

# 分野融合型精密ナノ加工による付加価値の創造

慶應義塾大学 理工学部機械工学科 精密ナノ加工研究室

Laboratory for Precision Machining and Nano Processing, Department of Mechanical Engineering,  
Faculty of Science and Technology, Keio University  
〒223-8522 横浜市港北区日吉 3-14-1 教授 閻 紀旺

TEL : 045-566-1445

FAX : 045-566-1495

URL : <http://www.yan.mech.keio.ac.jp/>

E-mail : [yan@mech.keio.ac.jp](mailto:yan@mech.keio.ac.jp)

## 1. 研究室の概要

慶應義塾大学理工学部機械工学科精密ナノ加工研究室は、2012年4月に発足した比較的新しい研究室である。当研究室は、多分野融合による高付加価値型ものづくりの実現を目指して、マイクロ・ナノスケールの加工技術の研究開発に取り組んでいる。世界最先端の加工装置や計測装置を導入しており、マイクロ・ナノ領域での材料除去、変形および物性制御に基づく高精度、高効率、省エネ、省資源の加工技術の提案ならびに加工原理の解明を進めている。

## 2. メンバー構成

本研究室は、学生のグローバル意識の育成や異分野融合の促進のため、海外から訪問学者や留学生を積極的に受け入れている。これまでにイギリスやドイツ、ベルギー、イラン、マレーシア、中国、韓国などから研究員と留学生を受け入れており、毎年5名程度が在籍している。2016年

度の研究室メンバーは教員1名、事務職員1名、研究員2名、博士課程4名、修士課程10名、学部生8名、計26名から構成されている(図1)。このほか、産学連携の一環として、企業の若手技術者を研究員として受け入れている。

## 3. 研究テーマ

本研究室は、各種材料の物性に合わせて、機械的、光学的、電気的、熱的方法などを科学的に融合し最適化することで斬新な加工技術を提案している(図2)。そのために、新しい加工原理に基づいた加工装置や計測装置を導入あるいは開発している。現在、超精密加工機3台、レーザ加工装置3台、マイクロ放電加工機2台、超精密プレス成形機1台、赤外線焼結成膜装置1台、多軸複合加工機1台などを保有している。また、微分干渉顕微鏡や白色干渉計、レーザプローブ超精密形状測定器、超微小押し込み試験機、顕微レーザーラマン分光計測システムなども保有しており、加工研究と計測研究の一体化を実現している。以下に、現在展開中のいくつかの研究テーマを紹介する。

### 3.1 硬脆材料の超精密延性モード加工

多軸制御の超精密加工機を駆使してナノレベルの形状精度を有する光学素子や金型および機械要素の創成を行っている。Si, Ge, SiC, GaAs, ZnSe, ZnS, CaF<sub>2</sub>などの単結晶やガラス、超硬合金、セラミックスのような硬脆材料に対しても、金属と同様な延性モード加工を可能にしている。また、非球面や自由曲面(図3)のような複雑形状のナノ精度加工も実現している。

