研究室紹介資料

2026 年度版

崇城大学

工学部 機械工学科

研究室紹介資料

この資料は，1 年生の基礎演習 I & II における所属学科の研究室調査ならびに 3 年生前期終盤の研究室配属希望調査（後期に仮配属）のために使用することを主たる目的として作成されたものです．研究室は正式に配属となる 4 年生まで関われない訳ではありません．将来の目標に向かって，1 年生や 2 年生でも訪問できますし，早い時期から各研究室でどのような研究活動が行われているかを知ることは大変意義のあることです．

なお，本資料の他に，地域連携や共同研究の推進を目的として，地域共創センターから「研究シーズ集」が外部へ情報発信されています．「研究シーズ集」の方がより一般的な，平易な表現を用いて研究を紹介していますので，本資料と合わせて研究室調査に役立ててください．研究シーズ集は以下の URL にアクセスして閲覧することができます．

https://eng.mec.sojo-u.ac.jp/lablist/rinst.html

https://eng.mec.sojo-u.ac.jp/lablist/

https://www.sojo-kyoso.com/seeds/

本資料では，専門分野別に以下の順序で，一研究室あたり見開きで研究内容が紹介されています．

エネルギー工学分野

- 齊藤・内田 研究室
- 渡邊 研究室

材料工学分野

- 劉 研究室
- 中牟田 研究室

機械力学・制御工学分野

- 櫻井 研究室
- 森 研究室
- 野上 研究室

生産技術工学分野

- 里永・竹田 研究室
- 北田 研究室

機械工学科

さいとう　ひろのり
齊藤　弘順　教　授



専門分野　熱流体工学
最終学歴　東京農工大学大学院工学研究科博士後期課程
機械システム工学専攻修了(平成 10 年 3 月)
学位　博士（工学）（東京農工大学）
職歴　日産自動車株式会社 総合研究所

うちだ　こうじ
内田　浩二　准教授



専門分野　内燃機関工学
最終学歴　崇城大学大学院工学研究科博士課程
機械システム工学専攻修了(平成 18 年 3 月)
学位　博士（工学）（崇城大学）
職歴　フィグラ株式会社

＜はじめに＞

エネルギー工学と称される熱流体工学はありとあらゆる産業分野の技術開発に関係しています。発電プラントのような巨大なものから IC チップのような微小なものまで、サイズ的には数十メートルオーダーのものから数十ナノメートルオーダーの広範囲にわたる現象をカバーする学問領域です。エネルギーに関する技術開発は大きく分類すると以下の 3 つに集約されます。

エネルギー技術
- 貯蔵
- 輸送
- 変換

齊藤･内田研究室は 2 研究室合同で上記のうちエネルギー変換とエネルギー輸送に関する研究を実施しています。キーワードは**非定常現象の可視化**です。エネルギーは目に見えませんので様々な技術を駆使して可視化し、物理化学的にも複雑な非定常現象の解明を目指しています。

＜研究内容＞

1.　高効率エネルギー変換技術に関する研究

石油枯渇や地球温暖化が顕在化し、地球規模でエネルギー･環境問題が深刻化していることは周知の事実です。近年、機器の電動化が急速に進み、その電力供給として再生可能エネルギーが期待されています。特に電力安定供給のために太陽光･風力･バイオマス発電のベストミックスの実現とそれらの出力変動を補うバックアップ電源の必要性から自立･分散型のディーゼル発電およびエンジン廃熱利用のコージェネレーション（熱電併給）システムが注目されています。また全世界流通(ton×km)の 6 割を担う陸運(トラック)と 3 割を担う海運(タンカーやバルクキャリア)はその要求出力の大きさから今後もディーゼル機関が主役を担うことは明白であり、ディーゼル機関の更なる高効率･低排出技術が求められています。

以上の社会背景を踏まえ、**【再生可能】【自立･分散型電源】【温暖化防止】【流通経済の維持】**という **4 つのキーワード**を結びつける研究として、再生可能バイオマス由来のアルコールを燃料とする定置型/移動型転用可能な汎用高効率アルコールディーゼルの実現を目指しています。そのキー技術であるアルコール噴霧の着火制御法の確立に向けた基礎研究を実施しています。定容燃焼炉と急速圧縮膨張装置（ともに大学院生&卒研生によ

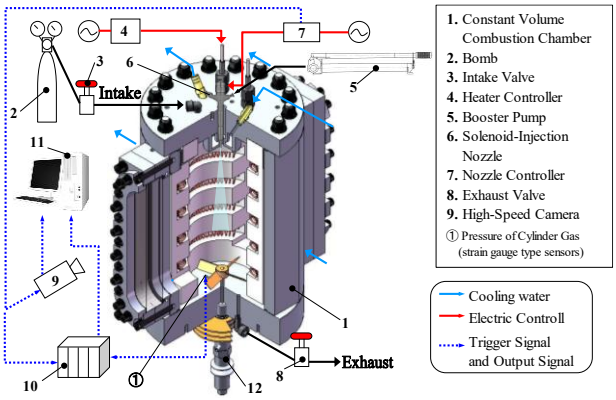


図 1. 噴霧可視化実験装置（定容燃焼炉）

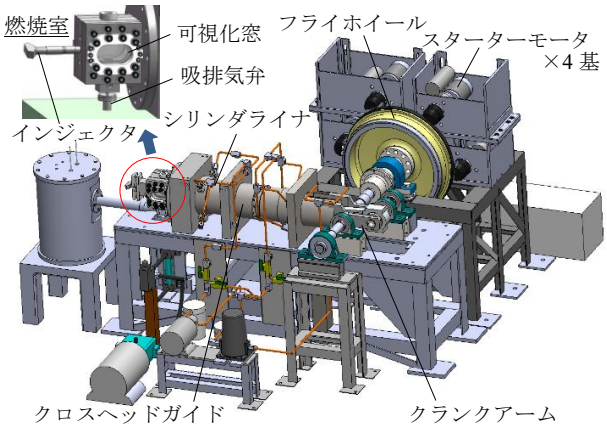


図 2. 噴霧可視化実験装置（急速圧縮膨張装置）

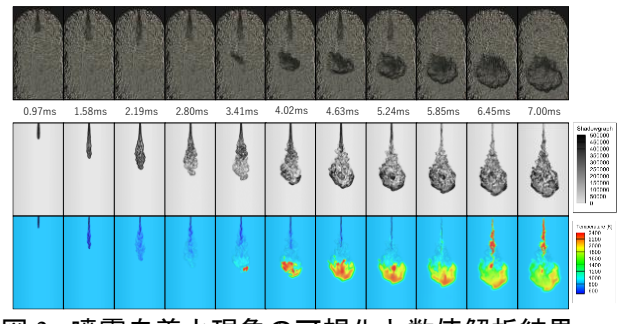


図 3. 噴霧自着火現象の可視化と数値解析結果

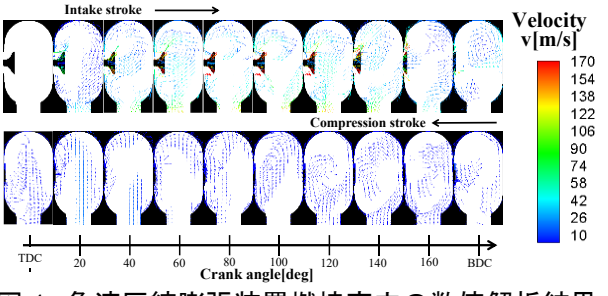


図 4. 急速圧縮膨張装置燃焼室内の数値解析結果

る設計）を用いて高速度カメラを使用した噴霧可視化実験を行うと共に、コンピュータによる数値シミュレーションを駆使してアルコール噴霧自着火現象の物理・化学的メカニズムの解明を目的に研究を進めています。また、上記で得られた知見を基に、実機関（小型直噴 4 サイクルディーゼルエンジン）に改良を施し、その効果を検証しながら高効率アルコールディーゼル実現に向けたエンジン要素技術開発に取り組んでいます。

2. 高効率エネルギー輸送技術に関する研究

エネルギー輸送という用語から資源の運搬をイメージするかもしれませんが、そうではありません。エネルギーそのものの輸送、つまり電気や熱を“能力”として運ぶということです。特に熱輸送については､その多くは流体の流動を伴います。正に対流熱物質伝達･輸送現象です。

これまでの流体工学･伝熱工学分野の基礎研究で得られた知見を基に現在の高性能熱機関や熱機器が開発されました。21 世紀に入り、更なる高効率化が求められていますが技術も成熟期に入り、ブレークスルーとなる技術革新が求められています。特に負荷変動を伴う場合は温度場の制御性･応答性が重要になります。熱物質輸送･伝達（率）を制御するためには言うまでもなく流体の流動を制御するということになりますが、定常流ベースの設計思想では流量を制御するか流路を可変にするかのどちらかしかありません。後者は部品増→重量増→コスト増を招きます。そこで流体の流動状況を支配するパラメータの多い脈動流に着目しました。生体の血流や呼吸は脈動流です。これらを工学的視点で捉えると実に高効率で且つ制御性にも応答性にも優れていることに驚かされます。

生体に多くみられる脈動流の高効率熱物質輸送･伝達特性とそのメカニズムを解明し､各種工業装置への応用を見据えたものとしてエネルギー輸送に関する基礎研究を実施しています。脈動流の流動を支配するパラメータは時間平均流量、脈動周波数および振幅ですが、これらの組み合わせの違いによる熱物質輸送･伝達特性の違いを温度場･流れ場の可視化実験によって調べています。成果は熱機関のインテーク設計や冷却設計、人工心肺の高性能化等幅広く応用できると考えています。

＜おわりに＞

研究の成果は国内外の学会で毎年発表しています。学部生･大学院生問わず研究室の学生には研究チームの一員として、世界を相手にした研究活動に参加してもらいます。卒業研究は答えの用意された教育プログラムではありませんし、内容的にはプロの仕事ですから、最初は難しく感じるとは思いますが、3 年生までに学んだ基礎があれば充分についていけます。実験装置の設計･製作から実験実施および解析･考察までを実際に経験してもらいます。その中で実社会の技術者に要求される能力（基礎学力、コミュニケーション力、プレゼン力、行動力、スケジュール管理）を養ってもらいたいと思います。

卒業研究は“自らを鍛える場と機会”と認識して下さい。どれだけ成長できるかは自分自身の努力にかかっています。教員 2 名“在学中の楽しさ”よりも“卒業して社会に出てから卒研の有難さ”を感じてもらえるように卒研生を教育します。

学生時代の指導教授に「精一杯やります」と言ったら「努力に制限をかけるな」と怒られたことがあります（齊藤）。自分の限界に挑戦しようという意欲ある学生が一人でも多く本研究室を志望してくれることを期待します。

