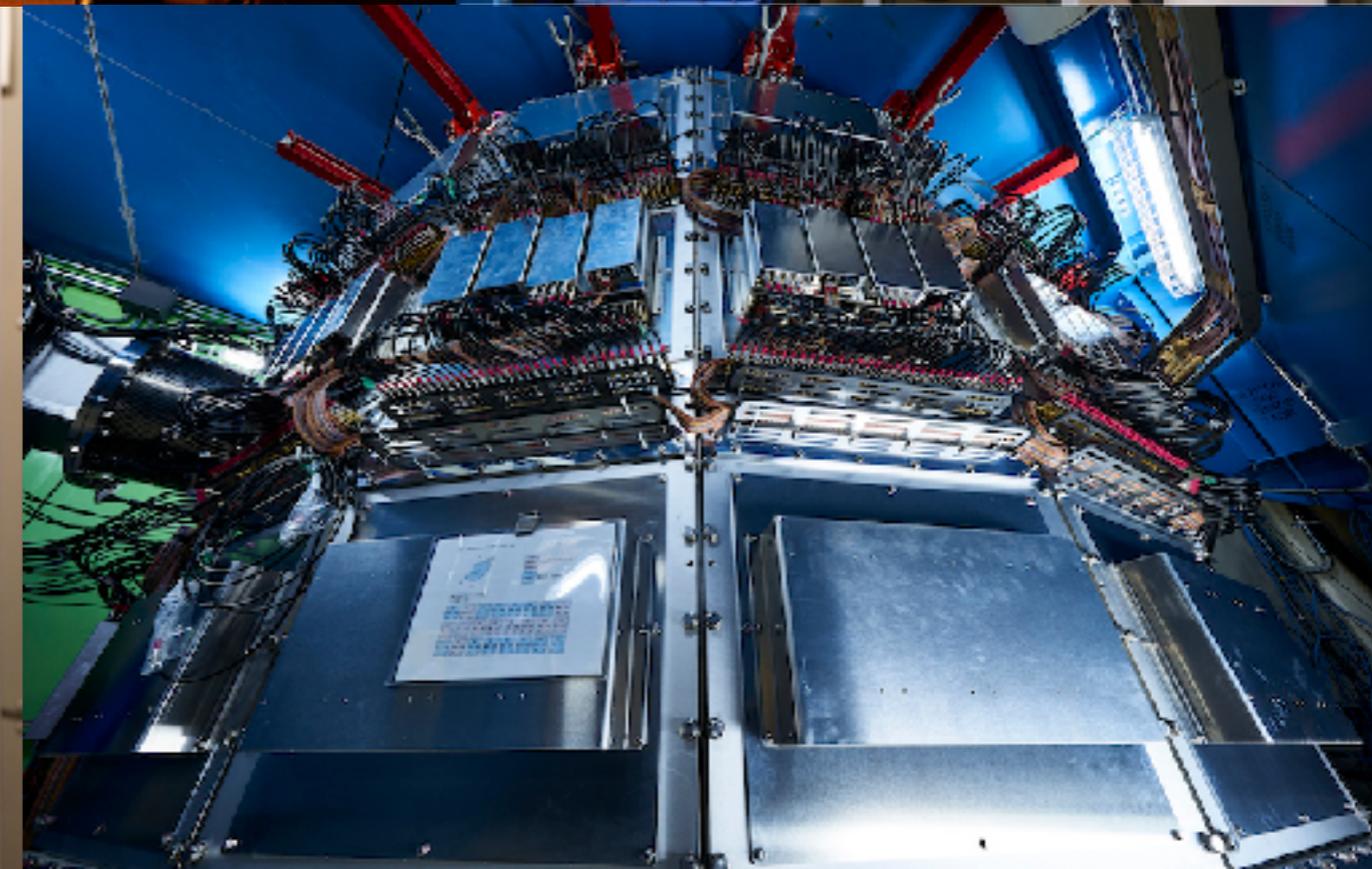
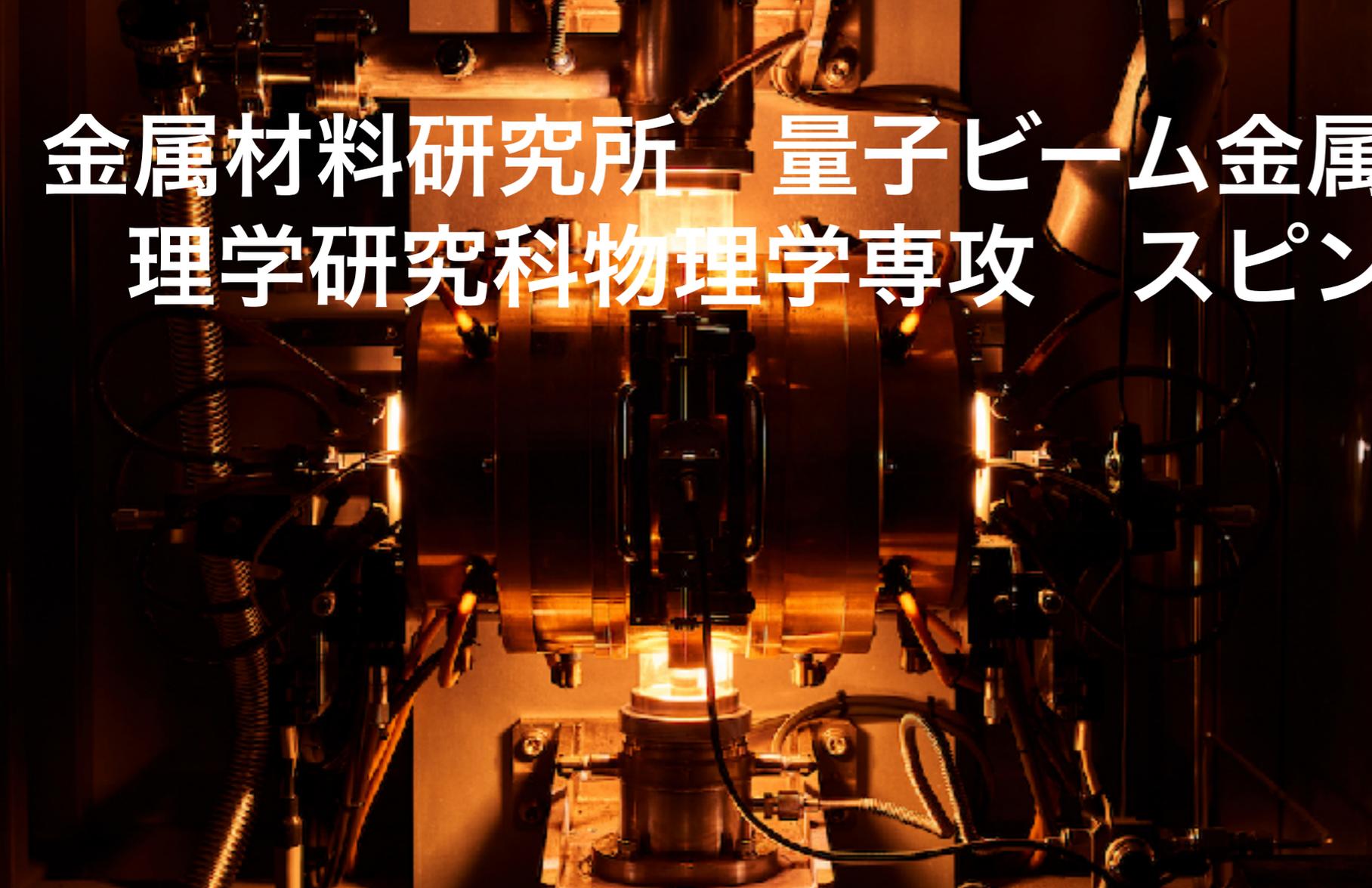


# 金属材料研究所 量子ビーム金属物理学研究部門 理学研究科物理学専攻 スピン構造物理講座





金属材料研究所 量子ビーム金属物理学研究部門  
 理学研究科物理学専攻 スピン構造物理講座  
 藤田研究室 <http://qblab.imr.tohoku.ac.jp/>



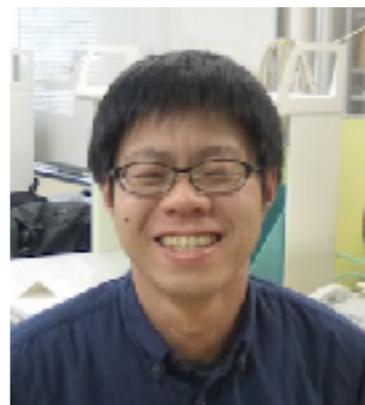
教員



藤田教授



南部准教授



谷口助教



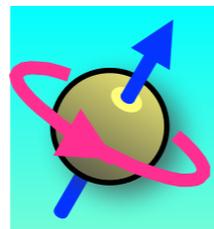
池田助教

2014年1月に  
新研究室が発足

教授： 藤田 全基 (2014年1月に金研・他研究部門より昇任)  
 准教授： 南部 雄亮 (2015年4月に多元研より着任)  
 助教： 池田 陽一 (2016年4月に東大物性研より着任)  
 助教： 谷口 貴紀 (2019年4月に京大理よりPDで加わり， 8月に助教に昇任)

