CENTER NEWS

ISSN 0915-4264

95
2008-12

-Contents-

研究紹介
超音波振動の応用 …… 2
超短パルスレーザによる次世代超微細加工 …… 5
お知らせ
工業技術センターの共同研究成果が「経済産業省技術環境局長賞」「モノづくり連携大賞中小企業部門賞」を受賞 …… 7

福井県工業技術センター

研究紹介

超音波振動の基礎と応用

１．はじめに

超音波の利用は古く、戦前の潜水艦探知に始まり、医療用の超音波検査、超音波モータによる自動焦点レンズ、超音波洗浄などが良く知られている。しかし、まだ応用展開の余地を残しており、特に金型に振動を加えることで加工品質を向上させる応用をターゲットにセンターでも研究を進めている。今回は、研究で得た基礎技術と今後の応用の可能性について紹介する。

超音波は 20KHz 以上の周波数の機械振動を指す。通常の機械振動は 100Hz 程度、聞き取れる音でも 4KHz までと言われるので、超音波は聞こえないくらい高い周波数の振動である。

２．超音波の発生法

超音波の発生にはピエゾ素子などの圧電効果が主に利用されている。圧電効果とは、電圧をかけると変形する効果であり、交流電圧を印加することで機械的振動を得ることができる。

ただし、機械部品には共振周波数があり、その周波数に電気的振動を合わせないと実用的な大きな振動を得ることができない。そこで、予め共振周波数を決めて設計した振動子が市販されている。ボルト締めランジュバン振動子(BLT、図１)が最も一般的である。今回の研究にも BLT を用いている。

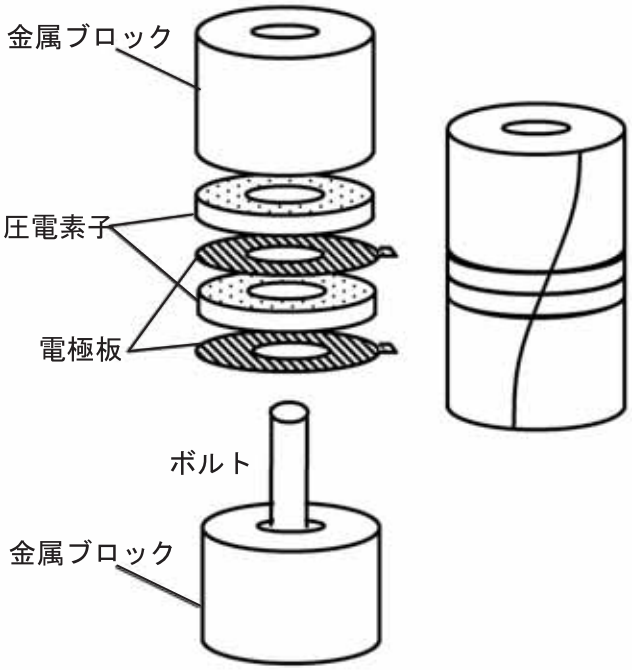


図１　ランジュバン振動子（ＢＬＴ）

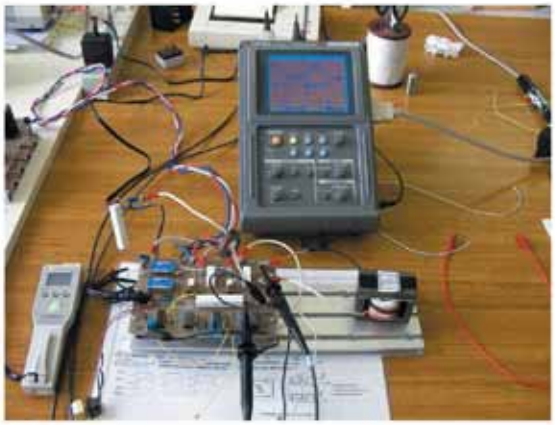


図２　試作した超音波発生回路

まず、BLT に交流電圧を印加する回路が必要なので、市販の電子パーツを用いて開発を行った。図２はその全体写真である。10 ㎝角の基板２枚に FET トランジスタとデジタルの発振回路を構成した。回路の内容については割愛する(H20 研究報告書参照、H21 中小企業大学校研修にて公開予定)。

