

RESEARCH INSTITUTE FOR ELECTRONIC SCIENCE

北海道大学

# 電子科学研究所

2005 - 2006



# はじめに - 所長あいさつ -

Foreword



所長 笹木 敬司  
Director  
Prof. Keiji Sasaki

「物理・化学・生物」, 「理論・実験」, 「有機・無機・半導体・生体」といった研究領域の縦割りの壁を越え, 分野横断的な新しいフィールドを切り拓く, このことは, 基礎研究・応用研究を問わず, 新しい世代の科学技術を進展していく上で, 極めて重要な課題と認識されつつあります。

電子科学研究所の前身の超短波研究所は, 63年前に, 医学と工学の共同研究としてマイクロウェーブの人体への影響を研究するために発足され, 当初から物理, 化学, 生物, さらには数学も含めた幅広い分野の研究者を集結して, 新しい学際的研究領域を開拓してきました。その伝統は, 応用電気研究所, 電子科学研究所と改組しながらも受け継がれ, 現在では, 光に関する科学, 分子に関する科学, 生命に関する科学の3つを融合した「複合領域ナノサイエンス」の創出を目指しています。

また, 国内外の研究者や産業界との接点として, 附属ナノテクノロジー研究センター(平成14年発足), 寄附部門二コンパライメージングセンター(平成17年発足)を擁して, 多次元空間に広がる研究領域をカバーしながら, さらに高い次元に新しい独創的な複合領域研究のベクトルを張り出すべく努力しています。

教育面でも, 理学研究科, 情報科学研究科, 医学研究科, 環境科学院に協力して大学院教育を行うとともに, 3つの北大21世紀COEプログラム「バイオとナノを融合する新生命科学拠点」「特異性から見た非線形構造の数学」「トポロジー理工学の創成」に参画して人材育成に努めています。

法人化後, 大学組織の改革が進む中, 大学における附置研究所の役割をしっかりと考えながら, 電子科学研究所全体が一丸となって「複合領域ナノサイエンス」の独創的な研究を推進する所存です。

In the development of next generation scientific techniques, new research fields that would overcome and transverse the demarcation of various research disciplines in “Physics, Chemistry, Biology”, “Theory, Experimental”, “Organic, Inorganic, Semiconductor, Live Organism” are needed in both basic and applied research.

Prior to the current Research Institute for Electronic Science (RIES), the Institute of Ultrashort Waves was founded 63 years ago on the basis as a collaborative research effort uniting medical and engineering, to study the effects of microwaves on the human body by gathering researchers from broad disciplines including Physics, Chemistry, Biology and Mathematics, pioneered many new interdisciplinary research areas. This tradition was continued as the institute reorganized to form the Applied Electrical Research Institute, and the current RIES. We are aiming to create a “Trans-disciplinary Nanoscience” by synergizing the areas related to photonics, molecular and biological sciences.

The Nanotechnology Research Center (established in 2002) and Nikon Imaging Center (established in 2005) house domestic and foreign researchers, and the industries for scientific exchanges, which provide the coverage for research extending into various multi-dimensional regime, and function as a spearheading effort for novel and innovative trans-disciplinary research of higher dimension.

An active role is taken in education, by providing postgraduate courses in cooperation with the Graduate School of Science, Graduate School of Information Science, Graduate School of Medicine and Graduate School of Environmental Science, and in nurturing talents by participating in three 21st century COE programs “New Bioscience Foundation Uniting Bio- and Nanotechnology”, “Perspective on Mathematics of Nonlinear Structures via Singularities” and “Creation of Topological Science and Technology”.

With the reform of the university system, it is prudent to fine-tune the role of the institute as an affiliation to the university, and we promote our unified mission to craft a niche in trans-disciplinary research area in Nanoscience.

複合領域

分子

有機電子材料

分子認識素子

情報  
数理

相転移物性

ナノテク

ナノマテリアル

量子計測  
ナ  
計

二コンパ  
細胞機能

研究





## 領域マップ

## はじめに Foreword

沿革 History	2
---------------	---

組織 Organization	3
--------------------	---

研究所職員 Directory of the Institute	4
-------------------------------------	---

電子材料物性部門 Section of Electronic Materials	6
---	---

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

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

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

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

寄附研究部門 Nikon Imaging Center	31
--------------------------------	----

技術部 Division of Technical Staffs	32
-------------------------------------	----

広報活動 Public Relations	33
--------------------------	----

### 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)

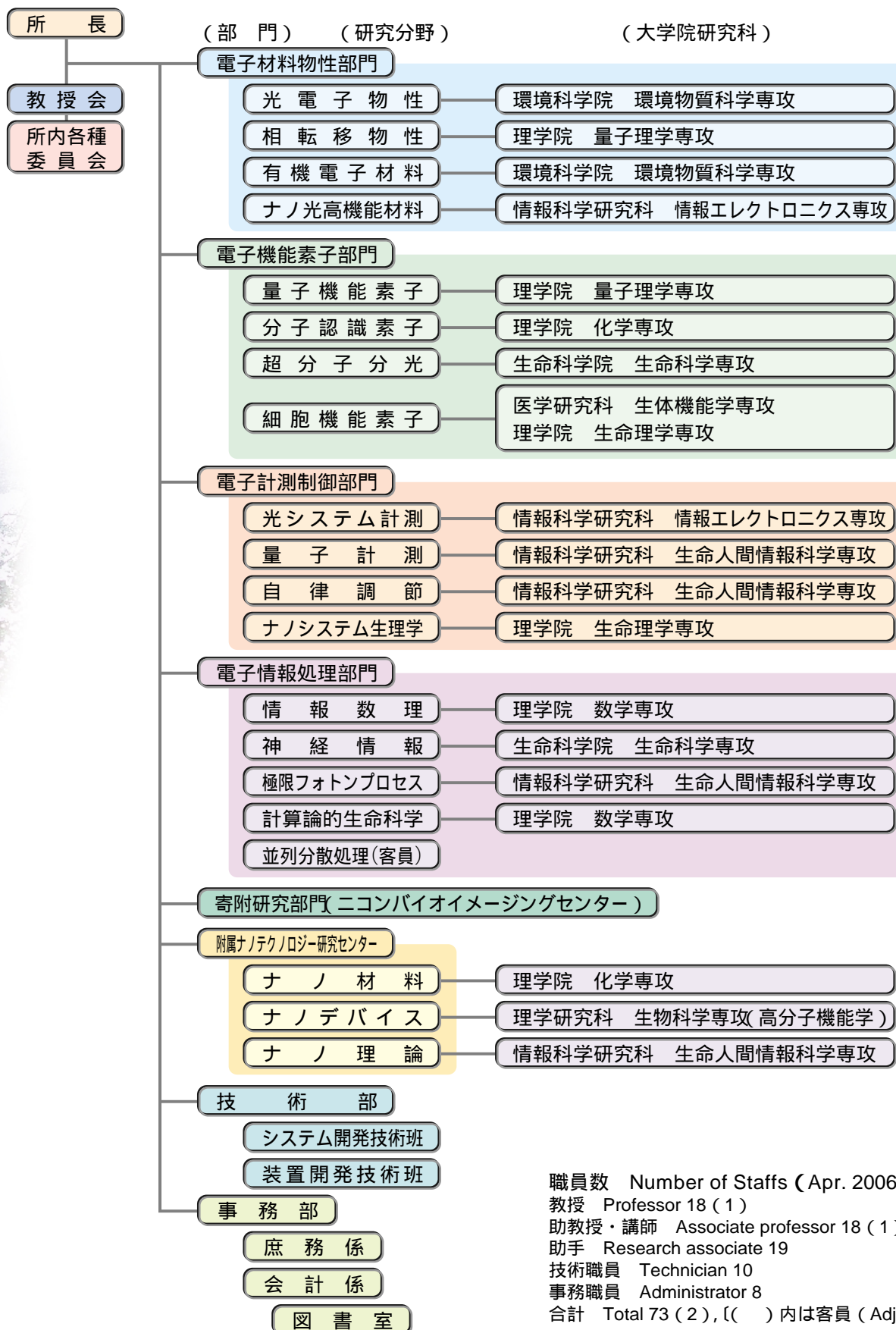
### 電子科学研究所 1992 Research Institute for Electronic Science

- 平成4.4 研究所改組により電子科学研究所となる
- 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)
- 15.5 電子情報処理研究部門感覚情報研究分野廃止
- 17.4 電子計測制御研究部門適応制御研究分野廃止
- 17.4 電子計測制御研究部門ナノシステム生理学研究分野新設
- 17.10 電子材料物性研究部門光材料研究分野をナノ光高機能材料研究分野に名称変更
- 17.10 電子情報処理研究部門信号処理研究分野を極限フォトンプロセス研究分野に名称変更
- 17.10 電子情報処理研究部門計算論的生命科学研究分野新設
- 17.10 寄附研究部門「ニコンバイオイメージングセンター研究部門」新設(開設期間3年)
- 17.10 英国ニューカッスル大学ナノスケール科学技術研究所との学术交流協定締結



# 組 織

## Organization



職員数 Number of Staffs (Apr. 2006)

教授 Professor 18 ( 1 )

助教授・講師 Associate professor 18 ( 1 )

助手 Research associate 19

技術職員 Technician 10

事務職員 Administrator 8

合計 Total 73 ( 2 ), [( ) 内は客員 ( Adjunct )]

