

東北大学大学院医工学研究科 研究紹介

計測・診断医工学

- 生体超音波医工学
- バイオセンシング医工学
- 分子構造解析医工学
- 医工放射線情報学

治療医工学

- 生体電磁エネルギー医工学
- 腫瘍医工学
- 医用材料プロセス工学
- 生体機能材料プロセス工学

生体機械システム医工学

- 生体流体力学
- 医用ナノシステム学
- 病態ナノシステム医工学

生体再生医工学

- 神経外科先端治療開発学

社会医工学

- 医療福祉工学

医療機器創生医工学

- 医用イメージング
- 生体機能創成学
- ナノデバイス医工学
- 近未来生命情報工学

生体流動システム医工学

- 融合シミュレーション医工学

人工臓器医工学

- 人工臓器医工学

生体材料学

- 医用金属構造形態制御学
- 医用金属材料学

生体システム制御医工学

- サイバー医療システム
- 知能システム医工学

計測・診断工学

生体超音波医工学分野

担当教員：荒川元孝，金井浩

Email: arakawa@tohoku.ac.jp

Tel: 022-795-7079

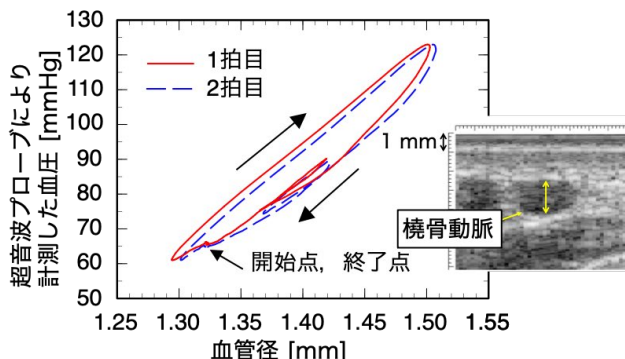
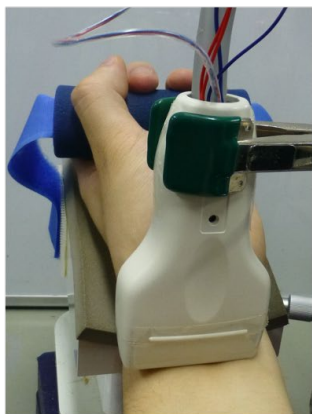
① 非侵襲的に血管の硬さを調べる技術（血管弾性率計測）

従来の超音波診断装置は、生体内に超音波を送信し反射波を解析することにより器官や組織の画像を得ることができますが、形態的かつ定性的な情報しか得ることができません。当研究分野では、生体の粘弾性特性に着目し、圧力変化に対する歪みの応答を超音波計測することにより、弾性率（硬さ）や粘性率（粘っこさ）という定量値を計測する研究に取り組んでいます。循環器系疾患の主因である動脈硬化症の従来の診断には、X線や超音波を利用した手法が用いられてきました。しかし、これら従来法は、侵襲的である、広い範囲の平均値しか得られない、形態情報しか得られない、早期診断には適用できないなどといった問題点があります。動脈硬化症では、進行に応じて動脈壁の硬さが変化します。このため、超音波を用いて血管壁の粘弾性率を計測することにより、動脈硬化症の進行状況や、投薬や生活習慣の改善による治療状況の評価を目指した、新しい超音波計測法の研究を進めています。

② 非侵襲的に血液性状を調べる技術（赤血球集合体サイズ評価）

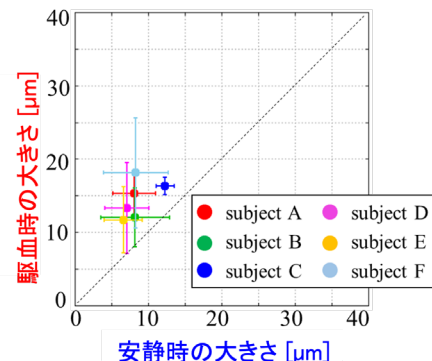
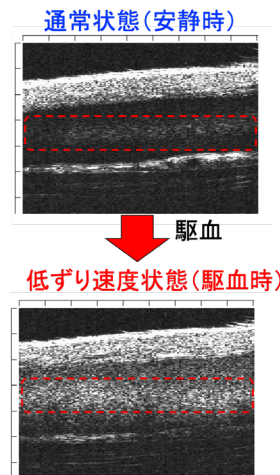
血液性状の評価は、血液流動性測定装置(MC-FAN)を用いた方法や血液粘度の計測により行われていますが、いずれも採血が伴い侵襲的です。また、超音波診断装置による超音波断層像により、赤血球集合の亢進を「もやもやエコー」と呼ばれる輝度の上昇として観察できますが、定性的です。当研究分野では超音波後方散乱係数の計測による赤血球集合体サイズの推定法に関する研究に取り組んでいます。ヒト手背静脈に対して、本研究の手法をヒト手背静脈に適用した結果、駆血しない場合には $8\mu\text{m}$ 程度、駆血し低ずり速度状態とした場合には $12\text{-}18\mu\text{m}$ と大きなサイズに推定されました。このことから、血液性状を非侵襲的に調べることが可能です。糖尿病は血液性状と関連が深く、進行すると網膜症、腎症、神経障害などの合併症を引き起こすことから、これらの合併症に対する血液マーカーになることを目指して、新しい超音波計測法の研究を進めています。

①



ヒステリシス曲線の傾きが“弾性率”、
拡がりりが“粘性率”に対応する。

②



赤血球集合体サイズ推定結果(ヒト手背静脈)
安静時は赤血球と同じ $8\mu\text{m}$ 程度、駆血時は
安静時よりも大きなサイズで推定された。

バイオセンシング医工学分野

担当教員：吉信達夫

Email: tatsuo.yoshinobu.a1@tohoku.ac.jp

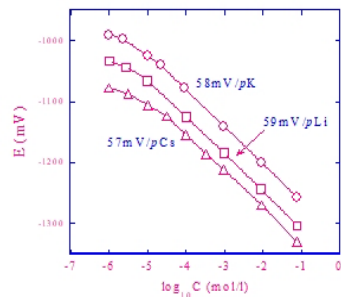
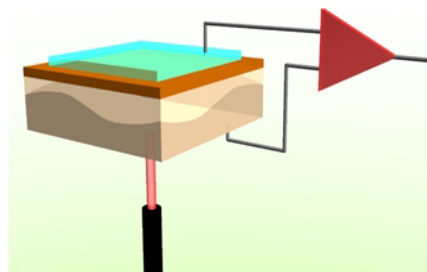
Tel: 022-795-7072

① 半導体化学イメージセンサシステムの開発

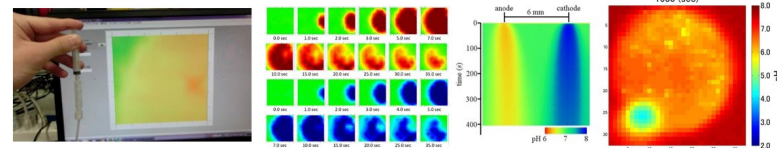
本研究室では、センサ面上に試料を載せるだけの簡便な操作で試料中に含まれる特定のイオンや分子の二次元的な濃度分布を可視化できる、光走査型の半導体化学イメージセンサシステムを開発しています。水素イオン濃度 (pH) のほか、センサ面を修飾することによって各種イオンや生体分子の測定が可能です。汎用的なイメージング装置のほか、個別の測定対象や目的に特化した装置開発を行っています。汎用装置での典型的なスペックは、測定領域20ミリ角、空間分解能100ミクロン程度、画素数128×128、測定時間10ミリ秒/画素、ノイズレベル (pH換算) 10ミリpH程度ですが、カスタム装置では、センサ面積はウェハスケールまで、サブミクロン分解能、画素数制限なし、動画フレームレート200コマ/秒などを実現しています (これら全てを同時に実現できるわけではありません)。応用例としては、金属材料の耐食性評価や、代謝生成物による微生物の検出・計数などがあります。6インチウェハ全面 (直径150ミリ) をセンサ面として利用できる装置では大型試料の測定も可能です。

② 診断チップへの応用

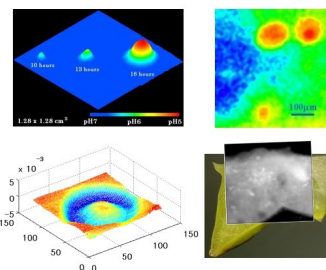
上述の半導体化学イメージセンサは、センサ面上の全ての位置で標的化学種の濃度測定を行えるため、このセンサ面を床面あるいは天井とする流路構造を形成すれば、流路内の全ての点で標的化学種のモニタリングが可能になります。センサ面上の測定点の個数や位置は任意に設定することができるので、たとえば流路途中で被検液と試薬を混合する場合や、流路途中で酵素を作用させて反応を行う場合、その上流と下流で測定を行うことにより差分測定が可能です。微量の被検液がチップ上の流路を通過する間に、さまざまな試薬を用いた試験をシーケンシャルまたは平行に行うことができる、複合的な機能を持つ診断チップのプラットフォームとしての活用を期待しています。



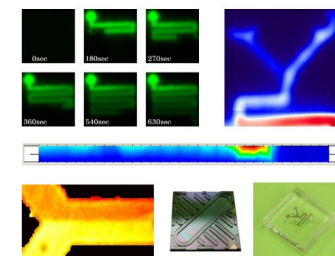
visualization of diffusion and reaction in electrochemical systems



biological samples



microfluidic devices



分子構造解析医工学分野

担当教員：村山和隆

Email: kazutaka.murayama.d4@tohoku.ac.jp

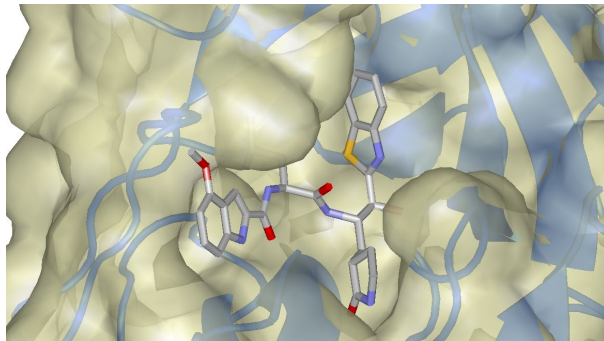
Tel: 022-717-8460

① 生体分子の立体構造解析

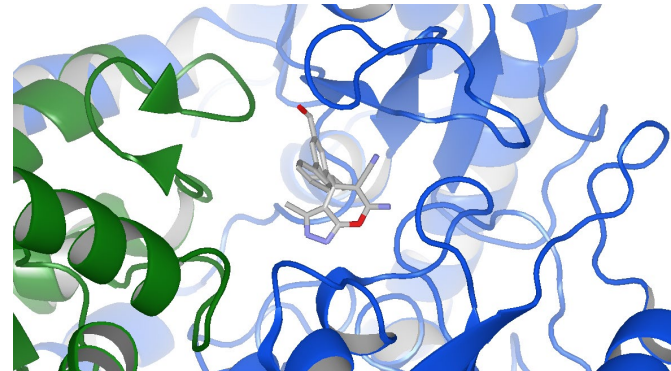
生体機能の解明において生体分子間に働く特異的相互作用はそれらの立体構造と深いかわりがある。タンパク質等の生体分子の詳細な立体構造の解析は分子機構の解明に重要である。例えば抗原-抗体間の特異的相互作用の解析や、薬剤と酵素のような創薬に関わる分野においては必須の情報となる。当分野においてはタンパク質を中心とした生体高分子についてX線結晶構造解析を行い、タンパク質の分子機構の解明を進めている。近年ではコロナウイルスのプロテアーゼについて薬剤との複合体の解析を共同研究において行い、その結合様式について詳細を解明した(下図左)。構造解析の結果、薬剤がプロテアーゼの活性部位に結合し、周囲のアミノ酸との相互作用の様子が明らかとなり、薬剤開発の進展につながると考えられる。また薬剤耐性が問題となっている細菌由来の酵素について、その阻害剤との複合体構造の解析を行い、同様に阻害剤と酵素との立体構造を基にした詳細な相互作用様式について解析した(下図右)。これらの結果を基にして、現在さらに化合物スクリーニングを進め酵素と結合する複数の新規化合物を見出し、その阻害機構の詳細を検討し、上記と同様新しい薬剤開発を進めている。

