

RESEARCH INSTITUTE FOR ELECTRONIC SCIENCE

北海道大学

電子科学研究所

2003 - 2004



はじめに - 所長あいさつ -

Foreword

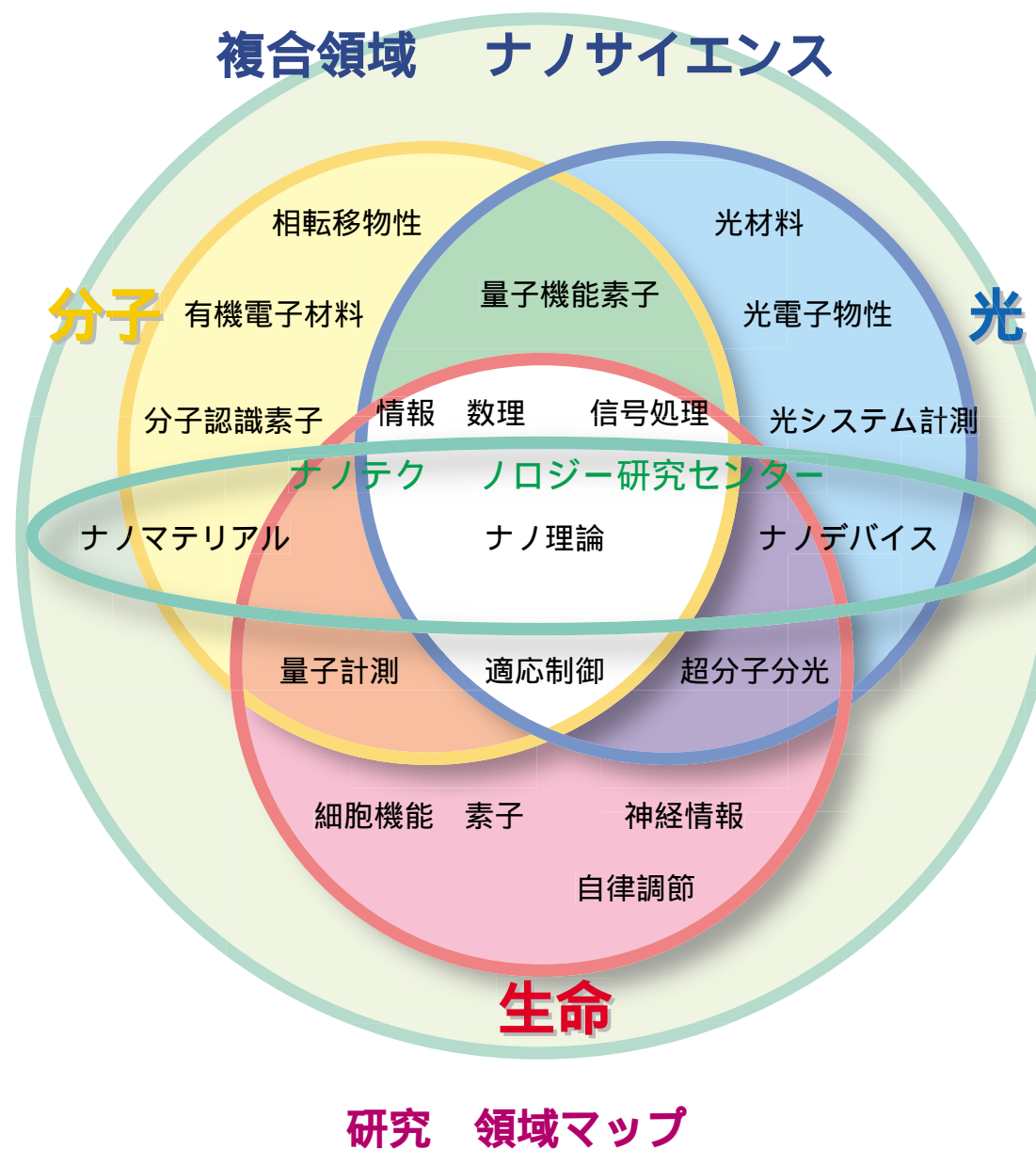


所長 西浦 廉政
Director
Prof. Yasumasa Nishiura

21世紀を迎え、世界の人々は科学技術の調和と発展を強く望んでおり、科学技術の基盤としての学術研究の重要性はますます高まっています。大学附置研究所の使命は、国際水準を越えた独創的研究を推進し、新しい研究領域を開拓することにあります。北海道大学電子科学研究所は、物理・化学・数学に基礎をおいた従来の学問体系から脱却し、生命科学の成果をも積極的に取り込んで新しい電子科学の領域を開拓することを目的としています。この目的にそって現在、光に関する科学、生命に関する科学、分子に関する科学の三つの科学が融合した「複合領域ナノサイエンス」を創出すべく、新しい体制を整えつつあります。我が国の従来の教育体系からいえば、これらの三つの科学は互いに異質に見えますが、その本質において相互に依存する度合いは非常に高く、これらの融合した領域の学術が将来の科学技術の母体になることは明らかです。この方向への第一歩として、平成14年度には「分子・原子集合体の自己組織化によるボトムアップ手法を基軸としたナノテクノロジー創成」を課題とした附属施設「ナノテクノロジー研究センター」を発足させました。

国立大学の法人化に際して、附置研究所をとりまく状況は必ずしも安定しておりませんが、既存の学問体系から一歩踏み出して新しい領域を開拓することと、さらなる開拓に当たる高度の研究員の養成という基本的役割に変わりはありません。全ての技術の延長線上には原理的限界が横たわっています。社会がその限界に突き当たる前に、迂回路を拓く新しい原理を探索する学術研究が必要となります。資源を持たない我が国にとって、世界に向けて調和の取れた学術の成果を発信して行くことが、国際社会の一員としての信頼を勝ち得るうえで最も重要なことです。こうした期待に応えるべく、当研究所は、電子材料物性、電子機能素子、電子計測制御、および電子情報処理の4大部門と附属ナノテクノロジー研究センターを擁し、物理・化学・数学を基盤とする研究者と生物学の研究者が共同して、「複合領域ナノサイエンス」の独創的な研究を進めています。

Research Institute for Electronic Science (RIES) conducts pioneering works in a new trans-disciplinary research area "Nano-Science". We attempt to create the area of Nano-Science by fusing Photonic, Biological, and Molecular Sciences. These three Sciences ultimately depend on each other, although they seem to be exclusive in the classical sense of academism. Unraveling the secret of life inevitably needs the Nanotechnology based on Photonic and Molecular Sciences, and in order to keep our eyes open to trans-disciplinary researches in nanotechnology and nanoscience such as the living cells: molecular machinery gift of nature, we have built the Nanotechnology Research Center under RIES in 2002. We expect that the new area of fused sciences will provide a wide basis of future technology. Along with the institutional aim, in addition to studies of rather established fields of electronics such as physics, chemistry and mathematics, we also focus on revealing the mechanisms of complex phenomena at several levels. The Institute consists of 4 research sections and 1 research center, comprising in total 18 laboratories and 1 adjunct laboratory for guest professors. It also takes part in education of Graduate Schools of Hokkaido University and provides research training for more than 100 graduate students.



はじめに Foreword

沿革 History

組織 Organization

研究所職員 Directory of the Institute

電子材料物性部門 Section of Electronic Materials

電子機能素子部門 Section of Intelligent Materials and Device

電子計測制御部門 Section of Scientific Instrumentation and Control

電子情報処理部門 Section of Informatics and Processing

ナノテクノロジー研究センター Nanotechnology Research Center

技術部 Division of Technical Staffs

広報活動 Public Relations

超短波研究所 1943 Research Institute of Ultrashort Waves

- 昭和16.1 超短波研究室が設置される
- 18.1 超短波研究所に昇格
第二部門、第四部門、第六部門、第七部門開設
- 18.3 第三部門開設
- 19.1 第一部門、第五部門開設
- 20.1 第八部門開設

応用電気研究所 1946 Research Institute of Applied Electricity

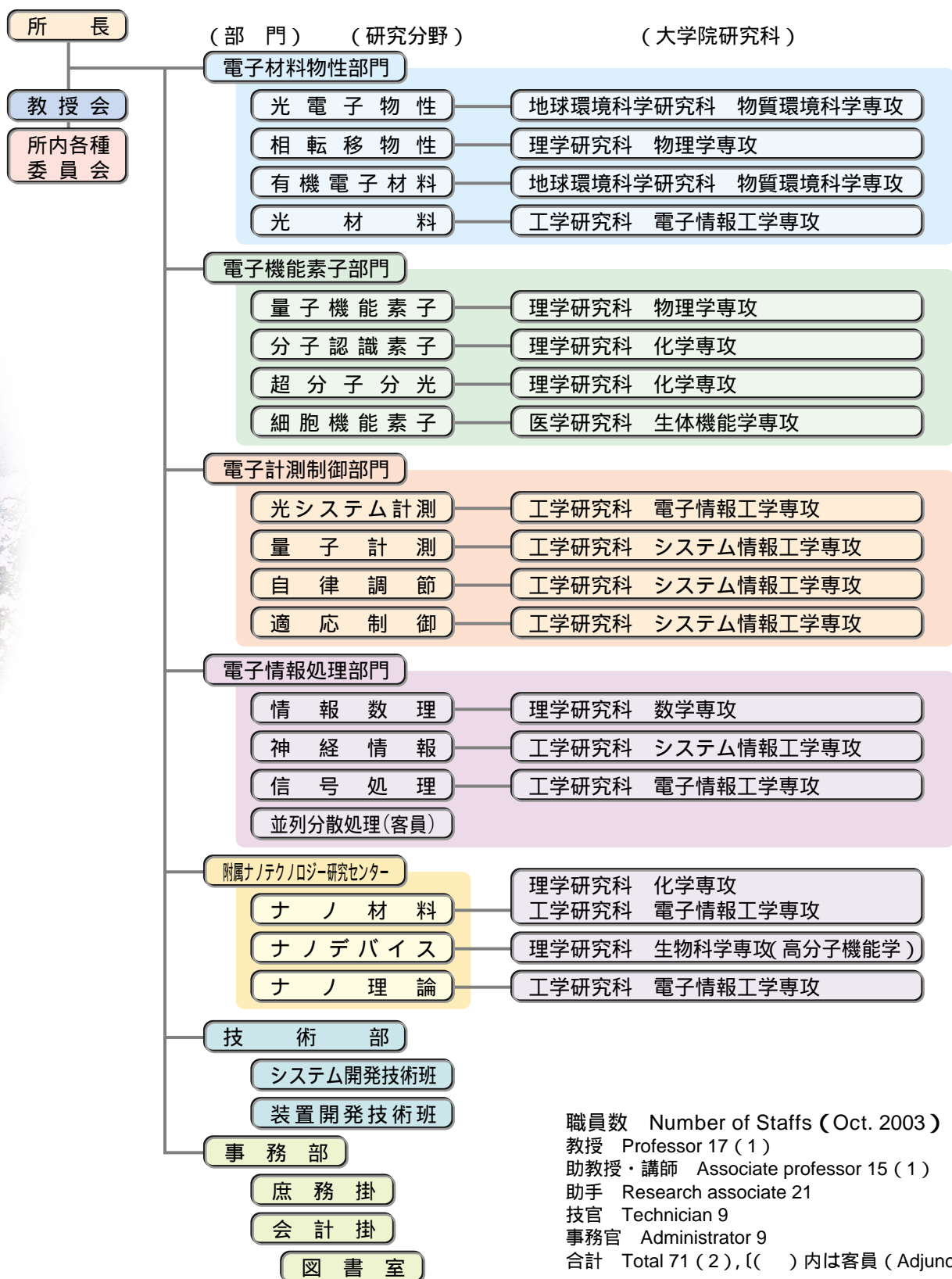
- 21.3 応用電気研究所と改称する
部門構成：電気第一部門、電気第二部門、物理第一部門、
物理第二部門、化学部門、医学及び生理第一部門、
医学及び生理第二部門、数学部門
- 24.5 北海道大学附置研究所となる
- 36.4 メディカルエレクトロニクス部門新設
- 37.4 電子機器分析部門開設
- 38.4 メディカルトランスデューサ部門新設
- 39.2 研究部門は一部名称変更等により次のとおりとなる
(昭和38年4月1日適用)
電子回路部門、電波応用部門、物理部門、化学部門、生理部門、
生体物理部門、応用数学部門、メディカルエレクトロニクス部門、
電子機器分析部門、メディカルトランスデューサ部門
- 39.4 メディカルテレメータ部門新設
- 42.6 強誘電体部門新設
- 46.4 生体制御部門新設
- 48.4 附属電子計測開発施設新設
- 50.4 光計測部門新設(10年時限)
- 53.4 感覚情報工学部門新設
- 60.3 光計測部門廃止(時限到来)
- 60.4 光システム工学部門新設(10年時限)

電子科学研究所 1992 Research Institute for Electronic Science

- 平成4.4 研究所改組により電子科学研究所となる
- 平成14.4 附属電子計測開発施設を附属ナノテクノロジー研究センターに改組転換
(10年時限)