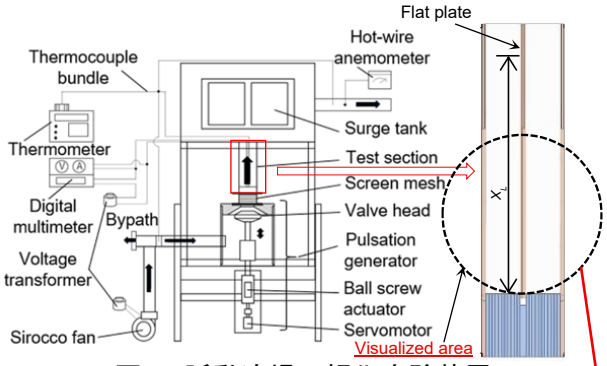


図 5. 脈動流場可視化実験装置

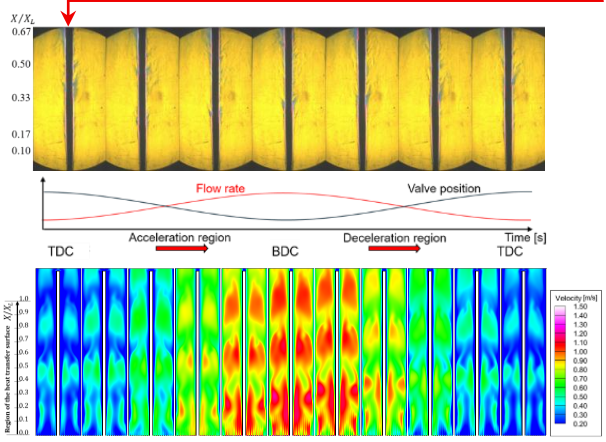


図 6. 脈動流温度場可視化と数値解析結果

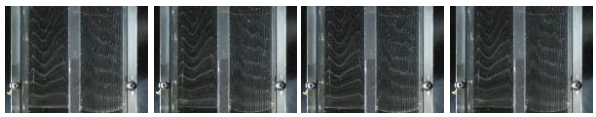


図 7. 脈動流流れ場可視化結果（水素気泡法）

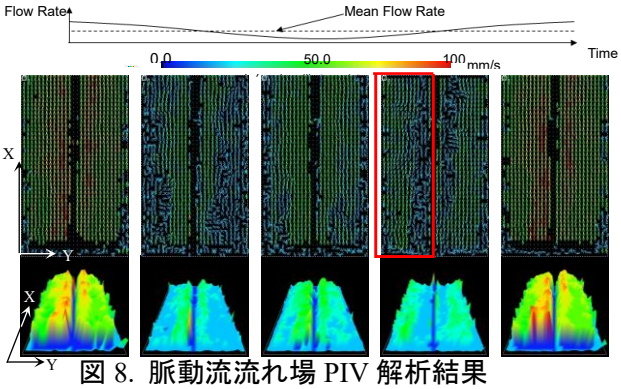


図 8. 脈動流流れ場 PIV 解析結果

機械工学科

渡邊　則彦　教授



専門分野　数値流体力学・空気力学・空力音響
最終学歴　千葉大学大学院　自然科学研究科
生産科学専攻修了(平成 10 年 9 月)
学位　博士（工学）（千葉大学）
職歴　航空宇宙技術研究所(現 JAXA), 理化学研究所,
米・Wright 州立大学 博士課程非常勤指導教員,
株式会社ソフトウェアクレイドル



＜はじめに＞

本研究室では流体を扱います。流体と聞くと何やらつかみどころがなく、特に力学的なイメージがつかみにくいものという印象があると思います。しかしながら、水や空気など、私たちの生命維持や生活のためには欠かすことができない流体は数多くあります。また、機械工学という観点から見れば、流体を原動力とする、あるいは流体を駆動する機械がたくさんあります。流体は、このようにすべからくエネルギー源として、あるいはエネルギー伝達の担い手として重要な役割を持っています。流体の運動を知ることはエネルギー輸送の基礎を考える上でもとても大切です。

ただし、前述のように流体の運動を力学の理論のみで評価することは難しい側面があることも事実であり、一般に実験や数値解析（数値シミュレーション）による調査研究手段も多用されます。本研究室では計算機（PC 等）で流れやそれに伴う熱の動きを計算によって再現し、それらを視覚的に分かりやすくする可視化できるシミュレーション解析技術（数値流体力学:CFD）を用いて、流体の運動をより容易に理解できる工夫をしながら、流体の持つさまざまなエネルギーの効率的利用技術の研究を行っています。

＜研究内容＞

1.流体騒音予測法の研究

流れの変化によって音が出ることがあります。例えば､笛は吹き込まれた空気をくさびで分断し、分断された流れが作る渦の周期的変化であの音色と音程を持つ音を出しています。またクラリネットでは空気を吹き込むと同時に振動を与え、その振動に共鳴した空気の変動が独特の音色を作ります。このような楽器のような音だけでなく、強風が吹いたときの風切音や、換気扇のファンが出す雑音のような騒音も流体の運動によって出てきます。このような騒音を流体騒音と呼びます。

音は空気の密度が周期的に変化する、密度の波（音波）です。この音波を作るエネルギーが流体の運動エネルギーや熱エネルギーから供給されます。つまり意図しない音が出る流体機械は、うるさいだけでなくエネルギー効率の点からも問題があります。

流体騒音はその静音化の対策が一般に困難です。なぜならば、音の源つまり音源と、音が伝わる媒質が同じ流体であり、物理的に防音壁をつくるなどの有効な遮音対策のほとんどを施すことができません。音源となる流体の運動と音の伝わり方を同時に調べ、運動エネルギーを効率よく保ったまま音源をなるべく作らない流れのパターンを根気よく探すしかありません。

本研究では図 1 に示すような電子機器の空冷に用いられる比較的小さな口径のファンの低騒音化を目標に、ファン周りの精緻な流れの数値解析を行い、またその結果を基に騒音レベルを直接計算する解析モデルの研究開発を行います。音波の挙動は非定常性が強いのですが､統計論的手法から、定常流の解析解から音波の分布を予測する方法を考えています。図 2 はファン回りの騒音分布の一解析例ですが､まだ精度的には十分でありません。より簡単で精度の高い騒音解析モデルができれば､従来と比べて数百分の一の計算時間で騒音の大きさを予測することが可能になります。これによって、より多くのファンの騒音解析が可能になり、さらに低騒音の、またエネルギー効率の高いファンの設計が行える可能性が高くなります。

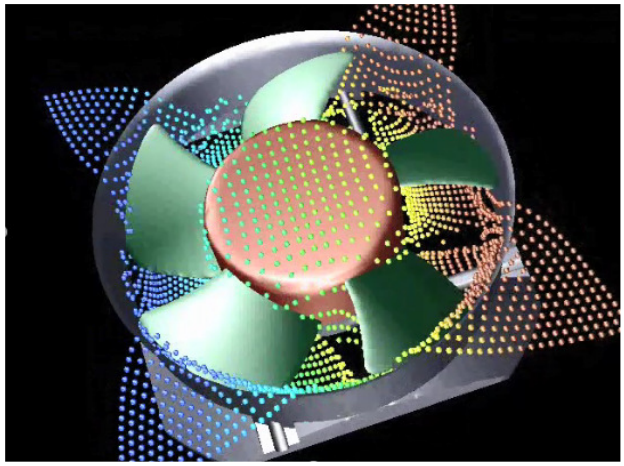


図 1：小径ファンの流れの数値可視化例

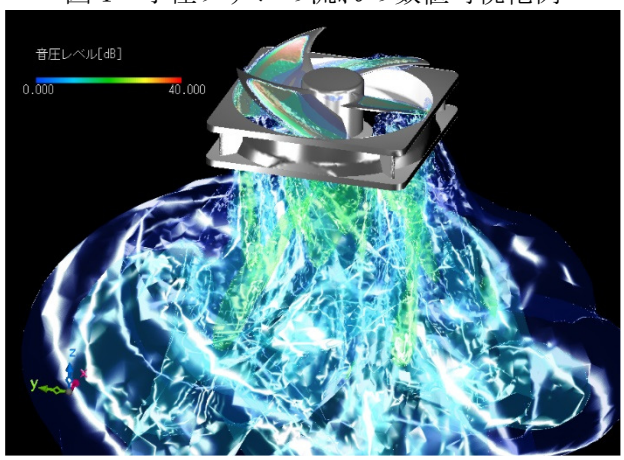


図 2：小径ファン周りの騒音圧レベル

2.物体周りの流れの渦構造の解析

海を進む船、風を切って走る自動車、はては向かい風の中を歩く私たち…は、流体の抵抗を受けています。このように、流体の中にそれと異なる速度の物体があれば、物体は流体による抵抗を受けます。抵抗力の大きさはもちろん直接物体に当たる流れの動圧に影響されますが、実際には物体に沿う流れの様子や下流側の流れのパターンも強く影響します。物体下流の流れを後流（wake）と呼び、一般に複雑な構造を持つ渦を伴う流れになり、大きな抵抗源となります。渦を伴う流れを精度良く調べることは、流体抵抗を減らし、流体機械のエネルギー効率を高める上で重要なことなのですが、流体の数値解析ではこの渦の動きを精緻に再現することが難しいという問題があります。

本研究では、数値解析法と渦構造の捕捉精度の関係を調べます。図 3 はジェットエンジンなどに用いられる空気の圧縮機内の翼列周りの流れの渦構造を解析した例です。翼に空気流が当たった部分では気流が巻き上がり渦を生じています。この渦は翼に沿って気流方向に旋回し、翼に沿うスムーズな流れのパターンを崩します。これも抵抗力源となります。しかしながらこの渦のパターンは実験結果と比較して若干異なっており、解析の精度向上が必要だと思われます。精度向上には様々な方法が考えられますが、この研究では乱流を表現する解析モデルの精度に着目して精度向上を考察します。

研究は数値解析の結果を実験測定結果と比較しながら進めます。その過程では航空宇宙システム工学科と実験を行う機会も予定しています。

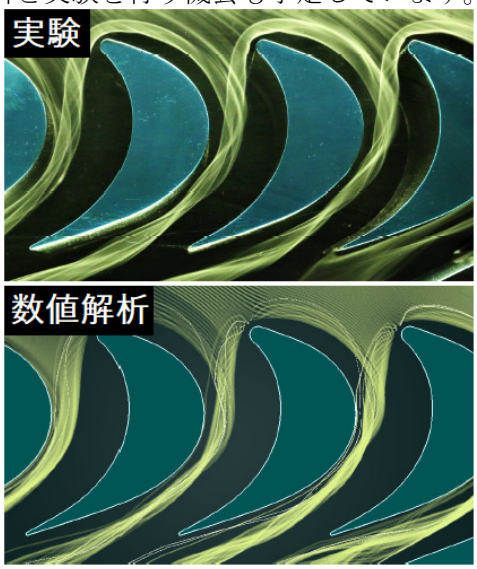


図 3：翼列間流れの渦構造の解析
上は実験、下は数値解析による可視化結果

3.その他

自身で CAD を用いて解析モデルを作ることができ、どのような流れをどういう目的で調べてみたい、という提案があれば、研究プロセスを一緒に相談した上で積極的に卒業研究のテーマとして取り上げたいと思っています。

図 4 は乗用車の空力特性解析の例ですが、この乗用車は CAD でコンセプト設計されたもので市販されているものではありません。図 5 はドローンのローター周りの騒音分布の解析例です。これは実際のドローンから卒研生が CAD で形を起こしたものです。このように CAD で形が作れれば好きな機械に関わる流れも解析できます。是非自分のテーマで研究してみたい、という人は遠慮なく相談してください。

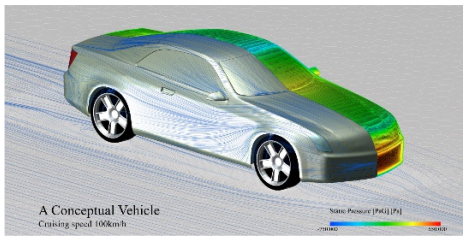


図 4：仮想のセダン車周りの気流解析



図 5: ドローンのローター周りの空力騒音分布

＜おわりに＞

研究とは試行錯誤の繰り返しです。1 ヶ月や 2 ヶ月で結果が出るような幸運は稀にしかありません。自身が予測する結果に対して、試行錯誤の中で自らのアイデアを出し続け、それを地道に試して自らの予測を修正しながら一定の結果を出すことを目指す、そのような根気の要る活動です。加えて、数値解析は机上で行う作業がほとんどで、輪を掛けて地味な作業となるかもしれません。従って、自身の仮説に対して地道に真摯に向き合える人に適していると思います。

一方で、数値解析は様々なアイデアを比較的早く試行できる手段であり、また計算機の中での仮想実験ですので一見危険と思われる試行や、全く実験ができない突飛もない試行も可能です。アイデアをどんどんと試すのには最適でしょう。研究室の設備は決して潤沢ではありませんが、その代わりアイデアで補って行きたいと思っています。また、最近はメーカーでの機械設計に流体や熱の数値解析が取り入れられることが増えており、そのような解析ツールに習熟できる良い機会にもなるでしょう。

1 年間という限られた研究期間でありますが、同時に卒業後の進路を決定する大事な時期でもあります。自身のスケジュール管理は今以上に大切になってきます。時間配分を上手に行いながら楽しく真摯に取り組もう、という皆さんと一緒に研究ができることを楽しみにしています。

機械工学科

劉　陽　教授



専門分野　最適設計、医工連携、計算力学
最終学歴　愛知工業大学大学院　工学研究科
生産・建設工学専攻博士後期課程　修了
学位　博士（工学）
職歴　三桜工業株式会社、豊田工業大学、大阪大学



