

ものづくりの技術

September 2014

拓く

No. 46

「拓く」(92期部門長就任にあたり)

92期部門長を拝命いたしました諸貴です。微力ながら部門の発展に尽くす所存です。せっかくの機会をいただきましたので、私の認識する部門の課題などを述べさせていただきます。

(1) 求められる変革

これをお読みになっている多くの方々には、「ものづくり」が世界経済での日本の位置を向上させてきたという自負をお持ちになり、またこれからそうしなければならないとお考えのことと思います。しかし、リーマンショック後の世界景気は不透明感が増す一方、アジア諸国の台頭の影響も目ましく、これまでのものづくりを守るだけでは経済的な位置を維持できないのは明白であり、新しい「ものづくり」を考えるだけでなく、それを始める時期に来ていると思います。

話は変わりますが、大学に関連した議論でよく言われるのが18歳人口の減少と学生気質の変化です。最近の学生は以前にくらべてまじめではあるものの自ら学ぶ姿勢が必ずしもないといった傾向が強いようで、各大学とも従来の一方的講義を見直し、講義の進め方に新たな工夫をするように求められています。併せて、国際化にも対応できる学生を育てな



首都大学東京
諸貴 信行

いとも求められています。

さらには分野横断的な学科が増えつつあることから、古典的な機械工学科の存在意義そのものも問われているのではないのでしょうか。「加工工学」や「工作機械」といった授業科目は各大学とも一時に比べ大幅に減り、機械系の学部卒業あるいは大学院修了といってもどのようなカラーを持つ学生が輩出されているのか不明確な状況になり、各学科のポリシーを明文化するよう求められるようになりました。

このようにあらゆる場面で求められる変革を部門としてもしっかりと受け止めるとともに、強くアピールしていくことが求められています。

トピックス

「拓く」(92期部門長就任にあたり)

技術レポート

- 5軸・複合加工機の運動誤差の測定・補正のためのR-test解析ソフトウェアの開発
- 複列アンギュラローラーリングRW形

部門講習会報告

- 『自動車技術を支えるこれからの生産加工と工作機械』開催報告
- 『カスタムメイド医療を実現する生産システム』開催報告

部門優秀講演論文表彰

部門からのお知らせ

- 第10回 生産加工・工作機械部門講演会「生産と加工に関する学術講演会2014」

(2) 最近の学会および部門の動き

本会学術誌の再編が行われ、2014年1月からレビュー誌、論文集(英・和)、およびレター誌となりました。学術誌としての一体感は強くなったものの、その効果が表れるのはしばらく先になりそうです。

2012年(90期)、当部門では光石 衛部門長を中心に「人を育てる」というポリシーを策定しました。しかし、学会・部門ともに登録者数の減少が続き、学会の財務状況も悪化の一途をたどりつつあり、落ち着いて人を育てることもままならないように思います。学会からは今期も新しいポリシーステートメント策定を求められており、具体的・定量的な目標を示すように求められています。部門間の連携を重視する傾向がみられることから、将来的な部門の統廃合を視野に入れ、各部門の力量を見定めるための布石とも捉えられます。

当部門の登録者数は2014年4月時点で3,490名(第1-5位登録合計)であり、21部門中12位の数で中堅に位置していますが、第1位の登録率が高いことが特徴の一つといえます。登録者の満足度を、より高めるような部門運営が重要と考えます。例えば、隔年で開催される部門講演会と国際会議LEM21の優れた講演を選び、和英それぞれの論文集の特集号を必ず発行するようにしています。また、レビュー誌につ

いても執筆者推薦の推薦を積極的に進めています。毎月、会員のお手元に届く会誌の小特集の新しい企画を検討します。このような実績を残しつつ存在をアピールすることが重要と考えます。

(3) 魅力的な学会、部門とは？

単純な疑問として、研究者・技術者はなぜ学会に入るのでしょうか。魅力、メリットなどの強い動機付けがなければ学会員を継続することはなくなってしまうはずで、大学研究者は、自分の研究を発表して有意義なディスカッションができる講演会と、短い査読機関で論文が掲載されることが重要かと思えます。その意味で、前述のように講演発表から論文集掲載につなげる道筋を常に示すことは有意義と考えます。

一方で当部門の登録者数の半数程度を企業技術者が占め、企業会員も魅力を感じる部門でなければなりません。例えば有意義な講演発表と聴講・交流の場を提供することもその一つと考えられますが、多様なご意見を集約するため、今期の運営委員には無理をお願いして多様な企業の方々をお迎えしました。自由闊達な議論を行いながら魅力的な部門にするための運営を心掛け、部門の新しい時代を切り拓いて行きたいと考えています。

前部門長の渋谷哲朗氏が提唱された国際化イニシアチブは2015年度（93期）実施に向けて今期に計画を具体化する予定であり、EMOショーへの若手研究者・技術者の派遣や海外研究拠点との交流を通じた人材育成とネットワーク形成が部門の魅力の一つとなればと考えています。この企画と併せて日本工作機械工業会との連携も強化し、今年度開催予定の工作機械見本市においても部門紹介のポスターを展示する予定となっています。

ここ数年の部門運営を見ていて、やや不透明に見えかねないのが部門贈賞です。趣旨や選考基準などを差支えない範囲で公開し、応募を増やすことが重要だと考えます。その他、運営を透明化することで新しい運営委員の方も入りやすくして新陳代謝を活発にすることが運営にプラスになると確信します。

なお、当部門と関連する研究協力部会 RC は長い歴史を持ち、景気の影響を受けた興隆はあったものの、現時点でも活発な活動を継続しています。学会運営に対する意見を聞くのは運営委員会に限られたものではありませんので、RCとも連携を取りつつ部門の将来を考えて参りたいと思います。関連するの方々のご支援とご協力をお願い申し上げます。

技術レポート

5軸・複合加工機の運動誤差の測定・補正のための R-test 解析ソフトウェアの開発

京都大学 茨木 創一

●開発の目的

5軸制御マシニングセンタや旋盤形複合加工機では、例えば回転軸と直進軸の直角度誤差は、組み立て誤差が原因で生じる場合が多い。そのため、回転軸単体の運動精度がいくら高くても、十分な精度が出ないときがある。もちろん、回転軸単体の運動誤差も重要である。特に、旋回に伴い、重力による変形が生じる軸構成が多く、割り出し精度はきちんと管理されていても、工具端で誤差が生じる場合も多い。

また、熱変形や経年変化は、全ての工作機械にとって大きな誤差要因だが、5軸加工機では特に影響が大きい。例えば、ある直進軸が一定量伸びたような単純な変形でも、旋回中心の位置がシフトしたのと等価になるため、加工物の形状誤差に直結する場合が多い。

そのため、5軸加工機の運動精度は、工作機械メーカーが出荷時に十分な検査と調整を行うのはもちろんのこと、ユーザーも、現場での加工に合わせて、誤差測定と補正を行わなければ、高い加工精度を維持するのは難しいと考える。誤差の測定さえできれば、定期的に補正を更新し、運動精度を常に最適な状態に保つ、ということも可能になると考えた。

