

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	低摩擦機械システムのためのナノ界面最適化技術とその設計論の構築
研究機関・部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・教授
氏名	足立 幸志

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	126,000,000	126,000,000	0	126,000,000	125,874,452	125,548	0
間接経費	37,800,000	37,800,000	0	37,800,000	37,762,335	37,665	0
合計	163,800,000	163,800,000	0	163,800,000	163,636,787	163,213	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	0	23,808,741	23,429,020	62,124,656	109,362,417
旅費	23,780	1,417,919	1,037,540	2,119,560	4,598,799
謝金・人件費等	0	6,187,475	917,789	0	7,105,264
その他	0	860,940	1,948,948	1,998,084	4,807,972
直接経費計	23,780	32,275,075	27,333,297	66,242,300	125,874,452
間接経費計	30,000	14,310,000	18,540,000	4,882,335	37,762,335
合計	53,780	46,585,075	45,873,297	71,124,635	163,636,787

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
微小押し込み硬さ試験機	ENT-2100S・エリオニクス製	1	14,679,000	14,679,000	2011/12/13	東北大学
ロードロックチャンバー	VICインターナショナル製NW40	1	1,365,000	1,365,000	2011/12/26	東北大学
パキューム型グローブボックス	UNICO製	1	4,315,500	4,315,500	2012/2/20	東北大学
水潤滑摩擦磨耗試験装置	スター精機製	1	1,470,000	1,470,000	2012/3/30	東北大学
20MHzユニット	LV-0160S・小野測器製	1	798,000	798,000	2012/4/23	東北大学
空気ばね式除振装置	AYN-1007K4・明立精機(株)製	1	663,600	663,600	2012/5/17	東北大学
クーリングポンプ	CH-401A・タイテック(株)	1	609,000	609,000	2012/8/3	東北大学
水潤滑摩擦磨耗試験機(水温調節型)	スター精機製	1	1,496,250	1,496,250	2012/9/21	東北大学
ジルコニア式酸素濃度計	LC-450A・東レエンジニアリング(株)製	1	630,000	630,000	2012/10/10	東北大学
水潤滑摩擦磨耗試験装置	UED08-1・スター精機製	1	1,394,400	1,394,400	2012/11/30	東北大学
多目的成膜装置	ATA-1s・(株)旭商会仙台店製	1	15,960,000	15,960,000	2013/1/25	東北大学

様式20

循環式液体冷却装置(水槽内蔵型)	オリオン機械(株)製 RKE2200B1-V-G2	1	1,171,065	1,171,065	2013/6/24	東北大学
摩擦試験機導入ユニット	北野精機(株)製 55010163-0	1	1,499,925	1,499,925	2013/8/20	東北大学
E-SWEEP用150 μ mスキャナ	(株)エポリードサービス製 FS-150E	1	1,155,000	1,155,000	2013/9/4	東北大学
超短パルスレーザー表面改質装置	キャノンマシンナリー(株)製 Surfbeat R	1	49,875,000	49,875,000	2013/9/30	東北大学
ターボ分子ドラッグポンプ	(独) PFEIFFER VACUUM社製 Hipace300	1	1,029,000	1,029,000	2013/12/12	東北大学
SEM導入用摩擦試験機	北野精機(株)製 型番なし	1	2,992,500	2,992,500	2014/2/17	東北大学

5. 研究成果の概要

摩擦低減の鍵となる「接触面(ナノ界面)を創る」という新しい発想のもとに研究を進めることで、油を潤滑剤とするのが通常と考えられている機械機器に対し、水や新しいコーティングを潤滑剤とした超低摩擦システムの可能性を実証しました。
 新しい視点での低摩擦システム設計の可能性が実証されたことで、環境負荷が少なく、従来不可能であった機能を有する革新的な超低摩擦機械機器の創出が期待されます。
 さらに故障や摩耗の少ない高い信頼性と耐久性を保障する超摩擦機械機器は、リコールの減少、機械機器の保全費・部品費の節減、耐用年数の延長による設備投資の節減などを通し社会に対する大きな経済効果が期待されます。

課題番号	GR005
------	-------

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 研究成果報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名 (下段英語表記)	低摩擦機械システムのためのナノ界面最適化技術とその設計論の構築
	Optimization Technology of Nanoscopic Interface for Low Friction Systems and Tribologically-based Machine Design
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	東北大学・大学院工学研究科・教授
	Tohoku University, Graduate School of Engineering, Professor
氏名 (下段英語表記)	足立 幸志
	Koshi ADACHI

研究成果の概要

(和文):

摩擦低減の鍵となる「接触面(ナノ界面)を創る」という新しい概念のもとに研究を進めることで、油を潤滑剤とするのが通常と考えられている機械機器に対し、水や新しいコーティングを潤滑剤とする超低摩擦システムの可能性を実証しました。新しい視点での低摩擦システム設計の可能性が実証されたことで、環境負荷が少なく、従来不可能であった機能を有する革新的な超低摩擦機械機器の創出が期待されます。さらに故障や摩耗の少ない高い信頼性と耐久性を保障する超摩擦機械機器は、リコールの減少、機械機器の保全費・部品費の節減、耐用年数の延長による設備投資の節減などを通し社会に対する大きな経済効果が期待されます。

(英文):

By conducting tribological research from new view point “creation of nanointerface as a key for reducing friction”, we demonstrated the possibility of super-low friction systems with water and newly developed coatings for various mechanical systems which are general lubricated by conventional oil. The results will contribute to create innovative super-low friction mechanical systems which cannot be realized by conventional lubrication technology. Furthermore, big economic effect to through society is expected in reduction of the preservation expense, reduction of plant-and-equipment investment by extension of the lifetime.