② タンパク質の物理化学的解析

タンパク質の立体構造がその分子機構の解明に大きく寄与してきた半面、ゲノム解析の結果からは多くのタンパク質またはタンパク質配列のある領域において、特定の立体構造をとらないようなものが存在することが報告されている。「天然変性タンパク質」などと呼ばれるこのようなタンパク質は特定の立体構造をもたないため上記のような解析の対象とはならず詳細な分子機構の解明が遅れていた。しかしながら、このようなタンパク質についても重要な生体機能が次々と明らかとなり近年では「液液相分離」といった現象にも深くかわることが知られている。当分野では立体構造解析を並行してこのような“立体構造”を持たないタンパク質についても、主に溶液中におけるコンホメーション変化などから解析を進めている。このような天然変性タンパク質などに対する決まったアプローチはないため、分光法、質量分析、生化学分析など多様な手法によりタンパク質の機能の解明を目指している。天然変性タンパク質であっても特定の機能は有するため、その機能の制御(阻害、促進)にかかわる低分子化合物は薬剤へとつながると考えており、さらに研究・開発を進めている。



コロナウイルスプロテアーゼと薬剤の結合
薬剤は中央のスティックモデルとして描かれている。
タンパク質は分子表面(黄色)から透過する形で主鎖
をリボンモデルとして表している。



酵素と阻害剤の結合の様子
酵素は2量体を形成しており(緑と青のリボンモデル)、中
央の活性部位に阻害剤が結合している。

医工放射線情報学

担当教員：渡部浩司

Email: hwatabe@tohoku.ac.jp

Tel: 022-795-7803

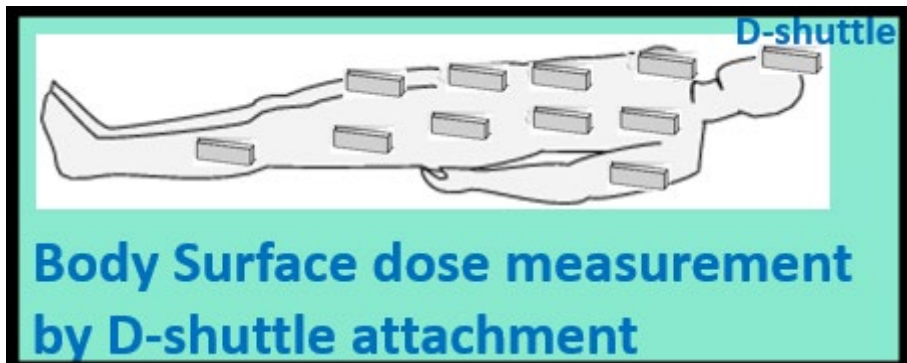
① 多数の放射線測定情報から体内の臓器内薬物分布を推定する技術

多数の放射線測定器を対外に置き、その測定データから体内のさまざまな臓器内の放射エネルギーや薬物濃度を推定する。これにより、薬剤の効果判定や候補薬剤の評価などが行える。

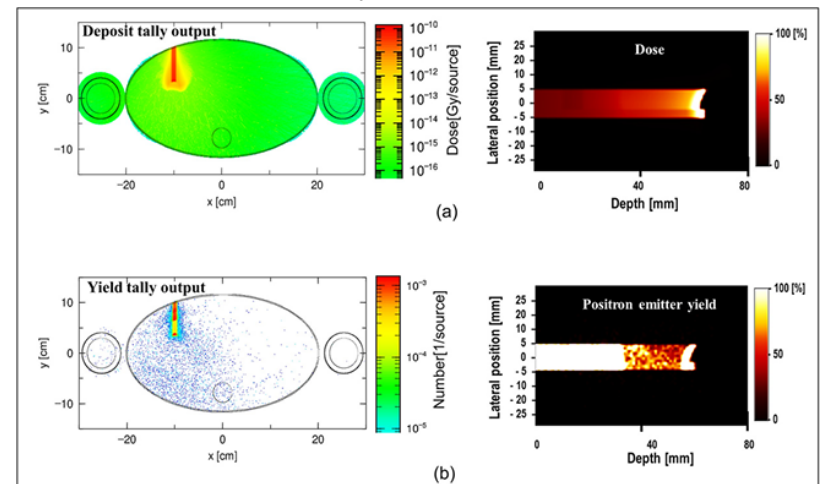
放射性薬剤は放射線を放出する核種を特定の薬剤に標識し、それを体内に投与することにより、薬剤がどこにいるのか外部の放射線検出器で観察することができる。通常、このような観察のためには、PET装置やSPECT装置などの病院に設置されている大型医療機器を必要とするが、本研究では、小型で軽量の検出器を多数利用し、PET装置やSPECT装置に比べて、簡便かつ安価に体内の薬剤分布を求めるものである。このために、小型の検出器を開発し、その位置を特定するセンサーを用いて複数のデータを一度に収集する。収集されたデータは逆問題を解くことにより、複数の臓器内の放射エネルギーや薬物量を推定できる。

② 陽子線治療における陽子の飛程を推定する技術

陽子線治療は、従来のX線を使った放射線治療に比べて、局所に大量のエネルギーを付与でき、高い治療効果が期待される。一方、照射された陽子線は対外から観測ができないという問題があった。そこで、陽子線と体内の原子核との核反応で発生した陽電子放出核種を検出することにより、陽子線の飛程を観察する技術を開発した。この陽電子放出核種観察のため、PEM(乳房専用PET装置)装置を利用し、特に窒素N-13を観察する方法を用いた。N-13は入射した陽子線が停止する付近で発生しやすく、N-13を特定することにより、間接的に陽子線の飛程を求めることができる。通常、多数の陽電子放出核種が陽子との核反応により、発生し、すべて511keVの消滅光子を放出するため、N-13かそれ以外かの区別はできない。そこで、N-13の半減期に注目し、N-13の半減期10分を持つ信号のみを抽出した。この抽出のため、spectral analysis法を開発し、この方法をシミュレーションおよび実験で検証した。



多数の線量計から体内の薬剤分布を推定



陽子線の軌跡をPEM装置で推定

治療医工学

生体電磁エネルギー—医工学研究分野

担当教員：藪上 信

Email: shin.yabukami.e7@tohoku.ac.jp

Tel: 022-795-7058

① 室温動作の高感度薄膜磁界センサ、高周波電磁材料評価

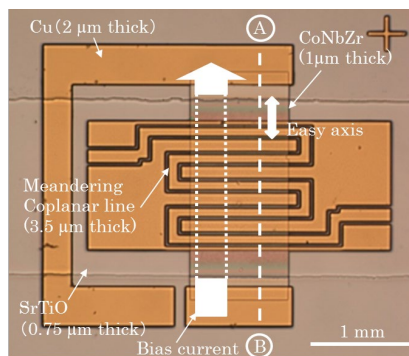
室温で動作する高周波駆動薄膜磁界センサを開発し、磁気シールドを使用せずに健常者心磁界の多点計測に成功した。センサ用電磁材料の透磁率、誘電率を世界最高レベルの感度、広帯域、インライン計測に成功し、スタートアップ（Tohoku-TMIT）を設立した。

② 磁性ナノ粒子への磁氣的応答性を利用した微生物、タンパク質検出

磁性ナノ粒子（抗体貼付）と微生物、タンパク質との抗原抗体反応凝集体を形成し、その磁気特性が抗原量に対して鋭敏に変化することを利用したポータブルIoTセンサを開発した。唾液から採取した微生物はPCRと90%以上の高い相関性を得た。

③ 磁性ナノ粒子を用いた磁気加熱、ハイパーサーミア

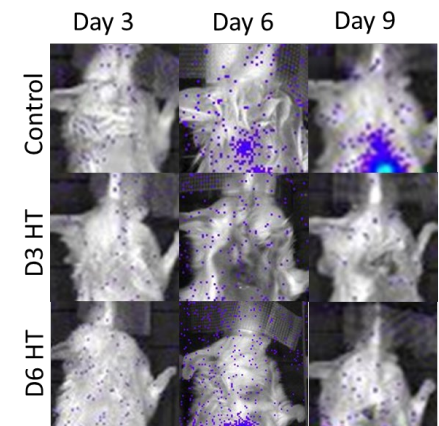
高周波磁界、パルス電磁界等を印加し、磁性ナノ粒子の磁気損失を利用したハイパーサーミアを研究している。小玉研究室と共同でリンパ節転移マウスを治療し、有意ながん抑制効果を得た。



試作した薄膜磁気センサ



開発したポータブル微生物センサ



磁気ハイパーサーミア

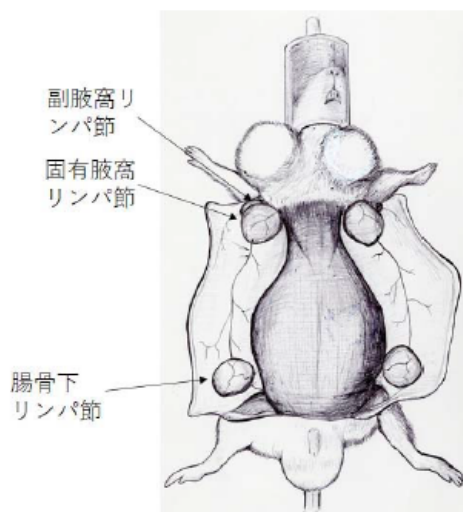
腫瘍医工学分野

担当教員：小玉哲也

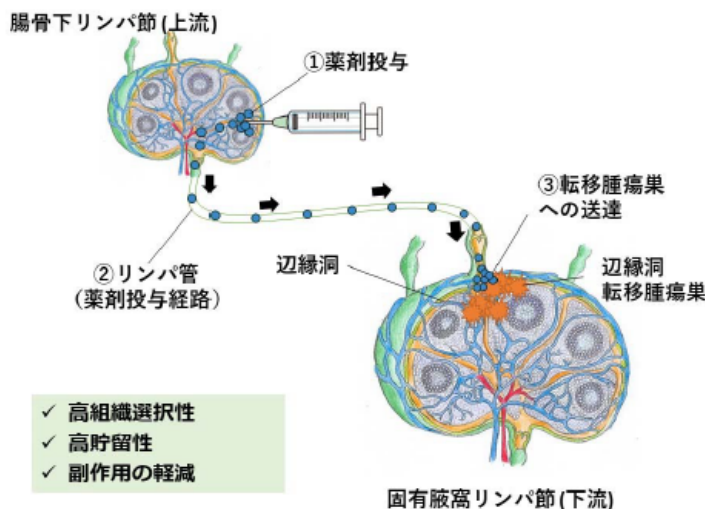
Email: kodama@tohoku.ac.jp

Tel: 022-717-7583

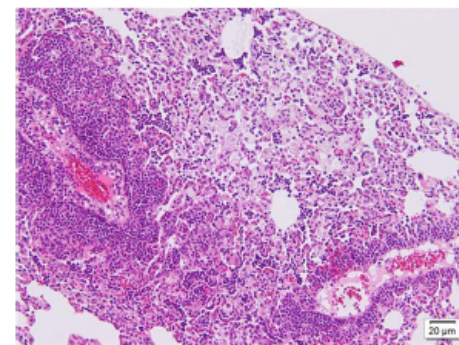
- ヒトのリンパ節と同等の大きさを有するリンパ節腫脹マウスを樹立 (特許出願済).
- リンパ節に直接薬剤を投与するリンパ行性薬物送達法 (lymphatic drug delivery system: LDDS)を開発. 2018年PMDAから頭頸部癌に対する第1相臨床試験に関して承認を得た. LDDSの薬剤溶媒に関して, 日本, 米国を含め, 8か国から特許を取得.
- 免疫チェックポイント阻害剤の投与により間質性肺炎などの免疫関連有害事象を発症する疾患モデルマウスを樹立 (特許出願済).
- 遠隔転移活性化モデルマウスを樹立
- 指定難病シェーグレン症候群モデルマウスを樹立