組 織

Organization



研究所職員

Directory of the Institute



所長
教授 西浦 廉政

Director
Professor Yasumasa Nishiura

電子材料物性部門

Section of Electronic Materials

光電子物性

Laboratory of Molecular Photonics

教授 太田 信廣

Professor Nobuhiro Ohta

助教授 中林 孝和

Assoc. Prof. Takakazu Nakabayashi

助手 飯森 俊文

Res. Assoc. Toshifumi Iimori

相転移物性

Laboratory of Phase Transitions

教授 八木 駿郎

Professor Toshirou Yagi

助教授 辻見 裕史

Assoc. Prof. Yuhji Tsujimi

助手 武貞 正樹

Res.Assoc. Masaki Takesada

有機電子材料

Laboratory of Molecular Electronics

教授 中村 貴義

Professor Takayoshi Nakamura

助教授 芥川 智行

Assoc.Prof. Tomoyuki Akutagawa

光材料

Laboratory of Optoelectronics

教授 末宗 幾夫

Professor Ikuo Suemune

助教授 田中 悟

Assoc.Prof. Satoru Tanaka

助手 熊野 英和

Res.Assoc. Hidekazu Kumano

電子機能素子部門

Section of Intelligent Materials and Device

量子機能素子

Laboratory of Quantum Electronics

教授 石橋 晃

Professor Akira Ishibashi

講師 近藤 憲治

Lecturer Kenji Kondo

分子認識素子

Laboratory of Molecular Devices

助教授 居城 邦治

Assoc.Prof. Kuniharu Ijiro

助手 田中 賢

Res.Assoc. Masaru Tanaka

超分子分光

Laboratory of Supramolecular Biophysics

教授 田村 守

Professor Mamoru Tamura

助教授 金城 政孝

Assoc.Prof. Masataka Kinjo

助手 西村 吾朗

Res.Assoc. Goro Nishimura

細胞機能素子

Laboratory of Cellular Informatics

教授 上田 哲男

Professor Tetsuo Ueda

助教授 中垣 俊之

Assoc. Prof. Toshiyuki Nakagaki

助手 神 隆

Res.Assoc. Takashi Jin

助手 高木 清二

Res.Assoc. Seiji Takagi

電子計測制御部門

光システム計測

教授 笹木 敬司

Assoc.Prof. Shigeki Takeuchi

助手 堀田 純一

Res.Assoc. Junichi Hotta

量子計測

教授 栗城 眞也

Professor Shinya Kuriki

助教授 小林 哲生

Assoc.Prof. Tetsuo Kobayashi

助手 平田 恵啓

Res.Assoc. Yoshihiro Hirata

助手 竹内 文也

Res.Assoc. Fumiya Takeuchi

自律調節

教授 狩野 猛

Professor Takeshi Karino

助手 丹羽 光一

Res.Assoc. Koichi Niwa

適応制御

教授 河原 剛一

Professor Koichi Kawahara

助教授 内貴 猛

Assoc.Prof. Takeru Naiki

助手 山内 芳子

Res.Assoc. Yoshiko Yamauchi

助手 中島 崇行

Res.Assoc. Takayuki Nakajima

電子情報処理部門

情報数理

教授 西浦 廉政

Professor Yasumasa Nishiura

助教授 小林 亮

Assoc.Prof. Ryo Kobayashi

助手 柳田 達雄

Res.Assoc. Tatsuo Yanagita

助手 飯間 信

Res.Assoc. Makoto Iima

神経情報

教授 下澤 楯夫

Professor Tateo Shimozawa

助教授 青沼 仁志

Assoc.Prof. Hitoshi Aonuma

助手 西野 浩史

Res.Assoc. Hiroshi Nishino

信号処理

教授 三澤 弘明

Professor Hiroaki Misawa

助教授 ヨードカシス サウルス

Assoc.Prof. Juodkazis Saulius

(平成16年4月1日就任予定)

助手 棚村 好彦

Res.Assoc. Yoshihiko Tanamura

並列分散処理 (客員)

教授 石川 正道

Professor Masamichi Ishikawa

助教授 米山 満

Assoc.Prof. Mitsuru Yoneyama

Section of

Laboratory of

Professor

Assoc.Prof.

Res.Assoc.

Laboratory of

Professor

Assoc.Prof.

Res.Assoc.

Res.Assoc.

Laboratory of

Professor

Res.Assoc.

Assoc.Prof.

Res.Assoc.

Res.Assoc.

Res.Assoc.

Res.Assoc.

Section of

Laboratory of

Professor

Assoc.Prof.

Res.Assoc.

Res.Assoc.

Laboratory of

Professor

Assoc.Prof.

Res.Assoc.

Res.Assoc.

Assoc.Prof.

Res.Assoc.

Res.Assoc.

Professor

Assoc.Prof.

Scientific Instrumentation and Control

Optical Systems Engineering

Keiji Sasaki

Shigeki Takeuchi

Junichi Hotta

Electromagnetic Sensing

Shinya Kuriki

Tetsuo Kobayashi

Yoshihiro Hirata

Fumiya Takeuchi

Biofluid Dynamics

Takeshi Karino

Koichi Niwa

Biomedical Control

Koichi Kawahara

Takeru Naiki

Yoshiko Yamauchi

Takayuki Nakajima

Informatics and Processing

Nonlinear Studies and Computation

Yasumasa Nishiura

Ryo Kobayashi

Tatsuo Yanagita

Makoto Iima

Neuro-Cybernetics

Tateo Shimozawa

Hitoshi Aonuma

Hiroshi Nishino

Signal Processing

Hiroaki Misawa

Juodkazis Saulius

Yoshihiko Tanamura

Parallel Destributed Processing (Adjunct)

Masamichi Ishikawa

Mitsuru Yoneyama

附属ナノテクノロジー研究センター

センター長

教授 下村 政嗣

ナノ材料

教授 下村 政嗣

助教授 岩井 俊昭

助手 石井 勝弘

ナノデバイス

教授 辻井 薫

助手 眞山 博幸

助手 松尾 剛

ナノ理論

教授 徳本 洋志

助教授 岡嶋 孝治

助手 植杉 克弘

技術部

技術部長 教授 西浦 廉政(兼)

技術長 技官 星山 満雄

先任技術専門職員 技官 土田 義和

システム開発技術班

班長 技官 大沼 英雄

(第一技術主任兼務)

第二技術主任 技官 女池 竜二

技官 伊勢谷陽一

装置開発技術班

班長 技官 太田 隆夫

(第一技術主任兼務)

第二技術主任 技官 平田 康史

技官 武井 将志

技官 石坂 高英

事務部

事務長 事務官 濱谷 弘司

庶務掛

掛長 事務官 岡田 敏

主任 事務官 佐藤 洋子

主任 事務官 三橋 千昭

会計掛

掛長 事務官 丸山 勝介

主任 事務官 須戸 昭

主任 事務官 佐々木好美

事務官 西 徹

(図書室)

事務官 猿橋キヨミ

Nanotechnology Research Center

Head

Professor Masatsugu Shimomura

Laboratory of Nanomaterials

Professor Masatsugu Shimomura

Assoc.Prof. Toshiaki Iwai

Res.Assoc. Katsuhiko Ishii

Laboratory of Nanodevices

Professor Kaoru Tsujii

Res.Assoc. Hiroyuki Mayama

Res.Assoc. Goh Matsuo

Laboratory of Nanosimulation

Professor Hiroshi Tokumoto

Assoc.Prof. Takaharu Okajima

Res.Assoc. Katsuhiko Uesugi

Division of Technical Staffs

Head:Prof. Yasumasa Nishiura

Chief Eng. Mitsuo Hoshiyama

Senior Eng. Yoshikazu Tsuchida

System Developing Group

Group Leader Hideo Ohnuma

Senior Eng. Tatsuji Meike

Technician Yoichi Iseya

Equipment Developing Group

Group Leader Takao Ohta

Senior Eng. Yasushi Hirata

Technician Masashi Takei

Technician Takahide Ishizaka

Administrative Office

Head: Koji Hamaya

General Affairs

Chief. Admin. Satoshi Okada

Senior Admin Yoko Sato

Senior Admin Chiaki Mitsuhashi

Accountant

Chief Admin. Katsusuke Maruyama

Senior Admin Akira Sudo

Senior Admin Yoshimi Sasaki

Administrator Tooru Nishi

(Library)

Librarian Kiyomi Saruhashi

電子材料物性部門

Section of Electronic Materials



本研究部門では、電子科学を支える物質の基礎的物性研究を行っている。

具体的には光や電子の流れを制御可能な無機及び有機材料の構築と、その構造・物性の基本原理の解明を目的に、以下の4研究分野で構成されている。光と電子の相互作用を利用した光機能材料を研究する光電子物性研究分野、相転移現象における協力相互作用を利用した電子物性を研究する相転移物性研究分野、有機分子の電子構造を利用した分子エレクトロニクス材料を研究する有機電子材料研究分野、高機能光システムを構築するための光・電子材料を研究する光材料研究分野である。

In this section, basic properties of materials for the advanced electronic science are investigated. It covers the basic studies of optical, magnetic and electronic properties of organic and inorganic compounds available for controlling electrons and photons. The following four laboratories are organized in this section: Molecular Photonics (photon-electron interaction and photoinduced function of materials), Phase Transition (collective motion of atoms and molecules), Molecular Electronics (supramolecular systems for electronics), Optoelectronics (basic properties of materials for optoelectronics).

光電子物性研究分野

Molecular Photonics

分子および分子集合体の新たな光電子物性発現を探る

Studies on photoexcitation dynamics and photophysical properties of molecular systems

『光励起ダイナミクス』、『電子励起分子の構造』、『光機能物性』をキーワードとして、光と電子の相互作用に関わる物理化学的諸問題を理論的に、そして実験により研究する。

有機分子や分子集合体の光誘起電子移動反応、光励起エネルギー移動反応、光誘起プロトン移動反応あるいは励起錯体形成といった光化学反応ダイナミクスはどうなっているのか、電場や磁場によりどのような変化を示すのか、またそれは励起分子の電子構造や準位構造とどのように関係するのかを発光や吸収の分光特性および時間特性を調べることで明らかにする。さらに発光特性の電場、磁場依存性を観測することにより、励起分子の構造とダイナミクスが、光導電性や有機電界発光の発現といった光機能物性とどのように関係するのかを調べる。

生体系に特徴的な高速、高効率、高選択的といった光化学反応の特異性が、膜蛋白における色素分子の機能的かつ秩序正しい配列構造に起因することに鑑み、色素分子を異なる長さの分子鎖で連結させた分子系、あるいは分子の空間配向、

配列を制御した分子系に特に着目して研究を進めている。

これらの研究を通じて、光学・電気・磁気的特性に関してこれまでに全く知られていない光励起に伴う新たな光電子物性の発現を探る。

研究テーマ

- ・ 時間分解電場発光測定装置の開発と光化学反応への局所電場効果の解明
- ・ 配向分子系における特定方向への光誘起ダイナミクスと電場、磁場効果
- ・ 連結分子発光の電場、磁場効果および有機電界発光の研究
- ・ 電場吸収、電場発光スペクトル測定による表面モルフォロジーの研究
- ・ ポルフィリン連結化合物の電氣的、磁気的光機能物性の研究

Interaction between photon and electron has been investigated theoretically and experimentally for molecules, molecular complexes, molecular aggregates and molecular assemblies, with a special attention to "Dynamics" and "Structure" of photoexcited species and photoinduced "Function" of materials.

Excitation energy transfer,

photoinduced electron transfer, proton transfer and complex formation in the excited states, which are primary processes of many photochemical processes and play a significant role in biological systems, have been examined, based on the measurements of emission spectra and their decay profiles. In order to elucidate the relation among "Dynamics", "Structure" and "Function", external electric field effects and/or magnetic field effects on these photochemical processes have been examined.

Well-defined molecular order is extremely important to generate an ultra-fast, ultra-efficient and ultra-selective photochemical process, as is seen for photochemical processes in photosynthetic reaction center, and to produce a new material with a new photoinduced function. In order to induce a characteristic photochemical process which is applicable for a design of the new material having a new function, photoexcitation dynamics and photoinduced electric and magnetic properties have been examined in molecular assemblies and linked compounds with higher-ordered orientation and arrangement.

Research Interests

- ・ Structure and dynamics of photoexcited molecules
- ・ Photoinduced property and function
- ・ Effects of electric field and magnetic field
- ・ Time-resolved spectroscopy
- ・ Morphology of solid films



Electric-field modulation spectrometer.



Time-resolved emission measurement system.

