

デカルトの松果体

17世紀の哲学者ルネ・デカルトは、その著『人間論』の中で、人間の脳の中に「松果体」なる精神と肉体とを結ぶ部位が存在すると論じた。図は、外界の矢を両眼で知覚する人の神経管と脳内の様子を表している。矢印の各箇所から発せられた光線は、眼球を通じて網膜に到達する。その刺激により発せられた精気は神経管を通じて脳の内部に進み、その中央に位置する松果体にまで達する。デカルトは、この松果体は精神の作用によりわずかに姿勢を変え、その微動により精気の運動が変化し身体の動作につながったりすると考えた。図は、外界の矢を両眼で知覚する人の神経管と脳内の様子を表している。矢印の各箇所から発せられた光線は、眼球を通じて網膜に到達する。その刺激により発せられた精気は神経管を通じて脳の内部に進み、その中央に位置する松果体にまで達する。デカルトは、この松果体は精神の作用によりわずかに姿勢を変え、その微動により精気の運動が変化し身体の動作につながったりすると考えた。

今日の自然科学、そして科学と結びついた現代技術の発展には目覚ましいものがあり、科学技術は現代文明の中心的位置を占めるとともに、人間社会に豊かさをもたらしてくれた。その一方で、豊かさの代償として地球規模の環境問題や資源枯渇問題がもたらされ、また、高度な医療技術の発達により生命倫理の問題も引き起こされている。このような科学技術の進展も、人間の営みである以上、歴史的、社会的、思想的背景を反映したものであり、それらの背景を考察することは、今日大きな影響力をもつ科学技術の現状と将来を考察していく上で不可欠な知見と視点を提供してくれるだろう。

このような理念の下で、本大講座では、内外の科学技術の歴史的遺産を学びながら、その哲学的・社会学的考察を深めていこうとする。専任スタッフの研究内容は、数学・自然科学・技術・医療の歴史、東西文明における古代・中世の科学思想史、近代科学の形成と展開、近世近代日本における科学と技術の歴史的発展、現代社会における科学・技術・医療をめぐる諸問題、科学的技術的活動における理論と実践の役割、人工知能や脳科学に見出される身心問題と倫理問題などである。これらの専任スタッフを中軸に、他大講座の自然科学者、総合文化研究科他専攻の人文科学者・社会科学者、そして学内外の関連専門分野の研究者の協力とともに、学際的な教育と研究がなされている。また本大講座は、科学史・科学哲学・科学社会学・技術論などの専門的研究者を養成するだけでなく、すでに実社会の経験をもつ社会人や、アジアをはじめとする海外からの留学生を採用し教育する、社会に開かれた研究教育の場となっている。

### ▼博士論文・修士論文の主なテーマ

- アッバース朝におけるギリシャの学問の存在意義とは何か—論証科学の展開を中心として—
- 十八世紀パリ王立科学アカデミーと「有用な科学」の追求
- 清末中国と明治期の日本における西洋数学の受容
- 数学の哲学としての現象学—ヴァイアースシュトラスからの課題へのフッサールの解答
- 行為の因果説と逸脱因果の問題
- フレーゲの意義概念と信念文の分析について
- 医療から体育へ—野口整体の史的変容—
- 自然法則とは何か
- 日本におけるエコミュージアムの導入について

### ▼担当教員と専門分野

今井 知正 (科学思想史)	佐々木 力 (科学史)	橋本 毅彦 (科学技術史)
石原 孝二 (科学技術哲学)	信原 幸弘 (科学哲学)	廣野 喜幸 (生命論)
岡本 拓司 (科学史)	野矢 茂樹 (科学哲学) (兼任)	村田 純一 (科学哲学)

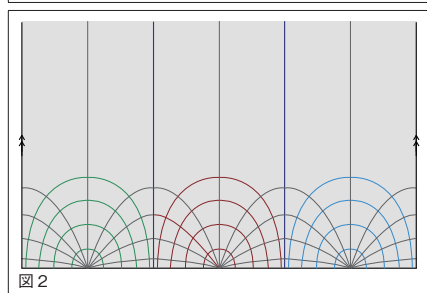
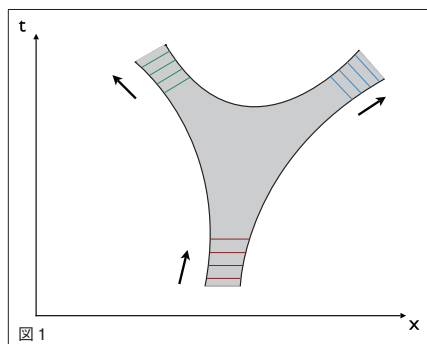