研究対象

- 超伝導体のスピン・電荷・軌道・格子揺らぎ  
銅酸化物超伝導体、鉄系超伝導体、重い電子物質
- 幾何学的スピンプラストレーション系のスピン揺らぎ
- スピントロニクス基盤物質のスピン揺らぎ
- 複合アニオン化合物の磁気構造決定
- 構造・機能材料の結晶・磁気構造決定  
ハイエントロピー合金、スーパーエリンバー合金



スピンが関与する量子物性と構造物性

研究手法と装置運用

- 中性子ビームの利活用
- 放射光X線、ミュオンの利活用
- 偏極中性子デバイスの開発
- 試料作成環境の整備と利活用  
-大型研究施設の装置運用-
- 研究用原子炉JRR-3の中性子散乱装置の管理運用
- J-PARCの中性子散乱装置の建設運用 (東北大7.2億円)

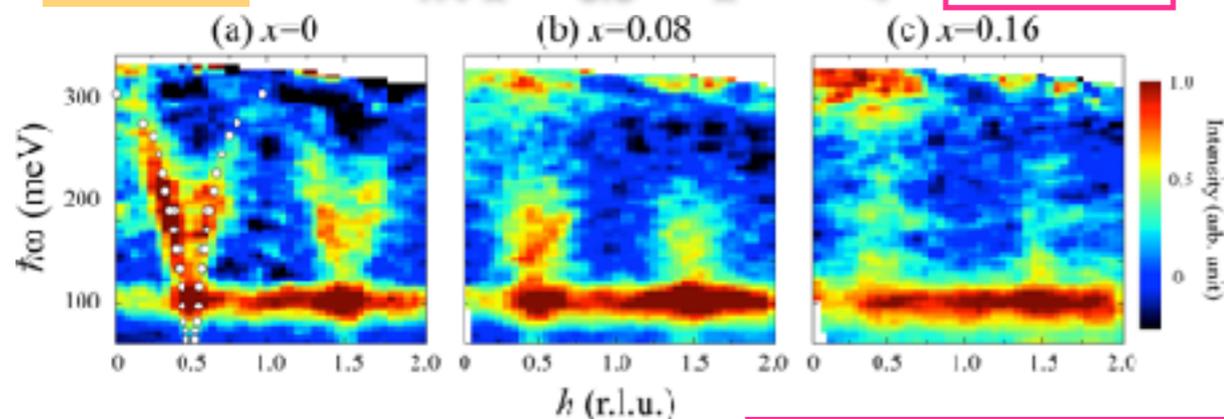


中性子を基軸とする量子ビームの利活用

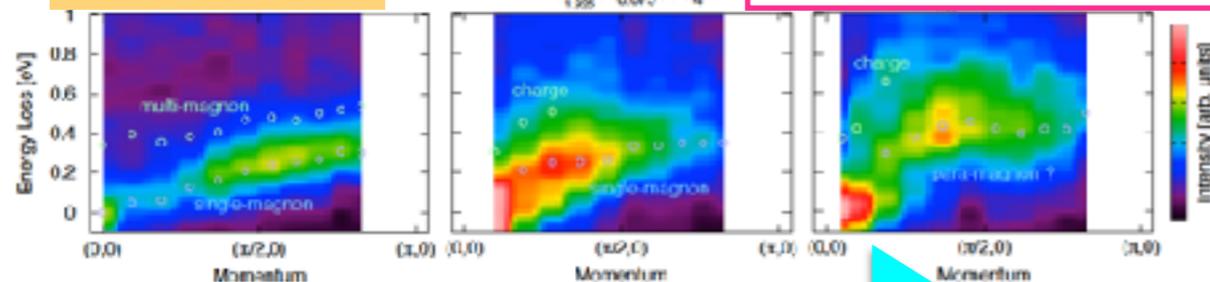


### 中性子散乱と硬・軟X線散乱

中性子  $\text{Pr}_{1.4-x}\text{La}_{0.6}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$  **磁気励起**



硬X線・軟X線  $\text{Nd}_{1-2x}\text{Ce}_{2x}\text{CuO}_4$  **電荷励起+磁気励起**



Mott絶縁体

電子ドーピング

超伝導体

三種類の量子ビームで  
スピン・電荷励起の電子濃度依存性を始めて解明

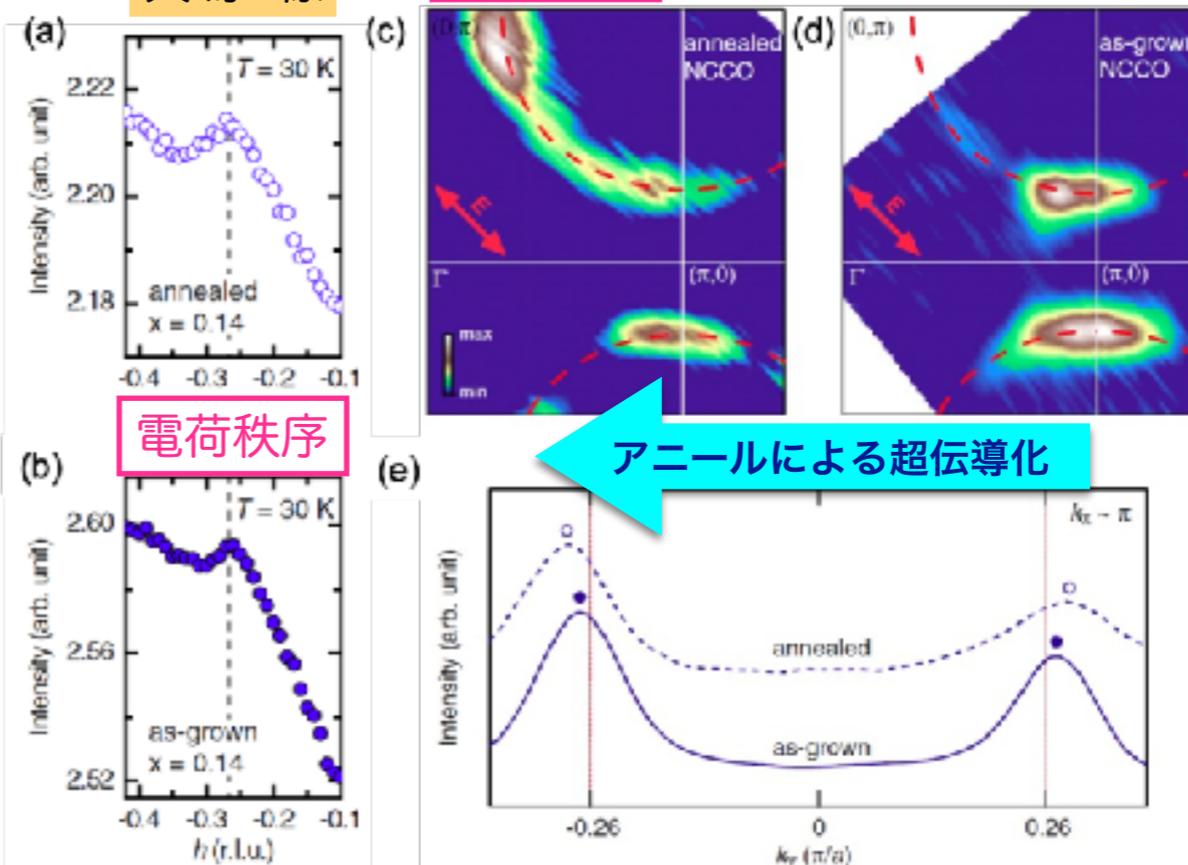
高エネルギー磁気励起状態が電子ドーピング型高温超伝導体に存在することを示した  
K. Ishii, M. Fujita, T. Sasaki, Nature Commun. **5**, 4714 (2014).  
プレスリリース 2014. 4.

