

氏名(本籍)	しば た まさ のき 柴田将之(茨城県)		
学位の種類	理学博士		
学位記番号	博甲第597号		
学位授与年月日	昭和63年10月31日		
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当		
審査研究科	物理学研究科		
学位論文題目	Study of Charged Intermediate Vector Boson Production in Proton-Antiproton Collisions at $\sqrt{s} = 1.8\text{TeV}$ ($\sqrt{s}=1.8\text{TeV}$ の陽子反陽子衝突における荷電ベクトル中間子生成の研究)		
主査	筑波大学教授	理学博士	滝川 紘治
副査	筑波大学教授	理学博士	近藤 都登
副査	筑波大学教授	理学博士	原 康夫
副査	筑波大学教授	理学博士	森 茂樹

論 文 の 要 旨

この論文は米国フェルミ国立加速器研究所で行われた重心エネルギー1.8 TeV (1.8兆電子ボルト) における陽子反陽子衝突実験で観測された、弱い相互作用を媒介する荷電ベクトル中間子(W ボソン)の生成断面積について述べている。陽子反陽子衝突におけるW ボソン生成の最低次の素過程は、Drell-Yan 過程と呼ばれるクォークと反クォークの対消滅であり、その生成断面積は弱い相互作用の結合定数と陽子の中のクォークの運動量分布から予言される。量子色力学(QCD)の高次の補正を考慮にいたした最新の理論計算によれば、1.8 TeVにおけるW ボソンの生成断面積は、これまで測定が行われたヨーロッパ原子核研究機関の0.63 TeVにおける値と比べ約3倍増加すると推定されている。

測定は1.8 TeVのエネルギー領域における陽子反陽子衝突反応を研究するために建設された汎用検出器CDF(Collider Detector at Fermilab)を用いて行った。CDFの主な機能は、荷電粒子の飛跡の測定、1.5 Tの磁場による運動量解析、細分割されたカロリメーターによるエネルギー測定を行うことにある。カロリメーターは衝突点のまわりほぼ全立体角を覆っており、ビーム軸に対して垂直な方向から数えて、中央部、プラグ部、前後方部の3つに分けられ、それぞれ電子・光子用の電磁カロリメーターとハドロン用のハドロンカロリメーターから成っている。CDF検出器の建設に際して著書はプラグ電磁カロリメーターの製作・テストを担当した。このカロリメーターは導電性プラスチックチューブを用いたガス比例計数管をサンプリング素子とする新しいタイプのもので、そ

の動作特性はテストビームによって調べられ、第3章に詳述されている。

1987年1月から5月にかけて行われた 27 nb^{-1} の積算ルミノシティにあたる陽子反陽子衝突実験において、大きな横運動量 P_T をもつ電子の候補を含む410万個の事象が磁気テープに記録された。ここで横とはビーム軸に対して垂直な成分を表わす。これらのデータに対して綿密な解析を行うことにより、電子 e とニュートリノ ν に崩壊する W ボソンの生成断面積を導出した。データの解析では、電子の運動量の測定には中央飛跡検出器を、電子のエネルギーの測定には中央電磁カロリメーターを、陽子反陽子衝突点のビーム軸上の位置測定には衝突点飛跡検出器を、欠損横エネルギーの測定にはすべてのカロリメーターを使用した。ここで欠損横エネルギーはカロリメーターで観測された横エネルギーのベクトル和にマイナス符号をつけたもので定義され、ニュートリノの横運動量を表わすと考えることができる。

$W \rightarrow e \nu$ 崩壊を同定するため、以下の条件を課することにより、大きな横運動量をもつ電子を含む事象を選び出した。その条件とは、(1) 中央電磁カロリメーターに大きな横エネルギーの塊が存在すること、(2) そのエネルギー塊を指し示す飛跡がただひとつであること、(3) カロリメーターで測定された横エネルギーと飛跡検出器で測定された横運動量がほぼ一致していること、(4) 電子がほかのハドロンジェットから十分離れていること、4つである。そして最後に、大きな欠損横エネルギーを持つという条件を課することにより、22個の $W \rightarrow e \nu$ 事象の候補を得た。

バックグラウンド事象の混入の見積りはモンテカルロ計算と事象の目視検査を併用して行われ、22個の候補のうち 0.7 ± 0.5 個がQCD ジェット、1個が $Z^0 \rightarrow e^+ e^-$ 、 1.4 ± 0.4 個が $W \rightarrow \tau \nu$ 、 $\tau \rightarrow e \nu$ であると評価された。またモンテカルロ計算を行って実験の諸条件を詳しく再現・検討することにより実験装置の $W \rightarrow e \nu$ 検出効率を評価した。以上の解析の結果 W ボソンの生成断面積 σ と $W \rightarrow e \nu$ 崩壊の分岐比 B の積の値として、 $\sigma \cdot B (W \rightarrow e \nu) = 2.1 \pm 0.6 \pm 0.4 \text{ nb}$ を得た。ここで最初の誤差は統計的誤差を、2番目の誤差は系統的誤差を表わす。この実験で得られた値は、高次のQCDの補正を含むDrell-Yan過程による理論計算と一致している。

審 査 の 要 旨

弱い相互作用を媒介する W ボソンの研究は素粒子物理学にとって基本的重要性をもつ。陽子反陽子衝突による W ボソンの生成はこれまでヨーロッパ原子核研究機関で行われてきたが、この論文は 1.8 TeV というより高いエネルギー領域における世界初の測定の報告である。多数の事象例の中から、著者は注意深い解析により $W \rightarrow e \nu$ 崩壊の同定を行い、 W ボソン生成断面積を導出した。測定に用いた汎用検出器CDFは多数の共同研究者により建設されたが、著者はプラグ電磁カロリメーターの製作・テストを通して大きな貢献をした。

よって、著者は理学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。