



メカトップ関東

産業用ロボットを用いた鋳型製造プロセス [砂加工] の考案

株式会社木村鋳造所 吉村 一利

はじめに

鋳造とは一般的に溶けた金属材料（鉄、アルミ、銅 etc.）を型の空洞部に流し込み冷やし、固めることで任意の形状を得る加工方法である。鋳造によって製造された製品を鋳物と呼び、溶けた材料を流し込む型のことを鋳型と呼ぶ。鋳物は自動車部品や工作機械、発電設備など多くの場所で使用されており、身近なところではマンホールなども鋳造で製造されている。厳密な分類は無いが比較的小さい鋳物（数百g～20kg程度）を小物鋳物と呼ぶ。小物鋳物の鋳型製造は木型法で行われるのが一般的である。木型法とは鋳型作製方法の一つで、鋳物となる部分の木型を作製し、木型の周りに砂を充填する。その砂を固めた後、木型を取り除くことで鋳型を作製する方法のことである。木型法のメリットとして鋳型作製の初期投資の大半が木型であるため、製品を大量に生産することにより、製造コストが抑えられることが挙げられる。そのため木型法は大量生産向けの鋳型製造プロセスと言える。しかしながら、小物鋳物のニーズとして多品種少量生産が求められることがある。木型法で少量生産を行う場合、木型作製コストや保管場所確保の問題によって製造コストが増加してしまい、鋳物そのものの値段が高騰してしまうことが問題点として挙げられる。また昨今の鋳物業界が抱える問題として作業人口の減少や高齢化が挙げられ、そのような取り巻く環境に順応するため、

弊社では多品種少量生産と省人化をコンセプトとした新規鋳型製造プロセスの開発が必要となっていた。

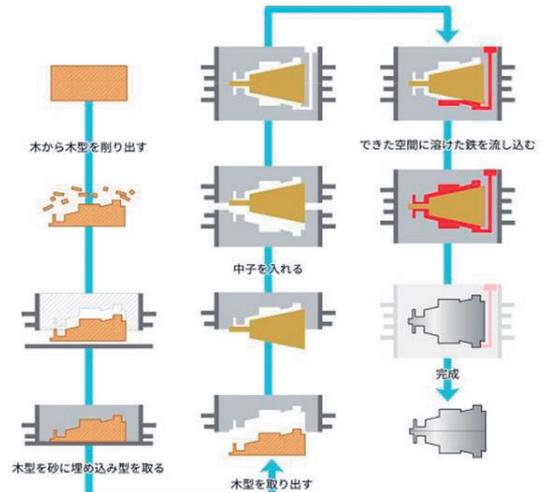


図1 木型法模式図

砂加工の考案

株式会社木村鋳造所では木型の代わりに発泡スチロールを製品の形に作製し、砂に埋めて鋳型を作り、出来た鋳型に溶けた鉄を注ぐ。その際に溶けた鉄の熱によって発泡スチロールが消失し、鉄と置き換わることにより製品を製造するフルモールド鋳造法を主な製造方法として採用しており、大物鋳物を得意とする。小物鋳物では弊社が得意とする大物鋳物と比べて、鋳型内の熱量が小さくなる傾向にある。そこで発泡スチロ

ールを使用せず空間を作る空洞鑄型を採用した。また木型を用いない製造プロセスとするために、製品の形状を空間として削り出す製造方法を考案した。弊社ではこれを砂加工プロセスと呼んでいる。砂加工プロセスは3つのセクションから構成され、定型の砂ブロックを製造する [造型セル]、製造した砂ブロックから製品の形状を削り出す [砂加工セル]、加工が完了した鑄型どうしを重ね合わせる [型合わせセル] の順に工程が流れていく。砂加工プロセスではこのフローにて鑄型を作製していく。

産業用ロボットの活用

砂加工プロセスにおいて自動化、省人化は重要なコンセプトの一つである。そこで弊社が目をつけたのが産業用ロボットである。産業用ロボットは動きに自由度が高く数多くの製品群に対応する汎用性がある。また省スペースに設置することが出来るのでライン化が行いやすいため、自動化、省人化を行うことに適している。また産業用ロボットの特徴として高い繰り返し精度が挙げられる。今まで人の手で行ってきた作業をロボットが行うことで作業のバラつきを抑え安定した鑄型生産が可能となる。砂加工プロセスでは砂加工セルと型合わせセルに産業用ロボットを導入した。また砂加工セルでは鑄型の加工精度が製品の出来に大きく関わってくるため、ロボットの特性を考慮し、高剛性モデルの産業用ロボットを採用した。高剛性モデルを使用することで精度の高い加工を実現することが出来るようになり、3次元測定器を用いて測定した結果±0.3mm以内の精度でおさまっていた。これは鑄型精度としては十分であり、安定した品質での鑄型作製を実現した。



図2 砂加工の様子

また自動化を行うために各工程間の鑄型の運搬にはAGF (Automated Guided Forklift) を採用しレイアウトフリーな鑄型生産ライン実現した。現在、完全な自動化に向け各セル間を工場コントローラーにより連動させる取り組みを行っている。この取り組みが完了すれば完全に無人での鑄型生産が24時間可能となる。現在弊社では協力企業と共同で完全自動化に向けて推進している。



図3 AGFによる自動搬送



図4 砂加工により製造した鑄物

最後に

鑄造業界はいまだにマンパワーに頼った製造が少なくない。しかしながら近代では、少子高齢化に伴う労働人口の減少が叫ばれており、生産性を向上させるためには自動化や省人化は避けられない至上命題となっている。このような流れに対応するためには従来の製造方法を根本から見直し、製造プロセスの最適化が必要となってくる。弊社はこのような取り組みに前向きであり、日々新しいことに挑戦している。日本のものづくりを担う一員として今後も技術の開発と推進を行っていきたいと考えている。