# 研究所職員

## Directory of the Institute

### 所長

教授 笹木 敬司

### Director

Professor Keiji Sasaki

### 副所長

教授 徳本 洋志

Professor Hiroshi Tokumoto

### 電子材料物性部門

### Section of Electronic Materials

#### 光電子物性

教授 太田 信廣

#### Laboratory of Molecular Photonics

Professor Nobuhiro Ohta

助教授 中林 孝和

Assoc. Prof. Takakazu Nakabayashi

助手 飯森 俊文

Res. Assoc. Toshifumi Imori

#### 相転移物性

#### Laboratory of Phase Transitions

助教授 辻見 裕史

Assoc. Prof. Yuhji Tsujimi

#### 有機電子材料

#### Laboratory of Molecular Electronics

教授 中村 貴義

Professor Takayoshi Nakamura

助教授 芥川 智行

Assoc. Prof. Tomoyuki Akutagawa

助手 野呂真一郎

Res. Assoc. Shin-ichiro Noro

#### ナノ光高機能材料

#### Laboratory of Optoelectronics

教授 末宗 幾夫

Professor Ikuo Suemune

助教授 田中 悟

Assoc. Prof. Satoru Tanaka

助手 熊野 英和

Res. Assoc. Hidekazu Kumano

### 電子機能素子部門

### Section of Intelligent Materials and Device

#### 量子機能素子

#### Laboratory of Quantum Electronics

教授 石橋 晃

Professor Akira Ishibashi

講師 近藤 憲治

Lecturer Kenji Kondo

助手 海住 英生

Res. Assoc. Hideo Kaiju

#### 分子認識素子

#### Laboratory of Molecular Devices

教授 居城 邦治

Professor Kuniharu Ijiri

助教授 新倉 謙一

Assoc. Prof. Kenichi Niikura

助手 松尾 保孝

Res. Assoc. Yasutaka Matsuo

#### 超分子分光

#### Laboratory of Supramolecular Biophysics

助教授 金城 政孝

Assoc. Prof. Masataka Kinjo

助手 西村 吾朗

Res. Assoc. Goro Nishimura

#### 細胞機能素子

#### Laboratory of Cellular Informatics

教授 上田 哲男

Professor Tetsuo Ueda

助教授 中垣 俊之

Assoc. Prof. Toshiyuki Nakagaki

助手 神 隆

Res. Assoc. Takashi Jin

助手 高木 清二

Res. Assoc. Seiji Takagi

### 電子計測制御部門

### 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 藤原 英樹

Res. Assoc.

#### 量子計測

#### Laboratory of

教授 栗城 眞也

Professor

助教授 小山 幸子

Assoc. Prof.

助手 平田 恵啓

Res. Assoc.

#### 自律調節

#### Laboratory of

教授 狩野 猛

Professor

助教授 コロベニコフ アンドレイ

Assoc. Prof.

#### ナノシステム生理学

#### Laboratory for

教授 永井 健治

Professor

助教授 谷 知己

Assoc. Prof.

助手 ゴトウ テレック

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 青沼 仁志

Assoc. Prof.

助手 西野 浩史

Res. Assoc.

#### 極限フォトンプロセス

#### Laboratory of

教授 三澤 弘明

Professor

助教授 ヨードカス サルス

Assoc. Prof.

助手 上野 貢生

Res. Assoc.

#### 計算論的生命科学

#### Computational

教授 津田 一郎

Professor

助教授 佐藤 譲

Res. Assoc.

#### 並列分散処理 (客員)

#### Laboratory of

教授 中西 八郎

Professor

助教授 楚田 友也

Assoc. Prof.

### 寄附研究部門 (ニコンバイオイメ)

教授 上田 哲男

Professor

教授 永井 健治

Professor

教員 齊藤 健太





## Scientific Instrumentation and Control

### Optical Systems Engineering

Keiji Sasaki  
Shigeki Takeuchi  
Hideki Fujiwara

### Electromagnetic Sensing

Shinya Kuriki  
Sachiko Koyama

Yoshihiro Hirata

### Biofluid Dynamics

Takeshi Karino

Korobeinikov Andrei

### nanosystems physiology

Takeharu Nagai  
Tomomi Tani  
Goto Derek

## Informatics and Processing

### Nonlinear Studies and Computation

Yasumasa Nishiura  
Tatsuo Yanagita  
Makoto Iima

### Neuro-Cybernetics

Tateo Shimozawa  
Hitoshi Aonuma  
Hiroshi Nishino

### Signal Processing

Hiroaki Misawa  
Juodkazis Saulius  
Kosei Ueno

### Life Science

Ichiro Tsuda  
Yuzuru Sato

### Parallel Distributed Processing (Adjunct)

Hachiro Nakanishi  
Tomoya Noda

## イメージングセンター)

### Nikon Imaging Center

Tetsuo Ueda  
Takeharu Nagai  
Kenta Saito

## 附属ナノテクノロジー研究センター

### センター長

教授 三澤 弘明

### ナノ材料

教授 下村 政嗣

助教授 田中 賢

助手 薮 浩

### ナノデバイス

教授 辻井 薫

助手 眞山 博幸

助手 松尾 剛

### ナノ理論

教授 徳本 洋志

助教授 岡嶋 孝治

助手 畔原 宏明

## 技術部

技術部長 教授 笹木 敬司(兼)

技術長 土田 義和

### 装置開発技術班

班長 太田 隆夫

第一技術主任 平田 康史

第二技術主任 女池 竜二

武井 将志

### システム開発技術班

班長 大沼 英雄

第一技術主任 伊勢谷陽一

今村 逸子

第二技術主任(兼務) 大沼 英雄

小林健太郎

星山 満雄

## 事務部

事務長 濱谷 弘司

### 庶務係

係長 藤井 幹彦

土屋久仁枝

### 会計係

係長 三橋 慎一

主任 高畑 周子

渡辺 香織

大内 聖和

### (図書室)

猿橋キヨミ

## Nanotechnology Research Center

### Head

Professor Hiroaki Misawa

### Laboratory of Nanomaterials

Professor Masatsugu Shimomura

Assoc.Prof. Masaru Tanaka

Res.Assoc. Hiroshi Yabu

### Laboratory of Nanodevices

Professor Kaoru Tsujii

Res.Assoc. Hiroyuki Mayama

Res.Assoc. Goh Matsuo

### Laboratory of Nanosimulation

Professor Hiroshi Tokumoto

Assoc.Prof. Takaharu Okajima

Res.Assoc. Hiroaki Azebara

## Division of Technical Staffs

Head:Prof. Keiji Sasaki

Chief Eng. Yoshikazu Tsuchida

### Equipment Developing Group

Group Leader Takao Ohta

Senior Eng. Yasushi Hirata

Senior Eng. Tatsuji Meike

Technician Masashi Takei

### System Developing Group

Group Leader Hideo Oonuma

Senior Eng. Yoichi Iseya

Technician Itsuko Imamura

Hideo Oonuma

Technician Kentaro Kobayashi

Technician Mitsuo Hoshiyama

## Administrative Office

Head: Koji Hamaya

### General Affairs

Chief. Admin. Mikihiro Fujii

Administrator Kunie Tsuchiya

### Accountant

Chief Admin. Shinichi Mitsunashi

Senior Admin. Chikako Takahata

Administrator Kaori Watanabe

Administrator Masayori Ouchi

### (Library)

Librarian Kiyomi Saruhashi



# 電子材料物性部門

## Section of Electronic Materials



本研究部門では、電子科学を支える物質の基礎的物性研究を行っている。

具体的には光や電子の流れを制御可能な無機及び有機材料の構築と、その構造・物性の基本原理の解明を目的に、以下の4研究分野で構成されている。光と電子の相互作用を利用した光機能材料を研究する光電子物性研究分野、相転移現象における協力相互作用を利用した電子物性を研究する相転移物性研究分野、有機分子の電子構造を利用した分子エレクトロニクス材料を研究する有機電子材料研究分野、高機能光システムを構築するための光・電子材料を研究するナノ光高機能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), Nanophotonics (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 photoinduced functions 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、さらには生細胞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
- ・ 生細胞の時空間分解蛍光イメージング測定

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.

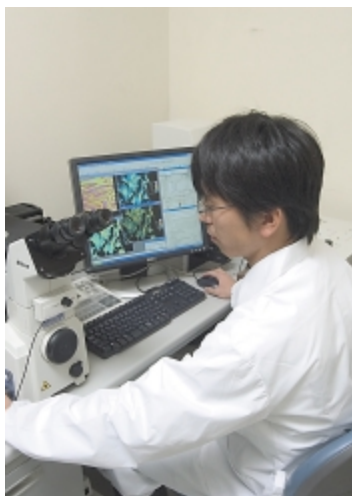
Excitation energy transfer,

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 properties and functions
- ・ Effects of electric field and magnetic field
- ・ Time-resolved spectroscopy
- ・ Morphology of solid films
- ・ Fluorescence lifetime imaging (FLIM) system



FLIM system.



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

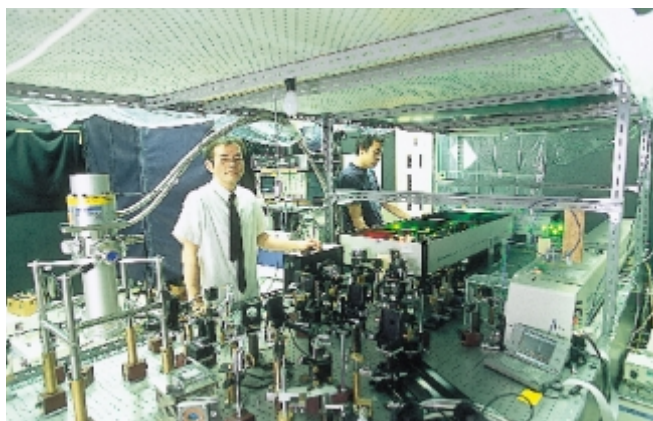
- ・水素結合型誘電体のプロトンダイナミクス
- ・コヒーレントフォノン励起法によるソフトモード励起
- ・リラクサー強誘電体のダイナミクス
- ・量子常誘電体、量子強誘電体の量子ゆらぎダイナミクス
- ・機能性高分子ゲルの高分子ネットワークダイナミクス

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 の実現を目指して

### 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、高度な集積構造を形成するよう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、更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。

#### 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
- ・ポリオキシメタレートを用いた超分子構造の構築と物性制御
- ・固気界面場での金属錯体集積
- ・有機及び金属錯体FETの開発

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.

