研究室だより 益田研究室

2010 年 4 月に物性研に着任し、早くも 6 年が過ぎまし た。今回物性研だよりで研究室だよりを書く機会を頂きま したので、この6年間を振り返ってみたいと思います。着 任前は、研究用原子炉 JRR3 とパルス中性子源 J-PARC を活用して、磁性・強相関電子系の研究を推進するつもり でいくつかの具体的なテーマを考えておりました。着任後 基本路線に変更はありませんでしたが、2011年の東日本 大震災による JRR3 再稼働の遅れのため、研究スタイルは 当初考えていたものとかなり変わりました。物性研と KEK が J-PARC で共同運営する中性子分光器 HRC に深 く関わるとともに、中性子施設が企画した「海外実験支援 プログラム | を利用した海外中性子施設での実験を多く行 う機会に恵まれました。また、私の着任半年後に研究室に 参加していただいた左右田助教は、手先が器用で有能な研 究者でしたので、研究室の立ち上げに大きな貢献をしてく れました。昨年最初の大学院生(白椽大君)が学位を取得 し卒業し、左右田助教も5年の任期を終えて次の職探しを 開始するようになり、研究室の代替わりが徐々に進んでお ります。雑駁になるかとは思いますが、この6年間の研究 室のあれこれを書いてみたいと思います。

1. 最初の仕事

割り当てられた2部屋の実験室の内、1部屋は大型のX 線装置が使われない状態で占拠されていました。直ぐに使 える状態のものではなかったので、これをどのように活用 するか、あるいは廃棄してしまうか決断する必要がありま した。中性子散乱実験を行う場合、事前にX線ラウエ装置 を用いて試料評価と軸立を行います。実験室で十分な時間 をかけて単一ドメインの単結晶を選び、結晶軸を探してホ ルダに固定する、という準備を経て中性子実験を行うので すが、いざ中性子を当ててみるとドメインが複数あり実験 出来ない、という事態がときどき発生します。これは、X 線の浸入長が短く試料表面の結晶性しかチェックできない ことによりますが、もしも侵入長の長い短波長の高エネル ギーX 線を用いれば、cm サイズの大型単結晶でも透過 X 線ラウエ法が可能となり、そのような事態を未然に防ぐこ とが出来ます。実験室に放置されていたX線装置は加速電 圧が最大 450kV と高エネルギーのものでしたので、うま

く活用すれば中性子のビームタイムを浪費せずに確実な結 晶性の確認ができる有用な装置が生まれるはずです。そこ で私はこの装置を使用可能な状態までもっていくことにし ました。

X 線ラウエ装置の場合、設置されている部屋全体が放 射線管理区域になってしまうため、まずは実験室の中に 間仕切り用の壁を設置し、スペースの有効利用を図りま した。さらに、X 線のシャッターを開けると、隣の実験 室を突き抜けてエレベータホールまで X 線が漏洩してい ることが判明したため、遮蔽をしっかりとしたものに作 り替えました。これらを行うために、アルミ製のスライ ドレールを切断したり、光学系を囲う壁を設置したり (図 1(a)参照)、つまり大工仕事を行いました。大工仕事 は数か月にわたりました。放射線管理区域に関して技術 専門員の野澤さんと何度も打ち合わせをしたことは、今 では良い思い出です。

X線カメラとして最初はイメージングプレートを用いま したが、うまくいきませんでした。Si ウエハを用いれば 長波長X線の透過ラウエ写真は撮れるのですが、加速電圧 をあげて短波長になると、X線がイメージングプレートを 透過してしまうため、うまく撮れなかったのです。そこで 高エネルギーのX線でも撮影しやすいように、シンチレー ションを厚めにした CCD カメラを用いたところ、大変き れいにラウエ写真が撮れるようになりました(図 1(b))。さ らに、ゴニオメータの操作性をよくするため、モータコン トロールのための Labview プログラムを最初の大学院生 の白君が作成しました。また、左右田助教は、ゴニオメー タ用モータコントローラの更新、結晶の位置調整のための 墨だしレーザーの利用と、リモートコントロールのための ウェブカメラの利用を提案してくれました。これらにより 使い勝手の良い測定系が出来上がり(図1(d)参照)、現在で は私の研究室だけでなく、他のグループの方々からも共同 利用装置としてご利用いただいております(表1参照)。

