

平成 23 年 2 月 28 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2004～2009

課題番号：16081203

研究課題名（和文） ヒッグス粒子と超対称性の発見が切り拓く 21 世紀の素粒子物理

研究課題名（英文） Discoveries of Higgs Particle and Supersymmetry to Pioneer the Particle Physics in the 21st Century

研究代表者

駒宮 幸男 (KOMAMIYA Sachio)

東京大学・大学院理学系研究科・教授

研究者番号：80126060

研究成果の概要（和文）：本研究領域は CERN の世界最高エネルギーの陽子陽子衝突型加速器 LHC を用いた国際共同実験 ATLAS 実験において、ヒッグス粒子や超対称性の探索を主導的に行ない、人類未踏の質量領域に踏み込んだ。これに先立ち、本領域は ATLAS 実験の主要な測定器である、ミューオントリガーチェンバー、シリコン飛跡検出器、超電導ソレノイド磁石、GRID システムを用いたデータ解析システムを開発・建設した。一方、PSI での  $\mu \rightarrow e\gamma$  希崩壊探索国際共同実験 MEG は、実験の提案、測定器の設計・建設・運転・データ解析の全てのフェーズで本領域研究者が主導してきた。2008 年のから本格的なデータ収集を行ない  $\mu \rightarrow e\gamma$  の崩壊分岐率下限の世界記録を樹立した。また、理論研究では ATLAS や MEG の成果の上に、超弦理論からヒッグス粒子や超対称性の探索方法の研究に至るまで、多くの論文を発表した。

研究成果の概要（英文）：In the international collaboration of the ATLAS experiment, which is running at the world highest energy proton-proton collider at CERN, our research group made essential contributions towards discoveries of Higgs Boson and Supersymmetry. Namely, physicists and engineers in our group contributed to construct the muon-trigger chambers, silicon tracking device, superconducting solenoid magnet, and the regional data analysis system based on the GRID technology. The mass limit of supersymmetric gluinos and squarks are already exceeding around 800 GeV, and the Higgs Boson is driven into a small mass range. We expect discoveries of these particles in the near future. The MEG experiment at PSI is searching for a positively charged muon rare decay into positron and gamma. The physicists in our research group proposed the experiment, designed and constructed the major part of the state-of-the-art detector including a liquid Xe calorimeter for gamma, a special superconducting solenoid magnet and very thin drift chambers for positron. Since 2008 the experiment is taking data and the world record upper limit of the muon decay branching fraction into positron+gamma has been established. The theoretical colleagues in our research group made vast contributions in the wide research field from superstring to Higgs/SUSY phenomenology. Also they produced many publications by collaborating with the ATLAS and MEG experimentalists.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費       | 間接経費 | 合計         |
|--------|------------|------|------------|
| 2004年度 | 1,800,000  | 0    | 1,800,000  |
| 2005年度 | 3,900,000  | 0    | 3,900,000  |
| 2006年度 | 3,700,000  | 0    | 3,700,000  |
| 2007年度 | 3,600,000  | 0    | 3,600,000  |
| 2008年度 | 3,000,000  | 0    | 3,000,000  |
| 2009年度 | 3,000,000  | 0    | 3,000,000  |
| 総計     | 19,000,000 |      | 19,000,000 |

研究分野：数物系科学

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：ヒッグス粒子、超対称性、統一理論、ATLAS 実験、MEG 実験

1. 研究開始当初の背景

20 世紀後半に実験と理論の相乗的な展開が起こり、クォークとレプトンが物質を構成する基本粒子であり、その間に働く 3 種類の力はゲージ原理に支配されるという標準理論が確立した。とりわけ CERN の LEP などでの実験で精密検証がなされた。次の極めて重要なステップは、ゲージ対称性を破って素粒子に質量を与えるヒッグス粒子と、標準理論を越えた新たなパラダイムと目される超対称性の発見であることは、国際的なコンセンサスであり、パラダイム転換の「革命前夜」という認識であったし現在もそうである。

2. 研究の目的

ヒッグス粒子と超対称性の発見を大きな目的に掲げ、これらを可能にするための ATLAS 実験、MEG 実験の測定器の建設を行ない、これらの重要な発見を可能とする基盤を構築する事である。さらに、実験と理論研究を融合し素粒子物理学の将来の方向を定めていく事である。エネルギーフロンティアの実験では、従来の理論では全く予想もつかない発見がある可能性を秘めているので、serendipity を見逃す事のないようにする。