● R-test 測定とは

このような目的から、「R-test」という測定法を基礎に、測定結果を解析し、誤差の原因診断、誤差補正を行うソフトウェアを開発した。

R-test 測定器は、チューリッヒ工科大学の Weikert らが最初に発表した。2015年頃に発行予定の ISO 10791-6 規格の改定版には、5軸加工機の新しい精度検査法が幾つか追加され

るが、その多くは、R-test 測定器でも行うことできる。

図1は、主軸旋回形の5軸加工機に対して、R-test 測定を行っている様子である。主軸に基準球を付ける。テーブルに固定された測定器には、概ね球の中心を向いた、3本の変位センサが取り付けられている。各々のセンサの変位を換算して、球の3次元変位を得る、というのが測定原理である。

図1に示すように、回転軸を一定角度毎に割り出し、球が動かないように、直進軸を同期して位置決めする。実際の球の変位を、R-test 測定器で測定する。これを、もうひとつの回転軸の角度を変えて繰り返す。

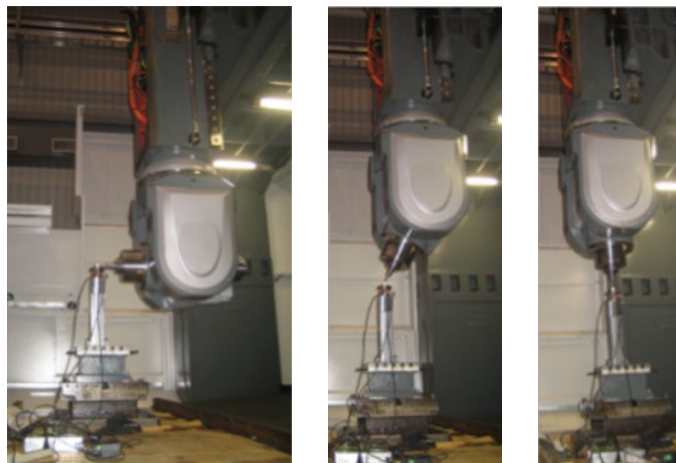


図1 主軸旋回形の5軸加工機に対する R-test 測定

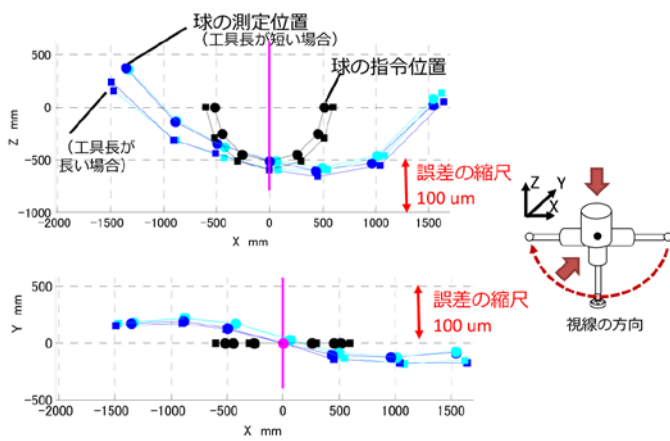


図2 R-test 測定例. 回転軸を30度毎に割り出したときの球の位置を、回転中心を基準にプロットしたものの、上：XZ面への投影、下：XY面への投影。

●ソフトウェアの概略と測定例

開発したソフトウェアの主な機能は以下の通り。

① R-test 測定の実施

②測定結果の表示

回転軸の運動を直感的に理解できるように、測定データを3次元空間内での軌跡に変換して表示する。

③回転軸の運動誤差の数値化

回転軸の軸平均線の位置・姿勢誤差（幾何誤差）だけでなく、回転軸の誤差運動（「誤差マップ」）も数値化できる。

④誤差補正

現状では、ファナック株式会社製CNCの「3次元回転誤差補正」機能に対応する。

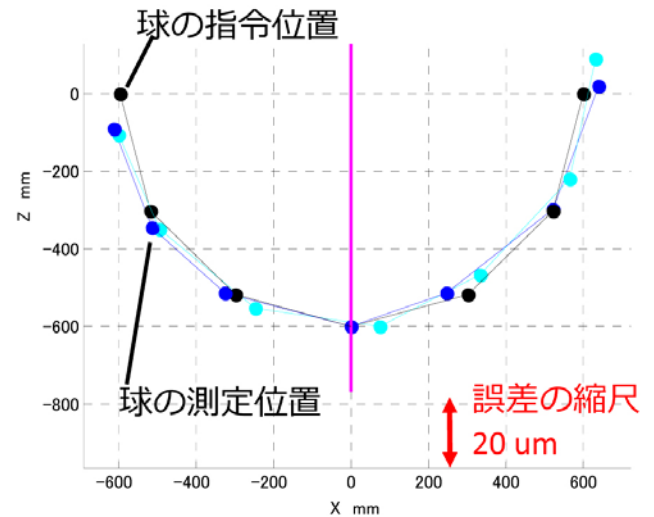


図3 補正後の測定軌跡. 図2（上）と同じ測定。

図2は、R-test 測定例である②。回転軸の回転と共に、工具端が3次元空間内をどのような軌跡で動くかを、視覚的に理解できる。また、④の誤差補正を行い、同じ測定を繰り返したところ、図3のように大きく誤差が低減された。

●最後に

本ソフトウェアは、主軸旋回形の外に、テーブル旋回形、テーブル・主軸旋回形、旋盤形複合加工機にも対応する。また、ISO 10791-6 規格に追加された検査も解析できる。

本ソフトウェアは、著者と福田交易（株）の共同研究の成果として開発され、福田交易（株）から販売する。本ニュースレターの、福田交易（株）の広告（「FKDシステム」）もご覧いただければ幸いです。

技術レポート

複列アンギュラローラーリング RW形

THK株式会社 村田 智純

1.はじめに

近年、工作機械は5軸加工機（図1）に代表されるような複合加工機が主流になりつつあります。

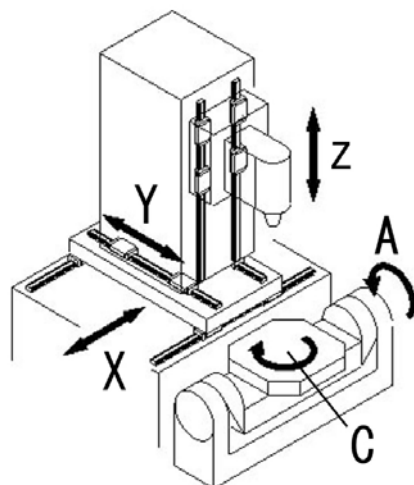


図1 5軸加工機

『複列アンギュラローラーリング：RW形（図2）』は、このような工作機械の回転テーブル（A軸、C軸）に使用される軸受で、円筒ころを複列にDB接触構造で配置することにより、コンパクトでありながらも、低トルクで高剛性を有する高機能な軸受です。

