

研究活動

北海道大学電子科学研究所

平成9年度—平成10年度

— 点検評価報告書 —

Research Activities

Research Institute for Electronic Science
Hokkaido University

1997—1998

平成11年発行

表紙の説明

「結晶成長過程のシミュレーション」

はじめに

旧応用電気研究所の改組・転換により電子科学研究所が発足して7年が経過し、研究体制の整備に伴って、多くの充実した研究成果を生みだしてきている。当研究所は「電子科学に関する学理及びその応用の研究」を目的に学際的研究を展開しているが、特に、時代を先取りして、「生物・人間に学ぶことにより新しいエレクトロニクスの基盤を構築する」ことをも標榜している。

この冊子は各部門・研究分野並びに附属施設の2年間の研究成果を中心にまとめたものである。当研究所では、広い分野の専門家を擁している利点を生かして、ユニークな所内共同研究を積極的に推進すると共に、学術研究のグローバル化に対応して研究所主催の国際シンポジウム、あるいは国際共同研究にも力を入れている。また、公開シンポジウムも多く開催している。これらについても記述してある。

現在、附置研究所も含めて国立大学の設置形態の問題、さらには部局の再編成の議論が開始されている。最終的に、国立大学をめぐる状況が大きく変更を受けることは避けられない。一方で、日本は科学技術立国を目指すことになっており、21世紀における学術・技術の先進的研究の重要性は言を待たない。どういう形態になろうとも、附置研究所の役割はますます重要になろう。当研究所でもより水準の高い多くの研究成果を世界に向けて発信すべく一層の努力をする所存である。

ごく最近、文部省では国立大学、附置研究所等を対象とした第三者評価のためのシステムを作り、平成12年度から実施することが本決まりとなった。この「研究活動」の小冊子は自己点検・評価報告書でもあるが、同時に第三者評価のための資料も兼ねている。自己評価としては不十分であるが、第三者評価を受ける前にこの資料を中心にして、もう少し踏み込んだ自己評価を行うことを予定している。

各関係方面からの忌憚のない批判等をいただければ幸いである。

平成11年10月

北海道大学電子科学研究所長 井 上 久 遠

目 次

はじめに

組織図

I. 研究成果・活動

1. 各研究部門・附属施設の研究成果及び業績リスト	3
電子材料物性部門	3
電子機能素子部門	17
電子計測制御部門	31
電子情報処理部門	45
附属電子計測開発施設	61
2. 所内共同研究	65
3. 民間等との共同研究	66
4. 大型プロジェクト研究	67
5. シンポジウムの開催状況	
a. 国際シンポジウム	69
b. 一般のシンポジウム	73
6. 研究成果公表に関する各種の統計表	76

II. 予算及び主要設備

1. 全体の予算	81
2. 外部からの研究費受入れ状況	81
3. 主要設備	87

III. 国際交流

1. 外国人研究者の受入れ状況	91
2. 国際共同研究	91
3. 海外渡航件数	94

IV. 教育活動

1. 修士学位及び博士学位の取得状況	97
2. 大学院生在籍数	99
3. 大学院担当講義科目名	99

V. 研究支援体制

1. 技術部	103
2. 事務部	103
3. 学術情報	104

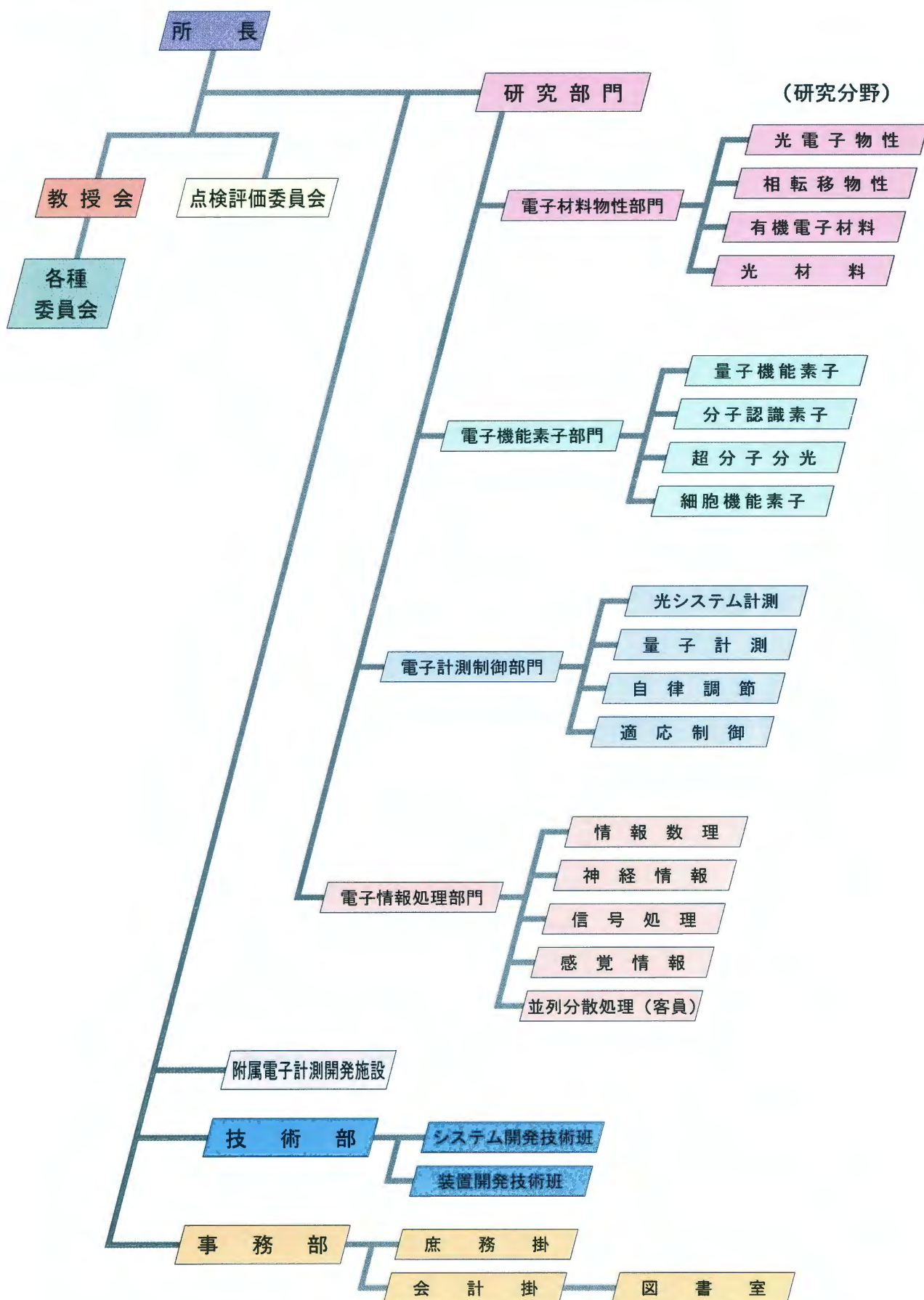
VI. その他

1. 公的機関の委員	107
2. 国内外の学会の主要役職	107
3. 受賞関係	107
4. 新聞・テレビ等の報道	108

VII. 資料

1. 沿革	113
2. 建物	115
3. 定員、現員	115
4. 教官の異動状況	116
5. 構成員	117

■組織図



I. 研究成果・活動

読み方に関する注

1. 大学院生は、平成 10 年 5 月 1 日現在のものである。
2. 学術論文、等は全てを網羅したものではない。
なお、主要論文（5 編以内）は太字で記述してある。
また、論文の後の*印はレフェリー付であることを示す。
3. 平成 9 年度、10 年度の学術論文、等の公表状況は、最後に表にまとめてある。
なお、論文数の（ ）は邦文論文数を示す。

I－1. 各研究部門・附属施設の研究成果及び業績リスト

電子材料物性部門

研究目的

電子材料を構成する原子、分子、分子集合体、半導体、誘電体及びそれらの物質が示す光・電子相互作用などの物理・物性を明らかにすることを通じて、電子科学を支える次世代電子材料の開発を目指している。



光電子物性研究分野

教授 竹村 健 (北大理、理博、1997.4~1998.3)

教授 太田信廣 (東北大院、理博、1998.10~)

助手 竹中信夫 (静岡大工、理博、1963.2~)

研究目標

光励起後のスピン一重項状態から三重項状態への項間交差過程の機構を明らかにすると共に、腫瘍集積性をもち光照射によりその組織を壊すことが知られているポルフィリン誘導体を用いて、蛍光腫瘍診断法および癌光線力学的治療法の可能性を探る。(平成9年度)

分子や分子集合体に光を照射した時に電子励起状態への遷移に伴ってどのようなダイナミクスが起こるのか、またそれらの過程は外部からの電場や磁場の作用に対してどのような変化を示すのかを明らかにする。また有機光導電性や有機光磁性の出現など光励起に伴う電気的、磁気的特性の変化を調べ、光励起に伴う分子構造、電子構造、準位構造、配列構造の変化を明らかにする。これらの結果を有機的に結び付けることにより『光励起分子の構造』、『光励起ダイナミクス』、『光機能物性』がお互いにどのように関係するかを解明し、光励起に伴う全く新しい機能物性の発現を探索する。(平成10年度)

研究成果

(a) ポルフィリン類を用いた蛍光腫瘍診断剤の開発¹⁻³

蛍光の高検出感度を利用した、測定感度のすぐれた蛍光腫瘍診断剤を開発するための重要な条件は、(1)腫瘍集積性があること、(2)蛍光を高い収率で発すること、(3)光毒性がないこと、である。現在までに、ある種のポルフィリン類は腫瘍集積性が高いことを見い出しており、事実このことを利用して腫瘍診断シンチ剤、腫瘍診断MRI増感剤の開発を行ってきた。ところで、これまでのシンチ剤や増感剤には、上記(3)を満たすために励起三重項状態における寿命の短い化合物が主に用いられてきた。しかし、三重項状態の寿命の減少と共に蛍光強度(蛍光収率)は減少するのが一般的であり、光毒性が無いと同時に測定感度のすぐれた蛍光物質とはなりえないのが通常である。しかし今回三重項状態の寿命が著しく短い金属置換ポルフィリンに無置換ポルフィリンを meta-phenylene により連結させた分子を合成したところ光毒性がない蛍光腫瘍診断剤として有効であることを示すことができた。また蛍光性のポルフィリン分子と、鉄金属錯体分子とを結合させた分子も上記の分子以上に蛍光腫瘍診断薬として有効であることを示すことができた。

(b) 均一分散系における光誘起電子移動反応への電場効果の研究^{4,6,7,10}

光誘起電子移動反応を示す電子供与性分子であるエチルカルバゾール(ECZ)と電子受容性分子であるテレフタル

酸ジメチル(DMT)をPMMAポリマー中に別々に分散させた系について電場蛍光スペクトル(電場を作用させた場合の蛍光強度の変化を波長の関数としてプロットしたもの)を測定することにより、電子励起状態からの電子移動反応および電荷再結合過程が電場によりどのように変化するかを調べた。図1に示すように、光励起直後の局在励起状態から発する蛍光は電場により消光することがわかった。これは電子移動反応の速度が電場により促進され、競争過程である発光プロセスの収率が減少することを示している。また光誘起電子移動反応によりラジカルイオン対が生成する結果生じるブロードなエキサイプレックス蛍光も電場効果を示すことがわかった。例えば、ECZが1 mol%でDMTが10 mol%(図1左)、逆にDMTが1 mol%でECZが10 mol%の場合(図1右)を比較した場合、蛍光スペクトルはほぼ同じ形をしていることから電子移動の速度はどちらの条件下でもほぼ同じと考えられる。ただし、エキサイプレックス蛍光はECZが高濃度の場合のみ電場消光を示し、ECZが低濃度の場合にはシュタルクシフトのみでありDMTの濃度を増しても電場消光が起こらない。電子供与体であるECZの濃度が大きい場合にのみ消光が観測されるということは、生成する光キャリアーはホールキャリアであり、電子キャリアーはほとんど生成しないことを意味する。実際、エキサイプレックス蛍光の電場消光が観測される条件下でのみ光電流を検出することができた。また電子供与性分子と受容性分子をメチレン鎖で連結

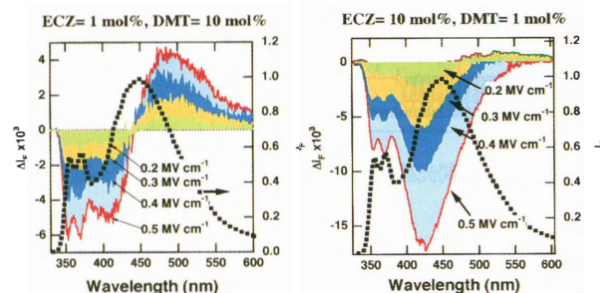


図1. 蛍光スペクトル(点線)と電場蛍光スペクトル

させた化合物をポリマー中に分散させた系ではメチレン鎖の長さに依存したエキサイプレックス蛍光の電場による増加が観測され、電荷再結合過程が電場により抑制されることもわかった。

(c) 配向分子膜を用いた層間光誘起電子移動反応へ電場効果の研究^{5,8}

典型的なシアニン系色素であるオキサカルボシアニン(OCC)とピオローゲン(VIO)をLB単分子膜として各々異なる層に累積し、図2のような配向分子膜を作成し蛍光の電場効果を調べた。いずれの色素も脂肪酸との混合LB膜として累積されており、両色素間にアラキ酸単分子膜(AA)を一層スペーサーとして挿入してある。この系では光励起されたOCCからVIOへ電子移動が起こるため、

VIO 存在下では電子移動と競合する蛍光過程の収率が減少し OCC 蛍光の消光が観測される。この系において観測された電場蛍光スペクトルが図 3 に示してある。VIO が存在しない場合 (VIO の単分子膜をアラキンの単分子膜で置換した) の OCC の電場蛍光スペクトルは蛍光スペクトルの一次微分とほぼ同じ形状を示す。これは発光状態と基底状態間の電気双極子モーメントが異なるために、電場によりスペクトルがシフトするいわゆるシュタルクシフトによるものである。一方、VIO へ電子移動が起こる系では、電場蛍光スペクトルの形状が蛍光スペクトルに似てくる。これは、電子移動の速度が電場により変化するために蛍光の収率が変化することを示している。図 3 は電子移動の方向と電場の向きが図 2 の関係において得られたものであり、蛍光強度が電場により減少することを示している。一方電場の向きを反転させた場合に得られた電場蛍光スペクトルは正負が逆になり、蛍光は減少し電子移動の速度が増加することがわかった。これらは光誘起電子移動反応への電場効果はお互いの方向および分子配向や配列が重要な役割を果たすと共に、光機能性分子素子 (例えば光スイッチング素子) として応用できる可能性を示すものである。

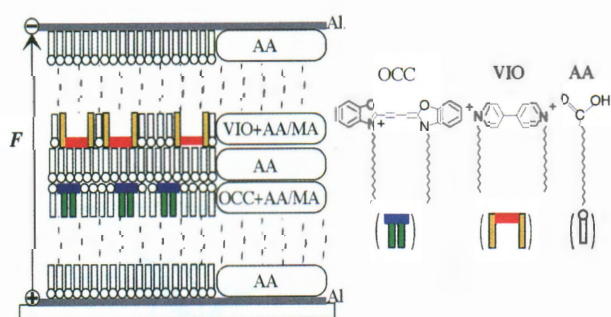


図 2. 層間光誘起電子移動反応を示す配向分子膜

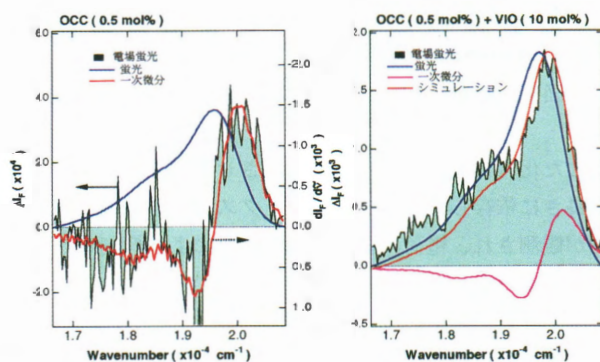


図 3. VIO 層がある時とない時の電場蛍光スペクトル (電場が 1 MV/cm)、蛍光スペクトル、一次微分スペクトルおよびシミュレーション

(d) 電場吸収スペクトルと表面モルフォロジーに関する研究⁹

光励起に伴う電気的特性の変化を調べるためには上図 2 に示すような配向分子膜を作成し、光吸収や発光の電場効果を調べる方法が有用である。そこでオキサシアニン(OC)

混合 LB 単分子膜を作成し、電場吸収スペクトルを測定した。光励起に伴う電気双極子モーメントの変化が、OC がある濃度以上で急激に変化することを見出した。そこで、単分子膜表面における色素分子の分散がどのようになっているかを蛍光顕微鏡を用いて測定したところ、低濃度の混合 LB 膜では色素は均一に分散しているが、ある濃度以上になるとゴム輪状の会合体を形成するようになることがわかった。このように電場吸収スペクトルから、吸収、発光スペクトルからは知ることのできない表面モルフォロジーの変化を知ることができることがわかった。

今後の研究の展望

これまでの電場吸収・発光スペクトルの測定は、主に定常実験に基づくものであったが、今後は励起ダイナミクスへの電場効果をピコ秒からフェムト秒での各時間領域でどのように異なるかを明らかにしていく。また電子移動反応により生成するイオン対の緩和過程に対して、磁場効果が期待できるので、電場と磁場の両方を作用させた効果も合わせて調べていく。また光電流測定を広い温度領域で行なうことにより光化学ダイナミクスと光導電性発現機構の関係を明らかにしていく。さらに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への電場および磁場効果も合わせて調べることで、光誘起超伝導発現の可能性を探る。

研究業績

1. 学術論文

- 1) 竹村健、安田紀彦、中島進、阪田功：「レーザー治療におけるレーザー光の特性一波長、パルス幅、フルエンス、パワー密度一の検討」、第 17 回日本レーザー医学会大会論文誌 (1997)
- 2) 中島進、阪田功、竹村健：「第二世代のフォトセンシタイザー ATX-S 10 Na (II) の抗腫瘍効果」(『医学のあゆみ』)、180-10: 689-690 (1997)
- 3) Nakajima, S., Shigemi, N., Murakami, T., Aburano, I., Sakata, I., Maruyama, I., Inoue, M. and Takemura, T.: Tumor-localizing radiosensitive Mn-porphyrin on SCCVII tumor-bearing C3H/He mice:”, *Anti-Cancer Drugs*, 8: 386-390 (1997)
- 4) Ohta, N., Umeuchi, S., Nishimura, Y. and Yamazaki, I.: “Electric-field-induced quenching of exciplex fluorescence and photocurrent generation in a mixture of ethyl carbazole and dimethyl terephthalate doped in a PMMA polymer film”, *J. Phys. Chem.*, 102: 3784-3790 (1998)*
- 5) Ohta, N., Ito, T. and Yamazaki, I.: “External Electric Field Effect on Photoinduced Electron Transfer from Monomer and Dimer of Oxacarbocyanine in Langmuir-Blodgett Films”, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 314: 119-124 (1998)*

- 6) Ohta, N., Kanada, T., Yamazaki, I. and Itoh, M.: "External electric field effects on fluorescence of methylene-linked pyrene and N, N-dimethylaniline doped in a PMMA polymer film", *Chem. Phys. Lett.*, 292: 535-541 (1998)*
- 7) Nishimura, Y., Ohta, N., Yamamoto, M. and Yamazaki, I.: "Electric Field Effects on the Charge Migration of Methylene-Linked Carbazole and Terephthalic Acid Methyl Ester in PMMA Polymer Films", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 315: 181-186 (1998)*
- 8) Yamazaki, I., Osuka, O. and Ohta, N.: "Quantum Mechanical Processors Based on Organized Molecular Assemblies", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 315: 235-246 (1998)*
- 9) Ohta, N., Nakamura, M., Yamazaki, I., Shimomura, M. and Ijro, K.: "Relationship between surface morphology and electroabsorption spectrum of oxacyanine chromophore in a mixed Langmuir-Blodgett film", *Langmuir*, 14: 6226-6230 (1998)*
- 10) Ohta, N., Kanada, T., Yamazaki, I., Ito, S. and Suzuka, I.: "External electric field effects on fluorescence of a mixture of pyrene and C60 in PMMA polymer films and in thin solid films", *J. Luminescence*, 79: 177-183 (1998)*
- 11) Görling, Ch., Jalviste, E., Ohta, N. and Ottinger, Ch.: "Lifetime measurements of the collision-free slow fluorescence from glyoxal S_1/T_1 gateway levels in a beam", *J. Phys. Chem.*, 102: 10620-10629 (1998)*
- 12) Abe, S., Nishimura, Y., Yamazaki, I. and Ohta, N.: "Remarkable external electric field effect on the absorption intensity of a molecular aggregate of photomerocyanine in a PMMA polymer film", *Chem. Lett.*, 165-166 (1999)*
- 13) Sakurai, M., Nakamura, K., Nitta, K., Takenaka, N., Mukae, K.: "Partial molar isentropic compressions of alkyl acetates in water", *J. Chem. & Eng. DATA*, 43: 249-254 (1998)*
- 2) Hayashi, H. and Ohta, N.: "Magnetic Field Effects on Dynamic Behavior of Excited Molecules in the Gas Phase": in *Dynamic Spin Chemistry*, edited by Nagakura, S., Hayashi, H. and Azumi, T., (Kodansha-Wiley, 1998) Chap.4.

4. 招請講演

- 1) 太田信廣：「光化学ダイナミクスの電場・磁場効果」、(光化学協会賞受賞講演)、光化学討論会、八王子 (1998)
- 2) Ohta, N.: "Electric Field Effects on Excimer Fluorescence and Electroluminescence in Pyrene and its Related Compound doped in a Polymer Film", *Frontiers in Photonics, Electronics & Materials Science- from Molecules to Devices*, Sapporo (1999)

5. 発表件数

	平成 9 年度	平成10年度
学術論文数	3 (2)	10 (0)
国際学会発表件数	0	3
国内学会発表件数	2	17
研究会等での発表件数	0	1

2. 総説、解説、評論等

- 1) 太田信廣：(解説)「光誘起電子移動反応への電場効果」、*光化学*、29：34-35 (1998)。

3. 著書

- 1) 山崎巖、太田信廣：「LB 多層膜の光化学過程とダイナミックス」、231-238(『光化学の基礎と先端研究(気相・液相・表面の光化学から光合成や地球環境光化学まで)』化学総説、日本化学会編 (学会出版センター)、No.36 (1998)

相転移物性研究分野

教授 八木駿郎（北大院、理博、1988.12～）
 助教授 辻見裕史（北大院、理博、1993.8～）
 助手 笠原 勝（北大院、理博、1968.5～）
 院生 吉田節生（D3）、高坂繁弘（D3）、吉岡伸也（D3）、渡辺城太郎（D3）、渡辺 学（D3）、山崎洋一（D3）、石和田隆（D2）、小林美加（M2）、佐藤公宣（M2）、綿貫丈雄（M1）

研究目標

相転移物性研究分野では物質が相転移を起こすときに観測される顕著な物性変化を手がかりにして、新しい未知の物性の探求およびその発現機構の解明を研究目標としている。従来の物性研究は安定に存在している物質の状態においてなされ、そこで得られる基本的物性定数などは材料物性上有意義なものであった。しかしながら相転移現象では、物質が新しい相に転移しようとして示す不安定過程において物質全体にわたって物理量の大きなゆらぎが生じる。このとき物質は通常の状態では示さない大きな非線形性など隠された未知の性質を示す。当研究分野では相転移現象においてこれらの新しい物性を探求し、電子科学材料物性の基本的解明を目指す。

研究成果

(a) リン酸二水素カリウム（KDP）の強誘電性構造相転移機構の解明

KDPの強誘電相転移機構を解明するために、パルス誘導ラマン散乱実験（ISRS）を行い、強誘電性ソフトモードの波数ベクトル依存性を測定した。ISRSの大きな特色は、励起するモードの波数ベクトル k の大きさを励起光の交差角度で調節できる点にある。これを利用した実験の結果、波数ベクトルの小さい領域（ $k < 1000 \text{ cm}^{-1}$ ）においては、強誘電性ソフトモードが振動的に振る舞うことが明らかになった。その振動数は顕著な温度依存性を示し、相転移温度に向かってソフト化した。一方、減衰定数は温度依存性をほとんど示さないことが分かった。振動的なソフトモードは、KDPの秩序・無秩序型相転移機構から予測される緩和型のソフトモードとは一見矛盾している。これらのことを説明するために、緩和型の強誘電性ソフトモードとフォトンとの結合で形成されるフォノン・ポラリトンを導入することで、これらの実験結果を矛盾なく説明することに成功した。このモデルでは波数ベクトルが小さな領域においては、強誘電性ソフトモードの振動数は波数ベクトルの大きさに比例する。図1に実験から求められた振動数の分散関係を示す。また直線の傾きはTHz領域の誘電率を表すが、図1から求められたその値は、これまでの報告値とよく一致し、実験の正確さを示した。

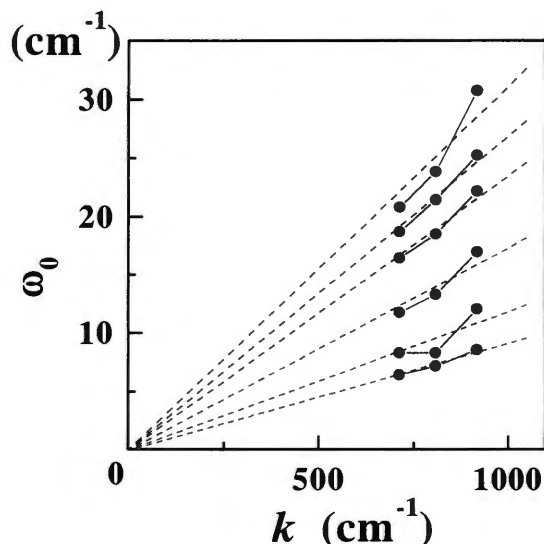


図1. 強誘電性ソフトモードの分散関係

(b) 硫酸グリシンにおけるセントラルピークの物理的起源

硫酸グリシン（TGS）は典型的な規則・不規則型の構造相転移をする一軸性強誘電体（自発分極が b 軸に平行）である。1980年TGSのブリルアン光散乱実験において、周波数がゼロの位置を中心とする光散乱ピーク（セントラルピーク）が発見された。ところが光散乱に用いた分光器の周波数分解能限界が約1GHzであったため、セントラルピークの線幅の温度依存性を測定することができなかった。これが、セントラルピークの起源について、全く異なる2つの説が提案される原因となった。熱緩和モードをセントラルピークの起源とする説と、分極緩和モードを起源とする説である。

時間分解分光法であるパルス誘導光散乱（ISLS）測定装置を用いて、周波数に換算すると1GHzの周波数分解能限界を超える非常にゆっくりとした10 μsec 程度の緩和時間を持つ熱緩和モードを観測することに成功している。図2は $t=0$ におけるパルス励起後の熱緩和モード強度 $I(0)$

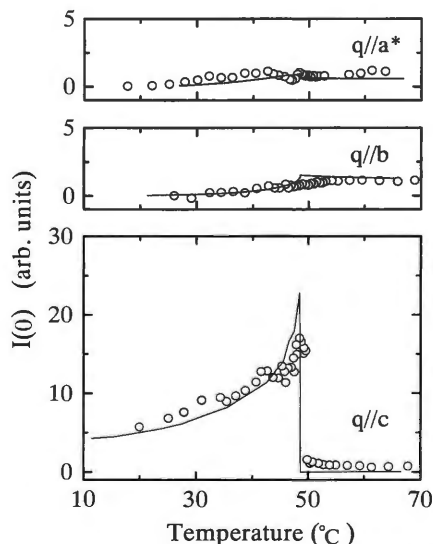


図2. 熱緩和モードの強度 $I(0)$ の温度依存性

の温度依存性と異方性である。c 軸方向だけに λ 型の異常が現われている特徴を見出した。解析の結果、この $I(0)$ の温度依存性と異方性はブリルアン散乱で発見されたセントラルピークと同じ物理起源によるものであることが分かり、この結果から、論争中のセントラルピークの物理的起源は分極緩和モードではなく熱緩和モードであることが結論された。

(c) KHCO_3 のダイマーモードの波数依存性と緩和時間の同位元素効果

KHCO_3 の $(\text{HCO}_3)_2$ ダイマーの配向に関するゾーンセンターモード (Q_F モード) とゾーン境界モード (Q_A モード) は相転移点 $T_N=318\text{ K}$ に向かってソフト化するが、 Q_A モードが Q_F モードより先に凍結することで、antiferrodistortive 相が生じる。水素結合中のプロトンの運動と強い相関を持つダイマーの配向運動の同位元素効果が、 KHCO_3 と KDCO_3 の Q_F モードの光散乱スペクトルの比較から説明された。

しかし、光散乱と中性子散乱で得られた KDCO_3 の Q_F モードの緩和時間 τ は、 T_N において 1 桁程度の違いがあった。この違いを説明するために、 Q_F モードが c_{66} モードと双 1 次結合していることを考慮に入れて運動方程式を解き、 τ の波数依存性を求めた。光散乱実験の結果を用いて中性子散乱で観測される τ を計算し、中性子散乱実験の結果と比較したところ、図 3 の $\bullet$ と Δ に示すように非常に良く一致した。このことから、 τ の違いは Q_F モードの波数依存性によることが結論された。さらに、中性子散乱で観測される波数における KHCO_3 の Q_F モードの τ を KDCO_3 のそれと比較した。その結果、図 3 の $\square$ と $\bullet$ で示すように、中性子散乱で観測される波数における Q_F モードの緩和時間 τ の同位元素効果が明らかにされた。

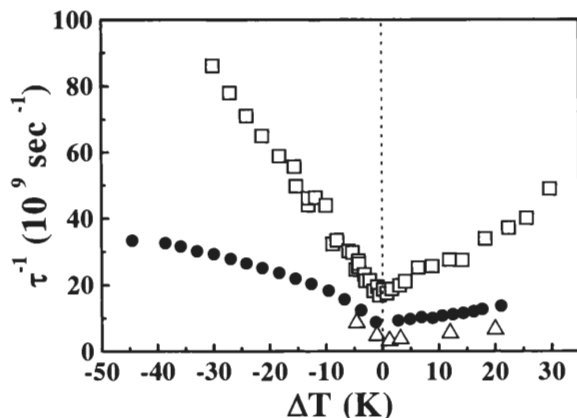


図 3. Q_F モードの緩和時間の逆数の温度依存性

(d) 表面融解相のブリルアン散乱

物質の表面が融解現象において重要な役割を担うという考えは非常に古く Faraday により 19 世紀半ばに始まり、それ以後、表面融解の視点から融解現象はこれまで多くの

研究がなされてきた。今世紀半ばに Stranski によって融点より下の温度においてすでに結晶表面の数分子層の厚みで原子配列の長距離秩序が消失する疑似液体層の概念が導入され、その存在について実験的、理論的、さらにコンピューターシミュレーションなど数多くの研究が報告されているが、いずれも間接的な確認にとどまっており、融解機構は解明されていない。

本研究は強誘電体結晶 $\text{LiH}_3(\text{SeO}_3)_2$ (略称 LTS) が示す表面融解に注目し、融点近傍でブリルアン散乱実験を行い分光学的立場から融解現象の動的機構を明らかにするために行なわれた。測定は 180° 散乱配置で行い、サンダーコック型タンデム式ファブリ・ペロー分光器を用いた。ブリルアン散乱スペクトルには固体中の音響モード (縦波音響 (LA) モードと横波音響 (TA) モード) に加え図 4 に示すような融点 (380 K) の約 25 K 下の温度領域からさらにもう 1 つの興味あるモード (前駆融解モード) がそれぞれのフォノン波数ベクトルで観測された。このモードは融点 (T_m) に向かって融解の前駆現象として顕著なソフト化を示し振動数シフトが連続的に液体相の LA モードへつながる。さらにスペクトルの偏光特性が VV であることを考慮するとこの前駆融解モードは表面融解領域における LA タイプのモードであると考えられる。

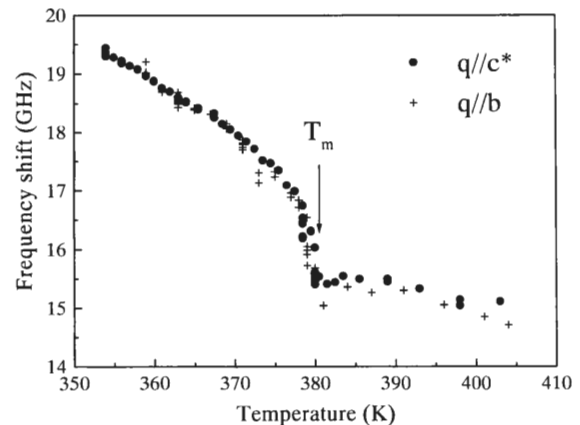


図 4. 前駆融解モードの周波数シフトの温度依存性

今後の研究の展望

現在までは結晶などの空間周期性を持つ系における相転移を、強誘電性秩序相への転移あるいは反強誘電性秩序相へ転移などの例でその動的機構を解明してきた。さらに結晶が融解して液体相に至る変化も相転移として扱い、その動的機構を光散乱を用いて解明してきた。今後はさらに研究対象とする相転移を過冷却液体・ガラス転移にも拡大し、当研究グループの特徴である実時間分解分光法をさらに発展させ高感度化とともに操作の簡便性の向上も工夫していきたい。すでに光学位相マスクとヘテロダイン検波法の組み合わせで顕著な効果があることが予備的に明らかにされている。この測定法の改良の後には、相転移物性における非線形ダイナミクスの解明が大きく進展することが期待される。

研究業績

1. 学術論文

- 1) S. Takasaka, Y. Tsujimi and T. Yagi: "Acoustic anomaly in the antiferrodistortive phase transition of KHCO_3 studied by Brillouin scattering", *Phys. Rev.*, **B56**: 10715-10718 (1997)*
- 2) A. Simon, M. Takesada, K. Weishaupt, M. Gelfand, A. Onodera and H. D. Hochheimer: "A High Pressure Brillouin Scattering Study of Ammonium Fluoroberyllate", *Solid State Commun.*, **101**: 139 (1997)*
- 3) M. Kasahara, J. Watanabe and T. Yagi: "A new pressure-induced phase of the zero-dimensional hydrogen bonded $\text{K}_3\text{D}(\text{SO}_4)_2$ studied by Raman scattering", *Ferroelectrics*, **203**: 127-132 (1997)*
- 4) M. Yamaguchi, T. Yagi, T. Azuhata, T. Sota, K. Suzuki, S. Chichibu and S. Nakamura: "Brillouin scattering study of gallium nitride: elastic stiffness constants", *J. Phys.: Condens. Matter*, **9**: 241-248 (1997)*
- 5) S. Takasaka, Y. Tsujimi and T. Yagi: "Light scattering Study of Dimer Mode Dynamics in KDClO_3 ", *Ferroelectrics*, **203**: 167-178 (1997)*
- 6) S. Yoshioka, Y. Tsujimi and T. Yagi: "The B_2 polariton mode in KDP studied by impulsive stimulated Raman scattering", *J. Phys. Soc. Jpn.*, **67**: 2178-2181 (1998)*
- 7) K. Weishaupt, M. Takesada, A. Simon, M. P. Gelfand, A. Onodera and H. D. Hochheimer: "Pressure and temperature dependence of the elastic constants of ammonium fluoroberyllate", *Phys. Rev.*, **B57**: 5693-5698 (1998)*
- 8) Y. Tsujimi, T. Matsui, H. Furuta and T. Yagi: "Physical origin of dynamical central peak in ferroelectric triglycine sulfate", *Phys. Rev.*, **B59**: 28-31 (1998)*
- 9) Y. Tsujimi, T. Matsui, H. Furuta and T. Yagi: "Anisotropic thermal relaxation dynamics in TGS studied by impulsive stimulated light scattering", *J. Phys. Soc. Jpn.*, **67**: 1509-1512 (1998)*
- 10) S. Yoshioka, Y. Tsujimi and T. Yagi: "A single exponential time decay of the ferroelectric soft B_2 mode of KDP studied by impulsive stimulated Raman scattering", *Solid State Commun.*, **106**: 577-580 (1998)*
- 11) S. Yoshioka, Y. Tsujimi and T. Yagi: "Coherent excitation of ferroelectric soft B_2 mode of KDP by impulsive stimulated Raman scattering", *J. Phys. Soc. Jpn.*, **67**: 377-380 (1998)*
- 12) Y. Yamazaki, M. Kasahara, T. Yagi and Y. Aki-

shige, "Micro-Raman scattering of reduced hexagonal barium titanate", *J. Korean Phys. Soc.*, **32**: S594-S596 (1998)*

- 13) T. Ishiwada, M. Kasahara and T. Yagi, "Dynamics of hydrogens and deuterons in $\text{K}_3\text{D}_x\text{H}_{1-x}(\text{SeO}_4)_2$ studied by Raman scattering", *J. Korean Phys. Soc.*, **32**: S562-S564 (1998)*
- 14) M. Watanabe, T. Yagi and M. Yamaguchi, "The field dependence of the doublet spectra in quantum paraelectric SrTiO_3 studied by Brillouin scattering", *J. Korean Phys. Soc.*, **32**: S556-S558 (1998)*
- 15) H. Furuta, Y. Tsujimi and T. Yagi, "Relaxation time of the molecular orientation in ammonium chloride studied by impulsive stimulated Brillouin scattering", *J. Korean Phys. Soc.*, **32**: S512-S514 (1998)
- 16) J. Watanabe, M. Kasahara and T. Yagi, "Raman scattering studies of $\text{K}_3\text{H}(\text{SO}_4)_2$ under high pressure", *J. Korean Phys. Soc.* **32**: S559-S561 (1998)

2. 総説、解説、評論等

- 1) 笠原勝、ポーカウ、八木駿郎: "ゼロ次元水素結合系のダイナミクス — $\text{K}_3\text{D}_x\text{H}_{1-x}(\text{SO}_4)_2$ のラマン散乱 —", *固体物理*, **32**: 83-88 (1997)
- 2) 笠原勝、八木駿郎: "ラマン散乱による水素結合系混晶におけるH結合とD結合の相互作用の解明", *日本結晶学会誌*, **40**: 48-51 (1998)

4. 招請講演

- 1) 八木駿郎: "時間分解法による相転移ダイナミクスの研究", 神奈川科学アカデミー (KAST) 腰原プロジェクトセミナー、川崎 (1998)
- 2) 武貞正樹: "1次相転移のミクロモデル", 神奈川科学アカデミー (KAST) 腰原プロジェクトセミナー、川崎 (1998)
- 3) 吉岡伸也: "時間分解分光法によるKDPの相転移機構", 北海道大学電子科学研究所公開シンポジウム、札幌 (1998)
- 4) 辻見裕史: "TGSの熱緩和ダイナミクス", 北海道大学電子科学研究所公開シンポジウム、札幌 (1998)
- 5) 山口雅史、八木駿郎: "ペロフスカイト系酸化物の光散乱による研究", 日本物理学会第53回年会、千葉 (1998)

5. 発表件数

	平成9年度	平成10年度
学術論文数	6 (0)	16 (0)
国際学会発表件数	15	14
国内学会発表件数	11	16
研究会等での発表件数	5	7

有機電子材料研究分野

教授 中村貴義（東大院、理博、1997.4～）
助教授 長谷川達生（東大院、工博、1997.9～）
助手 芥川智行（京大院、理博、1995.2～）
院生 安田紀彦（D3）阿部裕佳子（M2）湯本徹（M2）鈴木徹也（M1）高松信博（M1）

研究目標

有機分子を組織化し、分子間の電子軌道の重なりを制御することで、有機固体の電子状態は様々に変化する。電子の基底および励起状態を設計し、対応する分子集合体・分子組織体を構築することで、電気伝導性・強磁性・非線形光学性などの物性発現に適した電子系を、創成することが可能である。分子の持つ自己組織化能を最大限に利用して、高度な秩序構造を持つ機能性分子組織体を作製し、その光・電子機能を物性研究の対象に昇華させるとともに、分子組織体における電子的な相互作用に基づく、新奇な機能を開拓することが当研究分野の研究目的である。

分子組織化の手法として、超分子化学的な視点からのクリスタルエンジニアリング、分子マニピュレーション法としての Langmuir-Blodgett (LB) 法、自己組織化膜法等を用いている。さらに微小重力場を利用した分子組織化の検討も進めている。次世代の分子素子の実現を念頭に置いて、ナノスケールで高度に集積化された、高性能・新奇機能を持つ有機電子材料の開発を進めている。

研究成果

(a) 分子性導体の超分子化学に関する研究

ジチオレン系分子性導体、特に $\text{Ni}(\text{dmit})_2$ 錯体中にクラウンエーテルを用いて超分子カチオンを導入した。結晶内でクラウンエーテルとアルカリ金属イオンは様々な超分子構造を形成したが、中でもクラウンエーテルが1次元にスタックし、 $\text{Ni}(\text{dmit})_2$ 錯体が形成する1次元導電カラムと共存する系は、イオン伝導-電子伝導ハイブリッド系として興味深い物性を示した。また、イオンチャンネル内でカウンターカチオンは非化学量論的に存在し、その量を規制することにより、電子系のバンドフィリング制御が可能であることを見いだした。さらに、 $\text{Ni}(\text{dmit})_2$ 1価錯体中に超分子カチオンを導入することにより、 $\text{Ni}(\text{dmit})_2$ 錯体の結晶内での配列を制御することを通じて、錯体上の局在スピンの配列を規制し、反強磁性転移等の物性を示す結晶を得ることに成功した。

(b) 新しいタイプの有機超伝導体の開発研究

有機ドナー分子と有機アクセプター分子を組合わせたドナー-アクセプター型電荷移動錯体系において、初の超伝導体が得られた。超伝導は、BEDT-TSeF 分子（ドナー）と、 Cl_2TCNQ 分子（アクセプター）を二対一で組合わせた組成を持つ錯体で得られる。錯体は、常圧では低温まで金

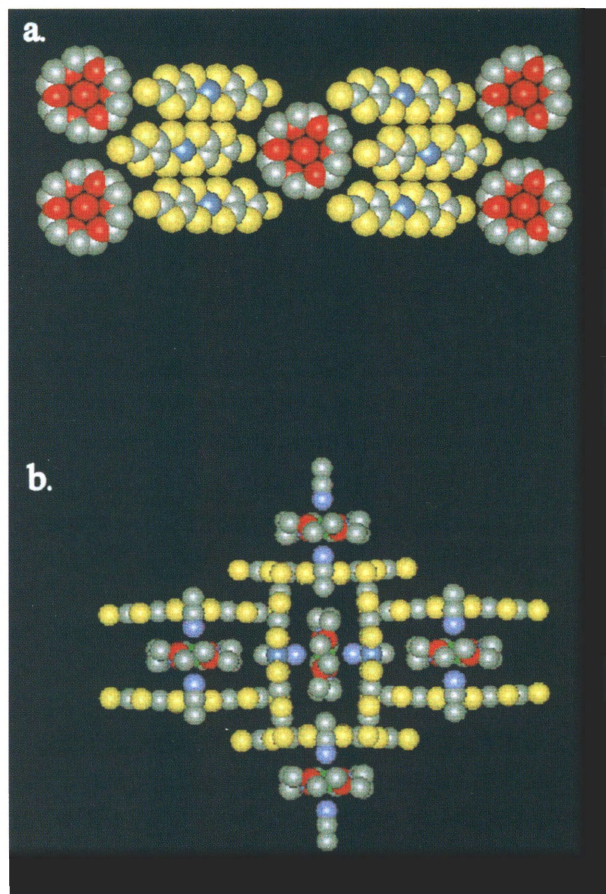


図 1. $\text{M}(\text{crown ether})[\text{Ni}(\text{dmit})_2]$ 錯体の電気及び磁気特性の制御と結晶構造の相関

- a) イオンチャンネル構造を有するイオン-電子ハイブリッド伝導体
b) $[\text{Ni}(\text{dmit})_2]$ 井桁構造を有する磁性体

属状態を保持するが、約 5 kbar の圧力下において、臨界温度 $T_c = 1 \text{ K}$ の超伝導転移を示す。

これまでに知られている有機超伝導体は、何れも、有機ドナー（アクセプター）分子と、電子を受け取って閉殻構造となる無機陰（陽）イオンを組合わせたものであった。その点、全有機系によるドナー-アクセプター型超伝導体の開発はこれが初めてであり、1) 有機分子の混合原子価性によってバンドフィリングの調整が可能、2) イオン化したラジカル分子のスピンの自由度が存在すること等、物性科学的に今後発展が期待される。

(c) 有機超薄膜の光および電子機能開拓に関する研究

LB 法により電荷移動錯体の超薄膜を形成し、その電子および光物性を明らかにした。

これまでに高い導電性あるいは金属的な導電性を有する LB 膜を開発してきたが、LB 膜化にあたり長鎖アルキル基を導入していたため、不必要な絶縁体部分が膜内に不可避免的に存在していた。そこで今回は、短鎖型の TCNQ (CF_3TCNQ) と BEDO-TTF の錯体を用い、絶縁性部分のほとんどない LB 膜の作製について検討を行った。その結果、室温で数 S/cm の導電率を持ち、200 K 付近まで金属的な電気伝導度の温度依存性を示す LB 膜を作製できた。また、

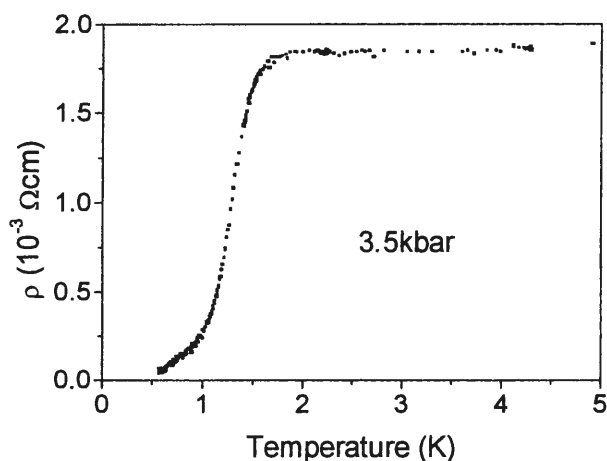


図2. ドナー-アクセプター型錯体・(BEDT-TSeF)₂(Cl₂TCNQ)の圧力下(3.5 kbar)における電気抵抗率の温度依存性

TTF-ジチオレートを配位子とする単成分電気伝導体 Au(tmdt)₂を用いたLB膜の作製を試みた。長鎖アルキルアンモニウムをカウンターカチオンとする1価の前駆体塩を用いてLB膜を作製したところ、膜形成過程で酸化反応が進行し、中性錯体の累積膜が形成されることを確認した。

電荷移動錯体の分子間電荷移動を利用して、LB膜と言う非対称場において、高い2次の非線形光学効果の発現を目指して研究を行った。電荷移動量の異なる種々の電荷移動錯体を用いてLB膜を作製し、それらの非線形光学特性を電場変調スペクトルを用いて検討し、非線形光学パラメータを見積もった。

新しい超薄膜系として、金属表面に redox 活性な有機分子の π 系が結合した自己組織化膜の作製を進めた。金属表面上の π 系は、金属中の遍歴電子とカップルすることにより、高い非線形光学特性や特異な電気伝導性を発現する可能性がある。金属表面の電位を制御することにより π 系の酸化状態を規制し、これら特異な物性を外部からコントロールすることが本研究の目的である。また、 π 系の酸化状態の規制により金属表面のフェルミレベルを制御できれば、新たな電極材料としての応用も可能であると期待している。モデル系として、金蒸着膜表面上に TTF-ジチオレートを化学結合させた自己組織化膜の形成を試みた。電気化学的にジチオレートアニオンを酸化することで、薄膜形成が可能であることを確認した。

(d) 微小重力下における材料創成に関する研究

微小重力下における無対流・無沈降などの性質を利用して、重力下では得られない新奇な構造・物性を有する有機電子材料の作製を目的として研究を行った。上砂川の地下無重力実験センターで得られる10秒間の良質な微小重力環境を用いて研究を行うため、短時間で反応が終結するピロールの酸化重合をモデル系に用い、得られる導電性ポリマーの物性・構造を重力下との重合と比較した。その結果、微小重力下では反応点へのモノマーの供給が拡散律速とな

るため、重力下よりも微小なポリマー粒子の作製が可能であることが明らかとなった。

今後の研究の展望

分子の持つ自己集積化能を利用して、種々の分子集合体を形成し、集合体中での π 電子系の重なりを制御することで様々な物性を有する光・電子材料の開発を進めてきた。これらの中には、分子集合体中にいくつかの自由度を持ち、それらの自由度が互いに結合して、分子集合体内での集団現象を引き起こすものが散見される。これらの物性発現を足がかりに、今後は分子集合体における非線形現象の開拓、さらには酸化還元などの駆動力を用いた集団現象の制御を目指して研究を進めようと考えている。最終的には、生物にみられるような自己組織化現象が、これら集団現象の制御を通じて実現することを期待している。

研究業績

1. 学術論文

- 1) Akutagawa, T., Nakamura, T., Inabe, T. and Underhill, A. E.: "A Supramolecular Cation in an Electrically Conducting Nickel-dithiolate Salt" *J. Mater. Chem.*, **7**, 183-185 (1997).
- 2) Akutagawa, T., Nakamura, T., Inabe, T. and Underhill, A. E.: "Crystal Structure and Electrical Conductivity of [NH₄⁺][18-crown-6][Ni(dmit)₂]₃" *Synthetic Metals*, **86**, 1861-1862 (1997)
- 3) Nakamura, T., Konuma, T. and Akutagawa, T.: "Langmuir-Blodgett Films of Binary Mixture of Donors and Acceptors with Long Alkyl Chains" *Synthetic Metals*, **86**, 1903-1904 (1997)
- 4) Hasegawa, T., Inukai, K., Kagoshima, S., Sugawara, T., Mochida, T., Sugiura, S., and Iwasa, Y.: "(BEDT-TTF)(F₁TCNQ) and (BEDT-TTF)(F₂TCNQ)_x(TCNQ)_{1-x}(x ca.0.5): all-organic metals down to 2K" *Chem. Commun.* 1377-1378 (1997).
- 5) Hasegawa, T., Kagoshima, S., Mochida, T., Sugiura, S., and Iwasa, Y.: "Electronic states and antiferromagnetic order in mixed-stack charge-transfer compound (BEDT-TTF)(F₂TCNQ)", *Solid State Commun.* **103**, 489-493 (1997).
- 6) Ikegami, K. and Nakamura, T.: "Preparation of Langmuir-Blodgett Films Containing a Charge-Transfer Complex of Alkylated Dicyanoquinonediimine (DCNQI) and Copper" *Jpn. J. Appl. Phys.*, **37**, L550-L552 (1998).
- 7) Akutagawa, T., Nezu, Y., Abe, Y., Nakamura, T., Yamanaka, A., Inoue, K., Inabe, T., Christensen, C. A., Becher, J.: "Linear Pentaoidide in the Radical Cation Salt of Tetrathiafulvalene Bisannulated Macrocyclic" *Inorg. Chem.*, **37**, 2330-2331 (1998).

