



研究課題名 配向制御技術で拓く分子の新しい量子相の物理学

東京大学・大学院理学系研究科・准教授 さかい ひろふみ  
酒井 広文

研究分野：数物系科学

キーワード：原子・分子

【研究の背景・目的】

向きの揃った分子試料を用いることができれば、分子軸とレーザー光の偏光方向に依存する効果や分子軌道の対称性や非対称性に由来する効果を直接的に調べることが可能となる。すなわち、向きの揃った分子試料は、異方性をもつ理想的な量子系と考えることができ、気体結晶とも呼べる分子の新しい量子相と位置づけられる。本研究では、全く新しい分子配向制御手法を開拓するとともに、配向した分子試料を用いた一連の研究により、「分子の新しい量子相の物理学」を開拓することを目的とする。具体的には以下の研究課題に取り組む。

(1) 2波長レーザー光により形成される非対称レーザー電場をそのピーク強度付近で急峻にスイッチオフすることにより、静電場も存在しない完全にフィールドフリーな条件下で分子配向を実現する手法を新たに提案し実現する。

(2) 配向した分子を試料とし、分子内電子の再衝突によって引き起こされる多彩な超高速物理現象のメカニズムを直接的に解明する「分子内電子の立体ダイナミクス」を開拓するとともに、最も高度で洗練された「超高速分子イメージング」技術の確立を通じて、「分子の新しい量子相の物理学」を開拓する。

【研究の方法】

2波長レーザー光により形成される非対称レーザー電場をそのピーク強度付近で急峻にスイッチオフすることにより、静電場も存在しない完全にフィールドフリーな条件下で分子配向を実現する手法を新たに提案し実現する。これまで実現している配向制御の手法では、全て静電場が利用されているのに対し、全く新しいコンセプトに基づく本手法ではレーザー電場のみで配向を実現できるのが大きな特長である。さらに、互いに平行に直線偏光した2波長レーザー光を用いた1次元的な配向だけでなく、2波長レーザー光の偏光を交差させることにより、3次元的な配向制御の実現も目指す。

配向した分子を試料とし、基礎過程であるトンネルイオン化に加え、高エネルギー電子の発生、非段階的二重イオン化、高次高調波発生など、分子内電子の再衝突によって引き起こされる多彩な超高速物理現象のメカニズム、及び多原子分子の構造変形のダイナミクスなどの直接的な解明を目指す。

【期待される成果と意義】

完全に電場のない条件下での分子配向制御を可能とする全く新しい技術が開発されるとともに、配向した分子試料に最先端の超高速分子イメージング技術を適用することにより、「分子内電子の立体ダイナミクス」の直接的な解明が進み、「分子の新しい量子相の物理学」の確立が期待される。

本研究では、分子内電子の立体ダイナミクスや多原子分子の構造変形のダイナミクスを主たる研究対象としているが、本研究によって得られるであろう一連の成果は、分子の関与する衝突物理や化学反応の立体ダイナミクスに新展開をもたらすだけでなく、アト秒科学への応用、表面科学への応用、キラルな分子の選択的生成とそのメカニズムの解明などに大きく寄与すると期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Akihisa Goban, Shinichirou Minemoto, and Hirofumi Sakai, "Laser-field-free molecular orientation," *Phys. Rev. Lett.* **101**, 013001 (4 pages) (2008).
- Tsuneto Kanai, Shinichirou Minemoto, and Hirofumi Sakai, "Quantum interference during high-order harmonic generation from aligned molecules," *Nature (London)* **435**, 470-474 (2005).
- Haruka Tanji, Shinichirou Minemoto, and Hirofumi Sakai, "Three-dimensional molecular orientation with combined electrostatic and elliptically polarized laser fields," *Phys. Rev. A* **72**, 063401 (4 pages) (2005).
- Hirofumi Sakai, Shinichirou Minemoto, Hiroshi Nanjo, Haruka Tanji, and Takayuki Suzuki, "Controlling the orientation of polar molecules with combined electrostatic and pulsed, nonresonant laser fields," *Phys. Rev. Lett.* **90**, 083001 (4 pages) (2003).

【研究期間と研究経費】

平成21年度－25年度

261,700千円

ホームページ等

<http://light.phys.s.u-tokyo.ac.jp/indexj.html>

[hsakai@phys.s.u-tokyo.ac.jp](mailto:hsakai@phys.s.u-tokyo.ac.jp)