栃木 ブロック

自動車の安全対策を知っていますか？

帝京大学理工学部 牧田 匡史

去年、日本で自動車の交通事故により亡くなった人は2,618人、大怪我をした人は26,288人でした。1日あたり約7人の方が亡くなり、約72人の方が大怪我をしている計算になります。自動ブレーキなどが自動車に付いているにもかかわらず、いまだに多くの方が交通事故の被害にあっています。

日本政府の交通事故対策

自動車の交通事故の対策では、日本政府と自動車メーカーが連携し、安全技術の向上・拡充（広めること）、標準搭載（すべての自動車につけること）、技術競争（自動車アセスメント）を実施しています。具体的には、エアバッグやシートベルト、車体構造といった、今ある安全技術の性能向上に加え、自動ブレーキなどの最新技術を拡充し、これらの技術を標準搭載していない自動車は国の決まりで販売できないようにしています。さらに、国の決まりでは、交通事故を模擬（再現）した衝突試験や、交通事故の頻度が高い道路状況を模擬（再現）した自動ブレーキなどの試験を行い、基準を満たさない自動車は販売できないようにしています。

安全性能の技術競争を促進するために、すでに販売されている自動車に対して、高い速度での衝突や、評価項目を増やすなどの厳しい条件での試験を実施して、その安全性能を点数で公表しています。これにより、各自動車メーカーの技術競争が促進されます（検索キーワード“JNCAP 自動車アセスメント”で自動車の安全性能の結果が確認できます）。

自動車の交通事故対策

自動車の交通事故対策（安全対策）の技術には、予防安全技術と衝突安全技術の2つがあります。予防安全技術とは、自動ブレーキやペダル踏み間違い時加速抑制装置など、交通事故を予防する技術です。その一方、衝突安全技術とは、交通事故が発生した時に、乗員（自動車に乗っている人）や歩行者などの人体への被害を最小限に抑えるための技術です。これらの技術の性能向上や拡充により、各自動車メーカーで自動車の安全対策が行われています。ここでは、衝突安全技術に関する技術開発の一例をお話します。

交通事故で自動車が衝突している時間は、人の瞬き（0.1～0.3秒）の約5分の1であり、衝突実験による乗

員の動きやエアバッグの展開、自動車の変形の様子などの分析が難しいです。そのため、一般にコンピュータシミュレーションを使った技術開発が行われています。図1は運転席側に自動車が衝突する側面衝突のコンピュータシミュレーションの様子です（図は左ハンドルの車です）。このように、実験ではできない衝突過程の乗員の様子を自動車の断面で評価し（図1左側：後席から見た視点）、現実には実験が難しい人体を使った細かい評価（図1右側）をすることも、コンピュータシミュレーションによりできるようになります。図中の乗員は人体モデルで、側面衝突による骨盤骨折に対する技術開発を行った時に実施したコンピュータシミュレーションの一例です。

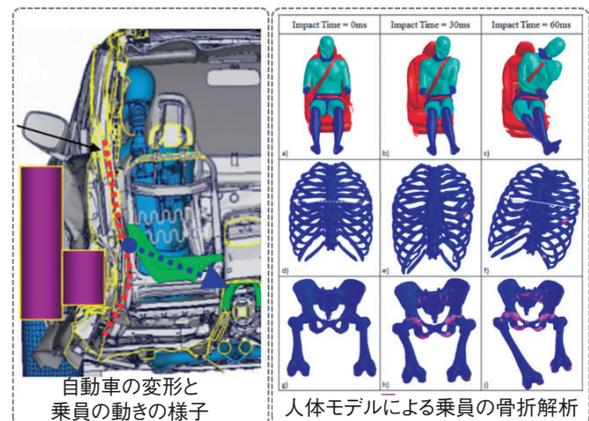


図1 側面衝突のコンピュータシミュレーション

（出典：Makita M. et al, ESV, Paper No.15-0363 (2015)）

皆さんへのメッセージ

日本は世界の中で今までにない高齢先進国であり、高齢者が関わる交通事故という課題に加えて、今後の新たな課題が出てくることも考えられます。自動車だけでなく超小型モビリティなど乗り物の多様化や、近い将来の完全自動運転車と今の自動車との混合交通など、これまで以上に複雑な交通状況が予想されます。

自動車や自転車などの乗り物に乗っているかどうかに関わらず、道路をつかう人はすべて交通参加者です。すべての交通参加者が、お互いに安全に快適に交通に参加するためには、安全技術に頼るだけでは限界があります。交通事故の被害を減らすためには、お互いに譲り合う心とルールを守る意識が必要です。それによって交通事故による被害が少なくなることを願います。

群馬
ブロック

GAM1グランプリによる金属積層造形設計と教育

一般社団法人群馬積層造形プラットフォーム (Gunma AM Platform : GAM)

代表理事 鈴木 宏子

1. はじめに

コストダウンと品質アップを磨き上げてきた鋳造や切削といった金属加工技術に比べて、積層造形はコストも精度も劣る魅力のない技術であろうか？欧米に比べて日本では適用が非常に遅れている金属積層造形とはどんな技術なのか少し考えて欲しい。

当たり前のことですが、金属製品の形には理由があります。形を決める上での一つの理由に、そんな形は作れないといった生産工程上の制約による理由があります。そうした生産工程での不都合により、見えていない背反が起きているということ意識したことがありますか？金属積層造形は形状に起因する生産工程上の不都合を取り払ってくれるので、製品に求められる本来の性能を追求した形をデザインすることにより、見えていなかった背反が解決されて、それが価値として表に引き出されてきます。これこそが金属積層造形の醍醐味と言えます。

