

RESEARCH INSTITUTE FOR ELECTRONIC SCIENCE

北海道大学

電子科学研究所

2000 - 2001



はじめに - 所長あいさつ -

Foreword



所長 井上 久遠
Director
Prof. Kuon Inoue

21世紀を目前にした現在、国立大学は設置形態の変更の可能性も含めて大きな変革の波に直面しています。しかしながら、大学の附置研究所の役目である先端的かつ学際的研究、それも国際水準を越えた独創的研究の推進は社会の要請であり、今後とも変わるとは思えません。特に、時代は新しい研究領域の開拓を要請しています。北海道大学電子科学研究所は、新しい電子科学の領域の研究を目的として平成4年度に新たなスタートをしました。電子工学、情報科学、システム工学、物理学、応用物理学、化学などの既成の学問分野にとらわれることなく、そして積極的に生物学などを取り込むことによって、新しい領域の研究を推進しています。具体的には、たとえば、生物の種々の階層での機能を解明し、その成果に基づき新しい材料、素子、システムなどを開発するための基盤研究を行っています。もう一つの研究の方向性として、生物の存在に不可欠な光、すなわち光の本質の解明、および光の物質との相互作用の解明にも力を入れています。この目的を遂行するための組織として、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、1開発施設、1客員研究分野を擁しています。当研究所の人事に関する留動性は非常に高く、新しいスタッフが次々と加わることもあって、これまでに研究所の目的に沿った多くの顕著な成果をあげてきました。なお、各研究分野は重点化された大学院研究科のいずれかに所属し、現在100名を越える院生の教育・研究にも力をそそいでいます。

最後に、社会の期待にこたえるべく、独創的な基礎研究に所員一同、一層の努力をする所存です。

The Research Institute for Electronic Science started newly in April, 1992 for conducting pioneering works in a new interdisciplinary or transdisciplinary research area named "electronic science". So, in addition to studying the respective targets from the rather established academic fields such as electronics, chemistry and physics, we have also focused on unraveling the mechanisms of living organisms at several levels, and exploring significant features of light, thereby to provide a new basis for developing novel materials, devices and systems in future electronics.

The Institute comprises four research sections totally with 17 laboratories and 1 adjunct for guest professors. It takes part also in education of Graduate Schools of Hokkaido University. We have 110 graduate students at present.



はじめに1
Foreword

沿革2
History

組織3
Organization

研究所職員4
Directory of the Institute

電子物性材料部門6
Section of Electronic Materials

電子機能素子部門11
Section of Intelligent Materials and Device

電子計測制御部門16
Section of Scientific Instrumentation and Control

電子情報処理部門21
Section of Informatics and Processing

電子計測開発施設27
Electronics Instruments Laboratory

技術部28
Division of Technical Staffs

沿革

History

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 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)

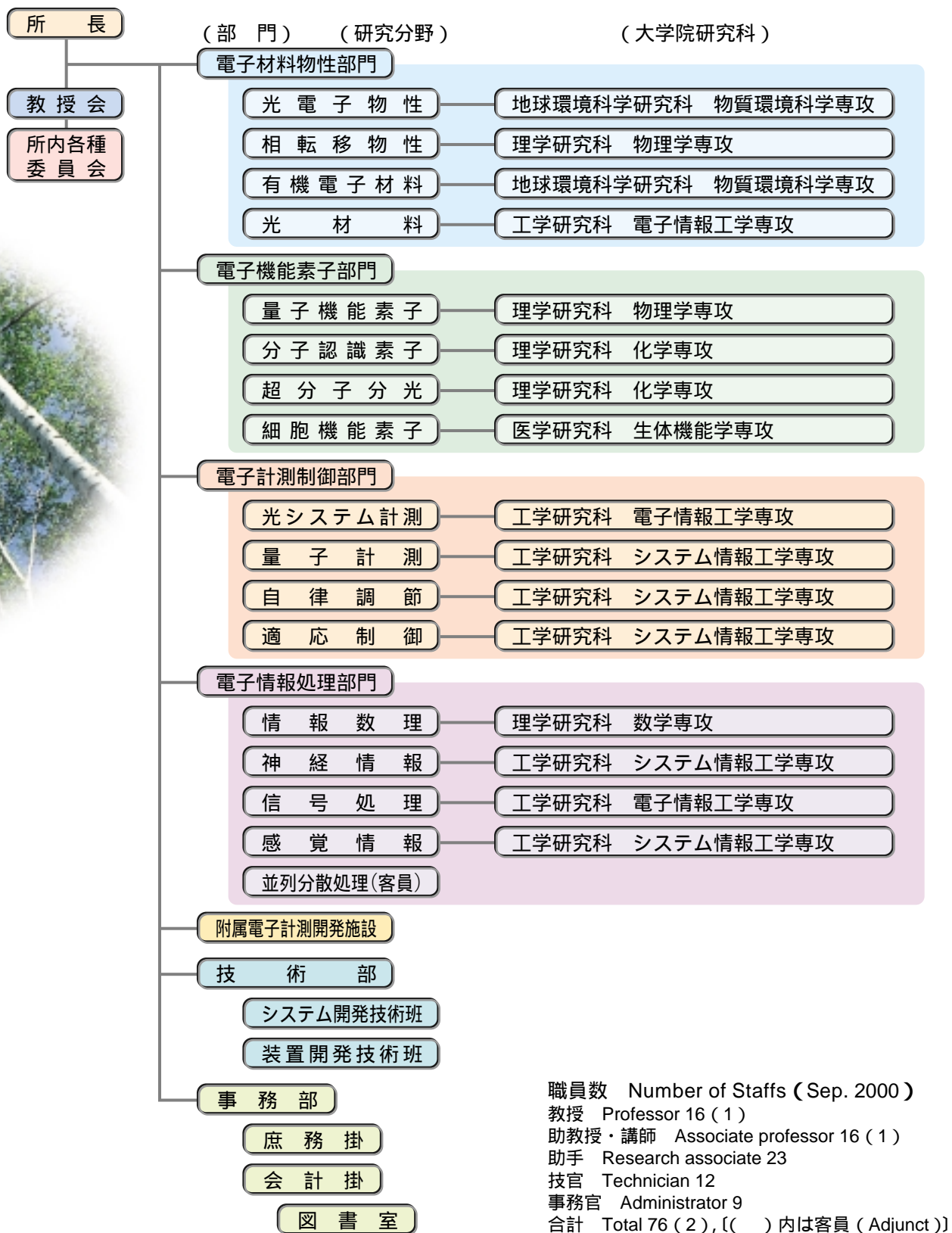
電子科学研究所 1992 *Research Institute for Electronic Science*

- 平成4.4 研究所改組により電子科学研究所となる



組 織

Organization



研究所職員

Directory of the Institute

所長
教授 井上 久遠

Director
Professor Kuon Inoue

電子材料物性部門

Section of Electronic Materials

光電子物性

Laboratory of Electronic Structure

教授 太田 信廣

Professor Nobuhiro Ohta

助手 竹中 信夫

Res.Assoc. Nobuo Takenaka

助手 大坂 直樹

Res.Assoc. Naoki Osaka

相転移物性

Laboratory of Phase Transition

教授 八木 駿郎

Professor Toshirou Yagi

助教授 辻見 裕史

Assoc. Prof. Yuhji Tsujimi

助手 笠原 勝

Res.Assoc. Masaru Kasahara

有機電子材料

Laboratory of Molecular Electronics

教授 中村 貴義

Professor Takayoshi Nakamura

助教授 長谷川達生

Assoc.Prof. Tatsuo Hasegawa

助手 芥川 智行

Res.Assoc. 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 植杉 克弘

Res.Assoc. Katsuhiko Uesugi

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 井上 久遠

Professor Kuon Inoue

助教授 迫田 和彰

Assoc.Prof. Kazuaki Sakoda

助手 川俣 純

Res.Assoc. Jun Kawamata

分子認識素子

Laboratory of Molecular Devices

教授 下村 政嗣

Professor Masatsugu Shimomura

助教授 居城 邦治

Assoc.Prof. Kuniharu Ijiri

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

助手 野村 保友

Res.Assoc. Yasutomo Nomura

細胞機能素子

Laboratory of Cellular Informatics

教授 上田 哲男

Professor Tetsuo Ueda

助手 神 隆

Res.Assoc. Takashi Jin

電子計測制御部門

Section of

光システム計測

Laboratory of

教授 笹木 敬司

Professor

助教授 竹内 繁樹

Assoc.Prof.

助手 堀田 純一

Res.Assoc

量子計測

Laboratory of

教授 栗城 眞也

Professor

助教授 小林 哲生

Assoc.Prof.

助手 平田 恵啓

Res.Assoc.

助手 竹内 文也

Res.Assoc.

自律調節

Laboratory of

教授 狩野 猛

Professor

講師 和田 成生

Lecturer

助手 丹羽 光一

Res.Assoc.

