

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2014

課題番号：22244007

研究課題名(和文)大規模相互作用系の確率解析とその応用

研究課題名(英文)Stochastic analysis on large scale interacting systems and its applications

研究代表者

舟木 直久(FUNAKI, Tadahisa)

東京大学・大学院数理科学研究科・教授

研究者番号：60112174

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,100,000円

研究成果の概要(和文)：揺動界面の成長を記述する KPZ 方程式の不変測度の解析を行った。この確率偏微分方程式は発散項を含み、数学的扱いには困難を伴う。動的2次元ヤング図形の非平衡揺動問題を論じ、スケール極限の下で確率偏微分方程式を導いた。自己組織的に集成する生物系に対し流体力学極限の手法を適用し巨視的描像へのリンクを与えた。動的ランダム行列理論において現れるAiry点過程、Ginibre点過程について、無限次元確率微分方程式の一意的強解の存在や堅牢性を示した。その他、パーコレーション、非線形拡散方程式、安定型雑音を伴う確率偏微分方程式等の研究を行った。

研究成果の概要(英文)：We studied invariant measures of KPZ equation which describes a growth of interfaces with fluctuations. This stochastic partial differential equation involves a diverging term which makes difficult to give a mathematical meaning to it. We discussed the non-equilibrium fluctuation problem for the dynamics of two-dimensional Young diagrams and derived a stochastic partial differential equation under a scaling limit. The method of the hydrodynamic limit is applied to a system of creatures with an effect of self-organized aggregation and established a link between macroscopic and microscopic descriptions. We proved unique existence of strong solutions of infinite dimensional stochastic differential equations and rigidity for Airy point process and Ginibre point process, which appear in the theory of dynamic random matrices. Furthermore, we studied percolations, nonlinear diffusion equations, stochastic partial differential equations with stable noises and others.

研究分野：確率論

キーワード：確率論 解析学 統計力学 数理物理 関数方程式論 応用数学

1. 研究開始当初の背景

(1) 確率解析は、伊藤清による確率微分方程式の定式化に端を発し、数学的理論として体系化された後に、広範な分野を巻き込んで、現在もさらに大きな発展を遂げている。一方、大規模相互作用系はもともと統計物理学の研究において現れる各種の数理解モデルを指すが、現代確率論では主要な研究課題の一つとなっている。この分野では Fields 賞、Abel 賞の受賞が続き、世界的に注目を集めている。

(2) 本研究は、過去に科学研究費・基盤研究(A)、(B)および萌芽研究により行った研究、特に界面模型、スケール極限、流体力学極限、動的ランダム行列理論、相互作用ブラウン粒子系、ヤング図形の動的理論、確率偏微分方程式等に関する研究を引継ぎ発展させることを目標とした。

2. 研究の目的

(1) 本研究課題が対象とする大規模相互作用系とは、巨視的(マクロ)に観測される様々な現象を微視的(ミクロ)レベルから説明し理解するために導入される数理解モデルの総称で、一般に莫大な量の自由度を有する系である。本研究の主目的は、確率解析に非線形偏微分方程式論の手法を組み合わせることにより、各種の大規模相互作用系について、幅広い観点から研究を行うことにある。

(2) 具体的には、相分離の問題に関連して現れる界面模型、ランダム行列に付随する相互作用系、生物系のモデル、KPZ 方程式を始めとする特異性を持つ確率偏微分方程式、パーコレーション等の数理解モデルを、研究対象として扱う。

3. 研究の方法

(1) 研究代表者、研究分担者、連携研究者および関連する研究者が一堂に会し活発に研究連絡を行う場として、研究集会「大規模相互作用系の確率解析」を各年度に一度ずつ継続的に開催した。平成 22 年度は東京大学(9 月 13 日-17 日、外国人講演者 21 名)で、平成 23 年度は高知大学(12 月 5 日-7 日、外国人講演者 13 名)で、ともに国際研究集会として開催した。また、平成 24 年度は東京大学(7 月 5 日-6 日、外国人講演者 3 名、Abel 賞受賞者の Varadhan 氏を含む)で、平成 25 年度も引き続き東京大学(11 月 21 日-23 日、外国人講演者 6 名)で開催した。

