

氏名(本籍)	ながの 永野 あい (神奈川県)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博甲第4560号		
学位授与年月日	平成20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	数理物質科学研究科		
学位論文題目	Measurement of W+Photon Production in Proton-Antiproton Collisions at 1.96 TeV (1.96TeVの陽子・反陽子衝突におけるWボソンと光子の対生成)		
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)	石 塚 成 人
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Wボソンと光子 γ が対生成される事象の生成断面積の測定を行い、その結果を報告したものである。

これまで素粒子物理標準理論は多くの実験結果によって実証されてきたが、ゲージボソンの自己結合という現象は未だ実験的実証が十分に行われていない。そのゲージボソンの自己結合の表れる素粒子反応の一つとしてWボソンと光子の対生成反応がある。これまでにLEP実験において電子・陽電子衝突によって W^+W^- ボソンが対生成される反応の断面積を測定することによって、またCDF実験において積分ルミノシティー 0.2fb^{-1} の実験データを解析して $W\gamma$ 対生成断面積を測定することによって、 γWW の3点結合定数を測定した結果が標準理論と矛盾しないことが検証されてきた。本論文では、2002年から2006年にかけて収集された積分ルミノシティー 1fb^{-1} の実験データを解析して $W\gamma$ 対生成断面積を測定した結果を報告している。

本論文では下式のように、陽子反陽子衝突で光子とWボソンが対生成され、そのWボソンがレプトニック崩壊して電子とニュートリノあるいは μ 粒子とニュートリノになる事象を選別して対生成断面積の測定を行う。

$$p\bar{p} \rightarrow W\gamma X, \quad W \rightarrow e\nu \text{ or } \mu\nu$$

この信号事象を選別するには、まず横方向エネルギーが20GeV以上の電子eあるいは μ 粒子があることを要求し、次にニュートリノの同定として消失横方向エネルギーが20GeV以上であることを要求してWボソン生成事象を選別する。さらにWボソン生成事象に、横方向エネルギー15GeV以上の光子があることを要求して877個のWボソンと光子の対生成候補事象を観測した。主要なバックグラウンド事象はW+ジェット事象の中でジェットが光子と誤って同定される事象である。収集したジェット生成事象データを元にしてジェットが光子と間違えて同定される確率を測定して、このバックグラウンド事象の評価を行った。光子の横方向エネルギーの分布がWボソンと光子の対生成事象とバックグラウンド事象の和で説明できることを

確認し、698 個の W ボソンと光子の対生成事象が得られた。この値から W ボソンと光子の対生成断面積は、

$$\begin{aligned}\sigma(p\bar{p} \rightarrow W\gamma + X)BR(W \rightarrow \ell\nu) &= 7.36 \pm 0.35 \text{ (統計誤差)} \pm 0.75 \text{ (統計統誤差)} \pm 0.43 \text{ (輝度誤差)} \text{ pb} \\ &= 7.36 \pm 0.93\text{pb}\end{aligned}$$

となり、標準理論予言値の $8.2 \pm 0.6\text{pb}$ と誤差の範囲内で一致した。また今回の測定誤差はこれまでの測定誤差に比べて 50%ほど小さくなった。これによって、より高精度に標準理論の予言するゲージボソンの自己結合が正しいことを検証することができた。

審査の結果の要旨

素粒子物理標準理論が予言するゲージボソンの自己結合を検証するために、これまでに LEP 実験において WW 生成断面積の測定を、CDF 実験において $W\gamma$ 生成断面積の測定をしてきたが、本論文では、新たに収集された積分ルミノシティ 1fb^{-1} の実験データを解析した測定結果を報告している。このデータ量はこれまでに解析されたデータ量の約 5 倍に相当する。

永野あい氏は 2002 年から 2006 年にかけて新たに収集された実験データの解析を行った。その結果 $W\gamma$ 生成断面積として、

$$\begin{aligned}\sigma(p\bar{p} \rightarrow W\gamma + X)BR(W \rightarrow \ell\nu) &= 7.36 \pm 0.35 \text{ (統計誤差)} \pm 0.75 \text{ (統計統誤差)} \pm 0.43 \text{ (輝度誤差)} \text{ pb} \\ &= 7.36 \pm 0.93\text{pb}\end{aligned}$$

を得た。この値は、これまでに得られている結果と矛盾がなく、測定精度を 50%程度改善しており、また標準理論による予言値とも一致し、標準理論の予言するゲージボソンの自己結合を検証することに資した。以上のように、この論文は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。