ISSP ワークショップ

東京大学アウトステーション(SPring-8 BL07LSU) の現状と偏光制御実験への展開

日時: 2013年2月15日(金) 10:00~17:40

場所:東京大学物性研究所6階大講義室

提案者:辛 埴、小森 文夫、松田 巌、原田 慈久

報告:小森 文夫

SPring-8 に設置された東京大学放射光アウトステーション物質科学ビームライン BL07LSU では、アンジュレータビームラインおよび時間分解光電子分光、3 次元ナノ光電子分光、軟 X 線発光分光の 3 つのエンドステーション実験設備の建設が 2 年前に完了し、これらエンドステーションとフリーポートを利用した共同利用実験が行われています。また、平成 24 年度からは、各エンドステーションの建設チームによる長期課題が始まり新しい研究が展開されていると同時に、一般課題の共同利用からも大きな成果が公表されつつあります。さらに、平成 25 年度にはアンジュレータの偏光制御を用いた研究を本格的に始める予定です。そこで、今回のワークショップでは、この 1 年の共同利用実験で得られた研究成果を報告するとともに、このアンジュレータビームラインで行われている高速偏光スイッチングへの改良に対応した、偏光制御を用いた研究の展望を議論しました。1 日だけの研究会でしたが、参加者は 54 名であり、活発で有意義な議論がなされました。VUV/SX 放射光コミュニティの皆様のご参加・ご支援に深く感謝したいと思います。以下にプログラムと、ビームライン・エンドステーションに関する現状報告を簡単にまとめました。

プログラム

10:00-10:10 東京大学アウトステーション計画の概要と共同利用について

東大 尾嶋 正治

[偏光スイッチング]

10:10-10:35	BL07LSUアンジュレータ・ビームラインの現状と偏	第光制御に向けて 東大物性	研 松田	巖

10:35-11:00 BL07LSU アンジュレータの光源特性 JASRI/SPring-8 田中 隆次

11:00-11:25 磁性材料研究における軟 X 線円偏光スイッチングの利活用と将来展望

JASRI/SPring-8 中村 哲也(東大客員)

11:25-11:50 ダイヤモンド移相子による硬 X 線領域での偏光制御 JASRI/SPring-8 鈴木 基寛

[偏光利用]

13:00-13:25	円偏光 X 線を用いた共鳴回折:カイラリティ構造研究の展開	理研/SPring-8	田中	良和
13:25-13:50	高分解能広立体角 2 次元光電子顕微分光器(DELMA)の開発とその応用	NAIST	大門	寛

[各実験ステーション]

13:50-14:15	<s課題>時間分解光電子分光法による半導体表面キャリアダイ</s課題>	゚ナミクスの	研究	東大物性研	山本	達
14:15-14:40	アナターゼ型 TiO2 単結晶表面における光励起キャリアの緩和:	過程		東工大	小澤	健一
15:00-15:25	<s 課題="">三次元 nanoESCA 装置の現状</s>	KEK-PF	堀場	弘司、東大	永村	直佳
15.95-15.50	三次元 panoFSCA によるグラフェン・デバイスのその提組容	に向けて		事业大	吹図	街

 15:50-16:15二酸化バナジウム薄膜におけるナノ空間金属-絶縁体相分離状態の電子状態マッピング阪大 神吉 輝夫16:15-16:40<S 課題>In situ 超高分解能軟 X 線発光分光東大物性研 原田 慈久16:40-17:05リチウムイオン電池電極材料の In situ 軟 X 線発光分光産総研 朝倉 大輔17:05-17:30Mg2FeH6の軟 X 線非弾性散乱における水素の同位体効果筑波大 関場 大一郎17:30-17:35まとめ東大物性研 小森 文夫

(1) BL07LSU アンジュレータおよびビームラインの現状

SPring-8 蓄積リングには 8 台の水平/垂直偏光型 8 の字アンジュレータを組み合わせた長尺アンジュレータが設置されている。現在、以下の性能が実現されている。

