

氏名	石橋陽子
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博乙第2910号
学位授与年月日	平成31年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	Nuclear magnetic moment of neutron-rich nucleus $^{21}\text{O}$ (中性子過剰核 $^{21}\text{O}$ の核磁気モーメント)

主査	筑波大学教授 博士(理学) 小沢 顕
副査	筑波大学准教授 博士(理学) 江角 晋一
副査	筑波大学教授 博士(理学) 中務 孝
副査	筑波大学准教授 博士(理学) 山口 貴之 (クロスアポイントメント)

## 論 文 の 要 旨

本論文は、中性子過剰不安定核  $^{21}\text{O}$  の核磁気モーメント測定に関する論文である。原子核内の核子は殻構造を持つことが知られているが、核磁気モーメントは、核子の殻配位に敏感な物理量であり、その測定は、核構造を知る上で重要である。 $^{21}\text{O}$  は、陽子数8、中性子数13を持つ酸素同位体である。陽子数8は、原子核の魔法数であり、 $^{16}\text{O}$  は二重閉殻核であり球形であることが知られているが、中性子過剰の  $^{23}\text{O}$  は、最外殻中性子が離れて存在するハロー/スキン構造を持つことが知られており、酸素同位体で、閉殻構造からハロー/スキン構造にどのように変化するかが興味を持たれていた。このような核構造変化をみる上で、 $^{21}\text{O}$  の核磁気モーメント測定は重要である。 $^{21}\text{O}$  は不安定核であり、半減期 3.4 s で  $\beta$  崩壊する。よって、その核磁気モーメント測定には、 $\beta$  線の非対称放出を利用した核磁気共鳴法 ( $\beta$ -NMR) が有効である。 $\beta$ -NMR では、核偏極生成が必須であるが、従来の方法では、核偏極量の測定には、NMR が必要であり、すなわち、核磁気モーメント未知核では、核磁気モーメントが決定できるまで生成した核偏極量が不明であるという困難があった。この困難を解決するために、著者は、NMR を使わずに核偏極が測定できる方法を提案した。それは、静磁場を反転させ、それぞれの向きで  $\beta$  線の非対称度を測定するという adiabatic field rotation 法 (AFR) である。著者は、AFR のための装置を開発し、この装置を  $^{21}\text{O}$  の核磁気モーメント測定にも使用した。AFR により、NMR を行う前に、 $^{21}\text{O}$  の核偏極量を確認し、実験条件を最適化した。その後、最適化された条件で  $\beta$ -NMR により、 $^{21}\text{O}$  の核磁気モーメント測定を行なった。測定結果は、 $^{21}\text{O}$  の核スピンは、 $5/2^+$  であることを示し、核磁気モーメントの絶対値は、 $1.5090 \pm 0.0035$  n.m. と決定された。次に、測定値は、理論値と比較された。理論計算は、殻模型によれば、 $-1.41$  n.m. であり、実

験値との一致は良い。今回の測定により、不安定核<sup>21</sup>Oの核構造は、殻模型でよく説明でき、<sup>21</sup>Oでは、<sup>23</sup>Oに見られるようなハロー／スキン構造は発現していないことがわかった。今後の研究としては、ハロー／スキン構造解明のために、<sup>23</sup>Oの核磁気モーメント測定に興味を持たれる。

## 審 査 の 要 旨

〔批評〕

酸素同位体では、安定核<sup>16</sup>Oは、二重閉殻核であり、球形であることが知られている。一方、中性子過剰核<sup>23</sup>Oは、ハロー／スキン構造を持つことがわかっており、酸素同位体において<sup>16</sup>Oから<sup>23</sup>Oへどのような核構造変化があるのか興味を持たれていた。核磁気モーメントは、核子配位を通じて核構造に敏感な物理量であり、核構造変化探索の良いプローブである。一方、不安定核の核磁気モーメント測定は難しく、これまで、酸素同位体では、<sup>19</sup>Oまでしか測定されていなかった。不安定核の核磁気モーメントの測定法は限られており、酸素同位体の場合、現状では、β-NMRのみが有効であった。β-NMRでは、核偏極生成が必須であるが、その核偏極量測定には、NMRが必須であり、核磁気モーメント測定まで核偏極量がわからないという困難があった。筆者は、この困難を解決するためにAFRを開発した。AFRにより、核磁気モーメント決定前に、実験条件を最適化できた。この最適化が、<sup>21</sup>Oの核磁気モーメント測定に大きく寄与している。<sup>21</sup>Oの核磁気モーメントは、今回の研究で初めて測定された。特に、<sup>21</sup>Oでは、これまで核スピンも明確には定まっていなかったが、核磁気モーメント決定により、その核スピンは、5/2<sup>+</sup>と決定された点も大きな成果である。今回測定された<sup>21</sup>Oの核磁気モーメントから、<sup>21</sup>Oは殻構造を持つことが示され、<sup>23</sup>Oのようなハロー／スキン構造は持たないことがわかった。以上のように、<sup>21</sup>Oの核構造に知見を与えた研究成果は高く評価できる。さらに、今回開発したAFRは、<sup>21</sup>O以外の不安定核にも適用可能であり、β-NMRによる不安定核の核磁気モーメント測定を大きく進展させる可能性もある。

〔結論〕

平成31年2月18日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において、審査委員全員の出席のもと、本論文について著者に説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士(理学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。