(2) 研究代表者、研究分担者、連携研究者らは、研究打ち合わせ、研究連絡、研究成果発表のため国内出張、海外出張を行った。

4. 研究成果

本研究は、研究代表者と研究分担者らの密な連絡の下に進められたが、研究成果は主導的役割を果たした研究者ごとに述べる。

(1) 研究代表者の舟木は、Otto, Villani らによる解析的手法を応用して、凸ポテンシャルを持つ界面模型の流体力学極限を示した¹⁶。対応するギブス分布の持つ長距離相関が問題を複雑にする。

さらに、一様統計および制限付き一様統計に対応する 2 次元ヤング図形の運動について、以前示した流体力学極限の周りの非平衡揺動問題を論じ、極限の線形確率偏微分方程式を導いた¹²。この結果から、この確率偏微分方程式の不変測度は、平衡系における揺動極限として現れるガウス測度と一致することがわかる。また、空間的に非一様な物理量を保存量として持つ粒子系の平衡状態についてアンサンブル同値を示した⁶。これはランダムな 2 次元ヤング図形のスケール極限の解析において必要になる。

ランダムな揺動の加わった界面成長を記述する Kardar-Parisi-Zhang(KPZ) 方程式の研究が注目を集めている。これは一種の確率偏微分方程式であるが、発散項を含み、数学的意味を与えることは難しい。しかし、その形式解の Cole-Hopf 変換を考えると、乗法的ノイズを持つ線形確率熱方程式に帰着される。このようにして得られる線形確率熱方程式について、幾何的ブラウン運動の分布が不変測度であることを示し、そのことに基づいて KPZ 方程式の不変測度の解析を行った¹。また、多成分がカップルした KPZ 方程式への拡張を行った²。

フェロモンにより自己組織的に集成する生物の挙動を記述する巨視的な交差拡散モデルを提示し、対応する微視的レベルの個体運動モデルを論じた。特異極限と流体力学極限の手法により、巨視的描像と微視的描像のつながりを与えた¹⁷。

さらに、ピンニングの効果を持つガウスのランダム場のスケール極限に関する研究を行った。対応する大偏差原理の速度汎関数の最小点が一意的ならば、スケール変換されたランダム場に対して大数の法則が成立し、一意的な最小点が極限になる。一方、最小点が 2 個以上ある場合には、極限の特定は非自明である。しかし、そのような場合についても、微視的系に対して精緻な解析を行うことにより、スケール極限として現れる最小点を決定することに成功した。

水の中の泡の運動を記述する Rayleigh-Plesset 方程式の確率摂動について調べた³。

(2) 研究分担者の樋口は、2 次元イジング模型のパーコレーションについて、臨界磁場近辺における Russo の公式を証明した。適用できる集合に条件は付くが、腕事象には適用可能であることを確認した。また、高温域での無限クラスターの種と呼ばれるものの分布が存在することを確かめ、その分布に関する平均からの偏差についての情報を得た¹¹、²¹、²²、²³。

(3) 神経パルスの伝播は細胞の3次元構造を考慮すると細胞膜上の擬微分方程式で記述される。研究分担者の俣野は、作用素の擬正值性という概念を導入することにより、細胞が有限の大きさを持つ場合について解の一樣有界性を示した²⁷。また、大域アトラクターの性質についても調べた。

空間1次元非線形拡散方程式に現れる進行テラス解¹³、空間非周期的な媒質中の進行波¹⁰、退化した拡散方程式が生成する無限次元力学系¹⁹、非線形拡散方程式の特異極限により現れる遷移層の形状¹⁸などについて多方面からの研究を行った。

