

令和 3 年 5 月 18 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01141

研究課題名(和文)可積分系の新潮流，非平衡，双対性，量子幾何

研究課題名(英文)New trends in integrable systems, non-equilibrium, duality and quantum geometry

研究代表者

国場 敦夫(Kuniba, Atsuo)

東京大学・大学院総合文化研究科・教授

研究者番号：70211886

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,800,000円

研究成果の概要(和文)：主に可積分性を共通の鍵として数理物理学の重要な諸課題に挑戦し多くの成果を得た。国場は Onsager代数に付随するK行列や量子スピン鎖の系統的構成，ランダム箱玉系の一般流体力学的記述等を得た。松尾は量子トロイダル代数の双対性の解明，Web of W代数の極小モデルやcorner VOAのq変形の構成，toroidal代数の一般化の行列模型への応用等を得た。鈴木はXXスピン模型の任意の温度、距離、外磁場での動的2点相関を求め，一部XXZ模型への拡張，動的構造因子の高精度評価を得た。笹本は2成分系非対称排他過程の揺らぎ，対称排他過程の粒子の位置揺らぎに関する大偏差等について厳密な結果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

可積分系は数学的に厳密な解析が実行可能な系であり，その研究は豊かな歴史と蓄積がある。現代においても数学と理論物理学の最先端の知見が結集する分野として数理科学の中で傑出した位置を占め，その成果は数学と物理の双方に波及しながら発展している。

本研究は特に近年可積分性が威力を発揮している分野の専門家4名によるものであり，一般化流体力学，ゲージ理論，超弦理論の代数的基礎，量子スピン系の動的相関関数，排他確率過程の諸種の揺らぎ等について極めて技術的に高く精密な結果が数多く得られた。関連する話題は広く，特に2年目に開催した国際ワークショップには多くの研究者が来訪し，有意義な研究交流の機会となった。

研究成果の概要(英文)：By means of the common key structure of integrability, many outstanding problems in mathematical physics are studied, which has led to fruitful results. Kuniba has constructed K matrices and quantum spin chains associated with Onsager algebra systematically and described the randomized box-ball system in terms of generalized hydrodynamics. Matsuo clarified the duality in quantum toroidal algebra, constructed a minimal model in Web of W algebras and q-deformed corner VOA and obtained applications to matrix models. Suzuki obtained dynamical 2 point correlation function for general XX spin model and accurate evaluation of the dynamical structure factors partly also in the XXZ spin model. Sasamoto obtained exact results including fluctuations of positions of particles in a 2 species asymmetric exclusion process and the large deviation principle in a symmetric exclusion process

研究分野：可積分系

キーワード：量子群 共形場理論 双対性 排他過程 可積分確率 動的相関関数 一般化流体力学

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

#### 背景

オンサガー代数とその一般化は 1940 年代のオンサガーによる 2 次元イジング模型の厳密解以来、可積分系の理論に随所に登場し、1980 年代の量子群の発見以降は境界のある可積分系の反射方程式に決定的な役割を果たすことが認識されていた。またこれとは別に Kuniba-Pasquier により 3 次元反射方程式を用いた行列積解が知られていた。一般化流体力学については種々の可積分系に適用されてその有効性が検証されつつあった。

ゲージ理論や超紐理論では双対性と呼ばれる強結合系と弱結合系を結びつける対称性が本質的に重要であるが、多くの場合それらは予想という形で提案されており厳密な基礎づけは難しかった。ここ数年、超紐理論のゲージ対称性である Virasoro 代数が拡張され双対性をあからさまな形で含む量子トロイダル代数が提案されその数学的な基礎づけと物理学への応用の研究が盛んに行われるようになっていた。

一次元量子スピン系の動的量子相関については量子系孤立系の熱化の問題、拡張されたギブス集団の特徴づけや低次元系での特異な輸送現象の解析のため、中心課題となっていた。

非平衡統計力学模型の解析研究においては、2010 年に Kardar-Parisi-Zhang (KPZ) 方程式に対する厳密解が得られたのち、非対称排他過程を含む多くの離散確率過程モデルに対する解析が進み、マクドナルド多項式との関係が発見され種々の一般化が試みられるなど、多くの進展が見られていたが、全ての結果は 1 成分系に対するものであるとの制限があり、関連する諸問題への適用が模索されつつあった。