- ①エネルギー範囲(hv):250~2000 eV
- ②エネルギー分解能:>10,000
- ③集光サイズ: <10µm(ゾーンプレートを用いた場合は70nm)
- ④フラックス: $>10^{12}$ photon/s/0.1%BW

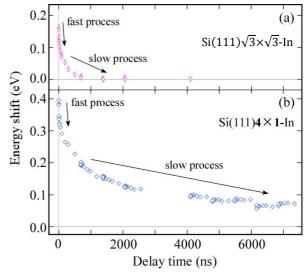
本光源はクロス型アンジュレータであり、その特徴を活かせば偏光制御及び高速スイッチングが可能である。そこで、挿入光源から発生する円偏光エリプソメトリー測定を元に調整・評価した結果、4 台の水平/垂直偏光型 8 の字アンジュレータを組み合わせた場合、シミュレーション計算通り 90-95%の円偏光度が発生することが分かった。また、蓄積リングから移相器を取り外して、高速スイッチングに向けて電磁石移相器の調整を開始している。今後、ギャップサイズ及び磁場調整を実施し、SPring-8 蓄積リングにおいて 20Hz 以上のスイッチングを目指す。

(2) 時間分解軟 X線分光実験ステーションの現状

時間分解軟 X線分光実験ステーションでは、様々な光誘起の動的現象(起電力効果、相転移、表面化学反応など)における電子状態・化学状態・振動状態・原子構造の変化をモニターし、その機構を解明することを目的としている。現在、超高真空下で作製した表面試料を対象に、高輝度軟 X線パルスと超短レーザーパルスを組み合わせたポンプ・プローブ時間分解光電子分光測定が $in\ situ$ で可能である。

図 1 に、シリコン結晶の清浄及び原子吸着表面の光起電力効果における電子状態の動的過程がリアルタイムで観測の結果を示す。単原子層以下の吸着量で劇的に振舞いが変化することが分かった。これらの結果を表面構造、表面電子構造と系統的な比較により、妥当な緩和モデルの構築ができた。また、共同研究と合わせて光触媒材料及び電子相関系であるいくつかの酸化物(TiO2、ZnO、SrTiO3)の表面光起電力効果の時間分解実験を総合的に行い、各試料の光起電力の発生とその緩和過程を追跡した。シリコンの研究で構築した緩和モデルと比較しながらその緩和機構を解析し、光触媒設計への展開を考察している。

図 1. Si(111)7x7 表面上に(a)0.3 原子層を吸着して生成する $Si(111)\sqrt{3}x\sqrt{3}$ -In表面と(b) 単原子層を吸着して生成する Si(111)4x1-In 表面の光起電力緩和過程における時間分解光電 子スペクトル。両者とも速い(fast)過程と遅い(slow)過程を経るが、両表面の間で緩和にかかる時間が大きく異なる。



(3) 3次元ナノESCA ステーションの現状

3 次元ナノ ESCA ステーションは、ナノメータースケールの空間分解能で、物質の電子・化学状態分布を 3 次元的に可視化するための実験ステーションである。ビームラインからの超高輝度放射光をフレネルゾーンプレート(FZP)で集光することにより得られる放射光ナノビームを用いて、空間分解(x,y)した光電子スペクトルを測定し、さらに、そのスペクトルの放出角度依存性を最大エントロピー法で解析することにより深さ方向分析(z)を行っている。これらの技術の融合により、3 次元(x,y+z)空間解析を行うことができる。面内空間分解能としては走査型光電子顕微鏡における世界最高レベルの 70 nm を達成し、また同時に、ゾーンプレート集光した状態での 60° にわたる光電子放出角度依存性を一括して取得することが可能である。

