

J-PARC BL05 における基礎物理研究の展開

Fundamental physics activities with pulsed neutron at J-PARC(BL05)

Kenji Mishima, Shogo Awano, Tomoko Ariga, Yasuhiro Fuwa, Fumiya Goto, Christopher C. Haddock, Masahiro Hino, Katsuya Hirota, Sei Ieki, Sohei Imajo, Takashi Ino, Yoshihisa Iwashita, Ryo Katayama, Hiroaki Kawahara, Masaaki Kitaguchi, Ryunosuke Kitahara, Jun Koga, Aya Morishita, Naoki Nagakura, Naotaka Naganawa, Noriko Oi, Hideyuki Oide, Hidetoshi Otono, Yoshichika Seki, Daiichiro Sekiba, Tatsushi Shima, Hirohiko M. Shimizu, William M. Snow, Naoyuki Sumi, Hirochika Sumino, Satomi Tada, Kaoru Taketani, Seiji Tasaki, Tatsuhiko Tomita, Atsuhiko Umemoto, Takahito Yamada, Satoru Yamashita, Mami Yokohashi, Tamaki Yoshioka

"Neutron Optics and Physics (NOP/ BL05)" at MLF in J-PARC is a beamline for studies of fundamental physics. The beamline is divided at upstream into three branches to use different experiments in a parallel way. The three branches are follows: Polarized beam branch, Unpolarized beam branch, and Low-divergence beam branch. In this talk, we review achievement and on-going activities at this beamline.

We are promoting an experimental project to measure the neutron lifetime with total uncertainty of 1 sec. The neutron lifetime is an important parameter for elemental particle and astro physics. So far, the neutron lifetime was measured by several groups, however the values are different by the measurement methods. Thus, we are using the other method at J-PARC. Pulsed ultra-cold neutrons (UCNs) by a Doppler shifter are available at Unpolarized beam branch. We are developing a time focusing device for UCNs, so called "Rebuncher", which can increase UCN density from a pulsed UCN source. At Low divergence beam branch, an experiment to search an unknown intermediate force in nm range by measuring angler dependence of neutron scattering by rare gas. The beamline is also used for R&D of optical elements and detectors. Position sensitive neutron detector using emulsion whose resolution can achieve to several tens of nanometer is under development. We have succeeded to demonstrate detection of cold and ultra-cold neutrons by the emulsion detector.

J-PARC SuperHRPD の現状報告 2018

Status report on SuperHRPD, 2018

鳥居周輝¹、萩原雅人¹、Nur Ika Puji Ayu²、Song Seungyub²、
Miao Ping¹、神山崇^{1,2}

1 KEK 物構研、2 総研大

Super High Resolution Powder Diffractometer (SuperHRPD)は、2008 年の 1st ビーム受け入れからほぼ 10 年が経ち、装置開発が一段落したところであり、装置開発の Phase からサイエンスを中心とした Phase へ移行しつつある。現在は、14T マグネットのコミッショニングや新しい 4K 冷凍機、バナジウム高温炉等、試料周辺環境の整備を行いながら、一般課題と解析のサポート、S 型課題での新しいサイエンスの展開を進めている。

本報告では、SuperHRPD の現状と S 型課題でのサイエンスのトピックスを紹介する。

全散乱法による水素化物の規則-不規則構造解析 Analysis of ordered/disordered structure in hydrides with total scattering technique

大友季哉^{1,2,3}、池田一貴^{1,2}、本田孝志^{1,2}、大下英敏¹、鈴谷賢太郎⁴、川北至信⁴、社本真一⁵、樹神克明⁵、福永俊晴⁶、森一広⁶、小野寺陽平⁶、亀田恭男⁷、山口敏男⁸、吉田亨次⁸、丸山健二⁹、榊浩司¹⁰、Hyunjeong Kim¹⁰、中村優美子¹⁰、町田晃彦¹¹、服部高典⁴、伊藤恵司¹²、佐次田頌²、角田茉優³