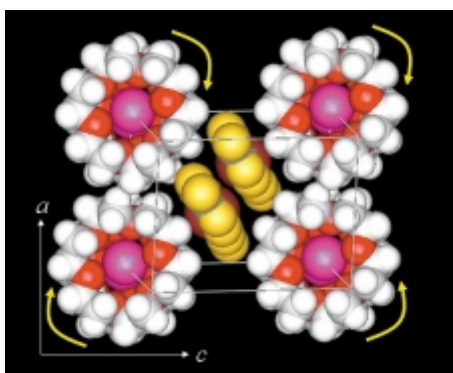
To obtain integrated molecular systems through bottom-up self-assembly processes, we program each molecule in advance to have a scenario for assembling into highly ordered and complex structure. We evaluate the structure and electronic properties of the molecular systems and fabricate

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 thin films and nanometer size units such as nanowires from the integrated molecular systems, we are constructing molecular electronic devices.

#### Research Interests

- ・Molecular conductors and magnets with supramolecular functional units
- ・Solid state molecular motors
- ・Molecular nanowires and device application
- ・Molecular assemblies with bistability
- ・Supramolecular assemblies with Polyoxometalate
- ・Assemblies of metal complexes at the solid-air interface
- ・Organic and metal-complex FET



Molecular rotor into magnetic crystal



# ナノ光高機能材料研究分野

Nanophotonics

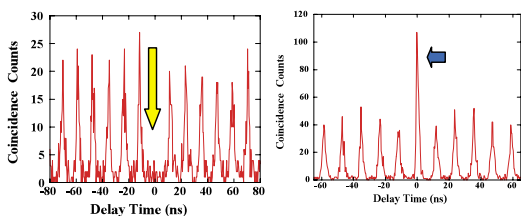
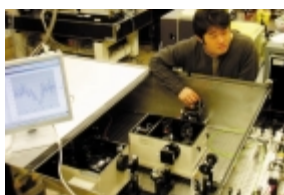
## 光と電子の量子状態制御で 高機能発光素子を創る

## Quantum Control of Electron-Photon Interactions with Nano-Photonic Highly Functional Materials and Structures

光エレクトロニクス分野では、これまで以上に安全性が高くかつ高速な次世代光通信・光情報処理とこれを実現する新規デバイスの開発、発光波長の短波長化や多波長化、耐環境デバイス化等の高機能化を実現する新材料とその構造制御が求められている。本研究分野では、(I)半導体表面の原子レベル制御とこれを用いた量子ドットなどナノ構造作製による電子状態制御、(II)ナノテク技術を用いた3次元微小光共振器の作製による3次元光場制御、(III)両者を組み合わせて光子生成過程を制御する光高機能材料、これを用いたナノ構造とその応用に関する研究を進めている。具体的には、

1) 耐環境デバイスの実現が期待されるSiC表面の高温熱処理による、非常に周期性が高い1次元構造(ナノ表面)の制御とヘテロ物質の成長による新規物性の探索を進める。

2) 量子ドットの離散的な量子状態を用いた光子生成過程の制御と、これを微小光共振器と結合させることによる発光再結合過程の増強を用いて、光子生成過程を完全に制御できる光機能デバイスの実現を目指す。この一貫として、これまでほとんど未開拓であるフォトンクスと超伝導をつなぐ新しい境界領域の開拓を目指す。



Photon correlation measurement setup and results to show anti-bunching or bunching of photons emitted from quantum dots.

### 研究テーマ

- ・ SiC半導体表面ナノファセット周期構造の自己組織化現象の解明
- ・ 超周期ナノ表面におけるヘテロ物質 (GaN, Au, CNT) の構造・物性制御
- ・ III-V-N窒化物半導体を用いた量子ドットひずみ補償による発光波長制御
- ・ 単一量子ドットの時分解分光と光子生成過程の制御によるオンデマンド光子源の開発
- ・ 微小光共振器の作製と量子ドットとの結合による励起状態制御
- ・ 超伝導フォトンクスの創成とその応用

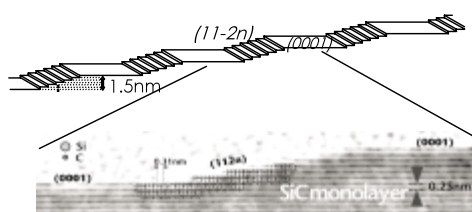
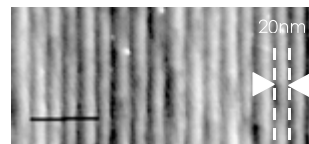
Next-generation information networks with higher reliability request devices with new concepts and high functionality. Our laboratory develops nano-photonic highly functional materials and structures by (I) atomic-level control of semiconductor surfaces and fabrication of nanostructures such as quantum dots and (II) fabrication of three-dimensional microcavities based on nanotechnologies:

1) SiC is candidates for devices to be used under hard environment and atomic control of the surface structures are being studied. Combinations with nanostructures

are expected to show new functions. 2) Photonic functional devices that perfectly control photon emission processes are being studied by the coupling of quantum dots and optical microcavities. This will offer solid-state on-demand photon sources for quantum information processing. This also leads to our unique research on "superconductivity photonics".  
Homepage:  
<http://opmac06.es.hokudai.ac.jp/>

### Research Interests

- ・ Self-organization of SiC surfaces into nano-facet periodic structures
- ・ Self-ordering of surface nanostructures of GaN, Au, and CNTs on SiC surfaces
- ・ Photo-emission wavelength control of quantum dots by strain compensation with III-V-N nitrides
- ・ Time-resolved spectroscopy of single quantum dots and on-demand regulated photon emission
- ・ Fabrication of microcavities and coupling with quantum dots for coherent control of excitonic states
- ・ Interdisciplinary research on superconductivity photonics and its applications



AFM and HRTEM images of SiC nano-surface and its cross-sectional model.



# 電子機能素子部門

## Section of Intelligent Materials and Device



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

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

# 量子機能素子研究分野

## Quantum Electronics

### ボトムアップ系とトップダウン系の統合プラットフォーム創り

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

ナノスケールで離散化されたバルクサイズ時空間系を創り、そこに現れると期待される変調された光電相互作用、電子相関、自己組織化臨界現象や自発的対称性の破れを通じナノ構造物理の本質を探ることを目指している。稠密かつ局所的に個別アドレスすることの可能なナノ構造体を大局的なサイズで得ることによってナノとマクロをつなぐと共に新しい量子機能を創出する。ボトムアップ系とトップダウン系を統合する(プラットフォームを得る)ことは、ナノテクノロジー分野で今後得られる新しい効果や機能を既存のシリコンベースのITインフラ構造と接続し、相乗効果を引き出そうとする際に極めて重要であると考えられる。局所空間において光-電子-原子(団)系を構成し、そこに現れる旧来の相互作用の新しい側面及び全く新しい相互作用の可能性を実験と理論の両面から探っていく。理論面では第一原理計算を基に電子構造ならびに輸送特性の計算を、実験面ではスパイラルヘテロ構造体の作製と評価・解析を、主軸に行っている。

#### 研究テーマ

- ・ ナノ構造物理学
- ・ トップダウン系とボトムアップ系の接続・統合
- ・ 次元性(ヘテロ構造)/階層性制御
- ・ 金属/誘電体及び、金属/半導体スパイラルヘテロ構造とその光電子物性、太陽電池
- ・ スピン量子十字構造の電気磁気特性
- ・ ナノ空間での電子・スピン相関と輸送特性
- ・ 密度汎関数法と多体摂動論による第一原理計算

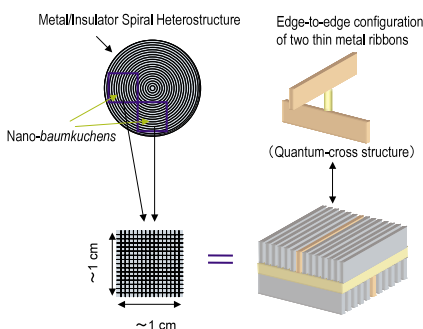
Creating a unification platform for bottom-up and top-down systems is one of the most important issues for harvesting fruits of upcoming nanotechnologies and nano-science as well as those of Si-LSI-based information technologies. By fabricating nanostructured systems that enable us to make one-to-one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

new quantum physical functionalities provided by various bottom-up systems.

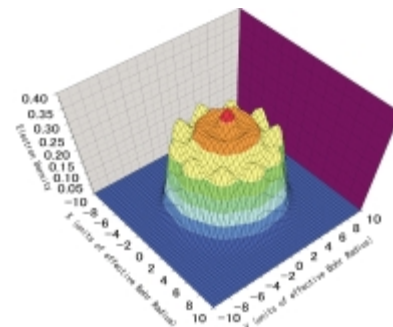
We have been studying nanostructure physics by preparing systems being discrete in nanoscale but having a bulk size, investigating the electro-optical interactions, electronic correlations, self-organized criticalities, and possible spontaneous symmetry breakdown in such systems. We are interested in both fabricating spiral heterostructures for a new platform as well as for functional memories plus high efficiency photovoltaic devices and calculating the electronic structures of the systems.

#### Research Interests

- ・ Nanostructure physics
- ・ Spiral heterostructures
- ・ Electronic correlations and spin correlations in nanostructures
- ・ Dimensionality (hetero-structural) control
- ・ Electric and magnetic property in spin quantum-cross structure
- ・ Photovoltaic devices/Solar cells
- ・ Density functional theory
- ・ Many-body perturbation theory



Double Nano-baumkuchen (as Cartesian Coordinate for 2D bottom-up systems)



1<sup>st</sup> principle calculation of ground state of electrons in harmonic potential



# 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ゾ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。

具体的には以下の2つのテーマを中心に進めている。

- (1)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。さらに組織化させたDNAを塩基配列特異的に金属化することで、複合金属ナノワイヤーへの応用などに展開している。
- (2)タンパクの自己組織化としてウイルスの外皮タンパクに着目し、ウイルスタンパク集合体の構造制御及びドラッグデリバリーへの応用を進めている。

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、細胞薬剤送達材料など新規な分子素子の開発を目指している。

#### 研究テーマ

1. DNA及びDNA-mimeticsの組織化と光機能化
2. DNA分子を鋳型とした金属ナノワイヤーの創製
3. 人工ウイルスカプセルを用いたドラッグデリバリーシステムの構築

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 following themes are in progress.