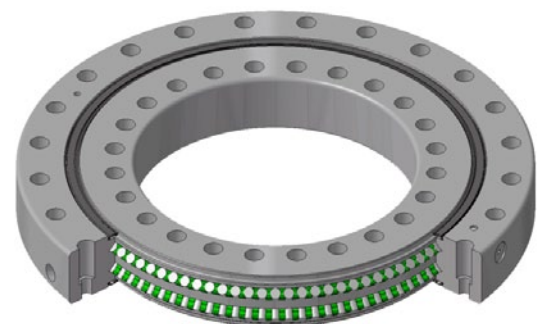


図2 複列アンギュラローラーリング RW形

2. 回転軸用軸受の課題

従来の工作機械用回転テーブルには、コンパクトで比較的剛性のある『クロスローラーリング RU形 (図3)』などが広く用いられてきました。



図3 クロスローラーリング RU形

クロスローラーリングとは、一条の軌道溝に円筒ころを直交配列させた軸受ですが、近年の工作機械の性能向上に伴い、軸受には更に高剛性の要求が高まってきました。しかしながら、従来のクロスローラーリングの構造では、軌道長の差によるすべり (図4) の影響で、回転トルクの増大や発熱が避けられませんでした。

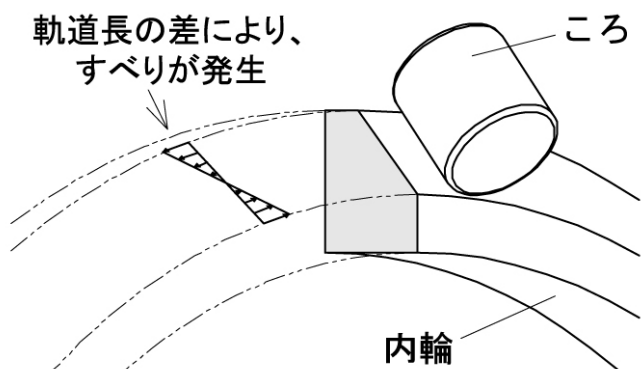


図4 軌道長の差によるすべり

この技術的課題に対する答えとして、同様にコンパクトでありながらより高剛性で回転トルクの増大を抑えた『複列アンギュラローラーリング: RW形』が開発されました。

3. RW形の構造

RW形と従来型であるRU形の断面構造と寸法の比較をそれぞれ図5と表1に示します。

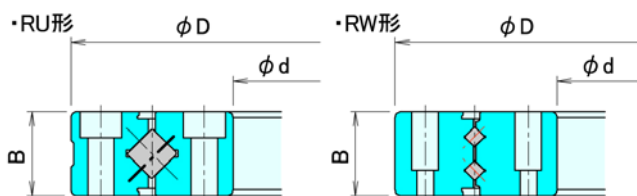


図5 RU形とRW形の構造比較

表1 RU形とRW形の寸法比較

[単位:mm]

呼び形番	内径 : d	外径 : D	幅 : B
RU228	φ 160	φ 295	35
RW228			
RU297	φ 210	φ 380	40
RW297			
RU445	φ 350	φ 540	45
W445			50

RW形はRU形に比べ、大幅に小径の円筒ころを転動体に用いています。これにより、大きく寸法を変更することなく、転動体の複列配置が可能になりました。

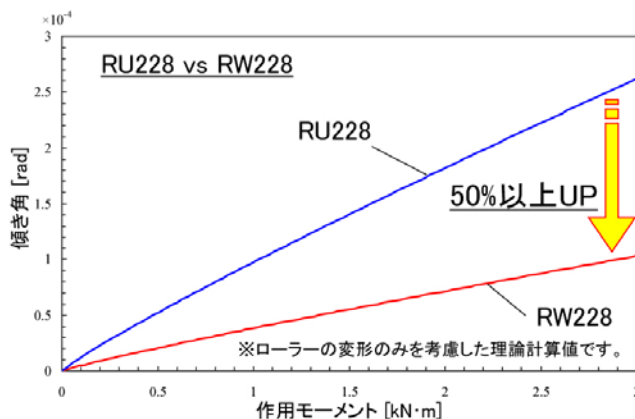


図6 RU形とRW形の理論剛性比較

また、RU形に比べ転動体数が約4倍に増加し、従来型に比べ50%以上の剛性向上を達成しました (図6)。

更に、転動体の小径化はすべりによる回転トルクの上昇を抑え、発熱も抑制されたことで、従来型より高回転での使用も可能となりました。

部門講習会報告

『自動車技術を支えるこれからの生産加工と工作機械』開催報告

上智大学 坂本 治久

2014年3月11日(火)に生産加工・工作機械部門企画の講習会「自動車技術を支えるこれからの生産加工と工作機械」を上智大学12号館12-203室にて開催しました。企業、大学の技術者・研究者に加え、大学院生を含む約60名の聴講者にご参加いただき、盛況に開催できました(図1)。

自動車技術の発達とともに、生産加工とそれを支える設備に対する要求が高まっています。自動車生産においては、車体、パワートレイン等によって、適用される技術や要求される加工仕様も異なります。また、生産ラインにおいて、鍛造、鋳造、機械加工、溶接、熱処理等、適用される加工法と加工

設備も異なります。これらの加工に関する技術は、自動車技術とともに、日々、進化しています。そこで本講習会では、自動車技術会生産加工部門で検討した5年後、10年後、15年後に要求される生産技術のロードマップに基づいて自動車製造技術の現状と今後の展開について紹介していただくとともに、主要自動車メーカー5社の技術者の方々に、自動車生産における最先端の考え方とその実践、さらには今後の開発課題について講演をいただきました。

自動車製造技術のロードマップ

最初に、本講習会の基調講演として、慶應義塾大学の青山英樹教授により、「自動車製造技術のロードマップ」と題して、自動車技術会生産加工部門において検討された中長期的な生産技術ロードマップと、そこから明らかとなる今後の自動車生産技術における技術課題について説明していただきました(図2)。このロードマップは、製造技術に関して網羅的に技術分野をカバーしており、それによると、工作機械のみならず素形材加工機械までを包括的に考慮した技術開発が重要であることが明らかとなっています。

多様化とグローバル化への対応

次に、日産自動車(株)の白木敏文氏により、「自動車製造のグローバル化と電動車の普及に対応する生産技術戦略」と題して、電気自動車に代表される車両の多様化および生産のグローバル化に対する対応技術について講演をいただきました。同社は日産生産方式(NPW)という共通コンセプトのもとで、グローバルに同期生産方式を実現してきています。同社は、グローバル化に対しては主要市場の近くに個々の生産体制を整える、いわば「地産地消」を実践しています。そのような中で、日本においては、ものづくりのリーダーとなる「マザープラント」を構築し、「ハードの標準化」と試作から量産へと進展する過程におけるものづくりのための「人・仕組みの転写」プロセスの確立を課題としているとのことです。

生産プロセスのイノベーション

午後は最初に、(元)本田技研工業(株)の新木進一氏から「自動車生産設備に求める考え方」と題して、自動車生産におけるイノベーション実現のための根本的な考え方について講演をいただきました。まず、さまざまな局面や製品に対

してどのようにイノベーションがもたらされたかを総括した上で、ものづくりのイノベーション、すなわちプロセスイノベーションを実現するための考え方について、多くの事例を交えながら紹介していただきました。

