

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K03828

研究課題名（和文）行列・テンソル模型で探るゲージ理論・ランダム幾何学に於ける可積分性の出現

研究課題名（英文）Emergence of Integrability in Gauge Theory and Random Geometry Probed by Matrix and Tensor Models

研究代表者

糸山 浩（糸山浩司）（Itoyama, Hiroshi）

大阪公立大学・南部陽一郎物理学研究所・特任教授

研究者番号：30243158

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：行列模型：AD近傍での臨界現象に関して、当該超対称ゲージ理論に対応するN有限の行列模型がdiscrete Painleve systemで与えられることを踏まえ、このunitary行列が一連の臨界現象への理論空間を提示していることをしめした。質量パラメータの空間で、特異性は超曲面をなしていることをあらわに示した。感受率への $\exp(-c/\kappa)$ 型の非摂動部分を、PII方程式から及び行列模型1固有値仕事関数からの両方で導出した。テンソル模型operator VS Feynman diagram対応を確立し、テンソル的な指標を導入し、高次の変分に基づく一連の一般化されたCUT演算を構成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

きわめて独創的であり、余人をもって代えがたい研究である。他の研究者たちにも利用されている。

研究成果の概要（英文）：matrix model:with regard to the critical phenomena in the AD vicinity,on the basis of the fact that finite N matrix model is given by the discrete Painleve system,we showed that the unitary matrix model of this type provide theory space to thiscritical phenomena. In the space of mass parameters, We showed explicitly that AD singularities form hypersurfaces in general. We derived explicitly that AD singularities form hypersurfaces in the space of mass parameters. tensor model: we established operator VS Feynman diagram correspondence, introduced a tensorial character constructed a generalized cut operation associated with higher order variations.

研究分野：場の量子論

キーワード：unitary matrix model discrete Painleve system critical hypersurfaces tensorial characters

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

超弦理論が過去 20 年にもたらした大きな implication の一つとして、従来考えられてきたよりもずっと大きな class の超対称ゲージ理論が、低エネルギー理論として誘導される事が挙げられる。このテーマは、1994 年に Seiberg-Witten により始められた instanton 和で与えられる有効 prepotential の代数曲線による厳密決定、その代数的可積分系による定式化と並行し、実り豊かな発展を遂げてきた。このような低エネルギー理論の中には安直な Lagrangian による記述を許さない共系場模型も多く含まれ、energy frontier であると同時に Planck scale よりはずっと小さい高エネルギーを探索する今後の素粒子理論の一つの方向性を与えてきている。また、これら非常に大きなクラスの有効理論が行列模型により記述されることが、3 期にわたる息の長い発展により明らかになってきている。本研究では、この発展の最前線、最近の [糸山・大田・矢野] による Painleve 構造に基づき新たな universality を探求する挑戦的な研究を遂行する。

一方重力に対しては、超弦理論当初の思惑とは異なり、その微視的起源の探索には、他の 3 つの力とは異なる取り扱いの重要性が、ADS/CFT 対応の到来とともに明らかになってきた。ランダム幾何学の離散化として古くから研究されて来たテンソルの模型を念頭に置きつつ、長方形行列模型の拡張としてのテンソル模型が、ここ 1 年半あまり申請者達により精力的に進められてきた。本研究のもう一つの柱として、表現論・組み合わせ論と統計力学的を融合させた独創的な立場からランダム幾何学の新たな構成に挑戦し、素粒子物理学の世代の問題とも絡めて行きたい。

ここで言う可積分性とは、1884 年、 $N=2$ 超対称ゲージ理論低エネルギー有効 potential を体現する系 (SW 系と呼ばれる) において最初に現れたものである。多粒子可積分系のスペクトル曲線との周期積分で与えられる代数的可積分系が SW 系と一致しているという主張であり、その起源はゲージ理論の EM duality と力学系の symplectic structure の同一視に帰着できる。その後の 2 期にわたる発展、つまり 2002 年に始まる $N=1$ gluino condensate effective prepotential に関する発展、2009 年の AGT 対応による $N=2$ instanton 和に関する発展により、上の意味での可積分性は、行列模型の性質 ($Z=$ 、 $F=$ 等) [例えば糸山 JPS] として受け継がれてきている。本研究では、この出現している可積分性をどう活用し、新たに明らかになってきた Painleve 構造による gluino 凝縮等の物理量の予言を基本的な問いかけとする。最終的には超対称性の破れの後に、上記の可積分性が生き残るかどうかには挑戦してみたい。具体化については、(3) で述べる。

