

キャンパス情報

Direction to Our Campuses

医工学研究科は、東北大学の3つのキャンパスで研究・教育を行っています。



青葉山キャンパス 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6

- 仙台市営地下鉄東西線
青葉山駅下車 南1番出口から徒歩10分

星陵キャンパス 〒980-8575 仙台市青葉区星陵町2-1

- 仙台市営バス
東北大学病院前下車 徒歩1分
交通局東北大学病院前下車 徒歩4分
- 仙台市営地下鉄南北線
北四番丁駅下車 北2番出口から徒歩15分

片平キャンパス 〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1

- 仙台市営バス
東北大正門前下車 徒歩2分
- JR
仙台駅西口より徒歩15分
- 仙台市営地下鉄東西線
青葉通一番町駅下車 南1番出口から徒歩10分
- 仙台市営地下鉄南北線
五橋駅下車 北2・北4番出口から徒歩10分

東北大学大学院医工学研究科

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-12
URL <https://www.bme.tohoku.ac.jp/>

Graduate School of Biomedical Engineering Tohoku University

6-6-12, Aoba, Aramaki, Aoba-ku,
Sendai 980-8579, Japan
<https://www.bme.tohoku.ac.jp/>



東北大学大学院 医工学研究科

Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University

計測・診断医工学 Biomedical Measurements and Diagnostics

治療医工学 Biomedical Engineering for Diagnosis and Treatment

生体機械システム医工学 Biomechanical Engineering

生体再生医工学 Regenerative and Biomedical Engineering

社会医工学 Biomedical Engineering for Health and Welfare

医療機器創生医工学 Medical Device Innovation

生体流動システム医工学 Biofluids Control System

人工臓器医工学 Artificial Organs

生体材料学 Medical Materials

生体システム制御医工学 Biomedical System Control Engineering

生体情報システム学 Biomedical Information Systems

医学と工学の融合で 革新的な未来へ

Fusion of medicine and engineering for an innovative future

CONTENTS

研究科長挨拶 Message from the Dean	1
医工学研究科の理念 Our Vision at the Graduate School of Biomedical Engineering	2
教育目標 Policy and Philosophy	3
教育内容 Education	4
研究領域 Divisions	12
計測・診断医工学 Biomedical Measurements and Diagnostics	12
治療医工学 Biomedical Engineering for Diagnosis and Treatment	15
生体機械システム医工学 Biomechanical Engineering	19
生体再生医工学 Regenerative and Biomedical Engineering	22
社会医工学 Biomedical Engineering for Health and Welfare	25
医療機器創生医工学 Medical Device Innovation	27
生体流動システム医工学 Biofluids Control System	30
人工臓器医工学 Artificial Organs	32
生体材料学 Medical Materials	34
生体システム制御医工学 Biomedical System Control Engineering	36
生体情報システム学 Biomedical Information Systems	38
研究者索引 Researchers Index	40
研究センター Research Center	42
修了後の進路 Career Options for Graduates	44



グローバルな医工学研究・教育拠点としての 医工学研究科の未来

The Future of the Graduate School of Biomedical Engineering
as a Global Center of Excellence for Biomedical Engineering
Research and Education

東北大学は10兆円規模のファンドの運用益により支援を受ける「国際卓越研究大学」の候補として選定されました。国際的に卓越した(=世界トップレベルの)研究を行う大学という意味では、創立当初から「研究第一主義」を掲げている東北大学は、その理念の通り、より一層研究に注力していけばよいように思えます。しかし、世界トップレベルの研究成果を上げるには、学生・教員が研究に集中できるような学修・業務改革、若手研究者が独立して研究できる環境の構築、学生・教員・職員など東北大学の構成員全てがグローバルに活躍していくためのキャリア設計など、大学の大きな変革が必要で、医工学研究科もその変革の真っただ中にいます。

時々間違えられますが、私たちは医工学研究所ではなく大学院医工学研究科です。したがって、教員は自らが大きな研究成果を上げるだけでなく、学生の教育により医工学研究を発展させることも重要なミッションとしています。現在、講義・実習科目の再編成、オンライン/オンデマンド授業活用など、効率的な講義により学生が研究に集中できる時間を増やしており、これらの改革は同時に教員の研究時間も増やしています。また、学生は単に教員の研究を手伝うのではなく、学生自身が1人の独立した研究者として研究を行うことで、修了後に研究機関や企業の研究分野の即戦力となる責任感・発想力を育成しています。

「国際卓越研究大学」の重点項目として国際化も求められており、大学院生の留学生比率を40%に高めることや国際的に卓越した外国人教員を招聘することなどが公約として掲げられています。医工学研究科では、これらのいわば「輸入」だけではなく「輸出」を重視した国際化も進めていきます。現在も行っている学生の海外の大学・研究機関への短期留学・インターンシップを拡充していきます。また、すでにオンライン授業により海外の大学との共同講義を開講していますが、今後さらに提携大学を増やし、海外の大学とのダブルディグリー、ジョイントディグリーなどの制度も拡充していきます。

日本の文化は「和」の文化と言われます。これは国際化の対極にあるように思えますが、医工連携にとって「和」は非常に重要です。医学と工学という異分野の研究者が同じ空気を吸うことで「和」が生まれ医工連携が成熟していくというポリシーの元、理工系を卒業した学生への医学・生物学教育、医学・保健・生物系の学生への工学教育だけではなく、学生を大学病院に派遣して臨床ニーズを探求し、新たな医療機器を創出するという医療機器開発実習など、「和」を重んじた教育を実践しています。また、産業界との「和」も重視して、技術者のための医学・医工学教育プログラム:EMBEEや、多くの共同研究・受託研究を行っています。

医工学研究科は、医工学研究や医療機器の開発だけではなく、健康の概念を変え人間の生活をより豊かにすることを目指しています。学生の皆さん、医療従事者の皆さん、そして企業の皆さん、私たち医工学研究科と一緒に医工学の「和」を世界に広めていきませんか？

研究科長 西條 芳文

Tohoku University has been selected as a candidate for the "Universities of International Research Excellence" to be supported by the investment profits of a 10 trillion-yen fund. In terms of a university that conducts internationally outstanding (i.e., world-class) research, Tohoku University, which has been committed to the "research first" principle since its founding, should just focus on research as per its philosophy. However, for conducting world-class research, the university is required to make major changes in academic and operational reforms so that students and faculty members can focus on research, create an environment where young researchers can conduct research independently, and design careers so that all members of Tohoku University, including students, faculty, and staff, can be active and brilliant on a global scale. The Graduate School of Biomedical Engineering is also in the midst of these changes.

Although sometimes mistaken, we are not the Institute of Biomedical Engineering, but the Graduate School of Biomedical Engineering. Therefore, the mission of the faculty is not only to achieve significant research results themselves, but also to advance biomedical engineering research by educating students. Currently, we are increasing the amount of time students can concentrate on their research by reorganizing lectures and practical training courses and utilizing online/on-demand classes. These reforms are also increasing the amount of time faculty members have for research. In addition, students do not just assist the research of faculty members, but rather conduct their own research as an independent researcher, thereby fostering a sense of responsibility and conceptual ability that will enable them to be immediately effective in research fields at research institutes and companies after completion of the program.

Internationalization is also required as a priority item of the "University of International Research Excellence," with commitments to increase the ratio of international students to 40% and to invite internationally outstanding foreign faculty members. The Graduate School of Biomedical Engineering will promote internationalization with an emphasis on "export" as well as "import." We will expand the short-term study abroad and internship programs for students at overseas universities and research institutes that we are currently offering. In addition, we are already offering joint lectures with overseas universities through online classes, and will further increase the number of partner universities and expand the double degree and joint degree programs with overseas universities in the future.

Japanese culture is said to be a culture of "wa" (harmony). This may seem to be the opposite of internationalization, but "wa" is extremely important for medical-engineering collaboration. Harmony is created and medical-engineering collaboration matures when researchers from different fields, such as medicine and engineering, breathe the same air. We are providing medical and biological education for science and engineering graduates and engineering education for medical, health, and biological students. We send students to our university hospital to explore clinical needs and create new idea on medical devices through medical device development training. The Graduate School of Biomedical Engineering also emphasizes "harmony" with industry, and conducts many joint and funded research projects, as well as the Educational Program on Medicine and Biomedical Engineering for Engineers (EMBEE).

The Graduate School of Biomedical Engineering aims not only to conduct biomedical engineering research and develop medical devices, but also to change the concept of health and enrich human life. Students, medical professionals, and companies, join us, the Graduate School of Biomedical Engineering, in spreading the "harmony" of biomedical engineering to the world.

Dean, Graduate School of Biomedical Engineering
Yoshifumi Saijo

医工学研究科の理念

Our Vision at the Graduate School of Biomedical Engineering

医工学研究科の理念

Our Vision at the Graduate School of Biomedical Engineering

医工学は、数学、物理学、化学などを学術基盤としこれを総合した工学によって医学・生物学を革新する教育・研究の学問領域である。医工学においては、工学の基礎理論・知識の集積や実践的技術および医学・生物学や臨床における基盤的知識と専門的技術を駆使して、生命体の構造と機能を解明することにより、医学・生物学とともに工学の進展を図る。

医工学研究科は、東北大学の理念である「研究第一」、「門戸開放」、「実学尊重」のもと、国際水準の医工学研究を推進し、これを通して学生に基盤的・先進的知識と技術を習得させ、世界を先導できる研究者、高度技術者を育成し、学術的基盤の革新および医療の根本的改革を通して人類社会の福祉と発展に貢献することを使命とする。

Biomedical engineering is an education and research discipline that seeks to bring innovation to the conventional fields of medicine and biology through an engineering perspective predicated on mathematics, physics and chemistry. Biomedical engineering marries engineering theory, knowledge and practical applications with basic knowledge and specialized technology from medicine and biology in order to further understand the mechanisms and functions of life and, in turn, to promote ongoing advancements in medicine, biology and engineering.

The Graduate School of Biomedical Engineering is dedicated to the pursuit of international-standard biomedical research in line with the tenets of Tohoku University: research first, an open-door policy, and an overriding emphasis on practice-oriented research and education. Research programs at the Graduate School equip graduates with the basic theory and applied expertise to become world-leading researchers and advanced engineers. Our mission is to contribute to social welfare and to improve human welfare by taking a new approach to the conventional foundations of this academic discipline and promoting fundamental innovation in the field of medicine.

教育目標

Policy and Philosophy

教育目的と目標

Aim and objective of our graduate school

医学と工学の融合領域における広い視野と深い知識を基本としつつ、豊かな社会の実現を目指し、自ら考えて研究を遂行し、医療・福祉における科学技術の発展と革新を担うことができる創造性と高い研究能力を有する人材育成ならびに高度な専門知識を有する技術者育成を教育の目的とする。これを達成するため、各課程の教育目標を以下のように定める。

Our aim is to educate researchers and engineers who have creativity, strong research skills, and expert knowledge in the integrated field of biomedical engineering. These researchers and engineers will pursue their own research and development to promote evolution and innovation in science for the improvement of medicine and social welfare in order to realize a truly affluent society.

前期課程
Masters Program

研究遂行に必要な、複合領域の幅広い基礎学力を習得したうえで、研究課題を独自の発想により解決する研究能力と高度技術を備えた人材を育成する。
We educate researchers and engineers who use their own ideas to solve problems using strong research skills and expertise based on fundamental knowledge in the field of biomedical engineering.

後期課程
Doctoral Program

医療・福祉における社会的ニーズを視野に入れた研究課題を新たに設定し、独自の発想から展開解決する研究能力を有するとともに、将来にわたって自己啓発をしながら、リーダーとして広い視野から研究を指導・推進できる人材を育成する。
We educate expert researchers who choose pertinent, socially relevant research subjects for the betterment of social welfare and medicine. We also educate leaders who teach in their fields and carry out the research subjects while developing their own broader perspectives.

教育方針

Educational policy

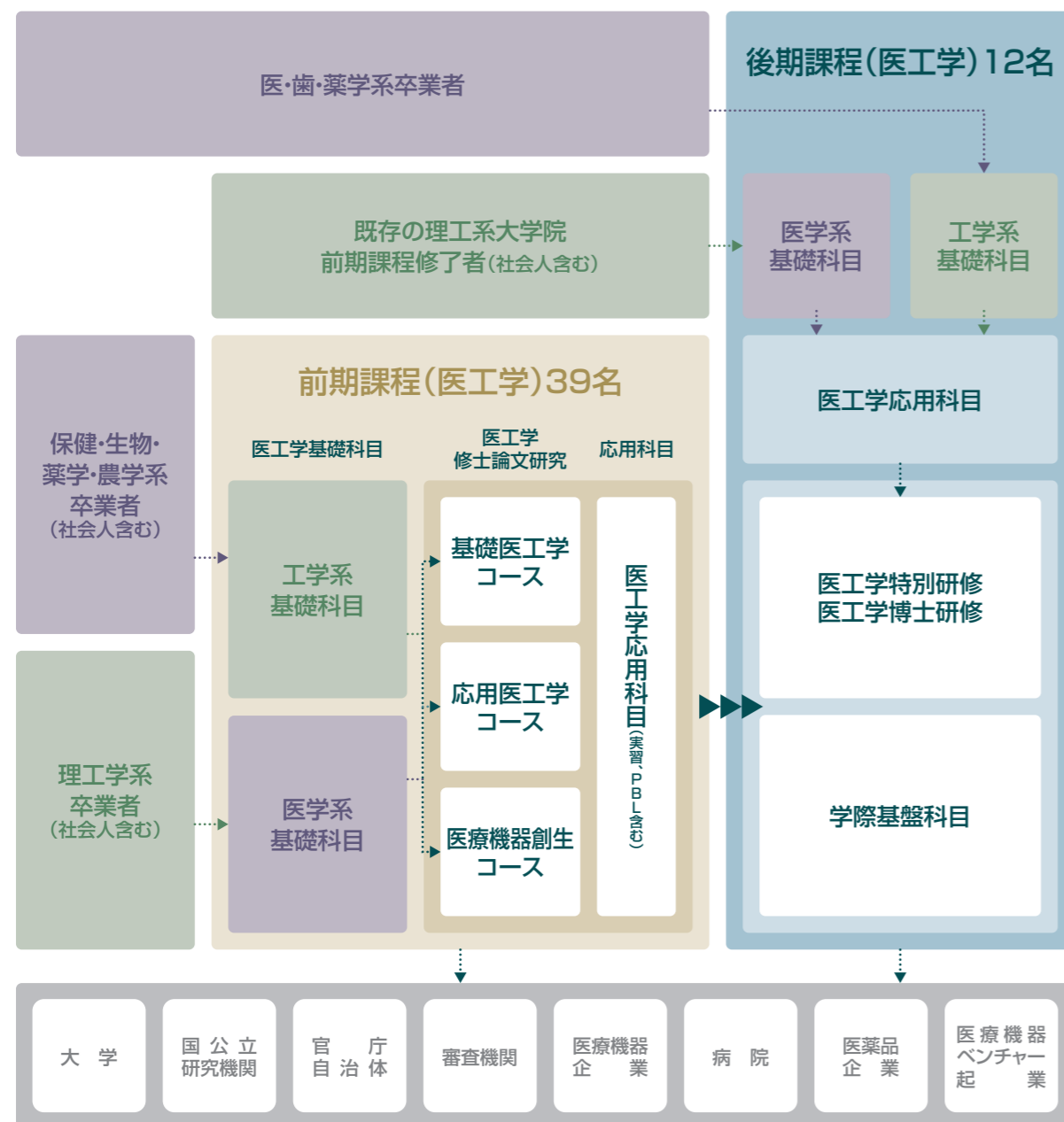
医工学は、医学・生物学と工学の境界領域を埋めると共に、これらを深く融合させることによって革新的な医学と工学の発展を目指す学問分野であり、単に2つの領域の知識の吸収や2つの分野の協力ではなし得ない、新しい学問分野であるといえる。そのため、医工学研究科においては、深い工学的知識や技術、および幅広い医学・生物学、医療の知識の習得ばかりでなく、これらによって生体や医学、医療に関する新しい原理の発見や工学技術の開発などを可能にする思考過程を構築させる教育を行う。

Biomedical engineering is a new interdisciplinary field that bridges the gap between engineering and biomedicine and, by integrating them, aims for the evolution of both. This field develops not only by collaboration and expertise in medicine and engineering, but also by creation of new discipline. Therefore, in our graduate school of biomedical engineering, we teach in-depth knowledge and techniques of engineering and broad expertise in biomedicine to foster the discovery of new principles in biology and medical science and new technology for medical diagnosis and treatment.



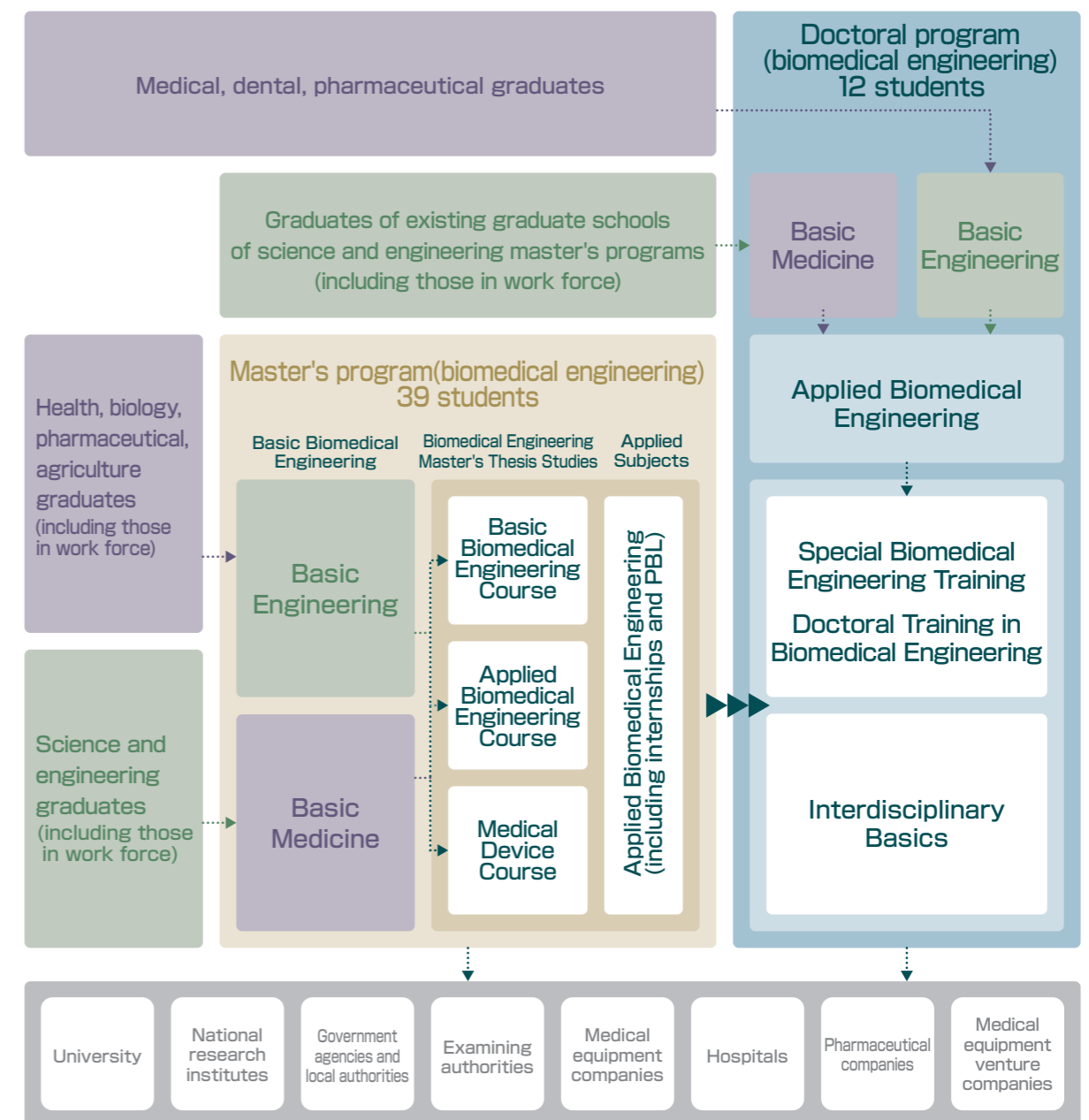
教育課程

医工学研究科には医工学専攻博士課程前期2年の課程および後期3年の課程が設置され、それぞれ修士(医工学)および博士(医工学)の学位を取得することができます。



Curriculum

The Graduate School of Biomedical Engineering offers a graduate course, which is divided into a two-year course (zenki-katei, or Master's Course) and a subsequent three-year course (koki-katei or Doctoral Course). Students that complete the courses are granted a master's degree (shushi-go) and doctor's degree (hakushi-go), respectively.



