

研究課題名

中性子新時代のマテリアルサイエンス：J-PARC をどう使うか

研究代表者名

東北大学・金属材料研究所・大山研司

1. はじめに

本研究会は、J-PARCの本格稼働をうけ、J-PARCを利用した材料科学を飛躍させる研究テーマ、斬新な実験手法を検討することを目的しており、今回はとくにICC-IMRの長期プロジェクトの支援もいただき、国際ワークショップとした。

中性子散乱は、X線とならび物質科学にとって不可欠の測定手法であり、軽元素の観測、金属ガラスの構造決定、原子核とスピンのダイナミクス観測などが容易・正確という重要な利点がある。従って、金研が世界的競争力をもつ先端的材料科学や高温超伝導に代表される強相関電子系の研究において、中性子は重要な役割をはたすことができる。実際、金研は2台の特徴ある中性子散乱装置を所有しており、中性子は金研のひとつの重要な特徴となっている。さらに、金研の得意とするパルス磁場技術との組み合わせによる超強磁場下でのスピン物性研究もすすめられている。

2008年5月に稼働を開始したJ-PARC/MLF（右写真）では、現在200kW出力の中性子線が安定に発生しており、すでに世界トップの施設と肩を並べている。数年後には世界最強強度の1MW施設となることが確実であり、ごく近い将来、世界を圧倒する成果がJ-PARCから生まれることが期待できる。すなわち、J-PARCと三号炉の両方が安定して運転されるようになったことから、中性子による物質科学研究は飛躍の時を迎えつつあるといえる。この物質科学のターニングポイントにあたり、東北大中性子グループは、すでに三号炉に所有する既存装置に加え、J-PARCに東北大での物質科学の飛躍につながる装置の建設をめざしている。J-PARC装置は国際的拠点装置となるべき大規模なものであり、たんに東北大だけで検討すればいいものではなく、国際的な議論を十分につくす必要がある。すでに金研ワークショップ等で国内での議論を重ねてきたが、今回はこのような視点から国際ワークショップとし、各国の指導的研究者を招待して議論をおこなった。特に、中性子の最も高度な実験手法である偏極中性子が次世代の研究に必要であり、かつ東北大J-PARC計画の最も重要な特色であることから、本ワークショップでは偏極中性子を用いたサイエンスと、偏極中性子の実験技術を国際的視点で議論した。



2. 概要

今回開催した国際ワークショップのタイトルは以下のとおりである。

Novel Material Science using Polarized Neutron

-- Discussions for J-PARC Polarized Chopper Spectrometer Project by KEK-Tohoku Univ.--

平成23年1月6-8日の3日間にわたり、金研講堂で開催した。世界レベルでの議論が必要な時期にきていることから、ICC-IMRのご支援をいただき国際ワークショップとして開催した。参加者は53人で、学外からは37人、うち海外からの参加者は6名であった。海外の参加者は、ILL（フランス）、オークリッジ国立研究所（アメリカ）、ソウル大学（韓国）、ANSTO（豪）、NIST（アメリカ）と国際的な拠点となっている中性子研究施設で指導的な立場にいる研究者であり、かつ偏極中性子についての専門家であることから、世界の動向を知る上で重要な講演をいただいた。同時に、東北大学とKEKが進めているJ-PARC装置計画に対し国際的視点でのアドバイスをいただいた。

以下にプログラムをしめす。大きくわけて前半を中性子によるサイエンス、後半を装置、最新実験技術についての議論とし、それぞれの最後に、山田和芳氏（金研）、加倉井氏（JAEA）によるSummaryをいれ、議論の集約をおこなった。講演自身よりもそれを踏まえての議論を重視したので、質疑時間を比較的長めの10分とり、余裕をもった進行とした。

Program

6-Jan

13:30 – 13:40 Opening Kenji Ohoyama (IMR)

Session: Novel Material Science I Chairman: H. Yoshizawa (ISSP, U. Tokyo)

13:40 – 14:20 Masaaki Matsuda (Oak Ridge) "Polarized neutron studies on strongly correlated electron systems"

14:20 – 14:50 Shuichi Wakimoto (JAEA) "Current polarized neutron application at TAS-1 and future plan"