３．超音波搬送への応用

ＢＬＴの振動面をテーブルにおき、共振させると、ＢＬＴが浮き上がる現象が観察される。これは超音波浮揚という現象で、音圧のためＢＬＴとテーブルに挟まれた空気の層が正圧となり浮き上がる現象である。

図３は浮揚量をレーザー変位計で計測したものである。質量約１kgあるＢＬＴが最大80μｍ浮揚しており、明らかに振動振幅をしのぐ浮揚量が得られている(図４)。

ご指導頂いている東工大の中村健太郎研究室では、浮揚をもう一歩進め、超音波の発生源と吸収源を作ることで浮揚しながらの搬送を実現している。工学的に興味深い現象である。

図３　ＢＬＴの浮揚

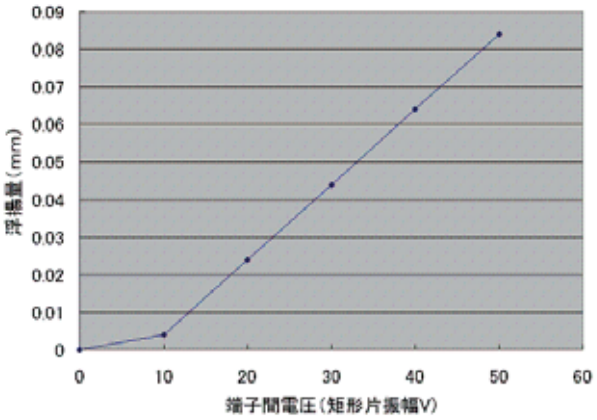


図４　駆動電圧と浮揚量

４．超音波洗浄への応用

超音波洗浄は超音波の最も一般的な利用法であり、今回は投げ込み式の超音波洗浄への応用を試みた（図５）。超音波洗浄では水面ではね返った振動で定常波が形成されるので、水位が重要な要素となる。従来は一定周波数で振動させ、振動パワーが最も強くなる水位にあわせていた。今回試作した回路ではＰＬＬを用いた周波数の自動追尾が可能なので、両者の性能比較を行った。

図６はその結果である。横軸は水位である。●は周波数が一定の時の電流値であり、定常波と同じ周期の変化が見られる。■はＰＬＬ制御した場合の電流値である。全ての水位において、電流値の改善が見られる。▲はＰＬＬ時のＶＣＯ電圧である。言い換えれば周波数が水位に合わせて遷移していることがわかる。結果、ＰＬＬ制御により、より広い水位範囲で洗浄効果が得られる。

図５　投げ込み式の超音波洗浄

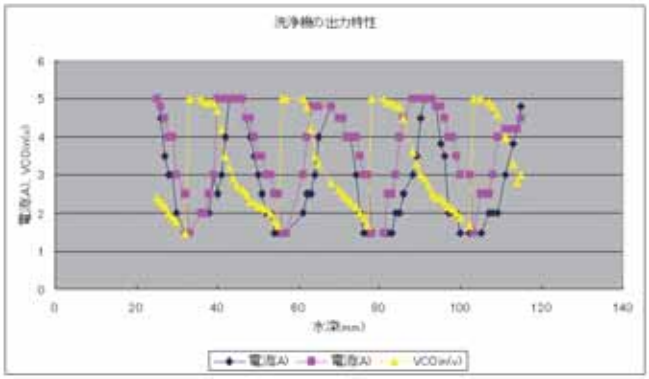


図６　ＰＬＬによる出力向上

５．超音波振動の計測法の開発

超音波の振動は振幅が数ミクロンと小さいので、実際に振動が加わっているのか確かめることが難しい。

手で触った感覚では「ぬるっと」した感じがする程度に過ぎない。計測器としてはレーザードップラー装置があるが、100 万円以上の高価な装置になる。また、撮影距離が 50cm 程度必要なため、小回りの利いた測定は困難である。

そこで、より原理的にシンプルなフォトニックセンサと呼ばれる計測器の開発を行った。原理は下図のように１つの光ファイバから出た光が計測物体に反射して他の光ファイバに戻る光量が距離で変化することを利用している。このセンサは直接に変位を計測できるものの、微小な変位に対してノイズが大きいという欠点があった。研究では光源に強力なレーザーを用いたり、受光回路を工夫することで S/N 比の向上に努めた。また、周波数応答性も改善し、400KHz まで計測が可能となった。現在、県内企業に技術移転し製品化に向けて改善を続けているところである。

