触する危険性がある。

粘性抵抗が低いほうが有利です。しかし、そのために低粘度油を採用すると、衝撃が加わったときの減衰効果も小さくなってしまいます。そこで、ブラシを低粘度油と組み合わせ、衝撃時の減衰にブラシの増粘効果を利用すれば、低粘度でありながら減衰能力は担保された潤滑材料を実現できると考えています。また、ブラシを使うと、潤滑油がブラシに捕捉され、揮発や漏れが起こりにくくなることも期待されます。さらに、ブラシによってシャフトとスリーブの間の凝着力が小さくなり、起動・停止時のトルクが下がって摩擦が軽減される効果も期待できます。

こうした特徴が実際に発現するかどうか、実験装置を設計・製作し、摩擦面にブラシを作製して評価を進めています。期待通りの結果が出て、将来はハードディスクドライブの消費電力低減に貢献できればと思っています。

### 低粘度油とブラシ潤滑の併用によって期待できる特性







新素材・材料創製チーム  
鶴岡工業高等専門学校  
教授

佐藤貴哉 Takaya SATO



## イオン液体を応用して低摩擦材料を実用化に近づける

私の研究室では、長くイオン液体を研究してきました。イオン液体とはカチオンとアニオンからなる融点の低い塩で、室温でも液体状態を保ちます。揮発しにくい上に熱に強く、カチオン・アニオンのそれぞれをデザインすることで、目的の物性や機能をもつものをつくり出すことが可能です。また、近年は潤滑作用も知られるようになりました。

そこで、本ネットワークではイオン液体のこのような特性を活かし、京都大学の辻井敬亘先生の濃厚ポリマーブラシと、山形大学の古川英光先生のダブルネットワーク (DN) ゲルを発展させ、社会実装につなぐことを目指しています。

辻井先生は、比較的長め (150nm 程度) の濃厚ポリマーブラシを摩擦する両方の面に形成しておくこと、低摩擦が発現することを見いだしています。すべり軸受けやシール材への応用が期待されていますが、実際に使う場合には、溶媒の蒸発によって膨潤が維持できず焼き付いてしまう可能性があります。

そこで私たちはイオン液体で濃厚ポリマーブラシをつくり、溶媒もイオン液体とすることで、蒸発しないタフなブラシをつくらうと考えました。実は、辻井先生とは以前から電池を対象とした共同研究を行っており、基礎となる作製法は開発していたので、それを応用しました。

ポリマーブラシは、基板に開始基を結合させておき、その開始基にモノマーを次々に重合することで作製します。モノマーにイオン液体のカ

チオン (またはアニオン) を結合させておけば、重合により、カチオン (またはアニオン) を含んだポリマーができるのです。私たちはイオン液体の難揮発性により濃度ムラを抑えることで、直径が約15cmという大面積に均一なブラシを作製しました。

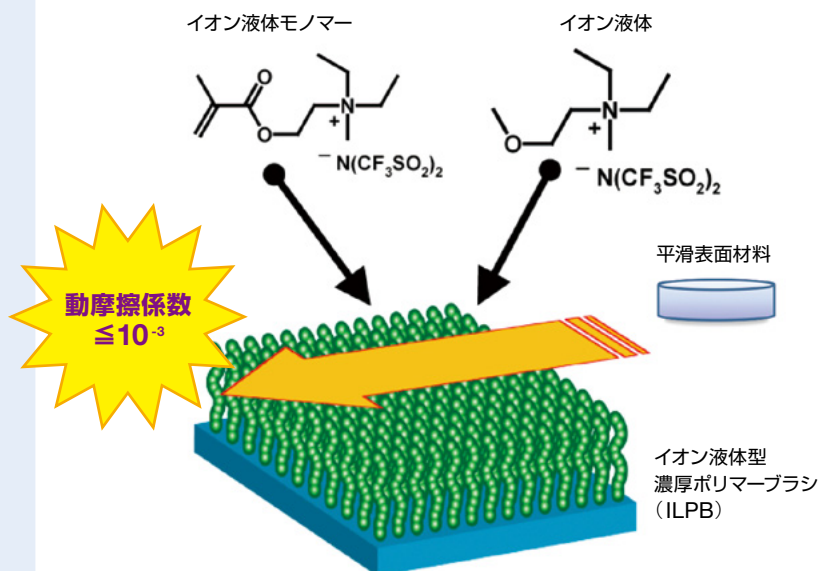
さらに、対向面にはブラシではなく平滑なシリカ球を採用することで応力集中による摩耗を抑え、短いブラシ (40-50nm) に高压で繰り返し摩擦しても低摩擦を維持することができました。ところが、もっと平滑な雲母球を対向面として用いたとこ