この仕事と平行して、2010年4月から12月にかけて、 研究用原子炉JRR3の三軸分光器 PONTAの共同利用運営 を行いました。大学から携帯電話を支給された際には大変 うれしく思ったものですが、「これはユーザーが装置担当 者を24時間いつでも呼び出すことが出来るようにするた めのものだよ」と聞かされて、複雑な気持ちになりました。 幸い PONTA のユーザーは装置に習熟したグループが多い ため、夜中の急な呼び出しはほとんどありませんでした。 JRR3 が 12 月に計画停止し 2011 年が明けると、1 月に左 右田助教が、4 月に萩原特任研究員が私のグループに参加 し、柏の実験室の立ち上げも加速しました。各種電気炉、 FZ 装置の導入、粉末 X 線装置の購入、比熱測定装置の開 発などが行われました。



図 1: (a) 高エネルギーX 線装置を囲う安全壁の工事の様子。(b) 単結晶試料(正方晶)の透過ラウエ写真。(c) 透過ラウエシステムを用いて軸立された結晶 (d) 高エネルギーX線透過ラウエカメラシステム。仕様は以下の通り。X線源:タングステンターゲット、最大電圧=450 kV、最大電流=10 mA、白色 X線ビームのピークエネルギー=310 keV、(linear absorption coefficient 0.099 cm⁻¹ for Cu, 0.42 cm⁻¹ for Pb)。CCD カメラ: high-speed CCD camera、イメージングサイズ=10cm×10cm (1024×1024 pixels)、試料ステージ: X, Z, ω, RX, RY を PC(Labview)制御

6年度
グル・
(ISS
(お)
(東:
(ISS
(筑)
(東)
(KF
(JA
年度
グル・
(ISS
(ISS
(東)
(東)
(KF
(広

2013		
研究	グループ	日数
吉沢	(ISSP)	19
古川	(お茶大)	5
佐藤	(東北大)	4
益田	(ISSP)	46
高橋	(筑波大)	1
萩原	(東理大)	1
横尾	(KEK)	1
脇本	(JAEA)	5
合計		82
2014	年度	
研究	グループ	日数
吉沢	(ISSP)	13
益田	(ISSP)	38
有馬	(東大)	25
廣戸	(東理大)	2
横尾	(KEK)	10
鬼丸	(広島大)	2

五1 (床切)	Z
山崎(東理大)	6
元屋(東理大)	3
中島 (理研)	3
佐藤(東北大)	6
岩佐 (東北大)	1
田中(東工大)	2
繁岡(山口大)	1
合計	189
2015 年度	
研究グループ	日数
101 / L / / E /	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
吉沢 (ISSP)	6
吉沢(ISSP) 益田(ISSP)	6 59
吉沢 (ISSP) 益田 (ISSP) 有馬 (東大)	6 59 6
吉沢 (ISSP) 益田 (ISSP) 有馬 (東大) 元屋 (東理大)	6 59 6 2
吉沢 (ISSP) 益田 (ISSP) 有馬 (東大) 元屋 (東理大) 佐藤 (東北大)	6 59 6 2 2
吉沢 (ISSP) 益田 (ISSP) 有馬 (東大) 元屋 (東理大) 佐藤 (東北大) 上床 (ISSP)	6 59 6 2 2 2 1
吉沢 (ISSP) 益田 (ISSP) 有馬 (東大) 元屋 (東理大) 佐藤 (東北大) 上床 (ISSP) 山崎 (理科大)	6 59 6 2 2 1 1 2

小林(琉球)	2
合計	77
2016年度	
研究グループ	日数
吉沢 (ISSP)	9
益田 (ISSP)	43
有馬 (東大)	11
田中(東工大)	1
伊藤(KEK)	7
Broholm (JHU)	4
佐藤(東北大)	1
合計	70

