

機能物性研究グループ

Functional Materials Group

物性から機能を引き出し利用できるようにするためには、物質の基底状態・平衡状態の静的電子物性を基盤として、励起状態・非平衡状態、さらには化学反応や生体系に至る動的な性質に踏み込む必要がある。近年、励起状態や非平衡状態の時間分解測定、ナノスケールの分析・分光測定、動作・反応中でのオペランド観測などの物性測定法や分光法は飛躍的に進歩した。一方、計算機科学やデータ科学を用いた理論的解析や、フロッケエンジニアリングに代表される量子非平衡現象のシミュレーション手法が著しく進展している。物性研究所でもこれらの手法が導入・開発され、先進的な物性研究が行われている。そこで、物性研究所の既存のグループが連携しつつ、新たに取り組むべき分野を具体的に開拓するために、機能物性研究グループが形成された。機能物性研究では、伝統的な固体物性物理が対象としてきた電子・スピン・格子及びそれらの動的過程だけでなく、原子・イオンの移動や原子の組み替え（反応）、高次複雑分子系を含めて、マルチスケール・階層的複合構造をもつ物質システムを扱う。本研究グループでは、重点的な研究テーマに対する共通の関心と相補的な専門技術を有する物性研究所の研究者数名がコアメンバーとなるが、さらに数名の所員が従来の部門に属しつつ本グループの併任として機能物性研究に参加する。

The Functional Materials Group (FMG) is one of two new trans-divisional and interdisciplinary research groups and deals with excited states and dynamics in systems with hierarchical and inhomogeneous structures, including chemical reactions and dynamical processes in biological systems. Recently, time-resolved spectroscopy of excited states and non-equilibrium states, nano-scale observation and measurement as well as operando spectroscopy/measurement have greatly advanced. Theoretical analysis based on first principles calculation and data science, computational simulation methods for non-equilibrium quantum phenomena such as Floquet engineering have achieved a remarkable development. There are already pioneering works done at ISSP along such directions as mentioned above. To get started, several current faculty and staff members of ISSP have been assigned to the core members. The core members are expected to provide seeds of collaboration and organize a research team involving other divisions and facilities as well as researchers outside ISSP. It is particularly important to collaborate with research facilities of ISSP so that their advanced and unique resources can enhance the scientific quality. By taking advantage of being a joint-use/research center, we can always invite external researchers to collaborate on new subjects. The FMG should work as an open platform for such collaborations.

教授 Professor	吉信 淳 YOSHINOBU, Jun	准教授 Associate Professor	井上 圭一 INOUE, Keiichi	技術専門員 Technical Associate	向井 孝三 MUKAI, Kozo
教授 Professor	秋山 英文 AKIYAMA, Hidefumi	准教授*4 Associate Professor	松田 巖 MATSUDA, Iwao	学術支援職員 Technical Associate	バゲルザデ レザ BAGHERZADEH, Reza
教授 Professor	杉野 修 SUGINO, Osamu	准教授*5 Associate Professor	野口 博司 NOGUCHI, Hiroshi	特任研究員 Project Researcher	薄倉 淳子 USUKURA, Junko
教授 Professor	岡 隆史 OKA, Takashi	准教授 (客員) Visiting Associate Professor	樋山 みやび HIYAMA, Miyabi	特任研究員 Project Researcher	金 昌秀 KIM, Changsu
教授*1 Professor	小森 文夫 KOMORI, Fumio	教授 (外国人客員) Visiting Professor	陳 少強 CHEN, Shaoqiang	特任研究員 Project Researcher	今野 雅恵 KONNO, Masae
教授*2 Professor	森 初果 MORI, Hatsumi	教授 (外国人客員) Visiting Professor	朱 琳 ZHU, Lin	特任研究員 Project Researcher	中前 秀一 NAKAMAE, Hidekazu
教授*3 Professor	山室 修 YAMAMURO, Osamu	助教 Research Associate	田中 駿介 TANAKA, Shunsuke	特任研究員 Project Researcher	中村 孝宏 NAKAMURA, Takahiro
教授*1 Professor	リップマー ミック LIPPMAA, Mikk	助教 Research Associate	春山 潤 HARUYAMA, Jun	特任研究員 Project Researcher	八尾 寛 YAWO, Hiromu
教授*4 Professor	原田 慈久 HARADA, Yoshihisa	助教 Research Associate	永田 崇 NAGATA, Takash	特任研究員 Project Researcher	ラフエンテ サンピエトロ アルバン LAFUENTE SAMPIETRO, Alban
		助教*1 Research Associate	森 泰蔵 MORI, Taizo	特任研究員*6 Project Researcher	河津 励 KAWATSU, Tsutomu