コース編成

基礎医工学コース

- 工学の知識と技術を用いて医学、生物学の基礎の学理の解明を目指す医工学研究者を育成することを目的とする。
- 基本となる学理を深く理解し、発展させ得る基礎研究能力を習得する。
- 世界的レベルの修士研究・博士研究を展開させることにより世界最高水準の研究者となることを期待する。
- 国際アイテネラント教育(海外協定校への短期遍歴留学)や国際インターンシップ(海外企業等での研修)などを推進して、国際的な医工学研究ネットワークに参加する機会を提供する。

応用医工学コース

- 新しい診断・治療技術の研究開発を目指す指導的人材の育成を目的とする。
- 診断・治療に結びつく可能性のある技術の基本となる学理を理解し、これを実用的な技術に展開する能力を涵養する。
- 前期課程での修了を視野にいれ、学部レベルでの教育との一貫性を考慮する。
- 修士研究においては隣接する他分野の研究者・技術者と協力関係を構築し学際的研究・開発を主導することができる能力の育成を目指す。
- 博士進学者には国際的な視野に基づき実用化に向けた研究に参加することを期待する。
- 我が国医療産業の弱点である世界市場への展開を積極的に担う国際的人材をつくるために、国際的な医工学ネットワークに国際インターンシップ(海外企業等での研修)などを推進して参加する。

医療機器創生コース

- 新しい医療機器や医療技術の開発と、それらのグローバルな展開に資する人材を育成することを目的とする。
- 医工学の基本の学理と技術を理解・習得する。
- 医療現場の観察や国内外インターンシップ等を通じて未解決医療ニーズの探索および評価能力を涵養する。
- 医工学に関係する国内外の保健医療制度や医療機器等に関する規制などの法律、倫理、経済、ビジネスおよびSDGsなどの社会課題について理解する。
- 日本の医療産業の弱点である世界市場への展開を積極的に担う国際的人材をつくるために、国際的な医療機器イノベーションのネットワークに国際インターンシップ(海外の大学・研究機関、企業等での研修)などを通じて参加する。

Course Composition

Basic Biomedical Engineering Course

- The course aims to provide opportunities for the students to develop global academic skills in biomedical engineering research that enables new paradigms in the field of biology and medicine based on innovative technology and knowledge of engineering.
- Provides and promotes opportunities to participate in international academic biomedical engineering communities and industries through academic conferences, exchange programs and internship programs.

Applied Biomedical Engineering Course

- The course aims to provide opportunities for the students to develop leading skills in translational research and development of innovative diagnostic and therapeutic technologies.
- Offers linkage between undergraduate biomedical engineering programs in the school of engineering will be considered for the students who participate in this course.
- Provides and promotes opportunities and experiences of collaborative studies with researchers and engineers in the adjacent field outside of the lab.
- Global academic activity is expected for the students in the PhD program.
- Provides and promotes opportunities to participate in international academic biomedical engineering communities and industries through academic conferences, exchange programs and internship programs.

Medical Device Innovation Course

- The course aims to provide opportunities for the students to develop innovative medical devices and technologies and to expand them in global industries.
- Provide opportunities to understand and learn the basic principles and techniques of biomedical engineering.
- Provide opportunities to promote skills to define and to evaluate unmet clinical needs through observation in clinical departments and internships.
- Provide opportunities to overview regulatory affairs of medical devices, healthcare systems in different countries, ethics, business planning in medical device industries and social problems such as SDGs.
- Provide opportunities to participate in international medical industrial communities through workshops, study abroad programs and internship programs.

科目一覧 List of Subjects

科目一覧 List of Subjects

前期課程 Masters Program

コース共通

医工学基礎科目

工学系基礎科目

医工基礎数学・物理学
医工基礎力学
医工流体力学
医工材料力学
医工熱力学
医工電磁気学
電気・電子回路工学

医学系基礎科目

基礎生物学
分子・遺伝生物学
生体機能科学
人体構造・機能学
病態分子解析学
基礎生化学

Common to all courses

Basic Biomedical Engineering

Basic Engineering

Mathematics and Physics of Biomedical Engineering
Basic Mechanics for Biomedical Engineering
Bio-fluid Mechanics
Strength of Materials for Biomedical Engineering
Thermodynamics for Biomedical Engineering
Medical Aspects of Electromagnetic Theory
Electrical and Electronic Circuits

Basic Medicine

Basic Biology
Medical Molecular Biology
Physiology for Biomedical Engineering
Anatomy
Instrumental Biomolecular Analysis
Fundamental Biochemistry

基礎医工学コース

医工学応用科目

医工学概論
医工コーチング概論
生体力学
生体材料学
医用マイクロ・ナノ技術論
医用超音波工学
生体計測制御医工学
医用情報計測学
生体機能創成学
医用画像診断工学
分子イメージング概論
人工臓器・再生医療学
臨床病態治療学
量子生命科学概論
社会医工学
医用福祉工学
医療機器開発論
医療機器レギュラトリーサイエンス
医療機器ビジネス学
医用機械・電気工学実習
細胞遺伝子工学実習
医療機器開発実習
医工学特別講義 A
国内インターンシップ研修 A
国際インターンシップ研修 A
医療機器創生国際インターンシップ研修 A
PBL ゼミナール
医工学修士研修

関連科目

本研究科委員会において
関連科目として認めたもの

Basic Biomedical Engineering Course

Applied Biomedical Engineering

Introduction to Biomedical Engineering
Introduction to Coaching Communication in Biomedical Engineering
Biomechanics
Biomaterials Science
Medical Micro/Nano Technology
Biomedical Ultrasonics
Measurement and Control Theory for Medicine
Medical Information Measurement
Bio-Medical Interface Fabrication
Technology Related to Diagnostic Medical Imaging
Molecular Imaging
Artificial Organs and Regenerative Medicine
Pathogenesis and Treatment of Diseases and Disorders
Quantum Biology
Socio-Biomedical Engineering
Medical and Welfare Engineering
Medical device innovation strategy
Regulatory Science for Medical Device
Business Ecosystem for Medical Device
Laboratory Training in Mechanical and Electrical Engineering for Biomedical Applications
Laboratory Work for Biotechnology
Medical Device Development Practice
Special Lecture on Biomedical Engineering A
Domestic Internship Training A
International Internship Training A
Medical Device Innovation International Internship A
Problem-Based-Learning Seminar
Master Course Seminar on Biomedical Engineering

Related subjects

Subjects recognized as related by the Graduate School Committee

後期課程 Doctoral Program

学際基礎科目

計測・診断医工学特論
物質・エネルギー特論
生体システム特論
社会医工学特論
医療機器創生特論

治療医工学特論
医工学特別講義 B
国内インターンシップ研修 B
国際インターンシップ研修 B
医療機器創生国際インターンシップ研修 B

Interdisciplinary Basics

Advanced Course for Biomedical Measurements and Diagnostics
Advanced Course for Materials and Energy
Advanced Course for Biological Systems
Advanced Course for Biomedical Engineering for Health and Welfare
Advanced Course for Medical Device Innovation

Advanced Course for Medical Diagnosis and Treatment
Special Lecture on Biomedical Engineering B
Domestic Internship Training B
International Internship Training B
Medical Device Innovation International Internship B

科目一覧 List of Subjects

科目一覧 List of Subjects

前期課程 Masters Program

応用工医学コース

医工学応用科目

医工学概論
 医工コーチング概論
 医用画像診断工学
 分子イメージング概論
 人工臓器・再生医療学
 臨床病態治療学
 量子生命科学概論
 医療機器開発論
 生体力学
 生体材料学
 医用マイクロ・ナノ技術論
 医用超音波工学
 生体計測制御医工学
 医用情報計測学
 生体機能創成学
 社会工工学
 医用福祉工学
 医療機器レギュラトリーサイエンス
 医療機器ビジネス学
 医用機械・電気工学実習
 細胞遺伝子工学実習
 医療機器開発実習
 医工学特別講義 A
 国内インターンシップ研修 A
 国際インターンシップ研修 A
 医療機器創生国際インターンシップ研修 A
 PBL ゼミナール
 医工学修士研修

関連科目

本研究科委員会において
関連科目として認めたもの

Applied Biomedical Engineering Course

Applied Biomedical Engineering

Introduction to Biomedical Engineering
 Introduction to Coaching Communication in Biomedical Engineering
 Technology Related to Diagnostic Medical Imaging
 Molecular Imaging
 Artificial Organs and Regenerative Medicine
 Pathogenesis and Treatment of Diseases and Disorders
 Quantum Biology
 Medical device innovation strategy
 Biomechanics
 Biomaterials Science
 Medical Micro/Nano Technology
 Biomedical Ultrasonics
 Measurement and Control Theory for Medicine
 Medical Information Measurement
 Bio-Medical Interface Fabrication
 Socio-Biomedical Engineering
 Medical and Welfare Engineering
 Regulatory Science for Medical Device
 Business Ecosystem for Medical Device
 Laboratory Training in Mechanical and Electrical Engineering for Biomedical Applications
 Laboratory Work for Biotechnology
 Medical Device Development Practice
 Special Lecture on Biomedical Engineering A
 Domestic Internship Training A
 International Internship Training A
 Medical Device Innovation International Internship A
 Problem-Based-Learning Seminar
 Master Course Seminar on Biomedical Engineering

Related subjects

Subjects recognized as related by the Graduate School Committee

医療機器創生コース

医工学応用科目

医療機器開発論
 医療機器レギュラトリーサイエンス
 医療機器ビジネス学
 医工学概論
 医工コーチング概論
 社会工工学
 臨床病態治療学
 医用福祉工学
 生体力学
 生体材料学
 医用マイクロ・ナノ技術論
 医用超音波工学
 生体計測制御医工学
 医用情報計測学
 生体機能創成学
 医用画像診断工学
 分子イメージング概論
 人工臓器・再生医療学
 量子生命科学概論
 医用機械・電気工学実習
 細胞遺伝子工学実習
 医療機器開発実習
 医工学特別講義 A
 国内インターンシップ研修 A
 国際インターンシップ研修 A
 医療機器創生国際インターンシップ研修 A
 PBL ゼミナール
 医工学修士研修

関連科目

本研究科委員会において
関連科目として認めたもの

Medical Device Innovation Course

Applied Biomedical Engineering

Medical device innovation strategy
 Regulatory Science for Medical Device
 Business Ecosystem for Medical Device
 Introduction to Biomedical Engineering
 Introduction to Coaching Communication in Biomedical Engineering
 Socio-Biomedical Engineering
 Pathogenesis and Treatment of Diseases and Disorders
 Medical and Welfare Engineering
 Biomechanics
 Biomaterials Science
 Medical Micro/Nano Technology
 Biomedical Ultrasonics
 Measurement and Control Theory for Medicine
 Medical Information Measurement
 Bio-Medical Interface Fabrication
 Technology Related to Diagnostic Medical Imaging
 Molecular Imaging
 Artificial Organs and Regenerative Medicine
 Quantum Biology
 Laboratory Training in Mechanical and Electrical Engineering for Biomedical Applications
 Laboratory Work for Biotechnology
 Medical Device Development Practice
 Special Lecture on Biomedical Engineering A
 Domestic Internship Training A
 International Internship Training A
 Medical Device Innovation International Internship A
 Problem-Based-Learning Seminar
 Master Course Seminar on Biomedical Engineering

Related subjects

Subjects recognized as related by the Graduate School Committee

後期課程 Doctoral Program

専門科目

医工学特別研修
 医工学博士研修

Specialized subjects

Advanced Seminar on Biomedical Engineering
 Doctor Course Seminar on Biomedical Engineering

関連科目

本研究科委員会において
 関連科目として認めたもの

Related subjects

Subjects recognized as related by the Graduate School Committee

研究領域 Divisions

計測・診断医工学

Biomedical Measurements and Diagnostics

計測・診断医工学講座では、新たな医用計測・診断方法の開発とその基礎となる理工学、それらを用いた基礎医学研究ならびに臨床応用に関する教育研究を行います。本講座には、以下の分野を設置しています。

Students in the Course of Biomedical Measurements and Diagnostics learn the underlying science for developing new medical measurement and diagnostic techniques, then use these to conduct fundamental medical research as well as education and research on clinical applications. We teach the following fields.

研究分野 Laboratories

- 生体超音波医工学
Medical Ultrasound
- バイオセンシング医工学
Biosensing
- 分子構造解析医工学
Biomedical Supramolecular Analysis
- 医工放射線情報学
Radiation Informatics for Medical Imaging

生体超音波
医工学

Medical Ultrasound



准教授 荒川 元孝
Associate Professor Mototaka Arakawa

生体組織の定量診断のための新しい超音波計測・制御法の研究

Research on new methods for ultrasonic measurements and controls for quantitative diagnosis of biological tissues

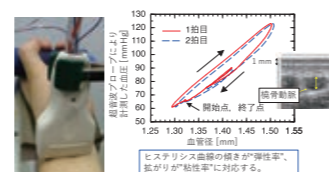
超音波診断技術全般に関する研究を行っています。特に、従来の超音波断層像による定性的診断に加え、粘弾性特性など、生体組織・器官の様々な特性を計測して定量的診断を可能とすることを目指しています。そのために必要な、超音波音場制御法、超音波計測法、デジタル信号解析技術の研究開発を通して、深い工学的専門知識と問題発見能力・問題解決能力および医用応用のために必要な生理学などの医学的知識の両者を兼ね備えた人材を育成しております。

- ① 高性能デジタル信号解析・超音波計測法の研究と生体医療応用
- ② 高速・高分解能生体イメージングのための超音波制御法の研究
- ③ 生体組織の性状および動態・機能の定量診断法の研究

Ultrasonic measurements of physical properties such like viscoelasticity of biological tissues and organs are investigated to realize their quantitative diagnosis, in addition to qualitative diagnosis based on conventional ultrasonic images. Researchers acquiring deep knowledge and excellent ability in engineering and fundamental knowledge in medicine, such like physiology, are nurtured through research and development of methods for controlling ultrasonic fields, ultrasonic measurements, and digital signal processing required for the quantitative measurements.

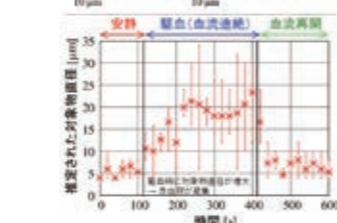
1. Studies on high-performance digital signal processing and ultrasonic measurements and their application for medicine and biology
2. Studies on control of ultrasound field for high temporal and spatial resolution medical imaging
3. Studies on tissue characterization and quantitative measurements of the dynamics and function of biological tissue

URL <http://www.ecei.tohoku.ac.jp/hkanai/>
http://www.ecei.tohoku.ac.jp/hkanai/index_en.html



血圧計測が可能な超音波プローブ(開発品)(左)と圧力一歪み特性およびBモード断層像(右)

Left: Developed ultrasonic probe capable of measuring arterial pressure waveform. Right: Relationship between arterial pressure and diameter, and B-mode image.



上段: 正常(左)および凝集(右)した赤血球の顕微鏡像 ([1] 氏家京子訳: 沈黙の血栓, 中央アート出版社, 2000)
下段: 駆血(腕をカフで締めて人工的に血流を止める)した際に赤血球が凝集する様子を超音波計測した結果
Top: Microscopic image of normal (left) and aggregated (right) red blood cells (RBCs). Bottom: Change in the sizes of ultrasonic scatterers (RBCs) due to aggregation during avascularization

バイオセンシング
医工学

Biosensing



教授 吉信 達夫
Professor Tatsuo Yoshinobu

半導体センサによる化学・バイオイメーキング
Semiconductor sensors for chemical and bio-imaging

生体とエレクトロニクスのインターフェイスにはセンシング技術が欠かせません。生体関連物質について迅速かつ信頼性の高い分析・診断を行うためには、特定の分子・イオンを高感度に検出・定量・可視化するセンサが必要です。本分野では、半導体デバイスを用いた化学物質の計測とイメージングに関する研究を行っています。また、これらの技術を用いた、生物や生体関連物質の計測に関する研究を行っています。

- ① 半導体化学イメージングセンサの開発
- ② センサ技術のバイオ応用

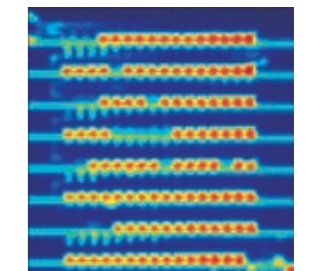
Sensing technologies are essential for the bio-electronic interface. For rapid and reliable analysis of biomolecules, highly sensitive and selective sensors are required for detection, measurement and visualization of specific molecules and ions. In this laboratory, chemical and biosensing technologies are developed based on semiconductor devices, which can be applied to biology and medicine.

1. Development of chemical imaging sensor.
2. Biomedical application of sensor technology.

URL <http://www.bme.ecei.tohoku.ac.jp/>



化学イメージングセンサシステム
Chemical imaging sensor system



化学イメージングセンサによる微生物代謝の検出
Metabolic activities of microorganisms detected by the chemical imaging sensor

分子構造解析
医工学Biomedical
Supramolecular Analysis

准教授 村山 和隆
Associate Professor Kazutaka Murayama

生体機能の解明に向けた超分子複合体の多角的構造解析

Comprehensive analysis for biological supramolecular complexes

遺伝子産物としてタンパク質はさまざまな生命現象を担っており、疾病の解明においても重要な鍵となるものである。タンパク質の機能はその立体構造と大きな関わりがあり、タンパク質の立体構造の解明はその機能の解明にとっても本質的重要性をもつ。我々はタンパク質に代表される生体分子の機能をX線結晶構造解析、質量分析、分子分光法などを用いて、その立体構造から理解することを目指している。

- ① X線結晶構造解析による生体高分子の詳細な立体構造の解明
- ② マルチドメインタンパク質の全体構造の研究
- ③ 天然変性タンパク質/領域の物理化学的性質と機能の解析

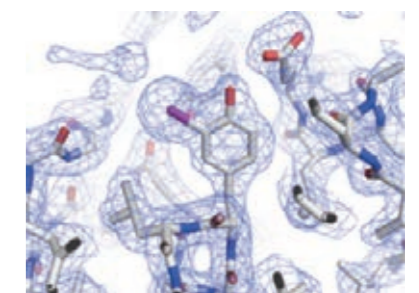
As gene products, proteins are concerned with many biological phenomena and they are key molecules to understand the mechanisms for diseases. A protein structure has close relationship with its function; therefore, revealing protein structures is very important for understanding protein functions. Although analyses of structural details for multidomain proteins or complexes are not simple task to achieve, the combination of various measurements (x-ray crystallography, molecular spectroscopies, mass spectrometry, etc) enables us to investigate mechanisms of diseases as well as to design new drugs.

