

氏名(本籍)	さかの野	みさお操	(茨城県)
学位の種類	工学博士		
学位記番号	博甲第543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	Calibration of the VENUS lead. Glass Calorimeter and Measurement of the Reaction $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ at $\sqrt{s}=50$ and 52 GeV		
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	鈴木折郎
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

当論文は、高エネルギー物理学研究所（以下、高工研）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 検出器の重要な部分を占める鉛ガラスカロリメータ検出器のエネルギー補正方法の開発と、鉛ガラス検出器を中心に行われた e^+e^- 反応の解析を主なテーマとしている。VENUS グループは、TOPAZ と AMY グループとともに、TRISTAN の三大実験グループの1つで、筑波大学を含む大学連合と高工研の研究者からなる実験グループである。

TRISTAN はこれまで検出されていない六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60GeV（陽子の静止質量の約64倍）以上を目標エネルギー領域として、t-クォークの質量が約30GeV 以内であれば、その発見が可能になる。TRISTAN の最初の運転は1986年11月に行われ、本格的物理実験は1987年1月に、ビームエネルギー25GeV で開始された。1987年の春から夏までの実験では、ビームエネルギー26GeV で行われた。当論文の e^+e^- 反応の解析はこれらの実験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 に於ける46.8GeV が最高だったので、今回の実験は更に高いエネルギー領域のデータになる。

e^+e^- コライダーの実験では、反応によって生じる電子、陽電子そして γ 線を高いエネルギー分解能で検出することが、新しい物理現象の発見のため不可欠になる。そのため、VENUS 検出器で

は鉛ガラスカロリメータを採用した。総数5,160箇の鉛ガラス (DF 6) カウンターからなり、ビーム方向に対して37°から143°のバレル部を、半径2 mの円筒状の配置でカバーする。多重粒子の識別を良くするため、箇々のカウンターの前面をビーム衝突点から見て垂直になるタワージオメトリにしている。カウンターの断面積は約12×11.6cm²、長さ30cmである。この長さは18輻射長に相当し、TRISTANのエネルギー領域では、電磁シャワーを充分吸収する。

光電子増倍管も含めたカウンターのエネルギー校正は、高工研蓄積リングの4 GeV 電子ビームによって行われた。この測定では、カスケード電磁シャワーによるエネルギー損失を最小にするため、電子ビームをカウンターの中心に垂直方向に入射させた。実際の実験では、粒子の入射位置や角度により、2 箇以上のカウンターに入射粒子のエネルギーが分散されることが多い。又、カウンター間の約2 mm隙間でエネルギーの一部が失われる。

衝突点と鉛ガラスカウンターの間には、アルミニウムに換算して約6 cmの吸収物体があり、エネルギーの一部を失う。この過程は複雑で、例えば、物体中で電磁シャワーを起こすと、エネルギーを失うと同時に、鉛ガラスに到達する2次粒子のエネルギーは、最初の粒子エネルギーより相当低くなる。従って、エネルギー損失の補正の他に、カウンターのエネルギー依存性に対する補正も考慮しなければならない。

チエレンコフ光の収光効率、カウンターの形状や発光する場所に強く依存する。又、光電子増倍管、鉛ガラス、ライトガイドの接合部等の経年変化によるレスポンスの変化をモニターする必要がある。このためXeランプによるモニター系が使用されている。

本論文では電子ビームテストのデータと、モンテカルロシミュレーションによって、鉛ガラスカロリメータ全体のエネルギー補正方法を開発した。これらの補正により、重心系エネルギー52GeVのBhabha イベントで、エネルギー分解能を4.5%から3.8%に向上出来た。

第二のテーマである $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ 反応の研究は、量子電磁力学 (QED) の検証と、電子の励起状態の存在に対する情報を与える点で重要である。 $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ 反応と異なり、 $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ 反応では、弱い相互作用の効果が無視出来るため、純粋なQEDの検証が可能になり、新しいエネルギー領域での研究は重要な意義をもつ。

測定は重心系エネルギー50及び52GeVで、積分ルミノシティが各々0.69及び2.9pb⁻¹で行われた。終状態が荷電を持たない2箇の γ 線であるため、鉛ガラスカロリメータが最も重要な役割を果たす。

カットオフパラメータ (Λ_+ 及び Λ_-) を用いると微分断面積は次式で与えられる。

即ち、

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{d\sigma_0}{d\Omega} \left\{ 1 \pm \frac{s^2}{2\Lambda_{\pm}^4} \sin^2\theta \right\}$$

ここに、 $d\sigma/d\Omega$ はボルン近似で得られる微分断面積で、 s は重心系エネルギーの2乗である。 Λ

\pm は QED からのずれを示すパラメータで、 $\Lambda_{\pm} \rightarrow \infty$ の極限で $d\sigma/d\Omega$ と $d\sigma^0/d\Omega$ は一致する。95%の信頼度で 52GeV のデータから、 $\Lambda_+ > 59\text{GeV}$ 、 $\Lambda_- > 72\text{GeV}$ が得られ、 $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ 反応過程は QED によく一致している。又、結合定数を 1 と仮定すると、 Λ_+ が電子の励起状態の質量に相当するので、この測定で得られた質量の下限値は 59GeV といえる。

今回得られた結果は、これまで低いエネルギーで得られた結果と一致している。

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、検出器の重要な部分を占める鉛ガラスカロリメータのエネルギー補正方法の開発と、 $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ 反応を用いた量子電磁力学の実験的検証がテーマである。

総数 5,160 箇の鉛ガラスカウンターに対して、4 GeV 電子ビームテストを行い、そのデータをもとに、波高値のエネルギー依存性、入射粒子の位置と角度に対する補正、カウンター前方にある物質によるエネルギー吸収の影響等をモンテカルロシミュレーションも用いて求めることに成功している。カウンター間の隙間で失われるエネルギーの補正も充分研究して、カロリメータ全体で一様にエネルギー分解能を改善することが出来た。

又、 $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ 反応は、1 箇または両方の γ 線が物質中で電子陽電子対に変換してイベントを失う可能性や、逆に、 $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ で生成された e^+ 又は e^- が輻射で高エネルギー γ 線を作って、 $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ 反応と混同する可能性もある。本研究では、いろいろの場合を充分に検討して、解析結果の信頼性を高めている。

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。