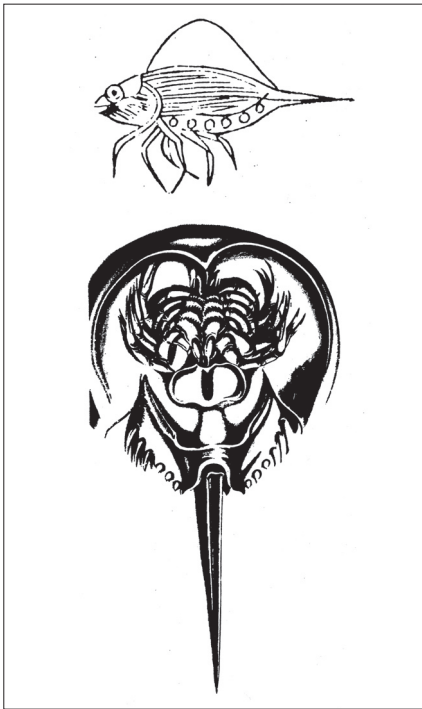


科学技術基礎論大講座



カブトガニの博物図二題

上は李時珍(1518～93)の『本草綱目』(1596)に付されたもの、下はドイツ生まれのオランダの博物学者、オランダ東インド会社社員ルンプフ(Georg Eberhard Rumpf, 1627～1702)の『アンボイナ島の博物誌』(1705)に付された図。洋の東西、およそ1世紀の隔たりをもつこれら二つの図は、自然を見るまなざしの変容を大きく物語る。科学革命期と言われる16～17世紀にヨーロッパで生じた自然観の変革をどう位置づけるかは、今も科学史学のホットなテーマでありつづけている。

今日の自然科学、そして科学と結びついた現代のテクノロジーの発展には目覚ましいものがあり、科学技術はいまや現代文明の中心的地位を占めるとともに、人間社会に豊かさをもたらしている。しかしその一方で、技術革新による急激な工業化により地球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が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にとって、自己の姿を映し出す鏡を提供することになる。

このような理念の下で、本大講座では、内外の諸科学・諸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・物理学・化学・生物学・医学の歴史、東西文明における古代・中世の科学思想史、近代科学の形成と発展、近世近代日本の科学と技術、現代社会における科学と技術の交流、科学的認識における言語と実践の役割、知識論・言語論・行為論をめぐる諸問題、人工知能や脳科学などにおける身心問題、量子論・相対論の認識的基礎などである。これらの専任スタッフを中軸に、総合文化研究科他専攻の人文科学者・社会科学者・自然科学者、数理科学研究科の数学者が協力教官となり、学際的教育研究方法がふんだんに活用される。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、すでに豊富な経験をもっている社会人や、わが国の科学技術の伝統を広範な思想的背景とともに学ぶ意志をもったアジアを初めとする海外からの留学生をも採用し教育する、社会に大きく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

- 「精神指導の規則」の研究：方法の確実性と発見的能力
- ハッブルの観測的宇宙論：批判的再構成
- ライプニッツ数学思想の形成
- 心の哲学における解釈主義：命題的態度とは何か
- 現象学的心理学の展開：David Katz の色彩の現象学を手引きに
- 関 孝和, 建部賢明, 建部賢弘 編「大成算経の研究」
- 福沢諭吉における近代科学技術理念の形成
- 表象理論にもとづく現象的意識の自然化
- 占領期日本の医学教育改革

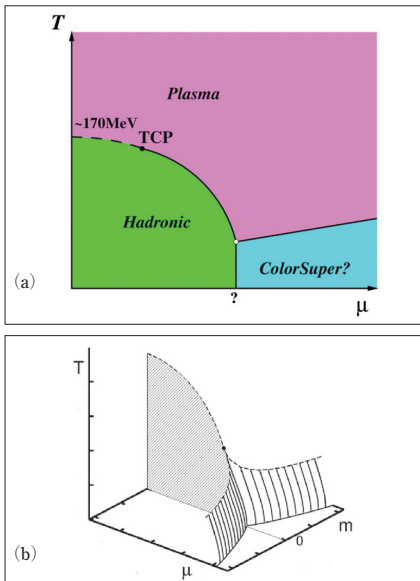
所属教員と専門分野

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)
村田 純一 (科学哲学)

信原 幸弘 (科学哲学)
野矢 茂樹 (科学哲学)

岡本 拓司 (科学史)
廣野 喜幸 (生命論)

自然構造解析学大講座



量子色力学で記述される無限系の模式的相図 (T: 温度, μ : バリオン数化学ポテンシャル, m : クォーク質量).

