

# ものづくりの技術

## 交流と連携

September 2013

No. 44

### 第91期部門長就任にあたって

この度、光石前部門長の後を引き継ぎ、第91期の部門長を務めさせていただくことになりました洪川です。産業界に身をおく立場の目線から「ものづくり」を産官学の連携の中で発展させ、学術および産業技術の進歩につなげられる様、微力ながら精一杯努力させて頂きたいと思っておりますので、宜しくお願いいたします。

さて、近隣諸国との困難な状況や更なるグローバル化、それに伴う、政治・経済状況の変動等、我々の回りを取り巻く環境の変化が我々の活動に予想を超えた影響を及ぼしている事をご承知の通りです。モノづくりの技術は、我々が長年培ってきた、そしてこれからも大事にして行くべき日本のコア技術の一つですが、それを取り巻く様々な環境も例外ではなく、大変に厳しいと言わざるを得ません。最近、マスコミで目にしたのはIT・情報家電産業の衰退やマーケットからの撤退と言った衝撃的なニュースでした。技術開発では先行し、コア技術の蓄積も十分との認識を持っていましたが、ビジネスでは結果がついてこないといった状況を目の当たりにしています。これらの産業に限らず、風力や太陽光発電の分野、医療やインフラなどあらゆる分野で同様の事態が進行しているように思われます。新規分野であればあるほど、先行した技術開発とノウハウの蓄積が急務で、一企業のみでの活動で全てを賄うことが困難になってきているのではないのでしょうか。生産加工の分野でも同様のことを耳にしています。日本が海



三井精機工業株式会社  
洪川 哲郎

外に先駆けて開発し、特許も保持していた3次元積層造形技術は紙や樹脂を使用する造形法でしたが、用途に限界があり、ビジネスとしては利用が広がりませんでした。一方、海外では、日本の特許が切れると同時に粉末金属等を使用した造形法が開発され、用途の広がりもあり、生産革命の道具の一つにする活動が展開されています。日本ではビジネスの失敗もあり、この切口の開発では決定的に出遅れてしまいました。

このような状況を踏まえ、更には、部門のポリシーステートメント・重点項目の実現を目指し、本年は次に掲げる二つの切口から、三つの重点活動項目を掲げました。

一点目の切口は技術開発と製品化・ビジネス化への取組み方の観点です。「先行技術開発や評価」と「ノウハウの蓄積や製品化・ビジネスモデルの構築等」を夫々役割分担し、費用や期間の短縮に繋げる取り組みの構築が必要ではないかとの視点です。産と学が夫々、シーズとニーズとを出し合い、共同のテーマ設定の上、役割を分担するという方策が考えられます。これらは産学連携ですでに進められていると考えられていますが、実際には産・学は独自にテーマ設定し、相互に情報交換している例は少ないのが実態ではないのでしょうか。学会はこれらの関係をリードし調整する重要な機能を分担できるのではないかと考えられます。第一点目の重点項目として、当部門ではこれらの活動を「テクノマーケティング」と呼び、従来以上に推進していく枠組みの構築をめざしてゆきます。

二点目は、人材の観点です。少子高齢化、産業構造の第5次産業化、学生の理科・工学離れ等の要因が指摘されていますが、質の高いエンジニアの確保・育成と大きな課題に直面しています。昨年作成されました部門のポリシーステートメントでは、将来のものづくりを先導する国際力豊富な人材育成を今後の重点項目の一つとして掲げています。今年は、この重点活動項目を実際の行動に移す第1年目の年と考え、いくつかの具体策を挙げ、企画・立案・実行の各ステップの最初の一步を確実に実行してゆきたいと考えています。第二点

### トピックス

#### 第91期部門長就任にあたって

##### 技術レポート

- 株式会社ディスコのアプリケーション技術
- 超短パルスレーザ表面改質装置「Surfbeat-R」の開発

##### 部門優秀講演論文賞

##### 部門講習会報告

- 「単結晶を凌駕するナノ多結晶ダイヤモンド (NPD) の開発と応用」開催報告

##### 部門からのお知らせ

- LEM21 開催案内

部門企画行事の最新情報は

(<http://www.jsme.or.jp/mmt/kouen/index.html>) をご覧下さい。

目の重点項目として、日工会との連携による部門 PR 活動の充実です。隔年で開催されています日工会主催の JIMTOF やその間の年で開催されている MECT における学生向けセミナーは、従来から当部門が共催していますが、これらの関係をより充実させ、学生や生徒・児童に対して、学会および部門の活動をより周知する活動へと繋げたいと考えています。具体的には、部門独自のブースの出展による PR、説明会・講演会・実演会の開催等を企画してゆきます。第三点目の重点項目ですが、国際交流活動の仕組みの構築です。昨年、スイス・ドイツを中心とする学生が日工会の後援で JIMTOF の見学に来日しました。この時、当部門も共催して関西を中心とした大学・学生との交流が行われました。この機会に当部門も僅かながら貢献し、国際交流の大切さ、影響の大きさを実感しました。この見学会自体は単発的なもので、しかも

欧州から日本への訪問でしたが、これを相互的また継続的な取り組みに繋げて行きたいと計画しています。永続的で実りのある国際交流で日本の若い人材に良い刺激を与え続ける仕組みとできればと希望しています。

以上二つの観点から、当部門の三つの重点項目をご紹介しましたが、今年は隔年で開催される本部門主催の国際会議 The 7th International conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century が11月7日から8日まで宮城県の松島で開催されます。更には、ものづくりの最前線に立つ方々の講演会や勉強会も多数予定されています。これらの企画を通じて生産加工・工作機械分野に属する皆さんの活動に貢献すると共に、研究者・技術者の皆さんの学会への参加の拡大に繋がればと希望しています。是非、部門主催の各種行事への積極的な参加をお願いします。

技術レポート

株式会社ディスコのアプリケーション技術

【加工結果を大切にする文化】

当社は1937年に広島県呉市で、砥石メーカー「第一製砥所」として創業しました。軍港として栄えた当時の呉市は日本でも指折りのハイテクのメッカで、製砥業も栄えていました。しかし優秀な先発同業者が多くいたことから、後発組の当社は官需の仕事がとれず、民需を求めて本社を東京に移すことになりました。その後、活躍の場を求め東奔西走する中、既に製品化に成功していた薄型砥石の需要が、積算電力計の部品加工や万年筆のペン先切り加工にあるとの情報にたどり着き、徐々に市場に参入していきました。

