

RESEARCH INSTITUTE FOR ELECTRONIC SCIENCE

北海道大学  
**電子科学研究所**

2002



# はじめに - 所長あいさつ -

## Foreword



所長 下澤 楯夫  
Director  
Prof. Tateo Shimozawa

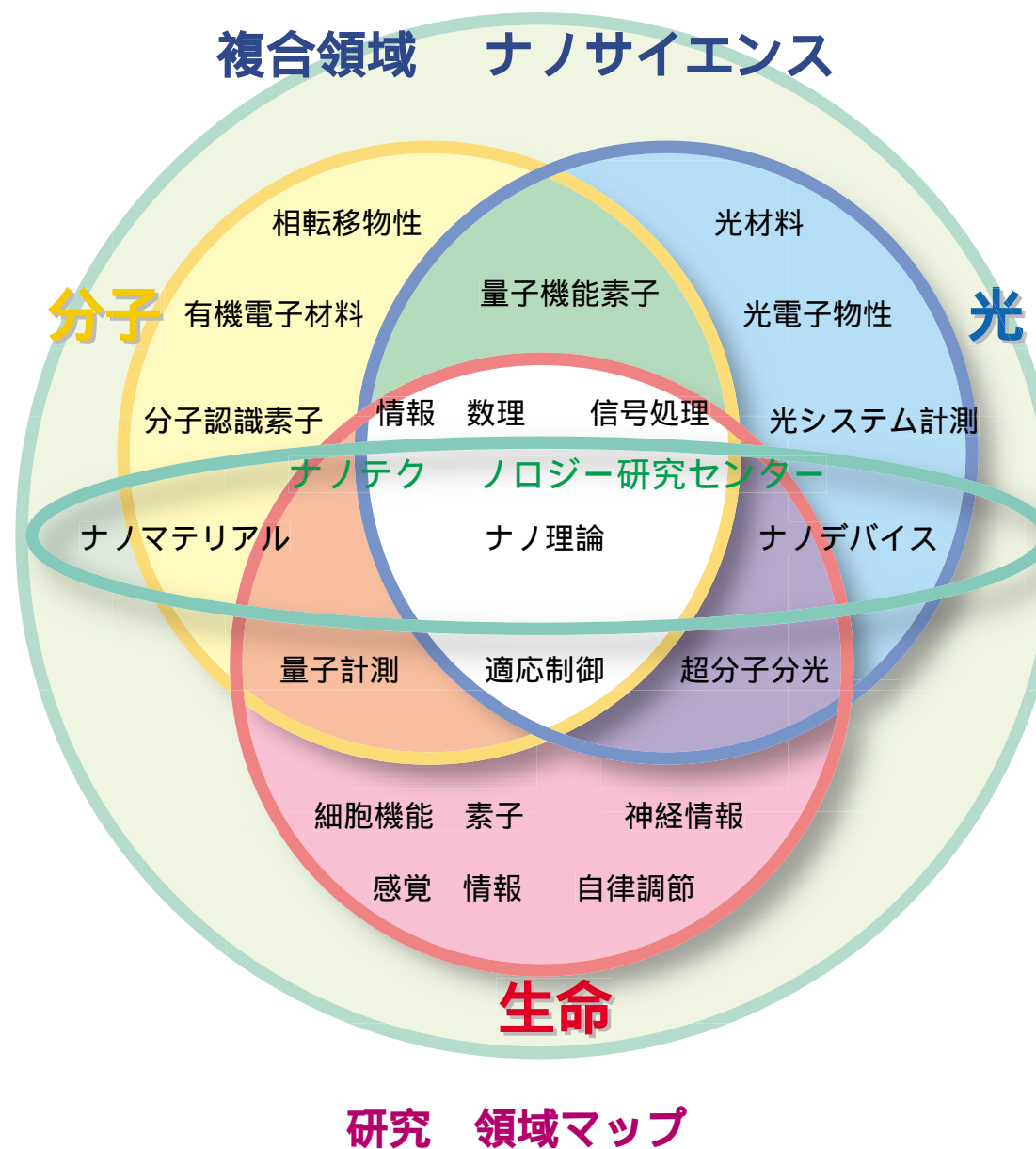
21世紀を迎え、世界の人々は科学技術の調和と発展を強く望んでおり、科学技術の基盤としての学術研究の重要性はますます高まっています。大学附置研究所の使命は、国際水準を越えた独創的研究を推進し、新しい研究領域を開拓することにあります。北海道大学電子科学研究所は、物理・化学・数学に基礎をおいた従来の学問体系から脱却し、生命科学の成果をも積極的に取り込んで新しい電子科学の領域を開拓することを目的としています。この目的にそって現在、光に関する科学、生命に関する科学、分子に関する科学の三つの科学が融合した「複合領域ナノサイエンス」を創出すべく、新しい体制を整えつつあります。我が国の従来の教育体系からいえば、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かです。生命の秘密を解明するためには光や分子を扱うナノテクノロジーを必要とするのは自明ですし、ナノ技術自体も天与の分子機械である細胞に学ばざるを得ません。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者の養成、という基本的役割に変わりはありません。当研究所では、約60名の教官が研究に従事するとともに、各研究科からの100名以上の大学院生の研究指導に当たっています。また、約35名の事務・研究支援職員が、これらの研究と教育を支えています。

全ての技術の延長線上には原理の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。18世紀は数学、19世紀は化学、20世紀は物理学、21世紀は生物学の時代と言われています。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 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 Nano-technology based on Photonic and Molecular Sciences, and Nano-technology can not keep the eyes closed to the living cell: molecular machinery gift of nature. 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 living organisms at several levels.

The Institute consists of 4 research sections and 1 research center, comprising in total 19 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 .....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