### 2. 研究の目的

3 次元反射方程式を用いた行列積解のオンサガー代数対称性を明らかにする。また、一般化流体力学を箱玉系と呼ばれる 1 次元可積分セルオートマトンに適用し、その非平衡動力学の性質をあきらかにする。

ゲージ理論や超紐理論では、量子トロイダル代数の固有の性質である双対性と triality 対称性についてその基礎的な性質を調べる。特に、triality 対称性をあからさまに含む corner vertex operator algebra とそれを組み合わせることにより得られる Web of  $W$  代数にフォーカスを当てて研究を行う。また、代数の拡張を行って行列模型への応用を調べる。

一次元量子スピン系に対しては、形状因子展開により、任意の温度、スピン距離、外磁場における動的 2 点相関関数に対して重要な寄与をあたえる素励起を同定し、展開の収束を厳密に証明すること、その結果を用いて、スピンドルーデ重率、スピン拡散係数など低次元の輸送現象を特徴付ける物理量を定量的に評価する。

非平衡統計力学模型においては、多成分系への拡張や、KPZ 系の中でも特に一般性の高いモデルとして知られる高スピン確率的 6 頂点模型に対する定常状態、AHR モデルと呼ばれる 2 成分非対称排他過程、対称排他過程に対するカレント揺らぎを決定すること等を目指す。

### 3. 研究の方法

オンサガー代数を量子群に埋め込み、その表現と反射方程式の行列積解との可換性を確認する。また、ランダム箱玉系については作用角変数に基づいた熱的ベータ仮説により、一般化流体力学の基礎方程式の厳密解を構成し、大規模数値計算と比較する。

ゲージ理論や超紐理論では、ある程度数学的な厳密性を保持しながら双対性が単一のヒルベルト空間でどのように実現されるのか、これまで表現が調べられていなかった Web of  $W$  代数について、極小模型や代数の  $q$  変形など、主に表現論的な手法で研究を行う。

一次元量子スピン系では量子転送行列法と量子逆散乱法を結びつけることにより、形状因子をフレッドホルム行列により表現し、素励起のパラメータを決定するため数値的対角化を行う。その結果を用いて形状因子展開の各項を定量的に求める。またこれに対する解析的な結果は知られていなかったので t-DMRG などの純粋に数値的な手法による結果と比較する。

非平衡統計力学模型においては、KPZ 系に対する研究で培ってきた Bethe 仮説法を中心とする量子可積分系の方法と、ランダム行列理論の計算手法を拡張、適用する。

#### 4. 研究成果

Kuniba-Pasquier による反射方程式の行列積解は一般化オンサガー代数のある表現の Intertwiner として特徴づけられること、Temperley-Lieb 代数は A 型のオンサガー代数と同型であることを証明し、オンサガー代数対称性を持つ 1 次元量子スピン系を系統的に構成した。A 型の場合、オンサガー代数の表現論を用いてランクとスピンの共に一般の新しい行列積解、結晶基底の理論による Kirillov-Reshetikhin 加群に付随する集合論的解を構成した。ランダム箱玉系についてはドメイン壁始状態から生じるソリトン気体の密度プラトーを発見した。一般化流体力学によりリーマン問題を解き、大規模数値計算の結果と比較し、プラトーの拡散的平滑化係数を含めて極めて高精度で定量的に一致することを検証した。また、これらの結果を高階ランクに拡張し、ソリトンの散乱が対角になる著しい性質も持った完全箱玉系を定式化した。その一般化流体力学を詳細に調べた論文は国際学術誌 SciPost のほぼ最初の Editor's Selection に選出された。さらに、常微分方程式のくりこみ群的摂動論において永年係数の関数方程式を発見し、永年項が摂動の全次数で完全に消去されることを証明し、くりこみ群方程式とその導出を著しく簡明化した。この結果は国際学術誌 Progress of Theoretical and Experimental Physics の Editor's Choice に選出され、JPS Hot Topics に紹介された。日本物理学会誌にも注目論文として紹介される予定である。