＜はじめに＞

本研究室では材料力学や構造力学，構造最適化手法に基づく構造設計理論の構築及びその応用に関する研究を行っている．優れた力学的機械特性を有し，且つ超軽量な構造の最適形態をコンピュータ自動計算により求める最適設計手法を開発している．

自動車のボディデザインを例として考えるとき、なるべく「軽くて強い」形が理想であるが、その設計はとても複雑で、設計者の経験や技術が大きく影響してしまう。そこでこの研究では、コンピュータでの自動計算で最適な形を導き出せるプログラムつくりに取り組んでいる。実用化すれば設計者の経験に左右されず、自動車など工学デザインの軽量化・小型化・省エネ化構造を素早く出すことができる。

この技術は工学分野を飛び越え、医学での応用も試されている。たとえば、人骨の中で最も繊細な骨と言われる「耳小骨」の再建手術。骨の代わりにコルメラという棒を入れるが、人体実験ができない耳の中の振動をシミュレーションし、聞こえやすくなるコルメラの形を予測して患者への負担なく最適な手術方法を提案することが可能である。工学技術で医師を支え、医療技術の進歩に大きく貢献できる可能性を秘めている。

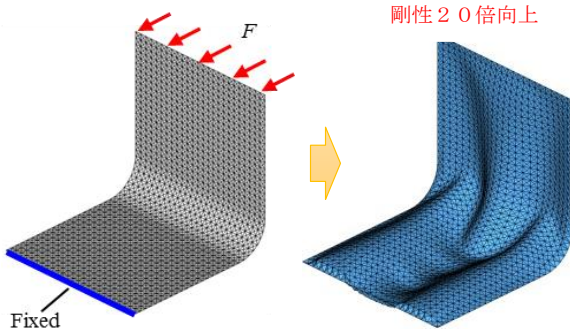


図 1 車体薄板・シェル構造の形状最適化

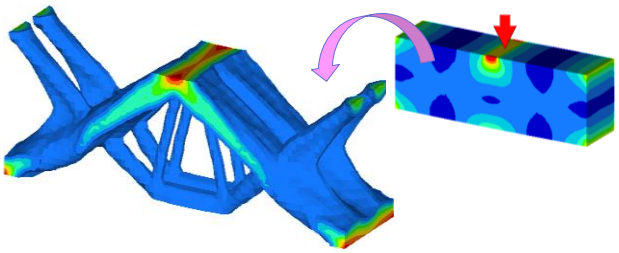


図 2 トポロジー最適化計算例 1

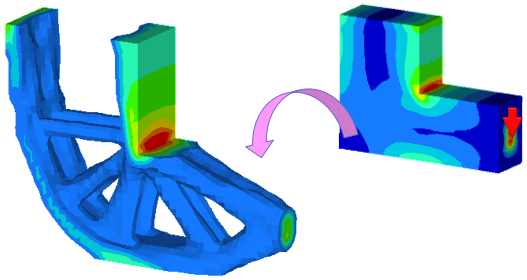


図 3 トポロジー最適化計算例 2

＜研究内容＞

1. ３次元構造体の形状・トポロジー最適化

構造最適化とは、あらかじめ決められた設計・境界条件から所望の性能を最大限に得られる構造・形状を求める方法論である。構造最適化を大別すれば、寸法最適化、形状最適化、トポロジー最適化の 3 つに分類される。寸法最適化は、材料や構造物の寸法(長さ、幅、直径など)を設計変数として最適化を行う。寸法を変化させるだけなので、例を挙げた 3 手法の中で最も簡易的な方法である。形状最適化とは構造物の外形形状を設計変数として最適化を行う方法で、詳細設計案が決まった段階では非常に有効で実用的な手法である。また、トポロジー最適化とは、構造物の位相を設計変数として最適化する手法である。最も自由度が高く、既存概念にとらわれない設計案の導出が可能である。

本研究では、汎用有限要素ソフトと自作プログラムを使用し、3 次元構造体の形状最適設計及びトポロジー最適設計システムを構築する。図 1 に示すように、形状最適化の計算例の一つである薄板・シェル構造は軽量性や加工性，経済性等を特徴とするが，形状最適設計により，その力学特性を飛躍的に向上させ得る。図 2 と図 3 に構造体のトポロジー最適化計算例を示す。体積 60%減らしても最大応力はほぼ変わらない最適なトポロジー構造が自動計算で得られた。

2. 最適設計手法による高性能極軟鋼制震デバイスの開発

地震多発国である日本における構造物の耐久性や安全性を高めることが必要不可欠である。そのため、多くの構造物に免震、制震デバイスが組み込まれてきた。特に橋梁構造物では地震の対策として免震ゴムが設置されることが一般的であった。しかし、近年の公共投資の削減からより経済的な免震、制震デバイスが求められている。

本研究はせん断型パネルダンパー（SPD: Shear Panel Damper）という低降伏点鋼の平板からなる制震デバイスを研究対象とする。SPD はエネルギー吸収性に優れ、構造も単純で安価である

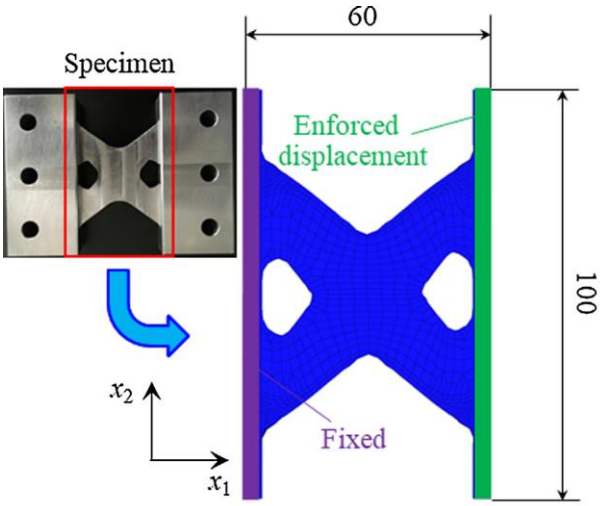


図 4 極軟鋼制震デバイスの最適設計

ことから高層ビルなどに使用されてきた。しかし、SPD は同じく高層ビルや、橋梁構造物などで使われている積層ゴムに比べて変形能力が不足していることが課題である。本研究では、繰り返し弾塑性解析と実験計画法を利用した応答曲面法を利用して、SPD の変形能力を最大化する形状最適化を試みた。図 4 に橋梁を対象とした経済的で信頼度の高いせん断型制振デバイスの最適設計を示す。

3. 工業分野だけでなく医療分野への応用も

構造最適設計の技術は、医療分野でも生かされようとしている。そのひとつが、私たちの耳の奥にある「耳小骨」の再建である。耳小骨は、鼓膜がキャッチした音を内耳に伝える役割を担っているが、中耳炎などの疾患で、骨のつながりが損傷することがある。通常、コルメラという素材を使って、鼓膜と内耳とを直接つなぐ手術を行うが、何度も手術をして聞こえの善し悪しを実験するわけにはいかない。耳鼻科では損傷を受けた耳小骨を修復し，聴力を改善する伝音再建手術が主として医師の技術と経験に基づいて行われてきた。その効果を手術の前に予測することができれば画期的な医療技術の進歩に繋がると考えられる。このような視点に立って，Ｈ２７年度から鳥谷耳鼻咽喉科医院の鳥谷先生と共同で耳小骨の伝音再建手術効果予測法の開発，改善に着手し(図５に参照)，そこに用いられるコルメラ（再建部品）の形状や取り付け位置の最適化に関する研究にも取込んできた。

＜おわりに＞

近年、激化する国際競争を勝ち抜ける高付加価値の製品を生み出すために、製品コンセプトを初期段階で定量的に評価して最適化する革新的設計手法の重要性は一層増してきている．それに応える研究として，本研究室では優れた特性を有し，且つ軽量な構造の最適形状をコンピュータにより自動的に求める理論及びその応用の研究を行っている。また、社会的ニーズに応じた医工連携テーマのような新しい分野の研究も挑戦して行きたい。

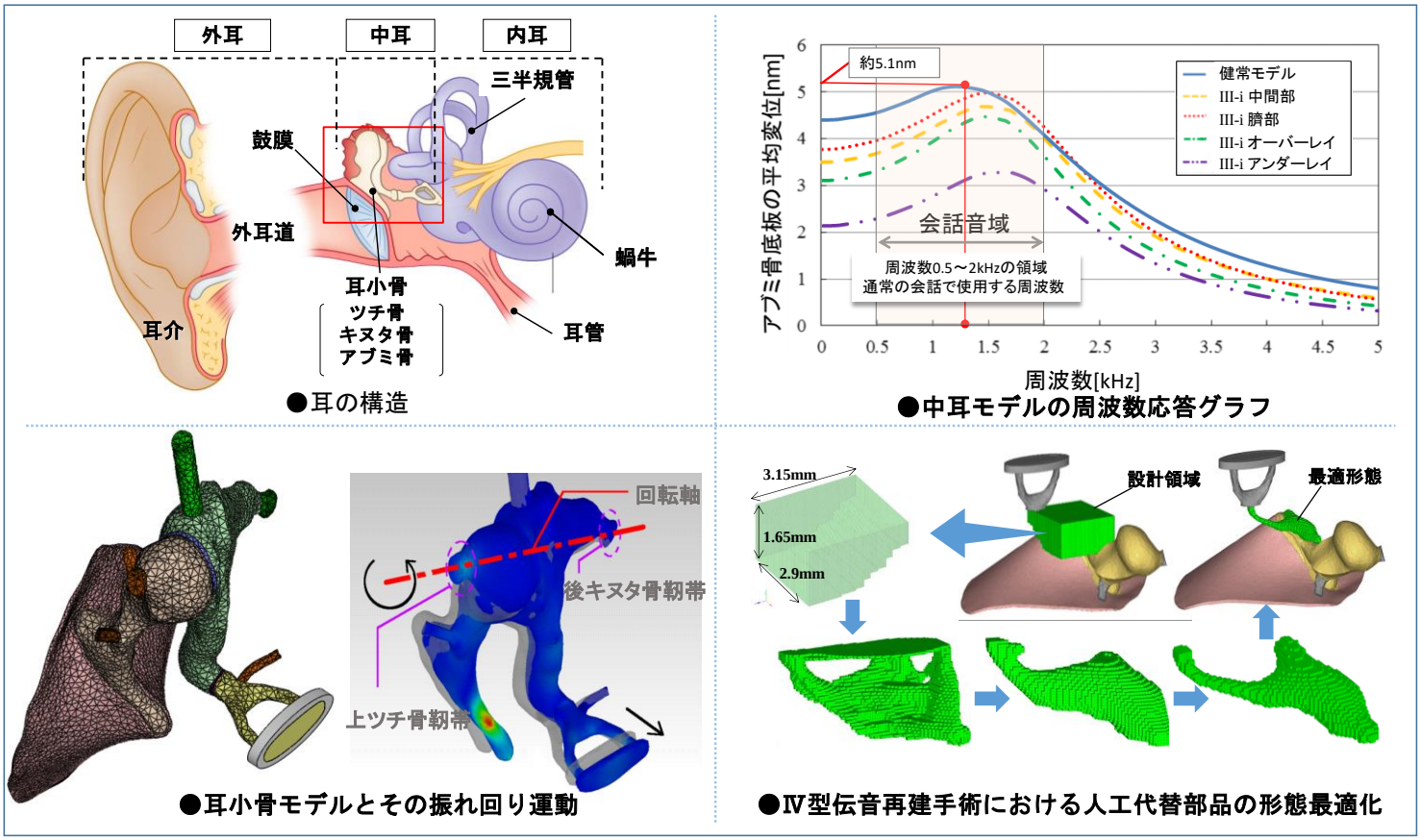


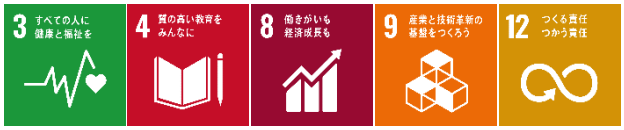
図 5 耳小骨の伝音再建手術に用いられるコルメラの形状最適設計

機械工学科

中牟田 侑昌 准教授



専門分野 材料工学、機械材料学、生体力学、生体材料学
最終学歴 九州大学大学院 総合理工学府 物質理工学専攻
博士後期課程 修了(平成 29 年 3 月)
学位 博士（工学）（九州大学）
職歴 九州大学 応用力学研究所 協力研究員



