

平成 22 年 6 月 12 日現在

研究種目：	特定領域
研究期間：	2005～2009
課題番号：	17069008
研究課題名（和文）	分子－電極ナノコンタクト系の軟 X 線発光と超高分解能光電子分光
研究課題名（英文）	High-resolution soft-X-ray emission spectroscopy and photoemission spectroscopy of the interface between molecules and electrodes
研究代表者	
辛 埴 (Shin Shik)	
東京大学・物性研究所・教授	
研究者番号：	00162785

研究成果の概要（和文）：

清浄金属表面上に分子を吸着させる試料作成装置を装備したレーザーおよびシンクロトロン放射光を用いた光電子分光装置の作成・整備を行った。その結果、分子・電極系の高分解能光電子分光および時間分解光電子分光の実験が可能になった。特に、Ni(100)上に吸着された SO₂ 分子の表面化学結合を軟 X 線発光分光で調べ、常行グループとの共同研究により、その電子状態を解明した。更に、Fe フタロシアニン/Cu(110)の電子状態を高木・川合グループとの共同研究により解明した。

研究成果の概要（英文）：

We developed high-resolution photoemission spectroscopy and time-resolved photoemission spectroscopy using VUV laser and synchrotron radiation with sample preparation chamber where the molecules are adsorbed on the clean metal surface. We studied soft-X-ray-emission spectroscopy on SO₂ molecules on Ni(100) clean surface and these results are analyzed by the theoretical calculation of Tsuneyuki group. Furthermore, We also studied in a single iron(II)-phthalocyanine molecule on an oxidized Cu(110) surface with Kawai-Takagi group.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合 計
2005 年度	28,700,000	0	28,700,000
2006 年度	32,800,000	0	32,800,000
2007 年度	27,100,000	0	27,100,000
2008 年度	14,900,000	0	14,900,000
2009 年度	15,700,000	0	15,700,000
総 計	119,200,000	0	119,200,000

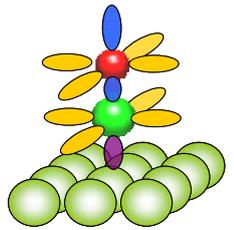
研究分野： 数物系科学
 科研費の分科・細目： 物理学・物性 I
 キーワード： シンクロトロン放射光、光電子分光、化学結合、表面吸着、
 軟 X 線吸収、軟 X 線発光

1. 研究開始当初の背景

ナノリンク分子の電気伝導は、分子自体の価電子構造と分子－電極間の化学結合によって支配されると考えられ、分子自体の価電子構造についてはこれまでよくわかっていたが、

分子－電極間の化学結合における電子状態の解明はきわめて難しかった。そこで、本研究では、シンクロトロン放射光を利用した軟 X 線発光スペクトルが、元素選択的かつ価電子軌道の対称性選択的にナノリンク分子の化学

結合（分子と電極の軌道混成、価電子軌道の遍歴性）を明らかにする事ができる実験方法であることに着目した。軟X線発光分光は元素選択的に軌道に分離した電子状態を観測できるユニークな実験方法である。また、プローブ深さが大きいので、2つの電極でサンドイッチした実デバイスに近い構造についても分子-電極間の接合部の化学結合・電子状態を調べることが可能である。ナノスケールの分子を電極上に単に吸着した場合と、さらにその上に電極を堆積させた場合では分子-電極間の化学結合だけでなく分子そのものの電子状態が異なることが期待され、特に遍歴性の強い π 電子系について調べることによって将来の分子ナノリンクデバイスの設計・実用化に向けて重要な知見が得られると考えられる。



電子状態の変化
新たな化学結合
(表面-分子)

一方電気伝導を支配するフェルミエネルギー近傍の詳細な電子状態は、レーザーを励起光源とした meV 程度の高分解能光電子分光によって明らかにする必要があったが、これまでそのような高分解能光電子分光器は存在しなかった。そこで、界面の電子状態を測定できる測定装置が無かったために進まなかった分野に新しく高分解能分光装置を建設し、物質作成グループとの共同研究を進める事は有望である。