(a) 低温低密度では、核子（陽子・中性子）に代表されるハドロンが基本的な自由度であるが、宇宙初期のような高温低密度ではクォークとグルオンが基本自由度となるプラズマ相に転移する。u, d クォークの質量が零の場合には厳密なカイラル対称性が存在し、クォーク反クォークの真空対凝縮体が秩序変数になる。この相境界には一次相転移から二次相転移に移行する三重臨界点 (TCP) の存在が示唆されている。また、近年は、中性子星中心のような低温高密度において、クォーク対凝縮に特長付けられる超伝導相の可能性が議論されている。

(b) カイラル対称性に対して、u, d クォーク質量は「磁場」のような働きをする。T- μ -m 空間での相図を描くと三重臨界点の様相が明確になる（カラー超伝導相を省略）。現実の u, d クォークには小さいが有限の質量がある。

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) 超対称性や双対性等, 場の量子論・弦理論における非摂動効果や対称性の研究,
- (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論的研究,
- (5) 有限温度・密度での量子色力学,
- (6) ヘリウム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クスなど量子凝縮系の様々な性質の解明,
- (7) 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

- Pure Spinor Formalism for Superstring
- Thermodynamic quantities of non-extremal black p-brane and large N D-brane systems
- 古典カオス散乱の半古典量子化
- 2本及び3本スピン鎖梯子系における低エネルギー励起
- Recombination of Intersecting D-branes
- D ブレインを用いた素粒子の有効模型
- トポロジカルストリングとそのブラックホール物理への応用
- ゲージ/重力対応における 1/2BPS セクターの構造
- 不規則散乱に起因する量子力学的遷移確率の揺らぎ

担当教員と専門分野

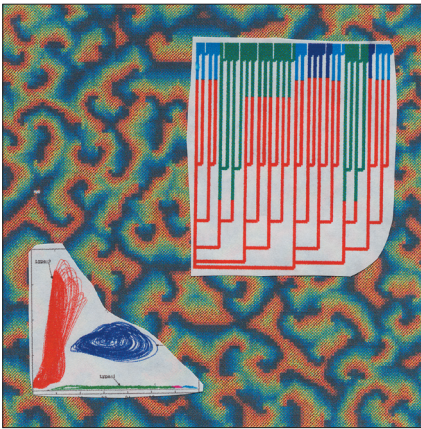
太田 浩一 (原子核理論)
 風間 洋一 (素粒子論)
 米谷 民明 (素粒子論)

加藤 光裕 (素粒子論)
 染田 清彦 (理論化学)
 和田 純夫 (素粒子論)

橋本 幸士 (素粒子論)
 藤井 宏次 (原子核理論)
 簗口 友紀 (低次元量子流体)

関連基礎科学系

複雑系解析学大講座



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。

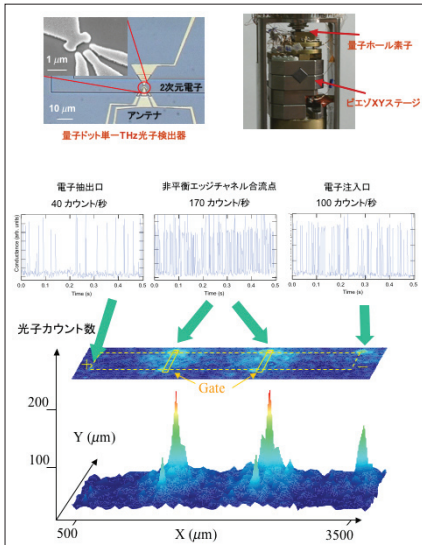
博士論文・修士論文の主なテーマ

- ハドロン・原子核のカラーガラス凝縮体モデルとその非線形量子発展
- 粉体の静力学：履歴に依存した構成方程式
- 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
- 非平衡定常状態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
- 自己参照関数方程式と自然言語
- ガラス熱力学

担当教員と専門分野

金子 邦彦 (非線形・複雑系現象論)	國場 敦夫 (非線形解析学)	柴田 尚和 (物性理論)
氷上 忍 (統計力学)	佐々 真一 (非平衡基礎論)	藤本 仰一 (非線形動力学)
松井 哲男 (原子核理論)		野口 徹 (高分子物理)
		猪野 和住 (物性理論)
		堺 和光 (統計力学)

機能解析学大講座



単一テラヘルツ光子計測で見る量子ホール素子中の非平衡電子分布

強磁場中2次元電子系は低温でその運動エネルギーが量子化され、さらなる条件を整えば縦抵抗ゼロでかつホール抵抗が量子化される(量子ホール効果)。光子検出器を使って量子ホール素子を高感度に顕微鏡観察すると、ある状況下では局所的にテラヘルツ光子が放出されることがわかった。この単一テラヘルツ光子計測により、電気抵抗測定では得られない多彩な非平衡電子ダイナミクス(電流端子における電子注入や非平衡エッジチャネルによる反転分布形成)などを明らかにしている。

