

鈴木俊法(助教授)

A-1) 専門領域：化学反応動力学、レーザー分光学

A-2) 研究課題：

- a) 交差分子線散乱法による分子衝突・化学反応の微分散乱断面積レベルでの実験研究
- b) レーザー偏光分光法による化学反応の3次元立体動力学、ベクトル相関の研究
- c) 超高速光電子観測法による化学反応の実時間観測と分子固定系での光イオン化立体動力学

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 開殻分子の散乱動力学で最も基本となるNO(${}^2\Pi$)-Arの回転非弾性散乱について、微細構造保存・変化両過程の状態選択微分散乱断面積を世界で初めて測定し、CCSD(T)曲面上での量子散乱計算と詳細に比較検討した。励起酸素原子O(1D)の原子線源を開発し、その強度の評価と改良を行った。
- b) OCSの紫外光解離反応によって生成するS(1D)原子について、偏光光イオン化画像観測法、特に新しい3次元画像観測法を適用し、原子の電子軌道配向(orientation)を観測した。原子の軌道配向は、光励起過程において二つの異なる電子状態への平行・垂直遷移が同時に起こる場合の量子力学的な干渉によって発生するため、分子軸が光の偏光に対して0、90度に整列している場合は消失し、45度の場合最大になる。この現象を、3次元画像観測法によって初めて可視化した。また、OCSの変角振動励起状態からの光解離反応を新たに観測し、励起状態における非断熱解離過程の収率を、振動基底状態からの光解離と比較し、変角振動励起により非断熱解離収率が增大していることを見いだした。
- c) フェムト秒[1+1']pump-probe光電子画像化法により、ピラジンの S_1-T_1 電子位相緩和過程を光電子エネルギー分布の変化として観測し、回転波束運動をも光電子角度分布の変化として初めて検出した。さらに、[1+2']pump-probe法により、ピラジンの3s、3p Rydberg状態に関する詳細な解析・帰属を行った後、 $3s(\pi^{-1})$ 状態から $3s(n^{-1})$ 状態への超高速電子相緩和を光電子エネルギー、及び角度分布の変化から論じた。3s状態に対して、one-color, two-colorの異なる励起過程を用いることによって、全く異なる分子整列状態を生成し、ピラジンの分子面に対して垂直・水平に電子が放出される場合の光電子角度分布の差について分子固定系での解析を行った。同様の研究を、NO、CO分子にも展開し、回転波束運動を光電子角度分布の時間変化から捉え、特に異方性因子の決定精度を小数点以下2桁目まで高精度化することで、回転波束運動を光電子角度分布から検出する方法論を確立した。次に、同手法をNO分子の二量体に適用し、その価電子励起状態からNOのA状態が生成する様子を、時間分解光電子分光で実時間観測し、光電子エネルギー・角度分布の変化から反応時間を求めた。光解離過程を分子の回転状態をコヒーレント励起する方法とする新しい実験を試み、解離フラグメントに起こる回転波束を詳細に検討した。

B-1) 学術論文

M. TSUBOUCHI, B. J. WHITAKER, L. WANG, H. KOHGUCHI and T. SUZUKI, "Photoelectron imaging on time-dependent molecular alignment created by a femtosecond laser pulse," *Phys. Rev. Lett.* **86**, 4500 (2001).

H. KOHGUCHI, T. SUZUKI and M. H. ALEXANDER, "Fully State-Resolved Differential Cross Sections for the Inelastic Scattering of the Open-Shell NO Molecule by Ar," *Science* **294**, 832 (2001).

J. K. SONG, M. TSUBOUCHI and T. SUZUKI, "Femtosecond photoelectron imaging on pyrazine: spectroscopy of 3s and 3p Rydberg states," *J. Chem. Phys.* **115**, 8810 (2001).

B-3) 総説、著書

T. SUZUKI and B. J. WHITAKER, "Non-adiabatic dynamics effects in Chemistry revealed by time-resolved charged particle imaging," *International Reviews of Physical Chemistry* **20**, 313 (2001).