### 共鳴軟X線散乱と光電子分光

共鳴X線

Fermi面

角度分解光電子分光



アニールによる超伝導化

電荷秩序がフェルミ面の変化に対応せず、  
超伝導の発現とは無関係であることを解明

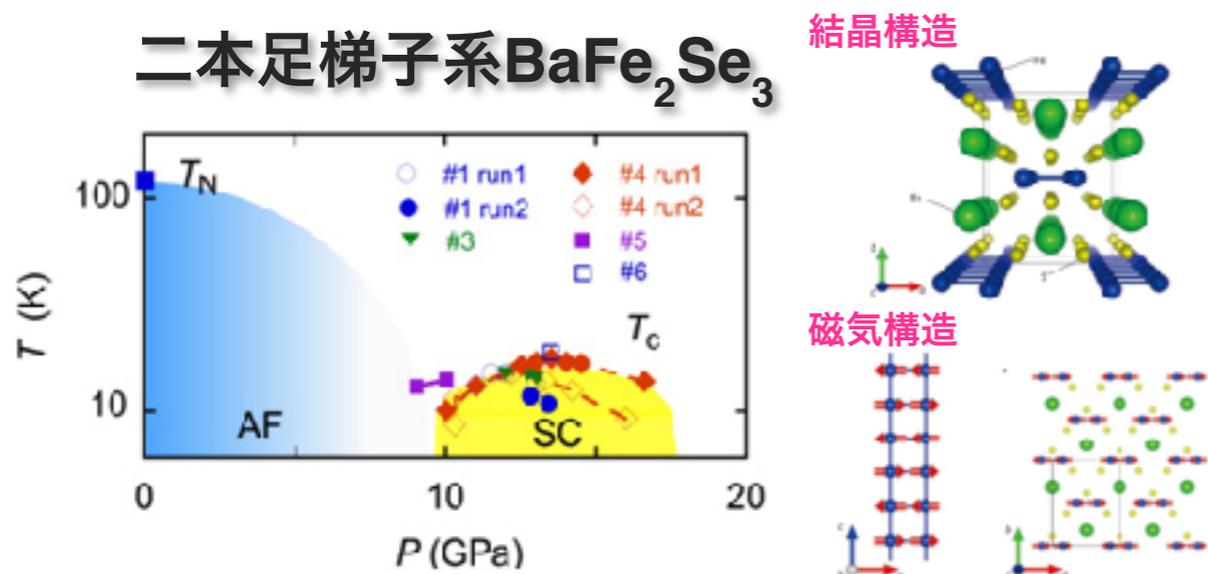
電荷秩序の起源が、ホールドーピング型高温超伝導体とは異なることを示した  
H. Jang, S. Asano, M. Fujita, Phys. Rev. X **7**, 041066 (2017).  
プレスリリース 2018. 1.

ホールドーピング型高温超伝導体との共通点を解明



### 新規超伝導体の構造決定 (中性子回折測定)

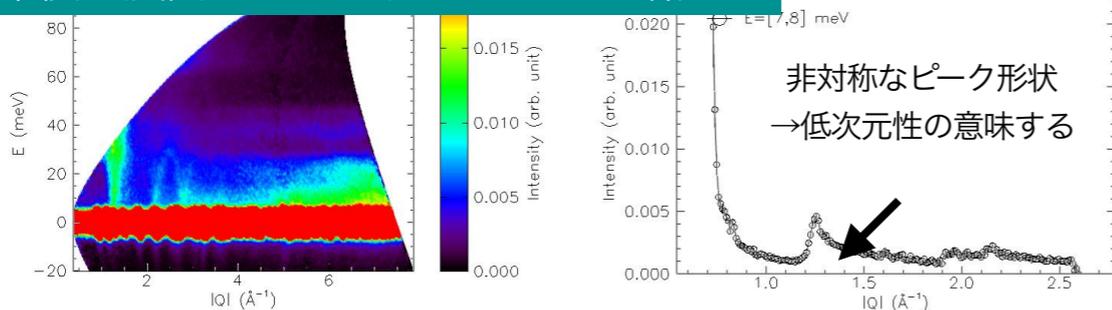
#### 二本足梯子系 $\text{BaFe}_2\text{Se}_3$



鉄梯子系での超伝導の実現と常圧相の結晶・磁気構造の決定に成功

H Takahashi, Y. Nambu, Nature mater. **14**, 1008 (2015).  
プレスリリース 2015. 7.

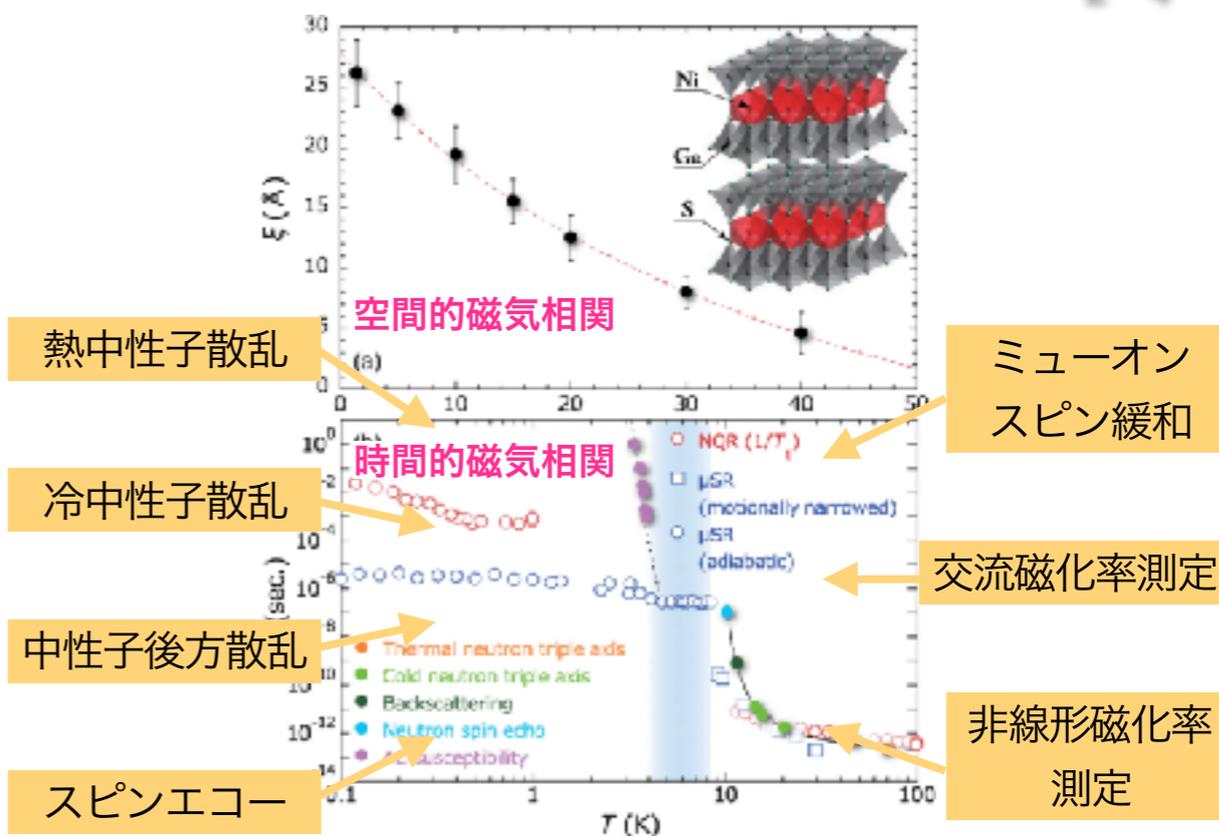
#### 今後の展開：スピンドYNAMICS研究へ



T. Hawai, Y. Nambu, (unpublished data)

### 多種の測定手法によるスピン揺動の包括的研究

#### 幾何学的フラストレーション系 $\text{NiGa}_2\text{S}_4$

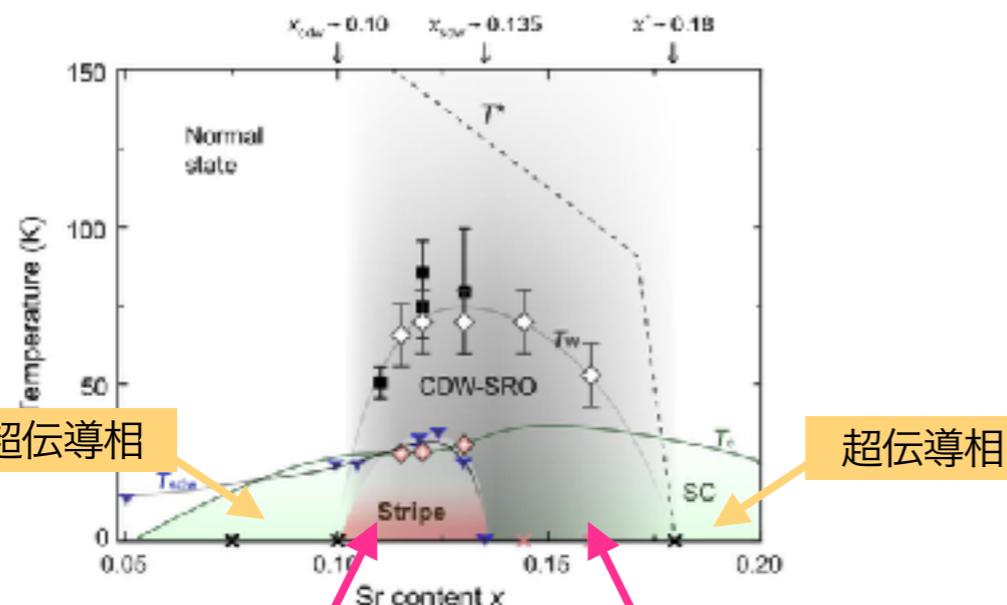


時間分解能の異なる測定により磁気揺動の時間スケールを定量的に解明

Y. Nambu, Phys. Rev. Lett. **115**, 127202 (2015).  
プレスリリース 2015. 9.

スピンの静的構造から動的相関までの詳細を決定

### 高品質単結晶に対する高効率精密共鳴X線回折実験



超伝導相

超伝導相

電荷秩序相1 (超伝導と競合)