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。

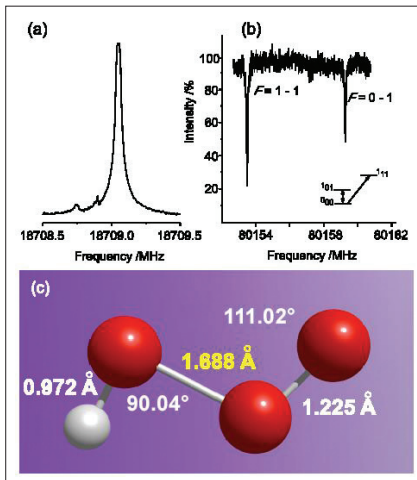
博士論文・修士論文の主なテーマ

- 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

尾中 篤 (触媒化学)	植田 直志 (分子物理学)	生嶋 健司 (物性物理学)
小島 憲道 (無機物性化学)	加藤 雄介 (物性物理学)	井口 佳哉 (クラスター物理化学)
小宮山 進 (物性物理学)	酒井 邦嘉 (脳機能解析学)	伊藤 健吾 (物理化学)
下井 守 (錯体の合成・構造)	前田 京剛 (物性物理学)	榎本 真哉 (物性化学)
永田 敬 (クラスター物理化学)	村田 滋 (有機光化学)	河野 泰朗 (錯体合成化学)
吉岡大二郎 (物性物理学)	森田 昭雄 (理論統計物理化学)	北野 晴久 (物性物理学)
		鳥海 弥和 (分子分光)

物質計測学大講座



HOOO ラジカルの回転スペクトルと分子構造
 気相中での三酸化水素ラジカル (HOOO) の回転スペクトル (a)。(a) の信号をモニターしながら別のミリ波を導入することで観測された二重共鳴スペクトル (b)。観測された遷移周波数から決定した HO₂ ラジカルの分子構造 (c)。中央の OO 結合距離が異常に長いことから、OH ラジカルと酸素分子が弱く結合して HO₂ ラジカルを形成していることが分かる。HO₂ の気相中での存在が確かめられたことで、大気中の OH ラジカルのふるまいに HO₂ が無視できない影響を与える可能性が高まった。

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
- (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) 低速多価イオンによる表面原子のステレオケミストリーとナノドット形成，超低速反陽子ビームによる反陽子原子・反水素生成，不安定原子核ビーム生成と半衝突の研究
- (6) レーザー多光子過程を用いたナノ物質系の構造制御と構造解析

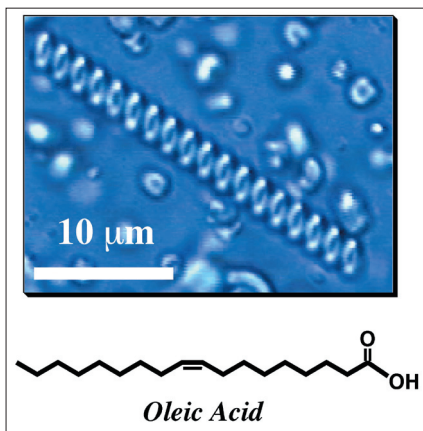
博士論文・修士論文の主なテーマ

- Accumulation of a large number of antiprotons and production of an ultra-slow antiproton beam
- Spectroscopic studies of transient molecules relevant to atmospheric chemistry
- 多自由度カオスの半古典量子化
- クラスターの蒸発に関する統計反応理論
- 液体表面分子の溶媒和構造と反応の解明
- 2次元磁気光学トラップを用いた高輝度極低温原子線源の開発
- ボーズ凝縮体における2光子ラマン過程を用いた光情報の転写
- 陽電子消滅寿命 - 運動量相関測定法による鉛の原子空孔生成エネルギーの測定

担当教員と専門分野

遠藤 泰樹 (分子分光学)	鳥井 寿夫 (原子物理学)	牛山 浩 (理論分子科学)
久我 隆弘 (量子光学)	真船 文隆 (分子物理化学)	齋藤 晴雄 (物性物理学)
高塚 和夫 (理論分子科学)		住吉 吉英 (分子分光学)
兵頭 俊夫 (物性物理学)		鳥居 寛之 (原子衝突)
山崎 泰規 (粒子線物理学)		畠山 温 (原子物理学)
		吉川 豊 (量子エレクトロニクス)
		齋藤 文修 (物性物理学)

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う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出りし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

- ノイズ下における Shor のアルゴリズムの安定性
- 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
- スピン分極ドナーの構造化とその物性
- 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

担当教員と専門分野

鹿児島誠一 (電子物性, 超伝導)	小川桂一郎 (有機固体化学)	青木 優 (固体表面科学)
清水 明 (量子物理学・物性理論)	錦織 紳一 (包接集合体化学)	金子 智行 (生物物理学)
菅原 正 (分子機能化学)	深津 晋 (固体量子物性)	川本 清 (表面物性)
増田 茂 (固体表面科学)	福島 孝治 (物性理論・統計物理)	近藤 隆祐 (電子物性)
	松下 信之 (錯体化学・物性化学)	関谷 亮 (超分子化学)
		原田 潤 (有機結晶化学)
		松下未知雄 (有機物性化学)