3. 研究の方法

CERN の世界最高エネルギーの陽子陽子衝突型加速器 LHC を用いた国際共同実験 ATLAS 実験において、ヒッグス粒子や超対称性の探索を行なう。これに先立ち、本領域は ATLAS 実験の主要な測定器である、ミューオントリガーチェンバー、シリコン飛跡検出器、超電導ソレノイド磁石、GRID システムを用いたデー

タ解析システムを開発・建設する。一方、PSI での  $\mu \rightarrow e\gamma$  希崩壊探索実験 MEG は、実験の提案、測定器の設計・建設・運転・データ解析の全てのフェーズで本領域研究者が主導する。様々なレベルの多くの研究者を現地 CERN や PSI に送って、苛酷な国際競争のなかでも国際協力を行ない、実験を主導し成果をあげていく。また、理論研究では ATLAS や MEG の成果の上に、超弦理論からヒッグス粒子や超対称性の探索方法の研究に至るまで研究を行なっていく。

4. 研究成果

ATLAS 実験はヒッグス粒子や超対称性こそ発見されていないが、実験の主要な測定器である、ミューオントリガーチェンバー、シリコン飛跡検出器、超電導ソレノイド磁石、GRID システムを用いたデータ解析システムを開発・建設したし、発見の基盤を構築した。LHC 加速器の超電導磁石の事故で実験は遅れたが、既に、新粒子探索では世界記録を塗り替えており、特に超対称性グルイーノやスクォークの質量の下限は 800 GeV 程度になり、ヒッグス粒子も極めて狭い質量領域に追い詰めつつあり、LEP-II での直接探索の上限である 114 GeV に迫るのは時間の問題である。一方、PSI での  $\mu \rightarrow e\gamma$  希崩壊探索実験 MEG は、実験の提案、測定器の設計・建設・運転・データ解析の全てのフェーズで本領域研究者が主導してきた。2008 年のから本格的なデータ収集を行ない  $\mu \rightarrow e\gamma$  の崩壊分岐率上限の世界記録を樹立した。また、理論研究では ATLAS や MEG の成果の上に、超弦理論からヒッグス

粒子や超対称性の探索方法の研究に至るまで、多くの論文を発表した。

#### 5. 主な発表論文等

(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 20 件)

- (1) ATLAS Collab. G. Aad et al., “Search for quark contact interactions in dijet angular distributions in pp collision at  $\sqrt{s}=7$  TeV measured with the ATLAS detector”, Physics Letters, 査読有, B694, 2010, 21-41
- (2) ATLAS Collab. G. Aad et al., “Charged-particle multiplicities in pp interactions at  $\sqrt{s}=900$  GeV with the ATLAS detector at the LHC”, Physics Letters, 査読有, B688, 2010, 323-345
- (3) MEG Collab. J. Adam et al., “A limit for  $\mu \rightarrow e\gamma$  decay from the MEG experiment”, Nuclear Physics, 査読有, B834, 2010, 1-12
- (4) T. Iwamoto et al., “Development of a Large Volume Zero Boil-off Liquid Xenon Storage System for Muon Rare Decay Experiment (MEG)”, Cryogenics, 査読有, 49, 2009, 254-258
- (5) G. Aad et al., “The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider”, Journal of Instrumentation, 査読有, 3, 2008, S08003
- (6) S. Asai et al., “Test of Anomaly Mediation at the LHC”, Physics Letters, 査読有, B664, 2008, 185-189
- (7) OPAL Collaboration, G. Abbiendi et al., “Measurement of the strong coupling  $\alpha_s$  from four jet observables in  $e^+e^-$  annihilation”, Eur. Phys. J., 査読有, C47, 2006, 295-307
- (8) OPAL Collaboration, G. Abbiendi et al., “Search for guge-mediated supersymmetry breaking topologies in  $e^+e^-$  collisions at LEP”, Eur. Phys. J., 査読有, C46, 2006, 307-341
- (9) OPAL Collaboration, G. Abbiendi et al., “Determination of  $\alpha_s$  using jet rates at LEP with the OPAL detector”, Eur. Phys. J., 査読有, C45, 2006, 547-568
- (10) OPAL Collaboration, G. Abbiendi et al., “Measurement of the mass and width of the W-boson”, Eur. Phys. J., 査読有, C45, 2006, 307-335
- (11) OPAL Collaboration, G. Abbiendi et al., “Colour reconnection in  $e^+e^- \rightarrow W+W-$  at  $E_{cm} = 189$  GeV - 209 GeV”, Eur. Phys. J., 査読有, C45, 2006, 291-305