様式21

1. 執行金額 163,636,787 円
(うち、直接経費 125,874,452 円、間接経費 37,762,335 円)

2. 研究実施期間 平成 23 年 2 月 10 日～平成 26 年 3 月 31 日

3. 研究目的

温室効果ガス排出削減を可能とする低摩擦機械システムの構築のために、本グループが発見した低摩擦現象を示す3つの摩擦システム

- ・低粘度流体(水)を用いた超低摩擦発現システム
- ・不活性ガスを用いた超低摩擦発現システム
- ・トライボコーティング[®]潤滑法を用いた低摩擦発現システム(真空中低摩擦発現システム)

において、低摩擦発現の鍵と考えられる各々のナノ界面(摩擦面に形成される数十ナノメートル厚さの層)に着目し、

- ・それらの形成機構
- ・低摩擦現象との因果関係(低摩擦発現機構)

を明らかにし、その知見に基づき

- ・低摩擦を発現するナノ界面創製のための設計論(ボトムアップ型低摩擦システム設計論)
- ・低摩擦を発現するナノ界面創製のための最適化技術

を提案する。

本研究期間内での具体的な達成目標値として以下を設定した。

(1) 低粘度流体(水)を用いた超低摩擦発現システム

低摩擦を発現するナノ界面を創成するための最適な初期表面テクスチャを創製し、低粘度流体である水を潤滑剤に、数百 MPa の高い接触圧力下において 0.0001 以下の摩擦係数を実現する超低摩擦システムを可能にする。

(2) 不活性ガスを用いた超低摩擦発現システム

ナノテクノロジーの基盤技術として、0.01 以下の低摩擦係数を安定して発現し、従来の液体・固体潤滑剤を使用できない小型機械機器に適用できる低摩擦システムを可能にする。

(3) トライボコーティング[®]潤滑法を用いた低摩擦発現システム

(真空中低摩擦発現システム)

真空テクノロジーの基盤技術として、トライボコーティング法で形成されるナノ界面層を模した新しい固体潤滑膜により、真空下で 0.01 程度の低摩擦係数を安定して発現する低摩擦システムを可能にする。

4. 研究計画・方法

低摩擦現象を示す3つの摩擦システム(低粘度流体(水)を用いた超低摩擦発現システム, 不活性ガスを用いた超低摩擦発現システム, トライボコーティング潤滑法を用いた低摩擦発現システム)が活かされる環境下において世界最小の低摩擦を実現するために以下 3 つのステージの研究を各々のシステムをターゲットに同時並行して推進した.

ステージⅠ:低摩擦を発現するナノ界面層の化学的・物理的把握及び

ナノ界面形成機構の解明

ステージⅡ:ナノ界面による低摩擦発現機構の解明

ステージⅢ:低摩擦発現のためのナノ界面最適化技術の開発

研究スケジュールは以下の表に整理される. 表中のⅠ～Ⅲは, 前述の研究ステージを表している.

	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度
低粘度流体(水)を用いた超低摩擦発現システム	Ⅱ. 共振ずり測定を用いた潤滑剤の分子レベルでの挙動解析 Ⅰ. 極微領域の機械, 化学的特性評価	Ⅲ. プラスト装置を利用したナノ・マイクロ複合テクスチャの創製と最適化	Ⅲ. 短波長レーザーによるナノ表面テクスチャの創製と最適化 Ⅱ. 摩擦化学反応ダイナミクス解析	Ⅲ. 100MPa, 0.0001以下の低摩擦の実現
不活性ガスを用いた超低摩擦発現システム	Ⅰ, Ⅱ. In-situ SIMS-Tribosystemの構築 Ⅰ, Ⅱ. In-situ SIMS-Tribosystemを用いた実験と解析 Ⅱ. 高温環境低湿度, 低酸素濃度下での摩擦試験と解析	Ⅰ. ナノ界面層形成過程のその場解析 Ⅱ, Ⅲ. 大気中無潤滑低摩擦システムの開発 Ⅱ. 摩擦化学反応ダイナミクス解析		
トライボコーティング潤滑法を用いた低摩擦発現システム	Ⅰ. トライボコーティングの構造解析 Ⅲ. 二硫化モリブデン含有DLC膜の創成と可能性の追求	Ⅱ, Ⅲ. 多目的成膜装置の設計製作 Ⅲ. 二硫化モリブデン含有DLC膜の創製と最適化		Ⅰ, Ⅱ. 多目的成膜装置内摩擦実験と吸着膜の解析 Ⅰ. In-situ SEM-Tribosystemによるナノ界面形成解析

また, 本研究は主に研究代表者が担当する東北大学機械系ナノ界面制御工学分野に所属するメンバーにより推進した. 一方で摩擦化学反応ダイナミクス解析に精通する研究者ならびに研究代表者が運営する「東北大学機械系トライボベーストデザイン研究センター」に所属する多くの専門家と積極的な意見交換を行いながら研究を推進した.