B-4) 招待講演

T. SUZUKI, "Femtosecond pump-probe photoelectron imaging of ultrafast molecular dynamics," Spectroscopy in the 21st Century, Hayama (Japan), March 2001.

T. SUZUKI, "Femtosecond photoelectron imaging on ultrafast molecular dynamics," XIX International Symposium on Molecular Beams, Rome (Italy), June 2001.

T. SUZUKI, "Pyrazine: a classic system revisited by femtosecond photoelectron imaging," Gordon Conference on Photoions, Photoionization and Photodetachment, Williams College, Massachusetts (U. S. A.), July 2001.

T. SUZUKI, "Ultrafast molecular dynamics studied by femtosecond pump-probe photoelectron imaging," XVIII Conference on the Dynamics of Molecular Collisions, Copper Mountain (U. S. A.), July 2001.

T. SUZUKI, "Femtosecond time-resolved photoelectron imaging on ultrafast molecular dynamics," XXII-International Conference on Photonic, Electronic, and Atomic Collisions, Santa Fe (U. S. A.), July 2001.

B-5) 受賞、表彰

鈴木俊法, 分子科学奨励森野基金(1993年度).

鈴木俊法, 日本化学会進歩賞(1994年度).

鈴木俊法, 日本分光学会論文賞(1998年度).

B-6) 学会及び社会的活動

学会の組織委員等

第1回日本台湾分子動力学学会議主催者(1997).

分子構造総合討論会プログラム委員(1997).

第1回東アジア分子動力学学会議主催者(1998).

第15回化学反応討論会組織委員(1999).

分子研研究会「分子及び分子小集団の超高速反応ダイナミクスに関する研究会」主催者(1999).

国際シンポジウム, The International Symposium on Photo-Dynamics and Reaction Dynamics of Molecules, プログラム委員(1999).

分子研研究会「立体反応ダイナミクスの新展開」主催者(2000).

Gordon Conference on Atomic and Molecular Interactions, Discussion Leader (2000).

環太平洋化学会議、シンポジウム, New Frontiers in Chemical Reaction Dynamics, 主催者(2000).

分子科学研究会副委員長(1999-2002).

B-7) 他大学での講義、客員

京都大学大学院理学研究科化学専攻, 2001年4月.

東京大学大学院工学研究科物理工学専攻, 2001年10月.

C) 研究活動の課題と展望

分子線・レーザー分光を用いた気相化学反応素過程の研究を、二分子反応と単分子反応について行ってきた。前者については、決定打となる実験手段は依然として交差分子線画像観測法であり、回転非弾性散乱について状態選別微分断面積を世界で初めて求めた我々の研究は先端的な位置にある。しかし、同研究をさらに反応性散乱の研究に進めオリジナルな研究を展開するためには、いくつかの課題を解決する必要があり、我々はこれらに着手している。一つは、星間空間や大気中での化学反応を詳細に検討するために、衝突エネルギー可変な交差分子線装置を建設することである。これにより、例えば星間化学で問題となっている中性原子・分子の極低温反応(数十ケルビン以下)を実験室で研究する道が開かれる。もう一つは、レーザー光イオン化検出をより高感度化することであり、励起状態で前期解離する分子(例えばOHラジカル)をも高効率に検出する手段を確立することである。我々は、そのために極短パルスによる共鳴多光子イオン化を選択する。単分子反応の研究では、フェムト秒レーザーを用いた実時間観測、特に我々のオリジナルである光電子画像観測実験を更に進める計画である。電子状態やスピン状態によらず、励起状態を全て観測できる同手法は、化学反応の追跡手段として最も将来性ある実験手段の一つである。同手法を化学反応素過程の実時間観測と制御に向けていく一方で、溶液化学に対する新しい実験にも着手している。気相反応素過程の詳細な研究で培った実験手段を、溶液化学を始めとする周辺領域・複雑系に拡大していくことで、他所に無い独創的な研究を展開していきたいと考えている。