1. High resolution x-ray crystallography for biological macromolecules
2. Structural analyses of multidomain proteins in solution
3. Biophysical characterization and functional analysis of intrinsically disordered proteins / regions

URL <http://www.structbiol.med.tohoku.ac.jp/index.html>



X線回折装置による反射データの測定
Measurement of reflection data by x-ray diffractometer



タンパク質の電子密度の計算と分子モデルの構築
Electron density and modeling of protein molecule

医工放射線 情報学

Radiation Informatics for
Medical Imaging



教授 渡部 浩司
Professor Hiroshi Watabe

放射線を利用した医用画像の情報高度利用 Applied information technology for medical imaging with radiation

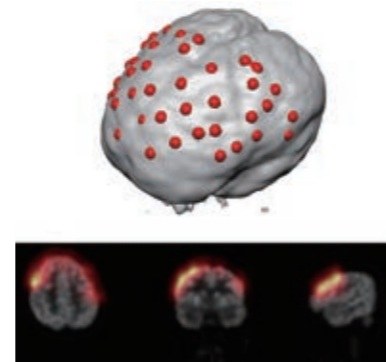
PETやSPECTに代表される核医学画像、放射線を利用した画像は診断や治療に欠かすことのできないものとなっています。しかし、現状では、画像の持つ一部の情報しか使われていません。本講座では放射線を利用した画像データから有益な情報を抽出し、高度利用を図る研究を行います。

- ① PETやSPECTを用いた生体の機能を定量する方法論を確立、実証する。
- ② 複数のモダリティを利用した分子イメージングの応用研究
- ③ 画像データベース開発研究

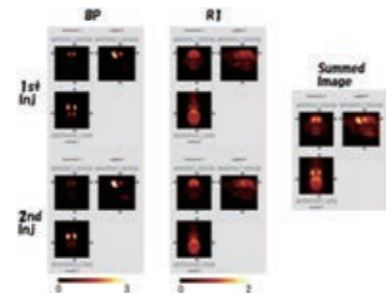
Radiation is widely utilized for medical field as diagnostic and therapeutic tools. Radiation gives us information of living organism noninvasively. However, detected signals are in a tangle from several sources. We will investigate and develop advanced techniques to extract useful information from medical imaging including PET (positron emission tomography), SPECT (single photon emission computed tomography) and other modalities.

1. Measurement of tracer kinetics in vivo by PET or SPECT to investigate physiology and pharmacology in living organism, and drug efficacy
2. Multimodal molecular imaging for drug development
3. Image database for data mining

URL <https://www.cyric.tohoku.ac.jp>



NIRSとPETの融合画像
Fusion image of NIRS and PET



ラットのPETデータから機能画像の作成
Generated parametric images from PET images with a rat

研究領域 Divisions

治療医工学

Biomedical Engineering for Diagnosis and Treatment

治療医工学講座では、治療に用いられる方法の開発とその基礎となる理工学、それらを用いた基礎医学研究ならびに臨床応用に関する教育研究を行います。本講座には、以下の分野を設置しています。

Students in the Course of Biomedical Engineering for Diagnosis and Treatment learn the underlying science for developing new medical treatments, then use this knowledge in fundamental medical research as well as in education and research on clinical applications. We teach the following fields.

研究分野 Laboratories

- 生体電磁エネルギー医工学
Electromagnetics for Biomedical Engineering
- 超音波ナノ医工学
Ultrasound Enhanced Nanomedicine
- 腫瘍医工学
Biomedical Engineering for Cancer
- 先進歯科医工学
Advanced Dental Science and Technology
- 医用材料プロセス工学
Biomedical Materials Processing
- 生体機能材料プロセス工学
Biofunctional Materials Processing



生体電磁エネルギー 医工学

Electromagnetics for
Biomedical Engineering



教授 藪上 信
Professor Shin Yabukami



准教授 桑波田 晃弘
Associate Professor Akihiro Kuwahata

電磁気現象を利用した低侵襲の医療福祉機器 Electromagnetics for minimally invasive medical and welfare applications

少子高齢化、医療福祉費抑制の背景のもと、コンパクトでスマートな医療機器、福祉機器が必要とされている。当研究室では電磁界を媒体とする生体内外の生体情報の計測・伝送技術を開発するとともに、電磁気現象を利用した低侵襲の診断・治療技術の研究を進め、医療機器および福祉・介護機器として社会実装を目指す。

1. 磁性ナノ粒子を用いた細菌等の検出システム開発とヘルスケアや福祉介護分野への適用
2. 室温動作の生体磁気情報計測システムの開発と低侵襲医療機器への応用
3. 生体内外の位置情報計測・伝送システムの開発と低侵襲医療・福祉機器への応用
4. 生体磁気計測センサ用磁性薄膜評価装置の開発

Measurement and translation techniques of bio-information from human body by electromagnetic field approach are developed. We develop minimally invasive medical devices and welfare equipment by using electromagnetic phenomena.

1. Evaluation of bacteria using magnetic nanoparticle and its application for health care and welfare devices
2. Development of bio-magnetic sensors operating at room temperature
3. Position sensing and translating system for minimally invasive medical and welfare applications
4. Development of broad bandwidth thin film evaluation system for bio-magnetic sensor

URL <http://www.ecei.tohoku.ac.jp/yab/>



リアルタイムで検出可能な微生物センサを開発
Real-time detector for microorganism



室温動作の生体磁気情報計測システムによる心磁界測定実験
Measurement of Magneto Cardiogram without magnetic shielding

超音波ナノ医工学

Ultrasound Enhanced Nanomedicine



教授 吉澤 晋
Professor Shin Yoshizawa

見えない患部を体の外から治療 体に負担のない優しい超音波治療を研究 Noninvasive ultrasonic treatment of non-superficial tissue

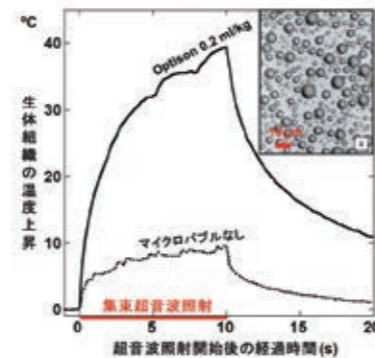
超音波は、その情報が医療診断に広く用いられてきましたが、最近では、そのエネルギーを患部に集めて、がんなどを治療することにも用いられるようになってきました。これを実現するためには、患部に超音波エネルギーを集める技術だけではなく、体の外から肉眼では見えない患部に照準を定め、患部の治療による変化をリアルタイム検出する技術が必要不可欠です。さらに、患部に選択的に集まりやすく、低い超音波強度で治療効果を発生する増感物質が開発できれば、超音波治療の安全性と効率を飛躍的に高めることができます。

- ① 集束超音波技術の研究開発
- ② 超音波治療増感技術の研究
- ③ 超音波による組織変化検出技術の研究

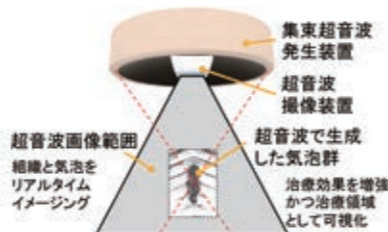
Ultrasound, whose information has been widely used for medical diagnosis, is now becoming to be used for therapy by focusing its energy into a tumor. Not only the technology to focus ultrasonic energy into non-superficial tissue to be treated but also the imaging technologies to aim the tissue and to detect its change due to treatment in real time are required. Furthermore, a tissue selective ultrasonic sensitizer, which induces therapeutic effect at lower ultrasonic intensity, can markedly improve the safety and efficiency of the ultrasonic treatment.

1. Research and development of ultrasonic focusing technology.
2. Research on sensitization of tissue to ultrasound.
3. Research on ultrasonic detection of changes in tissue.

URL <http://www.ecei.tohoku.ac.jp/ume/>
<http://www.ecei.tohoku.ac.jp/ume/english/>



マイクロバブルによる組織の温度上昇
Tissue heating enhancement with microbubbles



超音波イメージング下での気泡援用集束超音波治療
Ultrasound image-guided focused ultrasound treatment utilizing bubbles

腫瘍医工学

Biomedical Engineering for Cancer



教授 小玉 哲也
Professor Tetsuya Kodama

リンパ節転移の早期診断・治療法に関する前臨床試験 Preclinical study of early diagnostic and treatment of lymph node metastasis

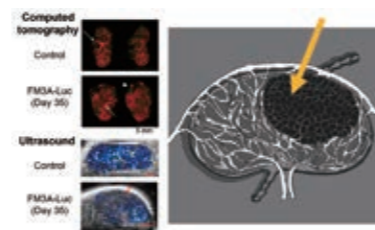
がん患者の死亡の90%は転移に起因し、その多くの場合にリンパ節転移が確認されます。本分野においては、リンパ節転移の超早期な診断・治療システムの開発を目的としています。生物発光イメージング法、造影超音波イメージング法、マイクロCTなどの複数の高感度・高精度のイメージング法を駆使して、前臨床研究をおこない、臨床への応用を目指します。研究項目は以下の三つです。

- ① リンパ節転移ドッキングデリバリーシステム(LDDS)に関する研究
- ② リンパ節転移在血行性転移理論に関する研究
- ③ リンパ節転移後の遠隔部位における腫瘍細胞活性化機序に関する研究

Most cancer cells are invasive and metastatic, and they become disseminated to distant anatomical sites by invasive-metastasis cascade. We will develop diagnosis and treatment methods of lymph node metastasis at the early stages. Our research is interdisciplinary or integrated research based on fluid dynamics, optics, molecular cell biology, oncology, and pathology. Our research subjects are as follows.

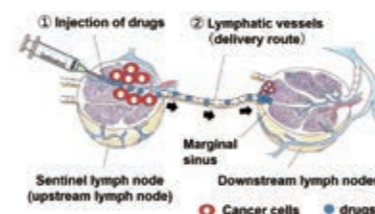
1. Mechanisms of lymph node mediated hematogenous metastasis
2. Lymphatic Drug Delivery System (LDDS) targeted at metastatic lymph nodes using nanoparticles
3. Assessment of treatment for lymph node metastasis using noninvasive multimodal in vivo imaging techniques such as high-frequency ultrasound, bioluminescence, micro X-ray computerized tomography (CT) and small animal magnetic resonance imaging (MRI).
4. Mechanisms of activation of tumor cells in distant organs after dissection of lymph nodes

URL <https://web.tohoku.ac.jp/kodama/>



マイクロCTならびに高周波超音波で可視化されたリンパ節内の灌流欠損
Perfusion deficiency in lymph nodes visualized by micro-CT and high-frequency ultrasound.

Vascular deficiency occurs in the tumor mass due to the lack of vascular network, and it is visualized black (arrow) by these imaging system.



リンパ節内薬物送達
センチネルリンパ節に微量の抗がん剤を投与し、センチネルリンパ節と下流のリンパ節を治療する。
Lymphatic drug delivery.
A small amount of anticancer drug is administered to the sentinel lymph nodes to treat them and their downstream lymph nodes.

先進歯科医工学

Advanced Dental Science and Technology



教授 金高 弘恭
Professor Hiroyasu Kanetaka

歯科医工学の先端技術応用による高度先進医療技術イノベーション Innovation of highly advanced medical technology using high technology in bio-dental engineering

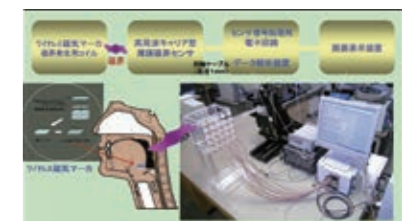
歯科医工学における先端技術を用い、先駆的な非侵襲的生体計測機器および機能性生体材料の開発を行い、高度先進医療技術の創出に貢献することを目的とした研究を行う。特に、生体用ワイヤレスモーションキャプチャシステムの構築、生体適合性の高いニッケルフリーTi基形状記憶合金や生体吸収性材料を利用した革新的機能性生体材料の創製を行い、多角的に臨床的有用性を評価することで、様々な医療分野への臨床応用を目指す。

- ① 生体用モーションキャプチャシステム開発に関する研究
- ② ニッケルフリーTi基形状記憶合金の医療応用に関する研究
- ③ 生体吸収性医療用材料の開発に関する研究
- ④ 最新AI技術を用いた医療システムの開発
- ⑤ 産官学連携によるレギュラトリーサイエンス

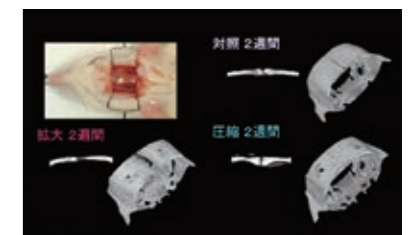
The aim of our researches is to contribute to the creation of highly advanced medical technology using high technology in bio-dental engineering. In our research, we will develop wireless motion capture system for human body and create reformative functional biomaterials using Ni-free Ti-based shape memory alloys or biodegradable materials. We aim to clinical applications of these new technologies through multifaceted assessments for clinical usefulness.

1. Development of wireless motion capture system for human body.
2. Medical applications of Ni-free Ti-based shape memory alloys.
3. Development of biodegradable biomaterials for medical use.
4. Development of medical system applying the latest AI technology
5. Regulatory science through industry-government-academia collaboration

URL https://www.bme.tohoku.ac.jp/labo/field_02.html
<http://www.dent.tohoku.ac.jp/field/liaison/02/index.html>



磁気式ワイヤレスモーションキャプチャ技術を用いた摂食嚥下機能評価システムの開発
Development of deglutition evaluation system using magnetic wireless motion capture system.



ニッケルフリーTi基形状記憶合金を利用した生体埋入型骨整形装置の開発
New internalized orthopedic device for craniofacial plastic surgery using Ni-free Ti-based shape memory alloy.

医用材料プロセス工学

Biomedical Materials Processing



教授 成島 尚之
Professor Takayuki Narushima

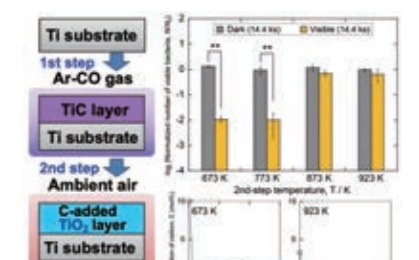
金属材料の表面・組織制御に基づく生体機能化 Biofunctionalization of metals based on surface and microstructural control

超高齢社会に突入した我が国では、今後生体機能の低下や喪失に対応した生体機能再生用材料システムの高度化が期待されています。本分野では、チタン合金、NiTi、Co-Cr合金やMg合金などの生体用金属材料の表面・組成・組織制御を通じた生体埋入デバイス(インプラント)の高機能化や耐久性向上に関する研究を展開しています。生体環境下における金属系およびセラミックス系生体材料の表面・界面反応制御に関する基礎的研究とともに、抗ウイルス能・抗菌能と骨形成能を発現させる材料開発や表面創製、人工関節・ステント用材料開発などの応用研究を行っています。

- ① インプラント用チタン表面の抗菌・抗ウイルス機能化
- ② ステント用Co-Cr合金の微細組織制御と力学特性
- ③ 生体用チタン合金の表面反応に関する実験的・計算材料学的研究

The demand for high-performance devices to restore functions of the human body is steadily increasing. This is due to the decline or loss of biological functions of elderly persons in today's super-aged society. Our research group focuses on the basic and applied research pertaining to the enhancement of the functionality and durability of implantable devices (implants) through surface and composition/microstructural control of metallic biomaterials, such as Ti, NiTi, Co-Cr, and Mg alloys. We conduct basic research on controlling surface reactions of metallic/ceramic biomaterials in a biological environment. In addition, on the applied research front, we develop materials having surfaces with both antiviral/antibacterial activity and bone-compatibility, as well as design materials for artificial joint and stent applications.

1. Antibacterial and antiviral functionalization of Ti surface for implants
2. Microstructure control and mechanical properties of Co-Cr alloys for stents
3. Experimental and computational studies on surface reactions of biomedical Ti alloys



TiO₂膜への可視光照射に伴う規格化細菌数の変化と含有される炭素濃度(可視光照射下で抗菌能を発現するアタナーゼ優位TiO₂膜には炭素が含有されている、** p<0.01)

Change in normalized number of viable bacteria with visible-light irradiation and carbon concentration in TiO₂ layers: the carbon caused the antibacterial activity of anatase-rich TiO₂ layers under visible-light irradiation.



汎用合金(L605)と設計合金のCTイメージング(Ptを含有する設計合金においてX線視認性が向上している) CT images of standard Co-Cr alloy (L605) and designed alloys: X-ray visibility was improved in designed alloys containing Pt.

生体機能材料 プロセス工学

Biofunctional Materials Processing



教授 山本 雅哉
Professor Masaya Yamamoto

再生医療やDDSへの応用を指向した生体機能材料プロセスの開発 Development of biofunctional materials process for regenerative medicine and drug delivery systems

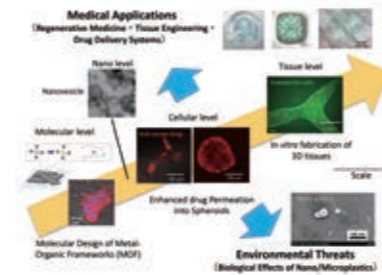
先端医療を支える生体機能材料の設計には、生体機能の分子科学的な理解に基づく材料研究が重要である。本分野では、生体で機能するソフトマター、プラスチック、生体由来材料、有機・無機ハイブリッドの分子科学的な理解と設計に関する基礎研究を行っている。さらに、分子設計した生体機能材料を、再生医療、がん研究、ドラッグデリバリーシステム (DDS)、環境問題ナノ・マイクロプラスチックの生態影響評価へ応用展開している。

1. ナノ・マイクロプラスチックの生体影響解析
2. 再生医療への応用を指向した生体機能材料・3Dバイオプリンティングの開発
3. 環境・創薬・がん研究のための体外疾患モデルの開発
4. 有機・無機ハイブリッドナノ材料の開発
5. 分光学的手法を利用した生体組織の機能解析

Materials processing by molecularly understanding biofunctions in biological systems plays a pivotal role in designing biofunctional materials for advanced medicine, such as regenerative medicine and drug delivery systems. Our objective is to molecularly understand biofunctions in biological systems to create novel biofunctional materials as well as to pursue fundamental researches on organic-inorganic hybrids and soft materials to be applied for biological systems. Based on the fundamental findings, we design and synthesize biofunctional materials, such as hydrogels, peptides, polymeric particles, stimuli-responsive polymers, and their hybrids with inorganic materials, and investigate their applications for regenerative medicine and drug delivery systems.

1. Nano/Microplastics toxicology
2. Biofunctional materials and 3D bioprinting for regenerative medicine
3. In vitro tissue and organ models for environmental, drug, and cancer research
4. Organic-inorganic hybrid nanomaterials
5. Spectroscopic analyses for understanding tissue functions

URL <http://www.material.tohoku.ac.jp/~seitai/>
<http://www.material.tohoku.ac.jp/english/labs/mtp/yamamoto.html>



再生医療やDDSへの応用を指向した生体機能材料プロセスの開発
Development of biofunctional materials process for regenerative medicine and drug delivery systems



研究領域 Divisions

生体機械 システム医工学 Biomechanical Engineering

生体機械システム医工学講座では、機械システム工学的アプローチによる生体システムの研究と、それらを用いた基礎医学研究ならびに臨床応用に関する教育研究を行います。本講座には、以下の分野を設置しています。Students in the Course of Biomechanical Engineering for Biomechanical Systems learn how to employ a mechanical systems engineering approach to research on life systems, and to apply this approach to fundamental medical research as well as education and research on clinical applications. We teach the following fields.