5. 研究成果・波及効果

本プロジェクトの対象として設定した 3 つの機械システム(低粘度流体(水)を用いた超低摩擦発現システム, 不活性ガスを用いた超低摩擦発現システム, トライボコーティング潤滑法を用いた低摩擦発現システム(真空中低摩擦発現システム))において, 新規に開発・導入した界面解析・分析装置を用いた低摩擦を発現するためのナノ界面の形成機構の解明及びナノ界面を制御するための表面テクスチャリング, 雰囲気制御, なじみ制御, ナノ構造制御型薄膜創製技術を構築, 提案することにより目標値となる低摩擦を実現した. これらの成果は, 低

摩擦システムを構築するための本質を意味し、従来にはない独創的であり先駆的な「温室効果ガス排出削減を可能とする低摩擦機械システムのボトムアップ型設計指針」としての知見であり、当初の目標を達成できたとも考えている。

加えて、不活性ガスを用いた超低摩擦発現システムにおけるナノ界面ならびにその形成過程の解析結果に基づき、当初の目標である不活性ガス雰囲気を用いた低摩擦システムのみならず雰囲気制御ならびに潤滑剤が不要な大気中での超低摩擦の発現と、それを可能にする新しい硬質薄膜の創製に成功した。さらに、真空中低摩擦発現システムにおいては、高周波プラズマCVD法およびPVDマグネトロンスパッタリング法を併用したハイブリッド成膜装置を新たに構築し、真空中のみならず乾燥窒素、酸素環境下においても0.03-0.07程度の低摩擦係数を発現させ得る薄膜形成に成功した。これらの成果は、本研究により新たに見出された現象と構築した技術であり、これまで存在し得ない低摩擦機械システムを可能にするとともに、本研究で提案している新しい視点「ナノ界面の創成」からの低摩擦技術開発が有効であることを明示していると考えている。具体的な成果ならびに波及効果を以下に示す。

(1) 低粘度流体(水)を用いた超低摩擦発現システム

ナノメートル厚さの水が挟まれた固体間の接触・せん断挙動ならびに固-液界面の現象解明に成功し、高い表面自由エネルギーを有し、かつより広い面積で1ナノメートルの隙間を維持するシステムにおいて高い接触圧力下における低摩擦を実現できることを明らかにした。この知見に基づき、これを実現し得る表面テクスチャの基本構造としてのマイクロメートル及びナノメートルサイズの表面テクスチャを混在させたマルチテクスチャリングを簡易な手法であるブラスト装置を用いて創製し、実用機械機器の接触圧力として十分対応可能な数十 MPaの接触圧力下においても0.0005の摩擦係数を実現することを実証した(図1)。実用的観点での有効性を実証するとともに、従来の均一なテクスチャリングでは実現不可能な低摩擦係数と高い臨界荷重が発現し得るマルチテクスチャリング設計は、今後の低摩擦機械システムのための重要な知見である。

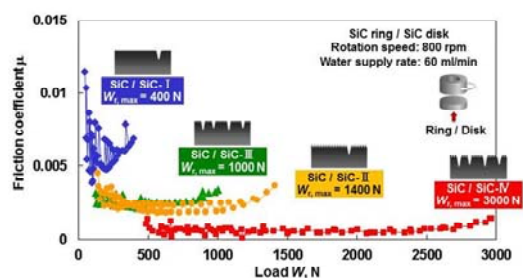


図1 マルチスケールテクスチャリングによる低摩擦発現

(2) 不活性ガスを用いた超低摩擦発現システム

本研究において新たに導入したその場分析、環境制御型試験により不活性ガス雰囲気下で超低摩擦を発現する表面には、従来必要と考えられていたマイクロメートルオーダー厚さの低せん断特性を示す移着膜は存在せず、雰囲気として存在する水が吸着した構造を持つ10-20nm厚さのナノ界面が形成されていることを明らかにした。この構造は、新たに導入したなじみ制御法により容易に実現することが可能であり、目標値とする安定した0.01以下の低摩擦係数を確実に与え得ることに成功した。さらに、新たに見出した大気中高温環境下に

において0.01 オーダの低摩擦係数が発現する現象(図2)に着目した解析の結果、雰囲気中存在する水が乖離した水素基及び水酸基の摩擦表面への終端、ならびに摩擦表面に形成される10–20nm厚さの炭素を主成分とするナノ界面が低摩擦発現の必要条件であることを明らかにした。またこの結果を基に不活性ガスを要しない大気中40–150°Cの温度範囲において、0.01 オーダの低摩擦係数を発現する炭素系硬質薄膜の創製に成功した。新規低摩擦技術そのものであり、簡便かつ汎用性に富んだ実用的低摩擦技術となり得る重要な成果である。

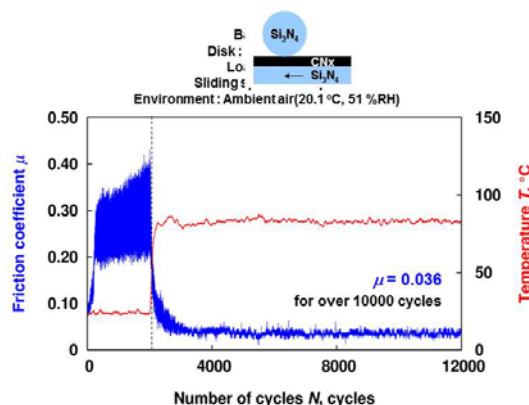


図2 大気中高温環境下での低摩擦発現

(3) トライボコーティング潤滑法を用いた低摩擦発現システム

(真空中低摩擦発現システム)

