

Newsletter

東京大学21世紀COEプログラム 機械システム・イノベーション

No. **3**

2004年11月1日発行

バイオ・医療イノベーション・プロジェクト

人の健康を支える医療やヘルスケアの実現は、特に高齢化社会で必要性の高い技術目標であります。個々人の健康を保ち、テーラーメイド医療サービスを可能にするための、様々な医療用機械システムは、未来の重要技術であります。そこで、本バイオ・医療イノベーション・プロジェクトでは、メカニカルエンジニアリングとバイオエンジニアリングとを融合した先端的医療支援技術に関する研究を推進しております。具体的には、高度な情報技術や制御技術、ロボティクス技術に支えられた遠隔医療診断システムや高精度低侵襲手術ロボットの開発研究、

流れを構成するミクロな要素（分子、気泡など）をマクロな流れの現象に適用した悪性腫瘍の造影手法の研究、非侵襲超音波利用腫瘍治療システム、キャビテーション気泡の崩壊現象を利用した結石破碎システムの開発研究、伝熱工学を巧みに利用した低侵襲凝固治療手法の研究、マイクロ加工・計測技術とナノ・マイクロメカトロニクス技術とに支えられたDNAのハンドリング技術を用いたバイオナノシステムの構築などの研究を行っています。本報ではいくつかの研究を紹介いたします。

医療情報システム

遠隔医療システム



工学系研究科 産業機械工学専攻
教授 光石衛

「遠隔医療システム」とは離れた場所からでも医師が患者の診察や手術をしたりすることのできるシステムをいいます。これには、いくつかの種類があり、遠隔病理診断、遠隔手術支援、遠隔手術、遠隔教育などがあります。これらの技術は、患者の負荷の低減、医師の負荷の低減、地域医療格差の是正、救急医療の充実、医学教育の高度化などに寄与するものであります。私達の研究室では、遠隔手術の一例として、遠隔低侵襲手術支援システムの開発を行っています。マスタマニピュレータは、左右両手用が存在して多軸力センサが組み込まれ、スレーブマニピュレータで検出される力が術者に帰還可能です。また、フットスイッチによる切り替えによってスレーブマニピュレー

タが把持する内視鏡の視線方向も変えることが可能です。スレーブマニピュレータは3本の腕を有し、左右二本の腕は鉗子を把持し、中央の腕は内視鏡を把持します。すべての腕はトロカールの挿入点が機構的に不動点となるようになっております。これまでに、東京都文京区と静岡県富士宮市とを結んで、豚の胆嚢摘出手術を4回成功させています。視覚情報・聴覚情報伝送（1.5Mbps）の時間遅れが390ms、制御情報伝送（256kbps）の時間遅れが50msでした。この他にも、深部脳外科手術支援システム、人工関節置換術支援システム、骨折整復手術支援システム、在宅医療を可能とする遠隔超音波手術支援システム、手の外科手術支援システム、テレマイクロサージェリシステムなどの開発を行っています。



遠隔低侵襲手術システム用
スレーブマニピュレータ



遠隔手術用マスタマニピュレータ

非侵襲・低侵襲医療

超音波を利用した診断・非侵襲医療

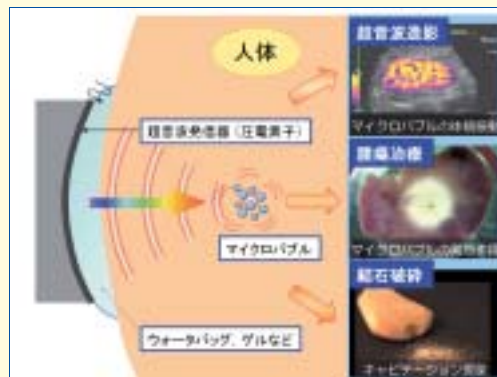


工学系研究科 機械工学専攻
教授 松本洋一郎

近年、超音波を用いた侵襲性の低い治療法の開発が進んでおり、さらにマイクロバブルの作用をカップリングさせた診断・治療手

法の研究・開発が行われています。すでに実用化されているものとして「超音波診断」があり、これは、気泡に超音波を照射すると気泡は体積振動をし、新たな音源となって超音波を放出するといった現象を利用しています。その音圧は高周波の音を含んでいるため、例えばその高周波の音を検出することにより、鮮明な画像を得ることができます。