*1 所内兼務。本務はナノスケール物性研究部門。 / concurrent with Division of Nanoscale Science

*2 所内兼務。本務は凝縮系物性研究部門。 / concurrent with Division of Condensed Matter Science

*3 所内兼務。本務は中性子科学研究施設。 / concurrent with Neutron Science Laboratory

*4 所内兼務。本務は極限コヒーレント光科学研究センター。 / concurrent with Laser and Synchrotron Research Center

*5 所内兼務。本務は物質設計評価施設。 / concurrent with Materials Design and Characterization Laboratory

*6 所内兼務。本務は計算物質科学研究センター。 / concurrent with Center of Computational Materials Science

吉信研究室

Yoshinobu Group



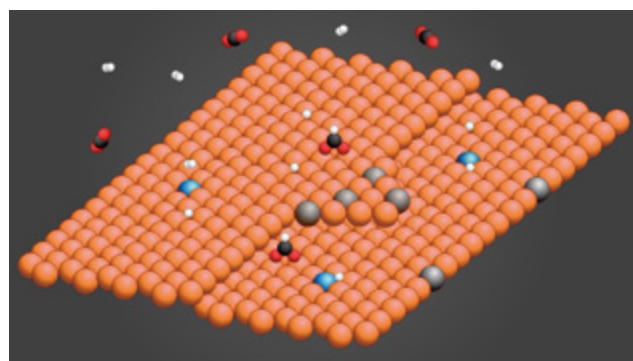
吉信 淳
YOSHINOBU, Jun
教授
Professor



田中 駿介
TANAKA, Shunsuke
助教
Research Associate

表面界面の特徴の一つは、バルクの対称性が破れ表面特有の構造や物性が現れることだけではない。外部から原子・分子を自在に表面に供給し、新しい物質を構築する「反応場」であることが最も重要な特徴である。また、表面界面は物質移動の場だけではなく、エネルギー変換の場としても極めて重要である。最近では、原子・分子レベルで制御されたナノスケールの材料（例えば、サイズの整ったクラスター、異方性の強い低次元化合物、配向の特定された分子凝集系など）を作製し、機能を持ったナノ・デバイスを構築することも可能になってきた。原子スケールで物質移動(拡散や反応)を制御し、機能をもつ材料やデバイスを創製するためには、表面・界面における素過程を理解することが不可欠である。表面における原子・分子のダイナミクス研究は、触媒反応・半導体プロセス・分子エレクトロニクスと密接に関連しており、さらに地球環境や宇宙における分子進化についても手がかりを与えてくれる。最近では、二酸化炭素や水素が関わる表面反応過程に興味を持っている。当研究室では、表面・界面における原子・分子のダイナミクス(吸着、拡散、成長、脱離)、表面ナノ物質の構築および表面界面の電子物性を、表面振動分光、光電子分光などの表面分光法と、走査型トンネル顕微鏡や独立駆動4探針電気伝導測定法を駆使して研究してきた。また、シンクロトロン放射光施設(KEK-PF、SPring-8など)における雰囲気光電子分光を用いた表面のオペランド観測を推進している。最近、THzパルスによる表面プロセス駆動の研究にも取り組んでいる。

Solid surfaces are intriguing objects, because novel structures and electronic properties emerge as a result of symmetry breaking of bulk. Solid surfaces play an important role as “low dimensional reaction field”, on which we can provide atoms and molecules and manipulate them deliberately. In addition, surface and interface are vital in the energy conversion and dissipation processes. In order to fabricate atomically-controlled surface functional materials, we have to understand the dynamical behavior of atoms and molecules on surfaces. The research of these subjects is closely related to the basics of catalysis, semiconductor processes and molecular electronics. Recently, we are interested in surface reactions including CO₂ and hydrogen. In addition, we can simulate chemical reactions on cosmic dust with laboratory experiments in ultrahigh vacuum at low temperature. We have utilized surface vibrational spectroscopy, photoelectron spectroscopy and local probe methods in order to investigate structures, reactions and electronic properties of atoms, molecules and thin films on surfaces. Synchrotron radiation (KEK-PF, SPring8 etc.) is also used to study electronic structure of surface and interface, including *operando* XPS. Recently, we have started to study THz-pulse driven surface processes.