相転移物性研究分野

Phase Transition

物質のゆらぎに現れる 未知の性質を探る

Noble Property Hidden in the Fluctuations of Materials

氷は0℃で解けて水になる。この極めて日常的な物質の変化も相転移の一例であり、ここにも物質のさまざまな秘密が隠されている。相転移物性の研究では安定な状態の物質がなぜ別の状態（液体相である水）へ「転移」するのかを調べる。このような相転移のときには、物質を構成している原子・分子間の力の均衡を破る何か異常なことが起きている。そのとき物質は安定な状態で隠されている新たな性質を示す。この「異常なこと」は物質の性質に「ゆらぎ」をもたらすので、それを観測することで物質の未知の性質を知ることができる。本研究分野では結晶から高分子ゲル、ガラス、液体にいたる広い範囲の物質を対象として、固相間相転移、融解、結晶成長などの相転移におけるゆらぎの特性を、レーザーを用いて振動数成分や時間変化を観測している。当研究分野の研究の目的は「ゆらぎ」の生じる原因を物質不安定化機構として原子・分子論的に解明し、電子科学のための材料として有用な物質の新しい機能性を設計する際の指針を得ることである。このような原子・分子論的基礎に基づく相転移機構の解明は新しい物質の存在形態を知り、それを通して自然界の構造の新しい理解をもたらす。

研究テーマ

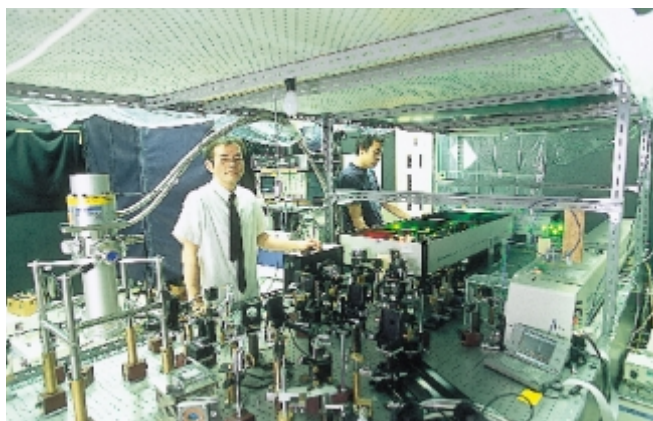
- ・水素結合型誘電体のプロトンダイナミクス
- ・コヒーレントフォノン励起法によるソフトモード励起
- ・リラクサー強誘電体のダイナミクス
- ・量子常誘電体、量子強誘電体の量子ゆらぎダイナミクス
- ・機能性高分子ゲルの高分子ネットワークダイナミクス

The study of the phase transition reveals new unknown properties of materials useful for synthesis of noble materials for electronic science. These valuable properties are usually hidden in the normal material constants observed under a stable condition. The fluctuation of the physical quantities grows up near the phase transition to give a divergent or sometimes a gigantic value of the susceptibility available for the new electronic science. We study many kinds of phase transitions in the condensed matter under unstable condition controlled artificially in order to elucidate the cooperative motion of atoms/

molecules in the phase transition mechanism. We observe the dynamics by the use of CW and pulse lasers of pico- or femtosecond time width for the observation of whole of the dynamics in the phase transition in both of the frequency and time domains. We treat here a wide variety of the phase transitions in ferro- and antiferroelectric crystals, ferroelastic crystals, polymer gels, quasi-crystals, glasses, liquids in addition to melting and crystal growth phenomena.

Research Interests

- ・ Proton dynamics in hydrogen bond
- ・ Coherent excitation of soft modes by ultrashort laser pulses
- ・ Phase transition of relaxor ferroelectric
- ・ Quantum fluctuations in quantum paraelectrics and quantum ferroelectrics
- ・ Polymer network dynamics in intelligent polymer gels



Femtosecond Q-sw mode-locked Ti:sapphire laser system for the study of ultrafast dynamics.



Raman scattering system for the study of proton dynamics in the hydrogen-bonded material.

有機電子材料研究分野

Molecular Electronics

分子ナノエレクトロニクス の実現をめざして

Towards the Realization of Molecular Nanoelectronics

分子が集合体を作る性質（自己集積化能）を利用して、集積分子システムを創製し、それを複合化・集積化することで、次世代のコンピューティングシステムのための分子ナノデバイスの構築を目指している。

1つの分子に他の分子を認識する性質を付与し、分子が自然に寄り集まって、高度な集合構造を形成する様にあらかじめ分子を設計する（分子プログラム）ことで、分子からボトムアップの手法で集積分子システムを組織化することが可能となる。集積分子システムの構造物性評価・機能開拓を行い、さらにそれらをユニットとする高次構造を用いて分子ナノデバイスを構築する。

具体的には、超分子化学の視点から分子性導体、分子磁性体を捉えなおし、分子ローターやイオンチャンネルなどの超分子構造と、分子性導体・分子磁性体とを、自己集積化により複合化することで、新規機能性材料を開拓している。また、これら集積分子システムから超薄膜、ナノワイヤなどナノサイズの機能性ユニットを形成し、デバイス応用への展開を図っている。さらに、単結晶およびナノ構造において電気・光変換、光・光変換、光誘起相変化の場を開拓し、分子フォトリソグラフィ素子の構築を目指している。

研究テーマ

- ・機能性超分子構造を組み込んだ分子性導体・磁性体の創製
- ・固相分子モーターの開発
- ・分子集合体ナノワイヤの構築とデバイス展開
- ・双安定性を有する分子集合体の開拓
- ・分子フォトリソグラフィ素子の開拓

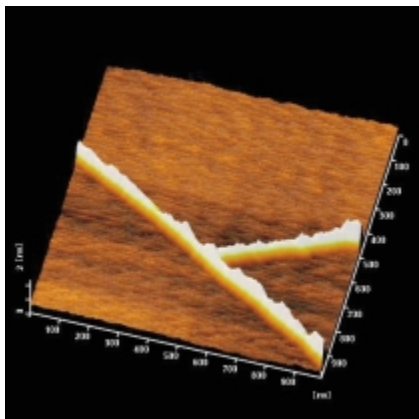
Towards the realization of Molecular Nanoelectronics, we develop the "Integrated Molecular Systems" through molecular-assembly processes, which are further assembled into molecular nanodevices for future computing systems.

To obtain integrated molecular systems through bottom-up self-assembly processes, we program each molecule in advance to have a scenario for assembling into highly ordered and complex structure. We evaluate the structure and electronic properties of the molecular systems and fabricate nanoelectronic devices using the molecular systems as active units.

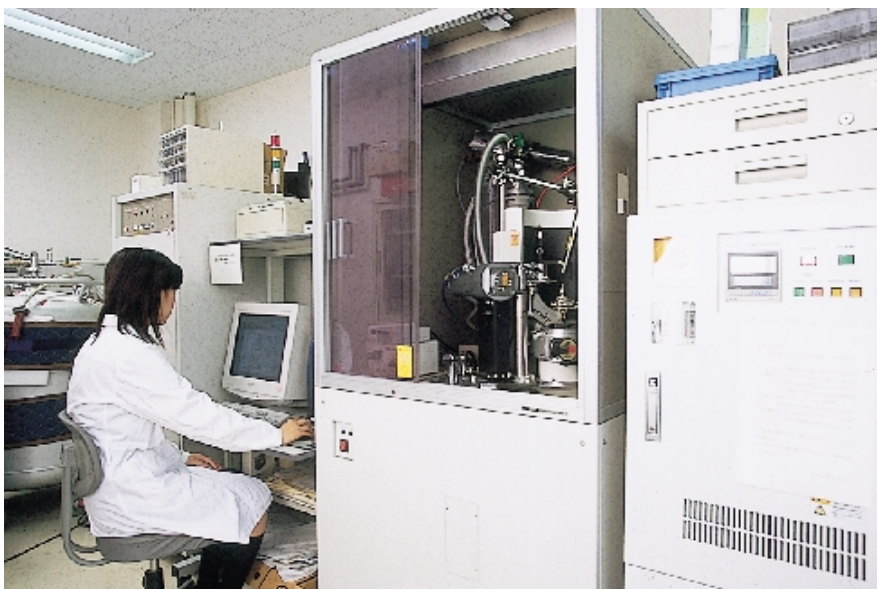
We are now studying on molecular conductors and magnets from the view points of supramolecular chemistry. Combining supramolecular structures of molecular rotors and ionic channels with molecular conductors and magnets, we develop novel functional molecular systems. Forming nanometer size units such as nanowires from the integrated molecular systems, we are constructing molecular electronic devices. We are also studying electron-photon and photon-photon conversion and photo-induced phase transition in crystalline solids for the fabrication of molecular photonic devices.

Research Interests

- ・Molecular conductors and magnets with supramolecular functional units
- ・Solid state molecular motors
- ・Molecular nanowires and device application
- ・Molecular assemblies with bistability
- ・Molecular photonic devices



Molecular nanowires.



光材料研究分野

Optoelectronics

光と電子の量子状態制御で 高性能発光素子を創る

Quantum Control of Electron-Photon Interactions for High-Performance Optoelectronic Devices

光通信・光情報処理などの光エレクトロニクス分野では、発光デバイスの短波長化・多波長化・低消費電力化・光電子融合化などの高性能化が今求められている。本分野では、独自のナノメートル (10^{-9}m) レベルの微細パターンニング技術、ワイドギャップ (GaAlN, ZnMgS, ZnCdO等)、ナローギャップ (GaNAs等) 半導体の量子構造作製技術を用いて光と電子の量子状態を制御し、こうしたニーズに応えるための基礎研究を進めている。

半導体中では超格子構造、さらに二次元・三次元に量子閉じ込めされた量子細線・量子ドットを形成することにより、電子は離散的な量子状態を持つようになる。一方光場も一・三次元の共振器構造を実現できれば離散的な量子状態を持つようになり、光と電子の相互作用は量子状態によって大きく変化する。このような量子状態制御が自在にできるようになれば、光と電子の相互作用の量子制御と物理現象の解明、光素子の高速化・高発光量子効率による低消費電力化など発光素子の高性能化が可能となる。

<http://opmac06.es.hokudai.ac.jp/optelj.html>

研究テーマ

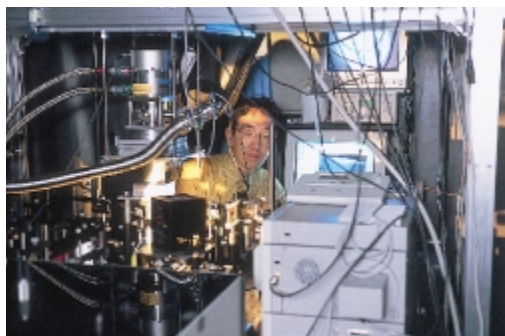
- ・ AFM/SEMによる複合ナノメートル微細加工技術の開発
- ・ ワイドギャップ窒化物半導体、長波長III-V-N窒化物混晶の研究
- ・ ワイドギャップ半導体超格子・量子ドットの作製と励起子光物性
- ・ FDTDシミュレーションとフォトリソ量子構造の研究
- ・ ワイドギャップ半導体DBRを用いたマイクロキャビティの研究

Quantum confined semiconductors such as superlattices, quantum wires, and quantum dots show discrete electronic states. When photonic fields are also quantized one- to three-dimensionally in microcavities, the interactions between electrons and photons are drastically changed with the control of both quantum states. This has possibilities to realize high-performance optical devices with high-speed capability and extremely low-power consumptions. In our

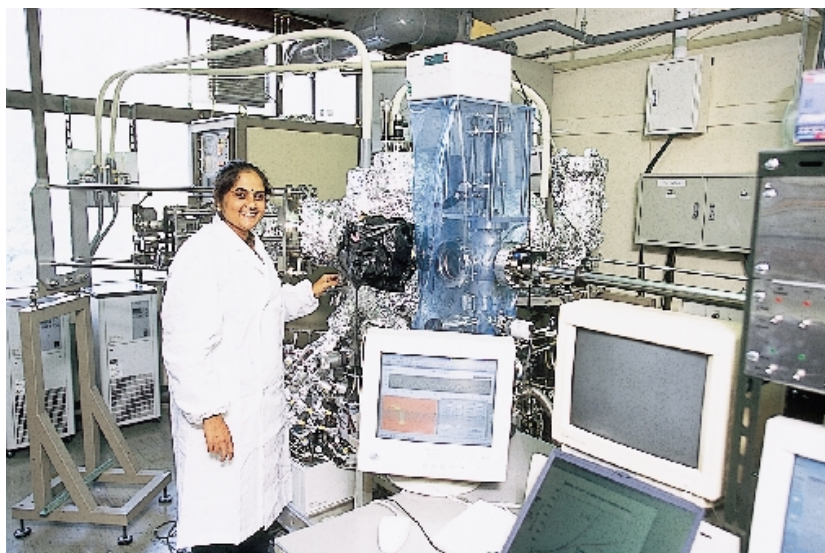
laboratory, semiconductor technologies necessary to realize this scheme such as nano-lithography and selective area growth are developed. Semiconductors being studied include wide band gap nitrides (GaAlN) and II-VI semiconductors (ZnCdO, ZnMgS) for short wavelength light emitters as well as narrow gap nitrides (GaNAs) for optical fiber communications.

Research Interests

- ・ AFM/SEM nanolithography
- ・ Wide band gap nitrides and narrow-gap III-V-N nitrides
- ・ p-type ZnO and quantum dots and superlattices of wide band gap semiconductors
- ・ FDTD simulation of photonic quantum structures and three-dimensional photonic microcavities
- ・ Excitonic polaritons



Pico-second time-resolved micro-photoluminescence measurement system.



Epitaxy system for nitride semiconductors.

電子機能素子部門

Section of Intelligent Materials and Device



分子集合体・人工超格子の量子効果あるいは生体分子の極微細構造を利用したスイッチング、記憶、増幅、変換などの回路素子や特殊な物質を検出するための素子の原理を研究する。研究分野としては無機・有機材料の量子効果を利用した光電機能素子の研究、分子の組織化に係わる物理・化学過程の解明と分子素子の開発、細胞内の生理機能に関連した機能素子を研究する分野から構成されている。

The present section is to carry out basic studies for high performance electronic devices for switching, amplifying, memorizing and sensing signals of any form, utilizing inorganic, organic and bio-materials. The section is composed of four laboratories: Quantum Electronics and Molecular Devices, Supramolecular Biophysics and Cellular Informatics.