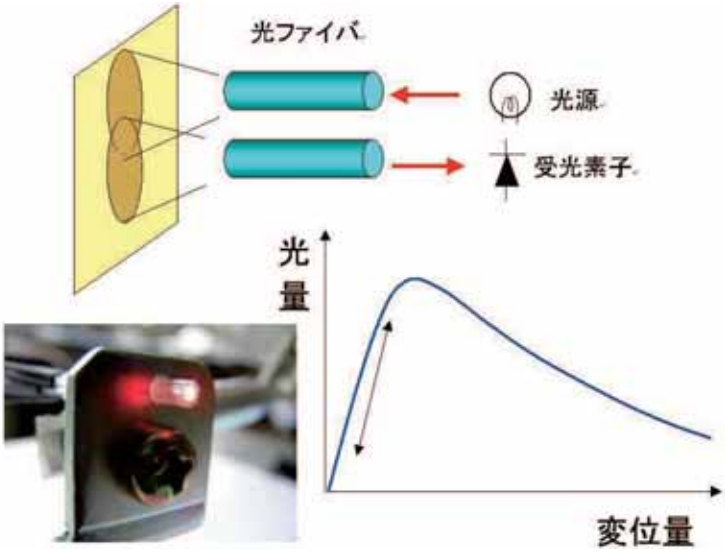


図７　フォトニックセンサ

６．まとめ

これまでに超音波振動の基礎技術の獲得に努めてきた。超音波の応用分野は計測から加工、搬送まで多岐にわたるので、県内企業の積極的なチャレンジを期待したい。センターでも技術指導や平成 21 年度の中小企業大学校での研修などで積極的に基礎技術の普及を行う予定である。

担当者

機械・金属部　機械電子研究グループ

主任研究員　**近　藤　幸　治**

専門分野 ／ 電子回路、ロボット機構、３次元計測

研究紹介

超短パルスレーザによる次世代超微細加工

1．はじめに

2000 年代に入ってから、産業用に超短パルスレーザ(フェムト秒レーザ)が供給されるようになってきた[1)]。「フェムト」とは 10 の 15 乗分の 1(1.0×10^{-15})を示す SI 単位系の補助接頭語である。このレーザ光源は、フェムト秒オーダの極短時間の光パルス、高い尖塔値を持つ光エネルギ、そして、広帯域なスペクトルという特徴を持つ。このレーザによる加工が次世代の微細加工に有利であるとして注目されている。本稿では、これらの特徴を利用した、超短パルスレーザによる特殊加工について紹介する。

2．レーザ加工プロセス

レーザ加工とは電磁波が物質に照射され、光子エネルギが物質に吸収され、光と物質の相互作用の展開プロセスを経て、物質の状態が変化する過程である。絶縁体、半導体、金属で異なる振る舞いを示すが、金属の場合には最初に光エネルギを吸収するのは物質内の自由電子であり、光吸収による電子の励起が発生する。従来のレーザ加工では、光エネルギが物質内電子に吸収された後、格子振動が発生する。この振動は周囲に熱として伝搬する。結果、光が照射された領域には直接的熱加工が、照射周辺領域には伝搬熱による熱拡散加工が行われる。

これに対し、パルス時間がピコ秒(1.0×10^{-12} 秒)からフェムト秒(1.0×10^{-15} 秒)のオーダでは、光を吸収したエネルギは電子を励起させ、格子振動へのエネルギ結合のみを経て、局部的な格子破壊をもたらし、周囲への熱の拡散は少ないとされている[2)]。このため、蒸散される部位のみにおいて電子励起、格子振動(熱)、蒸散のプロセスを経る一方で、熱は周囲に拡散されにくく、非熱拡散加工となる(図 1)。この極短時間の光パルスにより、光と物質の相互作用が非熱拡散加工となることが超短パルスレーザ加工の第一の特徴である。図 2 にナノ秒レーザパルスと超短パルスレーザ加工の比較を示す。

