

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23540316

研究課題名(和文)ゲージ理論と紐理論に於ける可積分性の出現と素粒子物理への予言

研究課題名(英文)Emergence of integrability in gauge theory and string theory and its prediction in particle physics

研究代表者

糸山 浩(Hiroshi, Itoyama)

大阪市立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：30243158

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文):2010年度の本課題研究者達の独創的研究を継続し、2d-4d connection(AGT対応)関係でさらに成果をあげた。特に q 冪根の場合のparafermion blockの出現に関する考察は著しい。丸と協力して、D termによる超対称性の力学的破れのメカニズムをHartree-Fock近似に基づき確立した。その他に、弦理論における超対称性の破れ、Colored HOMFLY polynomialで成果を挙げた。

研究成果の概要(英文):Continuing the series of original work done by us in 2010, we made several accomplishments in 2d-4d connection and AGT relation. In particular, we obtained the striking results of the emergence of parafermion block from the root of unity limit in q in the q -Virasoro block. Collaborating with Maru, we established the mechanism of D term triggered dynamical supersymmetry breaking based on the Hartree-Fock approximation. We obtained interesting results on supersymmetry breaking in superstring theory and on computation of Colored HOMFLY polynomials.

研究分野：場の量子論及び弦理論

キーワード：integrable system Seiberg-Witten curve prepotential Whitham hierarchy USp matrix model partial susy breaking quiver matrix model Nekrasov function

1. 研究開始当初の背景

2d-4d connection (AGT 対応) 関係で研究代表者は 糸山・大田・丸吉 PTP 論文及び糸山・大田論文を 2010 年に出版し、この分野での独創的研究を作り上げていた。

また 2011 年度初頭には糸山・丸の D-term Dynamical Supersymmetry Breaking の独創的考察がすでに始まっていた。これらの発展を継続進展させることにより、本課題研究は開始された。可積分性の数理と密接に関連する Knot の研究を 2011 年度終わりに開始した。

2. 研究の目的

場の量子論及び弦理論においてしばしば偶発的に生ずる可積分性に光をあて、この分野での新しい求心力を持つテーマを創発し、これを基盤とした新しい素粒子物理学の文脈をつくる。

3. 研究の方法

研究代表者及び分担者が過去にあげた独創的研究成果を出発点としつつ、新たな imagination をそれに吹き込み、場の量子論・弦理論における独自の進展を、多くの研究者、大学院生を巻き込みながら創成していく。より具体的には、2d-4d connection, DDSB, knot 関連という 3 つのテーマを、状況に応じて研究した。3 人の共同研究以外にも Mironov-Morozov との共同研究、丸との共同研究を実施し、著しい成果をあげた。

4. 研究成果

(1) 2d-4d connection, AGT 対応; 本課題研究以前に確立していた糸山・大田・丸吉 (2010 年 PTP) 糸山・大田 (2010 年 NPB) の仕事をさらに発展させ、genus expansion, 模型の拡張、q 冪根の場合の parafermion block の出現で著しい結果を得た。Current 代数との関係が現在進展中である。

(2) DDSB; 丸と超対称性の力学的破れの一般的メカニズムを創始した。有効作用と変分原理とを活用する計算方法を確立した。これをいくつかの論文でさらに発展させ、HIGGS の物理、MSSM の EXTENSION と関係付けた。

(3) 様々な表現での Colored HOMFLY polynomial の計算を行い、superpolynomial 等への拡張を提案した。

(4) 超弦理論における超対称性の破れについて TYPE I 側から考察した

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 16 件)

1) Mass Sum Rule of the Effective Action on Vacua with Broken Rigid N=1 Supersymmetry, H. Itoyama, N. Maru Nucl. Phys. B 893 (2015) 332-345, 査

