

論文審査の結果の要旨

氏名 山村大樹

本論文は8章よりなる。イントロダクション(第1章)では、 J/ψ の崩壊過程でバリオン対が生成されるメカニズムとその物理的な意味について記されている。特にストレンジクォークが生成される機構について詳しく述べられている。BES-II 検出器の記述(第2章)に続いて、第3章では、分岐比の基礎となる J/ψ の生成事象数の精密測定(精度 1.7%) について述べられている。これは従来の精度(4.7%)に比べて著しく向上しており、系統誤差を制御する工夫が行われている。続く第4から6章で、各バリオン対への崩壊プロセス ($p\bar{p}, \Xi^- \bar{\Xi}^+, \Sigma^- \bar{\Sigma}^+, \Sigma^+ \bar{\Sigma}^-$) の崩壊分岐比の測定と結果について詳しく記述されている。第7章で、測定結果についての物理的考察を行い、ストレンジクォーク(s)が強く抑制されることがなく、バリオンの質量の差異による差が崩壊分岐を主に決めていることが示している。8章では結論が述べられている。

J/ψ 粒子は、チャーム(c)・反チャームクォークの束縛系であり、量子数は γ 線と同じである。この為、 $c\bar{c}$ 対消滅による3-グルオンへの崩壊が主要プロセスであり、各々のグルオンがクォーク-反クォーク対に分岐し、その後、クォークおよび反クォークが結合することで、バリオン-反バリオンペアが生成される。したがって、各バリオン対への崩壊分岐比を正確に測定することで、グルオンとクォーク・反クォークへの結合(QCD)を測定することが可能になる。一つのグルオンの仮想質量が約1 GeV程度である J/ψ 崩壊を用いることで、摂動論の適用限界付近でのQCDの振る舞いを探ることが可能となる。これが本論文の目的とする所であり、ユニークな研究であると認められる。

精密な測定を行う上で、データ量と解析の質(系統誤差がよく制御されている)が重要な要素である。データ量に関しては、中国の高能研究所のBES-II実験で観測された大量の J/ψ 事象を用いることで、十分な統計が得られている。観測された J/ψ 粒子の数を精密に評価する為、本論文ではミューオン($J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$)を用いている。ミューオンはバックグラウンドを抑えた解析が可能であり、綿密な系統誤差の研究を行うことで、誤差(1.7%)を従来の研究より約1/3に改良している。 J/ψ の崩壊数は分岐比を決める規格化定数となるため、この改良が、最終結果の向上に大きく寄与している。この点がこの論文の優れた点の一つ目である。

一番簡単なバリオンは陽子(uud: u アップクォーク, d ダウンクォーク)であり、陽子・反陽子に崩壊する分岐比の研究をまず第4章で行っている。陽子の選択は、飛行時間と運動量測定を用いて行っている。ミューオンへの崩壊数を測定した時の研究同様に、解析段階で様々な工夫がなされている。例えば、運動量を測定するトラッキングシステムのヒット数により運動量の分解能の差異や、モンテカルロ・シミュレーションとデータとの差異などを調べ、最終的に2.2%の精度で分岐比を測定した。上に述べた様に($J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$)からの J/ψ 数の評価誤差を1.7%に抑えたから、この様な高い精度が得られている。

この研究の目的である、ストレンジクォークとグルオンの結合を測定するために、sクォークを一つ含むバリオン($\Sigma^{*+}(\uus)$ と $\Sigma^{*-}(\dds)$)と二つ含む($\Xi^- (\dss)$)の3つの崩壊モードの測定を5章と6章で行っている。3つの崩壊モードとも終状態は、 $p\pi\pi$ であり、組み合わせの間違いで生じるバックグラウンド(combinatorial background)を抑える為、バックグラウンドが最小

となる事象選択を考察している。その結果、3つ全てのモードに対しても、バリオンの不変質量分布において、はっきりとしたシグナルピークを観測することに成功している。シグナルピークは、それぞれの中間状態の物理（崩壊幅）によりいろいろな分布の形状を示すが、その特徴を上手に用いている点がこの論文の優れた点の2つ目である。バックグラウンドの分布の研究も、実験データでオフピークを切り出して評価を行うなど多方面から行っている。バックグラウンド事象数評価の系統誤差や、選択効率の評価の系統誤差を詳細に検討し、系統誤差を7%程度に抑え、確度の高い結果を得た。

この4つの測定結果は、従来の測定と無矛盾であり、上に述べた優れた2点の研究手法で、統計誤差並びに系統誤差を大きく改善している。この結果から物理的考察を深め、以下の3点の結論に至っている。

(1) $J/\psi \rightarrow \Sigma^{*-} \bar{\Sigma}^{*+}$ と $\Sigma^{*+} \bar{\Sigma}^{*-}$ の崩壊分岐比の差は、アイソスピンの違いや、グルオンでなく γ が寄与する電磁相互作用の干渉項の有無を検証する上で重要である。測定の結果、差異は観測されずに、u と d の違いがない興味深い結果を得ている。

(2) これらへの分岐比を陽子対への分岐比と比較することや、s クォークを2つ含む反応 $J/\psi \rightarrow \Xi^- \bar{\Xi}^+$ を調べることで、s クォークの結合について研究を行っている。s クォークへの崩壊に強い抑制が観測されず、バリオン質量による運動学的抑制効果が主であることが示した。これは、1GeV 程度の領域でQCDが、u,d と s のフレーバーの区別をしないことを示す興味深い結果であり、初めに述べた本研究の目的を達している。

(3) 同じ程度のバリオン質量で、s クォークの数の差異と分岐比の比較により、ストレンジクォーク質量 150MeV の結果と一致すること示している点も特筆に値する結果である。

なお、本論文は、国際共同実験グループ BES での共同研究であるが、この研究に関しては論文提出者が主体となって解析しており、また検出器製作に当たっても、論文提出者は粒子識別のための重要な検出器である飛行時間測定器の光電子増倍管のチェックや較正で大きな貢献をしている。したがって論文提出者の寄与が十分であると判断する。

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）をうけるに十分である。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。