A schematic model of CO₂ hydrogenation on the Pd-Zn-Cu model catalyst

研究テーマ Research Subjects

1. モデル触媒による小分子の活性化と表面反応の研究
Activation and surface reaction of small molecules by model catalysts
2. 表面や界面における水素が関わる物性と反応(ハイドロジェノミクス)
Properties and reactions with hydrogen at surfaces and interfaces (Hydrogenomics)
3. 半導体および有機薄膜の電子状態と表面電気伝導の研究
Electronic states and surface conductivity of semiconductor and organic thin film
4. 低次元物質の電子状態と反応性の研究
Electronic states and reactivity of low-dimensional materials on surfaces
5. THzパルスによる固体表面における原子・分子ダイナミクスの研究
Dynamical processes of atoms and molecules on solid surfaces using THz pulse

秋山研究室

Akiyama Group



秋山 英文
AKIYAMA, Hidefumi
教授
Professor

半導体量子ナノ構造の光物性や、ヘテロ構造・ナノ構造に基づく半導体レーザーや太陽電池のデバイス物理、ホタル生物発光の生物物理などを、レーザー分光・顕微分光・光学計測技術を用いて研究している。

半導体レーザーに対して、最大定格を大きく超える励起を短時間だけに加え、極端非平衡状態を生み出し、フェムト秒短パルス発生限界を迫る研究を行っている。人工衛星用高品質 III-V 族半導体タンデム太陽電池の損失機構を調べ、変換効率限界を物理的に理解するデバイス物理研究も行っている。また、世界一細くかつ均一で制御性の高い半導体量子細線レーザーを作製し、量子力学的な光学物性、低次元性、電子正孔系多体問題、半導体レーザー物理、結晶成長、物質科学など様々な興味から研究を行っている。

光学実験技術として、微細なナノ構造の発光を高感度に検出する技術、絶対量を定量計測する技術、ナノ構造の透過吸収を計測する技術、顕微分光や画像計測の技術、ソリッドイマージョン顕微技術などを開発している。さらに、それらの技術を応用し、ホタルやクラゲやウミホタルの生物発光やルミノール化学発光などを、生物学・化学・理論の専門家や民間会社と共同で研究している。

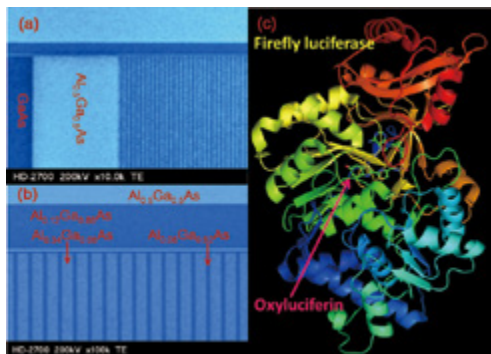
Advanced laser spectroscopy on the basis of lasers and microscopy is developed and applied to semiconductor quantum wires and other nano-structures, in order to understand and control their optical properties quantum mechanically.

Femto-second pulse generation directly from gain-switched semiconductor lasers is studied intensively to understand the pulse dynamics and the shortest-pulse limit. High-quality III-V-semiconductor tandem solar cells and their internal loss rates and mechanisms are also studied. We make the world thinnest and cleanest quantum-wire semiconductor lasers that have superior laser performances such as low threshold currents. Experimental findings and problems provide us fruitful physics subjects related to 1D physics, many-body physics, lasers, solar cells, crystal growth, material science, and semiconductor device physics and engineering.

We are developing experimental techniques such as sensitive luminescence detection, absolute luminescence-yield measurements, transmission/absorption measurements of single nano-structures, micro-spectroscopy, imaging, and solid-immersion microscopy. Some of these techniques have been applied to study of bioluminescence of fireflies, jelly fish, and sea fireflies as well as luminol chemiluminescence.