研究分野 Laboratories

- 生体流体力学
Biological Flow Studies
- 医用ナノシステム学
Medical Nanosystem Engineering
- 病態ナノシステム医工学
Biomedical Nanoscience
- ウェットデバイス工学
Wet Device Engineering
- ニューロロボティクス
Neuro-Robotics

生体流体力学 Biological Flow Studies



教授 石川 拓司
Professor Takuji Ishikawa



准教授 菊地 謙次
Associate Professor Kenji Kikuchi

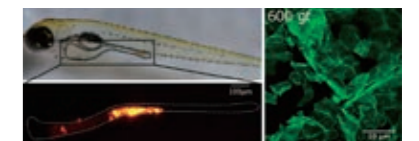


准教授 沼山 恵子
Associate Professor Keiko Numayama

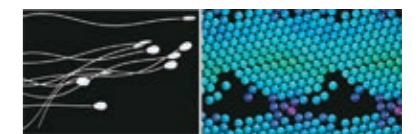
生体機能の解明を目指すバイオメカニクス Biomechanics for studying biological functions

我々は、力学を基礎として生物の機能を解き明かす「バイオメカニクス」の分野を開拓しています。近年、健康問題や環境問題に力学が重要な役割を果たすことが分かってきました。我々はこうした諸問題の解決を目指し、実験と理論、数値シミュレーションを融合したバイオメカニクスを用いて生体機能を解明しています。研究対象は、循環器系・呼吸器系・消化器系の流れや、精子の遊泳と受精、腸内フローラの形成、医療機器開発などの健康問題のみならず、バイオフィルムの形成や赤潮の発生、多細胞動物の進化など、多岐にわたります。

We are pioneering the field of "biomechanics," which is the study of biological functions based on mechanics. In recent years, it has become clear that mechanics plays an important role in health and environmental problems. In order to solve these problems, we elucidate biological functions from the perspective of biomechanics by combining experiment, theory, and numerical simulation. Our research interests include not only health issues such as the flow of the circulatory, respiratory, and digestive systems, sperm swimming and fertilization, the formation of intestinal flora, and the development of medical devices, but also biofilm formation, red tide development, and the evolution of multicellular animals.



左)ゼブラフィッシュと腸内流動の可視化実験、右)皮膚表面に摩擦刺激を与えた際の角質層のひずみ
(left) Visualization of zebrafish intestine and the inside flow, (right) Strain of stratum corneum caused by mechanical stimulation on the skin surface.



左)ヒト精子の協調遊泳シミュレーション、右)微生物群の行動シミュレーション
(left) Simulation of collectively swimming human sperm, (right) Simulation of microorganisms' behaviors under flow.

URL http://www.bfsl.mech.tohoku.ac.jp/index_jp.html
<http://www.bfsl.mech.tohoku.ac.jp/>

医用 ナノシステム学

Biomedical Nanosystem
Engineering



教授 田中 徹
Professor Tetsu Tanaka



准教授 福島 誉史
Associate Professor Takafumi Fukushima

半導体神経工学に基づく生体融和型マイクロ・ナノ集積システム Research and development of biomedical micro/nano system based on semiconductor neural engineering

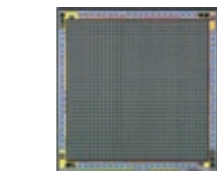
半導体神経工学は生体の神経システムへ半導体工学を駆使して作り、その構造と機能の探究を通して、生体と機械を統合した新しい融合システムを創成する研究領域である。本研究室では半導体神経工学に基づいた生体融和型の新しいマイクロ・ナノ集積システムについての教育と研究を行う。生体と同じ積層構造を有する人工網膜や、脳や神経系を多面的・立体的に計測・解析・操作する埋込・貼付型集積化知能デバイスについて研究を行っている。また、ウェアラブル・インプラント型デバイス実装技術を用いて、極小の生体センサや光学素子を生体適合性材料で気密封止し、フレキシブル基板に集積する生体医用システムの研究も行う。

- ① 人の眼に埋め込んで視覚を再生する人工網膜システム
- ② 埋込・貼付型集積化知能デバイスと脳・機械インターフェイス
- ③ ウェアラブル・フレキシブルデバイス実装技術
- ④ 3D/チップレット集積技術とアナログ・デジタル集積回路設計

Semiconductor neural engineering is a discipline that uses semiconductor process/device/circuit technologies to further understand properties of neural systems and to create novel fusion systems of living body and machine. One of the goals in this laboratory is to establish semiconductor neural engineering and develop biomedical micro/nano systems. Another goal is to educate the next generation of leaders in biomedical engineering through research including:

1. Fully-implantable retinal prosthesis system
2. Intelligent neural probe and brain-machine interface
3. Wearable/Flexible device packaging technology
4. 3D/Chiplet integration technology and analog/digital IC design

URL <http://www.lbc.mech.tohoku.ac.jp/>



開発した37x37ピクセルの人工網膜チップ
A 37x37 pixels artificial retina chip
(3.2mmx3.2mm)



神経プローブによる海馬スライスへの電気刺激と活動電位記録
Electrical stimulation and recording of hippocampal slice with intelligent Si neural probe



クリーンルーム内でのデバイス試作
Device fabrication in the clean room
(Handling of 8-inch silicon wafer)

病態 ナノシステム医工学

Biomedical Nanoscience



教授 神崎 展
Professor Makoto Kanzaki

大気圧プラズマ医療科学の創成 Cold Atmospheric Plasma in Future Medicine and Healthcare

“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。 “プラズマ”による生命機能の調節メカニズムは未解明です。

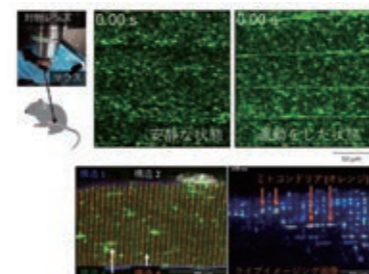
神崎研究室では、①生命体がいかにして“プラズマ”を感じ反応しているのか？ ②どのような“プラズマ”が医療に適しているのか？ に関する基礎研究を行っています。特に、プラズマの医療応用をさまざまな疾患（生活習慣病や加齢性疾患）へと新たに適用することを試み、プラズマ医療科学の新展開を目指した研究を推進しています。また、③最先端の生体イメージング技術を用いて、糖尿病やサルコペニアの病態ナノシステムを視覚的に理解し、新規の治療法開拓へと繋げる研究も行っていきます。

- ① プラズマによる生体ナノシステム制御機構の解明
- ② プラズマ医療科学の新展開、特に生活習慣病への治療的応用
- ③ 生命機能ナノイメージングに関する研究
- ④ 身体活動（運動）による生活習慣病の治療効果に関する研究

“Plasma” is the fourth state of matter following Solids, Liquids and Gases. Recently, cold atmospheric plasma has been successfully utilized for several medical applications, but the underlying mechanisms in details remain unknown. Current research in the Kanzaki Laboratory has been focused on understanding ① How our body / cells sense and react the “Plasma”, and ② What types of “Plasma” are suitable for medical treatments, especially applicable for ③ the lifestyle-related diseases including type 2 diabetes, and obesity. Furthermore, we are exploring the molecular pathogenesis of the life-style diseases (diabetes and sarcopenia) by employing the cutting-edge live-imaging technologies.

- ① Atmospheric Plasma Actions on Biological Nano-systems
- ② Plasma Medical Science for the Lifestyle-related Disorders and Ageing
- ③ Nano-imaging Analysis of Life and Diseases
- ④ Mechanisms underlying the Beneficial Effects of Exercise

URL <http://www.ecei.tohoku.ac.jp/kanzaki/>
<https://tohoku.pure.elsevier.com/en/persons/makoto-kanzaki>



骨格筋のライブイメージング解析
Live Imaging Analysis of Skeletal Muscles



生体ナノシステム解析用の蛍光顕微鏡
Fluorescent Microscopy for Biological Nano-systems Analysis

ウェットデバイス 工学

Wet Device Engineering



教授 西澤 松彦
Professor Matsuhiko Nishizawa

生体・環境親和性に優れたバイオ融合型デバイスの開発 Research and development of bio-hybrid devices

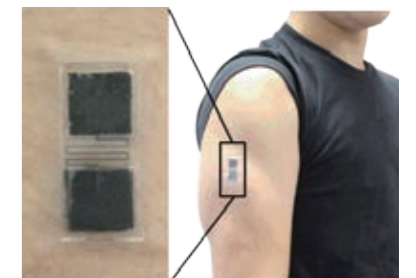
生体・環境親和性に優れたバイオ融合型デバイス・システムの開発を行っている。特に、ウェットな生理環境中で行うソフトマテリアルの加工技術を開拓し、脆弱なバイオ素材（タンパク質・ゲル・細胞など）を取り込むデバイス製造を可能とすることによって、バイオ機能を最大限に活かして動作する安全・高感度・高効率な自律駆動デバイスを創出する。

- ① バイオ電池で駆動する診断・治療パッチ
- ② ハイドロゲル製の神経モニタリング電極システム
- ③ 体内に埋め込む自律型の投薬デバイス
- ④ 再生医療と創薬を革新する細胞培養ソフトデバイス

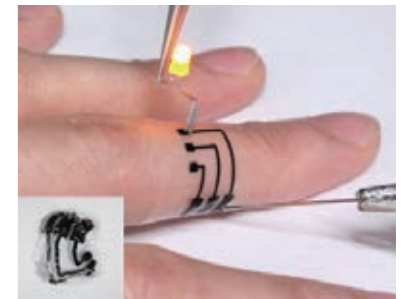
We have developed biohybrid devices and systems that are bio- and eco-compatible. By inventing manufacturing techniques applicable for delicate biological elements (proteins, hydrogels, cells etc.), superior biofunctions including high-sensitivity and high-efficiency can be utilized as the device functions for medical, healthcare, cosmetic, drug discovery applications.

1. Biobattery-driven skin patches for healthcare and drug delivery
2. Hydrogel-based microelectrodes for neuro-monitoring
3. Implantable autonomous DDS devices
4. Novel in vitro cellular assay devices

URL http://www.biomems.mech.tohoku.ac.jp/index_j.html
http://www.biomems.mech.tohoku.ac.jp/index_e.html



自己発電型バイオDDSパッチ
Self-powered DDS patch



ハイドロゲル電極
Hydrogel-based microelectrodes

ニューロ ロボティクス

Neuro-Robotics



教授 林部 充宏
Professor Mitsuhiro Hayashibe

ロボティクスのためのニューロサイエンス、ニューロサイエンスのためのロボティクス Robotics for Neuroscience, Neuroscience for Robotics

ロボットの世紀などと近年言われるが、特に実世界の環境との適応的インタラクションという側面ではまだまだ人間の持つ高度な運動制御、感覚機能から我々が学ぶべきことは多い。本研究室では人間の持つ環境適応、運動学習能力を工学的にも脳科学的にも深く理解するため、情報処理およびロボティクスのモデル化技術をベースとして用い脳科学的にも説明が可能なレベルで人間の運動制御、学習メカニズムの解明とそれに資する人間の運動情報の収集およびロボティクスツールを用いた解析に関する技術開発を行っています。ロボティクスのためのニューロサイエンス、ニューロサイエンスのためのロボティクスと双方向的に科学するニューロロボティクスに取り組んでいます。また運動学習と脳の環境知覚の研究から得た知見から、運動学習効果を最大限に引き出すニューロリハビリテーションを目指しています。

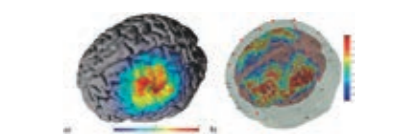
- ① 人間の運動制御、環境適応学習メカニズムの研究
- ② 生体感覚信号、生体機能のモデリングと同定技術の開発
- ③ 脊椎動物の冗長関節制御と生物運動学習に関する研究
- ④ ロボット技術のニューロリハビリテーションへの展開

Recently, the current era is referred as a century of robotics and AI. However, robot capability in real life is still rather limited then there are still a lot of things we need to deeply learn from advanced and robust motor control and sensory functions which humans have, for next step forward. Robotics is also useful as computational tool to understand human motor learning mechanism. Neuroscience knowledge can be useful to improve robot capability.

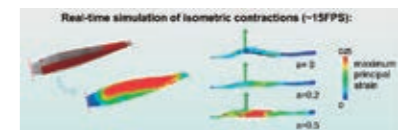
We study on neuroscience for robotics and robotics for neuroscience as [Neuro-Robotics].

1. Study of human motor control, adaptive learning mechanism
2. Modeling and identifying biological signals and functions
3. Study on redundant joint control and biological motor learning of vertebrates
4. Development of robot technology to Neuro-Rehabilitation

URL <http://neuro.mech.tohoku.ac.jp>



経頭蓋直流電気刺激中のNIRS-EEG同期モデリング
NIRS-EEG joint imaging during transcranial direct current stimulation



筋肉の機能、生理、変形ボリュームモデリング
Muscle volumetric modeling for function, physiology and deformation



足圧力計測に依存しないバランス推定
Balance estimation independent from foot pressure measurement

研究領域 Divisions

生体再生医工学

Regenerative and Biomedical Engineering

生体再生医工学講座では、生体再生を形態と機能の両面から工学技術を駆使して実現する。細胞・組織レベルでの再生を目指すとともに、人工臓器による機能再建を進展させ、さらに複雑系としての生体機能を制御する情報工学技術を開発、確立し発展させる。このため、生体再生医工学講座には以下の分野を設置しています。

Students in the Course of Regenerative and Biomedical Engineering learn to apply engineering techniques to regeneration from the standpoints of both form and function. Starting from regeneration at the cell and tissue level, they study the restoration of functions by means of artificial organs, and go on to the more complex challenge of developing and establishing information engineering technologies for controlling life functions. We teach the following fields.

研究分野 Laboratories

- 聴覚再建医工学
Rehabilitative Auditory Science
- 神経外科先端治療開発学
Department of Neurosurgical Engineering and Translational Neuroscience
- 視覚抗加齢医工学
Department of Aging Vision Healthcare
- 分子病態医工学
Medical Science

聴覚再建医工学

Rehabilitative Auditory Science



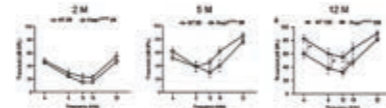
教授 香取 幸夫
Professor Yukio Katori

加齢性ならびに音響性聴覚障害の予防

Prevention of age-related and acoustic hearing impairment

音響性聴覚障害は、過大な音響暴露によって生じる感音難聴である。WHOは、職場や社会活動中の音響暴露により、世界人口の約半分が難聴のリスクを有すると報告している。また本邦では65歳以上で3割、75歳以上で7割の高齢者が難聴を有しており、中高年で発症する難聴が認知症のリスクを高めることから、難聴への対応は喫緊の課題となっている。加齢性難聴は不可逆的な変化であるが、我々はその予防に抗酸化機能が有望であることを見出してきた。現在、音響性聴覚障害や加齢性難聴に対する実効性の高い予防策を求めて、研究を進めている。

Acoustic hearing impairment is sensorineural hearing loss caused by excessive acoustic exposure. The WHO reports that about half of the world's population is at risk of hearing loss due to acoustic exposure during workplaces and social activities. In Japan, 30% of people aged 65 and 70% of people aged 75 have hearing loss, and hearing loss that develops in middle-aged and elderly people increases the risk of dementia, so dealing with hearing loss is an urgent issue. Age-related hearing loss is an irreversible change, but we have found that antioxidant functions are promising in its prevention. Currently, we are conducting research in search of highly effective preventive measures against acoustic hearing impairment and age-related hearing loss.



野生型ならびに抗酸化能の高いマウスの加齢に伴う聴力像を示す。2か月齢で両者の聴力に差はないが、5か月齢および12か月齢では野生型のマウスのほうが有意に聴力が低下している。
Age-related hearing picture of wild-type and antioxidant mice model (Keap1^{fl/fl}) is shown. There is no difference in hearing between the two at 2 months of age, but at 5 and 12 months of age, wild-type mice have significantly reduced hearing.
(Oishi T. et al. 2020 npj Aging Mech Dis)

神経外科 先端治療開発学

Department of Neurosurgical Engineering and Translational Neuroscience



教授 新妻 邦泰
Professor Kuniyasu Niizuma



准教授 ラシャード シェリフ
Associate Professor Sherif Rashad

神経外科疾患の診断・治療法開発と臨床応用

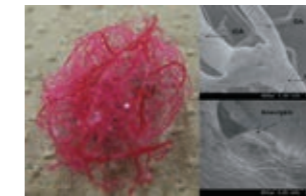
Development of new tools and therapies for neurosurgical diseases, and rapid translation to patientse

中枢神経系は脆弱かつ再生能にも乏しく、傷害されることによるQOL (quality of life)の低下も著しい。種々の中枢神経疾患における病態を分子生物学的手法や数値流体力学などの工学的手法を駆使して解明し、以下の新規薬剤や幹細胞などによる新たな治療法開発と臨床応用を目指す。

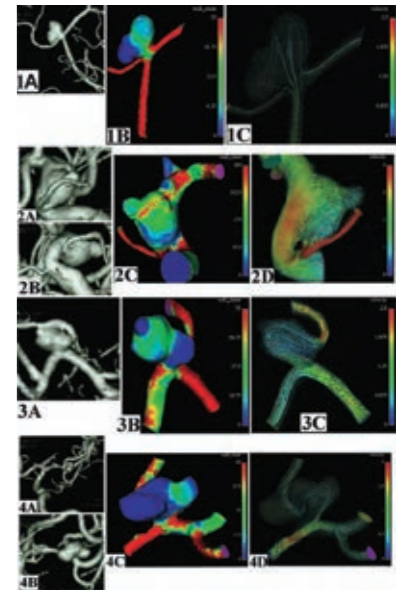
- ① Muse細胞を用いた中枢神経再生治療法の開発
- ② 新規血栓溶解・神経保護薬の開発
- ③ 骨再生療法に関する研究
- ④ 数値流体力学を用いた動脈瘤などの血行動態に関する研究
- ⑤ 神経における分子シグナリングに関する研究

The central nervous system (CNS) is especially vulnerable and has limited potential for regeneration in the baseline level. Even with the current sophisticated treatments for CNS injury, lots of patients get disabled. We reveal pathophysiology of CNS diseases with both biological and engineering approaches and develop new treatments for CNS injuries.

1. Development of neuro-regenerative therapy with multi-lineage differentiating stress enduring (Muse) cells.
2. Development of new thrombolytic and neuroprotective agents.
3. Development of materials for bone regeneration.
4. Research for hemodynamics of cerebral aneurysms using computational fluid dynamics (CFD)
5. Research for molecular pathways of CNS injuries.



実験的脳動脈瘤。発生、成長、破裂、治癒の各過程に関連する因子を分析。新しいデバイスの開発、薬物療法の研究などに使っている。
Experimentally induced aneurysm in rat. The process related to the initiation, growth, rupture and cure is analyzed. This model is useful to study new development of endovascular devices and and pharmacological therapy.



CFDを用いた実データによる脳動脈瘤の解析 このタイプの動脈瘤では壁剪断応力が成長、破裂に強く関連している。
Patient data specific CFD analysis of brain aneurysm. This type of aneurysm had strong relationship between maximum wall shear stress and growth and rupture.