また、治療への応用としては、第一に「腫瘍の加熱凝固治療」が挙げ



超音波とマイクロバブルの相互作用

られます。最近、HIFU (High Intensity Focused Ultrasound: 強力集束超音波) による治療法が注目を集めていますが、超音波照射下に存在するマイクロバブルは超音波エネルギーを吸収し熱に変換することが知られており、その熱を腫瘍凝固に利用することにより、低出力の超音波による治療が可能となります。

第二の応用として「結石破碎治療」があります。超音波照射によって発生するキャビテーションは、結石周囲に存在する正常組織を損傷させる恐れがありますが、そのキャビテーションを結石表面に局在化させることによって正常組織の損傷を抑え、結石のみを破碎するといった手法が研究されています。結石表面を削り取るように破碎するこの手法は非常に細かい破砕片に砕くという特徴を持ち、より体に優しい治療法を開発できる可能性があります。

この他にもDDS (Drug Delivery System)、遺伝子導入など超音波とマイクロバブルを組み合わせた治療応用の進展が期待されています。

この他にもDDS (Drug Delivery System)、遺伝子導入など超音波とマイクロバブルを組み合わせた治療応用の進展が期待されています。

低侵襲レーザー治療法の開発研究

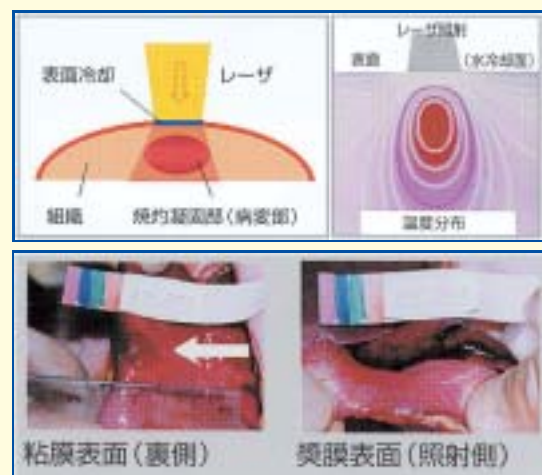


工学系研究科 機械工学専攻
教授 庄司正弘

近年の外科的手術においては、術後の疼痛が少なく、病後の回復が早く、合併症の少ない低侵襲の手術法が望まれています。こ

うした要求に応えるため、レーザー加熱と表面冷却法を用いた低侵襲性治療法の開発を目的として、医工が連携して基礎研究を行いました。新しい治療法は、レーザー加熱と強表面冷却を併用するものです。これにより、組織の内部に最高温度部を実現でき、その部分の温度を制御して組織の凝固、組織の再生が図られます。これを内視鏡下治療法や腹口腔法との併用して適切な加熱及び冷却条件を見出すこと、動物実験などを行って病理学的な評価を行うことが研究の目的です。治療原理に関する理論的検討、組織諸物性の測定実験、冷却式レ

ーザ照射観察器具の開発、肉焼灼実験、予備的動物実験を行った後、最終的な検証実験として、犬の胃に対する動物実験を行って焼灼条件データを取得し、組織検査本本法の有効性を確認しました。



低侵襲レーザー凝固治療法

ナノ・マイクロ・バイオエンジニアリング

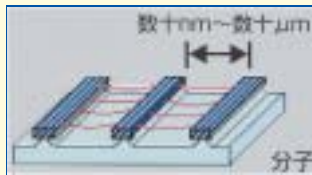
DNAを用いたバイオナノシステムの構築



工学系研究科 機械工学専攻
教授 鷲津正夫

DNAは4種類の塩基（アデニンA, チミンT, グアニンG, シトシンC）が0.34nmの間隔で並んだ構造を持ち、遺伝情報は、これら

の塩基の並び方（配列）により記録されています。AはTと、GはCと特異的に結合する性質（相補性）を利用して、DNAはその構造を維持したり、自らを複製したりしています。もし、DNAを固定しておき、ここにオリゴヌクレオチド（短い1本鎖DNA）でラベルした分子を結合させれば、任意の分子を、任意の順序で、0.34nmの分解能で、基板上の特定の位置



