

菱川 明 栄 (助教授)

A-1) 専門領域：光子場物理化学

A-2) 研究課題：

- a) 運動量相関計測による強光子場中分子ダイナミクスの解明
- b) 超短パルス軟X線を用いた核・電子ダイナミクスの実時間追跡

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 強光子場中分子ダイナミクスの解明: コインシデンス運動量画像法を用いて、強光子場との相互作用によって生成したすべての解離イオンを検出し、それぞれイオンの持つ運動量を決定した。得られた運動量間の相関に基づいて、分子内のクーロン場に匹敵する大きな電場成分を持つ強光子場($\sim 1 \text{ PW/cm}^2$)における分子の振る舞いを調べた。強光子場中(0.2 PW/cm^2 , 60 fs)の CS_2 の非段階的3体クーロン爆発過程 $\text{CS}_3^{3+} \rightarrow \text{S}^+ + \text{C}^+ + \text{S}^+$, によって生成した2つの S^+ イオンの運動量ベクトル $p_1(\text{S}^+)$ 、 $p_2(\text{S}^+)$ がなす角 θ_{12} は $\theta_{12} = 140^\circ$ にピークを示し、屈曲座標方向への運動が誘起されていることがわかった。また、 $p_1(\text{S}^+)$ 、 $p_2(\text{S}^+)$ の大きさがほぼ同じであることから、強光子場においては反対称伸縮座標よりも対称伸縮座標方向の運動が支配的になり、その結果2つのC-S結合が協奏的に伸長しながら解離に至ることが明らかとなった。

光子場強度(0.15 PW/cm^2 , 70 fs)におけるアセトニトリルの2体クーロン爆発過程には、3つの異なる経路 $\text{CH}_3\text{CN}^{2+} \rightarrow \text{CH}_{3-n}^+ + \text{H}_n\text{CN}^+$ ($n = 0, 1, 2$) , すなわちC-C結合が直接解離する経路($n = 0$)に加えてメチル基(- CH_3)からニトリル基(- CN)への水素移動を伴う経路($n = 1, 2$)が存在することが明らかとなった。これらの経路に対する分岐比がほぼ等しいことから、水素移動反応がクーロン爆発と競合して極めて高速に進行することがわかった。また、レーザー偏光方向に対する生成フラグメントイオンの空間異方性の解析から、メチル基からニトリル基への水素移動が進むにつれて、親イオン $\text{CH}_3\text{CN}^{2+}$ の寿命が長くなることを見いだした。

- b) 極短パルス軟X線による分子ダイナミクスの実時間追跡: フェムト秒からアト秒領域の短パルス軟X線光源の開発と、その高い時間分解能を利用した超高速分子ダイナミクスの実時間追跡を目指して準備を進めている。現在、高強度短パルスレーザーの改良を行い、パルス幅 12 fs 、パルスあたり $200 \mu\text{J}$ のエネルギーを得ることに成功している。これと並行して位置敏感型検出器を用いた電子画像計測系の開発を終え、強光子場中分子の光電子スペクトルの観測を進めているところである。

B-1) 学術論文

A. HISHIKAWA, H. HASEGAWA and K. YAMANOUCHI, "Nuclear Dynamics on the Light-Dressed Potential Energy Surface of CS_2 by Coincidence Momentum Imaging," *Chem. Phys. Lett.* **388**, 1–6 (2004).

A. HISHIKAWA, H. HASEGAWA and K. YAMANOUCHI, "Hydrogen Migration in Acetonitrile in Intense Laser Fields Studied by Coincidence Momentum Imaging," *Phys. Scr.* **T110**, 108–111 (2004).

A. HISHIKAWA, H. HASEGAWA and K. YAMANOUCHI, "Hydrogen Migration in Acetonitrile in Intense Laser Fields in Competition with Two-Body Coulomb Explosion," *J. Electron. Spectrosc. Relat. Phenom.* **141**, 195–200 (2004).

B-3) 総説、著書

A. HISHIKAWA, "Introduction to Molecular Spectroscopy," *J. Plasma Fusion Res.* (in Japanese) **80**, 742–748 (2004).

B-4) 招待講演

菱川明栄, 「コインシデンス運動量画像法による強光子場中分子過程」, 分子研研究会「原子分子反応素過程における粒子相関」, 岡崎, 2004年6月.

菱川明栄, 「強光子場中の分子と超短パルス軟X線の発生」, 日本放射光学会ワークショップ「今後30年の科学の未来像放射光の役割」, 東京, 2004年7月.

菱川明栄(ディスカッションリーダー), 「反応イメージング」, 第一回AMO討論会, 東京, 2004年7月.

菱川明栄, 「コインシデンス運動量画像法による強光子場中分子ダイナミクスの追跡」, 第111回物理化学セミナー, 京都, 2004年10月.

A. HISHIKAWA (Discussion Leader), "Molecules in intense laser fields," International Symposium on Ultrafast Intense Laser Science (ISUILS), Palermo (Italy), September 2004.

B-6) 受賞、表彰

菱川明栄, 原子衝突研究協会若手奨励賞 (2000).

菱川明栄, 日本分光学会賞論文賞 (2001).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

日本分光学会企画委員 (1999-2003).

原子衝突研究協会企画委員 (2001- 2003).

分子科学研究会委員 (2002-).

日本分光学会中部支部幹事 (2003-).

強光子場科学懇談会企画委員 (2004-).

学会の組織委員

分子構造総合討論会プログラム委員 (2000).

分子構造総合討論会シンポジウム「レーザー場による分子過程コントロール」主催者 (2000).

日本分光学会装置部会・理研合同シンポジウム「強光子場の科学とその応用」主催者 (2000).

日本分光学会装置部会・理研合同シンポジウム「超短パルス電子線・X線技術の現状と新展開」主催者(2002).

第8回東アジア化学反応ワークショップ主催者 (2004).

C) 研究活動の課題と展望

研究活動の課題と展望 現在進めている高強度短パルスフェムト秒レーザーの改良を終え、これを用いた分子ダイナミクスの研究に取り組む。特に、これまで解離フラグメントの運動量分布に基づいて議論がなされてきた光ドレスト状態ポテンシャル面上での核波束の動きを実時間で観測し、「いかに分子が光子場と相互作用するか」を明らかにすることを目指す。また放射光を用いて、高いエネルギー領域での反応追跡へ研究を発展させたい。