＜はじめに＞

医学と工学の領域を融合し、医療に関わる新技術の開発や新事業の創出を図ることを医工連携と言います。工学分野のモノづくりの技術が医療の世界でも生かされ、新たな製品が開発されて私たちの知らないところで多くの苦しまれている人々が救われているのです。例えば、図 1 に示されている製品も医工連携により生み出されたモノの一つです。主にチタンやセラミックで作られたこれは人工膝関節と言われる医療機器であり、膝関節に疾患のある患者さんへの治療に使用されます。わずかな段差をのぼるのにも膝の激しい痛みに悩まされていた患者さんが治療により歩けるようになるのです。しかし、現在使用されている人工関節や針、検査機器などの医療機器はまだまだ多くの課題を抱えており、医・歯・薬学分野の医療機関では、使用している医療機器に対して「こんな機能を追加してほしい」、「ここを改良したらもっと使いやすくなる」といったニーズがあふれています。この他にもモノづくりの技術は多くの医療分野で生かされており、整形外科分野では CAD により 3 次元骨モデルを作成し(図 2)、有限要素解析による評価などを行うことで患者さんの治療に繋がっています。また、iPS 細胞も登場し、近年盛んに研究が進められている再生医療分野では人工骨などの生体材料の開発が進められています。しかし、それらの分野においても多くの課題が存在し、ニーズがあふれているのが現状です。

そこで当研究室では、CAD や有限要素法による設計や解析、3D プリンター等による作製、力学試験による評価などにより、様々なニーズに応えることができる新たな医療機器、生体材料の開発等を行っています。

＜研究内容＞

1. 整形外科インプラントの最適化設計

日常生活を送る中で事故等により骨折した際、骨折の状態によっては手術を行い、患部をプレートで直接固定して治療する場合があります。骨の接合が早まるため、より早く元の日常生活を送ることができます。しかし、骨の形や質は患者さん一人一人によって異なり、日本で使用されている整形外科インプラントの多くが日本人よりも比較的に大柄な体格である外国人用に設計された外国製であるため、手術をする際に適合しないことも多くあります。また、そのほとんどが金属製であるため、金属アレルギーを持つ患者さんの治療に使用できるインプラントは限られる状況です。

そこで本研究では、有限要素法と 3D 造形法を組み合わせて、新しい整形外科インプラントの設計・製造法の確立を行っています。具体的には、有限要素解析によりインプラントの設計を行い、3D プリンターを用いて、患者さん一人一人にフィットし、生体に吸収される樹脂製インプラントの製造を行っています。



図 1　人工膝関節

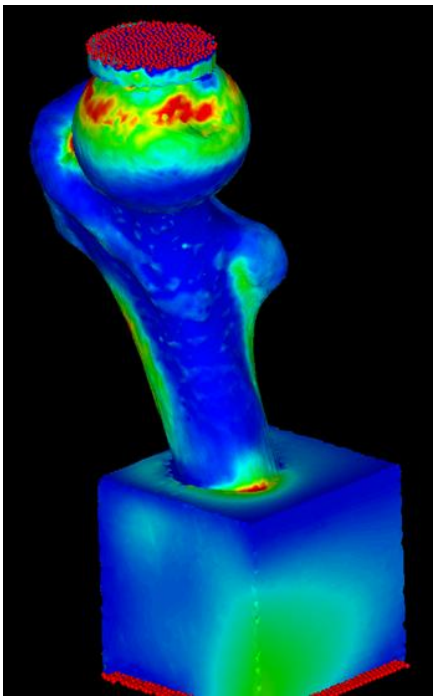


図 2　ヒト股関節 3 次元モデル
(応力の分布)

2.再生医療用生体材料の創製

事故や病気などにより、生体内の組織を欠損してしまった場合、患者自身の治癒能力だけでは復元が困難である時があります。例えば、骨折などをしても一定期間が過ぎれば修復することが知られている骨ですが骨肉腫により摘出し、大きく欠損してしまった場合、自己治癒力だけでは元通りに復元することは困難です。これが元々自己治癒力に乏しい軟骨などになるとさらに難しくなります。しかし、そのような疾患に対する治療法として再生医療が近年盛んに研究されています。例えば、コラーゲンゲルに患者さんの軟骨細胞を播種し、体外で一定期間培養を行った後に体内の欠損箇所に移植することで元通りに復元する試みがなされています。しかし、コラーゲンゲルなどの細胞が育ちやすい生体材料は本来の生体組織と比較し、力学的に大きく劣っていることが多く、逆にチタンなど力学的に優れた材料であったとしても細胞が育ちにくいといった課題を抱えています。また、治療対象となる欠損箇所の形状は患者さんごとに異なっているため、生体材料が適合しないことも課題となっています。

そこで本研究では、有限要素法と 3D 造形法を組み合わせて、細胞が育ち易く、生体適合性に優れると共に生体組織本来の力学特性を有し、力学適合性に優れる新しい再生医療用生体材料の設計・製造法の確立を行います。具体的には、有限要素解析により生体材料の設計 (図 3)や 3D プリンター等を用いた生体材料の作製 (図 4)および力学試験による評価などを行うことで生体材料の開発を行っていきたいと考えています。

3.積層ハイドロゲル電池を用いた機械的エネルギー変換システムの構築

「電気ウナギ」という生物について知っている人はいるでしょうか？発電細胞から形成された発電器官を有しており、生体内でありながら電位差と電流を実現することが可能な生物です。最近の先行研究において、発電細胞の発電メカニズムを摸擬した積層ハイドロゲル電池が試作され十分な起電力を有することが示されました。しかし、実際にエネルギー変換機構を担う電池としての機能については明らかにされていません。

そこで本研究では、積層ハイドロゲル電池を動力源とする機械エネルギー変換システムを構築し、電気化学的エネルギーが機械的エネルギーへ変換される際の変換効率を評価し、さらに、得られた知見を電池開発にフィードバックし、電池の高性能化を目指します。具体的には、モーターなどを用いることで電気化学的エネルギーを機械的エネルギーへと変換する機構を考案し、エネルギー変換について定量的に検討を行い、さらにはロボット製作等で作製した車に開発した電池を接続し、走行試験なども行い、より高効率で生体に優しい電池の開発を行っていきたいと考えています。

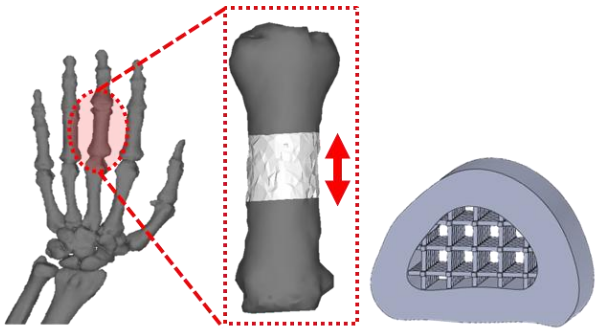


図 3　ヒト指骨の 3 次元 CAD モデル

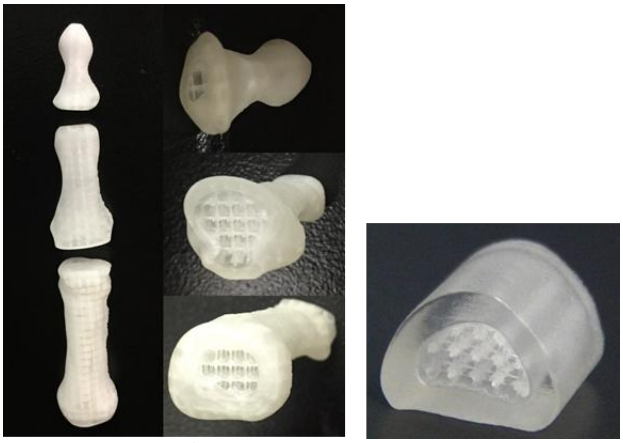


図 4　3D プリンターで造形した指骨構造体

＜おわりに＞

当研究室では、医療機器開発などを行っており、かなり特殊に感じる方もいるかもしれません。実際、私自身も医工学に出会ったのは大学 4 年生の卒業研究の時であり、「ずっと機械工学を学んできたけど医工学研究室？医学なんて全然知らないし、大丈夫だろうか？でも、せっかくの機会なので特殊な内容に触れてみたい。」など、期待と不安から始まりました。しかし、医学的要素を考慮すべき時ももちろんありましたが、CAD や有限要素解析、3D プリンター、力学試験による評価など、学んだ機械工学が生きることが多く、研究を通して知識や技術を身に付けたおかげで今の自分があります。そのように当研究室では、楽しく研究を行うと共に卒研を通して可能な限り将来的に生きる技術や人脈を身に付けてもらい、卒業後も学んだ知識と技術を生かして自らの幸せをつかみ取ってもらうことを目標にしています。研究は決まった答えがあるわけではなく、望んだ結果が出ないことも多いです。失敗を繰り返しながら長い時間をかけて試行錯誤を重ね、結果を積み重ねていく作業と考えます。そして、誰かに支持されて行うものではなく、目的達成のために自ら考えて行動し、導き出された結果に対して考察を行い、論文を書いていかなくてはいけません。実験と解析双方を行って欲しいと考えているので難易度が高い研究になることもあると思います。やる気と根性にあふれた方、大学院への進学など向上心のある方を歓迎します。

機械工学科

櫻井　淳平　　教授



専門分野　MEMS，金属工学
最終学歴　筑波大学大学院工学研究科
　物質工学専攻修了(平成 14 年 3 月)
学位　博士（工学）（筑波大学）
職歴　東京工業大学，東京エレクトロン，名古屋大学



＜はじめに＞

本研究室では，新規機能性金属材料を用いて，付加価値の高いミリ・マイクロサイズのデバイスや構造体の作製を目的とした応用研究を行っています．これまでは，非晶質合金薄膜や形状記憶合金に関する材料開発，それらの加工法，さらにそれらを用いたマイクロデバイスに関する研究および実習に取り組んできました．

今後は，磁歪合金や非晶質合金薄膜を用いた超音波デバイスや環境発電デバイスの開発といった振動デバイスを主なテーマとしつつ，それにとらわれることなく柔軟な研究開発を推進してまいります．

＜研究内容＞

1. 薄膜非晶質合金の MEMS 応用に向けた材料・デバイス研究

本研究室では，薄膜金属材料のマイクロデバイス応用に向けた材料開発およびデバイスの作製に関する研究を行っています．使用している薄膜非晶質合金（Thin Film Amorphous Alloy : TFAA）は，従来の MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）で広く利用されているシリコンに比べてヤング率が低く，弾性限界が大きいという特徴があります．このため，微小な力でも大きく変形することが可能です．このような材料で機械的な微細構造を作製することにより，駆動部の変位や出力の増大，あるいは微小信号の高感度検出などが期待できます．

図 1 は，当研究室で作製した TFAA 製ダイアフラムを用いた静電容量型圧力センサを示しています．TFAA はスパッタ法によって成膜され，熱処理によってスパッタ中に導入される内部応力を緩和することで，平坦なダイアフラム構造の形成に成功しました．このダイアフラムは，隔壁によって隔てられた空間の圧力差により変形し，その変形を下部の電極との静電容量変化として検出することで，差圧を高感度に測定することが可能です．

現在は，この TFAA 製ダイアフラム構造を超音波距離センサに応用する研究を進めています（図 2 参照）．このセンサは，自動運転や駐車支援に用いられる障害物検知用の距離測定センサであり，圧電材料でダイアフラムを振動させることで超音波を発生させ，障害物に当たって反射した超音波

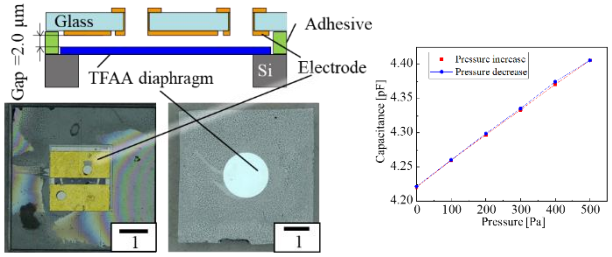


図 1　薄膜非晶質合金製静電容量形圧力センサ

を再びダイアフラムで受信し，距離を測定します．ダイアフラムが TFAA で構成されていると，振幅が増加し超音波の音圧が向上するほか，微弱な反射波も感知できるため，検出距離や精度の向上が期待されます．現在は，TFAA の超音波振動下における疲労特性評価およびプロトタイプの試作を進めています．