## ナノテクノロジー研究センター...27 Nanotechnology Research Center

## 技術部 .....31 Division of Technical Staffs



### 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*

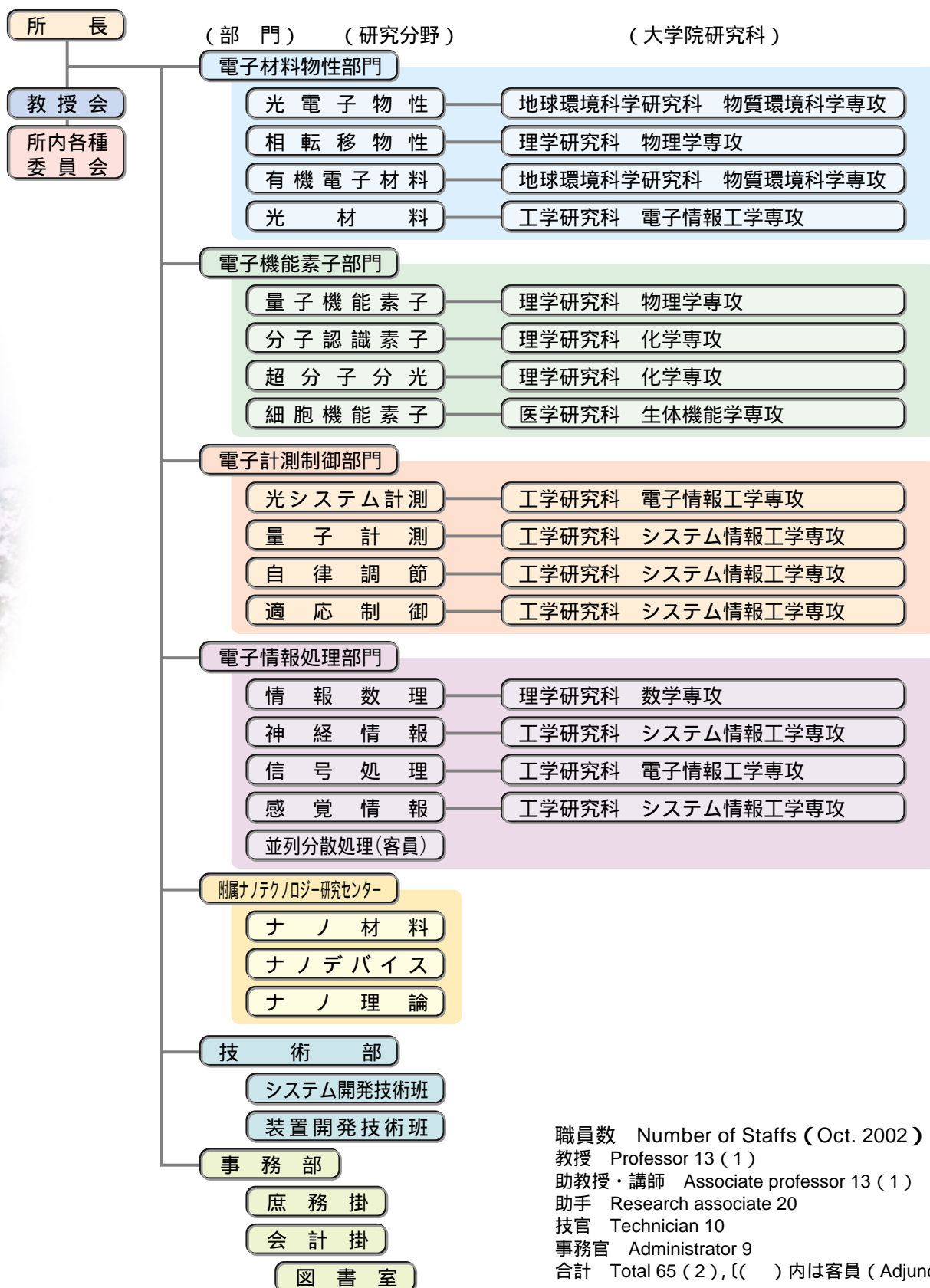
- 21.3 応用電気研究所と改称する  
部門構成：電気第一部門、電気第二部門、物理第一部門、  
物理第二部門、化学部門、医学及び生理第一部門、  
医学及び生理第二部門、数学部門
- 24.5 北海道大学附置研究所となる
- 36.4 メディカルエレクトロニクス部門新設
- 37.4 電子機器分析部門開設
- 38.4 メディカルトランスデューサ部門新設
- 39.2 研究部門は一部名称変更等により次のとおりとなる  
(昭和38年4月1日適用)  
電子回路部門、電波応用部門、物理部門、化学部門、生理部門、  
生体物理部門、応用数学部門、メディカルエレクトロニクス部門、  
電子機器分析部門、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



職員数 Number of Staffs (Oct. 2002)

教授 Professor 13 ( 1 )

助教授・講師 Associate professor 13 ( 1 )

助手 Research associate 20

技官 Technician 10

事務官 Administrator 9

合計 Total 65 ( 2 ), [( ) 内は客員 ( Adjunct )]

# 研究所職員

## Directory of the Institute

### 所長

教授 下澤 楯夫

### Director

Professor Tateo Shimozawa

### 電子材料物性部門

#### 光電子物性

教授 太田 信廣

助教授 中林 孝和

#### 相転移物性

教授 八木 駿郎

助教授 辻見 裕史

助手 笠原 勝

助手 武貞 正樹

#### 有機電子材料

教授 中村 貴義

助教授 長谷川達生

助手 芥川 智行

#### 光材料

教授 末宗 幾夫

助教授 田中 悟

助手 熊野 英和

### Section of Electronic Materials

#### Laboratory of Molecular Photonics

Professor Nobuhiro Ohta

Assoc. Prof. Takakazu Nakabayashi

#### Laboratory of Phase Transitions

Professor Toshirou Yagi

Assoc. Prof. Yuhji Tsujimi

Res.Assoc. Masaru Kasahara

Res.Assoc. Masaki Takesada

#### Laboratory of Molecular Electronics

Professor Takayoshi Nakamura

Assoc.Prof. Tatsuo Hasegawa

Res.Assoc. Tomoyuki Akutagawa

#### Laboratory of Optoelectronics

Professor Ikuo Suemune

Assoc.Prof. Satoru Tanaka

Res.Assoc. Hidekazu Kumano

### 電子機能素子部門

#### 量子機能素子

助手 川俣 純

#### 分子認識素子

助教授 居城 邦治

助手 田中 賢

#### 超分子分光

教授 田村 守

助教授 金城 政孝

助手 西村 吾朗

#### 細胞機能素子

教授 上田 哲男

助教授 中垣 俊之

助手 神 隆

### Section of Intelligent Materials and Device

#### Laboratory of Quantum Electronics

Res.Assoc. Jun Kawamata

#### Laboratory of Molecular Devices

Assoc.Prof. Kuniharu Ijiro

Res.Assoc. Masaru Tanaka

#### Laboratory of Supramolecular Biophysics

Professor Mamoru Tamura

Assoc.Prof. Masataka Kinjo

Res.Assoc. Goro Nishimura

#### Laboratory of Cellular Informatics

Professor Tetsuo Ueda

Assoc. Prof. Toshiyuki Nakagaki

Res.Assoc. Takashi Jin

### 電子計測制御部門

#### 光システム計測

教授 笹木 敬司

助教授 竹内 繁樹

助手 堀田 純一

#### 量子計測

教授 栗城 眞也

助教授 小林 哲生

助手 平田 恵啓

助手 竹内 文也

#### 自律調節

教授 狩野 猛

助手 丹羽 光一

#### 適応制御

教授 河原 剛一

助教授 内貴 猛

助手 山内 芳子

助手 中島 崇行

### Section of

#### Laboratory of

Professor

Assoc.Prof.

Res.Assoc

#### Laboratory of

Professor

Assoc.Prof.

Res.Assoc.

Res.Assoc.

#### Laboratory of

Professor

Res.Assoc.

#### Laboratory of

Professor

Assoc.Prof.

Res.Assoc.

Res.Assoc.

### 電子情報処理部門

#### 情報数理

教授 西浦 廉政

助教授 小林 亮

助手 柳田 達雄

助手 飯間 信

#### 神経情報

教授 下澤 楯夫

助手 西野 浩史

助手 青沼 仁志

#### 信号処理

#### 感覚情報

講師 井野 秀一

並列分散処理 ( 客員 ) Laboratory of

教授 東倉 洋一

助教授 竹下 幸一

### Section of

#### Laboratory of

Professor

Assoc.Prof.

Res.Assoc.

Res.Assoc.

#### Laboratory of

Professor

Res.Assoc.

Res.Assoc.

#### Laboratory of

#### Laboratory of

Lecturer

Laboratory of

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  
Hiroshi Nishino  
Hitoshi Aonuma

### Signal Processing

### Sensory Information Engineering

Shuichi Ino

### Parallel Distributed Processing (Adjunct)

Yohichi Tohkura  
Kouichi Takeshita

## 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

### ナノ理論

教授 徳本 洋志

助手 植杉 克弘

## 技術部

技術部長 教授 下澤 楯夫(兼)

技術長 技官 石坂 高英

先任技術専門職員 技官 星山 満雄

### システム開発技術班

班長 技官 大沼 英雄

第二技術主任 技官 女池 竜二

(第一技術主任兼務)

技官 永井 謙芝

技官 伊勢谷陽一

### 装置開発技術班

班長 技官 土田 義和

第一技術主任 技官 太田 隆夫

第二技術主任 技官 平田 康史

技官 武井 将志

## 事務部

事務長 事務官 佐藤 雄一

### 庶務掛

掛長 事務官 岡田 敏

主任 事務官 折田 朋子

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

事務官 西 徹

事務官 沖田 正彦

(図書室)

