

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 22 年 5 月 24 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2004～2009

課題番号：16081201

研究課題名（和文） 超対称ゲージ理論と精密測定 of 物理

研究課題名（英文） Supersymmetric gauge theory and physics of precision measurement

研究代表者

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

研究成果の概要（和文）：高エネルギー物理学における“精密測定 of 物理”と“超対称ゲージ理論”の力学的性質が明らかになった。これらの応用として、素粒子反応において運動量と位置を共に観測する振幅が波束により求まり、応用された。また、超対称場の理論の諸性質が、明らかになった。

研究成果の概要（英文）：Two topics on high energy physics, on physics of high precision experiments, and on dynamical properties of supersymmetric theory were analyzed. Many body amplitudes for the measurements of the particle's position and momentum was developed with wave packet in quantum field theory. Various properties of supersymmetric field theory and string theory were found and its implications to cosmology were made.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2004 年度	3,200,000	0	3,200,000
2005 年度	4,400,000	0	4,400,000
2006 年度	3,700,000	0	3,700,000
2007 年度	3,700,000	0	3,700,000
2008 年度	3,700,000	0	3,700,000
2009 年度	3,500,000	0	3,500,000
総計	22,200,000	0	22,200,000

研究分野：素粒子物理学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・核・宇宙線

キーワード：素粒子物理、超対称ゲージ理論、超弦理論、ニュートリノ、非摂動効果、量子ホール効果

1. 研究開始当初の背景

(1) LHC 実験の準備が進み、質量の起源であるヒッグス粒子や、超対称粒子の探索が始まろうとし、またミュオン粒子や他の粒子の

稀崩壊から標準模型の次の理論が実験的に明らかになりそうな状況であった。

(2) 理論的には、標準理論がほぼ確立し、

より極微領域の理論に対する様々な検討が始まりつつある。また精密測定や大規模測定に対する理論的な問題の検討が不足していた。

2. 研究の目的

(1) 新たなミクロな物理量の測定を可能にする振幅を求めると共に、精密測定や大規模測定法の機構を解明し、また量子論としての制限や制約を明らかにする。

(2) 次期の理論として最も有望視されている超対称理論の非摂動効果を解明する。これにより、超対称性の自発的破れ等の性質を解明し、また宇宙現象との関連を明らかにする。これら諸々の非摂動効果の解明。

3. 研究の方法

(1) 理論的な研究により、精密測定や大規模測定の枠組みや計算法を波束により定式化し、確率振幅を求め、実験値の予言や実験値との比較を行う。ニュートリノへの応用も行う。

(2) 超対称ゲージ理論の厳密解、弦理論から導かれる D-ブレーンの宇宙初期における効果、強磁場中の 2 次元電子系における有限電流の効果を解明すること。非可換座標空間における場の理論の理解を具体例で調べる。

4. 研究成果

(1) 波束により、粒子の運動量と位置の両変数をパラメーターとする場の理論が定式化され、両変数を持つ散乱振幅や、大規模領域における量子効果によるミクロな物理の表現法が確立した。量子論では、位置と運動量は交換関係に従う非可換な物理量であるため、両変数を同時に対角形にすることは出来ないが、それぞれを近似的に対角形にする

表現を用いて、位置と運動量を共に測定する振幅を構成した。また、この振幅の性質を明らかにした。

(2) 超対称ゲージ理論や、超弦理論における様々な非摂動効果の性質が、解明された。特に、超対称ゲージ理論の厳密解を応用してコンパクト化について有益な結果を得るとともに、超弦理論におけるソリトニックな励起である、D-ブレーンの解析がなされた。D-ブレーンの宇宙論への応用として、宇宙のダークマターが考察され、弦理論による宇宙膨張の理解が進展した。

(3) 強磁場中の電子系における有限電流による非摂動効果が解析され、有限電流の効果としての量子ホール状態の相転移が、存在することが示された。

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 13 件)

- ①. Wrapped brane gas as a candidate for Dark Matter, Masakazu Sano and Hisao Suzuki Phys.Rev.D81, 024042 (2010),1-9
- ②. On coherence Lengths of Wave Packets, K. Ishikawa and Y.Tobita, Prog.Theor.Phys. 122, 1111-1136, (2009)
- ③. Neutrino masses and mixings, K.Ishikawa and Y.Tobita, in the Proceedings of OMEGA07 2007, Ed. K. Kato, APS(2008)
- ④. Moduli fixing and T-duality in TypeII brane gas models. Masakazu Sano, Hisao Suzuki Phys.Rev.D78 064045 (2008),1-9