リンパ節腫脹マウス



リンパ行性薬物送達法



間質性肺炎

医用材料プロセス工学分野

担当教員: 成島尚之

Email: narut@material.tohoku.ac.jp

Tel: 022-795-7294

① チタン表面の抗菌・抗ウイルス機能化処理

インプラント表面は細菌の付着や微生物汚染の優先サイトになりやすく、感染症リスク低減のためにはインプラント表面への抗菌性の付与が有効である。当グループではチタン表面の抗菌機能化を目的に、可視光応答型光触媒活性TiO₂膜やAg添加非晶質リン酸カルシウム膜の作製と抗菌能評価に関する研究を行っている。

図1に二段階熱酸化法によりチタン表面に作製したTiO₂膜上への可視光照射に伴う大腸菌に対する抗菌能評価結果を示す。可視光照射の場合にのみ抗菌性が発現していることが分かる。二段階熱酸化時にTiO₂膜中に導入された炭素が可視光応答性に寄与したと考えられる。図2はスパッタリング法によりチタン表面に作製したAg添加非晶質リン酸カルシウム膜の大腸菌に対する抗菌能をシェイク法により評価した結果である。非晶質リン酸カルシウム溶解に伴うAgイオン溶出により抗菌性が発現すること、TaをAgと共添加することで抗菌性を長期間発現できることが確認された。Taの添加はリン酸カルシウムの溶解性を低下させ、初期のバースト的なAgイオン溶出抑制に有効である。

② 高X線視認性を有するステント用Co-Cr-W-Pt系合金開発

バルーン拡張型ステントは狭窄した血管を拡張・維持する網状の医療機器であり、素材としてCo-25Cr-5W-10Ni(mol%, ASTM F90, mass%表示ではCo-20Cr-15W-10Ni)合金が用いられている。ステントの小径化は低侵襲化を可能とするが、ステント体積も減少するため、高強度に加え、高いX線視認性を有する合金開発が必要となる。X線視認性向上には大きな原子番号を有する元素の使用と合金の高密度化が有効である。ASTM F90合金においてNiはγ相安定化元素であり延性向上にも寄与するが、金属アレルギーの原因となる。そこで同じγ相安定化元素であり、高密度かつ生体適合性の高いPtに着目し、NiをPtで置換したCo-25Cr-5Ni-10Pt-10W(5Ni-10Pt-10W, mol%)合金およびCo-25Cr-20Pt-5W(20Pt-5W, mol%)合金を設計した。

図3に設計合金のX線撮影像を示す。Co-25Cr-5Ni-10Pt-10W(5Ni-10Pt-10W)合金、Co-25Cr-20Pt-5W(20Pt-5W)合金はいずれもPt添加によって高密度化し、現行材のASTM F90合金よりも高いX線視認性を有することが確認できた。

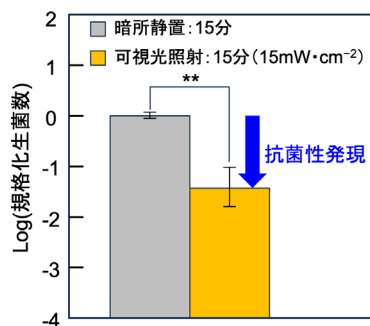


図1 二段階熱酸化法により作製したTiO₂膜上の大腸菌に対する可視光照射の効果 (**p < 0.01, 縦軸は初期細菌数に対する規格化細菌数の対数)。

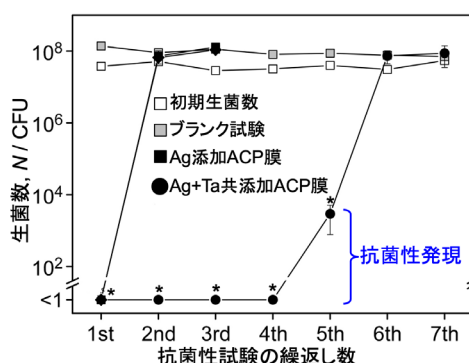


図2 スパッタリング法により作製したAg添加非晶質リン酸カルシウム(ACP)膜の抗菌性試験結果 (**p < 0.01, 菌:大腸菌)。

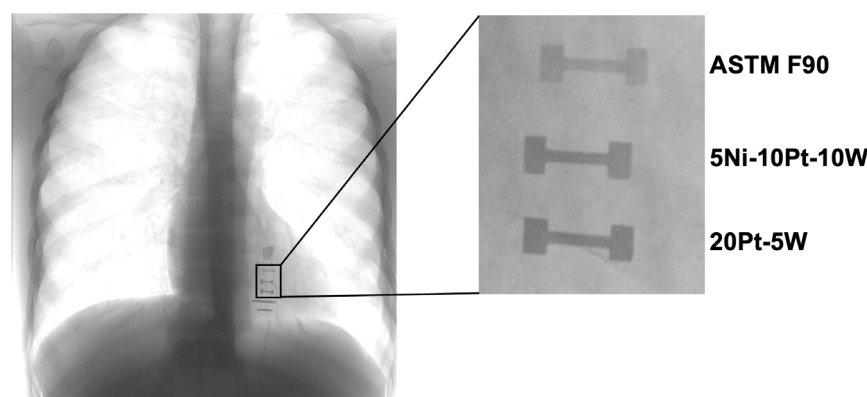


図3 設計合金のX線撮影像(ASTM F90:Co-25Cr-5W-10Ni(mol%), mass%表示ではCo-20Cr-15W-10Ni)。

生体機能材料プロセス工学分野

担当教員：山本雅哉

Email: masaya.yamamoto.b6@tohoku.ac.jp

Tel: 022-795-7303

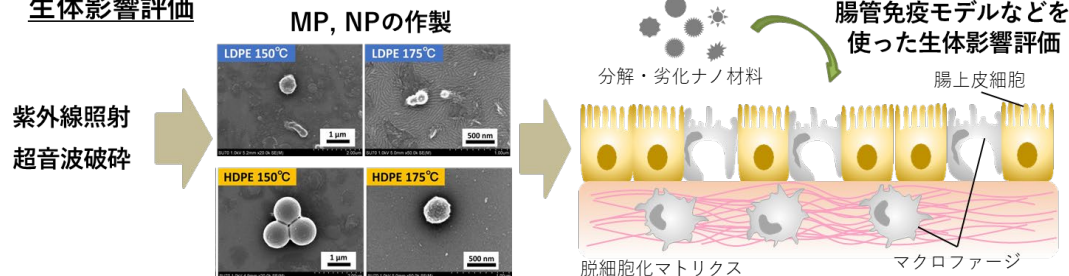
① ナノプラスチック、マイクロプラスチックの作製と生体影響理解

ナノプラスチック (NP) やマイクロプラスチック (MP) 汚染は世界的な環境問題である。NP, MPのヒトに対する生物学的影響を理解するために、当研究室では、紫外線 (UV) 照射による光酸化分解と機械的粉碎および超音波 (US) 照射による加水分解を組み合わせることにより、環境NPおよびMPに類似した特性を有するポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリプロピレン (PP)、ポリエチレン (PE) などのプラスチック断片の作製を進めている。作製したこれらのモデルナノ材料の細胞毒性や免疫反応、取り込み挙動を、ヒト単球系白血病細胞 (THP-1細胞) や腸管免疫モデル、血管モデルなどを利用した生体材料や組織工学に基づく評価法により、NP, MPの生体影響を材料特性と関連付けながら研究している。

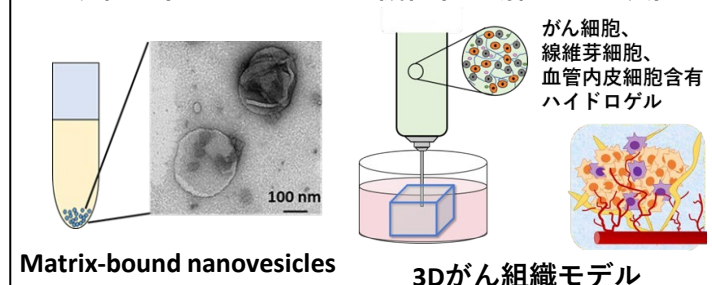
② 脱細胞化マトリクスの生体機能性の理解と応用展開

脱細胞化マトリクス (ECM) は、ヒトあるいは動物組織から細胞成分を除去した細胞外マトリクスである。高い生体適合性や機能性を有することから再生医療用の足場材料として広く応用されている。本研究では、その高い機能性の発現要素の1つとしてECMに強固に結合した状態で存在する細胞外小胞 (Matrix bound nanovesicle; MBVs) に注目し、血管内皮細胞や神経組織への影響評価や機能解明、これを用いた高機能材料の開発を検討している。さらに、ECMを粉末やハイドロゲルに加工した後に細胞と組み合わせて3Dバイオプリンターで立体構築することで、3Dがん組織モデルを構築し、がん微小環境の形成機序や薬物評価への応用を目指している。

◆ 環境条件を模倣したマイクロプラスチック (MP) ・ナノプラスチック (NP) 作製と生体影響評価



◆ 脱細胞化マトリクスの機能性理解と応用展開



生体機械システム医工学

生体流体力学分野

担当教員：石川拓司，菊地謙次

Email: t.ishikawa@tohoku.ac.jp

Tel: 022-795-6958

① 循環器系や呼吸器系、消化器系の流れの解析技術

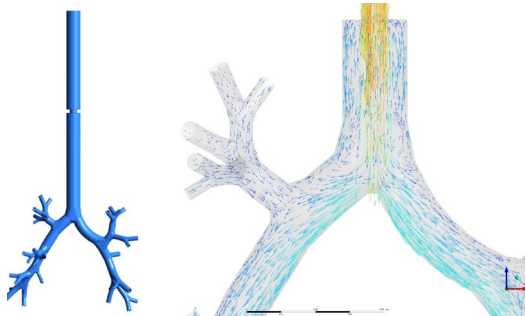
流体力学は、水や空気、血液、消化物などのさまざまな流れを扱うことができる学問です。我々は、流体力学の学理を生体に適用することで、循環器系や呼吸器系、消化器系の流れの解析や、生理的・病的な機能の解明に取り組んでいます。循環器系では、大血管内の血流や、毛細血管内の流れ、個々の赤血球の変形などの解析を行っています。呼吸器系では、下左図に示すように、本学医学研究科と共同して気道内の気流の解析を行っています。消化器系では、ゼブラフィッシュを用いた腸内流れの可視化計測や、腸内流動の数値シミュレーションを行っています。

② アンメットメディカルニーズを端を発する医療機器開発 ～IVR穿刺デバイス開発～

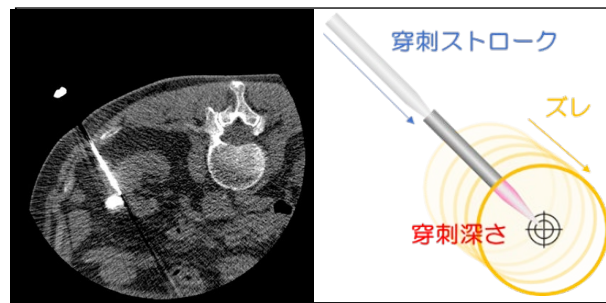
臨床現場や診療時において臨床医師が想起する医療機器の問題点について、工学的視点に基づき新規医療機器を協働して、創発することを目指しています。体腔内脂肪組織に浮遊し高い可動性を有する臓器へ数ミリメートルの精度で経皮的に穿刺するには、類まれなスキルと経験値が医師には求められている。数年にわたる実経験を経て得られる穿刺技術を安定的に、また平準化されたものとするために、新規穿刺補助デバイスの開発を行ってきました。穿刺技術は自然界から学び、蚊の吸血針やクラゲの刺胞細胞の運動に着想を得て、慣性力を最大限に活用した振動穿刺デバイスを発案し、知財取得、AMEDプロジェクト（異分野融合R3-4）、PMDA RS戦略相談等進めています。現在、基礎開発フェーズから、実用化や応用に向け非臨床試験、非臨床POC取得、上市に向けて開発を進めています。