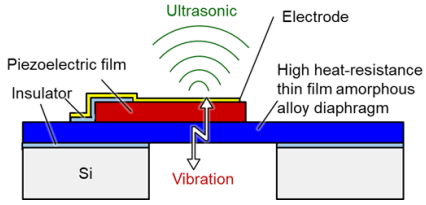


図 2　薄膜非晶質合金製超音波センサ

2. 磁歪合金を用いた振動デバイス研究

磁歪合金は，強磁性を持ち，外部から磁場を印加すると変形する「磁歪効果」を示す材料です．また，変形させることで外部磁場に対する応答が変化する「逆磁歪効果」も示します．これらの特性を利用し，磁歪合金は魚群探知機や超音波振動子，さらには振動発電など，さまざまな応用分野で利用されています．

図 3 は，現在当研究室で開発を進めている FeGa 磁歪合金を用いた血管形成用の超音波振動プローブカテーテルを示しています．バルク FeGa 合金上にマイクロプロセスを用いて蛇腹状のコイルを形成し，プローブを超音波加振する構造です．プローブ先端を超音波振動させることでキャビテーションによる衝撃波を発生させ，血管内に形成された石灰化病変を破壊し血流を回復する医療機器への応用を，企業との共同研究により進めています．

今後は，磁歪合金を利用した環境振動によるマイクロ発電デバイスの研究開発にも取り組んでいきたいと考えています．

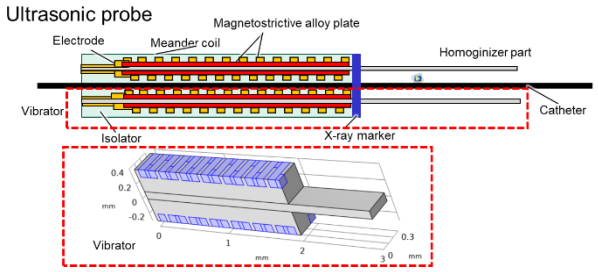


図 3　血管形成用超音波プローブカテーテル

3. 形状記憶合金製マイクロデバイス研究

形状記憶合金は，ある温度以下で変形しても，加熱することで元の形に戻る「形状記憶効果」や，ある温度以上で変形させても荷重を除くと元の形状に戻る「超弾性効果」を示す金属材料です．

図 4 は，当研究室で研究を行っている触覚ディスプレイ用触知ピンアクチュエータです．このデバイスは，突起形状の先端を指で押すと反力が返ってくる構造を持ち，アクチュエータの温度を制御することで反力の強さが変化し，指先の感触が変わることを目指しています．今後は，さらなる構造の最適化により，アクチュエータ性能の改善を図っていきます．

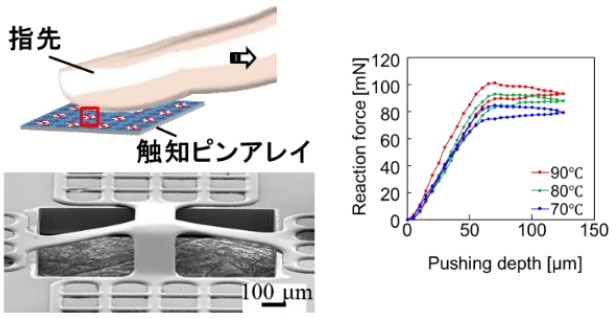


図 4 触知ピンアクチュエータ

また，本研究室では，成膜時には非晶質でありガラス転移を示し，結晶化によって形状記憶特性を持つ「高成形性形状記憶合金」を用いた三次元構造の形成にも取り組んでいます．図 5 は，直径数百 nm，長さ数 μm のナノ繊毛構造であり，ナノインプリントにより成形したものです．将来的には，このナノ繊毛を駆動素子とした繊毛アクチュエータの開発も計画しています．

さらに，形状記憶合金は，弾性熱量効果を利用した固体冷媒や，制振・除震といった分野への応用も期待されており，今後も新たな応用展開に挑戦していきたいと考えています．

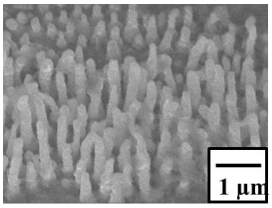


図 5　高成型性形状記憶合金ナノ繊毛構造

4. その他

東京エレクトロン時代から太陽電池の変換効率向上のための光マネジメント基板の作製の研究を行っています．ナノインプリントによりガラス基板上に凹凸形状のテクスチャを作製し，入射した太陽光を散乱・回折させて，効率よく発電層に吸収させる技術です．現在は安価で意匠性の高い色素増感型太陽電池向けの光学基板の開発を行っています（図６）．

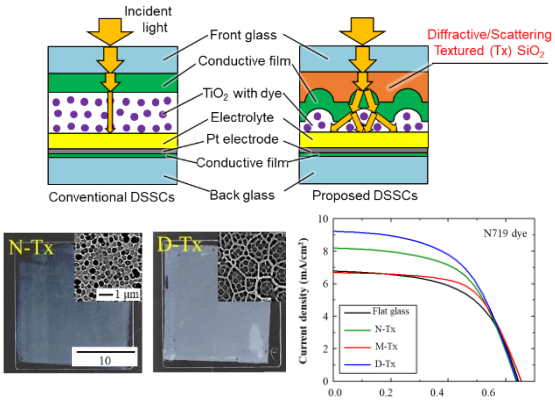


図 6　色素増感型太陽電池用光学基板

＜卒業研究＞

今後も新規機能性金属材料を活用し，ミリ・マイクロサイズのデバイスおよび構造体の設計・作製に関する研究を進めていく予定です．以下は想定している卒業研究テーマの一例です．

・薄膜非晶質合金の超音波デバイス等の MEMS 応用の基礎検討
・FeGa 合金を用いた超音波カテーテルデバイスの研究
・触覚ディスプライ用アクチュエータの検討

これらはあくまで一例であり，配属される学生の希望や適性に応じてテーマの変更も可能です．

＜おわりに＞

本研究室は令和 7 年度に新設されたばかりの研究室であり，まだ手探りな部分もありますが，学生の皆さんと一緒に成長し，研究室をより良いものにしていきたいと考えています．

新しい分野に興味を持ち，積極的に挑戦したいという意欲のある学生を歓迎します．また，他大学や企業との共同研究も行っており，進捗報告や連携が求められる場面も多くあります．そのような環境の中で，自身の役割を理解し，協調しながら主体的に行動できることを期待しています．

機械工学科

森　昭寿　　教授



専門分野　衝撃工学，機械力学
最終学歴　熊本大学大学院自然科学研究科
　　生産システム科学専攻修了(平成 18 年 3 月)
学位　博士（工学）（熊本大学）
職歴　栗田工業株式会社，熊本大学非常勤技術員



＜はじめに＞

本研究室では，「爆薬を利用した材料加工に関する研究」，「小型ボードマイコンを利用したものづくり」に関する研究および実習を行っている．以下に，現在の研究内容の詳細を示す．今後は「爆薬を利用した材料加工に関する研究」を主に実施する予定である．

＜研究内容＞

1. 爆薬を利用した材料加工に関する研究

1-1 高速度衝突における金属材料の接合・合成に関する研究

本研究室では，「爆薬」を利用した材料加工（爆薬加工法）に関する研究を行っている．爆薬加工法は，爆薬が爆轟することで発生する衝撃波を金属板に作用させて緻密な変形を達成させる「爆発成形」や，爆轟圧力を金属板に作用させることで金属板を高速度に飛翔させ，別の金属板へ高速度で衝突させて瞬間的に接合を行う「爆発圧着（爆発圧接）」，爆薬の爆轟圧力を金属粉末に作用させて固化成形を行う「爆発圧搾（衝撃粉末固化成形）」，爆薬の爆発によって発生する高圧力・高温状態を利用して材料合成を行う「爆発合成」などがある．

本研究室では，「爆発圧接」に関する研究を行い，他大学の研究グループと共同研究を実施している．爆発圧着は，**図 1** に示すような形式で実施される．均一な厚さの爆薬を載せた金属板（合わせ材・飛翔板）を，別の金属板（母材）からある間隔を設けて配置し，爆薬の一端から起爆する．爆轟したときの圧力で金属板は下方に向けて急速に加速し，高速度で母材に衝突する．一端から起爆するので，合わせ材はある角度を有しながら衝突する．

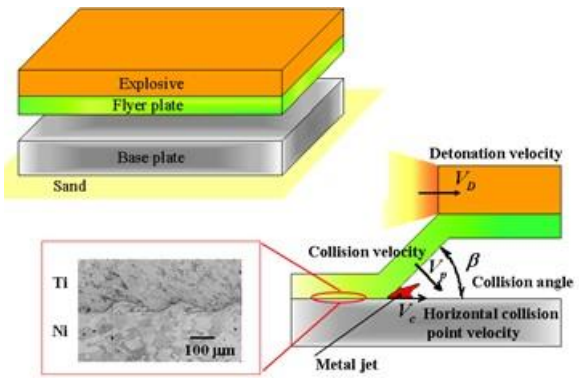


図 1　爆発圧着法の概略図

飛翔材と母材とが衝突する際，衝突角度および衝突速度がある条件を満たした場合には，衝突点で金属固体が流体的な挙動を示し，衝突点から金属ジェットが発生し，その接合界面（金属の境界面）が波状に形成される．この方法の特徴は，密度や融点などの特性が大きく異なる金属同士でも接合できる点である．ただし異種金属の組合せでは，衝突条件（衝突角度及び衝突速度）を最適にしなければ，接合境界に硬くて脆い合金を生成し，クラックや割れを生じる可能性がある．そこで，最適な接合条件を明らかにすることを目的として接合時に発生する金属ジェットに着目し，その生成状態について研究を進め，共同研究によって金属ジェットの発生現象について明瞭に観測することに成功した．

現在ではこの結果を元に，金属ジェットの利用に関する研究を行っており，**図 2** に示すように，金属ジェット同士の衝突によって発生する超高圧状態について観測・回収実験を進めている．

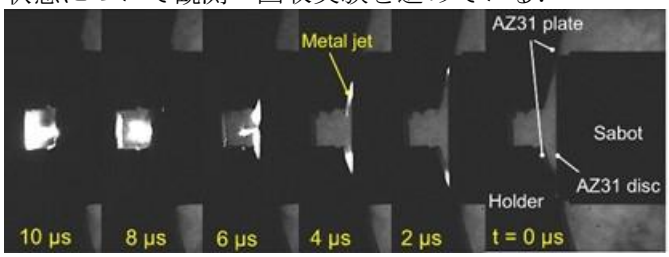


図 2　金属ジェットの衝突 ($\beta = 15°$, $V_p = 495.5$ m/s)

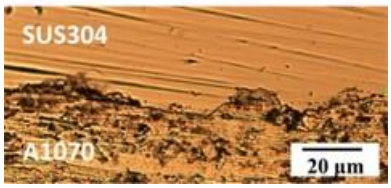
1-2 管材の爆発成形・接合に関する研究

現在，自動車用タイロッドやラックバー，二輪車用ヘッドパイプ等の製品に，偏肉管，つまり，厚さが一定ではない管材が用いられることが多い．軽量化を図るため，強度を必要とする部分だけにパイプ径を大きくする必要があるが，部分的に大きくするような加工は難しい．そこで，本研究では爆発圧接法を応用して，局所的に肉厚が異なる管材の製造開発を行っている．

管材の爆発圧着法では爆薬を資料金属管の外側に配置する方法がよく用いられるが，管材全体を爆薬で覆う必要があるため，1 回で使用する爆薬量が多くなる．そこで，線状の爆薬である導爆線を用いて管材の中から接合させる方法について研究を進めている．**図 3** に，2022 年度実施した実験後の接合例を示す．図 3 は，長さ 150 mm のステンレス鋼（SUS304）鋼管の内部に，長さ 50 mm のアルミニウム合金（A1070）パイプを配置し，その内側に，シリコンゴムで