- 8) Nakamura, T., Akutagawa, T., Honda, K., Underhill, A. E., Coomber, A. T., and Friend, R. H.: "A Molecular Metal with an Ion-Conducting Channel" *Nature*, **394**, 159-161 (1998).
- 9) Akutagawa, T., Nezu, Y., Hasegawa, T., Sugiura, K., Nakamura, T., Inabe, T., Sakata, Y. and Underhill, A. E.: "Supramolecular Cation of Acyclic Polyether: Potassium (pentaethyleneglycol) in Molecular Conductor of Nickel Dithiolate Salt" *J. Chem. Soc. Chem. Commun.*, 2599-2600 (1998).
- 10) Bondarenko, V. A., Kagoshima, S., M. Maesato, Hasegawa, T., Miura, N., and Yamaguchi, T.: "A thermopower study of the SDW state of quasi one-dimensional conductor (TMTSF)₂AsF₆" *Solid State Commun.* **107**, 477-481 (1998).
- 11) Hanasaki, N., Kagoshima, S., Hasegawa, T., Osada, T., and Miura, N.: "Contribution of small closed orbits to magnetoresistance in quasi-two-dimensional conductors" *Phys. Rev. B* **57**, 1336-1339 (1998).
- 12) Robertson, N., Roehrs, S., Akutagawa, T., Nakamura, T. and Underhill, A. E.: "Preparation and Structure of [Na.15-crown-5][Ni(mnt)₂].H₂O: the First [Ni(mnt)₂]- Complex Containing a Supramolecular Counterion" *J. Chem. Res.*, 54-55 (1999).

2. 総説、解説、評論等

- 1) 芥川智行、中村貴義：『ポリマー材料によるレーザーの実現』化学、52(6)、64-65 (1997)

3. 著書

- 1) Nakamura, T., "Electrically Conductive Langmuir-Blodgett Films" pp.727-780, H. S. Nalwa (ed.), *Handbook of Organic Conductive Molecules and Polymers vol. 1*, John Wiley & Sons., Chichester (1997).

4. 招請講演

- 1) Nakamura, T.: "Structural Control of Molecular Conductors from Supramolecular Aspect" Towards Molecular Electronics '97, Poznan Poland (1997-6)
- 2) Hasegawa, T. and Koda, T.: "Excitons in Conjugated Polymers" 13th Interdisciplinary Laser Science Conference (ILS-XIII), Long Beach, California (1997-10)
- 3) Akutagawa, T. and Nakamura, T.: "Supramolecular-Ion Structures in Ni(dmit)₂ Conducting Crystals" International Workshop on Nano-Molecular Electronics '97, Kobe (1997-12)

- 4) Nakamura, T.: "Crown Ether Based Supramolecular Cations in Conducting Ni(dmit)₂ Salts: A Possible Ion-Electron Correlated System" XVI Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry, St. Petersburg (1998-5).

5. 発表件数

	平成9年度	平成10年度
学術論文数	6 (0)	12 (0)
国際学会発表件数	8	22
国内学会発表件数	16	20
研究会等での発表件数	2	1

光材料研究分野

教授 末宗幾夫（東工大院、工博、1993.4～）

講師 田中 悟（ノースカロライナ州立大学、Ph.D.、1998.4～）

助手 植杉克弘（広大院、工博、1994.4～）

熊野英和（北大院、理修、1997.4～）

技官 星山満雄

院生 アドリアン・アブラメスク（D3）、上田章雄（D2）、俵 毅彦（D2）、星 健一（M2）、村沢 智（M2）、諸岡展樹（M2）、吉田浩章（M2）、下沢東吾（M1）

研究目標

光通信・光情報処理などを中心とした光エレクトロニクスは、現代社会のキーテクノロジーと位置づけられており、特に高密度情報記録のための半導体レーザの短波長化、端末まで光ファイバー通信を実現するために必要な高い安定性を持つ新しい光通信用長波長半導体レーザ、波長多重光通信用発光素子の多波長化・集積化、光インターコネクションのための低消費電力発光素子・光電子融合化などの高性能化が求められている。本研究分野では、独自のAFM・電子ビーム結合微細パターンニング技術、ワイドギャップ（窒化物、II-VI族）半導体、ナローギャップ（III-V-N窒化物混晶）半導体の量子構造作製技術を用いて、光と電子の相互作用の量子制御と物理現象の解明を通して、発光素子の高速化・高い発光量子効率による低消費電力化など、上記のような発光素子の高性能化を目指している。

研究成果

(a) AFM/SEM 複合ナノメートル微細加工技術の開発に関する研究

電子ビーム描画によるカーボン膜の直接パターンニングとAFMによるナノスケール陽極酸化を組み合わせた新しいナノメートル微細加工技術を開発し、直接半導体量子構造を選択成長できることを示した⁽¹⁾。

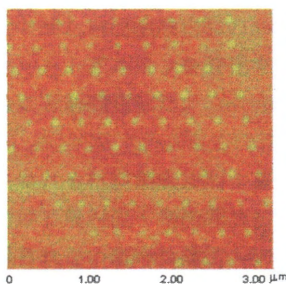


図1. 電子ビームで直接GaAs基板上に堆積したカーボン膜に、AFMナノリソグラフィで～50nmの開口アレイを作製した例。

(b) 次世代光通信用III-V-N半導体の開発・物性評価
情報量の大きい画像イメージの通信が増加するにつれ、各ユーザ端末まで光ファイバー通信化する要求が高まって

いる。しかし現在使われている光通信用長波長半導体レーザは温度安定性が悪く、より大きなバンドオフセットがとれ、レーザの漏れ電流を低減できる可能性があるIII-V-N窒化物半導体を用いて、レーザの高性能化を目指して研究を進めている。これまでにGaAs系では状態密度が大きく大きな最大光学利得が期待できること⁽²⁾、エネルギーギャップの温度依存性がGaAsより小さくなりレーザの温度安定性を向上できる可能性があることを明らかにしている。

(c) ZnSeへのクラスタードーピング法によるP型伝導度制御に関する研究

一般にワイドギャップ半導体では伝導度制御が困難になり、特にGaNのMOVPE成長、ZnSeのMBE成長でのP型伝導度制御は短波長レーザ実現のブレークスルーとなった。しかしZnSe系の選択成長が可能なMOMBE、MOVPE法では伝導度制御が確立しておらず、マイクロキャビティ、フォトリソドットのダイオード動作を目指して、P型半導体の原子レベルクラスターをZnSeにドーピングすることにより、クラスター中の価電子帯量子準位をZnSeの価電子帯に近づけ、正孔を活性化することを提案している。これまでにZnTe:Li⁽³⁾ならびにGaAs:Znにより $\sim 10^{17}\text{cm}^{-3}$ のP型伝導を確認できた。

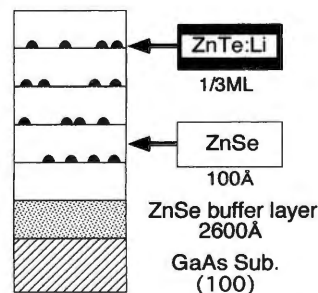


図2. ZnSe10nmごとにZnTe:Liを1/3分子層挿入すると、フォトルミネッセンスからZnTeは数分子層サイズのクラスターになっていることが示唆され、量子化によるアクセプター準位のシフトにより正孔がZnSe層に活性化される。

(d) CdSe、CdS、ZnSe自己組織化量子ドットの作製・物性評価に関する研究

これらの半導体による量子ドットが作製できれば、可視領域全般（赤～青）にわたる高い発光量子効率を持った発光ダイオードができる可能性がある。CdSe系の自己組織化ドットが作製できることを確認したが、大気中では不安定性を示すこと、一方ZnSe系では安定であることを示すとともに⁽⁴⁾、ドットサイズと発光波長のブルーシフトの明瞭な相関を明らかにし、発光起源がドットの量子準位であることを示した。

(e) アンチサーファクタントを用いたGaInドットの作製・光物性に関する研究

窒化物系の化合物半導体は、その化学的・熱的安定性や

優れた光学物性により高効率・高性能の光デバイスが実現可能である。次世代の“あかり”白色光源として、蛍光灯に紫外線の発光デバイスを応用する研究や、He-Cd レーザー、窒素レーザーあるいはエキシマレーザーといったガスレーザーを固体化（半導体レーザー）しようとする研究が始まっている。これらのデバイスを実現する手法として、発光活性層に量子ドットを用いることが有効である。しかしながら、GaN 量子ドットは通常の成長条件においては作製できない。我々は独自に開発したアンチサーファクタントを用いる手法により、この系で世界で初めて窒化物量子ドットの作製に成功した⁽⁵⁾。

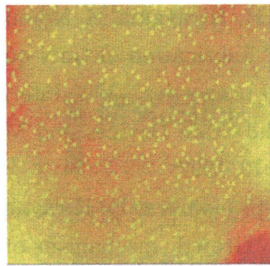


図3. AlGaIn 表面上に作製した GaN 量子ドットの AFM 像 (高さ 5 nm、幅 20 nm) 5 μm x 5 μm 。

(f) ZnSe/MgS 超格子の作製と励起子光物性の研究

ZnSe と MgS は格子不整合が比較的小さく、またエネルギーギャップ差が ~ 2.3 eV と大きいと、ZnSe/MgS 超格子は伝導帯、価電子帯ともに強い量子閉じこめが期待できる青色領域半導体である。MgS は自然には岩塩構造を取り以前には閃亜鉛鉱構造 MgS は報告されていなかったが、閃亜鉛鉱構造 ZnSe/MgS 超格子を作製することに世界で初めて成功し、その励起子特性の検討を進めている⁽⁶⁾。

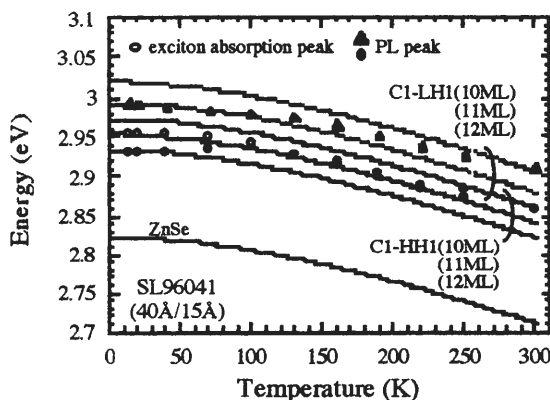


図4. ZnSe/MgS 超格子のヘテロ界面は原子レベルの平坦さを持つ。低温では ZnSe 井戸層の 1 分子層の変化による局在励起子からの発光が観測される (図の低温領域で白丸で示した吸収ピークに対して、黒丸で示した発光ピークは 1 分子層相当のレッドシフトを示す)。

(g) ZnSSe/MgSSe 系 DBR を用いたマイクロキャビティと励起子ポラリトンに関する研究

マイクロキャビティの研究はこれまで主に III-V 族化

合物半導体で進められてきたが、ワイドギャップ半導体ではその基礎となる励起子の束縛エネルギーが大きく、これまで困難であった室温での動作が期待されている。その構造作製、励起子ポラリトンの特性評価の研究を進めている。現在、ZnSe/ZnS、ZnSe/ZnMgS DBR を作製し、理論計算に近い 90%以上の反射率を持つ DBR が作製できている⁽⁷⁾。

(h) フォトニックドットによる自然放出寿命・コヒーレンスの制御に関する研究

自然には物質本来の発光寿命は決まった値を持つが、光波長サイズの微小光共振器（フォトニックドット）により光場を量子化することができれば、自然放出寿命を速くしたり遅くしたりと自由に制御できるようになる。これを用いると高速かつコヒーレントな発光ダイオードが実現できる可能性があり、これを実現するためのフォトニックドットの研究を進めている。これまでに MOMBE 選択成長で作製した ZnS フォトニックドットアレイにおいて、光モードによる共鳴吸収ピークが観測され、共振 Q 値としては 160 $\sim$ 330 と比較的大きな値が得られている⁽⁸⁾。

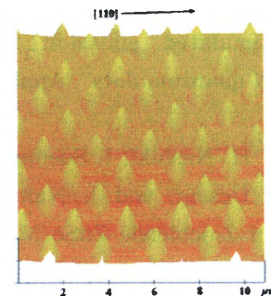


図6. MOMBE 選択成長で作製した ZnS フォトニックドットアレイ

今後の研究の展望

これまでの研究により AFM/SEM リソグラフィによって微細な選択成長マスクの作製とこれを使った量子ドット構造、フォトニックドット構造の作製ができるようになった。またフォトニックドットでの光共振モードも確認できた。今後マイクロキャビティやフォトニックドットに量子ドットを挿入してフォトンと励起子の相互作用の量子制御に関する研究を進め、伝導度制御の成果も生かして、高性能発光素子の実現を目指していく。またフォトニックドットの動作を理論的なシミュレーションでも明らかにするとともに、ピコ秒時間分解分光測定によって、自然放出寿命の制御・評価を行っていく。このような研究をまず低温成長しやすく、光素子、電子素子の融合化をもっとも進めやすい、また可視域をカバーする II-VI 族半導体を中心として展開し、これを新しい光通信用長波長窒化物半導体、紫外域窒化物半導体へと展開していきたいと考えている。

研究業績

1. 学術論文

1) A. Avramescu, A. Ueta, K. Uesugi, and I.

Suemune: "Atomic Force Microscope Lithography on Carbonaceous Films Deposited by Electron-beam Irradiation" Appl. Phys. Lett. Vol.72, No.6 (1998) pp.716-718.

- 2) K. Uesugi and I. Suemune: "Bandgap Energy of GaNAs Alloys on (001) GaAs by Metalorganic Molecular Beam Epitaxy" Jpn J. Appl. Phys. Lett. Vol.36, No.12A (1997) pp.L1572-L1575.
- 3) J. Hirose, K. Uesugi, M. Hoshiyama, T. Numai, I. Suemune, H. Machida, and N. Shimoyama: "p-Type Conductivity Control of ZnSe with Insertion of ZnTe: Li Submonolayers in Metalorganic Molecular-Beam Epitaxy" J. Appl. Phys. Vol.84, No.11 (1998) pp.6100-6104.
- 4) I. Suemune, T. Tawara, T. Saitoh, and K. Uesugi: "Stability of CdSe and ZnSe Dots Self-organized on Semiconductor Surfaces" Appl. Phys. Lett. Vol.71, No.26 (1997) pp.3886-3888.
- 5) S. Tanaka, H. Hirayama, S. Nomura, Y. Aoyagi, Y. Narukawa, Y. Kawakami, Sz. Fujita, and Sg. Fujita, "Stimulated emission from optically pumped GaN quantum dots", Appl. Phys. Lett. 71, 1299 (1997).
- 6) H. Kumano, H. Nashiki, I. Suemune, M. Arita, T. Obinata, K. Uesugi, and J. Nakahara: "Excitonic Properties of Zincblende ZnSe/MgS Superlattices by Reflectance Spectroscopy" Phys. Rev. B Vol.55, No.7 (1997) pp.4449-4455.
- 7) T. Tawara, M. Arita, K. Uesugi, and I. Suemune: "MOVPE Growth of ZnSe/ZnS Distributed Bragg Reflectors on GaAs (100) and (311)B Substrates" J. Cryst. Growth Vol.184/185 (1998) pp.777-782.
- 8) I. Suemune, A. Ueta, A. Avramescu, S. Tanaka, H. Kumano, and K. Uesugi: "Semiconductor Optical Dots: Visible-Wavelength-Sized Optical Resonators" Appl. Phys. Lett. Vol.74, No.14 (1999) pp.1963-1965.

2. 総説、解説、評論等

- 1) 田中悟、青柳克信、"GaN 系半導体の自己形成量子ドット"、応用物理 67 巻、第 7 号、828 (1998)。

3. 著書

- 1) I. Suemune: "Properties of Widegap II-VI Semiconductors" Edited by Ramesh Bhargava, IEE EMIS Datareview Series No.17, January 1997 (分担執筆) 12.2 Optically Pumped II-VI Lasers
- 2) 末宗幾夫: 応用物理学会編「応用物理用語大事典」オーム社、1998 年 1 月 (分担執筆)

4. 招請講演

- 1) I. Suemune, M. Arita, K. Uesugi and A. Avramescu: "Self-organization of CdSe Quantum Dots on (100) ZnSe/GaAs Surfaces with MOMBE" 1997 39th Electronic Material Conference (Colorado State University, Fort Collins, Colorado, June 25-27, 1997) V1.
- 2) S. Tanaka, H. Hirayama, S. Nomura, S. Iwai, and Y. Aoyagi, "GaN quantum dots - growth mechanisms, application to laser diode, and mesoscopic physics", 1997 MRS Spring Meeting Symposium D Gallium Nitride and Related Materials, San Francisco, U.S.A., Apr.1-4, 1997.
- 3) S. Tanaka, H. Hirayama, S. Nomura, S. Iwai, and Y. Aoyagi, "Fabrication of GaN quantum dots and their optical properties", 1997 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM '97), Sep.16-19, 1997.
- 4) S. Tanaka, S. Nomura, H. Hirayama, S. Iwai, and Y. Aoyagi, "Growth mechanism of GaN quantum dots on Si-AlGaIn surfaces and their optical properties", The 4th International Union of MRS (IUMRS) International Conference in Asia, Chiba, Japan, Sep.16-18, 1997.
- 5) 田中悟、平山秀樹、野村晋太郎、岩井荘八、青柳克信: 「III-V 属窒化物半導体の量子構造形成技術の現状」日本学術振興会短波長光デバイス第 162 委員会 1997 年 7 月 3 日。
- 6) S. Tanaka, P. Ramvall, P. Riblet, S. Nomura, Y. Aoyagi, K. Hoshi, and I. Suemune: "Growth and Characterization of GaN Quantum Dots on Closely Lattice-Matched AlGaIn Surfaces" MRS Fall Meeting Symposium G, GaN and related alloys (November 30-December 4, 1998, Boston).
- 7) 田中悟、青柳克信: 「アンチサーファクタントを用いた GaN 量子ドットの形成機構」第 59 回応用物理学会シンポジウム「ヘテロ界面における欠陥制御」1998 年 9 月 15-18 日。
- 8) 植杉克弘、末宗幾夫: 「MOMBE によるナロウギャップ GaNAs 系混晶の成長と物性」1999 年春季応用物理学会シンポジウム「III-V-N 窒化物混晶の新展開」、1999 年 3 月 28-31 日。

5. 発表件数

	平成 9 年度	平成10年度
学術論文数	20 (1)	17 (1)
国際学会発表件数	14	15
国内学会発表件数	15	17
研究会等での発表件数	5	5

電子機能素子部門

研究目的

物質や生物が有する階層的な構造性と各階層に特徴的な機能発現の解明に基づいて、電子科学を支える機能素子の設計と開発に関わる基礎的研究を行うことを目的としている。



量子機能素子研究分野

教授 井上久遠（東大院、工博、1984.8～）
助教授 迫田和彰（東大院、工博、1994.10～）
助手 山中明生（北大院、理博、1985.4～1999.3）
川俣 純（北大院、理博、1993.4～）
院生 栗林亮介（D3）、笹田道秀（D2）、河合紀子（D1）、片岡満史（M2）、城間ひとみ（M2）、儀部朋子（M2）、高橋宏通（M1）

研究目標

次世代に期待されている、より高度な情報化社会を築くには、電子に加えて光の果たす役割がますます重要となる。オプトエレクトロニクスの分野においても新しい光・電子機能材料、および素子の開発の社会ニーズは高い。これに対応するためには、新しい概念の導入による創造的な基盤研究が不可欠である。当研究分野では、このような立場から、輻射場の制御、制御された輻射場と物質との相互作用、並びに量子閉じ込め電子系などの新しい凝縮系の量子効果の解明を中心とした基礎研究を進めている。

研究成果

(a) 半導体量子閉じ込め系の基礎研究

ガラス中に希薄に埋め込んだ、半径が2.0～6.0 nmの球状の半導体量子ドットの量子閉じ込め電子状態、光学フォノン、並びに励起子-格子相互作用を、独自に開発した2光子共鳴分光法、等を駆使して解明する研究を行っている。その結果、(1) CdS ドット（強い閉じ込め系）の第4電子励起状態までの固有状態、(2) CuBr ドット（弱い閉じ込め系）で励起子が光学フォノンと強く結合している事実、並びに相互作用のドットサイズ依存性、(3) CuCl ドットでの位相緩和時間 T_2 が低温で孤立原子系の場合のように非常に長く、またエネルギー緩和時間 T_1 できまっている事実などを明らかにした。なお、上記の実験事実と関連して、2光子吸収の選択則、励起子-フォノンの相互作用のサイズ依存性の理論的導出も行なった。

(b) フォトニック結晶と輻射場の制御の基盤研究

誘電率が周期的に大きく変化する2次元、3次元フォトニック結晶の基礎研究を、輻射場の制御の観点から推進している。

(1) 配列した鉛ガラスファイバーから格子定数が1 μm 程度の2次元エアロッド格子を世界で初めて作製し、H偏光に関して2次元面内の全方向でフォトニックバンドギャップが開く事実、並びに、バンド特性を反映して0次から3次までのブラッグ反射の相対強度が顕著な波長依存性を示すこと、などを見出した。次に、格子中に導入した僅かな色素分子の自然放光強度がギャップに対応するエネルギー域で減少する事実を明らかにした。

(2) 色素溶液を導入した上記格子を光励起することによ

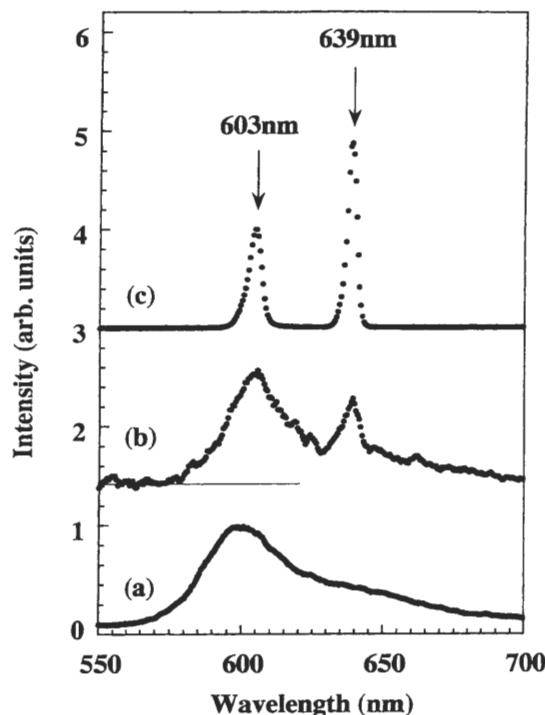


図1. 2次元エアロッド格子からのレーザー発振

り、外部共振器を用いずに二次元面内で新しいタイプのレーザー作用を観測し、この現象が特定のバンドの群速度が小さいために増幅度が大きくなるためであることを明らかにした。

(3) 高分子、ゲルマニウム、シリコンなどを材料に用いてサブミリメートルの格子定数の2次元、3次元結晶を作製し、その基礎特性を明らかにし、光の領域での試料作製のための重要知見を得た。

(4) 群論による固有モードの対称性の分類

フォトニック結晶の光学応答では、固有モードの空間対称性がしばしば重要な役割を果たす。そこで、2次元および3次元フォトニック結晶の固有モードを群論を用いて分類した。2次元結晶では電磁場がスカラー場と見なせるので、結晶中の電子の場合と同様である。3次元結晶では、自由度2のベクトル場であるが、この場合も基底の取り方に注意を払うことで群論が適用できることを示した。さらに、この方法による対称性の分類から、入射平面波では励起できない非結合モード（不活性モード）が同定できた。

(5) 透過およびブラッグ反射スペクトル

平面波展開法を用いて、2次元フォトニック結晶の透過およびブラッグ反射スペクトルの計算法を考案した。この方法を2次元正方および3角格子に適用して、・バンドギャップおよび非結合モード（不活性モード）による低透過率領域の理論予測、・透過スペクトルに現れる非周期的かつ先鋭な干渉パターンの起源の解明、・ブラッグ反射スペクトルの周波数依存性の理論予測、および、・固有モードの群速度と干渉パターンの関係の解明、を行なった。

(6) 局在モードの数値解析

誘電率の周期構造に乱れを導入したフォトニック結晶で

は、ギャップ内局在モードが生成する場合がある。ギャップ内モードは輻射場の局在現象という純理学的な観点のみならず、狭帯域光学フィルターや単一モード発光ダイオード等への応用の観点からも重要である。そこで、マックスウェル方程式を差分近似して数値的に解くことにより、誘電率の乱れの近くに置かれた振動双極子からの輻射場を求め、これを以前の研究で得られた光学応答の一般解と比較して、局在モードの固有周波数と固有関数が算出できることを示した。この方法を・2次元正方格子中の点欠陥、・2次元三角格子中の点欠陥、および、・2次元正方格子中の線状欠陥に適用して、実験値と極めてよい一致を得た。さらに、この方法が規則格子のバンド計算へ拡張できることを示し、従来の方法では難しかった誘電率が周波数依存性をもつ場合のバンド計算が高精度で可能になった。

(c) 新しい光記録素子開発のための非晶質中の電子・格子相互作用の研究

光化学ホールバーニング (PHB) は波長次元での多重記録を可能とするので、将来の高密度光記録方式として期待されている。PHB 素子の性能は電子・格子相互作用による光学的位相緩和に強く依存する。そこで、代表的な PHB 材料であるポルフィリンについて位相緩和時間の温度変化を調べて、以下の結論を得た。①10 K 付近を境にして主たる緩和機構が変化する、②低温領域では非晶質に特有の2準位系のフォノン誘起トンネリングが、③高温領域では低周波フォノンによるラマン過程が、それぞれ支配的である。

(d) 新しい光機能性有機結晶の開発に関する研究

(1) 非線形光学素子のための新しい有機材料の開発

有機物による新しい二次非線形光学結晶開発を目指し、独自に編み出した分子設計指針に基づいて種々の化合物を設計・合成の上、調査した。その結果、KTP などの無機材料による二次非線形光学結晶よりも大きな非線形光学定数をもつのみならず、角度トレランスが大きいなど、応用上の観点からも極めて優れた特性をもつ MBCP や MBCH 等の新規な有機非線形光学結晶を開発した。

(2) 有機結晶中の分子配列と C-H...O 水素結合の研究

結晶構造制御技術の一手法として C-H...O 水素結合に着目し、C-H...O 水素結合を形成しうる官能基をもつ有機物の結晶構造を、X 線結晶構造解析を駆使して系統的に調査した。その結果、共役ケトンにおいては、分子配列を決める因子として C-H...O 水素結合が大きな役割を果たしていることを明らかにした。

(e) 遷移金属酸化物の構造相転移に関する研究

新しいコヒーレントな低温凝固相 (Muller 相) の可能性を念頭において、SrTiO₃ の量子常誘電相の光学フォノンを高分解能ハイパーラマン分光と非弾性中性子散乱法を用いて詳細に研究した。単分域化した試料を用いて、(1)横波音響モードの低温異常が極性光学ソフトフォノンとの結合

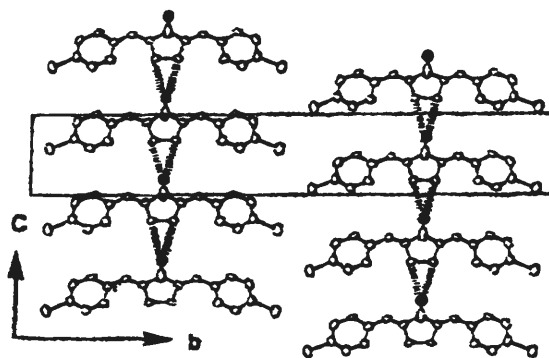


図2. 共役ケトン (BrBCP) のX線結晶構造解析に基づくバックリングの模様と分子間 C-H...O 水素結合 (刻線)

により生じている事実、並びに(2)強誘電性前兆現象の主な起源が量子効果 (零点振動) のみによるものでなく、立方晶-正方晶相転移による上記のフォノンの影響にも大きく依存している事実などを明らかにした。なお、上記の Muller 相に関しても、いくつかの新しい異常を見出している。

(f) ラマン散乱分光による高温超伝導体の研究

代表的な高温超伝導体 YBa₂Cu₃O_{7-d} の光学格子振動モードを詳しく調べた。その結果、(1)超伝導状態と強く結合するバックリングモードの応答が ab 面内で著しい異方性を示す事実を明らかにし、超伝導状態が単純な d 波状態ではなく、S 波の寄与があること、(2)共鳴ラマン効果によるラマン不活性モードの初めての観測などからフォノン-スピン結合に関して再検討が必要なこと、(3)特定フォノンのラマン信号強度がレーザー光照射により著しい時間変化を示し、Cu-O 鎖上の酸素の秩序化と相関をもつ事実などを明らかにした。

今後の研究の展望

○光の領域のフォトニック結晶を開発すると共に、輻射場の制御並びにユニークな光の伝播特性、等に関する基礎研究の一層の展開を図り、新しい光エレクトロニクスの基盤とする。

○これまでの成果を踏まえて半導体量子ドットの量子閉じ込め電子、フォノン等の一層の解明研究を行ない、新しい素子としての可能性を追求する。

○粉末結晶のための新しい非線形光学定数評価方法の開拓研究を進める。

○電荷移動錯体や金属錯体における、電荷移動相互作用に起因する非線形光学挙動を解明する。

研究業績

1. 学術論文

- 1) M. Wada, Y. Doi, K. Inoue, Z. Yuan, and J. W. Haus, "Far-infrared transmittance and band structure correspondence in two-dimensional air-rod photonic crystals", *Phys. Rev. B*, 55 (1997) 10443-10451.

- 2) A. V. Baranov, Y. Masumoto, K. Inoue, A. V. Fedorov, and A. A. Onushchenko, "Size-selective two-photon spectroscopy of CuCl spherical quantum dots", *Phys. Rev. B*, 55 (1997) 15675-15680.
 - 3) R. Kuribayashi, K. Inoue, K. Sakoda, V. A. Tsekhomskii, and A. V. Baranov, "Observation of long phase-relaxation time in CuCl quantum dots: Four-wave-mixing signals analogous to dye-molecules in polymer", *Phys. Rev. B*, 57 (1998) R15084-R15087.
 - 4) T. Kuroda, F. Minami, K. Inoue, and A. V. Baranov, "Accumulated photon echo in semiconductor microcrystallite quantum dots", *Phys. Rev. B*, 57 (1998) R2077-R2080.
 - 5) B. Hehlen, L. Arzel, A. K. Tagantsev, E. Courtens, Y. Inaba, A. Yamanaka, and K. Inoue, "Brillouin-scattering observation of the TA-TO coupling in SrTiO₃", *Phys. Rev. B*, 57 (1998) R13989-R13992.
 - 6) K. Inoue, M. Sasada, J. Kawamata, K. Sakoda, and J. W. Haus, "Laser action characteristic of a two-dimensional photonic lattice", *1998 OSA Technical Digest Series*, 7 (1998) 47-48.
 - 7) K. Sakoda, "Group-theoretical classification of eigenmodes in three-dimensional photonic lattices", *Phys. Rev. B*, 55 (1997) 15345-15348.
 - 8) K. Sakoda, "Numerical analysis of the interference patterns in the optical transmission spectra of a square photonic lattice", *J. Opt. Soc. Am.* B14 (1997) 1961-1966.
 - 9) K. Sakoda and H. Shiroma, "Numerical method for localized defect modes in photonic lattices", *Phys. Rev. B*, 56 (1997) 4830-4835.
 - 10) K. Sakoda, T. Ueta, and K. Ohtaka, "Numerical analysis of eigenmodes localized at line defects in photonic lattices", *Phys. Rev. B*, 56 (1997) 14905-14908.
 - 11) K. Sakoda and J. Kawamata, "Novel approach to photonic bands with frequency-dependent dielectric constants", *Opt. Express*, 3 (1998) 12-18.
 - 12) K. Sakoda, "Numerical study on localized defect modes in two-dimensional triangular photonic crystals", *J. Appl. Phys.*, 84 (1998) 1210-1214.
 - 13) A. Yamanaka and K. Inoue, "Anomalous behavior of the polar soft phonon of hexagonal BaTiO₃ at low temperature and its relation to static dielectric constant", *J. Phys. Soc. Jpn.* 66 (1997) 3277-3282.
 - 14) M. F. Limonov, A. I. Rykov, S. Tajima and A. Yamanaka, "Raman scattering study on fully oxygenated YBa₂Cu₃O₇ single crystals: x-y anisotropy in the superconductivity-induced effect", *Phys. Rev. Lett.*, 80 (1998) 825-828.
 - 15) A. G. Panfilov, M. F. Limonov, A. I. Rykov, S. Tajima and A. Yamanaka, "Superconductivity-induced effect on Raman-forbidden mode in underdoped YBa₂Cu₃O_{7-x} single crystals", *Phys. Rev. B*, 57 (1998) R5634-R5637.
 - 16) A. G. Panfilov, A. I. Rykov, S. Tajima and A. Yamanaka, "Photoinduced oxygen reordering in YBa₂Cu₃O_{7-x} single crystals", *Phys. Rev. B*, 58 (1998) 12459-12466.
 - 17) J. Kawamata, T. Inabe, and K. Inoue, "Molecular and crystal structures of novel second-order nonlinear optical crystals; bis (benzylidene) cycloalkanones", *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 71 (1998) 2777-2786.
2. 総説、解説、評論等
- 1) 井上久遠、"10年の歴史をもつフォトニック結晶"、日経エレクトロニクス、No.720、11月号(1998) 62-63.
 - 2) 迫田和彰、"微細構造中の光波解析理論—フォトニック結晶を中心にして—"、光学、27 (1998) 2-5.
 - 3) 山中明生、"ペロブスカイト型強誘電体の巨大 TO-LO 分離"、固体物理、33 (1998) 701-709.
3. 著書
- 1) K. Sakoda, "Photonic crystals", in *Optical Properties of Low-Dimensional Materials 2*, ed. T. Ogawa and Y. Kanemitsu, World Scientific, Singapore (1998) 402-450.
4. 招請講演
- 1) K. Inoue, "Optical Properties of 2D Photonic Crystals", CLEO/Pacific Rim '97 (幕張メッセ) 1997 年 7 月 15 日.
 - 2) 井上久遠、"フォトニック結晶の基礎と応用"、電子情報通信学会ソサイエティ大会 (甲府) 1998 年 9 月 30 日.
 - 3) 迫田和彰、"フォトニック結晶中の光波解析"、ニューガラスフォーラム (日本ガラス工業センター) 1997 年 11 月 14 日.
 - 4) 山中明生、"ペロブスカイト型強誘電体の TO-LO 分離"、日本物理学会第 53 回年会 (東邦大学) 1998 年 3 月 31 日.
5. 発表件数
- | | 平成 9 年度 | 平成10年度 |
|------------|---------|--------|
| 学術論文数 | 16 (0) | 24 (0) |
| 国際学会発表件数 | 8 | 13 |
| 国内学会発表件数 | 21 | 17 |
| 研究会等での発表件数 | 4 | 4 |

分子認識素子研究分野

教授 下村政嗣（九州大院、工博、1993.2～）
助教授 居城邦治（東工大院、工博、1998.4～）
助手 オラフ・カートハウス（ヨハネスグーテンベルグ大学、Ph.D.、1994.1～）
助手 西川雄大（京大院、工博、1996.4～）
講師 澤田石哲郎（北大院、地球環境博、1996.4～）
（研究機関研究員）
院生 西田 仁（D3）、松本 仁（D2）、角南 寛（D1）、西川和孝（D1）、丸山則彦（D1）、森末光彦（D1）、小糸健夫（M2）、深澤 忠（M2）、新井景子（M1）、大倉隆介（M1）

研究目標

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的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、分子の階層的な組織化を計ろうとしている。この研究によって、分子組織科学を確立するとともに、センサーや光エネルギー変換材料などの新規な分子素子の開発を目指している。

研究成果

(a) DNA および DNA-mimetics の組織化と光機能化に関する研究

DNA は、相補的な水素結合によって形成された塩基対が一次元にスタックした特異な二重螺旋構造を有し、また重合度、モノマーシーケンスが厳密に制御された高分子である。最近、DNA の塩基対スタッキングを介した長距離にわたる光誘起電子移動が話題になっている。本研究分野では、分子組織化の制御が容易な気液界面における核酸塩基間の特異な水素結合を利用することで、非局在化した π 電子系を作製する。さらには、DNA の有する制御された重合度・シーケンスを鋳型として会合数・配列が完全に制御された一次元 π 電子系を構築することで、非局在化した π 電子系に特徴的な光機能の発現をめざしている。これまでの研究において、核酸塩基を有する両親媒性化合物が気液界面において単分子膜を形成すること、界面における特異的な水素結合を用いることで、DNA 中で形成されるような Watson-Crick 型の塩基対ならびに Hoogsteen 型の塩基三量体が形成され、さらにそれらがスタッキングしていることを見出した。(1.5)

(a) 散逸構造を利用した高分子メゾスコピックパターンの形成と機能化に関する研究

本研究の目的は、希薄溶液から高分子を固定基板上にキャストする過程で生じる、非平衡熱力学に支配された散逸構造の形成を制御することで、サブマイクロメートルサイズの規則的な高分子パターンを作製し、リソグラフィーフリーの新しいマイクロ加工技術の開発を行うことにある。我々の身の回りには、散逸構造と呼ばれる非平衡熱力学に支配された動的なパターン形成が知られている。散逸構造によるパターン形成は複雑な現象ではあるものの、一般的な物理現象であるが故に、分子構造に依存することなく多様な高分子材料系に適用することが可能である。これまでの研究において分子の希薄溶液をキャストすることで、ナノメートルサイズからミクロンにいたる領域において、規則的に配列したドット構造やストライプ構造、ハニカム構造などが形成されることを見出した。さらに、キャストプロセスのその場観察によって、これらのパターンが、溶媒蒸発時に形成される散逸構造が基板上に固定化される過程で高分子の dewetting 現象がカップリングすることによって形成されることを明らかにした(図1)(4.6.7)。さらに、DNA やデンドリマーなどの種々の高分子からもパターンが形成されることを見出し、パターンが高分子の化学構造によらない一般的な現象であることを示し(2.10)、パターン化を特徴とする新たなフォトニクス・エレクトロニクス材料、バイオマテリアルの開発を行っている(8)。

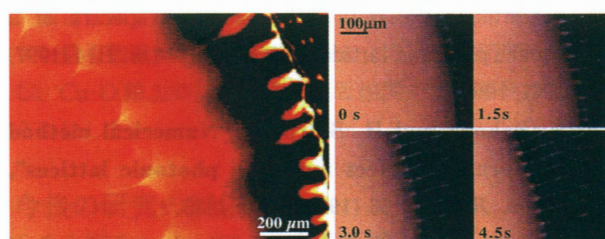


図1. 高分子のキャストプロセスで形成されるベナールセル(a)と三相界面でのフィンガリング不安定化とストライプ構造形成(b)

今後の研究の展望

本研究の最終的な目標は、分子あるいは分子集合体の自己組織化過程を制御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物質の組織化を行い、組織化によって発現される新しい機能を見出すことにある。そのためには、個々の分子を配列し検出する技術が不可欠である。すでに平成9年～10年度科学研究費基盤研究A「単一分子DNAの配向固定化技術とその高感度検出法の開発」において、気液界面単分子膜の技法や散逸構造を利用したパターン形成技術を用いることで単一DNA分子の固定化が可能で、DNA 中で一次元にスタッキングした π 電子系を特徴とする光化学特性(9)を利用した単一分子検出の可能性を見出している。今後は、単一DNA分子の高速センシングや、DNA・DNA-mimetics