2. 研究の目的

軟X線を物質に照射すると、内殻正孔が生じる。軟X線発光分光は、その内殻正孔を埋める過程で生じる発光を測る実験手法である。軟X線発光分光には多元素からなる分子系においても特定の元素に局在した価電子の電子状態を観測できるという大きな特色がある。また、偏光を利用すれば、 σ 軌道と π 軌道に分離することもできる。そこで本研究ではこの特色を活かして、電極に吸着した分子の軌道を全て分離することによって、電極における化学結合を明らかにする。特に、電気伝導を支配するフェルミレベル近傍のナノリンクによる新たな電子状態を直接観測することを目的とする。元素選択的にこの種の情報が得られるのは軟X線発光分光のみである。さらに、レーザー光電子分光を高分解能化し、フェルミレベル付近の微細な電子状態を、meV程度の高分解能光電子分光によって研究する。また、本研究で開発された分光法と、物質開発グループとの連携を重視し、新しい知見を得ることも重要な目的である。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、電極上の単層分子もしくはさらにその上に電極を蒸着した試料作成装置を作成する。

(2) シンクロトロン放射光を利用した高分解能軟X線発光器を作成し、元素選択的かつ価電子軌道の対称性 ($\pi \cdot \sigma$) 選択的にナノリンク分子の化学結合（分子と電極の軌道混成、価電子軌道の遍歴性）を明らかにする。

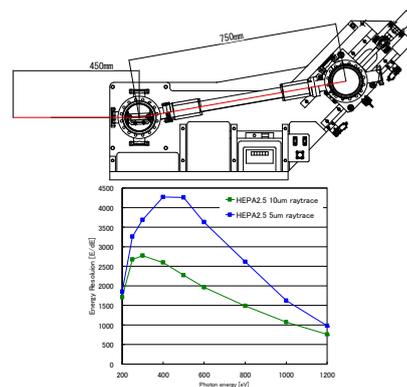
(3) 一方電気伝導を支配するフェルミエネルギー近傍の詳細な電子状態を測定するために、試料作成装置がつけられるレーザーを励起光源とした meV 程度の高分解能光電子分光器を作成する。ナノ分子の末端の官能基と金属の組み合わせを変えて系統的に研究を行うことによって、分子-電極間の化学結合と電気伝導の相関を明らかにし、分子ナノリンクデバイス設計の指針となる情報を得る。

4. 研究成果

(1) 分光装置開発

(a) 軟X線発光分光

SPring8 BL17SU の表面実験装置に設置されている軟X線発光分光器の分解能向上のため、新たに表面精度の高い回折格子を導入し、検知器保持機構の改造や調整を行い、 $E/\Delta E \sim 3000$ という高いエネルギー分解能を実現した。一方、集光ミラーを設置し、従来の発光分光器に比べてエネルギー分解能で3倍、検出効率で3倍という性能向上を実現した。固-気界面における表面化学結合だけでなく、固液界面での電極反応を追跡することに成功した。



(b) 超高分解能光電子分光

100 μ eVの超高分解能光電子分光システムの建設を行うべく、レーザー等の光学系の発注、整備、真空系の発注、整備を行った。光電子分光器については、スウェーデンの業者と共同開発をし、80 μ eVの分解能を持つものを設計、共同開発をした。光源系に関してはエタロンを用いて、50 μ eVの発振幅を持つ

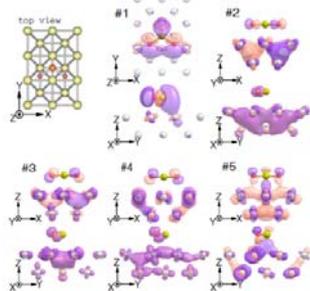
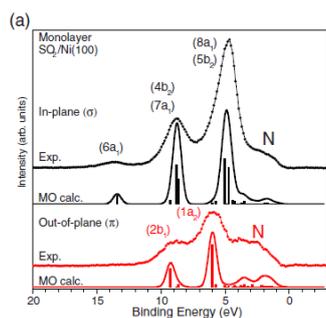
ものを開発した。