量子機能素子研究分野

Quantum Electronics

ボトムアップ系とトップダウン
系の統合プラットフォーム創り

Creating a Unification Platform for Bottom-up and Top-down systems

ナノスケールで離散化されたバルクサイズ時空間系を創り、そこに現れると期待される変調された光電相互作用、電子相関、自己組織化臨界現象や自発的対称性の破れを通じナノ構造物理の本質を探ることを目指している。稠密かつ局所的に個別アドレスすることの可能なナノ構造体を大局的なサイズで得ることによってナノとマクロをつなぐと共に新しい量子機能を創出する。ボトムアップ系とトップダウン系を統合する(プラットフォームを得る)ことは、ナノテクノロジー分野で今後得られる新しい効果や機能を既存のシリコンベースのITインフラ構造と接続し、相乗効果を引き出そうとする際に極めて重要であると考えられる。局所空間において光-電子-原子(団)系を構成し、そこに現れる旧来の相互作用の新しい側面及び全く新しい相互作用の可能性を実験と理論の両面から探っていく。

研究テーマ

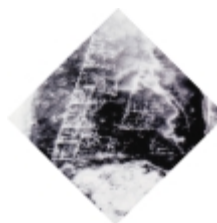
- ・ナノ構造物理学
- ・ナノ空間での電子相関
- ・次元性(ヘテロ構造)/階層性 制御
- ・金属/誘電体/分子 並列ナノハイブリッド
- ・自己組織化臨界現象と光電子物性

Creating a unification platform for bottom-up and top-down systems is one of the most important issues for harvesting fruits of upcoming nano-technologies and nano-science as well as those of Si-LSI-based information technologies. By fabricating nanostructured systems that enable us to make one-to-one addressing with nanoscale spatial resolution over a macro-sized sample, seamless conjunction of nano- and macro-systems can be made giving rise, for example, to a Si-based LSI system that enjoys new quantum physical functionalities provided by various bottom-up systems.

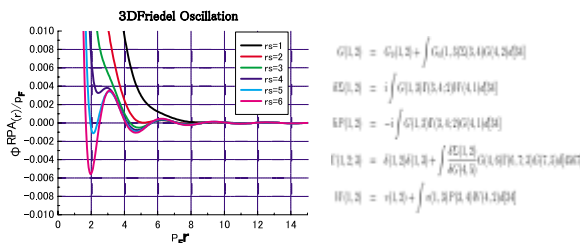
We have been studying nanostructure physics by preparing systems being discrete in nanoscale but having a bulk size, investigating the electro-optical interactions, electronic correlations, self-organized criticalities, and possible spontaneous symmetry breakdown in such systems. We are interested in finding new aspects of known interactions or possible fundamentally new interactions in parallel distributed nano-hybrids such as a metal/insulator/molecules system.

Research Interests

- Nanostructure physics
- Electronic correlations in nanostructures
- Dimensionality (hetero-structural) control
- Metal/insulator/molecules nano-hybrid
- Self-organized criticality



TEM Image of Dislocation Network in a Degraded Laser Diode



Friedel Oscillation in 3-dimensional Electron Gas

分子認識素子研究分野

Molecular Devices

階層構造を持つ分子素子の開発

Development of Hierarchically-Structured Molecular Devices

生物は高度な分子認識とそれによって組織化された分子集合体システムを駆使して、効率の良いエネルギー変換や物質生産、様々な情報変換を達成している。本研究分野では、生物の分子組織化を手本とすることで、ナノメートルからサブミリメートルにいたるメソスコピック領域における分子の階層的な組織化を行い、新規な機能性材料の開発を行っている。分子認識や自己集合などの超分子化学の手法によりナノメートルサイズで分子を組織化し、さらに散逸構造形成を利用することでマイクロメートルサイズでの分子集合体の組織化を行い、分子の階層的な構造化を計ろうとしている。

具体的には、DNAに見られる相補的塩基対形成を利用することで、DNAの塩基配列に従って機能性分子を配列させ、ナノメートルサイズで分子の組織化が制御された分子集合体の構築を行っている。また、高分子のキャストフィルムを作製する際に形成される散逸構造を制御することで、ハニカムパターンや細線構造、ドット構造などのメソスコピックな構造の作製が可能となる。これらの階層的分子構造から、化学センサーや人工光合成、細胞情報変換材料などの新規な分子素子の開発を目指している。

研究テーマ

- DNA及びDNA-mimeticsの組織化と光機能化
- 散逸構造を利用した高分子メソスコピックパターンの形成と機能化

Bioorganisms are capable of efficient energy transformation, selective synthesis of biomolecules and interactive information processing. All these processes are based on effective molecular recognition at highly organized supramolecular assemblies. This research group is concerned with the construction of hierarchical molecular devices by the combination of nanosize molecular assemblies with micron size structures derived from dissipative processes. Nanosize molecular assemblies based on molecular recognition have been fabricated by using complementary hydrogen bonding of deoxyribonucleotides (DNA) at the air-water interface. Molecular information of DNA sequence can be transcribed into functional group arrangement in DNA-mimetic organizes. Dissipative

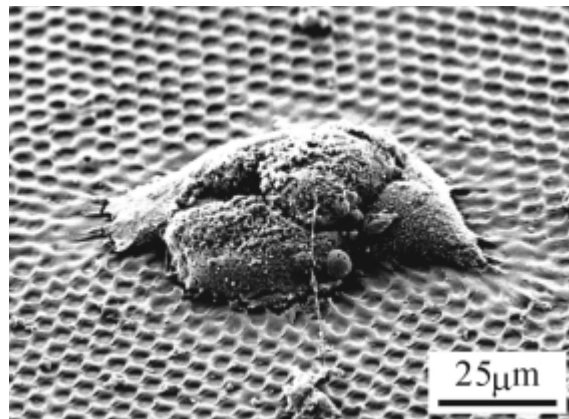
structures formed in polymer casting processes are utilizable to form mesoscopic regular structures such as honeycomb, stripe and dots. The research aims at the development of chemical sensors, artificial photosynthesis systems and cell information processing devices.

Research Interests

- Organization of DNA and DNA-mimetics and its photo-functionalization
- Fabrication of polymer mesoscopic patterns by dissipative processes and its functionalization



Confocal two-photon excitation laser microscope.



Cell cultivation on honeycomb patterned film.

超分子分光研究分野

Supramolecular Biophysics

光で見る生き物の世界

Light, Tool for Exploring the Secret of Life

生体が営む多彩な機能は、核酸や蛋白質のような生体高分子を基本として、細胞、組織、そして個体と高度に分化した構造によって規定されている。この生命活動を原子、分子レベルから統一的に理解する新しい概念が生体超分子である。その中で脳は情報処理を行う理想的な生体超分子と言えよう。

本研究分野は、種々の光学技術を用い、単一分子レベルからヒトの脳まで、大きさにして 10^9 倍、時間スケールで 10^{12} 倍の広領域での構造と機能と相関を求める。この時に使用する光技術をもとに新しい医用光学の基本原理の確立も目指す。単一分子レベルの計測は、新たに分子診断の道を拓く。ここでは、光のゆらぎを利用した分光法 相関分光法を生体系に導入し、特に蛍光相関分光法の医学応用を探りたい。

研究テーマ

- ・単一分子検出法の開発並びに分子診断法の基礎研究
- ・近赤外分光法の開発と脳機能計測への応用
- ・時間分解計測法や相関分光法を用いた生体分光学の開拓
- ・MRI、PET等と光計測法による高次脳機能解析
- ・蛍光相関分光法による細胞内物質輸送、情報伝達、遺伝子発現の研究

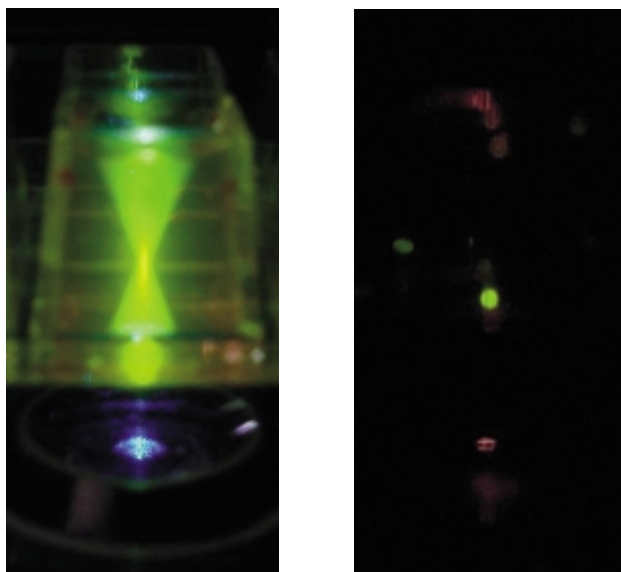
Biological system is the typical example of the general concept of supramolecule, where the numerous functions are originated from the complex interactions among the biologically active molecules, cells, tissues and organs. Using non-invasive optical techniques, we are targeting the functions and structures of the system from the single molecule to brain tissue for understanding

the role of supramolecular system. Furthermore, we are developing various optical techniques to analyze these systems and to establish the new methodology in biomedical field.

1) Analysis of the higher brain function by optical imaging technique.
2) Investigation of tissue spectroscopy using time-resolved technique, correlation techniques such as diffusing-wave spectroscopy and fluorescence correlation spectroscopy, and single molecule detection method.

Research Interests

- ・Single molecular detection
- ・Functional near-infrared spectroscopy
- ・Development of tissue spectroscopy
- ・Functional brain mapping
- ・Fluorescence correlation spectroscopy



Single-photon excitation (left) and two-photon excitation (right) for fluorescence correlation spectroscopy.

細胞機能素子研究分野

Cellular Informatics

粘菌に学ぶインテリジェンス の自己組織化原理

Toward Self-Organization of Intelligence at the Cellular Level: Lessons from the True Slime Mold

本研究分野は、自律的な生命の最小単位である細胞で創発される複雑・多様な機能を、オルガネラ、高分子、代謝反応などによる物質系での階層的自己組織化として解明することをめざす。裸の原形質である原始生命体の巨大アメーバ：粘菌の特徴を活かし、環境の受容・情報判断・適切な応答という情報過程の研究に取り組んでいる。代謝反応レベルでの行動発現と、遺伝子発現レベルでの形態形成とを具体例とし、特異な受容分子や情報伝達分子の探索・同定に止まらず、細胞の全体性・インテリジェンス・知覚という場の情報を、非線形非平衡場でのパターン・ダイナミクスとして明らかにしている。特に、迷路などの戸惑う状況での粘菌の効率的な振る舞いを調べている。タスクの最適化の視点から粘菌の情報処理能力の高さを評価し、その計算アルゴリズムを細胞運動ダイナミクスの数理モデル化を通して解析している。

研究テーマ

- ・振動子集団の挙動と好き・嫌いの判断
- ・情報機能をになうリズム素子の自己生成
- ・細胞骨格系の動態と細胞形状
- ・細胞の“計算”原理と数理モデリング

A cell is the smallest system where dynamism of life works autonomously. Emergence of cellular function is studied in terms of hierarchic self-organization in chemical systems far away from equilibrium. The true slime mold is a giant amoeboid cell and is useful for this purpose. Cellular information which governs cell behavior and morphogenesis is studied in terms of spatio-temporal dynamics of both metabolism and gene expression. We focus on smart behaviors of true slime mold in a maze and other puzzling situations. Ability of

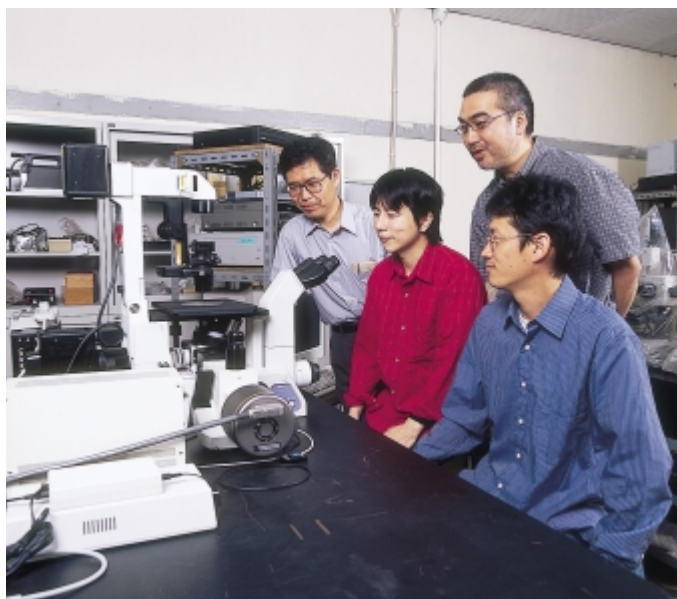
information processing is estimated from the viewpoint of optimization for the task. And computational algorithm of the optimization is analyzed by constructing a mathematical model for spatially and temporally multi-scaled dynamics of intracellular biochemical events.

Research Interests

- ・ Sensing and judging
- ・ Biochemical oscillation
- ・ Pattern formation
- ・ Dynamics of cytoskeleton
- ・ Mathematical modeling



True slime mold.



Everyday life in laboratory.

電子計測制御部門

Section of Scientific Instrumentation and Control



本部門では、光や電子の波動性を利用した並列・高速・精密計測を基にして、生体が持っている柔軟性と適応性を具備した制御システムの理解と新しいシステムの実現を目指して研究を行っている。研究分野としては、レーザーを利用した光物理現象の計測・制御とそのシステム化を目指す光システム計測研究分野、磁場や電場による脳機能の無侵襲計測と解析を行う量子計測研究分野、ミクロからマクロにわたる領域での血流動態およびリガ蛋白輸送の計測・解析とその医療への応用を目指す自律調節研究分野、生命現象のシステム論的解析とその工学・医学への応用を目指す適応制御研究分野から構成されている。

In this section, investigations are made on the mechanism and implementation of flexible and adaptive control systems, such as those of a living body, based on the metrology that relies on parallel, interactive, and high-speed characteristics of light and electron waves.