新たに構築した高周波プラズマCVD法およびPVDマグネトロンスパッタリング法を併用したハイブリッド成膜装置にて、トライボコーティング潤滑法において低摩擦を発現するナノ界面構造を模擬した二硫化モリブデン(MoS_2)の含有量を制御した二硫化モリブデン含有ダイヤモンドライクカーボン(MoS_2 -DLC)膜の創製に成功し(図3)、摩擦相手材表面に本ナノコンポジット膜に起因した約20nm厚さのナノ界面を形成させることにより、二硫化モリブデン単体では得られない当初の目標値である0.01の低摩擦係数の発現を実証した。さらに、真空中のみならず乾燥窒素、酸素環境下においての低摩擦も実現しており、ナノ界面創成のためのコーティング設計の観点において重要な成果である。

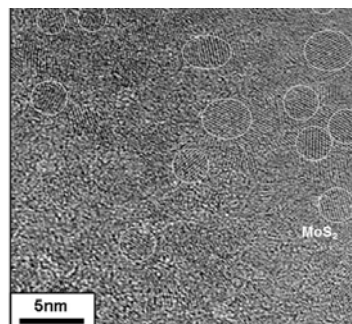


図3 成膜に成功した二硫化モリブデン含有ダイヤモンドライクカーボン膜

本研究の成果は、油を潤滑剤とするのが通常と考えられている機械機器に対し、低粘性流体である水や新規コーティングを用いた低摩擦機械機器の可能性を明示しており、環境負荷が少なく、従来不可能であった機能を有する革新的な超低摩擦機械機器の創出に貢献できる。さらに故障や摩耗の少ない高い信頼性と耐久性を保障する超摩擦機械機器は、リコールの減少、機械機器の保全費・部品費の節減、耐用年数の延長による設備投資の節減などを通し社会に対する大きな経済効果に貢献できる。

6. 研究発表等

<p>雑誌論文</p> <p>計 8 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 8 件</p> <p>Pengfei Wang, Koshi Adachi, Effect of Oxygen Concentration in Inert Gas Environments on Friction and Wear of Carbon Nitride Coatings, Tribology Online, 2011, 6, 6, 265-272.</p> <p>Kentaro Hayashi, Kotoe Tezuka, Nobuki Ozawa, Tomomi Shimazaki, Koshi Adachi, and Momoji Kubo, Tribochemical Reaction Dynamics Simulation of Hydrogen on a Diamond-Like Carbon Surface based on Tight-Binding Quantum Chemical Molecular Dynamics, The Journal of Physical Chemistry C, 2011, 115, 22981-22986.</p> <p>Pengfei Wang, Takanori Takeno, Koshi Adachi, Hiroyuki Miki, Toshiyuki Takagi, Preparation and Tribological Characterization of Amorphous Carbon Nitride Coatings in a RF PECVD-DC PVD Hybrid Coating Process, Applied Surface Science, 2012, 258, 17, 6576-6582.</p> <p>Kentaro Hayashi, Seiichiro Sato, Shandan Bai, Yuji Higuchi, Nobuki Ozawa, Tomomi Shimazaki, Koshi Adachi, Jean-Michel Martin, and Momoji Kubo, Fate of Methanol Molecule Sandwiched between Hydrogen-Terminated Diamond-Like Carbon Films by Tribochemical Reactions: Tight-Binding Quantum Chemical Molecular Dynamics Study, Faraday Discussions, 2012, 156, 137-146.</p> <p>Pengfei Wang, Masaaki Hirose, Yoshinobu Suzuki, Koshi Adachi, Carbon Tribo-Layer for Super-Low Friction of Amorphous Carbon Nitride Coatings in Inert Gas Environments, Surface & Coatings Technology, 2013, 221, 163-172.</p> <p>Takanori Takeno, Hayato Saito, Minoru Goto, Julien Fontaine, Hiroyuki Miki, Michel Belin, Toshiyuki Takagi, Koshi Adachi, Deposition, Structure and Tribological Behavior of Silver-Carbon Nanocomposite Coatings, Diamond & Related Materials, 2013, 39, 20-26.</p> <p>Pengfei Wang, Takanori Takeno, Julien Fontaine, Masami Aono, Koshi Adachi, Hiroyuki Miki, Toshiyuki Takagi, Effects of Substrate Bias Voltage and Target Sputtering Power on the Structural and Tribological Properties of Carbon Nitride Coatings, Materials Chemistry and Physics, 2014, 145, 3, 434-440.</p> <p>Pengfei Wang, Masakatsu Sugo and Koshi Adachi, Stable and Super-Low Friction of Amorphous Carbon Nitride Coatings in Nitrogen Gas by using Two-Step Ball-on-Disk Friction Test, LUBRICATION SCIENCE, 2014, Article first published online: 30 JAN 2014.</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計 0 件</p> <p>(未掲載) 計 0 件</p>
<p>会議発表</p> <p>計 71 件</p>	<p>専門家向け 計 60 件</p> <p>薄葉洋人, 足立幸志, 表面弾性波を用いた摩擦駆動システムのための駆動面設計, 東京, 2011 年 5 月 23-25 日, 日本トライボロジー会議 2011 春 東京, 日本トライボロジー学会.</p> <p>神田航希, 鈴木大輔, 足立幸志, 血液中使用のためのメカニカルシールの接触面設計に関する研究, 東京, 2011 年 5 月 23-25 日, 日本トライボロジー会議 2011 春 東京, 日本トライボロジー学会.</p> <p>足立幸志, 高機能ナノ界面による機械システムイノベーション, 仙台, 2011 年 7 月 7 日, 精密工学会 ナノ精度機械加工専門委員会.</p> <p>Koshi Adachi, Tribologically-Based Design of Precise Positioning Stage Driven by Friction Drive Actuator: Ultrasonic Motor and Surface Acoustic Wave Motor, Lanzhou, China, 2011 年 8 月 19-21 日, 6th China International Symposium on Tribology, Chinese Tribology Institute.</p> <p>佐藤 恭輔, 廣瀬正明, 鈴木 義信, 足立 幸志, 炭素系硬質薄膜を用いた大気中低摩擦システムのための接触面創成, 東京, 2011 年 9 月 11-14 日, 日本機械学会 2011 年度年次大会, 日本機械学会.</p>