(12) OPAL Collaboration, G. Abbiendi et al., “Measurement of the running of the QED coupling in small-angle Bhabha scattering at LEP”, Eur. Phys. J., 査読有, C45, 2006, 1-21

(13) OPAL Collaboration, G. Abbiendi et al., “Measurement of Rb in  $e^+e^-$  collisions at 182-209 GeV”, Physics Letters, 査読有, B609, 2005, 212-225

(14) OPAL Collaboration, G. Abbiendi et al., “Measurement of event shape distributions and moments in  $e^+e^- \rightarrow$  hadrons at 91-209 GeV and a determination of  $\alpha_s$ ”, Eur. Phys. J., 査読有, C40, 2005, 287-316

(15) M. Ishino et al., “A Basic R&D for an Analysis Framework Distributed on Wide Area Network”, NUcl. Inst. Method A, 査読有, 534, 2004, 70-75

(16) OPAL Collaboration, G. Abbiendi et al., “Constraints on Anomalous Quartic Gauge Boson Couplings from VV gamma gamma and qqgamma gamma Events at LEP2”, Phys. Rev. D, 査読有, 37, 2004, 25-47

(17) OPAL Collaboration, G. Abbiendi et al., “Search for Neutral Higgs Bosons in CP-Conserving and CP-Violating MSSM Scenarios”, Eur. Phys. J. C, 査読有, 37, 2004, 49-78

(18) OPAL Collaboration, G. Abbiendi et al., “Study of Bose-Einstein Correlation in  $e^+e^- \rightarrow W+W-$  Events at LEP”, Eur. Phys. J. C, 査読有, 37, 2004, 25-47, 31-47

(19) OPAL Collaboration, G. Abbiendi et al., “Determination of the LEP Energy using Radiative Fermion-Pair Events”, Phys. Lett. B, 査読有, 604, 2004,

(20) OPAL Collaboration, G. Abbiendi et al., “Multiphoton Events with Large Missing Energy in  $e^+e^-$  Collisions at  $\sqrt{s}=192-209$  GeV”, Phys. Lett. B, 査読有, 602, 2004, 167-179

[学会発表] (計 2 件)

- (1) S. Asai, “The Latest Status of LHC and the EWSB physics”, International Workshop on Strong Coupling Gauge Theories in LHC Era”, 2009.12.11, 名古屋
- (2) 駒宮幸男, “ヒッグス粒子と超対称性粒子の実験的な話”, 日本物理学会レビューセッション, 2009.3.29, 東京

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

<http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/tokutei/main.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

駒宮 幸男 (KOMAMIYA Sachio)  
東京大学・大学院理学系研究科・教授  
研究者番号：80126060

(2) 研究分担者

浅井 祥仁 (ASAI Shoji)  
東京大学・大学院理学系研究科・准教授  
研究者番号：60282505

(3) 連携研究者

坂本 宏 (SAKAMOTO Hiroshi)  
東京大学・素粒子物理国際研究センター・教授  
研究者番号：80178574

(4) 連携研究者

森 俊則 (MORI Toshinori)  
東京大学・素粒子物理国際研究センター・教授  
研究者番号：90220011

(5) 連携研究者

川越 清以 (KAWAGOE Kiyotomo)  
神戸大学・理学部・教授  
研究者番号：40183785

(6) 連携研究者

岩崎 博行 (IWASAKI Hiroyuki)  
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授  
研究者番号：40151724

(7) 連携研究者

野尻 美保子 (NOJIRI Mihoko)  
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授  
研究者番号：30222201

(8) 連携研究者

山口 昌弘 (YAMAGUCHI Masahiro)  
東北大学・大学院理学研究科・教授  
研究者番号：10222366

(9) 連携研究者

江口 徹 (EGUCHI Toru)  
京都大学・基礎物理学研究所・教授  
研究者番号：20151970

(10) 連携研究者

石川 健三 (ISHIKAWA Kenzo)  
北海道大学・大学院理学研究院・教授  
研究者番号：90159690

(11) 連携研究者

井上 研三 (INOUE Kenzo)  
九州大学・大学院理学研究院・教授  
研究者番号：90127978

(12) 連携研究者

岡田 安弘 (OKADA Yasuhiro)  
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授  
研究者番号：20212334