The section comprises four laboratories that are Optical Systems Engineering, Electromagnetic Sensing, Biofluid Dynamics, and Biomedical Control.

光システム計測研究分野

Optical Systems Engineering

光の量子性、波動性を極める新世代光科学

Towards Ultimate Optical Sciences and Quantum Photonics

光通信をはじめとして、「光」の優れた時間・空間特性を利用したテクノロジーは高度情報化社会において重要な役割を担いつつある。本研究分野では、光テクノロジーの究極を目指して、光の量子性・波動性をフルに活用した新しい概念に基づく光情報処理、光計測制御など、新しい世代の光科学の研究に取り組んでいる。

光量子情報 超並列・超高速処理を実現する量子コンピュータや盗聴の危険を完全に回避できる量子暗号通信の実現に向けて、量子力学的なもつれ合いをもつ光子対の発生や制御ならびに高効率な光子検出装置の開発を行い、光子情報通信・処理システムのプロトタイプを構築している。

光量子制御 単一光子制御デバイスや超低しきい値レーザーの開発を目指して、球形微粒子やランダム媒質等の微細構造体により光子を高効率に閉じ込めて原子・分子の発光ダイナミクスを制御したり、非線形光学現象を誘起することを試みている。

光計測制御 ナノ空間の光計測技術やレーザーマニピュレーションを利用した極微弱な力の解析や、単一光子源の開発に向けた単一分子・単一ナノ微粒子の分光計測システムの構築、ならびにもつれ合い光子を用いたナノリソグラフィ技術の開発を目指している。

<http://optsys.es.hokudai.ac.jp>

研究テーマ

- ・量子暗号の実現に向けた単一光子発生装置と高効率光子数検出器の開発
- ・光子もつれ合い制御による量子テレポーション・量子リソグラフィ
- ・微小球や不規則媒質の光共振現象の解析と単一光子制御デバイスの開発
- ・単一分子・単一ナノ微粒子のダイナミック分光計測と単一光子源の開発
- ・3次元ナノ位置検出技術と光マニピュレーションを用いた極微弱力解析

Advanced optical technologies utilizing unique characteristics of light will play an important role in a future information-oriented society. Our group aims to open new research fields in optical sciences and to progress toward the ultimate goal of new optical technologies. On the basis of new ideas and original concepts, we investigate optical computing, communication, measurement, and control techniques using both photon and wave aspects of light.

Quantum Information Technology: Elemental devices of quantum information systems such as single-photon sources, twin-photon generators, and multi-photon detectors are developed for realization of quantum teleportation, quantum cryptography,

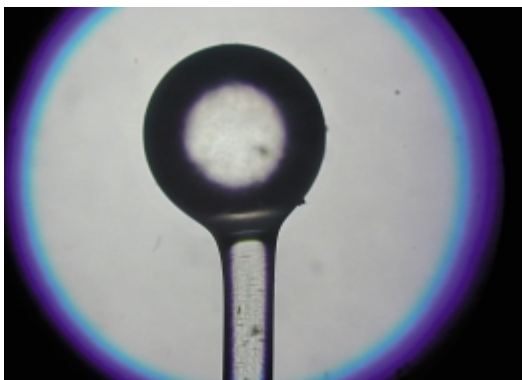
and quantum computing.

Quantum Control of Photodynamics: Photon confinements within microspherical particles and random media are investigated to realize cavity quantum electrodynamical effects and nonlinear optical phenomena for applications such as single-photon switching devices and highly efficient micro-lasers.

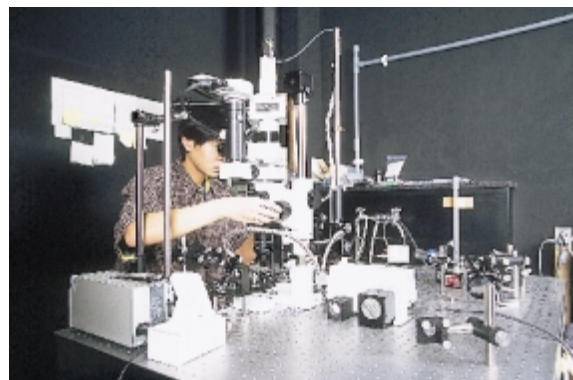
Optical Measurement and Control: Three-dimensional nano-position sensing, laser manipulation, and near-field microscopy are utilized for control of molecular interactions and for spectroscopic analyses of single molecules and single nanoparticles. Quantum lithography using entangled photons is also investigated.

Research Interests

- ・ Quantum computing and communication
- ・ Quantum teleportation and lithography
- ・ Quantum dynamics in microstructures
- ・ Single molecule and particle spectroscopy
- ・ Nanophotonic sensing and manipulation



A microsphere with a stem.



Single-photon switching system.

量子計測研究分野

Electromagnetic Sensing

量子のはたらきで 脳機能を観る

SQUIDs and Neuroimaging

超伝導電子の特異な量子干渉効果を利用したSQUID (Superconducting Quantum Interference Device) は、他に追従を許さない超高感度な磁気センサである。SQUIDを用いると脳神経の活動により生じる微弱な磁場 (脳磁場) が検出でき、ひとの頭部周囲で脳磁場を計測してその発生源を推定すると、脳活動の時空間特性が可視化できる。

本研究分野では“ SQUID ”をテーマに、磁気センシングと脳機能の完全無侵襲計測・解析の研究を行っている。磁気センシングでは、生体磁場などの微弱な磁気信号をさまざまな環境で計測するための磁気計測システムの構築を目指し、液体窒素を冷媒として作動する高温超伝導体SQUIDや磁気ノイズ除去法の研究開発を行っている。また、脳機能計測では脳磁場 (MEG) とともに、脳血行動態を検出する機能的磁気共鳴イメージング (fMRI) や脳電位情報、行動指標である眼球運動、反応時間計測などを併用して聴覚や視覚などの感覚機能やアウェアネス、言語、記憶、音楽認知などの高次機能に関わる脳の活動様式を明らかにしようとしている。

<http://squid.es.hokudai.ac.jp>

研究テーマ

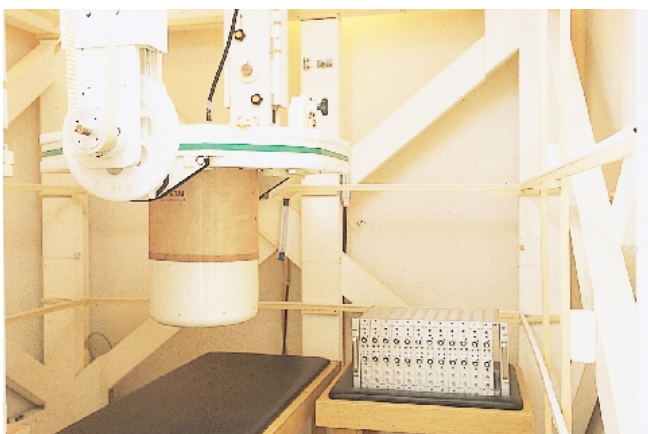
- ・高温超伝導SQUIDと磁気センシングシステムの開発
- ・MEGによる無侵襲脳活動計測と活動源解析法の検討
- ・MEGを利用した感覚機能や高次脳機能のイメージングと解析
- ・視覚的アウェアネス (両眼視野闘争、群化)
- ・fMRIによる中枢神経活動の計測と信号処理

Superconducting quantum Interference device (SQUID) is an extremely sensitive magnetic field sensor capable to detect a field down to 10^{-15} T. Transdisciplinary studies related to SQUIDs are carried out in our laboratory, including the research on magnetic and electrical properties of high-temperature-superconductor SQUIDs, their application to the detection of biological signals, and physiological /biomedical investigation using a low-temperature-superconductor SQUID.

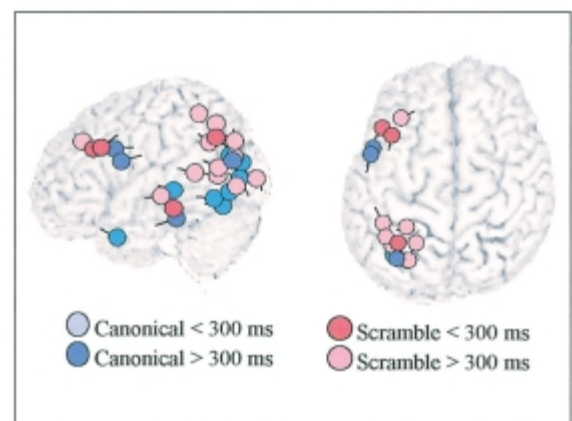
Based on the high spatio-temporal resolution of SQUIDs, cortical loci and their dynamics of neural activities underlying various functions of the human brain are visualized. Auditory/visual sensory functions and higher functions of awareness, memory, language, and music comprehension of the human brain are elucidated by multi-modal approach using the SQUID, functional MRI, and high-resolution EEG, supplemented with behavioral measurements of eye-movements and/or reaction time.

Research Interests

- ・High-Tc SQUIDs
- ・Biomagnetism
- ・Functional neuroimaging
- ・Binocular rivalry
- ・Perceptual grouping



Magnetocardiogram measurement system made of high-Tc SQUID.



Neural activities during comprehension of Japanese complex sentences of canonical and scrambled order.

自律調節研究分野

Biofluid Dynamics

血流および物質移動を観て 血管病の局在化機構を解明する

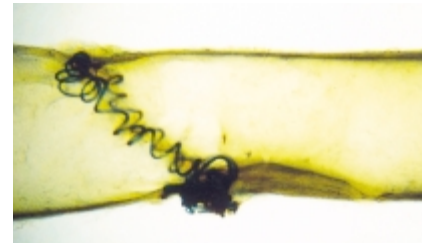
Unraveling the Mechanisms of Localization of Vascular Diseases

ヒトにおける動脈硬化症、脳動脈瘤形成、吻合部内膜肥厚などの血管病は、比較的大きな動脈の分岐部、湾局部、急激な拡大部など、流体力学的見地から見て二次流や渦の発生により血流が乱れやすい部位に選択的に起こることが示されている。しかしながら、その局在化の機構はまだ良くわかっていない。本研究分野では、これらの血管病の誘因物質と考えられているコレステロールの血中における担体である低密度リポ蛋白 (LDL) の血管内における挙動に注目し、その血管内腔表面における濃度および血管内皮細胞による取り込みに及ぼす流れおよび水透過速度の影響について理論および実験の両面より検討してこれらの血管病の発病並びに局在化の機構を明らかにし、それをこれらの血管病の診断、予防、および治療に役立てようと努力している。コンピュータ・シミュレーションによる理論解析、培養血管内皮細胞を用いたモデル実験、犬や兔を用いた慢性動物実験により研究を展開している。

研究テーマ

- ・ ヒトの脳、心臓の血管系および大動脈内の流れの解析
- ・ 動脈硬化症、脳動脈瘤形成および吻合部内膜肥厚の局在化現象の研究
- ・ 血管壁へのリポ蛋白の物質移動に及ぼす流れの影響に関する研究
- ・ 血液のレオロジー的特性の評価法に関する研究

To elucidate the mechanisms of the localization of atherosclerosis, cerebral aneurysms, and anastomotic intimal hyperplasia in man, the effects of various physical and fluid mechanical factors on the surface concentration of atherogenic low density lipoproteins (LDL) at an arterial wall and the uptake of LDL by endothelial cells are investigated in detail. This is done by carrying out computer simulations of the transport of LDL from flowing blood to an arterial wall, and performing mass transfer experiments of LDL and model particles using a model of an arterial wall prepared by seeding bovine aortic endothelial cells (EC) on layers of cultured smooth muscle

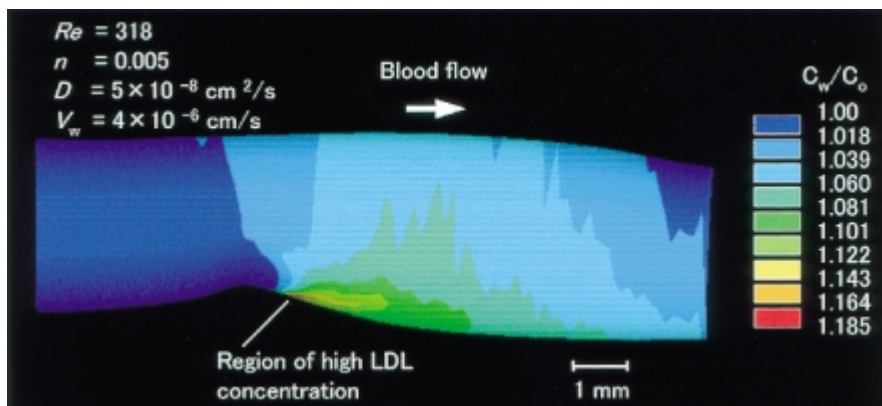


An end-to-end anastomosed artery containing an intimal thickening

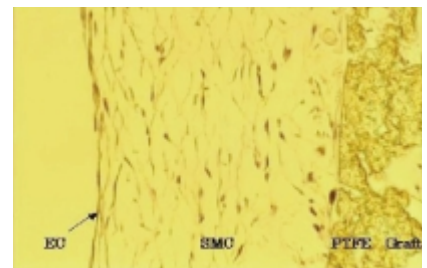
cells (SMC) and co-culturing them in a bilayer and real arteries harvested from experimental animals.