2. GAM1グランプリについて

GAM1グランプリは学生に金属積層造形について知ってもらう、魅力を感じてもらうことを目的にした設計コンペです。金属積層造形の基礎について約4時間の講義を受けてもらい、身近にある工業製品の課題（見えていない背反）を見つけて、積層造形による解決を考え、それを発表してもらいます。令和5年度はハサミを題材として、ハサミの課題を見つけ、積層造形で解決することを考えて、3D CADによる設計データを作成してもらいました。令和5年度は群馬工業高等専門学校から3グループ7名、群馬大学から3グループ11名、日本工学院専門学校から6グループ16名が参加し、発表してもらいました。

3. 学生の作品紹介

図1は群馬工業高等専門学校の学生による作品です。右利きの人でも左利きの人でも使えるハサミを設計したものです。両利き用のハサミは市販されていますが、持ち手部分の形が左右対称になっているだけで、左右の刃の重なり方は右利き用のままとになっているものが多い。こうした課題に着目し、右利き、左利きに合わせて、左右の刃が入れ替わる機能を設計しています。左右の刃が入れ替わっても切断できるように、図2のように刃面の断面形状を左右とも同じ直角にする一方、

刃の形状にカーブを持たせて、刃が閉じていくときに切れやすくする工夫を凝らしています。こうした左右兼用の機能を持つだけではなく、見た目のデザインや、左右の識別方法、要ネジ部の安全機能など、限られたスペースでは全部紹介しきれない工夫とこだわりが盛り込まれた素晴らしい作品でした。機能性も見た目も誰もが欲しくなるものという意味で「wanto (ウォント)」という作品名が付けられました。

他の学生たちもハサミの見えていない課題に焦点を当て、どのように解決できるのかアイデアを出し合い、ユニークで様々な設計案が出てきました。これらの作品は別の機会に紹介したいと思います。

4. まとめ

金属積層造形は切削加工に比べて製品の形状設計が圧倒的に自由な点がメリットですが、それ故に製品に求められる機能、強度、性能を突き詰めて考える必要があります。普段何気なく使っている物を当たり前に捉えない発想が重要です。学生たちがそうした視点で製品とその設計を考えてくれたことは狙い通りでした。最後にGAM1グランプリの開催にあたって大変多くのご協力をいただいた、地域、学校の先生方、関係者の方々に感謝を申し上げ締めくくりといたします。

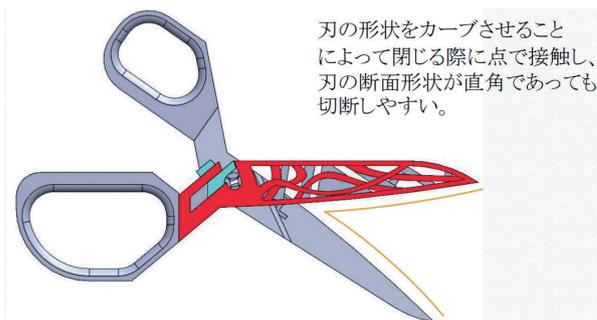


図1 群馬工業高等専門学校 学生の作品「wanto(ウォント)」

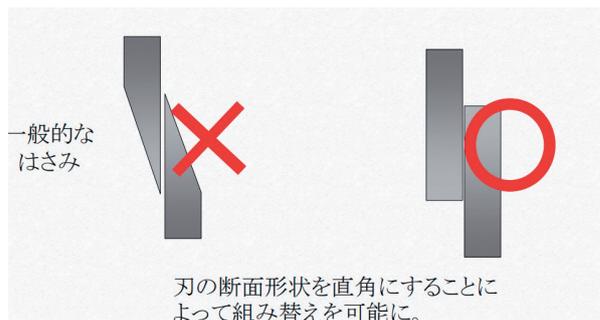


図2 群馬工業高等専門学校 左右両側で切れる刃

山梨
ブロック

竹のカタチを解き明かす

山梨大学 生命環境学部 環境科学科 島 弘幸

竹取物語、いわゆる「かぐや姫」のお話は、皆さんご存知のことでしょう。竹取物語は、平安時代に書かれた、我が国最古の物語の一つです。そしてこの物語の冒頭には、次のような一節が記されています。

野山にまじりて 竹を取りつつ

よろづのことに 使ひけり

現代の口語に訳すと、「野山に分け入って、竹を取っては、色々な事に使ったのだった」という意味になります。つまりこの一文は、我々の祖先が、生活のさまざまな場面で竹を利用していたことを示唆しています。竹の優れた構造と機能を、いわば「経験的に」認知していたのでしょう。

翻^{ひるがえ}って、現在の日本の状況を見渡しますと、竹が有効に利用される例は極めて限られていると言わざるを得ません。しかし、日本の文化に深く根付き、林産資源としても優れている竹を、このまま放置しておくのはもったいない。竹に内在する優れた潜在能力を、生活の中でうまく活用することができれば、文化的にも技術的にも大きなメリットがあるはずで

す。こうした背景を受けて、これまで私たちの研究グループでは、竹のカタチに関する研究を進めてきました。竹が、長い進化の過程で獲得した「最少材料・最大強度」の設計原理を科学的に解き明かすというのが目的です。さらには、竹に関する知見をもとにして、軽量性・省材料性・高剛性の全てを備えた、革新型の人工マクロ円筒構造システムをデザインすることを目指しています。もしこの試みが成功すれば、その成果は高層タワーや海中パイプラインなどを合理的に設計する際のヒントに繋がります。

その具体的な研究成果のひとつとして、ここでは竹の「節」に関する成果をご紹介します。図1に示す通り、竹には長手方向に沿って、たくさんの節が挿入されています。竹を縦に割った時に現れる、円盤状の薄い板は、節間板（せっかんばん）という専門用語で呼ばれます。この中空内部に挿入された節間板と、竹の外側表面にみられる環状の黒い突起。これら二つの組み合わせを、私たちは竹の節と呼んでいます。