マイクロ構造を用いたDNAの伸長固定



分子相互作用の妨げ防止用両端固定

に自己集散的に配列することができるでしょう。このような技術には、分子エレクトロニクス素子の配列や、機能性分子の配列による機能性分子ユニットの構築、分子機械の組立などの応用が考えられます。DNAは化学的に安定であり、任意の塩基配列を容易に合成できるので、このような分子組立の鋳型（テンプレート）として最もふさわしい材料と考えられます。

そこで、本研究においては、微細加工技術により作られた微細構造中に電気力学的効果を用いてDNA分子を引き伸ばして固定し、ここに外来分子が結合する過程の1分子観察を通じた解明を行い、自己集合性による分子組立の可能性について探求しています。このような基礎過程の解明は、分子組立のような未来技術のみならず、DNAチップなどの塩基の相補結合に基づく医療診断技術の高度化にも貢献するものと期待されます。



DNAをテンプレートとした分子配列の構築

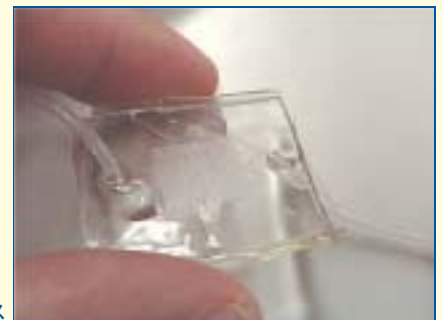
セル・エンジニアリング・デバイスの研究開発



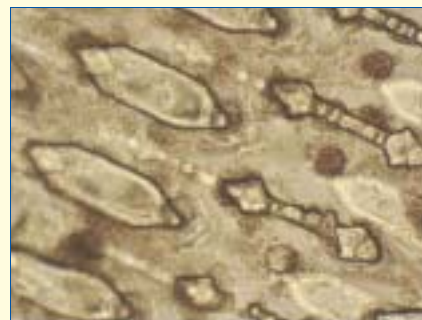
生産技術研究所 機械・生体系部門
(工学系研究科 環境海洋工学専攻)
助教授 藤井輝夫

生産技術研究所海中工学研究センター 藤井（輝）研究室では、医学部付属疾患生命工学研究センター酒井助教授ら

のグループと共同で、細胞組織の培養および計測のための「セルエンジニアリングデバイス」の研究開発を進めています。ヒトの組織では、単に細胞が寄せ集まっているわけではなく、3次的に高度に組織され、かつ毛細血管網に代表されるように、きめこまかな流体機能によって本来の生理的な機能が支えられています。そのようなマイクロ流体環境を実現する方法として、フォトファブ리케이션によって製作するマイクロ流体デバイスを導入し、各種臓器細胞の培養や計測を試みています。



PDMS細胞培養デバイス



培養6日目の様子
(Hep G2 cell)

超微細電極による脳機能の多点実時間計測



工学系研究科 産業機械工学専攻
教授 中尾 政之

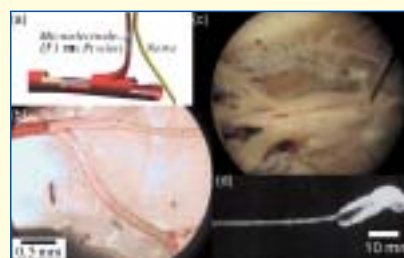
我々のグループは、微細加工技術を駆使して超微細電極を開発し、それをを用いて脳神経系の多点同時計測・刺激し、脳機能の解明や先端医療技術の開発を目指しています。例えば、聴覚機能を代行するために、脳幹の蝸牛神経核を電気刺激する治療方法の基礎研究を進めています。この研究では、上図に示したような動物実験モデルを構築し、動物に音を聞かせたときと、脳幹を電気刺激したときとの2つの条件下で、大脳の聴覚野の神経活動を計測して、両者を比較します。大脳の情報処理を詳しく計測するために聴覚野に微小表面電極アレイを、また、正確に位置決めして脳幹に電気刺激を与えるために微小剣山電極アレイを開発しました。動物実験から、脳幹の適切な場所を適切な強さで電気刺激すれば、音の高さと強さは知覚可能であることがわかりました。