③ 医療現場におけるエアロゾル流動解析

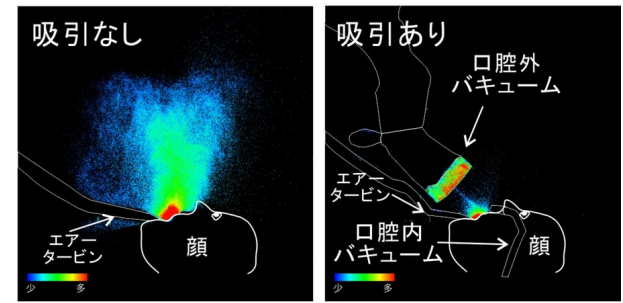
新型コロナウイルスの流行に伴い、衛生環境の保全や強化が求められております。患者さんのみならず、医療従事者にとっても安全・安心の診療・治療環境の見直しが進められてきています。しかし、医療現場にて新規医療機器を導入するには、様々な開発フェーズを経る必要があり、開発後医療現場で活用されるまでには一定の検証期間が生じてしまいます。そのため、臨床現場ではそれらの装置を効率的に運用し、衛生環境向上のため実用的に長期運用されています。歯科治療においては、高速回転ピースや超音波振動によって切削および研磨を行っており、また同時に無数の水飛沫やエアロゾルの発生してしまいます。飛散エアロゾルによる感染症拡大を抑制するため、発生したエアロゾルの飛散状況を流体可視化・計測技術を用いて、エアロゾル捕集や拡散縮小、飛散予測を行っています。



左図：気道内の流れの数値シミュレーションの例 本学医学研究科 高橋和博先生，外山裕章准教授，山内正憲教授ご提供



中図：腎クライオ穿刺の例 本学医学系研究科 高瀬圭教授ご提供



Watanabe J. et al. J. Prosthodontic Research. 2023

右図：歯科治療時の飛散エアロゾル可視化の例 本学工学研究科 金高弘恭教授，歯学部 江草宏教授 渡辺隼助教，大学病院歯科医療管理部 小林洋子副部長ご提供

医用ナノシステム学分野

担当教員：田中徹・福島誉史

Email: link@lbc.mech.tohoku.ac.jp

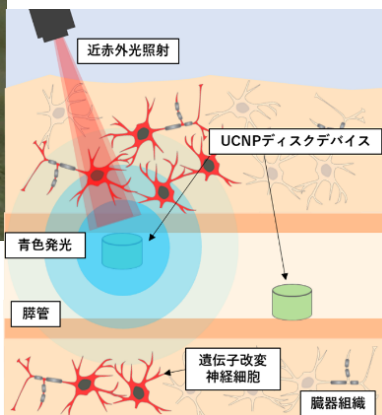
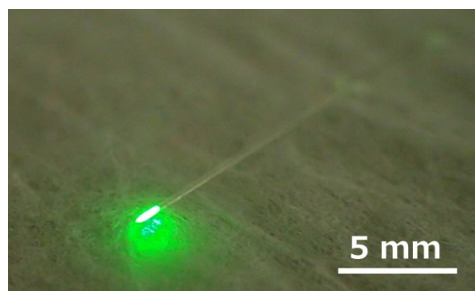
Tel: 022-795-6978

① 体内に留置可能なUCNP(アップコンバージョンナノ粒子)デバイスによる光刺激技術

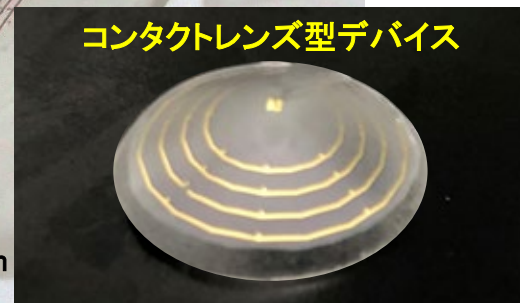
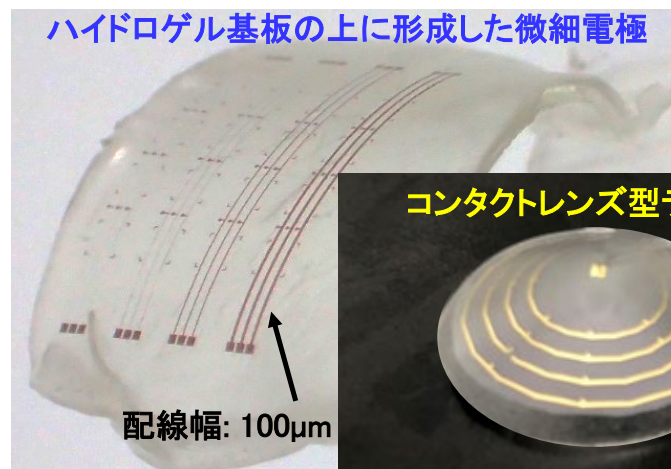
光遺伝学(Optogenetics)を利用する研究において、光感受性を発現させた細胞に光刺激を行う場合、光源からの直接光照射や光ファイバを用いた光照射を行う。これらの方法では、細胞を露出させたり、光ファイバを細胞近傍まで誘導・留置する必要がある。我々の開発しているUCNPデバイスは、近赤外光を照射すると多段階励起現象が生じて青～赤の可視光を発光する。つまり、体外からの近赤外光照射により体内で可視光発光する完全ファイバレス・ワイヤレスの光刺激が可能になる。UCNPデバイスは、使用するナノ粒子の種類を変えることで、発光波長を操作できる。また、数十ミクロンの微細形状の作製や、使用者が鉗等で任意の形状に加工することも可能である。UCNPデバイスのオーダーメイド作製も可能なので、興味のある方は御連絡ください。

② 高い柔軟性と半導体技術を用いた微細加工が可能なフレキシブルデバイス技術

シリコーンゴム、ポリウレタン、フレキシブルエポキシ、さらにはハイドロゲル等、いずれも医療グレード製品を使用した生体適合性の高い柔軟な基板に微細な電極(金属材料はPt, Au, イリジウムなどを選択可能)を形成したり、微小なセンサやLEDアレイ(最小0.1 mm角まで実績有り)を埋め込む技術を構築した。これらは高度な先端半導体パッケージング技術を用いて作製され、ヘルスケアデバイスやウェアラブルデバイスによる心拍やSpO2など多様な生体信号検出や光・電気刺激などに活用できる。最近、LEDの波長の選択肢が広がり、COVID-19でも注目された紫外光による殺菌シートや、近赤外光によるフォトバイオモジュレーション効果を用いた創傷治癒パッチなど、応用範囲は多岐に亘る。歯の矯正期間を劇的に短縮することや、うつ病の治療に効果があることも報告されている。ここでは2つの試作例を紹介する。1つは、水を主成分とするハイドロゲルデバイスであり、ガス透過性が高い湿潤基板であるため、肌に貼っても汗に蒸れにくく、乾燥防止剤の効果で長時間利用しても変形等が少ない。もう1つは、コンタクトレンズのような立体形状に成型加工したフレキシブルデバイスであり、任意の三次元形状に加工して電極形成やセンサ等の実装が可能である。



- 青色や赤色の発光も可能
- UCNPデバイスは鉗で任意形状に加工可能



神崎研 (病態ナノシステム医工学)

担当教員：神崎 展

Email: makoto.kanzaki.b1@tohoku.ac.jp

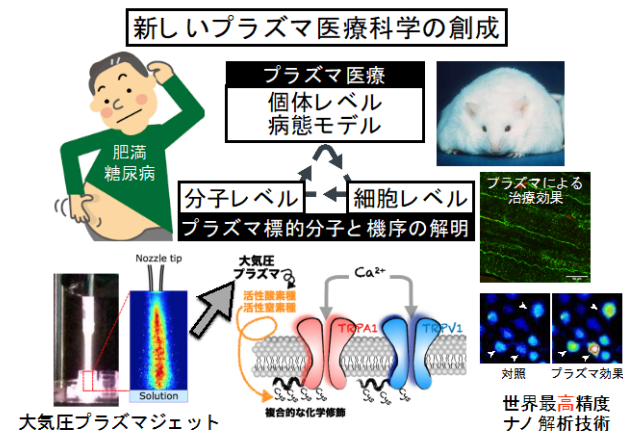
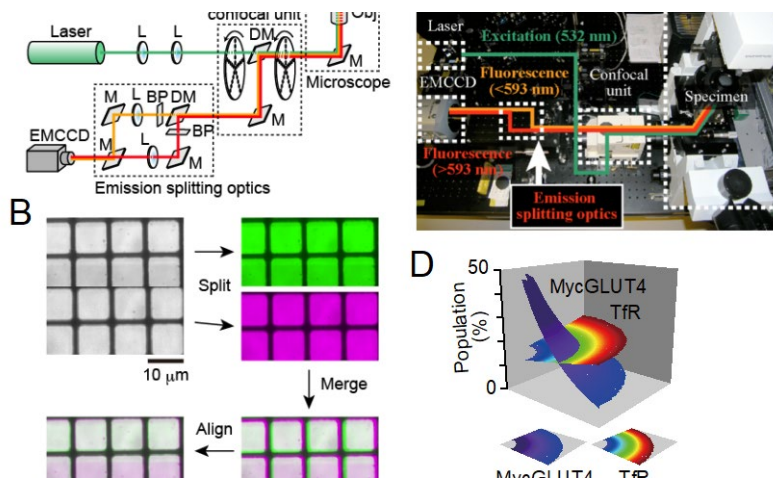
Tel: 022-795-4860(Lab.)

