

氏名	谷本 奈穂
授与した学位	博士
専攻分野の名称	理学
学位授与番号	博甲第2890号
学位授与の日付	平成17年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科基盤生産システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	Measurement of $W+\gamma$ Production in the $W$ to Muon Decay Channel in Proton-Antiproton Collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV (重心系エネルギー1.96TeVでの陽子-反陽子衝突におけるWの $\mu$ 崩壊過程を用いた $W+\gamma$ 生成の測定)
論文審査委員	教授 中野 逸夫    教授 吉村 太彦    助教授 田中礼三郎

#### 学位論文内容の要旨

標準理論のSU(2) $\times$ U(1)ゲージ対称性を研究するために、さまざまな試みがなされてきた。SU(2)は非可換群であるために、その副産物としてWは自己相互作用をもつ。Wと光子の随伴生成は、自己結合をWW $\gamma$ バーテックス中に含み、標準理論ではこのバーテックスは完全に固定されている。それゆえWW $\gamma$ 結合の測定は、標準理論の厳密な検証となり得る。

本研究では、 $\sqrt{s}=1.96$ TeVの陽子・反陽子衝突型加速器テバトロンを用い、CDF検出器で収集した約200pb<sup>-1</sup>のデータを解析に用いた。 $\mu$ 粒子をトリガーとして集めたデータセットから、 $W\rightarrow\mu\nu$ 崩壊モードによりWを同定し、 $p\bar{p}\rightarrow\mu\nu\gamma+X$ 事象を再構築した。そして $W+\gamma$ 生成やradiative W崩壊を用いて、WW $\gamma$ バーテックスを研究した。もし、生成断面積や生成粒子のエネルギー分布に、標準理論での予測値からのずれが見られるのなら、それは標準理論を超える物理や、Wの複合粒子の可能性を直接示唆する。

$\mu$ 粒子は、20GeV/c以上の運動量を持つ飛跡と、それに付随した $\mu$ 粒子検出器の信号が存在することによって同定した。直接測定不可能であるニュートリノ( $\nu$ )は、見えないエネルギー( $E_\nu>20$ GeV)として検出した。7GeV以上の横方向エネルギーを持つ光子は、電磁シャワーの形や軌跡を残さないことから同定した。制動輻射から来る光子を抑制するために、 $\mu$ 粒子と光子が間隔十分離れていることを要求した。これにより128事象を観測した。

主なバックグラウンド(BG)は、jet中に $\pi^0$ や $\eta$ の崩壊生成物である光子を含むようなW+jet生成が考えられる。W+jet生成は $W+\gamma$ 生成に比べ断面積が大きく、また事象ごとにjetと光子を厳密に同定するのは困難である。そこで、jetを含むデータを用いて、jetを光子と間違えて認識する確率を測定し、それをW+jetのデータに当てはめることにより、この量を評価した。一方、モンテカルロを用いて、 $p\bar{p}\rightarrow\mu\nu\gamma+X$ シグナルは $95.2\pm 4.9$ 、シグナルとBGの総和は $142.4\pm 9.5$ と評価した。これはデータでの測定量128事象とよく合っていると見える。

$E_T(\gamma)>7$ GeV,  $\Delta R(\mu,\gamma)>0.7$ を満たす光子、 $\mu$ 粒子を用いた $W\gamma$ 生成断面積は  $\sigma=16.3\pm 2.3$ (統計誤差) $\pm 1.8$ (系統誤差) $\pm 1.2$ (ルミノシティの測定誤差)[pb]であった。標準理論から予測される断面積は  $19.3\pm 1.4$ (系統誤差)[pb]である。粒子の運動学的分布も標準理論の予測とよく一致しており、標準理論と矛盾する兆候は見られなかった。

## 論文審査結果の要旨

現在知られている素粒子物理学の実験的現象は、いわゆる「標準理論」とわずかな修正で矛盾なく説明される。しかし、この理論は十余りのパラメーターを必要とし、究極の理論とは考えられていない。この「標準理論」を超えるために、様々な研究がなされている。例えば、標準理論には含まれていない超対称性粒子のような新粒子の探索、存在が予言されながら未発見のヒッグス粒子の探索、トップクォークやW、Z粒子やbクォークに関する精密測定による標準理論からのズレの探索等があげられる。

本研究は、上記最後の例にあてはまるが、標準理論が非可換ゲージ理論で構成されており、その特徴の一つがゲージ粒子の自己結合にあることから、非常に重要な標準理論の検証実験の一つである。研究は米国フェルミ国立加速器研究所での重心系エネルギー1.96TeVの陽子・反陽子衝突型加速器実験で、CDF(Collider Detector at Fermilab)検出器を用いてなされた。積分ルミノシティは約 $200\text{pb}^{-1}$ であった。W粒子がミューオンに崩壊する過程が解析され、バックグラウンドが大きい中での困難な $\gamma$ 線の同定と、バックグラウンドの評価を行い、標準理論とよく一致する生成断面積を得た。また、光子の横エネルギー $E_T$ のような運動学的量の分布も標準理論とよく一致した。

ゲージ粒子の自己結合の研究はセルンのLEP実験や、フェルミ研究所のD0実験でもなされているが、この研究はそれらと独立に標準理論を支持する重要な結果を与えている点が評価される。

論文発表会においては、理論予測値の誤差の出所、ニュートリノの質量がゼロでないことと標準理論との関係、ルミノシティのエラーの改善の可能性等について質問がなされ、それぞれの質問に対して的確に回答がなされた。

学位申請論文の内容、論文発表会、参考論文を総合的に審査した結果、本論文は博士学位論文に値するものと認定する。