

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2011～2015

課題番号：23224002

研究課題名(和文)ホモロジー的ミラー対称性の証明

研究課題名(英文)Proof of Homological Mirror Symmetry

研究代表者

深谷 賢治 (Fukaya, Kenji)

京都大学・理学(系)研究科(研究院)・客員教授

研究者番号：30165261

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 81,600,000円

研究成果の概要(和文)：シンプレクティック幾何学と複素幾何学との対称性を予想する、ホモロジー的ミラー対称性を研究している。そのシンプレクティック幾何学側の中心である、フレアーホモロジーの基礎付けをより明確にすると同時に、トーリック多様体とランダウギンズブルグモデル、族のフレアーホモロジーの両面から、証明を追求している。一般化や応用も行っている。

研究成果の概要(英文)：Study on homological mirror symmetry, which predicts duality between symplectic geometry and complex geometry.
We establish foundation of Floer homology which is the main theme in symplectic geometry. Our approach is based on both aspects of toric manifolds, Landau-Ginzburg model and families of Floer homology. It includes their generalizations and applications.

研究分野：数学

キーワード：微分幾何学 位相幾何学 複素幾何学 代数幾何学

1. 研究開始当初の背景

ミラー対称性予想は、超弦理論でたてられた予想である。それは、たとえば、キャラビ-ヤウ多様体のなかの有理曲線の数を予想する。この部分については、多くの場合に、この予想は数学的に証明されているが、これが成立する理由が、明確に把握されるような、証明にはなっていない。ホモロジー的ミラー対称性予想は、ミラー対称性予想を2つのカテゴリーの同等性として定式化するもので、予想成立する内在的意味を明らかにするものである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ホモロジー的ミラー対称性を、種々の場合に証明するとともに、予想を定式化する背景となるラグランジュ部分多様体のフレアー-ホモロジーやそれに基づく深谷圏の理論の基礎付けを整備し、またホモロジー的ミラー対称性予想の、シンプレクティック幾何学などへの応用も行うものである。

3. 研究の方法

ミラー対称性予想の証明には、大まかにいって、2つのやり方が提唱されている。一つは、まず、トーリック多様体の場合を確立し、キャラビヤウ多様体の場合にはその部分多様体として、証明するものである。もう一つは、族のフレアー-ホモロジーを用いるものである。本研究ではその両者の立場から証明を試みる。

4. 研究成果

ホモロジー的ミラー対称性予想の定式化に不可欠であった、ラグランジュ部分多様体のフレアー-ホモロジーやそれに基づく深谷圏の理論の基礎付けは、2009年に発表された、深谷-オウ-太田-小野の書物で確立された。そこで用いられた主要な手法である、仮想ホモロジー類および仮想ホモロジーチェーンの方法は、1999年に発表された、深谷-小野の論文に始まり、上記2009年の書物でより深められた。本研究が開始されてから、シンプレクティック幾何学における擬正則曲線の理論の基礎に関する関心が高まり、それに伴って上記仮想ホモロジーチェーンの方法や、その深谷小野によるやり方である、倉西構造と多価摂動による方法に対する関心も高まっている。倉西構造や多価摂動の理論をより詳細に述べ、その結論をより正確に定式化することが求められている。そのような研究を行う事で、我々の方法に対する、各国の研究者の理解を高めることができる。また、本研究の目的である、ホモロジー的ミラー対称性の証明においても倉西構造や多価摂動の理論を、高度なやり方で用いる必要があるため、その基礎、摘要範囲をより明確に確立し、ここの摘要場面でそれぞれ定式化し証明するのではなく、一般論として、応用しやすいように確立しておくことが望ましい。このような理由で、研究の進行の順番を多少変更し、最初の数年間においては、倉西構造と多価摂動による方法にもとづき、仮想ホモロジー類の理論の詳細を、記述することに多くの時間を費やした。昨年、そのため、250ページ程度の文献を制作し、論文サーバー上で発表した。これ