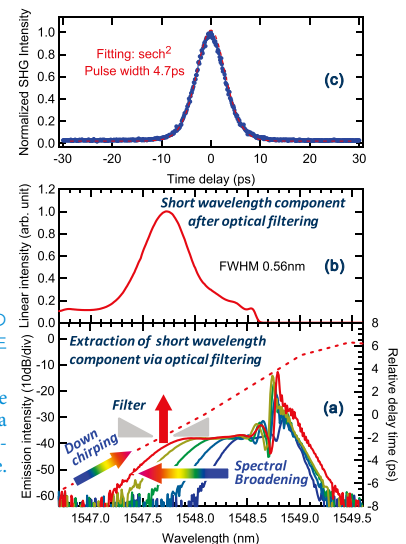
100 周期 T 型量子細線レーザー (a,b) とホタルシフェラーゼ (c) の構造

Nano-structures of a 100 T-shaped quantum-wire laser (a,b) and firefly luciferase protein (c).



半導体レーザーからの 4.7 ps パルス直接発生実験

Direct 4.7 ps pulse generation from a gain-switched semiconductor laser diode.



研究テーマ Research Subjects

1. 利得スイッチング半導体レーザーおよび太陽電池のデバイス物理
Device physics of gain-switched semiconductor lasers and solar cells
2. 高品質半導体量子細線および井戸における低次元電子正孔キャリアの多体相関と非平衡性
Many-body interactions and non-equilibrium properties of low-dimensional electron-hole systems in clean semiconductor quantum wires and wells
3. 半導体量子構造およびデバイスの作製、高品質化、構造評価、顕微分光計測、画像計測
Material physics and development of high-quality semiconductor nano-structures via microscopy
4. ホタル・クラゲ・ウミホタルなどの生物発光と生物化学発光計測標準
Bioluminescence of firefly, jelly fish, sea firefly, etc. and bio/chemiluminescence measurement standards

杉野研究室

Sugino Group



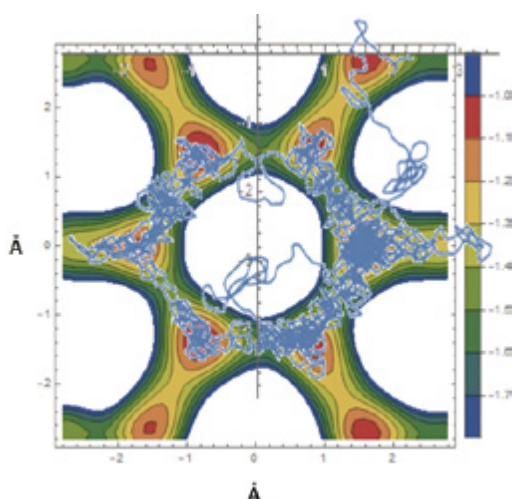
杉野 修
SUGINO, Osamu
教授
Professor



春山 潤
HARUYAMA, Jun
助教
Research Associate

スーパーコンピュータを用いたシミュレーションなどを通して、複雑な物性現象を理解し新物質・新現象の予測につなげるとともに、計算の対象拡大や高精度化のための計算理論を構築する研究を行っている。

計算物質科学の方法は近年急速な発展を遂げ、結晶等の電子状態から多自由度系や多階層系、複雑系の機能性にまで研究対象が拡大している。本研究室では、未知の高圧物質や生体物質、電池等でのエネルギー変換過程等の計算を実験と連携して行い、微視的な理論を精巧化し、それを物質設計につなげる研究を行っている。また、対象となる多体問題を高精度に解くための新手法を多角的に検討しており、例えば、多自由度系に対する計算結果を機械学習し、関連エネルギーを精密に表現する方法や汎関数繰り込み群に基づく方法などを構築しており、次世代の計算物質科学の方法の開拓を行っている。



第一原理経路積分計算による白金(111)面上の水素原子の分布関数と拡散経路。

Ab initio path integral simulation of a hydrogen atom adsorbed on Pt(111). The contour shows the density distribution and the blue line shows the trajectory of the centroid. Quantum effect was found crucially important.

Based on large-scale simulations, Sugino group elucidates properties of complex condensed matters, such as high-pressure phases of solid-hydrogen, bioluminescent molecules, and electrochemical interfaces. The group also develops novel computational schemes for accurate prediction of material properties.