本装置を利用して、抵抗変化型ランダムアクセスメモリ等のナノデバイス、剥離グラフェン等のナノ材料、リチウムイオン電池正極触媒のナノ粒子等の電子状態解析を行っている。剥離グラフェンの FET デバイスに対する測定では、3次元ナノ ESCA を用いてグラフェン/金属界面の化学ポテンシャルの空間分布を精密に測定することにより、グラフェン/金属電極接合界面における電荷移動領域の直接観測に初めて成功した。共同利用実験と並行して、ナノデバイスの動作時電子状態・化学状態を解析するために、この3次元ナノ ESCA ステーションにおいて試料中にバイアスを印加し、デバイス動作中のoperando解析が可能となるよう試料ステージの改造を進めている。図2に、作製したバイアス印加用試料ステージを示す。試料ホルダーは、これまで用いていた通常の者と互換性を持ち、超高真空中を試料搬送することが可能でありながら5つの独立した電極プレートを有しており、それぞれはアルミナプレートで絶縁されている。三次元ナノESCA側の試料ステージは、試料ホルダーの5つの電極に対して、こちらも独立した5つの金属バネでコンタクトされるようになっており、このバネが真空外の電流導入端子にそれぞれ接続されている。この機構により、試料上に最大5端子で独立の電位を与えることが可能となる。現在このステージを3次元ナノESCAに実装し、ナノデバイス電圧印加中のオペランド測定のテスト実験を開始しているところである。

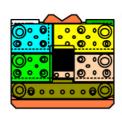






図 2. 三次元ナノ ESCA 用バイアス印加試料ホルダー。左から試料ホルダーの模式図、作製した試料ホルダーの写真、およびバイアス印加試料ホルダー用の三次元ナノ ESCA 試料ステージの写真。

(4) 超高分解能軟 X 線発光分光ステーションの現状

本実験ステーションは $400 \text{ eV} \sim 750 \text{ eV}$ で $\text{E/}\Delta$ E> 8000 o世界最高エネルギー分解能で軟X線発光分光が行えるのみならず、種々の試料セルを用いて超高真空と大気圧下の両方で分光が行えるという特長を有している。H24 年度は in $\text{situ}/\text{オペランド測定時のセルの交換作業と真空引きによる時間のロスを無くすため、交換作業時に吸収測定の行えるシステムを後置鏡直上に構築した。$

H24 年度は発光ステーションでは、リチウムイオン電池の正極材料 LiMn₂O₄ の電極セルを用いた電池環境下の Mn 3d 電子状態観測(産総研)、水素吸蔵合金の水素同位体効果の検出(筑波大)、CdSe ドープ TiO₂ ナノ粒子の触媒活性発現機構解明(Advanced Light Source/USA)、TiOCl のオービトン観測及び LaAlO₃/SrTiO₃ 酸化物ヘテロ界面伝導層の Ti 3d 遍歴電子状態の観測(Würzburg 大)、 $In_{1-x}Fe_x$ As のキャリア誘起強磁性の起源解明(東大)などの共同利用を受け入れた。いずれもこれまで通りの分光性能にて実験を実施することができた。特に水素吸蔵合金では同位体効果と温度効果を分離して、Fe との軌道混成に対する明らかな同位体効果を見出すことに成功した(図 3)。

S 課題では、非白金系燃料電池正極触媒(カーボンアロイ触媒)のオペランド分光およびモデル触媒(窒素ドープ HOPG)を用いた酸素ガス吸着の in situ 実験が行われた。オペランド分光では、実燃料電池環境である膜電極複合体(MEA)を用

いて、FePc/フェノール樹脂混合体を熱焼成した酸素還元触媒の Fe 2p XAS/XES による酸素吸着特性評価を行い、粉末では全く酸素と反応しない鉄が電池環境下では明らかに酸素吸着する様子を捉えることに成功した(図 4)。またこの反応は正極の電位にほとんど依存しないことも見出した。これは実触媒環境において各元素の触媒に対する作用を解明する第一歩となる成果である。また <math>2012A 期に初めて観測に成功した純水の超高分解能 O 1s 再結合発光について同位体効果 $(H_2O/HDO/D_2O)$ の測定が行われ、いずれの系においても吸収端励起で水素結合の切れた水分子が選択されること、重水素側(OD)の方が水素結合を形成しやすい傾向が見出された。