(a) SUS304（外管）への A1070 の局所接合



（b）接合界面

図 3　爆発圧着法による管材の局所接合

覆った導爆線を配置したときの実験例である．SUS304 鋼管の外径が 25.4 mm, 肉厚 1.2 mm で，A1070 パイプの外径が 20 mm，肉厚 1.7 mm のときで，良好な接合を達成できた．しかしながら，この条件以外では，全長にわたった接合を達成できなかった．今後は，この材料組合せと爆薬の配置条件を変化させることで，全長にわたる接合を検討している．

2. 小型ボードマイコンを利用したものづくり

現在，半導体技術の発展によって，機械製品の多くには AI などのマイクロコンピュータが組み込まれている．また，Arduino や Raspberry pi といった安価なマイコンボードが流通し，初心者でも容易に取り扱うことができるようになった．そのため，工業製品の試作機などの開発に，このような小型ボードマイコンが利用され，製品開発の迅速化と経費削減といった設計法の最適化が用いられつつある．機械関連以外の分野でも小型コンピュータの利用・開発が行われている．

そこで，本研究では簡単な電子機器類を使用した機械設計や製品開発に関して，機械の製作を実施しながら開発技術の発展を目指している．最近ではこのような機械として，マルチコプター，いわゆるドローンの開発が多く行われており，探索用として大量配備が可能で，上空から探査できるといった利点があるものの，強風などの圧天候に弱いといった課題もある．そこで，広範囲での情報収集を行うことができる陸上探索ロボットの開発を目指し，移動速度の向上を図るため，クローラと 4 輪走行といった走行形態を切り替えることができるロボットの開発を試みた．**図 4** は，2022 年度に製作した走行切り替え機構を搭載した探索ロボットの 3D-CAD モデル図と実機写真図である．走行切替型ロボットの試作を行ってから 3 機目になる機体で，最高速度が人間の移動速度と同レベルの 5 km/h で移動でき，階段の連続登頂および障害物の乗り越え等も加工となった試作 3 号機である．この機体には，現場の状況把握を行うために赤外線機能付きのカメラを搭載するだけでなく，内部の電流状態などを把握するためのセンサと，自己位置を推定できるリアルタイム GPS 機能を



(a) クローラ形態のモデル図（左）と実機（右）



(a) 4 輪走行形態のモデル図（左）と実機（右）

図 4　走行切り替え機構を搭載した探索ロボット

内蔵させている．また，Arduino や Raspberry pi を組み合わせて, 遠隔で内部情報やカメラ画像. GPS による位置を確認することが可能である. 現在は, 駆動時間と強度の向上と機能面の拡張を図るため新たな試作機の製作を行っている．

＜卒業研究＞

今後も，爆発加工に関する研究および小型ボードマイコンを利用したものづくりに関する研究を推進していくため，本研究室では次の卒業研究テーマを考えている．

(1)「爆発圧接過程の解明・観測実験」
(2)「管材の爆発加工技術開発」
(3)「小型ボードマイコンを利用した機器開発」

これらのテーマは一例であり，配属者の希望等によって変更する可能性がある．

＜おわりに＞

爆発加工関連の研究の場合では，基本的に外注することなく自分たちで装置の設計と製作を行い，実験後にはビデオカメラや光学顕微鏡による観察と画像データを処理する必要がある．また，他大学と共同研究を行っているため, 他大学へ出向き，実験を行う必要がある．学外の施設でも爆薬あるいは火薬を用いるため，本学で半年に 1 度実施する安全保安講習に必ず参加しなければならない．また，学生自身が火薬類を取り扱うことができるように，可能ならば,「甲種火薬類取扱保安責任者免状」を取得することが望ましい．

小型ボードマイコンを利用したものづくりでは，使用する電子回路が日進月歩で発展している．その発展速度に対応できるよう，各自が自身の役割を理解し，協調しながら個々で行動することが必要不可欠である．新しい技術がさらに変化していくため，自主的に行動することを強く望む．

研究室では，コアタイム 10:00～17:00 とし，毎日，電子メールによる報告（日報）を義務付けている．配属者各自の日々の出席状況と課題達成状況をまとめ，評価・成績を判断する．

機械工学科

野上（のがみ）　大史（ひろふみ）　准教授



専門分野　MEMS センサ、制御工学、生体情報センシング
最終学歴　九州大学大学院　システム生命科学府
　一貫制博士過程
　システム生命科学専攻修了(平成 23 年 3 月)
学位　博士（工学）（九州大学）
職歴　産業技術総合研究所、九州大学



＜はじめに＞

MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)とは，微小な電気機械システムの略称です．シリコン基板・ガラス基板・有機材料などの半導体に，機械要素・電子回路などをまとめたナノ/マイクロレベル構造を持つデバイスを指します．これら MEMS センサは，スマートフォン，自動車，テレビといったあらゆる製品の中に入っており，半導体の微細加工・実装・集積化技術により作製されます．

研究室では，半導体の微細加工技術を利用した MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）センサを軸にし，ウシやキリン，ハクビシンなどにおける生体情報センシングや IoT(Internet of Things）システムの研究開発を行っています．またこれらセンシング技術の社会実装を図るため，地域貢献プロジェクトや国際協力プロジェクトにも積極的に参加しています．

図 1（左）は，3mm 角のシリコン基板上に，レーザ，受光部，増幅回路，マイクロ構造体を持つセンサ光学部です．このセンサ光学部を使用し，血流と接触圧・皮膚温度を測定可能な小型センサ（図 1（右））を実現することができます．

図 2 には，IoT システムの社会実装事例を紹介しています．動物園のキリン飼育において，多点環境情報（温度・湿度）センサシステム，キリン用装着型センサ端末システム(皮膚温度,活動量,脈拍)，飼育日誌データ化を行い，AI（機械学習）よる疾病検知や飼育管理情報のデータベースの構築に取り組んでいます．

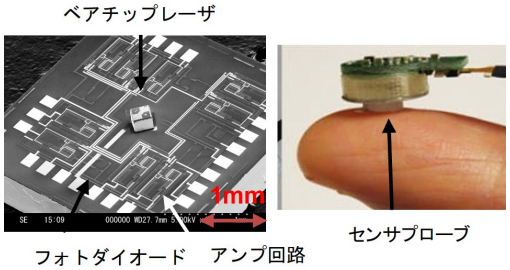


図 1 MEMS センサ光学部（左）と MEMS センサ光学部を組み込んだ多機能センサ（右）．3mm 角のシリコン基板上に受発光部，増幅回路，遮蔽構造体を持つ．配線は 10um.



図 2 飼育日誌情報・環境情報（温湿度）・生体情報（皮膚温・活動量・脈拍）を活用した異常（発熱・跛行・ストレス）検知システム

＜研究内容＞

1.ウシの健康飼育を目的とした､メカと MEMS 一体型装着型センサ端末によるストレス計測システム

最近はスマートウォッチでヒトのストレスが計測できるようになってきています．ストレスが過大な状態が続くとヒトは病気になってしまいます．ウシでも同様に，ストレスが過大なウシほど疾病にかかりやすいことがわかっています．臨床研究では，体毛を剃り心電計をウシの胸に取り付け正確なストレスを計測することができます．しかしながらこの方法は，時間と手間が必要であり，農場にいる全てのウシで行うには適した方法ではありません．

この研究では，スマートウォッチのようにウシでも簡単にストレスが計測できる方法に取り組んでいます．ウシの尾根部に簡便に取り付けることのできる機構，動きがある中でも安定した計測ができる安定した装着を実現した SN 比（目的とする信号とノイズの比）の高いセンサの開発を行っています（図３）．

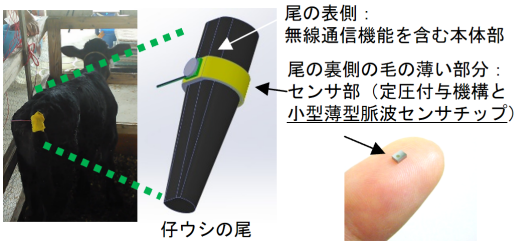


図 3 荷重付与機構一体型装着型センサ端末

2.スマート南京錠開閉耐久試験システム

産業インフラへの IoT（Internet of Things）技術の導入は，生産性の向上，安全面への向上の観点からも重要です．スマート南京錠は，誰でも簡単に使用できるという利便性を保ちながら「誰が，いつ，どこで」南京錠を開けたのかを簡便に管理できる安全性の高いシステムです．屋外での使用も想定された新しいメカトロニクス製品となり，耐久性，耐水性などの試験を行う必要性があります．一方で，専用の試験装置は高額であるため，市場規模・開発段階に応じた簡易・安価な試験装置も必要となってきます．

この研究では，モータ，マイコン，３D プリンタ部材，バネ機構を組み合わせたスマート南京錠における耐久試験装置を開発しています（図 4）．

3.動物園動物における非装着生体情報計測技術

動物園では，飼育管理や治療においてハズバンダリートレーニング（Husbandry Training: HT）を積極的に取り入れています．HT とは，飼育員の笛の音や特定の合図，給餌により，動物が特定の行動を起こすことです．HT の利点は，機械的な保定，あるいは麻酔などの化学的保定と比べ動物に対する負担が小さいことです．一方で，HT を習得するためには，動物へ過度のストレスを与えないように動物を注意深く観察し，慎重に訓練を進めることが求められるため，多大な時間と労力を必要とします．動物の観察に加えて，リアルタイムにそして定量的にストレス状態を把握する事は，飼育員に動物のストレス状態の提示ができ，HT の訓練手法の一助となります．この研究では，HT を阻害することのない装着不要のストレス計測システムを開発しています（図 5）．

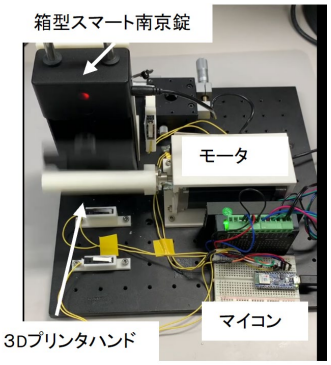


図 4 スマート南京錠用開閉耐久試験システム



図 5 ハクビシンでの計測風景（上）と、厚さ 2mm の貼って使用することのできる光生体情報 MEMS センサ（下）

4.全ての動物園における脱柵事故の根絶を目指す：行動分析とセンシング技術による安価・安心な安全管理システム

動物の脱柵事故は，飼育職員の死傷事故，地域住民への被害，脱柵動物が野生化することによる生態系への悪影響や感染症の伝播といった，大きな問題を引き起こします．一方で，獣舎での作業時の安全管理方法は指差し確認などの人的確認方法のみの場合が多いのが現状です（図 6）．動物の目視確認忘れや，見間違いが発生することもあり，脱柵事故が発生してしまうことがあります．本研究では，飼育員の行動分析を行い，飼育員の行動を変容する安全性を向上させるセンサシステムに取り組んでいます．

＜学生へのメッセージ＞

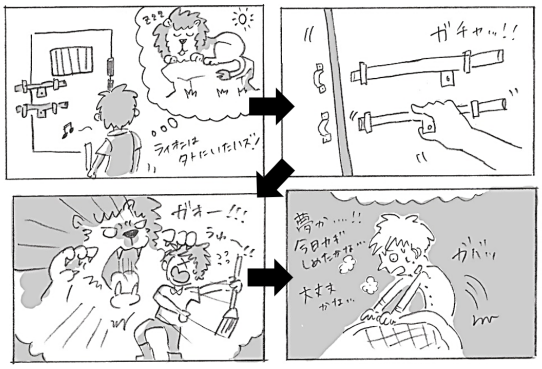


図 6 人的確認方法だけの安全管理体制．しばしば飼育員は脱柵事故の悪夢をみてしまう．

私は学部生では機械工学を学ぶとともにサッカー部に所属していました．学業とスポーツの両立には苦労をしましたが，好きなことに情熱をもって取り組むことができた時間は，かけがえのないものであったと感じています．大学院からは，研究の中に好きなことを見つけることができ，博士号を取得するに至りました．

大学生のみなさんには，学業，スポーツ，研究，サークル活動など，好きなことを模索し，好きなことを見つけ，情熱をもって取り組んでいってもらいたいと思っています．経験したこと，その時に出会った人たちは，人生を豊かに幸せにしてくれることは間違いありません．