を用いた新しい分子フォトニクス材料の開発を目指す。

近年、散逸構造などの非平衡現象への数理・物理的な取り組みが盛んになされているが、材料科学とりわけ高分子材料のマイクロ加工に非平衡性を適用しようとする試みはない。時間発展に従って空間的秩序が形成されるような非平衡現象を制御することにより、高分子のメゾスコピックパターンを自己組織化的に形成し、さらにはパターンに特徴的な機能を探ることで、「時空間」性を特徴とする新たな高分子材料の開発を目指す。

研究業績

1. 学術論文

- 1) Shimomura, M., Nakamura, F., Ijio, K., Taket-suna, H., Tanaka, M., Nakamura, H., Hasebe, K.: **“Two-dimensional DNA-Mimetic Molecular Organization at the Air-Water Interface”**, *J. Am. Chem. Soc.*, **119**, 2341-2342 (1997)*
- 2) Shimomura, M., Karthaus, O., Maruyama, N., Ijio, K., Sawadaishi, T., Tokura, S., Nishi, N.: **“Mesoscopic Patterns of DNA-Amphiphile Complexes”**, *Rep. Prog. Polym. Phys. Jpn.*, **40**, 523-524 (1997)*
- 3) Karthaus, O., Hioki, M., Shimomura, M.: **“Photochemistry in Stilbene-containing Monolayers. Part II: Effect of Cation Binding on Photoisomerization”**, *Colloids and Surfaces*, **126**, 181-188 (1997).*
- 4) Maruyama, N., Koito, T., Sawadaishi, T., Karthaus, O., Ijio, K., Nishi, N., Tokura, S., Nishimura, S., Shimomura, M.: **“Mesoscopic Pattern Formation of Nanostructured Polymer Assemblies”** *Supramol. Sci.*, **5**, 331-336 (1998)*
- 5) Nakamura, F., Ijio, K., Shimomura, M.: **“Construction of Two-dimensional DNA-mimetics. Supramolecular Architecture with Highly Stacked Base-Pairs of Amphiphilic Adenine and Thymine at the Air-Water Interface”**, *Thin Solid Films*, **327-329**, 603-606 (1998)*
- 6) Maruyama, N., Koito, T., Nishida, J., Nishimura, S., Cieren, X., Karthaus, O., Shimomura, M.: **“Mesoscopic Patterns of Molecular Aggregates on Solid Substrates.”**, *Thin Solid Films*, **327-329**, 854-856 (1998).*
- 7) Karthaus, O., Grasjo, L., Maruyama, N., Shimomura, M.: **“Formation of Ordered Mesoscopic Patterns in Polymer Cast Films by Dewetting.”**, *Thin Solid Films*, **327-329**, 829-832 (1998).*
- 8) Shimomura, M., Koito, T., Maruyama, N., Arai, K., Nishida, J., Grasjo, L., Karthaus, O.: **“Photonic and Electronic Application of Mesoscopic Polymer Assemblies.”**, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **322**, 305-312 (1998).*

- 9) Okahata, Y., Kobayashi, T., Tanaka, K., Shimomura, M.: **“Anisotropic Electric Conductivity in an Aligned DNA Cast Film.”**, *J. Am. Chem. Soc.*, **120**, 6165-6166 (1998).*
- 10) Hellmann, J., Hamana, M., Karthaus, O., Ijio, K., Shimomura, M., Irie, M.: **“Aggregation of Dendrimers with a Photochromic Dithienylethene Core Group on the Mica Surface-Atomic Force Microscopic Imaging.”**, *Jap. J. Appl. Phys.*, **37**, L816-L819 (1998).*
- 11) Marchi-Artzner, V., Artzner, F., Karthaus, O., Shimomura, M., Ariga, K., Kunitake, T., Lehn, J-M.: **“Molecular Recognition between 2, 4, 6-Triaminopyrimidine Lipid Monolayers and Complementary Barbituric Molecules at the Air/Water Interface: Effects of Hydrophilic Spacer, Ionic Strength, and pH.”**, *Langmuir*, **14**, 5164-5171 (1998).*

2. 総説、解説、評論等

- 1) 下村政嗣、居城邦治：「DNA の二次元配列と光機能化」 *高分子*, **46**, 334 (1997)
- 2) 下村政嗣：「研究室へようこそ」 *化学*, **52**, No.4, 37 (1997)

4. 招請講演

- 1) M. Shimomura, M.: **“Molecular Architecture and Function of Inorganic Self-Assembled Multilayers”** The 59th Okazaki Conference, Okazaki, August 7, (1997).
- 2) Shimomura, M.: **“Mesoscopic Patterning of Nanostructured Polyion Complexes by Freezing of Dissipative Structure”** The Eighth International Conference on Organized Molecular Films, Asilomar, August 24-29, (1997).
- 3) Shimomura, M.: **“Mesoscopic Pattern Formation of Nanostructured Polymer Assemblies.”** The 11th Toyota Conference, Shizuoka, November 5-8, (1997).
- 4) Shimomura, M.: **“Photonic and Electronic Applications of Mesoscopic Polymer Assemblies”** 3rd Japan-France Joint Forum on Organic Materials for Electronics and Photonics, Tsukuba, April 6, (1998).
- 5) Shimomura, M.: **“Mesoscopic Ordering of Nanostructured Polymer Assemblies”** International Forum on New Frontiers in Functional Organic Nanomaterials, Munich, June 24, (1998).
- 6) Shimomura, M.: **“Hierarchically Structured Polymer Assemblies as Organic Photonics Materials”** Korean-Japan Joint Forum '98 Organic Materials for Electronics and Photonics, Sapporo, June 30,

- (1998).
- 7) Shimomura, M.: “Hierarchical Structuring and Mesoscopic Patterning of Polymer Assemblies Based on Self-organization” Xiangshan Science Conference on Supramolecular Systems, Beijing, October 16, (1998).
 - 8) Shimomura, M., Ikeda, T., Fukazawa, T., Hasaebe, K., and Ijio, K.: “Can DNA Enhance Photoinduced Electron Transfer from Acridine Monolayer to ITO Electrode?” The 2nd Asian Symposium on Organized Molecular Films for Electronics and Photonics, Beijing, November 1, (1998).
 - 9) Shimomura, M.: “Immobilized DNA as Molecular Photonics Devices. Photoinduced Electron Transfer in DNA Assemblies,” NAIST International Symposium on Nano- and Biotechnology for Future Devices, Nara, November 25, (1998).
 - 10) Shimomura, M.: “Preparation of Two-dimensional DNA-mimetics for Molecular Photonics,” 1st RIKEN Conference on Molecular Design, Hayama, December 7, (1998).
 - 11) 下村政嗣；「超分子の組織化と機能」第 47 回高分子討論会、名古屋（1998）

5. 発表件数

	平成 9 年度	平成10年度
学術論文数	9 (0)	31 (0)
国際学会発表件数	7	2
国内学会発表件数	35	24
研究会等での発表件数	3	3

超分子分光研究分野

教授 田村 守（北大院、理博、1988.12～）

助教授 金城政孝（自治医大、医博、1997.4～）

助手 西村吾朗（阪大院、理博、1989.7～）

野村保友（北大院、理博、1991.4～）

リサーチ・アソシエイト 星 詳子

技官 大沼英雄

院生 弓野邦夫（D3）、吉田直人（D3）、中山憲司（D3）、白 燦基（D3）、郡 俊志（D3）、鈴木知晴（D3）、佐藤知絵（D2）、高澤 啓（D2）、藤井文彦（D2）、南ゆかり（M1）、山田純史（M1）

研究目標

“脳と光と遺伝子”を中心とした生体分光光学に関する基礎及び応用研究を行う。一般的に生体が営む多彩な機能は、生体高分子－細胞－組織－個体と複雑な階層構造を持ち、その機能はその構造と密接に結びつく。この生体を外部から無侵襲で計測する技術の中で、特に光を利用した手法は、広く医用光学と呼ばれ近年急激に発展している。当研究分野はこの医用光学の新たな開拓を行う。特に近赤外領域の光の持つ生体透過性を利用した光イメージング法による脳機能解明と細胞内での単一分子診断を中心的課題とする。

研究成果

(a) 時間分解近赤外診断法の開発

近赤外分光法による酸素濃度計測法の確立とCT化への基礎研究を行い、特に近赤外領域のピコ秒パルス光を用いた生体組織の散乱特性の解析とそれによるCT化への基礎データの集積を行った。またこれに基づき、時間分解光CT装置の試作と臨床応用を試みた。

(b) 脳機能の光計測法の開発

ラット灌流標本を用いて脳波等を手がかりとしながら種々の刺激に応じた応答と近赤外分光法による酸素変動の解析を行い、特に脳表での酸素化ヘモグロビンの変化をミリ秒の時間分解で計測することができた。

(c) 光イメージング法による高次脳機能の解明

光イメージング法による脳機能の解明を行い、特に高次機能の発現に伴う脳局所血流変動を連続的に記録することができた。この結果は近赤外光による脳機能の画像化の道を拓いた。

(d) 蛍光相関分光法の確立と単一分子診断

蛍光相関分光法を用いて単一分子診断の可能性を検証した。特に遺伝子診断が可能であることを示し、また、広く本手法が蛋白質相互作用の研究や細胞や組織への応用が可能であることを示すことができた。

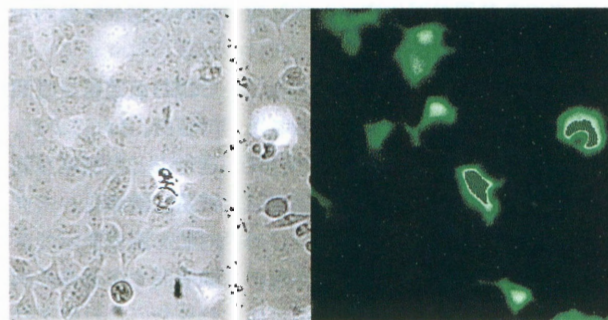


図1. 蛍光相関分光法による細胞内単一分子検出を目的として蛍光性蛋白質 (Green Fluorescent Protein) を遺伝子工学的に発現させた光る動物細胞(左：位相差像、右：蛍光像)

(e) 時間分解法による蛋白質及び細胞系での酸素濃度及びエネルギー状態の計測法の開発

ピコ秒分光システムを用いて紫外－可視領域での蛍光寿命測定から蛋白質の動的挙動や細胞レベルでの酸素濃度計測法を確立した。また、色素を用いたエネルギー状態の計測技術も合わせて開発し、顕微分光システムを作製した。これらの結果より、蛍光寿命測定法の医療診断への道を開くことができた。

(f) 分光学的手法を用いた生体エネルギー代謝の解析

ミトコンドリアや細胞レベルでエネルギー状態を反映する蛍光色素を用いて機能と代謝を解析し、脳や心臓、肝臓等に最終的に応用した。特に近赤外“光造影剤”の提案を行った。更に、NMRと分光学的計測法を併用して、ラット脳でのエネルギー代謝の解析と海馬を中心とした薬物の生理作用の検討を行い、NMRによる酸素濃度測定法の開発を行った。

(g) レーザーを中心とした生体分光光学の開発

紫外－可視－近赤外の全領域を用いた吸収、散乱、蛍光、リン光、化学発光による生体分光光学の基礎研究を行い、その結果は、臨床用医療診断法に応用されている。次に、生体系における光散乱現象の解析を行った。レーザー干渉計を用いて生体組織での光の挙動を詳細に解析した。特に多重散乱現象に重点を置いて解析した。この結果は生体散乱の診断応用の可能性を示すことができた。

(h) マルチチャンネル近赤外分光装置の開発と高次脳機能計測

光CTの前段階である6チャンネル近赤外分光装置を試作し、人高次機能計測に応用した。その結果、比較的複雑なタスク遂行時、脳局所の活動の時間的・空間的変動の連続追跡が可能となり、個々人での情報処理過程の差異を明らかにした。特に我々の装置を米国・NIHに運び、Cognitive Studyに近赤外分光法が使用可能であることを各種のパラダイム下で詳細に検討した。

(i) 光 CT 装置の試作完了と本装置を用いた脳の定量的可視化

近赤外分光法の持つ最大の欠点である絶対値定量を時間分解光 CT 法を用いて克服することができた。これにより、単純な生理学的刺激のみならず、課題遂行などの複雑な刺激による神経興奮に伴う血行動態（血液量、酸素化ヘモグロビン、脱酸素化ヘモグロビン）の絶対値を画像表示できる。この手法によりはじめて多数の被験者間での近赤外画像の統計処理を導入することが可能となった。これにより fMRI や PET の統計画像と比較、検討が行える。

(j) 神経興奮一代謝変動のカップリング機構の基礎的検討—動物モデル系の作製と光学計測

脳表の光学的直接観察が可能な cranial window 及び thinned skull ラットを作製し、生理的刺激における脳活動部位での血行動態を時間的・空間的に追跡するシステムを完成させ、興奮に伴う脳組織の光散乱と真の吸光度変化を分離する手法を完成した。分光データの解析結果より神経興奮とその後の酸素化及び脱酸素化ヘモグロビン、血流速度との間には時間的に大きな隔たりが存在することを見出した。我々の光学的手法は今後、カップリング機構に関与した遺伝子改変マウス等の脳機能計測に用いることができる。

今後の研究の展望

(a) 光イメージング法による人の高次脳機能の解明

当研究分野で開発された近赤外光による脳機能イメージングシステム、特に光 CT システムを利用して種々のタスクや生理学的刺激による脳内各部位の神経活動の時間的・空間的変動を追跡する。

(b) 生体分光学の基礎研究—特に時間分解及び相関分光法の生体系への応用

不均一散乱系を中心とした光子の吸収と散乱に関する基礎研究を行い、最終的に光 CT の画像再構成のアルゴリズムに組み込む。

(c) 遺伝子を中心とした生体組織での単一分子診断

蛍光相関分光法を利用すると単一分子の検出が可能である。この手法を利用して、脳組織内での遺伝子発現・蛋白合成を分子レベルで追跡する。

(d) 脳灌流法を中心とした脳酸素代謝の解析

当分野で行っている人工血液を用いた脳灌流系は生体のホメオスタシスの維持に働く情報伝達・制御系である神経性調節と液性調節を切り離して個々に解析し得る優れた実験系である。この実験系を用い、臓器代謝における中枢神経系とホルモン系との相互の関係を明らかにする。この時、我々が開発している種々の分光測定技術を利用する。

(e) 脳活動に伴う血行動態の定量化

光 CT 装置及びマルチチャンネル計測装置を用い、脳活動に伴う血行動態の定量化及び統計的処理を行う。これを用い、現行の SPM による fMRI 及び PET のデータ処理の妥当性の検討—特に各個人間での応答の差異の意味付けとその評価法の確立を目指す。

(f) カップリング機構の解明

光学計測可能な各種動物モデルによる神経興奮一代謝変動のカップリング機構の解明—特に遺伝子改変マウスによる計測を行う。

(g) 光 CT と MEG の同時計測

我々が得ている光 CT による課題遂行時の脳局所の時間的・空間的変動を直接神経活動を画像化し得る MEG によって確認する。これにより、最終的に光計測法が高次機能解明の新しいツールとなることを示す。

研究業績

1. 学術論文

- 1) T. Nakai, G. Nishimura, K. Yamamoto and M. Tamura: “Expression of optical diffusion coefficient in high-absorption turbid media”, *Phys. Med. Biol.*, 42: 2541-2549 (1997)*
- 2) Y. Hoshi, O. Hazeki, Y. Kakihana and M. Tamura: “Redox behavior of cytochrome oxidase in the rat brain measured by near-infrared spectroscopy”, *J. Appl. Physiol.*, 83: 1842-1845 (1997)*
- 3) Y. Hoshi and M. Tamura: “Fluctuations in the cerebral oxygenation state during the resting period in functional mapping studies of human brain”, *Med. Biol. Eng. Comput.*, 35: 328-330 (1997)*
- 4) Y. Nomura, U. Hazeki and M. Tamura: “Relationship between time-resolved and non-time-resolved Beer-Lambert law in turbid media”, *Phys. Med. Biol.*, 42: 1009-1022 (1997)*
- 5) M. Tamura Y. Hoshi and F. Okada: “Localized near-infrared spectroscopy and functional optical imaging of brain activity”, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.*, 352: 737-742 (1997)
- 6) Y. Hoshi and M. Tamura: “Near-infrared optical detection of sequential brain activation in the pre-frontal cortex during mental tasks”, *Neuroimage*, 5: 292-297 (1997)*
- 7) J. Sakanoue, K. Ichikawa, Y. Nomura and M. Tamura: “Rhodamine 800 as a probe of energization of cells and tissues in the near-infrared region”, *J. Biochem.*, 121: 29-37 (1997)*
- 8) G. Nishimura, R. Rigler and M. Kinjo: “Number analysis of fluorescence correlation spectroscopy

for cleaving process of fluorescence labeled DNA”, *Bioimaging*, 5: 129-133 (1997)*

- 9) **M. Kinjo and G. Nishimura: “Fluorescence correlation spectroscopy as a detection tool of point mutation in gene”, *Bioimaging*, 5: 134-138 (1997)***
- 10) M. Tamura, Y. Hoshi, O. Hazeki and F. Okada: “Cerebral oxygenation states as revealed by near-infrared spectrophotometry” *Optical Imaging of Brain Function and Metabolism II*, 10: 91-96 (1997)
- 11) M. Nemoto, Y. Nomura, M. Tamura, C. Sato and H. Abe: “Optical imaging and measuring of local hemoglobin concentration and oxygenation changes during somatosensory stimulation in rat cerebral cortex”, *Oxygen Transport to Tissue XIX*, 521-531 (1997)
- 12) K. Nakayama, A. Takasawa, T. Ohyama and M. Tamura: “Abnormal accumulation of porphyrin derivatives in the kidneys of long-evans cinnamon rats, as evidenced by microspectrophotometry”, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 242 (1): 164-169 (1998)*
- 13) Y. Hoshi, S. Kosaka, Y. Xie, S. Kohri and M. Tamura: “Relationship between fluctuations in the cerebral hemoglobin oxygenation state and neuronal activity under resting conditions in man”, *Neurosci. Lett.*, 245: 1-4 (1998)*
- 14) Y. Nomura, A. Matsunaga and M. Tamura: “Optical characterization of heme a+a₃ and copper of cytochrome oxidase in blood-free perfused brain”, *J. Neurosci. Meth.*, 82: 135-144 (1998)*
- 15) **A. Matsunaga, Y. Nomura, M. Tamura, S. Kuroda, N. Yoshimura and J. Nishihira: “Energy dependence of redox state of heme a+a₃ in cytochrome oxidase in perfused rat brain in situ”, *Am. J. Physiol.*, 275: C1022-C1030 (1998)***
- 16) S. Bjorling, M. Kinjo, Z. Folders-Papp, E. Hagman, P. Thyberg and R. Rigler: “Fluorescence Correlation Spectroscopy of Enzymatic DNA Polymerization”, *Biochemistry*, 37: 12971-12978 (1998)*
- 17) **M. Kinjo: “Detection of asymmetric PCR products in homogenous solution by fluorescence correlation spectroscopy”, *BioTechniques*, 25: 706-715 (1998)***
- 18) M. Kinjo, G. Nishimura, T. Koyama, U. Mets and R. Rigler: “Single Molecules Analysis of Restriction DNA Fragments using Fluorescence Correlation Spectroscopy”, *Anal Biochem.*, 260: 166-172 (1998)*

2. 総説、解説、評論等

- 1) 田村守：(総説)「連載講座：新・光を使った生体計測－

医用光学への招待」、(『O plus E』、新技術コミュニケーションズ、東京) (1997.11～1999.3)

- 2) 星詳子：(総説)「近赤外光による脳機能計測」(臨床検査、41：455-456) (1997)
- 3) 田村守、星詳子、野村保友、垣花泰之、松永明：(総説)「近赤外分光法の基礎と臨床応用－チトクロームオキシダーゼを中心として－」(麻酔、47：S 33-S 45) (1998)

5. 発表件数

	平成 9 年度	平成10年度
学術論文数	12 (1)	18 (0)
国際学会発表件数	6	12
国内学会発表件数	22	17
研究会等での発表件数	0	0

細胞機能素子研究分野

教授 上田哲男（北大院、薬博、1998.2～）

助教授 西山宣昭（九大院、工博、1998.7～）

助手 神 隆（北大院、理博、1988.7～）

研究目標

細胞は、生物学的にはすべての生物の構成素子であり、物理・化学的には分子という機能素子が高度に自己組織化したダイナミカルな体系である。このような認識に基づいて、細胞という機能体の構築原理を解明することが、本研究分野の目標である。

おもに多核の巨大アメーバ様細胞である粘菌変形体を研究材料として用いる。この生物ならではの特徴を生かし、環境情報の受容・判断機構、ならびに細胞形状・サイズの制御に関わる機能素子を解明する。

（神 担当分）機能性生体高分子による細胞膜を介した物質輸送を広義の素子として捉え、その自律性・自己組織能を利用した分子センサー・デバイスの研究開発を行う。

研究成果

(a) 細胞形状と計算(3)

～バイオコンピューティング研究への出発～

アメーバ様細胞の形状は不定形である。このことは、アメーバが形状を決定する情報を持たないことを意味しない。むしろ自らの遺伝子情報だけで形状を決めるのではなく、時々刻々と変動する環境情報を取り入れ、適切に形状を決めているのではないだろうか。こう考えると細胞形状は、ある条件下である目的を達するための“計算”と密接に関係していることになる。ここにバイオコンピューティングという未知なる分野がある。

寒天ゲル上を這い回る変形体では、原形質は進行先端部でシート状に広がり後部へ向かうにつれて管が網目状に発達している（図1）。餌であるオートミール片をまばらに播いておくと、餌のあるところではシード状に群がるが、それらは管のみで繋がれるような形状をとる。これらの形状は、一定量の原形質を、全体としてつながっているという

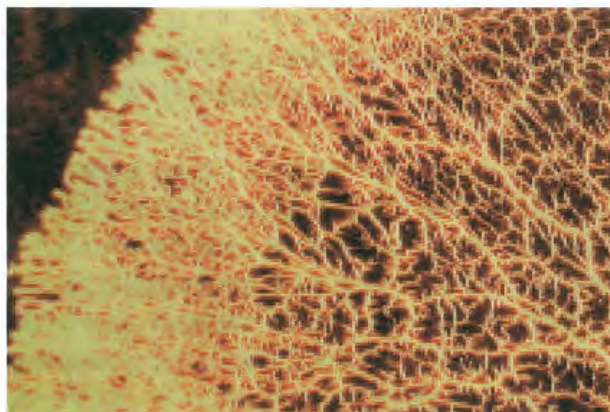


図1. 移動中の粘菌変形体

制約条件下で、前者は速く移動させるような分布、後者は栄養をよりよく吸収するような分布を求めよという、最適化問題の解であると考えられる。このような計算は細胞の代謝反応によって可能なのだ。

「絶えず変形し続ける。」これはアメーバ細胞の一大特徴であるが、その機能はよくわかっていない。粘菌では、同調して規則正しい収縮リズムとなる。局所的な光、温度、化学物質などによる刺激により、位相差が生じ、これが波動となって伝播する。この伝播方向が、誘引・忌避行動で、丁度逆になる。一方、振動的な外部刺激に、粘菌の収縮リズムは引き込まれる。この性質により誘引刺激でも遅く振動させると、位相波の進行方向を逆転させることができる。このとき、粘菌は忌避行動をとる。このことから、好き・嫌いの判断が位相の空間パターン、とりわけ波動の進行方向に関係していることがわかる。固有な誘引・忌避刺激というようなものがあるわけではなく、粘菌細胞は環境との相互作用のあり方で、情報を判断している。

(b) 変形体のフラグメンテーションの発見（3、5）

～細胞のサイズ制御～

真正粘菌変形体は、通常の細胞とは異なり、核分裂は細胞質分裂を伴わない。また2つの変形態は自然に細胞融合して1つの変形体となる。これが繰り返されて、変形体は細胞構造を維持しながらも多核となり際限なく大きくなる。容易に数m以上に達する。粘菌のサイズは10～107 μm と広い。粘菌は自らのサイズを制御できないのだろうか？

従来、孢子形成に先立って大きな変形体が1mm程度の小さな変形体に分かれること、あるいはスフェルレーションに先立って、直径10 μm 程度の微小な変形体に分かれることが知られていた。しかしこれらは休眠状態へ移行する形態形成過程とは切り離せない過程であると考えられ、変形体の存在様式として研究されることはなかった。われわれは粘菌をある状況におくと、過度的に大ききのそろった多数の微小な変形体に分裂することを見出した。

図2に25°Cから15°Cへ温度を下げたときの、変形体の形状変化（フラグメンテーション）を示す。

このフラグメンテーションは、次のような特徴を持つ。

1. 低温下、あるいは光照射により、刺激後約5時間で急

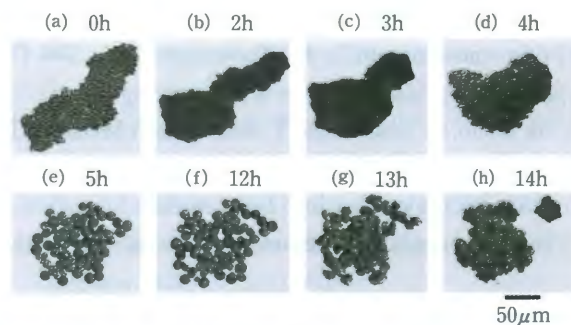


図2 粘菌変形体のフラグメンテーション

に微小なフラグメントに分裂し、10-20 時間後に元に
戻る。

2. アクチノマイシンD、シクロヘキシミドにより阻害されるので、新しい遺伝子発現、タンパク合成をとまなう。
3. フラグメントは、約8個の核を持つ。圧迫に対してある程度安定であるが、厚みが10ミクロン以下になると、急に約半分の大きさになる。
4. 転移温度があり16°C以下で、フラグメント化が起きる。
5. 16°C以下で培養すると、転移温度は順次低温側へシフトする。
6. 転移温度が約10°Cの突然変異株がある。
7. 従来知られている孢子形成や皮体形成という形態形成と異なり、過度的である。
8. 光感受性は、温度の低下とともに高くなる。

以上のように、変形体は、環境変動にตอบสนองしてサイズを制御する。この新しい形態形成現象は、細胞サイズの制御という基礎生物学上の課題を解くのによいモデル系であると期待される。

(c) 流動リズム素子の発見(2)

～サイズ増大による新機能の発現～

成熟した大きな変形体（図1）の内部では、ゾル状の原形質が激しくかつ規則正しく往復流動している。従来この運動リズムの発現は、アメーバから変形体への細胞型の変換に伴う生化学的变化に基づくと考えられていた。また一方で、発生直後の小さな変形体では、往復の規則正しい原形質流動が見られず、きわめて弱く不規則な流れしかみられないことも知られていた。これは、変形体がまだ成熟していないせいであると考えられた。上のフラグメント化により、大きさのそろった微小変形体が得られる。わかった数のフラグメントを細胞融合させることで、大きさの異なる変形体を同じ時刻で調整することができる。この方法により生物の成長・成熟とは切り離して、細胞形状の変形と流動のサイズ依存性を調べることができた。結果を要約する。

1. 変形体の大きさがある臨界サイズ以下のとき、細胞はおおむねまるっぽい形状をとり、原形質流動は弱くかつ不規則である。（図3）
2. 臨界サイズ（約150個の核をもつ）以上になって、変形体は細長く変形し、原形質流動は大きくかつ規則正しく往復する。
3. F-アクチンは、臨界サイズ以下では等方的に分布し、臨界サイズ以上で極性のある分布を示す。

このように、収縮リズムの発現には、年齢とは関係なく最小の単位（素子）がある。収縮リズム素子の空間位相パ

ターンが行動発現に見られる好き・嫌いの判断と関連している。この情報を担う収縮リズム素子自体がサイズ依存的に自己組織化されることがわかった。粘菌変形体は、核約8個のサイズに分裂しやすく、核約150個のサイズで流動リズムが発現するなど、一見均一に見えるが、サイズ毎にそれぞれの機能素子（要素）から階層的に構成され则认为られる。

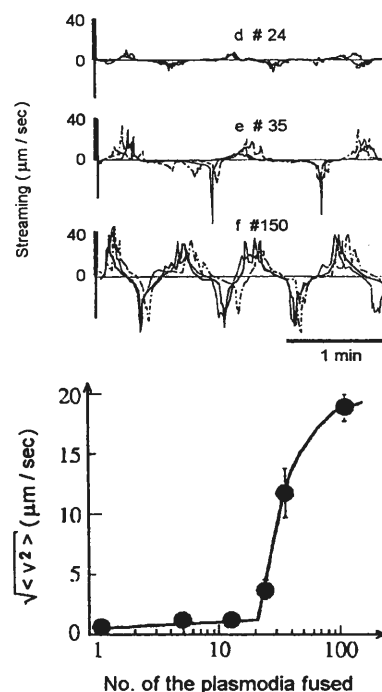


図3. 原形質流動速度の時間変動と流動速度のサイズ依存性

(d) 機能性ホスト分子を利用した分子センサーの研究

フェノールとアルデヒドからなるの環状オリゴマーを基盤とする機能性有機分子を2分子膜にドープすることにより、アルカリ金属イオンやアミノ基を認識する分子センサーを開発した。

今後の研究の展望

粘菌は環境情報を受容し、代謝反応系により情報判断する。今後実験的には光受容素子の決定、光感受性機構の解明、リズム素子の細胞内化学反応に基づく自己組織化(1、4)を解明し、理論的には、流動発現のモデルを構築し、情報判断の動的機構を解明していく。この研究課題に、まっとうな少なくとも3人のスタッフと一致協力して取り組めるようになることが、われわれの夢である。

研究業績

1. 学術論文

- 1) Nishiyama, N. and Matsuyama, T.: "Transition from an unstable synchronization state with transient oscillation cessation to spiral rotation in a coupled chemical oscillator system", *J. Chem. Phys.*,

- 106: 3427-3429 (1997)*
- 2) Koya, S. and Ueda, T.: "The onset of rhythmic streaming in the Physarum plasmodium: Cooperative hierarchic organization of a multi-nucleate cell", *ACH Models in Chemistry*, 135: 297-304 (1998)
 - 3) Ueda, T.: "Changing shape, size and pattern in the Physarum plasmodium", *Forma*, 13: 405-412 (1998)*
 - 4) Nishiyama, N.: "Excentric motions of spiral cores in aggregates of Dictyostelium cells", *Phys. Rev. E*, 57: 4622-4626 (1998)*
 - 5) Kakiuchi, Y. and Ueda, T.: "Fragmentation of the plasmodium into equally sized pieces by low temperatures in the true slime mold Physarum polycephalum: a new morphogenesis", *Protoplasma*, 206: 131-136 (1999)*
 - 6) Jin T., Kinjo, M., Kobayashi, Y., and Hirata, H.: "Ion Transport Activity of Calix [n] arene (n=4, 5, 6, 7, 8) esters toward Alkali-metal Cations in a Phospholipid Bilayer Membrane", *J. Chem. Soc., Faraday Trans.*, 94: 3135-3140 (1998)*
 - 7) Jin T. and Monde K.: "Synthesis and Optical Resolution of a Fluorescent Chiral Calix [4] arene with Two Pyrene Moieties Forming an Intramolecular Excimer", *Chem. Commun.*, 1357-1358 (1998)*

3. 著書

- 1) 上田哲男、中垣俊之(1997)「細胞に心はあるか—細胞行動の心理生理学の試み」53-67 (松本修文：脳と心のバイオフィジックス、共立出版、東京) (1997)
- 2) 上田哲男「真正粘菌における生体リズムと光シグナリング」63-68 (蓮沼仰嗣、木村成道、徳永史生：光シグナルトランスダクション、シュプリンガーフェアラーク、東京) (1999)

5. 発表件数

	平成 9 年度	平成10年度
学術論文数	1	4
国際学会発表件数	1	1
国内学会発表件数	4	5
研究会等での発表件数	2	3

電子計測制御部門

研究目的

電子計測を基盤とする計測と制御に関する研究を中心課題とし、光や電子の特性を利用した高速、高感度、高精度計測法に基づき、生体のような柔軟性と適応性をもつ新しい制御システムについて研究することを目的としている。



光システム計測研究分野

教授 笹木敬司（阪大院、工博、1997.11～）
助教授 魚住 純（北大院、工博、1989.4～1999.3）
助手 堀田純一（阪大院、工博、1998.4～）
技官 牛坂 健（札幌電波専、1961.11～）
院生 マクラム・イブラヒム（D3）、三宮 俊（D3）、
藤原英樹（D2）、松尾保孝（D1）、齋藤孝充
（M2）、辻野賢治（M1）、宮坂英太（M1）

研究目標

レーザー光の有する超高速応答性、優れた空間制御性、エネルギー選択性を利用して極めて高い時間・空間分解能と高感度・高精度を実現する新しい光計測技術や光ダイナミクスの制御法を開発し、ミクロな世界における光の特殊な振る舞いを計測・制御するとともに、電磁理論解析やシミュレーションに基づいて現象を解明する。特に、高分子ラテックス、微小液滴、ガラス微小球等の微粒子を対象とした光物理現象やナノメートルサイズの超微粒子における光反応ダイナミクスに注目して研究を進める。また、フォトンの運動量を利用したレーザーマニピュレーション技術や光情報処理技術を組み合わせ、高度な機能を有するユニークな光計測制御システムの開発を目指す。

研究成果

(a) 微小球における共振器増強遷移過程の解析

高分子微小球にドーブした芳香族分子の自然放出過程が共振器量子電気力学効果により増強する現象を観測することに成功した。また、2種類の芳香族分子間のエネルギー移動ダイナミクスについても観測を行った結果、双極子・双極子相互作用によるエネルギー移動の効率がバルクにおける観測値に比べて数十倍高くなることを明らかにした。

(b) アップコンバージョン微小球レーザー発振の研究

微小球レーザー発振の長時間安定性、ポンプ光と発振光の波長域の分離を目的として、希土類イオンをドーブしたガラス微小球の作製を試み、レーザーマニピュレーション用近赤外光を用いた多光子励起により青色領域の安定したアップコンバージョンレーザー発振光を得ることに成功し

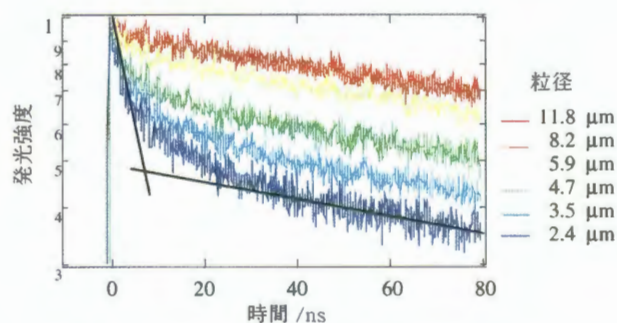


図1. ビレンドープ高分子微小球の蛍光減衰波形



図2. 希土類イオンドーブガラス微小球のアップコンバージョンレーザー発振

た。

(c) 微小球レーザーのフォトントンネリング現象の解析

レーザー発振微小球とガラス基板との距離をレーザーマニピュレーションにより制御しながら発振スペクトルを測定した結果、エバネッセント場の強度分布に対応した発振ピークの強度変化が観測された。このことから微小球とガラス基板の間で光局在場を介したフォトントンネリングが起こっていることが確認され、近接場顕微鏡のプロープとしての有効性が示された。

(d) 微粒子に作用する放射圧3次元ポテンシャル計測

エバネッセント場を用いた3次元ナノメートル光位置検出法を新たに考案し、レーザー発振微小球の揺らぎを直接測定するシステムを開発した。また、微粒子の熱揺らぎにボルツマン分布を適用して微粒子に作用するポテンシャルを瞬時に高精度で解析する手法を開発し、エバネッセント場の放射圧ポテンシャル計測や静電力測定による表面電荷密度の解析に応用した。

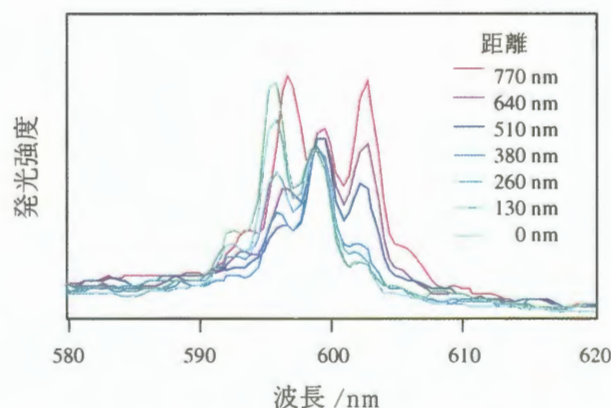


図3. 微小球レーザー発振スペクトルの距離依存性

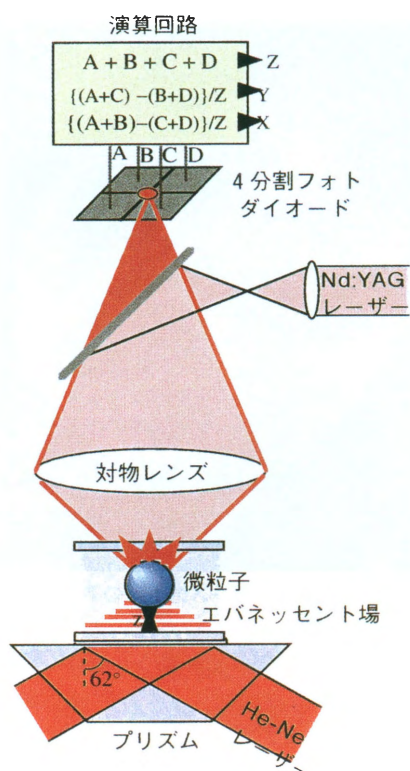


図4. 3次元ナノメートル位置検出法

- (e) 超高速微分干渉顕微計測システムによる単一ナノ微粒子のダイナミック分光解析

短パルスレーザーと微分干渉計を組み合わせ、ナノメートルサイズの単一励起微粒子からの前方散乱光の振幅と位相の変化を高精度に測定し、複素屈折率、つまり屈折率と吸収の情報をフェムト秒のタイムスケールで時間分解分光計測するシステムを開発した。本システムを用いてナノ金属微粒子の過渡吸収を測定するのに成功し、励起状態ダイナミクスを解析した。

- (f) フラクタル的強度分布を有する光散乱場の生成

フラクタル散乱体と通常の散乱体を用いた二重散乱現象により、フラクタル性を有するランダムな光強度場を生成できることを実験により示した。また、生成されたフラクタル強度分布のフラクタル次元は、用いたフラクタル散乱体のフラクタル次元に依存することを示した。

- (g) フラクタル凝集媒質からの強調後方散乱現象の解析

フラクタル凝集媒質におけるコヒーレント光多重散乱現象によって生ずる強調後方散乱現象を計算機シミュレーションにより解析し、後方散乱ピーク形状のフラクタル次元依存性などを明らかにした。

- (h) ろう管ネガティブ用音声再生装置の開発

原理的に触針式再生法が適用不可能なろう管ネガティブから非接触で音声再生を行うため、レーザ光の反射特性を利用した光学的音声再生装置を開発し、約100年前の日本

の音楽等を録音したネガティブからの音声再生に成功した。

- (i) 多重散乱媒質におけるコヒーレント効果

通常、光のコヒーレンスを消滅させると見なされる光多重散乱現象において、光弱局在や散乱光路の共有などによって生ずるコヒーレントな干渉効果を理論および計算機シミュレーションにより解析し、媒質の線形および非線形吸収の影響を明らかにした。

- (j) リングスリット開口を用いた長相関スペックル場の生成

リングスリット開口でマスクしたスリガラスにより生ずるスペックル場には、光軸に垂直な面内には平均スペックル径よりも大きな空間相関が現れること、また、光軸方向には極めて長い空間相関が現れることを理論および実験により示した。

今後の研究の展望

これまでの研究で得られた技術を組み合わせ、レーザー発振微小球をプローブとしてナノメートルの微小空間を光で計測し制御することができるフォントンネリング顕微鏡の開発を考えている。本システムが開発できれば、ナノ空間における原子・分子集合系の光物理・光化学現象の解析、微小球と固体表面の微小空間に閉ざされた原子・分子の振る舞いの超高速時間分解分光を実現することができる。また、開発した単一微粒子に作用するポテンシャルの測定法は原子間力顕微鏡で観測できる力より遥かに小さいピコ〜フェムトニュートンオーダーの力測定が可能であり、高分子凝集体、ミセル、ベシクル、色素分子会合体等の凝集・会合の観察や吸着・付着の解析など原子・分子間力、表面力の研究への応用を計画している。さらに、単一ナノ微粒子のダイナミック分光計測法に関しては、放射圧計測法と組み合わせて高感度化を図り、単一分子レベルの過渡吸収測定への展開を考えている。

研究業績

1. 学術論文

- 1) Sasaki, K.: "Microspectroscopy with an Optically Manipulated Lasing Particle", *Mater. Sci. Eng. B*, 48: 147-152 (1997)*
- 2) Hotta, J., Sasaki, K. and Masuhara, H.: "Manipulation of Liquid Crystal Texture by a Focused Laser Beam", *Appl. Phys. Lett.*, 71: 2085-2087 (1997)*
- 3) Sasaki, K., Fujiwara, H. and Masuhara, H.: "Photon Tunneling from an Optically Manipulated Microsphere to a Surface by Lasing Spectral Analysis", *Appl. Phys. Lett.*, 70: 2647-2649 (1997)*
- 4) Sasaki, K., Horio, K., and Masuhara, H.: "In Situ

- Measurement of Adhesion Force between a Single Microparticle and a Surface Using Radiation Pressure of Pulsed Laser Light”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 36: L721-L723 (1997)*
- 5) Sasaki, K., Fujiwara, H. and Masuhara, H.: “Optical Manipulation of a Lasing Microparticle and Its Application to Near-Field Microspectroscopy”, *J. Vac. Sci. Technol. B*, 15: 2786-2790 (1997)*
- 6) Hofkens, J., Hotta, J., Sasaki, K., Masuhara, H., Taniguchi, T. and Miyashita, T.: “Molecular Association by the Radiation Pressure of a Focused Laser Beam: Fluorescence Characterisation of Pyrene Labeled PNIPAM”, *J. Am. Chem. Soc.*, 119: 2741-2742 (1997)*
- 7) Ibrahim, M., Uozumi, J. and Asakura, T.: “On the Generation of Clustered Speckles Due to Ring-Slit Illumination”, *Optik*, 106: 33-41 (1997)*
- 8) Borowicz, P., Hotta, J., Sasaki, K. and Masuhara, H.: “Chemical and Optical Mechanism of Microparticle Formation of Poly (N-vinylcarbazole) in N, N-Dimethyl-formamide by Photon Pressure of a Focused Near-Infrared Laser Beam”, *J. Phys. Chem. B*, 102: 1896-1901 (1998)*
- 9) Hotta, J., Sasaki, K., Masuhara, H. and Morishima, Y.: “Laser-Controlled Assembling of Repulsive Unimolecular Micelles in Aqueous Solution”, *J. Phys. Chem. B*, 102: 7687-7690 (1998)*
- 10) Uozumi, J., Ibrahim, M. and Asakura, T.: “Fractal Speckles”, *Opt. Commun.*, 156: 350-358 (1998)*
- 11) Ishii, I., Iwai, T., Uozumi J. and Asakura, T.: “Optical Free-Path-Length Distribution in a Fractal Aggregate and Its Effect on Enhanced Backscattering”, *Applied Optics*, 37: 5014-5018 (1998)*
- 12) Ibrahim, M., Uozumi, J. and Asakura, T.: “Longitudinal Correlation Properties of Speckles Produced by Ring-Slit Illumination”, *Optical Review*, 5: 129-137 (1998)*
- 13) Widjaja, J., Uozumi, J. and Asakura, T.: “Real-Time Analysis of Specklegram Using Wavelet-Matched Filters”, *Asian J. Phys.*, 7: 37-41 (1998)*
- 14) Fujiwara, H., Sasaki, K. and Masuhara, H.: “Pyrene Fluorescence Dynamics in a Polymer Microspherical Cavity”, *J. Appl. Phys.*, 85: 2052-2055 (1999)*
- 15) Smith, T. A., Hotta, J., Sasaki, K., Masuhara, H. and Itoh, Y.: “Photon Pressure-Induced Association of Nanometer-Sized Polymer Chains in Solution”, *J. Phys. Chem. B*, 103: 1660-1663 (1999)*
- 16) Sangu, S., Okamoto, T., Uozumi, J. and Asakura, T.:

- “Effect of Absorption on Surface Speckles in Random Media” *Waves in Random Media*, 9: (1999)*
- 17) Sangu, S., Okamoto, T., Uozumi, J. and Asakura, T.: “Enhanced Intensity Fluctuations of Multiply Scattered Light in Nonlinear Absorbing Media”, *Optical Review*, 6: 104-109 (1999)*

2. 総説、解説、評論等

- 1) 堀田純一、笹木敬司、増原宏 (解説): 「光圧による単一微粒子のマニピュレーションと創製」、レーザー研究、25: 760-764 (1997)
- 2) 笹木敬司 (解説) 「光局在場を利用した分子集合構造の計測と制御」、生産と技術、49: 70-72 (1997)
- 3) 笹木敬司、増原宏 (解説) 「マイクロ光マニピュレーション」、O plus E、20: 36-42 (1998)
- 4) 笹木敬司 (解説) 「単一微粒子の光操作とポテンシャル測定」、M&BE、9: 16-25 (1998)
- 5) 魚住純: (解説) 「フラクタル構造における光散乱現象」、応用物理、67: 1270-1275 (1998)
- 6) 魚住純、牛坂健、伊福部達: (解説) 「古ろう管からの名演の復活」、日本音響学会誌、54: 443-449 (1998)