- (1)Nanosize molecular assemblies based on molecular recognition have been fabricated by using complementary hydrogen bonding

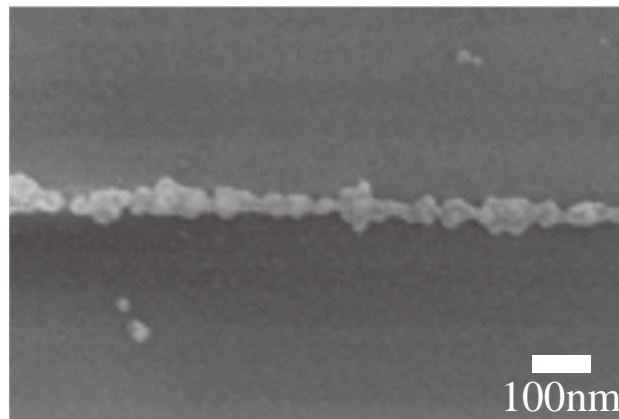
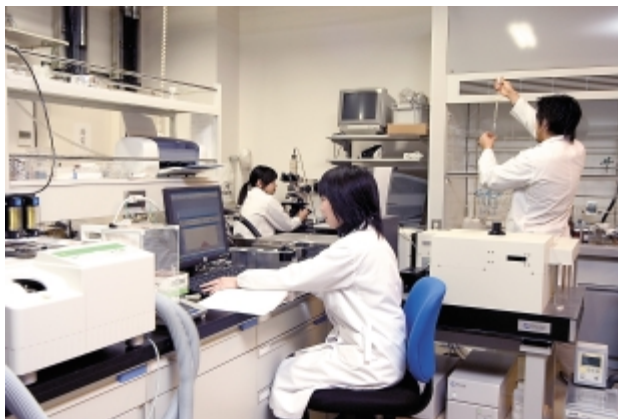
of deoxyribonucleotides (DNA) at the air-water interface. Molecular information of DNA sequence can be transcribed into functional group arrangement in DNA-mimetic organizes. We have developed the synthesis of conductive metal nanowires from single DNA filaments for the future fabrication of nanoscale electronics based on molecular assembly.

(2)Protein-assembly using virus-capsid proteins have been explored. Chemical modification of the proteins give structural stability of the virus capsule suited for drug delivery carrier.

The research aims at the development of chemical sensors, artificial photosynthesis systems and virus-based drug delivery carriers.

#### Research Interests

- Organization of DNA and DNA-mimetics and its photo-functionalization
- Synthesis of DNA-templated metal nanowire
- Creation of virus-based drug delivery carries.



Silver nanowire on template DNA



# 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 a typical example of the general concept of supramolecule, where the numerous functions are originated from complex interactions among biological 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. For this purpose, we also investigate various optical techniques and aim to establish a 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 methods.

#### Research Interests

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

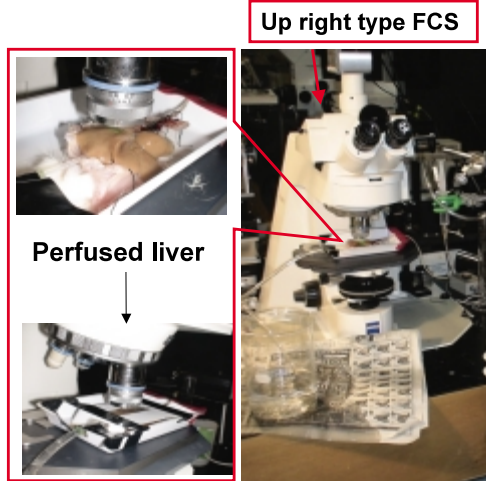


Fig.1: Perfusion system of isolated rat liver on the up right type FCS

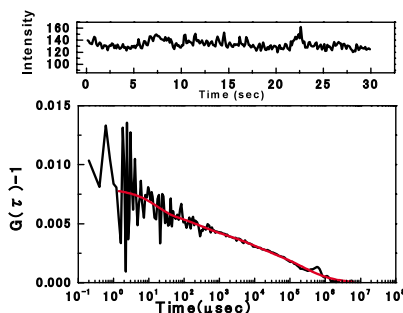


Fig.2:FCS measurements of perfused rat liver stained by Rhod2-AM. Average fluorescence intensity was 133k count per sec . Fluorescence auto correlation function was analyzed with three different diffusion times; 0.2msec(32%), 10.0msec(29%) and 285msec(39%).

# 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

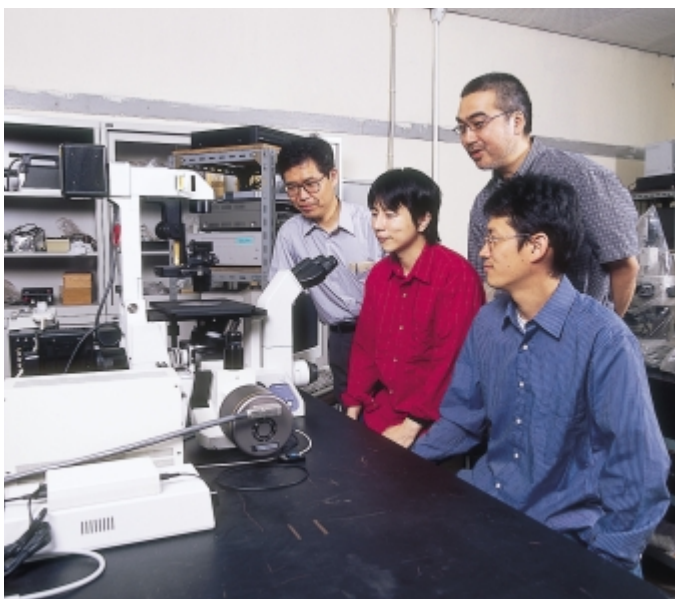
information processing is estimated from the viewpoint of optimization for the task. And computational algorithm of the optimization is analyzed by constructing a mathematical model for spatially and temporally multi-scaled dynamics of intracellular biochemical events.

#### 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

#### 研究テーマ

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/index-j.html>

- ・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 contacted with a tapered fiber.



Single-photon source



# 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

#### 研究テーマ

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。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。加えて発声聴覚フィードバック機構を明らかにするために行動実験、fMRI計測を行っている。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SQUIDや磁気ノイズ除去法の研究開発を行っている。

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

- ・ 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
- ・ fMRIによる中枢神経活動の計測と信号処理 ( 発声聴覚フィードバック制御 )
- ・ 発声聴覚フィードバック機構の検討
- ・ 高温超伝導SQUIDと磁気センシングシステムの開発

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

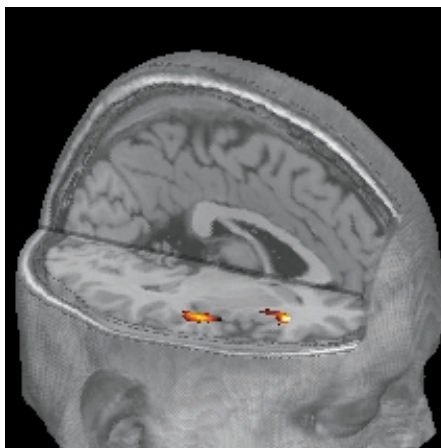
activities underlying various functions of the human brain are visualized. Auditory/visual sensory functions and higher functions of awareness, memory, language, and music comprehension of the human brain are elucidated by multi-modal approach using the SQUID, functional MRI, and high-resolution EEG, supplemented. Auditory Feedback in speech production and its role in language acquisition and foreign language learning are also investigated.

#### Research Interests

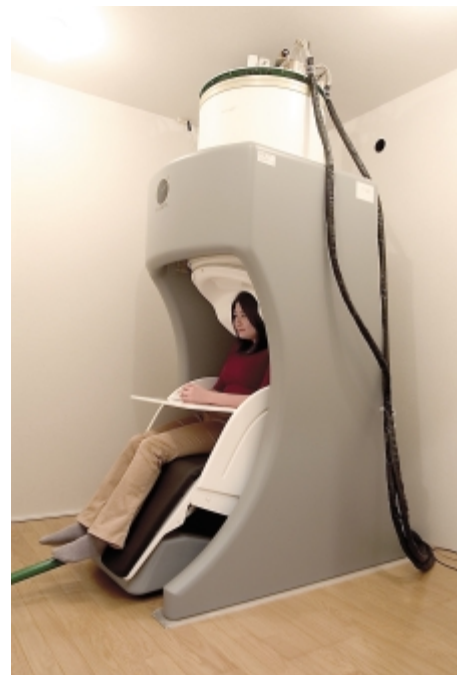
- ・ High-Tc SQUIDs
- ・ Biomagnetism
- ・ Functional neuroimaging
- ・ Music Perception
- ・ Speech Perception
- ・ Speech Auditory Feedback



Experimental systems for research on speech auditory feedback control mechanisms



Brain activities associated with speech auditory feedback control



HOKUDAI MEG system in Research and Education Center for Brain Science (RECBS)

# 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

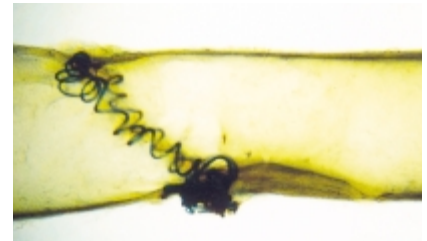
### Unraveling the Mechanisms of Localization of Vascular Diseases

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、および急激な拡大部など、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判っていない。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、その血管内壁表面における濃度、内皮細胞による取り込み、および血管壁構成細胞の増殖・衰退に及ぼす流れおよび水透過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、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、培養血管細胞を用いた実験、および動物実験により研究を展開している。

#### 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の解析
2. 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機構の解明
3. 血管壁へのリポ蛋白の物質移動に及ぼす流れおよび水透過の影響
4. 血管細胞の増殖・衰退に及ぼす流れおよび水透過の影響

To elucidate the mechanisms of localization of atherosclerotic lesions, cerebral aneurysms, and anastomotic intimal hyperplasia in man, the effects of various physical and fluid mechanical factors such as flow velocity (shear rate), blood pressure, and water filtration velocity at the vessel wall on concentration of atherogenic low density lipoproteins (LDL) at the luminal surface of an arterial wall, uptake of LDL by endothelial cells, and proliferation/ degeneration of the cells constituting the vessel wall are investigated in detail. This is done by carrying out computer simulations of transport of LDL from flowing blood to an arterial wall, performing in vitro mass