ではいったい、なぜ竹には節があるのでしょうか？ その力学的な理由のひとつは、竹が自分自身の体を「曲がりやすく」するためだと分かったのです。

一般に、中空の円筒部材に力を加えて曲げると、円筒の断面が楕円状に歪みます（図2:Brazier効果）。この現象を逆に捉えたと、もしこの楕円状の変形を抑制することができれば、円筒全体を曲がりやすくすることが出来るというアイデアが浮かんでくるでしょう。

竹はまさに、このアイデアを自ら実現しているのです。つまり、硬い節間板を自分自身の内部に埋め込むことで、節間板の周辺をつぶれにくくしているのです。こうすることで、強い横風にさらされた状態でも、野生の竹は極端な曲がり変形をせず済みます。私たちのグループは、こうした節間板の力学効果を、数理学的手法と野外測定の両者を用いて科学的に証明することができました。この成果は、大規模円筒構造物である高層タワーや海中パイプラインなどを、合理的に設計する際のヒントに繋がると期待できます。

竹が自律的に獲得した（であろう）力学的合理性の仕組みを、科学的に解き明かしたい。もしそれが成功すれば、構造材としてのバイオマス循環利用や、バイオミメティクス（生物形態模倣）による新技術提案に向けた研究展開が可能となる。さらには、竹の構造力学に関する研究成果を通して、水害防備竹林がもたらす水害低減効果を評価するための、理論的基盤を提供できる。そうした長期的な目標を忘れず、これからも本テーマの研究に精進したいと考えております。



図1 竹の切断面に見える節の構造

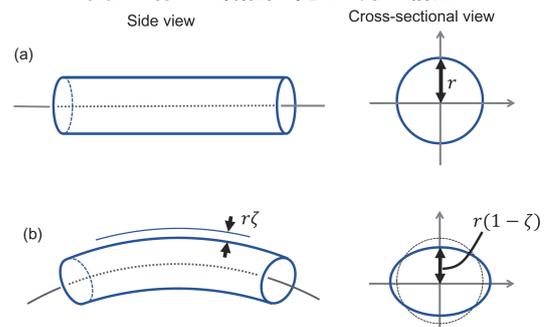


図2 曲げに伴う円筒断面の楕円変形 (H.Shima et al., Phys. Rev. E 93 (2016) 022406より転載)

東京
ブロック

実用が進む金属3Dプリント技術への挑戦

愛知産業株式会社 新技術開発推進部 木寺 正晃

愛知産業株式会社は、1961年に設立された溶接技術を核とする企業で、主に産業機械や設備の提供を行っています。自動車や航空宇宙、エネルギー分野など、多岐にわたる業界向けに、最先端の技術を用いた製品やソリューションを提供するなど、最新技術の導入を通じてものづくりの未来を支えています。本稿では社会的にも注目度が高く、当社も近年注力している積層造形（金属3Dプリント）技術について紹介します。

金属積層造形とは？

金属積層造形とは、金属粉末やワイヤなどを材料にして、一層ずつ金属を積み上げて立体形状を作る技術です。この技術は、従来の削り出しや铸造といった方法と違い、無駄なく材料を使用でき、複雑な形状を一体で作成できるのが大きな特徴です。近年、この技術は多くの産業で注目されており、航空宇宙、自動車、医療などの分野で利用されています。特に、試作品の製作や少量生産品の製造では、非常に効果的な手法となっています。

SLM方式とは？

金属積層造形技術の中でも、SLM (Selective Laser Melting) 方式は非常に高精度な造形を実現する技術です（図1参考）。SLMでは、金属粉末を薄く均一に敷き、レーザーで選択的に溶かしながら一層ずつ積み上げていきます。このプロセスにより、数十マイクロンという非常に薄い層を重ねていくため、細部まで精密な



図1 ロケットのスラストチャンバーの造形例
(高さ30mm程度) 提供：Nikon SLM Solutions

造形が可能です。従来の製造方法では作れなかった複雑な形状を一体で作れる点です。これにより、設計の自由度が高まり、軽量化や強度の向上など、製品の性能を飛躍的に向上させることが可能です。

WAAM方式とは？

WAAM (Wire and Arc Additive Manufacturing) 方式は、アーク溶接技術を応用した積層造形技術です。ワイヤ状の金属をアーク溶接で溶かしながら積み上げていくため、SLM方式よりも大きな部品を作ることができます。WAAMは特に大型構造物の製造に適しており、航空機の骨組みや船舶の部品など、非常に大きな金属部品を低コストで製造することが可能です。最近ではこの技術で宇宙輸送ロケットのタンクを国内で製造するために開発企業である将来宇宙輸送システム (ISC) 株式会社、英国の装置メーカーWAAM3D社やCranfield大学と業務提携をして3Dプリンターによる推進薬タンクの製造技術開発に協力することになりました（図2参照）。



図2 3社代表者による記念写真（左から愛知産業株式会社社長井上、ISC社社長畑田氏、W3D社CEO Martina氏）

おわりに

SLM方式とWAAM方式は、それぞれ異なる強みを持つ金属積層造形技術です。SLM方式は精密な造形に適しており、WAAM方式は大型部品の製造に優れています。これらの技術は、従来の製造方法では成し得なかった新たな可能性を切り開き、未来のものづくりに革命をもたらすと期待されています。金属積層技術の進展により、日本の製造業はより競争力を高め、新しい価値を創造していくことができるでしょう。

