

高橋正彦(助教授)(2003年4月1日～2005年3月31日)*)

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) 配向分子の電子運動量分光の開発による分子軌道の可視化と電子 - 分子衝突の立体ダイナミクス
- 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) 分子軌道は今や物質科学から生命科学に亘る自然科学の広範な分野で基礎的概念である。その理由の一つは、福井謙一先生のフロンティア軌道理論が端的に示すように、反応性など分子の性質の多くが分子の外側に大きく広がった価電子軌道の形によって決まることであろう。そうした分子軌道の形そのものを観測しようとする実験的試みの一つに、歴史的に有名な電子線コンプトン散乱実験の発展形である、電子運動量分光がある。我々は画像観測法を応用した装置の開発を行い、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測定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、実験結果が空間平均したものになってしまうことである。この実験的困難を克服するため、我々は、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を行う装置を開発し、配向分子の電子運動量分光を世界に先駆けて可能とした。これにより、分子軌道の三次元観測とその物理的基礎をなす電子 - 分子衝突の立体ダイナミクスの研究を進めている。
- c) 電子衝突と相補的な光衝突実験を、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

N. WATANABE, Y. KHAJURIA, M. TAKAHASHI and Y. UDAGAWA, "Electron Momentum Spectroscopy of Valence Satellites of Neon," *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **142**, 325–334 (2005).

A. V. GOLOVIN, J. ADACHI, S. MOTOKI, M. TAKAHASHI and A. YAGISHITA, "Inner-Shell Photoelectron Angular Distributions from Fixed-in-Space OCS Molecules," *J. Phys. B: At., Mol. Opt. Phys.* **38**, L63–L68 (2005).

M. EHARA, Y. OHTUSKA, H. NAKATSUJI, M. TAKAHASHI and Y. UDAGAWA, "Theoretical Fine Spectroscopy with SAC-CI Method: Outer- and Inner-Valence Ionization Spectra of Furan, Pyrrole, and Thiophene," *J. Chem. Phys.* **122**, 234319 (10 pages) (2005).

M. TAKAHASHI, N. WATANABE, Y. KHAJURIA, Y. UDAGAWA and J. H. D. ELAND, "Observation of a Molecular Frame (e,2e) Cross Section: An (e,2e+M) Triple Coincidence Study on H₂," *Phys. Rev. Lett.* **94**, 213202 (4 pages) (2005).

A. V. GOLOVIN, J. ADACHI, S. MOTOKI, M. TAKAHASHI and A. YAGISHITA, “Inner-Shell Photoelectron Angular Distributions from Fixed-in-Space OCS Molecules: Comparison between Experiment and Theory,” *J. Phys. B: At., Mol. Opt. Phys.* **38**, 3755–3764 (2005).

N. WATANABE, Y. KHAJURIA, M. TAKAHASHI, Y. UDAGAWA, P. S. VINITSKY, YU. V. POPOV, O. CHULUUNBAATAR and K. A. KOZAKOV, “(e,2e) and (e,3-1e) Studies on Double Processes of He at Large Momentum Transfer,” *Phys. Rev. A* **72**, 32705 (11 pages) (2005).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

M. TAKAHASHI, T. SAITO and Y. UDAGAWA, “An Investigation of the Two Outermost Orbitals of Glyoxal and Biacetyl by Electron Momentum Spectroscopy,” in “*Electron Scattering from Atoms, Molecules, Nuclei and Bulk Matter*,” C. T. Whelan and N. J. Mason, Eds., Kluwer Academic/Plenum Publishers; New York, 265–278 (2005).

B-3) 総説、著書

高橋正彦, 「物理科学、この一年『原子・分子物理』」, *パリティ* **20**, 6–8 (2005).

高橋正彦, 「荷電粒子の検出」, 第5版実験化学講座10「物質の構造II 分光 下」, 日本化学会編, 丸善, 315–320 (2005).

B-4) 招待講演

M. TAKAHASHI, “(e,2e) Experiments with Spherically-Averaged and Fixed-in-Space H₂ Molecules,” International Symposium on Analysis and Control of Molecular Quantum Processes, Tohoku University (Japan), July 2005.

M. TAKAHASHI, “(e,2e) Experiments with Randomly Oriented and Fixed-in-Space H₂ Molecules,” XXIV International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions, Rosario (Argentina), July 2005.

M. TAKAHASHI, “Probing Electron Momentum Densities of Molecular Orbitals Using New Multichannel (e,2e) Spectrometers,” The 14th International Symposium on Electron-Molecule Collisions and Swarms, Campinas (Brasil), July 2005.

N. WATANABE, Y. KHAJURIA, M. TAKAHASHI, Y. UDAGAWA, P. S. VINITSKY, YU. V. POPOV, O. CHULUUNBAATAR and K. A. KOZAKOV, “(e,3-1e) Study on Double Ionization of He at Large Momentum Transfer,” The 13th International Symposium on Polarization and Correlation in Electronic and Atomic Collisions and the International Symposium on (e,2e), Double Photoionization and Related Topics, Buenos Aires (Argentina), July 2005.

M. TAKAHASHI, “Coincidence Imaging Study on (e,2e) Reaction Dynamics of H₂ at Large Momentum Transfer,” The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2005), The #186 Symposium “Imaging Probes of Spectroscopy and Dynamics,” Honolulu (U.S.A.), December 2005.

高橋正彦, 「電子線コンプトン散乱で見る電子構造と衝突ダイナミクス」, 第768回分子研コロキウム, 分子科学研究所, 2005年2月.

高橋正彦, 「電子線で見る衝突立体ダイナミクス」, 第1回「粒子相関と配向・偏極で探る有限量子系のダイナミクス」研究会, 高エネルギー加速器研究機構, 2005年6月.

高橋正彦, 「電子線コンプトン散乱で見る分子軌道: 配向分子の電子運動量分光の現状と展望」, 第3回計測フロンティア研究部門セミナー「波動関数(電子オービタル)をみる計測技術の展開」, 産業技術総合研究所, 2005年11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, 2005), International Advisory Committee.

International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC), General Committee (2005-2008).

International Symposium on (e,2e), Double Photoionization and Related Topics (Roma, Italy, 2006), International Scientific Committee.

学会誌編集委員

Special Issue of J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. (Vol. 142, 2005), “Recent Advances in Electron Spectroscopy of Atoms and Molecules,” Guest Editor.

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.

雑誌「パリティ」20周年記念号「物理科学、この20年」, 「原子・分子」分野編者 (2005).

B-8) 他大学での講義、客員

Tsinghua University, 「(e,2e) Ionization-Excitation of H₂」, Beijing (China), 2004年3月.

物質材料科学研究所, 客員研究員, 2003年-2004年.

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).

奨励研究(A), 「気体X線散乱法を用いた電子相関の研究」, 渡辺昇 (2000年).

若手研究(B), 「気体X線散乱実験を用いたクーロン孔の直接観測」, 渡辺昇 (2002年-2003年).

若手研究(B), 「電子衝撃二重イオン化を用いた電子相関の研究」, 渡辺昇 (2004年-2006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。しかしながら、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。

* 2005年4月1日東北大学多元物質科学研究所助教授