1 KEK 物構研中性子、2 総研大高工、3 茨城大理工、4 JAEA J-PARC センター、5 JAEA 量子ビーム、6 京大複合研、7 山形大、8 福岡大、9 新潟大、10 産総研、11 量研、12 岡山大

物質中の水素は、生命活動から新規材料まで、様々な物性や機能を誘起する。中性子は水素(プロトン)を高精度で観測しうる量子ビームであり、とくに物質中の水素-水素相関の観測においては唯一のプロブと言える。中性子全散乱法により、液体、非晶質を始めとして結晶における不規則構造の解析が可能である。本研究は、J-PARC 物質・生命科学実験施設・高強度全散乱装置(NOVA)の高度化を行いながら、全散乱法を用いた規則-不規則構造の観測により、水素貯蔵材料における水素吸蔵放出メカニズムの基盤研究を行うとともに、多彩な物質の物性・機能の構造的な起源を解明することを目指すものである。本研究における NOVA の高度化として、測定基盤技術の高度化、PDF 解析法による物質中水素の構造解析、結晶 PDF 解析の高度化、構造モデリング高度化等を進めている。

平成 30 年の主な成果

- 測定基盤技術の高度化
 - ラジアルコリメータの導入による試料環境のバックグランド低減
 - ライブデータリダクションの活用
- 構造解析手法の開発
 - 磁気 PDF 解析法の開発
- 2 体分布関数を用いた物質の構造解析
 - ゼオライト鑄型炭素の 3 次元グラフェン構造の解析
 - バナジウム系合金における水素貯蔵特性劣化メカニズムの解明
 - 希薄 LiCl および LiClO₄ 溶液における Li⁺の水和構造
 - H₂O の構造解析

J-PARC MLF BL06 中性子共鳴スピンエコー分光器群 (VIN ROSE)の現状と今後

Current status and perspectives of neutron resonance spin echo spectrometers (VIN ROSE) at BL06 at J-PARC MLF

日野正裕¹、小田達郎¹、遠藤仁²、細畠拓也³、船間史晃¹、吉永尚生¹、
瀬戸秀紀²、山形豊³、川端祐司¹

¹京大, ²KEK, ³理研

中性子はナノ構造の時間—空間領域の両方をプローブ出来る希有な粒子であるが、中性子強度によって測定が制限されている。中性子スピンエコー法は中性子スピンという自由度を導入し、スピンの位相を精密制御することで、入射中性子のエネルギー分解能によって測定可能なエネルギー分解能が制限されることなく、高エネルギー分解能かつ高中性子強度を同時に実現する。J-PARC MLF BL06 の中性子共鳴スピンエコー装置群:VIN ROSE(The Village of Neutron ResOnance Spin Echo spectrometers)は MIEZE 型と集光型 NRSE 型の 2 台のスピンエコー分光器からなる[1]。

MIEZE 型では 通常のスピンエコー装置では困難な試料に強い磁場をかける等の試料環境の自由度が特長であり、磁性のダイナミクスを中心に従来困難であったダイナミクス研究への寄与を目指している。また飛行時間法(TOF)を利用する TOF-MIEZE 分光法では、パルス幅の時間が短いことが装置の高度化に非常に有利であり、現在まで実効振動数 800kHz の TOF-MIEZE シグナルの観測にも成功した。そして磁性超薄膜や MnSi 等における磁気緩和の観測も行えている。

NRSE 型は、生体高分子等の微量試料の高エネルギー分解能装置を目指している。その達成には、試料による微少な散乱角の変化によるスピンの位相を補正するための位相補正デバイスを確立する必要がある、そのため世界で初めて長さ 90cm の回転楕円体集光スーパーミラー開発に成功した。また集光 NRSE シグナルの観測も成功した[2]。またこの集光ミラーを用いて、NRSE の高度化を進めると共に出来るだけ早期の一般公募の両立、さらには MIEZE ビームラインへのフィードバックを目指して集光 TOF-MIEZE 分光法のテストも行っている[3]。

当日は、集光ミラー等のデバイス開発と VIN ROSE の現状を述べると共に、早期の利用を目指した今後の開発方針を議論する。

[1] M.Hino, et al., J. Nucl. Sci. Tech. 54(2017), 1223.