図1：弦理論における3点散乱振幅。場の理論における散乱振幅の摂動論はファインマン図による展開で与えられる。弦理論はファインマン図における粒子を弦に置き換えて得られる散乱振幅の摂動論である。この図は1つの弦（赤）が2つの弦（青と緑）になる過程をあらわしている。

図2：弦の場の理論における3点相互作用項の共形場の理論を用いた記述。弦の場の理論は、弦理論の摂動展開を再現するように構成された理論である。1986年にWittenが構成した弦の場の理論では、弦の左半分と右半部分を貼り合わせて3点相互作用項が作られている。この図は2次元の共形場の理論を用いた3点相互作用項の記述をあらわしている。共形場の理論は等角写像を対称性として持つ理論であり、図1における3つの伝播する弦（赤、青、緑）は図2でそれぞれ対応する色の曲線であらわされている。ここで使われている座標 $z$ は、複素平面での座標 $\xi$ と $z = \arctan \xi$ という等角写像で関係付けられており、3点相互作用はこの等角写像によって縦方向に無限に伸びている半直線であらわされた弦の左半分および右半分の貼り合わせによって記述されている。この記述をもとにして近年弦の場の理論の解析解が構成され、弦の場の理論の研究が大きく進展している。

自然界の基本構造や、相互作用の研究は従来、素粒子・原子核・原子・分子・凝縮系といった異なるスケールごとに別々の分野で研究が進められてきた。これに対して、本大講座においては、個々の対象としての研究と同時に、むしろ異なるスケールの系に共通して現れる普遍的な構造や法則に着目することにより、また様々な分野に研究基盤を持つ研究者どうしの協力を押し進める事によって、自然界の相互作用、対称性やその破れ、相転移のダイナミックス等を、場の量子論や統計物理学の手法を用いて総合的・統一的な観点から解明する事をめざしている。

以下、現在の主な研究テーマの一部を挙げる。

- (1) 自然界のあらゆる素粒子と重力を含む全ての相互作用を統一的に記述する究極の理論としての超弦理論の研究,
- (2) 量子重力理論および量子宇宙論,
- (3) 超対称性や双対性, 弦理論・場の量子論における対称性と非摂動効果の研究,
- (4) クォーク・グルーオンの基本理論としての量子色力学に基づくハドロンの構造や相互作用についての非摂動的な研究,
- (5) 有限温度・密度での量子色力学,
- (6) 格子ゲージ理論にもとづく場の量子論の解析的、数値的な研究
- (7) ヘリウムの多孔質媒質中での超流動転移・二次元超流体の渦のダイナミックスなど量子凝縮系の様々な性質の解明,
- (8) 化学反応における原子の動力学、特に原子の運動がカオスである場合に現れる「ランダム性」の起源・性質の研究等.

## ▼博士論文・修士論文の主なテーマ

- R 電荷が大きい極限における二点関数のホログラフィー
- 非可換 D-brane の境界状態と動力学
- AdS/CFT Correspondence and BPS Geometries in IIB Supergravity
- $N=4$  超対称ヤン・ミルズ理論における散乱振幅とウィルソン・ループの双対性
- 曲がった時空中の弦理論と AdS/CFT 対応
- 超対称性によるヒエラルキー問題の解決について
- 弦の場の理論におけるマージナル変形解の研究
- 超対称格子ゲージ理論
- 量子重力による時空ゆらぎの効果

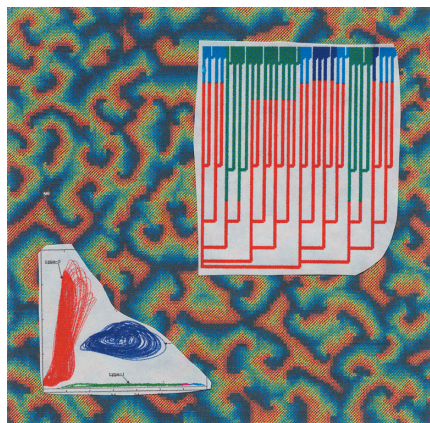
## ▼担当教員と専門分野

大川 祐司 (素粒子論)	菊川 芳夫 (素粒子論)	簗口 友紀 (低次元量子流体)
風間 洋一 (素粒子論)	染田 清彦 (理論化学)	米谷 民明 (素粒子論)
加藤 光裕 (素粒子論)	藤井 宏次 (原子核理論)	和田 純夫 (素粒子論)