The computational materials science is advancing rapidly, so that the target of research is extending toward materials of larger degrees of freedom and multi-scale phenomena. This has made common to make a joint theoretical and experimental project for microscopic understanding of a material functionality. The collaboration is done here with the research infrastructure, especially the massively parallel supercomputers and novel computational schemes. For the advance of computational scheme, a set of few-body problems was machine learned to establish the mapping between the particle density and the correlation energy. The resulting mapping was found to serve for accurate prediction of many-body problem within the density functional theory (DFT). DFT has been developed for classical systems as well as the quantum systems with help of novel approaches like functional renormalization group.

Reference Molecules	AE147 [kcal/mol]	DD147 (%)	BH76 [kcal/mol]	TE147 [hartree]	
H ₂ O	SVWN	84.2	0.59	15.4	1.28
	NN-LSDA	30.9	0.36	13.8	0.90
NH ₃	BLYP	7.3	0.24	7.9	0.41
	PBE	17.0	0.18	11.5	0.21
NO (spin-polarized)	NN-GGA	11.0	0.18	9.6	0.42
	TPSS	6.2	0.17	8.7	0.48
	SCAN	6.1	0.16	7.7	0.28
	MOG-L	5.2	0.19	4.1	0.42
	NN-mGGA	4.7	0.13	4.7	0.14
NN-NLA	3.7	0.13	5.5	0.08	

H₂O, NH₃, NOの機械学習により構築された交換相関汎関数のテスト。LDA, GGA等の各レベルの汎関数形に対して、良く用いられる汎関数と機械学習汎関数を比較したところ、結合エネルギーや電子分布関数の値をより正確に再現できることがわかった。

The exchange-correlation functional of density functional theory was constructed by machine learning the three reference molecules, H₂O, NH₃ and NO. The functional was found to yield smaller mean-error of the atomization energy (AE147), electron density profile (DD147), barrier height of a reaction (BH76), and total energy (TE147) for various levels of the functional forms. The white characters in the first column, SVWN, BLYP..., indicates the familiar functionals while the orange ones are the machine learned functionals.

研究テーマ Research Subjects

1. 計算物質科学の方法による物性予測
Prediction of material properties using methods of computational materials science
2. 高圧物質、生物発光、エネルギー変換などの解明
Elucidation of high-pressure phase, bioluminescence, and energy conversion
3. 機械学習や統計物理学の方法を用いた多体問題の数値解の高精度化
Development of methods for accurate many-body problems with machine learning or statistical physics scheme

岡研究室

Oka Group



岡 隆史
OKA, Takashi
教授
Professor

量子物質の非平衡状態に潜む未知の自然法則を発見するとともに、その理解をもとに物質相を自在に制御し機能発現させる方法を理論的に研究する。中でもフロッケ・エンジニアリングに代表される新しい理論体系が近年注目を集めており、非平衡現象を平衡系に近い深さで理解することが可能になりつつある。日々の研究においては、乱流、ニューラルネットワークといった古典物理分野や、生命現象、そして日常的に非平衡現象が利用されてきた半導体物理など、広い分野で蓄積されてきた知見を参考にしつつ、場の理論や数値計算などの基礎的な手法を利用することで相関電子系、トポロジカル物質、スピン系などの重要な量子物質 (図 1) の非平衡現象の研究がおこなっていくとともに、物質の新しい非線形応答効果 (例えば図 2) を探索する。

Our main research subject is quantum materials driven far away from equilibrium by external fields such as laser light. The aim is to seek for new laws of physics that govern such exotic states and to find a way to control their collective dynamics. We employ new theoretical frameworks such as Floquet engineering which enables us to understand nonequilibrium physics with the depth comparable to equilibrium systems. We can also obtain important insights from other existing research fields such as turbulence, neural network, and non-linear semiconductor optics, and apply them to new exotic materials. The target materials range from topological systems to strongly correlated systems (Fig.1). New non-linear response phenomena such as the heterodyne Hall effect (Fig.2), i.e. quantum Hall effect induced by oscillating magnetic fields, will be studied as well.