2次元のKPP方程式における波面の広がり速度を最大化する係数を決定する問題について考察した⁸。また、非線形Stefan問題の解の正則性と漸近挙動を論じた⁹。

(4) 研究分担者の長田は、Ginibre点過程のPalm測度について、条件付けた粒子の個数が等しいときにはPalm測度が互いに絶対連続であり、そうでないときは、特異になるという結果を示した。Airy点過程について逆温度が1, 2, 4の場合に、平衡分布の準ギブス性を証明し、さらに、対数微分を計算して、無限次元確率微分方程式の一意的強解の存在を証明した。Ginibre点過程について、Palm分解およびrestore密度公式という、空間の堅牢性を示す結果を得た。またこれらを用いて、対応する無限次元確率力学の堅牢性を証明した^{7, 14, 15, 24}。

(5) 研究分担者の乙部は、確率論の手法を用いた量子力学系の再帰性についての研究を行い、それがエルゴード的となるための条件を求めた²⁸。また、線形および非斉次のガウス型雑音を伴う輸送方程式に対する順問題および係数決定の逆問題について、解の一意存在およびその表現公式を得たほか、収束の速度についての評価も得た⁵。

白色安定雑音を伴う放物型の確率偏微分方程式に対して、その解の存在および一意性と、解の正則性についての研究を行い、特に安定分布に従うバナッハ空間上の独立確率変数の和について、収束条件を得た。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計35件)

¹ T. Funaki and J. Quastel, KPZ equation, its renormalization and invariant measures, *Stoch. Partial Differ. Equ. Anal. Comput.*, 査読有, vol 3, 2015, 159-220.

DOI: 10.1007/s40072-015-0046-x

T. Funaki, Infinitesimal invariance for the coupled KPZ equations, *Lect. Notes Math.*, Memoriam Marc Yor - Seminaire de Probabilites XLVII, 査読有, vol 2137, 2015.

<http://www.springer.com/us/book/9783319>

185842

³ T. Funaki, M. Ohnawa, Y. Suzuki and S. Yokoyama, Existence and uniqueness of solutions to stochastic Rayleigh-Plesset equations, *J. Math. Anal. Appl.*, 査読有, vol 425, 2015, 20-32.

DOI: 10.1016/j.jmaa.2014.12.018

H. Matano, F. Punzo and A. Tesi, Front propagation for nonlinear diffusion equations on the hyperbolic space, *J. Eur. Math. Soc.*, 査読有, vol 17, 2015, 1199-1227.

DOI: 10.4171/JEMS/529

D. Crisan, Y. Otake and S. Peszat, Inverse problems for stochastic transport equations, *Inverse Problems*, 査読有, vol 31, 2015, 015005, 20 pp.

DOI: 10.1088/0266-5611/31/1/015005

T. Funaki, Equivalence of ensembles under inhomogeneous conditioning and its applications to random Young diagrams, *J. Stat. Phys.*, 査読有, vol 154, 2014, 588-609.

DOI: 10.1007/s10955-013-0841-6

H. Osada and H. Tanemura, Cores of Dirichlet forms related to random matrix theory, *Proc. Japan Acad. Ser. A Math. Sci.*, 査読有, vol 90, 2014, 145-150.

DOI: 10.3792/pjaa.90.145

X. Liang and H. Matano, Maximizing the spreading speed of KPP fronts in two-dimensional stratified media, *Proc. London Math. Soc.*, 査読有, vol 109, 2014, 1137-1174.

DOI: 10.1112/plms/pdu031

Y. Du, H. Matano and K. Wang, Regularity and asymptotic behavior of nonlinear Stefan problems, *Arch. Rat. Mec. Anal.*, 査読有, vol 212, 2014, 957-1010.

DOI: 10.1007/s00205-013-0710-0

A. Ducrot, T. Giletti and H. Matano, Existence and convergence to a propagating terrace in one-dimensional reaction-diffusion equations, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 査読有, vol 366, 2014, 5541-5566.