工程集約と設備のコンパクト化

次に、トヨタ自動車(株)の前田千芳利氏により、「自動車生産技術の現状と今後」と題して、ものづくりのグローバル展開についての考え方について講演していただきました。同社は、グローバル・エンジン・ライン(GEL)という基本コンセプトのもとで、世界中の工場における生産ラインの統一するための基本ルールを既に確立しており、今日では、工程集約と設備のコンパクト化によるフレキシブルで迅速な生産体制の実現に取り組んでいるとのことです。

共通化による生産プロセスの効率化

次に、マツダ(株)の三上博司氏により、「自動車生産における評価技術の現状と今後の展開」と題して、自動車生産における多様性と効率化の両立への取組みについて講演をいただきました。同社では、設計部門と生産部門の間での高度で包括的な技術的検討により、車両やエンジンのベース構造の共通化を実現し、清算する自動車の多様性と生産プロセスの効率化の両立を実現しているとのことです。

フレキシブルな生産体制

最後に、三菱自動車工業(株)の田中壮治氏により、「三菱自動車におけるエンジン部品機械加工ラインの取組みと今後の展開」と題して、生産ラインの構成に対する取組みとその実践について講演していただきました。講演では、生産ラインの構成に対する歴史的な改善過程を紹介した上で、今日の生産ラインにおいては、気筒数の異なるエンジンであっても共流し生産ができる究極のフレキシビリティが実現されていることを紹介されました。

今回は、募集定員を超えて教室がほぼ満席となる中、聴講者が熱心に耳を傾け、あるいは真剣にメモを取るなど、熱気あふれる講習会となりました。各ご講演の後には、多くの質疑応答がなされ、活発な議論が交わされることにより、実り多い講習会となりました。ご多忙中、ご講義をいただきました講師の皆様には改めて御礼申し上げます。



図1 ほぼ満席状態となり熱気あふれる講習会の様子



図2 慶應義塾大学 青山教授による自動車製造技術のロードマップを紹介する基調講演の様子

「カスタムメイド医療を実現する生産システム」開催報告

株式会社 牧野フライス製作所 宮下 宗仁

●はじめに

インプラントによる人工関節置換術は飛躍的に進化しましたが、この市場は80%以上が海外製品で占められており、日本メーカーの成長が切に望まれています。一方、骨切除の精度やインプラントのサイズの限界により、術後の機能回復に影響を及ぼすケースがあります。そのため、個々の患者に合わせたカスタムメイドのインプラントを導入する動きが加速していますが、薬事法の規制もあり、また病院とメーカーとの連携や生産システムなど、多くの課題が存在しています。

さる5月27日(火)に日本機械学会会議室にて開催された生産加工・工作機械部門企画の講習会「カスタムメイド医療を実現する生産システム」では、そのような困難な課題に日々対応されておられる講師の先生方を7名お招きし、カスタムメイド医療について様々な視点からご講義をいただきました。また聴講者には企業および大学の技術者や研究者など20名ほどにご参加いただきました。

以下、講義の大まかな内容をご紹介します。

●期待される日本のものづくり力

講習会の基調講演として、東京大学の杉田直彦氏をお招きし、ご講演いただきました。最初に、日本の医療機器の市場規模、日本の人工関節のシェア、アジアの市場規模について説明していただき、今後の市場拡大に伴い、工作機械業界がどこまで貢献できるか、その可能性と複合加工機(積層造形含む)に対する期待について説明していただきました。次に、日本の薬事法と国のカスタムメイド医療のガイドラインの動向について解説していただき、現在、主流として認可されているのはインプラントのセミカスタムメイドであり、フルカスタムメイドは安全基準の確立など多くの点で課題が存在していることをご報告いただきました。また、カスタムメイド医療以外の話題として、医療現場で活躍する海外製の手術支援ロボットを紹介していただき、産学官一体で開発している日本製の医療支援ロボットの事例も興味深く取り上げていただきました。

●ソフトウェアソリューション

ダッソー・システムズ(株)の岡部英幸氏からは、医療機器業界に革新をもたらす3Dエクスペリエンスについてご講義いただきました。日本で医療機器業界に参入する上での課題として(1)規制産業であること、(2)人命に関わりリスクが高いこと、(3)医療現場のニーズや課題がものづくり現場に行き届かないことの3点を挙げ、それらを克服するための提案として(1)設計製造プロセスの管理と規制準拠の支援、(2)直観的な設計操作と人体モデルを含んだ検証による安全品質のつくり込み支援、(3)ものづくり現場と医療現場を3Dモデルでつなぐコミュニケーション支援のためのソフトウェアソリューションについて解説していただきました。

●複合加工機の活用事例

中村留精密工業(株)の深澤優之氏からは、カスタムメイド部品を対象とした複合加工機の活用事例についてご講義いただきました。インプラント部品のほとんどは輸入品で日本人の骨格に適合しておらず、このような背景において、高齢化に伴いカスタムメイドのインプラントの需要が増えることを見越し、それに応えるために開発している高能率で変種

変種にも対応可能な工作機械について解説していただきました。具体的には、旋削とミーリングを組み合わせた複合加工機、CAD/CAMによるプログラム作成、シミュレーション支援などを取り上げ、実際の加工事例やシステム運用事例について紹介していただきました。

●光造形+切削加工の成果

(株)松浦機械製作所の天谷浩一氏からは、金属光造形複合加工機によるカスタムメイド医療機器の製造・設計についてご講義いただきました。金属造形と切削加工を組み合わせた複合加工機の開発と医療分野への応用事例について紹介していただきました。積層造形品をインプラントとして採用するための具体的取り組みとしては、(1)材料開発(機械特性と安全性の評価)、(2)設計製作技術開発(CTスキャンデータからCADデータを創出するソフト開発)、(3)医療部品開発(人工骨や人工関節のステムの開発)を挙げ、その成果を解説していただきました。積層造形部品をインプラントとして実用化する上で、薬事法による規制など、様々な課題が残っていることも最後に示していただきました。

●歯科医療への挑戦

レニショー(株)の大竹尚氏からは、歯科医療に向けた計測技術の応用についてご講義いただきました。歯科用カスタムメイドとしては、仮歯などの補綴物について、長年の課題である鋳物による形状精度の問題を取り上げ、その解決策として、形状精度の高い切削品を提供する装置・システムの開発について解説していただきました。また過去に他企業と協業で開発してきた具体的な商品の歴史と、今後の開発の方向性(形状計測やCAD/CAM、切削など)について説明していただきました。

●頭蓋骨プレートの事例

京セラメディカル(株)の圓林正順氏からは、カスタムメイド医療を実現する生産システムについてご講義いただきました。頭蓋骨プレートを例に、設計・製造プロセスについて説明していただき、具体的にはCTスキャンデータを入手してからCAD/CAMを用いての設計、5軸NC加工機での加工、形状検査、洗浄、梱包・発送するまでの一連のプロセス、ならびに病院との連携について説明していただきました。また、カスタムメイドの今後の課題として、(1)薬事法の適用範囲の明確化、(2)保険適応のための優位性の立証、(3)製品コストの低減の3点を挙げていただきました。

●カスタムメイド医療の勘どころ

ナカシマメディカル(株)の石坂春彦氏からは、カスタムメイドインプラントの開発動向についてご講義いただきました。人工関節や骨接合材など、薬事法のさまざまな規制・要求に応えつつ粛々と商品として開発した過去の具体的事例を紹介していただきました。またその中でカスタムメイド承認のポイントとして、(1)インプラント材料の安全性の立証、(2)設計・製作したインプラントが患部へ適合しているかどうか、その有効性の立証、の2点が特に重要であると解説していただきました。

