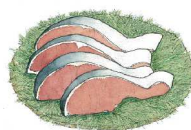


大阪大学における二十一世紀の強磁場科学



夢はバラ色

萩原 政幸*

High Magnetic Field Sciences in the 21th Century at
Osaka University

Key Words : High magnetic field, Materials Science, Multiplex extreme conditions

科学は観測を通して新たな知見を得て、そこから普遍的な原理・原則を導き出すものである。我々の生活や現代の産業を支える物質を研究する物性科学では電場、磁場、圧力、温度等の外部パラメーターを変化させて物質の応答を調べることで物質固有の電氣的、磁氣的、機械的、熱的な性質等を明らかにする。従って、外部パラメーターを広い範囲で変化させることができれば、観測窓が広がることになり、それまで知られていない新たな現象の発見に繋がる場合がある。

現代の物性科学は外部パラメーター領域の拡大と共に発展してきたと言える [1]。それらの中で磁場は主に物質の性質を決める電子のスピン自由度と軌道運動に直接作用するソフトで精密に制御可能な外部パラメーターである。大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センターでは通常の研究室では発生させることのできない50テスラを越える高い磁場を作り、様々な物性研究を行っている。まず、最初に本センターの超強磁場実験施設の生い立ちについて記載した後に、現在取り組もうとしている研究開発の一端とセンターの将来構想について紹介しよう。

本センターは伊達宗行名誉教授（現(公財)新世代研究所理事長）によって昭和55年（1980）に理学部附属施設として設立された超強磁場実験施設に端

を発している。附属施設設立の経緯は紙面の都合でここに詳細は記載しないが、興味をお持ちの方は阪大強磁場レポートNo.1をご覧頂きたい [2]。当施設は、昭和62年度には、学内共同教育研究施設である極限物質研究センター（昭和62年度から平成7年度）との改組統合により発展的に解消された。その後、極限物質研究センターは、平成8年度には極限科学研究センター（平成8年度から17年度）、平成18年度には極限量子科学研究センター（平成18年度～平成25年度）と改組された。平成24年度補正予算で大型コンデンサーバンクシステム（充電エネルギー10メガジュール）の納入設置と、全国共同利用・共同研究を将来目指すための新営建屋（強磁場共同利用棟）が建設された。これは日本学術会議が策定した「学術の大型施設計画・大規模研究計画（マスタープラン）」による強磁場コラボラトリー計画のロードマップに則った措置と考えられる。このように大型設備が整備されてきたことから、超強磁場を中心とする新しいサイエンスを組織的に進めていく必要が生じた。

これらのことを踏まえて、極限量子科学研究セン



* Masayuki HAGIWARA

1962年9月生
大阪大学 理学部 物理学科（1985年）
現在、大阪大学 大学院理学研究科附属
先端強磁場科学研究センター 教授
博士（理学） 強磁場物性
TEL : 06-6850-6685
FAX : 06-6845-6612
E-mail : hagiwara@ahmf.sci.osaka-u.ac.jp



大型コンデンサーバンクシステム

ターの超強磁場量子磁性部門と理学研究科物理学専攻が中心となって、同研究科の他専攻、さらに他部局との連携・協力の下、学内共同教育研究施設である極限量子科学研究センターの一研究部門から理学研究科附属施設へと発展的に改組させ、平成26年4月1日付で理学研究科附属先端強磁場科学研究センターとして発足することになった。本センター発足を記念する開所式（除幕式、内覧会、記念式典、記念講演会）を5月20日に行った。記念講演の全体と式典の一部は最後に示すホームページ中の開所式ビデオでご覧いただける。

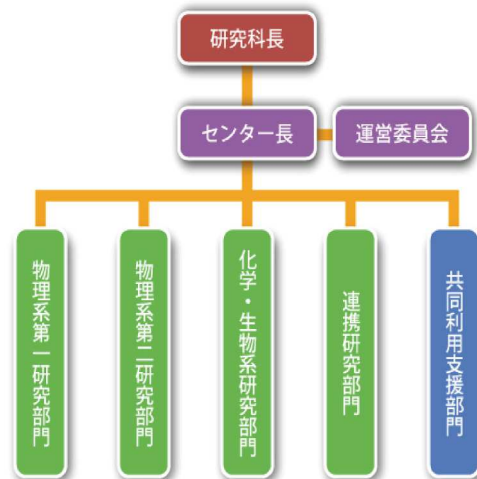


強磁場共同利用棟とセンター看板



センター開所式の様子

先端強磁場科学研究センターの研究組織は、物理系第一と第二研究部門、化学生物系研究部門、連携研究部門、共同利用支援部門の5つの部門からなる。そして、理学研究科内の物理学、化学、生物学、宇宙地球科学専攻内の数多くの関連分野の教員が前半の3つの部門の兼任教員となり研究組織に加わり、



先端強磁場科学研究センター組織図

基礎科学研究を推進している。また、基礎工学研究科、工学研究科などの関連分野の教員が連携研究部門の兼任教員となり、本センターの研究支援や共同研究を行っている。技術職員や事務職員が共同利用支援部門に属している。センター長のもと、理学研究科の複数の専攻から選出された委員からなる運営委員会によって運営される。