DOI: 10.1090/S0002-9947-2014-06105-9

Y. Higuchi, K. Kinoshita, M. Takei and Y. Zhang, Incipient infinite cluster in 2D Ising percolation, *Markov Proc. Related Fields*, 査読有, vol 20, 2014, 173-182.

<http://mech.math.msu.su/~malyshev/cont13.htm>

T. Funaki, M. Sasada, M. Sauer and B. Xie, Fluctuations in an evolutionary model of two-dimensional Young diagrams, *Stoch. Proc. Appl.*, 査読有, vol 123, 2013, 1229-1275.

DOI: 10.1016/j.spa.2012.12.005

B. Lou, H. Matano and K.-I. Nakamura,

Recurrent traveling waves in a two-dimensional saw-toothed cylinder and their average speed, *J. Differential Equations*, 査読有, vol 255, 2013, 3357-3411.

DOI: 10.1016/j.jde.2013.07.038

H. Osada, Interacting Brownian motions in infinite dimensions with logarithmic interaction potentials, *Ann. Prob.*, 査読有, vol 41, 2013, 1-49.

DOI: 10.1214/11-AOP736

H. Osada, Interacting Brownian motions in infinite dimensions with logarithmic interaction potentials II: Airy random point fields, *Stoch. Processes Appl.*, 査読有, vol 123, 2013, 813-838.

DOI: 10.1016/j.spa.2012.11.002

T. Funaki, Hydrodynamic limit for the interface model via two-scale approach, *Probability in Complex Physical Systems: In Honour of Erwin Bolthausen and Jurgen Gartner*, Springer, 査読有, 2012, 463-490.

DOI: 10.1007/978-3-642-23811-6_19

T. Funaki, H. Izuhara, M. Mimura and C. Urabe, A link between microscopic and macroscopic models of self-organized aggregation", *Networks and Heterogeneous Media*, 査読有, vol 7, 2012, 705-740.

DOI: 10.3934/nhm.2012.7.705

M. Alfaro and H. Matano, On the validity of formal asymptotic expansions in Allen-Cahn equation and FitzHugh-Nagumo system with generic initial data, *Discrete Continuous Dynamical Systems, Series B*, 査読有, vol 17, 2012, 1639-1649.

DOI: 10.3934/dcdsb.2012.17.1639

H. Matano and M.A. Pozio, Dynamical structure of some nonlinear degenerate diffusion equations, *J. Dynamics Differ. Equ.*, 査読有, vol 24, 2012, 124-149.

DOI: 10.1007/s10884-012-9246-5

M. Alfaro, J. Droniou and H. Matano, Convergence rate of the Allen-Cahn equation to generalized motion by mean curvature, *J. Evol. Equ.*, 査読有, vol 12, 2012, 267-294.

DOI: 10.1007/s00028-011-0132-0

²¹Z. Xu, Y. Higuchi and C. Hu, A strong law of large numbers for random biased connected graphs, *Theoret. Math. Phys.*, 査読有, vol 172, 2012, 1177-1186.

DOI: 10.1007/s11232-012-0106-6

²²Z. Xu, Y. Higuchi and C. Hu, Limit behaviors of random connected graphs driven by a Poisson process. *Theoret. Math. Phys.*, 査読有, vol 172, 2012, 901-910.

DOI:10.1007/s11232-012-0085-7

²³Y. Higuchi, M. Takei and Y. Zhang, Scaling relations for two-dimensional

Ising percolation, *J. Stat. Phys.*, 査読有, vol 148, 2012, 777-799.

DOI: 10.1007/s10955-012-0561-3

²⁴H. Osada, Infinite-dimensional stochastic differential equations related to random matrices, *Prob. Theory Relat. Fields*, 査読有, vol 153, 2012, 471-509.

DOI: 10.1007/s00440-011-0352-9

²⁵H. Matano and M. Nara, Large time behavior of disturbed planar fronts in the Allen-Cahn equation, *J. Differential Equations*, 査読有, vol 251, 2011, 3522-3557.

