

氏名(本籍)	須藤裕司(東京都)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第6003号
学位授与年月日	平成24年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理解物質科学研究科
学位論文題目	Search for the Standard Model Higgs Boson in $H \rightarrow WW \rightarrow l\nu jj$ Channel in 1.96-TeV Proton-Antiproton Collisions (1.96TeV 陽子反陽子衝突における $H \rightarrow WW \rightarrow l\nu jj$ 崩壊過程を用いた標準模型ヒッグス粒子の探索)
主査	筑波大学教授 理学博士 金 信 弘
副査	筑波大学教授 理学博士 金 谷 和 至
副査	筑波大学教授 博士(理学) 受 川 史 彦
副査	筑波大学准教授 理学博士 原 和 彦

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、米国フェルミ国立加速器研究所の陽子反陽子衝突型加速器テバトロンを用いた重心系エネルギー 1.96TeV の陽子反陽子衝突実験 CDF (Collider Detector at Fermilab) においてヒッグス粒子探索研究を行い、その結果を報告したものである。

素粒子標準理論では、大きく分けて3種類の素粒子が存在する。ひとつはクォークとレプトンであり、これらが物質を構成し、次にゲージボソンであるグルオンと光子と W/Z 粒子が力を媒介し、ヒッグス粒子がこれらの物質構成粒子とゲージボソンに質量を与える。素粒子標準理論では少なくとも4種類のヒッグス粒子が存在し、そのうち3種類のヒッグス粒子は真空中に凝縮することによって、クォーク・レプトン・W/Z ボソンに質量を与える。残りの1種類のヒッグス粒子は、ある質量を持って現れる。素粒子標準理論で予言されていて唯一未発見のこのヒッグス粒子を探索することが本論文の目的である。本研究では、質量が $150\text{GeV}/c^2$ から $200\text{GeV}/c^2$ のヒッグス粒子の探索を行う。

重心系エネルギー 1.96TeV の陽子反陽子衝突で生成された上記の質量範囲のヒッグス粒子は主に W ボソン対に崩壊する。ヒッグス粒子は陽子と反陽子の中のグルオン融合で生成され、W ボソン対に崩壊する。本研究では、そのうち一方の W ボソンは、レプトニック崩壊して電子あるいはミュー粒子(荷電レプトン)とニュートリノになり、もう一つの W ボソンがハドロニック崩壊してクォーク対になり、それぞれのクォークがハドロン化してジェット2個が観測される崩壊モードでヒッグス粒子を探索する。すなわち(1)式のように、ヒッグス粒子生成候補事象として、荷電レプトン+2ジェット事象を探索する。

$$gg \rightarrow H \rightarrow W^+ W^- \rightarrow \ell^+ \nu q \bar{q} \quad (1)$$

この崩壊モードでのヒッグス粒子探索はこれまで行われていない。これまでこの質量領域のヒッグス粒子探索は、(2)式のように、W ボソン対が共にレプトニック崩壊して終状態に2つの荷電レプトンがある崩壊モードでのみ行われてきた。

$$gg \rightarrow H \rightarrow W^+ W^- \rightarrow \ell^+ \nu \ell^- \nu \quad (2)$$

(1) の崩壊モードでの探索は、(2) の崩壊モードでの探索に比べて、信号事象数は多いが、W + ジェット背景事象数も大きくなり、信号識別が難しいために、これまで行われなかったが、本研究では、様々な運動学的変数を識別に用いることによって初めて探索することができた。

本研究では、1つの荷電レプトンと2つのジェット以外に、ニュートリノが検出されないことからくる大きな消失エネルギーがあることを事象選別条件に課した結果、37670個のヒッグス粒子生成候補事象が得られた。この中に含まれるヒッグス粒子生成でない背景事象の評価を行うために、2ジェットの不变質量・ヒッグス粒子再構成質量等の6個の観測量の分布を用いて最大尤度法により解析した結果、質量 $170\text{GeV}/c^2$ のヒッグス粒子に対して、背景事象数を 37638 ± 1113 個と評価し、ヒッグス粒子の生成を検出することはできなかった。ヒッグス粒子生成断面積の上限として、95%の信頼度で $5.7\sigma_{\text{SM}}$ を得た。ここで σ_{SM} は素粒子標準理論の予言する生成断面積の値である。

積分ルミノシティ 4.6fb^{-1} の陽子反陽子衝突データを用いて、質量が $150\text{GeV}/c^2$ から $200\text{GeV}/c^2$ のヒッグス粒子探索を行なった結果、ヒッグス粒子生成断面積の上限として、95%の信頼度で $5.7\sigma_{\text{SM}}$ から $53\sigma_{\text{SM}}$ を得た。この新しい崩壊モードでの探索によって、ヒッグス粒子生成事象に対する検出感度を改善した。

審査の結果の要旨

素粒子標準模型で唯一未発見のヒッグス粒子は質量の起源を与える粒子で、標準模型の最重要な役割を担う粒子である。本研究では、質量が $150\text{GeV}/c^2$ から $200\text{GeV}/c^2$ のヒッグス粒子を、ヒッグス粒子がWボソン対に崩壊して、そのうち一方のWボソンは、レプトニック崩壊して電子あるいはミュー粒子（荷電レプトン）とニュートリノになり、もう一つのWボソンがハドロニック崩壊してクォーク対になり、それぞれのクォークがハドロン化してジェット2個が観測される崩壊モードで探索する。すなわち、ヒッグス粒子生成候補事象として、荷電レプトン+2ジェット事象を探索した。

これまでに、CDF実験では荷電レプトン+2ジェット事象でヒッグス粒子の探索が行なわれたことはなく、須藤裕司氏によってはじめて行われた。質量が $150\text{GeV}/c^2$ から $200\text{GeV}/c^2$ のヒッグス粒子探索を行なった結果、ヒッグス粒子生成断面積の上限として、95%の信頼度で $5.7\sigma_{\text{SM}}$ から $53\sigma_{\text{SM}}$ という結果を得た。ここで σ_{SM} は素粒子標準理論の予言する生成断面積の値である。この新しい崩壊モードでの探索によって、ヒッグス粒子生成事象に対する検出感度を改善した。この結果はヒッグス粒子検出の解析を改良するのに役立ち、それによって素粒子物理学の発展に大いに貢献するものである。

平成24年2月17日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。