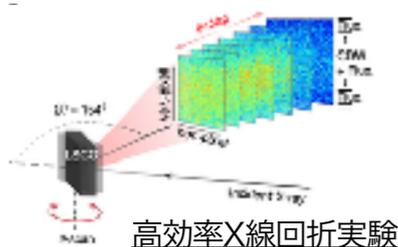
電荷秩序相2 (超伝導と共存)

超伝導と共存、競合する二種類の電荷秩序を発見

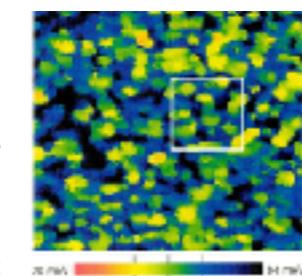
高い超伝導転移温度を示す物質の電子状態の理解に貢献

J.-J. Wen, M. Fujita, S. Asano, Nature Commun. **10**, 3269 (2019).  
プレスリリース 2019. 8.

今後の展開：逆空間から実空間での研究へ



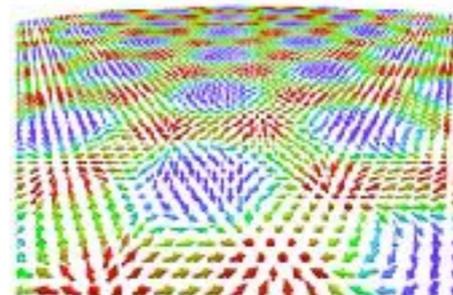
X線のビーム集光により、電子状態密度の空間不均一性との関係解明へ→  
超伝導と電荷秩序の共存状態の微視的理解



CuO<sub>2</sub>面の電子状態密度

### 磁場・電流印可状態での中性子散乱実験

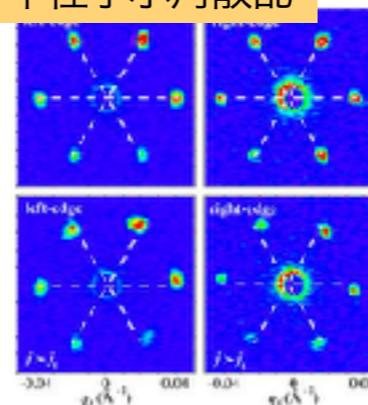
磁気スキルミオンの実空間イメージ



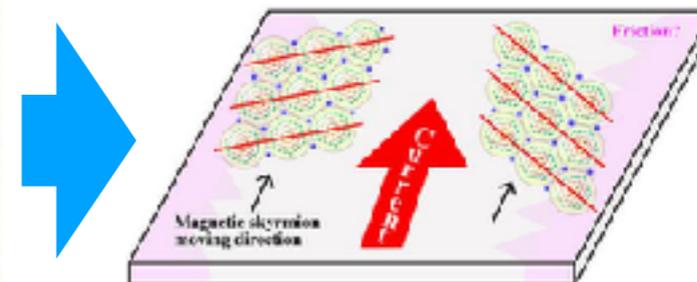
カイラル磁性体MnSiの磁場下で生成される磁気スキルミオンはわずかな電流密度で駆動される (エネルギー、情報の新しい媒体となる)

↓  
電流印可状態でのスキルミオンの微視的挙動を中性子小角散乱で調べる

中性子小角散乱



電流下での挙動イメージ



[http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/sato\\_tj/wp-content/uploads/sites/71/fig\\_01.jpg](http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/sato_tj/wp-content/uploads/sites/71/fig_01.jpg)

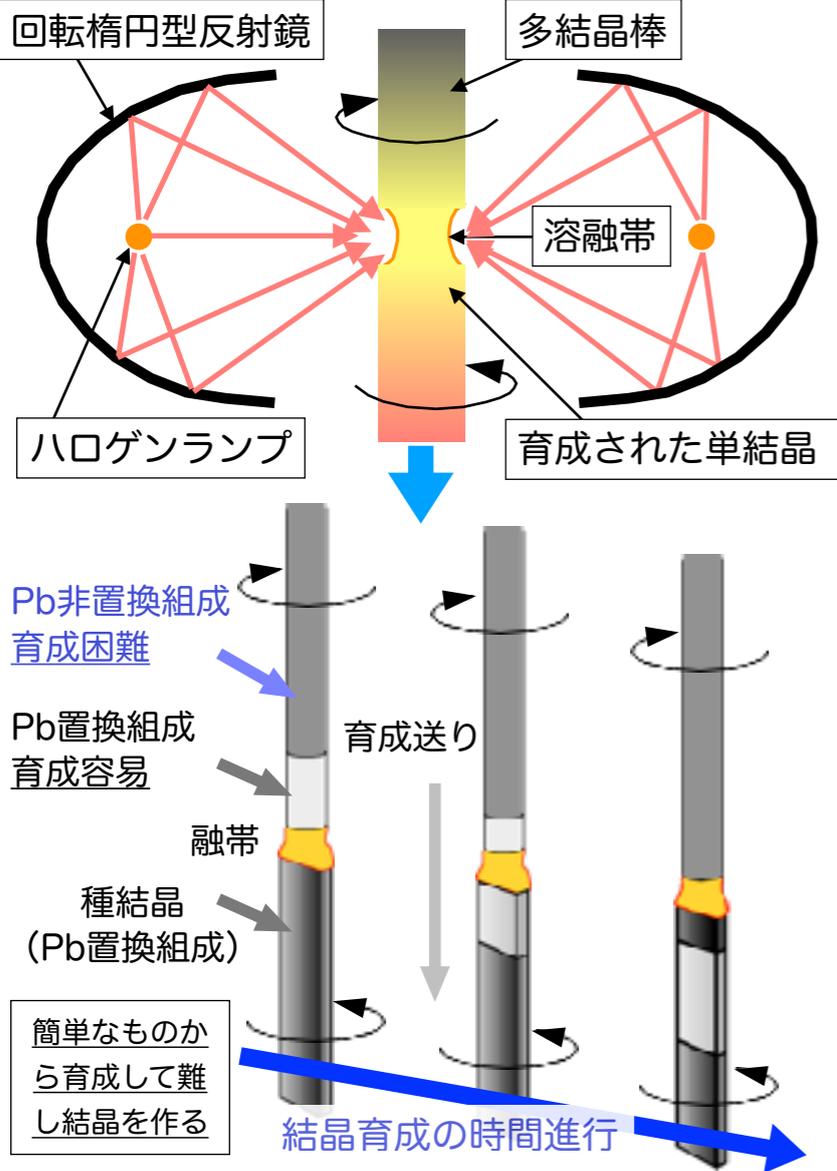
流動中の磁気スキルミオン格子の変形挙動観測に成功

磁気スキルミオン格子は流動状態においても格子構造を保つ  
流動状態の磁気スキルミオン格子は塑性変形を示す→ 試料端で摩擦力が働いている  
→ 省エネルギーデバイスの実現に貢献

D, Okuyama, Y. Nambu, Commun. Phys. **2**, 79 (2019).  
プレスリリース 2019. 7.