### 3.2 微細構造表面の創成

これからの工業製品には、形状精度はもちろん、さまざま



図1 研究室メンバー

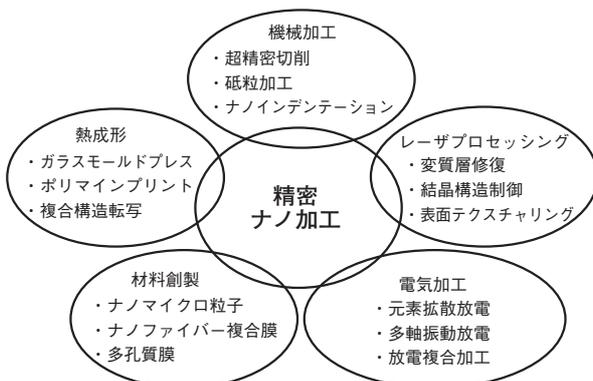


図2 研究分野と研究テーマ

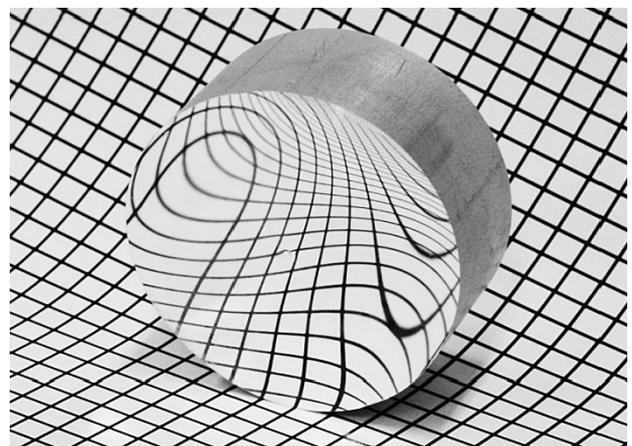


図3 自由曲面の超精密切削

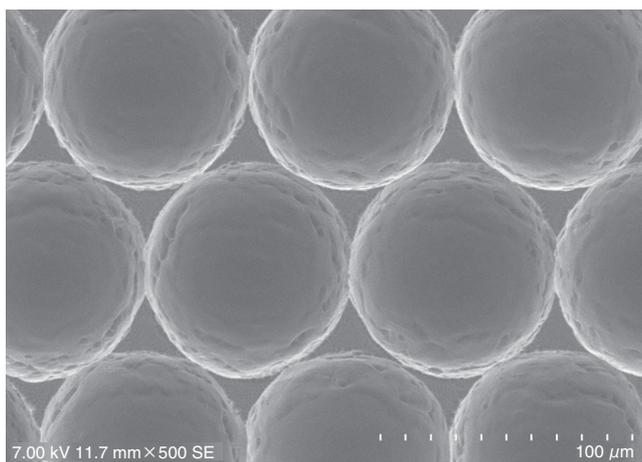


図4 硬脆材料表面へのレーザテクスチャリング

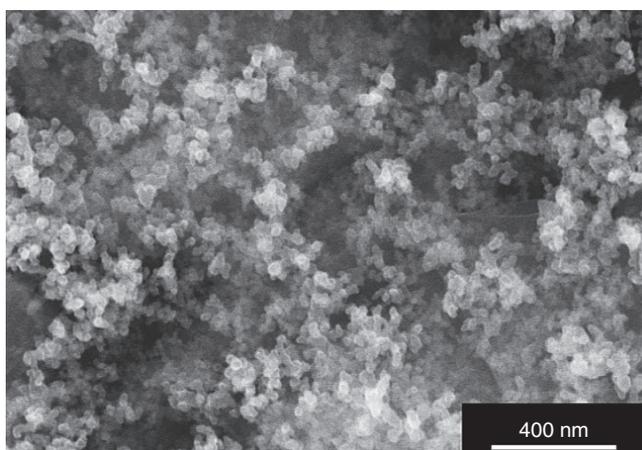


図5 廃シリコン粉末から作製したナノ粒子

まな微細表面構造をもつ部品が多く求められている。本研究室は、各種の表面微細構造を高精度かつ高速で形成する加工技術を開発している。これまでにマイクロレンズアレイ、プリズムアレイ、反射防止表面、すべり防止表面および撥水性表面などの製作に成功している。

### 3.3 加工変質層のレーザ修復

ナノスケールの超精密機械加工であっても、工作物表面に加工変質層が必ず生じる。本研究室では、ナノ秒パルスレーザ照射を用いて加工変質層のみをナノ秒速で溶融させ、その後無転位のバルク領域を種として液相エピタキシャル結晶成長させるというレーザ修復技術を提案している。本技術により、バルク領域とまったく同様な単結晶表面を高速に得ることができる。

### 3.4 レーザテクスチャリング

高速レーザスキャンにより単結晶材料やセラミックスそして超硬合金などの硬脆材料表面へ、極めて微小な穴や溝を特定のパターンに形成させることで、新しい表面機能の創成を試みている(図4)。

### 3.5 レーザ照射によるナノ粒子形成

半導体デバイスや太陽電池の生産プロセスで大量に発生する廃シリコン粉末に対してパルスレーザ照射を行い、レ

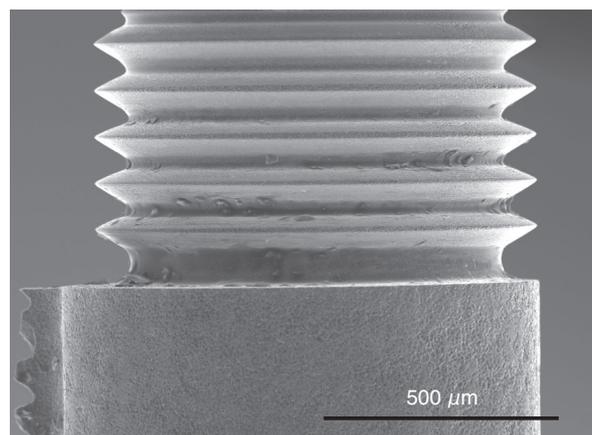


図6 放電加工による焼結ダイヤモンドへの形状転写

ーザアブレーションを発生させることで、ナノ粒子の形成を行っている(図5)。また、これらのナノ粒子を主原料としてポーラス構造を有する複合厚膜を形成し、高容量かつ長寿命の次世代リチウムイオン電池の負極を作製している。

### 3.6 熱転写による表面機能創成

ガラスや樹脂そして複合材料の表面へ、精密な微小3次元形状を精密に転写させる技術を研究している。特に材料粘弾性や高温高圧での素材・金型間の界面現象に着目し、長寿命金型の開発や界面処理、薄膜技術、そして複合レンズの成形などについて検討している。

### 3.7 多軸振動による高能率放電加工

振幅や周波数、位相などを制御可能な多軸振動装置を独自で開発し、放電加工機へ搭載することで加工能率、形状精度、表面粗さなどすべての面で優れた放電加工特性を実現している。現在、本技術をセラミックスなどの難加工材の微細加工へ応用している。

### 3.8 炭素拡散による焼結ダイヤモンドの放電加工

低エネルギー状態での放電熱を利用しダイヤモンド表面から遷移金属への炭素拡散を促進させることで高品質、高能率の加工を実現している。また、高速回転電極を用いた放電加工により、焼結ダイヤモンドへの微細形状の一括転写を可能にしている(図6)。

## 4. おわりに

本研究室は①分野融合によるシーズ創出、②産学連携による実用化推進、③独創研究による人材育成という3つの基本方針に基づいて研究教育を行っている。まず、分野融合によって、近年著しく細分化されてきた異分野間の障壁を突破し、不可能を可能にしている。そして、基礎研究を応用研究と融合させ、企業と積極的に連携することで、産業界に役立つ技術を開発している。さらに、こうした研究活動を通して、強い発想力と実践力を学生たちに身につけさせている。このように、当研究室はこれからも「価値」の創造、「知識」の創造、そして「人材」の創造をモットーに、より大きな社会貢献を目指していく所存である。