① 光を用いた細胞機能の可視化解析

蛍光ナノ材料（量子ドット）を機能タンパク質へと特異標識することにより、生細胞内で単一分子の挙動解析をナノメートルスケールで解析することを可能にしました(JBC2019, MBoC2017, etc.)。また、特定の分泌小胞の細胞内融合動態を即時定量できる蛍光イメージング解析手法も構築しています(J.Physiol2017, etc.)。この独自技術を用いることで、刺激による小胞輸送の経路や運搬効率を定量的に計測する事にも成功しています(STAR Protocol2022, iScience2022)。これらのライブイメージング技術は、研究対象分子を予め特異標識する事ができれば、その特定小胞の動態や融合動態の解析系へと応用展開が可能です(左下図)。また、NanoBIT発光法を用いた分子複合体形成(凝集/離散)の計測研究も推進中。

② プラズマ医療科学の創成

“プラズマ”は、固体・液体・気体に続く第4の物質状態です。近年、低温大気圧でのプラズマ生成が可能となり、その医療分野への応用が注目を集めています。神崎研究室では、生命体がいかにして“プラズマ”を感知し反応しているのか？どのような“プラズマ”が医療に適しているのか？に関する基礎研究を行っています(Sci.Rep2016, Sci.Rep2020)。また、プラズマ医療をさまざまな疾患(生活習慣病や加齢性疾患)へと適応することを試み、プラズマ医療科学の新展開を目指した研究を推進しています(右下図)。



生体再生医工学

神経外科先端治療開発学分野

担当教員：新妻邦泰

Email: niizuma@nsg.med.tohoku.ac.jp

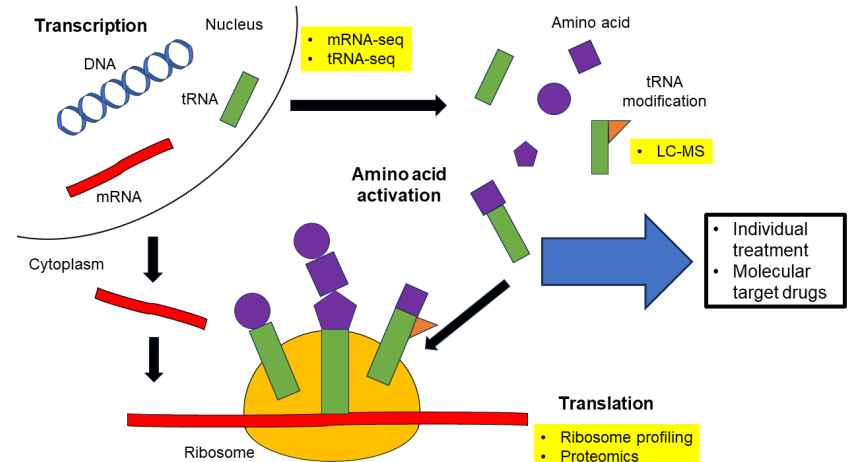
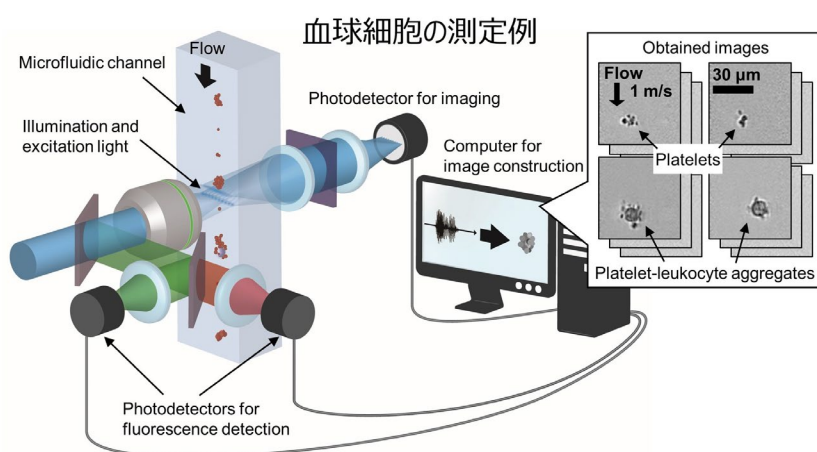
Tel: 022-717-7198

① 高速イメージング技術によるヘテロな細胞集団の特性解析システム

ヘテロな細胞集団の解析にはこれまでFACS（フローサイトメトリー）が主に用いられてきましたが、FACSでは画像情報を取得できないため、個々の細胞の形態評価など、対象物の詳細な解析を行うことは出来ませんでした。そこで我々は、従来技術より桁違いに高速なイメージング技術を開発し、大規模な数（1万～100万個）の細胞画像の取得を可能にしました。また、通常の明視野画像や蛍光画像に加え、少し特殊な蛍光寿命画像や定量位相画像などの取得も行っており、これまで計測することのできなかった細胞特性の計測にも挑戦しています。例えば、取得した画像群を解析することで、細胞や細胞核の形態評価はもちろん、細胞内pHやミトコンドリア膜電位、質量、温度、細胞膜張力など様々なパラメータの測定・推定が可能です。過去には、本システムを用いてCOVID-19患者血液中の微小血栓の撮像・解析を行い（下図参照）、COVID-19の病態と微小血栓の出現頻度との間に強い相関があることを明らかにしました（M. Nishikawa et al., *Nature Communications* 2021）。現在は、異なる3種類のイメージング装置を利用・開発中であり、実験の種類に応じて使い分けることが可能です。ぜひ皆様のアイデアをお聞かせください！

② tRNA修飾を中心とした転写・翻訳の全体像を明らかにする試み

近年生命科学分野では、次世代シーケンサーの登場による網羅的バイオインフォマティクス解析により、新たな知見が次々と得られてきています。そのうち最も一般的なものはmRNAシーケンスですが、mRNAシーケンスは転写・翻訳過程の一部を見ているにすぎず、実際に転写されたmRNAが翻訳され、たんぱく質に生合成されるかどうかは必ずしも一致するものではありません。tRNAは翻訳の過程でリボソーム上にアミノ酸を運搬し、tRNAの修飾により翻訳を調整することで、たんぱく質の生合成に重要な役割を果たしています。当研究室では、LC-MSによるtRNA修飾の解析を中心とし、mRNAシーケンス、tRNAシーケンス、リボソームプロファイリング、プロテオミクスなどを用い、細胞における転写と翻訳の全体像を明らかにする試みを行っています。上記手法を用い、悪性腫瘍の遺伝子機能や薬物治療における分子メカニズムを探索し、最終的には分子標的薬などの創薬や、個別化医療のターゲットとなる遺伝子を発見することを目標としています。



社会医工学

医療福祉工学研究分野

担当教員：田中真美
奥山武志

mami.tanaka.e6@tohoku.ac.jp
takeshi.okuyama.e7@tohoku.ac.jp

① 触覚の計測・活用（感覚、振動、力など様々な生体情報を取得し、利用する技術）

・ 触感センサ

★シリコン樹脂に圧電フィルムを貼り付けたセンサにより、対象物に接触させて触感の特徴を計測できる。触感の制御や設計への活用が期待できる。

★圧電フィルムセンサおよびひずみゲージを貼り付けた樹脂製ドールを着用衣服による接触刺激の評価に活用。

・ 触診センサ

★柔軟な物体内のしこりを検知する触診センサを開発。乳房の自己触診のためのハンディ型システムも開発。しこり位置が提示可能。

★前立腺の触診のためのロボットフィンガの開発。ロボットフィンガ先端部にかかる力および接触物の硬さを推定可能。

② 手指動作の計測（手技のトレーニング、評価に活用できる技術）

・ 光学式動作解析システムを用いた動作解析

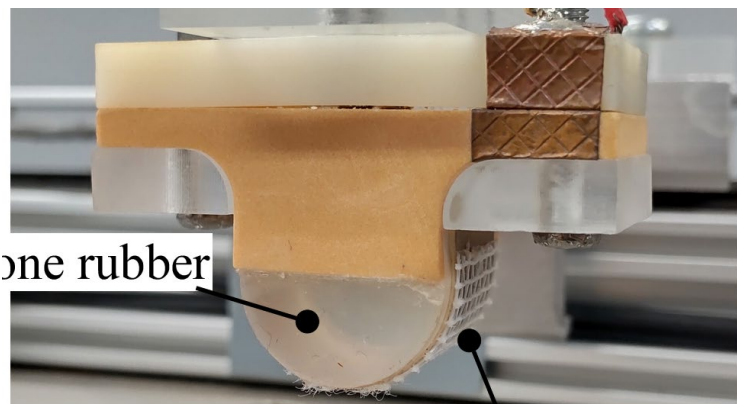
★前立腺触診動作を解析し、熟練医師の動作特徴の抽出に活用。指先の位置、指の角度などの計測が可能。

★皮膚に対する引掻き動作を解析し、皮膚にかかる力を非接触に推定。

・ 指先にかかる力を計測するウェアラブルセンサを用いた動作解析

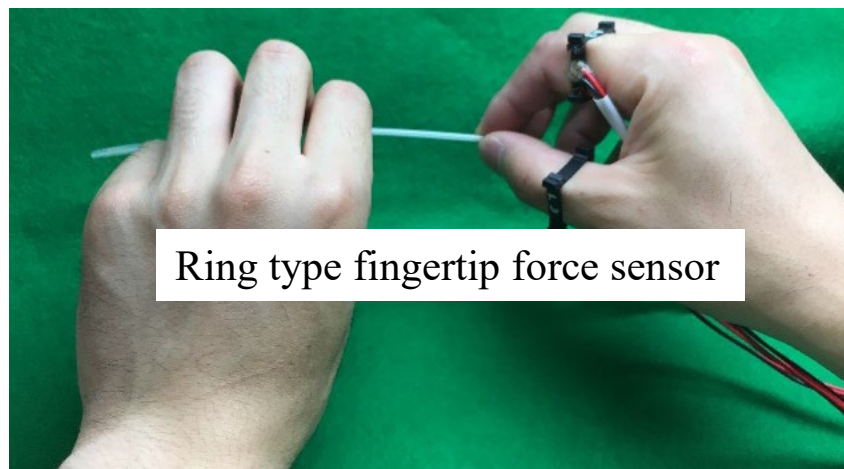
★指の感覚や動作を妨げずに力を計測するための指輪型センサ（独自技術）を開発。様々な手技の評価への活用が期待できる。

★シート型力センサを用いて、助産師の分娩介助動作（シミュレータ使用）の解析。助産師の手技のトレーニングに活用できる。



one rubber

PVDF film with mesh fabric attached



Ring type fingertip force sensor

医療機器創生医工学

医用イメージング研究分野

担当教員：西條芳文

Email: saijo@tohoku.ac.jp

Tel: 022-795-5882

① 光音響イメージングによる生体内微小血管のイメージング

通常の超音波診断装置で用いられている周波数の数十倍から数百倍の高周波数超音波を用いてマイクロレベルのイメージングを可能とする超音波顕微鏡の研究成果を基に、生体組織内の数十ミクロンの微小血管の光音響イメージングに成功しました。光音響イメージングの原理は、ナノ秒レベルの短いパルス光を物体に照射した際にごく短時間の熱膨張が生じ、その際に発生する光音響信号を受信し画像化することです。たとえば波長532 nmの緑色レーザー光はヘモグロビンによく吸収されるため、組織内の血管を選択的にイメージング可能です。特に細い血管の遅い血流など超音波ドプラ法では可視化できない領域への応用が期待されます。

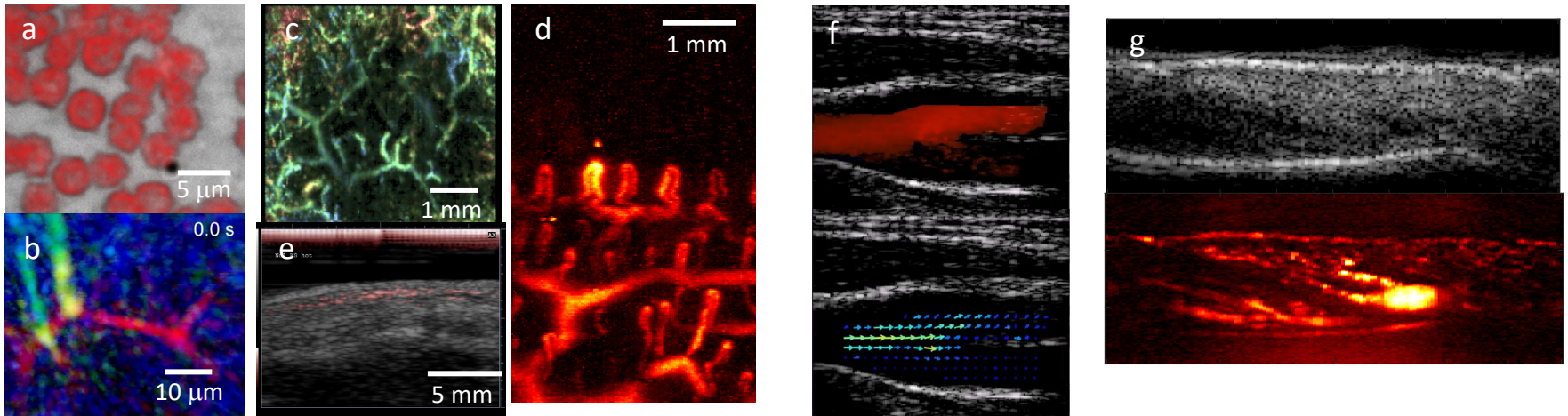
当研究分野では、**a.** 細胞1個を可視化できる光音響顕微鏡、**b.** 微小血管内の赤血球の動きを20 fpsでリアルタイムイメージング可能な光音響イメージング装置、**c.** 血管の酸素飽和度を表示する光音響顕微鏡、**d.** 毛細血管ループ構造が可視化できる光音響イメージング装置、**e.** LEDとリニアトランスデューサ光音響イメージング装置などを有し、対象に応じたマルチスケールなイメージングができます。