読有,

DOI: 10.1016/j.nuclphysb.2015.02.017
 2) 126 GeV Higgs Boson Associated with D-term Triggered Dynamical Supersymmetry Breaking, H. Itoyama, N. Maru, Symmetry 7 (2015) 1, 193-205, 査読有
 DOI: 10.3390/sym7010193
 3) q-Virasoro/W Algebra at Root of Unity and Parafermions, H. Itoyama, T. Oota, R. Yoshioka, Nucl. Phys. B 889 (2014) 25-35, 査読有
 DOI: 10.1016/j.nuclphysb.2014.10.006
 4) q-Virasoro algebra at root of unity limit and 2d-4d connection, H. Itoyama, T. Oota, R. Yoshioka, J. Phys. Conf. Ser. 474 (2013) 012022, 査読有,
 DOI: 10.1088/1742-6596/474/1/012022
 5) Calculation of Fayet-Iliopoulos D-term in type I string theory revisited: T6/Z3 orbifold case, H. Itoyama, K. Yano, Phys. Lett. B727 (2013) 527-531, 査読有
 DOI: 10.1016/j.physletb.2013.10.065
 6) 2d-4d Connection between q-Virasoro/W Block at Root of Unity Limit and Instanton Partition Function on ALE Space, H. Itoyama, T. Oota, R. Yoshioka, Nucl. Phys. B877 (2013) 506-537, 査読有
 DOI: 10.1016/j.nuclphysb.2013.10.012
 7) D-term Triggered Dynamical Supersymmetry Breaking, H. Itoyama, N. Maru, Phys. Rev. D88 (2013) 2, 025012, pp.1-17, 査読有
 DOI: 10.1103/PhysRevD.88.025012
 8) -deformed matrix models and Nekrasov partition function, T. Oota, Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser. 21, 2013, 92-100, 査読有
 DOI: 10.1142/S2010194513009434
 9) Eigenvalue hypothesis for Racah matrices and HOMFLY polynomials for 3-strand knots in any symmetric and antisymmetric representations, H. Itoyama, A. Mironov, A. Morozov, An. Morozov, Int. J. Mod. Phys. A28 (2013) 1340009, pp.1-41, 査読有
 DOI: 10.1142/S0217751X13400095
 10) D-term Dynamical SUSY Breaking, H. Itoyama, N. Maru, Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser. 21 (2013) 42, 査読有
 DOI: 10.1142/S2010194513009392
 11) Sine-Gordon theory in the repulsive regime, thermodynamic Bethe ansatz and minimal models, H. Itoyama, Int. J. Mod. Phys. B26 (2012) 1243011, pp.1-9, 査読有
 DOI: 10.1142/S0217979212430114
 12) Character expansion for HOMFLY

- polynomials. III. All 3-Strand braids in the first symmetric representation, H. Itoyama, A. Mironov, A. Morozov, An. Morozov, Int. J. Mod. Phys. A27 (2012) 1250099, pp. 1-59, 査読有
DOI: 10.1142/S0217751X12500996
- 13) HOMFLY and superpolynomials for figure eight knot in all symmetric and antisymmetric representations, H. Itoyama, A. Mironov, A. Morozov, An. Morozov, JHEP 1207 (2012) 131. pp.1-14, 査読有
DOI: 10.1007/JHEP07(2012)131
- 14) D-term Dynamical Supersymmetry Breaking Generating Split N=2 Gaugino Masses of Mixed Majorana-Dirac Type, H. Itoyama, N. Maru, Int. J. Mod. Phys. A27 (2012) 1250159, pp.1-4, 査読有
DOI: 10.1142/S0217751X1250159X
- 15) An(1) Affine Quiver Matrix Model, H. Itoyama, T. Oota, Nucl. Phys. B852 (2011) 336-351, 査読有
DOI: 10.1016/j.nuclphysb.2011.07.001
- 16) epsilon-Corrected Seiberg-Witten Prepotential Obtained From Half Genus Expansion in beta-Deformed Matrix Model, H. Itoyama, N. Yonezawa, Int. J. Mod. Phys. A26 (2011) 3439-3467, 査読有
DOI: 10.1142/S0217751X11053882
- [学会発表](計 25 件)
- 1) 糸山 浩 “Mass Sum Rule of the Effective Action on Vacua with Broken Rigid N=1 Supersymmetry”, 日本物理学会第 70 回年次大会, 早稲田大学早稲田キャンパス(東京都新宿区) 2015 年 3 月 21 日
- 2) H. Itoyama “q-Virasoro algebra at root of unity, parafermions and 2d-4d connection”, Mini-symposium “Moduli Space, Conformal Field Theory and Matrix Model (MCM2015)”, Okinawa Institute of Science & Technology (OIST)(沖縄県国頭郡) 2015 年 3 月 18 日, 招待講演
- 3) 大田 武志, Matrix models and quantum curves, ミニワークショップ「数学・物理における可積分性の諸相」2015 年 3 月 11 日, 大阪市立大学(大阪府大阪市)
- 4) 吉岡 礼治, q-Virasoro algebra at root of unity limit and current algebra, ミニワークショップ「数学・物理における可積分性の諸相」2015 年 3 月 9 日, 大阪市立大学(大阪府大阪市)
- 5) H. Itoyama “Review of the deformation theory of prepotential and the S-W system”, 第 6 回静岡素粒子集中セミナー, 静岡市産学交流センターB-nest(静岡県静岡市), 2014 年 12 月 5 日, 招待講演
- 6) H. Itoyama “Mixed Majorana-Dirac gauginos and D-term triggered dynamical supersymmetry breaking”, テラスケール 2014 ~ 先端加速器 LHC が切り拓くテラスケールの素粒子物理学~, 大阪大学基礎工学部 ホール(大阪府豊中市), 2014 年 11 月 29 日
- 7) 吉岡 礼治, q-Virasoro/W algebra at root of unity limit and parafermion, 日本物理学会 2014 年秋季大会, 2014 年 9 月 19 日, 佐賀大学(佐賀県佐賀市)
- 8) 吉岡 礼治, q-Virasoro/W algebra at root of unity limit and parafermion, YITP workshop on string theory and quantum field theory “Strings and Field” 2014 年 7 月 22 日, 京都大学基礎物理学研究所(京都府京都市)
- 9) H. Itoyama “Review of Alday-Maldacena Minimal Area Calculation of Multigluon Scattering Amplitudes”, Symposium on the Frontier of Hadron Physics, Center for Nuclear Matter Science, Central China Normal University, in Wuhan, China, 2014 年 6 月 15 日 招待講演
- 10) 糸山 浩, D-term Triggered Dynamical Supersymmetry Breaking and its Connection, 日本物理学会第 69 回年次大会(招待講演), 2014 年 3 月 30 日, 東海大学(神奈川県平塚市)
- 11) T. Oota, On Cherednik algebra and its root of unity limit, 学振二国間交流事業ロシアとの共同研究 とりまとめ研究会, 2014 年 3 月 7 日, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス(滋賀県草津市)
- 12) R. Yoshioka, q-Virasoro algebra and parafermion, 学振二国間交流事業ロシアとの共同研究 とりまとめ研究会, 2014 年 3 月 4 日, KKR ホテルびわこ(滋賀県大津市)
- 13) H. Itoyama, q-Virasoro algebra at root of unity limit and 2d-4d connection, Todai/RIKEN joint workshop on Super Yang-Mills, solvable systems and related subjects, 2013 年 10 月 24 日, 東京大学(東京都文京区本郷),
- 14) R. Yoshioka, q-Virasoro algebra at root of unity limit and 2d-4d connection, 日露研究会 Synthesis of integrabilities in the context of duality between the string theory and gauge theory, 2013 年 9 月 13 日, Steklov Math. Inst. (Moscow, Russia)
- 15) 糸山 浩, D-term Triggered Dynamical Supersymmetry Breaking, SUSY2013(招待講演), 2013 年 8 月 30 日, ICTP (Trieste, Italy)
- 16) 吉岡 礼治, Use of q-Virasoro/W block at root of unity for 2d-4d connection, 基研研究会「場の理論と弦理論」, 2013 年 8 月 20 日, 京都大学基礎物理学研究所