適応制御

Laboratory of

教授 河原 剛一

Professor

助教授 内貴 猛

Assoc.Prof.

助手 山内 芳子

Res.Assoc.

電子情報処理部門

Section of

情報数理

Laboratory of

教授 西浦 廉政

Professor

助教授 小林 亮

Assoc.Prof.

助手 柳田 達雄

Res.Assoc.

助手 飯間 信

Res.Assoc.

神経情報

Laboratory of

教授 下澤 楯夫

Professor

助教授 水波 誠

Assoc.Prof.

助手 馬場 欣哉

Res.Assoc.

信号処理

Laboratory of

教授 永井 信夫

Professor

助教授 鈴木 正清

Assoc.Prof.

助手 真田 博文

Res.Assoc.

感覚情報

Laboratory of

教授 伊福部 達

Professor

講師 井野 秀一

Lecturer

助手 上見 憲弘

Res.Assoc.

助手 和田 親宗

Res.Assoc.

並列分散処理 (客員)

Laboratory of

教授 南部 信次

Professor

助教授 川辺 豊

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
Shigeo Wada
Kouichi Niwa
Biomedical Control
Koichi Kawahara
Takeru Naiki
Yoshiko Yamauchi

Informatics and Processing

Nonlinear Studies and Computation

Yasumasa Nishiura
Ryo Kobayashi
Tatsuo Yanagita

Neuro-Cybernetics

Tateo Shimozawa
Makoto Mizunami
Yoshichika Baba

Signal Processing

Nobuo Nagai
Masakiyo Suzuki
Hirofumi Sanada
Sensory Information Engineering

Tohru Ifukube
Shuichi Ino

Norihiro Uemi
Chikamune Wada

Parallel Distributed Processing(Adjunct)

Shinji Nambu
Yutaka Kawabe

附属電子計測開発施設

施設長 教授 伊福部 達(併)
助教授 岩井 俊昭
助手 石井 勝弘

技術部

技術部長 教授 井上 久遠(兼)
技術長 技官 黒田 紀夫
前任技術専門職員 技官 牛坂 健
前任技術専門職員 技官 鎌田 清春

システム開発技術班

班長 技官 星山 満雄
第二技術主任 技官 大沼 英雄
(第一技術主任兼務)

技官 永井 謙芝
技官 女池 竜二
装置開発技術班

班長 技官 石坂 高英
第一技術主任 技官 土田 義和
第二技術主任 技官 太田 隆夫
技官 平田 康史
技官 山川 育生

事務部

事務長 事務官 徳増 正己
庶務掛

掛長 事務官 山口 隆敏
事務官 折田 朋子
事務官 佐藤 剛

会計掛

掛長 事務官 小林 信一
主任 事務官 峯田 学
主任 事務官 浅野 美穂

事務官 市川 智章
図書室
事務官 長野美年子

Electronics Instruments Laboratory

Head:Prof. Tohru Ifukube
Assoc.Prof. Toshiaki Iwai
Res.Assoc. Katsuhiko Ishii

Division of Technical Staffs

Head:Prof. Kuon Inoue
Chief Eng. Norio Kuroda
Senior Eng. Tsuyoshi Ushizaka
Senior Eng. Kiyoharu Kamada
System Developing Group

Group Leader Mitsuo Hoshiyama
Senior Eng. Hideo Ohnuma

Technician Norishige Nagai

Technician Tatsuji Meike

Equipment Developing Group

Group Leader Takahide Ishizaka
Senior Eng. Yoshikazu Tsuchida
Senior Eng. Takao Ohta
Technician Yasushi Hirata
Technician Ikuo Yamakawa

Administrative Office

Head: Masami Tokumasu
General Affairs

Chief. Admin. Takatoshi Yamaguchi

Adiministrator Tomoko Orita

Adiministrator Tsuyoshi Sato

Accountant

Chief Admin. Shinichi Kobayashi

Senior Admin Manabu Mineta

Senior Admin Miho Asano

Adiministrator Tomoaki Ichikawa

Library

Librarian Mineko Nagano

電子材料物性部門

Section of Electronic Materials



電子科学を支える物質の基礎的物性研究を行なっている。
光や電子の流れを制御できる無機及び有機材料の構造と物性の研究を行なうことを目的として、光と電子の相互作用を利用した分子や分子集合体の光物性に関する研究分野、相転移現象の集団分子機能を利用した電子物性の研究分野、有機分子の電子構造を利用した電子材料の研究分野、高機能の光システムのための光・電子材料の研究分野から構成されている。

Basic properties of materials for the advanced electronic science are investigated in this section. It covers organic and inorganic compounds available for control of electrons and photons, and optical, magnetic and electric properties of materials are examined in substance.

The section comprises the following four laboratories: Photophysical Chemistry (photon-electron interaction); Phase Transition (collective motion of atoms and molecules); Molecular Electronics (electronic structure of organic compounds); Optoelectronics (basic properties of materials for optoelectronics).

光電子物性研究分野

Electronic Structure

分子および分子集合体の 新たな光電子物性発現を探る

『光励起ダイナミクス』、『電子励起分子の構造』、『光物性』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により明らかにする。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

1. 光励起分子の電子構造とダイナミクスおよび光物性に関する研究
2. 高速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
3. 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、磁場効果の研究
4. 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
5. 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
6. 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 "Photo-Functionality" 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 "Photo-Functionality", 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 a 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 photofunctionality. In order to induce a characteristic photochemical processes which is applicable for a design of the new material having a new functionality, photoexcitation dynamics and photoinduced electric and magnetic properties have been examined in molecular assemblies and linked compounds with higher-ordered orientation and arrangement.



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

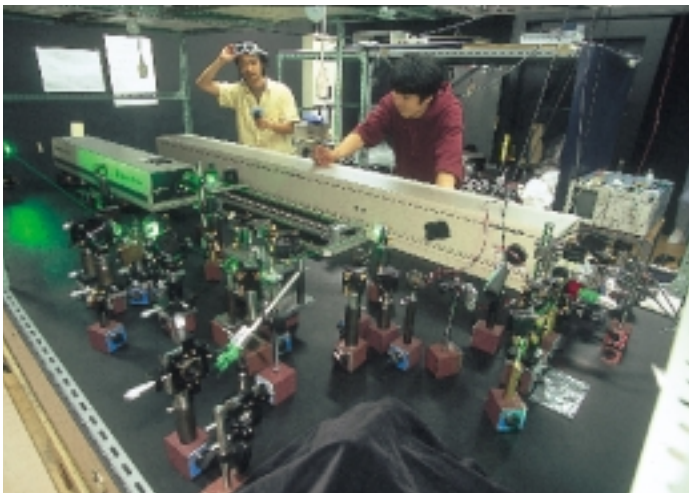
氷は0℃で解けて水になる。この極めて日常的な物質の変化は相転移の一例であり、この現象に様々な物質の秘密が隠されている。相転移物性の研究では安定な状態の物質（固体相である氷）がなぜ別の状態（液体相である水）に「転移」するのかを調べる。この安定に存在している物質が別の状態へ転移することは、物質を構成している分子間力の中に均衡を破る何か異常なことが起きていることを示している。そのとき物質は普段の安定な状態では表さない性質を示す。この異常は物質の性質に「ゆらぎ」をもたらし、ゆらぎを観測することによって物質の隠された未知の性質を知ることができる。このような相転移現象はこのほかに、強誘電性や強弾性結晶のような固相間の転移や液相-気相間の転移など極めて多数の例が知られている。本研究分野では結晶から高分子、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、結晶成長などにおけるゆらぎの特性を、レーザー光を用いて観測している。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、電子科学材料として有用な未知の物質の機

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の知見の蓄積とそれを通しての自然界の構造の理解をもたらす。

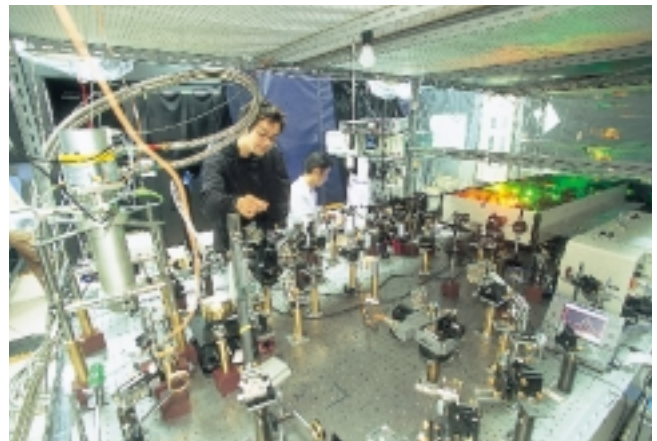
研究テーマ

1. 強誘電体相転移機構の解明
2. 水素結合型誘電体のプロトンダイナミクス
3. 強弾性体結晶におけるソフト音響モード
4. 液体-ガラス転移における密度ゆらぎのダイナミクス
5. コヒーレントフォノン励起法によるソフトモードの人工的励起
6. リラクサー強誘電体のブリルアン散乱
7. 量子常誘電体のブリルアン散乱
8. ガラスのボゾンピークのハイパーラマン散乱

The study of the phase transition of condensed matter reveals new dynamical properties useful for synthesis of noble materials for electronic science. These valuable properties are usually hidden under a stable condition of the material. The fluctuation of the physical quantities near the phase transition elucidates these valuable properties of materials. We study many kinds of phase transitions under unstable condition controlled artificially in order to obtain the atomic picture of the phase transition mechanism. We observe the dynamics by the use of CW and pulse lasers of pico- or femtosecond time width. The laser light detects excellently fluctuation dynamics near the phase transition. We treat here widely the phase transitions in ferro- and antiferroelectric crystals, ferroelastic crystals, polymers, quasi-crystals, glass, liquids in addition to melting and crystal growth phenomena.