表1:高エネルギーX線透過ラウエシステム使用実績

東日本大震災、J-PARC、JRR3 と海外実験 支援プログラム

2011 年の 3 月の大震災では、日本の二つの中性子源 JRR3とJ-PARCの両方が大きなダメージを受けました。 物性研が KEK と共同運営している J-PARC ビームライン BL12 では、³He 検出器(時価約 500 万円/本)が数本破損 して大変な損害が出ましたし、JRR3 では中性子輸送管の ずれ、様々な分光器の不調などが発生しました。多くの 方々の復旧作業により、J-PARCは2012年1月には再稼 働しましたが、JRR3 の方は原子炉の安全審査が必要とさ れているため、6年が経過した現在もまだ稼働しておりま せん。そこで私のグループでは、J-PARC と海外の中性 子実験施設を利用してこの6年間を過ごしてきました。中 性子施設では毎年度共同利用課題の公募を継続しており、 採択されたグループが海外で同じ内容の実験を行う際には 旅費支援を行う海外実験支援プログラムを走らせており、 私たちもその制度を利用してきました。支援を受けた実験 で論文化された仕事としては、左右田稔助教を中心とした マルチフェロイック物質 Ba2CoGe2O7 (スイス PSI)、リ ラクサー磁性体 LuFeCoO4 (スイス PSI)、浅井晋一郎特 任研究員を中心とした二次元凸凹ハニカム格子 Ba₂NiTeO₆ (オーストラリア ANSTO)、白椽大君 (2015 年3月博士号取得)のブリージングパイロクロア Ba₃Yb₂Zn₅O₁₁ (オーストラリア ANSTO)、などがあり ます。また、J-PARC を利用した研究としては本間勇紀 君(2012年3月修士)の酸素分子超結晶、林田翔平君(現 在 D2) のマルチフェロイック物質 NdFe3(BO3)4 などがあ ります。以下では、これらから二つのトピックを選んで説 明を行います。

マルチフェロイック物質におけるスピン・ネマ ティック相互作用の観測

磁性と誘電性が同時に秩序化するマルチフェロイクスは、 2003年にTbMnO3の研究[1]以降、基礎と応用の両面から 大きな注目を集めてきました。理論的には、ミクロな電子 状態をスピン・軌道相互作用と物質の対称性を取り入れて 考慮することにより、スピンの構造と電気分極の構造の関 係についてのモデルが提唱されてきました。実験面では、 数多くのモデル物質で、複雑なスピン構造と電気分極の関 係について研究がなされてきました。しかし、分極間相互 作用と磁気相互作用の間にどのような関係があるかについ てはさほど注目されてきませんでした。その中で、二次元 反強磁性体 Ba2CoGe2O7は、電気分極がスピン演算子の対 称二次テンソル(いわゆるスピン・ネマティック演算子) で表され、磁性と誘電性の関係が非常にシンプルであるこ とが特徴です。またこの物質は、私が物理工学科助手の頃 に指導していた学生のテーマでもあり、思い出深い物質で もあります[2]。図 2(a)に示されるように、Co²⁺イオンの 周囲には O²⁻イオンが四面体配位しており、反転中心が存 在せず、電気分極とスピン・ネマティック演算子は等価に なります。したがって、分極間相互作用をスピン・ネマ ティック相互作用と結びつけることができ、またこれらは 全てスピン演算子により表すこともできますので、磁性と 誘電性の両方を、簡単な形でスピン・ハミルトニアンによ り記述することが可能になります。また、この物質では、 Co²⁺の磁気異方性の主要項は容易面型の単イオン異方性 D(S²)²で表されますが、容易面内の向きは決定されないこ とも、特徴の一つです。

結晶の対称性の考察から、面内の異方性を決める主要項 は、O_{XY}のスピン・ネマティック相互作用項であること が分かりました。たとえば、図 2(b)のように O_{XY} 相関が 反強的な場合には、磁気異方性は[100]方向となり、電気 分極は反強誘電的となります。このことは、磁気異方性の 測定はスピン・ネマティック相関の測定と等価であり、さ らに異方性エネルギーの測定によりスピン・ネマティック 相互作用定数と誘電エネルギーの測定が可能になることを 意味します。そこで左右田助教が中心となって J-PARC の中性子非弾性散乱分光器とスイス PSI の中性子三軸分光



図 2: (a) Ba₂CoGe₂O₇の結晶構造 (b) スピン、電気分極、スピ ン・ネマティック演算子の構造、(a) Ba₂CoGe₂O₇の中性子磁気ス ペクトル (b) 中性子スペクトルの(1,0,0)近傍を拡大したもの。

