

先導分子科学研究部門（流動研究部門）

高 橋 正 彦（助教授）

A-1) 専門領域：分光学、原子分子物理

A-2) 研究課題：

- a) 電子運動量分光による電子構造の研究
- b) 電子線コンプトン散乱の立体動力学
- c) 配向分子の光電子角度分布による光イオン化ダイナミクスの研究

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 波動関数の概念は今や物質科学から生命科学に亘る広範な自然科学の礎の一つであるが、分光実験で通常測定するのは状態間のエネルギー差であって、波動関数そのものではない。こうした波動関数の形を観測する実験的試みの一つに電子運動量分光がある。本分光は歴史的に有名なコンプトン散乱実験の発展形であり、運動量空間波動関数の一電子密度分布を分子軌道毎に分けて観測できる。我々は画像観測電子運動量分光装置の開発を行い、本分光の検出効率を数桁改善することに成功した。この成果を踏まえて、従来は困難であった、軌道の曖昧さの無い帰属や pole strength(spectroscopic factor)分布など分子科学の幾つかの課題へ本分光を応用してきた。
- b) 分子軌道毎の波動関数形観測というユニークな特質がありながら、電子運動量分光の分子科学への応用は未だ定性的段階に止まる。その最大の原因は、対象とする気相分子の空間的ランダム配向により、得られる結果が空間平均したものに限定されることにある。この実験的困難を克服するため、我々は、電子線コンプトン散乱で生成する非弾性散乱電子、電離電子、解離イオンの3つの荷電粒子間のベクトル相関の測定から、三次元波動関数形の決定やコンプトン散乱の立体ダイナミクスの解明を試みる三重同時計測装置を開発した。その結果、 H_2 、 O_2 分子を標的として分子座標系での実験を世界に先駆けて行い、運動量分布の異方性を観測することができた。この我が国発信の新しい手法を化学的に興味深い系に展開するため、レーザーによる標的分子のアライメント効果を応用する新しい装置の開発を進めている。
- c) 光電効果によるイオン化ダイナミクスの研究を、主として物構研グループと共同で行っている。振動構造を分離した配向分子の光電子角度分布の測定など、光イオン化ダイナミクスのより詳細な研究を進めている。

B-1) 学術論文

- J. ADACHI, K. HOSAKA, S. FURUYA, K. SOEJIMA, M. TAKAHASHI, A. YAGISHITA, S. K. SEMENOV and N. A. CHEREPKOV**, “Angular Distributions of Vibrationally Resolved C 1s Photoelectrons from Fixed-in-Space CO Molecules: Vibrational Effect in the Shape-Resonant C 1s Photoionization of CO,” *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **137-40**, 243–248 (2004).
- M. TAKAHASHI and Y. UDAGAWA**, “A High Sensitivity Electron Momentum Spectrometer with Two-Dimensional Detectors and Electron Momentum Distributions of Several Simple Molecules,” *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **137-40**, 387–391 (2004).

A. C. R. PIPINO, J. P. M. HOEFNAGELS and N. WATANABE, “Absolute Surface Coverage Measurement Using a Vibrational Overtone,” *J. Chem. Phys.* **120**, 2879–2888 (2004).

R. W. Van BOEYEN, N. WATANABE, J. P. DOERING, J. H. MOORE and M. A. COPLAN, “Practical Means for the Study of Electron Correlation in Atoms,” *Phys. Rev. Lett.* **92**, 223202 (2004).

A. De FANIS, M. OURA, N. SAITO, M. MACHIDA, M. NAGOSHI, A. KNAPP, J. NICKLES, A. CZASCH, R. DÖRNER, Y. TAMENORI, H. CHIBA, M. TAKAHASHI, J. H. D. ELAND and K. UEDA, “Photoelectron-Photoion-Photoion Coincidence Momentum Imaging in Ar Dimmer,” *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **37**, L1–L8 (2004).

K. HOSAKA, J. ADACHI, M. TAKAHASHI, A. YAGISHITA, P. LIN and R. R. LUCCHESI, “Multiplet-Specific N 1s Photoelectron Angular Distributions from the Fixed-in-Space NO Molecules,” *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **37**, L49–L55 (2004).

M. TAKAHASHI and Y. UDAGAWA, “Development and Use of a Multichannel (e,2e) Spectrometer for Electron Momentum Densities of Molecules,” *J. Phys. Chem. Solids*. **65**, 2055–2059 (2004).

