

Title	Search for the G-Parity Irregular Term in Weak Nucleon Currents Extracted from Mirror $\beta$ Decays in Mass 8 Systems
Author(s)	炭竈, 聡之
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46479">https://hdl.handle.net/11094/46479</a>
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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	炭 竈 聡 之
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 19729 号
学位授与年月日	平成 17 年 6 月 30 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Search for the $G$ -Parity Irregular Term in Weak Nucleon Currents Extracted from Mirror $\beta$ Decays in Mass 8 System (質量数 8 体系の鏡映 $\beta$ 崩壊を用いた弱核子流中 $G$ パリティ異常項の研究)
論文審査委員	(主査) 教授 下田 正 (副査) 教授 岸本 忠史 教授 山中 卓 教授 浅川 正之 助教授 松多 健策 福井工業大学教授 南園 忠則

### 論文内容の要旨

核子の  $\beta^-$  崩壊と  $\beta^+$  崩壊が対称ならば、荷電空間のパリティを表す  $G$  パリティは  $\beta$  崩壊において保存し、その対称性を破る弱核子流中の  $G$  パリティ異常項は存在しないはずである。本研究では  $\beta$  線角度分布中整列相関項を質量数 8 体系の鏡映  $\beta$  崩壊と比較し、その非対称から  $G$  パリティ異常項である誘導テンソル項  $g_{\pi}$  を導出した。整列相関項にはこの  $\beta$  崩壊の主要項であるガモフ・テラーの核行列要素が寄与しないため、高感度で  $G$  パリティの破れを検出できる実験手法である。

整列相関項測定に必要な技術である純粋に核スピン整列した不安定核の生成法を発展させ、正及び負に整列した  ${}^8\text{Li}$ 、 ${}^8\text{B}$  を得ることができた。正整列と負整列の  $\beta$  線角度分布の変化から整列相関項を導出することに質量数 8 体系で始めて成功した。

整列相関項の鏡映  $\beta$  崩壊間の差は主に誘導テンソル項と弱磁気項で決まる。この弱磁気項の寄与はすでにアナログ  $\gamma$  崩壊測定から決められているため、この差から誘導テンソル項を導出できる。さらに、小さな第二禁止遷移の寄与もアナログ  $\gamma$  崩壊測定から決められるが、大きく食い違った 2 つの実験結果が存在するため不確定性が大きく、本研究で目指す精度を実現できない。そこで、誘導テンソル項と第二禁止遷移の寄与を分離し、同時に決定できる新たな導出法を開発した。それは、整列相関項と過去に測定された  $\beta$  遅延  $\alpha$  角度相関項の 2 種類の相関項を単純に平均することで第二禁止遷移の寄与をキャンセルさせる方法である。その結果、誘導テンソル項を  $g_{\pi}/g_A = -0.24 \pm 0.26(\text{stat.}) \pm 0.15(\text{syst.})$  と決定した。これはゼロを含み質量数 8 体系において  $G$  パリティはよく保存していることがわかった。本研究の質量数  $A=8$  と以前に測定された  $A=12, 20$  体系との平均値として  $g_{\pi}/g_A = -0.17 \pm 0.13$  を得たが、QCD 和則により  $u$  クォークと  $d$  クォーク間の質量差から予言された値  $g_{\pi}/g_A = +0.0152 \pm 0.0053$  とわずかに食い違っている。これは運動量移行ゼロの極限でのクォーク自由度を正確に記述できていない可能性を示唆する。

また、原子核中での媒質効果つまりオフシェル効果と  $G$  パリティを破る  $\omega$  中間子崩壊が無視できないほど大きい場合 (KDR モデル)、2 つの KDR パラメータ  $\xi$  と  $\lambda$  が  $\beta$  崩壊の非対称に寄与し、それぞれ  $\xi = -(0.12 \pm 0.12) \times 10^{-3}$  MeV、 $\lambda = +(0.24 \pm 0.79) \times 10^{-3}$  と決めた。KDR モデルの下で誘導テンソル項を導出するためには、 $\omega$  中間子の  $\pi$

中間子への $\beta$ 崩壊定数を実験的もしくは理論的に決める必要がある。

## 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、荷電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とおして研究し、その適用限界を明らかにしたものである。 $G$ パリティ変換対称性は、荷電空間（アイソスピン空間）で対称な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 ${}^8\text{Li}$ および ${}^8\text{B}$ のベータ崩壊を比較して、その差から $G$ パリティ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、ベクトル流及び擬ベクトル流 $g_A$ の2つの主要項の他に、強い相互作用によって誘導される残り4個の反挑エネルギーのオーダーの小さな項が存在し得る。誘導テンソル項 $g_{II}$ もその一つで、 $G$ パリティを破る異常項であるため第二種流とも呼ばれ、その存在限界を検証する必要がある。誘導項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。 ${}^8\text{Li}$ および ${}^8\text{B}$ 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アルファ線と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いていない。

本研究では、核スピン整列した原子核から放出されるベータ線の角度分布中の整列相関項に着目している。整列相関項はベータ・アルファ角度相関とは相補的な測定量で、2組のデータを組み合わせる事で、これまで決定的な問題であった禁止遷移の影響を不確定要素なく取り除ける。しかしながら、崩壊半減期が長く核スピンも大きいために、 ${}^8\text{Li}$ および ${}^8\text{B}$ の整列相関項の測定はこれまで困難であった。そこで、核反応で生成する核スピン偏極を保持する新しい植え込み試料を開発した。すなわち、 $\text{TiO}_2$ 単結晶内部の電場勾配を精密に決定して、核磁気共鳴を行い、核スピンを整列させ、この問題を解決して、整列相関項を高精度で測定した。

測定の結果、誘導テンソル項が $g_{II}/g_A = -0.24 \pm 0.26$  (統計)  $\pm 0.15$  (系統) と決定された。この結果は、これまでに知られている質量数が12の鏡映核対のベータ崩壊の結果とも一致しており、ベータ崩壊において $G$ パリティは良く保存している事が明らかになった。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。