

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)  
実施状況報告書(平成 24 年度)**

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. 当該年度の研究目的

<p>摩擦面におけるナノ領域での機械特性及び化学特性の分布評価システム，ナノ構造制御コーティングの創製システム，ナノ・マイクロ表面テクスチャリングの創製システムの開発及びそれらを用いた以下の3点の解明を目的とした。</p> <p>(1) 昨年度に構築した In-situ SIMS Tribo-system を用いた実験により不活性ガスを用いた超低摩擦発現システムにおける低摩擦を発現するナノ界面層の化学的・物理的特性の把握する。さらにその知見に基づき大気中雰囲気下でも低摩擦を発現させ得るナノ界面層の存在及びその形成条件を明らかにする。</p> <p>(2) 平成 23 年度の成果を元に，真空中において低摩擦を発現するナノ界面を形成し得る二硫化モリブデン含有 DLC 膜の構造解析と形成機構を解明する。さらにその知見に基づき真空中低摩擦発現システムのための二硫化モリブデン含有 DLC 膜創製システムを構築する。</p> <p>(3) 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の有効性を実験的に明らかにし，それらが形成するナノ界面層の化学的・物理的特性の把握に基づき低粘度流体（水）により超低摩擦を発現させ得るシステム構築のために有益な表面テクスチャの設計概念を構築する。</p>
--

2. 研究の実施状況

<p><b>【低粘度流体（水）を用いた超低摩擦発現システム】</b></p> <p>アルミナ粒子のブラスト法を駆使することにより炭化ケイ素に対しマイクロメートルレベルの凹部とナノメートルレベルの粗さを有するプラトー表面の形成に成功した。またそれらの表面を用いた水潤滑実験により，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が，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を発現し得ることを実証した。この結果に基づき，マルチスケールテクスチャリングの形状制御性と実用化のための量産性を考慮したレーザー加工機の仕様を明確にした。</p>
--

【不活性ガスを用いた超低摩擦発現システム】

本プロジェクトで構築した湿度と酸素濃度をそれぞれ0.02 %RH, 1.0 ppmまで減少させることが可能な雰囲気下の摩擦実験により, これまで超低摩擦発現に対し抑制のみが必要と考えられていた湿度及び酸素濃度に最適値が存在することを明らかにした. さらに, In-situ SIMS Trib-system及び透過型電子顕微鏡観察により超低摩擦を発現する表面には, 雰囲気として存在する水が吸着した構造を有する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. これらの結果は, 不活性ガス雰囲気環境のみならず潤滑剤を全く使用しない大気中においても超低摩擦を発現するシステムの構築が可能となることを示すものである.

【真空中低摩擦発現システム】

昨年度に実証された二硫化モリブデン含有DLC膜を用いた低摩擦発現の可能性に基づき二硫化モリブデン含有DLC膜の構造および相手材による摩擦特性の調査を行った. その結果, 相手材としての炭化ケイ素が低摩擦を発現するナノ界面の形成に対し重要な役割を果たすことを明らかにした. この結果に基づき二硫化モリブデン含有DLC膜を用いた低摩擦システムの安定条件の拡大に成功した.

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 3 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 3 件</p> <p>Pengfei Wang, Takanori Takeno, Koshi Adachi, Hiroyuki Miki, Toshiyuki Takagi, Preparation and tribological chatacterization 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 &amp; Coatings Technology, 2013, 221, 163-172.</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 計 24 件</p>	<p>専門家向け 計 21 件</p> <p>Koshi Adachi, Super-low friction of carbon-based coatings Nagoya, 15-17 April, 2012, Third Advanced Forum on Tribology 2012, Nagoya.</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</p>

	<p>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.</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>一般向け 計3件</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, 高分子学会バイオミメティクス研究会設立記念講演会.</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>
--	---

様式19 別紙1

図書 計0件	
産業財産権 出願・取得状 況 計0件	(取得済み) 計0件  (出願中) 計0件
Webページ (URL)	東北大学 足立研究室 <a href="http://www.tribo.mech.tohoku.ac.jp/">http://www.tribo.mech.tohoku.ac.jp/</a>  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 <a href="http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/next2012/index.html">http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/next2012/index.html</a> <a href="http://cat-vnet.tv/movie/tu_2012_winter/001_03.html">http://cat-vnet.tv/movie/tu_2012_winter/001_03.html</a>
国民との科 学・技術対話 の実施状況	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. <a href="http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/next2012/index.html">http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/next2012/index.html</a> <a href="http://cat-vnet.tv/movie/tu_2012_winter/001_03.html">http://cat-vnet.tv/movie/tu_2012_winter/001_03.html</a>
新聞・一般雑 誌等掲載 計0件	
その他	

4. その他特記事項

特にありません。

## 実施状況報告書(平成24年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されず

## 1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	126,000,000	47,800,000	61,800,000	16,400,000	0
間接経費	37,800,000	14,340,000	18,540,000	4,920,000	0
合計	163,800,000	62,140,000	80,340,000	21,320,000	0

## 2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	15,501,145	61,800,000	0	77,301,145	27,333,297	49,967,848	0
間接経費	0	18,540,000	0	18,540,000	18,540,000	0	0
合計	15,501,145	80,340,000	0	95,841,145	45,873,297	49,967,848	0

## 3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	23,429,020	多目的成膜装置等
旅費	1,037,540	研究成果発表旅費(トライボロジー会議)等
謝金・人件費等	917,789	技術補佐員人件費
その他	1,948,948	機器修理費, 分析費, 施設使用料等
直接経費計	27,333,297	
間接経費計	18,540,000	
合計	45,873,297	

## 4. 当該年度の主な購入物品(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
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)	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