

研究責任者名 Name	野秋淳一	所属機関 Affiliation	素核研
受理番号 Proposal No.	大型 14/15-16	研究課題名 Program title	細谷機構の非摂動的な解明

研究を終了しましたので、下記の通り報告します。

成果の概要

Abstract

(和文)

我々は、余剰次元のコンパクト化に伴うゲージ対称性の破れである細谷機構の、数値シミュレーションによる確立を目指している。これまでの研究により、ゲージ対称性の破れとそのパターンを見いだすことができたので、本研究ではその背後にあるメカニズムを精力的に議論されている理論的描像に結びつけて理解することを試みた。具体的にはもとのSU(3)対称性がU(1)対称性にまで破れていると考えられるゲージ配位にて、挿入したU(1)フラックスのふるまいを調べた。しかしながら先行研究により提唱された方法では期待された結果が得られなかった。さまざまなバリエーションで試行錯誤を繰り返したが、人的・環境的制約もあり、公表に足る成果は得られなかった。

(英文)

With numerical simulations, we are aiming to establish the Hosotani mechanism which describes the gauge symmetry breaking caused by the compactification of the extra dimensions. We already have seen the gauge-symmetry breakings and their pattern and, in this project, tried to understand the mechanism in the background by connecting our findings to the theoretical pictures which are intensively discussed in the community. More concretely, we studied the behavior of the U(1) flux inserted in the course of generating the gauge configurations which is supposed to have the U(1) symmetry broken from SU(3). However, we did not find the expected result by the method proposed in a previous work. Although we tested a lot of modification in the method, we could not obtain any results to be published, which is partially due to a limitation of human resources and our environments.

研究成果を公開しているホームページアドレス

事務局にて使用	口頭研究発表 件数	査読つきの 学術論文数	プロシーディング 論文数	その他 (投稿中を含む)

# 平成 26–27 年度大型シミュレーション研究 「細谷機構の非摂動的な解明」実施報告書

KEK 素粒子原子核研究所  
野秋淳一

2015 年 12 月 22 日

## 1 研究組織

当研究グループ `sc-cmpct` のメンバーは以下の通りである。

研究責任者	野秋淳一	KEK 素粒子原子核研究所 特任助教
共同研究者	COSSU, Guido 幡中久樹, 細谷裕	KEK 素粒子原子核研究所 研究員 KIAS 研究員 大阪大学大学院理学研究科 教授

野秋はゲージ配位生成とコード開発を行い、データ解析の基礎的部分を担当した。Cossu はより進んだデータ解析を行った。幡中はゲージ・ヒッグス統合の立場からデータをまとめ上げに関する助言を行い、並行した摂動計算を行った。細谷機構の提唱者である細谷は素粒子現象論の立場から野秋・Cossu とともに数値シミュレーションを立案し、得られた結果をまとめ上げた。

## 2 これまでの研究

現在の素粒子物理における焦点は、2012 年に発見された“ヒッグス粒子”の起源と電弱対称性の破れとを同時に説明することだといえる。余剰次元のコンパクト化によるアハラノフ・ボーム位相の力学としてそれを説明しようとするのが“ゲージ-ヒッグス統合”である。その基礎を与える細谷機構 [1] は、ゲージ理論の性質に根差したものだという点で、標準理論の一部であるヒッグス機構と大きく異なっている。

ゲージ-ヒッグス統合理論にはいくつかの解決すべき問題がある。特に 4 次元時空+余剰次元の高次元場の理論であり、量子場の理論として定義できているかどうか分からないこと、および、コンパクト化がゲージ対称性を破り得ることが摂動論でしか確立されていないことがあげられる。これらはしばしば同列に議論されているが、本来高次元場の理論の困難と細谷機構とは独立である。これらを明確に切り離して議論するために、我々はくりこみ可能な時空 3 次元+余剰 1 次元 (すなわち 4 次元) のゲージ理論を考える。これまでの研究では、ポリヤコフループの値とゲージ対称性の破れとの関連について細谷のアイデア [2] にもとづき、3+1 次元  $SU(3)$  ゲージ理論の数値シミュレーションを行い、

予言通り対称性の異なる4つの相を見だし、さらには、アハラノフ・ボーム位相の分布からポテンシャルを逆算し、スカラー質量を見積った [3]。

### 3 本研究の内容

我々は、これまでに見いだした対称性の異なる相でゲージ対称性が破れていると考えている。これを示唆するデータを積み重ねるのが本研究の目的である。そしてゲージ対称性の破れとその背後にあるメカニズムを精力的に議論されている理論的描像に結びつけて理解することを試みた。具体的にはもとのSU(3)対称性がU(1)対称性にまで破れていると考えられるゲージ配位にて、挿入したU(1)フラックスのふるまいを調べた。生成した配位にこのようなゲージ対称性があるのならば、挿入したフラックスは配位の生成過程で一定の値をもつ筈である。この方法は先行研究 [4] により提唱されており、そこでは試行的設定にて期待通りの結果が得られているようだった。しかしながら、セットアップの違い、ゲージ固定の違いなど、さまざまなバリエーションを試してみても、我々の生成した配位上で期待通りの結果にはならなかった。結局のところ、手法に問題があったものと考えている。人的・環境的制約もあり、これ以上の追求はできず、残念ながら公表に足る成果は得られなかった。

### 参考文献

- [1] Y. Hosotani, *Phys. Lett. B* **126**, 309 (1983); *Ann. Phys. (N.Y.)* **190**, 233 (1989).
- [2] Y. Hosotani, AIP Conf. Proc. **1467**, 208 (2012) [arXiv:1206.0552 [hep-ph]].
- [3] “Polyakov loops and the Hosotani mechanism on the lattice”, G. Cossu, H. Hatanaka, Y. Hosotani and J. Noaki, *Phys. Rev. D* **89**, 2014 (094509).
- [4] “Gauge-invariant signatures of gauge-symmetry breaking in the Hosotani mechanism”, Ph. de Forcrand, parallel talk at LATTICE2014.