テンソル模型は量子重力の模型として古くから研究されてきたが、近年低次元 ADS/CFT 対応との関連で再び注目を浴びている。ここでの本研究の基本的問いかけは、0 次元長方形行列模型の拡張であり極めて高い対称性を持つ一連の模型 (申請者達は rainbow tensor 模型と呼んでいる) に於いて、上記と同様の可積分性が発生しているかであり、行列模型で有用な指標、レゾルベント等さらに進んで Virasoro, w 無限大拘束式等 [糸山松尾 1, 2] がここでどう一般化され得るのか、プラナー極限等の極限操作がどう一般化され得るかである。これらの集大成として、テンソル模型がどういう重力を表しているかが明らかになる

2. 研究の目的

行列模型とその発展形であるテンソル模型から始め、以下の具体的テーマに於いて、可積分性の出現の有無を判定し、非摂動効果の解析的表式、物理量の予言へと導くことを目的とする。1) irregular conformal block を実現する行列模型から得られる discrete Painleve system とその double scaling limit による超対称ゲージ理論低エネルギー有効作用の IR 固定点及びその近傍での振舞の研究。繰り込み群的解釈の妥当性の判定。2) 1) を変形して得られる $N=1$ gluino

condensate prepotential における multicritical point の決定。超対称性が自発的に破れる場合への拡張可能性。3) rainbow テンソル模型における演算子数え上げ問題と ring 構造。W 無限大代数の作用とその役割。

3. 研究の方法

理論研究である。数式処理ソフト等を用いる。出張、研究会講演を通じて国内国外の研究者と活発に交流する。

4. 研究成果

行列模型：AD 近傍での臨界現象に関して、当該超対称ゲージ理論に対応する N 有限の行列模型が discrete Painleve system で与えられることを踏まえ、この unitary 行列が一連の臨界現象への理論空間を提示していることをしめした。質量パラメータの空間で、特異性は超曲面をなしていることをあらわに示した。感受率への $\exp(-c/\kappa)$ 型の非摂動部分を、PII 方程式から及び行列模型 1 固有値仕事関数からの両方で導出した。

テンソル模型：operator VS Feynman diagram 対応を確立し、テンソル的な指標を導入し、高次の変分に基づく一連の一般化された CUT 演算を構成した。

詳細：2019年度

2019年度の本科研究費研究では、ほぼ当初予定したとおりの研究成果が挙げられ、かつ前年度から懸案であった問題提起を論文という形でまとめることができた。

前年度3月から吉岡と考察していた w 無限大拘束式を用いた3色塗テンソル模型 C-J ring の構造解明を進歩させることができた。level 5 までの C-J ring 構造を

enumerate した。level 6 の enumeration も実行可能であり進行中である。Mironov, Morozov と協力してテンソル模型の GAUSSIAN AVERAGE の構造から、この理論に

於いて指標とみなせる量を同定することができた。またこの GAUSSIAN AVERAGE の完全な解を与える事が出来た。11月の6人の論文では $\text{rank}(r-1)$ と $\text{rank}(r)$ における FEYNMAN DIAGRAM と OPERATOR の対応、特に $r=3$ の場合には Dessin も含む3角対応がなりつ

ていることを指摘した。現在この本論文に取り掛かっている。行列模型

では前年度から引き続き AD POINT を UNITARY 行列の DOUBLE SCALING LIMIT で PROBE した。

MULTICRITICAL POINT に関し進歩があり ARXIV に発表した。現在 AD POINT と PREPOTENTIAL の a_i (Coulomb moduli) と T_n (時間変数) に関する混合微分が作る行列

の rank の退化との関係を調べている。また perturbed planar string equation から演算子次元の導出を試みている。行列及びテンソル模型の繰り込み群的な解釈を

現在探索中である。COVID-19 の影響で、MOSCOW に行き共同研究をしたり、市大に招聘したりすることが、2月3月にできなかったが、引き続き研究協力を遂行している。

2020年度：

tensor 模型に於ける Dessin-operator-Feynman diagram correspondence を確立した。

GWW + LOG 型 unitary matrix model の多項式変形によりできる theory space を考察し、その多重臨界点を同定することで、Argyres-Douglas 型の CFT の operator

dimensions を決定した。

2021年度：

テンソル模型および行列模型で著しい進展があった。D3の矢野と協力して unitary 行列模型によってもたらされるゲージ理論の AD 臨界点及びその周りの理論空間の振る舞いを調べた。直交行列の方法を用いて、臨界点近傍での scaling operator を構成した。これらは矢野の学位論文につながった。テンソル模型に於いて

は the operator/Feynman diagram/dessins d'enfants に関する review を含む論文を PUBLISH し、dessin d'enfants

を用いて rank3 tensor model の operator の分類を level 5 まで進めた

2022年度：

3log potential を持つ ADE quiver 多行列模型は 0d-4d relation により 4次元 $N=2$ 共計超対称ゲージ理論分配関数を与える。su(n) の場合には flavour 数は $N_f = 2n$

