

報告番号 ※ 甲 第 2151号

## 主論文の要旨

題名 Search for Supersymmetric Particles  
in  $e^+e^-$  Annihilation at TRISTAN  
(トリスタン電子陽電子衝突型加速器)  
による超対称性粒子の探索

氏名 高橋 徹

# 主論文の要旨

報告番号

※ 甲第

号

氏名

高橋 徹

## 論文要旨

今日、100 GeV以下のエネルギーにおける物理現象は標準理論によりよく説明できている。この理論は、 $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ という群に基づいたゲージ理論であり、 $SU(3)$ は、強い相互作用を、 $SU(2) \times U(1)$ は、弱い相互作用と電磁相互作用を表わしている。1982年から1983年にかけての陽子反陽子衝突実験による、弱い相互作用を媒介するW、Z粒子の発見は標準理論を強く支持しており、また、現在この理論に矛盾する実験結果は報告されていない。

しかしながら、標準理論は素粒子物理学の究極の理論ではなく、100GeV以下のエネルギーにおける有効理論であると考えられている。その理由の一つは、標準理論には、手で入れるべきパラメーターが非常に多いということである。また、相互作用の統一という観点からみると、この理論は真の統一理論とは言えない。すなわち、 $SU(3)$ 、 $SU(2)$ 、 $U(1)$ の結合常数は、独立なものであり、かつ、この理論の枠組の中には重力は含まれておらず、全くとり残されている。

今、エネルギー領域 $\Lambda$ で、相互作用の統一が実現しているとする、ヒッグスボソンの質量は、それが素粒子である限り、 $\Lambda$ に比例する大きさの輻射補正を受ける。このためヒッグスボソンの質量を電弱相互作用のエネルギースケールと同程度にするためには理論のパラメーターに、非常に不自然な調整が必要となる。これは、理論の自然さの問題(naturalness problem)と呼ばれている。

この問題を解決する方法の一つとして、理論に超対称性を要求する方法がある。これはフェルミ粒子とボーズ粒子の対称性であり、通常の粒子の他にスピンの異なる超対称性粒子を要求する。超対称性粒子は、ヒッグスボソンの質量に対する輻射補正において通常の粒子と逆の寄与をし、超対称性が成り立っている場合はヒッグスボソンの質量の発散は正確にうち消される。実際には通常の粒子とスピンの異なる質量の等しい粒子は発見されておらず、超対称性は、

破れてなければならない。しかし、もし超対称性が理論の自然さの問題に対する解であるならば、超対称粒子の質量はおよそ1TeV以下でなければならないことが知られている。

また、局所超対称性理論は、重力を含んでおり、かつ、重力を含む統一理論をつくるには超対称性理論でなければならないことが知られている。

超対称性粒子の探索は、PEP, PETRAにおける電子陽電子衝突実験、CERNにおける陽子反陽子衝突実験などにおいてが行われてきたが今だ未発見である。

本論文は、現在、世界最高のエネルギーを持つ、TRISTAN電子陽電子衝突型加速器において、汎用型測定器、TOPAZを用いて行った超対称性粒子の探索について述べたものである。TOPAZ測定器は、1987年5月に重心系エネルギー5.2 GeVでデータ収集を始め、1988年7月までに、積分ルミノシティ $11 \text{ pb}^{-1}$ のデータを収集し、重心系エネルギーは、5.7 GeVに達した。電子陽電子衝突実験は、陽子反陽子衝突実験に比べ事象が単純であり、もし超対称性粒子が見つかったならば容易に発見できるという特徴をもっている。

ほとんどの超対称性理論では、最も軽い超対称性粒子は安定であり、物質とほとんど相互作用をしないとされている。故に、実験で観測される事象はエネルギーと運動量の損失として特徴付けられる。我々は、最も軽い超対称性粒子を最も一般的な選択であるフォティーノ（光子の超対称性パートナー）と仮定し、エネルギーと運動量の損失を伴った、レプトン粒子対生成、ハドロン多重生成事象を探ることにより、ウィーノ（Wボソンの超対称パートナー）と荷電ヒグシーノ（荷電ヒッグスボソンの超対称パートナー）の混合状態であるチャージーノ、フェルミ粒子の超対称パートナーであるスカラー電子、スカラーミュー、スカラータウ、及びスカラークォークの探索を行った。

チャージーノの崩壊分岐比は、その混合比に大きく依存している。そのため、終状態が電子、ミュー、タウ粒子対、及びクォークジェットの4つのモードを探索した。その結果、タウ粒子対、

クォークジェットにそれぞれ1事象ずつ残ったが、これはバックグラウンドから予想される3.7事象と矛盾しない。スカラーレプトンはそのパートナーとフォティーノに崩壊するので、チャージノ探索の結果を用い、生成断面積と検出効率の違いを考慮することによってその質量の下限値を求めた。スカラークォークもまた、クォークとフォティーノに崩壊するが、その崩壊過程がチャージノと大きく異なるため別の解析により探索した。その結果スカラークォークの生成と考えられる事象は1つも観測されなかった。

以上の結果より、これまでの実験で得られていた超対称性粒子の質量の下限を更新し、フォティーノの質量が0のとき、チャージノの質量の下限値として25.5GeV、スカラー電子の質量の下限値、 $\sim 28$ GeV、スカラーミュオン粒子の質量の下限値、24.5GeV、スカラータウ粒子の質量の下限値、21.7GeV、スカラークォーク粒子の質量の下限値、26.3GeV、を得た。また、これらの質量の下限値を用いてN=1 minimal supergravity modelのパラメーターに対して制限を与えた。