

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20540278

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非摂動効果の解明

研究課題名(英文) Emergence of Integrability in Gauge Theory and String Theory and Nonperturbative Effects

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

研究成果の概要(和文)：1) BDS 予想からのずれを世界で初めて明らかにした。2) N=2 超対称性を N=1 に破る模型で、低エネルギー定理を確立。3) USp 行列模型で、時空点の鏡像との自己相互作用が長距離で引力、短距離で斥力である事を示した。安定な 4 次元時空生成が示唆される。4) quiver 行列模型の spectral curve と Witten-Gaiotto 型の SW curve の等価性を示した。Nekrasov 分配関数の計算方法を編み出し、0d-4d dictionary を確立。

研究成果の概要(英文)：1) Elucidated the deviation from BDS conjecture first in the world analytically. 2) Established the low energy theorem for the NG fermion in the model of Fujiwara-Itoyama-Sakaguchi. 3) In the USp matrix model of Itoyama - Tokura, we showed that the self-interaction between a spacetime point and its image is attractive in the long distances and repulsive in the short distances. Suggests the formation of 4 dimensional spacetime in this model. 4) 2d-4d connection, equivalence established between the spectral curve of the quiver matrix model and that of SW curve of Gaiotto-Witten type. 0d-4d dictionary was established.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
2010 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙船・宇宙物理

キーワード：integral 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

ゲージ理論とひも理論は 20 年前には大きくかけ離れたテーマであったが、現在の素粒子論に於いてはひとつの普遍的事実の 2 つの側面とみなされている。背景となる仕事として、1995 糸山—Morozov, 1997 糸山—都倉、2002 糸山—Morozov、2004 藤原—糸山—阪口、2007 糸山—丸吉

## 2. 研究の目的

糸山の上記の成果に基づきさらに想像力に富む独創性豊かな研究を生み出すこと。

## 3. 研究の方法

理論的研究、大学院生を含む少数の共同研究。

#### 4. 研究成果

主な研究成果は4つある。

(1) multi gluon scattering 強結合極限に於いて、南部・後藤方程式、極小局面を用いた計算を waving なる処方を開発することにより遂行した。この領域で所謂 BDS 予想からのずれを世界で初めて解析的に明らかにした。

(2) N=2 超対称性を自発的に N=1 に破る藤原・糸山・阪口模型で、NG fermion に対する低エネルギー定理を確立した。

(3) 糸山・都倉の USp 行列模型に於いて、時空点とその鏡像点間の自己相互作用は長距離で引力短距離で斥力となることを示した。時空6方向を adjoint 表現に選ぶこの模型での安定な4次元時空配位生成を示唆する。

(4) 2d-4dconnection のテーマに於いて quiver 行列模型の spectral curve と Witten-Gaiotto 型の curve の等価性を示した。Nekrasov 分配関数を Jack 多項式及び Selberg 積分を用いて巧妙に計算する方法を編み出し、0d-4d dictionary を確立した。

#### 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 13 件)

##### ① “Massive Scaling Limit of beta-Deformed Matrix Model of Selberg Type”

H. Itoyama, T. Oota and N. Yonezawa  
Phys. Rev. D **82**, 085031 (2010) 査読有  
[arXiv:1008.1861 [hep-th]]

##### ② “Method of Generating q-Expansion Coefficients for Conformal Block and N=2 Nekrasov Function by beta-Deformed Matrix Model”

H. Itoyama and T. Oota  
Nucl. Phys. B **838**, 298-330 (2010) 査読有  
[arXiv:1003.2929 [hep-th]]

##### ③ “The Quiver Matrix Model and 2d-4d Conformal Connection”

H. Itoyama, K. Maruyoshi and T. Oota  
Prog. Theor. Phys. **123**, 957-987 (2010) 査読有 [arXiv:0911.4244 [hep-th]]

##### ④ “Low Energy Processes Associated with Spontaneously Broken N=2 Supersymmetry”

H. Itoyama, K. Maruyoshi and S. Minato  
Nucl. Phys. B **830**, 1-16 (2010) 査読有  
[arXiv:0909.5486 [hep-th]]

##### ⑤ “Spontaneous Partial Breaking Of N=2 Supersymmetry”

K. Fujiwara and H. Itoyama  
Adv. Stud. Pure Math. **55**, 223-233 (2009) 査読有

##### ⑥ “Orientifolded Matrices and Supersymmetries that Give Rise to Spacetime

Directional Asymmetry of Effective Interactions”

H. Itoyama and R. Yoshioka  
Nucl. Phys. B **823**, 254-268 (2009) 査読有  
[arXiv:0904.4883 [hep-th]]

##### ⑦ “Deviation from Alday-Maldacena Duality For Wavy Circle”

D. Galakhov, H. Itoyama, A. Mironov and A. Morozov  
Nucl. Phys. B **823**, 289-319 (2009) 査読有  
[arXiv:0812.4702 [hep-th]]

##### ⑧ “Boundary Ring: a way to construct approximate NG solutions with polygon boundary conditions: I. Zn-symmetric configurations”

H. Itoyama, A. Mironov and A. Morozov  
Nucl. Phys. B **808**, 365-410 (2009) 査読有,  
[arXiv:0712.0159 [hep-th]]

##### ⑨ “ ‘Anomaly’ in n=infinity

**Alday-Maldacena Duality for Wavy Circle”**

H. Itoyama, A. Mironov and A. Morozov  
JHEP **0807**, 024 (2008) 査読有,  
[arXiv:0803.1547 [hep-th]]

⑩ **“Nambu-Goto Like Action for the  $AdS_5 \times S^5$  Superstrings in the Generalized Light-Cone Gauge”**