[2] H. Endo et al., Physica B, in press.

[3] 船間史晃 他、2018 年度 MLF シンポジウム

中性子散乱装置 POLANO Polarized Neutron Spectrometer POLANO

横尾哲也^{1,2}、池田陽一³、伊藤晋一^{1,2}、藤田全基³、金子直勝^{1,2}、大河原学³、
菅井征二^{1,2}、猪野隆^{1,2}

1KEK-物構研、2J-PARC センター、3 東北大-金研

POLANO プロジェクトは KEK 大学連携のもと東北大学と実施されているプロジェクトであり、物構研 S1 型課題 2014S09 の枠組みで推進されている。本プロジェクトは J-PARC・MLF に偏極中性子散乱装置の新規建設とそれを用いたパルス中性子における偏極中性子散乱法の確立、および偏極度解析を利用した物性研究を目的としている。これまで鋭意進めてきた分光器建設も平成 29 年度の工事で主要部分の製作・設置を終了した。今年度からは中性子ビームの受け入れを果たし、実際の中性子線を使った装置コミッショニングを開始した。各機器の稼働試験をおこない、その健全性を確認した後、中性子ビーム輸送の試験、ビームプロファイルによる強度と分布、TOF 構造を測定。さらに、大型真空槽の真空パージシステムの試験やアナライザーミラーの通信・駆動試験、位置敏感検出器の健全性確認と調整、位置校正などをおこなった。また、チョッパ類の駆動試験と調整もおこなっている。チョッパは高回転、高ペイロード、そして高い制御精度が求められる大変難しい機器であるにも関わらず、これまでの HRC での開発研究のおかげで非常に順調な運用を開始することができた。同様に HRC を主軸にして開発をおこなってきたデータ制御およびデータ解析ソフトウェア(YUI および HANA)の移植もおこない、コミッショニング開始時においても取得データの可視化をスムーズに実施することが可能であった。標準試料のデータを取得し、データの健全性やバックグラウンドの評価なども行っているので併せて報告する。

一方で、パルス(TOF)における偏極中性子技術は世界的に見ても現在発展途上にあり、多くの重要な技術開発が必要である。我々はそれら技術開発にも注力し、特にチョッパ技術、SEOP や DNP といったスピン偏極技術、スピントリッパなど磁場環境技術を中心にして開発を推進し、国際競争に対抗できる装置を目指している。講演ではビーム受け入れ後の POLANO におけるコミッショニングの状況と機器・技術開発の現状と進捗状況を報告する。

高分解能チョッパースペクトrometerによる物質のダイナミクスの研究 - 2014 - 2018 年度成果 -

Studies on Dynamics in Condensed Matters by using the High Resolution Chopper Spectrometer - Results in FY2014 - FY2018 -

