

# ものづくり 中小・大手メーカーとの マイクロテクスチャ技術教育

## PROJECT MEMBER

〈代表者〉 デザイン工学部 デザイン工学科

教授：相澤 龍彦

〈構成員〉 工学部 機械機能工学科

教授：小野 直樹

マイクロテクスチャ技術は、これまでの平滑な表面、研磨した表面界面などに代わって、用途に応じて多様なマイクロパターンを製品・金型・工具などの表面界面に施し、製品・金型・工具の表面力学特性・摩擦特性・耐エロージョン特性・耐腐食性などを大幅に向上させる。本プロジェクトでは、多数の開発型中小企業から大企業(コカ・コーラ社、サンスター社、NTT社など)までを終結したマイクロテクスチャ研究会の活動に、4年生・修士学生などを参加させ、積極的に企業との共同研究を進める。各学生が、総合プロジェクト(デザイン工学部における卒業研究)・修士研究に関連するテーマに関与して、開発研究を進める。その成果を、MF2015(2015年7月)および諏訪メッセ(2015年10月)のイベントで公表し、研究技術要素の社会展開力・社会へのインパクトを、参加学生全員が理解・体験する。

## 2015年度 活動の成果

### 教育

#### マイクロテクスチャ研究会への学生参加

4年生の総合プロジェクトでの活動を具体的に説明するため、代表的な教育例を報告する。研究会では、総合プロジェクトのテーマの1つである、マイクロテクスチャによるステンレス鋼の摩擦摩耗低減に関して、極小パルスレーザーによる創成、摩擦実験データ解析、摩耗評価、マイクロテクスチャ形状パラメータの影響などについて、4-5回にわけて学生が達成内容を報告した。企業からの種々の質問を受けながら、それぞれのサブテーマの問題点を明らかにしてきた。最終的には、2016年1月開催のマイクロテクスチャ研究会で30分の発表+20分の質疑応答を行い、開発の達成度を検討した。基礎的なデータの重要性もさることながら、マイクロテクスチャの密度による摩擦摩耗低減挙動の差異が定量化され、今後のレーザーマイクロテクスチャリングの展開に役立つという評価をいただいた。このテーマを共同で進めてきた中小企業のCEOからは、使用した評価装置がボール・オン・ディスクのみであっても、詳細なトライボロジー評価を通じて、摩擦摩耗に与えるマイクロテクスチャ効果の重要性が定量的に理解できたことに大きな賛同が得られた。一方、担当の学生からも、これまでステンレス鋼と聞けば、まったく同じトライボロジー特性を示すものと思っていたが、オーステナイト系・フィライト系・マルテンサイト系では

それぞれ全く挙動が異なり、それぞれに適したマイクロテクスチュアを施すことの重要性を認識できたというコメントを得ており、本研究学会活動は成功裏に進めた。

### MF2015におけるポスター展示・発表

ビッグサイトで開催されたMF2015では、プレス・金型など素形材に関連する中小企業・大企業とともに他大学からの展示があり、互いに競う形で成果公表となった。写真1にポスター展示の様子を示す。担当する学生が、展示発表時間を担当別に割りふり、常に二人体制でポスター発表を行った。展示に参加した企業からは、研究内容の方向性がよく理解できたという意見と、研究目標と研究結果との対応で不明な点・説明しきれていない点が見受けられたという意見もあった。特に、後者は、総合プロジェクトの実質上の開始が2015年4月であることを考えるとやむ負えないことと理解している。



写真1：MF2015年でのポスター発表風景

### 諏訪メッセにおけるポスター展示・発表

諏訪メッセは、毎年10月中旬に長野県諏訪市を中心として開催されるものづくり関係の展示では、国内でも屈指の規模を誇っている。今回は、ほぼ全国の素形材関係・加工関係の中小企業・大企業の中に混じって、大学からの展示セクションの中で、ポスター展示・製品展示などを行った。4年生は全員参加し、各人一泊二日で、必ず複数名が会場で重なるようにスケジュールを組み、できるだけ多くのメッセ参加者にポスター展示を見学・議論いただいた。7月のポスター展示と異なり、多くの質疑応答があり、活発な意見交換と技術情報伝達ができた。