さて、このような強磁場発生のための大型コンデンサーバンクシステムを導入したことで今後どのような研究開発を進めていくのかということのをこれ以降に記載する。強い磁場を用いると物性を“調べる”のみならず“変える”ことができるため、磁場誘起の新奇な物理現象の発見を目指している。物性物理学の分野で最も関心を集めている物理現象（高温超伝導、巨大磁気抵抗、重い電子系超伝導等）の多くは量子臨界点近傍で発現することが多い。磁場による量子臨界現象の発現も磁場誘起の量子相転移として知られており、量子ゆらぎが主役を演じる新奇な物理現象の宝庫として関心が持たれている。圧力で量子臨界点近傍に対象を持って行き、そこでの物性を調べるといったことも行われている。

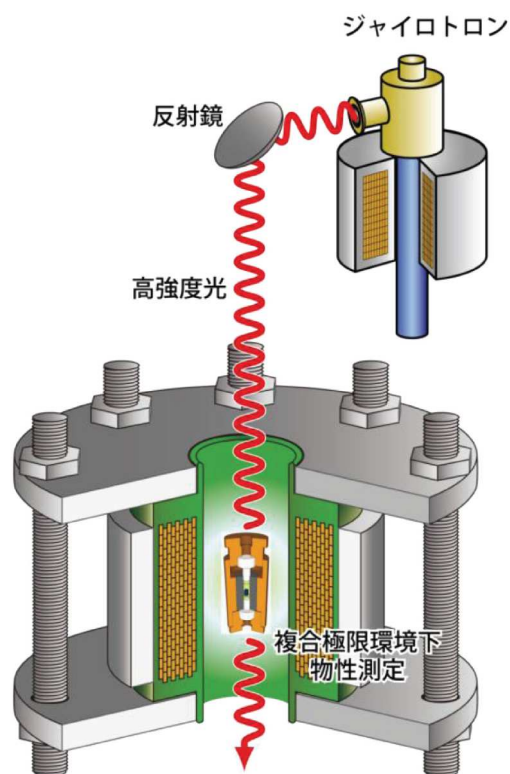
上述のコンデンサー大型化の理由は口径の大きなパルス磁石に強い磁場を発生させるためであり、この広い空間に様々な実験装置を導入することで超高圧、極低温の環境も合わせた多重極限環境下での物性測定を可能にしようと考えている。以前のコンデンサーバンクでも小口径のパルス磁石には50テスラを越える磁場は発生でき、最大磁場約70テスラを発生させて物性測定を行ってきた。しかしながら、

狭い測定空間の制約のために、口径の大きな超伝導磁石ではできる測定がパルス磁石ではできないという問題があった。そこで、広い磁場空間を実現して、例えば超高压を発生させることができるダイヤモンドアンビル型圧力セルをこの空間に設置し、物質の高圧・磁場・温度の多重極限の相図を作る事も可能にしたいと考えている。

測定対象は幅広く、磁気フラストレーション系、量子スピン系、そして、高温超伝導体、重い電子系などの強相関電子系である。スピン自由度、軌道自由度、電荷の自由度、格子の自由度などの多様な自由度が織りなす物性を未踏の多重極限下で測定することで新たな物理現象の発見を目指している。また、基礎科学がベースだが、直接世の役にも立つ熱電変換素子や配列ナノ空間を利用した磁性体（最近の研究成果では、単層カーボンナノチューブに磁性分子である酸素分子を導入して実現したハルゲン磁性体の研究がある [3]）などの機能性材料の電子状態解明のための研究も進めようとしている。

将来的な構想として、日本学術会議が本年3月に策定した「第22期学術の大型研究計画に関するマスタープラン（マスタープラン2014）」による強磁場コラボラトリー計画を実現すべく、国内四大強磁場施設のネットワーク型全国共同利用・共同研究拠点形成を視野に入れている。また、西日本の強磁場研究拠点として、神戸大学自然科学系先端融合研究環分子フォトサイエンス研究センターや福井大学遠赤外領域開発研究センターと連携・協力に関する協定を平成26年4月に結んでネットワーク（Kobe, Osaka, Fukui University Centers' (KOFUC) network）を形成しており、今後それぞれのセンターの特徴を生かした研究協力・共同利用を行い、学术交流や人材育成を行う予定である。このKOFUCネットワークではパルス強磁場中で極低温、超高压、高強度のマイクロ波照射などを組み合わせた複合極限条件の外場を高度に制御し、通常の実験室レベルでは得られない広いパラメーター領域での新現象の発見や機構解明を目的とした研究を行なおうと計画

している。



KOFUC ネットワークの三センターで計画している研究開発の模式図
(サブミリ波高強度発振管ジャイロトロン、圧力セルと大口径パルス磁石の組み合わせ)

(先端強磁場科学研究センターホームページ：
<http://www.ahmf.sci.osaka-u.ac.jp/>)

(センター開所式の記念式典、記念講演会の様子を
示すホームページ：

<http://ocw.osaka-u.ac.jp/science-jp/>)

参考文献

- [1] 伊達宗行著「極限科学ー強磁場の世界」丸善出版パリティ物理学コース 第一章
- [2] 阪大強磁場レポート No.1 創刊号 P.2 実験室が出来るまで 伊達宗行
- [3] M. Hagiwara et al., J. Phy. Soc. Jpn. **83**, 113706 (2014). (JPSJ Papers of Editors' Choice)