となる。flavour mass

を無限大に飛ばしてえられる irregular 2d conformal block の臨界点の実は mass parameters の空間で超曲面を張る事を示し、SW CURVE で再確認する事によりこ

れが Argyres-Douglas point である事をしめした。

2023年度：

本年度は $N=2$ AD 臨界点を体現する GWW 型の UNITARY 行列模型の臨界現象について著しい進展があった。double scaling limit を利用して susceptibility

function に対する $\exp(-\text{number}/\kappa)$ の形の非摂動効果を明示し、また元の行列模型の分配関数からあらわに計算する方法及び具体計算に成功した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 H. Itoyama, T. Oota and R. Yoshioka	4. 巻 84
2. 論文標題 Construction of irregular conformal/W block and flavor mass relations of $N=2$ SUSY gauge theory from the A_n-1 quiver matrix model	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 physics-letters-b	6. 最初と最後の頁 137938
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2023.137938	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chuan-Tsung Chan, H. Itoyama, R. Yoshioka	4. 巻 2024-4
2. 論文標題 Large order behavior near the AD point: the case of $N=2, su(2), N_f=2$	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 041B01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptae034	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hiroshi Itoyama(Osaka Metropolitan U. and OCAMI, Osaka), Takeshi Oota(Osaka Metropolitan U. and OCAMI, Osaka), Reiji Yoshioka(Osaka Metropolitan U. and OCAMI, Osaka	4. 巻 38
2. 論文標題 A-D hypersurface of $su(n)$ $N=2$ supersymmetric gauge theory with $N_f=2n-2$ flavors	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Int.J.Mod.Phys.A 38 (2023) 02, 2350017, e-Print: 2212.06590 [hep-th]	6. 最初と最後の頁 2350017
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217751X23500173	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 糸山 浩司	4. 巻 No.712
2. 論文標題 電磁気学から非アーベルゲージ場の理論へー素粒子の標準理論へ至る道	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 数理科学	6. 最初と最後の頁 P49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H. Itoyama and Katsuya Yano	4. 巻 36
2. 論文標題 Theory space of one unitary matrix model and its critical behavior associated with Argyres Douglas theory	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Modern Physics A	6. 最初と最後の頁 2150227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217751X21502274	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H. Itoyama, A. Mironov, A. Morozov and R. Yoshioka	4. 巻 37
2. 論文標題 Review on the operator/Feynman diagram/dessins d' enfants	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Modern Physics A	6. 最初と最後の頁 2130019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217751X21300192	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tomohiro Furukawa, Keiichi Ishibashi, H. Itoyama, and Satoshi Kambayashi	4. 巻 103
2. 論文標題 Static force potential of a non-Abelian gauge theory in a finite box in Coulomb gauge	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys. Rev. D	6. 最初と最後の頁 56003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.103.056003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 N. Amburg, H. Itoyama, Andrei Mironov, Alexei Morozov, D. Vasiliev & R. Yoshioka	4. 巻 80
2. 論文標題 Correspondence between Feynman diagrams and operators in quantum field theory that emerges from tensor model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C volume	6. 最初と最後の頁 471
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-020-8013-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Itoyama , T. Oota and Katsuya Yano	4. 巻 35
2. 論文標題 Multicritical points of unitary matrix model with logarithmic potential identified with Argyres Douglas points	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Int. J. Mod. Phys. A	6. 最初と最後の頁 2050146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217751X20501468	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Itoyama, A. Mironov , A. Morozov	4. 巻 B802
2. 論文標題 Complete solution to Gaussian tensor model and its integrable properties	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys.Lett.	6. 最初と最後の頁 135237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2020.135237	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Itoyama, A. Mironov , A. Morozov	4. 巻 1912
2. 論文標題 Tensorial generalization of characters	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JHEP	6. 最初と最後の頁 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP12(2019)127	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Itoyama, Sota Nakajima	4. 巻 2019 no.12
2. 論文標題 Exponentially suppressed cosmological constant with enhanced gauge symmetry in heterotic interpolating models	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PTEP	6. 最初と最後の頁 123B01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptz123	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Itoyama, Takeshi Oota, Katusya Yano	4. 巻 1194 no.1
2. 論文標題 Discrete Painleve system associated with Unitary matrix model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J.Phys.Conf.Ser.	6. 最初と最後の頁 12050
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1194/1/012050	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Itoyama, Reiji Yoshioka	4. 巻 B945
2. 論文標題 Generalized cut operation associated with higher order variation in tensor models	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nucl.Phys.	6. 最初と最後の頁 114681
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nuclphysb.2019.114681	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Itoyama, Takeshi Oota, Katusya Yano	4. 巻 A52 no.41
2. 論文標題 Discrete Painleve system for the partition function of Nf=2 SU(2) supersymmetric gauge theory and its double scaling limit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J.Phys.	6. 最初と最後の頁 415401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1751-8121/ab3f4f	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計23件(うち招待講演 11件/うち国際学会 8件)

