

研究種目：基盤研究 (B)
研究期間：2006～2008
課題番号：18340075
研究課題名 (和文) 厳密なカイラル対称性をもつ格子理論による量子色力学の研究
研究課題名 (英文) Study of Quantum Chromodynamics using lattice gauge theory with exact chiral symmetry
研究代表者
橋本 省二 (HASHIMOTO SHOJI)
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・准教授
研究者番号：90280510

研究成果の概要：厳密なカイラル対称性をもつ格子理論を使った量子色力学 (QCD) の数値シミュレーションを初めて実現し、QCDにおける自発的対称性の破れの検証や、カイラル有効理論との整合性の検証、これまでは不可能だったさまざまな物理量の計算を実現し、QCDの非摂動的な研究に新たな側面を拓いた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2007年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2008年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
年度			
年度			
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：素粒子論

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：素粒子論、格子QCD、カイラル対称性

1. 研究開始当初の背景

量子色力学 (QCD) の非摂動的解析を行う上でもっとも有力な手段である格子QCDは、カイラル対称性を格子上で実現できないという大きな問題点があり、理論の理解の妨げになっていた。この問題は厳密なカイラル対称性をもつ定式化が発表されたことで理論的には1990年代に解決されたが、その数値シミュレーションへの応用は計算コストの点から困難で、本格的なシミュレーションが待望されていた。

2. 研究の目的

厳密なカイラル対称性を保つ格子QCDのシミュレーションを初めて実現し、QCD

における自発的対称性の破れの問題を定量的に理解すること。また、カイラル有効理論との整合性を確認することで素粒子現象論のさまざまな解析に理論的な基礎を与えること。

3. 研究の方法

厳密なカイラル対称性をもつ格子フェルミオン定式化を実装し、大規模数値シミュレーションを実行した。フェルミオンの固有モードを直接観測する解析法など、新たな解析手法を開発して適用した。

4. 研究成果

南部陽一郎が提唱した自発的対称性がQ

CDで確かに起こることを数値シミュレーションを使って明らかにし、クォーク凝縮の値を計算することに成功した。カイラル有効理論との整合性をそのループ補正まで加えた式を使って検証した。

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14件)

- ① J. Noaki, S. Aoki, T.W. Chiu, H. Fukaya, S. Hashimoto, T.H. Hsieh, T. Kaneko, H. Matsufuru, T. Onogi, E. Shintani, N. Yamada, “Convergence of the chiral expansion in two-flavor lattice QCD,” Physical Review Letters 101, 202004 (2008), 査読あり
- ② E. Shintani, S. Aoki, H. Fukaya, S. Hashimoto, T. Kaneko, H. Matsufuru, T. Onogi, N. Yamada, “S-parameter and pseudo-Nambu-Goldstone boson mass from lattice QCD,” Physical Review Letters 101, 242001 (2008), 査読あり
- ③ H. Fukaya, S. Aoki, T.W. Chiu, S. Hashimoto, K.-I. Ishikawa, T. Kaneko, H. Matsufuru, K. Ogawa, M. Okamoto, T. Onogi, N. Yamada, “Two-flavor lattice QCD simulation in the epsilon-regime with exact chiral symmetry,” Physical Review Letters 98, 172001 (2007), 査読あり

[学会発表] (計20件)

- ①橋本省二「格子ゲージ理論でさぐるQCD真空」、日本物理学会2008年秋季大会(山形大学)における招待講演
- ②S. Hashimoto, “Physics results from dynamical overlap fermion simulations,” 第26回格子場理論国際会議(米国バージニア州、2008年7月)における全体講演

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本省二 (HASHIMOTO SHOJI)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・准教授
研究者番号：90280510

(2) 研究分担者

(2006～2007年度)
山田 憲和 (YAMADA NORIKAZU)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・助教
研究者番号：50399432

大川 正典 (OKAWA MASANORI)
広島大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：00168874

松古 栄夫 (MATSUFURU HIDEO)
高エネルギー加速器研究機構・計算科学センター・助教
研究者番号：10373185

金児 隆志 (KANEKO TAKASHI)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・助教
研究者番号：28342602

大野木 哲也 (ONOGI TETSUYA)
京都大学・基礎物理学研究所・准教授
研究者番号：70211802

青木 慎也 (AOKI SINYA)
筑波大学・数理物質科学研究科・教授
研究者番号：30192454

(3) 連携研究者

(2008年度)
山田 憲和 (YAMADA NORIKAZU)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・助教
研究者番号：50399432

大川 正典 (OKAWA MASANORI)
広島大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：00168874

松古 栄夫 (MATSUFURU HIDEO)
高エネルギー加速器研究機構・計算科学センター・助教
研究者番号：10373185

金児 隆志 (KANEKO TAKASHI)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・助教
研究者番号：28342602

大野木 哲也 (ONOGI TETSUYA)
京都大学・基礎物理学研究所・准教授
研究者番号：70211802

青木 慎也 (AOKI SINYA)
筑波大学・数理物質科学研究科・教授
研究者番号：30192454