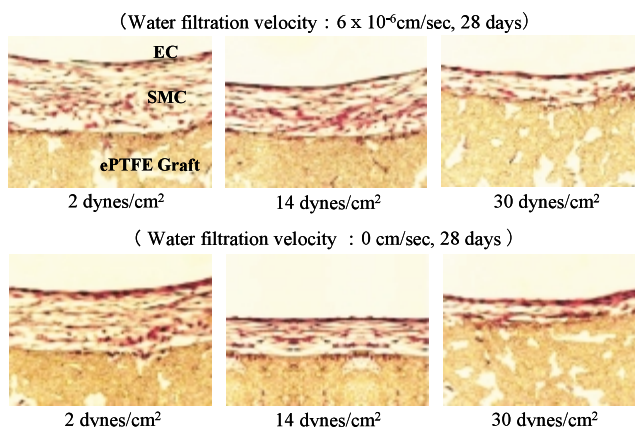


An end-to-end anastomosed artery in which an intimal hyperplasia occurred

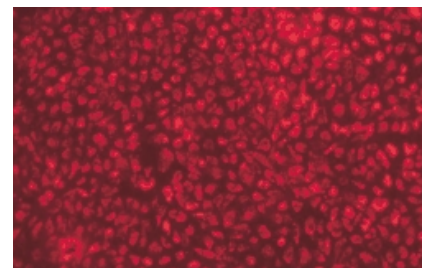
transfer experiments of LDL using a model of an arterial wall prepared by seeding bovine aortic endothelial cells (EC) on layers of cultured smooth muscle cells (SMC) and co-culturing them, and carrying out animal experiments.

#### Research Interests

1. Analysis of the flow patterns in the human cardiovascular systems
2. Elucidation of the mechanisms of localization of vascular diseases
3. Theoretical and experimental study on the effects of blood flow, blood pressure, and water filtration on transport of LDL from flowing blood to an arterial wall and proliferation of the cells forming the vessel wall



Crosssectional views of hybrid vascular grafts showing the effects of fluid velocity and water filtration on proliferation of the cells. EC: endothelial cell, SMC: smooth muscle cell



Fluorescent dye-stained dog aortic endothelial cells coating the luminal surface of a hybrid vascular graft in monolayer



# ナノシステム生理学研究分野

Nanosystems physiology

## 生命現象のからくりを 可視化で解き明かす

Exploring the mechanisms of life  
through the use of live imaging

ひとつの受精卵が分裂と分化を経て、多様な細胞が機能的につながりあう多細胞個体を形成する。1個体を構成する様々な細胞が相互に連絡をとりあうことによって、個体としての刺激応答をおこなう。分子間、そして細胞間を相互に結びつけるつながりの仕組みを明らかにすることが、このような生命のしくみを解き明かす鍵であろう。ナノシステム生理学研究分野では、生体分子、細胞レベルの生命現象を研究対象として、遺伝子工学技術に基づく生体分子可視化技術を駆使して、個体の発生や刺激受容と応答に関わる分子間・細胞間相互作用を明らかにすることを大きな研究テーマに掲げている。個々の分子、個々の細胞のふるまいを生きた状態で可視化するのみならず、蛍光共鳴エネルギー移動などを利用した細胞内斥候分子を細胞内や組織内のあらゆる部位に放つことによって、細胞内シグナル伝達を担うタンパク質のリン酸化状態や細胞内カルシウムイオン濃度の変化といった細胞内シグナルの流れを可視化し、さらには操作する。生体分子や細胞の相互作用を生きた状態で可視化するアプローチは、ポストゲノム時代における生命現象解明の大きな流れとなるはずである。

### 研究テーマ

- 1) 蛍光および化学発光蛋白質を用いた指示薬開発
- 2) 高性能指示薬開発のためのタンパク質立体構造解析
- 3) 光照射による生体機能操作法の開発
- 4) 個体レベルの機能イメージングに資する新型顕微鏡の開発
- 5) 動植物の刺激応答&形態形成システムに関する研究
- 6) 超迅速なゲノム配列決定法の開発

It is amazing to consider that the growth of multicellular living organisms, including humans, begins with just a single fertilized egg. This is followed by distinct developmental processes of cell division and differentiation, which results in the formation of a wide variety of different cell types that are intricately connected and functionally correlated as a whole organism. Moreover, communication between the various cell types also exists to ensure that any stimulus the organism may experience during its lifetime is met with an efficient, coordinated response.

In order to understand the developmental and stimulus/response processes that make up a whole living organism, it is important to first have a clear understanding of the functional interactions between both individual cells and single molecules within these cells.

Using the latest in biomolecular imaging technology, research in our laboratory is focused on investigating such biological interactions at both the molecular and cellular level. This involves not only direct imaging the "presence" of single molecules and individual cells, but also the use of Fluorescence Resonance Energy Transfer (FRET)-based approaches for real-time imaging of dynamic, reversible biological signaling "events" such as protein modification and intracellular calcium changes. Moreover, this

imaging technology will also be combined with protein manipulation techniques to elucidate the functional contribution of these dynamic interactions and signaling transduction events in the whole living organism.

As life sciences moves into the post-genomic era, the continual development of real-time imaging approaches for elucidating cell and biomolecule interactions in whole living organisms is becoming increasingly important.

### Research Interests

- 1) Development of novel fluorescent protein-based indicators for biological events
- 2) Application of protein 3D structural information to development of novel indicators
- 3) Development of techniques for light-based manipulation of protein activity
- 4) Development of optical microscope technology enabling whole-organism imaging
- 5) Elucidation of signaling systems for sensing and responding to environmental conditions, and for establishing certain morphology during embryogenesis.
- 6) Development of ultra high throughput genomic sequencing technology

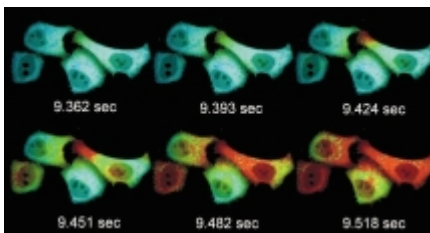


Fig. 1  
Distribution of intracellular calcium ions in cultured mammalian cells monitored with a fluorescent protein-based indicator

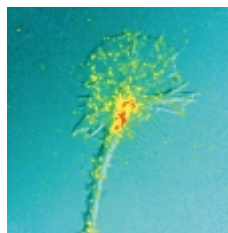


Fig. 2  
Single molecule imaging of nerve growth factors bound to the distal tip of a nerve fiber



Fig. 3  
Cultured bacteria expressing three types of fluorescent proteins with different colors



# 電子情報処理部門

## Section of Informatics and Processing



推論や判断などの柔軟な電子情報処理の実現に必要な、新しい原理の探求を進めている。自然界の形や流れなど非線形現象の裏にひそむ数理、無脊椎動物の神経系の設計原理、光を用いた様々なナノファブリケーション技術の開発および光ナノデバイスの構築、について研究する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 photon Process develops various kinds of nanofabrication technique using light and create optical nanodevices. Also included in the section is an adjunct laboratory for visiting professors invited from private institutions to direct trans-disciplinary joint researches on parallel distributed processing.



# 情報数理研究分野

## Nonlinear Studies and Computation

### 数理の 実験工房

### Modeling Nature's Complexity

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

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

### 研究テーマ

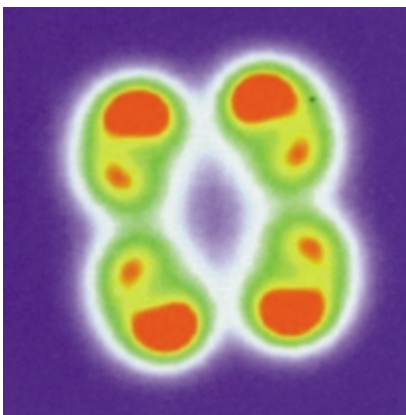
- ・ 反応拡散系におけるパターン形成
- ・ 物質科学におけるモデリング
- ・ 生物の形態形成のモデリング
- ・ 流体中を運動する物体の解析
- ・ 河川の形態などの計算地形学

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

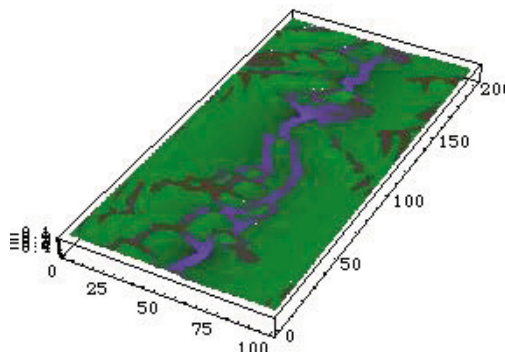
lack of rigor or power of predictability, instead it predicts when and how qualitative changes occur, which is much more important to our life rather than small quantitative errors. Our laboratory covers pattern formation in dissipative systems, morphogenesis, material science, fluid dynamics with phase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

### Research Interests

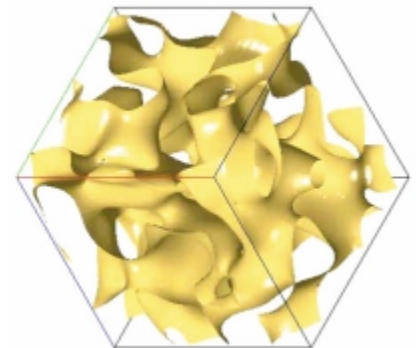
- ・ Pattern formation in reaction-diffusion system
- ・ Modeling in material science
- ・ Modeling of morphogenesis
- ・ Analysis of body motion interacting with fluid
- ・ Computational geomorphology of river channel



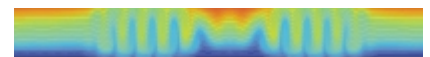
Self-replication in reaction-diffusion system.



Simulation of meandering river.



Double gyroid morphology for diblock copolymer melts



Collision of localized convection cells in binary fluid mixture.