H. Itoyama, T. Oota and R. Yoshioka  
Prog. Theor. Phys. **119**, 323-338 (2008) 査読有,  
[arXiv:0801.2464 [hep-th]]

⑪ **“Boundary Ring or a Way to Construct Approximate NG Solutions with Polygon Boundary Conditions. II. Polygons which admit an inscribed circle”**

H. Itoyama and A. Morozov  
Prog. Theor. Phys. **120**, 231-287 (2008) 査読有,  
[arXiv:0712.2316 [hep-th]]

⑫ **“Deformation of Dijkgraaf-Vafa Relation via Spontaneously Broken  $N=2$  Supersymmetry II”**

H. Itoyama and K. Maruyoshi  
Nucl. Phys. B **796**, 246-261 (2008) 査読有,  
[arXiv:0710.4377 [hep-th]]

⑬ 素粒子物理学に於ける対称性の自発的破れ

糸山 浩  
科学基礎論研究 2010 年第 113 号 Vol. 37 No. 2, 29 査読有,

[学会発表] (計 14 件)

① 糸山 浩, “Gluon amplitudes in  $N=4$  SYM and AdS minimal surfaces” 大阪素粒子セミナー, 2008 年 6 月 12 日, 大阪市立大学文化交流センター

② 糸山 浩, “Slight Violation of the Alday-Maldacena Duality for Wavy Circle” 京大基礎物理学研究所国際会議 “Aspects of Quantum Integrability” 6

月 24 日, 京都大学

③ 糸山 浩, 「南部陽一郎先生と「対称性の自発的破れ」, 南部陽一郎名誉教授ノーベル賞受賞記念「大阪市立大学市民特別セミナー 2008」大阪市鞠公演, 12 月 9 日, 大阪科学技術センター

④ 糸山 浩, “Gluon amplitudes in  $N=4$  SYM and AdS minimal surfaces”, 日本物理学会招待講演, 2009 年 3 月 28 日, 立教大学池袋キャンパス

⑤ 糸山 浩, “Derivation of AdS Minimal Area from BDS Extrapolation at a Wavy Circle”, the 4th International Sakharov conference on Physics (招待講演), 2009 年 5 月 22 日 Lebedev Institute, Moscow, Russia

⑥ 糸山 浩, 「素粒子物理学に於ける対称性の自発的破れ」, 科学基礎論学会特別講演, 2009 年 6 月 14 日, 大阪市大

⑦ 糸山 浩, “Deformation of Dijkgraaf-Vafa Relation via Spontaneously Broken  $N=2$  Supersymmetry” 2nd Workshop on Geometric Methods in Theoretical Physics, 2009 年 7 月 16 日, International School for Advanced Studies, Trieste, Italy

⑧ 糸山 浩, 「場の量子論における対称性の自発的破れ —南部陽一郎氏の開拓した物理の数学的側面—」数学FD研究会, 2010 年 1 月 21 日, 大阪市大

⑨ 糸山 浩, “Method of Generating  $q$ -Expansion Coefficients from  $\beta$ -Deformed Matrix Model” KEK理論研究会 2010, 2010 年 3 月 12 日, KEK

⑩ 糸山 浩, “Low Energy Processes Associated with Spontaneously Broken  $N=2$  Supersymmetry” 日本物理学会第 65 回年次大会, 2010 年 3 月 21 日, 岡山大学

⑪ 糸山 浩, “Developments in the  $\beta$ -Deformed Matrix Model of Selberg Type” 基研研究会「場の理論と超弦理論の最先端」, 2010 年 7 月 23 日, 京大基礎物理学研究所

⑫ 糸山 浩, “Developments in the  $\beta$ -Deformed Matrix Model of Selberg Type” 3rd Workshop on Geometric Methods in Theoretical Physics, (招待講演), 2010 年 7 月 8 日, Sissa, Trieste, Italy

⑬ 糸山 浩, “Beta-deformed Matrix Model and Nekrasov Function”, “Conference Synthesis of integrabilities in the context of gauge/string duality” JSPS/RFBR collaboration project, 2010 年 9 月 22 日, Moscow, Russia

⑭ 糸山 浩, 「場の量子論と超紐(弦)の 30 年-歴史的概観」, 学内重点研究会「アインシュタインの物理」冬のセミナー, 2011 年 2 月 20 日, セミナーハウス未来塾 和歌山県紀美野町

[図書] (計 1 件)

① “Progress of string theory and quantum field theory. Proceedings, International Conference, Osaka, Japan, December 7-10, 2007”

Kazuhito Fujiwara, (ed.), (Osaka City U.), Hiroshi Itoyama, (ed.), (Osaka City U.),  
, Shoichi Kawamoto, (ed.), (Osaka City U.),  
Hironobu Kihara, (ed.), (Korea Inst. Advanced Study, Seoul), Takeshi Oota, (ed.), (Osaka City U.), Makoto Sakaguchi, (ed.), (Okayama Inst. Quantum Phys.), Tadashi Takayanagi, (ed.), (Kyoto U.), Yukinori Yasui, (ed.), (Osaka City U.).  
2008. 285pp.  
*Int. J. Mod. Phys. A23 (2008) 2067-2351*

## 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・博士研究員  
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・博士研究員  
研究者番号：90514555

(3) 連携研究者  
なし