視覚抗加齢 医工学

Department of Aging Vision Healthcare



准教授 檜森 紀子
Associate Professor Noriko Himori

早期発見・治療、個別化医療・予防への試み

Early detection and treatment, and attempt for personalized medicine and prevention

平均寿命が長い日本では現在、健康寿命を延ばすことが課題に挙げられています。人間が生きているうえで必要な情報の約8割は視覚から得ていると言われており、健康寿命を延ばすためには視力を持つことが非常に重要です。そのために未来型医療創成センター (INGEM) と協力して、ライフスタイル (喫煙、節酒、体重、食事、運動、睡眠等)、オミックスデータ (遺伝子、メタボローム)、眼底写真、光干渉層撮影 (OCT) 画像を突合したビッグデータを構築し、日常人間ドックのデータからAI画像診断にて予後予測、全身疾患のスクリーニング等のデータサイエンスに基づいた目の疾患予防に関する研究に取り組んでおります。また、個人の酸化ストレスを新しい機器を用いて数値化し眼疾患との関連を探索することで個別化医療の創設に努めております。全身の血管疾患や認知症に重要な情報を眼球からバイオマーカーとして非侵襲的に取り出すマイクロデバイス等の医療機器の開発にも取り組んでおります。

Japan has a long average life expectancy, and extending its healthy life expectancy is a current challenge. Humans acquire approximately 80% of the information they need for survival through vision, so preserving vision is essential for extending healthy life expectancy. To this end, we are collaborating with the Advanced Research Center for Innovations in Next-Generation Medicine (INGEM), aiming to build a big data set that combines lifestyle variables (smoking, alcohol consumption, weight, diet, exercise, sleep, etc.), omics data (genes, metabolome), ocular fundus photographs, and optical coherence tomography (OCT) images. Our research focuses on the prevention of eye diseases and is based on data science that includes subjecting data from routine physical checkups to AI diagnosis for prognosis of and screening for systemic diseases. Furthermore, we are working to promote personalized medicine, using new equipment to quantify oxidative stress in individuals and exploring the relationship between oxidative stress and eye diseases. We are also engaged in the development of medical devices such as micro-devices that can non-invasively extract information presented by ocular biomarkers to elucidate systemic vascular diseases and dementia.



日本における失明原因の内訳
Classification of the causes of blindness in Japan

緑内障における危険因子と全身疾患との関連性



緑内障における危険因子と全身疾患との関連性
Association between risk factors and systemic disease in glaucoma.

分子病態医工学

Medical Science



教授 阿部 高明
Professor Takaaki Abe



准教授 鈴木 健弘
Associate Professor Takehiro Suzuki

腎不全、高血圧・糖尿病治療法の開発と抗癌剤探索

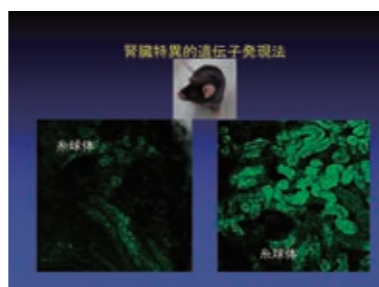
Development of remedies for cancer, hypertension, diabetes and renal failure

本研究分野では、薬物、ホルモン、生体内物質（尿毒症物質や肝不全物質）の細胞膜輸送機構と体内動態、病態時における調節メカニズムの解明を通して、癌、腎不全、高血圧、内分泌疾患の新たな治療法の開発と臨床応用を図ります。

- ① 細胞膜輸送機構の解明
- ② 腎不全、高血圧の診断・治療法の開発
- ③ 抗癌剤の探索
- ④ 糖尿病発症、肥満メカニズムの解明

Variety of membrane transport systems play essential roles for maintaining homeostasis in the body. In addition, many membrane transporters involve in the regulation pathogenesis of renal failure, hypertension and cancer as well as diabetes and obesity. We study for developing diagnostic tools or screening new drug by modulating such molecules.

1. Characterization of membrane transport systems
2. Search of diagnostic tool and new drugs for renal failure and hypertension
3. Discovery of anti-cancer drugs
4. Research for diabetes and obesity



腎臓特異的遺伝子発現法
Renal-specific gene delivery



研究領域 Divisions

社会医工学

Biomedical Engineering for Health and Welfare

社会医工学講座では、社会医療システムの改革をめざす技術革新およびその応用に関する教育研究を行います。本講座には、以下の分野を設置しています。

The Biomedical Engineering for Health and Welfare Course provides education and research on innovative technologies and their applications aimed at creating revolutionary new social health and welfare systems. We teach the following fields.

研究分野 Laboratories

- 医療福祉工学
Medical Welfare Engineering
- 神経電子医工学
Neural Electronic Engineering
- ライフサポート工学
Life Support Engineering

医療福祉工学

Medical Welfare Engineering



教授 田中 真美
Professor Mami Tanaka



准教授 奥山 武志
Associate Professor Takeshi Okuyama

「やさしさ」を先端技術で創出する医療福祉工学

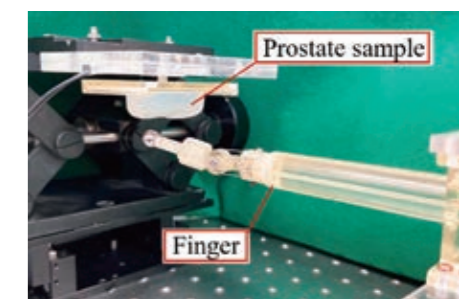
Advanced medical welfare engineering for improvement of QOL (quality of life)

医療福祉工学の発展には、新たなセンサやアクチュエータの創製、システムや情報処理技術の高度化が重要な課題となります。本研究分野ではセンサやアクチュエータの設計や製作、それらに計測・自動制御やメカトロニクスなどの技術の組み込み、さらに情報処理技術の高度化の研究も行い、新たなシステムの開発研究などに取り組み、医療福祉工学に関連する教育と研究を行っていきます。

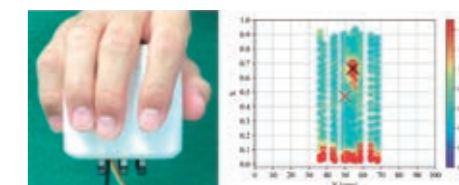
- ① 医療・福祉・健康に関するQOL テクノロジーの創出
- ② 触覚機能を有するセンサシステムの開発に関する研究

Our aim is to improve the QOL by technologies of advanced medical welfare systems such as development of the sensing and actuator devices, integration of the system, and information processing technologies, et al. The research and education involved the innovation of the sensor/actuator for medical welfare field, integration of mechatronics technologies including measurement and control, and advanced information processing technologies are carried out in our Laboratory.

1. QOL technologies for medical welfare and health care
2. Development of tactile sensor system



前立腺触診ロボットフィンガシステム
Robot finger system for prostate palpation



セルフチェックのための乳がん触診センサシステム(左)およびセンサ出力の解析結果の一例(右)
Palpation sensor system for self-checking of breast cancer (left) and an example of sensor output analysis (right)

URL <http://rose.mech.tohoku.ac.jp/>

神経電子医工学

Neural Electronic Engineering



教授 渡邊 高志
Professor Takashi Watanabe

運動機能の補助・再建, リハ支援のための計測・制御技術 Measurement and control for assisting and restoring motor functions, and for advanced rehabilitation system

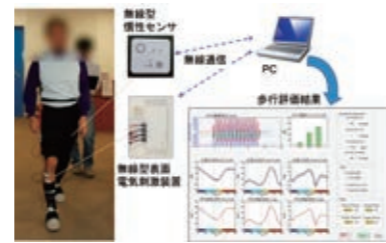
運動系や感覚系の機能障害に対する支援・代行技術、治療・リハビリテーション技術等に関する研究を行う。特に、機能的電気刺激(FES)技術、慣性センサによる運動計測技術を応用し、脊髄損傷や脳血管疾患等による運動機能麻痺、感覚機能障害に対するリハビリテーション装置、動作支援装置を、日常でも利用可能なウェアラブルシステムとして実現するための研究開発を行う。また、これらの工学的基盤技術の開発を行うとともに、人(脳)-コンピュータ間の相互作用を考慮したシステムへの展開を図り、先進的医療・福祉システムの実現を目指す。

- ① 機能的電気刺激(FES)による麻痺肢の動作制御に関する研究
- ② ウェアラブルセンシングと機械学習を利用した運動機能計測・評価に関する研究
- ③ 機能的電気刺激(FES)を利用した運動リハビリテーション法に関する研究

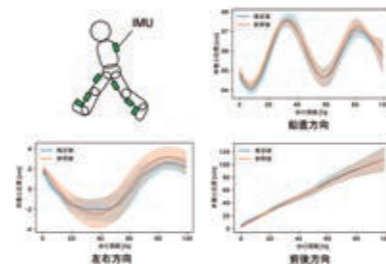
Our laboratory conducts research and development to realize assistive systems, neural prosthesis, and rehabilitation systems for motor and/or sensory disabilities caused by spinal cord injury or cerebrovascular disease, as wearable systems that can be used in daily life, applying functional electrical stimulation (FES), wearable sensing, and machine learning. In addition, we aim to realize advanced medical and welfare systems through the study on these basic medical engineering technologies.

1. Motor control of paralyzed limbs by functional electrical stimulation (FES)
2. Measurement and evaluation of motor function using wearable sensing and machine learning
3. Study on motor rehabilitation method using functional electrical stimulation (FES)

URL <http://www.ecei.tohoku.ac.jp/fes/index.html>
http://www.ecei.tohoku.ac.jp/fes/English/index_eng.html



FESを利用した歩行リハビリテーションシステムの開発
Development of rehabilitation system using FES



ウェアラブルセンサと機械学習を利用した歩行中の身体重心位置推定
Estimation of body center of mass position during gait using wearable sensors and machine learning

ライフサポート工学

Life Support Engineering



教授 山口 健
Professor Takeshi Yamaguchi

安全安心な社会を実現する生命・生活支援工学 Life support engineering for safe and secure society

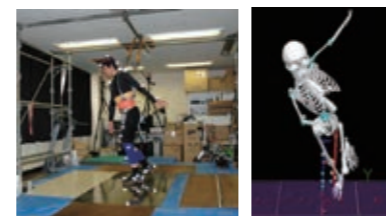
安全安心な生活や、高齢者及び障害者の自立した生活の実現のためには、生命・生活を支援する新しい工学技術分野(ライフサポート工学)の確立が必要である。本研究分野では、転倒機構の解明や転倒防止のための靴・床の開発、歩行安定性評価手法の開発、高性能なスポーツ用品や生活用品の開発などを通じて、ライフサポート工学に関連する教育と研究を行う。

- ① 歩行安定性に関するバイオメカニクス研究
- ② すべり転倒機構の解明に関する研究
- ③ 超耐滑靴底及び床の開発に関する研究

In order to realize an independent living of elderly people and disabled people and a safe and secure life, the construction of new engineering field that supports life and livelihood i.e. life support engineering. Our laboratory promotes education and research concerning life support engineering through studies on investigation of fall mechanism, development of footwear and floor for fall prevention, development of evaluation method of gait stability, and development of high-performance sport equipment and livingware, etc.

1. Biomechanical study on gait stability
2. Investigation of mechanism of fall due to induced slip
3. Development of high slip-resistant footwear and floor

URL <http://www.glocaldream.mech.tohoku.ac.jp/ja/index.html>
<http://www.glocaldream.mech.tohoku.ac.jp/en/index.html>



すべり転倒機構の解明
Elucidation of the mechanism of slip-related falls



超耐滑靴底意匠の開発
Development of high slip resistant shoe outsole pattern

研究領域 Divisions

医療機器創生 医工学

Medical Device Innovation

(ここに医療機器創生医工学の説明が入ります)

(Description : Medical Device Innovation)

研究分野 Laboratories

- 医用イメージング
Biomedical Imaging
- 生体機能創成学
Bio-Medical Interface Fabrication
- 近未来生命情報工学
Next Generation Biological Information Technology
- 医用光学
Biomedical Optics
- ナノデバイス医工学
Nanodevice Engineering

医用イメージング

Biomedical Imaging



教授 西條 芳文
Professor Yoshifumi Saijo

先進的データ収集・解析による生体組織のイメージング Imaging of biological tissues by novel data acquisition and analysis

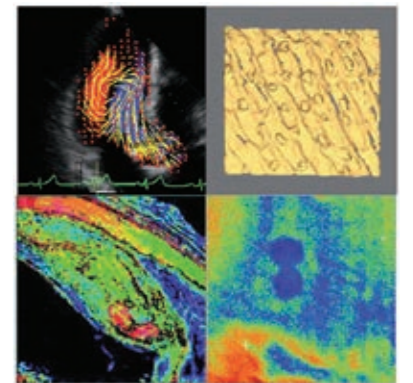
本研究分野では、主に心血管系組織の三次元イメージング、高精度自動組織診断、血液の流れの解析などを、超音波やCT(コンピュータ断層法)、MRI(磁気共鳴画像)などのデータを用い、独自の信号解析・画像解析を行うことで実現しています。また、高周波数の超音波でナノレベルの解像度を実現した超音波顕微鏡の開発により、心血管系以外にも、腎臓、肝臓、前立腺、腱、軟骨、骨、歯など身体の中のさまざまな組織や生きた細胞のイメージングを実現し、各種病態をバイオメカニクスの視点から解析しています。

- ① 心血管系組織の三次元イメージングおよび高精度自動診断
- ② 心血管系の血液の流れの解析
- ③ 高分解能生体イメージングのための超音波顕微鏡の開発

Our laboratory is developing signal and image processing methods of ultrasound, CT (computed tomography) and MRI (magnetic resonance imaging) in order to realize three-dimensional imaging, precise automatic diagnosis and flow analysis of cardiovascular tissues. We are also developing several acoustic microscopes to visualize kidney, liver, tendon, cartilage, bone and tooth besides cardiovascular tissues and assessing pathophysiology from the view point of biomechanics.

1. Three-dimensional / automatic precise diagnosis of cardiovascular tissues
2. Blood flow analysis of cardiovascular system
3. Development of acoustic microscopes for precise biomedical imaging

URL <http://www.ecei.tohoku.ac.jp/imaging/index.htm>
<http://www.ecei.tohoku.ac.jp/imaging/index-e.html>



左上:左心室内の血流ベクトル
右上:指紋の三次元超音波画像
左下:冠動脈の超音波顕微鏡像
右下:生きた細胞の超音波顕微鏡像
Upper left: Blood flow vector in left ventricle
Upper right: Three-dimensional ultrasound image of fingerprint
Lower left: Ultrasound microscope image of coronary artery
Lower right: Ultrasound microscope image of living cell

医用光工学

Biomedical Optics



教授 松浦 祐司
Professor Yuji Matsuura

光学技術を駆使した無侵襲診断、ヘルスケア機器開発 Development of non-invasive diagnosis and healthcare devices using optical technology

新しい光学技術を導入することにより、センサ部に触れるだけで、人間ドックで得られるような血液中の成分を分析したり、息を吹きかけるだけで、さまざまな病気の診断を行うことができる診断・ヘルスケア機器の研究を行っています。そのためのシステム開発をはじめ、機器を構成する光ファイバなどの要素技術や生体組織の光学技術の解明など、幅広い分野で研究・開発を行っています。

- ① 赤外光を用いた生体分光分析システム
- ② 光ファイバガスセルを用いた高感度ガス分析システム
- ③ 中空光ファイバおよび光ファイバ光学素子開発

By introducing new optical technology, we develop diagnostic and health care systems that analyze components in blood by touching the optical sensor and that diagnose various diseases by simply blowing on it. We are conducting research and development in a wide range of fields, including the development of healthcare systems, elemental technologies such as the optical fibers for those systems, and the investigation of the various optical characteristics of biological tissues.

- (1) Biological spectroscopic analysis system using infrared light
- (2) High-sensitivity gas analysis system using an optical fiber gas cell
- (3) Development of hollow optical fibers and optical fiber devices

URL <http://www.ecei.tohoku.ac.jp/photonics/>



赤外光を用いた血糖測定器
Blood glucose measurement system using infrared light



光ファイバガスセルを用いた呼吸分析装置
Breath analysis system using optical-fiber gas cell

生体機能創成学

Bio-Medical Interface Fabrication



教授 水谷 正義
Professor Masayoshi Mizutani

「生体に優しい」ものづくり:生体機能性インターフェースの創成 Fabrication of biocompatible/bio-functional interface using new machining processes

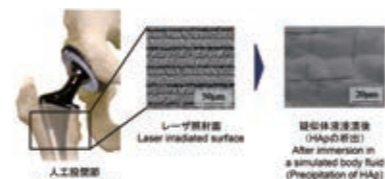
ナノ精度機械加工等の高度な「ものづくり」技術を基盤として、スマート機能性インターフェース創成技術の創出と科学的解明、並びに医療応用を視野に入れた実用研究を産学連携体制のもとで行っている。

- ① 生体親和表面の創成
- ② バイオミメティック表面の創成等。

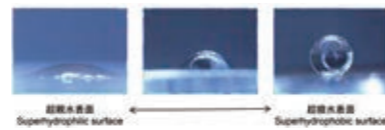
Our laboratory aims to promote innovations of nano-precision Micro/Meso Mechanical Manufacturing (M4 process) at the frontier of manufacturing technology for a smart functional interface. The geometric structure and chemical composition of material surfaces change in a variety of ways under machining conditions. Our laboratory examine this phenomenon and attempt to clarify and control the mechanism. This method can create various surface functions, such as biocompatibility, antibacterial activity, and wettability, which could lead to new surface creation processes. Our goal is to create new principle and technology for the next-future bio-medical interface and devices.

1. Generation of biocompatible surface,
2. Fabrication of biomimetic surface, etc,

URL <https://mmlab.mech.tohoku.ac.jp/>



生体親和表面の創成(生体活性機能の付与)
Generation of bio-active surface



バイオミメティックな発想での表面機能創成(材料表面の濡れ性の制御)
An example of surface function: surface wettability control

ナノデバイス 医工学

Nanodevice Engineering



教授 芳賀 洋一
Professor Yoichi Haga

マイクロ/ナノテクノロジーが創出する次世代医療機器 Next-generation medicine based on micro/nano technology

マイクロマシニング、ナノテクノロジー、MEMS(微小電気機械システム)技術などの微細加工技術を駆使して、小さく高機能、多機能な内視鏡やカテーテル、手術器具などの低侵襲医療機器を開発し、近い将来に役立つ実用的な医療機器の開発を行うとともに、長期的には体内からのロボット外科手術、マイクロサージャリーの実現を目指しています。この実現のために、マイクロセンサ、マイクロアクチュエータなどの運動機構、これらを一括で低コストに組み立てる技術開発を行っています。また、これらの微細加工技術をヘルスケア(健康管理)用途に活用し、広く役立つ新しい測定項目およびその手段を実現するとともに、体表に装着して用いることができる薄く軽いウェアラブルヘルスケア機器の開発を行っています。さらに、血管や脳などマイクロセンサを搭載した臓器モデルを開発し、医師の手術トレーニング、医療機器開発における安全性および効果の評価に役立てることを目指しています。

- ① 外径125μmの極細径光ファイバ圧力センサ
- ② 高度な内視鏡手術を可能にする多機能手術ツール
- ③ 非平面フォトファブリケーション、非平面実装技術の開発
- ④ 皮膚貼付型生体成分計測パッチ など

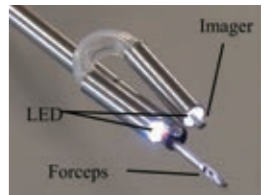
Small and high-functioning and multi-functioning endoscopes, surgical tools have been developed using micro fabrication technologies, for example, micromachining, nanotechnology and MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) technology aiming to realize practical and useful medical devices in near future, and we are aiming to realize robot surgery and microsurgery from inside the human body in the future. Microsensors, microactuators, and batch fabrication technologies for low cost and precise production have been studied and developed to realize the above. Utilizing these microfabrication technologies, we also aim for healthcare applications to realize new widely useful measurement items and methods and to develop thin and light weight wearable healthcare devices. Furthermore, organ models, for example vascular model and brain model, equipped with micro sensors have been developed to contribute surgical training of medical doctors and to evaluate effectiveness and safety of developing new medical devices.