神奈川
ブロック

大腸、直腸を活用した呼吸補助システム

東京科学大学 総合研究院 進士 忠彦

1. はじめに

コロナ感染症のパンデミック時に、重症肺炎に対する治療に人工呼吸器や体外式膜型人工肺（ECMO）が使われたことを記憶している方も多いと思う。人工呼吸器は濃度の高い酸素ガスを肺に導入する治療法だが、肺炎が重症になると肺はうまく酸素を取り込めない。一方、ECMOは血液ポンプで体外に取り出した血液に対して人工肺で効率的なガス交換が可能だが、身体的負担が大きく、装置の扱いが難しい欠点がある。

これに対してドジョウが低酸素下で酸素を腸で取り込むことに着目し、酸素化した液体を肛門から直腸さらに大腸に導入することで、哺乳類のガス交換が改善することを東京医科歯科大学（現 東京科学大学）の武部貴則教授が発見した。簡易で安全な呼吸補助システムとして実用化が期待されている。また、独創的でユーモラスな研究を表彰するイグ・ノーベル賞がこの発見に与えられたことを最近のニュースで目にした方も多いのではないかと。

東京工業大学（現 東京科学大学）の研究チームは、武部教授や名古屋大学の藤井祐医師らとともに、腸換気のアイディアをヒトに展開するための治療システムの開発をここ数年進めている。本稿ではその研究開発の一部を紹介する。

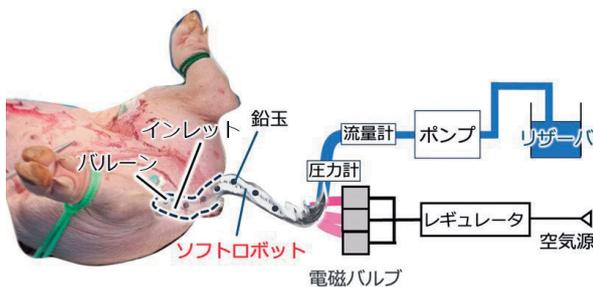


図1 腸換気システムの概要

2. 腸換気システム

腸換気システムでは、酸素が非常によく溶ける液体パーフルオロデカリン（PFD (Perfluorodecalin)）を用いる。図1は、豚を使った動物実験の写真とシステムの模式図を合わせたものである。豚の肛門からソフトロボットによって牽引、腸内に挿入されるインレットチューブを通じて、体外の遠心ポンプによって、直腸や大腸の奥までPFDを送液する。インレットから

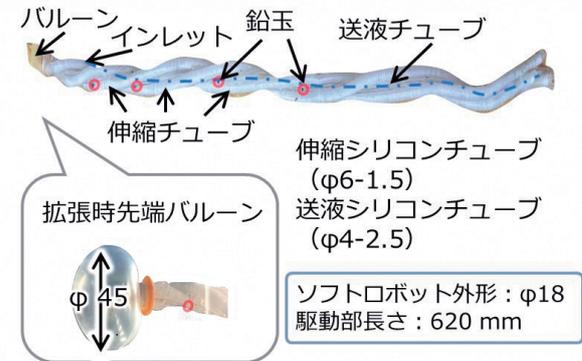


図2 ソフトロボットの概要

絶えず酸素を含んだPFDを腸の奥に供給し、肛門までのPFDの流れを形成することで、腸壁全体での連続的な換気を目指している。このため、肛門から大腸奥までインレットチューブを自動的に挿入、牽引するためのソフトロボットの開発を進めている。

3. 腸換気システム用ソフトロボット

図2に開発中のソフトロボットの写真を示す。このソフトロボットは、東京科学大学の高山俊男准教授が自走式大腸内視鏡用に長年開発した機構を活かしている。PFD送液用のシリコンチューブを芯として、その周りに伸縮性のあるシリコンチューブ3本が螺旋状に固定されている。この3本の伸縮性チューブの先端は封止されている。伸縮性チューブの1本に加圧空気を送気すると、伸縮性チューブは軸方向に伸び、ソフトロボット全体は螺旋状に変形する。それぞれの伸縮性チューブを順に加圧することで、ソフトアクチュエータは捻転して腸内を推進する。

豚を用いた挿入実験では、シリコンチューブに等間隔に微小な鉛球をつけ、X線で透視することでソフトアクチュエータの移動を確認した。また、ソフトアクチュエータ先端に取り付けたバルーンを拡張することで、小腸に向かう流れをブロックし、肛門に向かう流れを誘導している。現在までに、実際に豚を使った動物実験で、肛門から1.5mまでのソフトロボットの挿入、そこでのバルーン展開、送液チューブを用いた毎分0.5Lの水の送液と肛門への流れを確認した。今後、PFDを使った腸換気実験に進む予定である。



人を育てる時間を作るための 自動化システムの構築

株式会社 協和テクニカ 代表取締役社長 清水 総一郎

1. はじめに

当社は自動車部品、産業機械用金属製品を、試作・共同開発から、金型・治具作製、プレス加工、各種溶接、締結工程、組立の一貫製造でお客様にお届けする事により社会貢献を続ける企業です。おかげさまで今期で68期を迎えます。2023年11月には埼玉県の製造業で5番目となるDX認定を取得し、より効率的な製造を目指しています。

2. KT★BASE

当社は、2022年5月から新工場「KT★BASE」で自動化生産を開始しました。ここでは、6台のプレス機械と7台の多関節ロボットを導入し、従来8人が必要だった作業を女性オペレーター1人で対応できるようにしました。オペレーターは操作盤から工程手順を呼び出し、スイッチを押すだけで作業を進行できます。また、前述のDX認定を取得したIoTを活用してのリアルタイムでの稼働状況の監視や分析やリモートモニタリング設備が整備され、異常が発生した場合でも迅速に対応できます。

当社では、150tや200tの単発プレスを多用しており、ここを担当する作業者の高齢化や、社会的に労働力が減少する中で、さらなる若手の成長が求められました。そこで当社は手作業からの脱却を目指し、複雑な形状の製品にも対応可能なプレス機械とロボットを活用した自動化システムの構築を構想しました。これは単なる省人化設備でなく、「若手の成長を促し、人を育てる時間を作るため」の革新的なものとなりました。