事務官 長野美年子

## Nanotechnology Research Center

### Head

Professor Masatsugu Shimomura

### Laboratory of Nanomaterials

Professor Masatsugu Shimomura

Assoc.Prof. Toshiaki Iwai

Res.Assoc. Katsuhiro Ishii

### Laboratory of Nanodevices

### Laboratory of Nanosimulation

Professor Hiroshi Tokumoto

Res.Assoc. Katsuhiro Uesugi

## Division of Technical Staffs

Head:Prof. Tateo Shimozawa

Chief Eng. Takahide Ishizaka

Senior Eng. Mitsuo Hoshiyama

### System Developing Group

Group Leader Hideo Ohnuma

Senior Eng. Tatsuji Meike

Technician Norishige Nagai

Technician Yoichi Iseya

### Equipment Developing Group

Group Leader Yoshikazu Tsuchida

Senior Eng. Takao Ohta

Senior Eng. Yasushi Hirata

Technician Masashi Takei

## Administrative Office

Head: Yuichi Satou

### General Affairs

Chief. Admin. Satoshi Okada

Senior Admin Tomoko Orita

Adiministrator Chiaki Mitsunashi

### Accountant

Chief Admin. Katsusuke Maruyama

Senior Admin Akira Sudo

Adiministrator Tooru Nishi

Adiministrator Masahiko Okita

(Library)

Librarian Mineko Nagano



# 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、高性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.

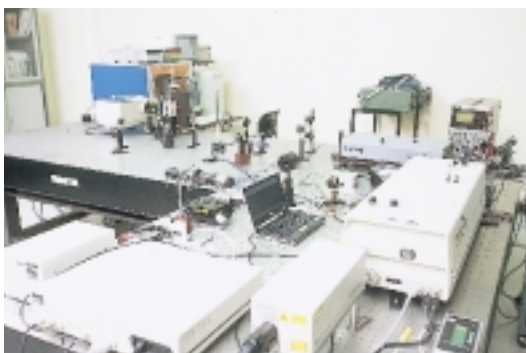
Well-defined molecular order is extremely important to generate an ultra-fast, ultra-efficient and ultra-selective photochemical process, as is seen for photochemical processes in photosynthetic reaction center, and to produce a new material with a new photoinduced function. In order to induce a characteristic 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

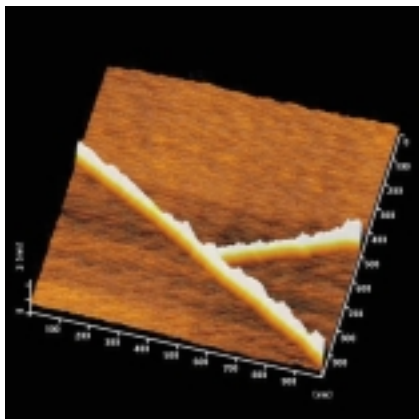
Towards the realization of Molecular Nanoelectronics, we develop the "Integrated Molecular Systems" through molecular-assembly processes, which are further assembled into molecular nanodevices for future computing systems.

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.

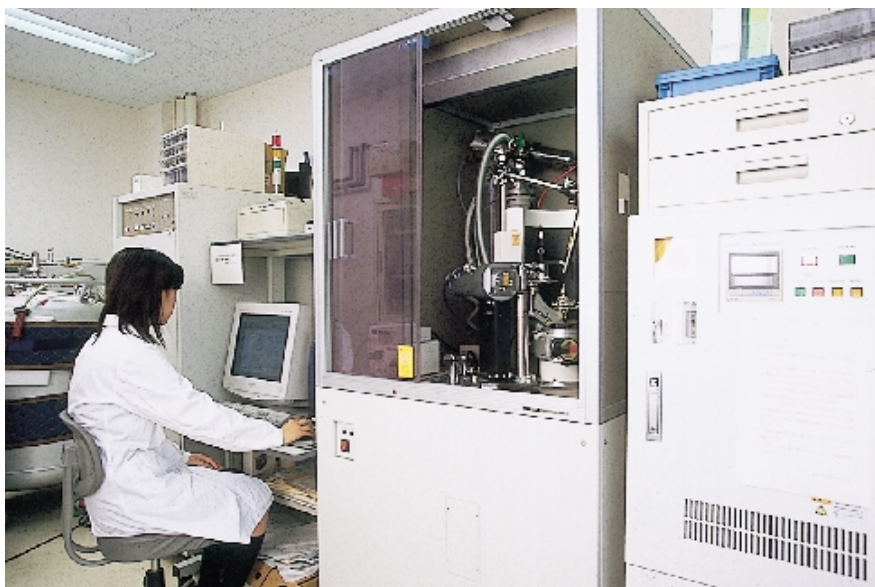
We are now studying on molecular conductors and magnets from the view points of supramolecular chemistry. Combining supramolecular structures of molecular rotors and ionic channels with molecular conductors and magnets, we develop novel functional molecular systems. Forming nanometer size units such 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 ( $10^{-9}\text{m}$ ) 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

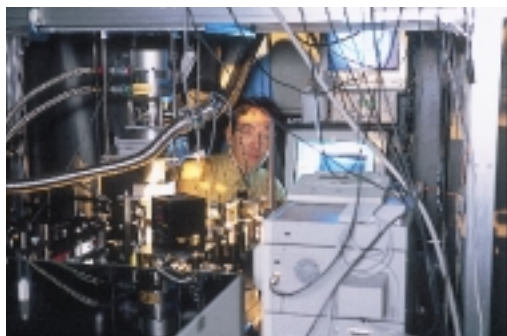
- ・ AFM/SEMによる複合ナノメートル微細加工技術の開発
- ・ ワイドギャップ窒化物半導体、長波長III-V-N窒化物混晶の研究
- ・ ワイドギャップ半導体超格子・量子ドットの作製と励起子光物性
- ・ FDTDシミュレーションとフォトリソ量子構造の研究
- ・ ワイドギャップ半導体DBRを用いたマイクロキャビティの研究

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

### 電子と光の相互量子制御の夢を目指して

### Quantum Control of Electron-Photon Interactions

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、フォトニ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、フォトニ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象として、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

- ・ フォトニ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。
- ・ フォトニック結晶の輻射場の解析、量子光学の研究
- ・ ハイブリッドLB膜の光学物性の解明と素子への応用
- ・ 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
- ・ 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

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

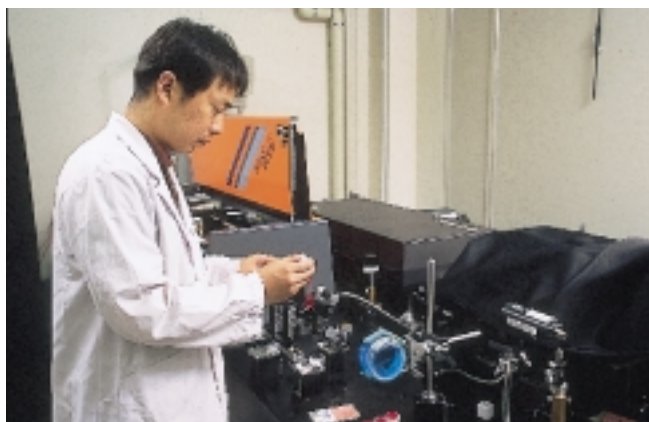
been revealing their photon states from the theoretical point of view, which is a key problem for the above purpose. We are also exploring novel physical properties in semiconductor quantum-confined systems such as quantum dots and organic compounds; the latter includes novel metal-assembled complex, functional dyes and organic amorphous materials. A final target of those works is to develop new nonlinear optical devices such as a frequency converter and a large-capacity memory by utilizing a persistent hole-burning effect.

#### Research Interests

- ・ Photonic crystal
- ・ Hybrid LB film
- ・ Photo-responsive organics
- ・ Hole-burning
- ・ Nonlinear optical effects and devices



Fabrication of a clay-organic molecule hybrid LB film.



Two-photon absorption cross-section measurement.