3. 著書

- 1) レーザー技術総合研究所編 (分担執筆): 「レーザーの科学」、(丸善、東京) (1997)

4. 招請講演

- 1) Sasaki, K.: “Optical Manipulation of Lasing Microparticle and Its Application to Near-Field Microscopy”, The 41th Int. Conf. on Electron, Ion, and Photon Beam Technology and Nanofabrication, Dana Point, CA, USA (1997)
- 2) Sasaki, K.: “Near-Field Measurement and Control with an Optically-manipulated Lasing Microparticle”, Jpn-US Information Exchange Seminar on Photophysics and Photoconversion in Small Domains by Near-Field Scanning Optical Microscopy, Napa, CA, USA (1998)
- 3) Uozumi, J.: “Laser Speckle with Fractal Spatial Correlations”, Third International Symposium on Optics in Engineering, Kajaani, Finland (1999)

5. 発表件数

	平成9年度	平成10年度
学術論文数	10	13
国際学会発表件数	7	7
国内学会発表件数	19	15
研究会等での発表件数	5	5

量子計測研究分野

- 教授 栗城真也（北大院、工博、1991.8～）
助教授 小林哲生（北大院、工博、1994.2～）
助手 平田恵啓（北大院、工博、1993.4～）
竹内文也（北大院、工博、1995.12～）
院生 野界武史（D 3）、横澤宏一（D 3）、黄孔良（D 3）、小池佑辰（D 3）、平野 悟（D 2）、砂盃尚子（D 1）、久保真輝（M 2）、小山 洋（M 2）、丸山雅紀（M 1）、林周（M 1）

研究目標

量子計測研究分野では、ジョセフソン効果に基づく高感度 SQUID 磁束センサを中心とし、高温超伝導 SQUID の開発に関する研究、SQUID を用いた生体磁気計測、脳磁界と脳電位による脳機能計測と解析を主要な研究としている。1997-1998 年度は、以前からの YBCO 粒界接合 SQUID の研究に加え、低温 SQUID による磁束ゆらぎの直接観察に関する研究をスタートし、基礎と応用の両面から高温超伝導デバイスの研究を行った。また、脳磁界や脳電位による脳機能解析では、視覚系の基礎的特性から意識に迫るアプローチと、文字や単語の認知に関わる高次機能の解析、さらに音楽理解の基礎となる聴覚系の特性を明らかにすることを目標とした。

研究成果

(a) 直結型高温超伝導 SQUID の開発

生体磁気計測に応用する高温超伝導 SQUID を YBCO 単層膜から形成する直結型磁束計の開発を行っている。9～10 年度の研究では、伝送線路型の SQUID 素子を設計し、ワッシャー型の検出コイルに結合した磁束計（マグネトメータ）を試作、評価した（図 1）。その結果、 $5 \times 10 \text{ mm}$ の STO 基板面上で検出コイルのホール内に SQUID を配置した新構造のデバイスで、 $0.18 \sim 0.30 \text{ mm}^2$ の有効面積と $100 \sim 200 \text{ fT/Hz}^{1/2}$ の磁場感度が得られた⁴⁻⁶⁾。

(b) 超伝導薄膜デバイスの磁束ゆらぎ測定

超伝導薄膜中の磁束量子のゆらぎを SQUID と結合した超伝導検出コイルによって直接検出する方法を用いて、Nb 多結晶及びエピタキシャル薄膜上に作成した膜厚変化型ブリッジ（VTB）の磁束ノイズを測定した。Nb の膜質に依存する特異なノイズ特性が観測され、エピタキシャル膜による VTB では臨界電流での磁束ノイズの増加は磁束量子のブリッジ内への侵入によって生じるのに対し、多結晶膜 VTB では、トラップされた多数の磁束量子が広く分布したピンニング中心から次々にデピンされて磁束量子の“なだれ”が生じるという描像が示唆された¹⁰⁾。

(c) 誘発脳磁界に重畳する背景脳磁界成分の除去

多チャンネルシステムにより同時計測された誘発脳磁界に

は、加算平均後にもコヒーレンスの高い背景（自発）脳磁界が残存し、信号源推定の誤差の原因となる。本研究では、この加算平均後にも残存するコヒーレンスの高い自発脳磁界の影響を低減するため、この自発成分を除去する手法を開発し、37 チャンネル MEG システムによる模擬脳磁界計測データに適用しその妥当性を検討した。その結果、第 1 主成分を除去することにより SN 比の高い誘発脳磁界が得られる事が確認できた¹⁰⁾。さらに本手法を全頭型の MEG システムに適用するため、全頭にわたる背景脳磁界の主成分分析による検討を行った¹⁷⁾。

(d) 視覚単語処理の MEG 計測と解析

日本語の仮名からなる単語を視覚的に呈示し、被験者が認知課題を遂行しているときの脳磁界（MEG）反応を計測・解析し、脳内プロセスについて検討した。側頭後部を計測した実験では左脳底部を中心とした部位の活動が $150 \sim 250 \text{ ms}$ の潜時で観測され、側頭部を計測した実験では左側頭内側下部と左側頭上部の活動が $290 \sim 390$ 、 $420 \sim 520 \text{ ms}$ の二つの潜時帯で並行して観測された。以上から、視覚言語処理には脳底部から側頭に至る物体（対象）認知経路（ventral pathway）の活動が関与することが分かった。

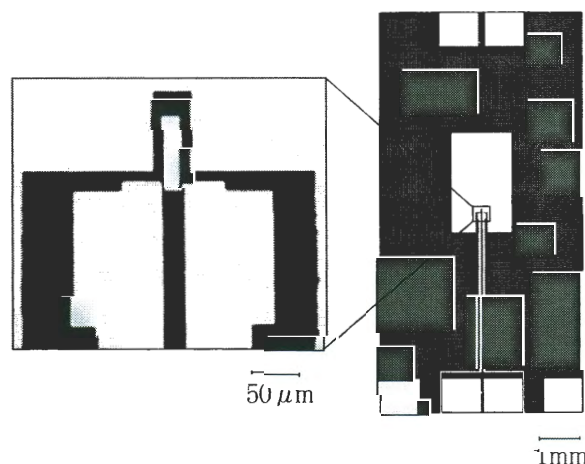


図 1. 伝送線路型高温超伝導 SQUID

(e) 発話運動プログラムに関する脳活動

前頭葉の下前頭回（ブローカ野）の障害と運動性失語症（ブローカ失語）との関係が明瞭でないことが知られている。発話運動（調音）のプログラミングに関わる脳活動を調べるために、5 つの単語をランダムな順に一定の間隔で発話させるパラダイムを構成し、発話前の前頭部の活動を MEG で計測した。その結果、音声の立ち上がりの $120 \sim 320 \text{ ms}$ 前で、調音のための口唇の筋活動の 100 ms 前に相当する時間に MEG 反応が検出され、前頭葉の島の上端近傍に活動源が推定された。この位置はブローカ野より内側・上方であり、前頭部の深い位置にある皮質が発話運動プログラムに関わる可能性が示唆された¹¹⁾。

(f) 両眼視野闘争に関わる脳内プロセスに関する研究

視覚系の競合的情報処理機構並びに視覚的アウェアネスや意識の一端を解明することを目的として、両眼視野闘争過程に注目し、その脳内プロセスを調べた。本研究では、主観的な知覚図形の交替を被験者のボタン押しにより決定し、これをトリガとして事象関連電位並びに脳波 α 波 (8–13 Hz) 分散の計測・解析を行った。その結果、知覚交替に関連する神経活動を反映すると判断できる電位変動を後側頭および後頭において観測した^{8,14)}。また、反対方向にドリフト運動する一組の格子図形を観察中、知覚交替に伴う眼球運動変化が、被験者のボタン押しに対し約 500 ms 先行して生じることを明らかにした。

(g) 音楽家の音楽認知機構に関する研究

音楽家の脳内での音楽認知機構の解明を目的とし、楽器を専攻し絶対音感を持つ被験者 (AP) と特別な音楽経験のない被験者 (non-AP) にピアノ音などの音を呈示して聴覚誘発脳磁界を記録し、潜時約 100 ms の脳内活動を解析した。その結果、AP と non-AP 間の聴覚皮質内の活動位置を比較すると、右半球に差はないが、左半球では AP は non-AP に対して 6 mm 後方に位置した (図 2)。本研究により、絶対音感を持つ音楽家の脳活動に機能的な位置の非対称性があることが明らかとなった¹²⁾。

(h) 仮名文字黙読・照合の脳内プロセスに関する研究

仮名文字の黙読・照合に関わる脳内プロセスを課題遂行時における被験者の行動指標である反応時間と事象関連電位の計測により調べた。本研究ではカタカナとひらがなを用い、形態的には異なるが読みが同じという仮名文字の特徴を生かし、音韻的操作に注目して研究を行った。その結果、黙読と照合に関わる反応時間が呈示する文字数に比例して増加することが分かった。また、仮名文字の呈示後、文字の認知、音韻的変換、黙読、音韻的照合という段階的なプロセスに対応すると思われる、潜時並びに空間分布の異なる事象関連電位成分を観測することができた⁹⁾。

(i) 文字認知戦略による視覚皮質の活動の変化

文字や形の認知における早期の脳活動を調べるため、ひらがな文字の(1)形態的な特徴あるいは(2)母音について判断する課題の遂行に伴う脳磁界反応を計測・解析し、課題間での脳活動を比較した。視覚野や高次視覚野を含む後頭あるいは後側頭において、形態課題では右半球の外側の活動が主に観測され、母音課題では両半球の内側及び底部の活動が観測された。以上から、文字を見るポイントや文字処理手順が視覚皮質における早期の脳活動に影響を与えることが示唆された¹⁹⁾。

今後の研究の展望

今後数年の短期的目標としては、計測用デバイス・システムについては、YBCO 薄膜や粒界接合の磁束ノイズ特性

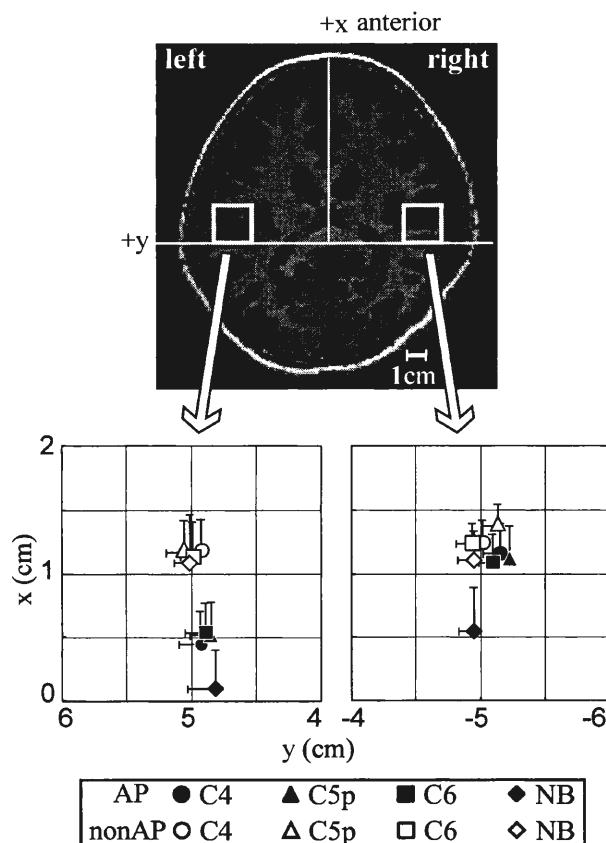


図 2. 音楽家 (AP、黒印) と非音楽家 (non-AP、白抜き) における潜時約 100 ms の聴覚活動の平均位置と標準誤差。左半球では AP は non-AP に対して 6 mm 後方に位置した。耳孔前点から 6 cm 上の MRI 断層図の枠は範囲を示している。

の解明と生体磁気計測可能な YBCO SQUID の開発がある。また、視知覚に関わる脳内プロセスに関して、さらに眼球運動、脳波と機能的 MRI を併用することにより特にダイナミクスに重点をおいて検討を進め、高分解能脳波計測法および事象関連 fMRI 計測法の開発と脳波・MRI の時間スケール解析といった非定常・非線形解析手法の導入を進める。高次脳機能解析については、側頭部の計測・解析を前頭部に進め記憶プロセスを含む文字や単語の処理様式にアプローチする。

研究業績

1. 学術論文

- 1) Rashdi Shah Ahmad, M. Kubo, Y. Hirata, S. Kuriki and S. Nakayama: “Large inductance superconducting quantum interference device magnetometer for magnetoencephalography measurement”, *Jpn. J. App. Phy.*, 36: 6737–6741 (1977)*
- 2) S. Kuriki, F. Takeuchi and Y. Hirata: “Neural processing of words in the human extrastriate visual cortex”, *Cogn. Brain Res.*, 6: 193–203 (1998)*
- 3) N. Fujimaki, S. Kuriki, H. Nakajima, V. A. Kony

- chev and T. Musha: "Event-related potentials and equivalent current dipoles in silent speech using a vowel and word", *J. Psychophysiol.*, 11: 12-20 (1997)*
- 4) K. Yokosawa, E. Maruyama, R. S. Ahmad, H. Oyama, S. Kuriki, D. Suzuki, M. Koyanagi: "Single-layer high-Tc superconducting quantum interference device magnetometer with double-pickup-coil configuration", *Jpn. J. Appl. Phys.*, 37, Pt.1 (8): 4362-4366 (1998)*
- 5) E. Maruyama, S. Kuriki, K. Yokosawa, R. S. Ahmad, D. Suzuki, M. Koyanagi: "Flux coupling in the direct-coupled high-Tc superconducting quantum interference devices", *Jpn. J. Appl. Phys.*, 37, Pt. 2 (6B): L722-L724 (1998)*
- 6) E. Maruyama, S. Kuriki, Y. Kurisu, M. Matsuda: "Analytical approach to calculate the flux dependent current-voltage characteristics of dc superconducting quantum interference devices", *J. Appl. Phys.*, 83 (11): 6166-6171 (1998)*
- 7) T. Kobayashi, K. Kato and S. Kuriki: "ERPs reflecting awareness of changes in perceived images in binocular rivalry", *Recent Advances in Human Neurophysiology*, (eds.) I. Hashimoto and R. Kakigi, (Elsevier, Amsterdam), pp.660-666 (1998)
- 8) K. Huang, K. Kato, T. Kobayashi and S. Kuriki: "Event-related potentials during the comparison of Japanese kana symbols", *ibid*, pp.631-638 (1998)
- 9) T. Kobayashi and S. Kuriki: "Improvement of S/N in evoked neuromagnetic fields by eliminating a spontaneous field component", *Proceedings of 20th Annual International Conference of the IEEE-EMBS*, pp.2217-2220 (1998)
- 10) S. Kuriki, T. Mori, Y. Hirata: "Motor planning center for speech articulation in the normal human brain", *NeuroReport*, 10: 765-769 (1999)*
- 11) Y. Hirata, S. Kuriki and C. Pantev: "Musicians with absolute pitch show distinct neural activities in the auditory cortex", *NeuroReport*, 10(5): 999-1002 (1999)*
- 12) 野界武史、矢原昭人、松葉博則、栗城真也: "超伝導磁気シールド環境下の短・中潜時聴性誘発脳磁界の計測"、日本応用磁気学会誌、22(4): 204-209 (1998)*
- 13) 加藤和夫、小林哲生、栗城真也: "両眼視野闘争における内的知覚図形交替に伴う事象関連電位"、医用電子と生体工学、36(2): 111-118 (1998)*
- 14) 野界武史、平田恵啓、小林哲生、栗城真也、V. Cscepe: "三連続音声刺激の第二音欠如に関連する脳磁界反応"、医用電子と生体工学、36(2): 119-126 (1998)*
2. 総説、解説、論文等
- 1) 栗城真也: "SQUID による脳活動の無侵襲計測"、日本学術振興会「協力会会報」71: 10-17 (1997)
4. 招請講演
- 1) S. Kuriki, F. Takeuchi and Y. Hirata: "Dynamic excitation of cortical areas during visual information processing", Pan-Pacific Conference on Brain Topography (Tokyo, 1997-04)
- 2) S. Kuriki, N. Isahai, F. Takeuchi: "Where do perception and recognition of words take place in the brain?: A neuromagnetic approach", International Evoked Potentials Symposium (Okazaki, 1998-03)
- 3) 栗城真也: "視覚高次機能を脳磁界 (MEG) でみる"、"脳機能情報処理" 及び "脳型コンピュータ・アーキテクチャ" ワークショップ (東京、1998-01)
- 4) 栗城真也: "計測応用のための高温超電導 SQUID の技術課題"、低温工学会「第 4 回超電導応用研究会」シンポジウム (東京、1998-02)
- 5) S. Kuriki, Y. Hirata, F. Takeuchi, T. Mori: "Magnetic field measurements with SQUIDS and application to brain researches", The 5th Japan-Korea Joint Symposium on Applied electromagnetics, Power Systems and Controls (Sapporo, 1998-08).
- 6) S. Kuriki: "Cortical functions revealed by MEG", Satellite Symposium on Biomag '98. Advanced Biomagnetism in Biological Engineering and Neuroscience (Tokyo, 1998-08).
- 7) 平田恵啓、栗城真也、クリスト・パンテフ: "絶対音感を持つ音楽家の聴覚誘発脳磁界について"、平成 10 年度日本音響学会学術講演会 (米沢、1998-09)。
- 8) 平田恵啓、栗城真也、クリスト・パンテフ: "絶対音感を持つ音楽家の聴覚皮質の活動"、第 28 回日本脳波・筋電図学会学術大会—シンポジウム—(神戸、1998-11)。
5. 発表件数
- | | 平成 9 年度 | 平成10年度 |
|------------|---------|--------|
| 学術論文数 | 18 (3) | 21 (7) |
| 国際学会発表件数 | 11 | 13 |
| 国内学会発表件数 | 21 | 20 |
| 研究会等での発表件数 | 12 | 12 |

自律調節研究分野

教授	狩野 猛 (マギル大院、Ph.D.、1991.11～)
講師	和田成生 (阪大院、工博、1994.9～)
助手	内貴 猛 (北大院、工修、1992.1～) 丹羽光一 (北大院、獣医博、1997.10～)
技官	石坂高英
院生	金川幸紀 (D3)、坂井友幸 (M2)、梶屋 睦 (M1)

研究目標

生体における血管は、血流の変化に対して適応的にその内径および管壁の構造を変えるという自律調節機能を持っており、あらゆる適応的变化が、流れによって負荷されている壁せん断応力の値が一定 (約 15 dynes/cm^2) になるように起こると言われている。しかしながら、どのような機構により壁せん断応力が血管系のどこでも一定になるように内径が調節されているのか、また、どのようにして血管壁が壁せん断応力の変化に対して適応的に再構築されるのかは判っていない。我々の研究目標は、このような血管の流速変化に対する生理的調節機構およびその調節範囲を逸脱して起こる内膜肥厚、動脈硬化、および脳動脈瘤形成などの病変発生並びに局在化の機構を明らかにし、これらの血管病の予防および治療に役立てるとともに、内膜肥厚の起こらない人工血管の開発および最適血行再建術の確立に寄与することである。

研究成果

(a) 血管病の局在化機構に関する研究

動脈硬化症、脳動脈瘤形成、および吻合部内膜肥厚など、ヒトに起こる血管病のほとんどが、比較的大きな血管の分岐部や湾曲部、および血行再建を行った血管の吻合部など、流体力学的観点よりみて血流の乱れやすい場所に局所的に発生することから流体力学的因子が関与していることが示唆され、1960年代より今日まで色々な角度から研究が行われて来た。その結果、これらの血管病の局在化に最も深く関与している流体力学的因子として壁せん断応力が挙げられるようになった。しかしながら、それが具体的にどのような役割を果たしているのかは未だ不明な点が多く、局在化機構の解明には至っていない。

我々は、この流速変化によって引き起こされる血管系の再構築が、せん断応力によるものではなく、血管壁構成細胞にとって重要な栄養素の一つであるところのコレステロールを多量に含むリポ蛋白の血液より血管壁への物質移動によって支配されるものであり、血管内壁表面上におけるリポ蛋白の濃度がこれまでほとんど無視されてきた血管壁の水透過性および管壁近傍の血流速度によって変化するために起こる、即ち、リポ蛋白の流速依存性濃縮・枯渇現象によるものであるとの全く新しい考えに基づいて理論および実験の両面より研究を進めている⁽¹²⁾。平成9-10年度

の2年間では、我々が提唱している上記の仮説を実証するための理論的検討、培養血管細胞を用いたモデル実験、および慢性動物実験を行った。その結果は以下のように要約することができる。

[1] コンピュータ・シミュレーションにより動脈のまっすぐな部分について血管壁の水透過性を考慮に入れて定常流および拍動流の条件下でリポ蛋白の半径方向の濃度分布および管軸方向の管壁表面における濃度分布を求め、これらにおよぼすレイノルズ数、壁せん断速度、および水透過速度などの影響について検討した。その結果、血管壁が血漿に対して透過性を有することに起因する一種の濾過作用により、図1および2に示したように血管内壁表面上でリポ蛋白の濃縮が起これ、そのリポ蛋白の壁面濃度は、流れが遅く、リポ蛋白分子のサイズが大きく、管壁における水透過速度が大きいほど、そして図3に示したように血管に沿って下流に行くほど高くなることが判った^(12,18)。

[2] 理論解析により示唆された血管内壁表面上におけるリポ蛋白の流速依存性濃縮・枯渇現象が血管内皮上で起こることを実証するための試みの一つとして、多孔質フィルター上に播種培養したウシ大動脈由来内皮細胞の単層を平行平板型流路の壁の一部となるように装着し、リポ蛋白の懸濁液を用いて流れの実験を行い、内皮細胞単層表面上におけるリポ蛋白の濃度によって変化する細胞単層よりの水の透過速度を測定することによりリポ蛋白の壁面濃度におよぼす流速 (壁せん断速度) の影響について検討した。その結果、図4に示したように水透過速度が壁せん断速度の

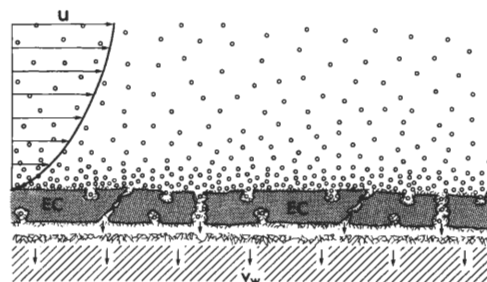


図1. リポ蛋白の流速依存性濃縮・枯渇現象の模式図

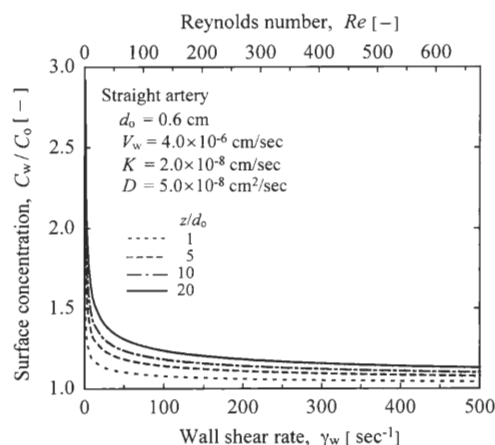


図2. リポ蛋白の壁面濃度におよぼす壁せん断速度およびレイノルズ数の影響

大きさに応じて可逆的に変化し、これを灌流液中におけるリポ蛋白の濃度と水透過速度との関係を用いると水透過速度とリポ蛋白の濃度との関係に変換することができ、壁せん断速度が小さいほどリポ蛋白の壁面濃度が高くなることが判った。また、血漿蛋白のうちでも分子量が大きく、従ってサイズの大きいリポ蛋白の方が分子量およびサイズの小さいアルブミンよりも濃縮現象が顕著に現れることが判った。これらの結果により、リポ蛋白の流速依存性濃縮・枯渇現象が血管内皮表面上で起こることを実験的に確認することができた^(12,14,19,20)。

(b) 移植した人工血管の管壁における水透過速度と内膜肥厚との関係に関する研究

上記 (a) の理論解析の結果、管壁における水透過速度が大きいほど血管内壁表面上におけるリポ蛋白濃度が高くなることが判り、このことより水透過速度の大きい人工血管ほど内膜肥厚が進行する可能性があることが示唆された。そこで水透過速度が極端に異なる3種類の人工血管をイヌの総頸動脈に移植し、それを移植後数週から1年の期間に取り出し、管壁における水透過速度および形成された偽内膜の厚みを測定した。その結果、いずれの人工血管においても水透過速度は移植後1～2ヶ月程度でホスト動脈における値に近い値まで低下し落着くが、偽内膜の厚みに関しては血管内壁表面上におけるリポ蛋白の濃度が高くなっていると予測されるところの水透過速度の大きい人工血管ほど厚くなる傾向があることが判った^(3,9)。

(c) 落球式血液粘度計の開発に関する研究

血液の粘度を測定する方法として、定常流を利用した回転型粘度計が一般に使用されているが、この方法により得られる血液の粘度は測定開始からの経過時間およびせん断速度（回転速度）の大きさによって異なった値を示し、普遍的な値を得ることができない。そこで、静置した液体中をゆっくりと自然落下する微小固体球の終末速度を測定し、それをもとにして球の表面に作用しているせん断速度およびせん断応力を算出して液体試料の粘度を求める新しい方法、すなわち「落球式粘度測定法」に関して理論的に検討した。同時に、超音波エコーを利用した粒子速度測定装置を作製し、これを用いて試験管に採取した水あめ、油、高分子物質の水溶液、およびヒトの血液試料中を自然落下する直径1mm前後のポリスチレン球の速度を実測して実験的にも検討を行った。その結果、この方法により、水あめや油などのニュートン流体の場合にはもちろんのことながら、高分子物質の水溶液や血液のような非ニュートン流体の場合でも、測定開始からの経過時間にも、また、せん断速度の大きさにも影響を受けない、液体の普遍的な物性値としてのレオロジー定数を求めることが可能であり、特に本法によりフィブリノーゲンの存在下で赤血球集合体の形成により起こる血液粘度の異常性を従来の回転型粘度計よりも感度良く検出できることが判った⁽⁴⁾。

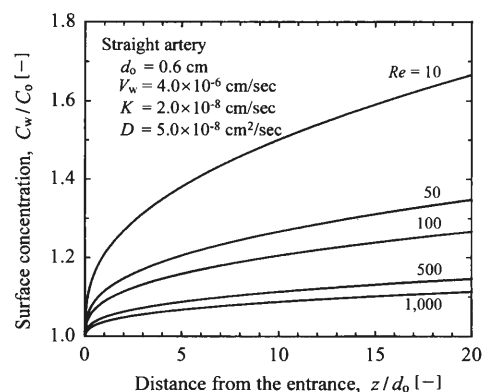


図3. リポ蛋白の壁面濃度と入り口からの距離との関係

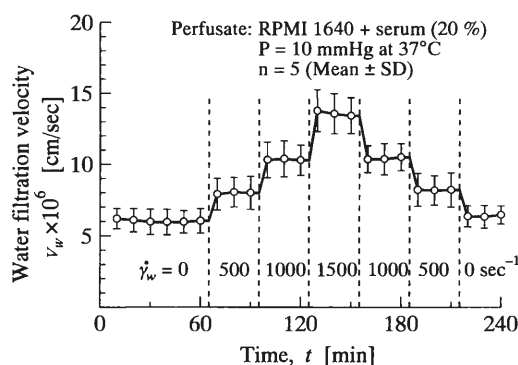


図4. 培養血管内皮細胞単層における水透過速度におよぼす壁せん断速度の影響

今後の研究の展望

血管病の発病ならびに局在化機構として我々が考えているところの血管内壁表面上におけるリポ蛋白の流速依存性濃縮・枯渇現象について、さらに理論および実験の両面より研究を推進し、この現象が生体血管においても起こっていることを実証したいと考えている。その為に、実際の生体血管の湾曲部、分岐部、および各種吻合部の3次元形状を計測してコンピュータに取り込み、それについて、生理的条件下における流れおよび管壁表面上におけるリポ蛋白の濃度分布を計算して求め、透明化した血管で得られる流れおよび病変の好発部位に関する実験的データと比較検討するとともに、共焦点レーザー顕微鏡を用いて血管内皮表面上におけるリポ蛋白の濃度分布を実測したり、内皮細胞によるリポ蛋白の取り込みおよび血管壁構成細胞の増殖や衰退に及ぼす流れおよび水透過速度の影響について検討する予定である。

研究業績

1. 学術論文

- 1) Barakat, A. I., Karino, T. and Colton, C. K.: "Microcinematographic studies of flow patterns in the excised rabbit aorta and its major branches", *Biorheology*, 34 (3): 195-221 (1997)*
- 2) 内貴猛、川口学、狩野猛:「弁無し拍動流ポンプの開発に関する研究」、『日本機械学会論文集 (C編)』、

- 63 (607): 46-51 (1997)*
- 3) 鶏内雅司、狩野猛、石坂高英:「異なる水透過速度を有する人工血管の移植後の水透過速度と内膜の厚さについて」、『電子情報通信学会技術研究報告』、MBE 97-27: 17-23 (1997)
 - 4) 狩野 猛、江口陽子:「液体の流動特性を求めるための新手法(落球式粘度測定法)」、『日本機械学会講演論文集』、No.96-48: 107-108 (1997)
 - 5) 内貴猛、杉山博信、狩野猛:「血管内皮細胞による巨大分子の取り込みに及ぼす血清濃度およびせん断速度の影響」、『日本機械学会講演論文集』、No.96-48: 145-146 (1997)
 - 6) 和田成生、狩野猛:「血管狭窄部非定常流れにおける低密度リポ蛋白分子の輸送に関する数値シミュレーション」、『日本機械学会講演論文集』、No.96-48: 147-148 (1997)
 - 7) 和田成生、鶏内雅司、狩野猛:「外膜を剝離した家兎総頸動脈の管壁における水透過速度と組織構造の変化」、『電子情報通信学会技術研究報告』、MBE 98-33: 51-57 (1998)
 - 8) 平野繁樹、佐藤淳一、和田成生、狩野猛:「分岐管における懸濁粒子の分配におよぼす粒径、管径、および流量の影響」、『日本機械学会講演論文集』、No.98-1: 567-568 (1998)
 - 9) Kaichi, M., Karino, T. and Ishizaka, T.: "Water filtration velocity and intimal thickness at the wall of artificial vascular grafts implanted in the dog common carotid artery", *Proceedings of The Fifth Japan-USA-Singapore-China Conference on Biomechanics*, 38-39 (1998)
 - 10) 坂井友幸、内貴猛、狩野猛:「培養血管内皮細胞の物質取り込みにおよぼすせん断流れの影響」、『日本機械学会講演論文集』、No.98-3: 257-258 (1998)
 - 11) 梶屋睦、和田成生、狩野猛:「端々吻合を施したイヌ大動脈内の血流とリポ蛋白輸送の数値シミュレーション」、『日本機械学会講演論文集』、No.98-2: 179-180 (1998)
 - 12) 狩野猛、和田成生、内貴猛:「血管病の局在化機構に関する一仮説—血管内皮表面上におけるリポ蛋白の流速依存性濃縮・枯渇現象」、『日本機械学会講演論文集』、No.98-3: 261-262 (1998)
 - 13) 和田成生、梶屋睦、狩野猛:「実形状に基づいて計算された血管内壁面上におけるリポ蛋白濃度と内膜肥厚の好発部位との関係」、『日本機械学会講演論文集』、No. 99-3: 392-393 (1999)
 - 14) Naiki, T., and Karino, T.: "Visualization of flow-dependent concentration polarization of macromolecules at the surface of a vascular endothelium by means of fluorescence microscopy", *ASME BFD-Vol.42*: 289-290 (1999)
 - 15) Wada, S. and Karino, T.: "Relationship between wall shear stress and surface concentration of lipoproteins calculated for a multiple bend of the human right coronary artery", *ASME BFD-Vol. 42*: 735-736 (1999)
 - 16) Wada, S., Iwai, T. and Karino, T.: "Optical measurements of the concentration profile of macromolecules at the luminal surface of a semipermeable vessel wall", *ASME BFD-Vol.42*: 653-654 (1999)
 - 17) Wada, S., Iwai, T. and Karino, T.: "Optical monitoring of the concentration profile of submicron latex particles in flow through a translucent water-permeable tube", *SPIE Proceeding Series*, Vol.3740: 191-194 (1999)
 - 18) Wada, S. and Karino, T.: "Theoretical study on flow-dependent concentration polarization of low density lipoproteins at the luminal surface of a straight artery", *Biorheology*, 36 (3): 207-223 (1999)*
 - 19) Naiki, T., Sugiyama, H., Tashiro, R. and Karino, T.: "Flow-dependent concentration polarization of plasma proteins at the luminal surface of a cultured endothelial cell monolayer", *Biorheology*, 36 (3): 225-241 (1999)*
 - 20) Naiki, T. and Karino, T.: "Flow-dependent concentration polarization of plasma proteins at the luminal surface of a semipermeable membrane", *Biorheology*, 36 (3): 243-256 (1999)*
- ### 3. 著書
- 1) 狩野猛:「ステント型人工血管の血流に及ぼす影響」、55-64(松本昭彦:『ステント型人工血管のすべて』、中外医学社、東京) (1999)
- ### 4. 招請講演
- 1) 狩野猛:「血小板の凝集および壁付着に及ぼす流れの影響」、第37回日本エム・イー学会大会、倉敷 (1998)
 - 2) 狩野猛:「ヒトの脳動脈、冠動脈、および大動脈におけるフローパターンと動脈硬化の好発部位との関係」、第37回日本エム・イー学会大会、倉敷 (1998)
 - 3) Wada, S. and Karino, T.: "The effect of flow patterns on the surface concentration of LDL in vessels of various geometry", Third World Congress of Biomechanics, Sapporo (1998)
- ### 5. 発表件数
- | | 平成9年度 | 平成10年度 |
|------------|-------|---------|
| 学術論文数 | 9 (8) | 15 (11) |
| 国際学会発表件数 | 2 | 4 |
| 国内学会発表件数 | 7 | 10 |
| 研究会等での発表件数 | 6 | 7 |

適応制御研究分野

教授 河原剛一（北大院、工博、1995.7～）
助教授 中村孝夫（北大院、工博、1995.10～）
助手 山内芳子（山形大院、工修、1995.4～）
院生 佐藤秀臣（D3）、佐藤泰雅（M2）、小森啓安（M1）、斎藤健太（M1）、斎藤宗孝（M1）

研究目標

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。そのシステムは、環境に対する適応性および可塑性を有する柔軟なシステムであり、それぞれが別個の機能目的を持った複数のサブシステムから構成されている。また、マクロ的生体システムの機能的最小構成単位は細胞であるが、分化を終えた個々の細胞はそれぞれが固有の遺伝子表現型を持ち、細胞独自の機能達成のための制御情報処理機構を有するマイクロシステムとして捉えられる。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、生物におけるマクロ的制御情報処理機構を解明すると共に、マクロシステム動作の基盤である細胞レベルでのミクロ的制御情報処理機構の解明し、それらの医学・工学への応用を目指している。

研究成果

(a) グルタミン酸神経毒性とニューロン・グリア間相互作用に関する研究

脳が虚血に陥ると、興奮性アミノ酸であるグルタミン酸の細胞外濃度が上昇する。グルタミン酸は神経伝達物質の一つであるが、非生理的な濃度では神経毒性を有することが知られている。本研究では、ニューロンとアストロサイトの共培養系を実験対象とし、グルタミン酸によるニューロン死のメカニズムの解明と、ニューロン死におけるニューロン・アストロサイト間相互作用の機能的意義の解明を目指した。その結果、グルタミン酸のニューロン毒性には NMDA 受容体の賦活とニューロン内 Ca^{2+} ホメオスタシスの破綻が関与していること、およびそれ自体ではニューロン毒性を持たない低濃度のグルタミン酸負荷によっても、アストロサイトのグルタミン酸トランスポーターを阻害することによってニューロン死が誘導されることが分かった^(11,12,17)。この結果は、生理的条件下における脳内では、アストロサイトが細胞外の余剰なグルタミン酸を細胞内に取り込むことによって、グルタミン酸毒性からニューロンを防御している可能性を示唆している。

(b) 心筋細胞アポトーシスの誘導とその細胞内シグナル伝達機構に関する研究

冠血流の途絶、すなわち心筋虚血は心筋細胞傷害を引き起こす。虚血による心筋細胞死は従来、典型的な細胞壊死（ネクローシス）と考えられてきた。しかし最近、虚血性心

筋細胞傷害にはネクローシスに加えて、能動的な細胞の自殺と考えられているアポトーシスの関与が次第に明らかにされてきた。心筋細胞アポトーシス機構の解明は、心筋梗塞の予防や心不全の予後改善といった臨床的な意義ばかりではなく、多細胞生物体において分化に伴い細胞分裂能を喪失した細胞の死の意味の理解など、生命現象の本質に迫り得る。本研究では、新生ラット心筋細胞の分散培養系を実験対象とし、心筋細胞アポトーシスの誘導とそのシグナル伝達機構の解明を目指した。その結果、新規タンパク質の合成を阻害するだけで心筋細胞にアポトーシスを誘導できること、およびその細胞死にはカスパーゼ-3の活性化が関与していることなどを明らかにできた（国際論文誌に投稿中）。この結果は、心筋細胞のアポトーシスの実行に遺伝子の転写・翻訳による新規なタンパク質の合成が不要であることを示唆しており、従来のアポトーシスの概念に修正を迫る重要な知見である。

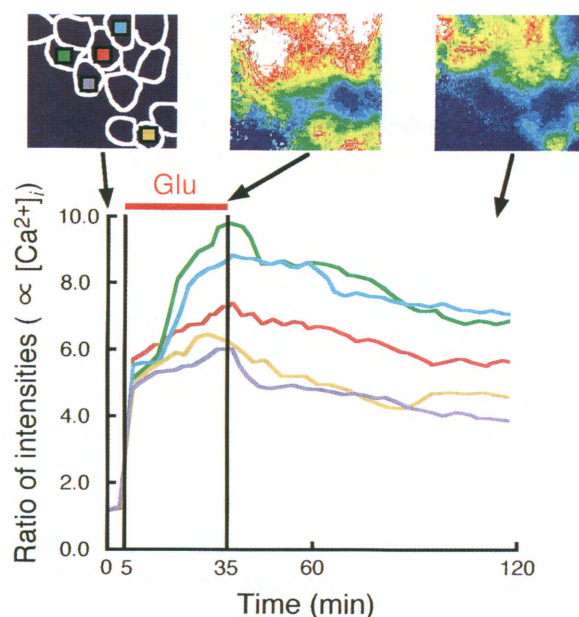


図1. グルタミン酸負荷による神経細胞内カルシウムイオン濃度の変化

(c) 心筋細胞拍動リズムのゆらぎと非線形ダイナミクスに関する研究

単離した個々の新生ラットの培養心筋細胞は自発的な拍動を示し、数理的には非線形自励振動子としての性質を持つ。本研究は、複数の心筋細胞から成る分散培養系を、非線形自励振動子間相互作用とリズムゆらぎおよびダイナミクスとの関連を解析するための、最も単純化した実験モデルとして捉えたものである。この培養系を実験対象とした解析の結果、培養初期には互いに独立であった心筋細胞群の拍動リズムが培養日数の増加とともに同期すること、そしてその同期化に伴って拍動リズムの静的なゆらぎが減少すること、および心筋細胞間のギャップ結合を薬理的に阻害することで同期が崩れ、リズムゆらぎも増大することが

分かった^(4,15)。これらの結果は、心筋細胞集塊の拍動ダイナミクスが同期した分散振動子群における単一のリミットサイクル振動子と見なせることを示唆すると共に、リズムゆらぎと非線形振動子間相互作用との関連に関する新規な知見を与えた。

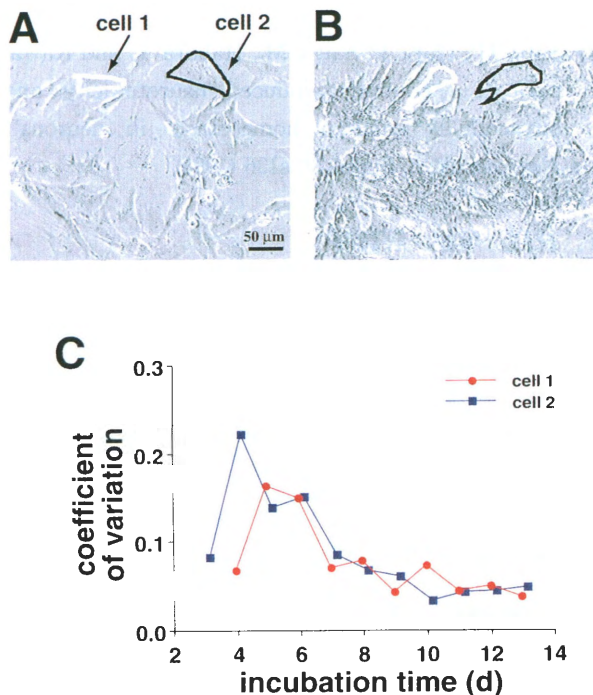


図2. 培養心筋細胞拍動リズムゆらぎの培養日数に伴う変化

(d) 幻肢感覚の神経機序に関する研究

交通事故などで四肢の一部を失った場合、存在していない四肢に感覚が定位される、いわゆる幻肢感覚 (phantom sensation) がある期間持続する。幻肢現象は古代からその存在が知られてきたにもかかわらず、その発生機序に関しては未だ明確ではない。本研究では、下腿切断患者を対象として、幻肢神経機序の解明と幻肢現象と運動機能再建との関連を明らかにすることを目指した。その結果、幻肢誤局在地図が義肢装着前後で変化すること、幻肢誤局在が下腿筋の走行に密接に関連していること、および幻肢感覚には深部感覚受容器が関与していることが分かった⁽⁹⁾。これらの結果は、幻肢誤局在地図は固定された地図ではなく、感覚入力によって変化する可塑性を有していること、および幻肢感覚－運動機能連関の存在を示唆している。

(e) 末梢筋組織糖代謝の神経制御機構に関する研究

運動時には末梢筋における糖の取り込みが著しく増加するが、この現象は血漿インスリン濃度や血流量の増加だけでは説明が不可能である。本研究では麻酔ラットを実験対象とし、末梢筋糖代謝制御における神経系の関与とその神経機序の解明を目指した。ラット後肢の座骨神経に電気刺激を加えることによって、後肢筋の強縮性収縮を誘発すると、刺激開始直後にホルモン系や血行動態の変化を伴わ

ない血糖値の有意な低下が認められ、この低下には末梢を起源とする中枢神経系を介したフィードバック神経制御機構が関与していることを明らかに出来た⁽¹⁾。また、このフィードバックループの遠心路は筋交感神経である可能性が推定されたために、強縮性筋収縮時における筋交感神経活動の変化を解析したところ、それが有意に増加することが分かった^(2,6)。これらの結果は、運動時における末梢筋糖代謝への神経系の関与を初めて明確に示したものである。さらに、フィードバック神経制御機構の一部が本研究で解明されたことにより、インスリンに依らない糖尿病の新規な治療法の開発にも繋がり、その臨床的意義も多大である。

今後の研究の展望

生体においては、最小機能単位である最下位階層の細胞から、組織、器官そして個体といった上位階層の秩序を自己組織化によって構築していると共に、上位のマクロ的秩序がより下位の階層の機能を制御しているという際だった特徴が存在する。それ故、機能発現の細胞レベル・遺伝子レベルでのミクロ的理解に加えて、そのマクロ的・システム論的理解も重要であり、それらの統合的研究は今後の生命科学において極めて重要になると考えている。今後は、本研究分野の研究目標を「生体機能発現機構のマクロおよびマイクロシステム論的理解とその工学・医学応用」とし、短期的には以下の課題について重点的に研究を行う。

1. ニューロンおよび心筋細胞の分化・脱分化とアポトーシス制御機構
2. 心筋細胞拍動リズムの非線形ダイナミクスと細胞機能
3. 運動時末梢筋糖代謝の中枢制御神経機構

研究業績

1. 学術論文

- 1) Nakamura, T., Kawahara, K., Kusunoki, M., Hara, T. and Minejima, I.: "Involvement of the nervous system in the control of glucose uptake in contracting hindlimb muscle in the rat", *Hormone and Metab. Res.*, 29: 593-598 (1997)*
- 2) 下野真博、中村孝夫、河原剛一、楠正隆、原努:「末梢筋収縮時糖代謝亢進に伴う筋交感神経活動の変化」、『電子情報通信学会技術報告』、MBE 97-29: 31-34 (1997)
- 3) Nakamura, T., Shimono, M., Kusunoki, M., Minejima, I., Hara, T. and Kawahara, K.: "Concomitant change in muscle sympathetic nerve activity with temporary decrease in blood glucose level during hindlimb-muscle contraction in rats", *Neurosci. Res.*, Suppl.21, S284 (1997)
- 4) 山内芳子、原田明彦、中村孝夫、河原剛一:「培養心筋細胞の拍動リズムゆらぎと非線形振動子間相互作用」、『第12回生体生理工学シンポジウム論文集 (東京)』: 145-148 (1997)