薄型砥石を武器にビジネスフィールドを広げていくうちに「現状の半分の厚さの砥石であれば、半導体という部品に使うことができる」という話が耳に入り、厚さ0.04mmの極薄砥石「ミクロンカット」を製品化しました。しかしここまで薄い砥石の性能を生かせる切削装置は当時の世の中には存在せず、加工を試みると砥石がすぐに割れてしまう日々が続きました。砥石の性能には高い自負があったために、装置メーカーに改善を打診するも、「割れてしまう砥石が良くない」と相手にされないことが大半でした。砥石の性能に見合った加工結果にたどり着けない日々が悔しさが募り「それならば装置を我々でつくってしまえばいい」と、自社での装置開発を決断したのが1968年のことでした。開発着手から7年後の



当社のダイシングソー号機「DAD-2H」

1975年、極薄砥石の性能を存分に発揮できる装置が完成しました。これが、現在の当社装置の主力機種「ダイシングソー」の一号機です。

加工結果が伴わなければ、砥石や装置に存在価値は無い。言い換えれば、装置や砥石は、加工結果を提供するための手段であり、加工結果こそが真の商品なのである。装置を自社開発するにいたった苦悩の日々が、こういった考えを芽生えさせ、その考えは当社の大切な企業文化として現在まで受け継がれています。

# 頼れる、スマート

シンプルに、コンパクトに、ハイパフォーマンスを追求



高生産

ビルトイン高剛性主軸  
サーボタレット刃物台  
信頼性の高いマザックの高速自動工具交換装置  
高精度・高生産性を実現する高剛性主軸



QUICK TURN SMART series    VERTICAL CENTER SMART series

ヤマザキマザック 株式会社  
愛知県丹羽郡大口町竹田 1-131 TEL / 0587-95-1131 (代表)





本社・R&Dセンターのアプリケーションフロア



テストカット環境を備えたシンガポール拠点

【アプリケーション技術に注力】

このように、加工結果を重視する企業文化から、当社は加工検証（テストカット）を事業の柱の一つに据え、注力をしています。東京都大田区の本社・R&Dセンターでは、テストカットから最良の加工結果を導き出す技術（アプリケーション技術）に従事するエンジニアが、日々国内外の顧客の対応をおこなっています。1フロアすべてがテストカット専用スペースとして確保されており、テストカットブースは77室、クリーンルームも完備しています。

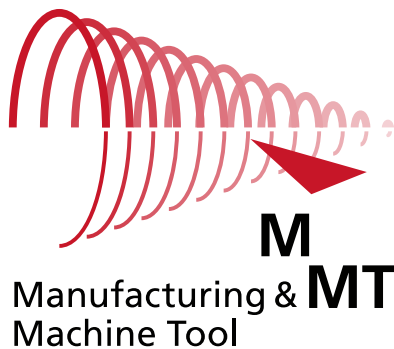
当社の装置ラインナップは30種以上、砥石にいたっては、数万種に細分化されます。テストカットでは、これに「回転数」「送り速度」「切り込み深さ」「加工水量」「加工水供給ノズル形状」等々の加工条件を組み合わせることで検証を進めていくため、可能性は無限にあると言っても過言ではありません。そのため、過去のノウハウの蓄積が、未知の素材を加工する際の

大きなヒントとなります。つまりテストカットで得られる加工結果が当社の財産となり、それがさらに高度な加工相談にこたえる糧となっていきます。

【W.W への展開】

10年ほど前までは、テストカットの大半を本社・R&Dセンターで対応していましたが、ここ数年で、当社海外拠点での対応環境を充実が進み、2012年度は海外の対応件数が国内での対応件数を上回る結果となりました。これは、当社の売り上げの8割は海外が占めているため、より顧客の側での対応ができるよう人的リソースや設備を充実させた結果でもあります。

今後も、「最良の加工結果こそが真の商品」という理念の下、半導体加工を通じて、世の中の快適に貢献してまいりたいと考えています。



部門ロゴは自由にお使いいただけます。  
<http://www.jsme.or.jp/mmt/info/index.html>  
 (広報委員会)



## 頼れる、スマート

シンプルに、コンパクトに、ハイパフォーマンスを追求

QUICK TURN SMART series    VERTICAL CENTER SMART series

使い易さ

使い易く、迅速にプログラミングのできる専用CNC装置 MAZATROL Smart を搭載。

省エネルギー

機内照明、NCバックライトが自動消灯。オペレータが近づくと自動で点灯する省エネルギー機能を採用。

ヤマザキマザック 株式会社  
 愛知県丹羽郡大口町竹田 1-131 TEL / 0587-95-1131 (代表)

# Mazak

## 超短パルスレーザー表面改質装置「Surfbeat-R」の開発

キヤノンマシナリー株式会社  
研究開発センター 沢田 博司

東日本大震災後、エネルギー問題や環境問題をめぐる議論がこれまで以上に高まり、自動車や産業機器におけるしゅう動部のエネルギーロス低減が重要な課題となっています。

そこで当社では、しゅう動面を低摩擦化できる超短パルスレーザー表面改質装置「Surfbeat-R」(図1)を開発しました。

### ● Surfbeat-R の概要

超短パルスレーザーを利用して微細な溝状の周期構造(図2)を形成することにより、「摩擦・摩耗低減」「付着力低減」「濡れ性制御」など多彩な機能表面の創成が可能です。

レーザーパルスを正確にコントロールすることで、任意の領域を機能表面化することができます。また、微細周期構造とディンプルなどを自由に混在させたテクスチャ加工も可能です。切削加工のように溝を1本ずつ刻むのではなく、干渉現象を利用することで、サブミクロンのピッチと深さをもつ周期構造を自己組織的に形成します。その結果、10000本/s以上という周期構造の高速加工を実現しています。加工対象材料は金属、半導体、硬質コーティング膜などで、適用ワークサイズの変更などのカスタマイズにも対応しています。

