

氏名(本籍)	みうらまこと (東京都)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第1,377号
学位授与年月日	平成7年3月23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	工学研究科
学位論文題目	Precise Measurements of Mu-and Tau-Pair Production by the VENUS Detector (ビーナス検出器によるミュー粒子及びタウ粒子対生成の精密測定)
主査	筑波大学教授 理学博士 森 茂 樹
副査	筑波大学教授 理学博士 青 木 貞 雄
副査	筑波大学助教授 理学博士 浅 野 侑 三
副査	高エネルギー物理学研究所教授 理学博士 高 崎 史 彦

論 文 の 要 旨

本論文は高エネルギー物理学研究所(以下、高工研)で、現在実験が行われている電子・陽電子衝突型加速器(e^+e^- コライダー)、TRISTAN 主要実験の一つである VENUS 検出器で収集されたミュー粒子及びタウ粒子対生成反応のデータを解析し、電弱理論を検証することを目的としている。

電弱理論、即ち素粒子物理学の標準理論は光子が媒介する電磁相互作用と Z^0 、 W^\pm 粒子が媒介する弱い相互作用を統一的に扱う理論である。電弱理論は、比較的低いエネルギー領域の実験や PEP/PETRA などの加速器を用いた実験で多くの成果を収めた。しかし、弱い相互作用を媒介する Z^0 、 W^\pm 粒子の質量などは間接的にしか測定できず、電弱理論の中には未知のパラメータも含まれていた。また、PEP/PETRA の実験では lepton pair production の cross section が標準理論の予想より低めの値が得られたことから、標準理論を越えたモデルも議論されている。本研究では、VENUS 検出器を用いて重心系エネルギー 58 GeV 付近で標準理論の正当性を検証することを重要な目的の一つとする。そのためには、高い統計のもとで、しかも系統誤差を低くおさえる必要がある。VENUS では現在まで、積分ルミノシティ約 200pb^{-1} のデータが蓄積された結果、レプトン対生成の統計誤差は数%にまで縮小された。その結果、系統誤差をどれだけおさえられるかが重要な課題となり、本研究ではミュー粒子及びタウ粒子対生成過程を選び、特にミュー粒子対イベントの解析に慎重な検討が行われた。

本研究では、VENUS 検出器のなかで特に、セントラル・トラッキング検出器(CDC)、鉛ガラス・カロリメータ(LG)、飛行時間検出器(TOF)、ミュー粒子検出器を解析に用いている。ミュー粒子対

($\mu\mu$) イベントは、高い運動量を持つ飛跡が2本、ほぼ互いに反対方向に向かって飛んでいるのが特徴である。また、 μ 粒子は物質と比較的に相互作用をしにくいので、LGにおとすエネルギーが小さい。これらのことから、 $\mu\mu$ イベントを以下の選択条件で識別する。

- 1) “good track” が2本存在する。“good track” は、CDCからの飛跡条件のほかに、 $P_t > 0.2 \text{ GeV}/c$, $|\cos\theta| < 0.77$ を満たす。
- 2) $P \leq E_{\text{beam}}/2$
- 3) $|\Delta \text{TOF}| \leq 5.0 \text{ ns}$
- 4) $E_{\text{LG}} \leq 5.0 \text{ GeV}$
- 5) $\theta_{\text{acollnearity}} \leq 10.0 \text{ deg.}$
- 6) $|\cos\theta| \leq 0.75$

サンプルに混入しているバックグラウンドはモンテ・カルロ・シミュレーションによって (1.21 ± 0.48) %と算定された。主な寄与は、 $\tau\tau$, Bhabha, $ee\mu\mu$ イベントからであった。

$\tau\tau$ イベントは、 τ 粒子の約85%が一つの荷電粒子と複数の中性粒子に崩壊することから、片側のジェットが一本、反対側のジェットが1～5本の荷電粒子を含む、いわゆる1-N・トポロジーとして観測される。選択条件の詳細については省略するが、シミュレーションからバックグラウンドは (4.73 ± 0.92) %と算定された。

本研究では、従来行なわれている $\mu\mu$, $\tau\tau$ の cross section と asymmetry の表記法を用いずに、高次の輻射補正を行わずに、検出効率や acceptance のような実験に関する補正のみを行なう。従って、得られた測定結果は、実験や理論のモデルに依存しないので、他の実験結果や理論計算との比較が容易になる。今回求められた結果は、重心系エネルギー57.77 GeVで、

$$\mu\text{-pair} : |\cos\theta| \leq 0.75, \theta_{\text{acoll}} \leq 10.0 \text{ deg.}, P \leq E_{\text{beam}}/2 ;$$

$$\sigma_{\mu\mu} = 17.09 \pm 0.32 \pm 0.17 \pm 0.13 \text{ pb}$$

$$A_{\mu\mu} = -0.2515 \pm 0.0166 \pm 0.0087$$

$$\tau\text{-pair} : |\cos\theta| \leq 0.70, \theta_{\text{acoll}} \leq 30.0 \text{ deg.}, P \leq 2/3 E_{\text{beam}} ;$$

$$\sigma_{\tau\tau} = 17.38 \pm 0.40 \pm 0.27 \pm 0.14 \text{ pb}$$

$$A_{\tau\tau} = -0.2106 \pm 0.0167 \pm 0.0098$$

となった。第一、第二の誤差は、統計、系統誤差であり、cross section の最後の誤差は luminosity に対応する。 τ -pair の結果はまだ最終値ではない。これらの結果はいずれも標準理論と 2σ 程度で一致するが、PEP/PETRA のデータと同じように今回の結果も cross section が低い傾向が見られる。 Z' boson モデルを用いて fit すると、 Z' の質量の下限値が134 GeVと求められ、新しい物理の可能性も示唆している。

審 査 の 要 旨

著者は VENUS グループの一員として、TRISTAN の素粒子実験に参加し、検出器の改善、維持、運転を行なうと同時に、ミュー粒子及びタウ粒子対生成イベントの精密測定を行なった。本研究は、現在、VENUS 検出器が蓄積した 200pb^{-1} に相当するデータを用いてレプトン対生成、特にミューオン対生成の cross section と asymmetry の精密測定を行なった。イベントの選択、検出効率の評価、輻射補正の検討、バックグラウンドや系統誤差の評価等、注意深い、慎重な研究が行なわれた。一般に断面積の絶対測定は困難な仕事であるが、系統誤差を十分低いレベルまで理解できた本研究は高く評価できる。標準理論の検証と Z' ボゾンの質量の下限値の決定も十分に評価できる。

著者が本研究を通して行なった VENUS 実験全体に対する貢献度は高く評価され、論文及び研究の内容もすぐれている。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。