# 大講座紹介

## 複雑系解析学大講座

相關基礎科学系



### 力学系から細胞システムへ

背景：時空カオスのパターン。左下：化学反応の組であらわされる細胞が相互作用した時の化学成分の軌跡がいくつかのタイプへと分化する例。右上：そのようなモデルからあらわされる細胞系譜。

自然の示す複雑さの起源を探り、記述し、これを理解することを目指し研究と教育を行っている。原子核から固体物理、流体、生命系、社会現象までの幅広い分野を対象としているが「複雑な運動や要素間の複雑な関係性をいかに記述し理解するか？」などの問題意識を持って、非線形動力学、統計力学等の手法をふまえて複雑系の諸現象の解明に挑んでいる。非線形系でのカオスについては、特に大自由度のカオスや時空カオスの研究が行われている。分子機械、粉体、乱流、破壊現象等を例にして、現象論的にモデル化し、共通する普遍的な性質を抜きだし解析している。関連して、熱力学というマクロ現象論の古典的理論を操作論的な観点から再定式し広げていく研究も進められている。また、力学系の研究をふまえて脳、進化、発生の構成的理論化がシミュレーションとともに行われており、これは駒場における生命システムをつくる実験と共同して進行中である。一方、量子力学と古典的カオスをつなぐ「量子カオス」の研究についてはランダム行列の理論との関係でも進められており、これは乱雑さを含んだ系の相転移といった物性物理、統計力学研究とも関連している。また、よりミクロなレベルでは原子核やハドロンも有限量子多体系としての量子性と非線形性が顕著に現れる研究対象であり、高エネルギー原子核反応におけるハドロン物質からクォーク物質への相転移などの研究が展開されている。また、非線形系やランダム系でも解ける場合が宝石のように埋まっており、その数理的な構造を統計力学、場の理論、組み合わせ論、表現論等を用いて探ることも活発になされている。

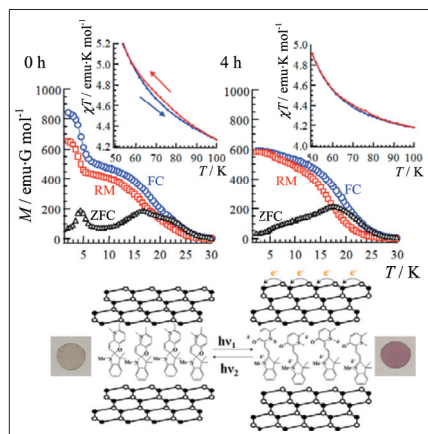
### ▼博士論文・修士論文の主なテーマ

- ハドロン・原子核のカラーガラス凝縮体模型とその非線形量子発展
- クォーク・グルーオンプラズマの輸送理論
- 量子群の結晶基底とソリトンセルオートマトン
- 動的ネットワークにおける自発的構造形成
- 分化、進化、記号化：多成分反応拡散系による構成
- 定常状態熱力学のダイナミクスからの構成
- 細胞分化の動的モデル
- 分子スペクトルからダイナミクスへ：振動波動関数の構築と解釈
- 速いスケールから遅いスケールへの統計的性質の伝搬
- 小さい非平衡系における新しい普遍的関係式
- 非線形レオロジーの微視的理論

### ▼担当教員と専門分野

石原 秀至（生物物理）	國場 敦夫（可積分系）	澤井 哲（生命物理学）
猪野 和住（物性理論）	堺 和光（統計力学）	氷上 忍（統計力学）
金子 邦彦（非線形・複雑系現象論）	佐々 真一（非平衡基礎論）	松井 哲男（原子核理論）