ろ、高い摩擦が起こりました。これは、2面間で起こる相互作用の違いに由来するものと考えています。逆に、対向面の材料をうまく選べば、相互作用によって低摩擦になる可能性もありそうです。

DNゲルについても同様にイオン液体でゲルをつくり、また、ゲルを基板に固定化する技術も開発し、応用への道を開きました。

濃厚ポリマーブラシやDNゲルのようなトップサイエンスの実用化に寄与する中で、自分たちも「世界一」の何かを出せるように、研究を続けます。

### イオン液体型濃厚ポリマーブラシ



### ILPB + 平滑表面で新規潤滑システムを実現

特開2014-21021, Adv. Mater. Interfaces (2015) in press, front coverとして採用

イオン液体のカチオン (またはアニオン) を結合させたモノマーを重合して濃厚ポリマーブラシをつくり、イオン液体に膨潤させると、溶媒が揮発しにくく熱に強いブラシができる。これと、非常に平滑な表面を組み合わせることで、摩耗しにくく耐久性のある潤滑システムが実現した。

## 活動報告 1

### GRENE:グリーントライボネット シンポジウムを開催

2015年7月14日、東京コンベンションホールにおいて標記シンポジウムが開催されました。文部科学省の長野裕子参事官の挨拶、栗原教授による活動説明のあと、まず、東京工業大学の益子正文名誉教授による招待講演「実学トライボロジーにおける基礎研究(化学屋の立場での葛藤)」が行われ、本ネットワークに参加する10の研究室の成果発表が続きました。

成果発表では、研究室間のネットワークがしっかりと機能していることが随所に示され、濃厚ポリマーブラシや高強度ゲルなどの新たな低摩擦材料を、共振すり測定やその場観察などの手法を用いて評価し、実際の機械の設計に生かすという大きな流れが明確にされました。

参加者は111名で、このうち46名は、機械や潤滑剤などのメーカーを中心とした企業からの参加でした。発表に対して鋭い質問をする参加者も多く、成果が注目されてい



技術交流会での一コマ



益子名誉教授

#### 研究成果発表者(発表順、敬称略)

土佐正弘(物質・材料研究機構) / 辻井敬巨(京都大学) / 上條利夫(鶴岡工業高等専門学校) / 栗原和枝(東北大学) / 平山朋子(同志社大学) / 久保百司(東北大学) / 森誠之(岩手大学) / 古川英光(山形大学) / 中野健(横浜国立大学) / 足立幸志(東北大学)

ることがうかがえました。発表終了後、会場を移して技術交流会が開かれ、ポスターを前に、活発な議論や情報交換が行われました。

## 活動報告 2

### グリーントライボ・ネットワーク 夏の学校2015を開催

今年度の夏の学校は、2015年8月18日～19日に、山形県米沢市で開催されました。本ネットワークの研究室の学生などのほか、化学、計測器などの企業からも参加があり、参加者は総計77名でした。

18日は「伝国の杜」大会議室での講義でした。応用講義の1件目は、山形大学大学院理工学研究科の野々村美宗准教授が「手触りの発現メカニズムとそのコントロール」と

題して行いました。ヘレン・ケラーが水を認知したエピソードから触覚の認知を説き起こし、指でものをなでるときの摩擦評価と、石けんやシャンプーなどの使用感の官能評価を組み合わせた興味深い研究成果を発表しました。応用講義の2件目は、豊田中央研究所の鷺津仁志氏が「トライボ分子動力学とその拡張」と題して行い、潤滑膜の分子動力学計算の例を豊富に挙げ、何が可能で何が困難か、これからどういう方向が考えられるかを語りました。

GRENEメンバーによる基礎講義は5件で、古川教授、久保教授、辻井教授、土佐氏(以上の所属は上欄参照)、中嶋健教授(東京工業大学)が担当しました。講義後、上杉城史苑で技術交流会が開かれ、19日午前には、山形大学工学部のラボツアーが行われました。

学生の参加者からは、「ふだんは話を聞けないような教授の先生方から基礎を学べてよかった」など、学生向けの講義を歓迎する感想が多く、企業の参加者からは、「仕事に役立つ」、「トップの先生方との交流の機会としても重要」などの感想がありました。



講義の様子

野々村准教授

鷺津氏