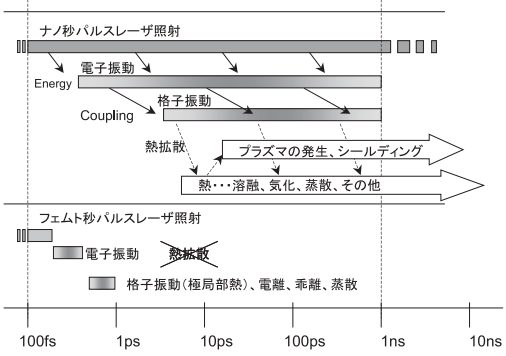
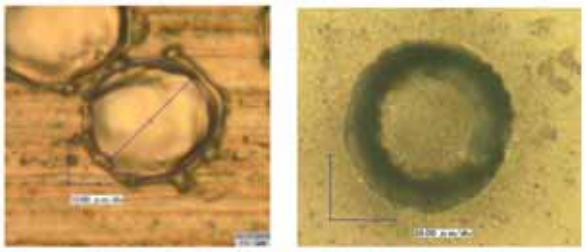


図 1　パルス時間と非熱拡散加工



金属表面の熱伝搬　　ガラス表面の蒸散加工

図 2　ナノ秒(左)とフェムト秒(右)の加工比較

第二の特徴として、光パルスの高ピークエネルギにより、多光子吸収過程が利用でき、石英などの低光子吸収材料の加工が可能となっている。複数の光子エネルギが物質に同時に吸収されるため、例えば波長 790 nm の光は 1.57eV の光子エネルギを持つが、この整数倍のエネルギの授受により、紫外線硬化樹脂を近赤外光で重合させる加工などが報告されている。

第三の特徴には広帯域な光のスペクトルがあるが、これは計測分野では応用範囲の拡大に寄与する一方、加工分野では色収差や光学系におけるパルス時間伸張など、慎重に扱うべき場合もある。

以上のように、超短パルスレーザ光源には３つの特徴があり、レーザ加工などの応用分野に大きく期待がされている。

3．レーザ加工事例

工業技術センターでは、超短パルスレーザ光源に、顕微鏡鏡筒、インチワームピエゾステージ、波長変換ユニットを組み込み、光超微細加工装置として近赤外から紫外までのフェムト秒レーザ加工を

可能としており、この加工事例について紹介する[3]。

３－１　レーザ微細加工・非熱拡散加工

図３にレーザ微細加工の事例を示す。マッチ棒先端の硫黄部分に超短パルスレーザで福井県県章をマーキングしたものである。超短パルスレーザ光であることに加え、10mW 以下の平均出力を超微細範囲に照射して加工しているため硫黄部分が燃えずにマーキング加工できている。

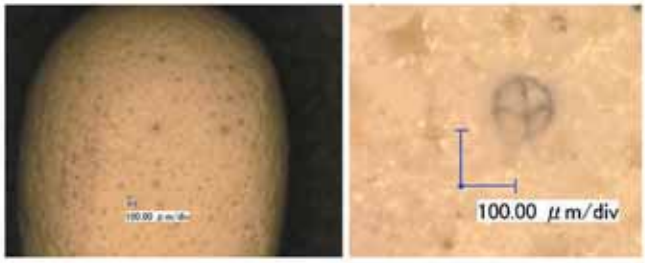


図３　マッチ棒先端のマーキング加工事例

図４には同様の加工を金属表面に行った結果を示す。目視での確認が容易になるように、大きめに加工しているが、スケール上のサイズを示す文字 80 の内部に直径 100μm の県章がマーキングされており、この面積は人毛の断面積とほぼ同程度である。超短パルスレーザでは熱の拡散がないため、このような微細な加工が可能である。