# 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

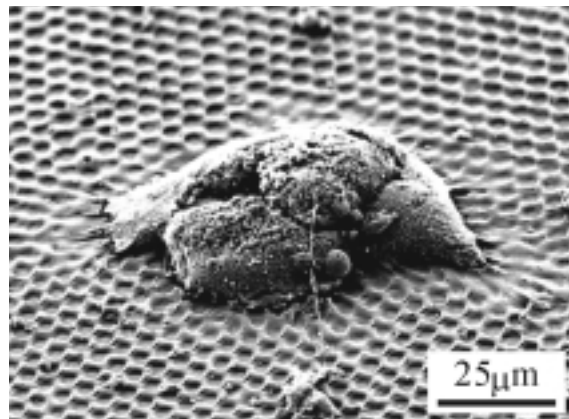
structures formed in polymer casting processes are utilizable to form mesoscopic regular structures such as honeycomb, stripe and dots. The research aims at the development of chemical sensors, artificial photosynthesis systems and cell information processing devices.

#### 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

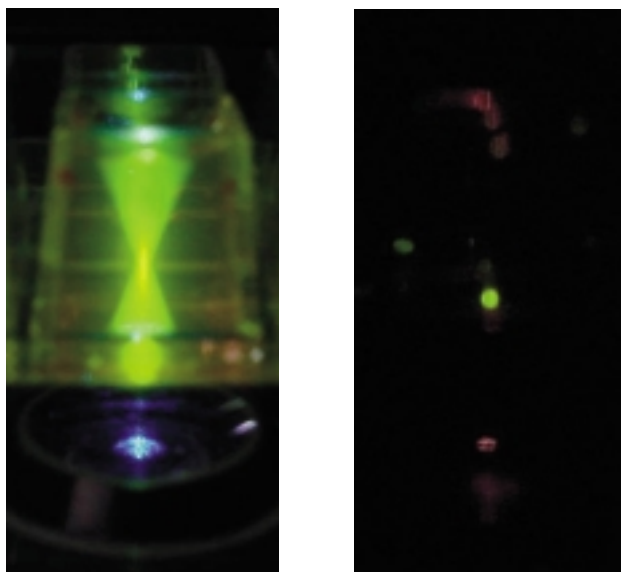
Biological system is the typical example of the general concept of supramolecule, where the numerous functions are originated from the complex interactions among the biologically active molecules, cells, tissues and organs. Using non-invasive optical techniques, we are targeting the functions and structures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

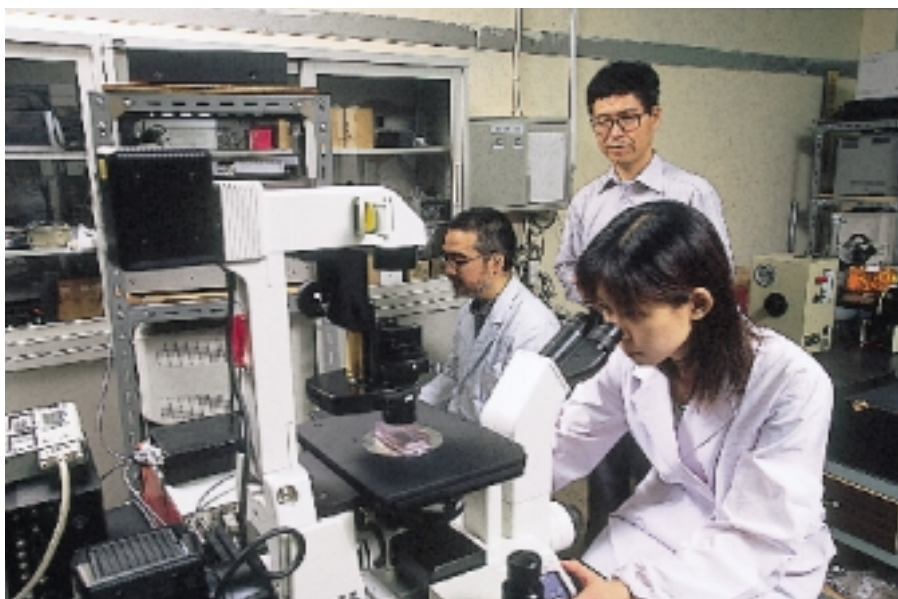
information processing is estimated from the viewpoint of optimization for the task. And computational algorithm of the optimization is analyzed by constructing a mathematical model for spatially and temporally multi-scaled dynamics of intracellular biochemical events.

#### 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 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,

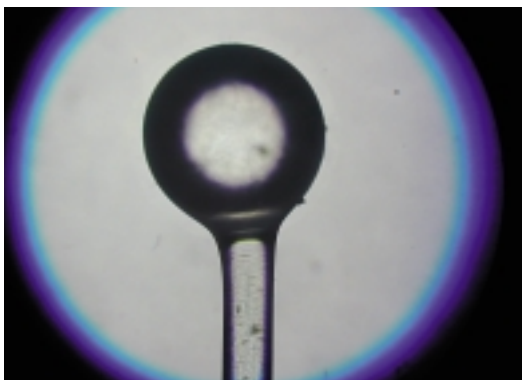
and quantum computing.

**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.

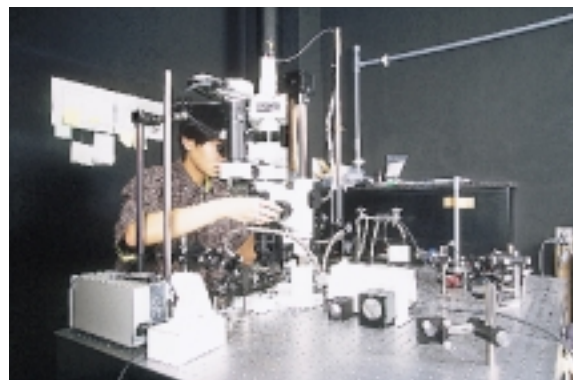
**Optical Measurement and Control:** Three-dimensional nano-position sensing, laser manipulation, and near-field microscopy are utilized for control of molecular interactions and for spectroscopic analyses of single molecules and single nanoparticles. Quantum lithography using entangled photons is also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

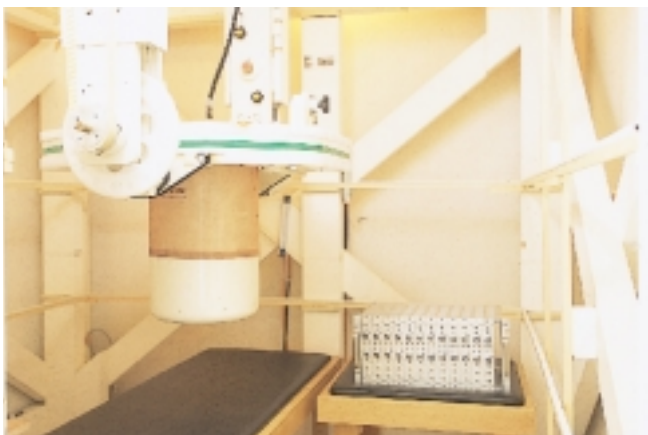
- ・高温超伝導SQUIDと磁気センシングシステムの開発
- ・MEGによる無侵襲脳活動計測と活動源解析法の検討
- ・MEGを利用した感覚機能や高次脳機能のイメージングと解析
- ・視覚的アウェアネス ( 両眼視野闘争、群化 )
- ・fMRIによる中枢神経活動の計測と信号処理

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.

