

Title	Search for the G-Parity Irregular Term in Weak Nucleon Currents Extracted from Mirror β Decays in Mass 20 System
Author(s)	長友, 傑
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58013
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

G 変換対称性異常を示す弱核子流の誘導テンソル項(第二種核子流) g_{π} は、原子核のガモフ・テラー型ベータ崩壊(弱い相互作用)の G 変換対称性を検証するのに適した観測量である。本研究では、質量数 20 体系ベータ崩壊での g_{π} 導出の為、核スピンを純粋整列状態にしたフッ素 20 同位体 (^{20}F) とナトリウム 20 同位体 (^{20}Na) を生成し、これら原子核から放射されるベータ線強度の角度分布を精密に測定し比較した。

質量数 20 体系の第二種核子流の探索は、過去に異なる 3 つのグループによってベータ線とガンマ線の角度相関測定 ($\beta\cdot\gamma$ 相関項) を通して行われた。しかし、ベータ線のエンドポイントエネルギー Q_{β} が 6 MeV 程度も大きく異なる ^{20}F 核と ^{20}Na 核の比較において、 Q_{β} に依存する第二禁止遷移項の効果が第二種核子流の效果に比べて無視できない事がわかり、第二禁止遷移の導出が急務となった。幸い、本研究の測定対象であるベータ線の整列相関項における第二禁止遷移の效果は、 $\beta\cdot\gamma$ 相関項の場合と逆の效果として現れることに着目し、その禁止遷移の效果を第二種核子流の效果から分離して評価することが可能である。また、鏡映核 ^{20}F と ^{20}Na の整列相関項の違いから g_{π} を導出する為には、同様の角度分布を示す弱磁気項の效果を差し引く必要があるが、その弱磁気項はアイソバリックアナログ状態にあるネオン 20 同位体のガンマ線崩壊の測定により決定されている。このように、本研究で得られた整列相関項と $\beta\cdot\gamma$ 相関項を組み合わせ、弱磁気項を差し引いた結果、 g_{π} を弱核子流の主要項の結合定数 g_A との比として、 $g_{\pi}/g_A = +0.17 \pm 0.33$ (統計誤差) ± 0.23 (系統誤差) (信頼水準 68%) と決定した。この結果は G 変換対称性の保存を示す。質量数 8 と 12 体系における結果との加重平均は $g_{\pi}/g_A = -0.13 \pm 0.12$ であり、QCD 和則を基礎とする理論から予言された u, d クォークの質量差から生ずる誘導テンソル項 $g_{\pi}/g_A = +0.0152 \pm 0.0053$ とも有意な違いは観測されなかった。

原子核内における off-mass shell 効果や、ガモフ・テラー遷移と逆の G 変換対称性を示す ω 中間子の崩壊のような核媒質効果が誘導テンソル項の效果と比べて無視できない場合、 G 変換異常項として得られた測定値は KDR 模型により ζ と λ の 2 つのパラメータの一次結合として表される。これまでのデータを統合し、これら KDR パラメータを、 $\zeta = -(0.09 \pm 0.12) \times 10^{-3} \text{ MeV}^{-1}$ 、 $\lambda = -(0.19 \pm 0.65) \times 10^{-3}$ と決定した。この KDR 模型のもとで誘導テンソル項を導出するには、 ω 中間子のベータ崩壊強度に対する実験および理論の研究が必要である。

論文審査の結果の要旨

本論文は、 G パリティ変換対称性、すなわち、アイソスピン空間における反転対称性をベータ線角度分布の精密測定を通じて研究し、 G パリティの保存限界を明らかにした。弱い相互作用に置ける G 変換対称性は、陽子と中性子のベータ崩壊が同等であるか否かに帰着する。本研究では、陽子と中性子を入れ替えた原子核の対 ^{20}Na および ^{20}F のベータ崩壊の差から G 変換対称性を破る誘導テンソル項の存在限界を検証した。

ベータ崩壊を引き起こす弱核子流には、主要項の他に強い相互作用で誘導される誘導テンソル項 (g_{π} 項) が存在し得るが、この項は主要項と異なる G パリティを持ち、存在すれば G 変換対称性が破れる。誘導項は主要項の 1/1000 程度であり、その測定は一般には困難であるが、主要項が関与しない相関実験を考案する事により純粋に抜き出して測定できる。 ^{20}Na および ^{20}F の鏡映核対については、そのような相関実験としてベータ線と遅発ガンマ線の角度相関が精密に測定されているが、2 次の禁止遷移の影響が除き切れず誘導テンソル項の存在可能性に関して決定的な結論を導けていない。

本研究では、核スピンの整列した ^{20}Na および ^{20}F 鏡映核対のベータ線角度分布の核スピンの整列項に着目している。これと既存の $\beta - \gamma$ 角度相関データとを組み合わせ解析することによ

[99]

氏名	ながとも たかし 長友 傑
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 23445 号
学位授与年月日	平成 21 年 12 月 16 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	Search for the G-Parity Irregular Term in Weak Nucleon Currents Extracted from Mirror β Decays in Mass 20 System (質量数 20 体系の鏡映 β 崩壊から導出される弱核子流の G 対称性異常項の探索)
論文審査委員	(主査) 教授 岸本 忠史 (副査) 教授 下田 正 准教授 佐藤 透 教授(福井工業大学) 南園 忠則 准教授 松多 健策

り、これまで不確定であった2次の禁止遷移の影響を完全に除き去る事が出来る。しかしながら、これまでは、核スピンの整列した ^{20}Na および ^{20}F の生成は困難であった。そこで、低速の ^{20}Na 核をレーザーオプティカルポンピング法により核スピン偏極させ、また、偏極重陽子ビームによる偏極移行反応を利用する事で核スピン偏極した ^{20}F を生成し、植え込み試料の問題も解決して、整列相関項の精密測定に成功した。

測定の結果、整列誘導テンソル項を主要項との比として $g_{\text{II}}/g_{\text{A}} = +0.17 \pm 0.40$ と決定した。これは、存在が確定している弱磁気項の1/20以下と言う高い精度でGパリティの保存を示している。本研究は、原子核のベータ崩壊に着目し、核構造に依存する要素を注意深く取り除いて、Gパリティ保存則の適用限界を高い精度で検証したものである。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。