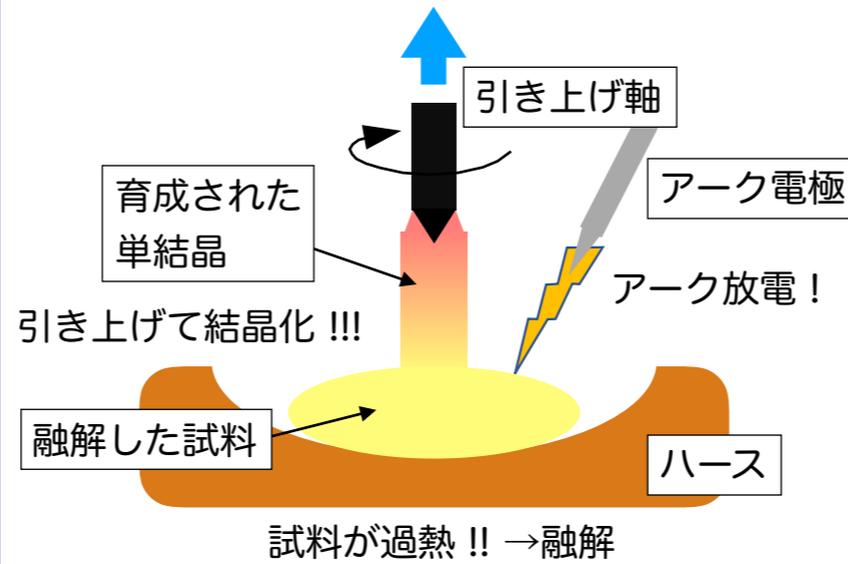
試料の高品質化と実験環境の高度化による成果

## 浮遊帯域溶融法

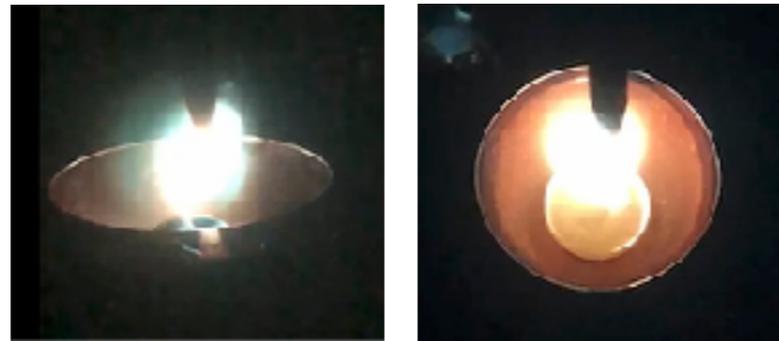


- 楕円鏡のひとつの焦点にランプがあり、もう一方の焦点に溶融帯を形成します
- 溶融帯は表面張力で保たれるため不純物の混入がなく、純良な結晶が作成できます

## アーク放電溶解法



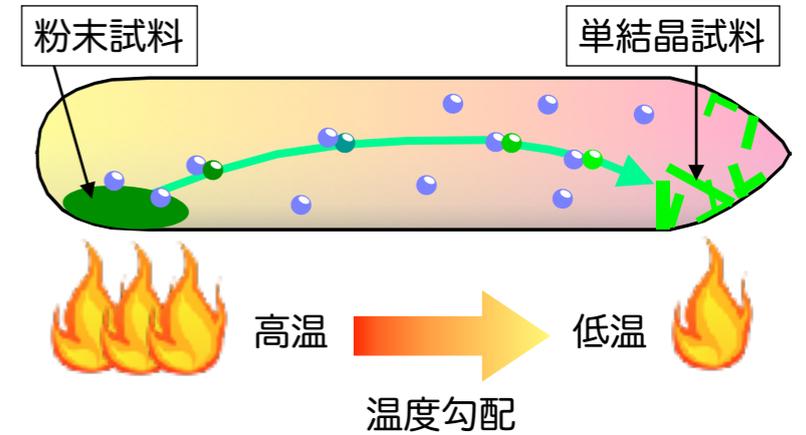
本研究室での作成状態



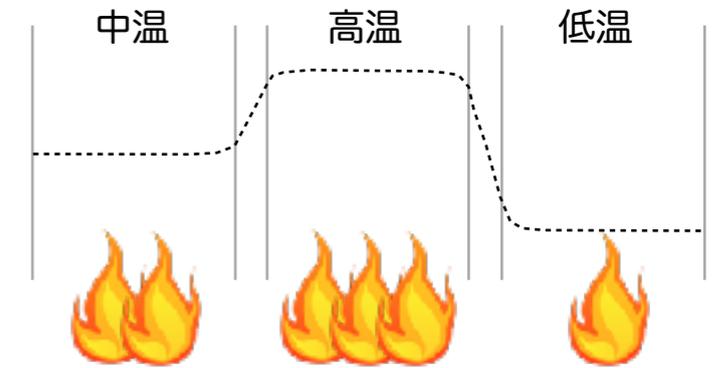
横から見た育成状態 上から見た育成状態

- 合金試料の合成が可能です
- アーク放電により原料を加熱して(雷で加熱するイメージ)溶かします
- 溶解した原料を引き上げ結晶化します
- Ar雰囲気中の試料合成が容易にできます

## 化学気相輸送法

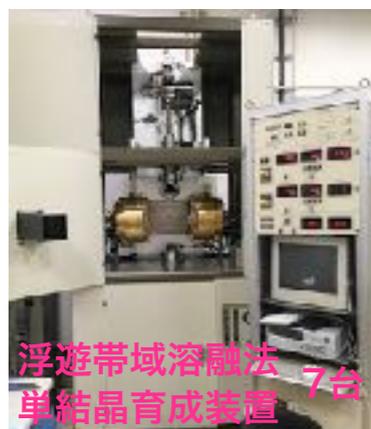


三カ所の温度を独立に制御することで、試料合成に適した温度勾配を作る



- 石英管内に粉末試料と気体輸送媒体（ヨウ素など）を封じます
- 20 cm間隔、三つの位置で温度(温度勾配)の制御を行います
- 輸送媒体によって粉末試料が低温側に運ばれ、低温側でレンガを積むように単結晶試料が合成されます

## 充実した試料作成・評価環境



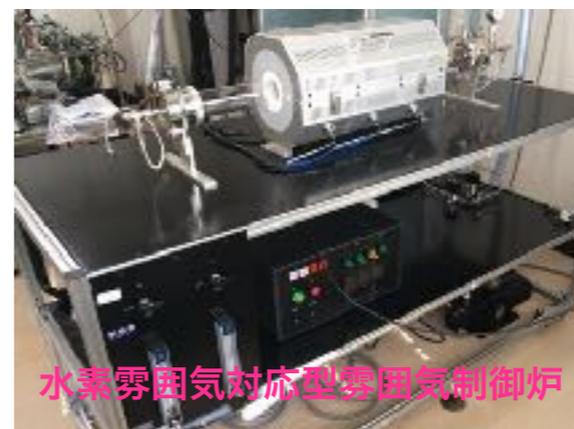
浮遊帯域溶融法  
単結晶育成装置 7台



モノアーク炉



化学気相成長法 単結晶育成装置



水素雰囲気対応型雰囲気制御炉



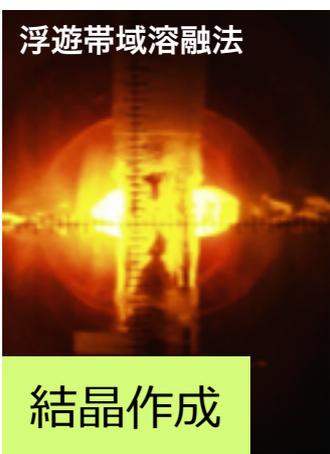
物性測定システム

## 2019年度に結晶育成で研究室に滞在された方（12月末まで）

氏名（所属）	作成試料	用途	延べ滞在日数
池内 和彦（総科機構）	銅酸化物高温超伝導体	中性子およびX線散乱実験用結晶	9日
宮崎 正範（室蘭工大）	層状ペロブスカイト酸化物	中性子散乱および $\mu$ SR実験用結晶	10日(学生1名含む)
飯沼 昌隆（広島大）	La系ペロブスカイト酸化物	素粒子実験用高偏極La標的結晶	32日(学生1名含む)
小林 力（琉球大学）	4f電子系化合物	中性子散乱実験用結晶	5日
Ruihua He（西湖大学）	銅酸化物高温超伝導体	角度分解光電子分光実験	28日

