

氏名(本籍)	小 蘭 ^{こ せき} ^{ただし} 忠 (山形県)
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	博 乙 第 615 号
学位授与年月日	平成 2 年 7 月 31 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
審査研究科	工 学 研 究 科
学位論文題目	Search for New Particles Decaying into Muons in Multi-hadronic Final States for e^+e^- Annihilation between 54.0 and 61.4 GeV C M Energies
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 鈴 木 哲 郎
副 査	高エネルギー物 理学研究所教授 理学博士 高 崎 史 彦
副 査	筑波大学助教授 理学博士 浅 野 侑 三

論 文 の 要 旨

本論文は高エネルギー物理学研究所（以下高エ研）で建設された電子陽電子衝突型加速器（ e^+e^- コライダー）、TRISTANで行われている主要実験の1つであるVENUS検出器の実験で、特にハドロンイベントの内、ミュオン粒子を含むイベントの解析を行い、新粒子の探索を試みる研究結果について詳述している。

VENUSグループはTRISTANで行われている3つの主な実験の1つで、筑波大学を含む大学連合と高エ研の研究者による実験グループである。TRISTANは昨年米国SLACのSLCとCERNのLEPが運転を開始するまでは、 e^+e^- コライダーのエネルギーフロンティアの加速器として役割を果たした。まだ発見されていない6番目のクォークであるトップクォーク(t)の検出や、素粒子の標準模型で対称性の破れを説明すると考えられるヒッグス粒子の探索、更に第4世代のレプトンやクォークの発見を目的として実験が行われた。トップクォークの質量は重いのでTRISTANのエネルギー領域には存在しないこと、標準模型で予想される軽い中性微子を含む第4世代のレプトンやクォークも存在しないこと等がこの半年位の間に判明したといえるが、1980年代後半に行われたTRISTANの素粒子実験はエネルギーフロンティア物理の研究の分野で重要な役割を果たしたといえる。

本論文は筑波大学グループが中心となって建設を行ったミュオン粒子検出器を用いて、 e^+e^- 衝突からのハドロンイベントの中から、高エネルギーのミュオン粒子を含むイベントを選んで新しいクォークの探索と第2世代レプトンクォークの探索を行った。解析に用いたデータは重心系エネルギーが54GeVから61.4GeVの領域で、積分ルミノシティ約 30pb^{-1} に相当する。

未発見のトップクォークや第4世代の荷電 $-\frac{1}{3}e$ のb'クォークは質量が重く、 e^+e^- の衝突から生成される場合、次の2つの特徴を持つ。即ち、(1)重心系ではほぼ静止した状態で生成されるので終状態で生じるハドロン群は球対称に分布する。(2)クォークの崩壊によって生じる高エネルギーのレプトンがハドロン群から孤立して存在する確率が高い。当研究ではバレル部のミュオン粒子検出器と、著者が中心になって設計と建設を行った前後方ミュオン粒子検出器を用いて、ミュオン粒子を含むイベントを解析して新しい粒子の探索を行った。

ミュオン粒子は質量が大きい(電子の約200倍)ため、TRISTANのエネルギー領域では制動輻射を行わない上に、強い相互作用を行わないので物質中で電離作用のみによってエネルギーを失う。従って、透過力が大きいので鉄1m相当以上の吸収体の外部に粒子検出器を置いてミュオン粒子の検出を行う。バックグラウンドを除去するため、ミュオン粒子の正しい同定が重要である。当研究では、セントラル飛跡検出器で求められる飛跡をミュオン粒子検出器の飛跡と結び付けるアルゴリズムを確立した。吸収体の中でクォーク多重散乱による飛跡のゆらぎや、測定器の位置誤差もあり単純ではないが、検出効率の高い解析を行っている。

第4世代のクォークの探索ではミュオン粒子を含むデータをモンテカルロ計算による予想値と比較を行い、既知の5つのクォーク(トップクォークは質量が大きいので計算に入らない)からの値と一致していることが示された。当研究で得られた質量の下限は、95%コンフィデンスレベルで $28.0\text{GeV}/c^2$ である。

又、第2世代のレプトクォーク χ の探索でもその存在を示すイベントが発見されなかった。当研究ではレプトクォークの質量を $8\text{GeV}/c^2$ と $23\text{GeV}/c^2$ の範囲で崩壊の分岐比に依らずにその存在を否定することができた。これは、これまでに確立された質量の下限値約 $20\text{GeV}/c^2$ を相当うわまっている。

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、前後方ミュオン粒子検出器の設計製作に貢献した。本研究はミュオン粒子を含むハドロンイベントの解析を通して、第4世代のクォークと第2世代レプトクォークの探索を行った研究に基づいている。ミュオン粒子の検出は新粒子の発見のためには極めて重要な信号となるが、本研究では初めにVENUS検出器でハドロンイベントに含まれるミュオン粒子の同定方法を確立した。ミュオン粒子の検出はハドロン吸収体による多重散乱の影響や、X線などのバックグラウンドのため、高い検出効率を得るためにはバレル飛跡検出器とのマッチングなどで相当複雑な解析を必要とする。

又、新粒子の同定ではシュミレーションデータとの比較が不可欠で、当研究でも数多くのモンテカルロ計算が行われている。

著者が本研究を通して行った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優れている。

よって、著者は工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。