ピコ秒YLFレーザーによる超スローダイナミクス測定装置



フェムト秒モードロックレーザーシステムによる超高速ダイナミクス測定装置

有機電子材料研究分野

Molecular Electronics

分子エレクトロニクスの 実現をめざして

分子エレクトロニクス実現に向けて、分子集合体における協同現象を探索し、デバイス動作に不可欠な非線形電子機能を開拓する。

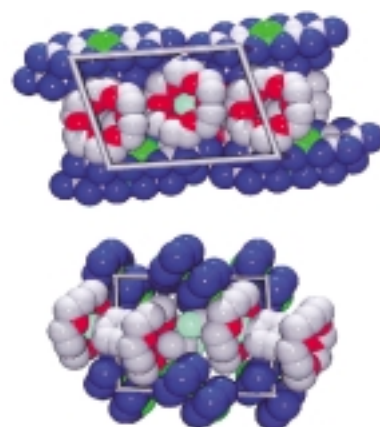
有機分子を組織化し、分子間のフロンティア軌道の重なりを制御することで、分子集合体の電子状態を様々に変化させることが可能である。分子のフロンティア軌道を設計し、その重なりを制御しつつ分子集合体を構築することで、多電子系における協同現象を惹起させ、スイッチング・メモリーなどの非線形な電子機能を発現するのに適した系を創製する。

分子の持つ自己集積化能を最大限に引き出して、望む機能性分子集合体を組織するために、高度な秩序構造に至る過程をあらかじめ分子にプログラムする。分子組織化の手法としては、超分子化学的な視点からのクリスタルエンジニアリング、分子マニピュレーション法としてのLangmuir-Blodgett (LB) 法、自己組織化膜法等を用いる。さらに微小重力環境を利用した分子集積化も行う。

このようにして得られた分子組織体における電気伝導性・磁性・非線形光学性などの光・電子機能を、物性研究の対象に昇華させるとともに、分子間の協同現象に基づく非線形電子機能を開拓する。将来的には、分子集合体間の自己組織化過程をも利用して、生体類似のコンピューティングを目指した、分子エレクトロニクス素子開発へ展開する。

研究テーマ

1. 超分子構造を組み込んだ分子性導体・磁性体の創製
超分子イオン - 遍歴電子連動系
プロトン伝導 - 電子伝導共存系
超分子構造を利用したスピン配列制御
2. 双安定性を有する分子集合体の開拓
中性 - イオン性相転移系
水素結合系における協同現象の制御
3. 低次元材料におけるデバイス展開
イオン認識性分子ナノワイヤーによる神経類似素子
電子系自己組織化膜による機能性電極
高伝導性、超伝導性LB膜
非線形光学活性超薄膜の動的機能制御
4. 微小重力環境を利用した機能材料の開発



スピンラダー構造を持つ分子性固体

of frontier orbitals as well as the construction of molecular assemblies by controlling the overlap of the orbitals are the key to realize the cooperative phenomena in the electronic system, through which we develop novel systems of nonlinear electronic functions such as switching and memory effect.

To obtain functional molecular systems through self-assembly processes, we program each molecule in advance a scenario to highly ordered structure. As for the construction of molecular assemblies, we utilize the crystal engineering from the viewpoint of supramolecular chemistry, Langmuir-Blodgett (LB) and self-assembly-film technique. In addition, microgravity condition is applied.

The molecular assemblies with conducting, magnetic and nonlinear optical properties are studied in terms of solid state physics and chemistry, aiming at realizing nonlinear electronic functions based on cooperativity in the assembly. In the future, these molecular assemblies will be extended to the biomimetic computing system, in which molecular assemblies are self-organized to form a dissipative structure.



電子スピン共鳴装置による超薄膜の電子状態評価

光と電子の量子状態制御で 高性能発光素子を創る

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)、ナロウギャップ(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。

研究テーマ

1. AFM/SEMによる複合ナノメートル微細加工技術の開発
2. 窒化物半導体の結晶成長過程・欠陥生成機構の研究
3. 高導電性ワイドギャップ半導体の研究
4. 長波長III-V-N窒化物混晶半導体の研究と次世代光通信用フォトリソへの展開
5. 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
6. ピラミッド型フォトニックドットによる自然放出寿命・コヒーレンスの制御と“しきい値のない”レーザの研究
7. ワイドギャップ半導体DBRを用いたマイクロキャビティと励起子ポラリトンの研究
8. フォトニック量子構造のFDTDシミュレーション

Quantum confined semiconductors such as superlattices, quantum wires, and quantum dots show discrete electronic states. When optical fields are also quantized one- to three-dimensionally, 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 consumption. In our laboratory, semiconductor technologies necessary to realize this scheme especially in nitrides and II-VI semiconductors are developed: 1. AFM/SEM nanolithography. 2. Growth processes of wide-gap nitrides. 3. Growth and characterization of narrow-gap III-V-N nitrides. 4. Pyramidal photonic dots and optical microcavities. 5. Excitonic properties of wide-gap superlattices and quantum dots. 6. FDTD simulation of photonic quantum structures.



窒化物系半導体成長装置



微小領域フォトルミネッセンス測定装置

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。

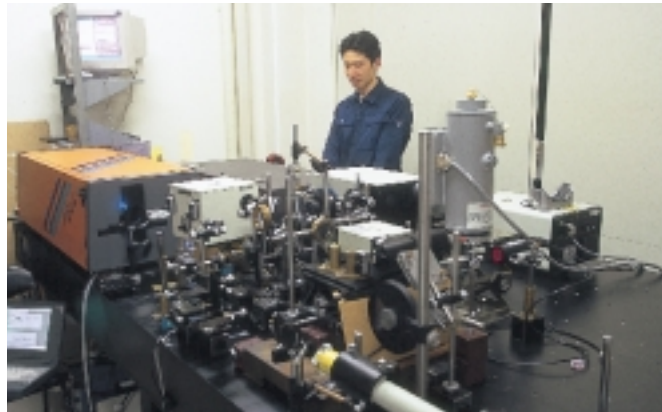
The present section is to carry out basic studies for high performance electronic devices for switching, amplifying, memorizing and sensing signals of any from, utilizing inorganic, organic and bio-materials. The section is composed of four laboratories: Quantum Electronics, Molecular Devices, Supramolecular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

量子機能素子研究分野

Quantum Electronics

電子と光の相互量子制御の 夢を目指して

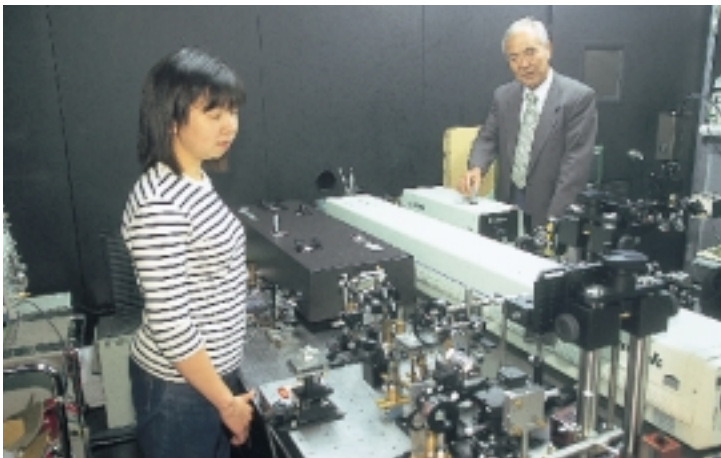
新しい概念に立って輻射場および光の伝播特性を制御するために、フォトリック結晶の開発並びに新しい現象の探索も含めた光学特性の解明研究を進め、将来の新しい光エレクトロニクス素子開発の基盤構築を目指している。特に、フォトリック結晶の光の状態、量子光学の立場からのユニークな特性に関する理論的研究も精力的に推進している。電子状態の制御に関しては、半導体ドットなどの量子閉じ込め効果に基づく新しい機能性発現の解明研究を進めている。電子と輻射場の相互制御に基づく斬新な素子開発も視野に入れている。次に、有機物電子系、すなわち有機非晶質並びに結晶を対照として、それぞれ、光化学ホールバーニング効果を利用した大容量多重メモリ、並びに光周波数変換素子などの非線形光学素子の開発研究にも力をいれている。なお、上記の解明研究には、独自に開発した、原理的に新しいレーザー分光法を併用・駆使して行っている。



