

論文審査の結果の要旨

氏名 シュトル マルティン

本論文は7章からなり第4章から第6章が主題である。第1章はイントロダクションであり、博士論文の背景となる LHC run I の結果を経た新物理探索の現状のまとめ、および論文の構成についての説明を行っている。第2章ではトップクォークに関するレビューを行っている。そこでは博士論文の主題であるブーストされて生成されたトップクォークを同定することが新物理探索にとって重要であることの解説がなされている。第3章ではハドロンジェット構成法のレビューおよび本論文の手法以前に用いられてきたブーストされたトップクォーク同定法についてのレビューが与えられている。

以上のレビューの元に第4章ではシュトル氏が共同研究者とともに提案した“Mass Jump Algorithm”を議論している。近年、ブーストされたトップクォーク同定法としてトップクォークを太いジェットとして扱い、その太いジェットを分解していく過程で見られるトップクォーク由来のジェットであることの特徴を探することで同定する手法が開発されてきた。一方でシュトル氏らの手法では太いジェットから分解するのではなく小さなジェットから大きなジェットを構成する途中でトップクォークの特徴が示された段階でジェット構成をストップさせる方法をとっている。シュトル氏らの手法は従来の太いジェットから始める手法と比べてトップクォークではないハドロンジェットが混ざってしまう問題が低い、分解の際に必要な以上に本来トップクォークに付随するソフトなジェットを落としすぎないなどの利点がある。これらの特徴によってトップクォークが多数のジェットと共に生成される混み合った環境においても用いることが可能な同定法となっている。

第5章では第4章で議論された“Mass Jump Algorithm”のベクトル型トップクォーク探索への応用が議論されている。ベクトル型トップクォークは TeV 程度の質量を持ち主にトップクォークとヒッグス粒子に崩壊する。LHC においてはベクトル型トップクォークが対生成されることから終状態には $10 (= 3 + 3 + 2 + 2)$ ジェットが含まれ大変混み合った環境となる。このような環境下では太いジェットを用いたトップクォーク同定はむずかしい。本章では“Mass Jump Algorithm”を用いた解析によってこのようなジェットが混み合った環境において従来のジェット解析手法(ここでは細かいジェット解析手法と比較している)と比べて S/\sqrt{B} にして 10-20% ほど改善することが示された。なお本章では“Bucket Algorithm”と組み合わせることで組み合わせのエラーを抑えつつ計算効率を上げている点も重要である。

第6章では第5章までに想定していた以上にブーストされたトップクォークの同定方法について議論している。ブーストが非常に強い場合トップクォークが形成する3本のジェットが違いに重なり合ってしまう、太いジェットの内部構造を用いたトップクォークの同定や“Mass Jump Algorithm”による同定が難しくなる。これまでそのような環境下での同定法としてハドロンカロリメータで定義されたクラスターから太いジェットを構成した後そのジェット内に含む荷電粒子の荷電軌跡を用いてジェット内部構造を探る手法が開発されており HPTTopTagger として利用されている。本章ではそのような環境下でのトップクォークからの荷電粒子の振る舞いを調べることで HPTTopTagger を効率化可能であることが議論され、その結果をもとに新たなより効率化したアルゴリズムが提案されている。

以上のように本論文では今後の新物理探索に重要な役割を果たしうるブーストされたトップクォークの新たな同定方法を提案している。特にこれまでに想定されていなかったジェットが非常に混み合った環境下やブーストが非常に強いようなトップクォークの同定の効率を上げることに成功しており評価に値する。なお本論文で提案されている“Mass Jump Algorithm”は現在ジェットの解析広く利用されているアルゴリズム集“FastJet”の一部として採用されている。また本論文で議論された改良された HPTTopTagger のアルゴリズムは現在 HPTTopTagger のデフォルトとして使用されている。本論文第4章および第5章は Liew 氏・濱口氏(東大)との共同研究、第6章は Spannowsky 氏との共同研究に基づいているが、論文提出者が主体となって解析を行ったもので論文提出者の寄与が十分であると判断する。従って、博士(理学)の学位を授与できると認める。