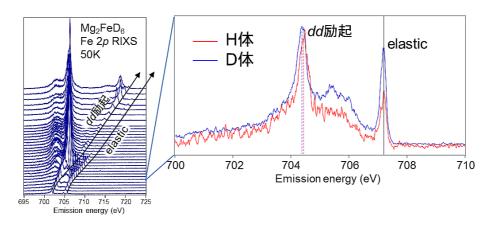


図 3. Mg₂FeH₆/Mg₂FeD₆の Fe 2pRIXS による Fe dd 励起の観測結果。dd 励起に Fe-H(D)間の混成による同位 体効果が見られた。

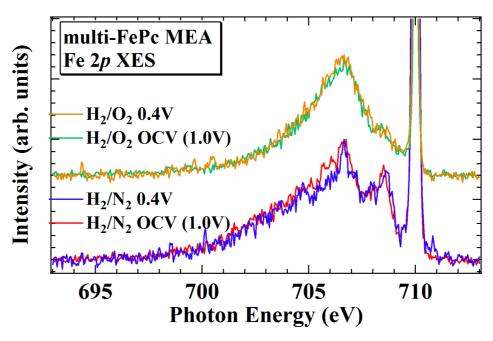


図 4. FePc/フェノール樹脂由来燃料電池正極触媒の Fe に対する酸素吸着効果。正極が O_2 充填の場合(上) と N_2 充填(下)の場合。それぞれ正極電位を開放電位(OCV)と発電条件(0.4V)で測定した。

ISSP ワークショップ

強相関電子系における価数揺らぎと量子臨界性

日時: 2013年2月25日(月) 午前9時20分~午後5時30分

場所:東京大学物性研究所本館(本館A615室)

強相関電子系における量子臨界現象は、異常金属相や異方的な超伝導など新しい量子相の発現から広く関心を集めてきた。なかでも、純良な単結晶試料が得られる重い電子系は、磁場・圧力等による基底状態の精密な制御がクリーンリミットで可能であるため、量子臨界現象が最も集中的に研究され、反強磁性臨界点近傍の異方的超伝導や非フェルミ液体の数々の典型例を与えてきた。その重い電子系の研究においてこれまで主役を担ってきたのは、整数価数の近藤格子系と考えられる物質群である。一方で、比較的近藤温度が高い価数揺動系は磁性や量子臨界現象とは無関係であると考えられてきた。ところが、その価数揺動系において、近年、4f電子の局在的な振る舞いや、量子臨界現象、超伝導が見つかり、注目を集めるようになっている。さらに、最近のさまざまな実験技術の進展により、巨視的、微視的な視点から、その異常性が価数の揺らぎと強くカップルしていることが分かってきた。まさに、この新しい量子臨界現象の興味深い側面が次々と明らかになってきたこの時期に、関連する研究者が一堂に会して議論を行うことは、その現状と課題を明らかするために大変意義深いと思われる。

ワークショップの提案が開催の一か月まえに行われ、アナウンスに時間がなかったにも関わらず、当日は予想を大きく上回る総勢 38 名の方が学外、学内から参加された。まず、量子臨界価数揺らぎの理論について阪大の三宅氏による特別講演が行われ、その物理描像について活発な議論が行われた。また、実験からは価数揺らぎの量子臨界現象の可能性が、β-YbAlB4 の系を中心に、さまざまな測定手段の結果をもとに議論が行われた。熱力学的特性による臨界性の異常のみならず、電気・熱輸送特性による明瞭な量子臨界性が磁場中、圧力下で観測され、それらが従来型の反強磁性に隣接した磁気量子臨界現象と明瞭に異なることが報告された。また、メスバウアーや核磁気共鳴などの微視的な実験手段の立場からの議論も活発に行われた。特に、兵庫県立大学の小林氏からは最近初めて可能になった放射光を用いたメスバウアー分光についての最新結果が報告され、極めてゆっくりとした価数揺らぎの存在が指摘された。また、価数の磁場制御の現状が物性研の松田氏より紹介され、価数変化と量子臨界現象について議論が活発になされた。さらには、新しい価数揺らぎのダイナミックスの測定方法として時間分解光電子分光による実験例が紹介された。また、Zigzag 格子を持つ異常物性と超伝導についての議論が神戸大学の播磨氏から提供され、新しい方向性が指摘された。以上を通じて、今後、この新しい量子臨界現象についての知見をますます深めていくための方向性がはっきりした。