### ● 加工の特長

「Surfbeat-R」での加工には以下のような特長があります。

- ・ 周期構造の方向制御が可能
- ・ 広い材料選択性
- ・ 薄膜や微小部品への加工が可能

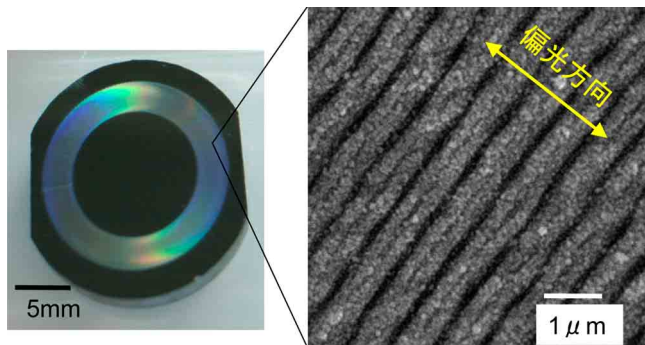


図2 リング状領域に形成した周期構造

- ・ 自由な描画領域設定
- ・ 曲面への加工が可能

### ● 表面改質効果

しゅう動部品の表面に周期構造を形成することで動圧が発生し、流体潤滑特性を向上することができます。サブミクロンの溝深さをもつ周期構造では、極めて高い負荷容量と剛性が得られるため、摩擦係数を劇的に低減することができます(図3)。



図1 Surfbeat-R

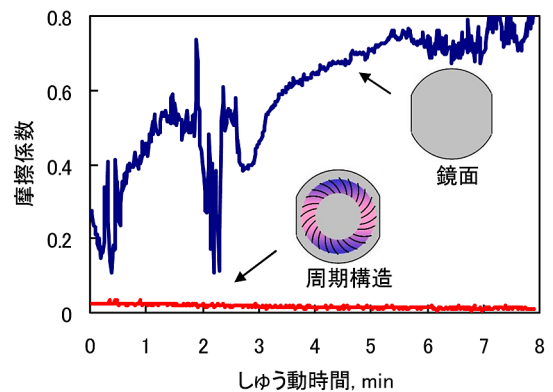


図3 摩擦係数の比較

**QUICK TURN SMART series**

Available on the **App Store** and **Google play**

M CODEは、App Store 及び Google play™で、ダウンロードできます。

**頼れる、スマート**

シンプルに、コンパクトに、ハイパフォーマンスを追求

高生産
使い易さ
省エネルギー

**M CODE**

M CODE(エムコード)をご利用頂きますと、簡単に加工動画を見る事ができます。

**ヤマザキマザック 株式会社**  
愛知県丹羽郡大口町竹田 1-131 TEL / 0587-95-1131 (代表)

**Mazak**

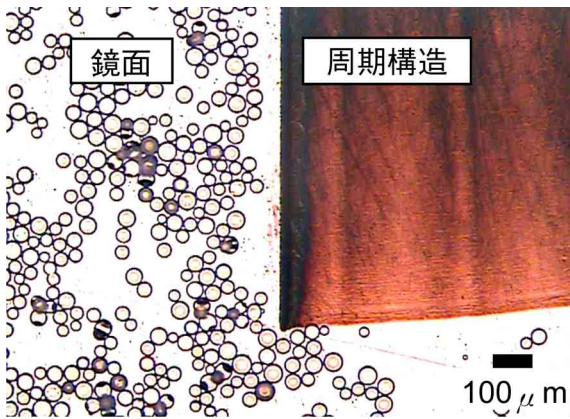


図4 微粒子の付着状況

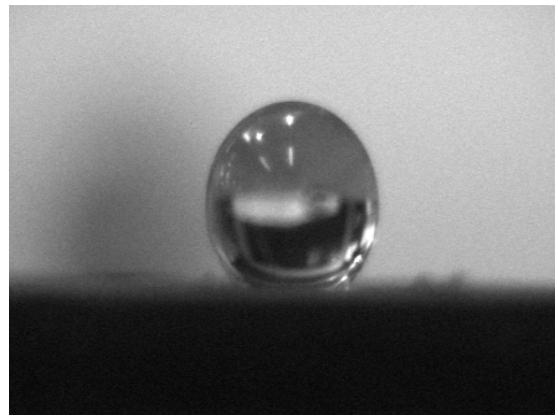


図5 周期構造による超撥水

また、周期構造形成面は、ファンデルワールス力やメニスカス力が大幅に減少するため、微粒子の付着防止(図4)やマイクロマシンの低摩擦化などに有効です。

さらに表面積増加にともなう超親水・超撥水化(図5)や薄膜の密着性向上、周期構造の方向性を利用した細胞の配向制御など多くの検討が進められています。

#### ●今後の展望

「Surfbeat-R」は研究開発部門でのサンプル評価や小ロット

ト生産に最適化したレーザ加工機であるため、量産化移行において更なる加工速度の向上が望まれています。そこで、高出力レーザと新方式の加工光学系を搭載した高速加工機の開発を進めています。

レーザテクスチャリングの観点から本稿が少しでも皆様のお役にたてれば幸いです。

### <今後開催予定の行事のご案内>

- ・第10回部門講演会  
開催日：2014年11月15日～16日  
開催地：徳島大学 常三島キャンパス
- ・講習会「3Dプリンタによる金属部品製造の最前線(仮)」  
開催日：2013年12月18日(予定)  
開催地：東京農工大学(予定)

## VERTICAL CENTER SMART series

# 頼れる、スマート

シンプルに、コンパクトに、ハイパフォーマンスを追求

高生産

使い易さ

省エネルギー









M CODE(エムコード)をご利用頂きますと、簡単に加工動画を見る事ができます。

Available on the App Store

ANDROID APP ON Google play

M CODEは、App Store 及び Google play™で、ダウンロードできます。

ヤマザキマザック 株式会社  
愛知県丹羽郡大口町竹田 1-131 TEL/0587-95-1131(代表)



