



ローブ型時間・角度分解光電子分光の実験結果を報告しました。鉄系超伝導体母物質  $\text{BaFe}_2\text{As}_2$  に対して、それぞれブリルアンゾーン中心と端にあるホール面及び電子面双方において、コヒーレントフォノン励起による光電子強度の振動に位相反転があることを見出しました。また、励起子絶縁体の候補物質と考えられている  $\text{Ta}_2\text{NiSe}_5$  の測定で、絶縁体-半金属転移を観測した結果の紹介がありました。木村昭夫氏は、トポロジカル絶縁体の非平衡キャリアダイナミクスに着目して発表しました。バルクキャリア制御が連続的に可能な  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  を用いて、バルクキャリアと光起電力シフトとの関係を紹介しました。また、 $(\text{Sb}_{1-x}\text{Bi}_x)_2\text{Te}_3$  試料において持続時間の長い緩和過程を見出し、ディラック点がフェルミレベルに接近していることに起因するとする解釈を与えました。

短期研究会二日目となる 6 月 13 日(火)は、セッション 3 として強相関物質に焦点を当てて議論されました。今田正俊氏は、レーザーによる超伝導の制御と観測、とのテーマで、熱平衡では実現できない新奇な電子相を、時間分解分光などの新しい実験手法を用いて解明できる可能性及び難しさについて、超伝導とその周辺に焦点を絞って議論をしました。一つの例として、銅酸化物の擬ギャップや高温超伝導の機構を理解する上での新たな概念的な変革として提唱された隠れたフェルミオンを検証する方法を議論し、今後の展開の方向を述べられました。藤原秀紀氏は、局所的な強相関軌道における占有軌道対称性が物性発現機構の鍵を握るとの視点に立ち、強相関 Yb 化合物の“角度分解” Yb 3d 内殻光電子スペクトルに直線偏光依存性(線二色性)を見出し、4f 軌道の対称性を実験的に決定する手法について紹介しました。吉田鉄平氏は、高温超伝導体  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}(\text{Bi}2212)$  の ARPES スペクトルから、アンチノード方向で超伝導状態の自己エネルギーを求め、さらに異常自己エネルギーを求めた結果を紹介しました。正常自己エネルギーと異常自己エネルギーは同一のエネルギーに構造を持ち、Cluster DMFT 計算の結果と定性的に一致する結果を得たことに基づき、ペアリング機構について議論しました。山地洋平氏は、時間反転対称性を破ることで生じるワイル半金属や、電子相関がもたらすトポロジカル絶縁相の発現が理論的に予測されているパイロクロア構造イリジウム酸化物  $R_2\text{Ir}_2\text{O}_7$  ( $R$ :希土類元素)の理論的研究を紹介しました。ワイル電子対消滅が金属磁壁状態を生じることを理論的に見出し、All-in-all-out 磁性相内で、時間反転対称性の破れによって生じたワイル電子が簡単に対消滅を起こすため、ワイル半金属相が不安定である一方、

その対消滅後に、結晶対称性に保護された金属磁壁状態が出現することを予測し、(光学)異常ホール効果や円二色性を示すことを提唱しました。

集合写真及び昼食時間をとったのち、午後最初のセッションとして、引き続き強相関の話題について議論が行われました。柳瀬陽一氏は、強相関電子系に数多く見られる  $d$  波超伝導体などのギャップレス超伝導体を「強いトポロジカル超伝導体」に変えることが出来る一般的な方法を提案しました。その条件は、スピン-重項超伝導であること、空間反転対称性が欠如していること、スピン偏極していること、の3つであり、これらの条件が満たされれば、超伝導対称性やバンド構造の詳細に依らず、一般的にトポロジカル超伝導になることが示され、銅酸化物高温超伝導体において既にこれらの条件が実現していることを指摘しました。小林正起氏は、酸化物エレクトロニクスへの応用や低次元強相関電子系の基礎的な理解に向けて多くの注目を集めている酸化物ヘテロ構造や酸化物表面における強相関電子の量子閉じ込め効果を紹介しました。レーザー分子線エピタキシー成膜装置と角度分解光電子分光(ARPES)測定装置を組み合わせた複合装置を用いて、強相関酸化物  $\text{SrVO}_3$  極薄膜において、量子閉じ込め方向と軌道の幾何学により決まる軌道選択的量子化、量子数に依存して有効質量が変化する異常有効質量増大、次元性低下によるフェルミ液体の破綻など、通常の金属量子井戸状態では見られない特異な現象を示しました。

