



メカトップ関東

日本機械学会関東支部ニュースレター No.48 2020.7.5発行

機械学会の中核を担う関東支部として

第27期関東支部・支部長 東京都立大学 吉村卓也



はじめに この度、第27期の関東支部・支部長を拝命いたしました。河合前支部長においては支部におけるブロックのあり方の見直しや、シニア会の活動増強、関東支部規則見直しによる参与制度の確立など多くの貢献をされました。私は甚だ微力ではありますが、何らかの形で関東支部のお役に

立てればと考えています。

支部活動方法の模索 2020年3月に早稲田大学で開催が予定されていた第26期関東支部講演会、第59回学生員卒業研究発表講演会は、新型コロナウイルスの影響により中止となりました。準備を進められてきた早稲田大学実行委員会の方々、ならびに論文発表の準備をされてきた講演予定の皆様のご苦勞を思うと誠に残念でなりません。関東支部講演会が中止となるのは2011年3月の東日本大震災のとき以来の事です。

学会講演会は人が集い、互いに議論をすることで成り立っています。新型コロナウイルスはこのような人間活動に大きな影響を与えるものとなりました。4月7日には東京都を含む7都府県に緊急事態宣言が出され、経済活動にも大きな支障が出てきているところです。このような状況では本来の学会活動はできませんし、私たち一人一人がその行動を見直し、変容を起こすことで一刻も早く状況の回復を望むところです。ま

たこの事態は、同時に学会活動だけでなく経済活動、社会生活の様々な見直しを迫っているともいえます。今年度はこのような状況でも活動を続けるために、その活動形態の見直しを含めて進めていきたいと思えます。具体的にはwebの利用による委員会活動、3密を避けたブロック活動の検討等になると思いますが、全てはこれから委員の皆様と相談を進めるところです。

関東支部からの発信 日本機械学会における関東支部を考えてみます。関東支部の発足は1994年であり今期で27年目を迎えました。本支部は機械学会の中で最も新しい支部ですが、注目すべきはその規模です。日本機械学会の会員数(約37,600名、2019年9月現在)において約15,700名であり、人数比で42%(すなわち約4割)を占めていることが分かります。会員数第二位の関西支部においても会員数が約6,600名で人数比17%であり、その規模には2倍以上の差があります。すなわち、関東支部は機械学会の大きな核となる存在であり学会活動の屋台骨を支えていると言えます。このことから私は、関東支部は学会活動全体や将来を見渡した提言をしていくべきと考えています。

おわりに 関東支部は8つのブロックに分かれており、ブロック活動が関東支部の実質的な活動を支えています。各ブロック活動に携わる方々からのご意見に真摯に耳を傾けながら、上記の発信につなげていくことができると思えます。今年度は不確定かつ予測困難な状況がしばらく続くと思えますが、支部の皆様のご協力を頂きながら何とか乗り切れればと思えます。どうぞよろしくお願いいたします。

第26期総会・講演会の報告

関東支部・事業幹事 早稲田大学 手塚 亜聖

2019年度の日本機械学会関東支部第26期総会講演会は、2020年3月16日（月）および17日（火）に早稲田大学の西早稲田キャンパス（東京都新宿区）で開催される予定でしたが、新型コロナウイルス感染症拡大防止のため中止となりました。これにより例年行われてきました若手優秀講演フェロー賞および若手優秀講演賞の表彰も中止となりました。中止に伴い以下の対応をいたしました。日本機械学会の地震等の災害時に於ける本会行事の対処方針に従い、講演論文集を発行し、掲載論文の取り扱いは、既発表とする。発表予定者からは登録費を徴収し、J-Stageへの登録は、登録費の支払があった発表に限る。なお、別の学会で発表を希

望される等、掲載を希望されない場合は、論文取り下げの対応を行いました。

特別講演には伊藤栄作氏（三菱重工業株式会社）による「グローバルな製品競争力と研究開発」のご講演が予定されており、機器展示には5件の参加が予定されておりました。開催中止となりましたが、準備のためにご協力いただきました皆様には心より御礼申し上げます。

本年度の総会講演会は、2021年3月に慶應義塾大学の日吉キャンパスにて開催される予定です。新型コロナウイルス感染症の終息を迎えることができ、多くの方々がご講演、ご参加できることを願ってやみません。

第59回学生員卒業研究発表講演会の報告

関東支部・学生会担当幹事 東京電機大学 高橋 直也

2020年3月16日（月）に早稲田大学西早稲田キャンパスで開催を予定しておりました関東学生会第59回学生員卒業研究発表講演会は、新型コロナウイルス感染の拡大を鑑み中止となりました。学生員による293件の研究が1セッション3～5件で16室に分かれて発表予定でした。

卒業研究発表講演会は、例年、学生が司会を務めて講演会を進行するスタイルで運営されます。また、全ての発表について各室3名の審査員により、与えられた時間内で研究を論理的に明瞭にわかりやすく発

表を行えたか、さらに質疑に対して的確に回答できたかに重点が置かれた審査が行われ、すばらしい口頭発表を行った学生員に対してBPA（Best Presentation Award）が贈られる予定でした。

この報告ではBPAの受賞者をお知らせする予定でしたが、結果としてそのご報告もできません。

一年間の卒業研究の成果を対外的に発表する講演会が中止になったことは残念ですが、卒業研究発表会の講演論文集は発行されていますので、ぜひご覧ください。

***** CD-ROM版講演論文集購入方法*****

関東支部第26期総会・講演会と関東学生会第59回学生員卒業研究発表講演会、両方の内容が1枚のCD-ROM版講演論文集に含まれます。

金額：会員価格3,000円、会員外価格5,000円（消費税込）

送料：不要

申込み方法：「関東支部第26期総会・講演会CD-ROM版講演論文集購入申込」または「関東学生会第59回学生員卒業研究発表講演会CD-ROM版講演論文集購入申込」と題記し、

(1) 購入個数 (2) 送金額 (3) 氏名 (4) 所属 (5) 送付先住所 (6) 連絡先（電話、E-mail アドレス）を明記して関東支部事務局までE-mailにてお申込み下さい。なお、在庫がなくなり次第終了いたします。