### 研究

### TecDia社(港区)との共同研究

TecDia社は、ダイヤモンド加工技術をベースに、接合・接着用のノズルを多種設計・生産・販売をしている開発型中小企業である。芝浦工業大学との共同研究では、ノズル材料の1つであるステンレス鋼材への低温プラズマ窒化によるマイクロテクスチュア形成に関する開発を進めてきた。特にマイクロライン状のマイクロテクスチュアの形成を、マスクレスパターン技術と芝浦工大が有する低温プラズマ窒化技術により、2次元マイクロパターンの3次元転換が可能かを、実験的に実証した。非パターン形成部に、選択的に窒素原子が侵入・拡散・固溶化することで、窒化されないパターン部において、相対的に耐腐食性が低下することがわかった。この発見は今後の研究開発の論拠となるものである。

### マイクロテクスチュア研究会での共同研究

マイクロテクスチュア研究会は、これまで3年間にわたり月一回の定例会として開催してきており、2016年3月の会で第40回を迎える。芝浦工業大学からの研究成果報告ならびに共同研究提案に加え、参加メンバーからの研究報告・開発テーマの提案、外部講師からの話題提供があり、学会では経験できない実質的な技術論・事業化戦略が議論される。参加している学生も大きな刺激を受けており、就職先というよりもこれからの業種の選択ならびにエンジニアとしての使命感なども、育成されている。

図1に総合プロジェクト成果で、2016年3月に国際会議で公表することができた成果を示す。素材はステンレス鋼で同一であっても、低温プラズマ窒化で表面処理を行うことで、言わば自然に形成されたマイクロテクスチュアが、潤滑油のオイルプールとして機能し、平滑な材料と比較して、摩擦摩耗がきわめて大きく減少することを

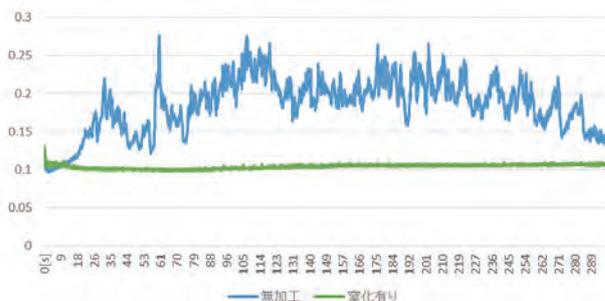


図1：低温プラズマ窒化で自然に形成されたマイクロテクスチュアによる低摩擦・低摩耗化のグラフ

見出した。特殊ではあるが、表面処理を施すことで、大規模な機械部品・構造体の表面にマイクロテクスチャを短時間で効果的に形成できる手法として期待される。

## 社会 貢献

### マイクロテクスチャ研究会を通じての 社会貢献

第1に2015年の9か月の活動を通じて、同研究会に参加する中小企業数が、毎回10-15社を上まわり、活発な活動をできたことがあげられる。すでに研究会の会場に利用させていただいている大田区産業振興協会でも、協会関係者も必ず参加する定番の研究会と認識されており、2016年度においても、さらなる研究会メンバーの増強と組織化が展望される。

### 諏訪メッセを通じての諏訪地区・甲府地区との連携

諏訪メッセでは、全国から参加企業があったが、その中で精密加工業・表面処理などを専らにする長野県・山梨県などの開発型中小企業と知己になった。すでに数社とは共同研究を進めることで合意しており、さらにマイクロテクスチャ技術の展開が望まれる。特筆すべきは、総合プロジェクトに参加した4年生が、諏訪地区の開発型企業に就職した点であり、人材育成も含めた展開も期待したい。