研究テーマ

1. フォトリック結晶の開発による輻射場の制御、並びに新しい現象の探索、素子への応用
2. フォトリック結晶の輻射場の解析、量子光学の研究
3. 量子閉じ込め系の電子状態、並びに光との相互作用の解明
4. 非線形光学効果を利用した新しい機能性有機物結晶の開発
5. 有機非晶質の電子・格子相互作用、並びに永続的ホールバーニングによる大容量光メモリの基礎研究
6. 非線形レーザー分光法によるガラスなどの非晶質の物性解明

Photonic crystals are capable of controlling the radiation field and light propagation characteristics. By fabricating a few kinds of attractive crystals, we have been studying their optical responses and attempting to find new phenomena, to thereby develop novel devices in future optoelectronics. We have also been revealing their photon states from the theoretical point of view, which is a key problem for the above purpose. We are also exploring novel physical properties in semiconductor quantum-confined systems such as quantum dots and organic compounds; the latter include novel metal-assembled complex, functional dyes and organic amorphous materials. A final target of those works are to develop new nonlinear-optical devices such as a frequency converter and a large-capacity memory by utilizing a persistent hole-burning effect.



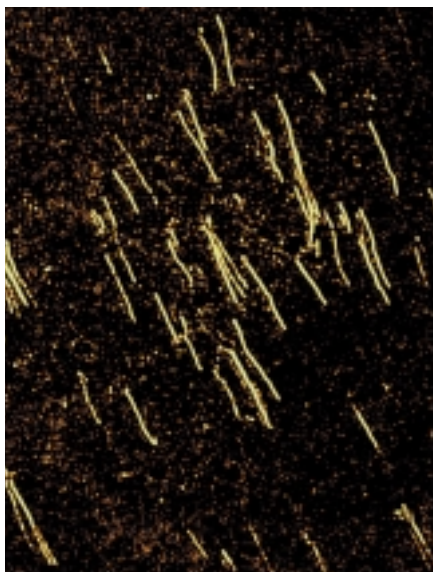
階層構造を持つ分子素子の開発

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。この研究によって、化学センサーや人工光合成、分子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。

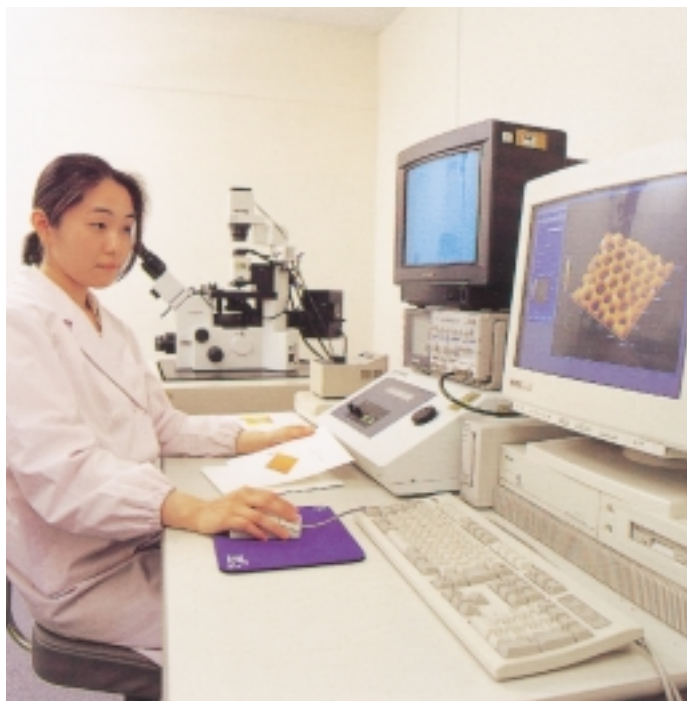
研究テーマ

1. DNA-mimeticsを用いた分子配列制御と光機能性分子組織体の作製
2. 二次元に組織化したDNAの材料化
3. 単一分子デバイスを支える新規分子組織体の作製
4. 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
5. 組織培養のための新規高分子材料の開発
6. ナノ微粒子のパターン化と機能性材料化

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. The research aims at the development of chemical sensors, artificial photosynthesis systems and information processing devices.



単分子膜に固定された二重らせんDNAの蛍光イメージ



原子間力顕微鏡による高分子メソスコピックパターンの観察

超分子分光研究分野

Supramolecular Biophysics

生体超分子の構造と機能を探る “光”で見る脳の世界

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階層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。

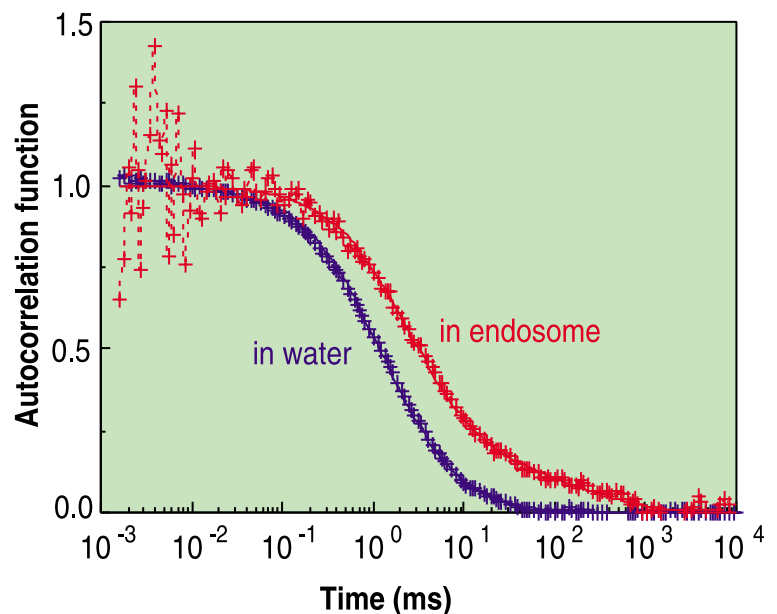
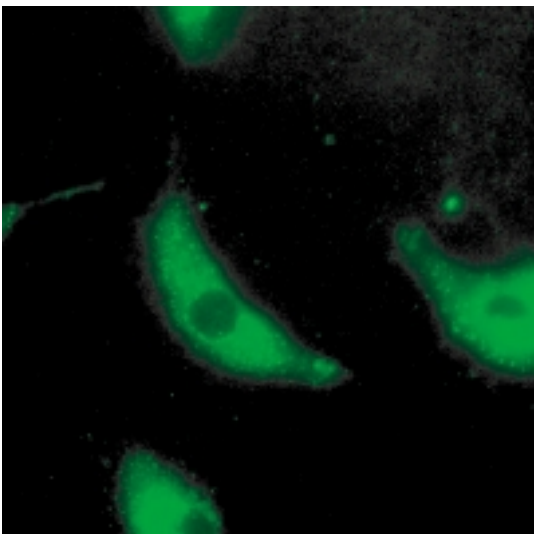
本研究分野は、脳の情報処理の理解を目標として、種々の光学技術を用い、単一分子レベルからヒトの脳まで、大きさにして 10^9 倍、時間スケールで 10^{12} 倍の広領域での構造と機能と相関を求める。この時に使用する光技術をもとに新しい医用光学の基本原理の確立も目指す。

研究テーマ

1. 生体超分子の機能発現の解析
2. 単一分子検出法の開発並びに分子診断法の基礎研究
3. 脳及び心臓等の臓器酸素代謝
4. 近赤外分光法の開発と脳機能計測への応用
5. 生体系における光の散乱現象の解析
6. 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
7. MRI、PET等による高次脳機能解析と光計測法による解析
8. 蛍光相関分光法による細胞内物質輸送の研究

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 techniques, such as optical method, our research is targeting the functions and structures of the system from the single molecule to brain, for understanding supramolecular system. Furthermore, various new optical techniques are developing 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.