また、下図(a)に示すように、脳の毛細血管に多数の極細

探針を導入し、脳内の任意の場所から神経信号を計測する手法を開発しています。このような極細探針には、血流で所望の場所まで安全に到達できることや、高S/N比の神経信号を計測できることが求められます。そこで、下図(b)に示すように、実際に毛細血管に探針を導入し、探針の安全性と血管内での挙動を調べました。また、下図(c)に示すように、探針をカエルの脊髄動脈内に導入し、脊髄の神経活動を計測しました。現在の探針は、下図(d)に示すように、約1mmの絶縁白金細線を用い、電極インピーダンスを低下させ、高S/N比の神経信号を得るために、その先端に白金黒(微小白金粉末)を電着しています。



聴覚機能の多点同時計測



毛細血管用多点極細探針

機械システム・イノベーションの活動

〈公開セミナー〉

◎平成16年度第1回

日時: 2004年6月15日(火) 14:00~15:30
場所: 柏キャンパス基盤実験棟・2階セミナー室
題目: Mechanical Properties of Carbon-Nanotube Ceramic Matrix Composites
講師: Prof. William Curtin (Division of Engineering, Brown University)

◎平成16年度第2回

日時: 2004年6月18日(金) 11:00~12:00
場所: 本郷キャンパス工学部2号館・27号講義室
題目: Behavior and Application of Cavitation in Lithotripsy and High Intensity Focused Ultrasound
講師: Dr. Michael R. Bailey (Center for Industrial and Medical Ultrasound, Applied Physics Laboratory, University of Washington)

◎平成16年度第3回

日時: 2004年6月21日(月) 14:00~15:30
場所: 駒場キャンパス生産技術研究所・第1会議室
題目: Scanning Force Endoscope
講師: Prof. Urs Staufer (Institute of Microtechnology, University of Neuchatel)

◎平成16年度第4回

日時: 2004年7月27日(火) 15:00~16:30
場所: 本郷キャンパス工学部7号館・2階会議室
題目: Use of Novel Rotary or Thrust Augmentation Systems in Micro Vehicle Propulsion
講師: Prof. Ibrahim Sinan Akmandor (Department of Aerospace Engineering, Middle East Technical University)

◎平成16年度第5回

日時: 2004年7月29日(木) 10:30~12:00
場所: 本郷キャンパス工学部7号館・2階会議室
題目: Improvement of Power and Efficiency Using a Novel Compound Rotary-Gas Turbine Systems
講師: Prof. Ibrahim Sinan Akmandor (Department of Aerospace Engineering, Middle East Technical University)

◎平成16年度第6回

日時: 2004年9月9日(木) 9:30~11:00
場所: 本郷キャンパス工学部7号館・226号室
題目: The Evolutionary Development of Unmanned Aerial Vehicles in National Cheng Kung University
講師: Prof. Fei-Bin Hsiao (Institute of Aeronautics and Astronautics, National Cheng Kung University)

◎平成16年度第7回

日時: 2004年9月9日(木) 11:00~12:30
場所: 本郷キャンパス工学部7号館・226号室
題目: Micropropulsion Activities in Korea
講師: Prof. Seung Jin Song (Department of Mechanical and Aeronautical Engineering, Seoul National University)

機械システム・イノベーション Newsletter No.3

発行日 2004年11月1日
発行所 東京大学21世紀COEプログラム機械システム・イノベーション事務局
〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1
TEL/FAX:03-5841-7437
URL/http://www.mechasys.jp/