Research Interests

- ・ Analysis of the flow patterns in the human cardiovascular systems
- ・ Localization of vascular diseases
- ・ Lipoprotein transport from flowing blood to an arterial wall
- ・ Investigations on the rheological property of blood



Surface concentration of LDL in an anastomosed artery obtained by computer simulations.



A model of an arterial wall prepared by coculturing endothelial cells on smooth muscle cells.

適応制御研究分野

Biomedical Control

生命現象を システムとして捉える

Systems Approach to Biological Functions

本研究分野においては、生命現象をシステム論的観点から捉え、生物を情報処理機械とみなして、生物における巧妙な情報処理のメカニズムを解明するとともに、得られた知見に基づいた新しい工学的情報処理アーキテクチャと制御アルゴリズムの開発を目指し、理論的・実験的研究を行っている。生物は悠久の進化の歴史の中で、個体の生命維持と種の保存に適った巧みな制御システムを具備してきた。それを構成する複数のサブシステム群は、それぞれが個別の機能目的を持ちながら相互作用によって全体としての合目的性を達成している階層性を持った自律分散制御系と考えることができる。しかも生体システムは、環境の恒常的变化に対してシステムパラメータを変化させる、可塑性を有した柔らかなシステムである。本研究分野では、生体システムのこのような特徴に着目し、既存の学理による生命現象の解明と生物に学んだ新しい学理の創造に挑戦している。

研究テーマ

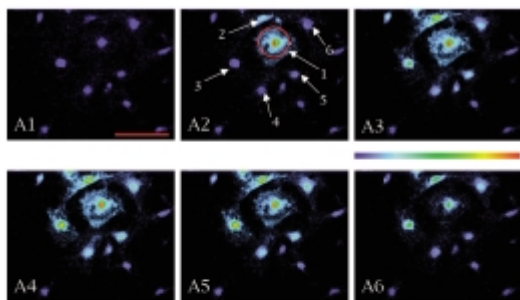
- ・ 心筋細胞拍動リズムのゆらぎと非線形ダイナミクス
- ・ ニューロンの生存と死の制御におけるニューロン・グリア間相互作用
- ・ 大脳皮質の虚血耐性機構の解明
- ・ 心臓のバイオメカニクスとエナジェティクス
- ・ 心臓リモデリング機序の解明

Our research activities are based on the Systems Approach, in which the biological bodies are taken as an integrated and sophisticated information-processing system consisting of hierarchically structured, autonomous type sub-systems having the plasticity. Our current interest includes the functional and mathematical characteristics of fluctuations in biological rhythms, the functional significance of interactions

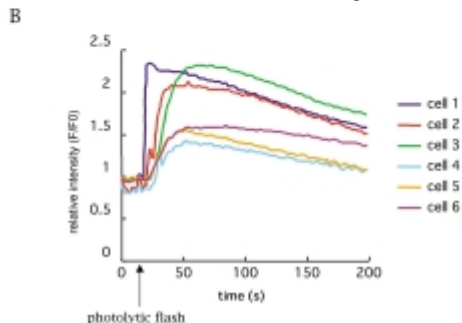
between neurons and astrocytes for maintaining a "homeostasis" in the brain, the molecular mechanisms responsible for the preconditioning-induced ischemic tolerance of neurons in the cerebral cortex, the biomechanics and energetics of the heart, and the signal transduction pathways involved in the remodeling process of the heart after myocardial infarction. The final goal of our research is set on establishing new information-processing theories and control algorithms based on the findings obtained through the Systems Approach, and applying them to the engineering and medical fields.

Research Interests

- ・ Fluctuations and non-linear dynamics of contraction rhythm in cardiac myocytes.
- ・ Interactions between neurons and glial cells.
- ・ Ischemic tolerance of neurons in the cerebral cortex.
- ・ Biomechanics and energetics of the heart
- ・ Heart remodeling



Calcium waves in cultured glial cells.



電子情報処理部門

Section of Informatics and Processing



推論や判断などの柔軟な電子情報処理の実現に必要な、新しい原理の探求を進めている。自然界の形や流れなど非線形現象の裏にひそむ数理、無脊椎動物の神経系の設計原理、光を用いた様々なナノファブリケーション技術の開発および光ナノデバイスの構築、について研究する3つの研究分野からなる。また、民間の研究者を客員教授・助教授として招聘し、所内の研究分野と幅広い共同研究を行う並列分散処理の研究分野も含んでいる。

This section conducts basic researches on the development of electronic information processing for automated reasoning. The section comprises three laboratories. Laboratory of Nonlinear Studies and Computation researches into mathematical structures of pattern formation of dissipative systems. Laboratory of Neuro-Cybernetics aims to reveal design principles of the central nervous systems of insects. Laboratory of Signal Processing develops various kinds of nanofabrication technique using light and create optical nanodevices. Also included in the section is an adjunct laboratory for visiting professors invited from private institutions to direct trans-disciplinary joint researches on parallel distributed processing.

情報数理研究分野

Nonlinear Studies and Computation

数理の 実験工房

Modeling Nature's Complexity

自然を理解する方法は様々であるが、本分野は計算機の中に小自然を作り、それを解剖し、その数理的構造を明らかにすることにより、その本質を解明することを目指す、いわば数理の実験工房とも言えるべきものである。

望遠鏡や顕微鏡が世界を大きく広げたように、計算機は我々により大きな想像力の翼を与えつつある。コンピュータの中で、蝶を飛ばしたり、雪や雲を作ったりすることで、複雑な現象を生み出す本質的なメカニズムを知ることができる。さらにそれらの数学的解析により、実体にとらわれない普遍的数理構造を抽出することが可能となる。また計算機実験は新たな数学の枠組を作り出すときのインキュベータにもなる。これら計算機という翼と数理の無限の包括力を活用することにより、脳や生命現象を含む様々な複雑現象を総体として理解する方法の一つを確立することを目指している。

研究テーマ

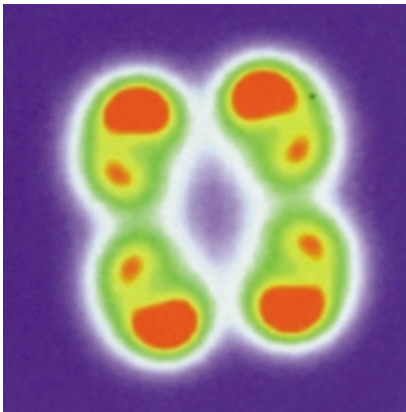
- ・ 反応拡散系におけるパターン形成
- ・ 物質科学におけるモデリング
- ・ 生物の形態形成のモデリング
- ・ 流体中を運動する物体の解析
- ・ 河川の形態などの計算地形学

Nature is a treasure house of variety of spatio-temporal dynamic patterns. One of the adequate languages to interpret its beauty and complexity is nonlinear dynamics. Good qualitative modelings give us a deep insight of universality and simplicity penetrating diversified phenomena. Experiment, modeling, computation, and mathematical analysis is a feedback loop to understand the complex dynamics in Nature. Any mathematical model is a kind of metaphor for the original phenomenon, but this does not mean a

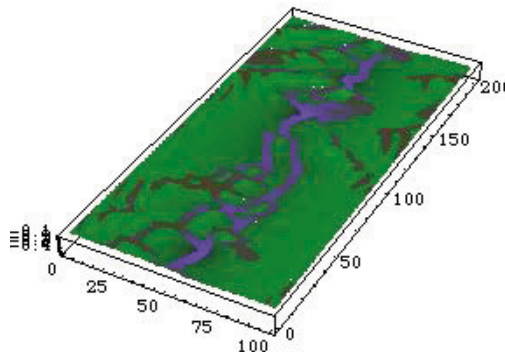
lack of rigor or power of predictability, instead it predicts when and how qualitative changes occur, which is much more important to our life rather than small quantitative errors. Our laboratory covers pattern formation in dissipative systems, morphogenesis, material science, fluid dynamics with phase transition, biomechanical fluid problems, and geomorphogenesis.

Research Interests

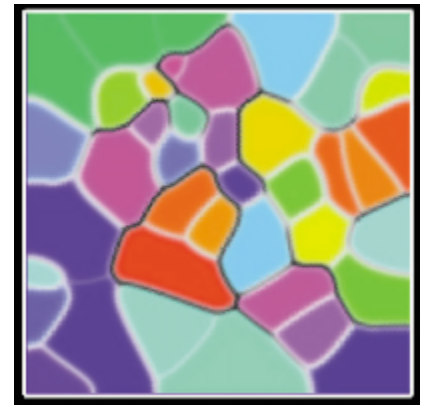
- ・ Pattern formation in reaction-diffusion system
- ・ Modeling in material science
- ・ Modeling of morphogenesis
- ・ Analysis of body motion interacting with fluid
- ・ Computational geomorphology of river channel



Self replication in reaction-diffusion system.



Simulation of meandering river.



Modeling of grain boundary motion.

神経情報研究分野

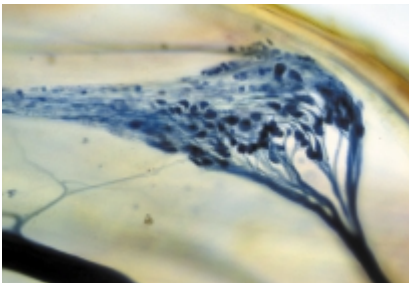
Neuro-Cybernetics

微小脳の 設計原理を探る

Unraveling the Design of Micro-Brain

脳神経系は、自然が長い淘汰を通して作り上げた情報機械である。情報処理の最高次中枢である脳の統合的な機能の解明には、脳の構造と動作つまり設計原理を明らかにする必要がある。本分野は、神経生理学および情報工学の手法でその設計原理を明らかにし情報処理技術の基盤とすることを目的とする。

これまでの電子情報処理は、人間の意識の論理つまり脳の動作結果を代行している。言葉の推論や情景の理解などの統合的な機能を人工的に実現するには、脳神経系の設計原理つまり内部構造と動作を明らかにする必要がある。我々脊椎動物の脳はおよそ 10^{12} 個の神経細胞からなり、 10^6 個程度の感覚細胞から運ばれる情報を処理している。一方、昆虫や甲殻類など節足動物の脳は、たかだか 10^5 個の神経細胞で 10^6 個もの感覚細胞からの入力を処理している。この節足動物の脳は少ない神経細胞で学習や記憶、状況に応じた行動の切換、緻密な運動制御などを実現している。同じ物理世界に、われわれとは設計原理の異なるもうひとつの脳、「微小脳」が存在する。本研究分野では、節足動物の脳神経系の構造と動作を神経生理学、神経行動学および情報工学の手法で調べ、微小脳の設計原理を解明している。



Sensory neurons in the femoral chordotonal organ of the cricket.

研究テーマ

- ・ 昆虫機械受容器の熱雑音感受性と機械的熱揺動量の光学計測
- ・ 神経系における情報伝送速度の計測と熱雑音の逆説的利用の実証
- ・ 昆虫の高次中枢での匂い情報処理機構の解明
- ・ 昆虫の匂い学習における一酸化窒素の役割に関する研究
- ・ 昆虫の"死んだふり"の神経機構

The ultimate goal of our research is technological implementation of major principles of information processing in biological organisms. To unravel the biological design principles, computer aided analyses of neuronal structure and signal transmission based on modern information theories and engineering methods are employed.

The present research aims at probing cellular and network mechanisms of brain functions. Arthropod animals show varieties of adaptive behavior despite they have only a tiny brain "Microbrain" that comprises by far a smaller number of neurons than our "Megalobrain". We have investigated

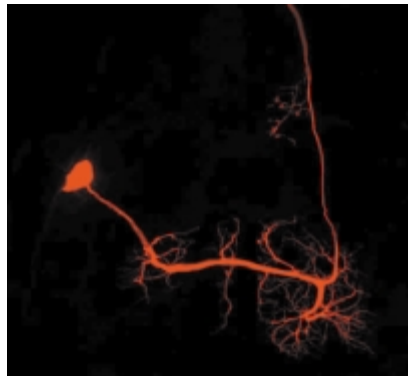
major principles of information processing in the brain using insects and crustaceans. Our main research projects are to 1) elucidate the role of internal thermal noise for information transmission in the mechanosensory cells in crickets 2) elucidate olfactory coding mechanisms in higher order centers in cockroaches 3) clarify mechanisms of neuronal plasticity by investigating the role of nitric oxide in the central nervous system in crayfish.

Research Interests

- ・ Neuronal representation of information and transmission capacity
- ・ Integration mechanism of mechanosensory and olfactory signals
- ・ The role of nitric oxide for neuronal plasticity
- ・ Neuronal mechanism of thanatotic behavior



Students and an experimental setup for intracellular recording.



An identified giant interneuron in the terminal abdominal ganglion of the cricket.