研究室では，みなさんが本気で取り組むことのできる課題へと挑戦してください．紹介する研究内容は一例であり，新しい研究テーマを行うこともできます．私たちの周りは様々な課題に溢れており，それら課題に対して，問題意識を持ち明確な目標を設定することが大事です．一緒に本気で取り組める課題に挑戦しましょう．

機械工学科

さとなが　のりあき
里永　憲昭　教授

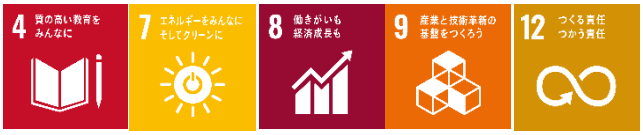


専門分野　設備診断工学、設備保全工学
最終学歴　三重大学　大学院　生物資源学研究科後期博士課程
　共生環境学専攻修了(平成 21 年 3 月)
学位　博士（学術）（三重大学）
職歴　昭和電工株式会社

たけだ　ゆうすけ
竹田　雄祐　准教授



専門分野　要素設計工学、FA(ファクトリーオートメーション)
最終学歴　崇城大学　大学院　工学研究科博士後期課程
　機械システム工学専攻修了(令和 4 年 3 月)
学位　博士（工学）（崇城大学）
職歴　平田機工株式会社



＜はじめに＞

生産技術システムとは、具体的にモノを作る際に、設計する工程「計画」と、それに従い実際にモノを作り出す工程「生産」をつなぎ、いかにして品質高く、効率的に生産する方法を工程として設計する技術である。実際の生産現場では「品質、コスト、納期」を 3 本の柱として重要視して、PDCA サイクルを意識した業務遂行が徹底されており、さらに改善意識に主眼をおいた CAPD サイクルへの移行をスムースに定着させたいと考えている。

里永・竹田研究室の生産技術システム設計に関する研究は、生産設備の信頼性について、高い診断・評価技術の確立と、生産設備や自動車などの寿命延長を目指した、新しい潤滑油や添加剤の開発と、その性能評価方法の確立に取り組んでいる。

＜研究内容＞

1.潤滑油の性能評価と性能改善メカニズム究明

地球環境の負荷低減や温室効果ガスの排出削減のために、自動車や産業機械の省エネルギー化、高効率化などが進められている。自動車の潤滑油においては、機械損失低減などを目的として低粘度化が進んでいる。加えて、摺動部の寿命延長、高い耐磨耗性も求められている。

これらの要求に答えるために、メタロセン触媒を用いたポリαオレフィン系合成潤滑油が注目されている。その一つとして共同研究者の(有)D1 ケミカルが、自動車や産業機械の潤滑、耐摩耗性能などのトライボロジー性能を改善するため、独自に開発した新還元添加剤（SOD-1PN）がある。

また、資源を海外からの輸入に頼る日本において、石炭を原料とした液化石炭潤滑油（CTL）にも注目が集まっている。

本研究室では、それらの新しい添加剤や潤滑油について、その寿命延長効果や、トライボロジー性能を検証するために、以下の研究を進めている。

①潤滑油が軸受寿命に与える影響と評価技術

潤滑油を構成する成分の違いが、軸受の寿命にどのような影響を及ぼすのか、図 1 に示す「軸受寿命試験機」を用いて、実際に軸受が破損するまで稼働させ観測している。試験機には、各種センサのほか、潤滑油の絶縁性に着目した電気的接触抵抗法（ECR）を用いた潤滑油膜の形成状態監視回路や、消費電力計などを搭載しており、軸受の運転状態を監視することで、寿命延長効果と、そのメカニズムについて研究している。

軸受寿命試験機の 1, 2 号機は基礎実験に用いている。2019 年に新たに開発した 3 号機は、動力源にサーボモータを搭載しており、実際のエンジンや産業用ロボットのように回転方向、速度を著しく変動する複雑な動作環境を再現することが可能であり、動作条件が軸受の寿命に与える影響やトライボロジカルなメカニズムを検証する発展的な研究に取組んでいる。

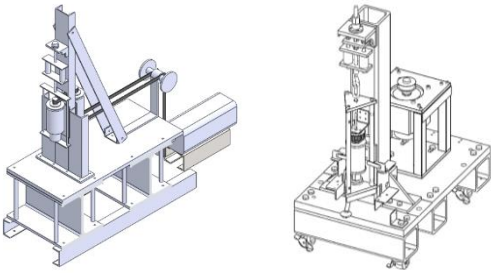


図 1. 軸受寿命試験機（左 : 1, 2 号機　右 : 3 号機）

②軸受接触面の流動状態の観察

軸受の寿命は、その転動体と転動輪の接触面に形成される潤滑油膜の状態に大きく影響される。

そこで、転動輪をオプティカルガラスに置換えた「潤滑油膜可視化装置」（図 2）を用いて潤滑油膜を直接観察している。この装置は実際に転動中の油膜を観察し、光干渉法を用いて潤滑油膜の厚さを算出可能である。各潤滑油を比較評価することで分子構造を含む成分の違いが潤滑油膜の形成に与える影響について研究している。

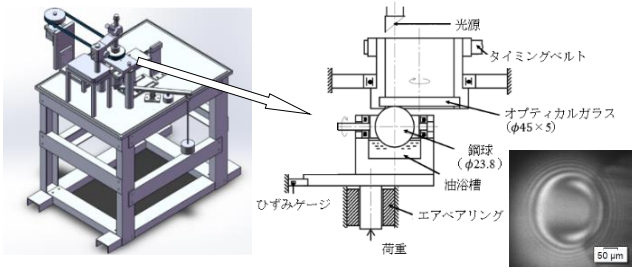


図 2. 潤滑油膜可視化装置概要と油膜の観測写真

近年の著しく低粘度化した潤滑油の光学観測は困難であるため、同装置に ECR 観測回路を用いて電気的な油膜状態の観測も取組んでいる。

さらに、ECR 観測波形（図 3）を分析することで、油膜厚さのみならず、その劣化具合や異物の混入などの潤滑油の状態も検証可能であり、今後更なる研究を進めていく計画である。

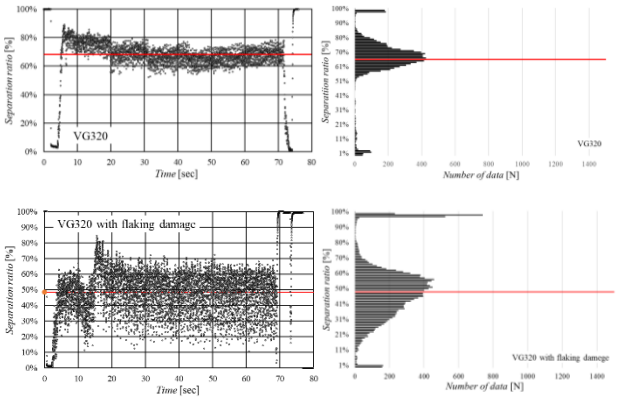


図 3. ECR 観測結果（上:VG320 新油　下:損傷油）

③高圧下における潤滑油の物性評価

歯車の噛合部や、前述した軸受の接触面などには非常に高い圧力が発生する。そのような高圧下における潤滑油の粘度特性と、加えて含有成分の違いが与える影響について、図 4 に示す「落球式高圧粘度計」を用いて観測し、研究を進めている。

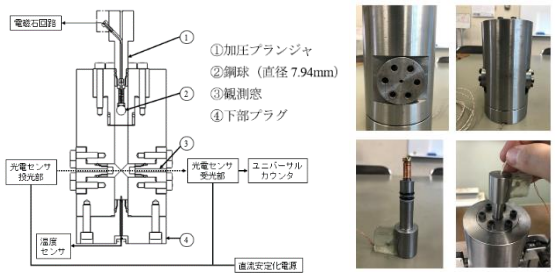


図 4. 落球式高圧粘度計の概要

2022 年度からは、高圧下の粘性に加えて密度の観察も目指し、「高圧密度計」の開発を始めている。

今後の検証項目

新還元添加剤の効果の一つとして、図 5 に示すエンジンのピストンに堆積した汚れ等の洗浄効果や、燃焼の異常現象（白煙）の改善などが、実車を用いた実験で確認されており、それらのメカニズムについても今後解析を進める考えである。

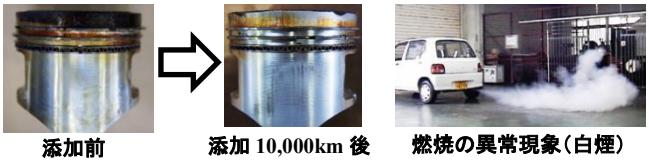


図 5. 新還元添加剤の洗浄効果、車両異常改善例

2.設備診断技術用いた余寿命評価技術の開発

生産設備に用いられるポンプなどの回転機械や、自動車のエンジンなどは安定的に振動しながら稼動している。しかし、構成部品が寿命を迎えることや、偶発異常の発生によって可動部は突如として故障に至る。人の身体は、血液検査や、心電図など様々な手法を用いて、健康診断や精密検査をしている。機械も同じように診断することが可能であり、故障原因を探求し対策や予防を施すことができる。

そこで、図 6 に示す「回転機械の状態診断シミュレータ」や、前述した軸受寿命評価試験の観測データを分析し、機械の余寿命を判定する手法の確立を目指している。アルゴリズムとしては図 7 に示すように、損傷の大きさを示す有次元、損傷の形態を示す無次元の特徴パラメータを統合的に評価する。特に摩耗系損傷を監視しながら早期の異常を検出し、設備として耐えうる限界までの摩耗形態を一つの尺度で見出すことが目標である。

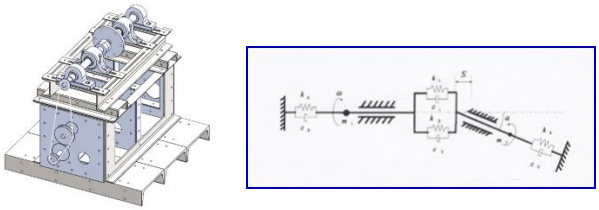


図 6.　回転機器の状態診断シミュレータ外観と
ミスアライメントのモデル図

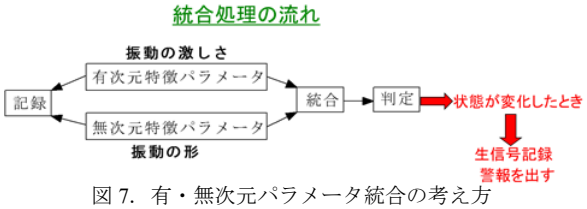


図 7.　有・無次元パラメータ統合の考え方

＜おわりに＞

里永は 2014 年 3 月まで、化学系民間企業で生産技術を中心とした工場勤務を経験しており、企業内で「このようなものがあったらいいな！」と思っていたことを実践的に研究してきました。

企業勤務においては理工学系学科、とくに機電系大学生の採用担当を長く担当していたことから、企業の求める人材、技術を熟知しています。みなさんの就職試験のための企業研究に私の経験は、きっと役立つはずです。

本研究室の研究内容は、工場で求められていながら、大学では教育されることが少なく、欲しがっている技術であり、言い換えれば欲しがる人材となります。

社会での即戦力となるべく、時間意識とコスト感覚を指導していくものです。とても厳しい指導方法になりますが、バイタリティー（ヤル気）、ロジカル（論理思考力）、コミュニケーション（会話力）の 3 つを支える確かなテクノロジー（技術力）を備えた卒業生を世に送り出すことを目指しています。

さらに、2018 年度より FA（ファクトリーオートメーション）企業を経て竹田が加わり、FA や自動制御系も範疇に入りました。そこで、要素設計的な面もさらに深まりながら、技術的な広がりを加えて研究を進めています。

研究室の特徴として、実験機器は自分達で設計、製作し、常にカイゼン意識を持って育てています。生産技術として、より実践的な「ものづくり」と「研究」を追求する研究室です。

皆さんの「やってみたい！」「あったらいいな！」を、時間を有効に使い、優れたコストパフォーマンスで「カタチ」に創り上げることを応援します！

機械工学科

北田　良二　　教授



専門分野　精密加工学，特殊加工学
最終学歴　岡山大学大学院自然科学研究科博士後期課程
産業創成工学専攻修了（2011 年 3 月）
学位　博士（工学）
職歴　ＴＯＷＡ株式会社（1996 年 4 月～2016 年 3 月）
崇城大学工学部機械工学科（2016 年 4 月～現在）