セッション4では、非平衡ダイナミクスの議論を行いました。腰原伸也氏は、電荷-スピン-軌道の複合ダイナミクスが切り開く強相関光物性について、動的X線観測装置及び、動的電子線回折を用いた様々な研究結果を紹介しつつ議論しました。時間分解解析技術の動向ならびにその物質科学的意味合いを、実例に基づきながら解説し、非平衡状態にある物質の特性を最大限引き出し巨大光誘起効果を生み出して行く上で、加器ベースの各種ビーム源とレーザー光源の協働が生み出す果実の重要性、さらには今後急速な発展が期待される軟X線領域の動的構造科学が果たす役割に付いて議論しました。佐藤正寛氏は、電子スピンの主役となる多彩な磁性体におけるレーザーによる磁性制御の研究について紹介しました。マルチフェロイクスに円偏光レーザーを印加して引き起こされる現象として、レーザー中のマルチフェロイクスで生じるレーザー誘起相互作用の一般公式を簡単な1次元磁性体に応用することで、スピカイラリティやスピン流を制御できることを示しました。また、軌道角運動量を持つレーザー(光渦)を適当な



におけるスピン偏極、及び、スピン偏極バレーと非渦型のスピンテクスチャを有するバンドといった、特異な Rashba 効果を紹介しました。矢治光一郎氏は、東大物性研で開発されたレーザースピ分解光電子分光によるスピン偏極表面電子状態の研究に関して発表しました。Bi 単結晶をはじめとする様々なスピン偏極表面電子状態について  $p$  偏光及び  $s$  偏光条件で実験を行い、鏡映面垂直方向にのみ観測されるスピン偏極が  $p$  偏光と  $s$  偏光で反転することを見出すと共に、光学遷移選択則を考慮することでそれが解釈できることを紹介しました。田中慎一郎氏は、グラファイト及びグラフェンを舞台として、非占有バンド間の電子フォノン散乱過程を高分解能 ARPES で検出する研究について紹介しました。間接遷移過程を通して観測する電子構造と、電子の始状態との比較から、フォノン散乱の詳細を抽出する手法を議論しました。木須孝幸氏は、レー

ザーARPES による分子性導体研究と、SPring-8 における高効率光電子分光装置の開発について発表しました。6 eV の真空紫外レーザーを励起光とする光電子分光により、金属絶縁体転移を避けて合成された  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>X 超伝導体で初となるバンド分散の実験結果を紹介しました。

閉会にあたり、辛埴氏より短期研究会の総括があり閉会となりました。

最後に、短期研究会を開催するにあたり多大なご支援をいただきました物性研スタッフの皆様、特に事務担当をして頂きました辛・岡崎・近藤研秘書の新榮幸子さん、SOR 施設秘書の吉澤泉子さん、また、辛・岡崎・近藤研究室の学生、ポスドクの皆様、写真撮影に協力して頂いた工藤博文さんには、この場を借りて感謝致します。

## プログラム

6月12日(月)

13:00-13:05 趣旨説明：近藤猛(東大)

13:05-13:10 所長あいさつ

[セッション1 スピン・トポロジー1] (座長：近藤猛(東大))

- 1) 13:10-13:55 村上修一(東工大) 「トポロジカル半金属のトポロジーと物質探索」
- 2) 13:55-14:40 石渡晋太郎(東大) 「極性-非極性転移を示す半金属  $\text{MoTe}_2$  における特異な輸送現象」
- 3) 14:40-15:05 石坂香子(東大) 「トポロジカル金属・半金属におけるバルクと表面の電子構造」
- 4) 15:05-15:30 平原徹(東工大) 「自己組織化によって形成された磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ接合」

休憩 15:30-15:50

- 5) 15:50-16:15 宮本幸治(広大) 「スピン分解光電子分光法による隠れた電子スピン構造の探索とその実験手法の将来展望」

[セッション2 非平衡ダイナミクス1] (座長：秋山英文(東大))

- 6) 16:15-17:00 岡隆史(Max Planck) 「フロッケ・エンジニアリング：光誘起相転移と冷却原子系の共通言語」
- 7) 17:00-17:25 岡崎浩三(東大) 「高次高調波時間分解光電子分光による非平衡電子状態の観測」
- 8) 17:25-17:50 木村昭夫(広大) 「トポロジカル絶縁体の非平衡キャリアダイナミクス-光で表面ディラック粒子を見る・操る-」

6月13日(火)

[セッション3 強相関] (座長：藤森淳(東大))

- 9) 10:00-10:45 今田正俊(東大) 「レーザーによる超伝導の制御と観測」
- 10) 10:45-11:10 藤原秀紀(阪大) 「高エネルギー光電子分光による強相関電子物性研究の新展開」
- 11) 11:10-11:35 吉田鉄平(京大) 「高温超伝導体の超伝導状態の自己エネルギー」
- 12) 11:35-12:00 山地洋平(東大) 「パイロクロア構造遷移金属酸化物におけるワイル電子の対消滅と磁壁金属」