私が重視したのは「若い社員に夢を与え、お客様にも貢献する」こと。100%の自動化は求めず、単純作業はロボットが、判断や微妙な調整が必要な作業は人間が行う協業を導入しました。ロボットラインは当社開発部門がSI会社と協力してシステムの基本設計を実現し、実際に設備を使用する製造部門の意見も取り入れ本格的な稼働にたどり着きました。この活動の中核を担ったのは30代・20代の若手社員でした。このシステムの導入には技術的課題もありましたが、当社には溶接ロボットによる生産の豊富な経験により心理的な抵抗が少なく、挑戦に次ぐ挑戦の導入に成功しました。これには失敗を「トライ」と呼び、挑戦を続ける姿勢を大切にしている当社の社風が大きく寄与してい

ました。

3. 最後に

新工場のロボットラインが成功した現在、次の目標は既存工場への知見の応用と、日本一の技術を目指すこと。全社員で「超技術集団」になり、「お客様から最初に相談される会社」になることです。そのために、当社は業界の非常識に挑戦し続け、「トライ」の中から人を育て続けます。



図1 会社全景



図2 KT★BASE外観



図3 自動プレスシステム

千葉
ブロック

子どもを対象とする工学研究の魅力

千葉大学大学院 融合理工学府 小林 久人

1. はじめに

私は医師（小児科専門医）でもあり、社会人大学院生でもあります。本稿では、「小児科医」兼「理工学系大学院生」という立場で、子どもを対象とする工学研究の魅力をお伝えしたいと思います。

私の（医師としての）専門は、小児呼吸器科学です。呼吸（正確には“換気”）とは、空気を吸って吐き出すという非常に単純な現象です。しかし、呼吸で苦勞している患者さんはとても多いのです。たとえば、小児医療においては、“重症心身障がい児”の診療が重要な位置を占めているのですが、そのようなお子さんの多くが呼吸で苦勞しています。呼吸で苦勞する患者さんを少しでも楽にすべく、私は呼吸現象を数値流体力学（Computational Fluid Dynamics: CFD）による流体シミュレーションで解析する研究に取り組んでいます。

2. 子どもを対象とする研究の面白さ

「子どもは大人のミニチュアではない」とは、私たち小児科医が好きな格言です。子どもは解剖（形態）だけでなく、生理（機能）も成人とは異なる点が多い、つまり“ただ小さい”だけではないという意味です。

一方、私が理工学系大学院に入学して実感したのは、“ただ小さい”ということの物理的な重要性です。例えば気管の内径は、成人では15mm程度ですが、新生児では5 mm程度しかありません。径が異なれば、当然空気の挙動も異なります。本邦の新生児医療は世界的にも最高水準であり、いまや在胎20週台・体重300 g台の超早産児も珍しくありません（一般的な新生児は在胎37～40週、体重3000～4000 g程度です）。300 gの早産児と50kgの成人を、同じように扱うべきでないことは容易にご理解いただけると思います。

子どもには、大人と比べて検査が難しいという特徴もあります。子どもは検査を怖がり、嫌がり、泣いて暴れます。また、X線による被ばくの影響も受けやすいです。そのため、子どもを対象とする実験研究はどうしても限られてしまいます。その点、シミュレーションによる研究なら、子どもに対する負担を最小限に、呼吸の状態を定量的に評価することができます。

3. 研究紹介

私が大学院で取り組んでいるテーマの1つである

「気管挿管チューブ先の左右方向の角度が左右肺の気流分配比に与える影響に関する研究」についてご紹介いたします。新生児に対して人工呼吸器による治療を行っているとき、気管挿管チューブ先が左右に傾くと、新生児の呼吸状態が悪化することがあります。そのとき、左右の肺へ流れる空気の割合が偏ってしまうのではないかと仮説をたてました。この現象について、流体シミュレーションによって解析しています。

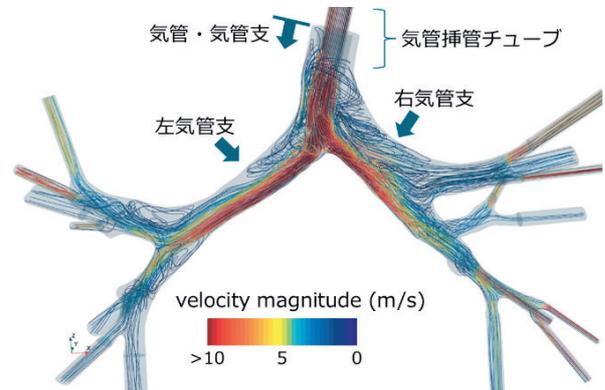


図1 気管挿管チューブを左に傾けたときの流線

子どものCT画像から3Dモデルを作成し、気管内に挿入された気管挿管チューブの向きを変え、左右の肺へ流れる空気の量がどのように変化するか調べています。図1に示しているのは、気管挿管チューブを向かって左側に15度傾けたときの空気の流れ（流線）です。左側だけでなく、右側にも空気はしっかり流れています。まだ研究途中ではありますが、気管挿管チューブ先の左右の傾きは左右の肺へ流れる空気の割合に大きな影響は与えないのではないか、ということが示されつつあります。つまり、仮説は間違っていたということになります……、現実を再現しきれていない点を探しながら、もう少し試行錯誤したいと思います。

4. メッセージ

子どもは工学的に非常にエキサイティングな研究対象です。さらに、少子高齢化に伴い、小児医療の質的向上は社会的な重要性が高まっています（少ない子どもを大切に育てる）。本稿をお読みの皆様も、ご自身が子どもだった頃を思い出していただき、子どもを対象とした工学研究の世界に足を踏み入れていただければ幸いです。