申込先：〒160-0016 東京都新宿区信濃町35番地信濃町煉瓦館5階 日本機械学会 関東支部事務局

E-mail: kt-staff@jsme.or.jp 電話：03-5360-3510

お支払い方法：銀行振込

振込先：三菱UFJ信託銀行 新宿支店 普通預金 No.1979632

一般社団法人 日本機械学会 関東支部

イッパンシャダンハウジン ニホンキカイガツカイ カントウシブ

2019年度 関東支部賞受賞者 表彰

功績賞：山本 誠（東京理科大学）

各種の流体機器・デバイスに関する熱流体・乱流モデル解析において、多くの優れた研究業績をあげるとともに、関東支部役員として長年の功績があり、特に、第25期支部長として、支部運営の活性化・円滑化を目指し、将来に向けた数々の斬新な方針を打ち出し、関東支部の発展に多大な貢献をした。

技術賞：株式会社 吉野機械製作所

新しい省電力プレス加工技術の開発と、これに基づく製品の開発製造を通して、機械技術・機械工業の普及と発展に多大な貢献をした。

貢献賞（2件）

本阿弥 眞治（東京理科大学）

関東支部シニア会設立に献身し、設立後の同会の各種事業の企画・実施に積極的に取り組み軌道に乗せることで、関東支部の発展に多大な貢献をした。

村上 俊明

関東支部シニア会設立に献身し、設立後の同会の各種事業の企画・実施に積極的に取り組み軌道に乗せることで、関東支部の発展に多大な貢献をした。

学生奨励賞（3件）

中村 浩太郎（早稲田大学）

関東支部第26期関東学生会委員長を務め、幹事校会の運営・学生主導行事などの企画・運営を積極的に遂行し、関東学生会の発展に多大な貢献をした。

磯谷 浩孝（早稲田大学）

関東支部第26期関東学生会幹事を務め、幹事校会の運営・学生主導行事などの企画・運営を積極的に遂行し、関東学生会の発展に多大な貢献をした。

南波 城（群馬大学）

関東支部第26期関東学生会運営委員を務め、幹事校会において積極的に委員と意見交換し、同会を活性化させた。特に、学生主導行事である全体交流会の企画・立案・運営において、主体的役割を果たし、本事業を成功へと導き、関東学生会の発展に多大な貢献をした。

2019年度関東支部技術賞受賞

サーボモータ駆動式では世界最大級のプレス機

株式会社吉野機械製作所 岩上 貴

株式会社吉野機械製作所は、太平洋戦争が終わってまもなく未だ荒廃した街並みが残る1948年、東京墨田区の工業高校の一室を借りて創業されました。その後令和の今日まで70年余、一貫して鍛圧機械と板金工作機械のメーカーとして独自の技術を磨き研究開発に情熱を傾けてきました。

家の中の住宅設備を見回してみてください。冷蔵庫や電子レンジなど白物家電、システムキッチン、バスユニット、スチールデスク、ロッカー、パーティション、屋根材、これらは生活に欠かせない基幹となる住設器材です。これらの住設器材は鋼板やプラスチック等の素材を板金加工して住設メーカーで生産されます。そうした住設メーカーを顧客に、吉野機械製作所は良質な鍛圧機械と板金工作機械を提供し続けてきました。

難しいスペックのために大手競合他社で断られた住設メーカーがわが社を頼って来られます。そんな住設メーカーであるお客様に対しても満足の頂ける鍛圧機械や板金工作機械を提供でき、“技術のヨシノ”として国内外に実績を残し、わが国伝統のモノづくりに一役を担ってきました。

ところで、これまで住設メーカーが使用する鍛圧機

械や板金工作機械は、油圧の力で加工する油圧駆動式が主流でした。しかし、油圧駆動式の場合、特に寒冷地では油が温まるまでの暖気運転が必要で機械が仕事するまで時間がかかります。また、長年使用すると油が劣化してドラム缶数本分を交換する面倒な手間を要し、機械の部品が油漏れで汚れるなど様々な欠点や問題がありました。そのため、住設メーカーからは油圧駆動式に代る高性能プレス機の開発が要請されてきました。吉野機械製作所は、加工精度と生産効率をアップさせ、大型化の開発にも成功して長尺ワークに対応できる世界最大級の加圧性能320ton、ワーク最大幅（長さ）5000mm（図1参照）サーボモータ駆動式プレス機を製品化し、好評を博しています。



図1 YSP320-5000プレスプレーキ

栃木
ブロック

レーザー誘起湿式表面改質技術の開発と それによる金属材料の高機能化

栃木県産業技術センター 江面 篤志

1. はじめに

近年、工業製品の金属部品等の小型化および複雑化に伴い、小さい部品に複数の機能・性能を付加させる技術が求められています。その一つとして、材料の表面のみを部分的に改質し、部品性能を向上させる表面改質に関する技術があります。従来、金属の熱処理等の表面改質法は、被処理材全体に熱影響が及ぶため、入熱から徐冷まで、数時間にも及ぶ処理時間を要するほか、被処理材が歪んでしまい、形状を整えるための後工程が必要となります。一方、レーザーを用いた表面改質法は、レーザー照射を施す局所領域のみを瞬時に加熱処理することができるため、被処理材の歪みの防止とともに必要箇所のみでの改質が可能となります。

ここでは、レーザーを援用した表面改質法の一つであるレーザー誘起湿式表面改質技術を紹介します。

2. レーザー誘起湿式表面改質技術

本手法は、図1に示すとおり、被処理材表面に導入させたい成分を含む溶液中に、被処理材（試験片）を浸漬させ、レーザー照射を施します。レーザー照射領域は局所加熱され、溶液に含まれる成分がこの領域に拡散することで、改質層が形成されます。改質層が形成される処理条件は、レーザー照射領域の被処理材の温度が固溶化温度を超える必要がありますが、図2に示すように、伝熱シミュレーションを用いてレーザー照射に伴う処理領域の温度分布を解析することで、加工条件の検討が可能です。

3. 表面改質の研究事例

硝酸アルミニウム水溶液に浸漬したオーステナイト系ステンレス鋼に対して、レーザー照射を施し、溶液由来のアルミニウムおよび酸素を含有した改質層の形成をしました。形成された被処理面の摩耗特性を調べるため、摩擦摩耗試験により形成された摩耗痕の観察結果を図3に示します。なお、比較のため、未処理材に同試験により形成された摩耗痕の観察結果も示します。同図(a)は、レーザー照射による改質層を有する被処理材に形成された摩耗痕であり、摩耗痕の幅は、同図(b)に示した未処理材の摩耗痕の幅と比較して狭いことがわかります。これは、改質面が高硬度化したためであり、部品同士が擦り合う面への適用において、耐摩耗性の向上が期待されることが示されました。

