

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 下條竜夫・田中結花・玉作賢治・大浦正樹（理研）・大沢仁志（JASRI）：「X線チョッパーを用いた希ガス原子のイオン価数分布測定」、*RIKEN Annual Report* (2019)
- I-2 T. Gejo, K. Maekawa, K. Honma, Y. Tamenori: The measurement of XAFS of amino acid in water submicron particles, *SPring-8/SACLA Research Reports Section A*, volume8 No.1 (2019)
- I-3 M. Oura, T. Gejo, K. Nagaya, Y. Kohmura, K. Tamasaku, L. Journal, M. N. Piancastelli, M. Simon: Hard x-ray photoelectron spectroscopy on heavy atoms and heavy element containing molecules using synchrotron radiation up to 35 keV at SPring-8 undulator beamlines, *New Journal of Physics*, 21, 043015 (2019)
- I-4 田中結花・下條竜夫：「クリプトンのイオン化メカニズムの解析」、兵庫県立大学・知の交流シンポジウム 2019、2019年9月
- I-5 長安堯裕・下條竜夫：「X線自由電子レーザーを用いた分子軌道の実時間変化測定」、第6回高校生のための科学講座、兵庫県立大学、2019年11月
- I-6 田中結花・下條竜夫：「X線による原子の多価イオン化」、第6回高校生のための科学講座、兵庫県立大学、2019年11月
- I-7 田中結花・下條竜夫：「X線による原子の多価イオン化」、技術・人材マッチング交流会、兵庫県立大学、2019年12月
- II-1 H. Kuramochi（理研）, S. Takeuchi, M. Iwamura, K. Nozaki（富山大）, T. Tahara（理研）：Tracking photoinduced Au-Au bond formation through transient terahertz vibrations observed by femtosecond time-domain Raman spectroscopy, *Journal of American Chemical Society*, 141, 19296-19303 (2019)
- II-2 S. Tahara, H. Kuramochi（理研）, S. Takeuchi, T. Tahara（理研）：Protein dynamics preceding photoisomerization of the retinal chromophore in bacteriorhodopsin revealed by deep-UV femtosecond stimulated Raman spectroscopy", *Journal of Physical Chemistry Letters*, 10, 5422 - 5427 (2019)
- II-3 H. Kuramochi（理研）, S. Takeuchi, H. Kamikubo, M. Kataoka（奈良先端大）, T. Tahara（理研）：Fifth-order time-domain Raman spectroscopy of photoactive yellow protein for visualizing vibrational coupling in its excited state, *Science Advances*, 5, eaau4490, 1-8 (2019)
- II-4 竹内佐年：「分光研究における冷媒の利用」、研究ノート、兵庫県立大学理学部 低温センターだより、第12号、4 - 10 (2019)
- II-5 相賀則宏：「レーザー分光で見る水分子の向きが揃った結晶氷～界面制御を用いた特殊な氷の作製～」、兵庫県立大学産学連携・研究推進機構第32回 S Tクラブ（姫路）、2019年7月
- II-6 相賀則宏・竹内佐年：「赤外吸収で何がわかるの？」、第6回高校生のための科学講座、兵庫県立大学、2019年11月
- II-7 竹内佐年：「分子の構造ダイナミクス追跡とその極限化」、第43回 XFEL 構造生物ミーティング、SPring-8（兵庫）、2020年3月
- III-1 相賀則宏・竹内佐年：「走査型トンネル顕微鏡の探針電場増強を用いた分光システムの構築」、日本物理学会第75回年次大会、名古屋大学、2020年3月

大学院物質理学研究科

博士前期課程

坂野卓也：硬 X 線領域での希ガス原子の光イオン化質量スペクトルおよび光電子スペクトルの研究

科学研究費補助金等

- 1 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
- 2 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
- 3 兵庫県立大学特別研究助成金（令和元年度） 若手研究者支援
研究課題 時空間分解分光をめざした極短パルス光の伝送技術の開発
研究代表者 相賀則宏
- 4 公益財団法人兵庫県立大学科学技術後援財団教育研究助成（令和元年度）
研究課題 中空ファイバーを用いた極短パルス光伝送の試み
研究代表者 相賀則宏