器による磁気スペクトルの収集を行いました。図 2(c)の磁 気スペクトルに示されるように、Q=(1,0,0)から反強磁性 スピン波が立ち上がる様子が観測されます。Q=(1,0,0)近 傍を拡大すると、図 2(d)のように、0.1 meV 程度の明瞭な 異方性ギャップが観測されました。このスペクトルを、ス ピン・ネマティック相互作用を入れたスピン・ハミルトニ アンで解析すると、図内の白線のように実験結果がよく説 明されました。スピン・ネマティック相互作用定数の大き さは 0.198µeV と見積もられ、このエネルギーは反強誘電 的な誘電エネルギーでもあります。以上のように、中性子 散乱実験により、スピン・ネマティック相互作用が存在す ることが明らかにされ、ネマティックエネルギーと誘電エ ネルギーを見積もることができました[3]。

この物質に電場印加を行い反強誘電的な状態から強誘電 的な状態へと変化させれば、磁気モーメントも[100]方向 から[110]方向へと変化するはずです。そこで左右田助教 は再びスイスへと飛び、偏極中性子を利用した電場下中性 子回折実験を行い、磁気モーメントの電場依存性を調べま した。その結果、磁気モーメントは電場により磁気容易面 内で回転することが観測され、その運動は非弾性実験で見 積もられた誘電エネルギーから予想されるものとコンシス テントであることを明らかにしました[4]。

これらの研究により、磁性イオンの局所的な対称性に反 転中心がなく、かつ結晶の対称性が高い物質では、電気分 極がスピン・ネマティック演算子と等価であり、磁気異方 性の主要項がスピン・ネマティック相互作用になることが 明らかにされました。この場合、誘電エネルギーと磁気異 方性エネルギーは等価であるため、小さな磁気異方性の物 質では、小さい電場でスピンを制御できることを意味しま す。つまり、スピン・ネマティック相互作用を起源とする 磁気異方性は、マルチフェロイックデバイス実用化のため の性能示数ともなっていることが分かりました。このよう に容易面タイプの反強磁性体では高次の摂動項が磁気秩序 や分極構造を決定するため、外場による状態のコントロー ルが容易であることが期待されます。このためBa2CoGe2O7 の類似物質を始め、容易面型反強磁性体のマルチフェロ イック物質の研究は、現在も継続しています。

4. ナノ細孔金属錯体に吸着した酸素分子の磁 気モデル

細孔性金属錯体は、様々な気体を吸着する物質として注 目を集めており、ある種の金属錯体ではナノ細孔内でガス 分子が規則的に物理吸着し、超結晶を形成することが知ら れています[5]。酸素分子の場合、スピン S=1 を有する磁 性分子なので、細孔内で磁性体が実現されます。このよう な酸素超結晶の先駆的研究は大阪大学の森和亮先生のグ ループで行われ[6]、その後いくつかのホスト物質でバル クの磁化率・磁化測定が行われてきました。私は前任地の 横浜市立大学で、森先生のお弟子さんの高見沢先生 (2016 年度物性研客員所員)と知り合う機会を得て、酸 素超結晶の磁気励起を中性子散乱で観測しました[7]。物 性研の三軸分光器を用いたのですが、粉末試料の幅広い波 数-エネルギー空間における磁気励起測定でしたので、時 間のかかる実験でした。というのも、三軸分光器では波数 とエネルギーの4次元空間を0次元カウンターで1点1点 測定していくため、広い空間をカバーするためには数多く の点での測定が必要になるためです。一方、私が物性研着 任後に本格運用されるようになった J-PARC のチョッ パー分光器では、広い波数-エネルギー空間を一度に測定 するため、粉末試料の非弾性実験には最適とされています [8]。大学院生の本間勇紀君、左右田助教とチョッパー分 光器 AMATERAS で測定した吸着酸素分子の磁気励起は 図 3(a)のようになりました[9]。4meV近傍のフラット励起 がスピン S=1 二量体によるもので、図 3(b)にあるように



図 3: (a) 金属錯体 Cu-Trans-1,4-Cyclohexanedicarboxylic Acid に吸着した酸素分子の磁気励起。(b) スピン S=1 ダイマーの 中性子散乱断面積(計算)。(c) 磁化曲線の計算(赤実線) と実験(黒丸)。実験データは文献[6]より。