ゲージ理論や超紐理論では、双対性の実現については自由フェルミオン理論を用いてその具体形と問題点を明らかにした。Web of W 代数の極小模型については affine Yangian 対称性の double reduction で系統的に得られることを示した。また、corner VOA の q-変形を具体的に構成し、toroidal 代数との対応関係を明らかにした。toroidal 代数を一般化した対称性を提案し、行列模型に応用してコセット空間上の場の理論を実現できることを具体的に示した。

一次元量子スピン系では、フレッドホルム行列式を利用して、XX 模型に関して任意の温度、スピン距離、外磁場における動的 2 点相関関数を評価した。漸近的な領域では非線形最急降下法による解析と一致する結果がえられ、後者では決定できなかった因子を厳密に導いた。また有限系の Pfaffian の数値評価とも一致した。更にゼロ温度において、この結果を XXZ 模型に拡張し、無限個の励起に対する形状因子を解析的に求め、動的構造因子の高精度評価に成功した。

非平衡統計力学模型においては、2 成分系の非対称排他過程の揺らぎを厳密に解析できた。また、対称排他過程の粒子の位置揺らぎに関する大偏差を厳密に計算した。従来 KPZ 系に対する研究においては、非対称性を持つ系の研究がほとんどであったが、非対称性の無いモデルに対する新たな結果を示すことに有効であることを示す成果である。他にも、XX 模型に対するカレント揺らぎや、散逸のある場合のダイナミクスなど、関連する問題に関しても成果を得た。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 26件 / うち国際共著 16件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Koichi Harada, Pei-Ming Ho, Yutaka Matsuo, Akimi Watanabe	4. 巻 10
2. 論文標題 Dimensional oxidization on coset space	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JHEP	6. 最初と最後の頁 198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP10(2020)198	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 該当する
1. 著者名 Atsuo Kuniba, Gregoire Misguich, Vincent Pasquier	4. 巻 53
2. 論文標題 Generalized hydrodynamics in box-ball system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. A: Math. Theor	6. 最初と最後の頁 404001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1751-8121/abadb9	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 該当する
1. 著者名 Atsuo Kuniba	4. 巻 2021
2. 論文標題 A remark on renormalization group theoretical perturbation in a class of ordinary differential equations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Prog. Theor. Exp. Phys.	6. 最初と最後の頁 013A02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa178	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 C. Babenko, F. Goehmann, K. K. Kozłowski, J. Suzuki	4. 巻 62
2. 論文標題 A thermal form factor series for the longitudinal two-point function of the Heisenberg-Ising chain in the antiferromagnetic massive regime	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 041901 (50pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0039863	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 該当する

1. 著者名 Takashi Imamura, Kirone Mallick, Tomohiro Sasamoto	4. 巻 出版予定のため未定
2. 論文標題 Distribution of a tagged particle position in the one-dimensional symmetric simple exclusion process with two-sided Bernoulli initial condition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Commun. Math. Phys.	6. 最初と最後の頁 -
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 該当する

1. 著者名 Takashi Imamura, Matteo Mucciconi, Tomohiro Sasamoto	4. 巻 出版予定のため未定
2. 論文標題 Determinantal structures in the q-Whittaker measure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Adv. Pure Appl. Math.	6. 最初と最後の頁 -
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 該当する

1. 著者名 A. Kuniba, V. Pasquier	4. 巻 949
2. 論文標題 Quantum spin chains from Onsager algebras and reflection K-matrices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Physics B	6. 最初と最後の頁 114792(34pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nuclphysb.2019.114792	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 F. Goehmann, K. Kozłowski, J. Sirker, J. Suzuki,	4. 巻 100
2. 論文標題 Equilibrium dynamics of the XX chain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 155428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.155428	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 該当する