(京都府京都市)

- 17) H. Itoyama, q-Virasoro algebra at root of unity limit and 2d-4d connection, the XXIst International Conference on Integrable Systems and Quantum Symmetries(ISQS21), 2013年6月13日, CTU (Prague, Czech Republic)
- 18) H. Itoyama, D-term Triggered Dynamical Supersymmetry Breaking, KEK 理論研究会 2013「超弦理論から現象論への新たな展望」(招待講演), 2013年3月20日, KEK(茨城県つくば市)
- 19) H. Itoyama, D-term Dynamical Supersymmetry Breaking, 基研研究会「素粒子物理学の進展 2012」2012年7月21日, 京都大学基礎物理学研究所(京都府京都市)
- 20) H. Itoyama, 対称性の自発的破れと素粒子物理, 市民講演会「宇宙と素粒子のなりたち」(招待講演), 2012年4月7日, 大阪国際会議場(大阪府大阪市)
- 21) T. Oota, Beta-deformed matrix models and Nekrasov Partition Functions, 国際研究会 Progress in Quantum Field Theory and String Theory, 2012年4月4日, 大阪市立大学(大阪府大阪市)
- 22) 糸山 浩, 2d-4d connection through 0d matrices, 研究会「行列模型とその周辺」2012年2月21日, 立教大学(東京都豊島区)
- 23) 糸山 浩, D-term Dynamical Supersymmetry Breaking, 静岡大学集中セミナー, 2012年1月6日, 静岡大学(静岡県静岡市)
- 24) H. Itoyama, Progress in the Gauge Theory with Spontaneous Broken N=2 Supersymmetry, SUSY2011, 2011年8月28日, Fermilab (Batavia, Illinois, USA)
- 25) H. Itoyama, An(1) Affine Quiver Matrix Model, 4th Workshop on Geometric Methods in Theoretical Physics, International School for Advanced Studies, 2011年7月12日, SISSA (Trieste, Italy)

(図書)(計3件)

- 1) 糸山 浩・横山 順一・川合 光・南部 陽一郎, 京都大学学術出版「宇宙と素粒子のなりたち」2013年, 174pp.
- 2) K. Ito, H. Itoyama, H. Kanno, T. Kobayashi, K. Ohta, T. Oota, World Scientific, SELECTED PAPERS Int. J. Mod. Phys. A 28 (2013), 3-4, 250pp.
- 3) K. Ito, H. Itoyama, H. Kanno, T. Kobayashi, K. Ohta, T. Oota, World Scientific, Int.J.Mod.Phys.Conf.Ser. 21 (2013) pp.1-205, 2013, 205pp.

6. 研究組織

(1)研究代表者

糸山 浩 (ITOYAMA, Hiroshi)
大阪市立大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 30243158

(2)研究分担者

大田 武志 (OOTA, Takeshi)
大阪市立大学・大学院理学研究科・数学研究所専任研究所員
研究者番号: 70419688

吉岡 礼治 (YOSHIOKA, Reiji)
大阪市立大学・大学院理学研究科・数学研究所専任研究所員
研究者番号: 90514555