●さいごに

ご多忙中、本講習会のためにご講演、ご講義をしていただきました講師の先生方には改めましてお礼申し上げます。

部門優秀講演論文表彰

Construction of a surface profile measurement system by using a nanopipette ball probe with shear-force detection

東北大学大学院工学研究科ナノメカニクス専攻
小玉 一成, 伊東 聡, 高 偉

マイクロスケールの直径を有する微小開口は自動車エンジンの燃料インジェクタ, 塗工ノズル先端, 光学機器のピンホールなど様々な用途に用いられている。これらの機器の性能は微小開口内部の寸法や形状にも大きく影響されるため, 開口内部に挿入し, 内部の寸法や形状を測定可能な測定装置が必要とされている。3次元座標測定機 (Three-dimensional Coordinate Measurement Machine: 3D-CMM) は巨視的な構造物の測定に広く使用され, 開口部分の内径や穴深さなどの寸法計測に用いられる。近年では, 3D-CMM を小型にしたマイクロ CMM の開発が行われている。マイクロ CMM ではマイクロスケールの小型測定子を有するスタイラスが要求されているが, 一方で, スタイラスの小型化により剛性の低下が生じるため, 測定力によりスタイラスに変形が生じてしまう。スタイラスの変形は測定精度の低下を引き起こすため, 小型スタイラスに対応した高感度な接触検出を有するプロービングシステムが求められている。

本研究では, 中空ガラス製ナノピペットを用いた微小球付きナノピペットスタイラスを作製し, 測定対象物表面に存在するメニスカス層と呼ばれる水膜層との相互作用力検出を用いた高感度なプロービングシステムの開発に取り組んだ。図1に微小球付きナノピペットスタイラスの光学顕微鏡像を示す。中空の毛細ガラス管を熱引き加工により先鋭化したガラス製ナノピペットをスタイラスシャフトとして使用する。ナノピペット先端には高い直径精度を有する直径9 μm のシリカ球が接着され, 球状測定子として使用した。測定子と対象物表面との接触検出には対象物表面に存在するメニスカス層との相互作用力検出を応用した。メニスカス層は大気中の湿

度に由来する水分によって大気中に置かれた物体の表面に存在する厚さ数10 nm 程度の水膜層であり, その厚さは物体の表面エネルギーと周囲の湿度に依存する。図2にメニスカス層との相互作用力検出の方法を示す。水平方向に振動させたスタイラス先端がメニスカス層と接触すると, 測定子にはメニスカス層の粘弾性による外力 (Shear-force) が作用し, 振動振幅に減衰が生じる。振動振幅の減衰量は測定子-測定対象表面間距離に依存するため, 測定子の接近をナノメートルオーダーの分解能で検出することができる。図3はプローブの変位検出分解能評価の測定結果を示す。試料にはガラス基板を用い, 5 nm のステップ状変位で測定子先端に接近させた。プローブ振動振幅はガラス試料の接近に対応して減少しており, 作製した微小球付きナノピペットプローブはナノメートルオーダーの変位検出分解能を有していることが確認できる。また図4はプロービングの繰り返し性評価の結果を示している。測定子はZ方向からブロックゲージ表面に接近させ, 接触点座標のばらつきを評価した。測定はX方向に位置を変えながら1点当たり5回のプロービングを行った。図4よりプロービング誤差は最大で50 nm であることが確認された。微小球付きナノピペットプローブはメニスカス層との相互作用力検出を用いることにより, サブミクロンオーダーのプロービング精度で測定可能でありことが確認され, マイクロ微細構造物の寸法計測において有力な手法になり得ると考えられる。

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く感謝いたします。

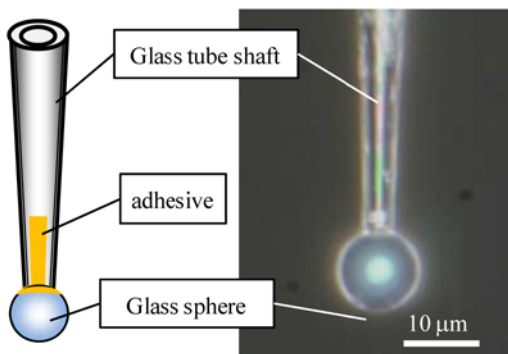


図1 微小球付きナノピペットスタイラス

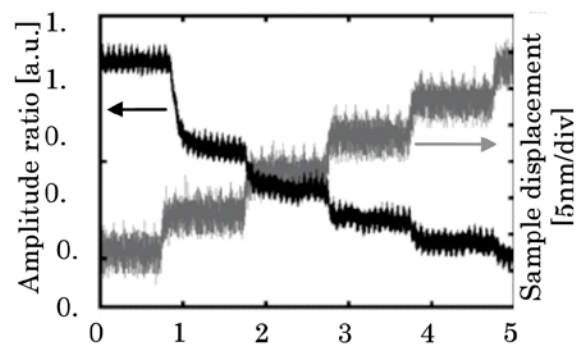


図3 プロービングシステムの分解能評価

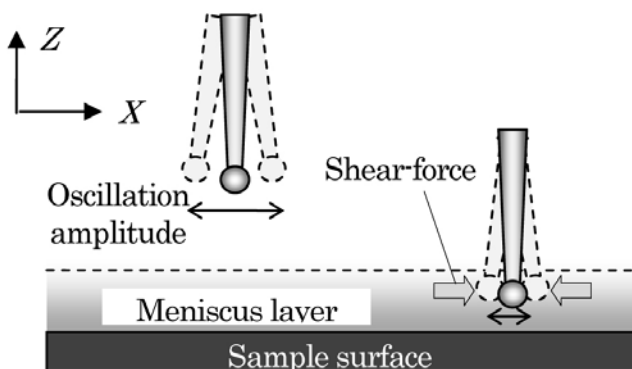


図2 メニスカス層との相互作用力検出

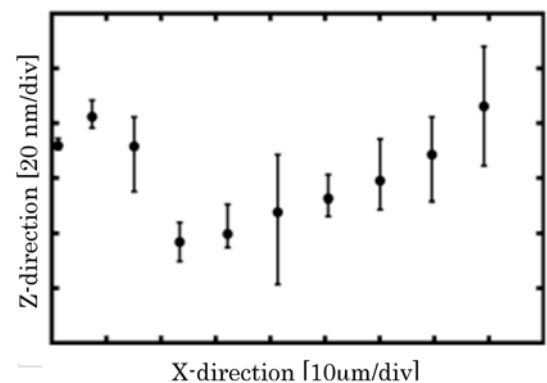


図4 プロービング精度の評価

Coherent Imaging Algorithm of Super-Resolution Optical Inspection with Structured Light Shift