1. Ultra-miniature fiber-optic pressure sensor (O.D. 125μm)
2. Multifunctional medical tools which enable sophisticated endoscopic surgery
3. Non-planar photofabrication and non-planar mounting technology
4. Patch system on the skin for continuous monitoring of biological substances

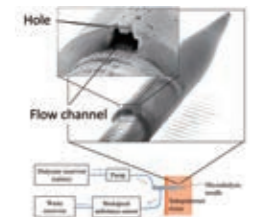
URL <http://www.medmems.bme.tohoku.ac.jp/>



極細径光ファイバ圧力センサ(外径125μm)
Ultra-miniature fiber-optic pressure sensor (O.D. 125μm)



腹腔内手術用変形型内視鏡(外径5mm)
Bending Transformative Endoscope for Intraoperative Surgery (O.D. 5mm)



皮膚貼付型生体成分計測用微小流路付金属針と流路断面(針外径200μm)
Metal needle with micro flow channel for biological substances monitoring patch Cross-section view of flow channel (needle O.D. 200μm).

近未来生命 情報工学

Next Generation
Biological Information
Technology



教授 齋藤 昌利
Professor Masatoshi Saito



講師 笠原 好之
Senior Assistant Professor Yoshiyuki Kasahara

発生の場からみた生命の解明と生命情報工学への応用 The application of complex biological networks throughout various stages of development

現代社会の環境の悪化は、地球温暖化だけではなく我々の体や精神も確実にむしばみつつある。小児ぜんそくやアレルギーの増加、学童期の自閉症の増加、若年性糖尿病の増加が世界中で見られ、未来への警告とし無視できない段階に達している。最近、これらの疾患の多くの部分が、ジャンクフードの過剰摂取やストレスをはじめとする妊娠中の母体を取り巻く住環境の悪化が原因であることが解ってきた。本研究室では、母体の環境と胎児の病気の関係を臨床研究やマウスを用いた動物実験、遺伝子解析などを通して解明し、複雑系システム工学を駆使して母体から得られるかすかな胎児情報を計測、制御する近未来の医療工学を探る。

It has been found that some environments around fetus, such as maternal diet and infection, affect the baby's growth or constitution significantly. For example, the excessive intake of fat diet of mother during pregnancy is due to recent increase of children's autism, juvenile diabetes, and air pollution around mother has been found the cause of increase in childhood asthma. In spite of the recent advanced technology, most of the precise mechanism of fetal differentiation process has been unknown in the black box named uterus. In this laboratory, we study the fetal diseases from the relationship between maternal conditions and fetal development using the mice experiments, gene analysis, and clinical studies. And we explore the medical engineering in the near future though the study of measurement information obtained from the faint fetal signals appeared from maternal body.

URL http://www.fetalecg.med.tohoku.ac.jp/kimurab/kimurab_top_jn.html
http://www.fetalecg.med.tohoku.ac.jp/kimurab/kimurab_top_en.html



世界で初めて胎児生体電気信号を抽出することによる胎児心拍数モニタリング装置を開発し、2018年7月より発売が開始されました。この装置を用いることで高精度な胎児モニタリングが可能になります。

研究領域 Divisions

生体流動システム医工学

Biofluids Control System

生体流動システム医工学講座では、血液循環系など生体内の複雑な流動システムの理解に基づく循環系疾患のメカニズムの解明やその予防および治療法の確立のため、流体力学的視点と生物学的視点の両面からの教育・研究を行います。本講座には、以下の分野を設置しています。

The Biofluids Control Systems Course provides education and research from the standpoints of both fluid dynamics and biology, aimed at clarifying the mechanisms of circulatory system diseases and establishing methods for treatment and prevention, based on an understanding of the blood circulating system and other complex fluid systems *in vivo*. We teach the following fields.

研究分野 Laboratories

- 融合シミュレーション医工学
Integrated Biomedical Simulation
- 医用流動工学
Biomedical Fluid System

融合シミュレーション医工学

Integrated Biomedical Simulation



准教授 船本 健一
Associate Professor Kenichi Funamoto

生体内の微小環境の再現と細胞動態の操作技術の創成

Creation of technology for reproduction of *in vivo* microenvironment and control of cell dynamics

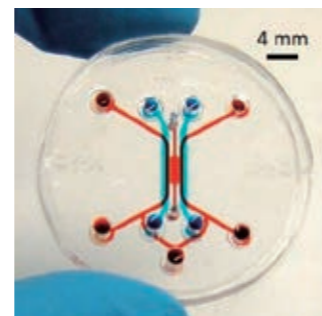
流体工学を基盤として、バイオメカニクスや細胞生物学を融合した学際的な研究を展開しています。マイクロ流体デバイスの開発や、細胞動態の計測と制御の実験、計測と数値解析の融合手法による生体内現象の解析により、疾患や障害の発生に至る機序の解明と、その予防法・治療法の開発のための教育・研究を行っています。

- ① 生体内微小環境を再現するマイクロ流体デバイスの開発
- ② 細胞群の挙動と相互作用の解明および制御
- ③ 計測融合シミュレーションによる生体機能の解明

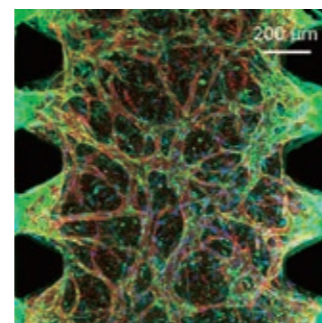
The Integrated Biomedical Simulation Laboratory conducts education and interdisciplinary research integrating biomedical engineering and cell biology based on fluid engineering to elucidate the mechanisms of diseases and disorders and to develop novel methods for their prevention and treatment. The main research projects are listed below.

1. Development of microfluidic devices to reproduce *in vivo* microenvironments.
2. Elucidation and control of cellular behaviors and interactions.
3. Understanding biofunctions by measurement-integrated simulation.

URL <http://www.ifs.tohoku.ac.jp/sme/index-j.htm>
<http://www.ifs.tohoku.ac.jp/sme/index-e.htm>



3-in-1生体模擬チップ
3-in-1 organ-on-a-chip



チップ内に形成した微小血管網
Microvascular network created in the chip

医用流動工学

Biomedical Fluid System



教授 太田 信
Professor Makoto Ohta

治療工学を通じた生体の構造と機能の解明

To approach the structures and function of the body through biomedical engineering.

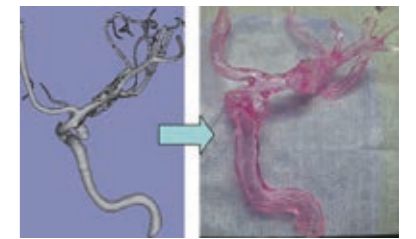
本研究分野では、治療に直接役立つ新デバイスの開発と、新デバイスの性能評価法の確立を目指した研究を行っています。これらを通じ、生体の構造と機能を学ぶことができると考えます。中でも血流および血管は身体を維持するために最も重要と捉え、脳動脈瘤の発見、診断、治療に寄与する医工学を展開し、生体環境や構造の再現に向けて、実験とコンピュータシミュレーション技術を礎に、国内外との積極的な共同研究を行い、重点的に取り組んでいます。

- ① 生体高分子材料を用いた血管モデル、口腔粘膜、骨モデルの研究開発
- ② 血流・治療のコンピュータシミュレーション
- ③ 医療現場での血流測定法の開発
- ④ 深層学習を用いた血流解析

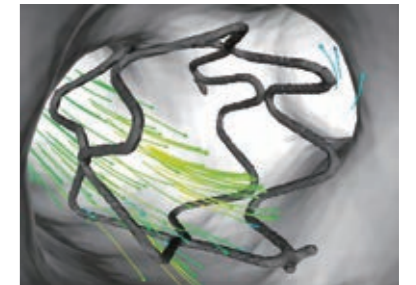
The focus of this laboratory is to develop new concept of implant especially based on flow and to establish new methods for evaluating the implants. For example, when you treat a cerebral aneurysm with endovascular treatment, you should know the effects of medical devices on controls of blood flow. The flow may depend on the geometry, materials and clinical conditions. Since these are so big issues, we collaborate with biomaterial groups, biomechanical groups, and medical groups to gather their top knowledge.

1. The development of blood vessel, oral mucosa, and bone biomodels using biomaterial gel
2. Computational simulation for blood flow in aneurysms with treatments
3. Development of in-situ measurement of blood flow in treatments
4. Blood flow analysis using deep learning

URL http://www.ifs.tohoku.ac.jp/bfc/html/index_ohta_j.html
http://www.ifs.tohoku.ac.jp/bfc/html/English/index_ohta_e.html



脳動脈瘤および脳動脈の形状と力学的機能を再現した血管モデル
Development of cerebral aneurysm model with realistic physical material properties.



ステントを留置したときの脳動脈瘤付近の血流の様子
Blood flow in stent on cerebral artery with aneurysm



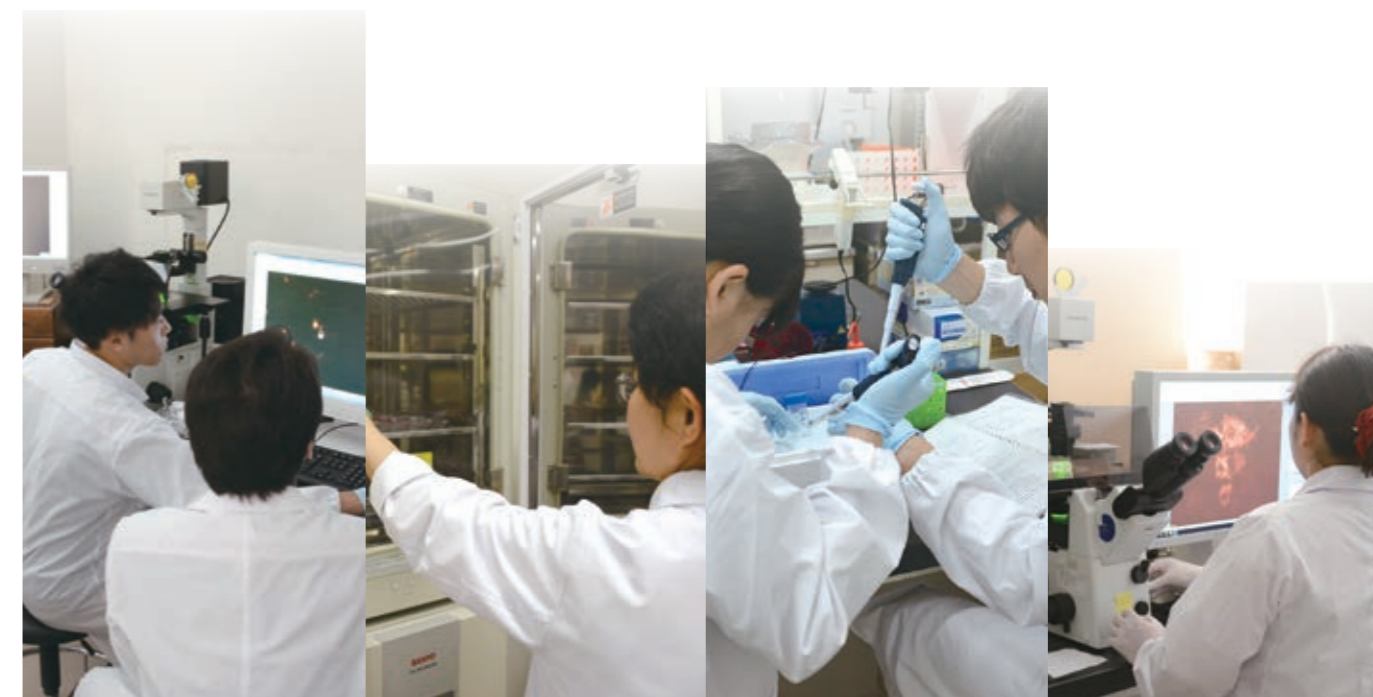
研究領域 Divisions

人工臓器 医工学

Artificial Organs

人工臓器医工学講座は、頭からお尻までおおよそすべての人工内臓の開発と研究を通じて、医学工学の境界領域における教育に尽力しています。講座内のさまざまな人工内臓開発プロジェクトを介して、医学と工学の基本知識を身につけることを目指します。

The Artificial Organs Course provides education in interdisciplinary fields of biomedical engineering through R&D on almost all artificial organs, from head to tail. The aim is to instill students with basic knowledge of medicine and engineering through various artificial organ development projects.



頭のお尻まで。全身のありとあらゆる人工内臓を具現化

Every kinds of artificial organs are developed in this division

東北大学は人工臓器に関する長年の研究の伝統があります。空気圧補助人工心臓の最初の長期生存は東北大学で成功し、製品化に進み、また遠心ポンプ式補助人工心臓でも動物実験世界記録を更新し、現在も、日本中で重症心不全患者の生命を救っています。また、現在、重症新型コロナウイルス患者を救命しているECMOシステムの血液ポンプは、東北大学で実験されていたシステムです。

原理的には、身体のあらゆる臓器は機械化が可能であるといわれています。そういう意味では、ひとつの臓器が病魔に冒されただけで、命を落としてしまうのはあまりにも残念です。本研究講座は、人工心臓、人工心筋、人工食道、人工括約筋、てんかん制御装置等々、さまざまな人工臓器の開発研究を通じて、人類の健康と福祉に貢献していきます。

- ① 補助人工心臓、全置換型人工心臓、人工心筋
- ② 人工食道
- ③ 人工括約筋
- ④ てんかん制御装置
- ⑤ ECMOシステム

Tohoku University has a long tradition of research on artificial organs. The first long-term survival of a pneumatic ventricular assist device was successful at Tohoku University and proceeded to commercialization. The centrifugal pump ventricular assist device also set a new world record for animal experiments and is still saving the lives of patients with severe heart failure in Japan.

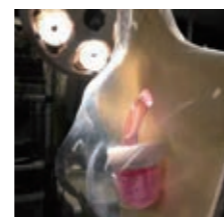
All intenal organs in human body are reported to be able to be replaced by the artificial organs. Artificial heart, myocardium, esophagus, and sphincter are developed in this laboratory.

Currently, the blood pump of the ECMO system, which is saving the lives of severe COVID19 patients, is a system that was being evaluated at Tohoku University.

- 1. Ventricular Assist Device, Total Artificial heart, Artificial myocardium
- 2. Artificial esophagus
- 3. Artificial sphincter
- 4. Convulsion attach stopper
- 5. Extra Corporeal Membrane Oxygenator (ECMO)



人工心筋埋め込みシエマ
ナノセンサと形状記憶合金アクチュエータの
組み合わせにより、心筋の収縮サポートを行う。
Schematic illustration of the artificial
myocardium



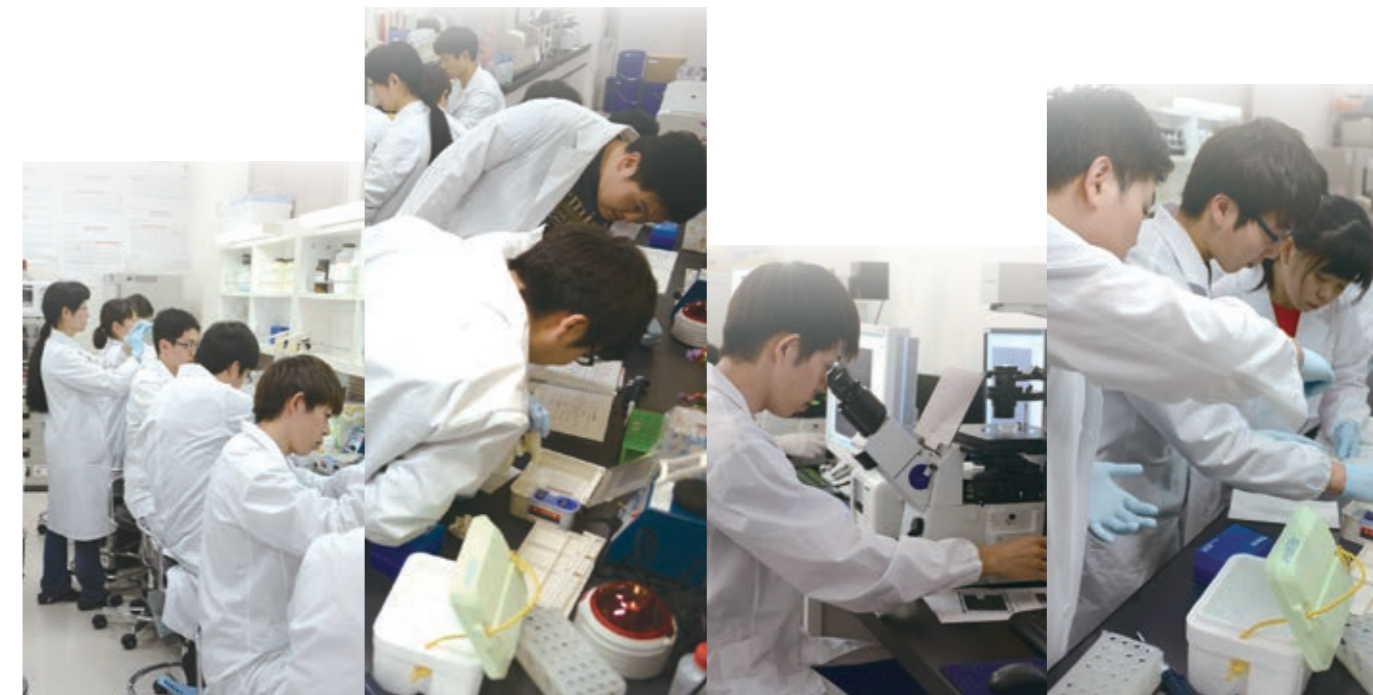
開発されて
いる人工心
筋による心
補助効果は、
様々な定量
診断的な実
験により確
認されつつ
ある



重症新型コロナウイルス感染症患者を
救命するvvECMOシステム
vvECMO for the patients with
Covid-19



挿入型遠心式補助人工心臓 EvaHeart-2
Implantable Rotary Blood Pump, Eva Heart2



研究領域 Divisions

生体材料学

Medical Materials

生体材料学講座では、インプラントや医用器具・部材等への応用を念頭に、金属ならではの特性を生かした新医用材料やその組織・形態制御および加工プロセスの開発を通じた医療貢献を目指して、金属学の基礎とその最新応用に関する教育研究を推進します。このため、生体材料学講座には以下の分野を設置しています。

In the Medical Materials Course, students will engage in research and development of titanium alloy and other metallic biomaterials from design to manufacturing, processing and evaluation under a system of collaboration with medical and dental researchers.

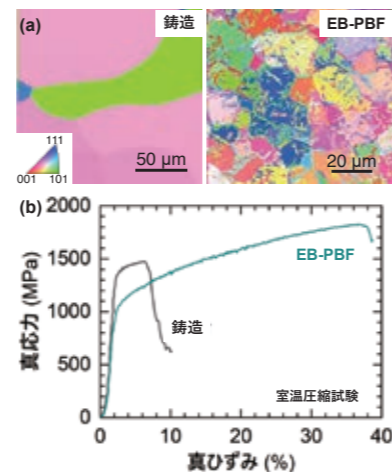
研究分野 Laboratories

- 医用金属材料学
Metallurgical and Materials Engineering for Biomedical Applications
- 医用金属構造形態制御学
Designing Metal for Medicine Based on Metallurgy

先端加工プロセスによる高機能医用金属材料の開発 Advanced processing for metallic biomaterials

金属材料の組織や特性は合金組成だけでなく加工プロセスにも大きく依存して変化し、「どのように作るか」という製造の観点の実用化の課題となることも少なくありません。本分野では、加工プロセスに注目して医用金属材料に関する研究を行っています。鋳造や塑性加工といった基本的な金属加工プロセスから近年注目を集めるAdditive Manufacturing (積層造形)まで幅広く対象とし、飛躍的な特性改善と生体内で長期間使用可能な高い信頼性の両立するための材料・プロセス設計の確立を目指しています。また、放射光や中性子を用いた先端組織・変形解析により体系化したプロセス-組織-特性の関係や臨床ニーズに基づく新しい医用金属材料の創製にも取り組んでいます。

The characteristics of metallic biomaterials and their clinical applications depend not only on alloy composition but also on the manufacturing process. Our research focuses on metallic biomaterials from a manufacturing standpoint. We delve into both fundamental metal processing technologies, such as casting, plastic deformation, and powder metallurgy, and emerging technologies, namely Additive Manufacturing. Our goal is to establish material and process designs that enable significant improvements in alloy properties to ensure high reliability for long-term use in the human body. Additionally, we are actively involved in the elucidation of the process-structure-property relationships by utilizing advanced characterization techniques, such as synchrotron radiation and neutron analysis, while also addressing clinical needs.