DOI:10.1016/j.jde.2011.08.029

²⁶H. Matano and F. Merle, Threshold and generic type I behaviors for a supercritical nonlinear heat equation, *J. Funct. Anal.*, 査読有, vol 61, 2011, 716-748.

DOI: 10.1016/j.jfa.2011.02.025

²⁷H. Matano and Y. Mori, Global existence and uniqueness of a three-dimensional model of cellular electrophysiology, *Discrete Contin. Dyn. Syst.*, 査読有, vol 29, 2011, 1573-1636.

DOI: 10.3934/dcds.2011.29.1573

²⁸Y. Otake, Measure theoretical approach to recurrent properties for quantum dynamics, *J. Phys. A: Math. Theor.*, 査読有, vol 44, 2011, 465209 (11pp).

DOI:10.1088/1751-8113/44/46/465209

²⁹T. Funaki and T. Otake, Scaling limits for weakly pinned random walks with two large deviation minimizers, *J. Math. Soc. Japan*, 査読有, vol 62, 2010, 1005-1041.

DOI: 10.2969/jmsj/06231005

³⁰T. Funaki M. Sasada, Hydrodynamic limit for an evolutionary model of two-dimensional Young diagrams, *Comm. Math. Phys.*, 査読有, vol 299, 2010, 335-363.

DOI: 10.1007/s00220-010-1082-z

³¹H. Osada, Tagged particle processes and their non-explosion criteria, *J. Math. Soc. Japan*, 査読有, vol 62, 2010, 867-894.

DOI: 10.2969/jmsj/06230867

³²J.-S. Guo, H. Matano and C.-C. Wu, An application of braid group theory to the finite time dead-core rate, *J. Evol. Equ.*, 査読有, vol 10, 2010, 835-855.

DOI: 10.1007/s00028-010-0072-0

³³M. Alfaro, H. Garcke, D. Hilhorst, H. Matano and R. Schatzle, Motion by anisotropic mean curvature as sharp interface limit of an inhomogeneous and anisotropic Allen-Cahn equation, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh Sect. A*, 査読有, vol 140, 2010, 673-706.

DOI: 10.1017/S0308210508000541

³⁴X. Liang, X. Lin and H. Matano, A variational problem associated with the

minimal speed of travelling waves for spatially periodic reaction-diffusion equations, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 査読有, vol 362, 2010, 5605-5633.

DOI: 10.1090/S0002-9947-2010-04931-1

³⁵Y. Du and H. Matano, Convergence and sharp thresholds for propagation in nonlinear diffusion problems, *J. Eur. Math. Soc.*, 査読有, vol 12, 2010, 279-312. DOI: 10.4171/JEMS/198

[学会発表](計55件)

¹舟木直久, To choose a proper minimizer of variational problem derived from microscopic system, Miniworkshop on Mathematical Biology, 2014年6月6日, Universite de Paris-Sud (フランス).

²舟木直久, Sharp interface limit for mass conserving Allen-Cahn equation with stochastic term, Mathematics and its applications to complex phenomena arising in biology, chemistry and medicine, 2014年6月4日, CIRM Luminy (フランス).

³舟木直久, KPZ equation, its renormalization and invariant measures, Stochastic Partial Differential Equations and Applications - IX, 2014年1月10日, Levico Terme, Trento (イタリア).

⁴舟木直久, 同上, 数学教室セミナー, 2013年12月6日, 台湾国立中央大学 (台湾).

⁵舟木直久, 同上, Large Scale Stochastic Dynamics, 2013年10月30日, Oberwolfach 数学研究所 (ドイツ).

⁶侯野博, Dynamics of a class of systems with an order-preserving property, CMC Inaugural Conference at KAIST, 2013年12月6日, Daejeon (韓国).

⁷侯野博, Spreading speed for some two-component reaction-diffusion system, Journees ERC ReaDi, 2013年9月24日, Paris (フランス).