東京大学

工藤 良太 (現大阪大学), 横関 宏樹, 高橋 哲, 高増 潔

半導体, MEMSなどの微細な構造を有する工学的製品は, さまざまなシーンで利用され, 私たちの生活を豊かに変化させてきました. これらの製品のさらなる高性能化, 小サイズ化を目指して, 研究開発が続けられています. 微細な構造を高精度に歩留まりよく, 製造するには, 当然ながら計測技術が大きな役割を果たします. しかしながら, 製品の微細化に伴って, 計測の難度が増し, 工学現場で求められる特徴を全て満たした計測技術が存在しないという状況になってきました. 求められる特徴とは, 高速・非破壊・高分解能などです. これらの特徴を満たすような計測技術を目指して, 我々は変調照明シフト (図1) を用いた超解像光学式計測手法を開発してきました. この手法は光学的計測手法の高速・非破壊という特性を活かしたまま, 光の波動性由来する回折限界という分解能の制限を超えることを目指した手法です. 具体的には変調照明の持つ高周波分布情報と光学系, 照明分布等の先見情報を, 計算機による逐次的な後処理によって, 観察像に反映させることによって回折限界を超えた超解像を達成します (図2). しかしながらこの手法には, ある問題点が存在しました. その問題点は変調照明として, 光の干渉性を利用した定在波照明を使う, コヒーレント結像条件が当てはまる光学系であるにも関わらず, そこから得られたデータを, インコヒーレント結像条件を前提とするアルゴリズムで処理するという, 相互に矛盾した物理条件が手法に内包されていたことから生じていました. この問題のため, 実験においては解像度の劣化などにより, 想定された結果が得られないことがありました. 問題の影響を小さくし, 手法を適用するためには, 分解能の向上効果を制限してしまうような, 限定された条件が必要でした. この問題に対処すべく, 本研究では, 変調照明分布を工夫することにより, コヒーレント結像条件でのアルゴリズム処理を可能にし, 結像条件を揃えるということを実現しました. 従来手法において, 結像条件の違いによって一番問題になっていた性質は, 斜方照明の二光束干渉による定在波分布の隣り合うピークの位相が逆位相であることでした. そこで従来の二光束に加え, 落射照明を, 位相を

調整しながら施すことによって, 定在波照明分布の位相をかき上げし, 分布全域で位相が揃っている新たな三光束干渉の定在波照明を利用します. この照明方法の工夫によって結像条件の差異が十分小さくなり, コヒーレント結像条件での超解像アルゴリズム処理が可能になりました. コヒーレント結像逐次再構成型超解像手法の検証として, 近接する二点散乱体 (間隔は200 nm) の解像シミュレーションを行いました. 通常の光学的観察手法では二点分解不能な解像対象サンプルの分解を目指しました. 従来手法では解像結果に散乱体が存在しない位置にピークが発生する問題がありましたが, 三光束干渉定在波を用いる新たな提案手法においては, 真の試料構造に対応した分布の超解像処理結果を得ることができました. さらに, 提案手法において, 上記と同様のシミュレーションにより, 40 nm という高分解能の達成可能性があることが確認されています.

このたび, LEM21 第7回大会において優秀講演論文賞をいただき, 大変ありがたく光栄に思っております. 関係各位に衷心からの感謝の意を表します.

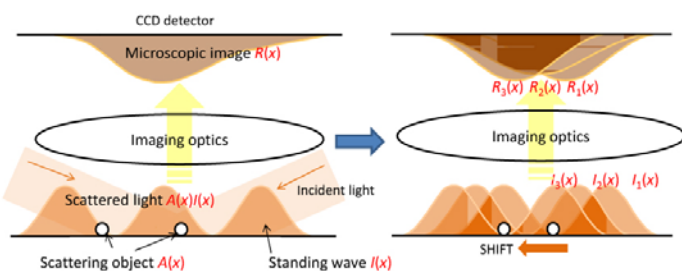
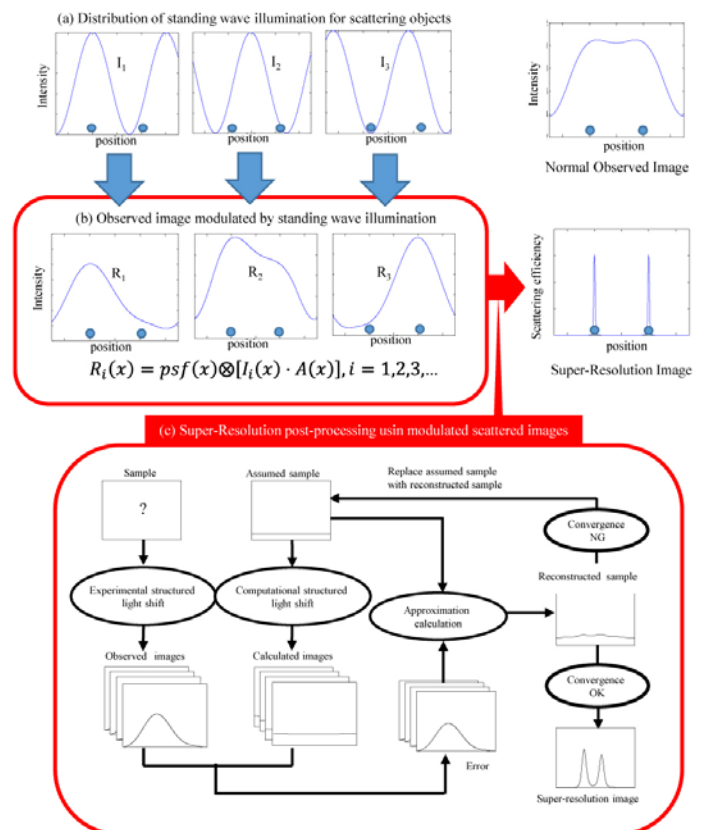


図1 変調照明シフトによる散乱光変調

図2 散乱光変調情報とアルゴリズム処理による超解像処理

Fabrication of Precision Micrograting on Resin Substrate Utilizing Ultrasonic-Assisted Molding

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
ボロトフ セルゲイ, 小林 龍一, 嶋田 慶太, 水谷 正義, 厨川 常元

反射防止, 超撥水・超親水性などの機能性は材料表面上にナノ～マイクロメートルオーダの微細な構造を作製することで付与できることが報告されており, このような機能を応用した製品が様々な分野で注目されています. 例えば, 液晶ディスプレイのバックライト, カメラのレンズや太陽電池などの光学デバイスに対して表面に微細構造を作製することで材料自身を持つ特性を超えた新たな光学機能を付与し, 製品の高性能化・高機能化を実現させる取り組みが行われています. 一方で, 目的とする微細構造を高精度, 高速, 低コストで大面積に作製するためには多くの技術的な課題が残されています. そこで我々は, 上述の課題を解決する方策としてプレス成形による微細構造の転写について検討してきました.

ナノ～マイクロオーダの微細な構造を成形する場合, エッジ先端の転写性や離型性が問題となります. この問題に対して著者らのグループではプレス成形時に超音波振動を援用する新しいプレス成形法を提案しています. この新たな成形法を用いることにより, 表面摩擦抵抗の低減を実現し, その結果としてスリットの充填量増量や流動性の向上の効果が得られることをシミュレーション及び実験的な方法で明らかにしてきました. 例えば, $3\ \mu\text{m}$ ピッチの平行溝成形における転写性の向上などを確認しています. また, 他の研究では超音波の昇温効果を利用して常温で樹脂成形が出来るとの報告もあり, このような現象を応用することで, 本提案手法の更なる発展が期待できます.