## 研究室での日々の活動

継続中の国際共同研究：20件以上



浮遊帯域溶融法

結晶作成



銅酸化物高温超伝導体



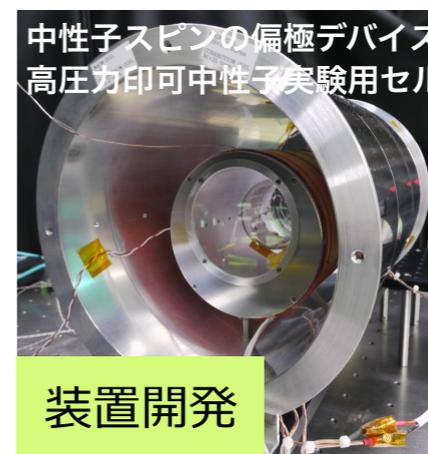
電気抵抗, 磁化など

物性測定



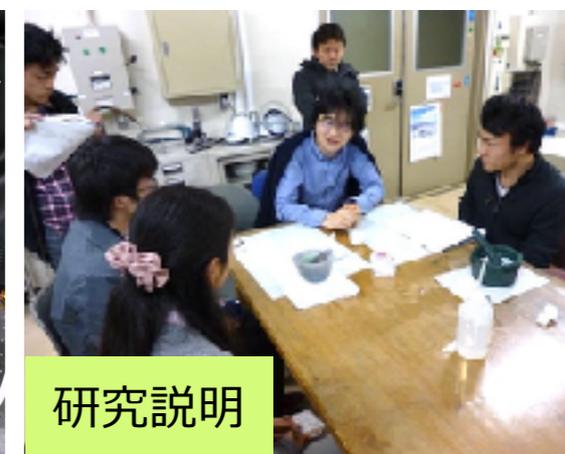
中性子散乱実験のデータ解析

解析



中性子スピンの偏極デバイス  
高圧力印可中性子実験用セル

装置開発

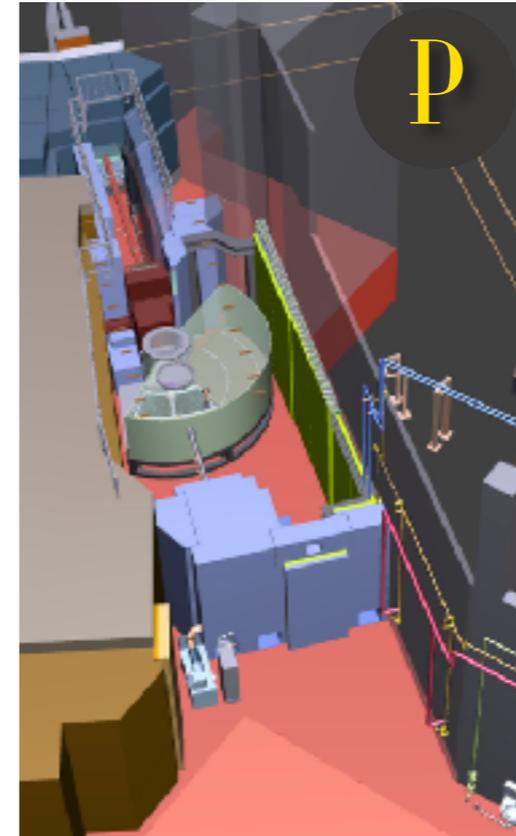


研究説明

## 茨城県東海村



Bird-View of J-PARC 01  
©J-PARC



(P) POLANO  
偏極中性子チョッパー分光器

(A) AKANE  
三軸中性子分光器

(T) TOPAN  
偏極中性子三軸分光器

(H) HERMES  
高能率中性子粉末回折装置



### 大強度陽子加速器施設 物質・生命科学実験施設

偏極中性子分光器を設置 (2019年4月から一般課題を実施中)

当研究室のスタッフが管理運用する

### 研究用原子炉施設

三台の中性子散乱装置を設置、共同利用に供している  
但し2010年11月以降原子炉の運転停止が続いている  
(2021年2月に再稼働予定)



# 研究室学生 (2019年度)

9/12

## 現在の所属学生

- 博士前期課程：5名 (M2が3名、内2名が進学希望、M1が2名、内1名が進学希望)
- 博士後期課程：2名 (D3が企業に就職予定→量子ビームサイエンスに従事、D1に1名)
- 4年生：2名 (博士前期課程に進学予定)
- 研究生：研究室への加入手続き中

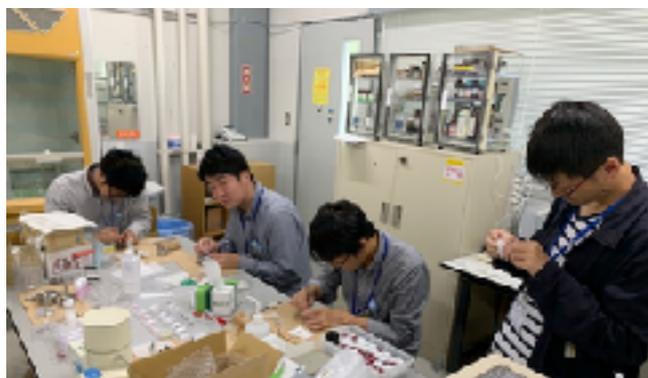
スタッフと仲が良い  
(藤田私見)

## 学生の経験

- 国内外での実験、学会や国際会議での発表：多数
- 学外の勉強会などへの参加 (5件実施、4件予定)
- 大型研究施設でのインターン実習 (希望する学生)
- 論文執筆、学生実験課題の申請
- 基礎ゼミ、物理学のフロンティアなどでのTA



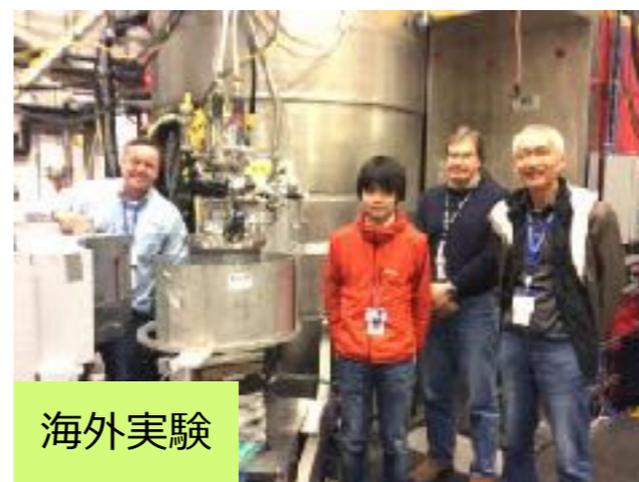
スタッフと共に国内外の先端研究施設で実験を実施し、学会発表を行います



大型研究施設での実験の準備



大型研究施設での実験



海外実験



学会発表



# 研究室学生の自主的課外活動 (2019年度)

10/12

研究室での勉強に留まらず、「若手の学校」などにも参加して知識を広げる機会があります。学外の若手研究者や同年代の学生とも知り合いになれます。



この夏、  
研究者になろう!

第13回 大学生・高専生のための素粒子・原子核スクール 特別講演 小林 誠先生  
高エネルギー加速器研究機構 特別栄誉賞 2008年ノーベル物理学賞受賞

## サマーチャレンジ

宇宙、物質、生命 — 21世紀の謎に挑む  
開催期間 ▶ 2019年8月20日(火) - 28日(水) 申込期間 ▶ 2019年4月中旬 - 5月21日(火)  
参加費・旅費無料

https://www2.kek.jp/ksc/

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 (KEK)

当研究室の学生が  
どこかにいます

<https://www2.kek.jp/ksc/>

3年生向けスクールにM2学生がTAで参加

### 第8回対称性・群論トレーニングコース

総研大・高エネルギー加速器科学研究科共通講義  
英語コース: 2019年7月22-26日、日本語コース: 2019年7月29-8月2日 @ KEK, Tsukuba



専門知識を取得するための基礎勉強会  
(高野山で行われた勉強会にも1名参加)

<http://pfwww.kek.jp/trainingcourse/8th/index.html>



浅野君  
いた!