<p>野口幸嗣, 粕谷素洋, 水上雅史, 栗原和枝, 足立幸志, 炭化ケイ素を用いた水潤滑システムにおける許容荷重増加機構, 東京, 2011年9月11-14日, 日本機械学会 2011年度年次大会, 日本機械学会.</p> <p>K. Adachi, Tribologically-Based Design of Surface Texturing-Surface Texturing for Control of Nanointerface Giving High Tribological Performance-, Hiroshima, 2011年10月30日-11月3日, International Tribology Conference Hiroshima 2011, Japanese Society of Tribologists.</p> <p>K. Kanda, S. Kobayashi, T. Miyakoshi, K. Kaneshima, K. Adachi, Design of Contact Surface for Mechanical Seal used in Blood, Hiroshima, 2011年10月30日-11月3日, International Tribology Conference Hiroshima 2011, Japanese Society of Tribologists.</p> <p>K. Nishigaki, S. Abe, T. Takeno, H. Miki, T. Takagi and K. Adachi, Formation of Nanointerface using MoS₂-Containing DLC Composite Coatings for Low-Friction System in Vacuum, Hiroshima, 2011年10月30日-11月3日, International Tribology Conference Hiroshima 2011, Japanese Society of Tribologists.</p> <p>P. Wang, M. Hirose, Y. Suzuki and K. Adachi, Tribo-Layer for Super-Low Friction of Carbon Nitride Coatings in Inert Gas Environments, Hiroshima, 2011年10月30日-11月3日, International Tribology Conference Hiroshima 2011, Japanese Society of Tribologists.</p> <p>Koshi Adachi, Super-Low Friction of Carbon-Based Coatings Nagoya, 15-17 April, 2012, Third Advanced Forum on Tribology 2012, Nagoya, Japanese Society of Tribologists.</p> <p>神田航希, 小林信治, 宮越貴之, 金嶋恵一郎, 足立幸志, 補助人工心臓用メカニカルシールの摩擦特性, 東京, 2012年5月14-16日, 日本トライボロジー会議 2012春 東京, 日本トライボロジー学会.</p> <p>野口幸嗣, 粕谷素洋, 水上雅史, 栗原和枝, 足立幸志, 炭化ケイ素を用いた水潤滑システムの耐荷重増加のための固液界面制御, 東京, 2012年5月14-16日, 日本トライボロジー会議 2012春 東京, 日本トライボロジー学会.</p> <p>佐藤恭輔, 廣瀬正明, 鈴木義信, 足立幸志, 窒化炭素膜を用いた大気中低摩擦システムのための温度・湿度制御に関する研究, 東京, 2012年5月14-16日, 日本トライボロジー会議 2012春 東京, 日本トライボロジー学会.</p> <p>足立幸志, 表面テクスチャリングによる摩擦・摩耗の制御, 仙台, 2012年5月18日, 精密加工研究会第79回例会, 精密工学会.</p> <p>中山雅智, 阿隅一将, 足立幸志, 摩擦駆動システムにおける駆動力変動に関する研究, 金沢, 2012年9月9-12日, 日本機械学会 2012年度年次大会, 日本機械学会.</p> <p>佐藤航, 足立幸志, 炭素繊維強化プラスチックを用いた低摩擦・耐摩耗システムに関する研究, 金沢, 2012年9月9-12日, 日本機械学会 2012年度年次大会, 日本機械学会.</p> <p>打田洋樹, 足立幸志, すず混入潤滑油中におけるチェーンの摩耗特性, 金沢, 2012年9月9-12日, 日本機械学会 2012年度年次大会, 日本機械学会.</p> <p>竹野貴法, 西垣一慶, 三木寛之, 高木敏行, 足立幸志硫化モリブデン含有ダイヤモンドライクカーボン膜を用いた真空中低摩擦システムのためのナノ界面の創成, 室蘭, 2012年9月16-18日, トライボロジー会議 2012秋 北海道 室蘭, 日本トライボロジー学会.</p> <p>野口幸嗣, 粕谷素洋, 水上雅史, 栗原和枝, 足立幸志, 水中における炭化ケイ素同士の摩擦に及ぼす水の構造化の影響, 室蘭, 2012年9月16-18日, トライボロジー会議 2012秋 北海道 室蘭, 日本トライボロジー学会.</p> <p>黄海, 竹野貴法, 足立幸志, 摩擦帯電抑制による弾性表面波モータの耐久性向上, 室蘭, 2012年9月16-18日, トライボロジー会議 2012秋 北海道 室蘭, 日本トライボロジー学会.</p> <p>佐藤寛是, 神田航希, 小林信治, 宮越貴之, 金嶋恵一郎, 足立幸志, 補助人工心臓用メカニカルシールの摩擦制御, 室蘭, 2012年9月16-18日, トライボロジー会議 2012秋 北海道 室蘭, 日本トライボロジー学会.</p>