## 柔軟工作物の巧妙加工に関する研究

東京農工大学大学院 工学研究院 先端機械システム部門  
中本 圭一

ゴムなどの柔軟物は、工業部品から日用品に至るまで、幅広く利用されています。これらは金型で成形されるのが一般的ですが、多品種少量生産においては非効率です。これに対して、切削加工は様々な材質の工作物を取り扱えるだけでなく、創成できる形状の自由度も高いため、リードタイムが重要となる試作などでの活用が期待できます。しかし、把持力や切削力に起因して加工誤差が生じやすいため、これら柔軟工作物の切削加工に特有の問題を解消することが、高精度加工の達成には欠かせません。

酢酸ナトリウム水溶液を過冷却状態にした後に何らかの刺激を加えると、熱を放出しながら急速に結晶化します。通称 Hot-Ice と呼ばれるこの現象は、水中でも使用できるカイロにも応用されており、酢酸ナトリウム水溶液と金属片をビニール容器内に封入し、金属片を曲げるなどして刺激を与えるだけで凝固熱が得られ、酸素が無くても 45℃ 程度で 30 分程度持続します。固体化した水溶液は熱湯（58℃ 以上）で液体に戻り、室温まで過冷却させると何度でも再利用することができ、安価で人体に対しても無害です。

そこで本研究では、上記の Hot-Ice 現象を利用して柔軟工作物の把持を実現しました。酢酸ナトリウム水溶液は、過冷却状態では液体であるため、図 1 のように水平な工作機械テーブル上に容器を置いて、その中に水溶液と工作物を入れます。工作物の周りを水溶液で満たしておくことで、複雑形状であったとしても、水溶液が固体化すれば均一な把持力が

得られ、局所的な把持による変形を回避できます。工具を水溶液に浸して固体化のきっかけとなる刺激を与え、また再び液体に戻すために容器の周りにヒーターを用意すれば加工の自動化にも対応できます。

提案する手法では、実加工中に酢酸ナトリウムで実現した把持具も共に削り取っていきます。このとき、把持具の一部が失われることで工作物の見かけ上の剛性が変化し、加工精度に影響を与えます。そこで、特に複雑形状を加工する場合には、酢酸ナトリウム水溶液の凝固と融解を繰り返すことで、十分な加工精度を確保します。

酢酸ナトリウム水溶液を用い、柔軟工作物の難把持複雑形状を加工する、「巧妙加工」の実現可能性を検討するため実験を行いました。5 軸制御立型マシニングセンタ（森精機製作所：NMV3000 DCG）を用い、柔軟工作物としては硬度 HS90° のウレタンゴムを対象にし、目標加工形状には、図 2 に示したワイングラスと長手方向の中心断面に対して対称なスイープ形状を用いました。

ワイングラスの加工では、まずウレタンゴム全体を酢酸ナトリウム水溶液に浸して凝固させ、テーブルを割り出しながらガラスの内側だけを 3 軸制御加工で仕上げ加工まで行いました。その後、ガラスの内側を酢酸ナトリウム水溶液で満たして再び凝固させ、ガラスの外側を同様に加工しました。また、スイープ形状は全面を加工する必要があるため、加工を 2 段階に分け、途中でウレタンゴムを反転させました。

図 3 に示した加工結果は、用意した目標形状通りであり、酢酸ナトリウム水溶液を把持具として利用し、柔軟工作物の巧妙加工が実現できる可能性を確認できました。今後は、加工誤差を評価するとともに、ここで得られた知見を基に把持具の一部を削り取っていく順番や工具経路、切削条件の最適化により柔軟工作物の高精度加工の達成を目指します。

本研究は、科学研究費補助金（No. 23360069）及び（公財）三豊科学技術振興協会の支援により行われました。また、加工実験にご協力頂いた（株）森精機製作所に謝意を表します。

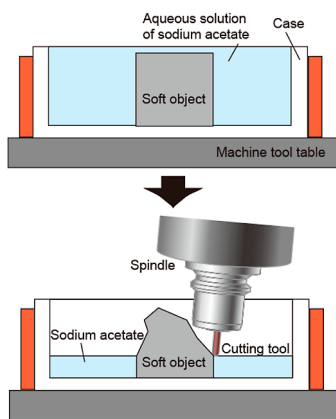


図 1 酢酸ナトリウム水溶液を用いた工作物把持

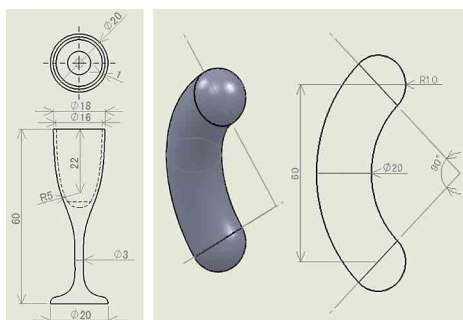


図 2 目標加工形状のワイングラスとスイープ形状

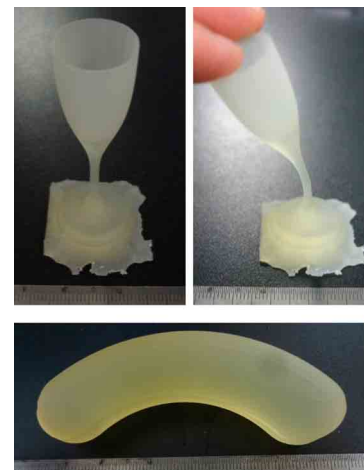


図 3 ワイングラスとスイープ形状の加工結果

## 接触型熱検知センサによる平滑面欠陥検出の実験的原理検討

東北大学大学院工学研究科ナノメカニクス専攻  
 盧 文劍, 清水 裕樹, 大場 裕太, 高 偉

従来、半導体ウエハなどのナノ平滑面の欠陥検出には、散乱光を用いた光学式非接触検出手法が広く使われている。この手法では、欠陥から発生する散乱光の強度は欠陥サイズの6乗に比例するため、検出対象の欠陥が微小化するほどその検出は困難となる。現状では、サイズ16 nm以下の微小欠陥については検出実現の目途が立っておらず、より高い測定分解能での欠陥検出実現が求められている。本研究では、微小欠陥とセンサプローブ先端の接触により発生する極小摩擦熱を検知してナノ平滑面上の微小突起を検出する、新しい原理の微小欠陥検出手法を提案している。理論計算による試算では、ナノサイズの微小欠陥との接触により発生する摩擦熱は $\mu\text{W}$ のオーダーであり、本コンセプト実現のためには、感度よく摩擦熱を検出する、熱検知素子の開発が重要である。本講演では、この熱検知素子の試作プロセス確立のため、数十 $\mu\text{m}$ サイズの熱検知素子プロトタイプ作製を試みるとともに、試作した素子の熱検知感度評価を試み、提案コンセプトの実現可能性を実験的に検討した。