- 5) 中村孝夫、下野真博、楠正隆、峰島一朗、原努、河原剛一：「収縮開始時の末梢筋糖吸収亢進に伴う筋交感神経活動の変化」、『第12回生体生理工学シンポジウム論文集（東京）』：273-276（1997）
 - 6) Nakamura, T., Shimono, M., Kusunoki, M., Minejima, I., Hara T. and Kawahara, K.: "Muscle sympathetic nerve activity (MSNA) changes concomitantly with temporary decrease in blood glucose during muscle contraction in rats", *J. Auton. Nerv. System (Proc. Inaugural Cong. of Internat. Soc. Auton. Neurosci. (Cairns))*, 65, 92 (1997)
 - 7) Nakamura, T., Kawahara, K., Kusunoki, M., Shimono, M., Hara, T. and Iminejima, I.: "Possibility of the nervous system as one of the non-insulin mediated controllers for muscle glucose uptake", *Proc. 9th ICBME (Singapore)*, 731-732 (1997)
 - 8) Hara, T., Kusunoki, M., Tsutsumi, K., Okada, K., Sakamoto, S., Ohnaka, M., Nakamura, T., Miyata, T., Nakayama, K., Fukatsu, A., Kato, K., Kakumu, S. and Nakaya, Y.: "A lipoprotein lipase activator, NO-1886, improves endothelium-dependent relaxation of rat aorta associated with aging", *Eur. J. Pharmacol.*, 350: 75-79 (1998)*
 - 9) 畠山善幸、河原剛一、沢田雄二、横串算敏、成田寛志：「幻肢誤局在を呈した下腿切断の一例」、『日本義肢装具学会誌』、14：217-222（1998）*
 - 10) 山内芳子、中村孝夫、河原剛一：「鶏胚心拍リズムゆらぎの発生に伴う変化」、『電子情報通信学会技術報告』、MBE 98-26：1-6（1998）
 - 11) 堀淳二、佐藤秀臣、古林与志安、長嶋和郎、葉原芳昭、河原剛一：「ニューロン・グリア共培養系における細胞外グルタミン酸負荷による神経細胞死」、『電子情報通信学会技術報告』、MBE 97-154：79-84（1998）
 - 12) 佐藤秀臣、堀淳二、葉原芳明、河原剛一：「ニューロン・グリア共培養系における細胞内カルシウム上昇によるニューロン死」、『電子情報通信学会技術報告』、MBE 98-27：7-12（1998）
 - 13) Nakamura, T., Shimono, M., Kusunoki, M., Minejima, I., Hara, T. and Kawahara, K.: "Neuromuscular control of glucose uptake in contracting skeletal muscle", *Proc. 3rd WCB (World Cong. Biomech.) '98 (Sapporo)*: 264 (1998)
 - 14) 中村孝夫、楠正隆、原努、河原剛一：「マイクロニューログラム法によるラット座骨神経内交感神経活動の計測」、『第13回生体生理工学シンポジウム論文集（金沢）』：31-34（1998）
 - 15) 山内芳子、佐藤泰雅、中村孝夫、河原剛一：「単離心筋培養系を用いた生体振動子のゆらぎとダイナミクスの解析」、『第13回生体生理工学シンポジウム論文集（金沢）』：433-436（1998）
 - 16) Nakamura, T., Kusunoki, M., Hara, T. and Kawahara, K.: "Microneurography for the measurement of muscle sympathetic activity in the sciatic nerve of anesthetized rats", *Proc. 4th Cong. FAOPS (Fed. Asian & Ocean. Physiol. Soc.) and 2nd Cong. FAONS (Fed. Asian-Ocean. Neurosci. Soc.) (Brisbane)*: 213 (1998)
 - 17) Sato, H., Hori, J., Saito, M., Habara Y. and Kawahara K.: "Glutamate-induced neurotoxicity and intracellular calcium homeostasis in neurons", *Neurosci. Res.*, Suppl.22: s136 (1998)
- ## 2. 総説、解説、評論等
- 1) 河原剛一：（解説）「生体リズムゆらぎの機能的解釈」、『BME』、11：66-74（1997）
 - 2) 中村孝夫：（解説）「末梢筋収縮時糖代謝の神経制御に関する研究」、『電子科学研究』、5：92-93（1997）
 - 3) 楠正隆、水野宏、中村孝夫、原努、榊原文彦、福沢嘉孝、須賀敬、各務伸一：（解説）「医工学治療からみた未来の医療機器に望むこと」、『BME』、12：14-19（1998）
- ## 4. 招請講演
- 1) 河原剛一：「生体リズムのゆらぎとダイナミクス：機能的意味と将来の展望」、第6回近畿生体ゆらぎ研究会、大阪（1997）
 - 2) 河原剛一：「単離培養心筋における心拍の生成ダイナミクスとゆらぎ」、心血管系のバイオシグナリング機能制御研究会、札幌（1997）
 - 3) 河原剛一：「中枢神経系におけるリズム生成器の統御：マクロシステムとマイクロシステム」、公開シンポジウム「ホメオスタシスの現在」、東京（1998）
 - 4) Kusunoki, M., Hara, T., Sakakibara, F., Yajima, M., Asai, K., Usui, K., Iriyama, A., Yamanouchi, K., Nakamura, T., Kakumu, S., and Storlien, L.: "The novel lipoprotein lipase (LPL) activating compound NO-1886 improves insulin sensitivity in high-fat fed NIDDM model rats", 58th Scientific Sessions of Am. Diabetes Assoc., Chicago, U.S.A. (1998)
 - 5) 河原剛一：「心筋細胞および神経細胞の培養系実験モデルを用いた研究の現状と展望」、東工大資源化学研究所セミナー、東京（1999）
- ## 5. 発表件数
- | | 平成9年度 | 平成10年度 |
|------------|-------|--------|
| 学術論文数 | 7 (3) | 7 (5) |
| 国際学会発表件数 | 2 | 4 |
| 国内学会発表件数 | 7 | 10 |
| 研究会等での発表件数 | 3 | 4 |

電子情報処理部門

研究目的

情報処理論と生体情報学を基礎にして、状況に応じて推論し判断する生体機能を解明し、人間の脳のように柔軟性のある電子情報処理システムの構築を目的としている。



情報数理研究分野

教授 西浦廉政（京大理院、理博、1995.4－）

助教授 小林 亮（京大理院、数理科学博、1995.4－）

助手 柳田達雄（総研大、学術博、1995.6－）

講師 飯間 信（京大理院、理博、1998.4－1999.3）
（研究機関研究員）

院生 上田肇一（D1）、横井研介（D1）、大山義仁（M2）、瀬川知彦（M2）、永宮正規（M2）、村山弘之（M2）、斉藤尚史（M1）、佐々木務行（M1）

研究目標

人間を含めた自然の営みを理解する方法は様々であるが、本研究分野は計算機の中に小自然を作り、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でもいうべきものである。対象は一般に複雑かつ大自由度系であるが、具体的な実体に基づきつつも、それにとらわれない普遍的構造を取り出すを試みる。平成9、10年度においては自己複製ダイナミクス、粉粒体の相分離、雲の生成と崩壊、結晶成長における Grain boundary のダイナミクスの解明を主に目標においた。

研究成果

(a) 結晶成長と Grain boundary

Phase field model をベクトル化することにより、同時多核凝固による多結晶の形成過程を記述するモデルを構成し、そのシミュレーションを行った。さらに多結晶形成後の Grain boundary（粒界）の運動を記述するモデルも構成した（図1）。このモデルは数学的には無限大の拡散性を通して non-local な相互作用が微分方程式に導入され、facet を持つ結晶成長のモデルになるとともに、非線形半群理論の1つの重要な応用例ともなっている（[11]、[13]）。



図1. 多結晶の成長。複数の結晶の種から出発し、phase field model に組み込まれた異方性によりいくつかの異なる方向に伸びる結晶を表す。界面は秩序変数のある等高線に対応する。この結晶界面がぶつかったところから grain boundary が形成される。

(b) 高次元 Turing パターンと Microstructure

Turing パターンは反応拡散系における最も基本的なパターンであり、それは活性・抑制系において拡散比の違いによって生み出される。この拡散比の違いを利用して、界面ダイナミクスを含む様々な特異極限法が開発され発展している。空間1次元ではこの特異極限において有限サイズの Turing パターンが得られるが、同じ極限でも高次元では全く異なり、「安定」な Turing パターンは Microstructure（微細構造）となることが明らかにされた（[4]）。これは複数の空間スケールが共存することを示しており、見たい構造ととり得るスケールの微妙な関係を示唆している。

(c) 自己複製パターン

自分と同じものを自己再生していくというのは生物の1つの基本様式であるが、非線形化学反応系においてもそのような自己複製パターンを示すものが90年代に入り、実験的及び数値的にその存在が示された（図2参照）。このダイナミクスを駆動している数理的機構は何であろうか？ 自己複製パターンが本質的に遷移ダイナミクスであることがこの疑問に答えることをを難しくしているが、大域的分岐理論の立場から間欠性を生み出す構造が階層的に連なり、自己複製パターンはこれらを次々と経めぐる軌道であることが明らかにされた（[5]、[6]）。極限点の階層構造と呼ばれるこの大域構造は普遍的な視点の1つを与えている。それは自己複製パターンのみならず、ある秩序から別の秩序へと次々とうつろひゆくダイナミクスを一般に理解できる視点である。

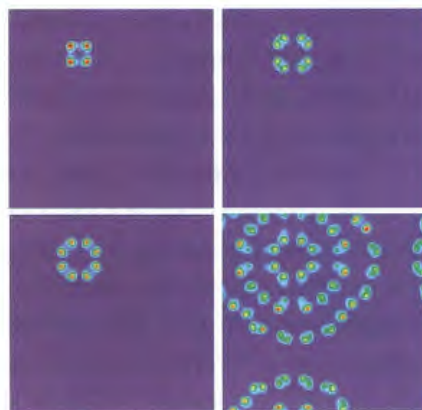


図2. 自己分裂パターン。4つの島から出発し、次々とまわりに広がりながら分裂していく様子を表す。全域に広がった後、パラメータの値により周期的な定常状態に落ち着く場合と部分的に島が消滅と生成を繰り返す時空カオスとなる場合がある。

(d) 粉粒体の相分離のシミュレーション

粉粒体は一般的にサイズ、質量、摩擦係数などの違いにより分離することが知られている。その典型的な例として円筒中の2種の粉体は回転により径方向分離（radial segregation）、軸方向分離（axial segregation）、粗視化の3

過程からなる。この粉体分離の数値モデルをセルラ・オートマトン (CA) を用いてモデル化し、シミュレーションによりはじめて回転円筒中の粉体分離の3過程を包括的に再現することができた ([9]、[12])。

(e) 雲のパターン形成と生成崩壊のダイナミクス

雲は非常に複雑な形態を持つが、その物理的な起源は明らかではない。この多様な形態を生成する雲の動力学をモデル化し、いかなる状況 (パラメータ領域) でどのような雲が形成されるかを調べた。このモデルを用いた広範囲のパラメータ空間におけるシミュレーションの結果、地表温度と水蒸気量の変化に応じて積雲、積乱雲、層雲、層積雲と雲形態が変化することが分かった (図3) ([8])。



図3. シミュレーションによって得られた典型的な雲のパターン。地表温度と湿度変化により定性的に異なる四種 (層雲・積雲・積乱雲・層積雲) 形態が出現する。パラメータを大域的に調べることでこれらのパターンの相図が得られている。

今後の研究の展望

複雑なダイナミクスも実は単純な少数自由度のものが駆動しているという考えは中心多様体をはじめとする様々な縮約理論によりその有効性は示され、ミニマルモデルを構成するときの指針でもある。一方、そのようにして得られたミニマルモデルですら自由度が大きい系では成果の所でも述べたように実に多様で複雑なダイナミクスを示す。このことは単にそれらを部品とみなして組み合わせることにより、全体を理解しようとする接近法に限界があることを示唆している。局所と大域の相互作用、連続と離散の狭間、遷移ダイナミクスの役割など、まだ多くのことが十分に理解されておらず、現在それらを融合し、統一的に理解する方法はまだない。今後は計算機の中に単純な種から出発して徐々に複雑な小自然を作り出し、進化的な観点からの理解を試みる構成的手法や、複雑なダイナミクスを生み出す organizing center としての特異点の発見とその解析などが重要となってくると考えられる。

研究業績

1. 学術論文

- 1) Nishiura, Y., and Suzuki, H.: "Asymptotic configuration of stationary interfacial patterns for reaction diffusion systems" *AMS/IP Studies in Math.*, 3: 333-348 (1997)*
- 2) Kokubu, H., Mischaikow, K., Nishiura, Y., Oka, H., and Takaishi, T.: "Connecting Orbit Structure of

Monotone Solutions in the Shadow System" *J. Diff. Eq.*, 140 (2): 309-364 (1997)*

- 3) Ohnishi, I., and Nishiura, Y.: "Spectral comparison between the second and the fourth order equations of conservative type with non-local terms" *Japan J. Ind. Appl. Math.*, 15 (2): 253-262 (1998)*
- 4) Nishiura, Y., and Suzuki, H.: "Nonexistence of Higher Dimensional Stable Turing Patterns in the Singular Limit" *SIAM J. Math. Anal.*, 29 (5): 1087-1105 (1998)*
- 5) Nishiura, Y., and Ueyama, D.: "A hidden bifurcational structure for self-replicating dynamics" *ACH-Models in Chemistry*, 135 (3): 343-360 (1998)*
- 6) Nishiura, Y., and Ueyama, D.: "A skeleton structure of self-replicating dynamics" *Physica D*, 130: 73-104 (1999)*
- 7) Ohnishi, I., Nishiura, Y., Imai, M., and Matsushita, Y.: "Analytical solutions describing the phase separation by a free energy functional containing a long-range interaction term" *Chaos*, 95: 1187-1220 (1999)*
- 8) Yanagita, T., and Kaneko, T.: "Modelling and Characterization of Cloud Dynamics" *Phys. Rev. Lett.*, 78: 4297-4301 (1997)*
- 9) Yanagita, T.: "A Three-Dimensional Cellular Automaton Model of Segregation of Granular Materials in a Rotating Cylinder" *Phys. Rev. Lett.*, 82: 3488-3491 (1999)*
- 10) Kobayashi, R. and Giga, Y.: "Equations with Singular Diffusivity", to be published in *J. Stat. Phys.*
- 11) Kobayashi, R., Warren, J. A. and Carter, W. C.: "Vector-valued Phase Field Model for Crystallization and Grain Boundary Formation", *Physica D*, Vol.119, 415-423 (1998)*
- 12) Ueda, K., Kobayashi, R. and Yanagita, T.: "Segregation of Granular Materials in a Rotating Tube", *Proceedings of the 2nd Tohwa University International Meeting, Statistical Physics*, eds. M. Tokuyama and I. Oppenheim, World Scientific, pp.141 (1998)
- 13) Kobayashi, R., Warren, J. A. and Carter, W. C.: "Mathematical Models for Solidification and Grain Boundary Formation", *ACH-Models in Chemistry*, Vol.135, 287-295 (1998)*

2. 総説、解説、評論等

- 1) Imai, H., Shinohara, Y., Natori, M., Zhou, W., Ohnishi, I., and Nishiura, Y.: "Numerical simulation of free boundary problems in quadruple precision arithmetic explicit schemes" 数理解析研究所講究録 989: 18-30 (1997)

- 2) 西浦廉政：格子力学系の最近の進展、Shui-Nee Chow and John Mallet-Paret, 応用数理 7 (4) : 29-38 (1997) (翻訳)
- 3) 西浦廉政：極限点の整列階層構造と自己複製パターン、数理科学 6月号 : 13-20 (1998)
- 4) 飯間信、柳田達雄：「はばたきによる推進の動的メカニズム」、(京都大学 数理解析研究所講究録 (複雑流体の数理))、(1999)

3. 著書

- 1) 西浦廉政：非線形問題 1 - パターン形成の数理 -、岩波講座「現代数学の展開」7 : 1-279 (1999)

4. 招請講演

- 1) Nishiura, Y.: "Asymptotic vs transient dynamics in nonlinear dissipative systems", Int. Conf. on Asymptotic in Nonlinear Diffusive Systems-towards the understanding of singularities in dissipative structures-, Tohoku Univ., (Sendai, 1997-7).
- 2) Nishiura, Y.: "Self-replicating dynamics in reaction diffusion systems", Variational Methods and Mathematical Phenomena, Keio Univ., (Yokohama, 1997-9).
- 3) Nishiura, Y.: "A skeleton mechanism of self-replicating dynamics", Complex Chemical Dynamics in Polymer Matrices and Nonlinear Dynamics in Chemistry and Biology, (Budapest, 1997-9).
- 4) Nishiura, Y.: "Edge of folding points and self-replicating dynamics", Workshop on Singularities Arising in Nonlinear Problems, Kobe Institute, (Kobe, 1997-11).
- 5) Nishiura, Y.: "Hierarchy structure of folding points leads to self-replicating dynamics", Center for Theoretical Sciences, 清華大学、Taiwan (Hsinchu, 1997-12).
- 6) Nishiura, Y.: "Asymptotic and transient dynamics in pattern formation in dissipative systems", Series lectures at "Summerschool Spatio-temporal Patterns" held at Twente University, the Netherlands, June 2-6, (Twente, 1998-6).
- 7) Nishiura, Y.: "On self-replicating dynamics in reaction-diffusion systems", Seminaire Equations aux Derivees Partielles Non Lineaires, Universite Paris-Sud, France, June 11, (Paris, 1998-6).
- 8) Nishiura, Y.: "A skeleton dynamics of self-replicating patterns", Rahmen des Oberseminars (Nichtlineare Dynamik), Free University Berlin, June 16, (Berlin, 1998-6).
- 9) 西浦廉政：「反応拡散系における自己複製と自己崩

壊」、日本応用数学会、オーガナイズドセッション「複雑現象の数理に向けて」(オーガナイザー：相澤洋二)、早稲田大学 (Tokyo, 1998-9).

- 10) Nishiura, Y.: "On some distinguished singular limits of reaction-diffusion systems", Conference on Nonlinear Differential Equations and Numerical Analysis, Nov.4-6, 1998, National Center for Theoretical Sciences, Tsing Hua Univ., Taiwan (Hsinchu, 1998-11).
- 11) Nishiura, Y.: "A dynamical structure of self-replicating patterns", Workshop on Singularities arising in nonlinear problems 1998, (Kyoto, 1998-11).
- 12) Nishiura, Y.: "Self-replication and self-destruction in reaction diffusion systems", Workshop on Fronts, Patterns and Pulses in Reacting Systems, Lefschetz Center for Dynamical Systems, Brown Univ., (Providence, 1999-2).
- 13) Yanagita, T.: "Phase diagram of cloud morphology", The 5-th International Symposium Strategies for Complex Systems -Constructive and Descriptive Approaches- Hayama Japan, (1999)
- 14) Kobayashi, R.: "Mathematical Models for Solidification and Grain Boundary Formation", Workshop on "Complex Chemical Dynamics in Polymer Matrices and Nonlinear Dynamics in Chemistry and Biology", Budapest, (1997)
- 15) Carter, W. C., Kobayashi, R. and Warren, J. A.: "Incorporating Crystallography into Phase Field Models", Gordon Conference on Physical Metallurgy, (1998)
- 16) Warren, J. A., Carter, W. C. and Kobayashi, R.: "Phase Field Modeling of Grain Boundary Formation" TMS Symposium in Honor of John Cahn's 70th Birthday, Rosemont, (1998)
- 17) Kobayashi, R.: "Mathematical Model of Grain Boundary Using Singular Diffusivities", Sapporo Symposium on Anisotropic Effects in a Crystal Growth Problem and its Mathematical Analysis, Sapporo, (1999)
- 18) Iima, M.: "A 2D flapping-flight model and the breakdown of dynamical symmetry", Conference on Utsurohi-yukumono — In memory of Masaya Yamaguti — , Sapporo, (1999)

5. 発表件数

	平成 9 年度	平成10年度
学術論文数	8 (4)	9 (1)
国際学会発表件数	5	4
国内学会発表件数	7	5
研究会等での発表件数	3	4

神経情報研究分野

教授 下澤橋夫 (北大院、理博、1988.10～)
助教授 水波 誠 (九大院、理博、1993.4～)
助手 馬場欣哉 (岡山大院、学博、1991.4～)
講師 西野浩史 (岡山大院、学博、1996.8～1998.3)
(研究機関研究員)
講師 松本幸久 (岡山大院、学博、1998.10～)
(研究機関研究員)
技官 土田義和
院生 岡田龍一 (D 3)、佐倉 緑 (D 2)、村上 準
(D 2)、山崎吉之 (D 2)、山口一郎 (M 2)、
塚田 慎 (M 2)、土屋博行 (M 1)

研究目標

神経系は、自然が長い淘汰を通して創り上げた情報処理装置である。この地球上には二通りの脳が出現した。一つは我々脊椎動物の、 10^{12} 個以上の神経細胞を使った巨大脳 (Megalobrain)、もう一つは、たかだか 10^6 個の神経細胞からなる昆虫などの微小脳 (Microbrain) である。昆虫も連合学習やコミュニケーションの能力を持ち、ミツバチのように社会構造すら作り出して、我々と同じ世界を生き抜いている。

本研究分野は、昆虫の神経系の構造と動作を細胞レベルで調べ、神経細胞から脳を創り上げる原理の解明を目指している。微小脳の研究は、この物理世界で可能な「もう一つの情報体」の設計原理を教えてくれる。物理学/化学/数学は「この世界は何で出来ているか」を、生物学は「この世界にはどんな設計が有り得るか」を教えてくれる。

研究成果

(a) 昆虫の機械受容器の一つ、コオロギの気流感覚毛の運動をレーザドプラ速度計で測り、その機械設計を決定した。Stokes の粘性理論を適用して、感覚毛を支えるバネの強さ、内部抵抗、毛の慣性率を逆算し、これらの機械量が長さで明確なアロメトリーを持ち、サイズの異なる感覚毛全体で二桁以上の周波数範囲をカバーする感覚器アレイを構成することを明らかにした⁽¹⁻³⁾ (図 1)。

(b) コオロギ気流感覚細胞のエネルギー閾値は、常温における分子 1 個の熱揺動エネルギー kT ($\approx 4 \times 10^{-21}$ J) 程度であることを明らかにした。気流感覚細胞が反応する最低の刺激強度と感覚毛を支えるバネの内部抵抗から、刺激の一周周期に空気から感覚細胞へ渡される機械エネルギーを求めた。機械受容器は、フォトン 1 個を検出できる視細胞よりさらに 100 倍のエネルギー感度を持ち、熱雑音に曝されていることを示した⁽⁴⁾。

(c) コオロギ気流感覚細胞は、分子の熱揺動に由来する内部雑音を利用して検出感度を向上させ、閾値下の微弱な信

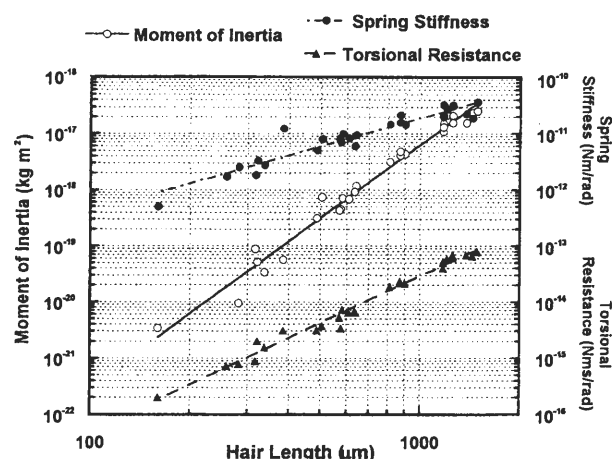


図 1. コオロギ気流感覚毛の機械量の長さ依存性⁽¹⁾。一つの母細胞から分かれた 3 つの娘細胞、すなわち毛を作る細胞、ばねを作る細胞、機械エネルギーを吸収する感覚細胞、が統一のとれた設計プランに従って感覚毛の機能を実現することがわかる。

号を検出できることを明らかにした。二つの気流感覚細胞を同時に細胞内記録し、パルス発火の揺らぎの相関を調べた。感覚細胞は発火閾値を内部雑音より高く設定して内部雑音への応答をさせているが、雑音のエネルギーによって確率的に閾値を越えて独立に発火する。閾値下であっても共通した信号があると、中枢に送られるパルス列の発火タイミングの変動に共分散成分がのる Stochastic resonance の状態にあることを示した⁽⁵⁾。

(d) 昆虫の脳にはキノコ体とよばれる高次連合中枢がある。ワモンゴキブリを材料とした脳の微小破壊実験と新たに考案した学習実験パラダイムにより、昆虫のキノコ体が場所記憶に関わることを始めて明らかにした⁽⁶⁾。さらに、自由行動中のワモンゴキブリのキノコ体出力ニューロンの活動を埋め込みワイヤ電極法を用いて解析し、出力ニューロンのなかに特定の行動の開始に先行して発火するものを見出して、キノコ体が運動の高次制御に関わることを明らかにした⁽⁷⁾。

(e) ワモンゴキブリのキノコ体の細胞構築を渡銀染色法およびゴルジ染色法で詳細に調べ、キノコ体が約 30 の構造単位 (モジュール) から成ることを明らかにした (図 2)^(8,9)。また、キノコ体を構成する内在ニューロンには 4 つのサブクラスがありそれぞれ別々のモジュールを形成していることも明らかにした⁽¹⁰⁾。さらに細胞内記録・染色法、コバルト注入法、免疫組織化学法により、キノコ体の入力ニューロンや出力ニューロンを同定した⁽¹¹⁻¹³⁾。

(f) コオロギの腹部末端にある一対の感覚器官 (尾葉) への気流刺激に対して引き起こされる行動を観察し、強い刺激に対しては逃避行動が、弱い刺激に対しては無視、攻撃、逃避などの行動が特定の確率で出現することを明らかにし

た⁽¹⁴⁾。

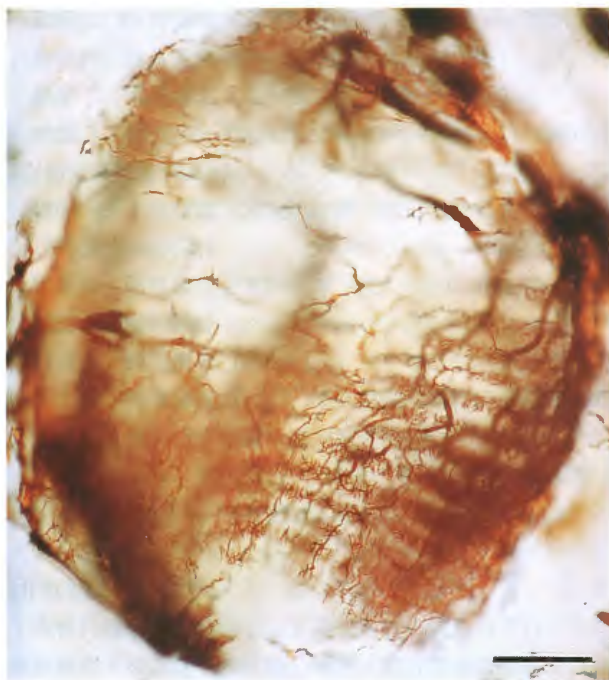


図2. ワモンゴキブリキノコ体 α 葉(連合学習や行動制御の中
枢)のスラブ構造(ゴルジ染色)。20万本の繊維の束(透
明になっている)の輪切りの中に、出力ニューロンがス
ラブの幅に対応して分節化(モジュール)した樹状突起
を広げて信号を集める⁽¹⁰⁾。

今後の研究の展望

機械感覚器は、感度向上の末に熱揺動雑音に出合っている。しかし、雑音は単なる邪魔物ではなく、閾値素子を複数個並べて無相関性を逆手に取ると、閾値以下の微弱信号を検出できる。実際に熱雑音に曝されている感覚細胞の動作の情報論的取り扱いを進めたい。細胞内における kT レベルのエネルギー変換の絶対計測法を開発し、分子の熱揺動と同程度の信号の増幅機構の解明を通して、常温で動作する情報体としての生物の設計原理に迫りたい。

気流によって引き起こされる行動の神経機構を明らかにするため、感覚神経の特性、介在神経による気流情報の符号化、神経回路の非線形同定をすすめる。

匂い学習に伴うキノコ体の内在ニューロンや出力ニューロンの活動の変化について電場電位記録法や細胞内記録法を用いて解析し、匂い記憶の形成に果たすキノコ体の役割を明らかにする。研究材料として、ワモンゴキブリのほか新たにクロコオロギを導入する。

研究業績

1. 学術論文

- 1) Shimozawa, T., Kumagai, T. and Baba, Y.: “Structural scaling and functional design of the cercal wind-receptor hairs of cricket”, *J. Comp. Physiol. A*, 183: 171-186 (1998)*
- 2) Kumagai, T., Shimozawa, T. and Baba Y.: “Mobil-

ities of the cercal wind-receptor hairs of the cricket, *Gryllus bimaculatus*”, *J. Comp. Physiol. A*, 183: 7-21 (1998)*

- 3) Kumagai, T., Shimozawa, T. and Baba, Y.: “The shape of wind-receptor hairs of the cricket and cockroach”, *J. Comp. Physiol. A*, 183: 187-192 (1998)*
- 4) 下澤楯夫、村上準: 「昆虫の神経系は熱雑音をも利用して感度を上げている」、『電子科学研究』6: 85-89(1998)
- 5) 村上準、熊谷恒子、下澤楯夫: 「昆虫気流感覚細胞の感度向上に寄与する内部雑音の独立性」、『電子情報通信学会技術報告』、MBE 97-149: 43-50 (1998)
- 6) Mizunami M., Weibrecht J. M. and Strausfeld N. J.: “Mushroom bodies of the cockroach: Their participation in place memory”, *J. Comp. Neurol.* 402: 520-537 (1998)*
- 7) Mizunami M., Okada R., Li Y. and Strausfeld N. J.: “Mushroom bodies of the cockroach: The activity and identities of neurons recorded in freely moving animals”, *J. Comp. Neurol.* 402: 501-519 (1998)*
- 8) Mizunami M., Iwasaki M., Okada R. and Nishikawa M.: “Topography of modular subunits in the mushroom bodies of the cockroach”, *J. Comp. Neurol.* 399: 153-161 (1998)*
- 9) Mizunami M., Iwasaki M., Okada R. and Nishikawa M.: “Topography of four classes of Kenyon cells in the mushroom bodies of the cockroach”, *J. Comp. Neurol.* 399: 162-175 (1998)*
- 10) Mizunami M., Iwasaki M., Nishikawa M. and Okada R.: “Modular structures in the mushroom body of the cockroach”, *Neurosci. Lett.* 229: 153-156 (1997)*
- 11) Nishino H. and Mizunami M.: “Giant input neurons of the mushroom body: intracellular recording and staining in the cockroach”, *Neurosci. Lett.* 246: 57-60 (1998)*
- 12) Nishikawa M., Nishino H., Mizunami M. and Yokohari F.: “Function-specific distribution patterns of axon terminals of input neurons in the calyces of the mushroom body of the cockroach, *Periplaneta americana*”, *Neurosci. Lett.* 245: 33-36 (1998)*
- 13) Yamazaki Y., Nishikawa M. and Mizunami M.: “Three classes of GABA-like immunoreactive neurons in the mushroom body of the cockroach”, *Brain Res.* 788: 80-86 (1998)*
- 14) Baba, Y. and Shimozawa, T.: “Diversity of motor responses initiated by a wind stimulus in the freely moving cricket, *Gryllus bimaculatus*”, *Zool. Sci.*, 14: 587-594 (1997)*

2. 総説、解説、評論等

- 1) 下澤楯夫：「昆虫気流感覚毛の機械設計の計測と解析」、『日本機械学会 [No.98-8 I] 機械力学・計測制御講演論文集』Vol.A：1-4 (1998)
- 2) 下澤楯夫、熊谷恒子：「昆虫気流感覚毛の機械設計の解析」、『日本音響学会誌』54 巻 3 号：245-253 (1998)
- 3) 水波誠：「昆虫の脳「微小脳」におけるモジュール構造」、『脳 21』、Vol.1、No.3、79-85 (1998)
- 4) 西野浩史、酒井正樹：「動物の死にまね行動—そのしくみと機能」、裳華房、『生物の科学・遺伝』49：33-39 (1998)

3. 著書

- 1) 水波誠：「昆虫の記憶と学習」(分担執筆)、『行動生物学』66-67、青木清編、朝倉書店、東京、(1997)

4. 招請講演

- 1) Shimozawa T., Kumagai T. and Baba Y.: “Mechanical design of wind-receptor hair of cricket”, *International Symposium on the Mechanics of Plants, Animals and Their Environments: Integrative Perspectives*, Santa Barbara, California, (1998)
- 2) 下澤楯夫、村上準、熊谷恒子：「神経系は熱雑音をも利用する」、第 21 回日本神経科学・日本神経化学合同大会ミニシンポジウム「微小脳」、東京、(1998)
- 3) 下澤楯夫：「昆虫気流感覚毛の機械設計の計測と解析」、日本機械学会 Dynamics and Design Conference '98 特別講演、札幌、(1998)
- 4) 下澤楯夫：「昆虫の気流感覚器：その機械設計の解析」、日本音響学会平成 9 年度秋季研究発表会特別講演、札幌、(1997)
- 5) 水波誠：「昆虫の記憶中枢のモジュール構造：哺乳類の脳皮質との比較」、日本神経科学学会、仙台、(1997)
- 6) 水波誠、岡田龍一：「昆虫の脳のキノコ体における感覚—運動統合」、日本動物学会成茂シンポジウム、広島、(1998)

5. 発表件数

	平成 9 年度	平成10年度
学術論文数	6 (0)	13 (2)
国際学会発表数	3	12
国内学会発表数	18	16
研究会等での発表件数	5	7

信号処理研究分野

教授 永井信夫（北大理、工博、1980.8～）
助教授 鈴木正清（北大院、工博、1996.5～）
助手 真田博文（北大院、博（工）、1993.7～）
講師 松田晃一（北大院、博（理）、1996.11～1999.3）
（研究機関研究員）
講師 小栗栖修（北大院、博（理）、1997.4～1997.9）
（研究機関研究員）
講師 照屋保（北大院、博（理）、1997.10～1998.3）
（研究機関研究員）
技官 鎌田清春（1964.4～）
院士 浅倉邦彦（D1）、津久井陽司（D1）、加藤 修
（M2）、木村 励（M2）、ムジハントコ・チャ
トル・W（M2）、津田一樹（M1）、斎藤秀一
（M1）、三谷雅城（M1）、林 曉冬（M1）

研究目標

次世代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電子波伝搬の解析・設計理論の構築を目指している。波動を記述する方程式の類似性から、分布定数回路理論に基づいた等価回路を導出し、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安定で、汎用性のある、波動伝搬現象のシミュレーション手法の研究を行っている。さらに、複数信号源の同時定位のための信号処理手法を開発している。特に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、鯉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取り組んでいる。

研究成果

(a) 電子波伝搬の複素等価回路表現と回路理論の概念の導入に関する研究

電子波伝搬を表す等価回路に虚数抵抗を用いることにより、従来不可能と考えられていたヘテロ界面の境界条件を表す等価回路表現、2バンドモデル方程式、3バンドモデル方程式の等価回路表現を示した。これによって、これまで回路理論に従う取扱いができなかった界面行列を必要とするGaAs系以外の超格子、あるいは伝導帯の極小点間のmixingを考慮する必要がある場合、Resonant Interband Tunneling構造における電子や正孔の挙動を回路論的に取扱うことを可能とした^{1),4)}。

(b) 電子波伝搬の時間域解析のための回路モデルに関する研究

2バンドモデル方程式とDirac方程式が形式的に一致することを指摘し、電子波の時間域解析のためのウェーブディジタルフィルタモデルを提案した。また、Transmis-

sion Line Matrix法を電子波の時間域シミュレーションに応用することを提案した。これらの手法は従来の手法と比較して、数値的安定性、境界条件の扱い、アルゴリズムの容易さの点で優れていることを示した^{5),9)}。

(c) 量子現象を電子回路に利用するための量子回路理論

デジタル信号処理の手法を量子力学に導入し、量子力学に時間的考慮を行った。それにより、量子力学を利用した超高速スイッチには従来の共鳴トンネル効果を利用したものでは不十分であることを明らかにし、新しい回路構造の必要性を示した⁶⁾。

(d) 複数信号源の信号数検出法に関する研究

複数の信号が重畳された多チャネル信号から重畳信号数を検出するための新しい手法を提案した。本手法は、重畳信号数を仮定した観測信号モデルの最大尤度の確率的性質に基づき、検出確率を指定して評価基準を定めるものであり、従来の情報量基準では信号数の検出が困難なサンプルデータが少ない場合にも適用可能である。また、センサアレイ信号処理では、マルチパス等により生ずるコヒーレント信号の場合、到来信号数の検出には到来方位の推定が必要になり、多変数の非線形最適化問題を解く必要があるため、一般に計算量が膨大となる。本研究では、等間隔直線アレイの規則性を利用し、効率的な繰り返し算法を提案した^{2),3)}。

(e) 鯉の自動追尾システムの開発に関する研究

鯉の回帰行動のメカニズムを解明するために、ボートによる鯉を自動追尾するシステムを開発している。鯉を追尾するために、鯉に小型発信器を埋め込み、発信器からのバースト波を処理して鯉の位置を定位する。本研究では、バースト波の処理手法を開発し、その性能をシミュレーションによって見積った。その結果、1 bit サンプリングによって、十分な推定精度が得られることが分かった⁸⁾。

今後の研究の展望

電子波伝搬の複素等価回路に関する研究では、多バンドモデル等の複雑なバンド構造に関して、多線条線路理論の導入を試みている。電子波の時間発展のための回路モデルの研究では、非相反な現象を記述できる一般化伝送線路を利用し、磁場の効果を表現できる回路モデルについて検討している。さらに、線幅 $0.1\mu\text{m}$ 以下の半導体中における電子波の伝搬や、屈折率の異なる薄膜を周期的に用いた光フィルタなどは、古典回路理論の影像パラメータ理論が有効と考えられ、また、波動関数を電圧とする方法も有効と考えられる。

高い分解能を与えるが膨大な計算を必要とする最大尤度法について、分解能、推定精度を下げずに効率化する。コヒーレント信号の小数観測データを対象にした、信号数検出のための評価基準を考案する。鯉の自動追尾システムに

ついては、追尾システムの作成とフィールド実験の段階に入る。

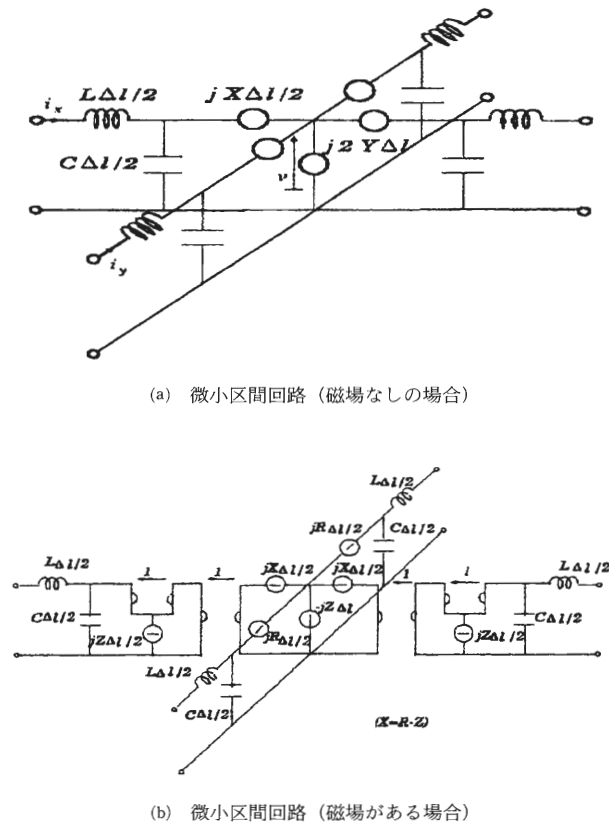


図1. 電子波伝搬のための分布回路モデル

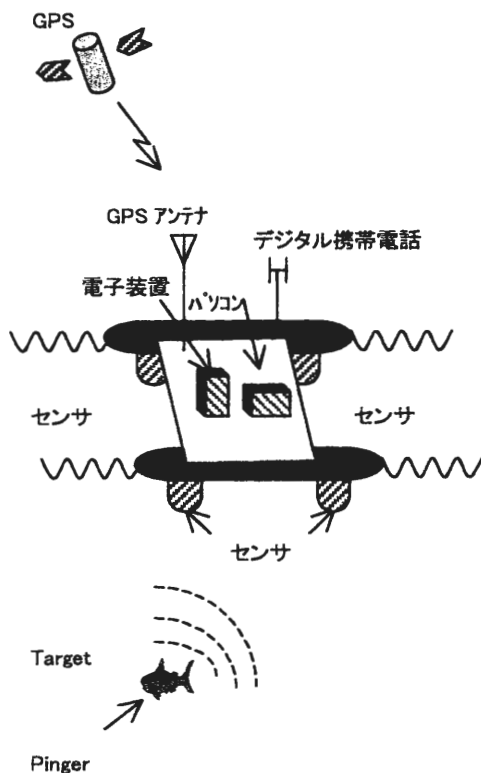


図2. 水中音源の自動追尾システムの概念図

研究業績

1. 学術論文

- 1) H. Sanada, M. Suzuki and N. Nagai: Analysis of Resonant Tunneling Using the Equivalent Transmission-Line Model, IEEE Journal of Quantum Electronics, vol.33, 5, May. 1997.*
- 2) 北川文基、鈴木正清、永井信夫：最大尤度の統計量に基づく信号数検出のための評価関数、信学技報、CAS 97-1 (1997)
- 3) 鈴木正清、北川文基、永井信夫：コヒーレント信号の信号数検出のための効率的算法、信学技報、CAS 97-2 (1997)
- 4) 真田博文、鈴木正清、永井信夫：Kane モデルで記述される量子力学系の複素等価回路表示、信学技報、CAS 97-14 (1997)
- 5) 津久井陽司、真田博文、鈴木正清、永井信夫：ディラック方程式の複素等価回路を利用した波束の時間発展シミュレーション、信学技報、CAS 97-15 (1997)
- 6) 永井信夫、真田博文、鈴木正清：量子回路理論—量子現象を電子回路に利用するために—、第10回 回路とシステム 軽井沢ワークショップ 論文集、Bd3-1-3 (1997)
- 7) 真田博文、鈴木正清、永井信夫：Resonant Interband Tunneling 構造の複素等価回路表示、電子情報通信学会論文誌、C-II, Vol.J81-C-II, 4, pp.421-429 (1998. 4)*
- 8) チャトル W.、鈴木正清、鎌田清春、永井信夫：鮭の自動追尾システムにおける方位推定のための信号検出法、平成10年度電気関係学会北海道支部連合大会 30、(1998)
- 9) 加藤修、真田博文、鈴木正清、永井信夫：“TLM 法による量子力学的波動の時間域解析”、平成10年度電気関係学会北海道支部連合大会 228、(1998)

2. 総説、解説、評論等

- 1) 永井信夫：(解説)電子回路に量子力学を —量子現象の電子回路への応用—、電気学会誌、Vol.117、No.8、pp.536-539 (1997)
- 2) 永井信夫：(総説)学際的研究への期待 —電子科学研究の立場から—、Journal of signal processing, 1-1, 6 (1997)
- 3) 鈴木正清、永井信夫：(解説)センサアレイを用いる最大尤度方位推定法、電子科学研究、5、14-22 (1997)
- 4) 永井信夫：(総説)21世紀の回路理論に思う、Journal of signal processing, 2-1, 6-12 (1998)
- 5) 永井信夫：(解説)量子力学と信号処理 第1回、Journal of signal processing, 2-1, 25-34 (1998)
- 6) 永井信夫：(解説)量子力学と信号処理 第2回、Journal of signal processing, 2-2, 111-120 (1998)
- 7) 永井信夫：(解説)量子力学と信号処理 第3回、

Journal of signal processing, 2-3, 194-203 (1998)

- 8) 永井信夫：(解説) 量子力学と信号処理 第4回、
Journal of signal processing, 2-4, 276-285 (1998)
- 9) 永井信夫：(解説) 量子力学と信号処理 第5回、
Journal of signal processing, 2-5, 337-346 (1998)
- 10) 永井信夫：(解説) 量子力学と信号処理 第6回、
Journal of signal processing, 3-1, 15-24 (1999)
- 11) 永井信夫：(解説) 量子力学と信号処理 第7回、
Journal of signal processing, 3-2, 99-108 (1999)

4. 招請講演

- 1) 永井信夫：古典的回路理論とその量子力学への応用、
電子情報通信学会 回路とシステム研究会、信学技報、
CAS 97-16 (1997)

5. 発表件数

	平成9年度	平成10年度
学術論文数	7 (6)	1 (1)
国際学会発表件数	0	0
国内学会発表件数	22	18
研究会等での発表件数	6	0

感覚情報研究分野

教授	伊福部達（北大院、工博、1989.4～）
講師	井野秀一（北大院、工博、1995.10～）
助手	上見憲弘（北大院、工博、1995.10～） 和田親宗（北大院、工博、1996.4～）
技官	永井謙芝
院生	奈良博之（D3）、青木直史（D2）、高木哲史（D2）、敦賀健志（D2）、渡辺哲也（D2）、 陸健（D1）、小林有希子（M2）、斉藤 幹（M2）、李乙松（M2）、赤井亮仁（M1）、奥村与志照（M1）