⁸長田博文, Infinite-dimensional stochastic differential equations arising from random matrices, 36th Conference on Stochastic Processes and their Applications, 2013年8月1日, University of Colorado Boulder (アメリカ).

⁹舟木直久, Invariant measures for a linear stochastic heat equation related to the KPZ equation, 36th Conference on Stochastic Processes and their Applications, 2013年8月1日, University of Colorado Boulder (アメリカ).

¹⁰舟木直久, 同上, Entropy and Nonequilibrium Dynamics, 2013年5月24日, Budapest University of Technology and Economics (ハンガリー).

¹¹舟木直久, 同上, Perspectives in Analysis and Probability - Opening Conference, 2013年4月11日, Lebesgue Center of

Mathematics, Univ. Rennes (フランス).

¹²舟木直久, 同上, 2013年1月8日, Grupo de Fisica Matematica da Universidade de Lisboa (ポルトガル).

¹³舟木直久, 同上, 2012年9月25日, 中国科学院 (中国).

¹⁴侯野博, On a free boundary problem for the curvature flow with driving force, LIA conference on Mathematical Modelling and Analysis in the Life Sciences, 2013年6月11日, Carry-le-Rouet (フランス).

¹⁵舟木直久, Derivation of a cross-diffusion system from a microscopic model, Non-linear Analysis and Mathematical Biology, 2013年4月5日, Complexe d'Accueil du CNRS de Gif-sur-Yvette (フランス).

¹⁶侯野博, Propagating terrace in one-dimensional semilinear diffusion equations, Workshop on Dynamics of Patterns, 2012年12月, Oberwolfach 数学研究所 (ドイツ).

¹⁷侯野博, 同上, IMA Workshop on Dynamical systems in Studies of Partial Differential Equations, 2012年9月, Minneapolis (アメリカ).

¹⁸舟木直久, Hydrodynamic limit for a multi-species system producing a self-organized aggregation, 談話会, 2012年9月21日, 北京大学数学科学学院 (中国).

¹⁹侯野博, Reversed blow-up profile in nonlinear heat equations, 5th Euro-Japanese Workshop on Blow-up, 2012年9月, Luminy (フランス).

²⁰舟木直久, Hydrodynamic limit for a model of self-organized aggregation, Stochastic Dynamics: Mathematical Theory and Applications, 2012年8月1日, ZiF, Bielefeld (ドイツ).

²¹侯野博, Propagating terrace in 1D diffusion equations and reversed blow-up profiles in nonlinear heat equations, 9th East China PDE Conference & Shanxi International PDE Conference, 2012年7月, Taiyuan (中国).

²²舟木直久, Invariant measure for SPDE related to the KPZ equation, Workshop in honor of Herbert Spohn and 11th Probability Day Erlangen-Munich, 2012年6月29日, Zentrum Mathematik Der Technischen Univ. Munchen (ドイツ).

²³舟木直久, 同上, Large Scale Behaviour of Random Spatial Models, 2012年5月29日, University of Warwick (イギリス).

²⁴舟木直久, 同上, Stochastic Dynamics in Action, 2012年5月21日, ZiF, Bielefeld (ドイツ).

²⁵舟木直久, Interfaces in a stochastic reaction-diffusion equation and an evolutionary model of Young diagrams, Reaction-Diffusion Systems in

Mathematics and the Life Sciences, 2011年9月21日, Univ. Montpellier (フランス).

26 舟木直久, Reaction-diffusion equations with random terms and their singular limits, Mathematics and biology: A ReaDiLab Seminar Day, 2011年9月13日, Univ. Paris-Diderot (フランス).

27 舟木直久, Scaling limits for dynamic models of 2D Young diagrams, Conference in Honor of the 70th Birthday of S.R.S. Varadhan, 2011年7月12日, 臺灣大學 (台湾).

28 舟木直久, Scaling limits for dynamic models of Young diagrams, Gradient Random Fields, 2011年6月1日, Banff 数学国際研究拠点 (カナダ).