1. 著者名 Frank Goehmann, Karol K. Kozlowski, Junji Suzuki	4. 巻 61
2. 論文標題 High-temperature analysis of the transverse dynamical two-point correlation function of the XX quantum-spin chain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Math. Phys.	6. 最初と最後の頁 013301(29pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5111039	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 F. Goehmann, K. K. Kozlowski, J. Suzuki,	4. 巻 -
2. 論文標題 Long-time large-distance asymptotics of the transverse correlation functions of the XX chain in the space-like regime	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Letters in mathematical physics	6. 最初と最後の頁 (15pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11005-020-01276-y	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 該当する

1. 著者名 H. Moriya, R. Nagao, T. Sasamoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Exact large deviation function of spin current for the one dimensional XX spin chain with domain wall initial condition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Stat. Mech.	6. 最初と最後の頁 063105(37pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-5468/ab1dd6	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 Shinya Sasa, Akimi Watanabe, Yutaka Matsuo	4. 巻 2020
2. 論文標題 A note on S-dual basis in free fermion system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Prog Theor Exp Phys	6. 最初と最後の頁 023B02(27pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptz158	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 Atsuo Kuniba and Masato Okado	4. 巻 4
2. 論文標題 Set-theoretical solutions to the reflection equation associated to the quantum affine algebra of type $A^{(1)}_{n-1}$	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Integrable Systems	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/integr/xyz013	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 Atsuo Kuniba, Masato Okado, Akihito Yoneyama	4. 巻 52
2. 論文標題 Reflection K matrices associated with an Onsager coideal of $Up(A(1)n-1)$ , $Up(B(1)n)$ , $Up(D(1)n)$ and $Up(D(2)n+1)$	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics A	6. 最初と最後の頁 375202(27pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1751-8121/ab3715	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 Atsuo Kuniba, Masato Okado, Akihito Yoneyama	4. 巻 52
2. 論文標題 Reflection K matrices associated with an Onsager coideal of $Up(A(1)n-1)$ , $Up(B(1)n)$ , $Up(D(1)n)$ and $Up(D(2)n+1)$	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics A	6. 最初と最後の頁 375202(27pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1751-8121/ab3715	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 F. Goehmann, K. K. Kozlowski, J. Sirker, J. Suzuki,	4. 巻 100
2. 論文標題 Equilibrium dynamics of the XX chain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 155428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.155428	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 該当する

1. 著者名 F. Goehmann, K. K. Kozlowski, J. Suzuki,	4. 巻 61
2. 論文標題 High-temperature analysis of the transverse dynamical two-point correlation function of the XX quantum-spin chain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 013301 (29pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5111039	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 F. Goehmann, K. K. Kozlowski, J. Suzuki,	4. 巻 -
2. 論文標題 Long-time large-distance asymptotics of the transverse correlation functions of the XX chain in the space-like regime	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Letters in mathematical physics	6. 最初と最後の頁 (15pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11005-020-01276-y	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 該当する

1. 著者名 F. Goehmann, S. Goomanee, K.K. Kozlowski, J. Suzuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Thermodynamics of the spin-1/2 Heisenberg-Ising chain at high temperatures: a rigorous approach	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 (51pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00220-020-03749-6	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 該当する

1. 著者名 Shinya Sasa, Akimi Watanabe and Yutaka Matsuo	4. 巻 2
2. 論文標題 A note on S-dual basis in free fermion system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PTEP 2020	6. 最初と最後の頁 023B02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptz158	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 Takahisa Fukadai, Tomohiro Sasamoto	4. 巻 87
2. 論文標題 Transient Dynamics of Double Quantum Dots Coupled to Two Reservoirs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 054006 ~ 054006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.054006	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 Zeying Chen, Jan de Gier, Iori Hiki, Tomohiro Sasamoto	4. 巻 120
2. 論文標題 Exact Confirmation of 1D Nonlinear Fluctuating Hydrodynamics for a Two-Species Exclusion Process	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 240601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.120.240601	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 該当する

