

【新学術領域研究（研究領域提案型）】

理工系



研究領域名 ヒッグス粒子発見後の素粒子物理学の新展開 ～LHCによる真空と時空構造の解明～

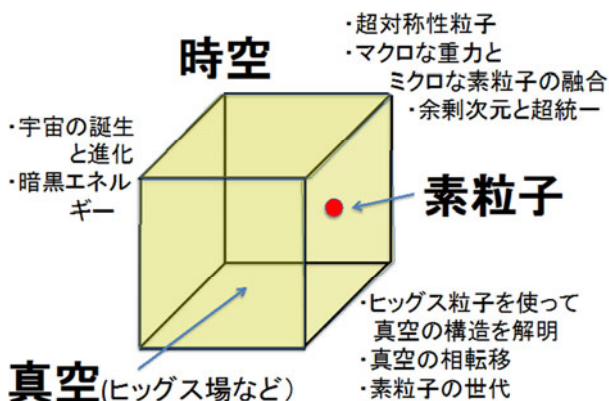
東京大学・大学院理学系研究科・教授

あさい しょうじ
浅井 祥仁

研究課題番号：16H06488 研究者番号：60282505

【本領域の目的】

ヒッグス粒子の発見により、素粒子研究は大きな変化を向かえている。本領域の目的は、超対称性粒子などテラスケールに潜む新しい素粒子現象を確実に発見することである。そして、この成果とヒッグス粒子と合わせて、「時空、真空、素粒子を融合する」パラダイムシフトを起し、量子論と相対論の融合へと発展する。



【本領域の内容】

- (1) 本領域は、衝突エネルギーを倍増させた LHC 加速器で、超対称性粒子などテラスケールに潜む新しい素粒子現象を確実に発見する。この発見から、宇宙の暗黒物質の正体を明かし、「時空」のマイクロな理解を進める。
- (2) ヒッグス粒子を用いて、「真空」の構造を解明し、宇宙の相転移と進化の機構を解明する。
- (3) これらは従来の素粒子研究を拡張し、「時空、真空、素粒子を融合する」パラダイムシフトであり、量子論と相対論の融合へと発展する。暗黒エネルギーや宇宙誕生などへ、宇宙、時空、素粒子の研究を展開する。
- (4) 本領域で得られた成果を更に、押しひろげるための次世代エネルギーフロンティア実験の鍵となる加速器・検出器技術の開発を行う。

【期待される成果と意義】

- (1) ヒッグス粒子の発見により、弱い力と電磁気力が部分的に統一された。テラスケール領域での超対称性の発見は、この統一を更に進め、強い力、弱い力、電磁気力の3つを大統一する。
- (2) 標準理論を超えた新しい原理の中で最も有望視されているのが超対称性である。超対称性は、ボーズ粒子とフェルミ粒子とを交換する最も基本的な対称性である。超対称性粒子は、宇宙の「暗黒物質（ダークマター）」の最も有力な候補であり、その発見は宇宙物理学にも大きなインパクトを与える。
- (3) 発見されたヒッグス粒子や、ゲージ粒子、トップクォークとの結合の詳細な研究を通して、真空の構造を解明する。これにより、宇宙がどのように誕生し、どのように進化したのかや、この宇宙が将来安定的に存在できるかなどが解明できる。
- (4) 新しい超伝導素材、高い放射線耐性を有した半導体検出器、高い検出レートに対応したチェンバーや高速エレクトロニクスなど、アトラス検出器のアップグレードや次世代実験の主要部分の開発研究を行い、次世代実験でも日本が主導的な役割を果たすことができる。

【キーワード】

超対称性粒子(標準モデルの粒子とスピンの1/2だけずれた素粒子。超対称性は、空間と素粒子を結びつける対称性であり、標準理論の様々な問題を解決する)

ヒッグス場(真空に潜む場で、素粒子の質量の起源であると同時に、その相転移に宇宙が進化した)

【研究期間と研究経費】

平成28年度～32年度
1,017,400千円

【ホームページ等】

<http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/vacuum-space-time/>



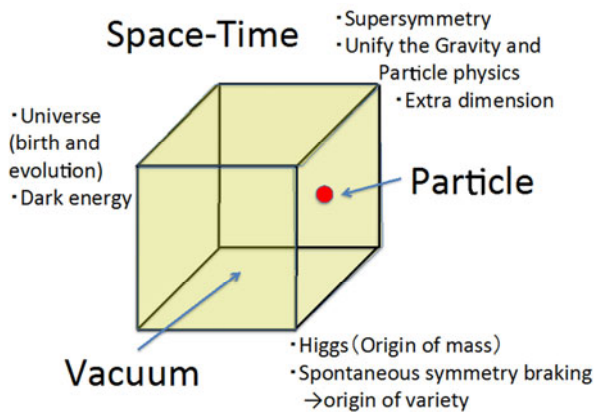
Title of Project : New expansion of particle physics of post-Higgs era by LHC revealing the vacuum and space-time structure

Shoji Asai
 (The University of Tokyo, Graduate School of Science, Professor)

Research Project Number : 16H06488 Researcher Number : 60282505

【Purpose of the Research Project】

LHC (Large Hadron Collider) is the energy frontier collider operated at CERN and we have discovered the Higgs boson at LHC, it is the evidence that our vacuum plays important roles for Particle physics and Cosmology. We will discover Supersymmetric particles (or another phenomena beyond the Standard Model) using LHC. Based on these experimental results, we explore researches of the structure of vacuum, the origin of mass, the relation of particle and space-time. These researches make paradigm-shift including “particle”, “vacuum” and “space-time”.



【Content of the Research Project】

- (1) The Center of Mass Energy of LHC increases upto 13-14TeV. We focus on discovering a new phenomena beyond the Standard Model using LHC. Supersymmetry(SUSY) is the most promising candidate beyond the Standard Model. Studying SUSY particles, we identify “Dark Matter” in the Universe. We extend to study from the Particle physics to Cosmology. Also SUSY is a new symmetry related “Space-Time”, and it bridges a missing link between particle and gravity.
- (2) Using the Higgs boson, we study detail properties of the Higgs field, which fills in “Vacuum”. Phase transitions of our vacuum have driven an evolution of the Universe and changing particle properties.
- (3) We study “Space-Time” and “Vacuum” using particles (Higgs boson, SUSY particles and heavy

particles such as top quark and W/Z Gauge bosons.)

(4) New technologies of a detector and an accelerator are developed for future experiments, especially for High-Luminosity LHC and FCC.

【Expected Research Achievements and Scientific Significance】

(1) SUSY is the fundamental symmetry to exchange Boson and Fermion. The lightest Supersymmetric particle is a good candidate of the dark matter in the Universe. Furthermore SUSY is the necessary symmetry to unify the general relativity and the quantum theory.

(2) Higgs Boson unifies partially the electromagnetic force and the weak force. SUSY will unify completely three forces, EM, weak and strong forces (Grand Unified Theory).

(3) We determine stability of our vacuum using the Higgs boson. We examine also the detail history, namely Why is our Universe born? How makes evolution? What happen in Future?

(4) Development of the advanced technologies for the detector and accelerator. These will be used in The High Luminosity LHC project and we can expect many spin-off.

【Key Words】

SUSY (SUSY is a symmetry relates to a spin of particle and the most promising theory beyond the Standard model.)

Higgs Field (It gives mass to all particles, and hides in vacuum. The excited state of this field is the Higgs Boson, which is discovered at LHC.)

【Term of Project】 FY2016-2020

【Budget Allocation】 1,017,400 Thousand Yen

【Homepage Address and Other Contact Information】

<http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/vacuum-space-time/>