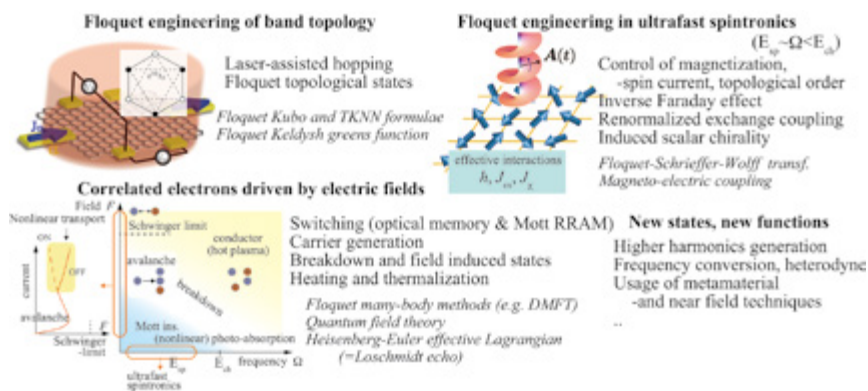


図 1 量子物質のフロッケ・エンジニアリングの広がり。バンドトポロジー、スピン秩序、相関電子系などの制御や新原理に基づくデバイスの提案につながっている。

Fig. 1. Floquet engineering in quantum materials. T. Oka, S. Kitamura, Annu. Rev. Condens. Matter Phys. 10, 387-408 (2019).

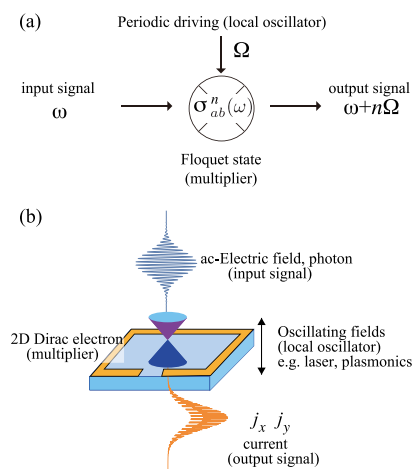


図 2 フロッケ状態を利用したヘテロダイン・デバイス。(a) 入力信号に対して周波数混合の施された出力を与える。(b) 振動磁場を用いたヘテロダインホール効果の実現例。

Fig. 2. Heterodyne device utilizing Floquet states. (a) Frequency mixed output is realized. (b) A realization of the heterodyne Hall effect using 2D Dirac semimetals.

研究テーマ Research Subjects

1. 量子物質のフロッケ・エンジニアリング
Floquet engineering of quantum materials
2. 非平衡相における新現象、新学理の探索
Discovery of novel phenomena and law of physics in nonequilibrium systems
3. 非線形量子デバイスの提案
Proposal of novel nonlinear quantum devices

井上研究室

Inoue Group

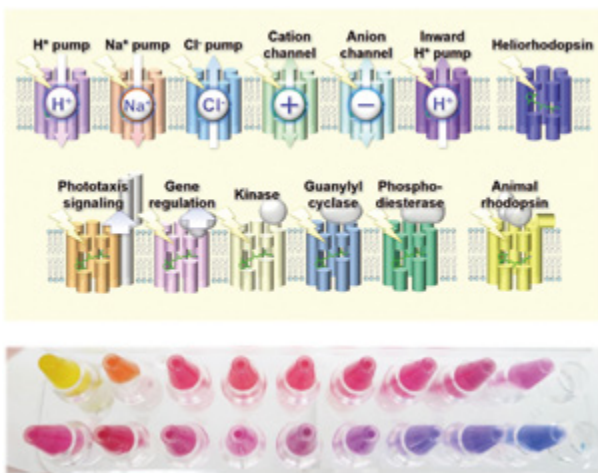


井上 圭一
INOUE, Keiichi
准教授
Associate Professor

永田 崇
NAGATA, Takashi
助教
Research Associate

多くの生物は太陽光を自身の生理活動のためのエネルギー源や、外界の環境変化を知覚するための情報源として利用する。そしてこのときに中心的な役割を果たすのが、様々な光受容タンパク質である。