図1に、提案の微小欠陥検出コンセプトの概略図を示す。センサプローブ先端に作りこんだ薄膜抵抗体からなるマイクロサイズの熱検知素子を、一定のクリアランスとともにナノ平滑面に近接した状態で、プローブ-ナノ平滑面間に相対運動を与える。熱検知素子に微小欠陥が接触すると摩擦熱が発

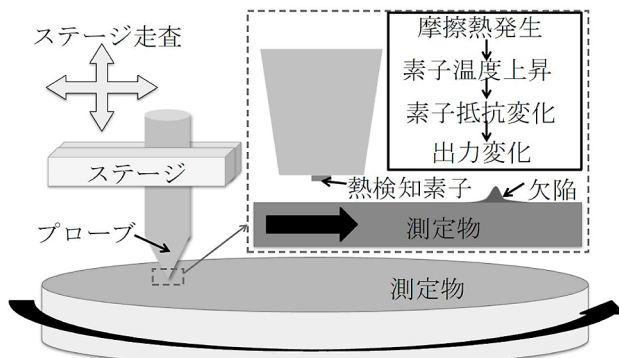


図1 熱検知素子による微小摩擦熱検知を利用したナノ平滑面欠陥検出コンセプト

生し、熱検知素子の温度が変化する。この素子の温度変化を、素子の電気抵抗変化に換算し、これを検知することで平滑面上の微小欠陥を検出する。

試作した熱検知素子を評価するにあたり、摩擦を用いた評価実験ではその定量的評価が困難である。そこで本講演では、摩擦熱のかわりに、強度を調整したレーザー光で熱検知素子を加熱した際の素子電気抵抗変化を調べることで、摩擦熱検知をシミュレートした(図2)。レーザー光を1秒間隔で点滅した際の熱検知素子出力変動をプロットしたものを図3に示す。比較として、素子構成は同様だが素子サイズが大きい市販のMRセンサをレーザー加熱した際の出力も評価した。サイズの小さい試作熱検知素子のほうが、同強度のレーザー光加熱による温度上昇量が大きく、また反応速度も速いことが実験的に確認できた。

更に、実際の測定環境に近い状態における熱検知素子の出力変化を測定するため、ガラス微小球プローブを用いた摩擦実験装置を構築して素子を摩擦した際の摩擦熱を検知可能であることを実験的に確認した。今回は試みとして数十 $\mu\text{m}$ サイズの熱検知素子プロトタイプを試作したが、素子サイズを縮小することで、より高感度な摩擦熱検知の実現が期待できる。

最後に、本研究の優秀講演論文賞受賞に関し、生産加工・工作機械部門の関係各位に深謝いたします。

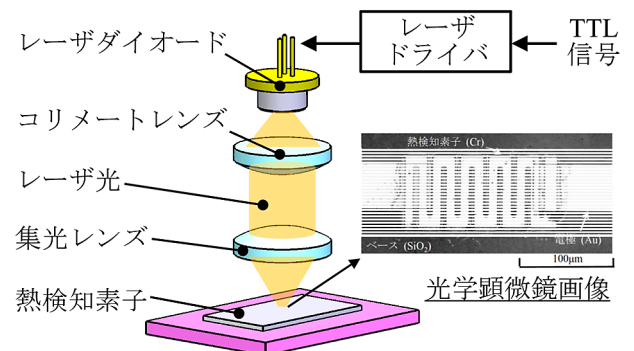
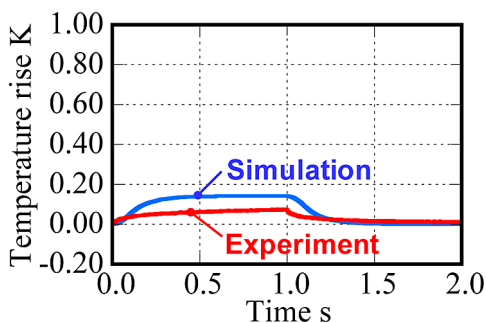
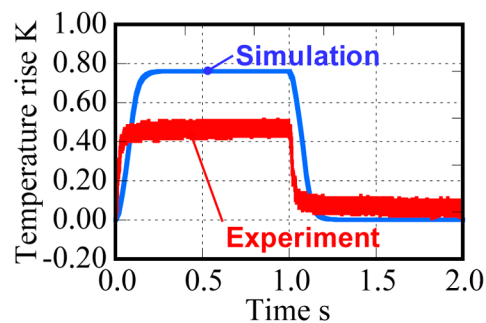


図2 試作した熱検知素子プロトタイプとレーザー加熱評価実験セットアップ



(a) 市販のMRセンサ



(b) 試作した熱検知素子プロトタイプ

図3 レーザ加熱時の熱検知素子出力変動

## マイクロ配線上局所電流分布のナノスケール可視化技術

東京大学生産技術研究所 機械・生体系部門  
梶原 優介

第9回生産加工・工作機械部門講演会第6回 LEM21において優秀講演論文表彰をいただき、心から感謝いたします。以下に、講演論文研究について簡単に紹介させていただきます。