# 神経情報研究分野

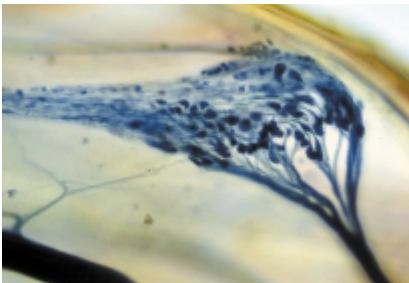
Neuro-Cybernetics

## 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。



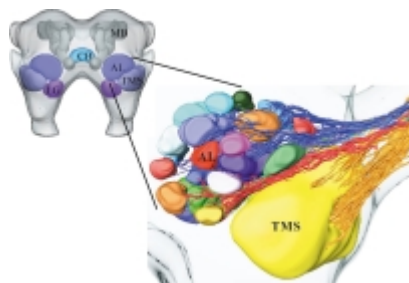
Sensory neurons in the femoral chordotonal organ of the cricket.

### 研究テーマ

- ・ 昆虫機械受容器の熱雑音感受性と機械的熱揺動量の光学計測
- ・ 神経系における情報伝送速度の計測と熱雑音の逆説的利用の実証
- ・ 昆虫の高次中枢での匂い情報処理機構の解明
- ・ 昆虫の学習過程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



Three dimensional reconstruction of the cricket brain and the primary olfactory processing center, antennal lobe.

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 insects 3) clarify mechanisms of neuronal plasticity by investigating the role of nitric oxide in the central nervous system in crickets.

### Research Interests

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



Students and an experimental setup for intracellular recording.



# 極限フォトンプロセス研究分野

Photon Process

## 光によるナノファブリケーション技術の確立を目指して

In search for the novel nanofabrication techniques using light

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

1) レーザービームによる放射圧を利用  
してソフトマテリアルのナノ構造制御を  
行ったり、また超短パルスレーザーを用  
いて3次元光ナノプロセス技術の開発や、  
量子相関ビームによる新しい光ナノ  
プロセス技術の開発を進めている。

2) フォトニック結晶や金属ナノ構造が  
示すプラズモンを用いて新しい光反応場  
を構築したり、マイクロ・ナノフォト  
ニックデバイスを作製することや、それら  
微細構造を利用してDNAマイクロアレ  
イチップやタンパクチップを開発する研  
究を行っている。

### 研究テーマ

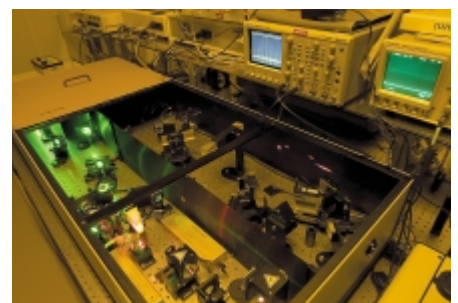
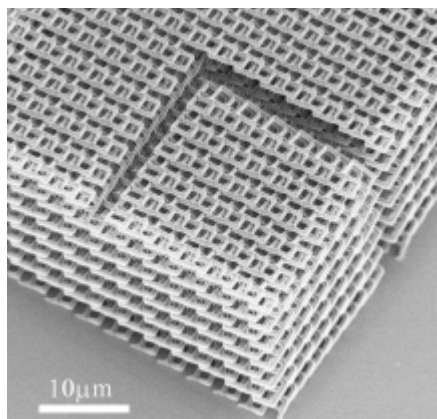
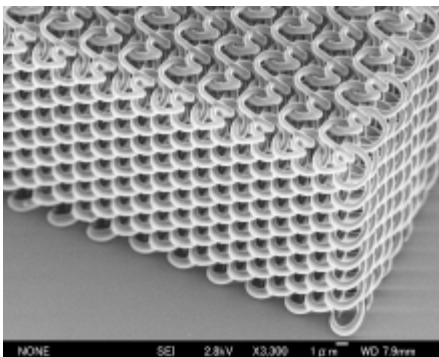
- ・ 光圧によるソフトマテリアルのナノ構  
造・運動制御に関する研究
- ・ フェムト秒レーザーによるマイクロ・  
ナノ加工技術の開発
- ・ 量子相関光子によるナノ加工・計測技  
術の開発
- ・ フォトニック結晶を用いたマイクロ・  
ナノデバイスの開発
- ・ 新規検出技術を用いたDNAチップの  
開発

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

of photonic materials such as photonic crystals and/or metal nanostructures.

### Research Interests

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



# 計算論的生命科学研究分野

## Computational Life Science

### 生命に数理を

### Mathematics for Life Science

計算論的生命科学は新しい研究分野であり、電子科学研究所と理学研究科数学専攻との共同事業の一環として構築された。分子、細胞、システムにまでわたる生命現象の複雑さを数理的に解明するとともに、新しい生命システム論の構築を目的としている。生命システムはさまざまな時間空間スケールの変数の相互作用によって独特の秩序形成がなされる。発生、分化、細胞構築、器官形成、神経系の形成とその身体との相互作用などにその特徴は現れている。また、生物進化の機構の解明は脳神経系の高次機能の解明と同様に人類に課せられた重要な問題の一つである。これらの秩序形成においては単一の時空スケールへの変数の分離が不可能であり、内部において生成される情報がさまざまなスケールで空間に固定されるだけでなく、またさまざまなスケールで時間軸方向へ展開される。そのために、これらの系は構成要素への還元が不可能であり、複雑系と呼ばれている。例えば、発生の段階においては臨界期まではどこが目や頭になるかは決まっていない。要素としての目や頭などが出来上がった後にそれらが相互作用して体ができるわけではなく、個体はシステムとして働き、その中で目、頭などが構築されてくる。脳神経系の発達においても、システムとしての脳の発達とともに視覚野、聴覚野などが構築されてくる。本分野ではこのような複雑系としての生命システムの機構を解明することを目指し、新しい複雑システム論を構築する。

### 研究テーマ

- ・ 高次脳機能の数理的研究、非線形力学系とカオス、自己増殖・自己再生の数理モデル、進化の数理的研究

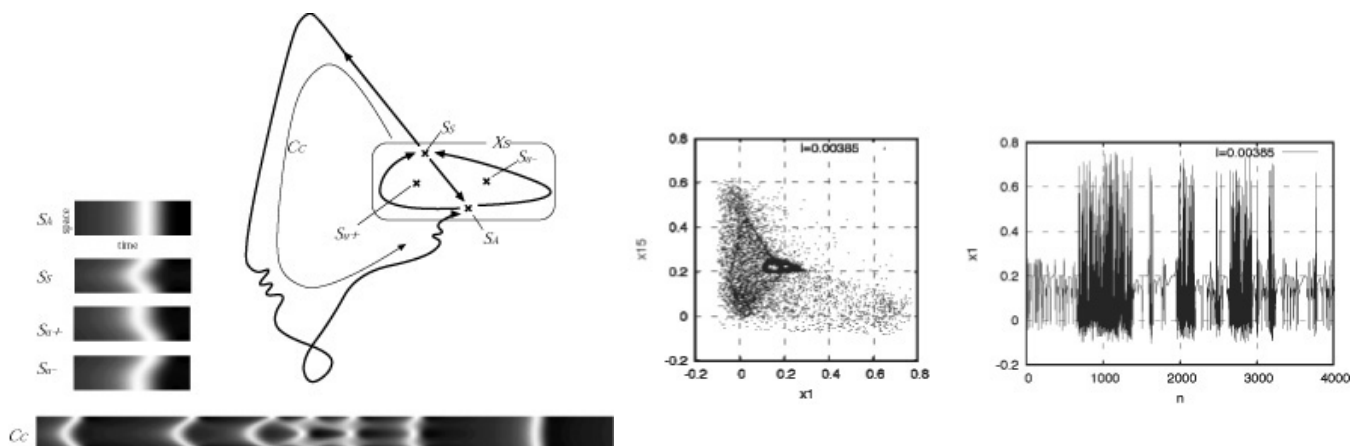
Computational life science is a new field of research, which has been promoted in cooperation with Department of Mathematics. The aim of this laboratory is to clarify the complexity embedded in various biological phenomena, which may emerge over multi-scales of space and time.

Biological systems express a specific complexity, which typically appears in cell differentiation and also in functional differentiation in the brain. In cell differentiation, for instance, it is not, in advance, determined that which part of embryo becomes eyes. All organs are organized in accord with the development of an individual as a whole system. A similar organization is observed in the functional differentiation of the brain. A whole brain acts as a system, in which all cortical areas such as a visual cortex are organized in accord with the development of a whole brain. In this laboratory, taking into account these characteristics, we

would like to construct a new system theory, that is, a complex systems theory, based on the intensive studies on various topics described below.

### Research Interests

- ・ Mathematical modeling of higher functions of the brain, Nonlinear dynamical systems and chaos, Mathematical modeling of self-reproduction and self-reorganization, Mathematical studies for biological evolution



A fundamental structure of dynamic states for the transition between synchronized and desynchronized states.