(c) 時間分解光電子分光

60eV の励起エネルギーを持つ高調波レーザーを開発した。また、100fs の時間分解能を達成することに成功した。ナノリンク系における表面反応や光誘起反応のダイナミクス研究に適用を始めた。TaS₂ において、フォノンの振動が強いポンプ光によって生じていることが明らかになった。

(2) 分光研究 (特定領域内連携を含む)

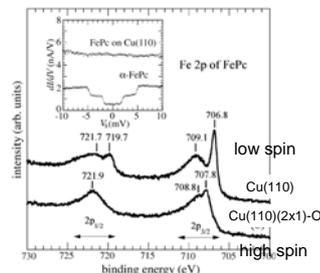
(a) Ni(100) 表面に寝て化学吸着した SO₂ 分子の軟 X 線発光スペクトルの測定を行った。偏光依存性を利用することにより、ニッケル基盤と平行な π 成分 (図中赤線) と基盤に垂直な σ 成分 (図中黒線) に分離することに成功した。常行グループからの理論計算のサポートを得た結果、SO₂-Ni 間の表面化学結合によって形成される分子軌道が Ni のフェルミエネルギー直下に存在し、しかも分子の面外軌道だけでなく面内軌道も表面化学結合に強く寄与していることを明らかにすることができた。



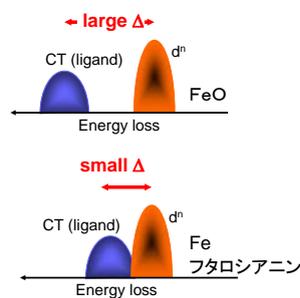
軟X線発光分光により、SO₂ の波動関数を σ 成分と π 成分にすることができた

(b) A02 班の川合 / 高木グループと Cu(001) 面に吸着した鉄フタロシアニン分子の電子状態について共同研究を行った。川合グループの STM・STS の実験結果に加えて、放射光を利用した高感度・高分解能内殻光電子分光の実験を行った結果、酸素原子による修飾の有無によって Fe が高スピン状態から低スピン状態に変化することを明らかにすること

ができた。これは、基盤への吸着に伴う電荷量の変化や、Fe-N 間の距離の変化が原因である。クラスター計算との比較により得られた電荷移動量と結晶場の大きさの変化は、低スピンの場合で $\Delta=3.5\text{eV}$ 、 $10Dq=2.6\text{eV}$ 、高スピンの場合で $\Delta=4.5\text{eV}$ 、 $10Dq=1.7\text{eV}$ であった。



Cu(110)上と Cu(110)(2x1)-O 上でのスピン状態を XPS から判別



Fe フタロシアニンでは 3d と CT は一部オーバーラップしている

- (c) 一方、面心立方構造を持つ銅の基板上に鉄の結晶を成長させると、ある膜厚 (原子 5 層 ~ 11 層) で面心立方構造の鉄ナノ薄膜が得られ、スピンラセンを示すという報告に基づき、軟 X 線角度分解光電子分光を用いて、8 層 (膜厚 1.6 nm : 1 nm は 10 億分の 1 m) の鉄ナノ薄膜の電子状態を行った。その結果、スピンラセンの進行方向である薄膜の面直方向とそうではない面内方向では電子状態が異なること、特に、スピンラセンは、らせんの進行方向にだけ存在する「平らなフェルミ面」に起因していることを明らかにした。
- (d) A02 班の川合グループとの共同研究で、*m*-アミノベンゾエイトが Cu(110) に吸着した際の電状態が、蒸着量に応じて変化していく様子を、内殻光電子分光を用いて詳細に調べた。
- (e) A03 班の谷口グループとの共同研究で、Au(111) 表面上にベンゼンセレンを吸着させた際の Au(111) のバンド分散を、角度分解光電子分光を用いて調べ分子吸着由来の新たな電子状態が確認できた。
- (f) 窒素原子で修飾した銅 (100) 表面上に作

成したコバルトナノドットの電子状態を光電子分光によって研究を行った（東大・小森研との共同研究）。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 3 件)