実験は計算で良く再現されます。また低温の磁化曲線も 同じモデルで再現されることが確認されました(図 3(c))。 一方、温度依存性は単純なダイマーモデルでは説明できま せんでした。これは、ファンデルワールス力を凝集力とす る酸素超結晶は柔らかく、酸素分子の幾何学的な配置とス ピン状態が強く相関しているため、第二励起以上の状態の 記述には、スピンモデルが良い近似にならないためと考え られました。これは酸素超結晶磁性体と金属酸化物磁性体 との大きな違いで、今後さらに研究を進めるべき点と考え ています。現在は、金属錯体の水素を重水素に置換した良 質な試料での研究を継続しています。

5. J-PARC BL12 分光器

物性研中性子施設が KEK と共同で運営している High Resolution Chopper(HRC)分光器は、通常のチョッパー 分光器としての性能を有するとともに、小角散乱の測定が 可能である点と 1eV 程度の高エネルギー領域の測定が可 能である点が特徴です。私が着任した2010年時点でKEK 伊藤晋一教授と物性研佐藤卓元准教授によって当該分光器 はほぼ完成しており[10]、一般共同利用プログラムが開始 されていました。そこで佐藤先生が東北大多元研に異動さ れた後、私のグループでは共同利用プログラムをサポート すると同時に、試料環境機器の導入により様々な外場環境 での中性子実験ができるように努力をしました。約3時間 でT=3Kに到達するGM冷凍機の導入により、効率的な 中性子実験が可能になりました。JRR3 で使用されてきた 液体ヘリウム型冷凍機に専用アダプタを作成し J-PARC 分光器でも使用可能にしました。今年度は物質設計評価施 設の上床先生と共同でピストン型圧力セルの導入を行い、 0.5g 程度の単結晶を用いた 1.4GPa の高圧下での非弾性散 乱スペクトルの収集に成功しました。14T 超伝導磁石につ いては、導入について詳細な検討を行いましたが、分光器

に用いられている鉄材の影響が大きく安全な運用が困難で あることが判明したため、HRC での使用は当面見合わせ、 JRR3 などで使用することになりました。

6. JRR3 三軸分光器およびその周辺

再稼働に備えて分光器及びその周辺部の改良を行いまし た。三軸分光器 PONTA では、従来透過型ホイスラーモノ クロメータを利用した偏極中性子実験が行われてきました が、透過率が低いこととモノクロメータ結晶サイズが小さ いことから、非偏極中性子の実験と比べて中性子強度はお およそ 1/50 程度でした。このため、偏極非弾性散乱実験 を行うことは困難でした。そこで中性子スーパーミラーを 利用したV型偏極子を利用することで、偏極中性子強度の 増強を図ることにしました。Fe/Si スーパーミラーでは、 上向きスピンと下向きスピンの中性子の全反射臨界角が異 なっており、この性質を利用すると上向きスピンだけを取 り出すことが出来ます。たとえば図1(a)の上段図のように V字にスーパーミラーを配置すると、臨界角の大きな下向 きスピンはV字の外側で反射されて光路の外に追い出され ますが、臨界角の小さな上向きスピンは V 字スーパーミ ラーを透過し、光路の中を進み続けるため、出口での中性 子の偏極度に偏りが生じます。さらに図1(a)下段のように V字を2つ設置すると、1つ目のV字を潜り抜けてきた下 向きスピンも、二つ目のV字で外に追い出されるため上向 きスピンだけを取り出すことが出来ます。PONTA に導入 される偏極子は、図 4(c)に示されるように幅広い中性子波 長領域で高い偏極率と透過率を示しています。これを利用 することにより、高強度偏極中性子の生成が可能となり、 非弾性散乱実験が可能になると期待されます。

冷中性子三軸分光器 HER は、10meV 程度以下の低エ ネルギー励起の測定に特化した分光器です。このエネル ギースケールは、10 ~ 20 T 程度の超伝導磁石のゼーマン



図4: (a) V 字スーパーミラー偏極子の原理。上向きスピン(水色) だけが取り出される様子が示されている。(b)PONTA に導入 された V 型偏極子。(c) V 型偏極子の透過率と偏極率。

エネルギーとマッチしているため、先に述べた 14T 超伝 導磁石を利用すると有意義な実験が可能となります。しか し、既存の HER では分光器のモノクロメータ遮蔽体に鉄 材が用いられているため、高磁場の安全な印加は不可能で した。そこで、遮蔽体の鉄材をステンレスに置き換える非 磁性化を行いました。遮蔽計算を行い、改造後も中性子や 放射線の遮蔽が十分に保たれるような遮蔽体の設計を行い ました。遮蔽体本体は既に完成しており、設置作業は原子 力規制庁からの許認可後(2017 年度)に行います。 PONTA 偏極子と HER 遮蔽体の設計では、中性子施設の 技術職員の皆様に大きな協力を頂きました。

