

氏 名	あき かわ ひさ し 秋 川 藤 志
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2587 号
学位授与の日付	平 成 15 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 ・ 宇 宙 物 理 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Hypernuclear fine structure of ${}^9\Lambda\text{Be}$ and spin-dependent ΛN interaction (${}^9\Lambda\text{Be}$ のハイパー核微細構造とスピン依存 ΛN 相互作用)
論文調査委員	(主 査) 教 授 今 井 憲 一 教 授 谷 森 達 助教授 斉 藤 直 人

論 文 内 容 の 要 旨

本申請論文はハイパー核の精密 γ 線分光による ΛN のスピン軌道相互作用の決定について述べたものである。

ΛN 相互作用, とりわけスピン依存相互作用を調べる上でハイパー核分光は強力な手段である。近年ではゲルマニウム検出器によるガンマ線分光によって, 分解能をこれまでの千倍に引き上げる事が可能になった。

ΛN 相互作用のうちスピン軌道力は, 模型の種類によって予測される大きさが非常に異なることが知られている。特にその反対称成分 (ALS) は, OBE 模型による計算ではほとんどゼロとなるのに対し, クォーク模型による計算では対称成分 (SLS) と同程度の強さが得られる。SLS と ALS では符号が反対なため, これらの合計である Λ スピン軌道力による準位の分岐は, One Boson Exchange (OBE) 模型ならば大きな値, クォーク模型ならば小さな値になるものと予測されている。 Λ スピン軌道力が大きいのか小さいのかという問題については, 過去 ${}^1\Lambda\text{O}$, ${}^1\Lambda\text{C}$, ${}^1\Lambda\text{Y}$ などの分光実験の結果から検証が試みられたが, はっきりした結論は得られていなかった。また, Λ スピン軌道力の大きさを調べるのに非常に適したハイパー核である ${}^9\Lambda\text{Be}$ について, 100keV 程度の分解能を持つ NaI カウンターを用いてガンマ線分光実験が行われたが, この実験では一つのピークしか観測できず, 両方の解釈の余地を残していた。

申請者が Brookhaven 国立研究所 (米) の K 中間子ビームを用いて行なった BNL-AGS E930 実験は, keV オーダーの分解能を持つゲルマニウム検出器を用いて ${}^9\Lambda\text{Be}$ の分光を行い, Λ スピン軌道力の大きさを決定しようという実験である。厚さ $18.5\text{g}/\text{cm}^2$ の ${}^9\text{Be}$ ターゲットに $0.93\text{GeV}/c$ の K^- ビームを約一ヵ月かけて計 1.9×10^{10} 個照射し, ゲルマニウム検出器を14個連結した検出「ハイパーボール」を用いて ${}^9\text{Be}(\text{K}^-, \pi^-){}^9\Lambda\text{Be}$ 反応からのガンマ線を観測した。このとき磁気 Spectrometer を用いて ${}^9\text{Be}(\text{K}^-, \pi^-){}^9\Lambda\text{Be}$ 反応を同定し, このハイパー核からのガンマ線であることを確かめている。その結果, 束縛状態のガンマ線スペクトル中 $3029 \pm 2 \pm 1\text{keV}$ および $3060 \pm 2 \pm 1\text{keV}$ の位置に ${}^9\Lambda\text{Be}$ 核の ($5/2^+1 \rightarrow /2^+$, $3/2^+1 \rightarrow /2^+$) 遷移に対応するガンマ線ピークを観測した。また, そのエネルギー差として $31.4_{-3.6}^{+3.2}\text{keV}$ という非常に小さい値を得た。これは今までに観測されたハイパー核の準位の分岐としては最も小さいものである。ひとつのピークが統計的な揺らぎにより二つのピークのように見えたという解釈は, 95%の信頼水準で却下された。

二準位のエネルギー差として肥山が行った計算では, OBE 模型を採用するなら $80 \sim 200\text{keV}$, クォーク模型による効果を取りいれるなら $35 \sim 40\text{keV}$ という予測がなされており, クォーク模型を用いた計算の方に非常に近い値が得られたことがわかる。また, Λ スピン軌道力を表すパラメータである S_Λ について, 今回の実験結果とテンソル力による理論予測から, $-14 < S_\Lambda < -2\text{keV}$ もしくは $3 < S_\Lambda < 27\text{keV}$ という制限を設けることができた。これは従来の OBE 模型で予測されていた $-180 \sim 130\text{keV}$ 程度という S_Λ の範囲とは全く違う値である。同様の食い違いは近年行われた ${}^1\Lambda\text{C}$ の分光実験でも見られており, OBE 模型の限界を示す結果が得られたと言える。

論文審査の結果の要旨

本申請論文はハイパー核の精密ガンマ線分光に関するもので、ハイパーボールと呼ばれる大立体角のゲルマニウム検出器により ${}^8\Lambda\text{Be}$ のガンマ線分光の新しい結果を与へ、 ΛN のスピン軌道相互作用の大きさをほぼ決定したとするものである。ハイペロン核子相互作用やハイパー核の構造の研究にとってハイパー核分光は最も基本的な実験情報を与える。しかしごく最近までもっぱら磁気スペクトロメータによっていたため分光のエネルギー分解能は2MeV程度であり、 ΛN 相互作用のスピン依存の微細な構造はわからなかった。この仕事の中心は、大立体角のゲルマニウム検出器（ハイパーボール）を建設して、世界ではじめてハイパー核の精密ガンマ線分光に取り組み、keVというこれまでに比べて3桁よい分解能でハイパー核の分光に成功したことである。申請論文はこの仕事の2番目の実験とその結果について述べたものである。

Brookhaven 研究所の陽子加速器からの K 中間子ビームを用いて行われた実験では、高いバックグラウンドにもかかわらず、見事に ${}^8\Lambda\text{Be}$ の $(5/2^+1 \rightarrow /2^+, 3/2^+1 \rightarrow /2^+)$ 遷移に対応する2本のガンマ線ピークの観測に成功しており、高い評価に値する。この2本のガンマ線のエネルギー差は、 $5/2^+$ と $3/2^+$ の励起準位のエネルギー差であり、 Λ とコア核とのスピン軌道相互作用でほとんどきまると考えられている。測定されたエネルギー差は31keVと小さく、通常の核のスピン軌道相互作用によるものと比べると、ほとんど2桁小さいことを明らかにした意義は大きい。 Λ ハイパー核の描像と理解をさらに進めたという意味で画期的といってよい。このことは核力のスピン軌道相互作用の起源という問題にとって重要な情報であり、論文では最近の One Boson Exchange Model と Quark Model による理論計算と比較して、この ${}^8\Lambda\text{Be}$ のガンマ線のエネルギー差の結果が Quark Model を支持するものであることを述べており、極めて興味深く、今後の理論研究の発展をそくすであろう。なお論文では、この2つのピークの統計的有意性についても詳しく検討されており、信頼できるデータとなっている。またこの遷移の寿命もはじめて与えられており ${}^8\Lambda\text{Be}$ の大きさや構造に新しい知見を与えるものである。

以上のようにこの論文はハイパー核の精密ガンマ線分光の新しい分野を確立するとともに、ハイパー核の微細構造とくに ΛN のスピン軌道相互作用の大きさとそれによる微細構造を明らかにした点で、ハイパー核の研究に多大の貢献をなしたものであり、高く評価するものである。

なおこの申請論文の主な内容は、Physics Review Letters 誌に掲載されている。

よって、本申請論文は博士（理学）の学位論文に値するものと認める。

また主論文および参考論文に報告されている研究を中心として、これに関連した研究分野について口頭試問した結果、合格と認めた。