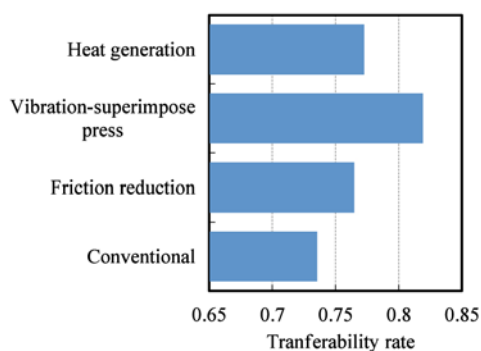


図1 シミュレーションによるV溝転写率比較

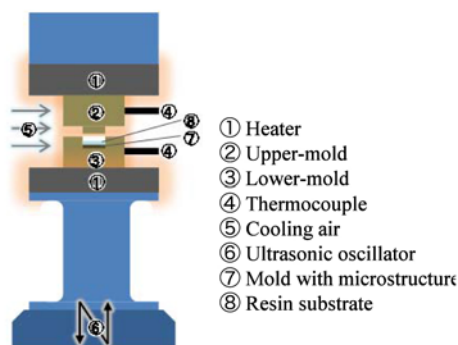


図2 超音波援用成形装置の概略図

以上のことを踏まえて今回の論文ではまず, プレス成形過程における超音波援用の効果をより詳細に解明することを目的として, 超音波援用による昇温効果, 摩擦低減効果, 超音波による金型の高速な運動の効果についてそれぞれシミュレーションモデルを構築し, 超音波援用成形において微細構造の転写率に最も影響する因子について検討を行いました. その後, $3\ \mu\text{m}$ ピッチの格子構造を用いて転写実験を行い, 超音波援用の有無が転写率に及ぼす影響について評価を行いました.

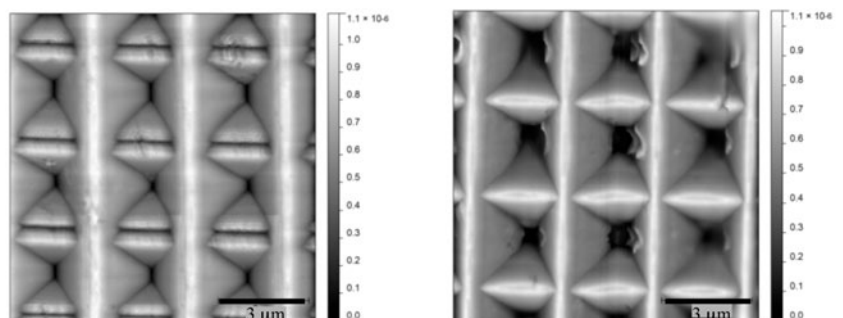
シミュレーションの構築にあたり, まずは超音波援用成形中の樹脂の温度変化および, 樹脂-金型間の摩擦係数の評価を行いました. その結果, 超音波援用による温度上昇の主因は樹脂の粘弾性による発熱であることを明らかにしました. また, 高温環境下での摩擦係数には大きな違いが認められなかったものの, 超音波を援用することによりスティックスリップ現象を抑制できることが明らかになりました.

以上の実験結果を利用してV溝の転写シミュレーションモデルを構築し, 超音波援用による効果をシミュレーション上で比較しました(図1). いずれの効果も従来の成形精度を改善させる働きがあり, 中でも金型の高速運動の効果が最も影響が大きく, 温度上昇とスティックスリップ低減は同程度の影響を及ぼすことが示されました.

さらに超音波援用成形装置(図2)を用いて, $3\ \mu\text{m}$ ピッチの格子構造の転写実験を行い, 超音波援用成形と従来の成形との転写性を比較しました. その結果, 超音波援用成形の方が構造先端部において従来の成形よりも高い転写率を示しました(図3). 超音波援用成形では超音波の効果が複合的に作用することで樹脂の流動性が向上し, 同時に金型が樹脂から離れることで金型エッジ先端部の空気が抜けたためだと考えております.

今後は超音波援用成形をガラス成形に応用した技術の検討を行いたいと思っております. ガラス材料は優れた光学特性と耐候性のため, 更に高機能な光学デバイスを製作が可能になると期待できます.

最後になりましたが, 本研究の優秀講演論文受賞に関し, LEM21 関係者各位に深甚なる感謝の意を表します.



(a) 従来の成形法

(b) 超音波援用成形法

図3 超音波援用による転写率の向上

部門からのお知らせ

第10回 生産加工・工作機械部門講演会「生産と加工に関する学術講演会2014」
(生産加工・工作機械部門 企画) のご紹介と参加申込み方法のご案内

開催日：2014年11月15日(土)、16日(日)

会場：徳島大学常三島^{じょうさんじま}キャンパス (徳島県徳島市南常三島町 2-1)

今回の生産加工・工作機械部門講演会は四国地方で初めて開催されます。会場となる徳島大学常三島キャンパス(図1)は、徳島市の中心街(「ひょうたん島」と呼ばれる中州)の隣接地にあり、徳島駅からも近く、徳島空港からのアクセスのよい場所に立地しています。全国の生産加工・工作機械分野の研究者・技術者の皆様、是非、この徳島へお集まりいただき、活発な学術・技術交流が行われますようお願いいたします。

○参加申込み方法○

第10回生産加工・工作機械部門講演会ウェブページ(<http://www.scoop-japan.com/kaigi/mmtc/>)から“参加登録”タブをクリックし、《講演会・参加申込ページ》の“参加申込はこちらから”をクリックして、お手続き願います。

- ★ 申込締切：2014年10月24日(金)(予定)
- ★ 参加登録費
 - ・会員：9,000円(事前)、12,000円(当日)
 - ・非会員：12,000円(事前)、15,000円(当日)
 - ・学生：3,000円(学生員)、5,000円(非会員学生)
 - ※講演会ウェブページの参加申込みは、事前申込みのみに対応しております。

○企画案内○

- ★ 特別講演
 - ・1日目(11月15日(土))13:00～14:00(予定)
 - 講師：大昭和精機株式会社
技術本部 本部長(執行役員)
内田 安彦氏
 - 題目：「最新ツーリング技術」

- ・2日目(11月16日(日))13:00～14:00(予定)
- 講師：四国化工機株式会社
技術本部技術二部 取締役部長
久米 聡氏
- 題目：「紙容器成形充填機の性能向上」

- ★ 工場見学と渦潮見学
 - ・開催日時：11月14日(金)11:50～19:30(予定)
 - ・定員：30名(予定、先着順)
 - ・参加費：5,000円(当日徴収予定)
 - ・工場見学：ジェイテクト(徳島工場)と四国化工機
 - ・渦潮見学：観潮船による遊覧など(図2)
 - ※詳細はウェブページをご覧ください。
 - ※同業他社の方の参加はお断りさせていただく場合があります。あらかじめご了承ください。
- ★ 企業フォーラムパネル展示
 - ・開催日時：11月15日(土)、16日(日)
 - ※四国の企業を中心に出展予定
- ★ 懇親会
 - ・開催日時：11月15日(土)18:00～20:00(予定)
 - ・場所：徳島大学常三島キャンパス生協食堂
 - ・参加費：5,000円(学生：2,000円)