4. おわりに

今回紹介した改質技術は、溶液の種類を変更することにより、形成される改質層の組成が変化し、被処理材表面に異なる機能を付与することが可能です。この特徴を活かし、内視鏡に用いられる微細歯車やデンタルインプラントなどの生体適合性や抗菌性など、複数の機能が必要な医療機器への応用が期待されています。

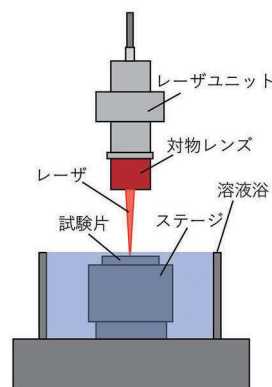


図1 レーザー誘起湿式表面改質システムの概略図

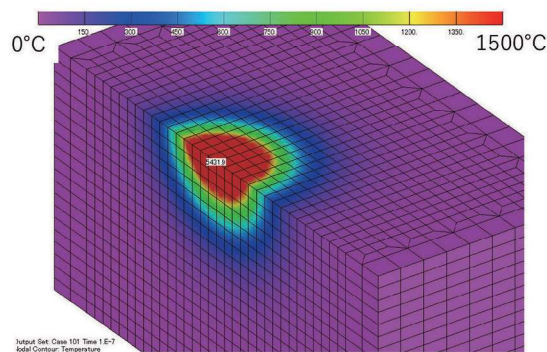
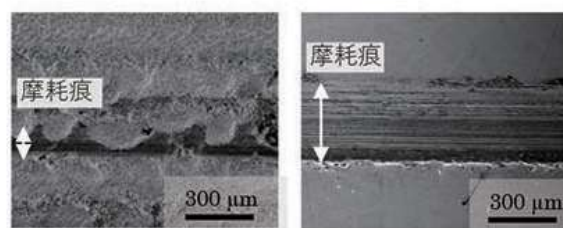


図2 伝熱シミュレーション結果の一例



(a) 処理済み試験片 (b) 未処理試験片

図3 摩耗痕の観察結果

群馬
ブロック

摩擦技術応用製品と技術者の力量向上

小倉クラッチ(株) 野澤 淳一

1. 摩擦現象とクラッチ・ブレーキ

私達は中高校や大学教養課程で摩擦について以下のアモントン・クーロンの法則を学びました。

① 摩擦力は摩擦面に働く垂直力に比例し、見かけの接触面の大小に関係しない。② 動摩擦力はすべり速度の大小に関係しない。③ 静摩擦力は動摩擦力より大きい。

摩擦現象の利用機械として、世界初のブレーキは1556年に水車の機械式ブレーキが、クラッチは1814年に平削り盤のかみ合いクラッチが作られております。

2. クラッチ・ブレーキの製品および構造例

21世紀を迎え、各種機械にクラッチ・ブレーキが活躍しています。たとえば弊社の製品は、自動車・産業用ロボット・プリンタ・カーエアコン用など、各分野で使用されています。電磁クラッチの構造例を図1に示します。コイルに通電すると、シャフトに連結されるフィールド・ロータ組立とプーリ等に連結されるアーマチュア間に磁束が生じ、アーマチュアはロータに吸引され僅かな隙間を移動し、クラッチは連結し動力を伝えます。励磁電流を切ると磁束が消滅し、アーマチュアは板ばねによりロータから切離され、クラッチは解放されます。電磁ブレーキも類似の構造です。

3. クラッチ・ブレーキの性能試験例

クラッチの性能試験例を図2に示します。機械をクラッ

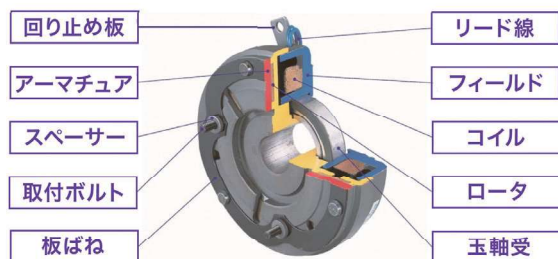


図1 電磁クラッチの構造例

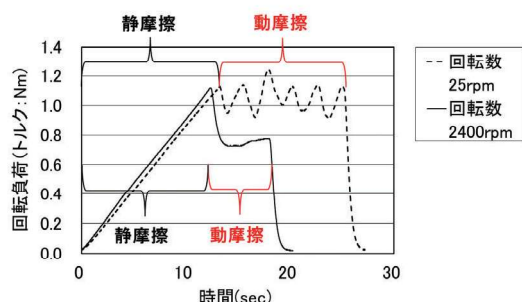


図2 クラッチの性能試験(静摩擦・動摩擦の推移)

チオンの一定速度で回転させ、回転負荷を増やしていくと、ある所で滑り始め、静摩擦状態から動摩擦状態へ移行します。回転速度が高いと円滑に移りますが、回転速度が低いとトルクが変動します。静摩擦と動摩擦が近く、固着と滑りを繰り返すスティクスリップという振動が生じるからです。例えば、低速が必要な協働ロボットには、静摩擦と動摩擦を管理し上記現象を防止する工夫が必要です。一方、摩擦摩耗現象は使用環境の影響を受け、例えば高温環境では摺動部の潤滑剤が揮発し摩擦力が変化します。長い歴史を持つ機械要素ですが、摩擦摩耗現象の複雑さゆえ、新時代を切り拓くために、学際的な技術開発が必要です。

4. 社内の技術者育成

先進的な製品の開発には技術者の能力向上が必須で、社内には能力開発制度があります。講座の一つとして、技術者に必要な力量を得るために技術士法の理念に基づいた「技術者教育勉強会」が4、6月に開催されました。私は講師として専門技術・科学技術・責任倫理・各法規を私自身の業務経験*を交え伝えました。(* 日本技術士会群馬県支部 経験論文集2 p p. 12-13. https://www.engineer.or.jp/c_shibu/gunma/topics/004/attached/attach_4327_2.pdf)

日本機械学会や群馬大学の行事も活用しています。8、9月にリカレント教育(群馬大学主催)へ5名が参加し、9月のメカメカフェア(日本機械学会関東支部群馬ブロック主催)では工夫を凝らした機械を展示し、機械の面白さを子供達へ伝えました(図3)。12月には群馬大学で開催された「若手技術者技術交流会2019」(日本機械学会関東支部群馬ブロック主催)で、2名の技術者が、開発技術のポスター発表を行いました。