14:50 - 15:20 Taku J. Sato (ISSP) "Purely magnetic excitations wanted: yet most powerful use of polarized neutrons"

15:20 – 15:50 Koji Kaneko (JAEA) "Future perspective of studies of heavy-fermion compounds by polarised neutron"

Session: 3He Spin filter Polarizes/Analayzers Chairman: T. Ino (KEK)

16:00-16:30 Wang Chun Chen (NIST) "Recent advances in 3He neutron spin filter development and applications in polarized neutron scattering"

16:30-17:00 Wai Tung Hal Lee (ANSTO) "Present Status and Future Plan in ANSTO"

17:00-17:30 Hiroshi Kira (JAEA) "Developments of Polarized 3He Neutron Spin Filter in J-PARC"

7-Jan

Session: Novel Material Science II Chairman: T.J. Sato (ISSP, U. Tokyo)

9:00- 9:40 Je-Geun Park (Seoul National Univ.) "Investigation of magnetic excitations in multiferroics: A case for polarized neutrons"

9:40-10:10 Kazuaki Iwasa (Tohoku Univ.) "Future Prospects for Strongly Correlated 4f Electron Systems Studied by Higher-Rank Magnetic Scattering and Polarized Neutron"

10:10-10:40 Takeshi Matsumura (Hiroshima Univ.) "Investigations of 4f multipoles using synchrotron x-rays and polarized neutrons"

Session: Novel Material Science III Chairman: K. Iwasa (Tohoku Univ)

10:50-11:20 Yoshinori Haga (JAEA) "Unconventional magnetism and superconductivity in actinideintermetallic compounds"

11:20-11:55 Kouichi Hayashi (IMR) "Atomic resolution holography with polarized neutron"

11:55-12:10 Summary of Science Session K. Yamada (WPI, Tohoku Univ.)

Polarized Neutron Spectrometer in J-PARC and SNS

Chairman :K. Nakajima (JAEA)

13:30-14:20 Kenji Ohoyama (IMR, Tohoku Univ.) "Project of Polarized Neutron Chopper Spectrometer in J-PARC"

14:20-14:50 Shinichi Itoh (KEK) "Present Status of High Resolution Chopper Spectrometer and Collaboration with Polarized Neutron Chopper Spectrometer"

14:50-15:30 Mark Hagen (SNS) "The HYSPEC Polarized Beam Spectrometer at SNS"

Proton Polarization and Novel use of Polarized neutron

Chairman: K. Ohoyama (IMR)

15:40-16:10 Takayuki Kumada (JAEA) "Multi-dimensional structural study of soft-matter materials using polarized proton and polarized neutron"

16:10–16:40 Shigeru Ishimoto (KEK) Present Status of Dynamic Proton Polarization at KEK

16:40-17:10 Hirohiko M. SHIMIZU (KEK) Neutron Spin Optics using Polarized Neutron

18:00- Banquet

8-Jan

Polarized Neutron Spectrometers/Diffractometers

Chairman: S. Shamoto (JAEA)

9:30-10:00 Masayasu Takeda (JAEA) "Perspective on Polarized Neutron Reflectometry in J-PARC"

10:00-10:30 Itaru Tamura (JAEA) "Single Crystal Diffractometer SENJU in J-PARC"

10:30-11:00 Takayuki Oku (JAEA) "Neutron polarizing and focusing system of the time-of-flight"

11:00- 11:40 Eddy LELIEVRE-BERNA (ILL) “Advances in polarised neutron techniques at ILL”

11:40 - 12:00 Summary Kazuhisa Kakurai (JAEA)
Closing

3. 研究成果

1月6日から7日前半は、主に偏極中性子を用いることにより切り開かれるサイエンスの可能性についての議論をおこなった。ワークショップはまず松田氏（オークリッジ国立研究所）のいわば基調講演からはじまった。松田氏は偏極中性子を駆使した研究では第一人者であり、講演でサイエンスの可能性について多くの提言をいただいた。続いて、脇本氏（JAEA）、佐藤氏（物性研）、金子氏（JAEA）より、3d 酸化物、希土類での偏極中性子を用いたサイエンスの可能性について提案をいただいた。第二のセッションでは、中性子新時代でもっとも重要な偏極技術となる ^3He フィルター法について、日本、アメリカ、オーストラリアの各専門家から、それぞれの国での状況と最先端技術について講演をいただき、議論をおこなった。とくにオーストラリアで進められる大規模な偏極実験装置導入の説明など、それぞれの国で戦略に違いがあり、その比較は意義あるものであった。

