

# 表面ナノ加工による低摩擦自動車摺動部品の製造技術の開発

育成研究：JSTイノベーションプラザ・サテライト滋賀 平成18年度採択課題  
「パルスレーザー照射表面ナノ加工による低フリクション自動車摺動部品の製造技術の開発」



代表研究者：福井大学 工学部機械工学科 教授 岩井 善郎

## ■ 研究概要

超短（フェムト秒）パルスレーザーを照射することで、微細な加工が困難なDLC（ダイヤモンド状カーボン）などの硬質薄膜表面に、ナノメートルサイズの周期構造を形成する表面ナノ加工装置を開発し、自動車用ピストンリングなどの摩擦抵抗の低減を目指す。

## ■ 研究内容、研究成果

超短パルスレーザーを用いた表面ナノ加工は、ナノメートルオーダーの形状精度を単工程で実現できる加工であり、機械加工や化学加工に比べ工程数や環境負荷が少ない点において優位性を持つ。さらに難加工表面のDLCなどの硬質薄膜の加工も容易であることから、硬質薄膜が被覆されるピストンリングなどの自動車用摺動部品への適用が可能である。これまでの超短パルスレーザーを用いた表面加工技術では、周期構造の間隔がレーザー波長と等しいサブミリ程度と大きいのが、本研究の技術は、周期間隔がレーザー波長の1/5～1/10のナノメートルスケールで制御できる点に特徴がある。本研究では、フェムト秒レーザーとNCステージを組み合わせた超短パルスレーザー照射表面ナノ加工システム（図1）を構築し、平面と曲面の広い面積に周期構造を付与できる技術を開発した。形成される周期構造は、レーザー光が直線偏光であれば偏光に対して直角な方向に細長い構造となり、円偏光であればドット状の構造となる偏光依存性を有している。また、加工時のフルエンス（単位面積あたりのエネルギー）が大きくなるほど、周期間隔や深さが大きくなるフルエンス依存性（図2）を有しており、偏光やフルエンスによって構造の形状が制御可能である。このような知見に基づき周期構造を付与した面における摩擦特性を、ブロックオンリング摩擦試験機を用いて評価すると、加工面は、未加工面に比べて摩擦係数が開始直後から低下して、定常となるまでの時間が短く、そのときの摩擦係数も低いことを確認した（図3）。さらに、複数個のピストンリングを連続加工できる加工装置を開発し、DLCやCrNなどの硬質薄膜を被覆したピストンリング外周面の表面ナノ加工を実現した（図4）

## ■ 今後の展開、将来の展望

本研究成果を「超短パルスレーザー照射表面ナノ加工装置」として事業化するためには、現在の加工技術を基盤にして、周期構造を曲線状に形成することやピストンリングの任意の場所へ局部的に加工することを実現するなどの加工技術の高度化、さらに加工速度や繰り返し周波数の増大などによる量産技術の確立に取り組むことが重要である。また、現行品よりも低摩擦な「次世代エンジン用ピストンリング」の事業化には、ピストンリングメーカーと共同して、表面ナノ加工を施したピストンリングのエンジン試験を行い、テキスチャー形状の最適化、実働条件下を想定した耐久性評価などが必要である。さらに省エネルギー化への意識の高まりから、摺動部の低摩擦化のニーズは急増しており、ピストンリング以外の一般摺動部品への適用や今後摺動部への被覆が期待されているダイヤモンドやBCNなどの超硬質膜への加工へと展開したいと考えている。

事業化のスケジュールとして、平成23年まで広範なマーケティングにより加工ターゲットを絞り込み、平成24年度よりピストンリングの加工・販売、それと同時に加工装置の製品化を行う。並行して、その他の一般摺動部品や工具などへの展開の準備を開始する。