プログラム

2月25日(月)

9:20~9:25 中辻 知 (物性研) Opening

中辻 知(物性研)

9:25 ~ 10:15 三宅 和正(阪大) Valence Quantum Criticality, Thoery Overview

10:15~10:40 松本 洋介(物性研) Overview of Experiments on Intermediate Valent YbAlB₄ systems

休み 10:40~10:50

11:25~12:00 小林 寿夫(兵庫県立大) Valence Fluctuation probed by Mossbauer Spectroscopy

休み 12:00~13:00

松田 康弘 (物性研)

13:00 ~ 13:35 Mihael Grbic (物性研) Low temperature NMR study on YbAlB₄

13:35~14:05 富田 崇弘(日大) Strange Metal Phase Without Magnetic Criticality

14:05 ~ 14:30 E.T.C. O'Farrell (物性研) Anisotropic Metamagnetism in YbAlB₄

休み 14:55~15:20

瀧川 仁 (物性研)

15:20~15:50 松田 康弘 (物性研) High Magnetic Field Effect on Valence in Yb systems

15:50 ~ 16:10 辛 埴(物性研) Photoemission Spectroscopy as a Probe for Valence Fluctuations

16:10~16:40 播磨 尚朝 (神戸大) Local symmetry effect on electronic structure in the zigzag structure

material YbAlB₄

16:40 ~ 17:40 Discussion/Summary

Abstracts

Valence fluctuations and quantum criticality

K. Miyake ¹ and S. Watanabe ²

¹Graduate School of Engineering Science, Osaka University

²Department of Basic Sciences, Kyushu Institute of Technology

Some Yb-based heavy fermion compounds exhibit non-Fermi liquid behaviors which cannot be understood as those near magnetic quantum critical points. They are β -YbAlB4, α -YbAl_{1-x}Fe_xB₄, YhRh₂Si₂, YbAuCu₄, YbCu_{3.5}Al_{1.5}, Yb₁₅Au₅₁Al₃₁, and so on. The behavior of CeCu_{5.9}Au_{0.1} also cannot be understood as that of magnetic quantum critical phenomena. On the other hand, anomalous properties of CeCu₂(Si,Ge)₂ under pressures can be understood in a unified way if those are triggered by sharp valence crossover of Ce ion from the Kondo regime to valence-fluctuation one.

In this talk, I will discuss that non-Fermi liquid behaviors of Yb-based compounds above can be explained in a unified way if it is assumed that those compounds are located near the critical point of valence transition of Yb ion [1,2]. Namely, this implies that there exists a new universality class of quantum critical phenomena other than that based on magnetic quantum critical point.

- [1] S. Watanabe and K.Miyake, J. Phys.: Condens. Matter 24, 294208 (2012).
- [2] S. Watanabe and K.Miyake, Solid State Physics 47, 511 (2012), in Japanese.

Overview of experiments on Intermediate Valent YbAlB₄ systems

<u>Yosuke Matsumoto</u>, K. Kuga, Y. Karaki, T. Tomita, E.T.C. O'Farrell, J. Hong, K. Sone and S. Nakatsuji Institute for Solid State Physics, University of Tokyo,

Quantum criticality has been frequently discussed based on critical spin fluctuations associated with magnetic quantum critical point. In particular, 4f electron based heavy fermions have provided the prototypical examples, which have been restricted to the Kondo lattice systems with integer valence. This is because local moments in intermediate valence systems are supposed to be screened at high temperatures. However, in sharp contrast to the conventional understandings, α -, β -YbAlB₄ provide unique examples of quantum criticality in the intermediate valence systems. Here we overview the experiments on these materials focusing on how these systems are different from the normal intermediate valence compounds. The unconventional zero-field quantum criticality in β -YbAlB₄[1] and large anisotropy in the both systems and T-B phase diagram will be discussed.