<p>佐藤恭輔, 竹野貴法, 足立幸志, 極低湿度環境下における窒化炭素膜同士の摩擦特性, 室蘭, 2012年9月16-18日, トライボロジー会議2012秋 北海道 室蘭, 日本トライボロジー学会.</p> <p>佐藤誠一, 白珊丹, 石川岳志, 樋口祐次, 尾澤伸樹, 島崎智実, 足立幸志, 久保百司, 第一原理分子動力学法とTight-Binding量子分子動力学法による窒化炭素膜の低摩擦メカニズムの解明, 室蘭, 2012年9月16-18日, トライボロジー会議2012秋 北海道 室蘭, 日本トライボロジー学会.</p> <p>白珊丹, 佐藤誠一, 石川岳志, 樋口祐次, 尾澤伸樹, 足立幸志, 久保百司, 計算科学を用いた水素及びフッ素終端DLC膜におけるトライボケミカル反応メカニズムの解明, 室蘭, 2012年9月16-18日, トライボロジー会議2012秋 北海道 室蘭, 日本トライボロジー学会.</p> <p>西川祐太, 野口幸嗣, 清水栄星, 竹野貴法, 足立幸志, 水中におけるケイ素系セラミックスの摩擦特性に及ぼす表面テクスチャの影響, 八戸, 2012年9月22日, 日本機械学会東北支部第48期秋季講演会, 日本機械学会.</p> <p>S. Sato, S. Bai, T. Ishikawa, Y. Higuchi, N. Ozawa, T. Shimazaki, K. Adachi, J. Martin, and M. Kubo, Tight-Binding Quantum Chemical Molecular Dynamics and First-Principles Molecular Dynamics Studies of Super-Low Friction Mechanism on Carbon Nitride Coatings, Hawaii, USA, 7-12, October, 2012, Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid, PRiME 2012.</p> <p>足立幸志, 表面テクスチャリングを用いたなじみの制御による超低摩擦の発現, 秋田, 2012年10月12日, 第42回石油・石油化学討論会, 石油学会.</p> <p>足立幸志, 炭素系硬質薄膜による超低摩擦発現, 仙台, 2012年11月20-22日, 日本表面科学会第32回表面科学学術講演会-シンポジウム:グリーン・トライボロジー, 日本表面科学会.</p> <p>Koshi Adachi, Creation of Nanointerface for Super-Low Friction, Pune, India, 7-9 December, 2012, 8th International Conference on Industrial Tribology, Tribology Society of India.</p> <p>足立幸志, マイクロ・ナノテクスチャリングを用いたナノ界面制御, 横浜, 2013年3月29日, 第5回境界潤滑研究会, テクスチャリング表面のトライボロジー研究会, 日本トライボロジー学会.</p> <p>足立幸志, 高機能ナノ界面による機械システムイノベーション, 仙台, 2013年4月19日, 精密工学会東北支部特別講演会, 精密工学会東北支部.</p> <p>T. Takeno, H. Saito, M. Goto, J. Fontaine, H. Miki, K. Adachi, T. Takagi, Silver-Containing Diamond-Like Nanocomposite Coatings for Electrically Conductive Triboelements, Singapore, 2013年5月19-23日, New Diamond and Nano Carbon Conference.</p> <p>佐藤寛是, 神田航希, 金嶋恵一郎, 宮越貴之, 北野智哉, 金箱秀樹, 足立幸志, 補助人工心臓用メカニカルシールの摩擦特性に及ぼす摺動材温度の影響, 東京, 2013年5月20-22日, トライボロジー会議2013春 東京, 日本トライボロジー学会.</p> <p>神田航希, 佐藤寛是, 金嶋恵一郎, 宮越貴之, 北野智哉, 金箱秀樹, 足立幸志, 補助人工心臓用メカニカルシールの密封特性, 東京, 2013年5月20-22日, トライボロジー会議2013春 東京, 日本トライボロジー学会.</p> <p>佐藤航, 竹野貴法, 足立幸志, 炭素繊維強化プラスチックを用いた低摩擦システムのためのなじみ制御, 東京, 2013年5月20-22日, トライボロジー会議2013春 東京, 日本トライボロジー学会.</p> <p>Koki Kanda, Hirotsuna Sato, Keiichiro Kaneshima, Takayuki, Miyakoshi, Tomoya Kitano, Hideki Kanebako and Koshi Adachi, Protein Adsorption onto Silicon Carbide and Carbon, Busan, Korea, 2013年5月23-24日, 5th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology (ICMDT 2013) .</p> <p>足立幸志, セラミックスを用いた水潤滑システムの可能性, 東京, 2013年6月20日, セミナー:水潤滑技術の開発動向とその特性および評価, 産業科学システムズ.</p> <p>Takanori Takeno, Satoshi Yoshida, Kazuyoshi Nishigaki, Hiroyuki, Miki, Toshiyuki Takagi, Koshi Adachi, MoS₂-DLC Nanocomposite Solid Lubricant Coated by a PECVD-PVD Hybrid Deposition Method, Torino, Italy, 2013年9月8-12日, 5th World Tribology Congress 2013.</p> <p>Wataru Sato, Takanori Takeno, Koshi Adachi, Low Friction System Using Carbon Fiber Reinforced</p>