写真は2015年度のもの

<https://neutron.cross.or.jp/ja/news/topics/151218top/>

中性子・ミュオン国際スクールに2名参加

## その他の風景



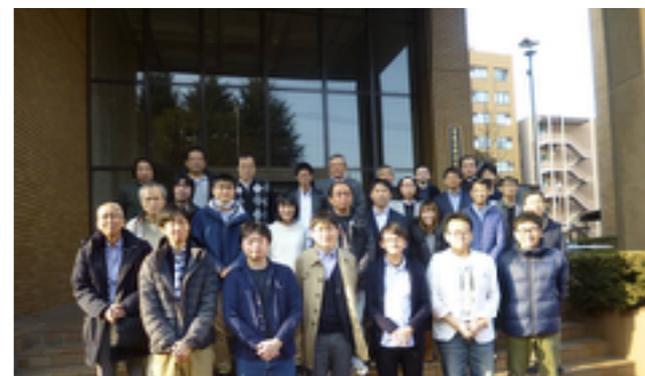
自主ゼミ (上田和夫先生の『磁性入門』)



学生同士の議論



現状報告会 & 合同セミナー



若手研究会(学生主催)



広報活動



実験施設の見学



中性子散乱施設へのインターン



中性子若手の学校の開催



どんと祭



研究室合宿



芋煮会



忘年会

OB,OGも参加  
(会社の話しも聞ける)

良ければ参加下さい  
雰囲気がわかります

スピン物性と先端計測技術の専門研究室で、新しい研究を一緒に始めてみませんか。

大強度陽子加速器施設のパルス中性子源に建設を進めている最先端の中性子散乱装置が稼働を始め、2010年以降停止していた定常中性子源JRR-3の再稼働を目前に控えた絶好の機会です。



**お待ちしております。**



# 学生の声, 新スタッフの声

## 浅野 駿 君(2019年度 D3)

関西学院大学から藤田研究室に進学し、早や5年目となりました。藤田研究室における研究活動では、大型施設における量子ビーム実験を通して多くの学外研究者と共同研究をすることができます。実験期間中、共同で実験をするため、非常に深く物理の議論をすることができます。さらに、量子ビームを自身の研究に活用するだけでなく、量子ビームサイエンスの方向性や問題点など、より広い視点から物事を考える機会を多く頂けます。これらの研究活動を通して、今後の人生をかけて、量子ビームサイエンスに貢献したいと考えるようになりました。藤田研究室は、主体的に学外の研究者と共同で研究を進めることができる、とても良い環境であると思います。

## 川又 雅広 君(2019年度 B4)

私が4年生の研究室配属で藤田研究室を希望した理由は、物性実験の研究室でありながら、中性子線やX線などの量子ビームを用いた大型施設での実験ができるからです。研究室で行う実験としては、自分の手で自分の使う物質を作ることができます。また、物性に行きたいけれども、素粒子原子核実験のように大型施設も使ってみたい、と考えている方にオススメです。さらに、世界の最先端で活躍されている先生方との交流も多くあり、非常に刺激的な日々を送れています。

## 高濱 元史 君(2019年度 B4)

私は研究室を選ぶ際に「どうやって試料を作るのか」と「それをどのように測定するか」を考えて決めました。藤田研究室では単結晶育成する装置が充実しており、数センチの大きさで単結晶を作ることができます。手に取れる結晶の中で結晶軸がそろっているところに魅力を感じ、自分で単結晶を作ってみたいと思いました。また、量子ビームを用いた測定にも興味があったので藤田研究室を選びました。

## 北澤 崇文 君(2019年度 M1)

私は学部生のときに、希土類元素(レアアース)を含む化合物の物性研究をしていました。希土類化合物で見られる特有の現象を勉強するにつれて、量子ビームを使った測定に興味を持つようになり、試料作製と両立できる研究室を探した結果、藤田研究室に辿り着きました。自主性を大切にする研究室で、スタッフや学生と議論しながら、自分のペースで研究を進められる環境に、日々感謝しています。また、国内外での学会やセミナーといった研究分野を広げる機会に対するサポートもあり、そのような環境も提供しているのは藤田研究室の特権だと思います。

## 唐 一飛 君(2019年度 M1)

私は学部の時には材料物理を専攻しており、物理の基本的な理論から、材料の組成と性能の関係を学んだ。いまは藤田研究室で量子ビーム金属の研究を進める。スピントロニクスに関係する磁性体の動的磁性に関する研究を進めて行くためには、結晶や磁気構造や格子やスピンなどの構造に関する知識を勉強している。私はこれまで研究生として、スピンパイエルズ現象を研究するため、Floating Zoneという手法でCuGeO<sub>3</sub>物質の単結晶を育成して、結晶の磁化率を測定した。東北大学金属材料研究所在学中にスピントロニクス基盤物質のスピン物性の解明に、中性子散乱法などの量子ビーム実験を主な手法として取り組みたい。金属材料研究所は世界的に有名な研究機関であり、世界の第一線で活躍する教員がたくさん集まっており、物性研究をカバーしている。私はスピンに関する量子現象に興味をもっており、今まで大学で学んだ知識を活かして、藤田研究室で先生と先輩のアドバイスをいただきながら、スピン物性の新しい発見を目指して、よい成果を出していけるように頑張る。これ後も学生として、専門性の高い講義で優秀な成績をおさめ、研究者としての基礎力を身につけたい。



# 学生の声，新スタッフの声

## 梅本 好日古 君(2019年度 M2)

僕は学部まで他大学で機械工学を専攻していましたが、より基礎科学的な視点からの材料研究に興味があり、金属材料研究所のなかでも物理学専攻に所属する研究室に進学しました。博士後期課程に進むことを研究室を選ぶ段階で決意していたため、活発に活動している研究者が常に周囲にいる環境はとても良いなと思いました。元々手を動かして作業することが好きだったため、単結晶をはじめとする試料をさまざまな手法で合成することができる藤田研究室での研究生活はとても楽しいです。また、大型施設を利用したビーム実験を積極的に行うことも魅力の一つです。よい試料をつくってよい実験をして、数年後には博士号をとれるように頑張っています。

## 川本 陽 君(2019年度 M2)

藤田研究室では、試料を自らの手で作成し、量子ビーム測定データをじっくり腰を据えて解析していくことができます。勿論、そのための実験装置も質、量共に非常に充実しております。私は当研究室のこのような研究スタイルに魅力を感じて入学しました。また、日本物理学会だけでなく、新学術領域学会や短期スクール等、外部で主催される学習機会への参加に手厚くサポートしてくれます。金属材料研究所は、学生が成長機会を獲得するうえで最適な環境が整備されております。

## 工藤 康太 君(2019年度 M2)

藤田研究室では中性子をはじめとした様々な量子ビームを用いた実験をしています。私は学部生時代、他大学の物性理論研究室に所属していました。中性子線による測定や結晶を自ら作ることも魅力を感じ藤田研究室への進学を決意しました。外部の実験施設を使用することも多く、様々な測定手法や解析方法を学ぶことができます。研究室だけでなく外部の共同研究者の方々と議論する機会もあり、充実した研究生活を送っています。

## 谷口 貴紀 助教(2019年度 新助教)

私は、学部時代から主に核磁気共鳴法(NMR)を専門として、磁化測定など他のプローブと組み合わせながら研究を進めてきました。その中で、若い間に実際に自分で試料を合成したい、他のマイクロプローブの測定技術も学びたいと考えるようになり、縁もあって当研究室に入りました。外からみた当研究室は、自ら試料合成を行い、それぞれのプローブの強みを活かしながら研究を行っているので、感銘を受けていました。そのような研究室の仲間になれたのは大変喜ばしいです。これまでの研究活動で得た知識と経験を活かしながら、新しい技術を積極的に学び、学生たちとも一緒に仲良く楽しく研究を行いたいです。

## 浅野 駿 君(2015年度 M1)

私は学部生時代関西圏の大学に所属し、放射光を用いた物性物理学の実験研究をしていました。実験で使用している結晶を自分で作成したいと思い、大学院では自ら結晶を育成して物性測定をするというスタイルで研究を進めたいと考えました。そこでその環境に最も適している金属材料研究所の研究室への進学を決意しました。研究室ではスタッフや学生という立場を問わず日々活発に議論をしており、研究内容の何がおもしろくて何が重要なのかを理解するために基礎的なことをじっくり考えることができます。金属材料研究所は意欲的な学生にとって主体的に研究を進めることができる素晴らしい環境だと思います。

## 沖野 友貴 君(2015年度 M1)

私が所属している藤田研究室では、中性子回折実験に用いる単結晶試料を実験者自らの手で作成しています。学部生時代私は主にコンピュータを用いて数値計算を行う研究室に所属していたので、実際に試料を作りX線等を用いて試料の評価を行うのは初めての経験でした。金属材料研究所は世界でもトップレベルの研究機関であり、学生は恵まれた環境の下で研究を行うことができます。何か新しいことに挑戦するのは不安や心配が伴いますが、金研での研究生活は必ず自分を成長させてくれます。



# 学生による研究の推進

## 日本学術振興会特別研究員

- ・銅酸化物における電子共存状態の解明 一局在・遍歴電子スピン、磁性・超伝導の共存—  
佐藤研太郎(D1) DC2 (H26.4–H28.3)
- ・銅酸化物超伝導体の酸素制御に基づく局所構造変化が誘起する創発磁気現象の解明  
浅野俊(D2) DC2 (H31.4–R2.3)

## 村田学術振興会 平成30年度研究助成

- ・量子ビーム計測の複合利用による電子ドーピング系銅酸化物超伝導体の多元的結晶構造解析 (浅野俊 (D1))

## 物質構造科学研究所量子ビーム研究支援事業 (H29.10 - H30.3)

- ・CuO<sub>5</sub>ピラミッド構造を持つT\*構造銅酸化物超伝導体の基底状態とスピン相関 (代表者 浅野俊)