[1] Yosuke Matsumoto, Satoru Nakatsuji, Kentaro Kuga, Yoshitomo Karaki, Yasuyuki Shimura, Toshiro Sakakibara, Andriy H. Nevidomskyy, Piers Coleman, Science **331**, 316 (2011).

Thermal Transport Properties of the Quantum Critical \(\beta \)-YbAlB4

Y. Machida¹, K. Tomokini¹, C. Ogura¹, K. Izawa¹, G. Lapertot², G. Knebel², J.-P. Brison², J. Flouquet²,

K. Kuga³, and S. Nakatsuji³

¹Department of Physics, Tokyo Institute of Technology

²INAC, SPSMS, CEA Grenoble

³Institute for Solid State Physics, University of Tokyo

Understanding quantum criticality realized in strongly correlated electron systems is a fascinating and yet unresolved issue. We have addressed this issue by means of thermal transport coefficients as promising probes of low-energy itinerant electronic excitations near a quantum critical point (QCP). Here we present comparative thermal transport studies on the two representative Yb-based quantum critical materials, β -YbAlB₄ and YbRh₂Si₂. In the vicinity of their QCPs, significant differences in the behaviors of the thermal transport coefficients are revealed between the two systems. We will discuss possible distinct type of critical fluctuations influenced on their non-Fermi liquid properties.

Valence Fluctuation probed by Mössbauer Spectroscopy

H. Kobayashi, and Y. Sakaguchi

Graduate School of Material Science and Center for Novel Material Science under Multi-Extreme Condition, University of Hyogo

In Mössbauer spectroscopy using synchrotron radiation, SR, the forward scattering from nuclei excited by a pulsed X-ray of SR is observed in the time domain. So, this nuclear forward scattering, NFS, method is sensitive to the time dependent properties of resonant isotopes in samples. In 4f electron systems, valence fluctuation phenomena are observed in Ce, Eu, Sm and Yb compounds. Unfortunately, there is no Mössbauer isotope in a Ce atom. The NFS method is effective for Mössbauer isotopes for 151 Eu and 149 Sm but is not easy to be applied to those for 170 Yb and 174 Yb. A new method has been developed that yields Mössbauer absorption spectra measured in the time domain using SR. We have applied this new method to 174 Yb Mössbauer isotope to investigate the electronic states of α - and β -YbAlB4. We have measured 174 Yb Mössbauer spectra of YbAlB4 at 5 K using single crystalline samples and evaluated timescales of valence fluctuations in Yb ions from high quality 174 Yb Mössbauer spectra.

Low temperature NMR study of YbAlB₄

M. S. Grbić, K. Kimura, T. Shun, K. Tajima, M. Yoshida, M. Takigawa, K. Kuga, E. C. T. O'Farrell and S. Nakatsuji Institute for Solid State Physics, University of Tokyo

Quantum critical behavior is a perfect playground of condensed matter physics as it can lead to discovery of new phases of matter and better understanding of strongly correlated systems. Two structural isomorphs of YbAlB₄ (α and β), show an interesting sensitivity of quantum criticality on local symmetry of B ring which encircles the Yb ion. While at ambient pressure and zero magnetic field β -YbAlB₄ shows non-Fermi-liquid properties of quantum criticality [1], α -YbAlB₄ has a Fermi-liquid ground state.

We will present most recent results of an NMR study in both compounds, in particular the low temperature behavior of the spin-lattice relaxation rate. While in β -YbAlB₄ magnetic field suppresses quantum criticality, in α -YbAlB₄ at finite magnetic field we find a clear change from the Fermi-liquid temperature dependence to a divergent non-Fermi-liquid behavior. Existence of a quantum critical point in both isomorphs is a stringent constraint for possible mechanisms of the Kondo-lattice physics in these compounds.