幅広い経験や知識と、専門技術を身に付ける様、皆で日々研鑽を重ね、次の時代の技術を創生しています。



図3 メカメカフェア(群馬ブロック主催)



金型の寿命評価試験装置について

山梨県産業技術センター 材料・燃料電池技術部 佐野 正明

金型は製品の大量生産の現場において重要なツールであり、また金型の品質安定性や長寿命化の達成は、製品品質の安定化や製造効率の向上に対して必要不可欠です。金型には、切削工具による切削加工や研削砥石による研削加工が施され、また一部には放電加工やレーザ加工等の熱溶融加工が施され、所定の寸法に仕上げられています。

金型の中で特に熱的負荷の大きい金型としてダイカスト金型があります。ダイカストとはDie Castingと記され、ダイカスト金型は左右一対からなる工具（固定型・可動型）で構成され、その閉じられた金型内の空間に液体状の金属を流し込み製品を製造する手法です。ダイカストでアルミニウムを扱う場合、アルミニウムの融点は660℃程度であります。この液体状のアルミニウムが金型内に流れ込み、金型表面は高温にさらされ、鑄造直後には離型剤が塗布され冷却されます。このような熱的負荷を衝撃的に、かつ繰り返し与えられダイカスト金型はダメージを受けます。長時間使用された金型は、繰り返し負荷される熱衝撃により加工ひずみが助長され、クラック（亀裂やひび割れ）の発生を引き起こし金型は廃棄へと追いやられてしまいます。これらの対策として、材料メーカーにおいては高温強度を高めた材料開発がなされたり、表面処理メーカーでは金属表面に耐クラック性や耐溶損性を高めた表面処理の開発がなされております。

この金型鋼表面の寿命を評価する装置が熱疲労試験装置です。熱疲労試験装置は加熱ブロックに試験片を押し当てて接触させる接触加熱方式や火炎バーナーによるバーナー加熱方式、さらに高周波を利用した高周波誘導加熱方式等があります。当センターの装置は、ダイカスト金型に類似した入熱形態となる接触加熱方式を採用しています（図1）。これにより金型の劣化メカニズムの解明が可能となり、材料メーカーや表面処理メーカー等から多くの相談を受け、依頼試験として対応しています。

例えば放電加工で作製した金型鋼試験片に対して、熱疲労試験を行うと、放電加工面の表面には引張の残留応力が存在しているため、試験初期においてクラックが発生し、試験回数を増やすとそのクラックは深さ方向や横方向に成長し、表面には亀甲状のクラック

クが形成されます。これに対し放電加工面に窒化処理等の表面処理を施すと表面は圧縮応力となり、クラックの発生は遅延される傾向となります。熱疲労試験過程での残留応力の測定や表面のクラック観察等から金型の劣化状態が確認出来るため、金型寿命の評価試験を行うことが可能となります。

近年では金属3Dプリンタが、その技術の進展によりダイカスト金型の製造にも適用されるようになってきました。金属3Dプリンタの適用は製品形状に沿った内冷孔の付与が可能であり、この金型内部に付与した内冷孔に水を通すことで、金型は高温になりにくくなり熱衝撃が緩和され、製造時間も短縮する等のメリットがあります。最近ではこの内冷孔付与に関する相談も増えてきており、内冷孔を付与した試験片の評価も求められるようになってきました。

またダイカスト金型は計画生産数量に達したり、劣化の進展具合により、メンテナンスが行われます。ダメージが大きい場合、金型表面の損傷部位を除去し、マルエージング鋼等が肉盛り溶接補修され、再利用されています。補修部は補修前の状態に比べてクラックが早期に発生しやすくなること较多的な欠点もありますが、この欠点を補うために提案された補修技術に対しての評価も求められるようになってきました。

近年、公設試験研究機関に対する要求はますます多様化・高度化してきています。今後も県内中小企業の発展のために、これらの要求に対応出来るよう幅広く企業支援に取り組んで参ります。



図1 熱疲労試験装置の概観

東京
ブロック目で見えて体験 振動現象実験
～音でワイングラスは割れるか?～

東京都立大学 玉置 元

筆者は機械力学研究室という名前の研究室に所属しています。機械力学とは機械工学の四力と呼ばれる四つの基本力学分野（材料力学、熱力学、流体力学、機械力学）の一つですが、その中でも私達の研究室では、振動をキーワードに、振動解析法、振動実験解析、構造最適化、騒音低減、音響解析、人体振動などの振動学を基礎とする応用分野に関する研究をしています。

物体の振動を考える時、最も基本的でかつ重要な特徴が固有振動数です。物体には揺れやすい振動数（1秒間当たりの繰り返し回数、振動のリズム）があり、これは材質や構造などによって異なるその物体が固有にもつ振動数なので、固有振動数と呼びます。物体が固有振動数で揺れやすいということは、固有振動数で揺らすと物体は大きく振動するという意味を意味します。これを共振と呼び、大変面白い現象ですが、一方で危険な現象です。固有振動数で振動するときの物体の揺れる様子を振動モードと言い、大きく振動する部分（腹）と振動しない部分（節）の現れ方（場所や方向など）によって決まるその形を振動モード形と言います。一般に、物体には複数（無数）の固有振動数が存在し、各固有振動数で振動モードが異なります。

皆さんは、オペラ歌手が声でワイングラスを割ったという逸話をご存じですか？声（音）でガラスの様な硬い物を割ることが出来るのでしょうか？答えはイエスです。ただ、実際に声で割ろうと思うとなかなか難しく、うまく割れません。この原因の一つは、声が純音（一つの振動数の正弦波）ではなく、複数の振動数の正弦波の合成波だからです。しかし、電氣的に作った正弦波を増幅してスピーカーで鳴らした純音を用いると比較的簡単に割ることができます。音は空気の振動であり、音の高低が振動数の高低ですので、ワイングラスの固有振動数と同じ振動数の純音をワイングラス近傍で発生させれば、音がワイングラスを振動させ、ワイングラスが共振して激しく揺れ、しばらくするとその変形の大きさに耐え切れずに割れます。これがワイングラスを音で割る仕組みです。振動実験により測定されたデータを基に得られた複数の固有振動数