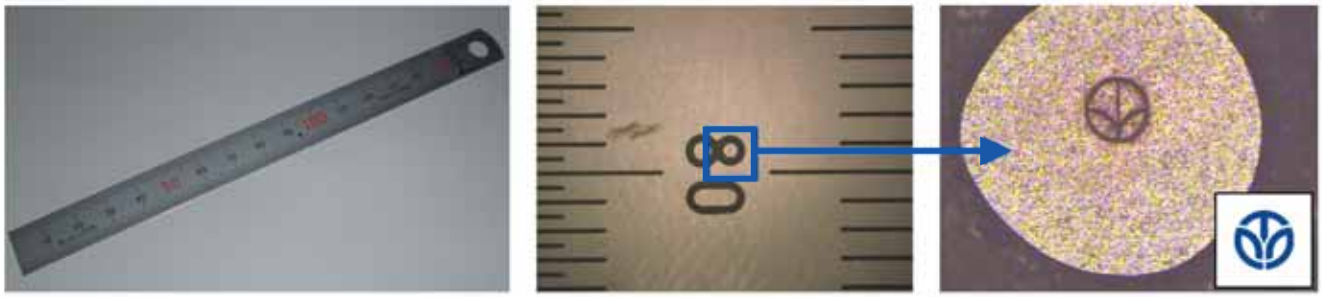


図４　金属（スケール）表面の県章

３－２　低光子吸収材料

図５に低光子吸収材料加工の事例を示す。図はガラス表面に横 260×縦 70μm の大きさの「FUKUI」の文字をマーキング加工したものであり、一文字あたり横 50×縦 70μm である。超短パルスレーザにより、通常のレーザパルス光では透過してしまうガラスでも表面が加工できている。表面状況を拡大すると、図２右側とほぼ同様に見え、蒸散加工によるデブリ・堆積物を見ることができる。

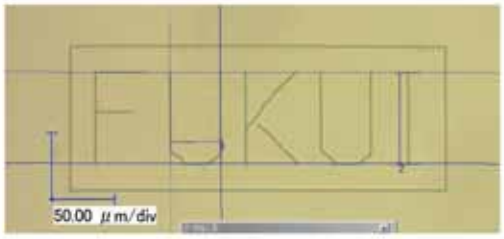


図５　ガラス表面に加工した文字

３－３　超微細マーキング

図６に、超微細マーキングの事例を示す。図左側の黒い領域は人毛であり、その下にはシリコン基板表面に、１文字あたり８×５μm の文字を書いている。将来の福井県産の材料には、図６の様な超微細文字がマーキングされ、情報管理などの面において他県・他国製品との差別化に利用されたいと考えている。

図６　超微細マーキング事例

参考文献

1)（財）ふくい産業支援センター技術開発部：福井県地域結集型共同研究事業～技術移転展開に向けて～研究成果集（2005）

2)玉木裕介：「フェムト秒レーザー技術の基礎知識」、OPTRONICS、11（2003）

3）強力、松井、芦原：「福井県工業技術センターにおけるレーザ加工支援」レーザ加工学会誌 Vol.15,No.3 July（2008）

担当者

創造研究部　高度加工技術研究グループ

主任研究員　　**松　井　多　志**

専門分野 ／ 電子工学：レーザ加工技術、レーザビーム形状制御技術

お知らせ

工業技術センターの共同研究成果が「経済産業省技術環境局長賞」、「モノづくり連携大賞中小企業部門賞」を受賞

◆開繊糸織物プリプレグシートが経済産業省技術環境局長賞を受賞

10 月 7、8 日の両日、岐阜市のじゅうろくプラザで開催された「第 46 回全国繊維技術交流プラザ」(主催：全国繊維工業技術協会等)作品展に出品した、福井県工業技術センターと丸八株式会社(坂井市丸岡町)が共同開発した『開繊糸織物プリプレグシート』が、「経済産業省産業技術環境局長賞」を受賞しました。

この『開繊糸織物プリプレグシート』は、工業技術センターで開発した糸を薄く均一に広げる開繊技術を活用し、シート状に広げた炭素繊維にナイロン樹脂を含浸させたもので、薄いシート材であることから軽量で高強度という特徴があり、航空機や自動車等の更なる軽量化に繋がる高性能の複合材料として注目されています。また、マテリアルリサイクルを可能としており低環境負荷の材料でもあります。

審査では、開繊技術を活かした、優れた性能を持つ繊維強化複合材料であることに加えて、織物としての美しい表面効果を併せ持っていることも含めて今後の展開が期待されるとの講評を得ました。

【全国繊維技術交流プラザについて】

全国繊維技術交流プラザは、全国の繊維技術に関わる公設試験研究機関が相互の技術力の向上を図るため、毎年一堂に会して研究開発成果の「作品展」「デザイン展」および「研究成果発表会」を行うもので、昭和 38 年から行われ、第 46 回目となる本年度は岐阜県での開催となりました。

