

論文審査結果の要旨

氏名 久松康子

本論文は6章からなる。第1章はイントロダクションであり、 J/ψ の研究の歴史を概観し、そのハドロンへの崩壊、特にバリオン対への崩壊過程について実験的および理論的な理解の状況を説明し、この研究の対象である $\Delta^{++}\Delta^{--}$ 崩壊モードの測定の目的を明かにしている。第2章は実験の説明である。この研究で用いた J/ψ データの収集に使われた加速器と検出器について述べられている。第3章は本研究の中心である $J/\psi \rightarrow \Delta^{++}\Delta^{--}$ 崩壊分岐比の測定についての詳細な議論である。北京の e^+e^- コライダー BEPCにおける BES-II 実験で得られた、これまでにない高統計の J/ψ サンプルを用いた測定がおこなわれた。第4章では系統誤差やバイアスの評価がおこなわれ、第5章で結果に基づいて過去の実験結果との比較や新しい理論計算との比較をおこない J/ψ のバリオン対崩壊についての議論をおこなった。第6章は、まとめと結論である。

チャームと反チャームクォークの結合状態である J/ψ は、1974年の発見以来その性質が実験的にも理論的にも調べられ標準理論の確立に大きな役割を果たしてきた。近年 BES-II 実験では約6000万の J/ψ レゾナンス事象を記録し、それを基に新しい世代の研究がおこなわれている。 J/ψ からバリオン反バリオン対を生成する過程は主に3-グルーオン崩壊を通して起こると考えられる。この崩壊幅を摂動 QCD で計算する試みは、古くは Brodsky and Lepage (1981) の計算や、新しい Bolz and Kroll (1998) の計算がある。これらをテストするためには、いろいろな種類のバリオン対分岐比の精密なデータが必要である。陽子や Λ 、 Σ などは信号がはっきりしていて測定が容易なので良いデータがあるが、SU(3) decuplet バリオンのひとつである $\Delta(1232)$ については、その幅が広いことなどの理由でバックグラウンドとの区別が難しく、既存の結果は1984年の Mark-II 実験の結果が唯一のものである。そこで、BES-II 実験の持つ圧倒的に大量の J/ψ データを用いて新しい高精度の測定に挑戦したのがこの研究である。

この測定の特徴は「モデルによらない解析」である。 $\Delta^{++}\Delta^{--}$ 事象を選ぶには、 $p\pi^+\bar{p}\pi^-$ 事象を集めて、 $p\pi^+$ および $\bar{p}\pi^-$ の質量が共に $\Delta(1232)$ のものであることを見ればよいが、 Δ は幅が大変広いので鋭いピークにならない。バックグラウンド、例えば $\Delta p\pi$ や $p\bar{p}\pi$ など、を正確に評価する理論的予想もない。また、これらの過程の角度分布も良くわかっていないので、アクセプタンスや検出効率の正確な評価も難しい。そこでこの解析では、信号やバックグラウンドの質量分布について尤もで最低限の仮定 (Breit-Wigner, phase space) を置き、その分布を Monte Carlo simulation で生成し、それらを Weight 付きで足し合せたものをデータと比べた。そしてデータとの一致が最もよくなる Weight を Likelihood fit で求めた。この方法が成り立つためには、必要なバックグラウンドを全て網羅する必要がある。この論文では、 $p\pi$ システムだけでなく、 $p\pi\pi$ などの質量分布も詳しく調べ、3種類の N^* レゾナンスをバックグラウンドとして考慮する必要があることを確認した。信号やバックグラウンドの角度分布が不明なことに対応するため Δ^{++} の角度にしたがってデータを6つの独立なサンプルに分けて上記の解析をおこない、 $\Delta^{++}\Delta^{--}$ の角度分布を求めた。そして、最後にその分布を全立体角に外挿して積分することにより $J/\psi \rightarrow \Delta^{++}\Delta^{--}$ の分岐比を、ほとんどモデルによらずに求めた。系統誤差もていねいに分析されている。この結果は、 $J/\psi \rightarrow \Delta^{++}\Delta^{--}$ 崩壊分岐比のデータを更新するインプットになると考えられる。

この結果を上記の理論予想 (Bolz-Kroll) と比較すると $2-3\sigma$ ずれている。(誤差の大きい) Mark-II の結果はこの理論予想とコンシステントであったが、この新しい結果は、理論の中の少々任意性のあるいくつかのパラメータの変更を要求するものであると考えられる。

BES-II 実験は国際 collaboration による実験であるが、この解析はその最初から最後まで論文提出者ひとりの手で行われたものである。特に、Likelihood fit を構築する過程で多くの工夫と努力のあとがうかがわれる。この論文の内容は、審査員全員十分納得する研究結果であり、論文提出者の物理学の知識も博士 (理学) を受けるに十分である。したがって、博士 (理学) の学位を授与できると認める。