1. 著者名 Takashi Imamura, Tomohiro Sasamoto	4. 巻 174
2. 論文標題 Fluctuations for stationary q-TASEP	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Probability Theory and Related Fields	6. 最初と最後の頁 647 ~ 730
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00440-018-0868-3	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 Takashi Imamura, Matteo Mucciconi, Tomohiro Sasamoto,	4. 巻 177
2. 論文標題 Stationary Higher Spin Six Vertex Model and q-Whittaker measure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Probability Theory and Related Fields	6. 最初と最後の頁 923 ~ 1042
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00440-020-00966-x	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 C. Babenko, F. Goehmann, K. K. Kozlowski, J. Sirker, J. Suzuki	4. 巻 出版予定のため未定
2. 論文標題 Exact real-time longitudinal correlation functions of the massive XXZ chain	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 -
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 該当する

1. 著者名 A. Kuniba, G. Misguich and V. Pasquier	4. 巻 出版予定のため未定
2. 論文標題 Generalized hydrodynamics in complete box-ball system for $U_q(\mathfrak{sl}_n)$	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SciPost	6. 最初と最後の頁 -
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

[学会発表] 計42件 (うち招待講演 36件 / うち国際学会 24件)

1. 発表者名 松尾 泰
2. 発表標題 q-Deformation of Corner Vertex Operator Algebras by Miura Transformation
3. 学会等名 Randomness, Integrability and Representation Theory in Quantum Field Theory 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松尾 泰
2. 発表標題 Nambu-bracket and M-theory
3. 学会等名 Space-time topology behind formation of micro-macro magneto-vortical structure manifested by Nambu mechanics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 国場 敦夫
2. 発表標題 Generalized hydrodynamics for randomized box-ball system
3. 学会等名 The Asia-Pacific Integrable Online Seminars (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Spin current statistics for the quantum 1D XX spin chain and the Bessel kernel
3. 学会等名 CMI-HIMR Integrable Probability Summer School (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Current moment formulas for 1D exclusion processes
3. 学会等名 New Connections in Integrable Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 J. Suzuki
2. 発表標題 Fredholm determinants and the equilibrium dynamics of quantum spin chains "Correlations in Integrable Quantum Many-Body Systems IV"
3. 学会等名 Correlations in Integrable Quantum Many-Body Systems IV (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Kuniba
2. 発表標題 Generalized hydrodynamics in box-ball systems
3. 学会等名 Baxter 2020: Frontiers in Integrability (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Analytic confirmation of a nonlinear fluctuating hydrodynamics prediction for a two species asymmetric exclusion process
3. 学会等名 Emergent Hydrodynamics In Low Dimensional Quantum Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Exact confirmation of the nonlinear fluctuating hydrodynamics for a two species asymmetric exclusion process
3. 学会等名 STATPHYS27 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Large deviation of spin current for the 1D XX spin chain with domain wall boundary condition
3. 学会等名 Classical and Quantum Integrable Systems 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Spin current for the quantum 1D XX spin chain and the Bessel kernel
3. 学会等名 Interactions between commutative and non-commutative probability (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Spin current for the quantum 1D XX spin chain and the Bessel kernel
3. 学会等名 School and Workshop on Random Matrix Theory and Point Processes (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Large deviation of spin current for the 1D XX spin chain with domain wall boundary condition
3. 学会等名 Workshop on Recent Progress in Mathematical and Statistical Physics (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Exact current fluctuations for 1D non-equilibrium many-body systems
3. 学会等名 TokyoTech and IIT Guwahati Joint Workshop: Condensed Matter and High-Energy Physics (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 On the random matrix type multiple contour integrals for particle systems
3. 学会等名 Spectra of Random Operators and Related Topics (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笹本 智弘
2. 発表標題 Fluctuations for a two species asymmetric exclusion process
3. 学会等名 18th Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笹本 智弘
2. 発表標題 Large deviations for 1D exclusion process
3. 学会等名 Stochastic Analysis on Particle Systems (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutaka Matsuo
2. 発表標題 Real topological vertex, boundary state, and quantum toroidal algebra
3. 学会等名 Rikkyo Math-Phys 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 A. Kuniba
2. 発表標題 Randomized box-ball systems, limit shape of soliton distributions and thermodynamic Bethe ansatz