- ⑤. Open String Amplitudes in Various Gauges
JHEP01(2007)011 Hiroyuki Fuji, Shinsaku Nakayama, Hisao Suzuki
- ⑥. Cosmological Models From Higher Dimensional Einstein Equations Masakazu Sano, Hisao Suzuki (2007) Phys.Rev.D76 064006 (2007),1-9
- ⑦. Anisotropic ground states of the quantum Hall system with currents, Kazumi Tsuda, Nobuki Maeda, and K.Ishikawa, Physical Review B 76,045334 (2007).
- ⑧. 超弦理論の厳密解を予言した超対称ゲージ理論の厳密計算、鈴木久男、数理科学, 3, 56-62, (2006)
- ⑨. Impurity Non-Preserving 3-Point Correlators of BMN Operators from PP-Wave Holography. II. Fermionic Excitations, Suguru Dobashi, Nucl. Phys. B 756, 171-206(2006)
- ⑩. Neutrino Oscillations in the intermediate states:(II) Wave Packets, Asahara, K. Ishikawa, T.Shimomura, and T.Yabuki, Prog.Theor.Phys. 113, No 2, (2005)
- ⑪. Generalized S-matrix in Mixed Representation, K.Ishikawa and T. Shimomura, Prog.Theor.Phys. 114, 1201-1234, (2005)
- ⑫. 超弦理論における量子異常とその相殺のメカニズム、鈴木久男、数理科学, 7, 27-33, (2005)
- ⑬. Intra-Landau level polarization effects for striped Hall gas,T.Aoyama, K. Ishikawa,Y. Ishizuka, and N. Maeda, Phys.Rev. B70, 035314 (2004)
- [学会発表] (計 7件)
- ①. D-brane Superpotential and Calabi-Yau compactifications, 鈴木久男、東大駒場国際研究集会、2010, 2月12日、東京駒場
- ②. ニュートリノの干渉効果、Y.Tobita, 日本物理学会 3月21日, 2010, Okayama
- ③. Wave packets at early Universe, 石川健三、Recontres de Blois, 2009, June 24, Blois、フランス
- ④. Wrapped brane gas as a candidate for Dark Matter, 佐野正和, CERN COSM009, 9月7日, 2009, CERN, Geneve、スイス
- ⑤. Moduli fixing in type II brane gas models, 佐野正和, RESCEU-IAP workshop on the Early Universe, 14 May, 2008, Nikko
- ⑥. Neutrino Masses and oscillations, K. Ishikawa, International conference of Origin of Matter 07, 12月6日, 2007, Sapporo
- ⑦. Wave packet scattering as a bridge between large and small scale, K. Ishikawa, International workshop “Physics for large and small scale:from the Plank scale through

Nano scales to Cosmological distances”, 7 January, 2006, Hanoi, Vietnam.

〔図書〕(計 6 件)

- ①. 石川健三、培風館、解析力学入門、2008 年、183 ページ
- ②. 生井澤寛、鈴木久男、初歩からの物理学 -物理へようこそ、放送大学出版 2008 年 260 ページ
- ③. 石川健三、培風館、場の量子力学、2006 年、309 ページ
- ④. 鈴木久男、山田邦雅、前田展希、徳永正晴、丸善、動画だからわかる物理 DVD 付 熱力学・電磁気学編、2006 年、265 ページ
- ⑤. 鈴木久男、山田邦雅、前田展希、徳永正晴、丸善、動画だからわかる物理 DVD 付 力学・波動編、2006 年、295 ページ
- ⑥. 鈴木久男、小野寺彰、徳永正晴、学術図書、大学の物理入門、2004、250 ページ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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：90159610

(2) 研究分担者

鈴木 久男 (SUZUKI HISAO)
北海道大学・大学院理学研究院・教授
研究者番号：20192619

末廣 一彦 (SUEHIRO KAZUHIKO)
北海道大学・大学院理学研究院・講師
研究者番号：60211976

(3) 研究協力者

前田 展希 (MAEDA NOBUKI)
北海道大学・大学院理学研究科・博士研究員
研究者番号：なし

土橋 卓 (DOBASHI SUGURU)
北海道大学・大学院理学研究院・博士研究員
研究者番号：なし

堀田 健司 (HOTTA KENJI)
北海道大学・大学院理学研究院・博士研究員
研究者番号：なし

飛田 豊 (TOBITA YUTAKA)
北海道大学・大学院理学研究科・大学院生
研究者番号：なし

佐野 正和 (SANO MASAKAZU)
北海道大学・大学院理学研究科・大学院生
研究者番号：なし