1. M.Taguchi, A.Chainani, M.Matsunami, R.Eguchi, Y.Takata, M.Yabashi, K.Tamasaku, Y. Nishino, T.Ishikawa, S.Tsuda, S.Watanabe, C.T.Chen, Y.Senba, H.Ohashi, K.Fujiwara, Y.Nakamura, H.Takagi, S.Shin, “Anomalous state sandwiched between fermi liquid and charge ordered mott-insulating phases of Ti_4O_7 ”, Phys Rev. Lett., 査読有, **104**, 2010, 106401-4
2. T.Shimajima, K.Ishizaka, Y.Ishida, N.Katayama, K.Ohgushi, T.Kiss, M.Okawa, T.Togashi, X.Y.Wang, C.T.Chen, S.Watanabe, R.Kadota, T.Oguchi, A.Chainani, S.Shin, “Orbital-dependent modifications of electronic structure across the magnetostructural transition in $BaFe_2As_2$ ”, Phys Rev. Lett., 査読有, **104**, 2010, 054002-4
3. J.Miyawaki, A.Chainani, Y.Takata, M.Mulazzi, M.Oura, Y.Senba, H.Ohashi, S.Shin, “Out-of plane nesting driven spin spiral in ultrathin Fe/Cu(001) films”, Phys Rev. Lett., 査読有, **104**, 2010, 066407-4
4. Y.Horikawa, T.Tokushima, Y.Harada, O.Takahashi, A.Chainani, Y.Senba, H.Ohashi, A.Hiraya, S.Shin, “Identification of valence electronic states of aqueous acetic acid in acid-base equilibrium using site-selective x-ray emission spectroscopy”, Phys.Chem.Chem.Phys 査読有, **11**, 2009, 8226-8230
5. C.Huang, K.T.Wikfeldt, Y.Harada, U.Bergmann, M.Niebuhr, T.M.Weiss, Y.Horikawa, O.Takahashi, S.Shin, L.G.M.Pettersson, A.Nilsson, “The inhomogeneous structure of water at ambient conditions”, PNAS, 査読有, **106**, 2009, 15214-15218
6. M.Takizawa, Y.Hotta, T.Susaki, Y.Ishida, H.Wadati, Y.Takata, K.Horiba, M.Matsunami, S.Shin, M.Yabashi, K.Tamasaku, Y.Nishino, T.Ishikawa, A.Fujimori, H.Y.Hwang, “Spectroscopic evidence for competing reconstructions in polar multilayers $LaAlO_3/LaVO_3/LaAlO_3$ ”, Phys Rev. Lett., 査読有, **102**, 2009, 236401-4
7. Y.Harada, M.Taguchi, Y.Miyajima, T.Tokushima, Y.Horikawa, A.Chainani, Y.Shiro, Y.Senba, H.Ohashi, H.Fukuyama, S.Shin, “Ligand energy controls the heme-Fe valence in aqueous myoglobins”, J.Phys.Soc.Jpn, 査読有, **78**, 2009, 044802-5
8. N.Tsukahara, K.Noto, M.Ohara, S.Shiraki, N.Takagi, Y.Takata, J.Miyawaki, M.Taguchi, A.Chainani, S.Shin, M.Kawai, “Adsorption-induced switching of magnetic anisotropy in a single iron(II) phthalocyanine molecule on an oxidized Cu(110) surface”, Phys Rev. Lett., 査読有, **102**, 2009, 167203-4
9. T.Tokushima, Y.Horikawa, Y.Harada, O.Takahashi, A.Hiraya, S.Shin, “Selective observation of the two oxygen atoms at different sites in the carboxyl group (-COOH) of liquid acetic acid”, Phys.Chem.Chem.Phys 査読有, **11**, 2009, 1679-1682.