29 舟木直久, Non-equilibrium fluctuations for an evolutionary model of 2D Young diagrams, Stochastic Partial Differential Equations and Related Topics, 2011年4月25日, 南開大学 陳研究所 (中国).

30 舟木直久, An evolutionary model of Young diagrams with conservation law, Workshop on the Fourier Law and Related Topics, 2011年4月8日, Fields Institute (カナダ).

31 舟木直久, 同上, 2011年3月7日, 中央研究院数学研究所 (台湾).

32 舟木直久, Hydrodynamic limit for interacting systems: lattice gases and interface models, 2011年3月7日, 中央研究院数学研究所 (台湾).

33 舟木直久, Scaling limits for a dynamic model of Young diagrams, 2010年11月18日, IRTG Darmstadt-Tokyo seminar, Technische Univ. Darmstadt (ドイツ).

34 舟木直久, Scaling limits for the interface models and derivation of nonlinear PDEs, 2010年11月17日, Mathematical Colloquium, Technische Univ. Darmstadt (ドイツ).

35 舟木直久, Hydrodynamic limit for 2D and 3D Young diagrams, 2010年11月10日, Large Scale Stochastic Dynamics, Oberwolfach 数学研究所 (ドイツ).

36 舟木直久, 同上, 2010年10月14日, Workshop on Probabilistic Techniques in Statistical Mechanics, Technische Univ. Berlin (ドイツ).

37 舟木直久, Hydrodynamic limit for a dynamic model of 2D Young diagrams, 2010年7月1日, 5th Pacific Rim Conference on Mathematics, Stanford University (アメリカ).

38 舟木直久, 同上, 2010年5月4日, Univ. Paris 6/7 (フランス).

39 舟木直久, 同上, 2010年4月28日, Ecole normale superieure de Cachan, Rennes (フランス).

40 舟木直久, Scaling limits for microscopic

interface models, 2010年4月22日, Ecoles des Ponts, Paris (フランス).
他に国内での発表 15 件

〔図書〕(計1件)
樋口保成, 遊星社, 新版 パーコレーション, 2011年, 237 ページ.

〔その他〕ホームページ
<http://www.ms.u-tokyo.ac.jp/~funaki/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

舟木 直久 (FUNAKI Tadahisa)
東京大学・大学院数理科学研究科・教授
研究者番号: 60112174

(2) 研究分担者

長田 博文 (OSADA Hirofumi)
九州大学・大学院数理学研究院・教授
研究者番号: 20177207

俣野 博 (MATANO Hiroshi)
東京大学・大学院数理科学研究科・教授
研究者番号: 40126165

樋口 保成 (HIGUCHI Yasunari)
神戸大学・理学部・教授
研究者番号: 60112075

乙部 徹己 (OTOBE Yoshiki)
信州大学・理学部・准教授
研究者番号: 30334882

(3) 連携研究者

種村 秀紀 (TANEMURA Hideki)
千葉大学・理学部・教授
研究者番号: 40217162

千代延 大造 (CHIYONOBU Taizo)
関西学院大学・理工学部・教授
研究者番号: 50197638

熊谷 隆 (KUMAGAI Takashi)
京都大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 90234509

半田 賢司 (HANDA Kenji)
佐賀大学・理工学部・教授
研究者番号: 10238214

吉田 伸生 (YOSHIDA Nobuo)
名古屋大学・大学院多元数理科学研究科・教授
研究者番号: 40240303

杉浦 誠 (SUGIURA Makoto)
琉球大学・理学部・准教授
研究者番号: 70252228

市原 直幸 (ICHIHARA Naoyuki)
青山学院大学・理工学部・准教授
研究者番号: 70452563

西川 貴雄 (NISHIKAWA Takao)
日本大学・理工学部・准教授
研究者番号: 10386005

坂川 博宣 (SAKAGAWA Hironobu)
慶應義塾大学・理工学部・准教授
研究者番号: 60348810

謝 賓 (XIE Bin)
信州大学・理学部・准教授
研究者番号: 50510038