茨城
ブロック

新しいキログラム

産業技術総合研究所 計量標準総合センター 倉本 直樹

はじめに

私たち人類は様々な計測技術を開発し、この世界の神秘を解き明かそうとしています。物の質量を測定しようとする試みはその根幹ですが、世界各国の研究者と手を取り合い、開発した技術を使って未知の深淵をのぞきこむためには、世界共通の測定基準が必要です。現在、質量の単位「キログラム」が、その役割を担っています。

質量の単位「キログラム (kg)」

キログラムが国際的な単位として採択されたのは1889年のことです。当時の最先端技術を用いて白金イリジウム合金製の分銅「国際キログラム原器」が作られ、その質量としてキログラムが定義されました。世界に一つしかない分銅の質量がちょうど1kgだったのです。ただし、1990年頃、表面汚染などのため、国際キログラム原器の質量が徐々に変動している可能性のあることが報告されました。そこで、原子の質量と結びつけられる普遍的な物理定数「プランク定数」をキログラムの新しい基準とする提案が行われましたが、当時はプランク定数が十分な精度でわかっておらず、定義を改定することはできませんでした。

130年ぶりのキログラム定義改定への歴史的貢献

そこで、私たち産業技術総合研究所計量標準総合センター (NMIJ) を含む世界各国の研究機関がプランク定数の高精度な測定に取り組みました。図1はNMIJがプランク定数の測定に用いた、質量がほぼ1kgのシリコン単結晶球体です。私たちは、この球体に含まれているシリコン原子を数えるレーザー干渉計 (図2) を開発し、さらに、球体の質量を測定することでシリコン原子1個の質量を正確に求め、プランク定数を導出したのです。

2017年には、世界各国の研究機関が報告した8つの高精度な測定値から最も確からしいプランク定数が導かれました。2019年から施行されている新しいキログラムの定義は、このプランク定数を基準とするものです。NMIJ は八つのうち四つのデータの取得に貢献し、特に、そのうち一つはNMIJ が独立に論文発表したものです (N. Kuramoto et al., Metrologia 54, 716-729, 2017)。世界各国が威信をかけて最高水準の技術を投入するなか、科学の歴史に残るキログラムの定義



図1 シリコン単結晶球体 ©産総研

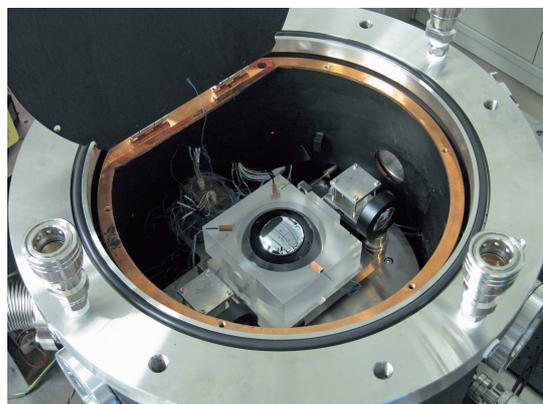


図2 シリコン単結晶球体中の原子数を計測するために開発されたレーザー干渉計 ©産総研

改定に、NMIJやその研究者の名前を明確に刻む決定的な役割を果たすことができたことは、世界に向けて誇ることでできる快挙と言えるでしょう。

新しいキログラムにもとづく新しい質量測定技術

新たなキログラムの定義のもと、私たちは新しい質量測定技術の開発を進めています。例えば、以前の国際キログラム原器にもとづく定義のもとでは、正確な質量測定には、国際キログラム原器につながるかたちで質量が値付けされた分銅が必要でした。ただし、無限に小さな分銅を作ることはできず、質量測定の下限は0.1マイクログラム (1千万分の1グラム) にとどまっていました。一方、新しい定義のもとでは、原理的には、分銅を用いることなく、ナノグラム (10億分の1グラム)・ピコグラム (1兆分の1グラム) オーダーの微小質量を、プランク定数を基準として、直接高精度に測定することが可能です。私たちはこの原理にもとづき、光の放射圧などを利用して微小な質量を正確に測定する技術の開発を進めています (N. Kuramoto, Nature Physics 18, 720, 2022)。

関東学生会 学生交流会 報告

2024年度の学生交流会

山梨大学 浮田 芳昭

関東学生会は日本機械学会関東支部に所属する学生有志による集まりです。今年度は委員長校の埼玉大学と、各ブロックからの代表学生委員からなる10名の学生で運営されています。

まず、雪印メグミルク野田工場の工場見学は10月22日に実施し、9名（うち教員1名）が参加しました。工場の玄関には大きな牛のベンチが設置されており、見学を終えた方々が記念に写真撮影をしていらっしゃいました。我々もこちらで記念写真を撮影させていただき、やや緊張気味だった参加者もほぐれたように感じました。見学会は、野田工場で製造している牛乳やフルーツヨーグルトの試飲・試食から始まりました。試飲に提供いただいた牛乳は100mlの牛乳瓶に入った牛乳でしたが、暫く瓶入りの牛乳を飲んでいなかった筆者は大変懐かしく、普段飲んでいる牛乳よりもおいしく感じられました。あとの見学のなかでのご説明では、夏場はさっぱり、冬場には濃厚な味になり季節による変化があるとのことでした。フルーツヨーグルトでは最近のパッケージに加工されている超撥水加工についての説明もうかがえました。工場の見学コースの要所では牛乳の衛生管理や「おいしさW技術」など、製造工程について動画を交えてわかりやすく解説していただきました。製造のラインを直接見ることで、実際の現場においてどのように機械技術が活躍しているのか、人と機械との協調的な部分がどのようなところにあるのかなど、学生の皆さんにとっても深い学びにつながる見学会であったと思われます。