10. M.Hashimoto, F.Z.Guo, M.Suzuki, M.Ueda, Y.Matsuoka, T.Kinoshita, K.Kobayashi, S.Shin, M.Oura, T.Takeuchi, Y.Saito, T.Matsushita, T.Yasue, T.Koshikawa, “Mapping of chemical bonding states of Ag/Si(111) with synchrotron radiation photo emission electron microscopy”, Surf. Interface Anal., 査読有, **40**, 2008, 1772-1776.
11. K.Kanai, T.Nishi, T.Iwahashi, Y.Ouchi, K.Seki, Y.Harada, S.Shin, “Anomalous electronic structure of ionic liquids determined by soft x-ray emission spectroscopy: Contributions from the cations and anions to the occupied electronic structure”, J.Chem.Phys., 査読有, **129**, 2008, 224507-5.
12. Y.Takata, Y.Kayanuma, S.Oshima, S.Tanaka, M.Yabashi, K.Tamasaku, Y.Nishino, M.Matsunami, R.Eguchi, T.Takeuchi, Y.Senba, H.Ohashi, S.Shin, T.Ishikawa, “Recoil effect of photoelectrons in the fermi edge of simple metals”, Phys Rev. Lett., 査読有, **100**, 2008, 137601-1-137601-4
13. T.Tokushima, K.Sodeyama, Y.Harada, Y.Takata, M.Nagasono, Y.Kitajima, Y.Tamenori, H.Ohashi, S.Tsuneyuki, A.Hiraya, S.Shin, “ σ -bonding contribution of a strong π -acceptor molecule: surface chemical bond of SO_2 on Ni(100)”, Phys Rev. B, 査読有, **78**, 2008, 085405-1-085405-5
14. M.Taguchi, M.Matsunami, Y.Ishida, R.Eguchi, A.Chainani, Y.Takata, M.Yabashi, K.Tamasaku, Y.Nishino, T.Ishikawa, Y.Senba, H.Ohashi, S.Shin, “Revisiting the valence-band and core-level photoemission spectra of NiO”, Phys Rev. Lett., 査読有, **100**, 2008, 206401-4
15. K.Ishizaka, R.Eguchi, S.Tsuda, A.Chainani, T.Yokoya, T.Kiss, T.Shimajima, T.Togashi, S.Watanabe, C.T.Chen, Y.Takano, M.Nagao, I.Sakaguchi, T.Takenouchi, H.Kawarada, S.Shin, “Temperature-dependent localized excitations of doped carriers in superconducting diamond”, Phys Rev. Lett., 査読有, **100**, 2008, 166402-4
16. T.Kiss, T.Shimajima, K.Ishizaka, A.Chainani, T.Togashi, T.Kanai, X.Y.Wang, C.T.Chen, S.Watanabe, S.Shin, “A versatile system for ultrahigh resolution, low temperature, and polarization dependent laser-angle-resolved photoemission spectroscopy”, Rev. Sci. Instrum., 査読有, **79**, 2008, 023106-7.
17. Y.Ishida, R.Eguchi, M.Matsunami, K.Horiba, M.Taguchi, A.Chainani, Y.Senba, H.Ohashi, H.Ohta, S.Shin, “Coherent and incoherent excitations of electron-doped $SrTiO_3$ ”, Phys Rev. Lett., 査読有, **100**, 2008, 056401-4
18. T.Baba, T.Yokoya, S.Tsuda, T.Kiss, T.Shimajima, K.Ishizaka, T.Watanabe, M.Nohara, H.Takagi, N.Nakai, K.Machida, T.Togashi, S.Watanabe, X.Y.Wang, S.Shin, “Bulk electronic structure of the antiferromagnetic superconducting phase in $ErNi_2B_2C$ ”, Phys Rev. Lett., 査読有, **100**, 2008, 017003-4
19. K.Horiba, R.Eguchi, M.Taguchi, A.Chainani, A.Kikkawa, Y.Senba, H.Ohashi, S.Shin, “Electronic structure of