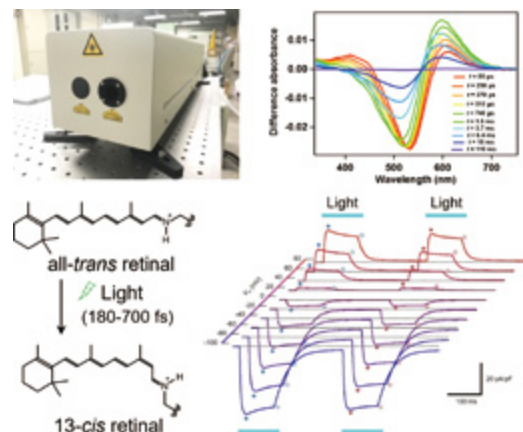
本研究室では、それら多様な光受容タンパク質の機能発現メカニズムを統一的に明らかにすることを目的とし、レーザー時間分解分光実験や振動分光実験などを通じて、高次複雑系である光受容タンパク質分子の化学反応過程を調べる研究を行っている。さらに電気生理学実験や、生化学的手法と組み合わせることで、原子・分子レベルから細胞・個体レベルにおよぶ多階層的な理解を目指している。またこれらの知見をもとに、光遺伝学などの応用を目標とした機能性生体分子の開発にも取り組む一方で、近年のゲノム解析の発展に伴うビッグデータをもとに、新奇な光生物学的現象とそれに関する分子群の探索研究や機械学習法の開発を行っている。



多様な機能を持つ微生物型ロドプシン（上）とその精製タンパク質試料（下）。
Microbial rhodopsins with a variety of functions (upper) and the purified-protein samples (lower).

Most living organisms use sun-light as energy source for their biological activity and information source to recognize environmental change. In this photobiological events, a wide variety of photo-receptive proteins play the central role.

Our research aims unified understanding of the mechanism of biomolecular functions of various photoreceptive membrane proteins called “rhodopsins”. The chemical elementary process of these supra complex photoreceptive proteins is studied by time-resolved laser spectroscopy and vibrational spectroscopy, and we are promoting further research by combining biochemical and electrophysiological techniques to achieve multi-layer understanding from atomic and molecular to cellular and individual levels. Furthermore, whereas we are developing novel artificial biomolecules for the application to optogenetics and so on based on the fundamental insights, exploration studies of new photobiological phenomena and related molecular groups, and a development of machine learning technology are being conducted with big data accompanying the development of genome analysis in recent years.



ナノ秒パルスレーザーによる微生物型ロドプシンの過渡吸収測定（上）およびロドプシン分子内におけるレチナールの光異性化過程（下）。

Transient absorption measurement of microbial rhodopsin by a nano-second pulsed laser (top) and photo-isomerization process of retinal in rhodopsin (bottom right). Photo currents of ChR expressed in mammalian cells.

研究テーマ Research Subjects

1. 光受容型膜タンパク質ロドプシンの分子機能メカニズムの機能解析および分光研究
Functional and spectroscopic studies on the mechanism of molecular function of photoreceptive membrane protein, rhodopsins
2. 先端的分光計測法の生体分子研究への応用
Application of advanced spectroscopic measurement method for biomolecular study
3. ゲノムビッグデータをもとにした新奇光受容型タンパク質探索
Exploration of novel photoreceptive proteins through use of genome big data
4. 機械学習法を用いた生体分子の機能決定因子の同定とそれにもとづく新規機能性分子開発
Machine-learning study on the determining factor for the function of biological molecules and its application for the development of novel functional molecules

樋山研究室

Hiyama Group



樋山 みやび
HIYAMA, Miyabi
客員准教授
Visiting Associate Professor

量子化学計算・合成実験・分光計測を行うことにより、ホタル生物発光で起きている反応機構の解明とその応用研究を行っている。

ホタル生物発光は、pH やタンパク質変異体など実験条件の違いで異なる発光色になることや、その反応物質は生体にとって害が少ないことから、薬剤や細胞などの検出方法として環境・医療・バイオテクノロジーなどの分野で広く利用されている。この発光は、タンパク質酵素中の化学反応の結果おこる。このため発光機構の解明は、ホタル生物発光そのものの理解を進め、応用の可能性を広げるだけでなく、酵素が関与する化学反応を理解する鍵となる。本研究室では、ホタル生物発光の基質であるルシフェリンに保護基のついた光解離型ケージドルシフェリンに着目し、合成、吸収・蛍光測定および生物発光計測、量子化学計算によるこれらのスペクトル解析により、酵素が関与する化学反応を明らかにする研究を推進している。

The subjects of our research are the elucidation of emission mechanism on the firefly bioluminescence and the application of this reaction with the quantum chemical calculations, spectroscopic measurements, and synthetic experiments.