<p>Plastics, Torino, Italy, 2013年9月8-12日, 5th World Tribology Congress 2013.</p> <p>Yuta Nishikawa, Koji Noguchi, Takanori Takeno, Koshi Adachi, Surface Texture to Improve Friction Properties by Forming Smoother Surface on Silicon-based Ceramics in Water, Torino, Italy, 2013年9月8-12日, 5th World Tribology Congress 2013.</p> <p>Koshi Adachi, Nanointerface for Superior Tribological Properties of Silicon Carbide in Water, Torino, Italy, 2013年9月8-12日, 5th World Tribology Congress 2013.</p> <p>Naohiro Yamada, Kyosuke Sato, Takanori Takeno, Koshi Adachi, Effect of Relative Humidity on Super-low Friction of Carbon Nitride Coatings in N₂ Gas Environment, Torino, Italy, 2013年9月8-12日, 5th World Tribology Congress 2013.</p> <p>Seiichiro Sato, Shandan Bai, Takeshi Ishikawa, Yuji Higuchi, Nobuki Ozawa, Koshi Adachi, Momoji Kubo, First-Principles and Tight-Binding Quantum Chemical Molecular Dynamics Studies for Low Friction Mechanism of Carbon Nitride Coatings, Torino, Italy, 2013年9月8-12日, 5th World Tribology Congress 2013.</p> <p>Shandan Bai, Seiichiro Sato, Takeshi Ishikawa, Yuji Higuchi, Nobuki Ozawa, Koshi Adachi, Jean Michel Martin, Momoji Kubo, Ultralow Friction of H and F-terminated DLC Films under UHV. A Computational Study, Torino, Italy, 2013年9月8-12日, 5th World Tribology Congress 2013.</p> <p>Koki Kanda, Hirotsuna Sato, Keiichiro Kaneshima, Takayuki Miyakoshi, Tomoya Kitano, Hideki Kanebako, Koshi Adachi, Sealing Properties of Mechanical Seal for Ventricular Assist Device, Torino, Italy, 2013年9月8-12日, 5th World Tribology Congress 2013.</p> <p>Hirotsuna Sato, Koki Kanda, Keiichiro Kaneshima, Takayuki Miyakoshi, Tomoya Kitano, Hideki Kanebako, Koshi Adachi, Friction Properties of Mechanical Seal for Ventricular Assist Device, Torino, Italy, 2013年9月8-12日, 5th World Tribology Congress 2013.</p> <p>Takumi Matsuda, Kenichi Sugiyama, Hiroshi Yakuwa, Koshi Adachi, Wear Modes of Resin Materials in Micro Scale Abrasion Test, Torino, Italy, 2013年9月8-12日, 5th World Tribology Congress 2013.</p> <p>Kosuke Ito, Koji Matsumoto, Takanori Takeno, Junichi Takaku, Koshi Adachi, The Effect of Pre-sliding in Air on the Tribological Properties of DLC/Cr-DLC Bi-gradient Coating against Stainless Steel in Vacuum, Torino, Italy, 2013年9月8-12日, 5th World Tribology Congress 2013.</p> <p>渡友美, 山田脩裕, 佐藤恭輔, 竹野貴法, 足立幸志, 高温環境下における炭素系硬質薄膜を用いた低摩擦システムに関する研究, 盛岡, 2013年9月20日, 日本機械学会東北支部第49期秋季講演会, 日本機械学会東北支部.</p> <p>Koshi Adachi, Formation of Nanointerface for Super-low Friction by Surface Texturing, Daegu, Korea, 2013年9月28日, The 12th International Symposium on High Performance of Tribosystem.</p> <p>Koshi Adachi, Creation of nanointerface for super-low friction system with carbon-based coatings, Sendai, 2013年10月7日, GRENE & TIMT Joint International Symposium on Tribology.</p> <p>足立幸志, 超低摩擦のためのナノ界面創成, 福岡, 2013年10月23-25日, トライボロジー会議2013秋 福岡, 日本トライボロジー学会.</p> <p>神田航希, 佐藤寛是, 金嶋恵一郎, 宮越貴之, 北野智哉, 金箱秀樹, 足立幸志, 血液用メカニカルシールの密封機構, 福岡, 2013年10月23-25日, トライボロジー会議2013秋 福岡, 日本トライボロジー学会.</p> <p>小林康彦, 佐藤誠一, 白珊丹, 樋口祐次, 尾澤伸樹, 足立幸志, 久保百司, 第一原理分子動力学法及び量子分子動力学法による炭化ケイ素の水潤滑機構に関する研究, 福岡, 2013年10月23-25日, トライボロジー会議2013秋 福岡, 日本トライボロジー学会.</p> <p>佐藤誠一, 小林康彦, 白珊丹, 樋口祐次, 尾澤伸樹, 足立幸志, 久保百司, 計算科学手法による窒化炭素膜界面の低摩擦機構に関する研究, 福岡, 2013年10月23-25日, トライボロジー会議2013秋 福岡, 日本トライボロジー学会.</p> <p>山田脩裕, 竹野貴法, 足立幸志, 高湿度窒素ガス環境下における炭素系硬質薄膜の低摩擦発現に関する研究, 仙台, 2013年11月5-7日, 第5回マイクロ・ナノ工学シンポジウム.</p>

