

氏名(本籍)	木村直樹(愛知県)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博甲第4893号		
学位授与年月日	平成21年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	数理解物質科学研究科		
学位論文題目	Study of the Top Quark Production Mechanism in 1.96-TeV Proton-Antiproton Collisions (重心系エネルギー 1.96 TeV の陽子・反陽子衝突におけるトップ・クォーク生成機構の研究)		
主査	筑波大学教授	理学博士	金 信 弘
副査	筑波大学教授	博士(理学)	受 川 史 彦
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	蔵 増 嘉 伸
副査	筑波大学講師	博士(理学)	武 内 勇 司

論文の内容の要旨

本論文は、米国フェルミ国立加速器研究所の陽子反陽子衝突型加速器テバトロンを用いた重心系エネルギー 1.96TeV の陽子反陽子衝突実験 CDF (Collider Detector at Fermilab) において対生成されるトップクォークの生成過程の研究を行い、その結果を報告したものである。

トップクォークの生成は 1994 年に初めて CDF によってその証拠が報告され、1995 年に CDF と D0 の 2 グループによって生成の確認が報告された。このトップクォークの質量は非常に大きく、この重いクォークの性質を研究することは素粒子物理学の進展にとって非常に重要なことである。素粒子標準理論によると、重心系エネルギー 1.96TeV の陽子反陽子衝突によるトップクォーク対生成過程は 85% はクォーク対消滅過程であり、残り 15% はグルオン融合過程であると予言されている。本研究では、トップクォーク対生成断面積の測定と、グルオン融合でトップクォーク対が生成される割合を、実験的に直接測定することによって、素粒子標準理論の検証を行う。

重心系エネルギー 1.96TeV の陽子反陽子衝突で対生成されたトップクォークと反トップクォークは、それぞれ W ボソンとボトムクォークに崩壊して、2 個の W ボソンとボトムクォークと反ボトムクォークとなる。2 個の W ボソンがともにレプトニック崩壊して電子あるいはミュー粒子とニュートリノになった場合、終状態には 2 個の荷電レプトン(電子あるいはミュー粒子)と、ボトムクォーク対がそれぞれハドロン化したジェット 2 個が観測される。このようにして (1) 式のように、トップクォーク対生成事象が 2 レプトン + 2 ジェット事象として検出される。

$$q\bar{q} \rightarrow t\bar{t} \rightarrow W^+bW^-\bar{b} \rightarrow l^+vb l^-\bar{v}\bar{b} \quad (1)$$

本研究では、2 つの荷電レプトンと 2 つのジェット以外に、ニュートリノが検出されないことからくる大きな消失エネルギーがあることを事象選別条件に課した結果、145 個のトップクォーク対生成候補事象が得

られた。この中に含まれるトップクォーク対生成でない背景事象を 49.5 ± 7.8 個と評価し、生成断面積として 6.8 ± 1.1 pb を得た。これは誤差の範囲内で素粒子標準理論の予言値 6.7 ± 0.8 pb と一致している。

クォーク対消滅とグルオン融合によるトップクォーク対生成過程では、対生成されたトップクォークのスピン相関が異なり、その違いは終状態にある2つの荷電レプトンの生成角度相関の違いとして現れる。その2つの荷電レプトンの運動量ベクトルが、陽子・反陽子ビーム軸に垂直な平面上でなす角度を測定した。それをクォーク対消滅過程とグルオン融合過程による理論予言曲線と比較することによって、グルオン融合過程によってトップクォークが対生成される割合として $53 \pm 37\%$ を得た。これは誤差の範囲内で素粒子標準理論の予言値 15% と一致している。

審 査 の 結 果 の 要 旨

素粒子の中でも際立って質量の大きいトップクォークの性質を詳しく調べることは、新しい物理の手がかりとなる可能性がある。素粒子標準理論で予言されているトップクォーク対生成の断面積とグルオン融合過程による生成比を実験で直接測定して理論検証を行うことは素粒子物理学の進展にとって非常に重要なことである。

木村直樹氏は2002年3月から2007年5月の間に収集された実験データを解析して、トップクォーク対生成の断面積とグルオン融合過程による生成比を測定した。その結果、トップクォーク生成断面積として 6.8 ± 1.1 pb という統計誤差の改善された測定結果を得た。また、グルオン融合過程によってトップクォークが対生成される割合として $53 \pm 37\%$ を得た。これらの結果はトップクォーク生成機構を理解するのに役立ち、それによって素粒子物理学の発展に大いに貢献するものである。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。