＜はじめに＞

我々は多種多様な製品に支えられて生活している．それらの製品は材料を加工することで生み出されており，様々な加工法を適用することで製品の付加価値が高まる．特に，超精密および高品質な加工を実現する精密加工技術は生産加工において重要な役割を果たしている．例えば，放電加工やレーザ加工などの特殊加工は精密加工を行う上で重要な加工法であり，**半導体製造**には不可欠な技術となっている．**図 1** に半導体製造工程を示す．工程は大きく「**前工程**」と「**後工程**」に分かれている．前工程では，微細回路を形成したシリコンチップを製造する．そして，後工程では，シリコンチップを樹脂封止した半導体パッケージを製造する．いずれの工程においても，精密加工が適用されており，次世代の半導体素子を製造するために様々な新しい加工技術が研究開発されている．

“精密加工学研究室”では，レーザ加工などの新たな精密加工技術に関する研究開発に取り組み，**半導体製造工程**など，次世代の製品開発の基盤となる新たな要素技術を提案している．他大学や企業との共同研究にも積極的に取り組んでおり，研究成果の実用展開を目指している．

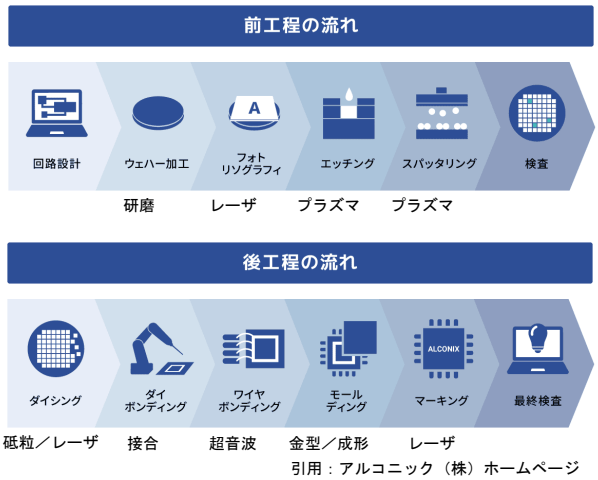


図 1　半導体製造工程と精密加工

＜研究内容＞

1. マグネシウム合金のレーザ精密加工

マグネシウム合金は，実用金属の中で最も軽い金属であり，ノート PC などへの適用が進んでいる．そのため，**半導体**を使用した精密機器には精密加工技術が求められている．したがって，本研究では，レーザ光を用いたマグネシウム合金の精密加工技術を提案する．

レーザ切断加工の模式図を**図 2** に示す．炭酸ガスレーザ発振器（波長 10.6 μm）より発振されたパルスレーザを集光レンズにより集光して加工対象物の表面へ走査することで切断加工する．加工点においては，熱影響の低減や溶融物を除去するために，レーザ光と同軸にアシストガス（酸素）を噴射している．**図 3** は，汎用的なマグネシウム合金 AZ31B の薄板（厚み 0.5 mm）に対する微細形状の加工事例である．幅 0.6 mm 程度のハニカム形状に精密切断加工されていることがわかる．現在，各種レーザ発振器を用いたマグネシウム合金の精密切断や溶接技術にも取り組んでおり，**半導体や医療部品**などへの応用展開を目指している．

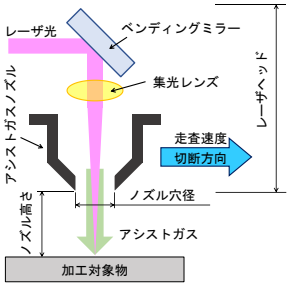


図 2　レーザ切断加工法

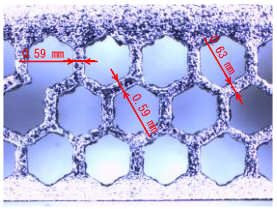


図 3　微細形状加工

2. レーザ加工による高機能マイクロリアクターの開発

近年，化学や医療分野において，マイクロ流路デバイスの実用展開が進み，省試薬，省エネルギー，反応時間の短縮，反応効率の向上などの効果が期待されている．本研究では，炭酸ガスレーザにより合成石英ガラス基板上にマイクロ流路を加工して，高機能マイクロリアクターの開発に取り組んでいる．

波長 10.6 μm の炭酸ガスパルスレーザにより合成石英ガラス基板上に加工したマイクロ流路形状を**図 4** に示す．連続微細ディンプル形状を有したマイクロ流路が形成されていることがわかる．試作したマイクロリアクターを**図 5** に示す．現在，**図 6** に示すように，送液実験と**流体解析（CFD）**により，流路底面に形成された連続微細ディンプル形状が流路内の流れに及ぼす影響について評価している．今後，マイクロリアクターの化学反応実験に取り組み，**半導体，化学，医学，薬学**などへの研究開発に展開していく．

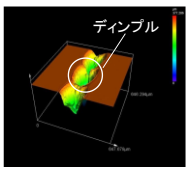


図 4　マイクロ流路

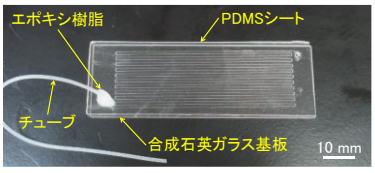


図 5　マイクロリアクター試作品

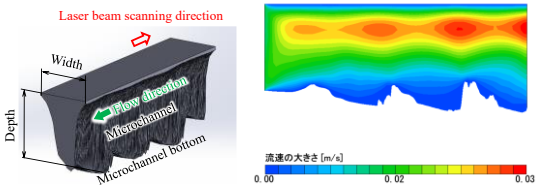


図 6　マイクロ流路の流体解析（CFD）

3.炭素繊維強化プラスチックのレーザフォーミング

炭素繊維強化プラスチック（CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics）は高強度かつ軽量であるという他の材料にはない優れた特性を有している．したがって，軽量化と燃費向上のために自動車や航空機への CFRP の適用が急速に進んでいる．本研究では，金型を使用せずに高効率に塑性加工が可能であるレーザフォーミングを CFRP へ適用する新たな成形加工を提案している．

本実験では，塑性加工が可能な熱可塑性プラスチックをマトリクス材とした CFRP の板材（厚み 1.0 mm）を使用して，レーザフォーミングを試みた．レーザフォーミング実験システムを**図 7** に示す．炭酸ガスレーザ加工機を使用して，マスクを通過させた□5 mm のパルスレーザ光を CFRP の板材表面へ走査することで熱応力によるレーザフォーミングを行う．レーザフォーミングの加工事例を**図 8** に示す．レーザ光走査により，曲げ加工が可能であることがわかる．今後はレーザフォーミングによるパイプ形状の曲げ加工を行う計画である．将来的には，**半導体製品，自動車，宇宙航空**などへの応用展開が期待される．

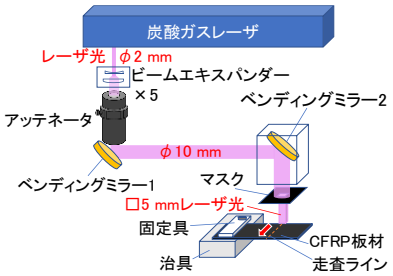


図 7 レーザフォーミングシステム

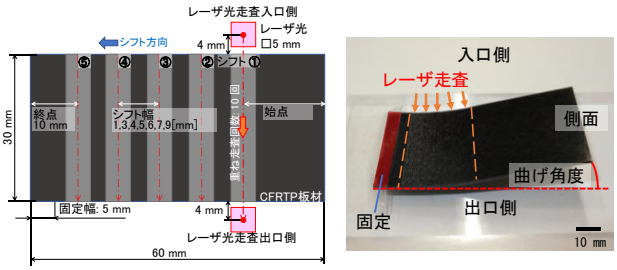


図 8 レーザフォーミングによる曲げ加工

4. 高機能精密金型の開発

半導体パッケージなどのプラチック製品を低コストで大量生産する金型には，成形品の品質維持と連続成形に対する耐久性が必要であり，耐摩耗性，耐食性，**離型性**などの機能が求められている．一般的には，めっきなどの表面処理が適用されているが，表面処理のみでは十分に対応できないことがある．そこで，**図 9** に示すように**半導体製造**などの精密金型で汎用的に使用されている放電加工面や各種表面処理に対する離型性について定量評価することで高離型金型の開発を目指している．

本研究で開発した離型力定量評価システムの模式図を**図 10** に示す．精密金型を想定した試験片（材質：SKD11，サイズ：27×30×t 5 mm）に対して熱硬化性フェノール樹脂を圧縮成形して，試験片表面と成形樹脂とが垂直方向に剥離する瞬間の最大引張荷重を離型力として測定する．**図 11** は，形彫り放電加工面に対する離型試験結果の一例である．現在，放電加工面や各種表面処理に対して離型試験を実施して，離型要因を考察している．そして，**半導体製造装置**などに使用される高機能（高離型）精密金型の開発を進めている．

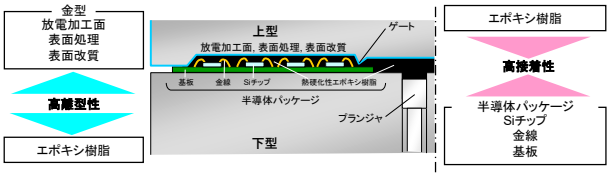


図 9 半導体パッケージの成形と離型

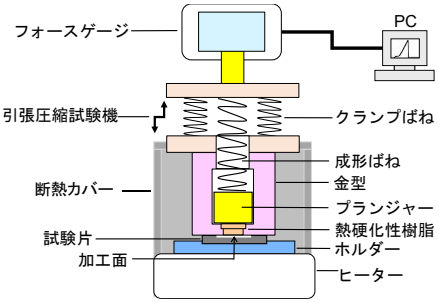


図 10 離型力定量評価システム

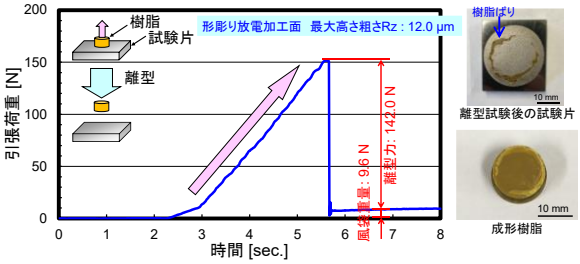


図 11 離型試験結果

5. 炭素繊維強化プラスチックの 3D プリンタ

炭素繊維強化プラスチック（CFRP）は軽くて優れた機械特性を有することから自動者産業などで利用が増加している．しかしながら，成形プロセスが複雑であり高コストである．その課題を解決するために **3D プリンタ**を用いた CFRP の低コスト造形が注目されている．3D プリンタは金型が不要であり効率的な造形が可能であるが，材料の強度不足が問題となっている．

本研究は，**図 12** に示すように 3D プリンタで造形した CFRP の炭素繊維の配向が機械強度に与える影響を調査することで，高強度な造形法を開発することを目指している．

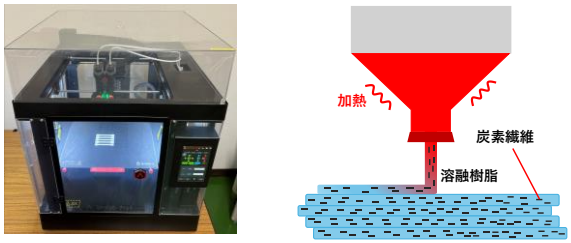


図 12 炭素繊維強化プラスチックの 3D プリンタ

＜おわりに＞

精密加工学研究室では，研究活動や進路指導のみでなく，**半導体製造工程**について，具体的な企業名を交えて実践的な教育をしている（指導教員は半導体製造装置メーカの技術者として 20 年の実績あり）．**半導体関連企業や工作機械メーカ**などの精密加工の関連業界に多くの学生が就職しており，これらの産業に興味ある学生諸君にとって，本研究室での経験は就職活動や未来の技術者として必ず有益なものとなるであろう．

2026. 6. 18 作成

2026 年 6 月 25 日発行
崇城大学工学部機械工学科