- LaNiO_{3-x}: An *in situ* soft x-ray photoemission and absorption study”, Phys.Rev.B, 査読有, **100**, 2007, 155104-4
20. T.Kiss, T.Yokoya, A.Chainani, S.Shin, T.Hanaguri, M.Nohara, H.Takagi, “Charge-order-maximized momentum-dependent superconductivity”, Nature Physics, 査読有, **3**, 2007, 720-725
 21. T.Shimajima, Y.Shibata, K.Ishizaka, T.Kiss, A.Chainani, T.Yokoya, T.Togashi, X.Y Wang, C.T Chen, S.Watanabe, J.Yamaura, S.Yonezawa, Y.Muraoka, Z.Hiroi, T.Saitoh, S.Shin, “Interplay of superconductivity and rattling phenomena in β -pyrochlore KOs₂O₂ studied by photoemission spectroscopy”, Phys Rev. Lett., 査読有, **99**, 2007, 117003-4
 22. Y.Takata, Y.Kayanuma, M.Yabashi, K.Tamasaku, S.Shin, S.Tanaka, E.Ikenaga, K.Kobayashi, Y.Senba, H.Ohashi, T.Ishikawa, “Recoil effects of photoelectrons in a solid”, Phys Rev. B, 査読有, **75**, 2007, 233404-4
 23. K.Ishizaka, R.Eguchi, S.Tsuda, T.Yokoya, A.Chainani, T.Kiss, T.Shimajima, T.Togashi, S.Watanabe, C.T.Chen, C.Q.Zhang, Y.Takano, M.Nagao, I.Sakaguchi, T.Takenouchi, H.Kawarada, S.Shin, “Observation of a superconducting gap in boron-doped diamond by laser-excited photoemission spectroscopy”, Phys Rev. Lett., 査読有, **98**, 2007, 047003-4
 24. T.Shimajima, K.Ishizaka, S.Tsuda, T.Kiss, T.Yokoya, A.Chainani, S.Shin, P.Badica, K.Yamada, K.Togano, “Angle-resolved photoemission study of the cobalt oxide superconductor Na_xCoO₂ · yH₂O: observation of the Fermi surface”, Phys Rev. Lett., 査読有, **97**, 2006, 267003-4
 25. T.Tokushima, Y.Harada, H.Ohashi, Y.Senba, S.Shin, “High performance slit-less spectrometer for soft x-ray emission spectroscopy”, Rev.Sci.Instruments, 査読有, **77**, 2006, 063107-5.
 26. Y.Yamashita, S.Yamamoto, K.Mukai, J.Yoshinobu, Y.Harada, T.Tokushima, T.Takeuchi, Y.Takata, S.Shin, K.Akagi, S.Tsuneyuki, “Direct observation of site-specific valence electronic structure at the SiO₂/Si interface”, Phys Rev. B, 査読有, **73**, 2006, 045336-4
 27. T.Kiss, F.Kanetaka, T.Yokoya, T.Shimajima, K.Kanai, S.Shin, Y.Onuki, T.Togashi, C.Zhang, C.T.Chen, S.Watanabe, “Photoemission spectroscopic evidence of gap anisotropy in an *f*-electron superconductor”, Phys Rev. Lett., 査読有, **94**, 2005, 057001-4
 28. H.Nohira, H.Okamoto, K.Azuma, Y.Nakata, E.Ikenaga, K.Kobayashi, Y.Takata, S.Shin, T.Hattori. “Determination of electron escape depth in ultrathin silicon oxide”, Appl.Phys.Lett., 査読有, **86**, 2005, 081911-3
 29. Y.Harada, T.Tokushima, Y.Takata, N.Kamakura, T.Takeuchi, K.Kobayashi, Y.Shirota, S.Shin, “Intermolecular interaction by apical oxygen in titanyl phthalocyanine”, J.J Appl.Phys, 査読有, **44**, 2005, L1147-L1149
 30. T.Ito, A.Chainani, T.Haruna, K.Kanai, T.Yokoya, S.Shin, R.Kato, “Temperature-dependent lutinger surfaces”, Phys Rev. Lett., 査読有, **95**, 2005, 246402-4
 31. M.Taguchi, A.Chainani, K.Horiba, Y.Takata, S.Shin, T.Yokoya, E.Ikenaga, K.Kobayashi, T.Mochiku, K.Hirata, J.Hori, T.Suzuki, “Evidence for suppressed screening on the surface of high temperature La_{2-x}Sr_xCuO₄ and Nd_{2-x}Ce_xCuO₄ superconductors”, Phys Rev. Lett., 査読有, **95**, 2005, 177002-4
 32. 山下良之, 山本達, 向井孝三, 吉信淳, 原田慈久, 徳島高, 高田恭孝, 辛埴, 赤木和人, 常行真司, “軟 X 線吸収発光分光法による SiO₂/Si 界面電子状態の選択的観測”, 表面科学, 査読有, **26**, 2005, 514-517
 33. T.Tokushima, Y.Horikawa, Y.Harada, O.Takahashi, A.Hiraya, S.Shin, “Selective observation of the two oxygen atoms at different sites in the carboxyl group (-COOH) of liquid acetic acid”, Phys.Chem.Chem.Phys 査読有, **11**, 2009, 1679-1682.
- [学会発表] (計 14 件)
1. The 10th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI), (Melbourne, Australia, 27 September-2 October 2009), “Hard x-ray photoelectron spectroscopy”, S.Shin (Invited Talk)
 2. Resonant Inelastic X-ray Scattering Workshop (RIX), (Grenoble, France, 29 June – 1 July 2009), “Inelastic soft x-ray scattering of protein and amino acids in water”, S.Shin (Invited Talk)
 3. 11-th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure (ICESS-11), (Nara, Japan, , 6-10 Oct 2009), “Hard x-ray photoelectron spectroscopy”, Y. Takata (Invited Talk)
 4. 5th Workshop on Advanced Spectroscopy Organic Materials for Electronic Applications, (Uppsala, Sweden, 30 Sept.-2 Oct. 2009), Hard x-ray photoelectron spectroscopy: important characteristics and typical applications, Y. Takata (Invited Talk)
 5. International workshop for new opportunities in hard x-ray photoelectron spectroscopy: HAXPES2009, (New York, USA, 20-22 May 2009), “Hard x-ray photoelectron spectroscopy at BL29 in SPring-8: important characteristics and typical applications”, Y. Takata (Invited Talk)
 6. The 9th Korea-Japan-Taiwan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems, (Tamsui, Taiwan, 20-22 November 2008), “Time-resolved photoemission study on Bi2212 and graphite”, S.Shin (Invited talk)
 7. Yamada Conference LXIII: 3rd International Conference on Photo-Induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena, (Osaka, Japan, 11-15 November 2008), “Time-resolved photoemission study on two dimensional materials”, S.Shin (Invited talk)
 8. 21st International conference on x-ray and inner-shell processes (X08), (Paris, France, 22-27 June 2008), “Hard x-ray photoelectron spectroscopy”, Y. Takata (Invited Talk)
 9. The 8th Korea-Japan-Taiwan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems, (Incheon, Korea, 15 -17 November 2007), “Present status and future prospect of ultra-high resolution photoemission spectroscopy and time