今回の作品展では、全国の公設試研究機関が開発した作品、素材計 57 点が出展され、その中で『開繊糸織物プリプレグシート』が優秀な作品に贈られる経済産業省産業技術環境局長賞を獲得しました。

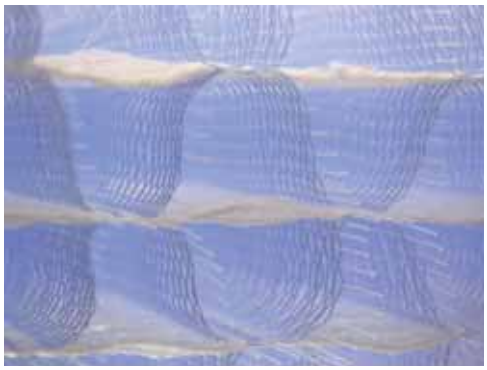
開繊糸織物プリプレグシート

担当者　創造研究部　先端マテリアル研究グループ　川邊　和正

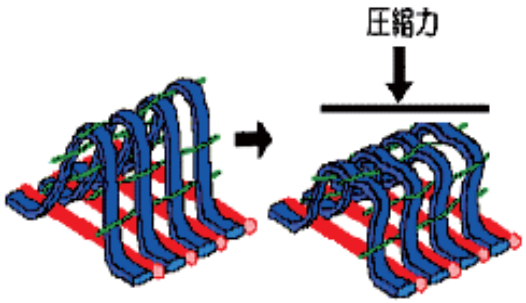
◆多層構造織物技術の開発がモノづくり連携大賞中小企業部門賞を受賞

「第３回モノづくり連携大賞」(主催：日刊工業新聞社、共催：新エネルギー・産業技術総合開発機構、中小企業基盤整備機構)に福井県工業技術センターの『繊維王国福井の人・技連携でヒット商品を創出した多層構造織物技術の開発』が中小企業部門賞を受賞しました。

福井県工業技術センターが中心となって地域の産学官の力を集め、通気性とクッション性、耐久性を併せ持ち、かつリサイクル可能な多層構造織物を実現するための、糸素材開発、織構造設計、製織技術、評価技術など様々な技術課題を解決しました。その成果を大手寝具メーカーなどと連携して快適性ベッドパッドなどのヒット商品開発につなげたことが高く評価されました。



多層構造織物断面



扁平糸を用いた多層構造織物の図解

11 月 26 日に東京ベイ有明ワシントンホテルでの表彰式に福井県工業技術センター所長が出席し、同日東京ビッグサイトでの「中小企業総合展」特設会場において受賞者代表によるプレゼンテーションとパネルディスカッションが開催され、パネラーとして当センター所長が受賞の内容、開発に至った経緯などを広く紹介しました。

表彰式

パネルディスカッション

【モノづくり連携大賞について】

モノづくり連携大賞は、工夫された連携の仕組みと、技術内容の両方に注目して優れた案件をたたえるとともに、他機関が参考にできるモデルとして社会に発信することを目的に平成 18 年から行われ、平成 19 年 4 月から平成 20 年 5 月までに、大学・公的研究機関と企業が加わった産学(官)連携グループで活動し、知的財産の社会的活用にある程度のめどをつけた案件が受賞の対象となっています。

今回、全国から 94 件の応募があり、その中で連携経緯(シーズとニーズの連携に、どんな特徴があるかなど)、技術内容(要素技術から用途開拓まで、創出された技術、成果の革新性、独創性)、市場性(販売実績やマーケット評価)、社会貢献性・地域性など審査された結果、「モノづくり連携大賞中小企業部門賞」を受賞しました。

担当者　化学・繊維部　テキスタイル研究グループ　増田　敦士、村上　哲彦

福井県工業技術センターニュース　　No.95　　平成 20 年12月発行

編集・発行　　福井県工業技術センター　企画支援室
〒910-0102　福井県福井市川合鷲塚町 61 字北稲田 10
Tel : 0776-55-0664　Fax : 0776-55-0665
E-mail : kougi@fklab.fukui.fukui.jp
URL : http://www.fklab.fukui.fukui.jp/kougi/

☆環境への配慮から、ご来場につきましては、出来る限り公共交通機関を利用してください。
また、止むを得ず自動車で来られる場合には、アイドリングストップにご協力ください。

表紙写真：開繊糸織物プリプレグシートと多層構造織物