

機械工学科

中牟田 侑昌 助教



**専門分野** 材料工学  
**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活かされ、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んで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活かされており、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、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

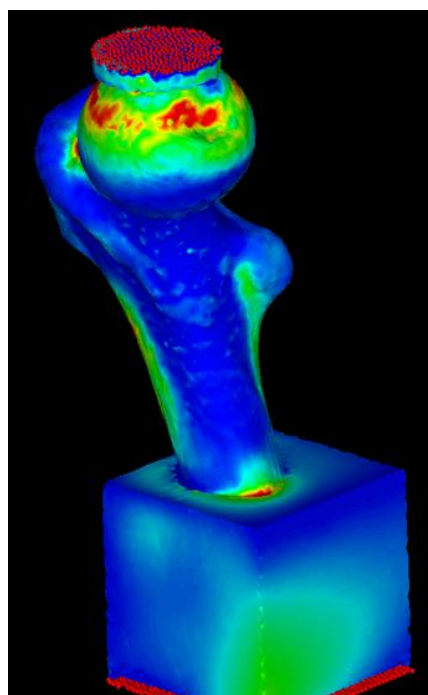


図2 ヒト股関節3次元モデル (応力の分布)

## 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、細胞が育ちやすく、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、力学適合性に優れた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模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。

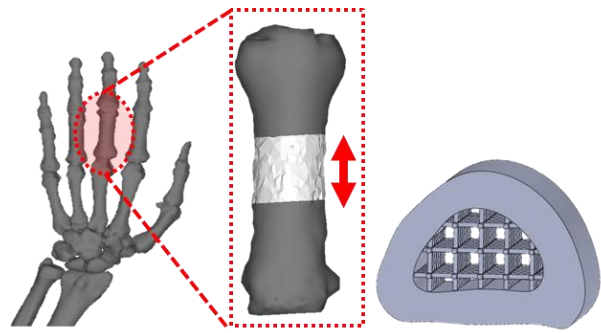


図3 ヒト指骨の3次元CADモデル

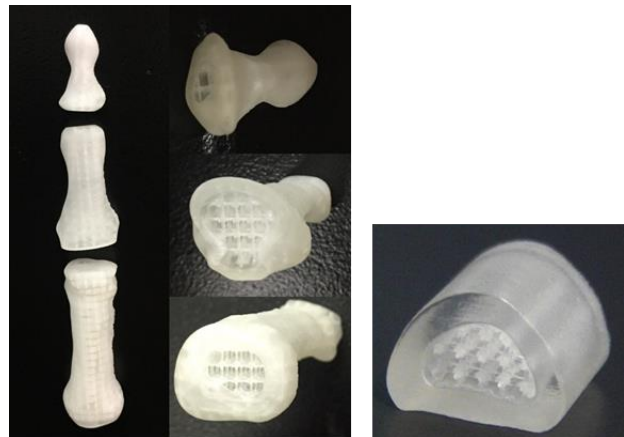


図4 3Dプリンターで造形した指骨構造体

### <おわりに>

2018年4月より活動が始まったばかりの研究室です。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が、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、学んだ機械工学が活かせることが多く、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活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なくてはなりません。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。