

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 乙 第 号
------	---------

氏 名 伊 藤 茂 康

論 文 題 目 Experimental study of the electric dipole moment of
neutrons by crystal diffraction

(結晶回折法による中性子電気双極子能率の実験的研究)

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	教授 博士 (理学)	清水 裕彦
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教授 博士 (理学)	棚橋 誠治
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教授 博士 (工学)	寺崎 一郎
委 員	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所	准教授 博士 (理学)	北口 雅暁
委 員	名古屋大学大学院工学研究科	教授 理学博士	澤 博

論文審査の結果の要旨

素粒子、原子核、原子などの基本的粒子の永久電気双極子モーメントは、素粒子を記述する物理法則と直結しており、理論・実験の両面から探究が続けられている。しかし一般に基本的粒子の永久電気双極子モーメントは微小であり、実験的には上限値を得るにとどまっているのが現状である。特に中性子の永久電気双極子モーメントの場合、素粒子標準模型の予言値は、現状の測定感度をおよそ 6 桁下回る。裏を返せば、測定感度を向上させることで標準模型を超える新たな物理法則の可能性を制限できることを意味しており、標準模型の予言値よりも大きな永久電気双極子モーメントが測定されれば、標準模型を超える新たな物理法則の存在を示唆することができる。本研究は、中性子の永久電気双極子モーメントの測定感度向上を目指した基礎的研究である。

中性子永久電気双極子モーメントは、電場のもとでの中性子スピン歳差周波数の電場依存性から決定される。その際の測定感度は、中性子にかかる電場の大きさと、中性子スピン歳差運動の継続時間の積に比例する。現在、主流となっている方法は、中性子を極端に減速して物質容器内に閉じ込め、その空間に電場を印加するというものであり、中性子閉じ込めによって長い歳差運動継続時間を達成することで高感度化が図られている。それに対して、本研究では、単結晶内で動的に回折されながら伝播する中性子波動を用いて、物質内に存在する極めて大きな電場と中性子永久電気双極子モーメントの間の相互作用を測定することを目指す。この方法では、単結晶の完全性の評価が最大の課題となる。

大強度陽子加速器研究施設 J-PARC のパルス中性子ビームを単結晶 SiO_2 (α 石英) に入射させ、単結晶内で生じる中性子動的回折を観測した。結晶の対称性から、電場が存在する(110)面による回折強度分布から結晶内電場を測定し、先行研究の結果を確認した。その上で、対称性から電場が消失すると考えられる回折面についての電場測定を行った結果、0 でない電場を見出した。電場が消失すると期待された回折のうちで最も大きな電場の測定値は(11 $\bar{1}$)面による回折において観測され、その値は $(2.4 \pm 0.4_{\text{stat}} \pm 0.5_{\text{sys}}) \times 10^8$ V/cm であった。これが単位格子に比べて極めて大きな空間スケールにわたる結晶の不完全性に起因するものと考え、通常の見出された回折現象だけでは得られない結晶完全性の指標として用いる可能性を提案した。以上の結果により、今後、結晶内電場を用いて中性子永久電気双極子モーメントの高感度探索を実現する上で、単結晶に要求される完全性を評価する新たな指標として利用される可能性が示唆された。

以上の内容は、中性子永久電気双極子モーメントを通じた素粒子標準模型を超える新たな物理法則の実験的探索の新たな進展をもたらす研究成果である。参考論文は本研究の基礎をなすものであり、学術的に意味が認められる。この理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格を有すると認められる。