研究目標

ヒトの認知機能や運動機能を解析する基礎研究を基に、衰えたり失った感覚や手足を補助・代行する支援機器を設計し、得られた知見や技術を人工現実感やロボティクスに応用する。さらに人工現実感やロボティクスの要素技術を支援機器の開発に活かし、機器を現場で使用してまだ問題があれば再び基礎研究に戻るというループを描きながら福祉工学（Assistive Engineering）のための技術体系を構築する。具体的には、この方法論を「聴覚と発声」、「体性感覚と運動機能」および「空間知覚と平衡機能」に関する支援機器の設計に適用する。現場を重視し、産・官の協力を得ながら、実用器の開発を目指して研究を進める。

研究成果

(a) 聴覚と発声に関する研究成果

(1) 九官鳥の発声音の解析研究からヒントを得て、呼吸情報を利用して抑揚を制御できる人工喉頭を開発した。我が国で平成10年度に1000台が製品化され(図1)、海外でも使用できる道を拓いた。この研究に関連して「ゆらぎ」を考慮した自然性の高い高品質の音声分析合成アルゴリズムを開発した。



図1. 抑揚を制御できる電気式人工喉頭（ユア・トーン）

(2) また、音声合成器を利用した視覚障害者のための画面読み上げソフト(図2)を開発し、3000台が製品化された。

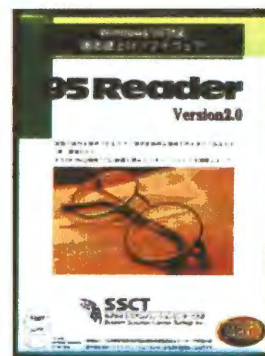


図2. 視覚障害者対応画面読み上げソフトウェア（95リーダ）

(3) 各種感覚代行のための廉価・低消費電力の振動子マトリクス（4×16）を開発した(図3)。



図3. 感覚代行のための廉価・低消費電力型振動子マトリクス

(b) 体性感覚と運動機能に関する研究成果

(1) 水素吸蔵合金（MH）を利用した高出力・高柔軟性・無音・低消費電力などの機能を有するMHアクチュエータが実用化段階に入った。MHアクチュエータを利用して、立ち上がりや着座動作の解析研究を基礎にした移乗介助機器(図4)の試作に成功した。



図4. 水素吸蔵合金（MH）を利用した移乗介助装置

(2) また、各種運動機能の訓練リハビリ機器のための小型MHアクチュエータを開発した(図5)。テレイグジステン・ロボットやリハビリ機器のための人工触覚や触覚ディスプレイを試作した。

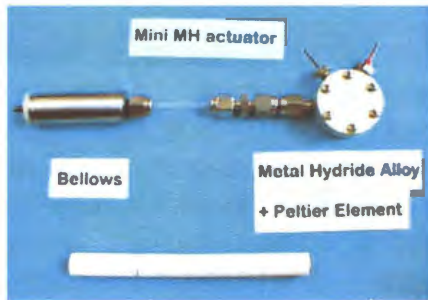


図5. 各種リハビリ機器のための小型 MH アクチュエータ

- (3) テレイグジステンス・ロボットやリハビリ機器のための人工触覚や触覚ディスプレイを試作した（図6）。



図6. テレイグジステンス型ロボットハンド

- (c) 空間知覚と平衡機能に関する研究成果

- (1) 複合現実感（MR）システム研究所の札幌分室（図7）で進められてきた共同研究の結果から、HMD（頭部搭載型ディスプレイ）や直視ディスプレイを介して4時間にわたる3次元映像を見せても視覚機能に異常が認められなかったことを確認した。
- (2) 左右に移動する縞模様などによって生じる自己運動感覚を定量化するとともに、その感覚を制御できたことから、VR酔い（動揺病）を軽減する方法が提案した。



図7. MRシステム研究所札幌分室で進められているMR刺激の人体影響に関する実験の様子

- (3) 作業環境に呈示された仮想物体の奥行き知覚は理論値よりも手前になり、それを補正する方法を見出すとともに、仮想物体に触れたときに触覚フィードバックを与えると奥行き知覚が極めて正確になることなどを明らかにした。

今後の研究の展望

- (a) 「聴覚と発声」に関する支援研究としては、昨年度開発した廉価・低消費電力の振動子マトリクス（図2）を利用して、小型触覚ボコーダの製品化を行う。また、医療福祉機器研究所で進められている失語症在宅リハビリシステム開発研究と連動してそのシステムの評価を行う。
- (b) 「体性感覚と運動機能」に関する支援研究としては、触感を決める要因を探るとともに、触覚ディスプレイおよび小型MHアクチュエータを開発し、繊細な動きを実現できるようにリハビリ機器を試作する。
- (c) 「空間知覚と平衡機能」に関する支援研究としては、MR刺激の人体へ及ぼす影響を評価するとともに、MRによる感覚統合を利用した平衡機能訓練のためのリハビリ機器の開発を目指す。

研究業績

1. 学術論文

- 1) Ifukube, T.: "A Study on Tele-Existence of the Tactile Sense", *Journal of Robotics and Mechatronics*, 9 (3): 197-202 (1997)*
- 2) Wakisaka, Y., Muro, M., Kabutomori, T., Takeda, H., Shimizu, S., Ino, S. and Ifukube, T.: "Application of Hydrogen Absorbing Alloys to Medical and Rehabilitation Equipment", *IEEE Trans. on Rehabilitation Engineering*, 5 (2): 148-157 (1997)*
- 3) Shimizu, T., Ino, S., Tsuruga, T., Ifukube, T., Wakisaka, Y. and Izumi, T.: "Evaluation of New Force Display using Metal Hydride Alloy", *Journal of Robotics and Mechatronics*, 9 (1): 14-23 (1997)*
- 4) Tanaka, T., Takeda, H., Izumi, T., Ino, S., and Ifukube, T.: "Age-related changes in postural control associated with location of the center of gravity and foot pressure", *Physical & Occupational Therapy in Geriatrics*, 15 (2): 1-14 (1997)*
- 5) Miyoshi, S., Sakajiri, M., Ifukube, T. and Matsushima, J.: "Evaluation of the Tripolar Electrode Stimulation Method by Numerical Analysis and Animal Experiments for Cochlear Implants", *Acta Otolaryngol*, 532: 123-125 (1997)*
- 6) Matsushima, J., Miyoshi, S., Sakajiri, M., Uemi, N., Ifukube, T. and Sakai, N.: "Evaluation of implanted tinnitus suppressor based on tinnitus stress test", *International tinnitus journal*, 3: 123-132 (1997)*
- 7) Aoki, N. and Ifukube, T.: "The generation of waveform fluctuations for the enhancement of the quality of sustained vowels", *IEEE Information, Proceedings of Communications, and Signal Processing*, 998-1002 (1997)*
- 8) 井野秀一、伊福部達、和田親宗、敦賀健志、泉隆、田中敏明:「触覚の材質感呈示システムのための基礎的

- 研究」、『電気学会論文誌 C 分冊』、117 (8) : 1062-1068 (1997)*
- 9) Ifukube, T.: "From sensory substitute technology to virtual reality research", *Artificial Life Robotics (Invited Article)*, 4 (2), 145-150 (1998)*
- 10) Ifukube, T., Ino, S., Uemi, N. and Wada, C.: "One basic research approach for assistive technology in Japan", *Computers and Assistive Technology, ICCHP '98*, 499-508 (1998)*
- 11) Aoki, N. and Ifukube, T.: "Fractal modeling of fluctuations in the steady part of sustained vowels for high quality speech synthesis", *IEICE Trans. Fundamentals*, E81-A (9): 1803-1810 (1998)*
- 12) Tanaka, T., Takeda, H., Izumi, T., Ino, S. and Ifukube, T.: "Effects on the Center of Gravity and Foot Pressure Contribution to Standing Balance Associated with Aging in Healthy Adults", *Journal of Human Movement Studies*, 34: 233-253 (1998)*
- 13) 敦賀健志、井野秀一、佐藤満、伊福部達、泉隆、田中敏明、室正彦、脇坂裕一：「高齢者のための移乗介助機器開発を目的としたヒトの動作パターンに関する研究」、『電気学会論文誌 A 分冊』、118 (3) : 239-244 (1998)*
- 14) Watanabe, T., Okada, S. and Ifukube, T.: "Development of a GUI screen reader for blind persons", *Systems and Computers in Japan*, 29, 13: 18-27 (1998)*

2. 総説、解説、評論等

- 1) 伊福部達：(解説)「バーチャル・リアリティが切り拓く新技術体系」、『研究、技術、計画』、12 (1/2) : 26-31 (1997)
- 2) 伊福部達：(解説)「認知科学への新しいアプローチ」、『科学基礎論研究』、25 (1) : 1-7 (1997)
- 3) 伊福部達：(解説)「マルチメディア時代における医療・福祉支援技術」、『電子情報通信学会誌』、80 (8) : 822-829 (1997)
- 4) 伊福部達：(解説)「ライフサポートにおける福祉工学の役割」、『ライフサポート学会誌』、9 (1) : 1-8 (1997)
- 5) 伊福部達：(解説)「聴覚障害者に対する各種福祉工学デバイスの特徴と適応」、『日本 ME 学会雑誌』、11 (4) : 34-42 (1997)
- 6) 伊福部達：(解説)「人の感覚の代用どこまで」、『電子情報通信学会誌』、81 (2) : 154-159 (1998)
- 7) 伊福部達：(解説)「感覚代行方式」、『日本 ME 学会雑誌 BME』、13 (2) : 8-13 (1999)
- 8) Ifukube, T.: (解説) "The 3 rd Annual Conference of the Virtual Reality Society of Japan", *Science & Technology in Japan*: 2-8 (1998)

3. 著書

- 1) 伊福部達：(単著)『音の福祉工学』、(コロナ社 東京)、250 頁 (1997)
- 2) 伊福部達：(分担執筆)「*気配"を探る」、辻三郎：『感性の科学－感性情報処理へのアプローチ』：88-93 (サイエンス社 東京) (1997)

4. 招請講演

- 1) 伊福部達：「認知科学への新しいアプローチ」基礎科学学会大会、1997.6 (札幌)
- 2) 伊福部達：「福祉の家」日本 ME 学会秋季大会、1997.11 (横浜)
- 3) Ifukube, T.: "One Basic Research Approach of Assistive Technology in Japan", *Pittsburgh University*, 1998.3 (Pittsburgh)
- 4) 伊福部達：「未来を拓く福祉工学への招待」バイオメカニズム学会大会、1998.12 (札幌)
- 5) 伊福部達：「福祉ロボット」日本ロボット学会大会、1998.12 (札幌)
- 6) 伊福部達：「複合現実感 (MR) を利用した手術における感覚統合の役割と重要性」日本外科学会大会、1999.3 (福岡)

5. 発表件数

	平成 9 年度	平成10年度
学術論文数	16 (4)	11 (3)
国際学会発表件数	4	6
国内学会発表件数	16	40
研究会等での発表件数	13	13

並列分散処理研究分野(客員研究分野)

教授 雀部博之(東京大院、工博、1997.4~1999.3)

研究目標

本研究の目的は、「非平衡状態」下における「空間的秩序」と「時間的秩序」形成に着目し、新しい「時空間機能」という概念の基に、「時空間機能材料」の新しい概念を提案し、わが国における「時空間機能材料」研究プロジェクトの形成を行うことにある。

これまでの材料開発においては、無機・金属・半導体・有機・生体材料などを個別に研究する縦割り型から、それらを横断的に組み合わせた横割り型への展開が盛んとなり、さらにマクロな(巨視的な)複合化から、分子・原子レベルの組織化へと精密化が進んで来た。しかし、これらの研究の目指すところはいずれも分子・原子レベルの集合構造を単に制御することによる材料機能の発現であり、「空間的秩序」の構造制御が主となっていた。言い換えれば、熱力学的に閉じた系での平衡状態における機能を主たる対象とした材料開発であり、開放系の特長である非平衡性が得られた材料の構造や機能発現に直接的に反映されるものではなかった。

自然界に存在する現象、特に生体系における高度な機能の多くは、局所的な物質/エネルギー移動を伴った非平衡過程に支配され、「時間発展」を考慮に入れた開放系として非平衡状態を取り扱うことによって初めて理解されるものである。同様に、次世代の材料開発には、今までの延長上にはない、この新しい「時間的」因子を導入し、「空間的秩序」と「時間的秩序」を制御した機能材料の創製が必要となる。

研究成果

時間的・空間的情報を取り込んだ材料の開発を実現するために、1. 組織構造の発生が時間因子に左右されユニークな構造を生じる材料 2. 時間因子が機能に直結する新規材料、についての研究分野をわが国において積極的に展開すべく、この研究領域を支えて行くであろう萌芽的な研究テーマ・研究グループのサーベアを行った。

具体的には、1997年9月16~17日に理化学研究所にて主催した第1回時空間機能材料研究フォーラム、1998年10月21~22日に北海道大学学術交流会館で共催した電子科学研究所公開シンポジウム(第2回時空間機能材料研究フォーラム)、1990年1月28~29日に札幌市内にて共催した電子科学研究所国際シンポジウムにおいて、国内外の研究者を招き、本研究分野の現状と将来展望・可能性について広く意見交換を行った。

今後の研究の展望

上記の成果を基に、1999年10月より国武豊喜北九州大学教授をグループディレクターとする第二世代フロンティア研究「時空間機能材料研究」が発足するはこびとなった。

グループの研究課題の第一は、散逸構造と呼ばれる非平衡・非線形現象に基づくダイナミックな空間構造に着目し、それらを固定化した階層的な特性をもつ材料を作ることである。さらに階層構造の基本となる分子組織を解明し、自発的パターン・リズム形成のメカニズムを明らかにし、新材料開発につなぐ。第二の課題は、ナノ粒子のトポロジーを制御する手法を開拓し、原子・分子の2次元面における配置ならびにそれを三次元に積層して秩序性の高い材料の設計を可能とすることにある。また、多光子遷移過程の特性解明や材料としての必要条件を見出す。これにより励起子マニピュレーションを実現し、多光子材料開発へと展開する。第三の課題は、量子コヒーレンスの新概念を推進して、量子コンピューティングを実現するために基礎となる量子ドットなどの材料開発、時間・空間コヒーレンスに関わる新現象の解明を行うことにある。これらの研究により(i)散逸構造を利用する微細加工技術、(ii)高度の光エネルギー変換機能をもつ分子デバイス、(iii)多光子過程に基づく高密度メモリーデバイス、(iv)量子コヒーレンス効果に基づく情報処理、などが期待される。

研究業績

1. 学術論文

- 1) Tao, X. T., Zhang, Y. D., Wada, T., Sasabe, H., Suzuki, H., Watanabe, T., Miyata, S.: "Hyperbranched polymers for electroluminescence applications", Adv. Mater. 10, 226-230 (1998)*
- 2) Zhang, Y. D., Wada, T., Wang, L., Sasabe, H.: "Amorphous conjugated carbazole trimers for photorefractive materials", Chem. Mater, 9, 2798-2804 (1997)*
- 3) Tian, M. Q., Sasabe, H.: "Synthesis of unsymmetrically substituted dodecakis (trifluoroethoxy) phthalocyaninato vanadyl complexes", J. Heterocycl. Chem. 34, 171-176 (1997)*
- 4) Nakahara, H., Liang, W., KimuraSuda, H., Wada, T., Sasabe, H.: "Linear and nonlinear optical behaviors of Langmuir-Blodgett multilayers of push-pull tolan derivatives", J. Opt. Soc. Am. B15, 458-465 (1998)*
- 5) Tian, M. Q., Yanagi, S., Sasaki, K., Wada, T., Sasabe, H.: "Syntheses and nonlinear optical properties of nonaggregated metallophthalocyanines.", J. Opt. Am. B15, 846-853 (1998)*

5. 発表件数

	平成9年度	平成10年度
学術論文数	37	27
国際学会発表件数	29	48
国内学会発表件数	32	37
研究会等での発表件数	5	3

助教授 泉 隆（北大院、工博、1997.4～1999.3）

研究目標

人間と機械との間のヒューマンインタフェースに関する研究は古くから行われているが、市販の製品のインタフェースは、高齢者や障害者にとって必ずしも使いやすいものばかりではない。ヒューマンインタフェースを最適化するためには、生体の高次の脳神経系・感覚系・筋運動系などの機能に学ぶ必要がある。

本研究分野では、優れたヒューマンインタフェースを開発するために筋骨格系や感覚系に関する知見を得るための基礎的研究、および障害者のためのリハビリテーション機器などのインタフェースの開発を目的とした応用的研究に取り組んでいる。

研究成果

(a) 肘関節運動の能動的な補助手段に関する研究成果

肘関節は屈曲・伸展の自由度の運動を行なう。この関節を外から動力を与えて補助する手段として外骨格型の装置を提案した(図1)。動力源を組み込む前段階で装置の可動機構の検討を行なうため受動的な装置を試作した。また、試作装置を健常者に装着して肘関節運動に対する追従性の評価を行なった。



図1. 肘関節運動の能動的な補助手段



図2. 手先作業姿勢を支持する補助手段

(b) 筋ジストロフィー者の手先作業姿勢を支持する補助手段に関する研究成果

腕を浮かせて上肢の重量を支えることができない筋ジストロフィー者の手先作業時の姿勢を補助し、動作を行いやす

い肩・肘・手関節角度を作りだす方法を提案した。また、前腕支持部の高さを変えて上肢の姿勢を変化させる装置を試作した(図2)。

今後の研究の展望

筋ジストロフィーの患者の日常の手先作業に着目し、肘関節運動の能動的な補助手段と手先作業姿勢を支持する補助手段について研究成果を得た。今後は、これらの方法を組み合わせることで、作業を行ないやすい姿勢の下で十分な関節トルクを発揮できる実用的な補助手段の構築を目指す。

研究業績

1. 学術論文

- 1) 佐藤満、伊福部達、井野秀一、泉隆、敦賀健志：「身体と柔軟に接触する介助支援機器の可動部コンプライアンス値の設定」、『電気学会論文誌C分冊』、117-C(5)：494-499 (1997)*
- 2) Shimizu, S., Ino, S., Tsuruga, T., Ifukube, T., Wakisaka, Y. and Izumi, T.: Evaluation of New Force Display using Metal Hydride Alloy, Journal of Robotics and Mechatronics, 9 (1): 14-23 (1997)*
- 3) 井野秀一、伊福部達、和田親宗、敦賀健志、泉隆、田中敏明：「触覚の材質感呈示システムのための基礎的研究」、『電気学会論文誌C分冊』、117-C(8)：1062-1068 (1997)*
- 4) Tanaka, T., Takeda, H., Izumi, T., Ino, S., Ifukube, T.: Age-Related Changes in Postural Control Associated with Location of the Center of Gravity and Foot Pressure, Physical & Occupational Therapy in GERIATRICS, 15 (2): 1-14 (1997)*
- 5) 敦賀健志、井野秀一、佐藤満、伊福部達、泉隆、田中敏明、室正彦、脇坂裕一：「高齢者のための移乗介助機器開発を目的としたヒトの動作パターンに関する研究」、『電気学会論文誌A分冊』、118-A(3)、239-244 (1998)*
- 6) Tanaka, T., Takeda, H., Izumi, T., Ino, S., Ifukube, T.: Effects on the Center of Gravity and Foot Pressure Contribution to Standing Balance Associated with Ageing in Healthy Adults, Journal of Human Movement Studies, 34: 233-253 (1998)*

5. 発表件数

	平成9年度	平成10年度
学術論文数	2 (2)	1 (1)
国際学会発表件数	0	0
国内学会発表件数	7	9
研究会等での発表件数	2	2

附属電子計測開発施設

研究目的

光の散乱、干渉、回折などの物理光学的な現象に基づく光応用計測技術、光学現象のシミュレータ技術および画像・信号処理技術について各研究分野の研究支援を行うとともに、レーザ光の散乱現象についての研究を推進することにより、時代が要求する多種多様な対象に高度に適合した光応用計測法の開発を目指す。



附属電子計測開発施設

施設長 伊福部達（併任）（1997.3～）
助教授 岩井俊昭（北大院、工博、1993.4～）
助手 吉村博幸（北大院、工博、1994.4～1998.3）
石井勝弘（北大院、工博、1998.10～）
院生 木村 岳（M2）、細川裕之（M2）、村井偉志（M1）

研究目標

レーザ多重散乱光のコヒーレント後方散乱現象を解明するため、光拡散方程式に基づく理論的研究、モンテカルロ法による物理現象シミュレーション、および光子相関法に基づく実験的研究を行う。この研究では、高密度散乱媒質の粒子径や拡散定数の決定、および局所的な吸収領域の再構成という逆散乱問題への発展を目指している。さらに、部分的コヒーレント光源とアレイ状イルミネータの開発、光学的非整数次フーリエ変換に関する研究、マイクロキャビティからの放射光スペクトル特性に関する研究を行う。

研究成果

(a) コヒーレント後方多重散乱光の時空間偏光特性

高密度散乱媒質の遠方場に発生する後方多重散乱光エンハンスメント現象を光子拡散理論、実験、およびモンテカルロ・シミュレーションにより多角的に検討した。その結果、光子拡散理論に時間反転成分の干渉効果を繰り込むことにより後方散乱光強度分布および時間相関関数を理論的に導出し、時空間において時間反転成分の干渉の影響を受けることを明示し、実験で実証した⁽¹⁾。モンテカルロシミュレーションにより、散乱光路長分布と散乱次数分布の時間反転成分の干渉の影響を解析し、強度分布の時空間特性への影響を検討した^(2,3)。ポリスチレン球のコロイド溶液中の凝集過程を想定したときの自由光路長分布を理論的に導出し^(2,8)、後方散乱エンハンスメント現象をモンテカルロシミュレーションした。その結果、コヒーレント後方散乱光の強度分布^(2,4) および強度ゆらぎの緩和時間⁽¹⁴⁾ から次元解析が可能であることを示し、実験で実証した^(10,12)。また、クラスタークラスタ凝集媒質に対して、多粒子分散形モデルを用いて後方散乱エンハンスメントの時空間特性を比較検討した⁽¹¹⁾。

(b) 出射面近傍の後方多重散乱光の空間的偏光特性

出射境界近傍における多重散乱光は、平行および垂直偏光成分がそれぞれ蝶ネクタイ状とクローバ葉状強度分布を生じるという極端な偏光空間特性を示す。モンテカルロシミュレーションにより、偏光特性の発生メカニズムおよび媒質内における散乱光伝播特性を明らかにし、一様ランダム媒質およびフラクタル媒質からの後方散乱光について比較検討した。その結果、蝶ネクタイ状およびクローバ葉状強度分布の空間的広がりとは輸送平均自由行程で決まり、強

度のコントラスト特性は粒子径と媒質次元で決まることを示した⁽⁵⁾。

(c) マイクロキャビティからの自然放出光と Wolf 効果

アレイ状光源の理論解析で用いたガウス型シェルモデルを平行平面マイクロキャビティの出射面に適用して、その遠方場におけるスペクトルシフトの発生を理論的に導出した⁽⁶⁾。さらに、非整数次フーリエ変換に基づくガウス型シェルモデル光源の非整数次相互スペクトル密度を定義・導出し、スペクトルシフトの発生があることを理論的に予測した⁽⁷⁾。

(d) 部分的コヒーレント光非整数次フーリエ場の諸特性

非整数次フーリエ変換を光学的に実現し、かつその数学的意味を明確化することを目的として、部分的コヒーレント光と非整数次フーリエ変換とを結び付け、物理光学的に解析することを試み、光学系パラメータと部分的コヒーレント光の非整数次フーリエ場の振幅特性との関係を明らかにした⁽⁹⁾。

(e) 拡散光トポグラフィの基礎的研究

時間分解法と干渉法のそれぞれの長所である拡散波と連続光源を組合せ、入射点のまわりに広がる後方散乱光の空間的な強度分布を光拡散理論から類推される光子伝播の広がりや光路長分布との関係に対応させることによって、高密度媒質の表面から数ミリメートルから数センチメートルの深さに存在する吸収体の表面形状を再構成する。強度分布を2次元画像としてコンピュータ内で空間積分処理することにより、吸収体の表面形状再構成を試み、原理を実証した⁽¹³⁾。

今後の研究の展望

レーザ多重散乱光のコヒーレント後方散乱現象の基礎的研究は、濃厚溶液中の粒子やクラスタのキャラクタリゼーションへの応用研究に進行させる。特に、血液中の血球凝集過程のモニタリングへの応用を目指す。部分的コヒーレント光源の研究は、低コヒーレンス干渉法における光源特性の検討、およびプラン運動場の動的特性の解析手法の開発に発展させる。拡散光トポグラフィの研究は、高精度化と実時間化を図り、皮膚表層下の血管可視化技術への発展的研究につなげる。さらに、近接場波動の動的散乱場の解析およびエバネッセント光子相関法の研究に着手する。

研究業績

1. 学術論文

- 1) Ishii, K., Iwai, T., and Asakura, T.: “Angular dependence of enhanced backscattering of light by Brownian dynamics in the diffusive transport theory of photons”, *J. Opt. Soc. Am. A*, 14: 179-184 (1997)*

- 2) Iwai, T., Ishii, K., Asakura, T.: "Space-time statistics of the coherent light backscattered from fractal and nonfractal random media with absorption", *Proc. Int. Soc. Opt. Eng.*, 2982: 104-115 (1997)*
 - 3) Ishii, K., Iwai, T., and Asakura, T.: "Angular polarization properties of dynamic light scattering under influence of enhanced backscatterings", *Opt. Commun.*, 140: 99-109 (1997)*
 - 4) Ishii K., Iwai T., Asakura T.: "Polarization properties of the enhanced backscattering of light from the fractal aggregate of particles", *Opt. Rev.*, 4: 643-647 (1997)*
 - 5) Ishii, K., Iwai, T., Asakura, T.: "Monte Carlo simulations of the polarization anisotropy in light backscattered from a fractal aggregation", *Proc. Int. Soc. Opt. Eng.*, 2979: 566-573 (1997)*
 - 6) Yoshimura, H. and Iwai, T.: "Spontaneous emission from a planar microcavity below threshold and the Wolf effect", *J. Mod. Opt.*, 44: 697-706 (1997)*
 - 7) Yoshimura, H. and Iwai, T.: "Properties of the Gaussian Schell-model source field in a fractional Fourier plane", *J. Opt. Soc. Am. A*, 14: 3388-3393 (1997)*
 - 8) Ishii, K., Iwai, T., Uozumi, J., Asakura, T.: "Optical free-path-length distribution in a fractal aggregate and its effect on enhanced backscattering", *Appl. Opt.* 37: 5014-5018 (1998)*
 - 9) Yoshimura, H. and Iwai, T.: "Effects of lens aperture on the average intensity in a fractional Fourier plane," *Pure Appl. Opt.*, 7: 1133-1141 (1998)*
 - 10) Ishii, K., Iwai, T., Asakura, T.: "Experimental study on the backscattering enhancement of light produced from fractal aggregates of particles", *Journal of Optoelectronics•Laser*, 9 (Supp.): 365-367 (1998)*
 - 11) Iwai, T., Ishii, K., Asakura, T.: "Coherent backscattering of light from a polydisperse random medium as a model of fractal aggregations of particles", *Proc. Int. Soc. Opt. Eng.*, 3252: 90-98 (1998)*
 - 12) Iwai, T.: "Enhanced backscattering of light from a fractal aggregate of particles - Empirical laws by Monte Carlo simulations and experiments -", *Proc. the 19th Topical Meeting of the European Optical Society "Electromagnetic Optics"*: 49-50 (1998)*
 - 13) Iwai, T., Tabata, K., Kimura, G., and Asakura, T.: "Depth estimation of an absorbent embedded in a dense medium using diffused wave reflectometry", *Abstracts of 5th International Conference and Euroconference OWLS V "Biomedicine and Culture in the Era of Modern Optics and Lasers"*: ThBO6 (1998)*
 - 14) Ishii, K., Iwai, T., and Asakura, T.: "Correlation properties of light backscattered multiply from fractal aggregates of particles under Brownian motion", *J. Bio. Opt.*, 4: 230-235 (1999)*
- ## 2. 総説、解説、評論等
- 1) 岩井俊昭：「Photonics West '98 参加報告」、光学、27：339-340 (1998)
 - 2) 岩井俊昭：「平成 10 年度日本光学会奨励賞受賞者紹介 石井勝弘氏の紹介」、光学、27：683 (1998)
 - 3) 石井勝弘：「吸収性微粒子凝集体からの後方散乱エンスメント現象」、電子科学研究、6：98-100(1999)
 - 4) 和田成生、岩井俊昭：「回転走査型二重回折光学系を用いた生体模擬血管内を流れる物質の濃度分布の測定」、電子科学研究、6：42-46 (1999)
- ## 4. 招請講演
- 1) Iwai, T., Ishii, K., and Asakura T.: "Space-time statistics of the coherent light backscattered from fractal and nonfractal random media with absorption" SPIE Photonics West '98, San Jose, U.S.A. (1997).
 - 2) 岩井俊昭：「光技術とエジソンの音楽記録技術との接点—古蠟管からの光学的音声再生—」、先端技術講演会、小樽 (1998)
 - 3) Asakura, T., Uozumi, J., Iwai, T., and Nakamura, T.: "Study on reproduction of sound from old wax phonograph cylinders using the laser", 5th International Conference and Euroconference OWLS V "Biomedicine and Culture in the Era of Modern Optics and Lasers", Crete, Greek (1998).
 - 4) 岩井俊昭：「強散乱体内における光伝播 —光子密度波の光学—」、第 38 回日本エム・イー学会大会セミナー「光 CT から医用光学へ：基本的課題と新しい展開」、仙台 (1999)。
- ## 5. 発表件数
- | | 平成 9 年度 | 平成10年度 |
|------------|---------|--------|
| 学術論文数 | 5 (0) | 4 (0) |
| 国際学会発表件数 | 1 | 6 |
| 国内学会発表件数 | 5 | 6 |
| 研究会等での発表件数 | 2 | 3 |

I-2. 所内共同研究

1. [研究部門] 電子計測制御部門(河原剛一、栗城真也、中村孝夫、魚住 純、小林哲生)、電子機能素子部門(田村 守)、電子情報処理部門(下澤楯夫、西浦廉政、水波 誠)
[研究課題] 「神経回路網動作の非侵襲・高精度計測法に関する総合的研究」 (平成8～9年度)
[主な成果] 本特定研究は、認知神経科学、神経生物学、神経生理学などの分野の最先端の研究として注目を浴びている神経系における情報処理メカニズムの解明を最終目標として、感覚入力もしくは人工的刺激に対する神経回路網の動作を解析することを目的としている。種々のバックグラウンドを有する研究者が、それぞれの立場から有機的な連携のもとに、神経回路網動作の非侵襲的計測や情報処理機能の解析を行う新しい手法の開発とそれに基づく機能解析を通して、種々の新しい基礎的知見を得た。なお、これらの結果をまとめ研究成果報告書として発行した。
2. [研究部門] 電子機能素子部門(野村保友)、電子情報処理部門(馬場欣哉)、電子計測制御部門(山内芳子)
[研究課題] 「中枢神経系の賦活領域に置けるエネルギー代謝—無酸素無グルコースによる海馬切片神経活動変化の光学測定による検出—」 (平成9年度)
[主な成果] 海馬スライス標本において光学測定を行い、虚血様負荷による興奮伝播領域の減少を確認した。酸素とグルコースを再供給することによる興奮性伝播の回復が、虚血状態の持続時間に依存して長くなることを明らかにした。
3. [研究部門] 電子機能素子部門(川俣 純、井上久遠)、電子材料物性部門(中村貴義、芥川智行)
[研究課題] 粉末結晶のための新しい三次非線形光学定数測定方法の開発」 (平成9～10年度)
[主な成果] 可視光領域に広い吸収帯をもつ粉末試料の三次の非線形光学定数測定を正確に評価できる手法、すなわち THEW 法と FWMEW 法を開発し、測定のための装置を試作した。この装置を用い、薄膜試料や粉末試料の $\chi(3)$ を実際に測定し、有効性を確認した。
4. [研究部門] 電子機能素子部門(下村政嗣、居城邦治)、電子情報処理部門(西浦廉政、小林 亮)
[研究課題] 「単分子膜における2次元デンドライト結晶成長のモデル化と機構解明」 (平成9～10年度)
[主な成果] アルキルシトシンとグアノシンからなる相補対単分子膜は、グアノシンの不斉性を反映したスパイラル状のデンドライト結晶を形成する。反応拡散方程式を基にした2次元結晶成長モデルを作成し、パターン形成に関わる実験条件パラメーターとの相関性を見いだす。
5. [研究部門] 電子機能素子部門(下村政嗣、カートハウス・オラフ)、電子情報処理部門(西浦廉政、小林 亮)
[研究課題] 「メゾスコピックパターン形成機構の非平衡ダイナミクスによる解析」 (平成9～10年度)
[主な成果] 二次元ネットワークやストライプパターン、規則的なドットなどのメゾスコピック領域で形成されるパターンの形成機構のモデル化と機構の解明を行う。これらのパターンは高分子キャスト時の非平衡状態で形成される散逸構造であると考えられ、また、この構造は階層的で、境界面の運動方向に沿った周期構造がありその構造上に境界面に沿った周期構造が乗っている。そしてさらに細かい構造も観察されている。そこで、ペナール対流やマランゴニ効果などによって引き起こされる動的な構造形成を実験的に明らかにするとともに、数理的な解析モデルを提唱する。
6. [研究部門] 電子計測制御部門(内貴 猛)、電子機能素子部門(金城政孝)
[研究課題] 「蛍光相関分光法による細胞内物質輸送の測定法の開発」 (平成9年度)
[主な成果] 蛍光相関分光法を用いて、細胞内の酸素やリポ蛋白等の物質の移動や輸送、さらには輸送蛋白との相互作用を細胞内の場所を特定しながら解析する方法の開発を試みた。研究の第一段階として、in vitro の実験で既に明らかになっているある刺激に対する蛍光標識したグルコシルコリド受容体の拡散時間、分子数、分子あたりの蛍光強度の変化を本方法により測定した結果、他の方法によりこれまで得られている in vitro での測定結果と良く一致することがわかった。このことから、本方法により細胞内の物質の輸送や移動を観察することが可能であることがわかった。

7. [研究部門] 電子材料物性部門（植杉克弘、長谷川達生）
 [研究課題] 「GaNAs 系混晶半導体の結晶成長とその物性評価」 （平成 10 年度）
 [主な成果] 巨大なバンドボウイング効果を示し、応用上も注目される III-V-N 窒化物混晶系 GaAs_{1-x}N_x について、発光、反射、電場変調反射分光、高調波分光等の分光学的手法により精密評価を行い、その電子構造を明らかにする研究を行っている。
8. [研究部門] 電子計測制御部門（和田成生）、電子計測開発施設（岩井俊昭）
 [研究課題] 「回転走査型二重回折光学系を用いた生体模擬血管内を流れる物質の濃度分布の測定」 （平成 9 年度）
 [主な成果] 回転走査型二重回折光学系で透過光強度の変化を測定することにより、半透膜チューブ内に生じた物質の濃度分布の変化を計測するシステムを開発した。生体血管のモデルとして水透過性を有する透析用チューブを用い、血液中のリポ蛋白質を模擬したポリスチレン粒子の懸濁液を灌流し、本研究で開発した装置によりチューブ断面内の粒子濃度の分布を計測した。その結果、灌流速度が小さいほど、また壁の水透過速度が大きいほど、壁近傍の粒子濃度が高くなることがわかり、血管内においても血流速度の大小によって動脈硬化などの肥厚性血管病の原因となるリポ蛋白質の壁面濃度が変化することが示唆された。

I-3. 民間等との共同研究

1. [民間等機関] 財宇宙環境利用推進センター
 [研究担当者] 電子材料物性部門（芥川智行、長谷川達生、中村貴義）
 [研究題目] 無重力下での光高速重合によるポリマー粒子の合成
 [研究期間] 平成 7 年度～10 年度
 [経費] 4,510 千円（平成 9 年度）、4,610 千円（平成 10 年度）
 [研究成果] 10 秒間の微小重力環境を利用し、微小重力環境下の無対流・無沈降・無浮力・無静圧・無接触浮遊などの効果を用いて高度な分子配列を実現し、高機能材料の作製を目指した。第一段階として、所期の分子配列を短時間に形成すると共にそれを固定化するための技術を確立するために、ピロール系をモデル化合物とし、微小重力下高速重合を行うことによって、ポリマー微粒子を作製した。さらに、ラテックス微粒子との混合系について検討を行い、微粒子間をポリマーチューブが架橋した新奇構造体を得た。
2. [民間等機関] MR システム研究所
 [研究担当者] 電子情報処理部門（伊福部 達）
 [研究題目] 「複合現実感用立体映像表示装置の人体への影響の定量的評価に関する研究」
 [研究期間] 平成 8～13 年度
 [経費] 72,637 千円
 [研究成果] HMD（頭部搭載型ディスプレイ）および直視ディスプレイに 4 時間にわたる 3 次元映像を見せた場合、一過性の近視状態は観測されたが、調節力、眼圧、屈折値には変化は現れなかった。移動する縞模様（視運動刺激）を見せた場合に、自己が動いて見える現象（自己運動感覚）を定量化し、それを軽減するような方法を見付け、動揺病を防ぐ方法を提言した。作業空間内に仮想物体を呈示すると、その奥行き知覚は理論値より手前になることを見出し、それを補償する方法を示した。また、仮想物体に触れたときに触覚フィードバックを与えると奥行き知覚が極めて正確になることを確認した。
3. [民間等機関] (株)東芝
 [研究担当者] 電子計測制御部門（栗城真也）
 [研究題目] 「SQUID による環境雑音下での生体計測の研究」
 [研究期間] 平成 9～10 年度
 [経費] 2,910 千円
 [研究成果] YBCO 粒界接合 SQUID において、SrTiO₃ 基板の高い誘電率に起因する寄生容量の効果について実験的および理論的検討を行った。その結果に基づき、検出コイルと結合し、STO 基板の粒界線に平

行なストリップを有する YBCO 粒界接合 SQUID の設計・試作を行って特性を評価した。ホワイトノイズレベルで約 100 fT/Hz^{1/2} の磁場感度を観測し、生体磁気計測などへの応用の可能性が示された。

4. [民間等機関] 新機能素子研究開発協会
[研究担当者] 電子計測制御部門（栗城真也）
[研究題目] 「高温超電導薄膜及び素子の特性評価に関する共通基礎研究Ⅰ」
[研究期間] 平成9年度
[経費] 2,100 千円
[研究成果] YBCO 粒界接合 SQUID において、変調電圧を増加させるために伝送線路型の素子を作製し、 $10^{-6} \Phi_0/\text{Hz}^{1/2}$ のオーダの低雑音を得た。また、2 次差分型検出コイル結合低温 SQUID を用いて磁束雑音を直接検出する装置を設計・試作し、Nb 薄膜ブリッジにおいて臨界電流値付近で磁束フローによる雑音波の観察に成功した。
5. [民間等機関] 新技術事業団創造科学技術推進事業（分担者）
[研究担当者] 電子情報処理部門（馬場欣哉）
[研究題目] 巨大介在神経の可塑性に寄与するカルシウムイオンの測定
[研究期間] 平成9年度
[経費] 1,000 千円
[研究成果] コオロギ巨大介在神経において、細胞内カルシウムの増大部位が刺激部位によって異なることを光学的測定によって確認し、カルシウムイオンの増加量と刺激との関係を明らかにした。
6. [民間等機関] 北海道立衛生研究所
[研究担当者] 電子機能素子部門（田村 守）
[研究題目] 「尿中ポルフィリンを用いた先天性銅代謝異常症の早期診断法の開発などに関する基礎的研究」
[研究期間] 平成10年12月～
[経費] 522 千円
[研究成果] 人のウィルソン病のモデル動物である LEC ラットが、ポルフィリンの代謝異常を有することを、顕微分光法で見出した。このポルフィリン代謝異常を詳細に検討したところ、各種臓器及び尿中に特異的なポルフィリンが見出され、この結果より、人のウィルソン病の蛍光による早期診断の可能性を示すことができた。

I-4. 大型プロジェクト研究

1. [事業名] 日本学術振興会・未来開拓学術研究推進事業
[研究担当者] 田村 守（電子機能素子部門）
[研究課題] 「光 CT および脳磁図を用いた高次脳機能の研究」
[研究期間] 平成9～10年度
[経費] 64,922 千円
[研究成果] 6 チャンネル近赤外計測システムを使用し、人の高次脳機能解明を試みた。具体的には、種々のメンタルタスク時の前頭葉の働きを明らかにしようとした。また、生理的刺激の繰り返しによる“慣れ”の現象の解明も試みた。次に時間分解計測法による絶対値計測から、異なった個人間の脳活動の比較を可能にすることができた。
2. [事業名] 技術研究組合 医療福祉機器研究所
[研究担当者] 代表・開発委員長 田村 守（電子機能素子部門）
[研究課題] 「光断層イメージングシステムの研究開発」
[研究期間] 平成9～10年度
[経費] 5,850 千円
[研究成果] 64 チャンネルピコ秒時間分解光 CT 装置の試作が完了した。このシステムは、脳内血流変動や酸素化

度の絶対値評価が可能であり、特に脳機能計測の新しい道具として期待される。厚生省の認可に伴う病院等での臨床評価を開始した。

3. [事業名] NEDO 新産業創造型提案公募事業
[研究担当者] 中村貴義（電子材料物性部門）
[研究課題] 「分子プログラムを利用したメゾスコピック領域構造機能制御」
[研究期間] 平成 10～12 年度
[経費] 30,368 千円（平成 10 年度）
[研究成果] 単結晶・超薄膜・微粒子系において、超分子化学に立脚したクリスタルエンジニアリング、電気化学的手法、自己組織化膜法および微小重力環境を利用し、分子の集合形態をあらかじめ個々の分子にプログラムしておくことで、複雑な超分子アーキテクチャを容易に形成する技術を開発すること、分子集合体間の相互作用を設計し、光機能や電子機能が融合した多機能性材料の作製することを目指して研究を進めている。
4. [事業名] 文部省科学研究費補助金特定領域研究(B)
[研究担当者] 領域代表：井上久遠（電子機能素子部門）
[研究課題] 「フォトニック結晶の開発と輻射場の制御」
[研究期間] 平成 10～13 年度
[経費] 約 2.3 億円（平成 10～11 年度）
[研究成果] 平成 10 年 9 月から全国の 6 研究機関を中心に研究を展開している。既に、光の波長の格子定数をもつ、いくつかの 2 次元、3 次元フォトニック結晶を開発し、成果を国内外の新聞、科学ジャーナル等で発表している。これらの試料を用いて基礎・応用の実験的、並びにこれらをサポートする理論研究でも成果が出始めている。
5. [事業名] 科学技術振興事業団さきがけ研究 21
[研究担当者] 芥川智行（電子材料物性部門）
[研究課題] 「動的イオン場を介した電子物性制御」
[研究期間] 平成 10 年度～13 年度
[経費] 12,100 千円（平成 10 年度）
[研究成果] 有機結晶中にデザインされたイオン場の中を運動するイオンに注目し、外場によるイオン運動の制御を通して伝導電子系が応答する新規なイオン応答型電子素子の開発研究を進めている。
6. [事業名] 科学技術振興事業団さきがけ研究 21
[研究担当者] 水波 誠（電子情報処理部門）
[研究課題] 「微小脳の高次中枢のモジュール構造と情報表現」
[研究期間] 平成 10～13 年度
[経費] 9,000 千円（平成 10 年度）
[研究成果] 98 年度は昆虫の脳「微小脳」のキノコ体における匂い記憶の仕組みを明らかにするための予備実験として、匂いと砂糖水（報酬）との連合学習がワモンゴキブリで成立するかを検討した。その結果、3 回の訓練を行うと少なくとも 7 日間の長期記憶が成立することが明らかになった。この成果を基に、現在、匂い学習の成立に伴うキノコ体のニューロンの活動の変化を調べる実験を進めている。