光異性化分子を挿入した鉄混合原子価錯体の光磁気転移現象

鉄混合原子価錯体  $[\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}(\text{C}_2\text{O}_2\text{S}_2)_3]$  は、層間カチオンの体積により様々な磁性を示すが、その磁性を光により制御する目的で光異性化カチオン分子を導入した錯体を合成した。生成物は磁化率に温度履歴現象を伴い、低温では零磁場冷却 (ZFC) に 2 つのピークを持つ 2 種類の磁性相の混合状態を示すが (図上左)、4 時間の光照射により固体中で光異性化による色の変化を起こし、それに伴い磁化率の温度履歴現象の消失と単一相への変換が誘起される (図上右)。このことから、層間分子の光構造転移により、 $[\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}(\text{C}_2\text{O}_2\text{S}_2)_3]$  層における  $\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}$  間で電荷移動が一斉に誘起されたことを意味することを明らかにした。

本大講座では、理論と実験との緊密な連携により物質の構造と物性との関係を明らかにし、そこから新しい機能を引き出すことを目標としている。分子から固体レベルに至る物質の階層に応じて特異的に現れる機能について、その発現機構を解明していくことを目指している。

物質の特異な性質は主に電子のおかれた環境の多様性・複雑性を反映している。特に固体凝縮系を形成したときの機能は、しばしば我々の予測をはるかに越えたものがある。高温超伝導、量子ホール効果などがその典型例である。これらの現象の起源を広い視点から説き明かし、新たな物性科学のパラダイムを見いだすための研究が行われている。具体的には、人工原子による単電子トランジスタ等のメゾスコピック系量子現象、低次元伝導物質の特異な輸送現象、酸化物による高温超伝導、さらには遷移金属錯体での光による磁性の変化に注目した新しいタイプの記憶素子の研究などがなされている。

また、単核とクラスターの機能を結び付ける新規錯体を合成し、その構造や性質を明らかにすることを通じて原子、分子クラスターの生成、構造さらにその解離機構を明らかにする研究、分子間相互作用の本質の解明に基づき、分子クラスターレベルの機能を解析する研究、反応速度理論の研究、反応に対する磁場効果などから、分子間相互作用の顕著に現れる場合としての化学反応の本質を解明していく研究なども行われている。

## ▼博士論文・修士論文の主なテーマ

- 強磁場中二次元電子系の位相干渉性に関する実験的研究
- Protein G の Unfolding Pathway について
- 梯子型ハイゼンベルグ反強磁性スピン系の不純物と格子変位の効果
- 量子ホール効果状態の崩壊と熱活性化型伝導度
- 熱浴中における調和振動子のポテンシャル揺らぎ
- 高温超伝導体磁束格子系のダイナミクスの研究
- 高周波電磁応答をプローブとした銅酸化物高温超伝導体の混合状態における電子状態の研究
- レニウム担特メソポーラスアルミナを触媒とするオレフィンメタセシス反応の研究

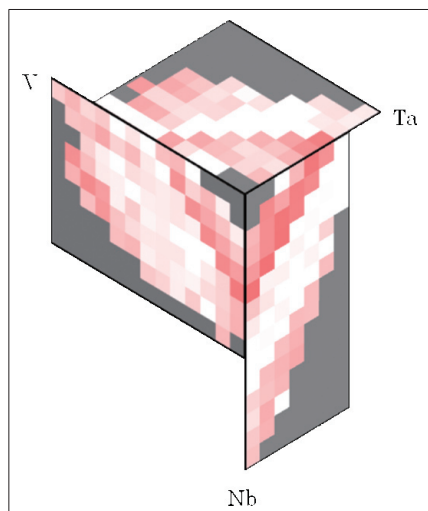
## ▼担当教員と専門分野

今井 良宗 (物性物理学)	小宮山 進 (物性物理学)	前田 京剛 (物性物理学)
榎本 真哉 (物性化学)	酒井 邦嘉 (脳機能解析学)	増井 洋一 (触媒化学)
尾中 篤 (触媒化学)	下井 守 (錯体の合成・構造)	村田 滋 (有機光化学)
加藤 雄介 (物性物理学)	中島 峻 (半導体量子物性物理学)	森田 昭雄 (理論統計物理化学)
河野 泰朗 (錯体合成化学)	永田 敬 (クラスター物理化学)	吉岡大二郎 (物性物理学)
小島 憲道 (無機物性化学)	中西 隆造 (クラスター物理化学)	若本 祐一 (生物物理学)