[1] Y. Matsumoto, S. Nakatsuji et al., Science 331, 316 (2011).

Strange Metal Phase Without Magnetic Criticality

T. Tomita^{1, 2}, K. Kuga¹, Y. Uwatoko¹, P. Coleman^{3,4}, S. Nakatsuji^{1,2}

- ¹Nihon University, Japan
- ²Institute for Solid State Physics, University of Tokyo, Japan
- ³Rutgers University, USA
- ⁴London University, UK.

Recently discovered heavy fermion superconductor β-YbAlB₄ exhibits a field tuned quantum criticality despite strong mixed valiancy.[1] We performed the electrical resistivity of single crystalsβ-YbAl_{1-x}Fe_xB₄ at the low temperature down to 40 mK under pressure and decided the pressure vs temperature phase diagram as a function of the Fe concentration. Here we observed a strange metal phase detached from the magnetic ordering and will discuss unconventional type of quantum criticality in this lecture.

[1] Yosuke Matsumoto, Satoru Nakatsuji, Kentaro Kuga, Yoshitomo Karaki, Yasuyuki Shimura, Toshiro Sakakibara, Andriy H. Nevidomskyy, Piers Coleman, Science 331, 316 (2011).

Anisotropic meta-magnetism in α-YbAlB₄

E. O'Farrell¹, K. Kuga¹, J. Hong¹, Y. Matsumoto¹, D.A. Tompsett², M.L. Sutherland², and S. Nakatsuji¹¹I.S.S.P., University of Tokyo, Kashiwanoha 5-1-5, Kashiwa, Chiba.

²Cavendish Laboratory, University of Cambridge, Cambridge, U.K.

We present quantum oscillation measurements of a magnetic field induced Fermi surface reconstruction in α -YbAlB₄. At the reconstruction we observe non-Fermi liquid behavior that strongly depends on the quasiparticle momentum. These behaviors suggest that the Fermi surface reconstruction is driven the same features of the electronic structure that give rise to the anisotropy.

We discuss these findings in the light of other experimental and theoretical works on YbAlB4.

- Y.Matsumoto, S. Nakatsuji, K. Kuga, Y. Karaki, N. Horie, Y. Shimura, T. Sakakibara, A.H. Nevidomskyy, P. Coleman. Science 331, 316 (2011)
- [2] E. C. T. O'Farrell, Y. Matsumoto, and S. Nakatsuji. Phys. Rev. Lett. 109, 176405 (2012)
- [3] Y.Matsumoto, K. Kuga, T. Tomita, K. Karaki, S. Nakatsuji. Phys Rev. B 84, 125126 (2011)
- [4] M.Okawa, M. Matsunami, K. Ishizaka, R. Eguchi, M. Taguchi, A. Chainani, Y. Takata, M. Yabashi, K. Tamasaku, Y. Nishino, T. Ishikawa, K. Kuga, N. Horie, S. Nakatsuji, S. Shin. Phys. Rev. Lett. 104, 247201 (2010)

Valence Instability and Quantum Criticality in α-YbAlB₄

<u>K. Kuga</u>, K. Sone, Y. Matsumoto, E.T.C. O'Farrell, and S. Nakatsuji Institute for Solid State Physics, University of Tokyo,

Quantum critical phenomena in f-electron systems have been studied enthusiastically by both experiments and theories in the light of spin fluctuation. In mixed valence systems, valence fluctuation generally promotes the screening of local moments and suppresses the critical phenomen. However, recently, we discovered non Fermi liquid behavior and superconductivity in the mixed valence system β -YbAlB₄ [1,2]. Additionally, we found that mixed valence system α -YbAlB₄ shows valence crossover by doping Fe with accompanying quantum critical behavior. This result provides us the importance of valence fluctuation for the quantum critical phenomena. We will discuss the detail of the physical properties in α -YbAlB₄ induced by Fe doping.