# 並列分散処理研究分野

## Parallel Distributed Processing

### 人間と社会～そのリズムとコミュニケーション

### Human beings and society; their rhythm and communication

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

1) 心と身体情報の係わり(身体および生理的側面)

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

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

2) 認知機能からみた社会との係わり(認知科学的側面)

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

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

- ・質的認知手法のコンサルティングへの応用

3) 認知科学的手法による社会システム分析(社会システムの側面)

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

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

### 研究テーマ

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

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

Research issues have been discussed from following view points

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

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

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

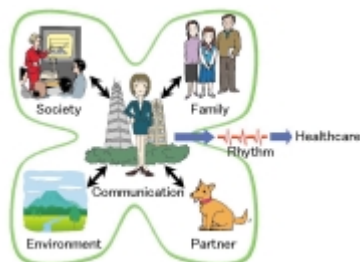
- ・Qualitative and quantitative characteristics of human cognition
- ・Coarse-view modeling for analyzing qualitative information
- ・Application of methodology based on qualitative cognition to consulting

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

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

### Research Interests

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



Research on communication between human beings and social systems



Multichannel biosignal detector



# ナノテクノロジー研究センター

## Nanotechnology Research Center



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

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



### 自己組織化による ナノマテリアル創製

### Fabrication of Nanomaterials based on Self-organization

分子・原子の配列や配向を制御することで形成される自己集合体を非線形・非平衡ダイナミクスを利用した自己組織化や時空間プロセスにより高次組織化し、生物に見られる様なナノメートルスケールからミクロン、ミリメートルスケールまで階層的に組み立てられた新規機能性材料の創製を目的としている。

高分子キャストフィルムの作製プロセスで形成される様々な時空間パターンを基板上に固定化する事で、自己組織化的に様々なナノ・マイクロパターンが形成される。これらのパターンを特徴とするナノマテリアルのフォトリソ、エレクトロニクス、ならびにバイオテクノロジーにおける応用展開を図る。

さらに非平衡プロセスで形成される微粒子内部の階層構造に関する研究や、微粒子自己集積体の創製及び制御、空間光変調器による微粒子配列の時空間制御などにより新規機能性材料の創製を行っている。また、ナノ微粒子や構造体の新しい評価法として、低コヒーレンス干渉法を基礎とした3次元断層顕微鏡ならびに動的散乱法の開発を行っている。

#### 研究テーマ

- ・自己組織化による二次元・三次元ナノ・マイクロパターンの創製
- ・自己組織化ナノ・マイクロマテリアルのバイオメディカル応用
- ・非平衡プロセスにおける階層的な構造を持つナノ微粒子材料の創製
- ・レーザー放射圧と自己集積に基づいたナノ微粒子配列法の開発
- ・空間光変調器による光微粒子配列の時空間制御技術の開発
- ・低コヒーレンス干渉法を用いた新しい3次元断層顕微鏡の開発
- ・低コヒーレンス動的散乱法による濃厚系微粒子計測法の開発

We are aiming to create hierarchically organized functional materials ranging from nanometer scale to millimeter scale by using molecular self-assembly and self-organization based on the spatio-temporal non-linear and non-equilibrium dynamics. Nano and micropatterns can be fabricated by fixing the spatio-temporal patterns emerging in casting process of polymer films. These patterns are utilized for novel functional materials in the fields of photonics, electronics, and

biotechnologies. Preparation of hierarchically structured particles and controlled assembling of particles are also investigated to create novel functional nanomaterials. New measuring methods based on low-coherence interferometry are developed to characterize newly fabricated materials.

#### Research Interests

- ・Fabrication of two- or three-dimensional nano- and micro-patterns based on self-organization
- ・Biomedical application of nano- and micro-structured materials prepared by self-organization.
- ・Fabrication of hierarchically structured nanoparticles in the non-equilibrium process.
- ・Manipulation of nanoparticles based on laser optics and self-assembly.
- ・Spatiotemporal assembly of nanoparticles using dynamic holograms
- ・Development of a tomographic microscopy using low-coherence interferometry
- ・Development of a new low-coherence dynamic light scattering technique

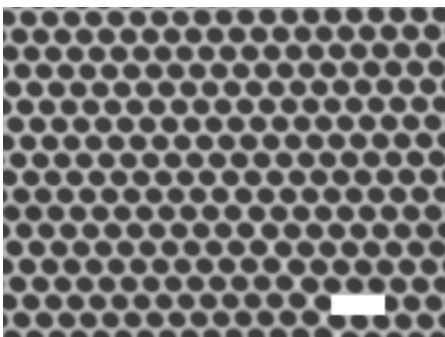


図1.自己組織化により形成されるハニカム状多孔質膜の電子顕微鏡像  
Figure 1. Scanning electron micrograph of the honeycomb-patterned polymer film prepared by self-organization (bar:10 $\mu$ m)

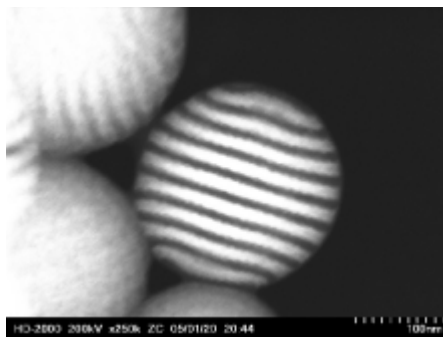


図2.内部に層状の構造を持つポリマーナノ微粒子の電子顕微鏡像  
Figure 2. Transmission electron micrograph of polymer nanoparticles having lamellar structures



図3.空間変調器を用いて形成したパターンの光学顕微鏡像  
Figure 3. Optical micrograph of patterns prepared by using dynamic holograms

# ナノデバイス研究分野

Nanodevices

## ボトムアップ方式による ナノデバイス創製

Nanodevices Creation by Molecular  
Fabrication

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

### 研究テーマ

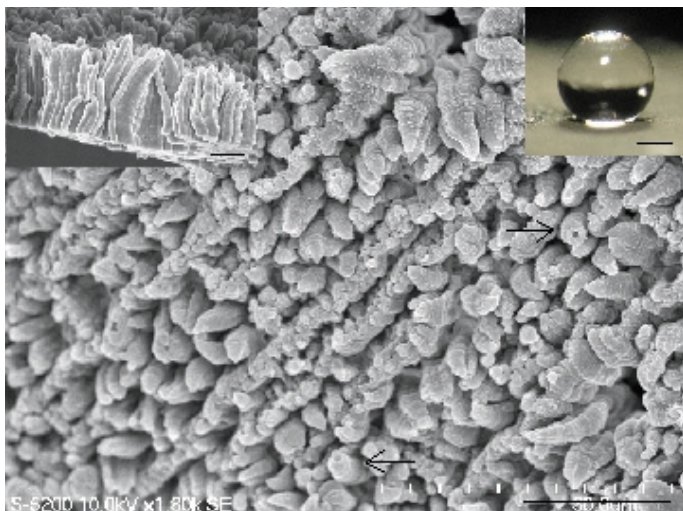
- ・フラクタル・ナノテクノロジーの開拓
- ・二分子膜固定化ゲルの応用展開
- ・異方性ゲルの創製と応用

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

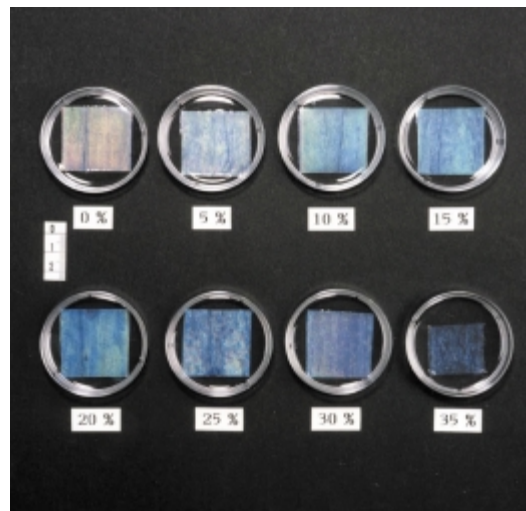
response to the environmental conditions. Anisotropic gels can be obtained when polymerized just after alignment of the bilayer membranes by the shear flow. The practical applications of the above fractal materials and gels are also important target of our research. We will make collaborations with the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

### Research Interests

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



Super water-repellent fractal surface of poly(alkylpyrrole) and a water droplet on it



Iridescent gel containing immobilized-bilayer-membranes



# ナノ理論研究分野

## Nanosimulation

### バイオナノプローブ計測技術： 生体1分子から生細胞まで

Bionanoprobe technology: From single molecule to living cells

原子間力顕微鏡 (AFM) は、pNから nNオーダーの微小な力を高精度に計測することが可能である。この力領域は、生体分子の構造形成や機能発現に関わる力学をほぼカバーしているため、AFMは、バイオナノ計測に不可欠なツールとして期待されている。本研究分野では、AFMとカーボンナノチューブ (CNT) を駆使し、1分子から細胞までの階層的な構造と機能とを“力学”の視点で統一的に理解し、バイオナノ技術の創成およびバイオデバイス構築に関する基本技術を確立することを目指している。

1) 1分子レベルでのタンパク質や機能性高分子の延伸・収縮特性から、分子内相互作用および高分子間摩擦や絡み合いの非特異的相互作用の解明を進めている。また、モデル生体膜のナノ力学の解明を進めている。

2) 単一細胞レベルでの細胞膜の内部と外部のナノ計測・分子識別技術の研究を進めている。細胞手術のための化学修飾CNT探針および膜内挿入法の開発、細胞診断を目指した細胞表面のナノ揺らぎ計測法の開発を進めている。

3) CNT探針と周波数変調技術を用いた液中高分解能バイオイメーシング装置の開発、および、マイクロビーズを用いたソフトマテリアルの高精度ナノ計測法の開発を進めている。

#### 研究テーマ

- ・ 生体分子および機能性高分子の1分子力学・ダイナミクスに関する研究
- ・ ナノスケールの生細胞内部計測技術に関する研究
- ・ 細胞表面のナノダイナミクスに関する研究
- ・ 低侵襲バイオイメーシング技術に関する研究

Atomic force microscope (AFM) is a promising tool for imaging, measuring and manipulating materials in aqueous solutions in the force range of pN to nN, in which biological specimen stabilizes their structures as well as exerts their functions. We are conducting research to clarify the hierarchical structures and functions from single molecules to cells with a view to "Nanomechanics" and "Nanodynamics" using AFM and carbon nanotube (CNT) techniques, which is crucially important on understanding the origin of life and fabricating bio-devices on bottom-up technologies.

1) By extending and compressing single molecules of proteins and polymers, we are investigating their intramolecular interactions on folding process of proteins and

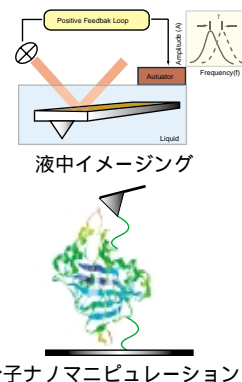
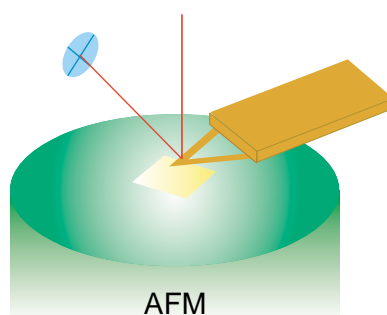
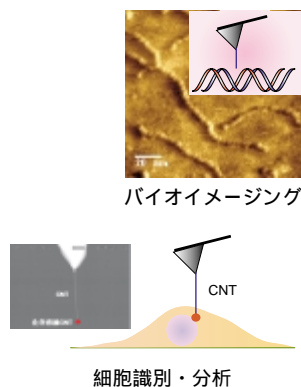
intermolecular interactions on polymer-polymer interactions and entanglements. Moreover we are investigating stabilities of bio-assemblies such as lipid bilayer at nanoscale.

