

光で微粒子を操る

「つかむ」から、物質の違いを活かして「選ぶ」へ

2026 年 11 月 2 日（月） 13:00–14:30

立命館大学 びわこ・くさつキャンパス（BKC）

防災システムリサーチセンター [2階 第2会議室]

光を当てることにより、小さな粒子をつかみ、動かすことができます。では、粒子の「中身」の違いを手がかりに、狙った粒子を選び分けることはできるでしょうか。

鍵になるのは、物質と光の相性です。本セミナーでは、化学環境を変えて同じ光でも粒子の動きを変える研究と、分子の振動に合う赤外光で粒子に働く力を強める研究を紹介します。光で「つかむ」技術が、物質を「選ぶ」、粒子の集まりを「組み替える」技術へと広がる可能性を探ります。

講演プログラム | 詳しい講演要旨は次ページから

13:10–13:50 | 特別講演 1

Roger Bresolí-Obach

Institut Químic de Sarrià (IQS), Universitat Ramon Llull, Barcelona, Spain

Chemically programmable optical forces: from single particles to optical matter

光の当て方を変えずに、化学環境や粒子の状態を変えて光の力を調節。粒子の捕捉制御と、化学的な刺激で構造を変える粒子集合体への展開を紹介します。

13:50–14:30 | 特別講演 2

工藤 哲弘（豊田工業大学）

中赤外量子カスケードレーザーを用いた分子振動共鳴に基づく

化学選択的光マニピュレーションおよびトラッピング

分子の振動に合う中赤外光を使い、粒子に働く力を増強。光の吸収と粒子の動きの関係、中赤外光ピンセットの成果から、物質の違いに応じた選別への可能性を紹介します。

講演：日本語／スライド：英語（予定）

光操作を専門としない方も歓迎します。研究者・学生の皆様のご参加をお待ちしています。

主催：科学研究費助成事業 特別推進研究（課題番号：26H00005）

「光圧によるナノスケール量子個性の識別・分離・分析技術の創出」

2026 年度ジョイントミニワークショップのうち、上記 2 講演を公開します。

特別講演 1 | 13:10–13:50

Chemically programmable optical forces: from single particles to optical matter

Roger Bresolí-Obach¹

[1] Institut Químic de Sarrià, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Spain

e-mail: roger.bresoli@iqs.url.edu

Abstract

Optical forces let us trap, move and assemble particles with light. Their strength and sign are usually set by the optical configuration of the incident field and by the size and refractive index of the particle. Once an experiment starts, these parameters stay fixed. We show that chemistry adds a reversible control dimension. By shifting chemical equilibria and photochemical states of the trapped object, we change its optical response and therefore the force it feels. Two routes emerge. In the first, ground-state resonant absorption modulates the linear polarisability of the particle.[1] In the second, excited-state dynamics, including triplet-state populations, create nonlinear contributions to the force. Both routes modulate trapping without any change to the optical set-up.[2] I will present single-particle demonstrations and first steps towards collective optical matter that reorganises in response to chemical stimuli. Together, these results turn optical trapping into a tool for physical chemistry and point to light-driven materials whose structure follows their chemical environment.

Funding

This work was funded by the Spanish Agencia Estatal de Investigación and FEDER (PID2022–137569NA-C44, CNS2025–166106, PID2025–169749NB-C32), and by the European Union under the Horizon Europe grant (101130615). R.B.-O. thanks the Spanish Agencia Estatal de Investigación for a Ramón y Cajal contract (RYC2021–032773-I).

References

[1] L. Torrella-Adriaensen, (et al.), R. Bresolí-Obach, pH-gated absorption forces with polyaniline-doped polystyrene microparticles. *ACS Photonics* **2026**, 13, 4577.

[2] R. Bresolí-Obach (et al.), Triplet-state force enhancement in phenalenone-doped particles, controlled by dissolved oxygen. *Adv. Opt. Mater.* **2022**, 10, 2200940.

特別講演 2 | 13:50–14:30

中赤外量子カスケードレーザーを用いた分子振動共鳴に基づく化学選択的光マニピュレーションおよびトラッピング

Chemically Selective Optical Manipulation and Trapping via Molecular Vibrational Resonance using Mid-Infrared Quantum Cascade Lasers

工藤 哲弘 | 豊田工業大学

講演：日本語／スライド：英語（予定）

要旨

本発表では、中赤外（MIR）量子カスケードレーザーを用いた化学選択的な光マニピュレーションおよび光トラッピングの実験結果について紹介する。標的となる微粒子の基本振動モード（Si–O–Si 結合や C=O 結合など）を励起することで、分子の振動共鳴を介して光の輻射力（吸収力、散乱力、勾配力）が増強することを見出した。第一に、エバネッセント場における粒子の速度が中赤外吸収スペクトルと相関することを示す。第二に、金属的光学特性を示すレストストラーレン（Reststrahlen）帯において、中赤外輻射力が特定波長において急峻に増強される挙動を説明する。第三に、中赤外光ピンセットに関する最近の成果を紹介する。これらの結果を通して、中赤外光が化学選択的な材料分別のための有望なアプローチとなり得ることを示す。

Abstract

We demonstrate chemically selective optical manipulation and trapping using mid-infrared (MIR) quantum cascade lasers. By tuning the MIR wavenumber to excite the fundamental vibrational modes of target microparticles (such as Si–O–Si and C=O bonds), MIR optical forces (absorption force, scattering force and gradient force) are enhanced via molecular vibrational resonance. First, we show that the particle velocity in evanescent fields correlates well with the MIR absorption spectrum. Second, we demonstrate a spectrally sharp enhancement of MIR optical forces within the Reststrahlen band, where the optical resonance exhibits metallic-like behavior. Third, we present the recent results of mid-infrared optical tweezers. MIR light may offer a promising new route for chemically selective material sorting.