二日目1月7日午前はサイエンスの議論をおこなった。Park 氏（ソウル大学）は、最近の固体物理の中心課題であるマルチフェロイクス問題についての最新研究結果について講演し、偏極中性子により解決が期待できる問題点について指摘いただいた。東北大 J-PARC 装置は、完成時には東アジアでの物性研究の拠点装置をめざしていることから、その意味で韓国中性子界の指導的立場にいる Parc 氏との議論は、このワークショップでも特に重要であった。続いて、岩佐氏（東北大学）、松村氏（広島大）から希土類での多極子自由度の物理について、偏極中性子に期待できる役割、放射光と偏極中性子の相補利用の視点から講演をいただいた。

7日後半の第5セッションは、東北大学がすすめる J-PARC 装置計画について、代表者である大山（金研）からその詳細とめざすサイエンスについて講演があり、また J-PARC 高分解能分光器 HRC の装置責任者の伊藤氏（KEK）から両者の相補的利用についての提案があった。さらに、先行する装置計画として、アメリカ SNS の単結晶分光装置 Hyspec の装置責任者である M. Hagen 氏の講演があり、その装置の特色技術、装置の現状について説明があった。Hyspec は日本からも関心の高い装置であったが国内では初めての当事者による詳細情報な講演であり、J-PARC 関係者の注目も高かった。Hagen 氏とはワークショップ終了後にも金研において長時間の議論をいただき、東北大計画に貢献いただいた。続く第6セッションは、やはり今後重要となる実験技術として、水素核偏極のセッションである。熊田氏（JAEA）よりソフトマター研究の視点から、試料中の水素核スピンの偏極技術とそれによって切り開かれるサイエンスの重要性について講演いただいた。次に石元氏、清水氏（KEK）より、原子核物理の立場から水素偏極のサイエンスをはじめとする新奇技術について講演をいただいた。

最終日1月8日の第7セッションは、J-PARC で進んでいる偏極実験計画についてのセッションである。反射率計、単結晶回折装置、小角散乱装置について、それぞれ武田氏（JAEA）、田村氏（JAEA）、奥氏（JAEA）から装置の特性、偏極計画とその技術についての詳細の講演があった。偏極は J-PARC に期待される重要な方向性であることから熱心な議論がおこなわれた。セッション最後、そしてワークショップ最後には、ILL（フランス）の E. Lelievre-Berna 氏の講演で締めくくられた。ILL は偏極中性子実験に関しては世界最高の技術と実験実績のある研究施設であり、Lelievre-Berna 氏は ILL で指導的な立場にある。Lelievre-Berna 氏の講演は、世界最高水準の装置がどのようなものかを示すものであり、日本の進むべき方向を考える上で非常に重要であった。

4. まとめ

偏極中性子は、中性子の最も高度な技術であり、今後のサイエンスでブレークスルーをつくる上で必須のものである。J-PARC の稼働により偏極実験の重要性はさらにたかまっている。本ワークショップは、偏極専門の国際会議 PNCMI をのぞけば、国内で初めての本格的な会議であり、国内外の関係者が一同に会する画期的なものであった。新技術により期待できる新しいサイエンス、偏極の最新技術の講演と議論により参加者全員が次世代のサイエンスについてそれぞれの立場から議論ができた。また、東北大としては、現在すすめている J-PARC 偏極装置計画を国内外の専門家と議論することで、より高いレベルの技術とすることができた。同時に世界での動向をすることができたことから、めざすべき方向性もはっきりとしていき。とくに、Summary において加倉井氏より、このワークショップの継続した開催の要望があり、この分野での物質科学の中心の一つが金属材料研究所にあることを本研究会によって示すことができた。