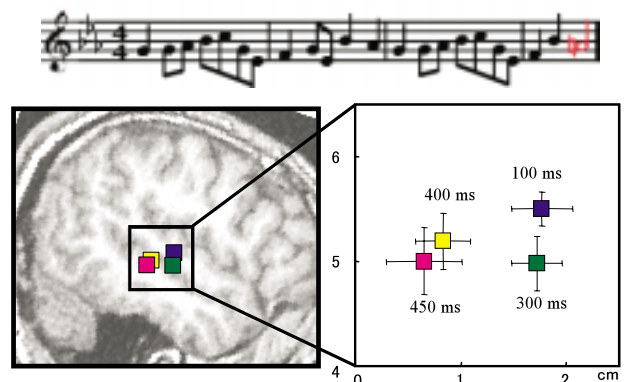
Based on the high spatio-temporal resolution of SQUIDs, cortical loci and their dynamics of neural activities underlying various functions of the human brain are visualized. Auditory/visual sensory functions and higher functions of awareness, memory, language, and music comprehension of the human brain 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



High-Tc SQUID system.



Neural activities generated by an out-of-key tone in melody.

# 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、犬や兎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

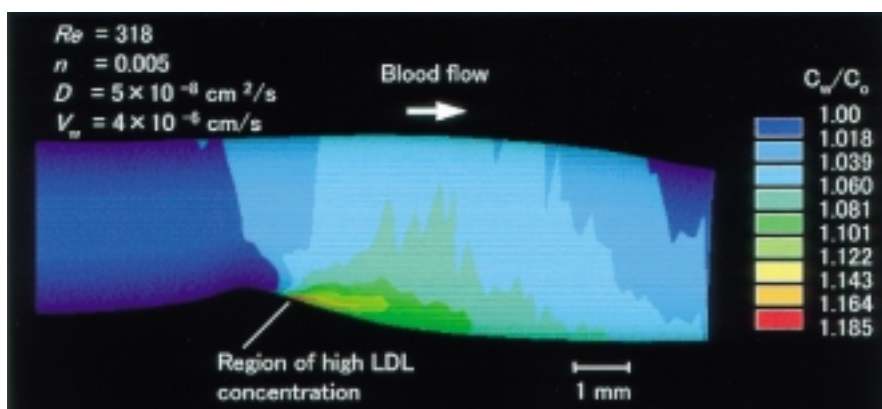


An end-to-end anastomosed artery containing an intimal thickening

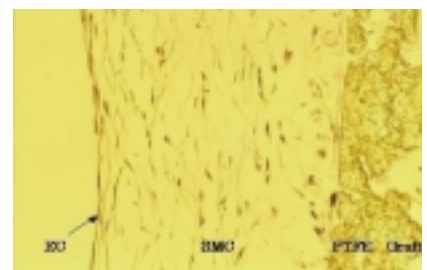
cells (SMC) and co-culturing them in a bilayer and real arteries harvested from experimental animals.

#### 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

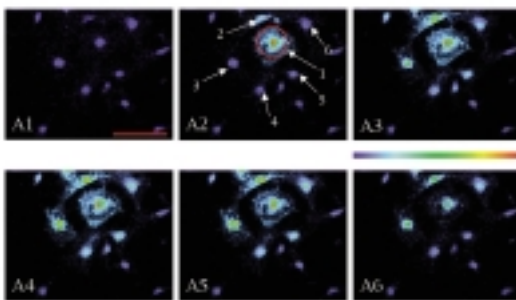
- ・ 心筋細胞拍動リズムのゆらぎと非線形ダイナミクス
- ・ ニューロンの生存と死の制御におけるニューロン・グリア間相互作用
- ・ 大脳皮質の虚血耐性機構の解明
- ・ 心臓のバイオメカニクスとエナジェティクス
- ・ 心臓リモデリング機序の解明

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

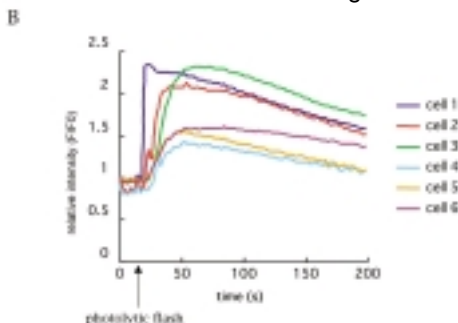
between neurons and astrocytes for maintaining a "homeostasis" in the brain, the molecular mechanisms responsible for the preconditioning-induced ischemic tolerance of neurons in the cerebral cortex, the biomechanics and energetics of the heart, and the signal transduction pathways involved in the remodeling 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

### 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

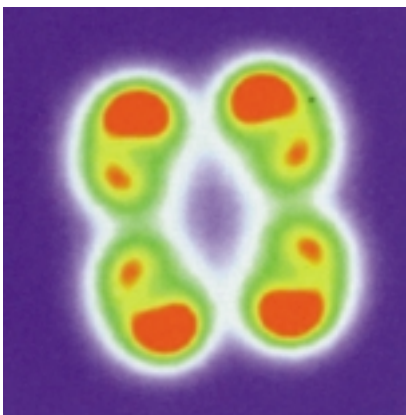
- ・ 反応拡散系におけるパターン形成
- ・ 物質科学におけるモデリング
- ・ 生物の形態形成のモデリング
- ・ 流体中を運動する物体の解析
- ・ 河川の形態の計算地形学

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

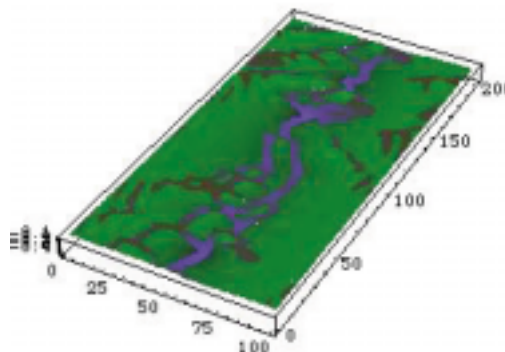
lack of rigor or power of predictability, instead it predicts when and how qualitative changes occur, which is much more important to our life rather than small quantitative errors. Our laboratory covers pattern formation in dissipative systems, morphogenesis, material science, fluid dynamics with phase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

### Research Interests

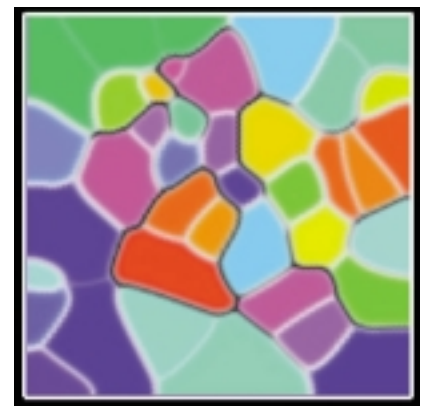
- ・ Pattern formation in reaction-diffusion system
- ・ Modeling in material science
- ・ Modeling of morphogenesis
- ・ Analysis of body motion interacting with fluid
- ・ Computational geomorphology of river channel



Self replication in reaction-diffusion system.



Simulation of meandering river.



Modeling of grain boundary motion.

# 神経情報研究分野

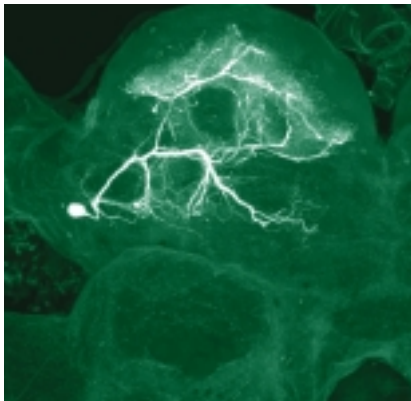
Neuro-Cybernetics

## 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、 $10^8$ 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。



Giant interneuron in the cockroach brain.

### 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

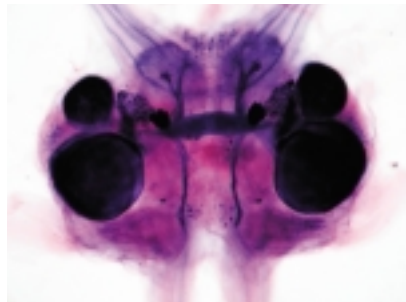
major principles of information processing in the brain using insects and crustaceans. Our main research projects are to 1) elucidate the role of internal thermal noise for information transmission in the mechanosensory cells in crickets 2) elucidate olfactory coding mechanisms in higher order centers 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



Experimental setup for intracellular recording.