のうち、ワイングラスが最も大きく揺れる（変形する）固有振動数での振動モード形は図1の様になります。赤い部分が振動の腹、すなわち大きく振動している部分です。なお、この固有振動数は、ちょうどワイングラスを指で弾いた時に鳴る音の振動数と同じです。この振動数の音でワイングラスを振動させると…（図2左）。見事！図2右の様にワイングラスが割れるのです。

音でワイングラスを割る様子を実際に見てみたい方は、毎年11月に南大沢キャンパスで開催される大学祭（みやこ祭）の公式イベントであるTECHNO SQUAREの機械力学研究室の展示にお越しください。このイベントは、自分達の研究に関連した内容の展示や実験などを通して、近隣住民の方に大学を身近に感じてもらうというイベントで、主に理工系の有志の研究室が参加しています。我々の研究室では、「目で見えてわかる振動現象」をテーマに、振動現象に関わる簡単な実験や、振動を利用したおもちゃなどを研究室の学生さんに考えてもらい、紹介しています。その中でも特にダイナミックで、見た目にも楽しい音でワイングラスを割る実験はここ数年の定番となっており、参加者の方々からも好評です。また、数年前に研究室の学生さんが作成したこの実験の紹介動画が、以下の都立大Channelで公開されていますので、併せてご覧ください。
<https://www.youtube.com/watch?v=j2hFgR8A-w4>

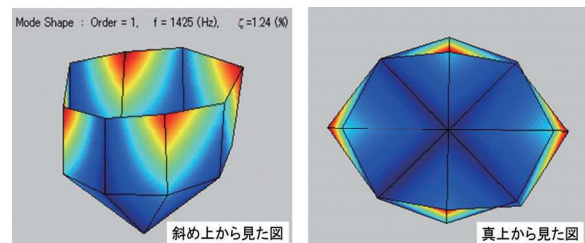


図1 最も大きく揺れるワイングラスの振動モード形



図2 音でワイングラスを割る実験の様子

神奈川
ブロック

折紙の工学的魅力

明治大学理工学部機械工学科 石田 祥子

折紙というと、子どもの頃に鶴やカブトを折って遊んだことを思い出す人も多いのではないのでしょうか。1枚の平らな紙からどのような作品ができあがるか、作者の経験と試行錯誤で作上げる従来の折紙に対し、折紙を幾何学としてとらえ、どのように折ればどのような形ができるか、折り目の設計図と出来上がった折紙作品の関係をあらかじめ計算することもでき、このような折紙は数理折紙あるいは計算折紙と呼ばれます。

このような数理折紙の形やその特徴を利用して人の役に立つ技術を生み出す学問を折紙工学と呼びます。例えば、ソーラーパネルやソーラーセイルといった巨大な宇宙構造物は小さく折りたたまれた状態でロケットに搭載され、宇宙で展開されます。省スペースで展開しやすい折りたたみ方を開発するために、折紙の考え方が利用された例があります。他にも、テントやエアドーム、折りたたみ家具や傘のような日用品など、形が大きく変化する製品は折紙の利用がイメージしやすいと思います。しかし、折紙の面白さは形の変化だけではありません。折紙工学では、形の変化以外にも焦点を当てて折紙の幅広い応用を目指しています。

例えば、ハニカムコア（図1）はハチの巣のように断面が正六角形の筒状のコアを隙間なく敷き詰めた形をしています。内部が空洞のため非常に軽いですが、コア壁が垂直に立っているため垂直方向からの荷重に対して非常に強い構造として知られており、飛行機や宇宙機といった輸送機器などに使用されてきました。ここで、どれぐらい強い構造かを示すために、筆者らが行ったユニークな実験を紹介します。一般的なハニカムコアは図1のような平板状ですが、著者らはタイヤや軸受のような回転機械へと応用できるように円筒状のハニカムコア（図2）を設計しました。成形した後に所望の形状になるように、環状のシート材の折り目はあらかじめ計算されており、これを波状に折って接着、積層を繰り返すと円筒状のハニカムコアが成形できます。これはコルゲート法と呼ばれるハニカムコアの製造法で、折紙のように平らな素材を折って（変形させて）成形しています。著者らはこのハニカムコアを乗用車タイヤと同じ寸法で4つ製作し、車に取り付けました（図3）。タイヤの素材は汎用的な紙のため1tを超える車重を支えるのは大きなチャレンジでし

たが、コアの六角形の寸法を小さく設計して強度を上げ、発車、直進、停車に成功しました。

このように、紙のように柔らかい材料であっても、ハニカムコアのように形を工夫することによって大きな荷重を支えることができます。形の変化だけでなく、硬さや強さを向上させるための形の工夫にも利用できるのが折紙の大きな魅力です。軽くて硬い、パンクしないタイヤのように、折紙のアプリケーションがより良い社会の実現に貢献することを信じ、研究を推進していきます。

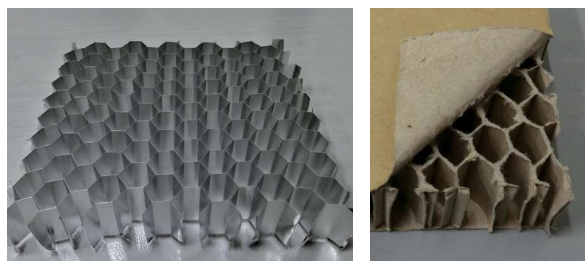


図1 市販のハニカムコア(左:アルミ製、右:紙製)

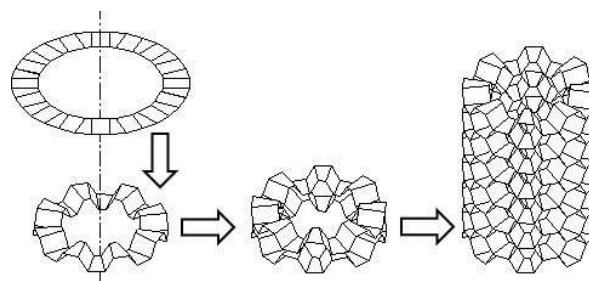


図2 円筒ハニカムコアの設計と製作の手順

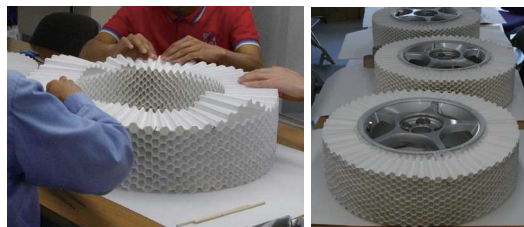


図3 折紙ハニカムコアタイヤの製作と実車試験 (明治大学と日本工学院のコラボレーション)