3. 学会等名 Workshop on Recent Progress in Mathematical and Statistical Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Kuniba
2. 発表標題 Generalized hydrodynamics in box-ball systems
3. 学会等名 Baxter 2020: Frontiers in Integrability (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 J. Suzuki
2. 発表標題 Fredholm determinants and the equilibrium dynamics of quantum spin chains
3. 学会等名 Correlations in Integrable Quantum Many-Body Systems IV (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Analytic confirmation of a nonlinear fluctuating hydrodynamics prediction for a two species asymmetric exclusion process
3. 学会等名 Emergent Hydrodynamics In Low Dimensional Quantum Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Exact confirmation of the nonlinear fluctuating hydrodynamics for a two species asymmetric exclusion process
3. 学会等名 STATPHYS27 ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Large deviation of spin current for the 1D XX spin chain with domain wall boundary condition
3. 学会等名 Classical and Quantum Integrable Systems 2019 ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Spin current for the quantum 1D XX spin chain and the Bessel kernel
3. 学会等名 Interactions between commutative and non-commutative probability ( 招待講演 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Spin current for the quantum 1D XX spin chain and the Bessel kernel
3. 学会等名 School and Workshop on Random Matrix Theory and Point Processes ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Large deviation of spin current for the 1D XX spin chain with domain wall boundary condition
3. 学会等名 Workshop on Recent Progress in Mathematical and Statistical Physics (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Exact current fluctuations for 1D non-equilibrium many-body systems
3. 学会等名 TokyoTech and IIT Guwahati Joint Workshop: Condensed Matter and High-Energy Physics (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 On the random matrix type multiple contour integrals for particle systems
3. 学会等名 Spectra of Random Operators and Related Topics (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笹本 智弘
2. 発表標題 Fluctuations for a two species asymmetric exclusion process
3. 学会等名 18th Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笹本 智弘
2. 発表標題 Large deviations for 1D exclusion process
3. 学会等名 Stochastic Analysis on Particle Systems (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutaka Matsuo
2. 発表標題 Real topological vertex, boundary state, and quantum toroidal algebra
3. 学会等名 Rikkyo Math-Phys 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 KPZ fluctuations for one-dimensional two species exclusion process
3. 学会等名 International Workshop on Classical and Quantum Integrable Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Large deviation of a tagged particle in 1D symmetric exclusion process
3. 学会等名 19th International Congress in Mathematical Physics (ICMP2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Fluctuations of the stochastic higher spin six vertex model
3. 学会等名 Gaussian Free Fields and Related Topics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Discrete KPZ models and Frobenius determinant
3. 学会等名 Symmetries and Integrability of Difference Equations (SIDE13) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 Large deviation of spin current for the 1D XX spin chain
3. 学会等名 Spectra of Random Operators and Related Topics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Sasamoto
2. 発表標題 KPZ fluctuations for a two species asymmetric exclusion process
3. 学会等名 Rikko MathPhys 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笹本智弘
2. 発表標題 1次元非平衡多体系におけるKPZ揺らぎ
3. 学会等名 乱流と遷移：構造、多重スケール、モデル（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笹本智弘
2. 発表標題 1次元揺らぐ流体力学における熱モードのより直接的な解析
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笹本智弘
2. 発表標題 Fluctuations for a two species asymmetric exclusion process
3. 学会等名 18th Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笹本智弘
2. 発表標題 Large deviations for 1D exclusion process
3. 学会等名 Stochastic Analysis on Particle Systems（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Workshop new trends in integrable systems 2019  
<https://indico2.riken.jp/event/3020/>

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
研究分担者	鈴木 淳史 (Suzuki Junji) (40222062)	静岡大学・理学部・教授  (13801)	
研究分担者	松尾 泰 (Matsuo Yutaka) (50202320)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授  (12601)	
研究分担者	笹本 智弘 (Sasamoto Tomohiro) (70332640)	東京工業大学・理学院・教授  (12608)	

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1件

国際研究集会 Workshop new trends in integrable systems 2019	開催年 2019年～2019年
--	--------------------

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
---------	---------

フランス	Saclay理論物理研究所	モデル化理論物理研究所	Lyon大学	
ドイツ	Wuppertal 大学			
カナダ	Manitoba大学			
その他の国・地域	国立台湾大学			
韓国	KIAS			
オーストラリア	メルボルン大学			