The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Study of meson exchange current in l-forbidden M1 transition around N = 28 shell closure
Author(s)	山本, 康嵩
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/93030
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　山本　康嵩　）	
論文題名	Study of meson exchange current in *l*-forbidden M1 transition around N = 28 shell closure (中性子数N=28近傍でのl-禁止M1遷移に対する中間子効果の研究)

論文内容の要旨

M1遷移強度には、価核子による1粒子遷移・コア励起・中間子効果が寄与する。中間子効果は、荷電中間子を媒介とした陽子−中性子間に働く相互作用に由来しており、平均場を超えた核子間の相互作用(多体効果)が、原子核を理解する上で必要不可欠であることを示している。*l*−許容M1遷移（$\Delta l = 0$, $\Delta J = 1$)と呼ばれる通常の遷移では、価核子による1粒子遷移とコア励起が支配的であり、中間子効果の影響は非常に小さい。一方、*l*−禁止M1遷移（$\Delta l = 2$, $\Delta J = 1$)では、価核子による1粒子遷移が禁止されるため、M1遷移強度に対する中間子効果の寄与が相対的に増加する。従って、*l*−禁止M1遷移強度は原子核内部での中間子効果の影響を測定するのに適している。本論文では、実験により測定された*l*−禁止M1遷移強度と殻模型計算の比較を通して、原子核内部での中間子効果に関する議論を行った。

l−禁止M1遷移強度は、ガンマ線遷移の寿命から決定した。第1励起状態から基底状態へのガンマ線遷移が*l*−禁止である原子核は多数存在している。しかし、中間子効果の測定に適した原子核は限られており、中性子数N = 20から28までの偶数−N カリウム(K)・塩素(Cl)・リン(P)同位体はその候補の一つである。

本論文では、Cl同位体に対するガンマ線遷移の寿命を測定するため、二つの実験を行った。一つ目は、RCNPで行った^{39}Cl原子核に対する実験である。二つ目は、RIBFで行った^{43}Cl原子核に対する実験である。*l*−禁止M1遷移の寿命はピコ秒のオーダーであり、その測定にはドップラーシフト減衰法(DSAM)を使用した。

測定された遷移寿命からM1遷移強度を決定し、殻模型計算との比較を通して、この領域における中間子効果の大きさを決定した。安定核近傍での測定と比較した結果、中間子効果の大きさには変化が見られなかった。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（山本　康嵩　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教授	青井 考
	副 査　教授	石川 貴嗣
	副 査　教授	川畑 貴裕
	副 査　准教授	井手口 栄治
	副 査　准教授	吉田 賢市

論文審査の結果の要旨

中性子過剰な ^{39}Cl および ^{43}Cl の l-禁止磁気双極子遷移（l-禁止 M1 遷移）強度を測定し、原子核の中で仮想的に存在する中間子による電磁遷移を議論した論文である。

原子核は陽子と中性子という 2 種類の核子からなるとされるが、核子同士はたえず仮想中間子を交換することで引力を生み、互いに束縛している。この中間子が生じる電流密度は電磁場と相互作用するため、原子核の状態間の電磁遷移強度に影響を与える。この効果は安定核近傍では研究がなされているが、中性子数と陽子数のバランスが安定核と異なる中性子過剰核でどのように変化するのか、しないのかを調べるのが本論文の目的である。

中間子交換流による電磁遷移強度は微弱なため、通常は核子による遷移強度に隠され観測ができない。しかし、一粒子軌道の軌道角運動量が変化する、いわゆる l-禁止 M1 遷移と呼ばれる遷移においては、価核子の電流密度に起因した遷移が禁止されるため中間子効果が相対的に大きくなり、観測が可能である。中性子数 N=28 近傍で陽子数が奇数、中性子数が偶数のカリウム(K)・塩素(Cl)・リン(P)同位体は、基底状態またはその近傍にある $J^{\pi}=1/2^{+}$状態と $J^{\pi}=3/2^{+}$を結ぶ M1 遷移は l-禁止であり、遷移エネルギー（数 100 keV）や遷移半減期（数 ps から数 10 ps）が測定に適していること、競合する電気四重極遷移強度が弱いことなどから、中間子流効果の研究に適した原子核領域であることを見いだし、その領域にある ^{39}Cl および ^{43}Cl について l-禁止 M1 遷移強度の測定を行った。

実験は核物理研究センターサイクロトロン施設（^{39}Cl）および理化学研究所 RI ビームファクトリー（^{43}Cl）で行った。学位申請者が中心となって開発したガンマ線トラッキング検出器を含むゲルマニウム検出器群によって測定したガンマ線ピークのエネルギーおよび形状からドップラーシフト減衰法によりガンマ遷移半減期の上限値 40 ps（^{39}Cl），54 ps（^{43}Cl)を得た。これらの値は M1 遷移強度下限値 0.01 μ_N、0.028 μ_N に対応する。近傍の原子核でこれまでに知られている M1 遷移強度とあわせて殻模型計算と比較することで、中間子流効果の指標となる g 因子を$g_p^p = 0.43 \pm 0.04$，$g_n^p = -0.32 \pm 0.02$（それぞれ陽子と中性子に対する値）と決定した。安定核近傍での値（$g_p^p = 0.46$，$g_n^p = -0.39$）と比較すると 10%以内で一致しており、中性子過剰領域で中間子効果に大きな変化がないと結論づけた。

本論文は、実験を行う上で必要な検出器の開発、実験、実験データの解析、得られた結果に対する議論で構成されている。実験やデータ解析、論理展開は高度な水準であると判断した。また、中間子流効果という古くから議論されている問題に現代的な測定技術を取り入れた研究は将来に向けての発展を期待させ、学術的な価値は非常に高いと評価できる。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。