Distribution of nitric oxide generating neurons in the crayfish brain.



# 信号処理研究分野

## Signal Processing

### 超高速信号処理をめざして High Performance Signal Processing

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播を扱うための解析・設計理論の構築を試みてきた。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、回路モデルに基づいた波動伝播現象のコンピュータシミュレーションの研究を行ってきた。

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きた。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、鮭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だ。

その他、計算機等の基盤上のノイズ除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だ。

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

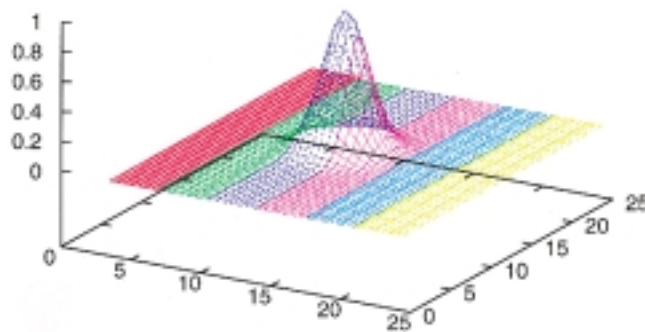
mechanical wave equations, and propose several equivalent circuit models to describe the electron wave propagation. Moreover, techniques simulating wave propagation phenomena in computer have been developed based on these models.

The simultaneous localization of multiple signal sources has been 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 has been 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.



Measurement of filter characteristics.



Simulation of electron-wave based on a circuit model.

# 感覚情報研究分野

## Sensory Information Engineering

### 人間支援工学と バーチャルリアリティの融合

### Fusion of Assistive Technology and Virtual Reality

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、得られた知見を生体機能代行機器、人工現実感、および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きた。

現在までに現場や企業の協力を得て、抑揚を出せる電気人工喉頭「ユアトーン」(株電制)、指先の触覚を介して感覚情報を伝達させる機器「タクタイル・エイド」(株ティ・ジー)、音声文字化して字幕で見せる音声通訳システム(株ビー・ユー・ジー)などを製品化あるいは実用化している。また、水素吸蔵合金を使ったアクチュエータを開発し、介助支援装置(株日本製鋼所室蘭製作所)やリハビリテーション機器(株コペル電子)へ応用する研究を行ってきた。

#### 研究テーマ

- ・感覚補助代行に関する研究
- ・人工喉頭に関する研究
- ・介助ロボットに関する研究
- ・人工現実感刺激の評価に関する研究

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.

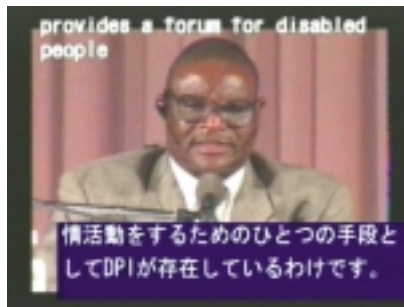
We have put the following devices into practical use.

- 1) a pitch controlled artificial larynx which has been manufactured by DENSEL, Inc..
- 2) auditory substitutes using both a

speech recognition system and the tactile sense which were designed and produced by electric companies of B.U.G., Inc. and T.G., Inc..

3) actuators using a metal hydride alloy for a transfer aid as well as for rehabilitation apparatus which have been developed by electro-mechanical companies of Japan Steel Works, Ltd. and Coper Electronics Co., Ltd..

The technologies obtained through the design of the assistive devices as well as the findings regarding human sensori-motor functions have been applied to construct human interfaces for virtual reality systems and robotics. We will promote these research projects at Research Center for Advanced Science and Technology, the university of Tokyo, from the beginning of 2003.



Automatic caption system for the hearing impaired.



Pitch controlled artificial larynx.

#### Research Interests

- ・Aids for the sensory impaired
- ・Artificial electro-larynx
- ・Evaluation study of virtual reality stimulation
- ・Robotic aids for the disabled



Transfer aid using a metal-hydride actuator.



Virtual reality system.



# 並列分散処理研究分野

## Parallel Distributed Processing

### 人間情報学研究

### Study of Human Information Processing

本研究分野では、人間と情報や情報技術（IT）との係わりとその将来についてのより良い理解を目的として、研究を推進している。本研究分野の全般に関しては、非常に多くの論点があるが、ここで取扱う議論の視点は、以下のように整理することができる。

- 1) 未来の情報環境---その可能性を問題点
  - ・情報の質的および量的な変遷とその特徴
  - ・情報の保存：多様な必要性和技術的な課題、情報容量、情報メディアおよび保存方法
- 2) 人間と情報の係わり
  - ・情報空間の拡大
  - ・情報の機能：拡張脳、地球ブレインおよび未経験情報の働きと課題
  - ・情報の信頼性と精神的な影響
  - ・情報や情報技術に対する選択の自由
- 3) 人間と情報の未来

2001年度においては、上記の議論は、関西文化学術研究都市の国際高等研究所のプロジェクト「高度情報化社会の未来学」（代表：坂井利之）との連携のもとに行われた。2002年度には、総務省が主催する「ネットワーク・ヒューマン・インタフェース研究会」（主査：原島博）との連携のもとに議論を行う予定である。

本研究分野の最終目標は、人間と情報の係わりにおいて重要な将来課題の開拓である。

### 研究テーマ

- ・技術的・人間的・社会的側面からみた未来の情報環境の研究
- ・情報の量的・質的な特徴と変遷の研究
- ・人間と情報の新しい係わりの研究
- ・未経験な情報や情報技術の生理的・心理的影響の研究
- ・人間と情報や情報技術の係わりについての未開拓領域の研究

The research project aims at better understanding the future relationships between human beings and information technology (IT). Various issues have been discussed from the following viewpoints:

- 1) Future information environment
  - Possibilities and problems.
  - Characteristics of information and their transition in quality and quantity.
  - Memory of information --- Capacity, media and methods.

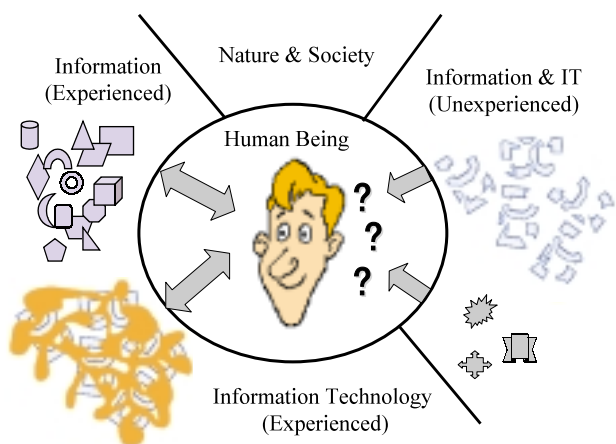
- 2) Relationships between human beings and information.
  - Extension of information sphere.
  - Functions of information as an extended brain, global brain, and unexperienced information.
  - Reliability and mental/spiritual influences of information.
  - Selections of information and IT.
- 3) Future relationships between human beings/society and information.

In fiscal 2001, these issues were discussed in connection with the project "Futurological Study on Advanced Information Society" (Project leader: Toshiyuki Sakai) hosted by the International Institute for Advanced Studies (IIAS). In fiscal 2002, discussions will be made in connection with the research group "Network Human Interface (NHI)" (Chaired by Hiroshi Harashima) organized by the Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications.

The ultimate goal of this project is to explore future research topics and to call public attention to their importance.

### Research Interests

- ・Technological and sociological views to the future information environment
- ・Characteristic changes of information in quantity and quality
- ・Future relationships between human beings and information
- ・Physiological and psychological influences of unexperienced information and technology
- ・Exploration of future research areas on relationships between human beings and information/technology



Exploring research areas into future relationships between human being/society and information.