蛍光微粒子（直径14nm）を取り込んだ血管内皮細胞の蛍光顕微鏡写真と細胞内の微粒子の動きやすさを示す自己相関関数の変化

細胞機能素子研究分野

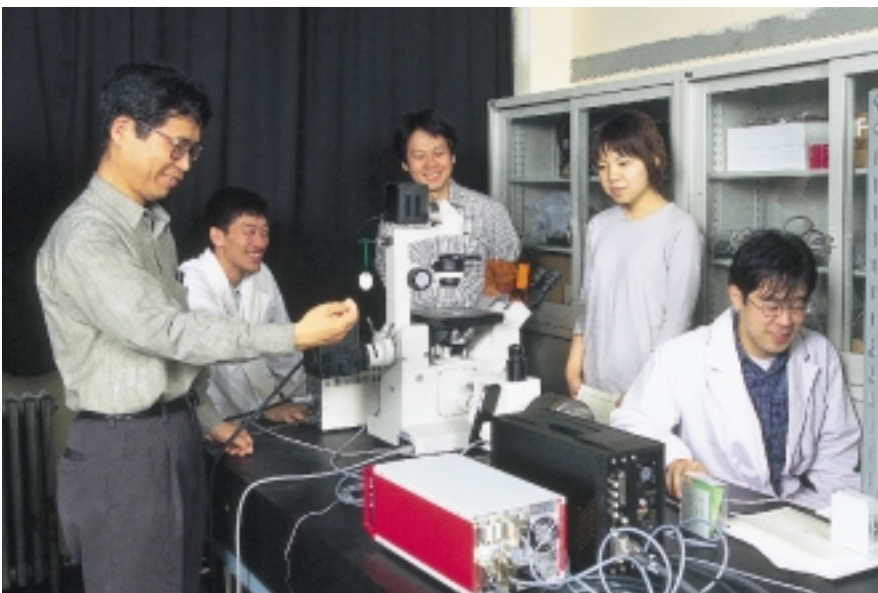
Cellular Informatics

粘菌に学ぶインテリジェンスの 自己組織化原理

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対の巨大アメーバ：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。

研究テーマ

1. 振動子集団の挙動と好き・嫌いの判断
2. 情報機能をになうリズム素子の自己生成
3. 細胞の時間秩序の形成
4. 光情報の細胞内情報伝達機構
5. 細胞骨格系の動態と細胞形状
6. リン脂質代謝と情報伝達
7. 形態形成における位置情報の生成
8. 細胞の“計算”原理



A cell is the smallest system where dynamism of life works autonomously. Emergence of cellular functions is studied in terms of hierarchic selforganization in chemical systems far away from equilibrium. The true slim 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.

Our current projects are: sensing and judging mechanisms of environmental information, origin of biological rhythm, organization of cytoskeleton lipid metabolism, positional information in morphogenesis, "calculation" by a cell.

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ポ蛋白輸送の計測・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 mechanisms 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

光の粒子性、波動性、量子性を極める新世代光科学

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、現在の高度情報化社会において重要な役割を急速に担いつつある。その急速な発展に伴い、さらなる光テクノロジーの高度化や、既存の技術を越える様々な可能性の先導的な探求が求められている。

本研究分野では、光の粒子性、波動性、量子性をフルに活用し、光計測、光情報通信処理の極限を極めるべく、「光閉じ込め」「光マニピュレーション」「光量子状態制御」などの新しい世代の光科学の研究に取り組んでいる。

光閉じ込め 微小領域への光閉じ込め技術によって、超低しきい値レーザーや超高速光スイッチ等の新しい光デバイスの実現が期待される。我々は、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発光ダイナミクスを制御したり、微小球レーザーを用いてナノメートル空間に光を局在させ分光計測するシステムを開発している。

光マニピュレーション 光を物体に照射したとき発生する力を利用して微粒子や原子・分子集合体を非接触で自在に操作する光マニピュレーション技術や、微粒子の熱揺らぎをナノメートルの精度で

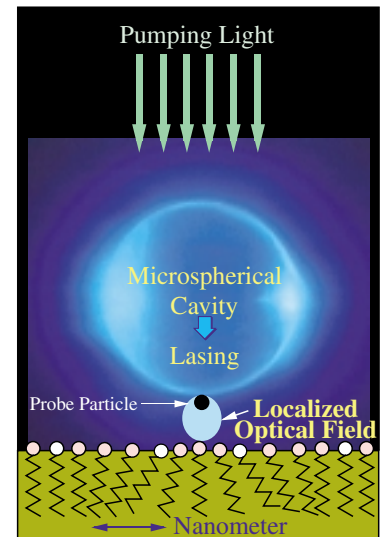
光計測して微粒子に作用する極微弱な力を解析し光ダイナミクスを制御する手法を開発している。

光量子状態制御 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、ならびに高い効率をもつ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。

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

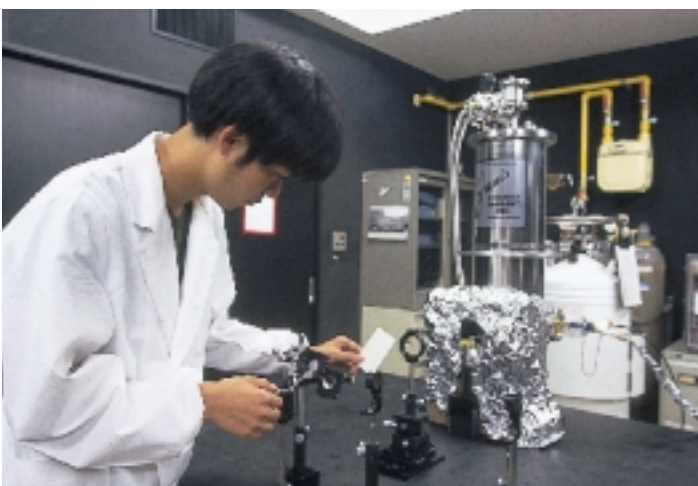
研究テーマ

1. レーザー光圧を利用したナノメートル空間ポテンシャル解析
2. 微小球共振器による発光・エネルギー移動ダイナミクスの制御
3. アップコンバージョン微小球レーザープロブ近接場顕微鏡
4. ナノメートル微粒子のダイナミック光散乱スペクトロスコピー
5. 線形光学素子を用いた量子計算と光子もつれ合いの制御
6. 量子暗号の実現に向けた単一光子発生装置と光子数検出器



微小球レーザープロブ近接場顕微鏡

Our group investigates advanced technologies of optical measurement and control utilizing temporal and spatial characteristics of laser light, which lead to ultra-fast optical devices and optical nano-sensing and nano-manipulation systems. Basic researches on quantum computation and quantum communication using photons as well as quantum electrodynamic devices are also progressed, which are useful and promising as future information technologies. Research topics include (1) nanometer-space potential analysis with radiation pressure of laser, (2) emission and energy transfer dynamics within a microspherical cavity, (3) near-field microscopy with an upconversion microspherical laser, (4) time-resolved scattering spectroscopy of nanometer-sized particles, (5) linear optics quantum computation and entanglement manipulation of photons, and (6) multi-photon detection devices and single photon generators for quantum cryptography.



高効率光子数検出器

量子計測研究分野

Electromagnetic Sensing

量子のはたらきで 脳機能を観る

超伝導電子の特異な量子干渉効果を利用すると、他に追従を許さない超高感度な磁気センサ（SQUID：Superconducting Quantum Interference Device）が実現でき、その最高感度は量子力学的なゆらぎの限界にまで達している。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逆推定すると、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、生体磁場や地球磁場などをさまざまな環境で計測するための汎用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、脳血行動態を検出する機能的MRI（磁気共鳴イメージング）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。

研究テーマ

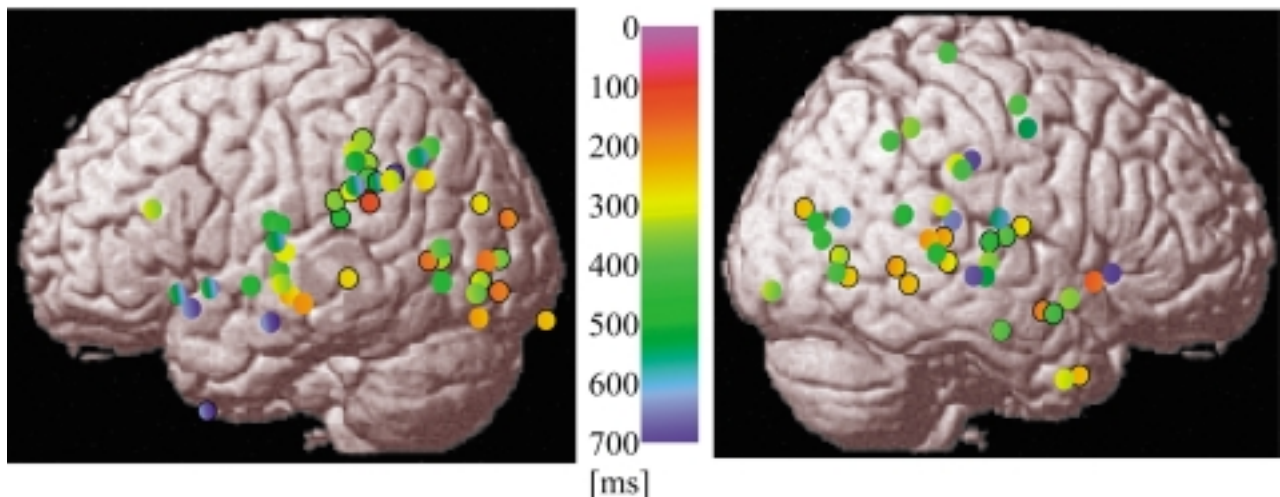
1. 高温超伝導SQUIDと磁気センシングシステムの開発
2. 脳磁場による無侵襲脳活動計測と活動源解析法の検討
3. 聴覚・視覚機能の解析とイメージング
4. 高次脳機能に関わる脳活動の時空間特性
5. 視覚的アウェアネス（両眼視野闘争、群化）の脳内プロセスの解明
6. 機能的MRIによる中枢神経活動の計測と信号処理



眼球運動計測装置を用いた
両眼視知覚実験

Our studies are focused on superconducting quantum interference devices (SQUIDs), including high-temperature-superconductor SQUIDs for practical measurements, and their biomedical applications. 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 including

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.