電子ビーム積層造形(EB-PBF)と鋳造を用いて作製した多成分系合金の(a)組織と(b)力学特性。合金組成は同じでも作製方法の違いを反映して異なる組織が得られ、力学特性に大きな影響を及ぼす。(a) Microstructures and (b) mechanical properties of a multi-principal element alloy prepared using electron beam powder bed fusion (EB-PBF) additive manufacturing and conventional casting. Despite having the same alloy composition, variations in manufacturing methods result in distinct microstructures, thereby exerting a significant impact on mechanical properties.

医用金属材料学

Metallurgical and Materials Engineering for Biomedical Applications



准教授 山中 謙太
Associate Professor Kenta Yamanaka

医用金属 構造形態制御学

Designing Metal for Medicine Based on Metallurgy



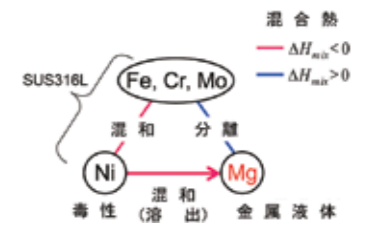
教授 加藤 秀実
Professor Hidemi Kato

金属学に基づいた医用金属材料の成分・構造・形態制御に関する研究 Alloy, Structure and Morphology Design of Metals for Medicine Based on Material Science and Engineering

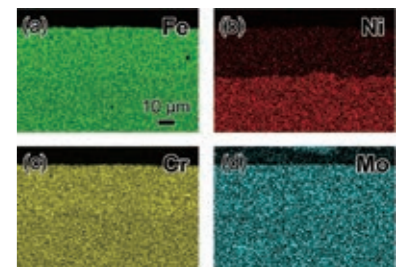
金属材料の構造およびその形態を、冶金学に基づくプロセスを用いて制御することにより、生体適合性・生体機能性に優れた新しい医用金属材料を開発する。急冷凝固法等の非平衡プロセスを用いたナノ構造・非晶質化によって構造を制御し、新奇な機械的特性を呈する新しい医用金属を見出す。また、脱成分法等の改質プロセスを用いた無毒・多孔質表面化によって表面形態を制御し、既存または最新医用金属材料の更なる生体適合性の改善に貢献する。

Structure and morphology of metals are designed by metallurgical methods to develop new metals for medicine with high biocompatibility and excellent biological function.

1. Phase of metal is controlled to be the non-equilibrium states such as glassy and nano-crystalline phases by mean of the non-equilibrium process.
2. Surface or whole body of metal is controlled to be porous with less toxicity by mean of the dealloying technique.

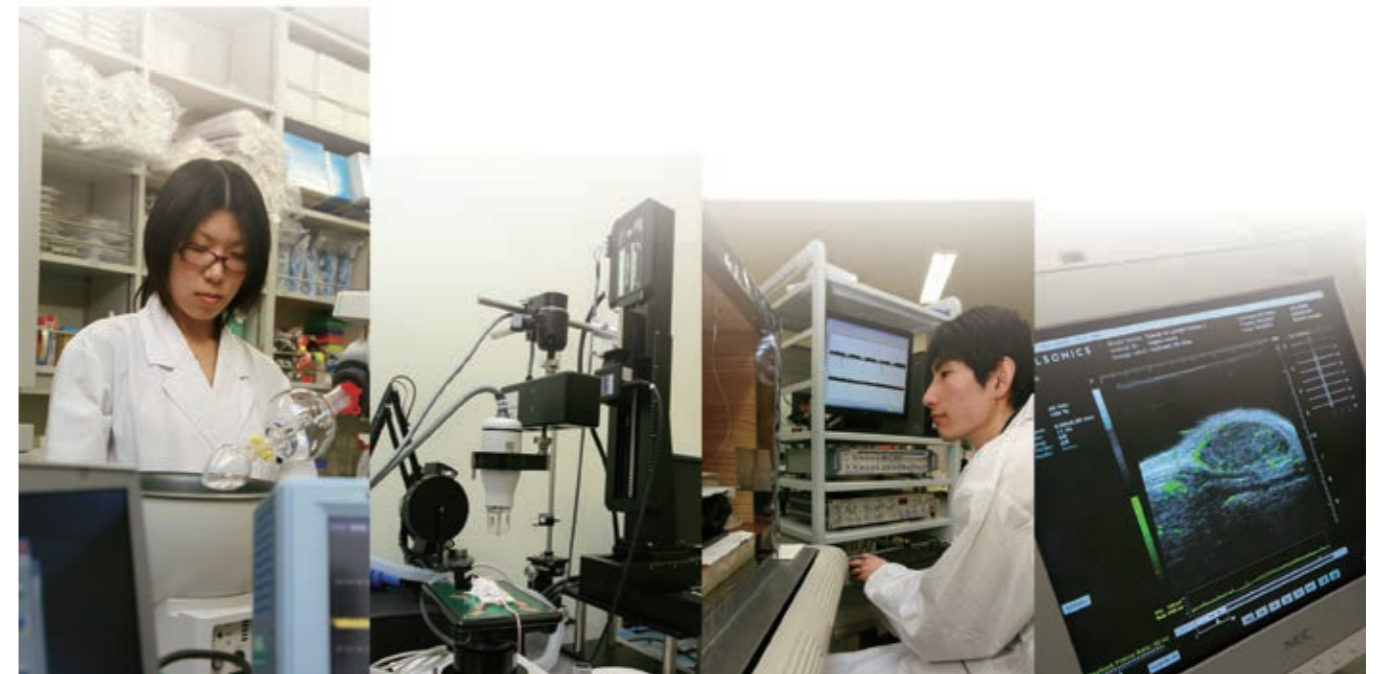


SUS316L表面から毒性ニッケル元素を脱成分する反応設計
Dealloying reaction design to remove toxic Ni element from SUS316L surface



マグネシウム液体中に浸漬してニッケルが除去されたSUS316L表面断面を示すEDS分析結果
EDS results on cross section of SUS316L surface in which toxic Ni element has been selectively removed in a Mg liquid

URL <http://www.nem2.imr.tohoku.ac.jp/>
<http://www.nem2.imr.tohoku.ac.jp/index-e.html>



研究領域 Divisions

生体システム 制御医工学

Biomedical System Control Engineering

生体システム制御医工学講座では、サイバネティクス、システム制御工学、及び知能システム工学の医工学応用に関する教育研究を行います。本講座には、以下の分野を設置しています。

Using information, systems and control engineering and advanced information technology, students will engage in research related to development of biosystem modeling, state estimation and simulation techniques along with development of technology to optimally control artificial organs, rehabilitation equipment, healthcare equipment and other medical systems as well as technology to achieve highly functional human interfaces.

研究分野 Laboratories

- サイバー医療システム
Cybermedical System
- 知能システム医工学
Intelligent Biomedical Systems Engineering

サイバー医療システム

Cybermedical System



教授 杉田 典大
Professor Norihiro Sugita

健康社会のためのサイバーフィジカルシステム Cyber-physical Systems for Well-being Society

生体センシング、人工知能、システム制御を融合させた手法を用いて、生体システムの解析・評価・モデリングについて研究を行うと共に、医療・健康福祉におけるサイバーフィジカルシステムに関する理論の構築と社会実装に向けた先進的技術の開発を進める。

1. サイバー空間を用いた健康管理システム
2. 非接触ヒューマンセンシング
3. 医療・健康福祉のためのバーチャルリアリティシステム
4. 生体信号に基づくデジタルコンテンツ評価

We are conducting a study on the analysis, evaluation, and modeling of biological systems using methods that integrate biological sensing, artificial intelligence, and system control. We aim to propose theories about cyber-physical systems in medicine, health, and welfare and develop advanced techniques for social implementation.

1. Cyber health management systems
2. Contactless human sensing
3. Virtual reality systems for medicine, health, and welfare
4. Assessment of digital content using biological signals



鏡型生体信号計測デバイス
Mirror type device for non-contact measurement of biological signal



バーチャル足こぎ車いすシステム
Virtual cycling wheelchair

知能システム 医工学

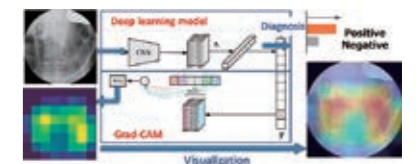
Intelligent Biomedical Systems Engineering



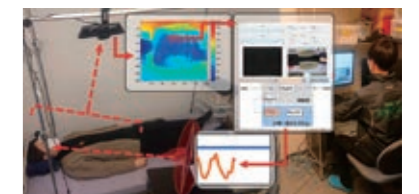
教授 本間 経康
Professor Noriyasu Homma

生体信号解析と制御に基づき知的な医療機器・システムを開発 Intelligent Computer-aided Diagnosis and Therapy based on Biomedical Signal Analysis and Control

本分野では、生体信号や医用画像に含まれる有用な情報・知見を引き出すため、AI・機械学習を含む計算知能 (computational intelligence) を活用した新たな理論・技術を探求し、より高度な診断・治療を支援するシステムとして実装する研究に取り組んでいます。たとえば、画像診断支援のため、医用画像に潜む病変や病因を深層学習モデルによって自動検出・識別し、その根拠を専門医のもつ高度な読影論理や画像解剖学的知見とも関連付けて提示する手法や、がん放射線治療の効果向上・副作用低減のため、X線透視像から腫瘍の位置・形状の時間変化を追跡し、予測する数理的な手法などの教育・研究を行っています。また、企業との共同研究も積極的に推進しており、技術移転を通して研究成果を社会に還元しています。



深層学習を用いた胃がん検診画像診断支援システムとその根拠解析
Explainable deep learning-based computer-aided system for H. Pylori infection diagnosis using gastric X-ray images.



深度計測による呼吸解析を用いた、放射線治療のための安定で軽負担な誘導制御システム
Comfortable bio-feedback control system with body surface measurement for stable respiration induced tumor motion during radiotherapy.

To derive clinically useful information and findings from biomedical signal and images, we aim at studying and developing new methods and theories of computational intelligence including AI and machine learning technologies and implementing them as intelligent medical systems to advance the clinical diagnosis and treatment further. For example, we are developing intelligent systems that automatically detect lesions latently captured in the medical diagnosis images and classify them based on more clear explanations associated with medical evidence and practices in specialists' diagnoses. Another research topic for achieving more accurate radiation therapy is the mathematical and computational methods to accurately track and predict the time-varying location and shape of tumors obscurely captured in X-ray images. Also, we are actively advancing research collaboration with companies in the field of medical systems and making contributions to our society by releasing our developed technologies.

URL <https://www.rii.med.tohoku.ac.jp/>



研究領域 Divisions

生体情報システム学

Biomedical Information Systems

生体情報システム学講座では、生体情報処理の医工学応用に関する教育研究を行います。本講座には、以下の分野を設置しています。

The Biomedical Information Systems Course provides research and education concerning medical applications of biological information processing. We teach the following fields.

研究分野 Laboratories

- 生物規範ロボティクス Bio-inspired Robotics
- ナノバイオ医工学 Nano-Biomedical Engineering
- マイクロ磁気デバイス医工学 Micro Magnetic Devices for Medical Engineering

生物規範ロボティクス

Bio-inspired Robotics



教授 石黒 章夫
Professor Akio Ishiguro

ロボットを創りながら生き物のからくりを理解する

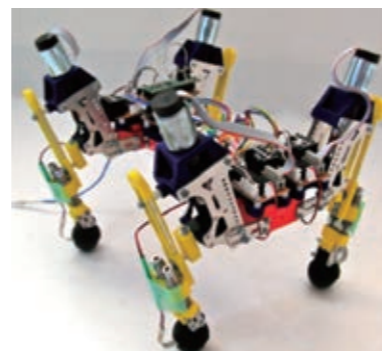
Understanding Biological Systems by Building Robots

生物は、自身の身体に持つ膨大な自由度を巧みに操り、実世界環境に対してしなやかかつタフに適応可能である。本研究室では、ロボティクスや数理学、生物学、物理学といったさまざまな学問領域を縦横無尽に行き来しながら、「ハードでドライ」なシステムを基盤とする既存技術では決してなし得ない、生物のような「しぶとさ」や「多才さ」といった知を有する人工物システムの創成を目指した研究を進めている。

- ① 分散神経系による脚式ロボットの 실시간適応制御
- ② ヘビ型ロボットなどのソフトロボットの自律分散制御
- ③ 絶滅動物の運動様式の理解・復元

Living organisms exhibit surprisingly adaptive and versatile behavior in real time under unpredictable and unstructured real world constraints. Such behaviors are achieved via spatiotemporal coordination of a significantly large number of bodily degrees of freedom. Clarifying these remarkable abilities enable us to understand life-like complex adaptive systems as well as to construct truly intelligent artificial systems. We study the design principle of autonomous decentralized systems that exhibit life-like resilient behaviors from the viewpoints of robotics, mathematics, nonlinear science, and physics.

1. Real-time adaptive control of legged robots via distributed neural system
2. Autonomous decentralized control of soft-bodied robots (e.g. snake robot)
3. Understanding behaviors of extinct animals



身体特性や移動速度の変化に応じて脚の動かし方を自己組織的に適応可能な4脚ロボット
Quadruped robot driven by a fully decentralized neural network-based control.

URL <http://www.cmplx.riec.tohoku.ac.jp/>

マイクロ磁気デバイス医工学

Micro Magnetic Devices for Medical Engineering



教授 石山 和志
Professor Kazushi Ishiyama

電磁で生体とコミュニケーション。カプセル内視鏡への応用が進行中

Move and Measure by Magnetics

生体との電磁コミュニケーションを確立し、生体のもつ情報システムとしてのはたらきを理解するためには、生体の有するさまざまな機能性を情報として捉え、それらを総合的に解明することが必要です。本研究分野は、生体の発する情報を受け取るセンシング技術ならびに生体に働きかけを行う技術に関する研究を推進しており、極めて高い磁界分解能を有する高周波キャリア型磁界センサや、ワイヤレスアクチュエータ・マニピュレーターに関する研究開発を行っています。これらの成果の一部は、カプセル内視鏡の駆動機構等への応用が進められています。

- ① 磁気センシングシステム
- ② マイクロ磁気アクチュエータ
- ③ 磁気利用次世代医療機器

For realizing good communication with human body, and for realizing the properties of the human body as an information system, we have to realize the function of the human body as information. We are working on the technology for sensing the information from the human body and for approaching action to the human body. High-frequency carrier-type magnetic field sensor is studied for sensing system for bio-information. As one of the approaching system for human body, wireless actuators and manipulators are investigated. A part of this technology is applied for a motion system for a capsule endoscope working in the colon tube.

1. Magnetic sensing system
2. Micro magnetic actuators
3. New medical equipments using magnetic



カプセル内視鏡駆動用アクチュエータ
Actuator for Capsule Endoscope

URL <http://www.ishiyama.riec.tohoku.ac.jp/>

ナノバイオ医工学

Nano-Biomedical Engineering



教授 平野 愛弓
Professor Ayumi Hirano

ナノと生体材料の融合による新しいバイオデバイス

Novel biodevices based on the combination of nanotechnology and biomaterials

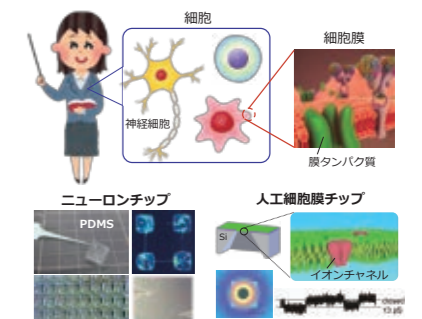
ナノテクノロジーとバイオ材料を融合し、生体機能を小さなチップ上に再構成することにより、新しい医用・創薬用デバイスや生体機能解析プラットフォームの創成を目指す。特に、神経細胞やその細胞膜、さらには細胞膜中の膜タンパク質(イオンチャネル)のような様々な階層のバイオ材料を対象に、人工細胞膜や人工神経回路網の構築とその医療応用について研究する。本分野は、ナノ構造体や半導体デバイスから生物学に至る研究分野の融合であり、学際領域にまたがる広範な知識と研究能力とを兼ね備えた人材を育成する。

- ① 人工細胞膜デバイスの開発とその応用に関する研究
- ② 二次元バイオ材料に基づく電子・イオンデバイスの創成に関する研究
- ③ 培養神経細胞を用いた人工神経回路網に関する研究

This group is developing novel nano-biomedical devices through the reconstitution of biological functions on small chips based on the combination of nanotechnology and biological materials. Attention is mainly focused on construction of artificial cell membranes and artificial neuronal networks, and their application to medical devices. This research field is a fusion of various fields, including nanotechnology, nano-structures, semiconductor devices and biological sciences.

