

偏極核標的研究会

複合核状態における時間反転対称性の破れの探索のための偏極核標的開発

24 March 2018

飯沼昌隆 (広島大学)、藤田全基 (東北大学)、與曾井優 (大阪大学)、郡英輝 (大阪大学)
岩田高広 (山形大学)、宮地義之 (山形大学)、上坂友洋 (理化学研究所)、高橋義朗 (京都大学)
北口雅暁 (名古屋大学)、清水裕彦 (名古屋大学)

日時 2018年4月26日 13:00-17:00

場所 理化学研究所 和光キャンパス 基盤技術棟 会議室

本研究会の趣旨

本研究会を着想するに至ったそもそもの動機は、偏極 ^{139}La 核標的の開発への道筋を議論し、関係する専門知識を結集して NOPTREX 実験 (下記を参照下さい) のための偏極核標的を実現することにある。しかし、NOPTREX 実験に適した候補核が ^{139}La 以外に見つかれば、その原子核の偏極が必要になる。また NOPTREX 実験に限らず、様々な原子核の偏極が重要な技術になっていくことが予想される。一般の核偏極研究は難易度が高く時間のかかる研究になるため、立ち上がり段階から広い範囲の専門的な交流が重要であると考えられる。

そこで、まず、次の項目について関係する専門家の研究交流の場として、本研究会を開く。

1. La 化合物単結晶における動的核偏極、ブルートフォース法、Rose-Gorter 法などの様々な可能性を物性物理的観点も考慮して比較検討する。
2. これらに共通する技術上の問題として、極低温技術の集約を図る。

これらに加えて、レーザー核偏極、Triplet-DNP など、極低温を必ずしも要しない方法も並行して議論し、核偏極技術の利用を容易にするような基盤形成も視野に入れたい。

背景

現在の宇宙には、物質が反物質に対して圧倒的に多量に存在しており、それを説明するためには未発見の CP 対称性の破れが必要であると考えられている。これは素粒子標準模型を超えた新物理の存在を意味しており、素粒子論と宇宙論を整合させる鍵の一つである。つまり素粒子反応における CP 対称性の破れは素粒子物理学の最重要課題の一つになっており、より高いエネルギーでの素粒子反応の研究 (energy frontier) と、様々なエネルギー領域での高精度の量子補正の研究 (precision frontier) の両面から新物理探索が行われている。CP 対称性は、CPT 定理を通じて、T 対称性すなわち時間反転対称性と同等とみなせることを利用すると、時間反転対称性の破れ (T-violation) を探索すれば、あからさまに反粒子を生成せずとも新物理探索に寄与できる。特に、加速器の到達エネルギーを超えた新物理探索も可能だという特長を持っている。ただし、高エネルギー素粒子反応で直接的に新たな素粒子反応を観測しないと、新物理の詳細を確定することは難しいことが多いため、energy frontier と precision frontier は相補的な関係にある。現在は、詳細を度外視して、まず新物理の探索をすべき状況であるため、precision frontier に期待がかかっている。

NOPTREX 計画

Precision frontier の研究の一つに、中性子吸収反応によって生じる複合核という準安定状態を利用するという研究がある。この研究は、日本において NOP-T グループ (Neutron Optics and Physics for T-violation)、米国において TREX グループ (Time Reversal EXperiment) が発足して検討が始まり、2015 年から両者が協力関係に入って NOPTREX グループ (Neutron Optics for Parity and Time Reversal EXperiment) が発足して現在に至っている。この研究は、偏極熱外中性子を偏極核標的を通過する際に生じるスピン相関項を計測するというものであり、J-PARC のような大強度パルス中性子源によって可能になった新手法である。まず、J-PARC では偏極した熱外中性子ビームが 2017 年度に実証された。次に、T-violation による新物理の探索感度は標的に用いる原子核によって大きく異なるので、J-PARC のビーム強度で他の探索手法に匹敵するだけの感度を持つ原子核を選び出す研究が現在も進行中で続けられている。現在の候補の探索範囲は、空間反転対称性の破れ (P-violation) の増幅効果が確認されている原子核であり、 ^{131}Xe 、 ^{139}La 、 ^{115}In 、 ^{117}Sn 、 ^{81}Br についての研究が行われている。その中で ^{139}La が十分な感度を持つ原子核であることが 2017 年度になって明らかになった。これを受けて、NOPTREX 計画が KEK 中性子 S 型課題 2018S12 として採択され、それに必要な偏極 ^{139}La 核標的の開発研究が大阪大学核物理研究センターのプロジェクトとして採択された。また ^{139}La の P-violation の再測定実験が Los Alamos National Laboratory において採択され、日米双方で実験的研究の段階に入っている。