N. WATANABE, J. W. COOPER, R. W. Van BOEYEN, J. P. DOERING, J. H. MOORE and M. A. COPLAN, “(e, 3e) Collisions on Mg in the Impulsive Regime Studied by the Second Born Approximation,” *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **37**, 4551–4560 (2004).

N. WATANABE, Y. KAMATA, K. YAMAUCHI, Y. UDAGAWA and T. MÜLLER, “Coulomb Hole in N₂, CO and O₂ Deduced from X-Ray Scattering Cross-Section,” *Mol. Phys.* **102**, 649–657 (2004).

M. TAKAHASHI, N. WATANABE, Y. KHAJURIA, K. NAKAYAMA, Y. UDAGAWA and J. H. D. ELAND, “Observation of Molecular Frame (e,2e) Cross Section Using an Electron-Electron-Fragment Ion Triple Coincidence Apparatus,” *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **141**, 83–93 (2004).

B-4) 招待講演

M. TAKAHASHI, “(e,2e) Ionization-Excitation Experiments with Randomly Oriented and Fixed-in-Space H₂ Molecules,” China-Japan Symposium on Atomic and Molecular Processes in Plasma, Lanzhou (China), March 2004.

M. TAKAHASHI, “(e,2e) Ionization-Excitation of the H₂ Molecule,” Lecture, Tsinghua University (China), March 2004.

N. WATANABE, “Development of an Electron-Electron-Fragment Ion Triple Coincidence Spectrometer for Molecular Frame (e,2e) Experiments,” 8th East Asian Workshop on Chemical Reactions, Okazaki, March 2004.

高橋正彦, 「電子線コンプトン散乱実験の新展開: 二電子系原子分子の(e,2e+M)と(e,3-1e)」, 分子研研究会「原子・分子反応素過程における粒子相関」, 岡崎コンファレンスセンター, 2004年6月.

高橋正彦, 「三重同時計測法による配向分子の(e,2e)分光」, 原子衝突研究協会第29回研究会シンポジウム「立体ダイナミクス」, 東北大学金属材料研究所, 2004年8月.

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

原子衝突研究協会, 企画委員 (1998-).

原子衝突研究協会, 補充委員 (2002-).

学会の組織委員

分子研研究会「光、電子および重粒子衝突ダイナミクスの現状と展望」主催者 (2002).

International Symposium on (e,2e), Double Photoionization and Related Topics (Buenos Aires, Argentina), International Advisory Committee (2004).

その他

出前授業,「光と原子・分子の世界」, 仙台市立金剛沢小学校, 2001年9月.

原子衝突セミナー講師,「電子オービタルを見る:電子運動量分光の現状と展望」, 東工大, 2002年4月.

分子科学若手の会夏の学校講師,「電子運動量分光で見る電子構造と衝突ダイナミクス」, 飯坂温泉, 2003年8月.

B-10)外部獲得資金

文部省長期在外若手研究員,「同時計測画像観測法の開発と光電子・解離イオンのベクトル相関の研究」, 高橋正彦 (1997年-1998年, 英国Oxford大).

基盤研究(C),「(電子・電子・イオン)三重同時計測法による分子軌道の3次元観測」, 高橋正彦 (1999年-2000年).

基盤研究(B),「配向分子の電子運動量分光」, 高橋正彦 (2001年-2003年).

萌芽研究,「配向分子による電子線非弾性散乱の立体ダイナミクス」, 高橋正彦 (2002年-2003年).

萌芽研究,「コンプトン散乱の衝突立体ダイナミクス」, 高橋正彦 (2004年-2006年).

基盤研究(A),「波動関数形の3次元観測法の確立と運動量分光の構築」, 高橋正彦 (2004年-2007年).

C) 研究活動の課題と展望

光や電子,多価イオンといった種々のprojectileによる原子分子のイオン化に,光電効果とコンプトン効果が共に重要な役割を担うことは周知である。これら二つの効果は物理的性質が互いに大きく異なるので,標的原子分子の電子構造や散乱立体ダイナミクスの異なる側面を我々に見せてくれるはずである。しかし,これまでの分子科学は,主としてレーザーや放射光を用いた光電効果による研究が数多く行なわれてきているのに対し,コンプトン効果に基礎を置く研究は遥かに少ない。我々は,今後とも,コンプトン散乱の物理のより詳細な理解を試み,従来とは異なる新しい視点からの分子科学への貢献を目指す。