

氏 名	中 山 康 之 なか やま やす ゆき
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	論 理 博 第 427 号
学位授与の日付	昭 和 48 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Two-Photon Decay of the 1.76-MeV 0^+ State of ^{90}Zr (^{90}Zr の 1.76 MeV 0^+ 励起状態の 2 光子放出転移)
論 文 調 査 委 員	(主 査) 教授 武藤二郎 教授 清水 栄 教授 小林晨作 教授 長谷川博一

論 文 内 容 の 要 旨

原子核の励起状態は通常 γ 線を放出してより低い状態に転移を行うが、両状態のスピンが 0 の場合には γ 線の放出は禁止される。然しながら、2 次の摂動論によれば 2 つの量子 ($\gamma\gamma$, ee , $e\gamma$) を同時に放出して転移する現象が極めて小さい確率で起ることが期待される。またこの際、放出される 2 つの量子のエネルギー ω_1 , ω_2 は、両状態のエネルギーを E_i , E_f とするとき、 $\omega_1 + \omega_2 = E_i - E_f$ の制限の下に連続分布をなすはずである。本論文で報告されている研究は、この現象の存在を明らかにしたものである。

実験に用いられた線源は、放射平衡にある $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ で、 ^{90}Y の β 崩壊によって生じる ^{90}Zr 核の 1.76 MeV 0^+ の第一励起状態と 0^+ 基底状態の間の 2 光子放出転移の確率が実験的に定められ、またその放出光子のエネルギー分布も求められた。

この現象の起る確率は極めて小さいので、放射性不純物にもとづく現象の誤認は慎重に避けなければならない。申請者は核分裂によって生成してからすでに 7 年を経過した ^{90}Sr を使い、さらにイオン交換法を 3 回繰返すことによって、その不純物は最終的には ^{90}Y の崩壊に対して 10^{-11} 以下であると見積もられる所まで純化した。

検出方法としては、 γ 線用シンチレーターとしての 5 吋直径 2 吋厚の NaI (Tl) 結晶 2 個で、 β 線用の 1 吋直径 1 吋長のプラスチック蛍光体をはさみ、線源をこのプラスチック蛍光体の中に埋め、これら 3 つの検出器からのシグナルを回路的に処理する方法を用いている。使用された電子回路は 2 台の多重波高分析器と反同時計数回路を組入れた加算スペクトロメーターである。このうち特に、反同時計数回路は現象誤認の原因となる宇宙線、親核からの β 線による制動輻射線、自然放射性物質からの γ 線など、すべての効果を除外する上に重大な役割を果している。装置の主要部分は十分な厚さの鉛によって遮蔽され、また長期にわたって一定温度に保たれ、100 時間の計数を 30 回、約 3 年の日時をかけてデータが集められた。その結果、 γ 線スペクトル上の 1.76 MeV の領域に小さいピークを見出し、同じスペクトル上に同時に観測される、内部電子対転移に起因する消滅 γ 線の 1.02 MeV ピークと比較することによって、2 光子放

出転移の確率 T_{rr} と (内部電子対転移の確率 T_{π}) + (内部転換転移の確率 T_{ϵ}) との比として,

$$\frac{T_{rr}}{T_{\pi+\epsilon}} = (5.1 \pm 2.5) \times 10^{-4}$$

の値をえた。

この値は1961年に発表された B. Margolis の理論値 6×10^{-3} よりはるかに小さく, また同じ年の J. Yoccoz の理論値 1.6×10^{-4} よりかなり大きい。

申請者は上記の値を実験的に定めると同時に, 2本の γ 線の内の一方についてコンプトン部分のない光電ピークのみからなる波高分布を記録し, 0.88 MeV の領域に最大値が存在することを確認した。このことから申請者は ^{90}Zr の 2 光子放出転移は, 1.76 MeV O^+ 状態のはるか上にある巨大双極子状態を経る (E1, E1) 転移であると結論している。

論文審査の結果の要旨

原子核の励起状態の 2 光子放出転移は, 理論的には1939年に Oppenheimer と Schwinger が初めて研究し, その後, 多くの研究者によって考察されてきた。1960年以来, この現象を実験的に検証する研究に各国の研究者が競って取組んできたが, 結果はいずれも 2 光子放出転移確率の上限値を報告するにとどまっている。これらの研究に用いられた核種は多数に上っているが, ^{16}O , ^{40}Ca , ^{90}Zr 以外の核種は 2 量子放出転移の観測には必ずしも適していない。核種の選択にあたって申請者が ^{90}Zr の 1.76 MeV O^+ 励起状態より O^+ 基底状態への転移をえらんだのは当を得た選択であったといえる。ただし, ^{90}Zr を使用した実験はすでにいくつか行われているが, しかし, これらはみな, 2つの γ 線検出器のみを使用していて, 得られた測定値にはいくつかの疑義をはらんでいる。即ち, ^{90}Sr および ^{90}Y からの β 線に起因する制動輻射線のうち, 1.76 MeV 相当部分が2つの γ 線検出器の間で散乱してそれぞれが共に捕えられる場合を排除できていないこと, 制動輻射発生 of 二次の現象としての 2 光子同時発生 of 現象も区別しえないこと, その他 ^{90}Sr - ^{90}Y 線源中に含まれる放射性不純物の問題, 宇宙線および実験室内放射性物質からの γ 線の遮蔽の問題などである。

申請者はこれらの実験上の欠陥を排除する上で, ^{90}Zr の 1.76 MeV 準位の寿命が 60 nsec であるという点に着目して極めて巧妙な実験装置配置を創案した。即ち, ^{90}Sr - ^{90}Y 線源をプラスチック・シンチレーター内に埋没し, これによって β 線を検出し, その出力を反同時信号と同時信号の二つに使いわけることによって, 上述のような誤認原因をすべて取除くことに成功し, 測定結果の統計的精度は不充分ではあるが, 疑問をさしはさむ余地のない 1.76 MeV のピークを検出することに成功し, その得られた計数から 2 光子放出転移確率を初めて実験的に確定した。

申請者はまた電子回路を巧みに組合せることによって, 連続分布を示す 2 光子放出転移 γ 線のエネルギー分布をも初めて観測することに成功し, それが (E1, E1) 転移であることを明らかにした。これは ^{90}Zr の巨大双極子状態が実験的に確認されていることから支持される。

これらの実験方法並びに成果は, すでに諸国の研究者の間で高く評価されており, 核構造上の何等かの仮定に基づいて理論的に計算された転移確率の二三の報告値とは何れも大きくかけ離れている点で, この

現象の核行列要素が非常に複雑であることを示唆しており、新しい理論的再計算を促す重大な役割を果たしている。

以上要するに、申請者の研究は原子核の $O^+ \rightarrow O^+$ 転移において 2 光子放出が行なわれることを実験的に確証し、その確率を実験的に決定し、さらに巨大双極子状態を経ておこる (E1, E1) 転移であることを明らかにしたもので、核構造の研究に重要な寄与をしたものというべく、原子核物理学の今後の発展に貢献するところが少くない。参考論文 5 編はいずれも核物理学上の重要な問題の実験的研究であり、申請者のこの分野における卓抜な研究能力を示している。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。