ひらがな3文字を使って単語を作るときの脳活動の時空間特性（SQUIDによる計測結果）

血流を診て 血管病の局在化機構を解明する

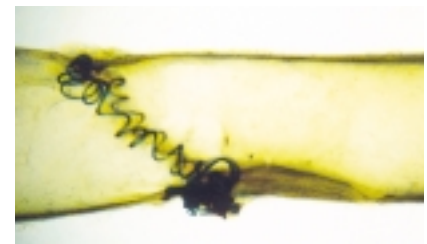
ヒトにおける動脈硬化症、脳動脈瘤形成、吻合部内膜肥厚などの血管病は、比較的大きな動脈の分岐部、湾局部、急激な拡大部など、流体力学的見地から見て二次流や渦の発生により血流が乱れやすい部位に選択的に起こることが示されている。しかしながらその局在化の機構はまだ良くわかっていない。そこで、本研究分野では、これらの血管病の誘因物質と考えられているコレステロールの血中における担体である低密度リポ蛋白(LDL)の血管内における挙動に注目し、その血管内腔表面における濃度および血管内皮細胞による取り込みに及ぼす流れの影響について、コンピュータ・シミュレーションによる理論解析、培養血管内皮細胞を用いたモデル実験、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

これまで行ってきた理論解析および培養血管内皮細胞を用いた実験的検討の結果、血管壁の水透過性による一種の濾過作用により、血管内壁表面上で、コレステロールの担体であるところのリポ蛋白の濃縮が起こり、そのリポ蛋白の濃度が流速の増減によって変化するという現象、即ち、リポ蛋白の流速依存性濃縮・枯渇現象の起こることが判った。また、

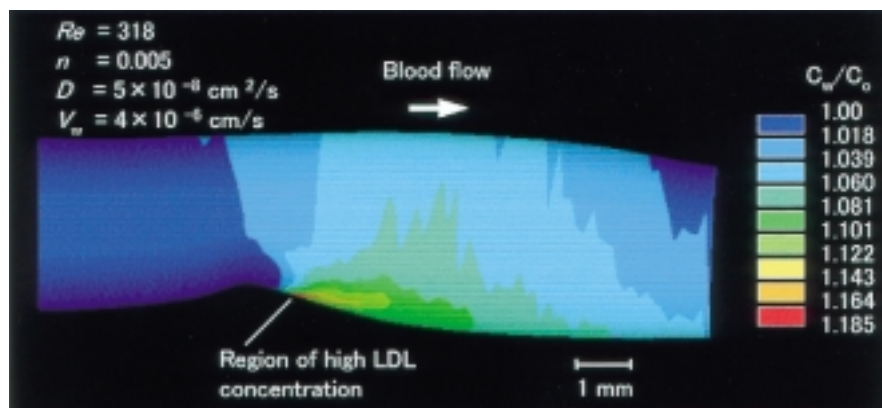
コンピュータ・シミュレーションによる理論解析の結果、血管湾曲部や吻合部など、血流が乱れ、流れが局所的に遅くなっている部位では、上記の現象が起こることにより血管内壁表面上におけるリポ蛋白の濃度が他の領域より高くなっており、この部位が、透明化した血管で観察される動脈硬化や内膜肥厚の好発部位と良く一致することが判明した。このことから、動脈硬化を始めとする上記血管病の局在化がこの現象に起因するものであるとの考えを強め、さらに複雑な形状の血管の場合について検討を行っている。

研究テーマ

1. ヒトの脳、心臓の血管系および大動脈内の流れに関する実験的並びに計算力学的研究
2. 血管壁へのリポ蛋白輸送に関する実験的並びに計算力学的研究
3. 血液のレオロジー的特性の評価法に関する研究
4. 肺気道内の流れと肺癌の好発部位との関係に関する研究



透明化された端々吻合血管。狭窄部下流の逆流領域に内膜肥厚が生じている。



コンピュータ・シミュレーションにより得られた端々吻合血管の狭窄部におけるリポ蛋白の壁面濃度

Atherosclerosis, aneurysms, and anastomotic intimal hyperplasia develop preferentially at certain sites in the arterial system such as bifurcations and curved segments of relatively large arteries where flow is disturbed and formation of secondary and recirculation flows occur. Hence to elucidate the mechanisms of localization of these vascular diseases, the effects of various physical and hemodynamic factors related to disturbed flows on the surface concentration of atherogenic lipoproteins at an arterial wall and their uptake by vascular endothelial cells are investigated both theoretically by means of computer simulations of the transport of lipoproteins from flowing blood to an arterial wall, and experimentally by carrying out mass transfer experiments of lipoproteins and model particles using cultured vascular endothelial cells and real arteries harvested from experimental animals.

適応制御研究分野

Biomedical Control

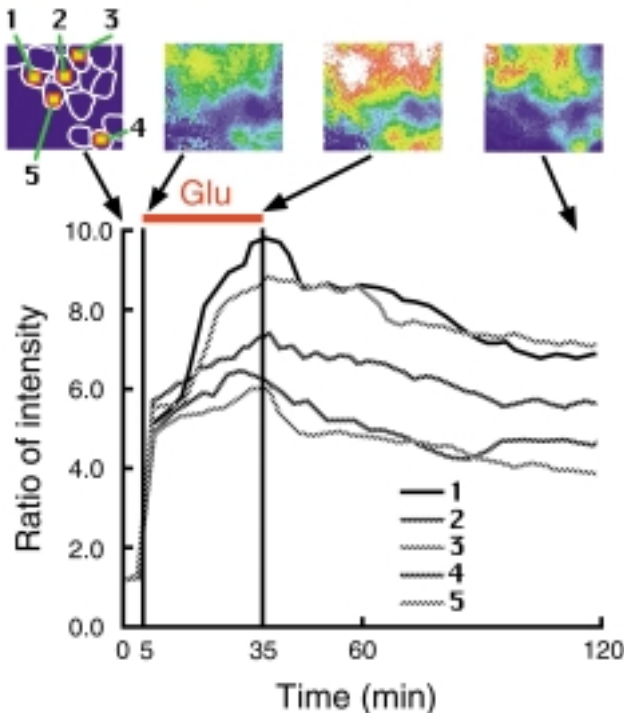
生命現象をシステムとして捉える

生命は悠久の歴史の中で、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、生命を情報処理ウェアと見なして、生体における適応現象とその制御情報処理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、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

1. 心筋細胞培養系による生体振動子ダイナミクスとゆらぎの解析
2. 大脳皮質細胞培養系によるニューロン・グリア間相互作用の解析
3. 変態に伴った神経回路の機能的再構築とアポトーシス
4. 脳虚血に伴った遺伝子応答と虚血耐性
5. 神経回路網の時・空間的活動の光学的計測と解析



グルタミン酸負荷によるニューロン[Ca²⁺]iの変化

Our research activities are based on the systems approach, in which the living body is taken as an integrated, information-processing system consisting of broadly distributed, autonomous-type subsystems having the plasticity. Our current interest includes functional meaning of the biological rhythm fluctuation, information-processing mechanisms in the central nervous system, adaptation and apoptosis of the neural system, and genetic response and tolerance to brain ischemia. The final goal is set on establishing new information-processing theories and control algorithms based upon the findings obtained through the approach, and applying them to the engineering and medical fields.