	<p>権田崇大, 黄海, 竹野貴法, 足立幸志, マイクロ表面テクスチャによる表面弾性波モータの駆動力の向上, 仙台, 2013年11月5-7日, 第5回マイクロ・ナノ工学シンポジウム.</p> <p>神田航希, 佐藤寛是, 金嶋恵一郎, 宮越貴之, 北野智哉, 金箱秀樹, 足立幸志, 血液用メカニカルシールに発生する摩擦力の安定化に関する研究, 仙台, 2013年11月5-7日, 第5回マイクロ・ナノ工学シンポジウム.</p> <p>足立幸志, 低摩擦システムのためのナノ界面最適化技術, 仙台, 2014年1月22日, 第5回ナノテク・低炭素化材料技術シンポジウム.</p> <p>一般向け 計11件</p> <p>足立幸志, 高機能表面・高機能ナノ界面による機械システムイノベーション, 岩手, 2011年8月5-6日, 北東北ナノ・メディカルクラスター研究会.</p> <p>足立幸志, 最新のトライボロジー-高機能ナノ界面による機械システムイノベーション-, 浜松, 2011年10月5日, 先端精密技術研究会, (財)浜松地域テクノポリス推進機構.</p> <p>足立幸志, トライボロジーとは, 仙台, 2012年1月18日, グリーントライボ・ネットワーク冬の学校.</p> <p>足立幸志, 生物に学ぶ工学: 持続可能な社会をもたらす摩擦の世界, 滋賀, 2012年7月20日, 高分子学会バイオメティクス研究会設立記念講演会.</p> <p>足立幸志, 快適な生活と快適な環境を創る低摩擦技術, 仙台, 2012年3月18日, 世界をリードする東北大学機械系の若手研究者が目指す未来社会. (企画者の一人として参画)</p> <p>足立幸志, 摩擦へ挑戦-快適な生活と快適な環境を創る低摩擦技術-, 仙台, 2012年7月30日, 東北大学機械系オープンキャンパス2012-オープン講義.</p> <p>足立幸志, 摩擦の世界, 仙台, 2012年10月16日, 仙台市立幸町小学校(東北大学出前授業).</p> <p>足立幸志, もし摩擦をゼロにできたら~人と地球にやさしい機械を創る~, 仙台, 2012年12月27日, 世界をリードする東北大学機械系の若手研究者が目指す未来社会. (企画者の一人として参画)</p> <p>足立幸志, 摩擦へ挑戦-快適な生活と快適な環境を創る低摩擦技術-, 仙台, 2013年7月30日, 東北大学機械系オープンキャンパス2013-オープン講義.</p> <p>足立幸志, もし摩擦をゼロに出来たら~人と地球に優しい機械をつくる~, 仙台, 2013年8月25日, 東北大学市民講座 未来をつくる 東北大学機械系の若手研究者の挑戦. (企画者の一人として参画)</p> <p>足立幸志, 高機能ナノ界面による機械システムイノベーション-, 浜松, 2013年10月31日, 先端精密技術研究会, 浜松地域イノベーション推進機構.</p>
<p>図書 計1件</p>	<p>佐々木信也, 志摩政幸, 野口昭治, 平山朋子, 地引達弘, 足立幸志, 三宅晃司, はじめてのトライボロジー, 講談社, 2013, 247. (105-125, 執筆分担), ISBN978-4-06-156522-7.</p>
<p>産業財産権 出願・取得 状況 計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件 (出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>東北大学 足立研究室 http://www.tribo.mech.tohoku.ac.jp/ 市民講座: 世界をリードする東北大学機械系の若手研究者が目指す未来社会 http://www.adox.co.jp/pvw/cat-vnet4/movie/tu_kikai/menu.html#p02?pScp02</p>

	<p>市民講座:世界をリードする東北大学機械系の若手研究者が目指す未来社会 http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/next2012/index.html http://cat-vnet.tv/movie/tu_2012_winter/001_03.html</p> <p>市民講座:未来をつくる 東北大学機械系の若手研究者の挑戦 http://www.pfsl.mech.tohoku.ac.jp/next2013/ http://cat-vnet.tv/movie/tu_2013_summer/001_01.html</p>
国民との科学・技術対話の実施状況	<p>世界をリードする東北大学機械系の若手研究者が目指す未来社会 -快適な生活と快適な環境を創る低摩擦技術- 2012年3月18日 仙台国際センター, 一般市民, 50人 本プログラムにおける研究の背景, 目標を中心に快適な生活と快適な環境を創る低摩擦技術について紹介した. (http://www.adox.co.jp/pvw/cat-vnet4/movie/tu_kikai/007.html)</p> <p>世界をリードする東北大学機械系の若手研究者が目指す未来社会 もし摩擦をゼロにできたら～人と地球にやさしい機械を創る～ 2012年12月27日, せんだいメディアテーク, 一般市民, 70人 本プログラムにおける研究の背景, 目標を中心に人と地球にやさしい機械を創るための低摩擦技術について紹介した. http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/next2012/index.html http://cat-vnet.tv/movie/tu_2012_winter/001_03.html</p> <p>世界をリードする東北大学機械系の若手研究者が目指す未来社会 もし摩擦をゼロに出来たら～人と地球にやさしい機械をつくる～ 2013年8月25日, せんだいメディアテーク, 一般市民, 70人 本プログラムにおける研究の背景, 目標を中心に人と地球にやさしい機械を創るための低摩擦技術について紹介した. http://www.pfsl.mech.tohoku.ac.jp/next2013/ http://cat-vnet.tv/movie/tu_2013_summer/001_01.html</p>
新聞・一般雑誌等掲載 計1件	GDPの3%が「消える」摩擦損失を低減する研究, 選択, 7(2013)90-91.
その他	

7. その他特記事項

本プロジェクト「Effect of Oxygen Concentration in Inert Gas Environments on Friction and Wear of Carbon Nitride Coatings」の研究により, Pengfei Wang(ポスドク)が2011年度日本トライボロジー学会奨励賞を受賞.

本プロジェクトにおいて新たに発見された現象を基に提案させていただいた研究「超低摩擦機械システムのためのトライボ化学反応を制御したナノ界面創成」が2013年度科学技術振興機構, 戦略的創造研究推進事業 CRESTの研究領域「エネルギー高効率利用のための相界面科学」の新規研究課題に採択.