埼玉 ブロック

金属?セラミックス?MAX相材料

埼玉大学 大学院理工学研究科 荒木 稚子

私たちの研究室では、「モノ」がどのように変形して、どのように壊れるか、ということ調べています。対象となるモノ・材料は、金属やセラミックス、プラスチックなど多岐に渡ります。現在は主に、次世代電池に使われるような電気を通す少し変わったセラミックスの変形や破壊について調べています。一方で近年、金属でもセラミックスでもプラスチックでもなく、それらの複合材料でもない、「MAX相」と言われる新しい種類の材料が開発されており、注目を集めています。現在私たちの研究室では、電池用セラミックスに加えて、「MAX相」についても研究を行っていますので、本稿で紹介したいと思います。

「MAX相」という不思議な名前ですが、MはMetalすなわち金属元素、AはSi（ケイ素）やAl（アルミニウム）などのpブロック元素、XはC（炭素）あるいはN（窒素）を指し、これらM、A、Xの元素から構成される材料のことをMAX相と呼びます。例えば、M=Ti（チタン）、A=Si、X=Cから構成される Ti_2SiC や Ti_3SiC_2 などのMAX相が知られています^[1]。

MAX相の新しさは、図1に示すように金属とセラミックスの「いいとこ取り」の特性にあります。例えば、セラミックスと比べて金属のよいところは、電気をよく通すことや加工性のよさ（簡単に板にしたり棒にしたりできるところ）などが挙げられます。一方、金属と比べてセラミックスのよいところは、軽いことや高い温度で使用できることが挙げられます。MAX相は、軽量で加工性がよい上に耐熱性があるなど、両方のよいところを兼ね備えた特性を持っています^[1]。

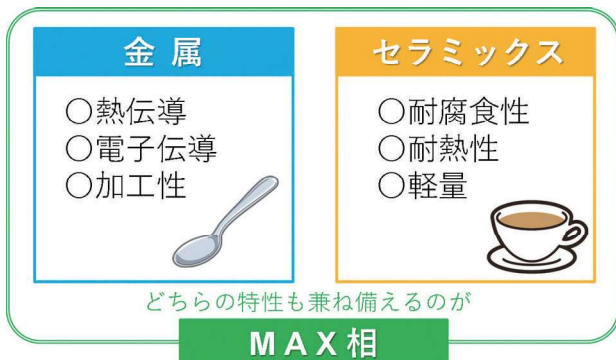


図1 MAX相の「いいとこ取り」特性

現在私たちの研究室では、このようなMAX相の変形や破壊現象、特に多孔質MAX相 Cr_2AlC の強度に関する研究を、ユーリッヒ研究所（ドイツ）と共同で行っています。多孔質というのは、スポンジのように穴がたくさん開いた構造のことで、電子顕微鏡で観察すると図2のような微視構造が見られます。（白い部分はMAX相、大小の黒い部分は全て穴で、穴の大きさは数〜数百ミクロンです。）このような多孔質MAX相を高温（例えば1000℃）で1時間ほどあたためると、穴の表面にうっすらと（数ミクロンの）酸化膜が形成されます。これまでの研究により、この薄い酸化膜の形成によって材料が飛躍的に「強くなる」ことが、わかってきています^[2,3]。「強さ」には色々な定義がありますが、例えば、室温の圧縮強度では数倍、高温クリープ強度では数十〜数千倍の向上が見られます。

MAX相はその優れた特性を活かして、高温耐熱材料としての利用や新規用途の開拓が期待されています。将来MAX相を安全に使用することができるように、今後も変形・破壊に関する研究に取り組んでいきたいと思っています。

- [1] M. Radovic and M.W. Barsoum, Am Ceram Soc Bull 92, 20-27 (2013).
 [2] J. Gonzalez-Julian et al., J Am Ceram Soc 101, 542-552 (2018).
 [3] W. Araki et al., J Euro Ceram Soc 39, 3660-3667 (2019).

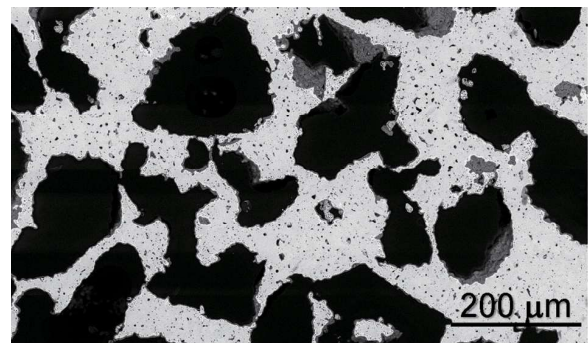


図2 多孔質MAX相の顕微鏡写真

千葉
ブロック

高温環境から構造材料を守る セラミックコーティングの開発について

千葉大学 山崎 泰広

“高温”とは、どのぐらいの温度を指すのでしょうか。気温が35℃を超えると猛暑日と呼ぶことや、お風呂の温度が42℃程度、ホットコーヒーがおいしい温度が約60℃と言われていることから、人間にとって100℃はかなりの“高温”とあって良いでしょう。では、構造材料にとっての“高温”とは何度を指すのでしょうか。その答えは“材料自身に聞いてください”です。つまり、ステンレス鋼にとっては500℃程度以上が高温となりますが、はんだにとっては0℃でも高温で、材料毎に“高温”の温度条件が異なります。高温強度学の分野では、絶対温度で材料の融点の約40%以上の温度を高温と呼んでいます。また、使用可能な温度の上限を“耐熱温度”と呼んでいます。

発電用ガスタービンで最も過酷な環境となる高圧タービン部のタービンブレード材料には、構造材料として最も耐熱温度の高いニッケル基の超合金が使用されています。一方で、ガスタービンはその作動ガス温度が高いほど効率が高くなります。そのため、タービン部を流れる作動ガスの温度は高温化の一途をたどり、先進ガスタービンでは1500℃を超えています。超合金の耐熱温度は1000℃を超えています。ガスの温度はそれを優に超え、超合金の融点に達しています。でも、なぜタービンブレードがすぐ壊れないのでしょうか。それはタービンブレードには冷却機構と遮熱機構が設けられていて、超合金の温度がその耐熱温度を超えない工夫がなされているからです。図1に示すように、タービンブレードでは、内面を通る冷却空気を微細な穴から噴出して表面に冷却フィルムを作るとともに、タービンブレードの表面に遮熱を目的としたセラミックコーティングを施して、その下の超合金基材の温度をその耐熱温度以下まで下げる工夫がなされています。