私たちは、パッシブ型テラヘルツ近接場顕微鏡を開発しています。本研究は当顕微鏡を利用したナノサーモメトリー応用です。まず、「パッシブ計測」「テラヘルツ (THz) 波」「近接場顕微鏡」という3つのキーワードの説明をします。パッシブ計測とは、外部照射光を当ててその反射や透過を検出する従来のアクティブ計測とは異なり、外部照射光を用いずに試料自身からの発光 (分子振動, 生体活動など) を見る計測法です。試料自身の局所挙動に起因する発光スペクトルは、ほとんどが THz 領域 (波長  $\lambda$ : 10  $\mu\text{m}$  ~ 50  $\mu\text{m}$ ) ですから、パッシブを行う場合の検出波長は THz 波となります。次に近接場顕微鏡についてです。光の波動性を考慮すると、光学顕微鏡の空間分解能は波長程度にしか小さくなりません (回折限界)。この点は、THz 波を検出する際に大いに不利になります。そこで図1に示すように、試料表面において自然放出される近接場光成分を、先端径 50 nm 程度の金属 (タングステン) 探針先端で散乱して検出する (散乱型) 近接場光学系を構築しています。

物質からの自然放出光をナノスケールで検出するには、近接場光学系の最適な設計も当然ですが、高感度の THz 検出器が必要となります。本研究では東大・小宮山研で開発された世界最高感度の THz 検出器 CSIP (Charge-Sensitive

Infrared Phototransistor) を導入しています。

パッシブ型 THz 近接場顕微鏡は、金属や誘電体表面の THz エバネッセント波を空間分解能 60 nm で検出することに成功しています。検出信号の主要因は、電荷・電流の熱揺らぎであり、強度は温度に強く依存します。つまり本顕微鏡の応用例として、ナノサーモメトリーが考えられます。

例として、金属配線パターンを作成して局所電流 (温度) 分布の可視化を行いました。図2(a)は、SiO<sub>2</sub> 基板の上に 60 nm 蒸着した NiCr 配線パターンの光学顕微鏡像です。配線幅は 2  $\mu\text{m}$  で、電流 9mA を加えて測定しました。測定波長は常温からの自然放射成分を多く含む 14.5  $\mu\text{m}$  で、測定領域は図2(a)の囲み部分です。図2(b)はパッシブな Far-field 像で、金属探針を使わない場合の結果です。Far-field 像は市販サーモグラフィと同様に輻射場を検出しますが、回折限界によって空間分解能が 15  $\mu\text{m}$  に制限されます。図2(c)は、パッシブ近接場信号です。NiCr 配線上の信号分布は、温度分布に対応します。空間分解能は 60 nm 程度です。興味深いのは、配線上の曲がり部分において内側が最も明るい点です。この理由は、配線において最も近いルートを通る伝導電子が大多数であるからで、内側の電流密度が著しく増加するからです。以上から、局所電流分布の可視化が実現できることが分かりました。本ナノサーモメトリーを利用した局所温度分布解析は、配線の詳細な欠陥検査や配線設計の最適化などへの応用が大いに期待できます。

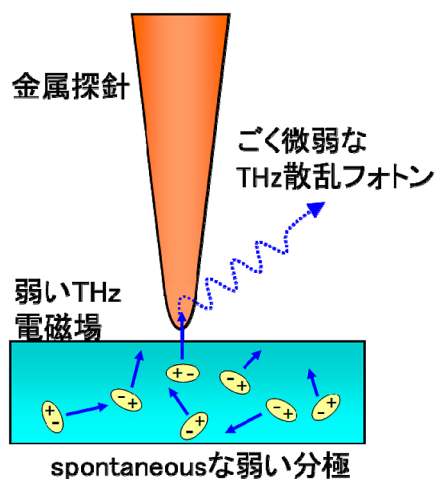


図1 パッシブな近接場検出

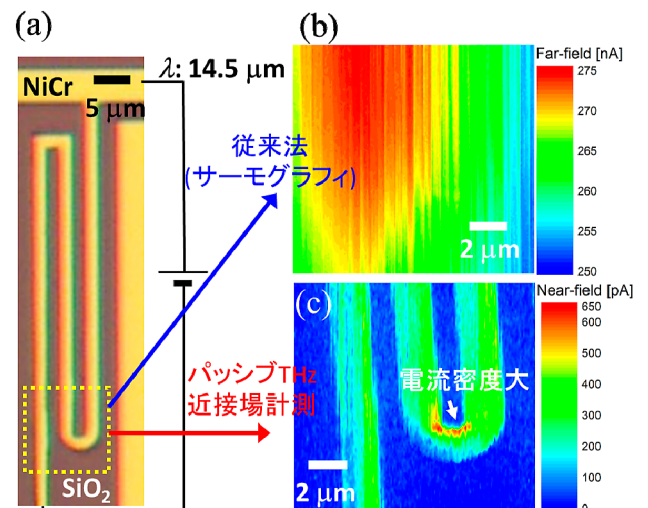


図2 (a) NiCr マイクロ配線の光学顕微鏡像 (b) パッシブ Far-field 像 (c) パッシブ近接場像



優秀講演論文賞

単結晶ダイヤモンド製マイクロフライス工具による超硬合金の超精密切削

中部大学 鈴木 浩文

1. はじめに

デジタルカメラやカメラ付き携帯電話用などの非球面ガラスレンズは超硬合金などのセラミック型を用いたガラスモールドにより量産される。従来、それらの非球面金型の超精密加工はダイヤモンドホイール（砥石）を用いた超精密研削により行われる。筆者らはそれらの高精度化・高能率化を行うためにPCD（多結晶ダイヤモンド）製マイクロフライス工具を開発し、超硬合金の非球面切削による仕上げ加工を実現した<sup>1)</sup>。さらに金型加工の高精度化・高能率化の要望が強く、そこでレーザー光を用いて単結晶ダイヤモンド（SCD）に三次元加工を施し、多数の切刃を有するマイクロフライス工具を試作し、超硬製非球面金型の超精密切削を試みて実用レベルの切削加工の可能性を検証した。実験では超硬合金を用いた非球面形状金型の加工特性と摩耗特性を評価した。

2. 単結晶ダイヤモンド製フライス工具の試作

円柱状に加工した単結晶ダイヤモンドを超硬製の円柱状シャンクにろう付けし、図1に示すように3軸制御駆動テーブルに固定し、レーザービームを3次元制御して多数の切刃を有するマイクロフライス工具を試作した。このようにしてレーザー光を用いた三次元加工により試作した単結晶ダイヤモンド製のマイクロフライス工具のSEM写真を図2に示す。