② 超音波による生体内流れや運動の計測

当研究室では256チャンネルの超音波の独立送受信が可能なプラットフォームを保有し、自由自在に超音波画像を生成することが可能です。カラードプラ法では心臓や血管の中の血流分布を2次元表示していますが、厳密に言うとその速度は超音波ビームに沿う方向の速度成分で、必ずしも観測面の血流ベクトルを表示していません。私たちは並列ビームフォーミングを用いた500～1000 fpsの高速イメージングにより、ほぼ同時に2方向からのドプラ計測を行うことで、**f.** 2次元流れベクトル計測に成功しました。

また、連続超音波画像の「時空間解析」により、通常のBモード画像において組織と血流の分離を可能とし、特に周波数38 MHzのリニアアレイトランスデューサにより、**g.** 皮膚内の微小血管可視化にも成功しました。

これらの研究で得られたノウハウを臨床診断装置で得られた超音波画像にも活用し、筋肉の動きなどを解析しています。



ナノデバイス医工学分野

担当教員：芳賀洋一

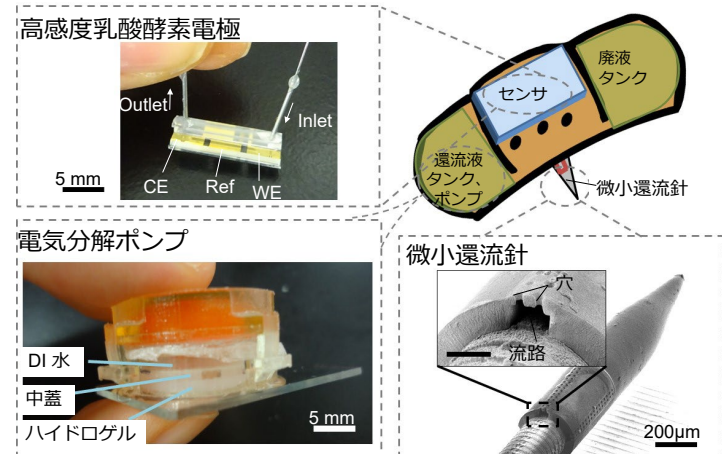
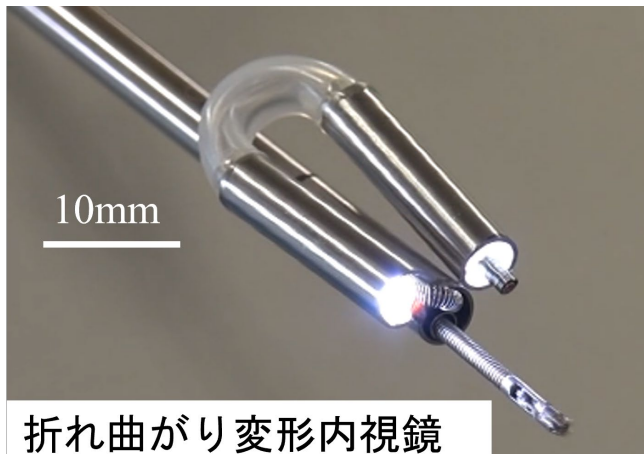
Email: haga@tohoku.ac.jp Tel: 022-795-5250

① 小型かつ高機能、多機能な低侵襲検査・治療機器の開発

MEMS(微小電気機械システム)技術を中心とした微細加工技術を用いることで、小型かつ精密な計測が可能なマイクロセンサを開発し、内視鏡やカテーテル、ガイドワイヤーなどに搭載し、小型でありながらより高機能、多機能な低侵襲医療機器の実現を目指している。髪の毛程度の太さの外径120 μm 程度の光ファイバ圧力センサは空間分解能の高い極細径血圧センサとして用いられる他、パッケージングを工夫することで小型の力センサとして用いることができる。これらは光学的な検出原理を用いていることから、術中の電気メスなどによる電磁ノイズの影響を受けない利点がある。また、腹腔内や消化管内、脳室や関節腔など体内の微小空間の中で変形し、様々な検査治療に用いる医療機器の開発を目指している。挿入時と抜去時は直線形状で体内の空間内で折れ曲がり変形し内視鏡の視点を変える、立体視を可能にするなどの機能を実現する折れ曲がり変形内視鏡を左下の写真に示す。さらに、マイクロアクチュエータを搭載した医療機器により、体内からの精密な治療を実現することを目指している。将来的には複数の医師が体内において複数の医療用マイクロロボットを操作し協同作業を行うシステムの開発を目指している。

② 細径針表面への微細加工により皮膚から生体成分を回収する技術

0.2 mm径の鍼灸針表面に独自に開発した非平面微細加工技術により天井に微小穴をもつ流路を作製した針を用い、微小還流により皮膚から生体成分を回収する。針を加工することなく表面にコーティングする形で流路を作製しているため、鍼灸針の高い皮膚刺入性を保っており、痛みなく皮膚に刺入でき、従来の皮膚刺入用微小鍼であるマイクロニードルなどよりも確実に表皮のバリアを超えられる。表皮のバリアを超えることで、汗中に含まれる物質濃度や汗の分泌量に影響されない計測が可能となる。針を皮膚に刺入・留置した状態で流路に還流液(生理食塩水など)を流すことで、皮膚中の生体成分が濃度拡散により表面の穴を通して流路中に入り込む。この還流液を体外まで流し、体外に設置したセンサにより還流液中の物質濃度をモニタリングすることにより、皮膚中物質濃度を推定する。マウス背部の皮膚に作製した針を刺入・留置し、乳酸腹腔投与後の乳酸濃度変化および経口糖負荷前後のグルコース濃度変化を計測したところ、血中濃度と有意に相関するデータを得られ計測の有効性を証明した。極低侵襲で成分回収を行えることから、皮膚だけでなく筋や食道壁、腫瘍組織中の物質濃度モニタなどへの応用も期待される。微小灌流針、センサおよびポンプと、その構成を右下に示す。



生体機能創成学分野

担当教員：水谷 正義

Email: Masayoshi.mizutani.b6@tohoku.ac.jp

Tel: 022-795-6946

① 生体親和性・抗菌性を両立するバイオインプラントの開発

生体内で使用されるバイオインプラントには、生体組織や細胞に対する高い親和性が求められます。またそれと同時に、長期間での使用を考慮すると細菌に対する耐性も必要になります。

この課題に対して本研究室では、様々な表面創成プロセスを利用して“細胞には優しく、菌には強い”表面づくりにチャレンジしています。例えばレーザ加工がその方法の1つです。材料にレーザを照射することで表面の幾何学的な形状や化学的な組成が変化し、それらの変化にともなって生体細胞や組織、あるいは細菌へのインタラクションも変化します。この現象に着目し「細胞は瞬時に接着するのに、細菌は全く寄り付かない」ような表面ができるのではないかと考えています。我々はこのような手法を駆使し医療・バイオ分野への新たなブレークスルーを目指しています。

② 3Dプリンター（Additive Manufacturing: AM）による多機能性構造体の造形

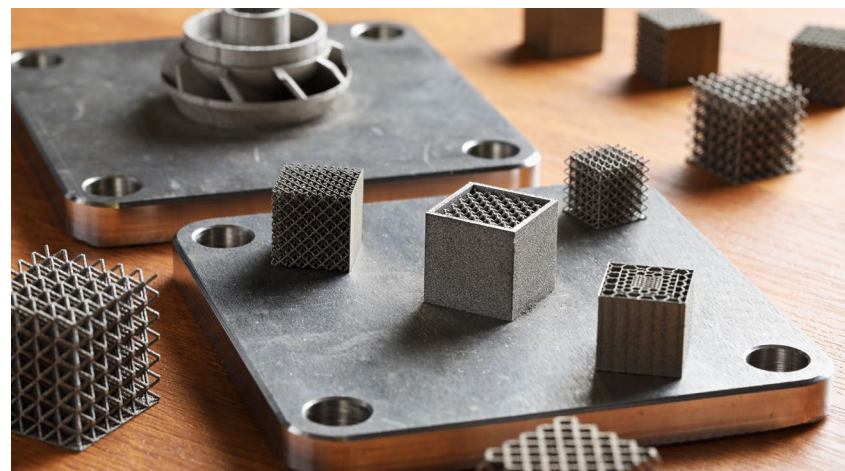
アディティブ・マニファクチャリング（AM）は、目的とする構造体の3D形状情報があれば、機械加工では真似できないような非常にユニークな形状を造形することができます。この特徴を利用して、医療・航空・宇宙分野を始め幅広い分野で活用され始めており、今後もその可能性はますます広がっていきます。

その中で本研究室では、AMにおける造形プロセスで生じるミクロな現象を解明し、それを応用して新たな付加価値を持った製品（構造体）を創り出すことに取り組んでいます。とくに本研究室で扱うのは、現在AMで主流の樹脂や金属だけでなく、セラミクスやCFRPの造形、あるいはそれらを複合した（マルチマテリアル）造形にもチャレンジしています。AMのプロセス中に起こる現象を解明し、造形物自身に新たな、あるいは多彩な機能を付加する革新的AMプロセスの開発に取り組んでいます。

③ ウルトラファインバブル（UFB）による表面改質とその応用

材料除去プロセスでは、除去対象である素材の最表面の特性が極めて重要になります。すなわち、材料最表面の性状を加工手法に合わせて適切に制御（改質）することが可能になれば、材料除去能率の向上や加工変質層の低減など多くのメリットが見込めます。

この点に対して本研究室では、ウルトラファインバブル（UFB）のユニークな特性を利用することで、半導体基板などの様々な材料の表面改質を可能とするプロセスの開発にチャレンジしています。またUFBを「加工」以外にも、「殺菌、バイオフィルム除去」や「植物の生育」などに応用するための基礎研究も進めています。



AMで造形した構造体

近未来生命情報工学分野

担当教員：齋藤昌利

Email: Masatoshi.saito.b4@tohoku.ac.jp

Tel: 022-717-7575

① 人工子宮・人工胎盤の開発に向けて

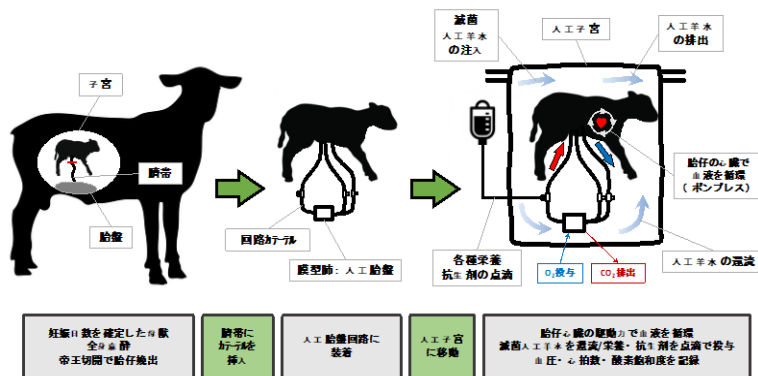
日本の出生数は年々減少傾向ですが、出産年齢の上昇、いわゆる高齢出産化に伴って早産率は年々増加傾向にあります。新生児集中治療の目覚ましい発展に伴って、早産児の予後は改善してきていますが、それでも、非常に早いタイミングで出生した早産児は、まだまだ救命率が高いとは言えず、早産児の救命と後遺症をなくすることは非常に大きな課題になっています。我々は、早産で産まれた胎児が母体の子宮外で安全に発育できるようにするために、人工子宮、人工胎盤の研究を行っています。現在はヒツジ胎児を用いて人工子宮、人工胎盤の開発を進めており、体外で長期間にわたりヒツジ胎児を生育させ、その有用性と安全性に関して研究を行っています。将来的には、全く新しい医療機器として社会にローンチして、今まで救うことができなかった早産児の救命、後遺症なき生存をサポートしていきたいと考えています。

