

## I 分子・クラスターの光イオン化解離過程の動力的研究

Dynamics of photo-induced ionization reactions

下條竜夫  
Gejo, T.

近年の第3世代シンクロトロン放射光（SR）と関連する分光技術の目覚ましい進歩は、簡単な分子の内殻電離しきい値近傍における振動分光を可能にし、従来の一電子近似としてのスペクトル構造のみならず、それ以上の詳細な物理量および微細構造の観測を実現している。我々はコインシデンス分光法、高分解能光電子分光、画像観測法、角度分解飛行時間質量スペクトル法などを用い、様々な内殻励起状態における分子および気相クラスターの光イオン化解離のダイナミクスを研究している。

## II 凝縮相における超高速分子ダイナミクスの観測と解明

Observation and elucidation of ultrafast molecular dynamics in condensed phase

相賀則宏・竹内佐年  
Aiga, N., Takeuchi, S.

原理限界に近い極短パルス光の発生・評価と非線形光学過程にもとづく独自の分光法の開発により、凝縮相分子の励起状態ダイナミクスや反応ダイナミクスを観測し、その分子機構を解明する。特に、電子コヒーレンスや振動コヒーレンスの重要性を念頭に置きつつ、電子状態と振動状態の両面から分子ダイナミクスを観測する。これにより、反応分子の電子状態変化と構造変化をリアルタイムで追跡し、両者の連動性・協奏性を解明し、反応座標の全体像の理解をめざす。

## III 単分子に対する線形・非線形分光方法論の開拓

Development of linear/nonlinear spectroscopic methods for single molecules

相賀則宏・竹内佐年  
Aiga, N., Takeuchi, S.

単一分子レベルの特性や振舞いを明らかにするために、超高真空極低温走査型トンネル顕微鏡と極短パルス光源を融合させた新たな分光方法論の開拓をめざしている。トンネル接合部位に外部から極短パルス光を導入することで、探針部位近傍のプラズモン共鳴によりその直下に生じた局所増強電場を利用して線形および非線形分光を行う。これにより高い時空間分解能を備えた分子観測を実現し、トンネル顕微鏡による幾何学的構造情報に加えて、様々な分光による物理的・化学的特性の評価とダイナミクスの観測をめざす。超高真空槽への極短パルス光の伝送などの基盤技術の開発から取り組んでいる。

## 発表論文 List of Publications

- I-1 N. Boudjemia, K. Jankala, R. Puttner (ソルボンヌ大), T. Gejo, L. Journal (ソルボンヌ大), Y. Kohmura (理研), M. Huttula, M. N. Piancastelli, M. Simon (ソルボンヌ大), M. Oura (理研) : Deep-core photoionization of krypton atoms below and above the 1s ionization threshold, *Phys. Rev. A*, 101, 053405 (2020)
- I-2 S. Kosugi, F. Koike, M. Iizawa (上智大), M. Oura (理研), T. Gejo, K. Tamasaku (理研), J. R. Harries (原研), R. Guillemin, M. N. Piancastelli, M. Simon (ソルボンヌ大), Y. Azuma (上智大) : Fluorescence time delay in multistep Auger decay as an internal clock, *Phys. Rev. Lett.*, 124, 183001 (2020)
- I-3 S. Kosugi, F. Koike (上智大), T. Nagayasu, F. Hosseini, J. Martins, T. Marchenko, O. Travnikova (パリ・ソルボンヌ大), M. Oura (理研), T. Gejo, J. R. Harries (原研), J. D. Bozek, K. Ito (Soleile), E. Sokell (ダブリン大), S. Fritzsche (ヘルムホルツ研究所), M. N. Piancastelli, M. Simon (ソルボンヌ大), Y. Azuma (上智大) : Strong configuration interaction in the 3p photoelectron spectrum of Kr, *Phys. Rev. A*, 101, 042505 (2020)
- I-4 益田遼太郎・大高咲希・下條竜夫・竹内佐年・足立純一 (高エネ研)・星野正光 (上智大)・樋川智洋・宮崎康典・佐野雄一・竹内正行 (原研) : 「マイナーアクチノイド分離用抽出剤 HONTA の電子構造に関する研究」、日本原子力学会2021年春の年会、オンライン開催、2021年3月
- II-1 M. Iwamura, A. Fukui, K. Nozaki (富山大), H. Kuramochi (理研), S. Takeuchi, T. Tahara (理研) : Coherent vibration and femtosecond dynamics of the platinum complex oligomers upon intermolecular bond formation in the excited state, *Angewandte Chemie Int. Ed.*, 59, 23154 - 23161 (2020)
- II-2 P. Kumar, H. Kuramochi (理研), S. Takeuchi, T. Tahara (理研) : Time-domain observation of surface-enhanced coherent Raman scattering with  $10^5 - 10^6$  enhancement, *Journal of Physical Chemistry Letters*, 11, 6305 - 6311 (2020)
- II-3 H. Kuramochi (理研), G. Aoyama, H. Okajima, A. Sakamoto (青学大), S. Kanegawa, O. Sato (九大), S. Takeuchi, T. Tahara (理研) : Femtosecond polarization switching of [CrCo] dinuclear complex crystals, *Angewandte Chemie Int. Ed.*, 59, 15865 - 15869 (2020)
- II-4 田原進也 (理研)・栗原 里佳・小島 慧一 (岡山大)・倉持光 (理研)・竹内佐年・須藤雄気 (岡山大)・田原太平 (理研) : 「Triggers of primary protein dynamics in photoreceptor proteins」、生物物理学会、シンポジウム “Diversity of photobiology; from molecules to organisms”、オンライン開催、2020年9月
- III-1 相賀則宏・竹内佐年 : 「中空ファイバーを用いた極短パルス光伝送の試み」、兵庫県立大学 知の交流シンポジウム 2020、WEB 開催、2020年9月
- III-2 相賀則宏 : 「赤外可視和周波分光による結晶氷薄膜内の水分子配向の観測」(招待講演)、一般社団法人レーザー学会学術講演会第41回年次大会、オンライン開催、2021年1月
- III-3 相賀則宏・竹内佐年 : 「ペンタセン誘導体分子膜のトンネル電流誘起発光分光」、日本物理学会第76回年次大会、オンライン開催、2021年3月

## 物質科学専攻

博士前期課程

田中結花 : 短パルス X 線による希ガス原子の多価イオン化過程の研究

## 科学研究費補助金等

- 1 兵庫県立大学特別研究助成金(令和2年度) 先導研究 A (個人)

- 研究課題           マイナーアクチノイド抽出剤 HONTA の電子状態および構造の研究  
研究代表者       下條竜夫
- 2 科学研究費補助金 (令和元年度～4年度) 基盤研究 (A) 課題番号 19H00889  
研究課題           探針増強電場を用いた単一分子の非線形および時間分解分光方法論の開拓  
研究代表者       竹内佐年
- 3 科学研究費補助金 (令和元年度～2年度) 研究活動スタート支援 課題番号 19K23635  
研究課題           探針電場増強と極短パルス光を用いた単一分子の非線形分光の試み  
研究代表者       相賀則宏