マイクロフライス工具による微小切削は以下の特徴をもつ。  
 (1) 断続切削であるため工具温度の上昇が抑制される。  
 (2) そのため旋削でのバイトほど工具摩耗が大きくなる。 (3) 多刃工具であるため実切り込み量は見かけの切込量より十分に小さくなり、硬質脆性材料でも延性モードの切削が実現しやすい。  
 (4) 工具は回転するため、刃先の輪郭精度の影響を受けず、非球面形状の加工精度が向上する。

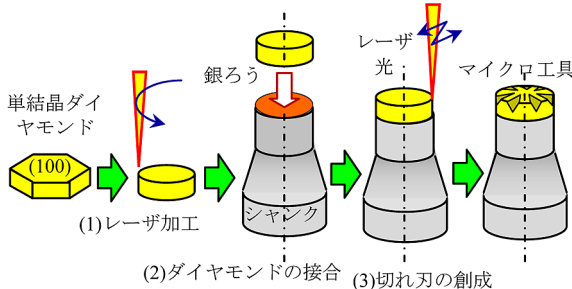


図1 単結晶ダイヤモンド工具のレーザー加工

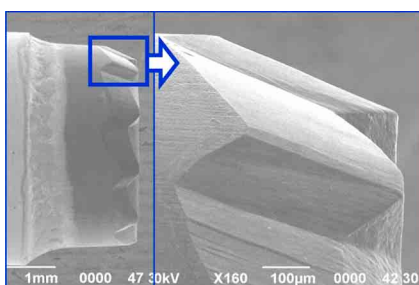


図2 SCD製マイクロフライス工具のSEM写真

材質	単結晶ダイヤモンド
工具径	Φ 2mm
結晶方位	(100)面
すくい角	-40°
逃げ角	0°
刃数	10

3. 超硬合金の切削実験

試作した単結晶ダイヤモンド製マイクロフライス工具を用いて軸対称非球面金型（日本タングステン㈱製微粒子超硬合金SP1）の切削実験を行った。実験の外観図を図3に示す。1nm分解能のリニアモータ駆動の超精密加工機ULG-100D（SH3）を用いて、X、Z軸の同時2軸制御で加工した。工具スピンドルは高速エアスピンドルを45°傾斜させて用いた。

表1の条件でφ3mmの非球面金型を切削した時の形状精度の変化を図4に示す。ダイヤモンド砥石やPCD工具より摩耗が極めて小さいことがわかる。表面粗さの変化を図5に示す。仕上げ研削レベルの良好な表面粗さが得られている。

4. まとめ

本報告では、レーザー光を用いて単結晶ダイヤモンドに三次元加工を施し、多数の切刃を有するマイクロフライス工具を試作し、超硬製非球面金型の超精密切削を試みて実用レベルの切削加工の可能性を検証した。その結果、これまで用いられたダイヤモンドホイールやPCD工具よりもさらに高精度化と工具摩耗の抑制が可能であることが明らかとなった。

参考文献

- 1) Suzuki H, Moriwaki T, et. al. : Precision cutting of aspherical ceramic molds with micro PCD milling tool, Annals of the CIRP 56, 1 (2007) 131-134.
- 2) Suzuki H, et. al. : Development of micro milling tool made of single crystalline diamond for ceramic cutting, Annals of the CIRP 62, 1 (2013) 59-62.

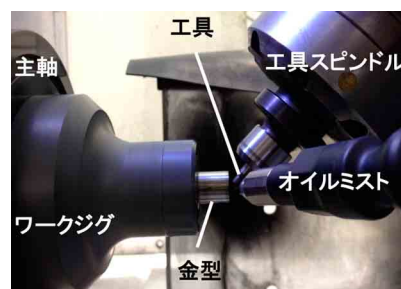


図3 切削加工実験の様子

金型材	微粒子超硬合金
外径	Φ 3mm
形状	非球面
回転数	100 min <sup>-1</sup>
工具回転数	50,000min <sup>-1</sup>
切込み送り回数	0.5µm / 0.1mm/min / 2
クーラント	白灯油ミスト

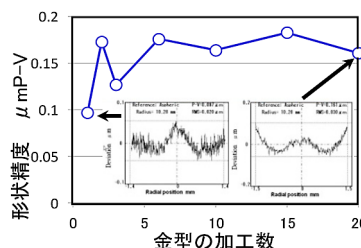


図4 非球面型の形状精度の変化

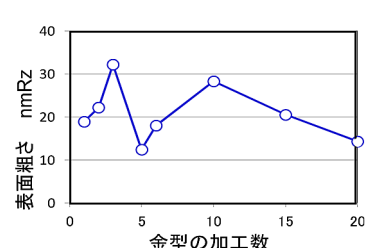


図5 金型の表面粗さの変化

## 部門講習会報告

## 『単結晶を凌駕するナノ多結晶ダイヤモンド (NPD) の開発と応用』開催報告

千葉大学 森田 昇  
東京農工大学 中本 圭一

2013年6月28日(金)に生産加工・工作機械部門企画の講習会「単結晶を凌駕するナノ多結晶ダイヤモンド (NPD) の開発と応用」を日本機械学会会議室にて開催しました。

切削工具等に用いられるダイヤモンドでは、「天然ダイヤモンド」と微粒のダイヤモンド粉末を金属系の結合材と共に焼結合成した「焼結ダイヤモンド」が一般的でした。ところが、近年、微細なダイヤモンド粒子を強固に直接接合したナノ多結晶ダイヤモンド (NPD) が開発され、その応用展開が始まっています。特に、優れた材料特性を持つ NPD 工具の実現により、切削加工分野での革新的な生産性向上の実現が期待されています。そこで本講習会では、超高圧の地球内部の研究から NPD の創製に至る応用展開、NPD の微細構造と物理的特性から工具として使用した際の様々な特長と正しい使い方、NPD 工具のさまざまなアプリケーション、最新の加工ノウハウや応用事例について、先駆的な取組みをされている講師の皆様にご講演を依頼しました。第3のダイヤモンドである NPD の基本的な特性に興味のある方々、応用分野である加工現場などでの活用をお考えの方々を主な対象として、5件の貴重な講演が行われ、企業の技術者、大学の研究者に加え、大学院生を含む、約30名の聴講者にご参加頂きました。

