

京都大学	博士（工学）	氏名	小田達郎
------	--------	----	------

論文題目	J-PARC MLF BL06 における飛行時間法を用いた中性子共鳴スピネコー分光法に関する研究
------	--

（論文内容の要旨）

本論文は、J-PARC MLF パルス中性子源 BL06 に設置された飛行時間法を用いた中性子共鳴スピネコー分光器に関して、MIEZE 型スピネコー法 (TOF-MIEZE) の特徴を明らかにし、TOF-MIEZE シグナルの諸特性を初めて実証した結果をまとめたものであって、5章からなっている。

第1章は序論であり、本研究の背景及び目的を述べ、本論文の目的が以下の3点であることを明らかにしている。1) J-PARC MLF BL06 に建設する中性子ビームライン設計のために放射線線量率、ビーム特性のシミュレーションを行い、TOF スペクトル測定と絶対中性子束測定を行って、シミュレーション結果と比較・評価すること。2) TOF-MIEZE 法の定式化を行い、特徴と意義を提示すると共に、偏極ビームラインと MIEZE 型スピネコー装置を構築し、時間変調高周波を適用した共鳴スピネフリッパーを用いて、広い波長帯でパルスビームに対応したスピネ制御を行うと共に、MIEZE 条件から不整合を生じた場合に生じる離調周波数を系統的に測定し、定式化から予測される不整合の程度と離調周波数の定量的関係を示す実験を行うこと。3) 極冷中性子実験孔で MIEZE 分光器を構築してパルス幅が可変な実験を行い、パルス幅と TOF-MIEZE シグナルのコントラストの関係を明確に示すデータを得ること。

第2章では、「J-PARC MLF BL06 におけるビームライン開発」について述べている。J-PARC BL06 に建設する VIN ROSE のためのビームラインについて、その詳細設計のために汎用粒子輸送計算コード PHITS を用いた遮蔽性能、ビーム特性のシミュレーションを行い、導管出口において NRSE 導管のピーク波長が 0.52nm、MIEZE 導管が 0.35nm、中性子束はそれぞれ約 2×10^8 および 7×10^7 n/cm²/sec (1 MW 運転時) という結果が得られた。ビーム発散についてもシミュレーション結果は、設計で意図した通りのビーム特性の計算結果であった。その結果を用い、実験エリアを囲むコンクリート遮蔽厚の最適化を行い、コスト削減および実験スペースの確保をすることができた。BL06 中性子導管建設に用いられたスーパーミラーは、京都大学原子炉実験所のイオンビームスパッタ装置で製作されたものであり、京大研究用原子炉 KUR CN3 実験孔および J-PARC MLF BL16 水平反射率計 SOFIA において性能評価を行っており、測定された反射率はシミュレーションに用いた反射率と同等以上であることが確認されている。この反射率測定データを PHITS のシミュレーションに取り込み、より精度の高いシミュレーションを行った。2014 年 4 月末に BL06 で初ビームを受け入れた後は、TOF スペクトルおよび絶対中性子束測定を行った。NRSE 導管については事前のシミュレーションとよい一致をみたが、MIEZE 導管については、TOF スペクトルの形状に不一致が見られ、導管中心部の中性子束も計算と比べ 56% であった。

第3章では、「TOF-MIEZE 分光法の定式化」について述べている。飛行時間法と MIEZE 型スピネコー法を組み合わせた TOF-MIEZE 分光器におけるスピネ固有状態間の位相差を時間の関数として定式化し、TOF-MIEZE シグナルの特徴として、十分狭いパルス幅の下では MIEZE 条件の不整合はシグナルのコントラストを低下させず、実効振動数をシフトさせるのみであることを示した。また、コントラストを一定に保つために許容される離調振動数の大きさは、パルス幅の逆数で与えられる。これは、MIEZE シグナルを観測するための MIEZE 条件の制約が大幅に緩和され、さらに、MIEZE 条件からの不整合の大きさが離調振動数から定量的に把握できることを明らかにした。

第4章では、「TOF-MIEZE 分光法の諸特性の実証実験」について述べている。このような

京都大学	博士（工学）	氏名	小田達郎
<p>TOF-MIEZE シグナルの特徴を実証する実験を J-PARC MLF BL06 にて行い、MIEZE 周波数 20 kHz と 200 kHz の場合について MIEZE 条件からの不整合と実効周波数のシフトについて定式化通りの振る舞いを示すことを観測した。また、離調周波数の大きさとシグナルコントラストの関係が、JSNS のパルス幅から理論的に予測される結果と整合することも確認した。この実験で実証された TOF-MIEZE 法の特徴は、実効周波数の変化を検出することで、MIEZE 条件からの不整合を定量的に把握することを可能にし、装置調整において大きな利点となることを明らかにした。パルス幅の許す範囲でコントラストの一定性が保証されることから、イベントデータと利用することで、様々な外部環境の擾乱と、本来観測したい非弾性散乱によるコントラスト低下を弁別できる可能性があり、本格的な物性測定においても利点となり得ることを示した。</p> <p>第 5 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

氏名	小田達郎
----	------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、J-PARC MLF パルス中性子源 BL06に設置された飛行時間法を用いた中性子共鳴スピネコー分光器に関する研究を行ったものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. J-PARC MLF BL06 に建設する中性子共鳴スピネコー分光器群VIN ROSE のためのビームラインについて、その設計のために汎用粒子輸送計算コードPHITS を用いた放射線線量率、ビーム特性のシミュレーションを行った。初ビーム受け入れ後は、TOF スペクトル測定と絶対中性子束測定を行い、シミュレーション結果と比較・評価した。

2. TOF-MIEZE 法の定式化について説明し、その特徴と意義を提示した。BL06 において偏極ビームラインとMIEZE 型スピネコー装置を構築し、時間変調高周波を適用した共鳴スピネコーフリッパーを用いて、広い波長帯でパルスビームに対応したスピネ制御に成功した。また、MIEZE 条件から不整合を生じた場合に生じる離調周波数を系統的に測定し、定式化から予測される不整合の程度と離調周波数の定量的関係を示す実験を行った。

3. 極冷中性子実験孔においても、MIEZE 分光器を構築し、パルス幅が可変な実験を行うことで、パルス幅とTOF-MIEZEシグナルのコントラストの関係を明確に示すデータを得た。

本論文は、MIEZE型スピネコー法 (TOF-MIEZE) の特徴を明らかにし、実際に J-PARC BL06 に構築したスピネコー装置 (VIN ROSE) によってそのTOF-MIEZEシグナルの諸特性を初めて実証したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成28年1月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。