- [1] S. Nakatsuji, K. Kuga, Y. Machida, T. Tayama, T. Sakakibara, Y. Karaki, H. Ishimoto, S. Yonezawa, Y. Maeno, E. Pearson, G.G. Lonzarich, L. Balicas, H. Lee, Z. Fisk, Nature Physics 4, 603 (2008).
- [2] K. Kuga, Y. Karaki, Y. Matsumoto, Y. Machida, and S. Nakatsuji, Physical Review Letters 101, 137004 (2008).

High Magnetic Field Effect on Valence in Yb systems

Y. H. Matsuda

Institute for Solid State Physics, University of Tokyo,

Since the electronic state of matter can precisely be controlled by magnetic fields, a high magnetic field is a powerful tool to investigate the quantum phenomena at low temperatures. Valence fluctuation is a phenomenon due to the strong hybridization of wave functions between localized and itinerant electrons. Phase transitions or crossover of the valence in some rare-earth compounds are observed by applying a high magnetic field.

In this presentation, recent results of synchrotron x-ray absorption spectroscopy and high-field magnetization process at pulsed magnetic fields in some Yb-based intermetallic compounds are presented. We found that the valence increased with increasing magnetic field in YbInCu₄, YbAgCu₄, YbRh₂Si₂ and α – and β –YbAl_{1-x}Fe_xB₄. The valence changes Δv of α – and β –YbAl_{1-x}Fe_xB₄ are very small \sim 0.01 at 30-40 T compared to that in a typical valence transition compound YbInCu₄ ($\Delta v \sim 0.13$ at 41 T [1]).

[1] Y. H. Matsuda, T. Inami, K. Ohwada, Y. Murata, H. Nojiri, Y. Murakami, H. Ohta, W. Zhang and K. Yoshimura, J. Phys. Soc. Jpn. 76 034702, (2007).

Photoemission Spectroscopy as a Probe for Valence Fluctuations

S. Shin1, M.Okawa2

¹Institute for Solid State Physics, University of Tokyo,

²Department of Applied Physics, Tokyo University of Science

Electronic structures of the quantum critical superconductor β -YbAlB₄ and its polymorph α -YbAlB₄ are investigated by using bulk-sensitive hard x-ray photoemission spectroscopy. From the Yb 3d core level spectra, the values of the Yb valence are estimated to be 2:73 and 2:75 for α - and β -YbAlB₄, respectively, thus providing clear evidence for valence fluctuations. The valence band spectra of these compounds also show Yb2+ peaks at the Fermi level. These observations establish an unambiguous case of a strong mixed valence at quantum criticality for the first time among heavy fermion systems.

I would like to talk about a plan of the time-resolved photoemission using SX-laser, which will give us the new information about the relaxation time for valence fluctuation in YbAlB₄. We think time-resolved photoemission might be a direct experimental method to know the quantum criticality by valence fluctuation.

[1] M.Okawa, M.Matsunami, K.Ishizaka, R.Eguchi, M.Taguchi, A.Chainani, Y.Takata, M.Yabashi, K.Tamasaku, Y.Nishino, T.Ishikawa, K.Kuga, N.Horie, S.Nakatsuji, S.Shin, Phys Rev. Lett., 104, (2010) 247201 (1-4)

Local symmetry effect on electronic structure in the zigzag structure material YbAlB4

Hisatomo Harima

Department of Physics, Graduate School of Science, Kobe University,

Band structure calculations have been performed both for β -type and α -type $RAlB_4$ (R=Yb, Lu). The crystal structure of β -type and α -type $RAlB_4$ belong to space group #65 Cmmm D_{2h}^{19} and #55 Pbam D_{2h}^{9} , respectively. Both are orthorhombic lattices, but the former is the base-center lattice, so contains two (four) R atoms in the primitive (conventional) unit cell, the latter does four R atoms in the primitive cell. However, the local structures of the two crystals are very similar, and then the calculated density of states is very similar. This fact helps us to understand the similar behavior of both Yb-compounds. The β -type has higher symmetric, so the symmetry might be the key issue to distinguish the physical property of these compounds in lower temperatures.