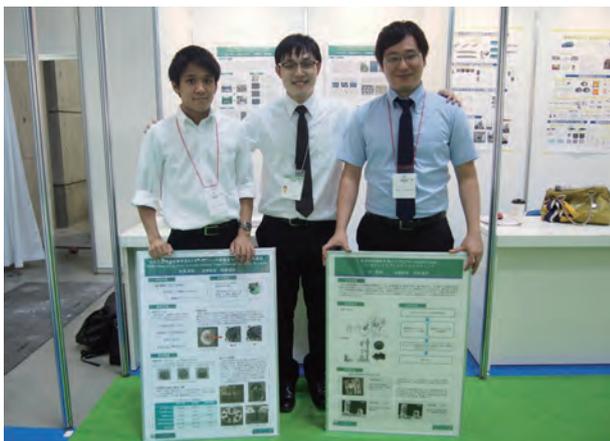


写真2：諏訪メッセにおけるポスター展示風景

## 主なトピックス >>

### 低摩擦・低摩耗を実現する マイクロテクスチャ技術

総合プロジェクト研究を通じて、対象は3種のステンレス鋼材に限定されているが、マイクロテクスチャの形状・アスペクト比・密度などを系統的に変化させ、ボール・オン・ディスク結果を定量的に解析したデータを、マイクロテクスチャ研究会に参加された開発型中小企業に提示できた。特に極小パルスレーザーによるマイクロストラクチャ形成では、図2に示すように、直径が $50\mu\text{m}$ の微細なディンプルパターンの規則的な配列で形成できることを明らかにした。

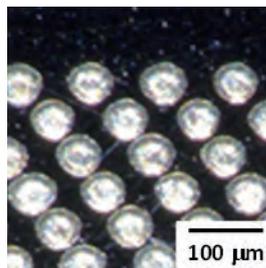


図2：  
極小パルスレーザーマイクロテクスチャリングによる形成パターン。

### 熱伝達機構を制御する マイクロテクスチャ形成

総合プロジェクトを通じて、大手コーティングメーカーと共同で開発した厚膜DLCコーテッド型材を用いたマイクロテクスチャリングの金属シート材への転写成形技術を確認した。芝浦工業大学でこれまでに開発してきた高密度プラズマ酸素エッチング装置にて、厚膜DLCコーテッド金型上に形成した、微細なマイクロテクスチャ( $3.5\times 3.5\times 4.5\mu\text{m}^3$ のポンチ群)を図3に示す。図3 a)に示した金型形状で、DLC膜上に形成したポンチ数は約2000万本であり、他のプロセスでは製造不可能である。

次に精密CNCプレス装置の金型に図3のマイクロテクスチャ付きDLC型駒を装着し、アルミシート材に図3のマイクロテクスチャを転写成形する。DLC膜上のマイクロテクスチャが、凸になった正方形頭部のポンチ群