1. 発表者名 糸山 浩
2. 発表標題 Large order behavior near the A.D. point of probed by PII
3. 学会等名 日本物理学会2023年秋季大会東北大学
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroshi Itoyama
2. 発表標題 D-term dynamical supersymmetry breaking revisited
3. 学会等名 East Asia Joint Workshop on Fields and Strings (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroshi Itoyama
2. 発表標題 Critical Phenomena around AD Singularities by Matrices
3. 学会等名 international workshop "QFT and Related Mathematical Aspects 2024" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Hiroshi Itoyama
2. 発表標題 PKU Lectures on Matrix Model
3. 学会等名 invited lectures at Peking Univ, China online (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroshi Itoyama
2. 発表標題 Primers of Quantum Field Theory
3. 学会等名 Primers of Quantum Field Theory, invited lectures at Shizuoka Univ (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroshi Itoyama
2. 発表標題 Irregular conformal/W block and flavor mass relations from A_{n-1} quiver matrix model
3. 学会等名 East Asia Joint Workshop on Fields and Strings 2022, KIAS, Seoul (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroshi Itoyama
2. 発表標題 Successes in matrix models in quantum field theory
3. 学会等名 OCAMI Joint Usage/Research Space-time topology and geometry with a focus on vorticity and magnetic fields, JR Hakata City 9F (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroshi Itoyama
2. 発表標題 Critical hypersurface of $N=2$ $SU(n)$ gauge theory with flavors from A_{n-1} multi-matrix model
3. 学会等名 2022 NTU-Kyoto high energy physics workshop, National Taiwan Univ., Taipei (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroshi Itoyama
2. 発表標題 Critical hypersurface of $N=2$ $SU(n)$ gauge theory with flavors from A_{n-1} multi-matrix model
3. 学会等名 workshop "QFT and Related Mathematical Aspects", Shuzenji Sogo Kaikan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 糸山浩司、大田武志、吉岡礼治
2. 発表標題 Irregular conformal/W block and flavor mass relations from A_{n-1} quiver matrix model
3. 学会等名 日本物理学会ONLINE、March 22, 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 矢野勝也
2. 発表標題 ユニタリー行列模型の臨界点に関して
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中島爽太
2. 発表標題 Suppressed cosmological constant with enhanced gauge symmetry in heterotic interpolating models
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 糸山浩司
2. 発表標題 Stability, enhanced gauge symmetry and suppressed cosmological constant in 9D heterotic interpolating models
3. 学会等名 素粒子現象論研究会、大阪市立大学学術情報センター（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古川友寛
2. 発表標題 Static force potential of a non-Abelian gauge theory in a finite box in Coulomb gauge
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古賀勇一
2. 発表標題 heterotic interpolating modelの有効作用による対称性の拡大
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Itoyama
2. 発表標題 Exponentially Suppressed Cosmological Constant with Enhanced Gauge Symmetry in Heterotic Interpolating Models
3. 学会等名 East Asia Joint Symposium on Fields and Strings 2019, NCTS, Chinghua U (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 H. Itoyama
2. 発表標題 Progress in Rainbow(Aristotelian) Tensor Model
3. 学会等名 the workshop on duality, integrability and matrix model, Institute of Information and Transmission Problem(IITP), Moscow (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 糸山浩司, 中島爽太
2. 発表標題 Stability analysis and enhanced gauge symmetry in heterotic interpolating models
3. 学会等名 日本物理学会、名古屋学キャンパス, 2020年3月18日 cancelled
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 糸山浩司, 中島爽太
2. 発表標題 Suppressed cosmological constant with enhanced gauge symmetry in heterotic interpolating models
3. 学会等名 日本物理学会、名古屋学キャンパス, 2020年3月18日 cancelled
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 糸山浩司、吉岡礼治 et al、
2. 発表標題 Correspondence between Feynman diagrams and operators in quantum field theory that emerges from tensor model
3. 学会等名 日本物理学会、名古屋大学キャンパス, 2020年3月16日 cancelled
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 糸山浩司、吉岡礼治 et al
2. 発表標題 Operators, Feynman Diagrams and Dessin
3. 学会等名 日本物理学会、山形大学キャンパス, 2019年9月19日
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 糸山浩司, 中島爽太
2. 発表標題 Exponentially suppressed cosmological constant with enhanced gauge symmetry in heterotic interpolating models
3. 学会等名 日本物理学会、山形大学キャンパス, 2019年9月19日
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 糸山浩司, 大田武志, 矢野勝也
2. 発表標題 ユニタリー行列模型の臨界点に関して
3. 学会等名 日本物理学会、山形大学キャンパス, 2019年9月18日
4. 発表年 2019年～2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------