# 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

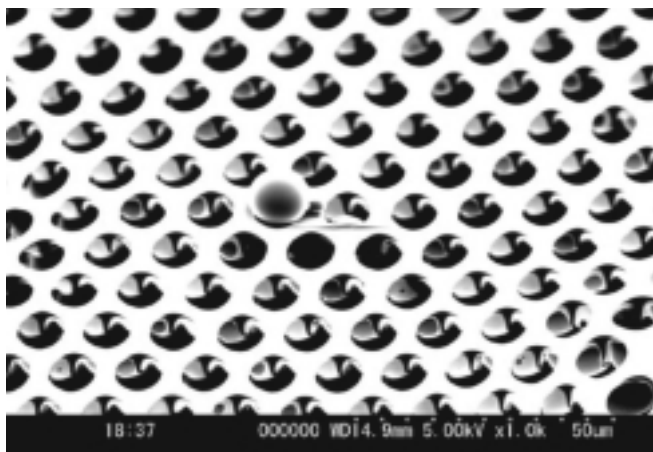
- ・自己組織化による階層構造を有するナノマテリアルの創製
- ・レーザー放射圧と自己組織化に基づくナノ微粒子配列法
- ・フォトリソグラフィ結晶の創製と新しい光波伝搬制御法
- ・多重散乱光によるナノ粒子分散・凝集特性のその場計測
- ・動的散乱法によるナノ微粒子のその場計測

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

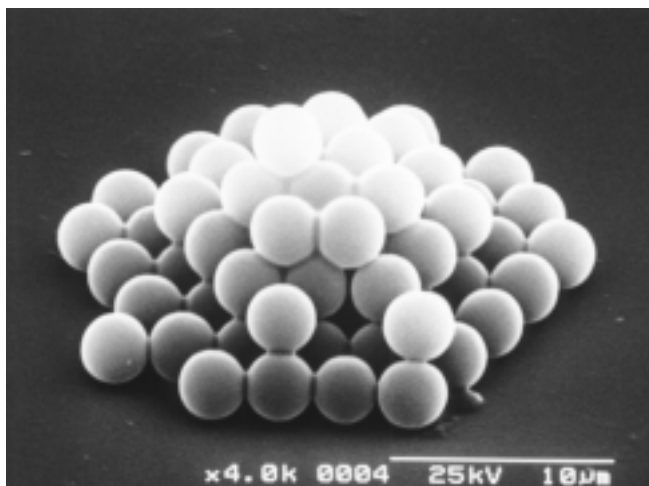
bottom-up technology for synthesizing a nano-size mass of atoms or molecules and the top-down technology in producing semiconductor devices based on the photonics are conflated into new nano-technologies. The nano-technology investigated in the research section consists of new particle synthesis, new 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

## ボトムアップとトップダウンの融合によるナノデバイス創製

Interdisciplinary Fusion of Nanodevices Fabrication

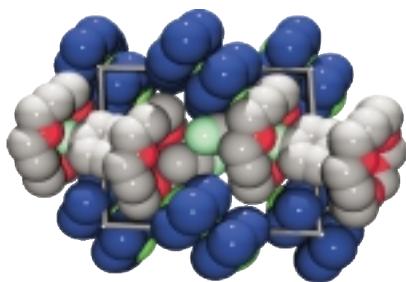
高度なナノ構造体を分子や原子の自己組織化により形成させるボトムアップ手法と、半導体ナノテクノロジーとを組み合わせ、1次元イオン伝導体や分子ワイヤーなどの新機能・高機能エレクトロニクスデバイスを開発する。フォトリソグラフィをナノ構造・フォトリソグラフィ結晶化することでその状態を変化させ、放射場の制御による新機能の開発を通じて超高速・大容量光通信などへの応用を実現する。単一分子レベルで生体機能発現の機構を解明するとともに、その機能を人工的に構築する手法を開発する。生体機能を越えたスーパーバイオシステムの開発を目指して、分子の自己組織化によりナノ構造体を作製する。

### 研究テーマ

- ・有機伝導分子を用いたナノエレクトロニクスデバイスの作製
- ・量子ドット構造ナノフォトニクスデバイスによる放射場制御
- ・DNA分子を用いたナノバイオニクス素子の作製

We aim to develop new-function and high-function electronics devices, which include one-dimensional ionic conductors and molecular wires, by combining "bottom-up" strategy that creates highly functionalized molecular nano systems from atoms and molecules

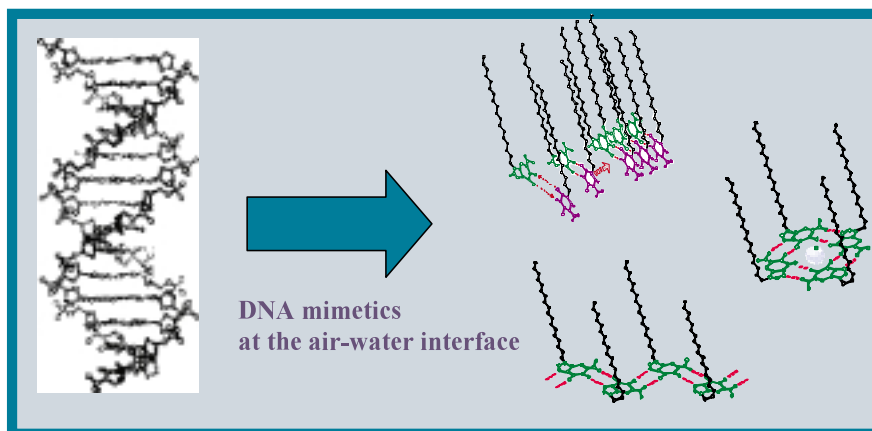
through self-organization processes and "top-down" semi-conductor nano technology. We plan to control electron-photon interactions by quantizing electronic fields with quantum dots and photonic fields with photonic nano-structures, and achieved new photonic functions will be applied to nano-photonic devices for high-speed and ultra-parallel optical communications. We are currently examining the mechanism of bio-system at the single molecule level, and are developing the method to artificially construct this system. We aim at creating a nano system through molecular self-organization, and the development of a "super bio-system".



Molecular rotors.

### Research Interests

- ・ Nano electronics devices based on organic conductors
- ・ Nano photonics devices based on quantum dot structures
- ・ Creation of nano bionics using DNA molecule



Formation of nano system by using molecular recognition of DNA.



# ナノ理論研究分野

## Nanosimulation

### ナノテクノロジー戦略と ナノシミュレーション

### Nanotechnology Promotion Strategy and Nanosimulation

ナノテクノロジー研究の成果をデータベース化しデータマイニング手法などによるデータ加工などを利用して、分野横断的・領域融合的な研究プロジェクトの探索を行う。研究課題の経済効果や社会的インパクトの調査・予測を行い、世界をリードするナノテクノロジー研究の総合的な企画に基づいた研究戦略を練る。非線形ダイナミクスを用いて、自己組織化の数値モデル化とシミュレーションを行い、ボトムアップ方式によるナノマテリアルやナノデバイス作製の設計指針を示す。従来の計算機のパフォーマンスを大幅に越える計算システムの構築にむけて、「量子計算」に代表されるナノコンピューティングの基礎研究を行う。