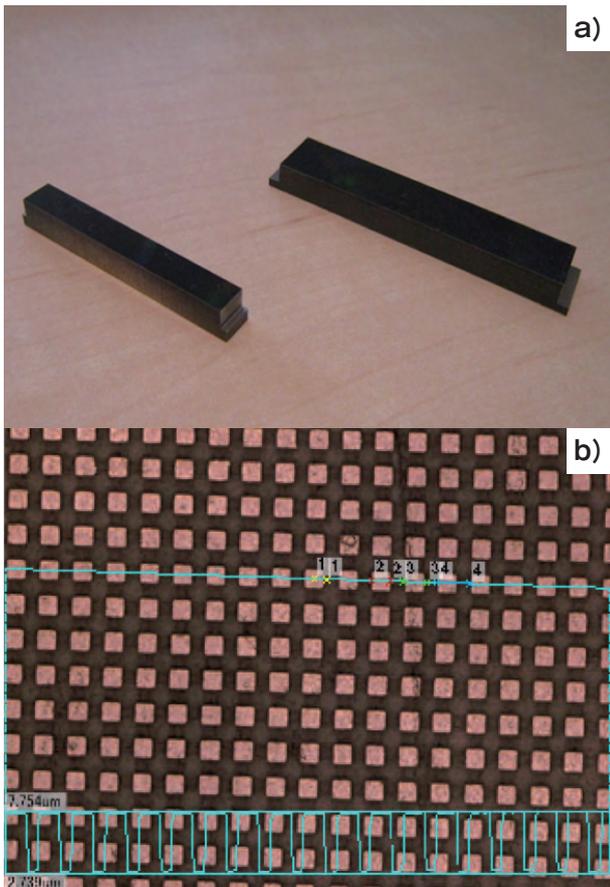


図3：高密度プラズマ酸素エッチングでDLCコーテッド金型上に形成したマイクロテクスチャ例。  
a) DLCコーテッド形材の全体形状、b) SEMにより測定したDLC上のマイクロテクスチャ例。

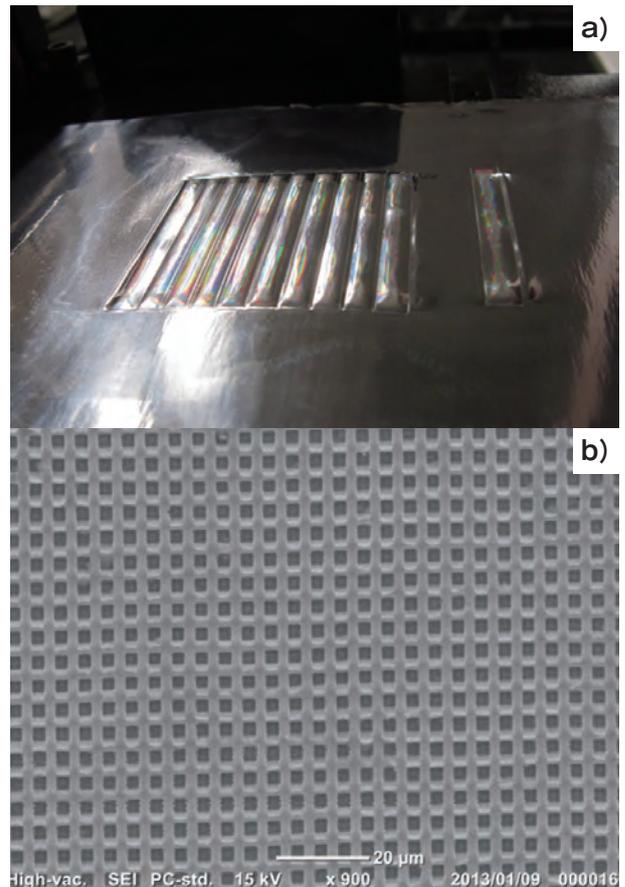


図4：純アルミシート材に転写整形したマイクロテクスチャ例。  
a) マイクロテクスチャを転写整形したアルミシートの全体形状、b) SEMにより測定したアルミシート材上のマイクロテクスチャ例。

であるため、正確にアルミシート材に転写されれば、DLCポンチの正方形頭部は、アルミシート材に形成される直方体キャビティーの底部になり、DLCポンチ間の隙間(幅 $1.5\mu\text{m}$ のクリアランス)は、同アルミ・キャビティーの壁になると考えられる。図4に転写成形したパターンを示す。図3、4のそれぞれのb図を比較すると、上述の関係になっており、本技術により正確な微細マイクロテクスチャの転写成形が可能であることを実証した。

なお、アルミシート材上に形成した微細マイクロテクスチャの機能に関しては、特異な表面特性に加え、沸騰伝熱機構を大幅に変革する可能性があることを、小野研究室と共同で発見しており、2016年度でデバイス化とともに、新しい伝熱工学として展開していく。