# 大講座紹介

## 物質計測学大講座

相關基礎科学系



二種類の元素からなる金属クラスターの水素付加反応性

二種類の元素からなる金属クラスター  $A_nB_m$  の水素付加反応性を組成ごとにカラーコードで表記した。ここで、A, B はそれぞれ Nb, V, Ta の元素を表し、サイズ  $n, m$  は中心で 0 で、外側にいくにしたがって 1 ずつ増加する。Nb<sub>n</sub>V<sub>m</sub>, Ta<sub>n</sub>V<sub>m</sub>Nb<sub>n</sub>Ta<sub>m</sub> とともに、 $n+m=5$  の組成の金属クラスターが高い反応性を示している。このことは、5 族の同族元素であるこれらの元素は、クラスターの中で置き換えても性質が著しく変化しないことを示唆している。

計測技術の開発は新しい科学的知見の獲得を可能にし、ひいては新しい自然観をも生み出してきた。本大講座では、計測の基礎から応用に至るまでの実践的な教育・研究を行い、様々な自然現象の底流にある真理を探究するための新しい測定法を開拓・開発することをめざしている。特に、様々なプローブ（光、多価イオン、励起原子、冷却原子、陽電子、反陽子など）を用いた新しい計測法の開発、および極限的な物質状態の計測を行う。また、コンピューターを最大限に活用することにより従来の測定法では生かしきれなかった情報を引き出す新しい測定法、さらに環境計測の基礎となる概念や技術の創成も行う。具体的な研究内容の一部を以下に挙げる。

- (1) 中性原子気体のレーザー冷却およびボーズ・アインシュタイン凝縮、光共振器による単一原子の観測および制御
- (2) 反応中間体として存在するフリーラジカルやラジカル錯体の分子構造およびそのダイナミクス
- (3) 超高速化学反応の非断熱電子ダイナミクス、分子のダイナミクスに付随するカオスとその量子化の理論および半古典力学の展開、クラスターの集団運動と量子動力学
- (4) 陽電子と固体の電子や格子欠陥の相互作用、ポジトロニウムと気体分子の反応
- (5) 超低速反陽子ビームによる反水素原子・反陽子原子の生成と高分解能分光による CPT 対称性の研究、不安定原子核ビーム生成と核構造研究、各種荷電粒子のナノビーム化と物理的、化学的微細加工、生細胞のナノサージェリー等への応用
- (6) 特異な機能を有するナノ物質系の合成と高速解析

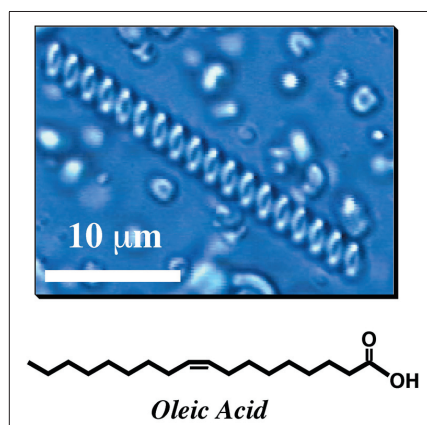
### ▼博士論文・修士論文の主なテーマ

- Manipulation of ultraslow antiprotons and first application to atomic collisions
- Molecular Structure of Pyrazine in the Rydberg and Cationic States Studied by Photoelectron Spectroscopy
- Spectroscopic Studies of Free radicals with Internal Rotation of a Methyl Group
- Statistical theory for evaporation dynamics from nonrigid atomic clusters
- 高性能ボーズ凝縮体生成装置の開発
- 単一原子検出に向けたフォトリック結晶微小共振器の開発
- 反水素蓄積のためのカスプトラップ法の開発
- ラジカル錯体 Rg-OH (Rg=Ne, Ar, Kr) のマイクロ波分光と 3 次元分子間ポテンシャルの決定
- ハロゲン化メタン気体中におけるオルソ・ポジトロニウムの消滅率
- コンビナトリアルケミストリーによる反応活性を有する多元素クラスターの超高速解析
- 量子力学的複素拡散を考慮した半古典力学
- 吸着 CO に誘起される Pt(110) 表面の  $(1 \times 2) \rightarrow (1 \times 1)$  転移のダイナミクス

