

最先端・次世代研究開発支援プログラム  
事後評価書

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

**【研究目的】**

本プログラム実施者らが見出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<sup>®</sup>潤滑法を用いた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。これにより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を目指す。

本研究期間内に達成を目指す具体的な目標値として以下を設定する。

**【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。

**【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応できる低摩擦システムを可能にする。

**【トライボコーティング<sup>®</sup>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。

【総合評価】	
<input type="radio"/>	特に優れた成果が得られている
<input type="checkbox"/>	優れた成果が得られている
<input type="checkbox"/>	一定の成果が得られている
<input type="checkbox"/>	十分な成果が得られていない

【所見】	
① 総合所見	
<p>超低摩擦発現に関して、低粘度流体（水）を用いたもの、不活性ガスを用いたもの、トライボコーティングを用いたもの3種類について研究を行った。低粘度流体（水）を用いたシステムでは数百 MPa の高い接触圧力下において 0.0001 以下の超低摩擦を実現した。不活性ガスを用いたシステムでは 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応できる低摩擦システムを可能とした。また、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ことを示した。研究成果は、基礎研究としては極めて先進性があると考えられる。</p> <p>特に、計画では想定していなかった不活性ガスを使用しない大気中においても、新たに創製した窒化炭素膜及びナノ界面の制御により 0.01 程度の低摩擦係数を発現させることに成功している。これは、社会において最も望まれる大気中での簡便な低摩擦システムを可能にするものとして本プロジェクトの中でも特筆すべき成果と考える。</p> <p>この成果を基に最先端・次世代産業技術につなげるために、低摩擦界面の設計論まで発展させることを目的とした新たな研究プロジェクトが 2013 年度 CREST に採択されており、本技術が産業技術となることが期待される。</p>	

② 目的の達成状況	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 所期の目的が  <input checked="" type="checkbox"/> 全て達成された    <input type="checkbox"/> 一部達成された    <input type="checkbox"/> 達成されなかった</li> </ul> <p>3 種類の超低摩擦発現の可能性は実証され、効果の安定化、更なる特性の向上を目指しての研究が行われている。ただし、これらの基礎的研究の成果を実用化するため研究にも注力してほしい。</p>	

③ 研究の成果	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が  <input checked="" type="checkbox"/> ある    <input type="checkbox"/> ない</li> <li>・ ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が  <input checked="" type="checkbox"/> 創出された    <input type="checkbox"/> 創出されなかった</li> <li>・ 当初の目的の他に得られた成果が <input checked="" type="checkbox"/> ある    <input type="checkbox"/> ない</li> </ul> <p>3 種類の各摩擦システムで実現目標とされている摩擦係数は、それぞれのシステム</p>	

において十分に優位性のある低い値であり、これらがすべて達成された。

特に不活性ガスを用いた超低摩擦発現システムの研究において、当初想定していなかった現象の発見により、不活性ガスを使用しない大気中においても 0.01 程度の低摩擦係数を発現させることに成功している。以上、本研究により大きなブレークスルーになる特筆すべき研究成果が創出されたと考えられる。

#### ④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が

( 見込まれる ・ 見込まれない )

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が

( 見込まれる ・ 見込まれない )

本研究課題による低摩擦システムは、ナノ界面の自己形成に基づくものであり、表面テクスチャ自身の機能に依存する従来の手法に比べ、低摩擦発現がテクスチャ寿命に依存しないなど、トライボロジー分野における潤滑の概念を変革するものであり、今後の実用化開発の進展により、ブレークスルー技術となることが期待される。

特に不活性ガスを使用しない大気中においても、新たに創製した窒化炭素膜及びナノ界面の制御により 0.01 程度の低摩擦係数を発現させることに成功している。これは、社会において最も望まれる大気中での簡便な低摩擦システムを可能にするものとして、摩擦低減による省エネによりグリーン・イノベーションに大きく貢献するものと考えられる。

#### ⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが ( 行われた ・ 行われなかった )

東日本大震災による実験研究の遅れや、研究発展による計画変更や調達機器の変更などがあったが、研究は順調に進められた。また、研究体制として、実施者が設立した東北大学機械系トライボベースとデザイン研究センターを生かして、多方面からの検討・討論の環境を整え、大きな成果を上げたことは評価される。

論文発表、会議発表、その他への研究成果の積極的な公表や発信が適切に行われた。また、高校生を中心とした国民との科学技術対話は適切に実施されている。ただし、知的財産の取得に関しての対応は不十分である。本研究性は産業技術の基盤となりうるものであるため、特許化等に積極的に取り組むことを期待する。