

(論文内容の要旨)

素粒子標準模型は、素粒子の相互作用を詳細に記述し、その正しさが確認されているが、微調整問題とダークマターの存在は説明されていない。TeV スケールを記述するモデルによって、この2つの問題が解決されるならば、新しい対称性とパリティ構造が存在すると考えることが自然である。このようなモデルとして超対称模型やTパリティを課した Littlest Higgs 模型などがあり、LHCでのコライダーシグナルは、大きな見えない横運動量、多数の大きな横運動量を持ったジェットやレプトンの存在が特徴となる。更に、質量スペクトルの測定にはレプトンチャンネルの存在が重要であり、先行研究ではゴールドデンチャンネルと呼ばれる崩壊を用いる手法がよく研究されてきた。一方で、レプトン分岐比はモデルのパラメータに強く依存し、一般には大きくないので、LHCの初期段階においては純粋なジェットイベントについて研究することは有意義である。

この論文では、Tパリティを課した Littlest Higgs 模型での、トップパートナー対生成イベントの再構成を行う研究が記された。トップパートナーはトップとダークマター粒子である光子パートナーに崩壊し、このプロセスでは、2つのトップジェットと見えない横運動量がシグナルとなる。トップジェットは3ジェットからなり、これを再構成するには、運動量の方向の揃ったオブジェクトをグループ分けするのに有効な、ヘミスフィア解析という方法を用いている。更に、再構成された2つのトップの運動量から計算した、 $mT2$ と呼ばれる量の分布を用いて、トップパートナーの質量の測定が行われた。また、4つのジェットアルゴリズム (Snowmass, kt, Cambridge, SIScone) を比較し、その選び方に対する依存性についても研究がされた。ジェットの重なりのあるイベントにおいては、クラスタリングアルゴリズムはコーンアルゴリズムに比べてジェットの内部構造に対する解像度が高いことが判明している。更に、アンダーライニングイベントの影響を考慮すると、Cambridge アルゴリズムが最適であることが示された。トップクォークから放出される b-ジェットの角度分布を見ることにより、トップクォークの偏極の影響についても議論し、それが検出可能であることも示されている。

また、inclusive $mT2$, subsystem $mT2$ と呼ばれる量が提案され、mSUGRA 模型において、スクォーク、グルイーノの質量を近似的に決定する方法について研究がなされた。Inclusive $mT2$ 分布の端点はスクォークとグルイーノの質量のうち重い方に感度があり、subsystem $mT2$ 分布の端点はそれらの軽い方に感度があることが示された。グルイーノ質量を固定し、スクォーク質量が様々な値をとるように、いくつかのモデルポイントを選定し、 10fb^{-1} 程度の統計で 100GeV 程度の精度でこれらの質量測定が可能であることが示された。

両方の研究において、ジェットイベントを標準模型を超えるモデルのシグナルとして、または質量スペクトル測定のために利用することが追及されている。これらの方法は、LHCの初期に統計の小さい段階では役に立つと考えられる。標準模型を超えるモデルを区別する目的にも、新粒子のスピン測定や、相互作用の決定は必要である。そのためにも、更なるジェットイベントに対する理解が求められる。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、素粒子標準模型のもつ階層性問題とダークマターの存在という2つの問題点から TeV スケールを記述する模型として新しい対称性を持つ模型が自然であることを論じ、その模型から予言される LHC でのコライダーシグナルについての研究を行ったものである。本論文では、このような模型として超対称模型と T パリティを課した Littlest Higgs 模型を扱っている。大きな見えない横運動量、多数の大きな横運動量を持ったジェットやレプトンの存在がコライダーシグナルの特徴となり、レプトンチャンネルを用いて質量スペクトルを決定する研究は先行研究で良く行われてきたが、レプトン分岐比は模型のパラメータに強く依存し、一般には大きくない。本論文では、純粋なジェットイベントに焦点を当てた研究が行われた。このような研究は、統計の少ない LHC の初期段階においては必要である。T パリティを課した Littlest Higgs 模型での、トップパートナー対生成イベントの再構成を行う研究においては、ヘミスフィア解析という方法と、 $mT2$ と呼ばれる量の分布を用いて、ジェットイベントのみを解析することで、トップパートナーの質量測定が行われた。この際、標準模型イベントを生成して、バックグラウンドの評価が行われたが、理論の研究として、今までになく現実的な評価を行っている。また、4つのジェットアルゴリズムを比較する研究においても、ハドロンカロリメータのセル情報を用いてジェットの内部構造を詳細に調べる研究によって、解析の際に正しいジェットアルゴリズムを選ぶことの重要性を示す研究として大きな意味がある。結果として、ジェットの重なりのあるイベントに対しては、クラスタリングアルゴリズムの方がコーンアルゴリズムよりもジェットの内部構造に対する解像度が高いこと、クラスタリングアルゴリズムの中でも、Cambridge アルゴリズムの方が kt アルゴリズムよりもアンダーライニングイベントの影響を受けにくいことなどが示された。更に、トップジェットの内部にある b -ジェットの角度分布を見ることによって、トップクォークの偏極が検出可能であることも示し、ジェットの内部構造の研究が新粒子の相互作用の決定などにも役に立つことを示した点が新しい。また、mSUGRA 模型において、スクォーク、グルイーノの質量を inclusive $mT2$, subsystem $mT2$ 分布の端点を用いて、近似的に決定する方法についての研究も行われた。いくつかのモデルポイントでシミュレーションを行い、質量測定を実演した。新粒子の質量測定に関する先行研究では、片方の崩壊チェーンを同定して運動学的制限を用いて測定を行うことが広く行われてきたが、本研究では、崩壊チェーンを同定せずに包括的に用いながらも、両方の崩壊チェーンを用いることで運動学的制限を与えて質量測定に役立てているところが特徴的である。また、見えない横運動量を、カットに用いるだけでなく直接その値を解析に利用しているため、この方法においてはその測定精度も重要になってくる。このように本研究の手法は斬新であり更なる研究が期待される。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。