I-5. シンポジウムの開催状況

a. 国際シンポジウム

1. [シンポジウム名] International Conference on Asymptotics in Nonlinear Diffusive Systems towards the understanding of singularities in dissipative structures
[組 織 者] Y. Nishiura (Hokkaido Univ.), I. Takagi (Tohoku Univ.) and E. Yanagida (Tokyo Univ.)
[開 催 期 間] July 28 - August 1, 1997
[開 催 場 所] Kawai Hall, Sendai, Tohoku University
[参 加 人 数] 120 名
[講演者名とタイトル]
[Mon., July 28]
Y. Giga (Hokkaido Univ.): Recent topics on order-preserving geometric evolutions
G. Schneider (Univ. of Hannover): Nonlinear diffusive stability of spatially periodic solutions with applications to hydrodynamical problems
X. Chen (Univ. of Pittsburgh): Singular perturbation and free boundary problems I
T. Ogawa (Osaka Univ.): Wave patterns in nearly integrable systems
K. Ishige (Tohoku Univ.): Intrinsic metric approach to uniqueness of nonnegative solutions of parabolic equations
[Tues., July 29]
X. Chen (Univ. of Pittsburgh): Singular perturbation and free boundary problems II
S. Jimbo (Hokkaido Univ.): Ginzburg-Landau equation with variable coefficients
A. Doelman (Utrecht Univ.): On the transition of the Ginzburg-Landau equation to the extended Fisher-Kolmogorov equation in reaction-diffusion systems.
R. A. Gardner (Univ. of Massachusetts): Stability analysis of undercompressive viscous shock profiles
S. Ei (Yokohama City Univ.): A three phase partition problem arising from competition-diffusion systems
G. Weiss (Tokyo Inst. of Tech.): Structural properties of a semilinear equation with free boundary
[Wed., July 30]
Y. Nishiura (Hokkaido Univ.): Asymptotic vs transient dynamics in nonlinear dissipative systems
[Thur., July 31]
P. Sternberg (Indiana Univ.): Structure of stable interfaces via Poincare-type inequalities I
K. Sakamoto (Hiroshima Univ.): What is an interface? — A view from asymptotic expansion methods —
S. Nii (Saitama Univ.): Travelling waves and linearized eigenvalue problem associated with them
H. Ikeda (Toyama Univ.): Global structure of travelling wave solutions in some reaction-diffusion systems
[Fri., August 1]
P. Sternberg (Indiana Univ.): Structure of stable interfaces via Poincare-type inequalities II
H. Matano (Univ. of Tokyo): Travelling waves for a semilinear diffusion equation in periodic media
M. Pino (Univ. of Chile): A localization variational approach to some singularly perturbed elliptic problems
E. Yanagida (Univ. of Tokyo): On the skew-gradient system
C. C. Chen (Taiwan Nat'l Univ.): Existence of large energy solutions of the scalar curvature equation

概要

アメリカ、ドイツ、オランダを始め、非線形偏微分方程式の最先端の研究者が参集し、反応拡散方程式の漸近理論や界面方程式をはじめ、様々な散逸系の定性理論に関する研究成果が活発に議論された。

2. [シンポジウム名] Japan - Italy Workshop「Recent Advances and Further Development of Near-infrared Optical Methods for Non-invasive Tissue Monitoring in Medicine」
[組 織 者] 田村 守 (電子機能素子部門)
[開 催 期 間] 1998 年 2 月 25 日～28 日
[開 催 場 所] 北海道大学・電子科学研究所

[参加人数] 30名

[講演者名とタイトル]

- G. Zaccanti (Univ. of Florence): A Monte Carlo procedure for investigating imaging and photon migration through highly scattering media
- El M. Sadogi (Biomech. Div., Mech. Eng. Lab.): Modeling of the effects of the high-intensity laser on the tissue
- Y. Yamada (Biomech. Div., Mech. Eng. Lab.): Simulation of photon migration in human head models and fabrication of human head phantoms
- A. Sassaroli and G. Zaccanti: Imaging of scattering and absorbing inhomogeneities embedded into a diffusing slab: Numerical and experimental results
- P. Taroni, R. Cubeddu, A. Pifferi, A. Torricelli and G. Valentini (Univ. Milan and Nat'l Res. Council, Milan): Combined use of fitting and time-gating for breast imaging
- F. Martelli (Biomech. Div., Mech. Eng. Lab.): Time multilayer model of photon diffusion
- A. Sassaroli (Biomech. Div., Mech. Eng. Lab.): Ultra-short pulse light propagation in cylindrical optical phantoms
- F. Martelli and G. Zaccanti (Univ. of Florence): Photon migration through diffusing media and methodologies for measuring the optical properties
- K. Yamamoto (Fac. of Eng., Hokkaido Univ.): Characterization of light propagation in inhomogeneous medium toward more quantitative tissue monitoring by NIRS
- R. Araki (Dep. of Preventive Medicine, Saitama Med. Sch.): Optical properties of soft and hard tissues in near-infrared region under various condition
- V. Quaresima, S. Matcher and M. Ferrari (Univ. of L'Aquila): Identification and quantification of intrinsic optical contrast for near-infrared mammography
- P. Taroni, R. Cubeddu, A. Pifferi, A. Torricelli (Univ. Milan and Nat'l Res. Council, Milan): In vivo red and near infrared absorption and scattering spectra of breast
- K. Shimizu (Fac. of Eng., Hokkaido Univ.): Functional imaging by NIR transillumination
- A. Kagaya and S. Homma (Res. Inst. of Phys. Fitness, Japan Women's College of Phys. Educ.): The muscle oxygen kinetics during exercise as measured by near-infrared spectroscopy -the hemodynamic responses in relation to muscle oxygenation during regional exercise
- B. Grassi (Nat'l Res. Council, Milan): Non-invasive evaluation of oxidative metabolism in skeletal muscle by NIRS
- S. Homma and A. Kagaya (Res. Institute of Physical Fitness, Japan Women's College of Phys. Edu.): The muscle oxygen kinetics during exercise as measured by near-infrared spectroscopy -validation of NIRS in studying muscle oxygen kinetics
- Y. Kakihana (Div. of Intensive Care Medicine, Kagoshima Univ. Hospital): Monitoring of cerebral oxygenation by NIRS and neurological prognosis
- V. Quaresima, R. Springett and M. Ferrari (Univ. of L'Aquila): Cytochrome oxidase CuA redox state changes in the piglet brain during hypoxia and hypercapnia
- D. D'Antona (Univ. of Sassari): Human fetal cerebral oxygen saturation during labour and acid-base state at delivery
- Y. Hoshi (Res. Inst. for Elec. Sci., Hokkaido Univ.): Near-infrared optical imaging of the human brain

概要

学術振興会及びイタリア政府による近赤外分光法の医学応用ワークショップ。この分野における進歩や今後の展開を論議した。

3. 電子研国際シンポジウム 「Single Molecule Observation in Bioscience: Detection and Diagnosis」 「バイオサイエンスにおける単一分子観察：単一分子検出から分子診断へ」

[組織者] 金城政孝（電子機能素子部門）

[開催期間] 1998年6月8日～9日

[開催場所] 北海道大学・学術交流会館

[参加人数] 75 名

[講演者名とタイトル]

Inoue, K. (RIES, Hokkaido Univ.): Opening Address

Kinjo, M. (RIES, Hokkaido Univ.): Single Molecule Observation in Biomedical Science

Kitamori, T. (Dept. Appl. Chem., Univ. of Tokyo): Integrated Micro-Biochemical Lab Utilizing Photothermal Single Molecule Detection

Goodwin, P. (Los Alamos Nat.Lab., USA): Single Molecule Flow Cytometry: New Developments and Bioanalytical Applications

Rigler, R. (Karolinska Inst., Sweden): Current Topics in This Field

Ikai, A. (Tokyo Inst. of Tech., Faculty of Biosci. and Biotech.): Fishing a genomic DNA with AFM for single copy amplification and identifying its chromosomal locus by FISH

Bensimon, A. (Instiut Pasteur, France): Stretching the genome for biomedical applications

Noji, H. (CREST genetic programming team 13): Single molecule observation of ATPsynthase

Schmidt, T. (Univ. of Linz, Austria): Single Molecule Imaging on Biomembranes

Tamiya, E. (School of Materials Sci., JAIST): Scanning Atomic Force and Near-field Fluorescence Microscopy for Biomedical Applications

Funatsu, T. (School of Sci., Waseda Univ.): Imaging and nano-manipulation of single biomolecules

Takakuwa, Y. (Tokyo Women's Med. Univ.): Present and future application of fluorescence correlation spectroscopy to analysis of protein-biomembrane interactions

Ijro, K. (RIES, Hokkaido Univ.): Mesoscopic Pattern Formation for Single DNA Detection by Photoconductivity

Ishikawa, M. (JRCAT, Angstrom Tech. Partnership): Single-molecule fluorescence imaging and spectroscopy for analytical chemistry

Tanigawa, M., Goto, M*, Okada, T. (Joint Res. Center, Angstrom Tech., *Amersham Pharmacia Biotech K. K.): A simple method for detecting mutations by AFM observation of DNA and MutS complex

Okamoto, N. (Joint Res. Center, Angstrom Tech.): Atomic force microscope imaging of Giemsa stained chromosome

Katsumata, S. (College of Sci. and Eng., Iwaki Meisei Univ.): Scanning Probe Microscope Imaging of DNA Strands

概要

分子一個に注目した研究、すなわち単一分子検出、単一分子の分析・制御をめざした研究領域が急速な進展を見せている。一方で単一分子検出法の技術的背景をみると、我々の研究所と関連の深いレーザ技術の発展と分光学の急速な進歩がたいへん大きく関与していることがわかる。そこで単一分子検出法が今後の我々の研究へ与える影響の大きさと、身近な生活に係る分野である医学生物学（バイオサイエンス）へ与えるインパクトの大きさを探るシンポジウムを特に世界的な第一線で活躍している若手研究者を中心に開いた。

4. [シンポジウム名] Sapporo Symposium on Anisotropic Effects in a Crystal Growth Problems and its Mathematical Analysis (SAM)

[組 織 者] Y. Giga, R. Kobayashi (Hokkaido Univ.)

[開 催 期 間] January 11-15, 1999

[開 催 場 所] Centennial Hall (Hokkaido Univ.) and Keio Plaza Hotel

[参 加 人 数] 60 名

[講演者名とタイトル]

Y. Furukawa (Sapporo), M. H. Giga (Sapporo), M. Uwaha (Nagoya)

N. Ishimura (Tokyo), A. Wheeler (Sorthampton), M. Paolini (Padova)

C. M. Elliott (Sussex), A. Roosen (NIST), R. E. Smereka (Ann Arbor)

N. K. Yip (New York), D. Srolovitz (Ann Arbor), P. Rybka (Warsaw)

T. Ohta (Tokyo), R. Kobayashi (Sapporo), J. Warren (NIST)

Y. Giga (Sapporo)

Proposed topics of organized discussions

1. Sharp interface model for motion with facets. Kinetic anisotropy vs. anisotropy in interfacial energy
2. Diffusion induced grain boundary motion in thin polycrystalline film
3. Backward and forward parabolic problems
4. Facet splitting Mathematics vs. Physics

概要

結晶成長の近年の物理的及び数学的發展を実験家の参加も得て、活発な議論が行われた。表面拡散や異方性のモデリング及び数理的取り扱いに関して大きな成果が得られた。

5. [シンポジウム名] Conference on Utsurohi-yukumono (「うつろひゆくもの」) – In memory of Masaya Yamaguti –

[組 織 者] I. Tsuda and Y. Nishiura (Hokkaido Univ.)

[開 催 期 間] Jan. 25 - Jan. 26, 1999

[開 催 場 所] Shinkin-Kempo Kaikan (信金健保会館), Sapporo

[参 加 人 数] 60 名

[講演者名とタイトル]

Jan. 25

W. van Saarloos (Leiden Univ.): Universal algebraic relaxation of pulled fronts propagating into unstable states

I. Tsuda (Hokkaido Univ.): Some Comments on Chaotic Itinerancy

M. Komuro (Teikyo Univ.): Chaotic Itinerancy of Globally Coupled Map

H. Kokubu (Kyoto Univ.): Conley index theory for slow-fast systems

K. Kaneko (Univ. of Tokyo): Beyond attractors

Jan. 26

B. Sandstede (Univ. of Ohio): Turing instabilities, and their interaction with large fronts

Y. Nishiura (Hokkaido Univ.): Self-replication and self-destruction in dissipative systems

T. Chawanya (Osaka Univ.): Network of heteroclinic orbits in game-dynamics equation systems

Y. Hayase (Ocyanomizu Univ.): Sierpinski Gasket in a Reaction-Diffusion System

M. Iima (Hokkaido Univ.): A 2D flapping-flight model and the breakdown of dynamical symmetry

概要

遷移的なダイナミクスはその重要性にも拘らず、その数理解析はまだ未開拓である。カオスの遍歴や自己複製パターン等は数学的観点からのみならず、物理的、生物学的観点からも最も注目されているダイナミクスの典型例である。本研究集会ではアメリカ、オランダから数学者のみならず、物理学者をも交えた形で遷移ダイナミクスの現状が討論された。

6. [シンポジウム名] Frontiers in Photonics, Electronics & Materials Science in Hokkaido – from Molecules to Devices –

[組 織 者] 下村政嗣 (電子機能素子部門)、雀部博之 (電子情報処理部門・客員研究分野)

[開 催 期 間] 平成 11 年 1 月 28 日～29 日

[開 催 場 所] フジヤサントスホテル

[参 加 人 数] 60 名

[講演者名とタイトル]

緒方直哉 (千歳科技大)

“Progress of Photonic Polymers”

Prof. W. Knoll (MPIP)

“Biofunctional Supramolecular Interfacial Architectures”

石田宏司 (千歳科技大)

“Optical Communications Technology Roadmap”

川辺 豊 (千歳科技大)

“A Model of Organic LED and its Perspective to Organic Laser Diode”

吉田淳一 (NTT)

“Photonic Devices for Telecommunication Networks in the 21st Century and Activities in the Photonic World Consortium”

Prof. Z. Liu (Peking Univ)

“Tip Chemistry; A New Challenge of Chemists”

国武豊喜（九大院工）	“Directed Assembly of Molecules and Nanoparticles at Interfaces”
太田信廣（北大電子研）	“Electric Field Effects on Excimer Fluorescence and Electroluminescence in a Polymer Film”
山中明生（北大電子研）	“Photoinduced Oxygen Reordering in High Temperature Superconductors”
山下幹雄（北大院工、CREST）	“Optical-Wave Technology in the Cycle-time Region”
Prof. J. J. Kim (K-JIST)	“Importance of the Electrical Property of Consisting Materials in Multilayer Stack Electroluminescence and Electro-optic Polymer Devices”
魚崎浩平（北大院理）	“Formation and Functionalities of Two Dimensionally Monolayers of Organic Molecules on Metal”
Prof. H. W. Lee (Hanyang Univ.)	“Light-emitting Diodes Based on Polythiophenes Containing Electron Transporting Moiety”
田中 悟（北大電子研、理研）	“A New Approach for Fabricating Semiconductor Quantum Dots -GaN Quantum Dots -”
岡畑恵雄（東工大生命理工）	“Aligned DNA Films as Electroconducting Materials”
居城邦治（北大電子研）	“DNA and DNA-mimetics Aiming at Molecular Electronics”
Dr. A. Offenhsner (MPIP)	“Model Neuronal Network Architecture in vitro”
原 正彦（理研）	“Spatio-Temporal Functions of Molecular Systems in the Proximity”
三宅 淳（工技院融合研）	“Fractal Biomaterials”

概要

北海道、理化学研究所フロンティア研究システム、千歳科学技術大学、ならびに電子科学研究所の共催の国際シンポジウム。北海道における標記研究分野の現状と将来展望について、国内外の第一線で活躍中の研究者を交えて議論した。

7. [シンポジウム名] 有機材料のエレクトロニクス・フォトンクス応用に関する日韓ジョイントフォーラム

[組 織 者] 下村政嗣（電子機能素子部門）、雀部博之（電子情報処理部門・客員研究分野）

[開 催 期 間] 平成10年6月30日～7月1日

[開 催 場 所] 北海道大学・学術交流会館

[講演者とタイトル]

C. Y. Kim	“Effective Exciton Confinement in Light Emissive Copolymers”
J. Kido	“Efficient Organic Electroluminescent Devices Based on Metal Complexes”
H. K. Kim	“Blue Electroluminescence from Novel Silicon-Based Polymers at Low Operating Voltages”
M. Shimomura	“Hierarchically Structured Polymer Assemblies as Organic Photonics Materials”
Y-K. Kim	“Photoaligning Behavior of Polysiloxane Copolymers Based on Cinnamoyl Groups”
L-S. Pu	“Formation of Squarylium Dye J-Aggregate and Its Femto-second Optical Response”
K. Kim	“Self Assembly of Interlocked Structures: Rotaxanes Polyrotaxanes and Molecular Necklaces”
M. Yosida	“Langmuir-Blodgett Films of Functional Polysilanes. Modification of Optical Properties in Polysilane Monolayer at the Air/Water Interface”
T. Miyashita	“Fabrication of Photoresponsive Nano-Organized Polymer Assemblies”
S-Y. Shin	“Polymeric Optical Modulators Based on Y-Branch Waveguides”

概要

有機エレクトロニクス材料を中心として、日韓両国で活躍中の研究者が定期的に開催しているフォーラム。上記招待講演の他、一般口頭発表、ポスター発表を含め、約100名が参加した。

b. 一般のシンポジウム

1. [シンポジウム名] 応用物理学会「高温超伝導 SQUID と生体計測」

[組 織 者] 栗城真也（電子計測制御部門）

[開 催 期 間] 平成9年10月3日

[開 催 場 所] 秋田

- [概要] 近年、高感度化による発展の著しい YBCO 系高温超伝導 SQUID を中心に、デバイスの特性および心磁図を中心とする生体計測への応用例などについて 6 件の講演を行い、約 50 人の出席者があった。とくに専門の少し異なる高温超伝導関係の研究者の参加が目立った。
2. [シンポジウム名] 文部省科学研究費 重点領域研究「人工現実感」公開シンポジウム
 [組織者] 伊福部 達（電子情報処理部門）
 [研究期間] 平成 9 年 11 月
 [開催場所] 北海道大学・ファカルティハウス
 [概要] 人工現実感刺激がヒトの認知機構へ及ぼす影響を評価する研究と人工現実感技術を外科手術へ応用した研究などが紹介された。参加者は 30 名。
3. [シンポジウム名] 電子科学研究所 公開シンポジウム「誘電体研究で現在何がわかっているか、そして来世紀では？」
 [組織者] 八木駿郎（電子材料物性部門）
 [開催期間] 平成 10 年 1 月 12 日～13 日
 [開催場所] 北海道大学電子科学研究所
 [概要] 強誘電体及び関連物質に関する研究の来世紀へ向けての新しい流れについて討論を行うため、国内から約 15 名（うち外国籍のもの 1 名）を招待してシンポジウムを開き大きな成果を上げられた。
4. [シンポジウム名] 電子科学研究所 公開シンポジウム・第 2 回フロンティア時空間機能材料研究フォーラム ジョイントシンポジウム
 [組織者] 下村政嗣（電子機能素子部門）、雀部博之（電子情報処理部門・客員研究分野）
 [開催期間] 平成 10 年 1 月 21 日～22 日
 [開催場所] 北海道大学・学术交流会館
 [概要] 本シンポジウムは、理化学研究所国際フロンティア研究システムとのジョイントシンポジウムとして 80 名ほどの参加者のもとに行われた。「非平衡状態」下における「空間的秩序」と「時間的秩序」形成をキーワードに様々な分野からの話題提供を受け、「時空間機能」という概念の理解と機能材料設計への可能性について横断的なディスカッションを行った。
5. [シンポジウム名] 電子科学研究所 公開シンポジウム「フォトニック結晶による輻射場の制御」
 [組織者] 井上久遠、迫田和彰（電子機能素子部門）
 [開催期間] 平成 10 年 3 月 4 日～5 日
 [開催場所] 北海道大学百年記念会館
 [概要] 最近急激に研究者の数が増えてきたフォトニック結晶の分野の発展状況並びに相互の交流を目的にして開催した。約 50 名の参加者の下で活発な議論が行われた。
6. [シンポジウム名] 電子科学研究所 公開シンポジウム「分子エレクトロニクスー有機機能材料の新たな地平を目指して」
 [組織者] 中村貴義（電子材料物性部門）
 [開催期間] 平成 10 年 3 月 18 日～19 日
 [開催場所] 北海道大学学术交流会館
 [概要] この分野の世界的権威アラバマ大学 R. M. Metzger 教授の招待講演を含む、講演件数 18 件、参加人数約 50 名のシンポジウムを開催した。分子エレクトロニクスの概念、電子機能材料・光機能材料の新しい展開に関する話題、またソフトマテリアル研究の最前線に関する話題が非常に活発に議論された。
7. [シンポジウム名] 日本生体磁気学会「生体磁気計測は臨床にどう貢献するか？」
 [組織者] 栗城眞也（電子計測制御部門）
 [開催期間] 平成 10 年 5 月 23 日

- [開催場所] 東京
- [概要] 近年、生体から発生する微弱な磁気信号を非侵襲的に計測する脳磁図や心磁図といった手法が広く用いられるようになってきた。本シンポジウムでは、実際に生体磁気計測を臨床で用いる場合の利点や問題点等を、医師と基礎研究を行っている研究者に、各々の立場から今後さらに生体磁気計測が医療に貢献してゆくものとなるためには何が必要であるのかについての発表をいただき、さらに会場からの質疑に答える形で総合討論が行われた。参加者は 120 名。
8. [シンポジウム名] 「VR に望むことー福祉と教育の現場からー」(日本バーチャルリアリティ学会第 3 回大会)
- [組織者] 伊福部 達 (電子情報処理部門)
- [開催期間] 平成 10 年 8 月
- [開催場所] 北海道大学・学術交流会館
- [概要] バーチャルリアリティ技術を聴覚障害補助、視覚障害補助、およびスポーツ科学教育へ応用する具体的な方法が提案された。参加者は 100 名。
9. [シンポジウム名] 「北海道における福祉機器開発とその実用化への取り組み」(第 19 回バイオメカニズム学術講演会)
- [組織者] 伊福部 達 (電子情報処理部門)
- [開催期間] 平成 10 年 11 月
- [開催場所] 北海道大学・学術交流会館
- [概要] 北海道における福祉機器の開発研究を人工喉頭などを例にとって示し、開発研究から実用化へ至るまでに解決しなければならない問題点を議論した。参加者は 150 名。
10. [シンポジウム名] 日本学術振興会超伝導エレクトロニクス委員会、文部省特定領域研究「ボルテックスエレクトロニクス」
- [組織者] 栗城真也 (電子計測制御部門)
- [開催期間] 平成 10 年 11 月 20 日
- [開催場所] 大阪
- [概要] 学振と文部省特定領域研究班の共催で、ドイツ・ユーリッヒ研究所の Braginski 教授、イエナ大学の Seidel 教授、セイコーインスツルメンツ社の茅根研究員により、それぞれ高温超伝導 SQUID による非破壊検査と生体計測、心磁図臨床応用、マイクロ SQUID 顕微鏡について密度の高い講演を行い、この方面の最先端の研究について専門家を中心とする盛んな討論があった。参加者は 40 名。
11. [シンポジウム名] 文部省科学研究費補助金特定領域研究(B)、「フォトリック結晶の開発と輻射場の制御」に関する公開シンポジウム
- [組織者] 井上久遠 (電子機能素子部門)
- [開催期間] 平成 11 年 2 月 1 日～2 日
- [開催場所] ホテル富士見ハイツ (静岡県伊豆長岡町)
- [概要] 計画研究班の研究成果と 8 件の招待講演を中心に、一般公募の発表も含めて開催した。専門分野の異なる約 50 名の研究者が参加し、活気に満ちたシンポジウムであった。特に、実験家と理論家との間で相互理解が進んだ観点からも有意義であった。
12. [シンポジウム名] 1999 年春季応用物理学会シンポジウム「III-V-N 窒化物混晶の新展開」
- [組織者] 末宗幾夫 (電子材料物性部門)
- [開催期間] 平成 11 年 3 月 29 日
- [開催場所] 千葉
- [概要] III-V-N 系窒化物混晶は巨大なバンドボウイングを示し、この混晶を基礎として光通信の新しい安定なレーザー光源の開発など研究が活発化しており、集中的に議論するためにシンポジウムを開催した。参加者は約 120 名。

I－6．研究成果公表に関する各種の統計表

1．学術論文

部門等		年	平成7年	平成8年	平成9年	平成10年
電子材料 物性部門	欧 文		39 (38)	50 (49)	32 (32)	54 (54)
	邦 文		1 (1)	3 (3)	3 (1)	1 (1)
電子機能 素子部門	欧 文		32 (29)	48 (37)	37 (37)	77 (77)
	邦 文		3 (2)	2 (0)	1 (0)	0
電子計測 制御部門	欧 文		29 (24)	33 (25)	30 (15)	33 (25)
	邦 文		17 (6)	24 (7)	14 (1)	23 (1)
電子情報 処理部門※	欧 文		13 (11)	28 (24)	23 (22)	27 (24)
	邦 文		39 (9)	18 (3)	14 (4)	7 (7)
電子計測 開発施設	欧 文		2 (2)	7 (7)	5 (5)	4 (4)
	邦 文		1	0	0	0
計	欧 文		115(104)	166(142)	127(111)	195(184)
	邦 文		60 (18)	47 (13)	32 (6)	31 (9)

() 内の数はレフェリー付き。

※客員研究分野は除外した。

2．総説、解説、評論等及び著書数

部門等		年	平成7年	平成8年	平成9年	平成10年
電子材料 物性部門	総説等		4(1)	6(5)	4(2)	5(3)
	著 書		4(1)	1(1)	3(3)	3(1)
電子機能 素子部門	総説等		15(2)	6(1)	3(0)	8(0)
	著 書		0	7(2)	2(1)	2(1)
電子計測 制御部門	総説等		4(0)	4(1)	8(0)	5(0)
	著 書		8(3)	6(2)	1(0)	2(0)
電子情報 処理部門※	総説等		10(0)	9(1)	20(0)	29(0)
	著 書		5(0)	3(0)	3(0)	1(0)
電子計測 開発施設	総説等		1(0)	1(0)	1(0)	3(0)
	著 書		0	0	0	0
計	総説等		34(3)	26(8)	36(2)	50(3)
	著 書		17(4)	17(5)	9(4)	8(2)

() 内の数は欧文

※客員研究分野は除外した。

3. 国際学会・国内学会発表件数

部門等		年	平成 7 年	平成 8 年	平成 9 年	平成10年
電子材料 物性部門	国際学会		24 (1)	32 (0)	37 (8)	54 (7)
	国内学会		41 (0)	52 (2)	44 (3)	70 (3)
電子機能 素子部門	国際学会		37 (4)	30 (8)	22 (3)	28(10)
	国内学会		67 (6)	85 (6)	82(14)	63(15)
電子計測 制御部門	国際学会		18 (3)	13 (2)	22 (4)	28 (7)
	国内学会		68 (8)	67 (4)	54 (4)	55 (7)
電子情報 処理部門※	国際学会		29 (7)	16 (4)	12 (9)	22(10)
	国内学会		77(20)	82(28)	63(14)	79(18)
電子計測 開発施設	国際学会		0	7 (1)	1 (0)	6 (1)
	国内学会		6 (1)	15 (0)	5 (0)	6 (1)
計	国際学会		108(15)	98(15)	94(24)	138(35)
	国内学会		259(35)	301(40)	248(35)	273(44)

国際学会・国内学会の（ ）内の数は招待講演数

※客員研究分野は除外した。

4. 科学研究費研究成果発表・外国での学会発表等

部門等		年	平成 7 年	平成 8 年	平成 9 年	平成10年
電子材料 物性部門	英文		1	0	0	0
	邦文		0	3	12	14
電子機能 素子部門	英文		2	2	2	6
	邦文		3	8	7	4
電子計測 制御部門	英文		2	0	2	4
	邦文		20	16	24	24
電子情報 処理部門※	英文		2	1	0	2
	邦文		6	8	27	22
電子計測 開発施設	英文		0	0	0	0
	邦文		0	0	2	3
計	英文		7	3	4	12
	邦文		29	35	72	67

※客員研究分野は除外した。

II. 予算及び主要設備

II-1. 全体の予算

(単位：千円)

年 度	平成7年度	平成8年度	平成9年度	平成10年度
校 費	274,335	254,953	245,514	237,069
科 学 研 究 費	127,701(41)	109,210(39)	158,400(43)	255,596(57)
奨 学 寄 附 金	21,580(32)	13,100(21)	19,205(33)	15,179(25)
受 託 研 究 費	97,609(10)	63,207 (9)	49,789(10)	78,917(11)
民 間 等 共 同 研 究 費	3,297 (1)	8,303 (2)	23,410 (2)	23,932 (3)
合 計	524,522	448,773	496,318	610,693

()内の数は受入件数

II-2. 外部からの研究費受入れ状況

部門別の受入状況

(単位：千円)

部 門 等	研 究 費 等	平成9年度	平成10年度
電 子 材 料 物 性 部 門	科 学 研 究 費	23,300 (7)	65,800(16)
	奨 学 寄 附 金 I	1,280 (3)	200 (1)
	奨 学 寄 附 金 II	1,007 (4)	1,069 (2)
	受 託 研 究 費	1,155 (1)	32,518 (3)
	民 間 等 共 同 研 究 費	3,410 (1)	3,410 (1)
	小 計	30,152	102,997
電 子 機 能 素 子 部 門	科 学 研 究 費	53,900(13)	56,600(16)
	奨 学 寄 附 金 I	2,250 (4)	1,490 (3)
	奨 学 寄 附 金 II	3,798 (5)	3,450 (4)
	受 託 研 究 費	43,269 (5)	41,934 (4)
	民 間 等 共 同 研 究 費		522 (1)
	小 計	103,217	103,996
電 子 計 測 制 御 部 門	科 学 研 究 費	23,500 (8)	103,700(12)
	奨 学 寄 附 金 I	3,000 (2)	
	奨 学 寄 附 金 II	5,990(10)	3,450 (7)
	受 託 研 究 費	5,365 (4)	3,465 (3)
	小 計	37,855	110,615
電 子 情 報 処 理 部 門	科 学 研 究 費	52,200(10)	26,700(11)
	奨 学 寄 附 金 II	1,880 (5)	5,020 (7)
	受 託 研 究 費		1,000 (1)
	民 間 等 共 同 研 究 費	20,000 (1)	20,000 (1)
	小 計	74,080	52,720
電 子 計 測 開 発 施 設	科 学 研 究 費	1,600 (1)	2,500 (1)
	奨 学 寄 附 金 II		500 (1)
	小 計	1,600	3,000

()内の数は受入件数

奨学寄附金 I 申請による民間からの研究助成金

奨学寄附金 II 上記 I 以外のもの

平成9年度 科学研究費補助金交付決定者一覧

(単位：千円)

研究種目	区 分	氏 名	研 究 課 題	決定額
重 点	(1)	伊福部 達	体内および外部世界の人工現実感の評価研究	31,100
重 点	(2)	迫田 和彰	分光プローブによるポリマーの構造ゆらぎとダイナミクスの研究	900
〃	〃	西浦 廉政	高分子ブロック共重合体系にあらわれるメゾパターンへの数理的アプローチ	800
〃	〃	下村 政嗣	高分子-単分子膜複合体を用いた分子クラスターの配列制御	2,000
〃	〃	下村 政嗣	分子量が制御された高分子を鋳型とする単分子膜の重合	2,200
〃	〃	末宗 幾夫	ワイドギャップ半導体を用いた単電子ナノ構造の作製とその集積化に関する基礎研究	2,300
〃	〃	井上 久遠	2光子共鳴分光によるI-VII、II-VI化合物微結晶の量子閉じ込め電子構造の研究	2,100
〃	〃	下村 政嗣	分子認識機能電極のメゾスコピックパターンニング	1,900
基 盤 A	一 般 (2)	井上 久遠	フォトリソグラフィにおける輻射場と物質の新しい相互作用の研究	1,100
〃	〃	下村 政嗣	単一分子DNAの配向固定化技術とその高感度検出法の開発	32,500
基 盤 A	展 開 (2)	末宗 幾夫	MOCVD法による青色半導体レーザの試作研究	2,400
〃	〃	河原 剛一	乳幼児突然死症候群実験動物モデルの開発と評価	1,800
基 盤 B	一 般 (2)	狩野 猛	血管現象に及ぼす流れの影響	3,700
〃	〃	栗城 眞也	反応観察と脳磁界計測に基づく生体の知的視覚活動の解析	1,800
〃	〃	西浦 廉政	散逸系における無限次元遷移ダイナミクスの解明	8,500
〃	〃	末宗 幾夫	可視発光量子細線・量子箱の作製と誘導放出機構の基礎研究	6,200
基 盤 B	展 開 (2)	下村 政嗣	LB膜を用いたマルチチャンネル型オプティカルセンサによるイオンのパターン認識	1,000
〃	〃	中村 貴義	粉末結晶のための新しい三次非線形光学定数測定方法の開発	9,500
〃	〃	魚住 純	録音ろう管ネガティブのための光学的音声再生装置の開発	3,800
〃	〃	野村 保友	近赤外領域の光トレーサーを利用した新しいエネルギー代謝評価法の開発	4,800
〃	〃	伊福部 達	話速・抑揚変換機能の付いたデジタル補聴装置の実用化研究	4,000
〃	〃	笹木 敬司	パルスレーザー光の放射圧を利用した微粒子の吸着力計測法の開発	6,500
基 盤 C	一 般 (2)	水波 誠	昆虫のキノコ体の出力ニューロンの生理・形態学的研究	1,600
〃	〃	魚住 純	レーザー光のガウスの散乱場における特異な強度変動現象の解析と応用	1,800
〃	〃	小林 亮	有限系での相分離過程における弾性効果	1,500
〃	〃	中村 孝夫	運動時筋糖代謝の中枢性フィードバック及びフィードフォワード制御に関する基礎的研究	3,000
〃	〃	井野 秀一	体性感覚インタフェースシステムの構築に関する生体情報工学的研究	1,400
萌 芽		中村 貴義	金属錯体塩における電子伝導系とイオンチャンネルのハイブリッド化と電気伝導制御	700
〃		末宗 幾夫	室温エキシトンによる青色微小光共振器の研究	1,000
〃		西浦 廉政	複雑時空パターンの数理解析	800
奨 励 A		柳田 達雄	相転移を伴う流体運動のカオス理論による普遍的性質の研究	1,400
〃		植杉 克弘	MOVPE法によるZnSe/MgS量子井戸箱の試作研究	1,200
〃		吉村 博幸	部分的コヒーレント光非整数次フーリエ場の特性と光生体計測への応用	1,600
〃		居城 邦治	原子間力顕微鏡を用いた単一DNAの二次元導電性測定	1,000
〃		西川 雄大	自己組織性多糖のメゾスコピックパターンニング	1,500
〃		Karhaus, Olaf	固体表面における高分子の自発的な組織化とパターン形成	1,300
〃		上見 憲弘	喉頭摘出者のための発声代行装置とその実現のための音声知覚処理機構の研究	1,100
〃		和田 成生	血管壁面におけるリポ蛋白の局所濃度に及ぼす流れの影響	1,100
国際学術研究	共同研究	井上 久遠	量子常誘電体における新しい低温凝縮相の探索	1,600

平成 10 年度 科学研究費補助金交付決定者一覧

(単位：千円)

研究種目	区 分	氏 名	研 究 課 題	決定額
特 定 A	(1)	栗城 真也	磁気-光-電子・量子機能基礎研究	57,300
特 定 A	(2)	下村 政嗣	分子量が制御された高分子を鋳型とする単分子膜の重合	2,100
〃	〃	井上 久遠	2光子共鳴分光による I-VII、II-VI 化合物微結晶の量子閉じ込め電子構造の研究	1,000
〃	〃	末宗 幾夫	ワイドギャップ半導体を用いた単電子ナノ構造の作製とその集積化に関する基礎研究	1,500
〃	〃	下村 政嗣	分子認識機能電極のメソスコピックパターンニング	1,400
〃	〃	下村 政嗣	相補的核酸塩基対ナノ組織体中の電子移動	2,000
〃	〃	中村 貴義	d- π 複合電子系単成分電気伝導体の次元構造制御	1,500
特 定 B	(1)	井上 久遠	「フォトニック結晶の開発と輻射場の制御」の総括	1,800
特 定 B	(2)	井上 久遠	フォトニック結晶における輻射場と物質との相互作用	22,500
基 盤 A	一 般 (2)	下村 政嗣	単一分子DNAの配向固定化技術とその高感度検出法の開発	9,400
〃	〃	中村 貴義	超分子イオン-遍歴電子結合系の自己組織化と機能	23,800
〃	〃	笹木 敬司	単一微粒子の光共鳴ダイナミック分光計測法の開発	14,500
〃	〃	伊福部 達	人工現実感刺激の人体へ及ぼす影響の生体情報工学に基づく評価	11,900
〃	〃	小林 哲生	両眼視野闘争における内的知覚交替現象の高分解能脳波計測による非侵襲的研究	11,800
基 盤 B	一 般 (2)	西浦 廉政	散逸系における無限次元遷移ダイナミクスの解明	2,100
〃	〃	末宗 幾夫	可視発光量子細線・量子箱の作製と誘導放出機構の基礎研究	3,900
〃	〃	太田 信廣	光化学ダイナミクスの電場効果に関する研究	10,200
〃	〃	河原 剛一	虚血・再灌流不整脈の非線形ダイナミクスと心筋細胞死	8,400
〃	〃	長谷川達生	有機低次元導体の密度波相における電子状態	4,400
基 盤 B	展 開 (2)	中村 貴義	粉末結晶のための新しい三次非線形光学定数測定方法の開発	2,700
〃	〃	魚住 純	録音ろう管ネガティブのための光学的音声再生装置の開発	3,000
〃	〃	笹木 敬司	パルスレーザー光の放射圧を利用した微粒子の吸着力計測法の開発	2,200
〃	〃	野村 保友	近赤外領域の光トレーサーを利用した新しいエネルギー代謝評価法の開発	2,300
〃	〃	伊福部 達	話速・抑揚変換機能の付いたデジタル補聴装置の実用化研究	2,800
〃	〃	末宗 幾夫	ナノ構造デバイス作製のためのAFM・電子ビーム結合リソグラフィ技術の開発	4,700
〃	〃	井上 久遠	輻射場の制御のためのフォトニック結晶の開発	5,300
基 盤 C	一 般 (2)	水波 誠	昆虫のキノコ体の出力ニューロンの生理・形態学的研究	900
〃	〃	魚住 純	レーザー光のガウスの散乱場における特異な強度変動現象の解析と応用	1,600
〃	〃	小林 亮	有限系での相分離過程における弾性効果	1,400
〃	〃	中村 孝夫	運動時筋糖代謝の中枢性フィードバック及びフィードフォワード制御に関する基礎的研究	800
〃	〃	井野 秀一	体性感覚インタフェースシステムの構築に関する生体情報工学的研究	1,200
〃	〃	辻見 裕史	インパルス応答関数の実時間測定による構造相転移ダイナミクスの検討	3,400
〃	〃	下澤 楯夫	昆虫機械受容器の内部雑音源の正体と微弱信号の検出に果たす役割	2,300
〃	〃	岩井 俊昭	拡散光トポグラフィの基礎的研究	2,500
萌 芽		西浦 廉政	複雑時空パターンの数理解析	1,000
〃		中村 貴義	分子組織体-微小電極インターフェース	1,300
〃		末宗 幾夫	ワイドギャップ半導体光強閉じ込め系での励起子-フォトン相互作用の研究	1,200

(単位：千円)

研究種目	区 分	氏 名	研 究 課 題	決定額
萌 芽		小林 哲生	視覚的認知・意識に関わる脳内プロセスの非侵襲的定量計測	1,400
〃		長谷川達生	有機伝導体の制御微細構造の作成	600
奨 励 A		柳田 達雄	相転移を伴う流体運動のカオス理論による普遍的性質の研究	1,000
〃		植杉 克弘	MOVPE法によるZnSe/MgS量子井戸箱の試作研究	900
〃		居城 邦治	原子間力顕微鏡を用いた単一DNAの二次元導電性測定	1,100
〃		西川 雄大	自己組織性多糖のメゾスコピックパターンニング	900
〃		Karthus, Olaf	固体表面における高分子の自発的な組織化とパターン形成	700
〃		上見 憲弘	喉頭摘出者のための発声代行装置とその実現のための音声知覚処理機構の研究	1,000
〃		和田 成生	血管壁面におけるリポ蛋白の局所濃度に及ぼす流れの影響	900
〃		川俣 純	電荷移動錯体の三次非線形光学特性に関する系統的研究	1,500
〃		芥川 智行	イオン-電子複合輸送系を目指した有機伝導体中の超分子カチオン場	1,400
〃		田中 悟	III族窒化物半導体量子ドット成長機構の解明	1,200
〃		和田 親宗	聴覚代行のための触感を利用した触覚ディスプレイの基礎研究	1,100
〃		野村 保友	神経活動に依存した光散乱変化を用いる無侵襲脳活動計測の新たな試み	1,100
〃		平田 恵啓	音楽家の楽音認知脳内機構の無侵襲計測	1,000
〃		内貴 猛	血管内皮のリポ蛋白の取り込みに及ぼす流れの影響	800
国際学術研究	共同研究	井上 久遠	量子常誘電体における新しい低温凝縮相の探索	1,300
〃	〃	八木 駿郎	可干渉性フォノン励起法の確立ー相転移研究の新しい方法としてー	3,100
〃	〃	下村 政嗣	高分子コンプレックスの階層的なメゾスコピック構造の構築	2,200
奨 励 B		永井 謙芝	冬季用杖における滑り止め部分のワンタッチ切り替え機構の開発	240

平成 9 年度 奨学寄附金（研究助成金）

（単位：千円）

研究者氏名	寄 附 者 名	研 究 課 題	金 額
狩野 猛	財医科学応用研究財団	落球式血液粘度計の臨床応用の為の基礎的研究	1,000
中村 貴義	公益信託分子科学研究奨励森野基金	分子性導体におけるイオン系と電子系の相互制御に関する研究	1,000
迫田 和彰	財住友財団	フォトニック結晶における光の局在と量子光学	1,300
小林 哲生	財寿原記念財団	視覚的認知に伴う随意眼球運動・脳波・脳磁界の計測と能動的視覚センサへの応用	2,000
長谷川達生	財実吉奨学会	国際会議出席のための渡航費助成	80
植杉 克弘	財山田科学振興財団	II－VI族半導体国際会議派遣助成	200
西村 吾朗	財伊藤医薬学術交流財団	拡散波分光法の医用・工学への応用研究	200
神 隆	財伊藤医薬学術交流財団	第4回カリックスアレンおよびその関連化合物に関する国際会議派遣助成	250
神 隆	財秋山記念生命科学振興財団	人工イオンチャネルの分子設計とリン脂質二重層膜における輸送特性	500

平成 10 年度 奨学寄附金（研究助成金）

（単位：千円）

研究者氏名	寄 附 者 名	研 究 課 題	金 額
迫田 和彰	財稲盛財団	フォトニック格子中の局在電磁モードの数値シミュレーション	1,000
金城 政孝	財伊藤医薬学術交流財団	電子科学研究所公開シンポジウム「バイオサイエンスにおける単一分子検出：分子観察から分子診断へ」学会等助成	300
金城 政孝	財実吉奨学会	「第4回ライフサイエンスにおける単一分子検出と超高感度分析に関する国際ワークショップ」出席の渡航費助成	190
芥川 智行	財宇宙科学振興会	合成金属の科学・技術に関する国際会議渡航費助成	200

平成 9 年度 受託研究費

(単位：千円)

受入教官名	委 託 先	研 究 課 題	金 額
居城 邦治	科学技術振興事業団	二次元に秩序配向したDNAを場とする電子移動反応	2,000
田村 守	生物系特定産業技術研究推進機構	生体器官の無侵襲隔測手法の開発	5,630
田村 守	スペクトラ・フィジックス株式会社	時間分解光診断法の基礎研究	200
田村 守	日本学術振興会	光CTおよび脳磁図を用いた高次脳機能の研究	32,358
和田 成生	国立循環器病センター	血流と血管壁の間の物質輸送に関する計算力学的研究	1,400
竹村 健	中小企業事業団	新機能ポルフィリン素材の開発に関する研究	1,155
栗城 眞也	財団法人新機能素子研究開発協会	高温超電導薄膜及び素子の特性評価に関する共通基礎研究 I	2,100
笹木 敬司	科学技術振興事業団	光局在場を利用した分子集合構造の計測と制御	500
栗城 眞也	株式会社東芝医用機器・システム事業部	SQUIDによる環境雑音下での生体計測の研究	1,365
田村 守	技術研究組合医療福祉機器研究所	光断層イメージングシステムの研究開発	3,081

平成 10 年度 受託研究費

(単位：千円)

受入教官名	委 託 先	研 究 課 題	金 額
笹木 敬司	科学技術振興事業団	光局在場を利用した分子集合構造の計測と制御	500
田村 守	生物系特定産業技術研究推進機構	生体器官の無侵襲隔測手法の開発	3,701
中村 貴義 竹中 信夫	中小企業事業団	新機能ポルフィリン素材の開発に関する研究	1,250
田村 守	日本学術振興会	光CTおよび脳磁図を用いた高次脳機能の研究	33,464
和田 成生	国立循環器病センター	血流と血管壁の間の物質輸送に関する計算力学的研究	1,600
迫田 和彰	科学技術振興事業団	フォトリソニック結晶バンド構造解析手法の確立	2,000
水波 誠	科学技術振興事業団	微小脳高次中枢のモジュール構造と情報表現	1,000
芥川 智行	科学技術振興事業団	動的イオン場を介した電子物性制御	900
栗城 眞也	株式会社東芝医用機器・システム事業部	SQUIDによる環境雑音下での生体計測の研究	1,365
田村 守	技術研究組合医療福祉機器研究所	光断層イメージングシステムの研究開発	2,769
中村 貴義	新エネルギー・産業技術総合開発機構	分子プログラムを利用したメゾスコピック領域構造機能制御	30,368