遮熱コーティングはガスタービンに不可欠となっています。しかし、もともとセラミックスと金属の相性は良くありません。特に、熱膨張係数が大きく異なるため、外的な力が作用していなくても温度の変化が生じると内部に力（熱応力）が生じてしまい、場合によってはセラミックコーティングが剥がれてしまいます。コーティングが剥がれると、高温のガスに超合金が直接曝されてしまうため大きな損傷を生じてしまいます。そこで、相性の悪い両者を剥がれないようにするため、私達の研究室では企業と協同しながら微視組

織を高度に制御した新しいコーティングについて研究を進めています。例えば図2のような“カリフラワー状の微視組織”を有するセラミックコーティングを対象に、図3に示すような赤外線加熱装置を用いて実際の負荷を模擬した熱サイクルを付与して、従来コーティングと損傷挙動を比較しながらその特性を調査しています。現在までに、新規に開発したコーティングは従来コーティングを遥かに凌ぐ耐熱サイクル特性を有することが明らかになっています。

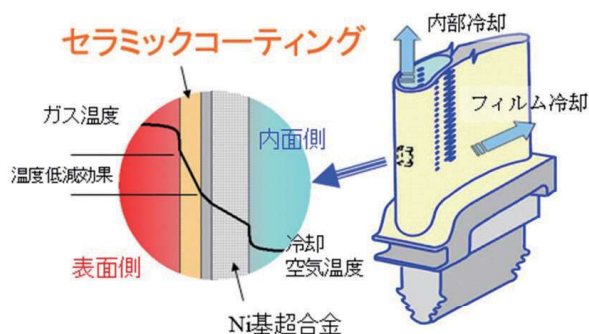


図1 タービンブレードの模式図

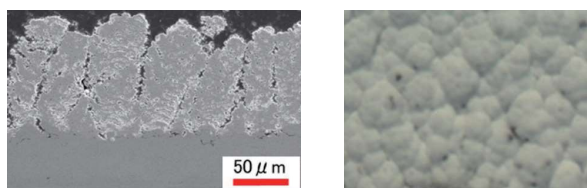


図2 新しい遮熱コーティングの断面組織(左)とコーティング表面の様子(右)

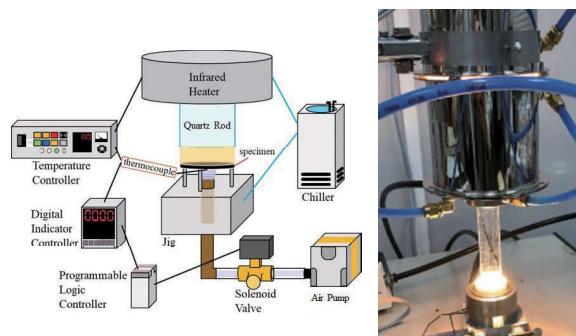


図3 熱サイクル試験の様子

茨城
ブロック

レゾルバとして振る舞うレゾルバ信号生成器

ツジ電子株式会社 植松 弘之

1. はじめに

レゾルバはモータなどの回転軸に取り付ける回転センサです。回転センサといえばロータリエンコーダがありますが、これに比べてレゾルバは構造がシンプルで温度、振動、オイル環境など過酷な環境下でも高精度、高分解能の角度検出が可能です。

レゾルバの基本的な原理は、トランス（変圧器）や誘導モータと似ていて、鉄心とコイルで出来ています。1次コイル側に励磁用交流電圧を加えて2次コイル側で誘導電圧を検出します。2次コイルは2個あり、90度の位相差が発生する位置にあります（図1）。これにより励磁用交流電圧を搬送波としてモータの回転角度によって振幅がサイン波／コサイン波に変化する変調波形となり、いわゆるレゾルバ信号を2種類取り出すことができます（図2）。また1次コイルと2次コイルを固定部に配置し、回転部分に於いてはさらにシンプルに高透磁率材料で特殊な形状に作り、この回転部分の回転角度によりレゾルバ信号を取り出すVR型と呼ばれるレゾルバもあります。レゾルバは堅牢な構造ゆえに自動車、航空機、ロボットなどで多く使われています。特に自動車ではハイブリッド化、電動化が進んでいますので主要な部品として益々使われていくことでしょう。

2. レゾルバインターフェース回路

レゾルバ信号のままでは回転角度を数値化することは出来ません。R/D変換器（レゾルバ/デジタル変換）を介してデジタル信号にしてからマイコンを使って回転センサ信号として必要な情報を得ています。R/D変換器とマイコンが一体になった回路チップもあります。レゾルバには、1次側コイルに交流電圧を励磁する回路、サイン波／コサイン波電圧波形のレゾルバ信号を受け取る回路、その他R/D変換器およびマイコンとその周辺回路を含むハードウェアが「レゾルバインターフェース回路」として必要になります。また当然マイコンのソフトウェアも搭載されています。

3. レゾルバ信号生成器

弊社の製品にレゾルバ信号生成器があります（図3）。これは電子回路で構成された疑似レゾルバです。モータで回す必要はありません。R/D変換器で生成された励磁用交流信号を取り込んで、高速A/Dコン

バータ（アナログ/デジタル変換）→FPGA（field-programmable gate array）→高速D/Aコンバータ（デジタル/アナログ変換）からレゾルバ信号を生成し出力します。パソコンやシーケンサから、イーサネットやRS232Cの通信ラインを使って指令を与える事が出来ます。任意の角度に合わせる、任意の回転数で回転させる、もちろんスタート/ストップもいつでも出来ます。また任意の回転数から時間と到達回転数を設定して加速/減速することも出来ます。レゾルバ信号生成器はレゾルバインターフェース回路の製品の検査ラインやソフトウェアの開発現場で活躍しています。