○交通アクセス○

- 飛行機をご利用の方
 - ・羽田空港 → 徳島空港 約1時間10分
 - ・福岡空港 → 徳島空港 約1時間15分



図1 徳島大学 常三島キャンパス



図2 鳴門の渦潮

◆ 徳島空港から会場までのアクセス方法

- ・リムジンバスを利用される場合
徳島空港 → 大学前 約30分
大学前 → 常三島キャンパス 徒歩約5分
- ・タクシーを利用する場合
徳島空港 → 常三島キャンパス 約25分

■ 高速バスをご利用の方

- ・東京駅 → 徳島駅 約9時間30分
- ・名古屋駅 → 徳島駅 約6時間10分
- ・大阪駅 → 徳島駅 約2時間40分
- ・三宮駅 → 徳島駅 約1時間50分

■ 電車をご利用の方

- ・岡山駅 → 徳島駅 約2時間10分

◆ 徳島駅から会場までのアクセス方法 (図3)

- ・徒歩の場合 約30分
- ・バス利用の場合 約20分
徳島駅前 → 徳島大学前 or 徳島大学南 or 助任橋
各バス停 → 常三島キャンパス 徒歩約5分
- ・タクシー利用の場合 約7分



図3 徳島駅から常三島キャンパスまでのアクセス



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)

一般社団法人 日本機械学会
生産加工・工作機械部門

Manufacturing & Machine Tool Division

— 編集後記 —

生産加工・工作機械ニュースレター No.46 をお届けします。巻頭では第92期部門長の諸貫先生(首都大学東京)より、就任のご挨拶を頂きました。今回の、技術レポートでは京都大学の茨木先生とTHKの村田様にご執筆頂きました。また11月開催の部門講演会の案内も掲載しております。

10月末より日本工作機械見本市(JIMTOF)が開催されますが、併催の第16回国際工作機械技術者会議ポスターセッションに生産加工・工作機械部門もポスターを展示する予定です。部門講演会と併せて、多くの方にお立ち寄り頂ければ幸いに存じます。

委員長：松原厚(京都大学)、幹事：比田井洋史(千葉大学)、小野崎徹((株)ジェイテクト)、加藤秀治(金沢工業大学)、千田治光(オークマ(株))

— Manufacturing & Machine Tool —

No.46 夏季号 2014年9月1日発行
編集 生産加工・工作機械部門・広報委員会

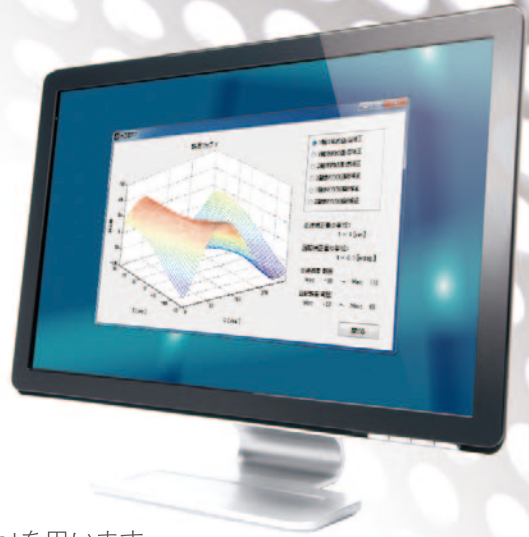
発行者
印刷製本

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

FKD システム ver.1

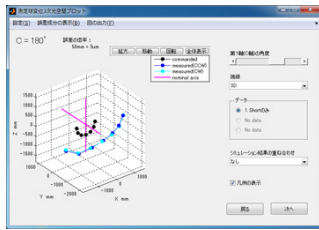
旋回軸を持つ工作機械の 誤差補正が可能!!

5軸制御加工機や複合加工機の運動精度を高めるためには、各軸の運動誤差や、組立て等から生じる累積誤差を測定し、原因を把握することにより、補正を正しく実施することが重要です。



FKDシステムの特徴

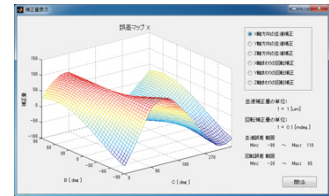
- 初心者でも容易に測定から補正まで実施可能。
- 測定は、ISO 230-1に準拠した測定法であるR-testを用います。
ISO/FDIS 10791-6(国際規格として2015年頃に発行予定)に規定された測定も行えます。
- FKDシステムでは、指令位置に対し、実測位置の変化量を視覚的に運動誤差として把握できます。
- テーブル旋回型、主軸旋回型の5軸加工機に対応。
- 独自開発されたFKDシステム内で誤差マップを作成し、空間誤差補正データが作成できます。



測定結果表示例

軸平均線の誤差		
記述	記号	値
⊙軸中心のX位置誤差 [um]	δsBT	32.7
⊙軸中心のZ位置誤差 [um]	δsBT	50.7
⊙軸・⊙軸中心のずれ [um]	δsCB	-22.5
⊙軸中心のY位置誤差 [um]	δsCB	-60.6
⊙軸と⊙軸の導角度 [mrad]	αCB	1.1
⊙軸と⊙軸の導角度 [mrad]	αLC	0.6
⊙軸と⊙軸の導角度 [mrad]	βLC	2.9
⊙軸の初期角度誤差 [mrad]	γLC	2.6

誤差パラメータ表示例



CNCへ入力する補正量を
視覚的に表示した例

主な機能

- 『三次元回転誤差補正』機能を有した加工機に対応しています。
- R-TEST計測の測定結果に基づき補正を行うことができます。

動作環境

CPU	OSの推奨動作環境に準ずる
メモリ	OSの推奨メモリ+256MB以上
ハードディスク	空き容量1GB以上
モニタ解像度	1024×768(複数ディスプレイ未対応)
DVD-ROMドライブ	インストール時に使用(下記OSで動作するもの)
USBポート	USB端子2口以上(USBキーのインタフェース:USB1.1)

福田交易はJIMTOF2014に出展いたします。
詳細はQRコードより当社ウェブサイトへお進みください。



福田交易株式會社

本社	〒104-0044	東京都中央区明石町11-2	TEL 03-5565-6811	FAX 03-5565-6816
大阪営業所	〒540-0012	大阪府大阪市中央区谷町4-3-1	TEL 06-6941-8421	FAX 06-6944-0241
名古屋営業所	〒460-0013	愛知県名古屋市中区上前津2-14-17	TEL 052-322-6421	FAX 052-322-2384
広島営業所	〒733-0842	広島県広島市西区井口5-20-7	TEL 082-277-6341	FAX 082-277-8199
厚木営業所	〒243-0024	神奈川県厚木市長沼245-7	TEL 046-227-5011	FAX 046-228-6612
北陸営業所	〒921-8005	石川県金沢市間明町1-198	TEL 076-292-2811	FAX 076-292-2510
九州営業所	〒816-0981	福岡県大野城市若草3-5-6	TEL 092-595-4590	FAX 092-595-4591