信号処理研究分野

Signal Processing

光によるナノファブリケーション技術の確立を目指して

In search for the novel nanofabrication techniques using light

コヒーレント特性に優れ、かつ制御性
が良いレーザー光を利用した加工技術
は、マイクロ・ナノ領域の加工において
画期的な変化をもたらす可能性のある技
術である。本研究分野においては、マイ
クロメートルからナノメートルオーダー
の微小空間における「光」と「物質」と
の相互作用を明らかにし、それらの原理
に基づいて新しいマイクロ・ナノフォト
ニックデバイスを構築する研究に取り組
んでいる。研究テーマとしては、用いる
「光」に特徴を持たせたテーマと、「物質」
に特徴を持たせたテーマをそれぞれ進め
ている。

1) 微小空間に集光したレーザービーム
と物質とによって発生する放射圧を利用
してソフトマテリアルのナノ構造制御を
行ったり、また超短パルスレーザーであ
るフェムト秒レーザーを用いて3次元光
ナノプロセス技術の開発や、量子相関ビ
ームを用いた新しい光ナノプロセス技術
の開発を進めている。

2) 半導体加工や微粒子の自己組織化、
そしてフェムト秒レーザー加工技術によ
って作製したフォトニック結晶を用いて
新しい光反応場を構築したり、マイク
ロ・ナノフォトニックデバイスを作製す
ることや、それら微細構造を利用して遺
伝子配列を高速並列処理によって決定す
るDNAマイクロアレイチップを開発す
る研究を行っている。

研究テーマ

- ・ 光圧によるソフトマテリアルのナノ構
造・運動制御に関する研究
- ・ フェムト秒レーザーによるマイクロ・
ナノ加工技術の開発
- ・ 量子相関光子によるナノ加工・計測技
術の開発
- ・ フォトニック結晶を用いたマイクロ・
ナノデバイスの開発
- ・ 新規検出技術を用いたDNAチップの
開発

Fabrication techniques using laser
light, which excel in controllability
and versatility, are considered highly
promising in view of the micro/nano-
fabrication. We are conducting
research to clarify the interaction
between light and materials in the
microscopic space of micrometer-to-
nanometer order, and, based on the
principles established, to design new
micro/nano-photonic devices. The
main themes of research are two: one
is aiming at controlling photons in
terms of spatio-temporal coincidence
as well as in preparation of the
entangled photons suited for
quantum optical applications and the
other theme is featuring material-
related research, also, development

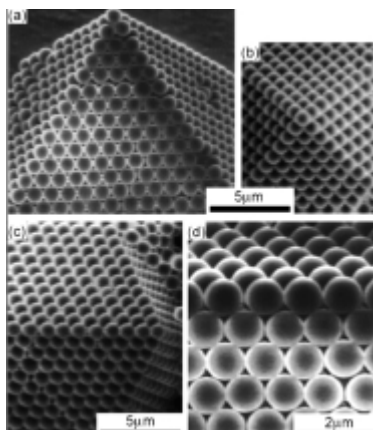
of photonic materials such as
photonic crystals.

1) We conduct the research to control
nanostructure and morphology of
materials using radiation pressure
and dielectric breakdown generated
by focused laser light into microscopic
space inside materials. In order to
develop a three dimensional (3D)
optical nanoprocessing technology,
the quantum lithography, we search
for the novel high intensity and
efficiency sources of entangled
photons.

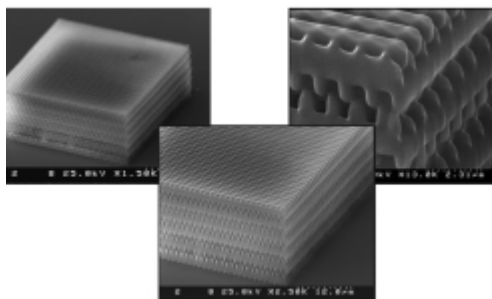
2) We use standard solid-state
technology to fabricate photonic
crystals; at the same time we, also,
search for the novel inherent 3D
techniques based on self-organization of
particles and femtosecond laser
fabrication to fabricate photonic
structures and their templates. The
photonic crystals are functional
materials, which, in turn, allow us to
control lifetime of excited states for
prospective photo-chemical applications.
We construct new microfluidic and
micro total analysis systems for the
development of DNA micro array
chips that determine nucleotide
sequence of genes by efficient parallel
processing and direct optical
characterization techniques, e.g., space
and time-resolved photoluminescence
and surface plasmon resonance are
incorporated into chips.

Research Interests

- ・ Control of nanostructure and
kinetics of soft materials using
laser-tweezers
- ・ Development of micro/nano
fabrication techniques using
femtosecond pulses
- ・ Development of the entangled
photon sources for quantum
lithography and engineering
- ・ Development of micro/nano
devices using photonic crystals
- ・ Development of DNA chips using
new detection techniques



Controlled sedimentation of opals.



3D photonic crystals fabricated by scanning
of femtosecond pulses.

並列分散処理研究分野

Parallel Distributed Processing

人間と社会～そのリズムとコミュニケーション

Human beings and society; their rhythm and communication

人間は、一人で生きることではできず、家族やパートナー、社会、環境といった存在を必要とする。本研究分野では、人間が様々な情報伝達手段を媒介して、個人や組織、社会システムなどと係わり合う仕組みを研究し、人間の身体リズムと心の相関、社会活動におけるコミュニケーションのあり方について理解を深めることを目的として以下の研究を推進している。

1) 心と身体情報の係わり(身体および生理的側面)

人間の心身の健康状態を理解するためには、物事をホリスティック(全体的)に見るアプローチが必要である。本研究では、生体リズムの非侵襲的計測と非線形ダイナミクスによる解析をもとに、ホリスティックな健康状態に関する隠れた情報を抽出するための新しい手法の構築を目指す。

- ・生体リズムの非侵襲的計測と非線形ダイナミクス解析
- ・ホリスティックなアプローチによる健康情報の抽出手法
- ・人間の歩行リズムと情報授受との相関
- ・「癒し」の心身相関に基づく健康管理システムのデザイン

2) 認知機能からみた社会との係わり(認知科学的側面)

人は自分を取り巻く環境の中で、自分自身のあり方が、同時に社会のあり方に一致する自己言及的な関係作りを基本に、自己を社会のなかに調和させるべく行動する。このような自己言及的な認知行動を実現するために必要な情報を、質的および量的な情報に分けてとらえ、その特性を分析することによって、心理的側面から社会との係わりを明らかにする。

- ・認知機能の質的および量的特性
- ・質的情報の取り扱いに関する粗視可モデル

- ・質的認知手法のコンサルティングへの応用

3) 認知科学的手法による社会システム分析(社会システムの側面)

自己言及的な認知活動を、科学技術システムとしての研究組織にあてはめ、研究者個人と所属する研究組織との関係において、その関係のあり方について考察する。研究活動は、自己言及的な社会的行動としてみた場合、社会のニーズと研究者のもつシーズ(意欲)が一致する場合に最大の成果がもたらされる。個人と組織がフィードバックを強くもつような組織の特性について明らかにする。

- ・自己言及的な特性をもつ社会システムのモデル
- ・科学技術研究組織の社会システム分析
- ・ナノテクノロジーと社会システムとの係わり

研究テーマ

- ・非線形ダイナミクスを用いた生体リズムの解析
- ・歩行リズム解析による健康管理システムの開発
- ・社会システム分析における質的認知手法の導入に関する研究
- ・先端科学技術分野における研究組織論のあり方に関する研究

Human beings cannot live alone. They need family members, partners, society and environment. The research project of our laboratory aims at better understanding of relationship between human beings, organizations and social systems via various communication media.

Research issues have been discussed from following view points

1) Relationships between human beings and information (physical and physiological aspects)

- ・Development of non-invasive detection of biological rhythms and their analysis based on nonlinear dynamics
- ・New method obtaining hidden information on holistic health
- ・Human gait rhythm under various conditions, e.g., walking while listening to music, walking with pets or robots, and walking in a group
- ・Design of healthcare systems based on healing by mind-body interactions

2) Cognitive function of human beings for interaction with society (Aspects from cognitive science)

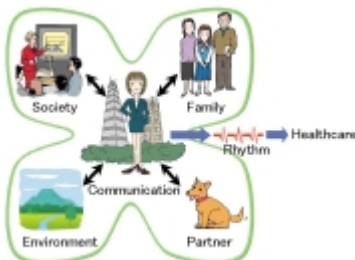
- ・Qualitative and quantitative characteristics of human cognition
- ・Coarse-view modeling for analyzing qualitative information
- ・Application of methodology based on qualitative cognition to consulting

3) Analysis of social systems based on cognitive science (Aspects from social systems)

- ・Models of social systems dominated with self-reference characteristics
- ・Analysis of scientific and technological organizations
- ・Interaction of nanotechnology with social system

Research Interests

- ・Application of nonlinear dynamics to biological rhythm analysis
- ・Development of healthcare systems based on gait rhythm analysis
- ・Introduction of methodology based on qualitative cognition to social system analysis
- ・Analysis of research organization for development of advanced science and technology



Research on communication between human beings and social systems



Multichannel biosignal detector

ナノテクノロジー研究センター

Nanotechnology Research Center



ナノテクノロジーは半導体技術、材料技術、バイオテクノロジー、情報技術、環境技術などを支える基盤技術であり、次世代産業創成のキーテクノロジーである。本センターは、分野横断・領域融合的な研究組織により、分子・原子の自己組織化によるボトムアップ戦略と半導体テクノロジーにおけるトップダウン戦略を融合した新しいナノサイエンス領域を創成し、さらにわが国におけるナノテクノロジーネットワークの一翼を担うことを目的とした研究施設である。

Nanotechnology is a key technology of the new generation of innovation industry, and is the technical basis of semiconductor, electronic material, bio, information and environmental technology. Our center is an interdisciplinary research organization, which focuses on a "bottom-up" strategy based on "self-organization" of atoms and molecules as well as a "top-down" strategy based on semiconductor technology to create a totally new field of "nano-science and technology". This research center also aims to contribute and play an important part in the establishment nanotechnology network in Japan.

ナノ材料研究分野

Nanomaterials

自己組織化による ナノマテリアル創製

Nanomaterials Fabrication based on Self-organization

本分野では、分子の自己組織化を用いて分子配列や配向を規制し、ナノメートルスケールで構造と機能が高度に制御された分子組織体を作製する。非線形、非平衡ダイナミクスを利用した自己組織化や時空間制御反応プロセスにより分子組織体の高次元組織化をはかり、生物にみられるような階層的な構造化を特徴とする新たな機能性材料を創製する。物理化学を基礎にしたナノサイズの原子・分子集合体の創製を中心とするボトムアップ技術と光電子工学を基礎にした描画・転写法を中心とするトップダウン技術の有機的な融合を図り、デバイスの構成要素を構成する未開拓なナノテクノロジーの基礎研究を行なう。本分野で開発する技術は、微粒子材料の創製、計測、並びにデバイス化への応用を網羅しており、生命科学、医療科学、情報通信工学への近未来的応用を目指す。

研究テーマ

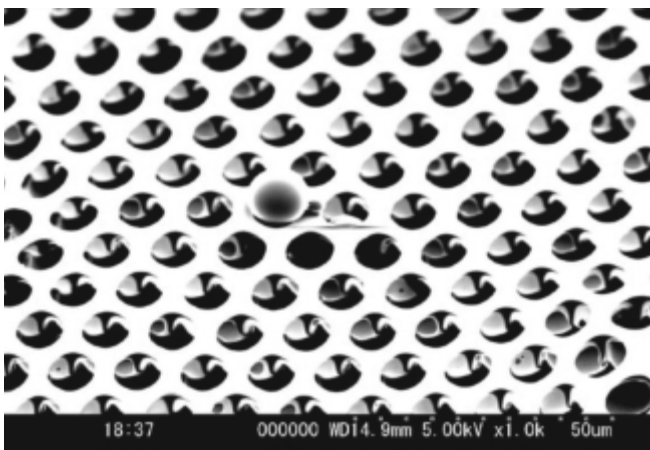
- ・自己組織化による階層構造を有するナノマテリアルの創製
- ・レーザー放射圧と自己組織化に基づくナノ微粒子配列法
- ・フォトリソグラフィ結晶の創製と新しい光波伝搬制御法
- ・多重散乱光によるナノ粒子分散・凝集特性のその場計測
- ・動的散乱法によるナノ微粒子のその場計測

We are aiming to create supramolecular architectures, which have highly controlled nanostructure and functions, by regulation of molecular arrangement and orientation based on self-organization of molecules. We are also focusing on the creation of new functional materials with hierarchical structures from nanoscopic to macroscopic scales, similar to those in biological organisms, by using self-organization processes based on non-linear or non-equilibrium dynamics and spatiotemporally controlled reaction processes. The

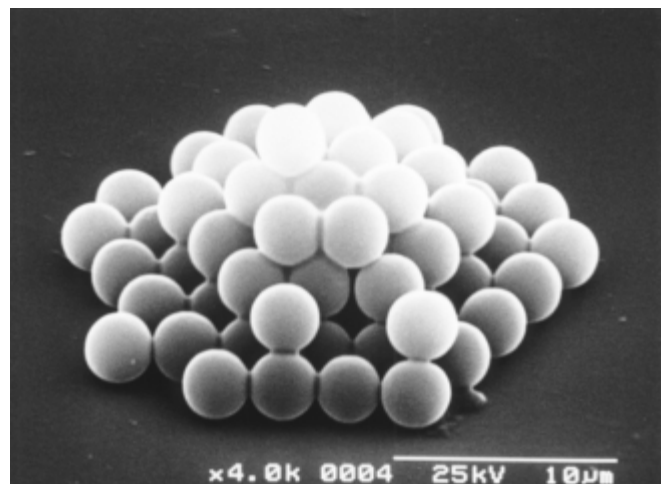
bottom-up technology for synthesizing a nano-size mass of atoms or molecules and the top-down technology in producing semiconductor devices based on the photonics are conflated into new nano-technologies. The nano-technology investigated in the research section consists of new particle synthesis, new metrology, and new device production and will be applicable to bioscience, therapeutics, information-communication engineering in the near future.