7. おわりに

研究室年表にありますように、2015年度に最初の博士 課程大学院生の白椽大君が学位を取得しました。二人目の 林田翔平君は、この3月に第2回日本物理学会領域3学生 奨励賞の受賞が決まりました。今年は最終学年ですので学 位取得の正念場となります。研究室発足8か月後に着任し た左右田助教は、第10回(2016年)日本物理学会若手奨 励賞と14回(2016年)中性子科学会奨励賞の二つを受賞 し、独立研究者への道を進みつつあります。私の研究室で 過ごしてきたメンバーたちが自立していく様子を見るのは 感慨深いものがあります。今後も大学院生や研究スタッフ の方たちとともに、中性子を利用した物性研究を推進して いきたいと思います。また、2017年度末にJRR3が稼働 する見込みとの見解が日本原子力機構から発表されました。 再稼働後は東海の技術職員の方々と協力してJRR3中性子 分光器の共同利用業務にも力を入れたいと思います。

- T. Kimura, T. Goto, H. Shikanai, K. Ishizaka, T. Arima, and Y. Tokura, Nature 426, 55 (2003).
- [2] T. Sato, T. Masuda, and K. Uchinokura, Physica B 329-333, 880 (2003).
- [3] M. Soda, M. Matsumoto, M. Mansson, S. Ohira-Kawamura, K. Nakajima, R. Shiina, and T. Masuda, Phys. Rev. Lett. **112**, 127205 (2014).
- [4] Minoru Soda, Shohei Hayashida, Bertrand Roessli, Martin Mansson, Jonathan S. White, Masashige Matsumoto, Ryousuke Shiina, and Takatsugu Masuda, Phys. Rev. B 94, 094418 (2016).

- [5] R. Kitaura, S. Kitagawa, Y. Kubota, T. C. Kobayashi, K. Kindo, Y. Mita, A. Matsuo, M. Kobayashi, H.-C. Chang, T. C. Ozawa, M. Suzuki, M. Sakata, and M. Takata, Science **298**, 2358 (2002).
- [6] W. Mori, T. C. Kobayashi, J. Kurobe, K. Amaya, Y. Narumi, T. Kumada, K. Kindo, H. Aruga Katori, T. Goto, N. Miura, S. Takamizawa, H. Nakayama, and K. Yamaguchi, Mol. Cryst. Liq. Cryst. 306, 1 (1997).
- [7] Takatsugu Masuda, Satoshi Takamizawa, Kazuma Hirota, Masaaki Ohba, and Susumu Kitagawa, J. Phys. Soc. Jpn. 77, 083703 (2008).
- [8] 検出器単位面積単位時間当たりでの測定効率は、ビーム集光による強度増強が行われている3軸分光器の方が優れているため、狭い波数-エネルギー空間での外部変数依存性(温度、磁場、電場など)を測定するには3軸分光器の方が効率的と言われています。
- [9] Minoru Soda, Yuki Honma, Satoshi Takamizawa, Seiko Ohira-Kawamura, Kenji Nakajima, Takatsugu Masuda, J. Phys. Soc. Jpn. 85, 034717 (2016).
- [10] Shinichi Itoh, Tetsuya Yokoo, Setsuo Satoh, Shinichiro Yano, Daichi Kawana, Junichi Suzuki, Taku J Sato, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A631, 90 (2011).

研究室年表

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016		
所員		立动的"小型"。							
助教		左右田稔							
補佐員	長澤時子	大串彩子				羽部なおみ	飯高智子		
補佐員	西江	E和							
PD		萩原雅人				萩原雅人			
PD						浅井晋一郎			
D3						白椽大			
D2					白椽大		林田翔平		
D1				白椽大		林田翔平			
M2			白椽大		林田翔平	尾山拓彌	吉田俊也		
			本間勇紀						
M1		白椽大		林田翔平	尾山拓彌	吉田俊也	飯田晋介		
		本間勇紀					加藤大輝		
研究生							長谷川舜介		



図5:2016年度研究室メンバー集合写真

.....