伊藤晋一¹、益田隆嗣²、横尾哲也¹、浅井晋一郎²、齋藤開¹、
川名大地²、杉浦良介²、浅見俊夫²、井畑良明³

¹KEK 中性子、²東大物性研、³J-PARC センター

高分解能で物質の動的構造を探索するための高分解能チョッパースペクトrometer (High Resolution Chopper Spectrometer, HRC) を J-PARC MLF の BL12 に設置した。本研究課題は、HRCを用いて、0.1eV 程度から 1eV 程度のエネルギーの入射中性子に対しての高いエネルギー分解能を実現させることにより、新しい研究を行なうものである。強相関電子系における相関効果および多自由度効果を統一的に理解することを目指すとともに、研究分野の拡大を図ることを目指している。2014-2018 年度の第 2 期(2014S01-2018S01)では、それ以前の第 1 期での建設の成果を踏まえ、次のような装置整備をすすめた。低角領域検出器を増強し、高エネルギー中性子を用いた実験で検出効率の増大を図る。フェルミチョッパの開発をすすめ、高エネルギー領域で、低バックグラウンド、かつ、高分解能の実験環境の整備をめざす。試料環境、特に、磁場環境の整備をすすめる。高角領域検出器を整備し、高 Q の振動モードや拡散過程の観測をめざす。計算環境の整備をすすめ、容易に進行できる実験環境を整備する。すなわち、中性子ブリルアン散乱実験と外場環境下での中性子非弾性散乱実験の整備を、二つの大きな柱とした。その結果、中性子ブリルアン散乱実験の高性能化に成功し[1]、粉末試料の金属強磁性体 SrRuO_3 のスピン波の温度変化を精密に測定し、スピンダイナミクスにおけるワイルフェルミオンの検出に成功した[2]。外場下での中性子非弾性散乱実験では、高圧下の実験を実現させ、量子臨界点付近のフラストレート磁性体 CsFeCl_3 におけるヒッグスモードの検出に成功した[3]。

[1] S. Itoh, T. Yokoo, T. Masuda, S. Asai, H. Saito, D. Kawana, R. Sugiura, T. Asami, Y. Ihata, Physica B (2019) in press.

[2] S. Itoh et al., Nature Communications 7, 11788 (2016).

[3] 林田翔平、益田隆嗣、日本中性子科学会誌「波紋」28, 200 (2018).

MLF における NOPTREX 計画の状況報告 The status report of NOPTREX project in MLF

石崎貢平¹、清水裕彦¹、北口雅暁¹、山本知樹¹、佐藤匠¹、松下琢¹、
広田克也²、酒井健二³、木村敦³、奥平琢也³、吉岡瑞樹⁴、古賀淳⁴、
飯沼昌隆⁵、藤田全基⁶、岩田高広⁷、宮地義之⁷、
他 NOPTREX collaboration

1 名古屋大、2 大阪大 RCNP、3 JAEA、4 九州大、
5 広島大、6 東北大 IMR、7 山形大

現在の観測的宇宙論に基づく宇宙の物質反物質の量の比は弱い相互作用の CP 対称性の破れから計算された量より 10^9 倍多いことが分かっている。

ある種の原子核に対する低エネルギー中性子の共鳴吸収において P 対称性の破れの非対称度が増大することが分かっているが、この反応で時間反転 (T) 対称性の破れも増大することが理論的に予想されている。また最近の研究で ^{139}La の中性子エネルギー 0.75 eV における共鳴吸収では素過程に比べて 10^6 倍程度に T 非対称度が増大しうることが分かった.[1]

NOPTREX (Neutron Optics for Parity and Time Reversal EXperiment) collaboration はこの共鳴吸収における T 対称性の破れの増大効果を利用した未知の CP 対称性の破れ探索を計画している。そのために NOPTREX collaboration が行なっている MLF との関連が深い 3 つの研究について発表する。

1. [^{139}La の T 非対称度増大効果の測定] ^{139}La は大きな P 非対称度増大効果が確認されている。そこで T 非対称度増大効果の大きさを見積もるために $^{139}\text{La}(n, \gamma) ^{140}\text{La}$ の γ 線放出角度分布を MLF-BL04 で測定した。その研究を紹介する。
2. [スピンフィルターの開発] $^{139}\text{La}(n, \gamma)$ の T 対称性の破れを探索するには入射中性子と標的核 ^{139}La の偏極が必要になる。中性子ビーム偏極のために ^3He スピンフィルターの開発を行っている。その開発について報告する。
3. [^{139}La の偏極標的開発] NOPTREX collaboration では ^{139}La の核偏極標的物質には偏極実績[2]のある Nd:LaAlO₃ 結晶を候補にしている。偏極方法については静的核偏極と動的核偏極の両方の研究を行なっている。本研究のための Nd:LaAlO₃ 結晶の育成に成功したが、偏極率向上のための課題として双晶の評価などの課題がある。本研究の現状と今後について報告する。

[1] T. Okudaira, et al., Phys. Rev. C 97, 034622 (2018).

[2] P. Haulet and M. Iinuma, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A 440, 638-642 (2000).