② 胎児心電図を用いて

現在の周産期医療では、子宮の中の胎児を生体情報を観察するための検査は胎児超音波と胎児心拍数モニタリングの2つしかないと、言っても過言ではありません。逆に言うと、それらのデバイスで観察ができない小さな胎児の変化は観察することができません。我々は、胎児の心臓から発せられる電気的信号を「胎児心電図」として記録する機器を開発しました。その胎児心電図を使用してこれまで認識することができなかった胎児の生理状態の解明と、早産や低酸素状態を診断するための基準の策定を行うための研究を進めています。

また、早産や胎児期の環境要因（炎症、ストレスなど）によってリスクが高まる疾患に自閉症スペクトラム障害（ASD）や糖尿病がありますが、これらの疾患発生メカニズムの究明のために胎児心電図の信号を用いて胎児期にどのようなサインが認められるのか、胎児期からの診断や治療はできないのか研究を行っています。

人工子宮・人工胎盤のシステム概念図



胎児心電図：アイリスモニター



生体流動システム医工学

融合シミュレーション医工学分野

担当教員：船本健一

Email: funamoto@tohoku.ac.jp

Tel: 022-217-5878

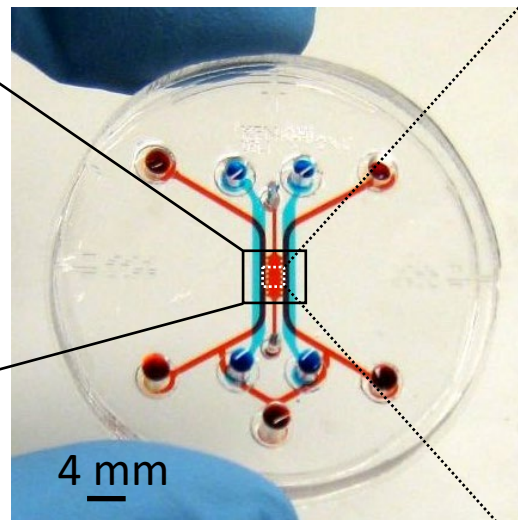
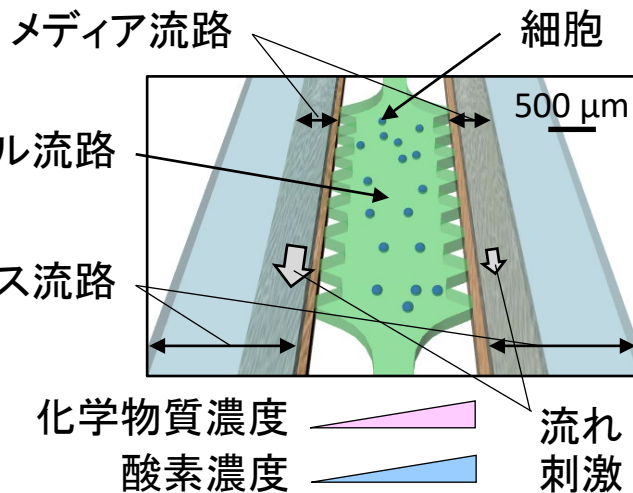
細胞動態を操作する医療技術基盤の創生

生体内の細胞は、運動や血流による力学的な刺激と、生化学物質による化学的な刺激を感知して応答します。また、生体内の酸素濃度は大気中よりも低く、血流の状態による変化も生じ、細胞動態に影響を与えています。生理現象の解明と疾患の治療技術の革新には、これら時間的・空間的に変化する環境因子に対する個々の細胞の応答と細胞群の相互作用を解明し、制御することが重要です。本研究分野では、溶存ガス濃度・力学的刺激・化学的刺激的3つの因子を制御し、生理的環境と病的環境の両方を再現できるマイクロ流体デバイス「3-in-1生体模擬チップ」を開発しています。本チップは、ガス流路に酸素や二酸化炭素濃度を調整した混合ガスを供給することで酸素状態やpHを制御し、メディア流路の培養液の流れと成分を調節することで細胞に作用する力学的刺激（圧力やせん断応力）と化学的刺激（生化学物質や薬の濃度勾配）を制御します。現在、がん細胞の遊走や血管内皮細胞単層の物質透過性、細胞性粘菌の走気性など、環境因子に応じた様々な細胞の動態や特性の変化を調べ、それらを制御する研究に取り組んでいます。

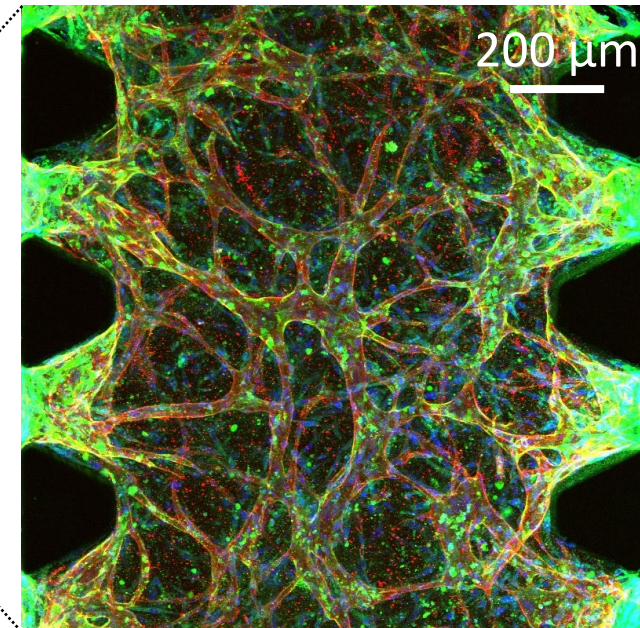
概念設計

開発・検証

実装・応用



3-in-1生体模擬チップ



脳内微小血管網の再現

人工臓器医工学

人工臓器医工学講座

担当教員：山家智之・白石泰之

Email: yambe@tohoku.ac.jp

Tel: 022-717-8517

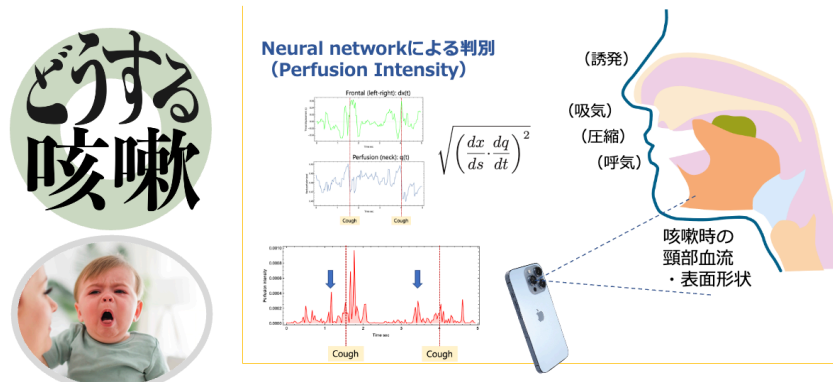
① 咳嗽を飛沫が飛散する前に予測するシステム

咳嗽時の呼吸器学的運動（吸気相—圧縮相—呼気相）を非接触で計測解析するシステムの開発研究を行っています。2次元ビデオ画像から咽喉部領域の3次元変位を注出し（AI）、咽喉部表面変位と画像脈波を解析することで、咳の誘発から吸気、圧縮、呼気の各相の **perfusion intensity** を計算し、飛沫飛散の前に咳を予測するシステムです（特願2021-045978）。「咳嗽時の頸部挙動の非接触解析」から、咳嗽プロセスを診断し、飛沫飛散の前に咳を予測するだけでなく、咳嗽運動から関連する収縮運動時の不可視情報を含めて体表変化を判断することで、咳の予測と飛沫飛散の予防に役立つシステムとして開発を進めています。SARS-CoV2の流行が収束しえた後でも、乾癬の新しい波の発生、さらには別の新興呼吸器感染症のアウトブレイクなどにもついても、今後とも予断を許しません。最重要な感染経路になる「飛沫感染」に注目し、それらの感染拡大を防止する措置として、「咳」の発生予測が可能ならば、能動的に飛沫と接触する機会を大きく減少させることができ、感染数を低下させるシステムとなる可能性があります。

② AI診断プログラム(Same as Medical Devices)によるAdaptiveな嚥下評価システム

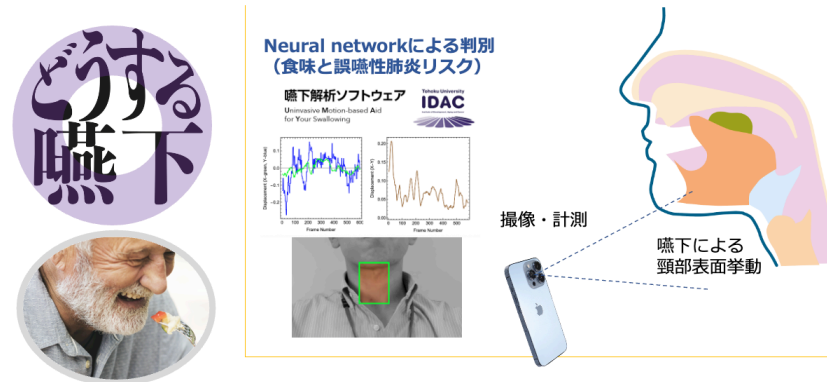
誤嚥予防嚥下解析システム(**Uninvasive Motion-based Aid for Your Swallowing, U-May = you may** ~スムーズな嚥下を、美味い~おいしく食べられる)の開発研究を行っています。2次元ビデオ画像から咽喉部領域の3次元変位を抽出し（AI）、咽喉部表面変位を解析することで、食べ物を飲み込む動作から、嚥下挙動の評価を可能とする技術です（特許6692110）。「食べ物を飲み込む挙動の非接触解析」から、嚥下挙動を診断し、嚥下機能を評価するだけでなく、嚥下挙動から食味を判断することで、スムーズな嚥下を診断し、誤嚥予防に役立つシステムとして開発を進めています。また、表面形態と合わせて咽喉部のカラー画像から映像脈波を解析し、咽喉部末梢組織血流を評価し、摂食時の喉頭挙上に関わる筋トレ前後の末梢循環のモデリングを行っています。これらの食事と咽頭嚥下画像情報から、食味と誤嚥性肺炎のリスク評価が可能となり、それぞれにもっとも適した食品や食事方法を提案し、フィードバックを行うことで、誤嚥予防技術の社会実装が具現化されます。