Research Interests

- ・Fabrication of nanomaterials based on self-organization
- ・Laser beam manipulation of nanoparticles organization
- ・Photonic crystals and new light transmission controls
- ・Backscattering enhancement measurement of nano-particles
- ・Dynamic light scattering low-coherence interferometry of nano-particles



Porous polymer film prepared by self-organization process.



Particle ordering using radiation pressure and particle self-arrangement.

ナノデバイス研究分野

Nanodevices

ボトムアップ方式による ナノデバイス創製

Nanodevices Creation by Molecular
Fabrication

自己組織化、メソスコピック、フラクタル、超分子といった概念を、デバイス創製の指導原理として、エレクトロニクス、フォトンクス、バイオニクス等のデバイス開発を行う。分子の自発的会合、会合体の自己組織化等の現象を利用して、デバイスとして有用な構造を人工的に構築する。例えば、フラクタル・ナノテクノロジーの開拓研究においては、表面をフラクタル構造にすることにより、超撥水／超撥油表面、低または高摩擦表面等の作製を行う。また機能性ゲルの研究では、二分子膜の規則構造による回折を利用した環境応答性発色ゲル、二分子膜の配向後に重合して得られる、方向によって性質の異なる異方性ゲル等の創製を行う。更に、上記の表面やゲルの特性を利用して、その応用展開を行う。また必要があれば、学内外他分野の研究者や企業との共同研究により、トップダウン方式の半導体ナノテクノロジーとの融合を目指す。

研究テーマ

- ・フラクタル・ナノテクノロジーの開拓
- ・二分子膜固定化ゲルの応用展開
- ・異方性ゲルの創製と応用

The mission of this laboratory is to develop the electronics, photonics and bionics devices utilizing the concepts of self-organization, mesoscopy, fractal, supramolecules and so on. Molecular fabrications useful for the above devices will be made by the self-assembly and the self-organization of molecules. In the fractal nanotechnology, for example, super water- and/or oil-repellent surfaces, low and/or high frictional surfaces etc will be synthesized by making the fractal structure on the surfaces. Iridescent hydro-gels having a periodic structure of bilayer membranes change their colors in

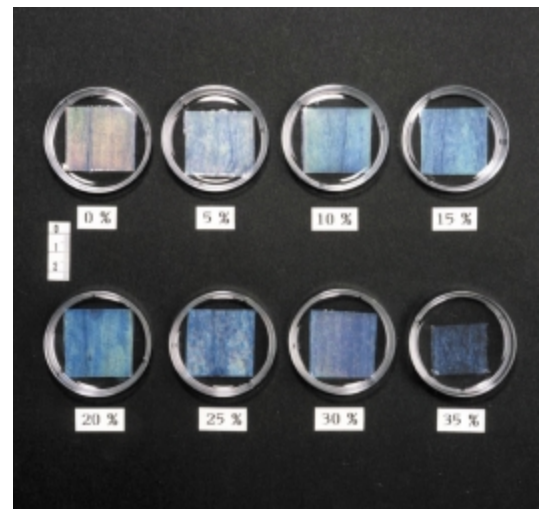
response to the environmental conditions. Anisotropic gels can be obtained when polymerized just after alignment of the bilayer membranes by the shear flow. The practical applications of the above surfaces and gels are also important target of our research. We will make collaborations with the semiconductor-nanotechnology researchers of our and other universities, institutes as well as enterprises when necessary for the developments and applications of the devices.

Research Interests

- ・Development of Fractal Nanotechnology
- ・Application of Hydro-Gels Containing Immobilized-Bilayer-Membranes
- ・Creation and Application of Anisotropic Gels



Water droplet on a super water-repellent fractal surface



Iridescent gel containing immobilized bilayer membranes

ナノ理論研究分野

Nanosimulation

複合領域ナノサイエンス戦略とバイオAFM技術

Promotion Strategy for New NanoScience and Bio-AFM Technology

「戦略的複合領域ナノサイエンス研究開拓」をテーマとして、特に生命科学に関連したナノテクノロジー研究の成果をデータマイニングし、分野横断的・領域融合的な研究課題の探索を行うとともに、ナノテクノロジー新領域創製に向けた戦略的な研究の企画・立案を行う。また、研究課題の経済効果や社会的インパクトの調査・予測も行う。さらに、カーボンナノチューブと原子間力顕微鏡 (AFM) を駆使し生体分子や機能性高分子の1分子物性特性の研究を通し生体関連材料の構造・機能の相関を解明し、生命科学分野での新しい技術の開拓を目指す。

研究テーマ

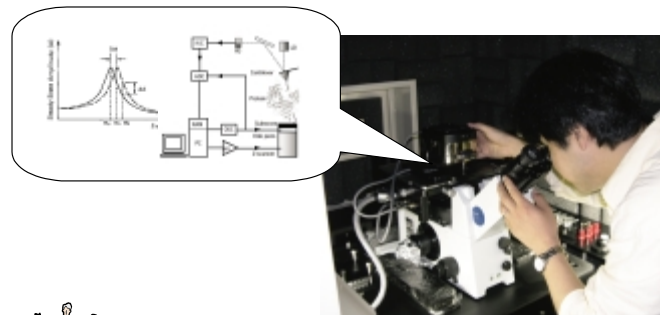
- ・ナノテクノロジー新領域創製に向けた戦略的な研究の企画・立案
- ・カーボンナノチューブとAFMナノテクノロジー
- ・新バイオAFM技術開発

In order to open a new transdisciplinary research area "Nano-Science", we concentrated our attention to (1) strategic discussion for especially life-science-related nanotechnology research, (2) data mining through international conference, workshop, etc., and also (3) nanotechnology research impact for economical and social life. We also conduct the molecular scale

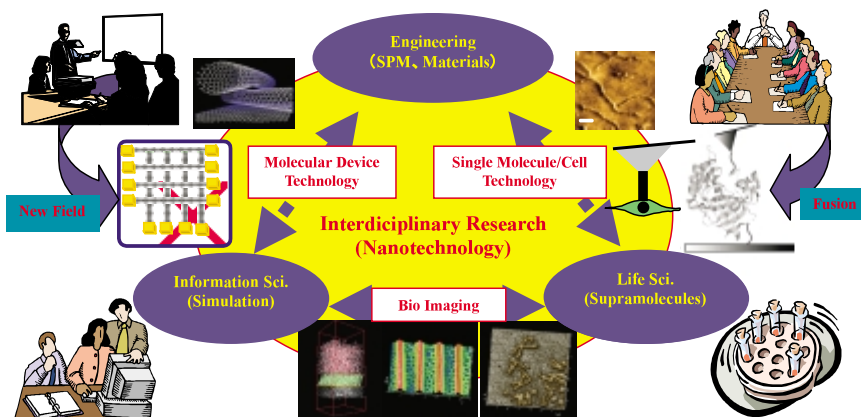
observation and manipulation of bio-molecules and functional polymers with the use of carbon-nanotubes and an ultra-sensitive AFM and other techniques, and try to develop new tools valuable for understanding molecular structures and their functions.

Research Interests

- ・Promotion Strategy for new transdisciplinary research area "nanoscience"
- ・AFM nanotechnology with carbon nanotubes
- ・New AFM technologies for bio-materials



New AFM tool for bio-materials



Promotion Strategy for New Transdisciplinary research area "NanoScience"

技 術 部

Division of Technical Staffs

研究支援と装置製作

技術部は、システム開発技術班と装置開発技術班からなる。

システム開発技術班は、研究分野に派遣されて、各自の高度な技術で直接研究を支援する技術者からなる。技術向上のため、技術部に測定器・コンピューターとその周辺機器等の整備を進めている。また、電子回路試作ならびに電子機器修理・点検などが可能な環境の整備を進めている。さらに当研究所の広報に関する仕事もしており、電子科学研究所ホームページの管理運営・大型プリンターやビデオカメラ等の管理を行っている。

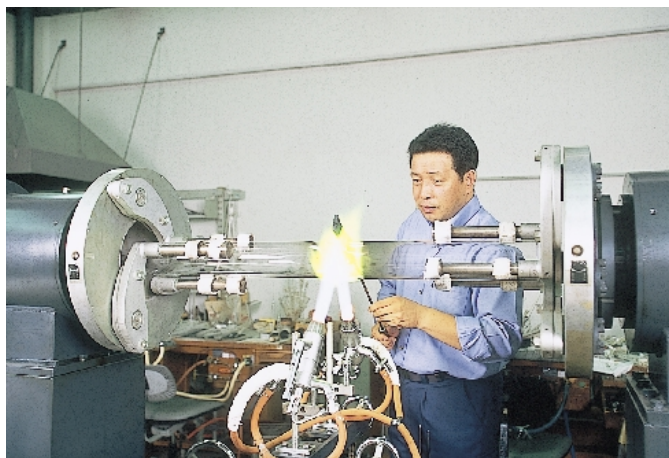
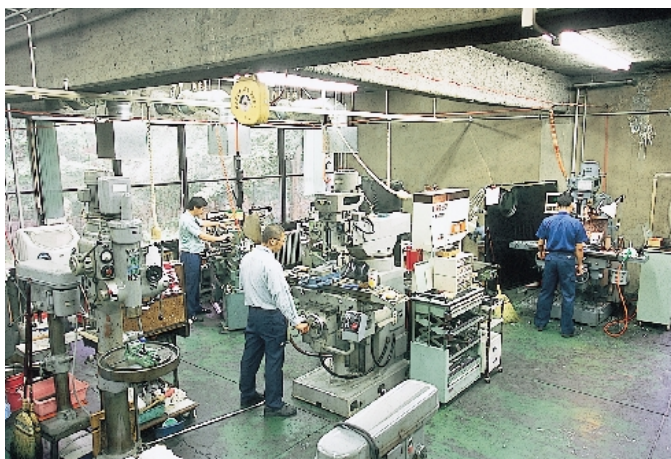
装置開発技術班は、研究分野での研究に必要な特殊で精密な実験機器の製作を担当する技術者からなる。

装置開発技術班には、機械および硝子の工作室がある。

機械工作室の特色は、ステンレスの精密切削とアルゴン溶接を駆使しての精密測定用の光学機器の製作及び立フライス盤・大型旋盤等を利用しての大型精密加工技術である。また最近では、非金属の精密加工技術の依頼も多数になり製作対応している。

硝子工作室の特色は、光学レンズ・プリズム等の加工と研磨・ステンレス製計測装置へのコパールを介しての硝子の溶着の技術・その他大型デューワー瓶・各種石英セルの製作を行っている。

The Division of Technical Staffs consists of a group of technical assistants in research laboratories and a group of technicians in the machine and glass shops. The machine shop is equipped with an argon welder and several precision machine tools, while the glass shop has a glass lathe and a large-size electric furnace.



広報活動

Public Relations

国際シンポジウム

10th Anniversary RIES-Hokudai International Symposium (Dec.9-11, 2002)



講演の様子 Oral presentation



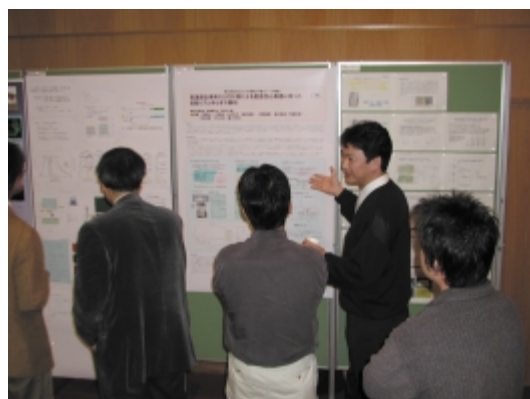
ポスター発表 Poster presentation

研究交流会

Annual Meeting of the Institute (Apr.16, 2003)



質疑応答 Questions and answers



ポスター発表 Poster presentation

一般公開

Open Laboratory (Jun.7, 2003)



サイエンストーク Science talk



展示と実演 Demonstration

ナノテクノロジー研究センターを含む北キャンパス



ナノテクノロジー研究センター

触媒化学研究センター

創成科学研究機構

次世代
ポストゲノム
研究実験棟

先端科学技術
共同研究センター

創成科学研機構
触媒化学研究センター
**ナノテクノロジー
研究センター**
低温科学研究所

環状通エルムトンネル

患迎寮

陸上競技場

野球場

平成ボプラ並木

サッカー場

獣医学部

北18条門

モデル・バーン

遠友学舎

北18条

北18条駅

西5丁目通り

至麻生

高等教育機能開発
総合センター

言語文化部
国際広報
メディア研究科

北分館

体育館

プール

はるにれ

遺伝子病
制御研究所

医学部
附属病院

歯学部
附属病院

北13条門

北13条

北12条駅

エネルギー先端工学
研究センター

量子集積エレクトロ
ニクス研究センター

工学部

フューチャの
スパイラル

池

中央食堂

電子科学
研究所

薬学部

医学部
保健学科

大型計算機
センター

情報メディア教育
研究総合センター

地球環境
科学研究科

教育学部

文学部

法学部

経済学部

附属図書館

百年記念会館

事務局

北大正門

中央ローン

クラーク像

理学部

総合博物館

農学部

留學生
センター

クラーク会館

学術交流会館

北8条

至植物園

至真駒内

札幌駅

地下鉄南北線

RESEARCH INSTITUTE FOR ELECTRONIC SCIENCE

Hokkaido University, Sapporo, Japan

北海道大学電子科学研究所

〒060-0812 札幌市北区北12条西6丁目 TEL 011 716-2111(代表) FAX 011 706-4977

<http://www.es.hokudai.ac.jp/>