

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
- d) X線をを用いた電子相関の研究

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も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形を分子軌道毎に分けて観測する。我々は画像観測電子運動量分光装置の開発を行い、これをスルースペース、スルーバンド相互作用の直接的観測、HOMOの波動関数形の決定、軌道の曖昧さの無い帰属など分子科学の幾つかの課題へ応用してきた。例えば、CO分子では、inner valence領域までのpole strength(spectroscopic factor)分布を実験的に求めた。電子状態理論計算との比較を行い、サテライトバンドに興味深い実験・理論の不一致を見出した。
- 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半定量的段階に止まる。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、三重同時計測装置を開発した。すなわち、電子運動量分光過程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。H₂、O₂分子を標的として分子固定系での実験を行った結果、世界に先駆けて運動量分布の異方性を観測することができた。また、こうした配向分子の電子運動量分光実験を化学的に興味深い系に展開するため、レーザーの応用を目的とする新しい装置の開発に着手している。
- 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。
- d) X線の全散乱強度の移行運動量 q 依存性 $\sigma_{ee}(q)$ は、距離 r_{12} だけ離れた電子対の存在確率を表す二体分布関数 $P(r_{12})$ を用いて表され、電子相関を直接反映する重要な物理量である。我々のグループの渡辺昇助手は、エネルギー分散型気体X線散乱法を用いることにより、N₂等の基本的な分子の $\sigma_{ee}(q)$ を高精度で測定し $P(r_{12})$ を求めた。得られた結果とHartree-Fock計算との差をとることで、クーロン孔の実験的観測に成功した。

B-1) 学術論文

M. TAKAHASHI, T. SAITO, J. HIRAKA and Y. UDAGAWA, "The Impact Energy Dependence of Momentum Profiles of Glyoxal and Biacetyl and Comparison with Theory at Their High-Energy Limits," *J. Phys. B: At., Mol. Opt. Phys.* **36**, 2539–2551 (2003).

M. TAKAHASHI, Y. KHAJURIA and Y. UDAGAWA, “(e,2e) Ionization-Excitation of H₂,” *Phys. Rev. A* **68**, 042710 (7 pages) (2003).

M. TAKAHASHI, T. HATANO, T. EJIMA, Y. KONDO, K. SAITO, M. WATANABE, T. KINUGAWA and J. ELAND, “Polarization Measurements of Laboratory VUV Light: A First Comparison between Multilayer Polarizers and Photoelectron Angular Distributions,” *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **130**, 79–84 (2003).

Y. KHAJURIA, M. TAKAHASHI and Y. UDAGAWA, “Electron Momentum Spectroscopy of N₂O,” *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **133**, 113–121 (2003).

L. Q. CHEN, Y. KHAJURIA, X. J. CHEN and K. Z. XU, “Triple Differential Cross-Sections of Ne (2S) in Coplanar to Perpendicular Plane Geometry,” *Eur. Phys. J. D* **26**, 141–146 (2003).

N. SAITO, A. DE FANIS, K. KUBOZUKA, M. MACHIDA, M. TAKAHASHI, H. YOSHIDA, I. H. SUZUKI, A. CASSIMI, A. CZASCH, L. SCHMIDT, R. DORNER, K. WANG, B. ZIMMERMANN, V. MCKOY, I. KOYANO and K. UEDA, “Carbon K-Shell Photoelectron Angular Distribution From Fixed-in-Space CO₂ Molecules,” *J. Phys. B: At., Mol. Opt. Phys.* **36**, L25–30 (2003).

K. HOSAKA, J. ADACHI, M. TAKAHASHI and A. YAGISHITA, “N 1s Photoionization Cross Sections of Nitric Oxide Molecules in the Shape Resonance Region,” *J. Phys. B: At., Mol. Opt. Phys.* **36**, 4617–4629 (2003).

J. ADACHI, K. HOSAKA, S. FURUYA, K. SOEJIMA, M. TAKAHASHI, A. YAGISHITA, S. K. SEMENOV and N. A. CHEREPKOV, “Shape-Resonance-Enhanced Vibrational Effects in the Angular Distributions of C 1s Photoelectrons from Fixed-in-Space CO Molecules,” *Phys. Rev. Lett.* **91**, 163001 (4 pages) (2003).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

M. TAKAHASHI, Y. KHAJURIA, T. SAITO and Y. UDAGAWA, “Probing Electron Momentum Densities of Molecular Orbitals Using a New Multichannel (e,2e) Spectrometer,” in *Electron and Photon Impact Ionization and Related Topics 2002*, L. U. Ancarani, Ed., IOP series **172**, 131–140 (2003).

B-3) 総説、著書

高橋正彦, 「イオンの反跳運動量の高分解能測定」, 分光研究 **52**, 91–93 (2003).

B-4) 招待講演

M. TAKAHASHI, “Simultaneous Ionization-Excitation Processes of He and H₂ Studied by Electron Impact near the Bethe Ridge,” The Twelfth International Symposium on Polarization and Correlation in Electronic and Atomic Collisions, Königstein/Taunus (Germany), July–August 2003.

M. TAKAHASHI, “Probing Electron Momentum Densities in Molecules Using a New Multichannel (e,2e) Spectrometer,” International Crystallography Meeting (Sagamore XIV Meeting), Broome (Australia), August 2003.

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).

学会誌編集委員

J. Electron. Spectrosc. 特集号, “Recent Advances and Future Prospects in Electron Spectroscopy,” ゲストエディター (2003-).

B-8) 他大学での講義、客員

物質・材料研究機構(先端技術連携センター), 「Vector correlations among outgoing electrons and fragment ions produced by photon- and electron-impact」, 2003年4月24日.

分子科学若手の会夏の学校第4分科会講師, 「電子運動量分光で見る電子構造と衝突ダイナミクス」, 2003年8月6日—10日.

物質・材料研究機構(先端技術連携センター), 「電子オービタルを見る: 配向分子の電子運動量分光の開発」, 2003年11月27日.

C) 研究活動の課題と展望

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重要な役割を担うことは周知である。しかし、レーザーや放射光を用いた光電効果による研究が電子構造やイオン化ダイナミクスの理解に大きな貢献をしてきたのに対し、コンプトン効果の分子科学への応用は遥かに少ない。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、電子構造の違う側面や異質の散乱立体ダイナミクスを我々に見せてくれるはずである。今後とも、コンプトン散乱をキーワードにして、分子科学の発展を目指す。

* 2003年4月1日着任