II－3．主要設備

・フェムト秒モードロックレーザーシステム装置

フェムト秒 (10^{-15} 秒) 域の極めて短い時間幅をもつ光パルスが発生し、電子材料の励起状態を精密に時間分解分光で研究できる装置。

・光パラメトリック発振システム

繰り返しが 30 Hz で、高出力のナノ秒パルスレーザーの波長を可視光域を含む広範囲 ($0.42\sim 3.8\ \mu\text{m}$) に亘って変えることができる装置である。スペクトル幅が $0.1\ \text{cm}^{-1}$ 以下の優れた特性が得られ、高分解能で分光を行うのに適している。

・走査型マルチプローブ顕微鏡

微小な探針を用いて物質の表面と探針の間にかかる微弱な力を測定することで、物質表面の形状をオングストロームのレベルで観察する特殊な顕微鏡。

・超分子構造解析システム

超分子構造を時間分解し、動的挙動も同時に表示できるシステム。

・レーザーマニピュレーションシステム

顕微鏡下で回折限界まで絞り込んだレーザー光の放射圧によりマイクロ～ナノメートルサイズの微粒子を捕捉して自在に操り、単一微粒子の分光測定、パターン配列・輸送、微小構造物の組立・駆動を行うシステム。

・多チャンネル脳磁界・脳波計測装置

本装置は、カスタムデザイン・ホームメイドによる 19 チャンネル SQUID 脳磁計と 96 チャンネル・デジタル脳波計からなり、オーディオ刺激装置を用いてヒトの視聴覚機能から高次機能に関わる脳活動が無侵襲に計測できる。

・微小領域三次元電子計測装置：共焦点レーザ走査型顕微鏡

神経や血管など半透明な生体組織の三次元構造を生きたまま計測し、生体の機能的柔軟性の原理を解明して、柔軟な工学技術の基盤とする。共焦点レーザ走査顕微鏡、走査型電子顕微鏡、画像解析コンピュータからなる。

III. 国 際 交 流

III-1. 外国人研究者の受入れ状況

a. 年度別統計表

部 門 等 \ 年	平成 7 年度	平成 8 年度	平成 9 年度	平成10年度
電子材料物性部門	4	9	3	4
電子機能素子部門	2	10	9	7
電子計測制御部門	5	7	2	3
電子情報処理部門	1	4	3	2
電子計測開発施設	0	1	0	0
計	12	31	17	16

b. 外国人客員研究員

・平成 9 年度

任 捷	中国	講師	H 9. 5.22～H10. 5.21
GRASJO, L. A.	スウェーデン	助手	H 9. 7.17～H10. 7.16
張 思迅	中国	医師	H 9. 9. 1～H10. 2.28

・平成 10 年度

任 捷	中国	講師	H10. 5.22～H11. 5.21
Leroy Cronin	イギリス	PD	H10. 7. 6～H10. 8.27
K. A. Nelson	アメリカ	教授	H10.11. 6～H10.11.26
V. A. Ivanov	ロシア	教授	H10.11.11～H11. 1. 8
A. V. Baranov	ロシア	教授	H10.11.17～H11. 1.13
Bernard Hehlen	フランス	助教授	H11. 1.10～H11. 1.27

III-2. 国際共同研究

1. [エージェンシー] 日本学術振興会日米科学協力事業（共同研究）

[代 表 者] 電子材料物性部門（八木駿郎）

[研 究 課 題] コヒーレントフォノン励起による相転移ダイナミクスの研究

[研 究 期 間] 平成 7～9 年度

[経 費] 8,000 千円

[研 究 成 果] ピコ秒・フェムト秒レーザーパルスを用いたコヒーレントフォノン励起法の相転移研究への応用のためには、測定法自身に高い安定性と優れた S/N 比が求められる。本共同研究により、MIT グループ（Prof. A. Nelson）の有する優れたパルス技術と当グループの高分解能分光のノウハウを交換することで、コヒーレントフォノン励起法が相転移の研究に極めて優れていることが確立し実際に幾つかの相転移の研究に応用され成果を上げた。

2. [エージェンシー] 日本学術振興会日独科学協力事業（共同研究）

[代 表 者] 電子機能素子部門（下村政嗣）

[研 究 課 題] 秩序化された表面を用いた高分子の組織化

[研 究 期 間] 平成 7～9 年度

[経 費] 平成 7 年度 1,513 千円 平成 8 年度 3,792 千円 平成 9 年度 1,528 千円

[研 究 成 果] 表面プラズモン顕微鏡や走査プローブ顕微鏡を用いた表面解析に精通した物理学者と、有機合成ならびに分子薄膜の作製を行っている高分子化学者が有機的な連携をとりながら、二分子膜や単分子膜、LB 膜のような二次元秩序を有する分子薄膜の表面をマトリックスして、合成ならびに生体高分子を配列し分子レベルからマイクロメートルレベルにいたる幅広い階層にまたがる構造解析を通じて、秩序表面を用いた高分子の組織化を行った。

3. [エージェンシー] 日本学術振興会日米科学協力事業（共同研究）
 [代 表 者] 電子機能素子部門（井上久遠）
 [研 究 課 題] 「周期構造をもつ複合物質の光の状態と伝播」
 [研 究 期 間] 平成8～10年度
 [経 費] 6,300千円
 [研 究 成 果] 米国のレンセラー理工科大学物理学教室と共同でフォトニック結晶に関する基礎研究を実施した。サブミリメートルの種々の試料を作製してフォトニックバンド構造を実験・理論の両面から解明し、特に光の波長の格子定数をもつ単純な3次元構造の作製に向けて重要な知見を得た。その他に、対称性の異なる特異なバンドが存在すること、群速度の小さいバンドを利用して輻射場の制御が行えることなど多くの理論的成果を得ると共に、一部は実験的に検証した。

4. [エージェンシー] 文部省創造開発研究経費
 [代 表 者] 電子材料物性部門（中村貴義）
 [研 究 課 題] 分子素子微小インターフェース構築に関する研究
 [研 究 期 間] 平成9年度
 [経 費] 1,637千円
 [研 究 成 果] 機能性分子組織体と外部との間に電気的なインターフェースを構築することは、分子電子デバイス構築のためのキーテクノロジーである。本研究では、フィンランド中央技術研究所との共同で電気伝導性を有する自己組織化分子微小構造体と微小電極との間に電気的なインターフェースを構築し、微小構造体およびインターフェースの物性を評価することを通じて、分子電子デバイス実現のためのブレークスルーを目指した。

5. [エージェンシー] 文部省科学研究費補助金（国際学術研究）
 [代 表 者] 電子機能素子部門（井上久遠）
 [研 究 課 題] 「量子常誘電体における新しい低温凝縮相の探索」
 [研 究 期 間] 平成9～10年度
 [経 費] 2,900千円
 [研 究 成 果] 代表的量子常誘電体である SrTiO_3 の低温相で、新しいコヒーレントな凝縮相の可能性が物性物理学の一つの大きな話題となっている。フランスのモンペリエ大学と共同で、鍵を握っている極性ソフトフォノン・音響フォノンをハイパーラマンと非弾性中性子散乱法で詳細に調べた。いくつかの新しい異常を見いだしたが、未だ断定的結論を得るに至らなかった。関連して、 SrTiO_3 が0 Kまで量子常誘電相にとどまる原因が、量子効果のみによるという従来の定説を覆す新しい事実を見いだした。

6. [エージェンシー] National Institute for Standards and Technology
 [代 表 者] J. A. Warren [分担者：小林 亮（電子情報処理部門）]
 [研 究 課 題] Modeling Solidification and Microstructure
 [研 究 期 間] 1997年－1998年
 [経 費] \$ 8,500
 [研 究 成 果] フェーズフィールドモデルをベクトル化することにより、同時多核凝固による多結晶の形成過程を記述するモデルを構成し、そのシミュレーションを行った。さらに多結晶形成後の粒界の運動を記述するモデルを構成した。このモデルでは方位変数の方程式として特異拡散性を持つ方程式を用いており、数学的にも新しい局面をひらいた。

7. [エージェンシー] 文部省科学研究費補助金（国際学術研究（共同研究））
 [代 表 者] 電子材料物性部門（八木駿郎）
 [研 究 課 題] 可干渉性フォノン励起法の確立
 [研 究 期 間] 平成10年度
 [経 費] 3,100千円
 [研 究 成 果] 前年度までの日本学術振興会の支援による MIT (Prof. A. Nelson 共同研究) との成果を引き継いで、さらにコヒーレントフォノン励起法に関して一層の S/N 比の向上と実験遂行上における操作性の

簡便化を計画した。その結果ヘテロダイナミクス検波法と位相マスクを応用することで新しく第2世代のコヒーレントフォノン励起法の確立がなされ、現在も共同研究が進行中である。

8. [エージェンシー] 日本学術振興会外国人研究者招へい事業
[代 表 者] 電子材料物性部門（中村貴義）
[研究課題] イオン-電子結合系のデバイス展開に関する理論的研究
[研究期間] 平成10年度
[経 費] 2,400 千円
[研究成果] 新しいイオン-電子結合系について、理論的な面から研究を行い、イオンと電子の相互作用に起因する物性の詳細を明らかにすることを目的として研究を行った。強相関電子系にさらにイオン系が結合することにより興味深い物性発現が期待されることから、特に導電物性、磁性の面から理論的検討を行った。
9. [エージェンシー] 日本学術振興会外国人研究者招へい事業
[代 表 者] 電子機能素子部門（井上久遠）
[研究課題] 「高分解能レーザー分光による半導体量子微結晶の素励起の研究」
[研究期間] 平成10年度
[経 費] 1,960 千円
[研究成果] ロシアの国立光学研究所の第一級の研究者 Dr. A. V. Baranov を招へいし、上記の実験研究を実施した。具体的には、ガラスに埋め込んだ2、3の半導体微結晶をロシア側で作製し、我々が開発した2光子共鳴分光法を用いて、量子閉じ込め電子構造、光学フォノン、並びに電子-格子相互作用の解明研究を行った。現在も研究を継続している。
10. [エージェンシー] 朝鮮半島新エネルギー開発機構（KEDO）
[代 表 者] 電子情報処理部門（伊福部 達）
[研究課題] 人工現実感を利用した平衡機能リハビリ・システムに関する研究
[研究期間] 平成10年度
[経 費] 1,000 千円
[研究成果] 韓国全北大学校生体工学科の金南均教授との共同研究で、人工現実感技術を利用し運動する立体視覚刺激を作り、それにより平衡機能がどのように影響されるかを調べた。その結果に基づき平衡機能の障害を補助するような視覚刺激を見出し、新しいリハビリ・システムを提案した。
11. [エージェンシー] 文部省科学研究費補助金（国際学術研究）
[代 表 者] 電子機能素子部門（下村政嗣）
[研究課題] 高分子コンプレックスの階層的なメゾスコピック構造の構築
[研究期間] 平成10～11年度
[経 費] 平成10年度2,200 千円 平成11年度2,200 千円
[研究成果] 生物は、ナノメートルサイズからメゾスコピック領域にいたる階層的な構造化によって特異な形態を形成し生物としての機能を発現している。本研究では、表面プラズモン顕微鏡や走査プローブ顕微鏡を用いた構造評価に精通したドイツの物理学者と、分子薄膜の作製に詳しい高分子化学者が有機的な連携をとりながら、合成ならびに生体高分子を複合化したナノメートルサイズの高分子コンプレックスを作製し、マイクロメートルレベルにいたる幅広い階層にまたがる階層的な構造化を計り、生体組織を模倣した新たな機能材料の設計・開発を行った。
12. [エージェンシー] ジョンソン・エンド・ジョンソン・メディカル研究所
[代 表 者] 電子情報処理部門（伊福部 達）
[研究課題] 水素吸蔵合金アクチュエータを利用した介助機器に関する研究
[研究期間] 平成9～10年度
[経 費] 6,000 千円
[研究成果] ジョンソン・エンド・ジョンソン・メディカル研究所の Ganesh N. Kumar と Ram Bhat との共同

研究で、温度により水素を吸収・放出する合金（水素吸蔵合金）を利用したアクチュエータを開発し、下肢障害者をベッドから車椅子移乗させる介助機器を試作した。

III－３．海外渡航件数

部 門 等 \ 年	平成 7 年度	平成 8 年度	平成 9 年度	平成10年度
電子材料物性部門	8	11	17	16
電子機能素子部門	10	16	25	31
電子計測制御部門	8	7	15	11
電子情報処理部門	16	13	13	15
電子計測開発施設	1	5	1	4
計	43	52	71	77

IV. 教 育 活 動

Ⅳ－１．修士学位及び博士学位の取得状況

１．修士学位

平成 9 年度

・理学研究科

泉 裕友：ファン・デル・ワールス過冷却液体 o-terphenyl のパルス誘導光散乱」
稲場靖彦：ハイパーラマン散乱による単分域 SrTiO₃ における強誘電的ソフトフォノンモードの研究
山口玲介：レーザー分光によるボルフィリン分散ポリマーにおける光学的位相緩和の研究
池田俊明：DNA 単分子膜中における光誘起電子移動
丸山則彦：メゾスコピック領域における規則的高分子パターンの自発的形成
佐藤知絵：刺激によるラット賦活皮質野の酸素動態
高澤 啓：LEC ラット腎臓における蛍光物質の同定
藤井文彦：血液置換ラットモデルにおける脳のチトクロム C とチトクロムオキシダーゼの酸化還元挙動
上田肇一：回転する管の中で起きる砂・ガラスビーズの分離について
亀田健司：進行波解の速度選択における臨界安定性仮説

・工学研究科

俵 毅彦：ZnSe 系自己組織化量子ドットならびに分布ブラック反射鏡の作製に関する研究
鈴木秀樹：MOVPE 法による ZnSe/MgS 超格子の成長およびヘテロ界面に関する研究
梨木裕之：MOVPE 成長 ZnSe/MgS 超格子構造の光学特性に関する研究
上田章雄：MOMBE 法を用いた ZnSe、ZnS の低温選択成長と光導波路構造の作製
高崎 洋：強調後方光多重散乱現象における媒質のフラクタル性の影響
田畑克彦：拡散波トポグラフィの基礎的研究
森 健：発話に伴う脳磁界の計測
丸山恵美：dc SQUID の特性解析と磁束計設計のための基礎的研究
砂盃尚子：視覚呈示された言語の処理に関する脳活動の計測と解析
池亀幹太：透明化したイヌおよびヒト気管支樹内のフローパターン
平野繁樹：分岐管における懸濁粒子の分配におよぼす主管・側管の直径比、流量比、および粒径の影響
村上智也：軸対称狭窄の作製により起こる家兎総頸動脈の管径および管壁構造の変化
渡邊幸洋：落球式および回転式粘度計による各種液体の流動特性の検討
下野真博：末梢筋運動時糖代謝神経制御機構の遠心性経路同定に関する基礎的研究
畠山善幸：幻肢誤局在とその神経機序に関する研究
堀 淳二：ニューロン・グリア共培養系におけるグルタミン酸負荷によるニューロン死に関する研究
松本 茂：ワモンゴキブリ最終腹部神経節の神経活動の光学的計測
北川文基：最大尤度の統計的性質に基づく信号数推定法
志賀達也：電子波導波路解析への複素等価回路の応用に関する研究
石井正樹：難聴者と健聴者における音声のホルマント遷移部の知覚特性に関する研究
安田星季：上肢接触動作による作業空間知覚に関するハプティック・ディスプレイの基礎的研究

・地球環境科学研究科

小沼太朗：分子性電荷移動錯体の Langmuir-Blodgett 膜における 2 次の非線形光学効果
根津雄一郎：クラウンエーテルあるいはポリエチレングリコールに包接されたアルカリ金属イオンをカウンタークチオンとする M(dmit)₂ 錯体の作製
森末光彦：フォトクロミック分子の組織化と光反応制御

平成 10 年度

・理学研究科

小林美加：時間分解分光法による D-ソルビトールのガラス転移ダイナミクス
佐藤公宣：フェムト秒時間分解分光法による α 水晶の E モード
片岡満史：SrTiO₃ における強誘電性前兆現象に対する立方晶－正方晶構造相転移の効果
儀部朋子：蓄積フォトンエコー分光法による色素・ポリマー系の位相緩和の研究
城間ひとみ：二次元フォトニック結晶中の局在モード

小糸健夫：光機能性高分子の自己組織化による二次元パターン作製
大山義仁：多重振り子の運動とエネルギー分布
瀬川知彦：レスリーモデルを用いた人口予測
永宮正規：パランシングロボットの TD 誤差学習と Actor-Critic による制御
村山弘之：離散化された自己複製パターンにおけるパルスの挙動

• **工学研究科**

広瀬 淳：クラスタードーピングによる ZnSe p 型伝導度制御の研究
大澤英明：同時ドーピング法による ZnSe の P 型化に関する研究
斎藤孝充：フラクタル媒質からの後方散乱エンハンスメント現象の 3 次元シミュレーション解析
久保真輝：dc-SQUID の素子パラメータ変化による動作解析
小山 洋：高温超伝導 SQUID 磁束計の製作と特性評価に関する研究
坂井友幸：血管内皮細胞による物質取り込みに及ぼす流れ及び水透過速度の影響
佐藤泰雅：心筋細胞培養系におけるアポトーシス様細胞死とその細胞内シグナル伝達機構に関する基礎的研究
山口一郎：コオロギ介在神経における気流情報の統合
加藤 修：TLM 法による量子力学的波動の時間域解析に関する研究
木村 励：遺伝的アルゴリズムを用いた多層膜半導体電子波フィルタの設計に関する研究
ムジハンドコ・チャトル・W：サケの自動追尾システムのための音源方位推定に関する研究
小林有希子：視運動刺激によって生じる自己運動感覚の計測と制御に関する研究
斉藤 幹：失聴者のための音声認識技術を利用したマン・マン・インタフェースに関する研究
李 乙松：仮想物体の奥行き知覚における視覚と触覚の統合化に関する研究

• **地球環境科学研究科**

阿部裕佳子：マクロサイクリック TTF ラジカル塩の合成と物性
湯本 徹：電荷移動錯体及び金属錯体 LB 膜の作製と物性
深澤 忠：インターカレーター単分子膜を用いた核酸ポリマーの高感度検出法の開発

2. 博士学位

平成 9 年度

• **理学研究科**

中村史夫：Organaization of DNA-mimetics at the Air-Water Interface (気液界面における DNA ミメティックスの組織化)

• **工学研究科**

ラシュディ・シャー・アハマド：Performance of superconducting quantum interference devices with large inductive elements
加藤和夫：脳波リズム変動と事象関連電位に基づく両眼視野闘争過程に関する研究
三好茂樹：人工内耳における伝達情報量の増加を目的とした刺激方式に関する研究
中井達也：光拡散方程式の拡散係数および適用条件に関する基礎的研究

• **地球環境科学研究科**

澤田石哲郎：DNA ナノ細線の調整とそのキャラクタリゼーション —DNA の光電子材料としての利用—

平成 10 年度

• **理学研究科**

吉岡伸也：Soft Mode Dynamics of KH_2PO_4 Studied by Impulsive Stimulated Raman Scattering
高坂繁弘：Phase Transition Dynamics of KHCO_3 Studied by Light Scattering
栗林亮介：Phase Relaxation Characteristics of Confined Excitons in Cuprous Chloride Spherical Quantum Dots (銅ハライド球状量子ドットの励起子の位相緩和特性)
近岡洋子：Drug Metabolizing Activity of Cerebral Tissue:7-Ethoxycoumarin Deethylation Activity in the Perfused Rat Brain (脳組織の薬物代謝活性：灌流脳における 7-エトキシマリンの脱エチル活性)
上山大信：Dynamics of self-replicating patterns in the one-dimensional Gray-Scott model

・工学研究科

マクラム・イブラヒム・ハリル・イブラヒム：Statistical Properties of Laser Speckles with Long Spatial Correlations（長い空間相関を有するレーザスペックルの統計的特性）

石井勝弘：Spatio-temporal properties of coherent backscattering of light from dense disordered media

三宮 俊：Statistical properties of optical coherent phenomena in multiple scattering media（多重散乱媒質における光学的コヒーレント減少の統計的特性）

野界武史：聴性誘発脳磁界反応の計測と解析

横澤宏一：生体磁場計測を目的とした高温超伝導 SQUID 磁束計の高感度化に関する研究

黄 孔良：事象関連電位に基づく仮名文字黙読・照合に関わる脳内プロセスの研究

熊谷恒子：An Experimental Analysis of Mechanical Design of the Wind Receptor Hair in Cricket（昆虫気流感覚器の機械設計に関する計測と解析）

真田博文：電子波伝搬のための分布定数回路モデルに関する研究

田中敏明：A Rehabilitation Engineering Study of Somatosensory Contribution to Standing Balance with Aging（加齢に伴う立位バランスへの体性感覚の寄与に関するリハビリテーション工学研究）

・歯学研究科

足利雄一：Tissue Oxygenation Changes in the Irradiated Mandibular Bone: A Near Infrared Spectroscopy Study（放射線照射を受けた下顎骨における酸素濃度変化の測定：近赤外分光法による計測）

IV－2．大学院生在籍数

研究科名	年	修 士		博 士	
		9 年	10年	9 年	10年
理 学 研 究 科		21	17	23	29
工 学 研 究 科		41	36	24	28
地球環境科学研究科		4	4	0	1
医 学 研 究 科		0	0	0	0
計		66	57	47	58

IV－3．大学院担当講義科目名

理学研究科	相転移物性物理学特論	（相転移物性研究分野）
	レーザー分光光学特論Ⅰ、Ⅱ	（量子機能素子研究分野）
	超分子化学特論Ⅰ	（分子認識素子研究分野）
	超分子化学特論Ⅱ	（ 同 上 ）
	超分子化学概論	（ 同 上 ）
	生体超分子化学特論Ⅰ、Ⅱ	（超分子分光研究分野）
工学研究科	複雑システム論	（情報数理研究分野）
	光電子物性工学特論	（光材料研究分野）
	光量子デバイス工学特論	（ 同 上 ）
	物質物理工学特別講義	（分子認識素子研究分野）
	光情報エレクトロニクス特論	（光システム計測研究分野）
	脳機能工学特論	（量子計測研究分野）
	バイオメカニクス特論	（自律調節研究分野）
	生体数理工学特論	（適応制御研究分野）
	神経情報工学特論	（神経情報研究分野）
	生理工学特論	（ 同 上 ）
	情報シミュレーション特論	（信号処理研究分野）
	人間情報工学特論	（感覚情報研究分野）

地球環境科学研究科	光物理学特論	(電子計測開発施設)
	大気環境科学特論	(光電子物性研究分野)
	光物理化学特論 II	(有機電子材料研究分野)
	大気環境化学特論 I	(同上)
	物質科学特論 II	(同上)
	分子環境学特論 I	(同上)

V. 研究支援体制

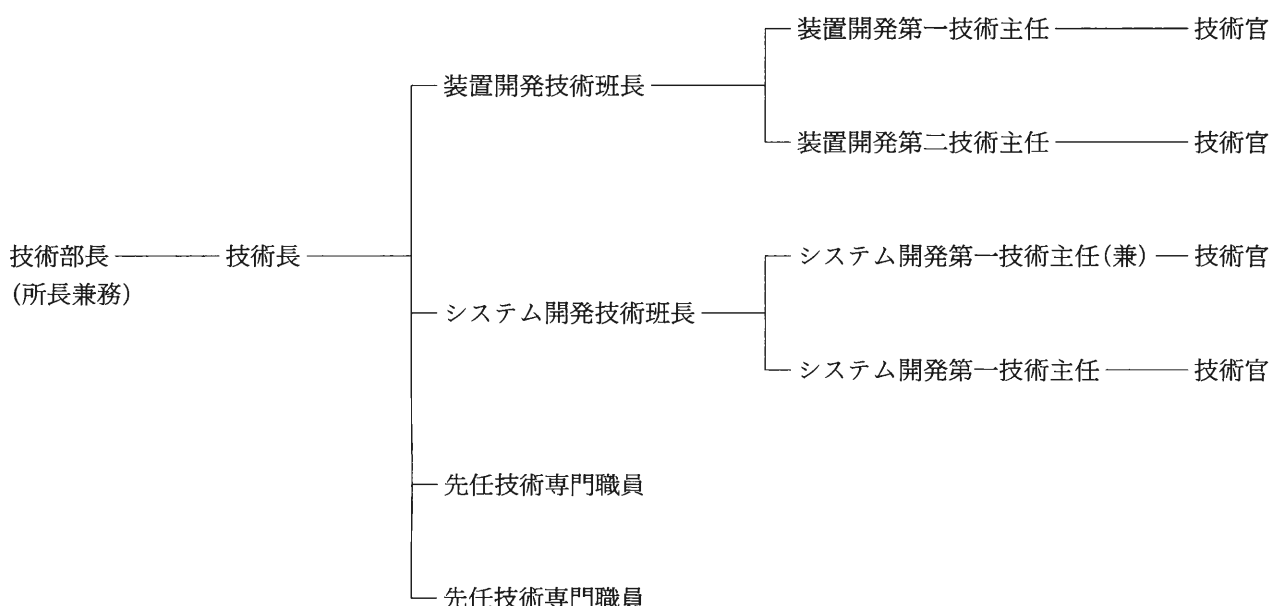
V-1. 技術部

本研究所の研究を技術面から支援する組織とし、装置開発及びシステム開発の2つの班よりなる「技術部」を置いている。

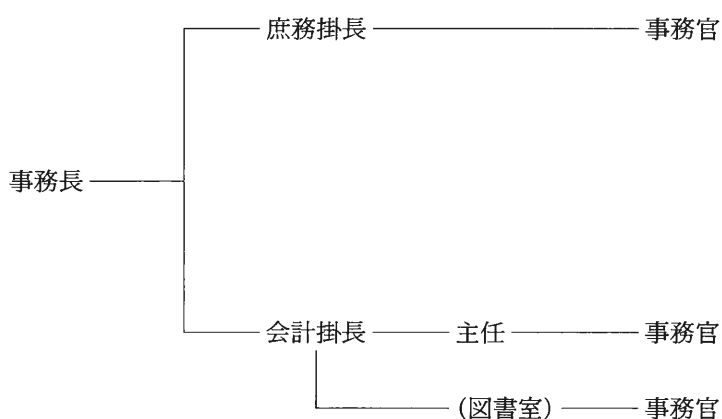
装置開発技術班は、機械及びガラス工作を中心に、研究部門より要請される特殊な実験機器の開発・製作にあたっている。機械工作関係では、ステンレスの精密切削とアルゴン溶接及び、当工作室に設置されている大型旋盤・立フライス盤を代表とする数種の工作機械の技術を駆使して、多くの実験装置の開発・製作を行っている。

システム開発技術班は、現在のところ所属の各技官を研究部門（研究分野）に派遣する方式をとっている。すなわち、専門技術に応じて、回路設計・製作、特殊計測、データ処理、試料作成、測定機器・コンピューターなどの保守、ソフトウェアの開発、大学院生の実験指導など多岐にわたる研究支援を行っている。

技術部職員の研究支援の現場から生まれた研究成果は、関係学会などで発表すると同時に、技術面の研究成果は、「技術部技術研究報告」として刊行し、外部にも公表している。



V-2. 事務部



V-3. 学術情報

a. 図書・学術雑誌

単行本の大部分は、各研究部門で購入し管理されている一方、学術雑誌の殆どは研究所全体で購入し図書室で管理されている。

(1) 蔵書冊数

年 度	平成9年度	平成10年度
和 書	6,045	5,932
洋 書	19,407	19,596
計	25,452	25,528

(2) 所蔵雑誌種類数

年 度	平成9年度	平成10年度
種類数	791	797

(3) 購入外国語雑誌受入種類数

年 度	平成9年度	平成10年度
種類数	112	116

(4) 学外文献複写数

年 度	平成9年度	平成10年度
依 頼	476	475
受 付	358	350

b. 学術情報システム

図書室には附属図書館と結んだ3台の専用端末機と学内 LAN (HINES) につながっているパソコンが3台ある。専用端末機のうち2台は目録作成、雑誌受入等の業務として、他の1台は北大蔵書検索システムを提供する閲覧用として利用されている。また、専用端末機は学術情報センターとオンラインでつながっており、文献複写申込み、現物貸借 (ILL システム) 等にも利用されている。

閲覧室の隣には情報検索室が設けられ、専用端末機1台、パソコン2台が利用者用として提供され、誰もが自由に必要な情報を得ることができるなど、研究者の研究活動を支援している。

VI. そ の 他

VI-1. 公的機関の委員

中村貴義：(財)宇宙環境利用推進センター 生体高分子調査研究委員会委員（平成9年度）
中村貴義：(財)宇宙環境利用推進センター 生体親和材料調査研究委員会委員長（平成10年度）
井上久遠：日本学術振興会専門委員（平成9年度）
迫田和彰：科学技術振興事業団平尾誘起構造プロジェクト研究推進委員（平成9-10年度）
下村政嗣：通産省・厚生省共幹 医療福祉機器研究所 開発委員（平成9-）
田村 守：通産省・光イメージングシステム開発委員会・委員長
栗城眞也：日本学術振興会超伝導エレクトロニクス第146委員会・第一分科会主査
西浦廉政：学術審議会専門委員（平成10-12年度）
下澤楯夫：秋山記念生命科学振興財団選考委員（平成9-10年度）
下澤楯夫：理化学研究所バイオミメティックコントロール研究センター中間レビュー委員（平成10年度）
伊福部達：労働省日本障害者雇用促進協会特別研究会委員長（平成9-10年度）
伊福部達：通産省・厚生省共幹 医療福祉機器研究所 開発委員長（平成9-10年度）
伊福部達：北海道ウエルフェアテクノハウス研究会会長（平成9-10年度）
伊福部達：学術審議会専門委員（平成9-10年度）
伊福部達：NHK放送技術研究所客員研究員（平成9-10年度）

VI-2. 国内外の学会の主要役職

井上久遠：レーザー学会評議員（H9-12）
下村政嗣：電気化学会評議員（H10）
田村 守：日本生化学会・理事、日本生物物理学会・理事（H9-10）
笹木敬司：日本光学会奨励賞選考委員会委員（H10）
栗城眞也：日本エム・イー学会評議員（H9-10）、日本生体磁気学会理事・同編集委員長（H9-10）
河原剛一：日本生理学会 評議員（H9-10）、日本エム・イー学会評議員、学会誌編集委員（H9-10）、電子情報通信学会専門委員（H9-10）、日本電気生理運動学会理事（H10）
中村孝夫：日本人工臓器学会 評議員
西浦廉政：Japan J. Industrial and Appl. Math. 編集委員、MSJ Memoirs 編集委員、国際会議 Int. Conf on Asymptotically in Nonlinear Diffusive Systems towards the understanding of singularities in dissipative structures ―、仙台、東北大学、平成9年7月、組織委員
下澤楯夫：日本比較生理生化学会評議員・幹事（H9-10）、日本エム・イー学会評議員・編集委員（H9-10）、日本比較生理生化学会第8回大会準備委員長・奨励賞審査委員長（H9-10）
水波 誠：日本比較生理生化学会評議員・編集委員（H9-10）、日本神経科学学会専門委員（H9-10）
伊福部達：日本バーチャルリアリティ学会理事、聴覚障害教育工学会理事、感覚代行研究会理事、電子情報通信学会（HCG）次期委員長、電子情報通信学会（HCS研究会）委員長・顧問、日本音響学会聴覚研究会委員長、第3回バーチャルリアリティ学会大会長、J. Mechatronics & Robotics Editor
井野秀一：電子情報通信学会（HCG）庶務幹事、日本バーチャルリアリティ学会第3回大会幹事代表、第19回バイオメカニクス学術講演会プログラム副委員長

VI-3. 受賞関係

石井勝弘：第1回応用物理学会講演奨励賞（the 1st JSAP Research Paper Presentation Awards）“拡散光子理論に基づく後方多重散乱エンハンスメントの時間特性の解析”（応用物理学会）平成9年3月
石井勝弘：日本光学会奨励賞 “Polarization properties of the enhanced backscattering of light from the fractal aggregate of particles”（応用物理学会分科会 日本光学会）平成10年9月
和田成生：日本機械学会賞（論文）「肺循環の力学モデルと人工呼吸における血流動態」平成9年4月
伊福部達：科学技術庁注目発明賞 平成9年

VI-4. 新聞・テレビ等の報道

a. 新聞等

- 芥川智行：日本工業新聞 平成 11 年 2 月
「ここがポイント私の研究：動的イオン場を介した電子物性制御」
- 下村政嗣：日本工業新聞 平成 10 年 10 月 13 日
「北大 高分子で微細パターン形成」
- 下村政嗣：工業日報 平成 10 年 11 月 9 日
「ひと学界」「散逸構造に着目した分子デバイスの作成」
- 魚住 純：北海道新聞 平成 9 年 6 月 3 日夕刊
「よみがえる 100 年前の音色／ロウ管の型にレーザー光／再生装置を開発」
- 魚住 純：東京新聞 平成 9 年 6 月 6 日朝刊
「ロウ管型から 100 年前の音色／レーザー光当て再生」
- 魚住 純：北海タイムス 平成 9 年 6 月 7 日朝刊
「円筒型レコード／100 年前の音色奏でます！／北大の魚住助教授ら／再生装置を開発」
- 魚住 純：朝日新聞 平成 9 年 6 月 8 日朝刊
「エジソンが発明「ろう管レコード」の型枠／96 年前の音色再生しました／北大電子研が装置開発し公開」
- 魚住 純：北海道新聞 平成 9 年 8 月 25 日夕刊
「ブラームスのピアノ／ロウ管から再生／北大電子研が技術協力」
- 伊福部達：中日新聞 平成 9 年 6 月 27 日朝刊
「VR 技術で福祉機器製品化」
- 伊福部達：中日新聞 平成 9 年 6 月 27 日夕刊
「最先端マルチメディア紹介」
- 伊福部達：日本経済新聞 平成 9 年 6 月 27 日
「マルチメディア&VR ぎふ'97 開幕「伊福部氏 障害者に恩恵を」」
- 伊福部達：日経メカニカル 平成 9 年 10 月 13 日
「ガス圧と熱を自由に操る（水素吸蔵合金アクチュエータ）」
- 伊福部達：北海道新聞 平成 10 年 3 月 17 日
「「複合現実感」人体にどう影響？」
- 伊福部達：Hokkaido Faz Vol.7 平成 10 年 3 月
「Assisted living enters a new world with virtual reality technologies」
- 伊福部達：北海道新聞 平成 10 年 4 月 24 日夕刊
「国産 1 号（電気式人工喉頭）」
- 伊福部達：北海道新聞 平成 10 年 7 月 27 日
「福祉工学に仮想現実を取り入れる」
- 伊福部達：日本経済新聞 平成 10 年 8 月 17 日
「福祉・教育への応用めざす」
- 伊福部達：信濃新聞 平成 10 年 8 月 18 日
「目で聞く技術実用化へ着々 福祉、医療分野に応用」
- 伊福部達：沖縄タイムス 平成 10 年 8 月 18 日
「仮想現実、福祉に活用」
- 伊福部達：室蘭新聞 平成 10 年 8 月 19 日
「「目で聞く」「耳で見る」バーチャルリアリティを福祉や医療に」
- 伊福部達：読売新聞 平成 10 年 8 月 20 日
「バーチャルリアリティ VR 技術情報交換」
- 伊福部達：読売新聞 平成 10 年 10 月 23 日
「抑揚ある声が出せるセンサー付き「喉頭」」

ｂ．テレビ報道

水波 誠：NHK 総合テレビ 平成 9 年 7 月 16 日

ためしてガッテン「ゴキブリ一掃大作戦」

伊福部達：フジテレビ 平成 10 年 8 月 11 日

「人工喉頭」

伊福部達：北海道文化放送 平成 10 年 8 月 27 日

「MR システム研究所札幌分室紹介」

魚住 純：北海道放送（TBS 系全国ネット） 平成 9 年 8 月 30 日

ドキュメンタリー番組「過ぎし日のブラームス～没後 100 年に聞く幻のピアノ録音～」

伊福部達：TBS 平成 10 年 10 月 23 日

「VR を利用した聴覚障害者用音声認識」

VII. 資 料

VII-1. 沿革

超短波研究所

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

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 電子機器分析部門新設
- 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ー部門新設
- 42. 6 強誘電体部門新設
- 46. 4 生体制御部門新設
- 48. 4 電子計測開発施設新設
- 50. 4 光計測部門新設(10年時限)
- 53. 4 感覚情報工学部門新設
- 60. 3 光計測部門廃止(時限到来)
- 60. 4 光システム工学部門新設(10年時限)

電子科学研究所

平成 4. 4 研究所改組により電子科学研究所となる

[歴代所長]

超短波研究室	昭和16年2月20日～昭和18年1月31日	簗島 高
超短波研究所	昭和18年2月1日～昭和21年3月31日	簗島 高
応用電気研究所	昭和21年4月1日～昭和21年9月10日	簗島 高
	昭和21年9月11日～昭和35年7月31日	浅見 義弘
	昭和35年8月1日～昭和38年7月31日	東 健一
	昭和38年8月1日～昭和45年3月31日	松本 秋男
	昭和45年4月1日～昭和48年3月31日	望月 政司
	昭和48年4月1日～昭和51年3月31日	馬場 宏明
	昭和51年4月1日～昭和54年3月31日	吉本 千禎
	昭和54年4月1日～昭和57年3月31日	馬場 宏明
	昭和57年4月1日～昭和60年3月31日	山崎 勇夫
	昭和60年4月1日～昭和63年3月31日	達崎 達
	昭和63年4月1日～平成4年4月9日	安藤 毅

電子科学研究所	平成4年4月10日～平成6年3月31日	安藤 毅
	平成6年4月1日～平成9年3月31日	朝倉 利光
	平成9年4月1日～現在	井上 久遠

[名誉教授]

昭和32年4月	(故) 簗島 高
昭和37年4月	(故) 浅見 義弘
昭和43年4月	(故) 東 健一
昭和45年4月	(故) 松本 秋男
昭和55年4月	(故) 吉本 千禎
昭和57年4月	横澤彌三郎
昭和62年4月	羽鳥 孝三
	馬場 宏明
	松本 伍良
昭和63年4月	達崎 達
	山崎 勇夫
平成7年4月	安藤 毅
平成9年4月	朝倉 利光
	小山 富康

VII-2. 建物

本研究所は、当初から現在地(土地 11,723 m²)にあり、この間研究棟は昭和 38 年度、39 年度、47 年度、54 年度にそれぞれ新增築され、管理棟は昭和 40 年度に新築された。建物は大きく 3 棟に別れており、それぞれ渡り廊下で結ばれている。他に自動車車庫、自転車置場等がある。

建物名称	構 造	建面積 m ²	延面積 m ²	建築年度
研 究 棟	鉄筋コンクリート造 5 階建	1,677	8,477	38、39、47、54 年度
管 理 棟	〃 2 階建	533	1,260	40 年度
井戸上屋他	〃 平屋建	79	79	40、58 年度
自動車車庫	軽量鉄骨造平屋建	39	39	41 年度
自転車置場	〃	34	34	59、60、61 年度
計		2,362	9,889	

※要整備面積

平成 7 年度の基準面積の指数の変更により不足面積は 3,582 m² に増大した。

また、電子科学研究所の発足時に、1 研究分野、1 客員研究分野の新設が認められ、これに伴う必要面積の不足が生じている。一部老朽化建物の新築化も合わせて、現在、新しい建物(4,955 m²)の建設計画をもっている。

VII-3. 定員、現員

(各年 7 月 1 日現在)

年 度		平成 9 年度	平成10年度
教 授	定 員	16(1)	16(1)
	現 員	14(1)	15(1)
助 教 授	定 員	17(1)	17(1)
	現 員	11(1)	13(1)
講 師	定 員	0	0
	現 員	3	3
助 手	定 員	24	24
	現 員	22	23
教官小計	定 員	57(2)	57(2)
	現 員	50(2)	54(2)
事務系職員	定 員	22	22
	現 員	22	22
合 計	定 員	79(2)	79(2)
	現 員	72(2)	76(2)

() 内の数字は客員で外数。

VII-4. 教官の異動状況

○ 転入状況

平成9年度

電子材料物性部門	助 手	熊野 英和	9. 4. 1	昭和電工(株)研究員
電子材料物性部門	助教授	長谷川達生	9. 9. 1	東京大学大学院総合文化研究科助手
電子計測制御部門	助 手	丹羽 光一	9.10. 1	北海道赤十字血液センター
電子計測制御部門	教 授	笹木 敬司	9.11. 1	大阪大学工学部助教授
電子機能素子部門	教 授	上田 哲男	10. 2. 1	名古屋大学大学院人間情報学研究科教授

平成10年度

電子計測制御部門	助 手	堀田 純一	10. 4. 1	新規（大学院博士修了）
電子材料物性部門	講 師	田中 悟	10. 4. 1	理化学研究所基礎科学特別研究員
電子機能素子部門	助教授	西山 宣昭	10. 7. 1	福岡教育大学教育学部助教授
電子材料物性部門	教 授	太田 信廣	10.10. 1	北海道大学大学院工学研究科助教授
附属電子計測開発施設	助 手	石井 勝弘	10.10. 1	新規（大学院博士修了）

○ 転出状況

平成9年度

電子材料物性部門	助教授	沼居 貴陽	9.12.31	キャノン(株)中央研究所研究員
電子材料物性部門	教 授	竹村 健	10. 3.31	停年退職

平成10年度

附属電子計測開発施設	助 手	吉村 博幸	10. 4. 1	千葉大学工学部助教授
電子計測制御部門	助教授	魚住 純	11. 3.31	北海学園大学工学部教授
電子機能素子部門	助 手	山中 明生	11. 3.31	千歳科学技術大学助教授

VII-5. 構成員

所 長 井 上 久 遠

電子材料物性部門

光電子物性研究分野

教 授 太 田 信 廣
助 手 竹 中 信 夫
助 手 大 坂 直 樹

相転移物性研究分野

教 授 八 木 駿 郎
助教授 辻 見 裕 史
助 手 笠 原 勝

有機電子材料研究分野

教 授 中 村 貴 義
助教授 長谷川 達 生
助 手 芥 川 智 行

光材料研究分野

教 授 末 宗 幾 夫
助教授 田 中 悟
助 手 植 杉 克 弘
助 手 熊 野 英 和

電子機能素子部門

量子機能素子研究分野

教 授 井 上 久 遠
助教授 迫 田 和 彰
助 手 川 俣 純

分子認識素子研究分野

教 授 下 村 政 嗣
助教授 居 城 邦 治
助 手 カートハウス・オラフ
助 手 西 川 雄 大

超分子分光研究分野

教 授 田 村 守
助教授 金 城 政 孝
助 手 西 村 吾 朗
助 手 野 村 保 友

細胞機能素子研究分野

教 授 上 田 哲 男
助教授 西 山 宣 昭
助 手 神 隆

電子計測制御部門

光システム計測研究分野

教 授 笹 木 敬 司
講 師 竹 内 繁 樹
助 手 堀 田 純 一

量子計測研究分野

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

自律調節研究分野

教 授 狩 野 猛
講 師 和 田 成 生
助 手 内 貴 猛
助 手 丹 羽 光 一

適応制御研究分野

教 授 河 原 剛 一
助教授 中 村 孝 夫
助 手 山 内 芳 子

電子情報処理部門

情報数理研究分野

教 授 西 浦 廉 政
助教授 小 林 亮
助 手 柳 田 達 雄
助 手 飯 間 信

神経情報研究分野

教 授 下 澤 楯 夫
助教授 水 波 誠
助 手 馬 場 欣 哉

信号処理研究分野

教 授 永 井 信 夫
助教授 鈴 木 正 清
助 手 真 田 博 文

感覚情報研究分野

教 授 伊福部 達
講 師 井 野 秀 一
助 手 上 見 憲 弘
助 手 和 田 親 宗

並列分散処理研究分野 (客員)

教 授 南 部 信 次
 (京セラ(株)総合研究所)
助教授 川 辺 豊
 (千歳科学技術大学)

附属電子計測開発施設

施設長（併）	伊福部 達
助教授	岩 井 俊 昭
助 手	石 井 勝 弘

技 術 部

技術部長（兼）	井 上 久 達
技術長	黒 田 紀 夫
前任技術専門職員	牛 坂 健
前任技術専門職員	鎌 田 清 春
システム開発技術班	
班 長	星 山 満 雄
主 任	大 沼 英 雄
技術官	女 池 竜 二
技術官	永 井 謙 芝
装置開発技術班	
班 長	石 坂 高 英
主 任	土 田 義 和
主 任	太 田 隆 夫
技術官	平 田 康 史
技術官	山 川 育 生

事務補助員	草 野 美 保
〃	細 矢 日土美
〃	大 塚 真佐子
〃	三 好 裕美子
〃	佐 竹 真千子
〃	加 藤 千 佳
〃	藤 中 麻美子
〃	金 山 直 子
〃	阿 部 恵 子

事 務 部

事務長	徳 増 正 己
庶務掛	
掛 長	山 口 隆 敏
事務官	原 田 由 美
事務官	佐 藤 剛
会計掛	
掛 長	小 林 信 一
主 任	老 松 邦 男
主 任	浅 野 美 穂
事務官	市 川 智 章
（図書室）	
事務官	福 井 みゆき

講師（研究機関研究員）	坂 井 賢 一
〃	澤田石 哲 郎
〃	山 田 裕 康
〃	松 本 幸 久
〃	中 島 崇 行

リサーチ・アソシエイト	星 詳 子
-------------	-------

研究支援推進員	長谷川 詠 子
〃	任 捷
〃	庄 司 壽 一
〃	長谷川 慶 治

（平成 11 年 10 月 1 日現在）

北海道大学電子科学研究所

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

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

平成11年10月発行

