

氏名(本籍)	しおうてんまさおみ 四王天正臣(神奈川県)		
学位の種類	工学博士		
学位記番号	博甲第545号		
学位授与年月日	昭和63年3月25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	TRISTAN VENUS Muon Detector System and Analysis of Inclusive Muon Events.		
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で行われている実験の1つであるVENUS検出器の主要な部分を占めるミュオン粒子検出器の開発研究と、それを用いて行ったミュオン粒子を含むハドロンイベントの解析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、これまで検出されていない6番目のクォークであるトップクォーク(t)の発見や、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建設された加速器である。重心系エネルギーを60GeV(陽子の静止質量の約64倍)以上を目標としており、tクォークの質量が約30数GeV以内であれば発見可能となる。

TRISTANの最初の運転は1986年11月に行われ、本格的な物理実験は1987年1月にビームエネルギー25GeVで開始された。1987年の春から夏にまたがる実験ではビームエネルギーが26GeVで行われた。本論文のミュオン粒子を含むハドロンイベントの解析はこれらのデータをもとに行われた。 e^+e^- コライダーによる重心系エネルギーは、これまでドイツのPETRAによる46.8GeVが最高であったので、今回の実験は更に高いエネルギー領域になる。

e^+e^- コライダーの実験では、反応によって生ずる重いクォークや重いレプトンは、電子やミュオン粒子のような軽い粒子に崩壊する。従って、検出効率の高いミュオン粒子検出器は電子検出器

と同様、非常に重要である。

VENUS のミュオン粒子検出器は、ビームラインを囲む立方体形の4面（バレル部）と、ビームラインに垂直な2面（前後方部）とからなる。各面とも4層の2段構造をもつカウンターからなり、バレル部では内側から1層目と2層目、2層目と3層目に厚さ20cmの鉄フィルターを配置している。

本論文は、ミュオン検出器の設計のために行われた種々の基礎研究と、バレル部検出器の大量生産、テスト、組み込み、本実験における作動状況について詳述する。又、ソフトウェアでは、ミュオン粒子識別用の解析プログラムを開発し、それを利用して本実験の物理データの解析を行った。

ミュオン粒子は電子の約200倍の質量を持つレプトンで、強い相互作用による吸収や、輻射エネルギー損失が小さいので、物質中の透過力が強い。そこで、その検出は他の粒子を物体で吸収させ、鉄に換算して約1m以上の吸収体を通過する荷電粒子の測定で行われる。荷電中間子（ π^{\pm} 及び K^{\pm} ）の崩壊によって生じるミュオン粒子やハドロンのカスケードシャワー粒子の透過などによるバックグラウンドを小さくするため、検出器の最適化が重要になる。又、最外部に位置するので検出器のカバーする総面積が大きくなり、コストや製作効率の点からも検出器の選択は慎重を期さねばならない。

位置分解能、検出効率、チャンネル数など種々の角度から検討の結果、プロポーショナルドリフトチューブが選ばれた。チューブは断面積 $5 \times 7 \text{ cm}^2$ のアルミニウム製で、中央に直径 $70 \mu\text{m}$ の金メッキ・タングステン線が芯線として張られている。モジュールはこのようなセルを4箇並べたものを半セルずつずらして2段とした合計8セルからなり、アルミニウム引き出し法で作製した。バレル部は長さ760cmの390箇のモジュールで構成される。全てのモジュールに対して、芯線の良否の判定のため真空引き後、アルゴンガスを封入して高電圧試験を行い、不良線を除去した。

宇宙線テストの結果、位置分解能には2つの成分があり、入射粒子の約96%の主成分は1.3mmの位置分解能を持ち、他の成分は12mmの分解能で、これらはデルタ線によるものと考えられる。両成分を合わせると検出効率は実質的に100%になる。

バレル部は1987年5月の実験から作動している。初期の段階では、シンクロトロン放射からのX線のバックグラウンドや、読み出しエレクトロニクスの故障の問題もあったが、大旨良好に作動している。

ミュオン粒子の識別方法としては、セントラルドリフトチェンバー（CDC）で検出された荷電粒子の飛跡をミュオン粒子検出器の領域まで延長して、ミュオン粒子検出器で検出された測定点と比較して行う。CDCの飛跡再構成の誤差や、吸収体による多重クーロン散乱などのため解析は複雑になる。ミュオン粒子の検出効率を最大にして、しかも、バックグラウンドを最小にするために解析プログラムの開発が必要であった。

ミュオン粒子を含むハドロイベントの解析は、重いクォークの生成と結び付くので極めて重要である。1986年、PETRAの2つの実験グループから重心系エネルギー約46GeVで統計的に重要と思われるミュオン粒子を含むハドロイベントを発見したと報告があった。本論文では、TRISTANのエネルギー領域50及び52GeVでこのような現象が観測されるかを研究した。ハドロイベントで

は主に1つのクォークとその反クォークが反対方向に生成され、それらを中心軸としてジェット状に数箇の粒子が生成される。クォークの質量によって～肯定も否定もできない。

審 査 の 要 旨

本研究は、大型プロジェクトである TRISTAN の VENUS 実験グループの一員として、検出器の主要な部分を占めるミュオン粒子検出器の開発研究と、それをを用いて行ったミュオン粒子を含むハドロンイベントの解析が主なテーマである。

VENUS 検出器のバレル部のミュオン粒子検出器は長さ760cmのプロポーションアルドリフトチューブモジュール、390箇からなり、各モジュールは4セルずつ半セルずらして2段とした8セルのアルミニウムチューブである。この検出器の設計に当たり、著者は検出効率、位置分解能、ミュオン粒子の識別方法、チューブの設計、使用ガス、そして安全性などの基礎研究や、モジュールの大量生産、予備テスト、組み込み等において中心的役割を果たしている。

ミュオン粒子の識別は、VENUS 検出器の中心部にある飛跡検出器で検出された荷電粒子の飛跡をミュオン粒子検出器の領域まで延長してデータを対応させて行われる。ミュオン粒子検出器の前には、鉄に換算して1 m以上の吸収体があるため、その多重クーロン散乱や、飛跡検出器の飛跡再構成の誤差もあり、解析は相当複雑になる。ミュオン粒子の検出効率を最大にして、しかもバックグラウンドを最小にする必要があるが、著者は色々な角度から解析プログラムを開発して、ミュオン粒子の識別方法を確立した。この方法をもとにして行ったミュオンを含むハドロンイベントの解析は非常に妥当なものである。

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出来る。

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。