第2回の交流会は10月29日に実施し、10名（うち教員1名）で造幣局さいたま支局のガイドツアーに参加させていただきました。造幣局という響きから年季の入った建物を勝手に想像していましたが、到着すると意外に新しい建物であることに少し驚きました。関東の造幣局は豊島区にあったものが2016年からさいたまに移転したのだそうです。ガイドツアーは造幣局の紹介ビデオと担当者の案内による館内ツアーでした。造幣局はさいたま支局の他、大坂の本局、広島支局の3拠点があり、それぞれで分担して貨幣だけでなく勳章やオリンピックのメダルなども製作しているということでした。さいたま支局では一般流通用の貨幣のほか、プルーフ貨幣セットなど記念貨幣と、勳章の一部を製

造しているということです。ちなみに紙幣は印刷局が製造しており、造幣局の担当では無いということでした。貨幣の製造は、金属の溶解、圧延、圧穿（硬貨の形に打ち抜く）、圧縁（硬貨の縁を加工する）、洗浄、圧印・検査、計数・袋詰め工程を経て、財務省に送られ一般に流通するとのことでした。金属の溶解から圧延までは広島支局が担当し、ここで作られた材料から各支局で貨幣を製造するそうです。特に、さいたま支局ではプルーフ貨幣や勳章の製造工程が見学コースに含まれていることから、表面を研磨するための工程や美しい宝飾を施す工程など見応えのある内容となっていました。特に、勳章は大変高い技術を極められた職人の手作業によって仕上げられており、「このような場所で働くにはどのような進路選択をすればよいのですか」という質問も出ていました。

最後になりましたが、今回の学生交流会の実施にあたり、協力を賜りました雪印メグミルク野田工場と造幣局さいたま支局の皆様には厚く御礼申し上げます。



図1 雪印メグミルク野田工場見学者



図2 造幣局さいたま支局見学者

関東支部第31期総会・講演会および 関東学生会第64回学生員卒業研究発表講演会のお知らせ 支部運営会・実行委員会

関東支部および関東学生会では、下記の通り総会および講演会を開催いたします。今回は、特別講演・オーガナイズドセッション・一般セッションに加えて、特別セッション「学生のための企業技術発表会」を新たに企画し、機械工学に関係する研究者・技術者・学生が一堂に会して議論・交流する場を提供します。今回は、卒業研究発表会・総会・懇親会を初日に、講演

会は両日実施する予定です。

講演会では、若手会員の中から優れた講演者に対して、日本機械学会から若手優秀講演フェロー賞を、関東支部から若手優秀講演賞を贈ります。また、学生員卒業研究発表講演会では、優れた発表者に対してBPA (Best Presentation Award) を贈ります。皆様の積極的なご参加をお待ちしております。

- 開催日 第31期総会:2025年3月3日(月)、講演会:3日(月)、4日(火)
第64回学生員卒業研究発表講演会:2025年3月3日(月)
- 会場 埼玉大学
- 企画 支部総会、支部講演会、関東学生会総会、学生員卒業研究発表講演会
- WEBサイト 第31期総会・講演会 <https://www.jsme.or.jp/conference/ktconf25/page.html>
第64回学生員卒業研究発表講演会 <https://www.jsme.or.jp/kt/sotsuken/64thGakusei.html>

開催会場(埼玉大学)の紹介

関東支部事業幹事 田所 千治(埼玉大学)

埼玉大学は、1873年(明治6年)に学校改正局にて教員養成を始めたことに起源を持ち、1949年(昭和24年)に旧制浦和高等学校、埼玉師範学校、埼玉青年師範学校を統合し、文理学部と教育学部の2学部をもつ新制国立大学として設置されました。昨年は、改正局の創設から150年を迎えました。現在、埼玉大学では、教養学部・教育学部・経済学部・理学部・工学部の5学部と人文社会科学・教育学・理工学の3研究科がひとつのキャンパスに集まる「All in One Campus」を特徴とし、その利点を活かした文理融合型の教育・研究が推し進められています。

埼玉大学へのアクセスは、JR京浜東北線「北浦和駅」からバス15分程度、JR埼京線「南与野駅」からバス10分程度、東武東上線「志木駅」からバス25分程度です。大学の正門に着き、バスから降車すると、2006年に設置された埼玉大学のモニュメント『地ノノゾミ知ヲマトウ』が皆様をお出迎えします。このモニュメントにちりばめられた学問に関わる記号のモチーフは「交流」を表現しており、今回の支部総会・講演会、学生員卒業研究発表講演会での参加者の交流を象徴しているとも言えます。皆様のご参加を心よりお待ちしております。

編集委員

久森 紀之(委員長、上智大学)	熊谷 正芳(東京ブロック、東京都市大学)	チョン・カー・ウィー(茨城ブロック、産業技術総合研究所)
細井 厚志(支部運営委員、早稲田大学)	彭 林玉(神奈川ブロック、慶應義塾大学)	三橋 郁(栃木ブロック、帝京大学)
浮田 芳昭(支部運営委員、山梨大学)	萩原 隆明(埼玉ブロック、埼玉工業大学)	高山 雄介(群馬ブロック、群馬工業高等専門学校)
上甲 康之(支部選出委員、(株)日立製作所)	原 祥太郎(千葉ブロック、千葉工業大学)	大原 伸介(山梨ブロック、山梨大学)

日本機械学会関東支部ニュースレター『メカトップ関東 No.57』

Mecha-Top KANTO No.57

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

発行年月日:2025年1月5日

印刷製本:株式会社 春恒社

発行者:〒162-0814 東京都新宿区新小川町4番1号 KDX飯田橋スクエアビル2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 03-4335-7620 FAX 03-4335-7618

ホームページ <http://www.jsme.or.jp/kt/>