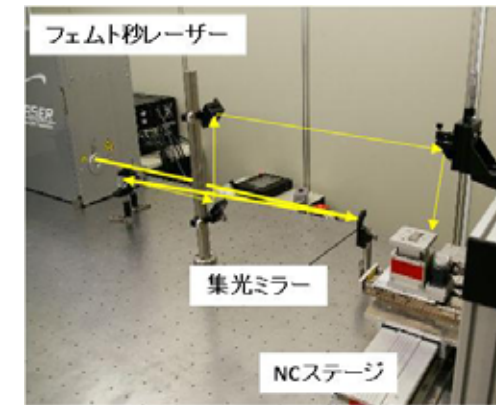


図1 フェムト秒レーザーとステージを組み合わせた超短パルスレーザー照射表面ナノ加工システム

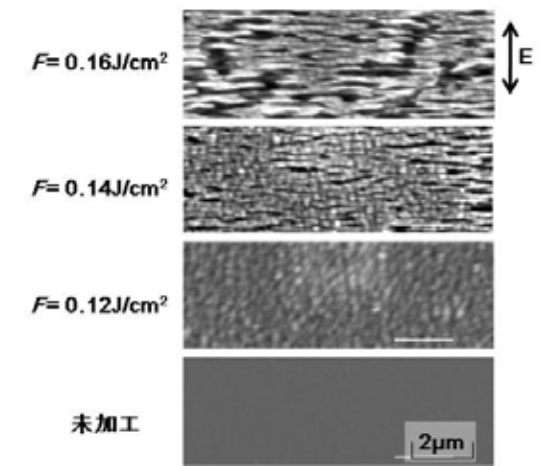


図2 周期構造形状のフルエンスF依存性（フルエンスは単位面積あたりのエネルギー）

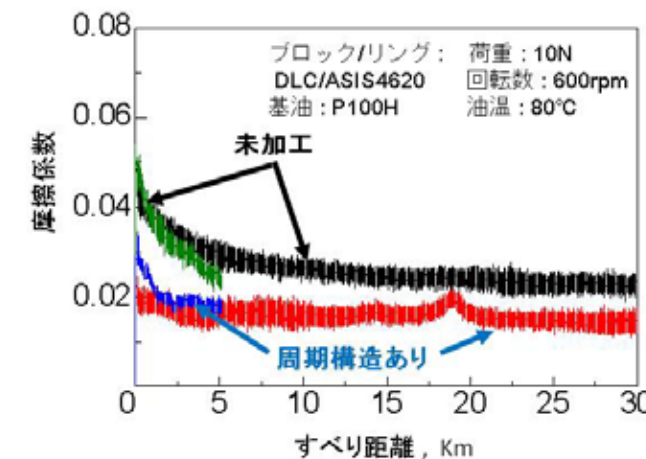


図3 周期構造の有無による摩擦係数の変化の違い

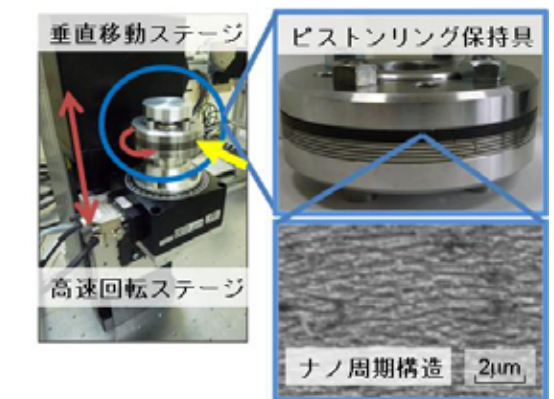


図4 ピストンリング加工システムとピストンリング表面に形成されたナノ周期構造

## ■ 研究体制

- ◆ 代表研究者  
福井大学 工学部機械工学科 教授 岩井 善郎
- ◆ 研究者  
本田 知己、宮島 敏郎、峠 正範（福井大学）、安丸 尚樹（福井高専）  
青柳 裕治、松井 多志（福井県工業技術センター）  
木内 淳介、山邊 知子（アイテック）、田中 隆三、漆崎 幸憲（松浦機械製作所）  
千徳 英介（科学技術振興機構）
- ◆ 共同研究機関  
福井大学、福井工業高等専門学校、福井県工業技術センター、  
アイテック株式会社、株式会社松浦機械製作所

## ■ 研究期間

平成18年1月 ~ 平成21年12月