- resolved photoemission spectroscopy using VUV laser”,
S.Shin (Invited talk)
10. Spectroscopies in Novel Superconductors, (Sendai, Japan,
20-24 August 2007), “Sub-meV resolution photoemission
study on superconductors and organic conductors”, S.Shin
(Invited talk)
11. 6th International Conference on Inelastic X-ray
Scattering(IXS2007), (Awaji, Japan, 7-11 May 2007),
“Soft X-ray RIXS”, S.Shin (Invited talk)
12. The 20th International Conference on Raman
Spectroscopy (ICORS 2006), (Yokohama, Japan, 20-25
August 2006), “Soft X-ray Raman scattering study on
water, alcohol and biomaterials”, S.Shin (Invited talk)
13. The 13th International Conference on X-ray Absorption
Fine Structure (XAFS13), (Stanford, USA, 9-14 July
2006), “Resonant soft X-ray emission spectroscopy on
water and protein in water”, S.Shin (Invited talk)
14. Stockholm Discussion Meeting; Local Structure and
Molecular Scale Properties of Liquid Water, (Stockholm,
Sweden, 14-16 June 2006), “High resolution soft X-ray
emission study on water”, S.Shin (Invited talk)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辛 埴 (Shik Shin)
東京大学・物性研究所・教授
研究者番号：00162785

(2) 研究分担者

高田 恭孝 (Yasutaka Takata)
理化学研究所・専任研究員
研究者番号：90261122

石坂 香子 (Kyoko Ishizaka)
東京大学・物性研究所・助教
研究者番号：20376651

2. 連携研究者

宮脇 淳 (Jun Miyawaki)
理化学研究所・研究員