## J-PARC 物質・生命科学実験施設 成果公開型課題

(2018B 採択)

- ・ Zn-impurity effects on the magnetism in T\*-type  $\text{La}_{1-x/2}\text{Eu}_{1-x/2}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  (代表者：浅野俊(D2))  
→ 論文化済み
- ・ Neutron diffraction study on annealing effects on crystal and magnetic structure in T\*-type cuprate superconductors (代表者：浅野俊(D2))

**博士課程後期の学生は自分で実験申請をしたり、研究費を獲得しています**



# 学生による研究の推進

## J-PARC 物質・生命科学実験施設 成果公開型課題

(2019A 採択)

- ・ Investigation of annealing effects on Cu spin dynamics in T\*-type cuprate superconductors using inelastic neutron scattering measurements (代表者：浅野俊(D2))

(2019B 採択)

- ・ Magnetism in under-doped region of T\*-type cuprate (代表者：浅野俊(D3))

(2020A 申請中)

- ・ Determination of  $\gamma$ - $\varepsilon$  phase boundary in super Elinvar alloy FeMnMo (代表者：梅本好日古(M2))
- ・ Determination of crystalline-electric-field level in heavy fermion compound YbT<sub>2</sub>Zn<sub>20</sub> (T=Rh, Ir) (代表者：北澤崇文(M1))

## SPring-8 大学院生提案型課題 (2016A 採択)

- ・ T'構造銅酸化物超伝導体の局所構造に対する熱処理効果 (代表者：浅野俊(M2)) → 論文化済み

## スピントロニクス国際共同大学院プログラム (東北大学)

- ・ 中性子非弾性散乱実験によるフェリ磁性絶縁体Tb<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>(TbIG)の磁気励起の測定 (川本陽 (M2))
- ・ Spin Dynamics and Magnetism of FeGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> (唐一飞 (M1))

## 材料科学国際共同大学院プログラム (東北大学)

- ・ 量子ビームを用いた恒弾性特性の起源解明 (梅本好日古 (M2))



# 主な研究室イベント (2019年度)

## 主なイベント (2019年度)

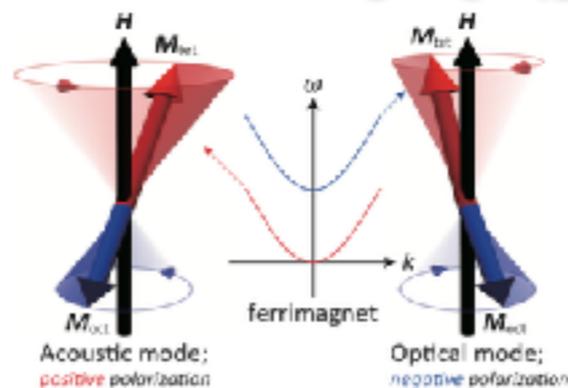
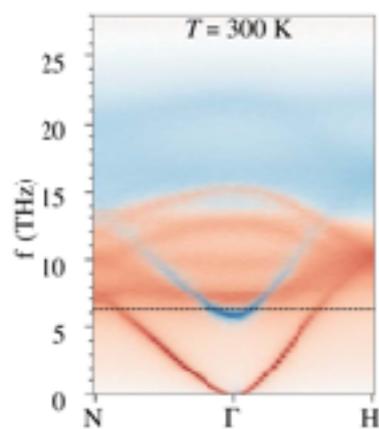
- ・ 4月 歓迎会、お花見会、中性子グループ合同顔合わせ会
- ・ 5月 第13回中性子散乱物性研究セミナー、実験課題申請書書き
- ・ 6月 超伝導国際研究会、研究室オリエンテーション合宿(秋保)、一人一話発表会
- ・ 7月 第14, 15回中性子散乱物性研究セミナー、暑気払い
- ・ 8月 助教着任祝い、夏休み前研究報告会、院試お疲れ様会、中性子国内研究会
- ・ 9月 中性子科学討論会(作並)、物理学会(岐阜)、研究室合宿(夏油)、一人一話発表会
- ・ 10月 芋煮会、実験課題申請書書き
- ・ 11月 第13回中性子散乱物性研究ワークショップ、海外共同研究者歓迎会
- ・ 12月 超伝導研究会(指宿)、忘年会
- ・ 1月 新年会、どんと祭、放射光X線+材料科学国際研究会、学位発表前励ます会
- ・ 2月 博論+修論+卒論発表会、お疲れ様会、謝恩会、物理学のフロンティア
- ・ 3月 量子ビームサイエンスフェスタ(水戸)、壮行会、物理学会(名古屋)

- テーマ：1. **偏極中性子**利用と中性子技術開発による**先端磁性研究**の推進  
 2. **構造研究**を軸とする中性子研究の可能性の追求

**サイエンスのピークの引き上げと裾野の拡大** を図っています

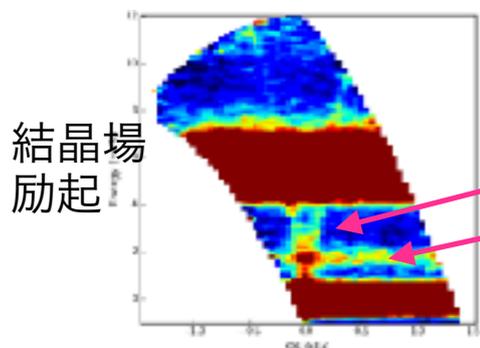
## ① ガーネットのspin格子ダイナミクス

スピントロニクス基盤物質  $Y_3Fe_5O_{12}$



spin polarizationの解明

非磁性絶縁体  $Tb_3Ga_5O_{12}$

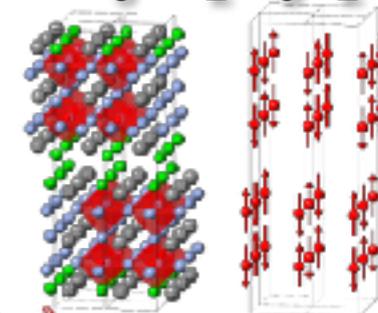
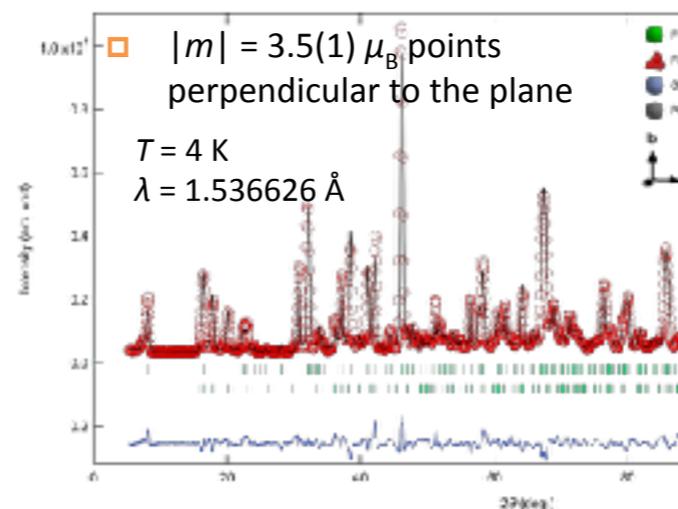


磁気弾性結合状態の解明  
 →フォノン・ホール効果  
 フォノン

結晶場励起

**物性分野  
 エネルギー分野**

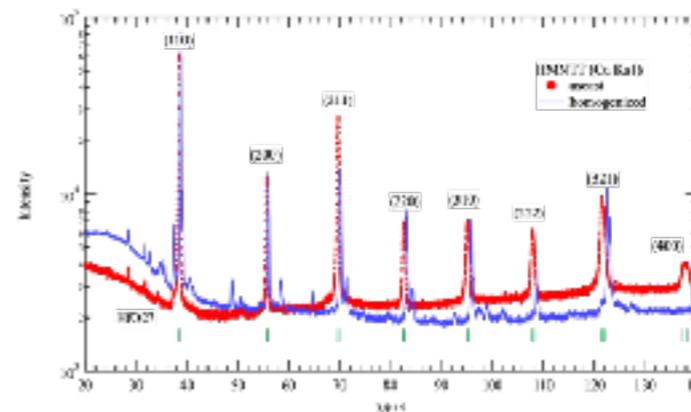
## ② 複合アニオン化合物



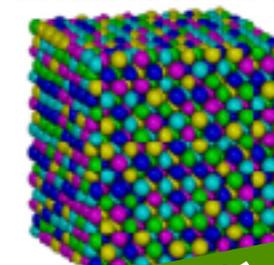
**化学分野**

結晶・磁気構造の決定

## ハightロピー合金



HfMnNiTiTa



**材料分野**