### ▼担当教員と専門分野

青木 貴稔 (原子物理学)	高塚 和夫 (理論分子科学)	真船 文隆 (分子物理化学)
遠藤 泰樹 (分子分光学)	高橋 聡 (理論分子科学)	宮島 謙 (分子物理化学)
久我 隆弘 (量子光学)	鳥井 寿夫 (原子物理学)	山崎 泰規 (粒子線物理学)
黒田 直史 (原子物理学・原子衝突)	鳥居 寛之 (原子衝突)	吉川 豊 (量子エレクトロニクス)
齋藤 文修 (物性物理学)	兵頭 俊夫 (物性物理学)	
住吉 吉英 (分子分光学)	松田 恭幸 (エキゾチック原子物理)	

# 大講座紹介 物質設計学大講座



天然に存在する長鎖脂肪酸であるオレイン酸は、それ自身分子内にキラリティーを持たないが、特定の pH においてはミクロンスケールの螺旋状構造体へ自己集合する。この構造体は可動性を有しており、螺旋の巻き直し等のダイナミクスを示す。

人間社会の高度な発展を支えるには、将来のニーズに応える新物質を常に設計・創造していく必要がある。一方でこれらの物質と自然環境や人間社会との関わりについての深い洞察が求められている。本大講座では、物性理論、物性物理、表面科学、物性化学、有機・無機合成を専門とする研究者が集結し、上記の方向に沿った研究と次世代のマテリアルサイエンスを担いえる人材の育成に努めている。以下に大講座がここ数年間行ってきた主な研究テーマや成果を紹介する。

- (1) 物質構造を高圧によって自由に制御することによる分子性導体の超伝導や特異な電子状態の制御と新規電子物性の解明
- (2) 有限マクロ系の異常な量子状態について、一般論を構築し、相転移や量子計算機などで重要な役割を演じていることを解明。
- (3) 高次機能を示す分子システム・金ナノ粒子と分子ワイヤーからなるネットワーク回路・ジャイアントベシクルを用いた人工細胞モデル
- (4)  $\text{He}^*(2^3\text{S})$  などの準安定原子を利用した新しい電子放射顕微鏡の開発および新規な表面電子物性・表面反応を探索
- (5) 有機物質の多様な性質を分子レベルで統一的に理解することを目指した結晶中の有機分子の運動および反応機構の解明
- (6) 金属錯体をホストとする包接化合物の研究。新規ホスト開発、機能性物質への展開、ゲスト分子運動とその配向挙動など。
- (7) 半導体中の電子と輻射場の相互作用の設計・制御。Si における光増幅、超高効率 Si ベース LED 等。結晶成長ほか量子効果の探索的研究
- (8) 計算機シミュレーション方法の開発とその応用による物質特性の研究（ランダムな磁性体の相転移現象とその非平衡緩和現象の解明等）
- (9) 光、熱、圧力、蒸気等周りの環境・刺激に応答して電子が入りたり配位構造が変化したりして物性や機能を変える金属錯体の創成

## ▼博士論文・修士論文の主なテーマ

- Fragility of Thermodynamically-Abnormal Quantum States of Finite Systems
- 半導体ナノテクノロジーによる電磁波輻射過程とキャリアダイナミクスの精密制御
- 一軸性ひずみによる擬二次元有機導体  $\alpha\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{MHg(SCN)}_4$  [ $\text{M}=\text{K}, \text{NH}_4$ ] の電子物性制御
- Analysis on Membrane Dynamics of Giant Vesicles
- メタステーブル原子電子分光による Ni 単結晶上吸着子の電子状態
- サリチリデンアニリン類のクロミズム
- Hofmann 型および関連包接体における 1,4- ジオキサゲストの分子運動
- 長鎖アルキル基の導入によるハロゲン架橋一次元混合原子価白金錯体の構造制御と新規物性
- 彩色問題の有限温度への拡張と相転移現象

## ▼担当教員と専門分野

青木 優 (固体表面科学)	菅原 正 (分子機能化学)	福島 孝治 (物性理論・統計物理)
小川桂一郎 (有機結晶化学)	鈴木健太郎 (有機物理化学)	増田 茂 (固体表面科学)
鹿児島誠一 (電子物性, 超伝導)	錦織 紳一 (包接集合体化学)	松下 信之 (錯体化学・物性化学)
近藤 隆祐 (電子物性)	原田 潤 (有機結晶化学)	安武 裕輔 (表面物性)
清水 明 (量子物理学・物性基礎論)	深津 晋 (固体量子物性)	依光 朋宏 (生化学)