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と信号の流れ、量子波動現象を用いた超高速信号処理の設計に向けた回路網理論の拡張、人工現実感など機械と我々のより良い情報交換のためのヒトの感覚運動機構、について研究する4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 four 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 specializes in application of circuit theory for synthetic design of quantum electronic device of super high speed signal processing. Laboratory of Sensory Information Engineering tackles the realization of electronic man-machine interface based on human sensorimotor mechanisms. 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

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。

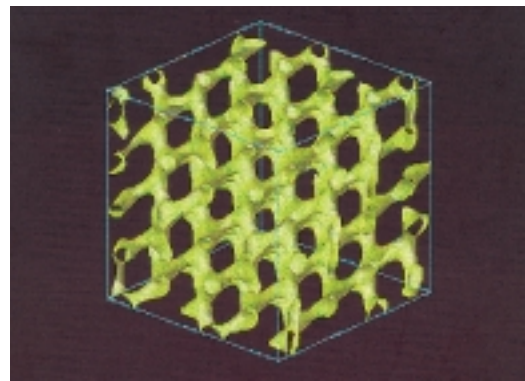
望遠鏡や顕微鏡が世界を大きく広げたように、計算機は我々により大きな想像力の翼を与えつつある。コンピュータの中で、お湯を沸かしたり、雪や雲を作ったりすることで、複雑な現象を生み出す本質的なメカニズムを知ることができる。さらにそれらの数学的解析により、実体にとらわれない普遍的数理構造を抽出することが可能となる。

21世紀にかけて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。

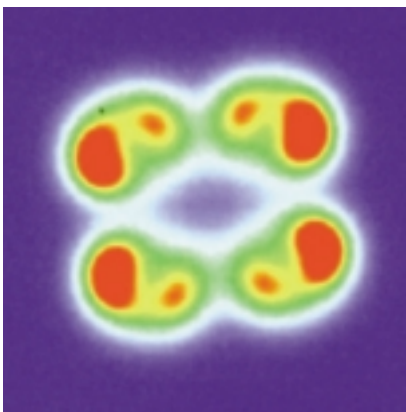
研究テーマ

1. 反応拡散系におけるパターン形成
2. 凝固と再結晶過程のモデリング
3. 蝶の飛翔のモデリング
4. 粉粒体の分離過程のモデリング
5. 生物の形態形成のモデリング
6. 脳の情報処理に関する計算論的研究

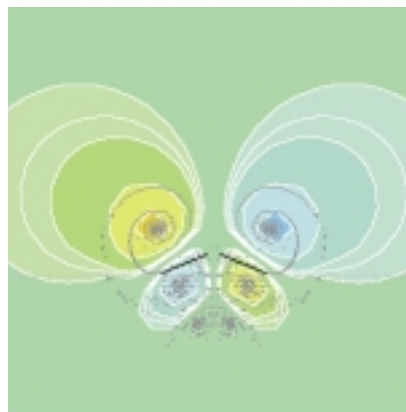
The aim is to understand the mathematical structures of nonlinear dynamics including the pattern formation of dissipative systems, fluid dynamics with phase transition, and dynamics of information processings of the brain. Modelling, computer simulation, and mathematical analysis are combined together to study these problems.



ブロック共重合体の相分離のモデル



自己分裂パターンのモデル



蝶のはばたき飛行のモデル



再結晶過程のモデル

微小脳の 設計原理を探る

神経系は、自然が長い時をかけ、変異と淘汰を通して作り上げた情報処理・制御装置である。本研究分野は、神経系の仕組みを明らかにし、情報処理技術の基盤とすることを目的としている。

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高速で代行している。言葉の推論や情景の理解など脳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。

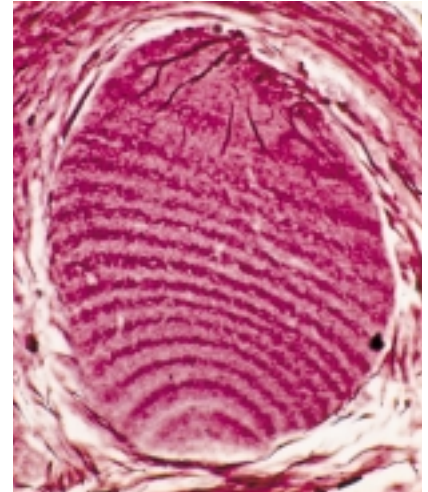
我々脊椎動物の脳は、およそ 10^{12} 個の神経細胞からなり、 10^9 個程度の感覚細胞から運ばれる情報を処理している巨大脳である。昆虫など無脊椎動物の脳では、 10^6 個の神経細胞が 10^6 個の感覚細胞からの入力を処理している。この「微小脳」は、数少ない神経細胞で記憶や高速運動制御を実現している。同じ物理世界に、我々とは設計原理の異なる「もう一つの脳」が存在する。

本研究分野では、昆虫の脳神経系の構造と動作を、神経生理学および情報工学的手法を用いて調べ、「微小脳」の設計原理を解明している。

研究テーマ

1. 昆虫機械受容器の機械設計とエネルギー感度の計測
2. 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
3. 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
4. 昆虫キノコ体による場所記憶と運動の高次制御機構の解明
5. 昆虫の匂い学習に関するキノコ体ニューロンの活動と構築
6. 昆虫中枢の神経回路における信号処理の非線形解析

The ultimate goal of our research is technological implementation of major principles of information processing in biological organisms. To uncover 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, particularly of those in insects. Experimental models include the cercal wind sensory system of cricket and the mushroom body, an association center for place memory in cockroach.



ゴキブリ脳の記憶中枢：約20万本の神経繊維の束の輪切りで、縞模様は信号を伝える神経繊維の太さの違いによる。



超高速信号処理をめざして

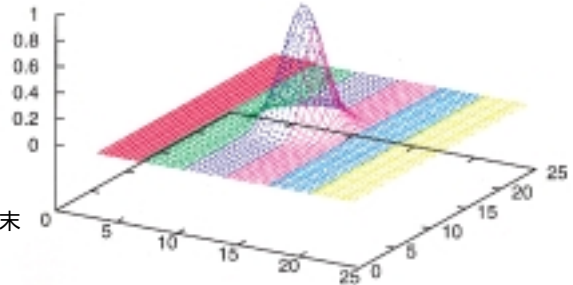
通信、リモートセンシング、計算機による理解、認識などのために、電波や光、音波、電子波などの様々な波動信号がマイクロからマクロなサイズまで利用され、解析処理されている。これらの種々の信号をより高速に、正確に処理することは、常に要求されている。

本研究分野では、次世代高速電子デバイスとして期待される電子波デバイスの動作原理となるポテンシャル中の電子波伝搬を扱うための解析・設計理論の構築を試みている。基本方程式の類似性から分布定数回路理論に基づく等価回路モデルを導出し、工学的に体系づけられた手法の構築を目指している。また、回路モデルに基いた波動伝搬現象のコンピュータシミュレーションの研究を行っている。

さらに、複数信号源の同時定位のための信号処理手法の開発を行っている。特に、信号対雑音比が小さい場合や、入手されるデータ数が少ないなどの悪条件下でも高い分解能を得ることができ、しかも高速に処理できる手法を開発している。また、鯨の回帰行動解明を目的として、水中を移動する超音波発信源の音源定位アルゴリズムの研究とそれを用いた音源の自動追尾システムの開発にも取り組んでいる。

その他、計算機等の基盤上のノイズ除

回路モデルによる電子波束の並列シミュレーション



去を目的としたノイズフィルタに関して、多線条回路によるモデル化、およびその動作原理の解明、設計論の構築に取り組んでいる。

研究テーマ

1. 複数信号源の同時定位のためのアルゴリズムの研究
2. 水中音源自動追尾システムの研究
3. 分布定数回路理論の拡張と、波動伝搬解析への応用の研究
4. 量子力学的波動方程式の等価回路モデルの研究
5. 回路モデルに基づいた波動数値シミュレーションの研究
6. 電子波フィルタ構造の解析及び合成論に関する研究
7. 分布定数型ノイズフィルタの解析・設計論の構築に関する研究

Techniques in telecommunications, remote sensing and recognition or understanding by computers use and process various signals propagated as electromagnetic waves, light, sound waves, and electron waves. Advance in technologies continues to demand higher speed of processing the signals with enough accuracy.

The electron wave devices are expected as next generation's electron devices. We attempt to establish the theory of analyzing and designing the electron wave propagation in potential structures. We focus on the similarity between the telegraph equation and quantum mechanical wave equations, and propose several equivalent circuit models to describe the electron wave propagation. Moreover, techniques simulating wave propagation phenomena in computer are developed based on these models.

The simultaneous localization of multiple signal sources is studied to achieve high-speed processing and super resolution in low SNR or small data samples. Moreover, the algorithm to obtain the azimuth and distance of the object sending supersonic wave in water is studied. The automatic pursuit system using the algorithm is developed.

The analysis and design theory for small and efficient noise filters which are composed of distributed circuits is studied. We have proposed equivalent circuits based on multi conductor transmission-lines and studied the frequency characteristics of noise filters theoretically and experimentally.



