

## 論文審査の結果の要旨

氏名 小林拓実

本論文は、反陽子ヘリウム原子の分光実験をテーマとするものであり、全6章からなる。第1章はイントロダクションであり、研究対象である反陽子ヘリウム原子の研究史と、原子生成時における初期状態分布や物理の基本定数決定に関する興味は述べられている。第2章には、実験の手法が述べられている。CERN 研究所の AD 施設における低速反陽子ビームの生成から、反陽子ヘリウム原子を生成するための標的系、反陽子消滅の検出器系、そして原子分光のためのレーザーシステムについて、詳細に書かれており、論文提出者が自ら作成した、ラマン光を利用したレーザーについての記述が含まれる。第3章には、この研究において初めて観測した、波長 1154.9 nm のレーザー遷移の共鳴スペクトルが示される。また反陽子消滅の時間スペクトルから共鳴周波数を実験的に決定するための解析手法が述べられている。第4章は主に、観測された共鳴の幅の議論からなる。実験で決定された共鳴幅は、理論から期待される値と大きな差異が見られることが発見されたが、その原因について、考えられる幾つかの可能性が挙げられ、検討されている。第5章は、本論文のもっとも主要な成果である、原子の初期状態分布に関する議論がなされている。レーザーの照射タイミングを変化させた測定により、量子数 $(n, l)=(41, 37)$ 状態を占有している反陽子ヘリウム原子は、ほぼ存在しないことが明らかとなった。第6章に結論と今後の展望が簡潔に述べられている。

準安定な反陽子ヘリウム原子は、主量子数  $n$  が 38 付近に生成される事が知られていたが、 $n$  が 40 以上の状態にどれだけの量が生成されるのかは、長年に渡って謎であった。90年代の測定においては、間接的な手法を用い、 $(n, l)=(41, 37)$ 状態を占有する原子の割合が比較的少ない(入射反陽子に対する占有度  $0.03 \pm 0.02\%$ )という実験結果が得られている。これまでの理論計算の多くは、占有度  $0.1 \sim 0.2\%$ を予測していたが、実験との差が定量的なものにとどまるのか、本質的に異なるのかは明らかではなかった。本研究においては、占有度が  $0.02\%$ 以下であり、 $n=41$ 状態を占有する原子はほぼ存在しないということが、直接的な測定により確かめられた。これにより、理論と実験との対照は決定的となり、実験を説明する新たな理論描像の必要性を提起することとなった。一つの仮説は、 $n > 40$ の原子は、生成されてすぐに周りの原子との衝突により壊れてしまうというものである。いずれにせよ、本論文の成果は、今後の原子衝突理論の研究にも大きく貢献するものであろう。

また、本研究で見られたような、共鳴幅の理論と実験との大きな差異は、過去に反陽子ヘリウム原子の他の共鳴に対して観測され、崩壊率異常として興味深い検討がなされてきた例がある。本論文では残念ながら原因の特定までには至らなかったが、今後の実験研究に

より、そのような矛盾が解かれることが期待される。

また、本研究の為に構築したラマン光のレーザーシステムは、本論文の共鳴探索のみならず、今後  $n>40$  の高励起状態の研究にも役に立つものであり、さらなる発展的研究を促す、意義の大きなものである。

本論文は CERN 研究所における AD-3 (ASACUSA) collaboration として共同で行った研究であるが、論文に記述された測定は論文提出者の提案によるものであり、それに必要なラマン光レーザー系の開発、また実験データの解析も、論文提出者が主体となって行ったものである。

以上より、博士（理学）の学位を授与できると認める。