講習会最初の講師には、NPD の生みの親である愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターの大藤弘明氏をお招きし、実験室における NPD の高温高压合成の実際と、NPD におけるダイヤモンドの結晶化・組織化のメカニズムについて講義頂きました(図1)。まず講習会全体の導入として、NPD がグラファイトからの直接変換によって得られ、劈開性や機械的性質に異方性がなく、単結晶ダイヤモンドを凌ぐ高い硬度を有することが解説されました。また、2003年の発表当初には、直径1mm程度であった大きさも、超大型高压プレス装置の導入と高压実験セルや合成条件の最適化により、近年では直径10mmまでの良質な焼結体が得られるようになっており、切削工具のみならず、高压発生装置用部材としても用いられていることが紹介されました。

続いて、愛媛大学との共同研究で NPD を開発するとともに、大型で高品質な NPD の量産技術を構築し、実用化に導いた住友電工(株)から角谷 均氏にご講演頂きました。工業的利用の観点から、NPD が単結晶ダイヤモンドを超える高い硬度、耐磨耗性を有し、介在物を一切含まないことから耐熱性にも優れており、シャープで強度の高い刃先が得られるため、切削工具用材料として非常に有望であることが示されました。また、NPD を切削工具として用いた際の実用性能を、多面的・系統的に検証された結果を解説頂きました。さらに、(株)アライドマテリアル 小島一志氏より、NPD を超精密加工用工具に適用して、大型無電解 Ni めっきロー

ルと超合金の金型を加工した事例について紹介頂きました。この他にも、超合金、ガラス、セラミックスなどの高硬度脆性材料に対して、研削では困難な形状を超精密切削で実現した事例を示して、光学部品だけでなく様々な機能部品の高精度・高付加価値化への期待が述べられました。

講習会の締め括りには、大学の研究者による先進的な研究として、金沢工業大学 新谷一博 氏(図2)と防衛大学校 由井明紀 氏から、タンタルなどの高融点材料の切削加工と超合金の微細 V 溝加工をそれぞれ紹介頂きました。生体適合性の観点から最も優れた金属材料であるタンタルは、NPD により著しい工具寿命の延長が可能となったことで、加工性の低さを克服し、医療用部品への採用と実用化が近づいていることが示されました。また、超合金の V 溝加工では、単結晶ダイヤモンド工具と NPD 工具を比較して、工具寿命が400倍にも延びた例が紹介され、硬脆材料加工における NPD 工具の優位性が明らかにされました。

講習会を通じて参加者から大変多くの質問があり、活発な議論が交わされ、非常に実り多い講習会となりました。ご多忙中、ご講義頂きました講師の皆様には改めて御礼申し上げます。



図1 愛媛大学 大藤弘明氏との活発な議論の様子



図2 金沢工業大学 新谷一博 氏による活用事例紹介

## 部門からのお知らせ

## No.13-203

The 7th International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century (LEM21)  
第7回 JSME 先端生産加工に関する国際会議

開催日 2013年11月7日(木)～8日(金)

会場 ホテル松島大観荘

(宮城県宮城郡松島町松島字犬田 10-76)

2013年11月7日～8日に、「第7回 JSME 先端生産加工に関する国際会議 (LEM21)」が松島ホテル大観荘において開催されます。130件の講演申込みをいただきました。ありがとうございました。現在、校閲作業中です。

また今年、松島のホテルでじっくりと時間を気にせず、これからの生産加工技術について語り合うことができるように考えました。若手研究者の方々はもちろん、いろいろな分野の研究者、技術者が本音でディスカッションできたらと思います。7日(1日目)には未来を担う若手の皆様とベテランの先生方が集い、親睦を深める場として日本スタイルでの懇親会を企画しております。たくさんの皆様のおいでをお待ち致しております。

プログラムや宿泊等に関する最新情報、並びに申し込み方法に関しては随時専用ホームページに公開する予定です。ご参照下さい。

## 参加登録・登録料

下記アドレスからお申込みください。

<http://www.scoop-japan.com/kaigi/lem21/>

2013年8月23日まで50,000円/人(正員), 55,000円/人(会員外)

2013年8月24日以降60,000円/人(正員), 65,000円/人(会員外)

この中には、プロシーディング代とパンケット費が含まれます。また、2件以上発表される場合には、2件目以降、別途各10,000円が必要となります。

学生の場合、20,000円/人(学生員), 35,000円/人(一



会場のホテル松島大観荘

般学生)でプロシーディング代は含まれません。

なお追加のプロシーディング代は10,000円です。

公用語 英語

問合せ

詳細は下記へお問い合わせください。

実行委員長 厨川常元

E-mail: tkuri@m.tohoku.ac.jp

東北大学大学院工学研究科機械システムデザイン工学専攻  
(〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01)

幹事 吉原信人

E-mail: lem21@pm.mech.tohoku.ac.jp

岩手大学工学部機械システム工学科

(〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5)

ホームページ

本会議に関する情報はホームページ (<http://www.scoop-japan.com/kaigi/lem21/>) をご覧ください。

## 編集後記

生産加工・工作機械部門ニュースレター No.44 をお届け致します。巻頭では第91期部門長の渋谷様(三井精機工業)より、就任のご挨拶を頂きました。また、技術レポートでは株式会社ディスコ、キャノンマシナリー株式会社様より興味深い記事を頂戴しました。ぜひご一読下さい。

記録的な猛暑となった8月もようやく過ぎ、年度の後半に向け気持ちを新たにされている方も多いと思います。渋谷様が今期の重点活動項目として書かれているように、戦略的な若手人材の育成や国際交流・産学連携の推進などがこれからの日本の製造分野に重要であり、本部門も貢献できるよう努力してゆきます。

委員長: 國枝正典(東京大学), 幹事: 田中智久(東京工業大学), 委員: 茨木創一(京都大学), 南部俊和(日産自動車(株))

## Manufacturing &amp; Machine Tool

No.44 秋季号 2013年9月20日発行

編集 生産加工・工作機械部門・広報委員会

発行者

印刷製本

一般社団法人 日本機械学会 生産加工・工作機械部門  
(株) 春恒社