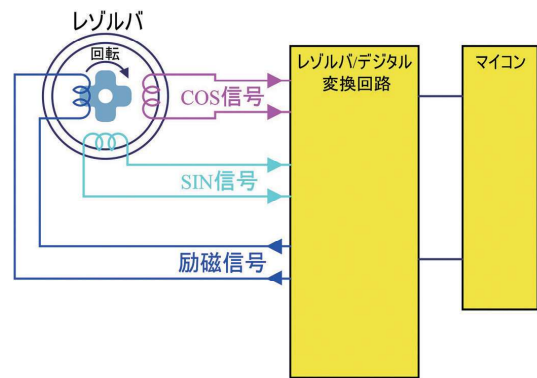


図1 レゾルバによる角度検出機能のブロック図

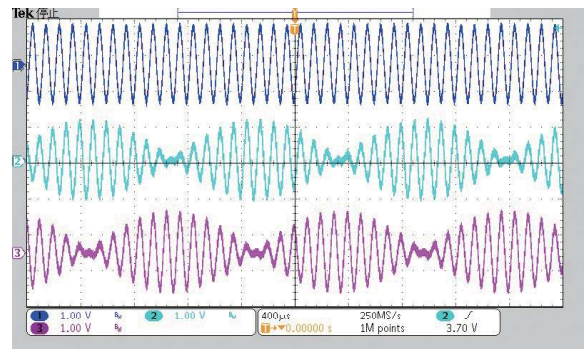


図2 励磁信号(上)とレゾルバ信号(SIN, COS)



図3 レゾルバ信号生成器

2019年度ブロック表彰

神奈川ブロック

学業優良 奨励賞	中谷一陽、石渡貴大、小松洋介、安齋修平、 神尾浩太郎、福井啓太、米森昂、保科佑樹、 前井翔伍、岩本萌花、亀井悠人、小松勇太、 西岡康太、柴海亮太、飯牟田留偉、齋藤 弘貴、川端秀乃介、館山翔太、西村義治
技術賞	イースタン技研（株）
学生貢献賞	石原宙、伊藤誉淳
功績賞	中根一朗
感謝状	地方独立行政法人 神奈川県立産業技術総 合研究所、公益財団法人 川崎市産業振興 財団、日産自動車（株）追浜工場、（株） IHI 横浜事業所、日本精工（株）藤沢工 場、公益財団法人 神奈川産業振興センター

茨城ブロック

優秀講演賞	前原佑、小野寺貴、名取優斗、亀井陸史、 藤本あや、会沢慎太郎、宇野晃汰、近松宏 洋、久松誠人、林翔太、前田泰希、小幡祥 太、野上謙三、小河広明
学生貢献賞	坂本和陽
貢献賞	有坂寿洋

群馬ブロック

功績賞	古畑朋彦
技術賞	野澤淳一
学生奨励賞	群馬大学大学院理工学府知能機械創製部門 材料力学研究室、熱流体工学研究室、流体 理工学研究室、ロボット研究会、システム 制御研究室 関東学生会会員校運営委員
貢献賞	鈴木孝明
優秀ポスター 発表賞	嶋彩花、黒瀬雅詞、鈴木修一、鎗木哲志、 高瀬結衣、松浦勉

編集委員

寺島 岳史（委員長、神奈川大学） 西 義久（東京ブロック、電力中央研究所） 丹野 格（茨城ブロック、筑波技術大学）
手塚 亜聖（支部運営委員、早稲田大学） 麓 耕二（神奈川ブロック、青山学院大学） 田村 昌一（栃木ブロック、足利大学）
高橋 直也（支部運営委員、東京電機大学） 田所 千治（埼玉ブロック、埼玉大学） 丸山 真一（群馬ブロック、群馬大学）
久保 世志（支部選出委員、（株）IHI） 石出 忠輝（千葉ブロック、木更津工業高等専門学校） 牧野 浩二（山梨ブロック、山梨大学）

2020年度「機械の日」 イベント予定



関東支部では8月7日の「機械の日」を中心にイベン
トを企画しております。各イベントの詳細は、支部ホー
ムページ<https://www.jsme.or.jp/kt/> をご参照くだ
さい。皆様のご参加をお待ちしております。

関東支部 2020年度（第27期） 支部運営会役員

支 部 長：吉村 卓也〔東京都立大学 教授〕
副 支 部 長：能見 基彦〔（株）荏原製作所 課長〕
〔幹 事〕
庶 務 幹 事：石川 仁〔東京理科大学 教授〕
福田 良司〔東京都立産業技術研究
センター グループ長〕
広報担当幹事：寺島 岳史〔神奈川大学 准教授〕
館野 寿丈〔明治大学 教授〕
事 業 幹 事：手塚 亜聖〔早稲田大学 准教授〕
荒井 規允〔慶應義塾大学 准教授〕
学生会担当幹事：高橋 直也〔東京電機大学 教授〕
荒木 稚子〔埼玉大学 教授〕
会員担当幹事：塚田 竹美〔（株）本田技術研究所
アシスタントチーフエンジニア〕
野口 直昭〔（株）日立製作所 部長〕
表彰担当幹事：深淵 康二〔慶應義塾大学 教授〕
三好 洋美〔東京都立大学 准教授〕
会 計 幹 事：船津 賢人〔群馬大学 准教授〕
秋田 貢一〔東京都市大学 教授〕
監 事：山田 浩之〔三菱電機（株） 専任〕
渋川 直紀〔東芝エネルギーシステムズ（株）
技監〕
〔ブロック長〕
東 京：荒井 正行〔東京理科大学 教授〕
神 奈 川：村田 良美〔明治大学 准教授〕
埼 玉：齋藤 浩司〔東日本旅客鉄道（株）
上席研究員〕
千 葉：瀧野日出雄〔千葉工業大学 教授〕
茨 城：山口 和幸〔（株）日立製作所 主管研究員〕
栃 木：篠竹 昭彦〔帝京大学 教授〕
群 馬：山田 功〔群馬大学 教授〕
山 梨：飯山 明裕〔山梨大学 教授〕

日本機械学会関東支部ニューズレター『メカトップ関東 No.48』

Mecha-Top KANTO No.48

News Letter of the Kanto-Branch, The Japan Society of Mechanical Engineers

発行年月日：2020年7月5日

印刷製本：株式会社 春恒社

発行者：〒160-0016東京都新宿区信濃町35 信濃町煉瓦館5階

一般社団法人 日本機械学会・事務局内 日本機械学会関東支部

TEL 03-5360-3510 FAX 03-5360-3508 ホームページ <https://www.jsme.or.jp/kt/>