

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2007～2010

課題番号：19204027

研究課題名（和文） 最高エネルギーのコライダー実験によるBSM物理の新展開

研究課題名（英文） New Developments of BSM Physics with the Highest Energy Collider Experiments

研究代表者

川越 清以（KAWAGOE KIYOTOMO）

神戸大学・理学研究科・教授

研究者番号：40183785

研究代表者の専門分野：素粒子実験

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：素粒子・BSM・コライダー・暗黒物質・余剰次元

1. 研究計画の概要

素粒子の標準理論（SM）は大成功をおさめているが、究極の理論ではありえない。すなわち、「素粒子の自然さの問題、階層性の問題」、「相互作用の大統一、超統一の問題」、「宇宙のダークマター・ダークエネルギーの問題」などの本質的な問題が未解決である。標準模型を超える（BSM）物理は必ず存在し、それはダークマターとなる新粒子を必ず含んでいるはずである。しかも、それはTeVスケールのエネルギー領域で発見できる可能性が大きい。本研究では、まもなく本格的に稼動する大型ハドロンコライダー（LHC）におけるアトラス実験と、その後が続くと期待される国際リニアコライダー（ILC）など、最高エネルギーのコライダー型加速器実験におけるBSM物理を、素粒子実験と素粒子理論の研究者が協力して解明していく。

2. 研究の進捗状況

(1) LHCにおけるアトラス実験の本格的始動に向けて、理論・実験共同でBSM物理発見のための研究を行った。

①BSM物理として、新しい重いゲージボゾンやグラビトンのカルツァークライン励起状態が予言されている。これらの粒子がミュオン粒子対に崩壊する場合について、発見能力の検討を行った。

②超対称性モデルにおいて、もっとも軽い荷電粒子が長寿命で、重いミュオン粒子のようにふるまう場合がある。この様な粒子をアトラスのミュオン粒子検出器でトリガー・測定する手法を開発した。

③宇宙線中の電子・陽電子のスペクトルに異

常が観測されており、暗黒物質の対消滅の可能性が議論された。また、地下素粒子実験でも暗黒物質と考えるもおかしくない事象が報告されている。この異常を説明するBSM物理のモデルを検討し、それらがコライダー実験に及ぼす様々な影響の研究を行った。

④LHC実験におけるBSM物理の新しい解析手法を提案した。T-Parityを持つLittle Higgsモデルにおける、Top Partner質量の再構成、 $m(T_2)$ という物理量を用いたスカラークォーク・グルイーノの質量決定など。
(2) ILCにおけるBSM物理のための測定器の最適化を行っている。特に、ハドロンジェットに対する究極のエネルギー分解能を得るための解析手法 Particle Flow Algorithmの開発と、それを実現するためのカロリメータ検出器の検討を行った。それらの成果を含めたILD測定器の提案書(LoI, Letter of Intent)を作成してILC研究部長に提出し、認証された。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

LHC加速器の本格的始動の遅れにより、アトラス実験のデータを用いた物理解析の成果はほとんど出ていないが、これは実験側ではどうしようもないことである。一方、素粒子理論と素粒子実験の研究者が協力して行うBSM物理のための準備・検討はこの期間を利用して、着実に進めることができおり、今後LHC実験のデータが十分にたまれば、速やかに物理成果を発表できる体制にある。また、ILCのための測定器・物理の検討は、実験のLoI (Letter of Intent)を完成させたことからわかるように、順調に進んでい

る。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 最終年度(2010年度)に収集する、LHCにおけるアトラス実験のデータを用いて、超対称性、余剰次元など、B SM物理のための解析を行う。LHC加速器の衝突エネルギーは7 TeV、期待される積分ルミノシティは200/pb程度であり、どちらも本研究申請時に期待していたものより小さい。しかし、これまでの最高衝突エネルギー(テバトロン加速器の2 TeV)をはるかに上回ることに変わりではなく、B SM物理の発見の可能性は依然として大きい。

(2) 素粒子実験の研究者は、素粒子理論研究者との連携を密にとりながら、アトラス実験のデータを用いたB SM物理の解析を行う。理論研究者はアトラス実験の結果を取り入れて、理論・モデルの構築を行う。

(3) ILC計画については、引き続き、素粒子実験と素粒子理論の研究者が協力して、B SM物理の検討を行う。

(4) 最終年度後半に、理論・実験合同で、B SM物理の研究会を開催する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

- ① Expected Performance of the ATLAS Experiment – Detector, Trigger and Physics, By the ATLAS Collaboration, G. Aad, K. Kawagoe et al., arXiv-0901.0512. 査読なし
- ② Dark matter and collider phenomenology of split-UED, C.R. Chen, M.M. Nojiri, S.C. Park, J. Shu and M. Takeuchi, JHEP, 0909 (2009) 078. 査読あり
- ③ Study of the top reconstruction in top partner events at the LHC, Mihoko M. Nojiri and Michihisa Takeuchi, JHEP, 0810 (2008) 25.
- ④ Inclusive transverse mass analysis for squark and gluino mass determination, Mihoko M. Nojiri, Yasuhiro Shimizu, Shogo Okada, Kiyotomo Kawagoe, JHEP, 0806:035, 2008. 査読あり
- ⑤ Study of $sq(L)$ - $sq(L)$ production at CERN LHC in the $l+l$ channel and sensitivity to other models, Mihoko M. Nojiri and Michihisa Takeuchi,

Physical Review D76, 015009(18)
(2007) 査読あり

他 9 件

[学会発表] (計 12 件)

- ① シンチレータストリップを用いた細分割電磁カロリメータ試作機のビームテストによる性能評価、川越清以、他、日本物理学会年次大会、2010/03/20、岡山大学
- ② アトラスミュオンシステムを用いた長寿命荷電粒子探索アルゴリズムの高速化と性能評価、岡田勝吾、川越清以、他、日本物理学会秋季大会、2009/09/11、甲南大学
- ③ New Physics Opportunity at LHC, 野尻美保子、日本物理学会秋季大会、2008/09/21、山形大学
- ④ ATLAS実験における超対称性粒子の質量が縮退したモデルとmSUGRAモデルの間のパラメータの対応関係について、岡田勝吾、喜家村裕宣、野尻美保子、川越清以、日本物理学会年次大会、2007/09/21、北海道大学

他 8 件