集合写真・昼食 12:00-13:05





ポスターセッション

- P01) 明比俊太郎 (東大物性研) 「レーザー角度分解光電子分光で研究するルテニウム酸化物  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  の表面電子状態」
- P02) 伊藤俊 (東大物性研) 「Photo-induced ultrafast potential shift observed at a metal- semiconductor interface of a Bi thin film」
- P03) 大江日南子 (東理大) 「硬 X 線光電子分光による  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  の電子構造」
- P04) 小野頌太 (岐阜大) 「準平衡近似を超えたフォノン熱化過程」
- P05) 川北純平 (東大物性研) 「レーザー励起光電子顕微鏡を用いた次世代不揮発性メモリ ReRAM の非破壊観測」
- P06) 川田萌樹 (阪大) 「X 線電子分光線二色性による重い電子系  $\text{CeCu}_2\text{Ge}_2$  の 4f 基底状態軌道対称性の決定」
- P07) 國定総 (東大物性研) 「レーザーARPES で精密観測する  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$  の超伝導ギャップと擬ギャップ」
- P08) 栗原暢人 (東大物性研) 「Bi/Cu(111)界面における Rashba パラメータの酸素曝露の影響」
- P09) 興石佳佑 (東大理) 「角度分解光電子分光で観測する Te アニール  $\text{FeTe}_{1-x}\text{Se}_x$  の電子構造」
- P10) 近藤広康 (阪大) 「レーザー角度分解光電子分光における  $\text{CeRu}_2\text{Si}_2$  の重い準粒子状態の観測」
- P11) Yi-Tao Cui (東大物性研) 「 $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$  adsorption on Pt nanoparticles revealed by in situ hard-x-ray photoemission spectroscopy」
- P12) Zhigang Zhao (東大物性研) 「Realization of a mW-level 10.7-eV laser by cascaded third harmonic generation of a Yb: fiber CPA laser at 1-MHz」
- P13) 齋藤成之 (東大物性研) 「赤外極短パルス OPCPA 光源によるアト秒軟 X 線科学の開拓」
- P14) 坂野昌人 (東大工) 「キラルな結晶構造を有するテルル単体のバンド構造の観測」
- P15) 鈴木剛 (東大物性研) 「時間分解光電子分光法による FeSe におけるコヒーレントフォノンの観測」
- P16) 染谷隆史 (東大物性研) 「Intrinsic carrier cooling in high mobility graphene on SiC(000-1)」
- P17) 祖利目和明 (阪大) 「紫外レーザー光電子分光における繰り返し周波数通倍器を用いた空間電荷効果の抑制」
- P18) 高三和晃 (京大) 「銅酸化物薄膜におけるレーザー誘起トポロジカル超伝導」
- P19) 高野彩佳 (阪大) 「強相関希土類化合物  $\text{DyB}_2\text{C}_2$  の異方性 4f 電荷分布を反映した内殻光電子線二色性の観測」
- P20) 高橋健吾 (東大工) 「ミスフィット層状化合物  $(\text{PbSe})_{1.16}(\text{TiSe}_2)_2$  におけるバンド構造の観測」
- P21) 高橋謙太 (東理大) 「Polarization-emission angle dependent hard x-ray photoemission study on Cu-based delafossite oxides」
- P22) 高橋裕也 (東理大) 「角度分解光電子分光法による層状 Mn 酸化物の電子構造の研究」
- P23) 高柳亮平 (東理大) 「Co 2p 内殻硬 X 線光電子分光によるペロブスカイト型 Co 酸化物のスピン状態」
- P24) 竹内健悟 (東大物性研) 「高強度中赤外光源の開発と固体における高次高調波発生」
- P25) 都築章宏 (東大物性研) 「Nb との近接効果によるトポロジカル絶縁体  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  薄膜の超伝導電子状態の直接観測」
- P26) 中島脩平 (東大物性研) 「走査トンネル顕微鏡と放射光 X 線磁気円二色性による Mn/Fe 超薄膜ヘテロ構造の原子構造と磁性研究」
- P27) 中田勝 (東大理) 「角度分解型光電子分光で調べる銅酸化物超伝導体  $\text{Bi}_2\text{Tl}_2$  のネマティシティ」
- P28) 中谷泰博 (阪大) 「軟 X 線角度分解光電子分光による  $\text{CeNi}_2\text{Ge}_2$  の重い準粒子状態の実証」
- P29) 中山充大 (東大物性研) 「 $\text{Sr}_3(\text{Ru}_{1-x}\text{Mn}_x)_2\text{O}_7$  における軌道選択的的金属絶縁体転移の観測」
- P30) 中村飛鳥 (東大工) 「金属薄膜の時間分解電子線回折」
- P31) 中村飛鳥 (東大工) 「遷移金属ダイカルコゲナイド  $\text{VTe}_2$  の超高速格子ダイナミクス」
- P32) 並木航 (東理大) 「軟 X 線分光による  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$  の電子構造」
- P33) 野口亮 (東大物性研) 「レーザースピ分解 ARPES で調べる巨大ラッシュバ分裂表面状態の軌道とスピン」
- P34) 萩原健太 (東大理) 「角度分解光電子分光による  $\text{PrFeAsO}_{1-y}$  の超伝導ギャップ」