非接触で飛沫飛散前に咳を予測予防するシステム



咳の0.5秒程度前にピークを検出できる

AI診断プログラム(Same as Medical Devices)によるAdaptiveな評価システム



それぞれにもっとも適した食品、食事方法を提案、フィードバック

生体材料学

医用金属構造形態制御学分野

担当教員：加藤秀実

Email: hidemi.kato.b7@tohoku.ac.jp

Tel: 022-215-2110

非平衡・脱成分プロセスによる医用金属材料の成分、構造、組織、形態、機械的特性制御

医用金属材料の材料設計には、力学特性が生体組織と一致することや利用環境下において腐食しないこと等、生体との親和性が非常に重要な要素となってくる。特に毒性が懸念される元素は、材料特性の向上が見込まれる場合であっても低減する必要があり、既存の医用金属材料であっても成分の改良は今日依然強く求められている。また、材料表面形態は生体組織への安定した固定に重要な役割を果たすことも知られている。したがって、医用金属材料の生体との親和性向上には、力学特性や成分、耐食性、表面形態等、多くの因子をうまく制御することが必要となる。当分野では金属材料の構造や形態を、冶金学に基づいたプロセスでうまく制御し、それにより生体適合性や生体機能性に優れた新規の医用金属材料を開発することを目指している。一つには急冷凝固等の非平衡プロセスを用いたナノ構造・非晶質化により、新奇の機械的特性を有する医用金属を見出すことを試みている。また、脱成分現象を利用した材料プロセスを用いて、材料の表面形態や組織、成分を制御する研究に取り組んでいる。図1はSUS316L表面から毒性のNiを脱成分する反応設計を示したものであり、図2より当分野独自技術の金属溶湯脱成分プロセスを通じてNiが材料表面から選択的に排出されていることが見て取れる。また図3はTi-Al-Nb医用合金を金属溶湯脱成分反応により表面改質した例となるが、処理後の試料表面に、毒性が懸念されるAlの濃度が低い多孔質な層が形成されていることが分かる。このように、生体組織との界面となる材料表面を成分と形態の両面から最適化して、最新医用金属材料の生体適合性の改善・向上を図る。

図1

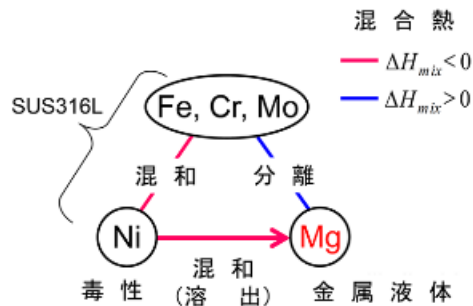


図2

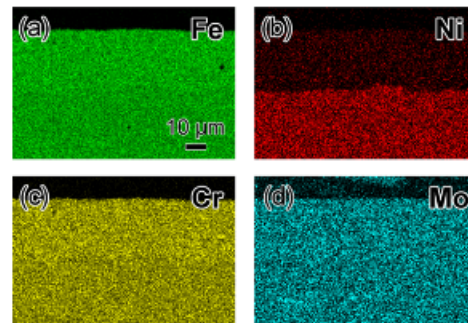
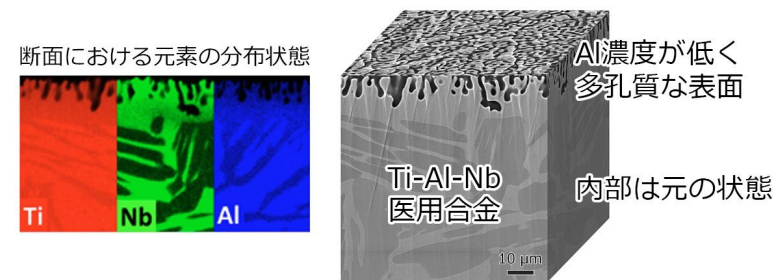


図3



I.V. Okulov, H. Kato, et al., Nanomaterials 10 (2020) 1479

図1 SUS316L表面から毒性Ni元素を脱成分する反応設計

図2 Mg液体中に浸漬してNi元素が排除された様子を示す断面図

図3 Ti-Al-Nb医用合金表面からAlを除去し多孔質を形成している様子

医用金属材料学分野

担当教員：山中謙太

Email: kenta.yamanaka.c5@tohoku.ac.jp

Tel: 022-215-2118

① Additive Manufacturingを用いた医用金属材料・医療機器の創製

Additive Manufacturing (AM)は、材料を積層することで3次元構造体を作製する技術です。ラティス構造などの複雑形状やトポロジー最適化により得られた高機能構造部材の造形だけでなく材料特性の改善も可能であることから革新的な製造技術として大きな注目を集めており、カスタムメイド医療への応用も進められています。当研究分野では、チタン合金や生体用Co-Cr-Mo合金などの医用金属材料を対象としたAMに関する研究を行っています。特に、人工関節の製造プロセスにも用いられている電子ビーム積層造形に関する世界的な研究開発拠点の一つとして知られています。研究内容は電子ビームと金属粉末の相互作用に基づく熔融凝固挙動に関する基礎的な材料研究だけでなく、原料粉末やポストプロセス、放射光や中性子を用いた先端組織・変形解析、欠陥の3次元可視化、装置開発など多岐に渡ります。また、専門家と連携し、歯科分野での応用にも取り組んでいます。最近では固相状態で造形を行うAMプロセスや、異種金属やセラミックス・ポリマーとのマルチマテリアル構造の実現に向けたプロセス研究にも対象を広げ、新たな応用の開拓に挑戦しています。

② 加工プロセスによる生体用Co-Cr合金の高機能化と実用化

生体用Co-Cr-Mo合金は耐食性や耐摩耗性に優れるため、人工関節や歯科材料として幅広く使用されています。一方、既存製品には課題も多く、人体に対して安全で長期間使用可能なインプラントの開発が期待されています。当研究分野では加工プロセスの観点から生体用Co-Cr-Mo合金の特性改善に取り組んでいます。特に、本合金系の主要な製造プロセスである熱間加工に関する研究では、結晶粒超微細化や超高密度格子欠陥組織の形成に基づく新規な組織制御コンセプトを提案し、既存材の2倍以上の高強度を実現しました。これらの成果は民間企業との共同研究を経て我が国初の人工関節用素材の実用化に活用されています。また、合金組成の最適化により加工性を著しく改善したNiフリー合金は、金属アレルギーの懸念を極限まで低減した脊椎固定用ロッドとして商品化されました。最近では、耐食性や生体適合性に及ぼす塑性加工の影響や腐食摩耗挙動に関する研究を開始し、生体医療材料としてのさらなる高機能化とための加工プロセスの確立を目指しています。



生体システム制御医工学

サイバー医療システム

担当教員：杉田典大

Email: n-sugita@tohoku.ac.jp

Tel: 022-795-7125

① 非接触生体センシング技術

生体情報を完全非接触な方式で取得する「ウェアレス生体信号計測」に関して研究を行っています。特に、ビデオカメラで取得可能な脈波信号（映像脈波）と、室内の電波環境変化から得られる人の動き（活動量）に注目し、これらを医療や健康管理に活用するための技術開発を進めています。映像脈波の研究では、従来の心拍数に加えて血圧値や血中酸素飽和度などを非接触で推定することを目指し、光の拡散や血管特性を考慮した推定モデルを提案すると共に、映像の撮影方法などを改良することで推定精度の向上を図っています。また、電波による人の動き推定では、人の移動を模した自走ロボットを用いて室内の電波状態を意図的に変化させ、そのときのデータを用いて推定モデルを構築することによって、人を使ったデータ収集が不要である活動量推定を行うことを目指しています。このようなアプローチをとることによって、実際の環境において電波を出しているデバイスや障害物が増えた場合でも速やかに推定モデルを再構築することができるようになります。

② バーチャルリアリティを用いたアシスト技術

医療や福祉に役立てられるバーチャルリアリティ（VR）技術に関して研究を行っています。具体的な例として、身体の一部が麻痺して歩行が困難な人でもペダルを漕いで進むことができる「足こぎ車いす」に着目し、その走行訓練をバーチャルな空間内で行うためのシステムなどを開発しています。このようなVRシステムを用いることによって、機能訓練を安全に行えるだけでなく、機器を使用している際のハンドル操作や下肢の動作などを精度よく計測することが可能となります。研究では、実際に足こぎ車いすを使用しているときの関節トルクなどを収集して漕ぎ動作の詳しい解析などを行っています。このようにして得られる情報を活用することで、利用者にとって優しいリハビリ機器や、利用者の能力を最大限に引き出すためのアシスト技術などを開発することを目指しています。さらに、安全・快適な福祉向けVRの開発を目指して、Head Mounted Display（HMD）を使ってVRを体験する際に生じる「VR酔い」を抑制するための手法や、車酔いを軽減するための表示デバイスなどについても研究を行っています。



知能システム医工学分野 (医用画像工学分野)

担当教員：本間経康

Email: homma@med.tohoku.ac.jp

Tel: 022-717-7914

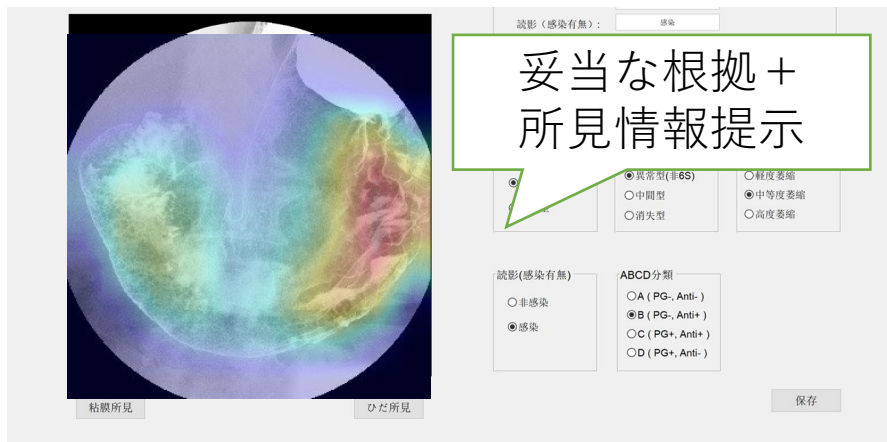
① 深層学習の表層性改善による信頼性の高い人工知能システム

医用画像診断支援などでも人工知能 (AI) の活用が期待され、これまで不可能とされてきた専門医の能力に匹敵する性能も報告されています。しかし、AIがどのような画像特徴を根拠に診断しているのか、またその根拠が医学的に妥当なのかという根本的かつ重大な疑問が残っています。実際データ特性の偏りなどに起因して、疾患とは無関係で医学的妥当性とは程遠い不適切な特徴で分類している可能性も明らかになっており、特性の異なる症例に対しては診断を誤る危険性があります。一方データ特性が変化しても、医師のように医学的知識があれば頑健性を実現可能であることから、現在のAIが獲得した特徴は医学的に適切とは限らず、与えられた学習規範のみを満足する表層的なものだと予想されます。最近注目の革新的に高性能な対話型AIが時折生成する不正確な回答も、人間のように言葉を理解していないという意味で、この表層性と同種の原理的限界です。提案AIは、このような従来AIの表層性問題を解決し、医学的に妥当な特徴を学習可能な信頼性の高い医用画像診断支援AIを実現するものです。

② 体内の動きを実時間で3次元計測する技術

体内を画像計測する技術は種々存在しますが、臓器運動を実時間で捉える技術は十分とは言えません。たとえば、X線CTやMRIなどもこの用途で使用されていますが、これらは画像再構成に時間を要し、かつ周期的な動きを繰り返し撮像することで画質を向上させる必要があるため、繰り返し成分の少ない複雑な動きには適しません。また、時間ならびに空間解像度に限界があり、目的によっては正確性が十分に担保できない課題があります。本技術は、放射線治療やIVRなどにおいて、非侵襲的な方法で体内臓器運動を実時間で正確な計測の実現を目指す新しい技術です。原理的には、臓器運動の3次元数値モデルを、実時間性を優先した2次元のX線透視による逐次計測で同化し、かつ、物理モデルならびに計測の不十分さを人工知能 (AI) により補完する独自の技術に基づいています。

①高信頼AIシステム



読影 (感染有無): 感染

妥当な根拠 + 所見情報提示

- 異常型 (非6S)
- 中間型
- 消失型
- 軽度萎縮
- 中等度萎縮
- 高度萎縮

読影 (感染有無):

- 非感染
- 感染

ABCD分類

- A (PG-, Anti-)
- B (PG-, Anti+)
- C (PG+, Anti+)
- D (PG+, Anti-)

粘膜所見 ひだ所見 保存

②体内変動の実時間3次元計測