Firefly bioluminescence, of which emission color depends on the experimental condition, is widely used on environmental field, medical field, and biotechnology field etc., because the substrate and enzyme of this bioluminescence are harmless to living organisms. This luminescence is due to oxidation reaction of substrate, firefly luciferin, in firefly luciferase enzyme. The elucidation of firefly bioluminescence would encourage not only to understand this phenomenon for expanding the availability of applications but also to understand other chemical reactions involved in enzyme. We synthesized a photo-cleave type of caged luciferin and study the physical properties of this chemical species.

陳研究室

Chen Group



陳 少強
CHEN, Shaoqiang
外国人客員教授
Visiting Professor

ハロゲン化鉛ペロブスカイト (LHP) は、太陽電池とレーザー・LED 発光素子の両方で有望視される新材料である。レーザー発振は、ナノワイヤまたはナノロッドのファブリペロー型共振器や、微小球、板、キューブのウィスパーリングギャラリモード (WGM) 微小共振器で報告されているが、レーザー発振やその他の光学特性に関する励起子の寄与など基本メカニズムの多くが未解明である。華東師範大・陳グループでは、一段スピコート合成法で高品質有機無機 LHP 薄膜を、液相法や CVD 法で多様な LHP 微結晶 / ナノ構造を作製し、レーザー発振を観測してきた。これらの現象の物理機構を理解するため、利得スペクトル計測、レーザーのデバイス化と特性評価、時間分解分光測定による超高速スペクトルダイナミクス計測などを、物性研にて行う。それらの実験から、励起子効果を含むペロブスカイトナノ / マイクロ結晶のレーザー物理を解明する。

Lead halide perovskites (LHPs) are currently stimulating huge activity across the field of optoelectronics for both light-harvesting and light-emitting applications. Lasing operations have been reported in a number of LHP micro-/nanostructures, such as microspheres, microplates, and microcubes by forming the whispering gallery mode (WGM) microcavities. These results demonstrate the high optical gain of LHPs and their considerable potential for applications in nonlinear optics. However, underlying mechanisms are controversial. We formed obtain high-quality LHP thin films by one-step spin-coating method, and synthesized various kinds of LHP micro-/nanostructures through efficient liquid-phase and chemical vapor deposition (CVD) methods. These samples have shown single- and/or multi-longitudinal laser emissions.

Aiming to understand in depth mechanisms of the above mentioned phenomena, we perform in ISSP characterization of material gain, optical device fabrication and lasing characterizations, and investigation of ultrafast spectral dynamics with time-resolved spectroscopy measurements.

朱研究室

Zhu Group



朱 琳
ZHU, Lin
外国人客員教授
Visiting Professor

III-V 族化合物太陽電池は、超高性能が要求される用途のため、世界中で精力的に開発が進み、特に、多接合太陽電池（3接合以上）、量子ドット複雑構造入りなどが競争的に研究されている。

より超高性能を目指して4接合以上の多接合太陽電池を構成するためには、格子不整合による巨大な歪みをもつ材料を使う必要がある。従って、材料品質の評価や性能への影響の理解がより重要となる。世界の多くのグループで試作された太陽電池試料に対して、絶対 EL 評価や時間分解計測によるダイナミクス評価を行い、測定結果から品質や性能の制限要因を研究している。

量子ドットを多接合太陽電池のボトムセルに用いると、量子ドット太陽電池の欠点が緩和され、トータルで優れたセルが作れるのではないかという提案がある。理論解析に基づき、実際に量子ドット入り多接合太陽電池を設計・試作し、品質と性能を調べる。

III-V compound semiconductor solar cells have achieved the highest conversion efficiency among the present photovoltaic devices. Aiming at further higher conversion efficiency, multi-junction (MJ) configuration, such as triple- or four-junctions, has attracted broad attention. Meanwhile, quantum-dot (QD) configuration as a possible strategy to implement intermediate band solar cells is another attractive topic in developing monolithic multi-junction solar cells. However, it has been a tough job to fabricate the two kinds of cells with high lattice quality.

Our study include: 1) Optical/electrical measurements and analysis on the internal behavior of the practical MJ or QD-MJ solar cells, in order to understand the carrier dynamic mechanism in those cells that usually include lattice imperfections. 2) General and realistic theoretical models on high-performance QD-MJ solar cells, which can interpret internal carrier dynamics, mechanisms and device behaviors in practical solar cells.