1. Artificial cell-membrane devices and their medical application
2. Construction of electronic/ionic devices based on biological two-dimensional materials
3. Artificial neuronal networks using cultured neuronal cells

URL <http://www.riec.tohoku.ac.jp/~hir-lab/index.html>



ヒトを構成するバイオ材料とそれに倣ったバイオデバイス
Biomaterials in the human body and biodevices based on these materials

Researchers Index

研究者索引 ※Last name, First name

Researchers Index
研究者索引

- A** **Abe, Takaaki** P24
Professor | Medical Science
Development of remedies for cancer, hypertension, diabetes and renal failure
- Arakawa, Mototaka** P12
Associate Professor | Medical Ultrasound
Research on new methods for ultrasonic measurements and controls for quantitative diagnosis of biological tissues
- F** **Fukushima, Takafumi** P20
Associate Professor | Biomedical Nanosystem Engineering
Research and development of biomedical micro/nano system based on semiconductor neural engineering
- Funamoto, Kenichi** P30
Associate Professor | Integrated Biomedical Simulation
Creation of technology for reproduction of *in vivo* microenvironment and control of cell dynamics
- H** **Haga, Yoichi** P29
Professor | Nanodevice Engineering
Next-generation medicine based on micro/nano technology
- Hayashibe, Mitsuhiro** P21
Professor | Neuro-Robotics
Robotics for Neuroscience, Neuroscience for Robotics
- Himori, Noriko** P23
Associate Professor | Department of Aging Vision Healthcare
Early detection and treatment, and attempt for personalized medicine and prevention
- Hirano, Ayumi** P38
Professor | Nano-Biomedical Engineering
Novel biodevices based on the combination of nanotechnology and biomaterials
- Homma, Noriyasu** P36
Professor | Intelligent Biomedical Systems Engineering
Intelligent Computer-aided Diagnosis and Therapy based on Biomedical Signal Analysis and Control
- I** **Ishiguro, Akio** P37
Professor | Bio-inspired Robotics
Understanding Biological Systems by Building Robots
- Ishikawa, Takuji** P19
Professor | Biological Flow Studies
Biomechanics for studying biological functions
- Ishiyama, Kazushi** P38
Professor | Micro Magnetic Devices for Medical Engineering
Move and Measure by Magnetics
- K** **Kanetaka, Hiroyasu** P17
Professor | Advanced Dental Science and Technology
Innovation of highly advanced medical technology using high technology in bio-dental engineering
- Kanzaki, Makoto** P20
Professor | Biomedical Nanoscience
Cold Atmospheric Plasma in Future Medicine and Healthcare
- Kasahara, Yoshiyuki** P29
Senior Assistant Professor | Next Generation Biological Information Technology
The application of complex biological networks throughout various stages of development
- Kato, Hidemi** P34
Professor | Designing Metal for Medicine Based on Metallurgy
Alloy, Structure and Morphology Design of Metals for Medicine Based on Material Science and Engineering
- Katori, Yukio** P22
Professor | Rehabilitative Auditory Science
Prevention of age-related and acoustic hearing impairment
- Kikuchi, Kenji** P19
Associate Professor | Biological Flow Studies
Biomechanics for studying biological functions
- Kodama, Tetsuya** P16
Professor | Biomedical Engineering for Cancer
Preclinical study of early diagnostic and treatment of lymph node metastasis
- Kuwahata, Akihiro** P15
Associate Professor | Electromagnetics for Biomedical Engineering
Electromagnetics for minimally invasive medical and welfare applications
- M** **Matsuura, Yuji** P28
Professor | Biomedical Optics
Development of non-invasive diagnosis and healthcare devices using optical technology
- Mizutani, Masayoshi** P28
Professor | Bio-Medical Interface Fabrication
Fabrication of biocompatible/bio-functional interface using new machining processes
- Murayama, Kazutaka** P13
Associate Professor | Biomedical Supramolecular Analysis
Comprehensive analysis for biological supramolecular complexes
- N** **Narushima, Takayuki** P17
Professor | Biomedical Materials Processing
Biofunctionalization of metals based on surface and microstructural control
- Niizuma, Kuniyasu** P23
Professor | Department of Neurosurgical Engineering and Translational Neuroscience
Development of new tools and therapies for neurosurgical diseases, and rapid translation to patients
- Nishizawa, Matsuhiko** P21
Professor | Wet Device Engineering
Research and development of bio-hybrid devices
- Numayama, Keiko** P19
Associate Professor | Biological Flow Studies
Biomechanics for studying biological functions
- O** **Ohta, Makoto** P31
Professor | Biomedical Fluid System
To approach the structures and function of the body through biomedical engineering.
- Okuyama, Takeshi** P25
Associate Professor | Medical Welfare Engineering
Advanced medical welfare engineering for improvement of QOL (quality of life)
- R** **Rashad, Sherif** P23
Associate Professor | Department of Neurosurgical Engineering and Translational Neuroscience
Development of new tools and therapies for neurosurgical diseases, and rapid translation to patients
- S** **Saijo, Yoshifumi** P27
Professor | Biomedical Imaging
Imaging of biological tissues by novel data acquisition and analysis
- Saito, Masatoshi** P29
Professor | Next Generation Biological Information Technology
The application of complex biological networks throughout various stages of development
- Shiraishi, Yasuyuki** P32
Associate Professor | Artificial Organs
Every kinds of artificial organs are developed in this division
- Sugita, Norihiro** P35
Professor | Cybermedical System
Cyber-physical Systems for Well-being Society
- Suzuki, Takehiro** P24
Associate Professor | Medical Science
Development of remedies for cancer, hypertension, diabetes and renal failure
- T** **Tanaka, Mami** P25
Professor | Medical Welfare Engineering
Advanced medical welfare engineering for improvement of QOL (quality of life)
- Tanaka, Tetsu** P20
Professor | Biomedical Nanosystem Engineering
Research and development of biomedical micro/nano system based on semiconductor neural engineering
- W** **Watabe, Hiroshi** P14
Professor | Radiation Informatics for Medical Imaging
Applied information technology for medical imaging with radiation
- Watanabe, Takashi** P26
Professor | Neural Electronic Engineering
Measurement and control for assisting and restoring motor functions, and for advanced rehabilitation system
- Y** **Yabukami, Shin** P15
Professor | Electromagnetics for Biomedical Engineering
Electromagnetics for minimally invasive medical and welfare applications
- Yamaguchi, Takeshi** P26
Professor | Life Support Engineering
Life support engineering for safe and secure society
- Yamamoto, Masaya** P18
Professor | Biofunctional Materials Processing
Development of biofunctional materials process for regenerative medicine and drug delivery systems
- Yamanaka, Kenta** P33
Associate Professor | Metallurgical and Materials Engineering for Biomedical Applications
Advanced processing for metallic biomaterials
- Yambe, Tomoyuki** P32
Professor | Artificial Organs
Every kinds of artificial organs are developed in this division
- Yoshinobu, Tatsuo** P13
Professor | Biosensing
Semiconductor sensors for chemical and bio-imaging
- Yoshizawa, Shin** P16
Professor | Ultrasound Enhanced Nanomedicine
Noninvasive ultrasonic treatment of non-superficial tissue

■ Biomedical Measurements and Diagnostics
 ■ Biomedical Engineering for Diagnosis and Treatment
 ■ Biomechanical Engineering
 ■ Regenerative and Biomedical Engineering
 ■ Biomedical Engineering for Health and Welfare
 ■ Medical Device Innovation
■ Biofluids Control System
 ■ Artificial Organs
 ■ Medical Materials
 ■ Biomedical System Control Engineering
 ■ Biomedical Information Systems

2014年7月に医工学研究科に2つの研究センターを設置しました。

研究センターの目的は、本研究科に所属する研究者を中心に学内外の研究者・企業との共同研究および国際展開を推進することです。研究センターは、講座・研究分野の枠にとらわれず、プロジェクトに応じて参加する研究者で構成されています。

がん医工学センター

Biomedical Engineering Cancer Research Center

本邦におけるがんの罹患者数は2019年で999,000人を超え、その半数ががんで死亡しております。がん医工学センターでは、がんの予防、診断および治療に関する学問を体系化し、医工学の観点からがんの医工学を推進できる組織横断的な教育・研究体制を図り、がんを苦しむ患者の根絶を目的に研究活動をおこなっております。活動内容は以下の通りです。

- 1) 最先端のがん医工学研究の促進
- 2) 国際的な研究環境の整備
- 3) 国際的な臨床試験体制の強化
- 4) がん医工学の新学術領域の創生

センター長 小玉 哲也

Director **Tetsuya Kodama**

In 2019, more than 999,000 people in Japan were newly diagnosed with cancer, and around half this number die each year. The mission of The Biomedical Engineering Cancer Research Center (BECRC) is to eliminate cancer in Japan and indeed the world, through systematization that integrates the prevention, diagnosis and evaluation of cancer, and through the establishment of an interdisciplinary education/research framework.

The main functions of the BECRC are to:

- 1) Promote leading-edge biomedical engineering research in the field of cancer
- 2) Establish an international research environment for the study of cancer
- 3) Consolidate the international clinical trial system for cancer
- 4) Develop innovative methods in biomedical engineering to treat cancer

医療機器創生開発センター

Medical Device Innovation Center

革新的医療機器の開発とその国際展開は日本の命運を担う重要なテーマです。医療機器は医薬品と比較して、その種類が多く使用用途が多岐にわたるため、臨床ニーズを的確に反映した機器を個別に開発することが求められます。医療機器創生開発センターは、医療従事者の臨床ニーズに東北大学医工学研究科および関連部局の研究者が有する工学的シーズをマッチングさせます。また、医療機器のプロトタイプを作製し、東北大学病院臨床研究推進センターと連携することで、動物実験などの前臨床試験や臨床治験への展開を図ります。活動内容は以下の通りです。

- 1) 臨床ニーズと工学シーズのマッチング
- 2) 医療機器のプロトタイプ作製
- 3) 医療機器開発に関する産学連携の推進

センター長 西條 芳文

Director **Yoshifumi Saijo**

Development of innovative medical devices and its global outreach is one of the most important issues for future of Japan. In comparison with pharmaceutical products, medical device has a wide variety of size and styles and it should be tailor-made for each clinical needs. Medical Device Innovation Center matches the clinical needs raised by medical doctors or co-medical staffs with the engineering seeds possessed by the researchers in Graduate School of Biomedical Engineering and related faculties in Tohoku University. The center produces the prototype of the medical device from the idea of matching of clinical needs and engineering seeds and it relays to animal experiments or clinical trials with the collaboration with Clinical Research, Innovation and Education Center, Tohoku University Hospital.

The main functions of the Medical Device Innovation Center are to:

- 1) Match the clinical needs and engineering seeds
- 2) Produce prototypes of medical devices
- 3) Promote collaboration between academia and industry



修了後の進路

Career Options for Graduates

修了後の進路

Career Options for Graduates

医工学研究科には医工学専攻博士前期2年の課程および後期3年の課程が設置され、それぞれ修士(医工学)および博士(医工学)の学位を取得することができます。医療機器開発の現場から関連官庁、教育研究者等、多岐にわたる進路での活躍が期待されます。本医工学研究科では、以下のような人材の育成輩出を目指しています。

The Graduate School of Biomedical Engineering offers a graduate course, which is divided into a two-year course (zennki-katei or Master's course) and a subsequent three-year course (koki-katei or Doctoral Course). Students that complete the courses are granted a master's degree (shushi-go) and doctor's degree (hakushi-go), respectively. The career options are varied, from the front lines of medical equipment development to related governmental agencies and education and research institutes. The aim of the Graduate School of Biomedical Engineering is to train and produce human resources such as the following:

教育研究者 Educators and researchers

新しい医工学を築き上げる能力を有する基礎的研究者で、学生の教育と研究を遂行する国公私立大学の教員や国公立研究機関の研究者になり得る者で、わが国の医工学関連の研究を推進するとともに、後進の育成にあたる人材。

Basic researchers with the ability to make new developments in biomedical engineering that can become teaching staff at national and private universities carrying out student education and research and researchers at national research institutes that will promote biomedical engineering research in Japan and train their juniors.

生体医工学関連官庁職員 Staff at government biomedical engineering agencies

医工学や社会医工学、医療経済、法制、知財等に広い知識を有する技術者で、官僚としてわが国の医療行政や医工学関連の技術・政策立案、国・自治体等の医療プロジェクトの企画、国内・国際規格の創案、医療機器審査やその管理等に参画できる人材。

Engineers with wide-ranging knowledge fields such as biomedical engineering, socio-biomedical engineering, medical economics, law and intellectual property that can participate in technical and policy proposals related to health services and biomedical engineering in Japan, planning of national and local medical treatment projects, creation of national and international standards, review and management of medical equipment, etc. as government officials.

医療機器開発技術者 Medical equipment development engineers

医工学関連企業において、新しい医療機器の考案、設計開発の能力、組織工学・再生医療等の技術を備えた技術者で、医療機器製造・販売企業、医療機器ベンチャーの起業者、医薬品関連企業等に貢献できる人材。また、薬事法改正に伴って医療機器製造販売企業に義務付けられた医工学系の技術者、さらにこれらの企業で医工学関連の技術特許や臨床治験などの法規を担当する技術者も含まれます。

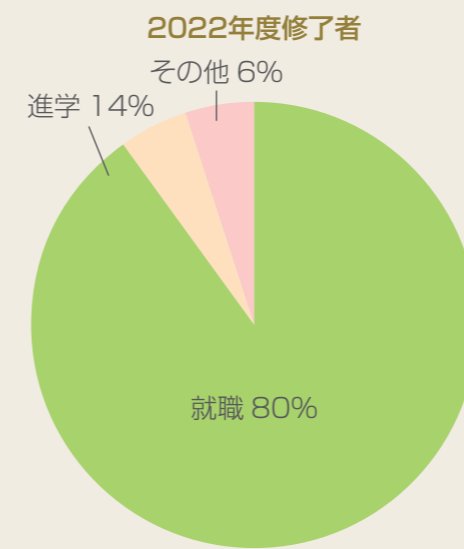
Engineers at biomedical corporations that are able to design and develop new medical equipment and have skills related to tissue engineering and regenerative medicine. Engineers who can start medical equipment manufacturing/sales companies and medical equipment ventures, and can contribute to medical and pharmaceutical companies. This includes biomedical engineers required at medical equipment manufacturing and sales companies by the amendment to the Pharmaceutical Affairs Law and engineers at these companies in charge of handling regulations related to biomedical engineering technical patents and clinical studies.

病院での機器管理者 Equipment managers at hospitals

病院内の診断治療機器の改良、メンテナンス、管理等の知識と能力を備えた技術者で、臨床工学技士の指導や病院の近代化計画に力を発揮できる人材。

Engineers with the knowledge and skills to modify, maintain and manage diagnostic and treatment equipment at hospitals and exercise their ability to provide guidance to clinical engineers and formulate hospital modernization plans.

修了者の進路状況



これまでの主な就職先

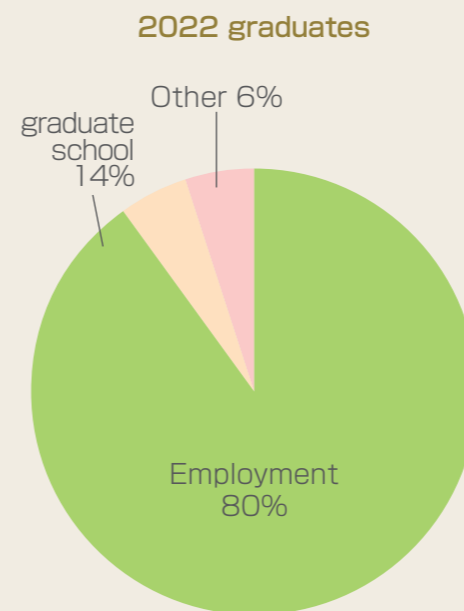
〈一般企業〉

KDDI(株)/NTT東日本(株)/旭化成(株)/オムロン(株)/オリンパス(株)/精工エー・アンド・ティ/精工エービーコミュニケーションズ/キャノン(株)/コニカミノルタ(株)/シスメックス(株)/シャープ(株)/常陽銀行/シンフォニアテック/ロジック(株)/スカイマーク(株)/セイコーエプソン(株)/ソニー(株)/テルモ(株)/キャノンメディカルシステムズ(株)/東北電力(株)/日産自動車(株)/日本光電工業(株)/任天堂(株)/東社シーテック(株)/ファナック(株)/富士ゼロックス(株)/富士通(株)/富士フイルム(株)/フナコシ(株)/本田技研工業(株)/三菱重工業(株)/ヤマハ発動機(株)/リオン(株)/富士通新潟システムズ(株)/ハッピージャパン(株)/村田製作所(株)/日立ハイテク/ロジック(株)/島津製作所(株)/ジャムコ(株)/デンソー(株)/電通デジタル・ホールディングス(株)/東芝(株)/ニコン(株)/日立製作所(株)/フジクラ(株)/三井住友銀行(株)/五藤光学研究所/三菱電機インフォメーションネットワーク(株)/三菱自動車工業(株)/三菱電機エンジニアリング(株)/中部電力(株)/東レ(株)/日本メトロロジック(株)/日本航空(株)/日本電気(株)/富士電機(株)/全日本空輸(株)/JR東海(株)/大正製薬(株)/長野村総合研究所/みずほ情報総研(株)/川崎重工業(株)/PHC(株)/パナソニック(株)/テルモ(株)/オリンパス(株)/帝人(株)/TOTO(株)/共立環境技術研究所/新東工業(株)/バイオ・ラッドラボラトリーズ(株)/アイシン・ソフトウェア(株)/ウエスタンデジタル(株)/東トプコン山形/武州製薬(株)/日本エー・エス・エム(株)/日鉄ソリューションズ(株)/日揮(株)/丸紅(株)/朝日インテック(株)/東日本電信電話(株)/ベネッセコーポレーション/アトムメディカル(株)/日本光電工業(株)/日本ライフライン(株)/スズキ(株)

〈その他〉

東北大学/秋田県立大学/近畿大学/大阪大学/名古屋大学医学部附属病院/独立行政法人国立高等専門学校機構一関工業高等専門学校/東北大学病院/国立研究開発法人理化学研究所/(独)医薬品医療機器総合機構/経済産業省/防衛省/神奈川県庁/栃木県庁/仙台市役所/(一財)広南会広南病院/(一財)日本海軍協会/航空自衛隊/宮城県庁/特許庁/NHK/山形県立新庄病院/東京都庁/バン格拉ディッシュ原子力規制庁

Graduates of the course situation



The main employment of the past

〈General companies〉

KDDI CORPORATION / NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE EAST CORPORATION / Asahi Kasei Corp. / OMRON Corporation / Olympus Corporation / A&D Company, Limited / AP Communications Co., Ltd. / Canon Inc. / KONICA MINOLTA, INC. / Sysmex Corporation / Sharp Corporation / JOYO BANK, Ltd. / SINFONIA TECHNOLOGY CO., LTD. / Skymark Airlines Inc. / SEIKO EPSON CORPORATION / Sony Corporation / TERUMO CORPORATION / TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS CORPORATION / Tohoku Electric Power Co.,Inc. / NISSAN MOTOR CO.,LTD. / NIHON KOHDEN CORPORATION / Nintendo Co., Ltd. / Tohto C-tech Corporation / FANUC CORPORATION / Fuji Xerox Co., Ltd. / FUJITSU LIMITED / FUJIFILM Corporation / Funakoshi Co., Ltd. / Honda Motor Co., Ltd. / Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. / Yamaha Motor Co., Ltd. / RION Co., Ltd. / FUJITSU NIIGATA SYSTEMS LIMITED / HappyJapan Inc. / Murata Manufacturing Company, Ltd. / Hitachi High-Technologies Corporation / SHIMADZU CORPORATION / JAMCO CORPORATION / DENSO Corporation / Dentsu Digital Holdings, Inc. / TOSHIBA CORPORATION / NIKON CORPORATION / Hitachi, Ltd. / Fujikura Ltd. / Sumitomo Mitsui Banking Corporation / GOTO INC / Mitsubishi Electric Information Network Corporation / Mitsubishi Motors Corporation / Mitsubishi Electric Engineering Co., Ltd. / CHUBU Electric Power Co.,Inc. / TORAY INDUSTRIES, INC. / Medtronic / Japan Airlines Co., Ltd. / NEC Corporation / FUJI ELECTRIC CO., LTD. / Kawasaki Heavy Industries Co., Ltd. / PHC Co., Ltd. / Panasonic Co., Ltd. / Terumo Co., Ltd. / Olympus Co., Ltd. / Teijin Co., Ltd. / TOTO Ltd / Symbio-Labo co.,Ltd / SINTOKOGIO,Ltd / Bio-Rad Laboratories,Ltd / AISIN SOFTWARE Co., Ltd. / Western Digital Co., Ltd. / Topcon Yamagata Co., Ltd. / Bushu Pharma Co., Ltd. / ASM Japan Co., Ltd. / NS Solutions Co., Ltd. / JGC HOLDINGS Co., Ltd. / Marubeni Co., Ltd. / ASAH INTECC Co., Ltd. / NTT EAST Co., Ltd. / Benesse Co., Ltd. / ATOM MEDICAL Co., Ltd. / NIHON KOHDEN Co., Ltd. / Japan Lifeline Co., Ltd. / SUZUKI Co., Ltd.

〈Other〉

TOHOKU UNIVERSITY / Akita Prefectural University / Kindai University / Osaka University / Nagoya University Hospital / National Institute of Technology, Ichinoseki College / Tohoku University Hospital / RIKEN, Japan / Pharmaceuticals and Medical Devices Agency / Ministry of Economy, Trade and Industry / Ministry of Defense / Kanagawa Prefectural Government / Tochigi Prefecture / City of Sendai / Kohnan Hospital / Nippon Kaiji Kyokai/Japan Air Self-Defense Force / Miyagi Prefecture / Patent Office / NHK / Yamagata Prefectural Shinjo Hospital / Tokyo Metropolitan Government / Bangladesh Atomic Energy Regulatory Authority