2) We are developing new techniques for measuring dynamics and identifying individual molecules of living cell surfaces and exploring inside cells with AFMs and chemically modified CNT, which is expected to allow for diagnosis and nanosurgery of single cells.

3) We are developing less-invasive imaging techniques for biological samples in liquids with CNT tips and frequency-modulation techniques, and moreover a technique for measuring precisely nanomechanics on soft-matters.

#### Research Interests

- ・ Nanomechanics and Nanodynamics of single molecules of proteins and polymers.
- ・ New techniques for exploring inside cells at nanoscale using AFM with a carbon nanotube tip.
- ・ Nanodynamics of cell surfaces at high spatial-temporal resolutions.
- ・ Less-invasive AFM imaging techniques for biological molecules in liquids



# 寄附研究部門 ニコンバイオイメージングセンター

**Nikon Imaging Center**

<http://nano.es.hokudai.ac.jp/nikon/>

## バイオイメージング技術の 提供と改良・開発

**Providing, improvement and  
development of Bio-imaging  
technologies**

本研究分野は、バイオイメージング技術に関する更なる技術改良、或いは新技術開発およびその生物学研究への応用を推進し、本学と顕微観察技術関連企業との連携強化ならびに本学における教育研究の豊富化、活性化や国際的な交流を目的とします。

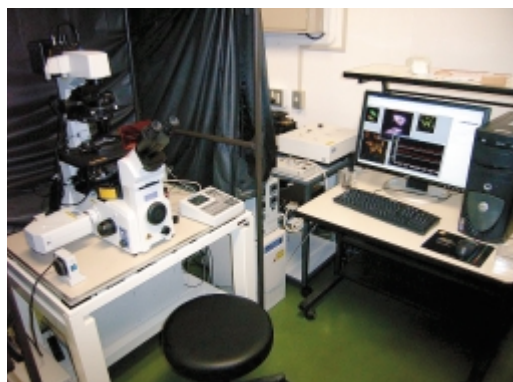
The Nikon Imaging Center at Hokkaido University (NIC@Hokudai) promotes the improvement and development of bio-imaging technologies and their application to the life sciences. The NIC@Hokudai also aims to facilitate cooperation between enterprises related to microscope technology, and to participate in both educational research and international exchange.

### 活 動

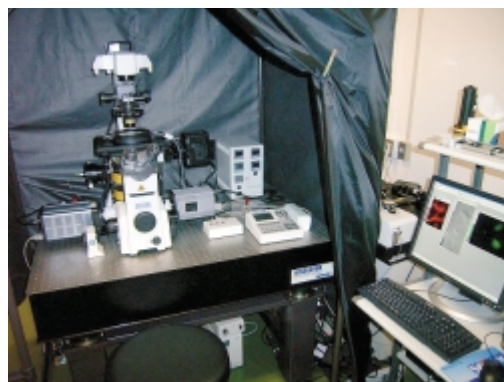
### Activity

- 1) 最先端の顕微鏡とイメージング機器を設置し、基礎研究の環境を提供する
- 2) 顕微鏡に馴染みのない研究者からハイエンドユーザーまで様々なレベルに合わせて顕微観察法のトレーニングコースを行う。
- 3) 顕微鏡ユーザーのアイデアを反映した新型顕微技術の開発を行う。

- 1) To provide an environment for basic research with state-of-the-art microscopy and imaging equipment
- 2) To provide training courses on basic and advanced microscopy
- 3) To develop new microscopy techniques incorporating specific user requirements



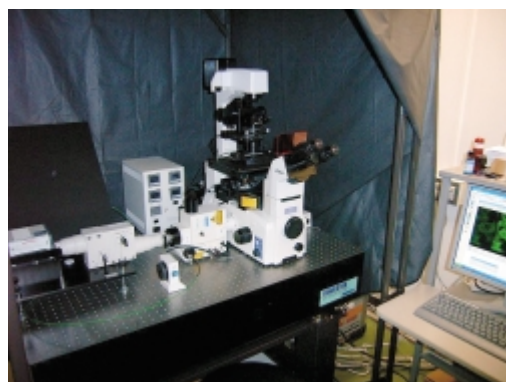
Station 1 Spectral Imaging Confocal Microscopy.



Station 2 TIR Evanescent Microscopy.



Station 3 Multi-Color Fluorescence Microscopy.



Station 4 Real-time Confocal Microscopy



# 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、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、電子回路試作ならびに電子機器の修理・点検などが可能な環境の整備を進めている。また電子科学研究所の大型共通機器・設備の操作・管理を行っている。さらに当研究所の広報に関する仕事をしており、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。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・その他大型デユワー瓶・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 shop. 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

Multi-Institutional International Symposium on "mei" (Dec.5-7, 2005)



### 一般公開

Open Laboratory (Jun.4, 2005)



### ニコンバイオイメージングセンター開設式

NIKON IMAGING CENTER Opening Ceremony (Oct, 2005)





**北海道大学 電子科学研究所 一般公開**

平成17年6月4日(土) 10:00~17:00  
見て 聞いて 触ってみよう!  
最先端科学

**生命**  
**光**  
**分子**

**サイエンストーク 13:00~14:30**

- 三澤弘明 教授  
「レーザーで“超”加工!」
- 上田哲男 教授  
「粘菌に学ぶ賢さ」
- 下村政嗣 教授  
「自然に学ぶナノテクノロジー」

電子科学研究所 学術交流委員会  
札幌市北区北12条西6丁目  
URL: <http://www.es.hokudai.ac.jp>

**北海道大学 電子科学研究所 研究交流会**

2006年1月6日(金) 12:00~17:00  
場所: 北海道大学学術交流会館 小講堂

**生命**  
**光**  
**分子**

**研究交流会プログラム**

- ・新任教授による講演
- ・所内プロジェクト研究紹介
- 国際共同研究
- 分野・部門横断型実質的共同研究
- 若手育成研究
- ・所内研究者による研究紹介

電子科学研究所学術交流委員会  
札幌市北区北12条西6丁目  
URL: <http://www.es.hokudai.ac.jp>

**Multi-Institutional International Symposium on 命** [mel]

December 5(Mon) - 7(Wed) 2005,  
Hokkaido University Conference Hall, Sapporo, Japan  
Organized by Research Institute for Electronic Science, Hokkaido University,  
Research and Education Center for Brain Science, Hokkaido University  
and RIKEN Brain Science Institute

**Registration Free**

**Invited Speakers and Sessions**

**Dec 5:**  
**Special Lectures on New Frontiers in Life Sciences (15:30 - 17:40)**  
**Sten Grillner**  
(Nobel Institute for Neurophysiology, Karolinska Institute, Sweden)  
**Chiming Wei**  
(Johns Hopkins University School of Medicine, American Academy of Neurology, USA)  
**Shun-ichi Amari**  
(RIKEN Brain Science Institute)

**Dec 6:** The 2nd WECB-Neuroscience Symposium  
**Session I: Development of a functioning brain (9:00 - 12:00)**  
Eisaku Toga  
(The University of Tsukuba, Graduate School of Information Science)  
Chikao Furukawa  
(University of Medicine, New Zealand)  
Takashi Ohtsuka  
(Hokkaido University, PREB, Graduate School of Information Science and Technology)  
Kazuo Okumura  
(RIKEN Brain Science Institute)

**Session II: Molecular events underlying brain functions (13:00 - 15:00)**  
Masahiko Kato  
(Osaka University, Graduate School of Medicine)  
Masahiko Kato  
(Osaka University, PREB, Graduate School of Medicine)  
Masahiko Kato  
(Osaka University, PREB, Graduate School of Medicine)  
Takashi Ohtsuka  
(Hokkaido University, PREB)

**Session III: Imaging functioning brain (16:00 - 18:00)**  
Takashi Ohtsuka  
(Hokkaido University, PREB, Graduate School of Information Science and Technology)  
Takashi Ohtsuka  
(Hokkaido University, PREB, Graduate School of Information Science and Technology)  
Takashi Ohtsuka  
(Hokkaido University, PREB, Graduate School of Information Science and Technology)  
Takashi Ohtsuka  
(Hokkaido University, PREB, Graduate School of Information Science and Technology)

**Dec 7:** The 2nd WECB-Neuroscience Symposium  
**Session I: The next generation in bio-imaging (9:00 - 12:00)**  
Akashi Miyawaki  
(Osaka University, PREB)  
Masahiko Kato  
(Osaka University, PREB, Graduate School of Medicine)  
Takashi Ohtsuka  
(Hokkaido University, PREB, Graduate School of Information Science and Technology)  
Takashi Ohtsuka  
(Hokkaido University, PREB, Graduate School of Information Science and Technology)

**Session II: Self-organization of spatiotemporal order (multidisciplinary approaches) (12:00 - 15:00)**  
Satoshi Kuroda  
(Osaka University, PREB, Graduate School of Medicine)  
Takashi Ohtsuka  
(Hokkaido University, PREB, Graduate School of Information Science and Technology)  
Takashi Ohtsuka  
(Hokkaido University, PREB, Graduate School of Information Science and Technology)  
Takashi Ohtsuka  
(Hokkaido University, PREB, Graduate School of Information Science and Technology)

URL: <http://www.es.hokudai.ac.jp/symposium/2005/> E-mail: [sapporo@es.hokudai.ac.jp](mailto:sapporo@es.hokudai.ac.jp)



# ナノテクノロジー研究センターを含む北キャンパス



創成科学共同研究機構

触媒化学研究センター

ナノテクノロジー研究センター



## 北海道大学キャンパスマップ



# 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/>