フィルタ特性の測定

感覚情報研究分野

Sensory Information Engineering

「人間支援工学」を目指して

本分野では、ヒトの感覚とそれに付随する運動機能を調べ、感覚や運動機能が衰えたり失った人達のための支援機器を設計するとともに、得られた知見や技術を人工現実感 (Fig.1) やロボットのヒューマンインタフェースに応用する研究を行っている。

そのため、音声を知覚したり生成する仕組み、手指など体性感覚で物体の形状や表面の材質を認識する仕組み、さらに視覚や平衡感覚を介する環境認識機構の仕組みを心理物理実験や生理学的実験で解析している。また、九官鳥などの動物の持つ特殊能力からヒントを得て支援機器を設計するという方法も採っている。ヒトの概念形成や感覚運動連合などの高次の機能を踏まえて支援機器をヒトに適用した場合の問題点を事前評価するとともに、応用研究を通じて生まれた要素技術を支援機器の改良に活かしている。現場で使用してみて、まだ問題があれば基礎に戻るというループを描いて研究を進めている。

なお、現在までに現場と企業の協力を得て、抑揚を出せる電気人工喉頭「ユア・トーン」(Fig.2) 指先の触覚を介して音の情報を伝達させる聴覚支援機器

「タッチ・ボイス」、音声を文字化して透過型メガネディスプレイを介して見せる支援機器に関しては普及化のための改良研究が進められている。また、水素吸蔵合金を使ったアクチュエータが製造され、介助支援装置 (Fig.3) やリハビリテーション機器への応用研究も行われている。

研究テーマ

1. 聴覚代行、人工内耳、音声自動認識、デジタル補聴装置など聴覚障害補助に関する研究
2. 抑揚の出せる人工喉頭 (Fig.2) 合成音声の自然性の向上、発話失行など音声障害補助に関する研究
3. 人工現実感刺激 (Fig.1) による視覚、聴覚、平衡感覚の感覚統合機構と姿勢制御法に関する研究
4. 体性感覚のための人工現実感とレイジスタンス・ロボットの設計に関する研究
5. 移乗動作解析と水素吸蔵合金アクチュエータを利用した介助ロボット (Fig.3) に関する研究

The research purpose of our laboratory is to design assistive devices for the disabled based on an analytical study of human senses and motor functions.

We have put the following devices into practical use. 1) a pitch controlled artificial larynx (Fig.2), 2) auditory substitutes using both the tactile sense and a speech recognition system, 3) actuators using a metal hydride alloy for a transfer aid as well as for rehabilitation apparatus (Fig.3).

The findings regarding human sensori-motor functions and technologies obtained through the design of the assistive devices have been applied to construct a human interface for a virtual reality system (Fig.1) and robotics. These advanced elemental technologies may offer valuable feedback in the design of a better model of the assistive devices. We have also tried to acquire information about sensory integration, concept formation, and sensori-motor associations in the human brain.



Fig. 1 Virtual reality system



Fig. 2 Pitch controlled artificial larynx



Fig. 3 Transfer aid using a Metal-Hydride actuator

並列分散処理研究分野

Parallel Distributed Processing

IT革命を担う強誘電体デバイス

21世紀の情報・通信技術の根幹をなす集積回路／電子部品の世界は、これまでにない変貌を遂げつつある。大容量の情報伝達、高速情報処理システムをだれでも、どこでも利用できる時代になろうとしている。高速コンピューターと携帯端末機器はIT革命の牽引車である。デジタル回路の高速化と高集積化・RF回路の高周波化と高集積化は留まるところを知らない。本研究分野はこれら集積回路を念頭に置いた強誘電体薄膜デバイスの創造を目指し、強誘電体薄膜の微構造と物性との相関、およびその材料物性を最大限に引き出すためのデバイスデザインの研究に取り組んでいる。

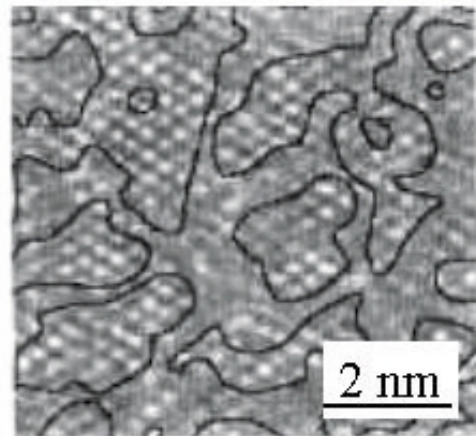
研究テーマ

1. リラクサー強誘電体における非線形誘電応答とマイクロクラスター
2. 強誘電体ドメイン構造と非線形誘電応答
3. 強誘電体薄膜と高周波チューナブルデバイスの研究

The twenty-first century will be characterized by revolutionary changes in information and communication systems. The technological foundation of these changes will be the integrated circuit technology and microelectronic components. The aim of our research is to create new high performance integrated devices, in particular ferroelectric thin film devices, for high-speed digital and high-frequency RF circuits. The microstructure / property relation of ferroelectrics is studied and the device design is developed to use its material characteristics sufficiently.



2次元TDGL方程式に基づく、BaTiO₃の90°ドメインシミュレーション結果



Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃薄膜のマイクロクラスター分布

附属電子計測開発施設

Electronics Instruments Laboratory

研究支援と光物理・ 光情報処理の研究

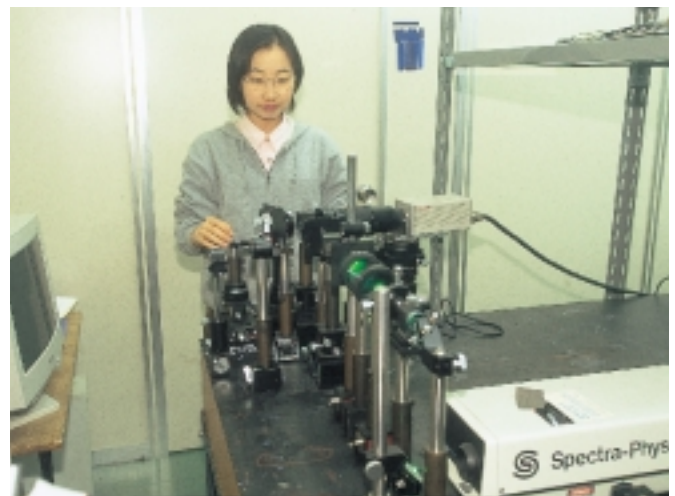
本施設では、各研究分野における研究の支援を行うとともに、光物理現象の解明とその計測技術への応用に関連した独自の研究を展開している。研究支援に関しては、レーザ計測システムおよびコンピュータシミュレーションの開発と構築を行っている。研究に関しては、濃厚媒質からの多重散乱現象の光物理、スペckル、コヒーレンス、光情報処理、および生体医用光学の研究を行っている。多重散乱現象の研究では、後方多重散乱光エンハンスメント現象、凝集粒子群からの光多重散乱現象、および固液境界におけるマイクロ散乱現象の時空場における統計的特性を理論、実験およびコンピュータシミュレーションにより立体的に研究している。スペckルでは、表面粗さ計測、速度測定、および体積散乱スペckルの研究、コヒーレンスでは、低コヒーレンスファイバ干渉計やアレイイルミネータの開発、光情報処理では光学的な非整数次フーリエ変換法やウィグナー分布関数の光学的実現の研究、生体医用光学では拡散光トポグラフィ法の開発を行っている。本施設ではこのような基礎研究の成果をもとに、濃厚溶液中のナノ高分子や顔料の離散集合過程の「その場」計測、粒子径の測定、生体組織内の血管分布造影技術、光リソグラフィや光並列

情報処理システム技術を目指し、精力的に研究・開発を行っている。

研究テーマ

1. 後方多重散乱光エンハンスメントに基づく媒質の光学的係数の計測法
2. 後方多重散乱光エンハンスメントに基づく粒子凝集の評価法
3. 拡散波分光による粒子凝集過程のモニタリング
4. 後方多重散乱光による偏光十字像の発生メカニズムの解明
5. 拡散光トポグラフィ法による血管分布造影法
6. 低コヒーレンス干渉法による動的光散乱法
7. 動的エバネッセント光散乱法による粒径分布計測
8. 光放射圧を利用したホトニッククリスタル構造の創生
9. 生体スペckルの時空間特性と生体計測への応用
10. 動的光散乱法によるヘモレオロジ技術の開発（共同）
11. 血管内壁における粒速依存型フィルタ効果の検証（共同）

New technologies and instruments are developed on the basis of physical optics, optical image processing, and digital signal processing to support research studies in four research sections of the institute. Advanced research projects are originally performed in multiple scattering of light from dense disordered and aggregated media for physical optics, diffusing light topography and hemorheology based on the dynamic light scattering for biomedical optics, an array generator for a partially coherent beam and low coherence interferometry for the coherence theory, information processings based on a fractional Fourier transform and an optical Wigner distribution function, and industrial applications of enhanced backscattering and dynamic evanescent light scattering to particle sizing and optical constant measurements.



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とからなる。

システム開発技術班は、研究部門に派遣されて、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、技術部にコンピューター及びその周辺機器の整備を進めている。

装置開発技術班は、研究部門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物精密加工技術である。

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.







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

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