#### 研究テーマ

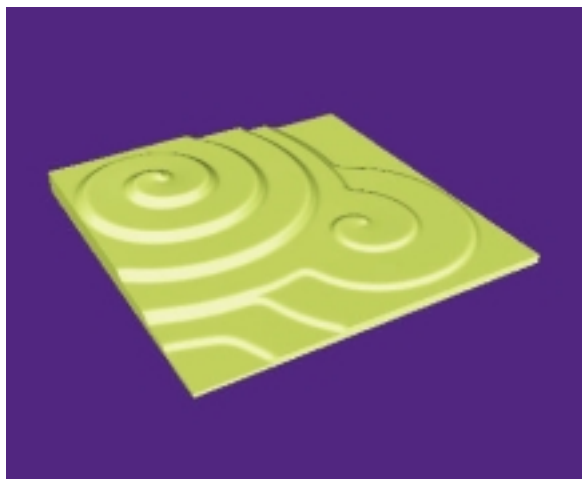
- ・ ナノテクノロジーデータベースに基づくナノテクノロジー戦略
- ・ 数理モデルを用いた自己組織化のナノシミュレーション
- ・ ナノサイズの量子閉じこめ構造を用いた光子位相スイッチングデバイスの検証

We aim to search for conduct interdisciplinary research projects by creating a database of nanotechnology research, and by data processing system that utilizes data mining method. We will also investigate and

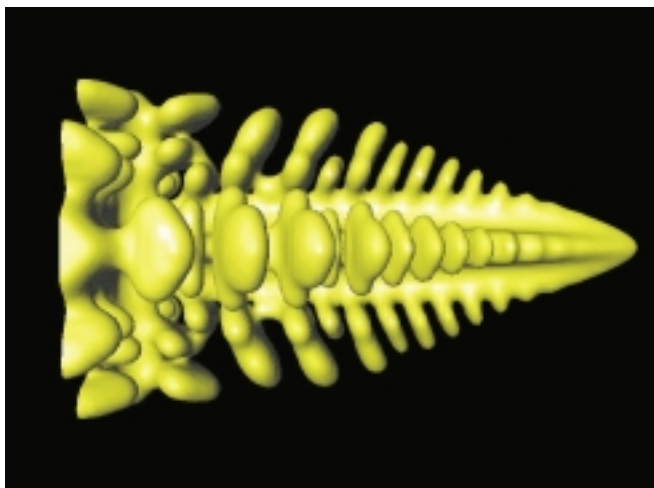
predict the economic effect and the social impact of our research. By using non-linear dynamics, we will conduct a simulation and a numerical analysis of self-organized phenomena, and we aim to design nano material and nano device through "bottom-up" approach. We aim to conduct basic research on nanocomputing, by constructing a novel systems based on new concepts such as "quantum computing", which will realize superparallel and ultrafast computing.

#### Research Interests

- ・ Nanotechnology promotion strategy based on nanotechnology database
- ・ Nano simulation of self-organized phenomena using mathematical models
- ・ Demonstration of photon phase switching device using nano-sized quantum confinement structures



Simulation of step dynamics of crystal growth.



Simulation of pattern of self-organization.

# 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 The RIES-Hokudai Symposium

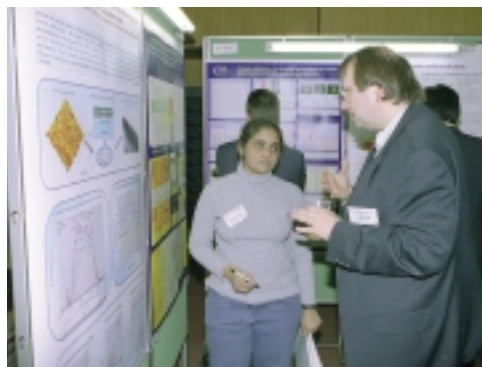
The 1st Symposium “ Electronic Science at the Millennium ” ( Dec.21-22,1999 )

The 2nd Symposium “ 揺 [ Yoh ] ” ( Mar.8-9,2001 )

The 3rd Symposium on Advanced Photonic Science “ 彩 [ SAI ] ” ( Dec.4-5,2001 )



“ 彩 ” 開催の辞 Opening



ポスター発表 Poster presentation

### 一般公開 Open Laboratory ( Jun.8, 2002 )



サイエンストーク Science talk



展示と実演 Demonstration

### 高校生一日体験入学 One Day School ( Aug.23, 2002 )



入学ガイダンス Guidance

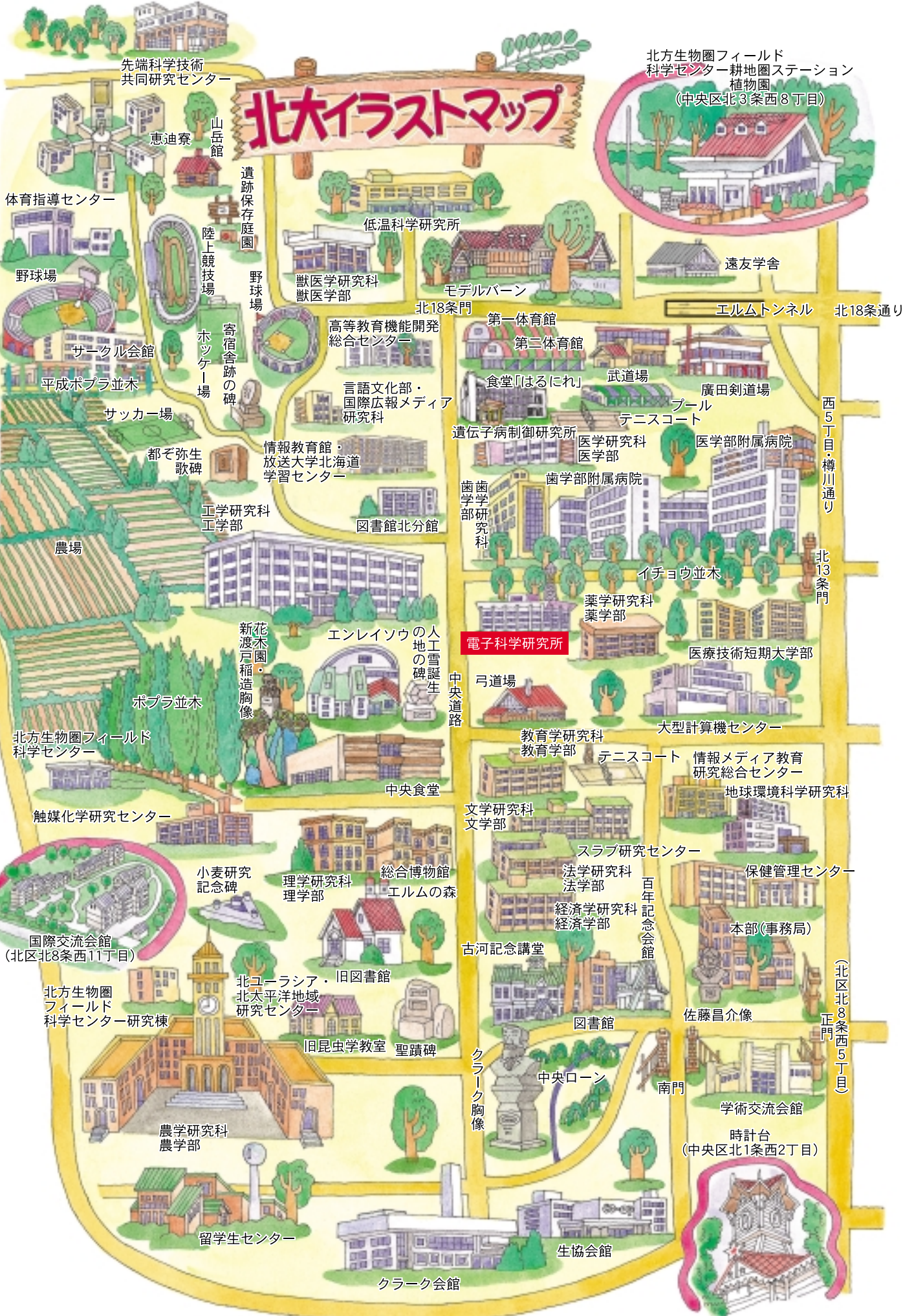


グループ実習 Group practice



# 北大イラストマップ

北方生物圏フィールド  
科学センター耕地圏ステーション  
植物園  
(中央区北3条西8丁目)







## 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/>