は特に、擬正則曲線のモジュライ空間上の倉西構造の構成の基礎となる、貼り合わせについての解析的な細部を含んでおり、上記深谷小野の研究以後、多くの研究者から要望のあった、倉西構造の座標変換が無限階微分可能であることの、詳細な証明を含むものである。本年度は、さらに、倉西構造のファイバー積、倉西構造を持つ空間でのドラムホモロジー論、倉西構造を持つ空間のシステムの公理的定式化と、それに基づくフレアー-ホモロジー論の記述、ファイバー積と整合的な倉西構造のシステムの構成、などを含む、500ページ程度の文献を制作している。

ホモロジー的ミラー対称性の研究そのものも進展している。特に最近数年間の研究によって、次のような進展があった。特にその代数的基礎部分が完成し、投稿した。

1) ホモロジー的ミラー対称性を、高い種数のリーマン面(境界付きも含む)からの写像の情報を含むように一般化する上での進展があった。

2) トーリック多様体の場合のミラー対称性では、ランダウ-ギンズブルグモデル、あるいは、斎藤恭司の原始形式の理論が複素側で現れる。深谷らのトーリック多様体のミラー対称性研究では、ヤコビ環と量子コホモロジー環との環同型や、Residue pairing とポアンカレ双対の関係などが明らかにされていたが、より進んで、higher Residue pairing, good section, 原始形式を深谷圏と関わって理解することが可能になりつつある。

これは、深谷圏のホップホールドホモロジーや巡回ホモロジーを用いるもので、非可換ホッジ理論とよばれるものと、関係が深い。

3) 仮想ホモロジーチェーンに対する理解の深まりによって、定数写像を擬正則曲線と見なしたとき、その仮想ホモロジーチェーンを使って代数構造を構成することが可能になりつつあるが、この構成と、チャー-サイモンズ摂動理論や、線り込み理論との関係が次第に明らかになりつつあり、ホモロジー的ミラー対称性の定式化や背景となっていた、倉西構造を持つ空間でのドラムホモロジー論、ホモトピー極限を用いた、ホモトピー無限的代数構造の構成などが、場の量子論など、より広い数学、物理学の諸分野と関わりをもつことが、明らかに成りつつある。

これらの進展については、研究会で発表などを行っているが、その詳細については、前記の基礎付けに関わる文献の制作との関係などで、執筆が遅れていて、まだ証明が詳細に書かれているわけではない。

4) シンプレクティック多様体からA無限大圏を構成する構成が直積のはめ込まれたラグランジュ部分多様体を射とする(unobstructed Weinstein category)からA無限大圏の作る圏への関手という形で、より関手的に構成できるようになった。

5) 深谷圏の構成のそもそもの動機であった、ゲージ理論(インスタントンホモロジー)への応用について進展があり、その方向への研究も進めた。

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 49 件)

(1) Kenji Fukaya, Yong-Geun Oh, Hiroshi Ohta, Kaoru Ono, Exponential decay

estimates and smoothness of the moduli space of pseudo holomorphic curves, arXiv:1603.07026 査読無

(2) Kenji Fukaya, Yong-Geun Oh, Hiroshi Ohta, Kaoru Ono, Kuranishi structure, Pseudo-holomorphic curve, and Virtual fundamental chain: Part 1 arXiv:1503.07631 査読無

(3) Kai Cieliebak, Kenji Fukaya, Janko Latschev, Homological algebra related to surfaces with boundary, arXiv:1508.02741 査読無

(4) Kenji Fukaya, Yong-Geun Oh, Hiroshi Ohta, Kaoru Ono, Shrinking good coordinate systems associated to Kuranishi structures, Journal of symplectic geometry, Accepted 査読あり <http://arxiv.org/abs/1405.1755>

(5) Kenji Fukaya, Yong-Geun Oh, Hiroshi Ohta, Kaoru Ono, Anti symplectic involution and Floer cohomology, Geometry and Topology p. 1-109 (2016) 査読あり <http://arxiv.org/abs/1405.1755>

(6) Fukaya, Kenji; Oh, Yong-Geun; Ohta, Hiroshi; Ono, Kaoru, Lagrangian Floer theory over integers: spherically positive symplectic manifolds. Pure Appl. Math. Q. 9-2 (2013), 189-289. 査読あり arXiv:1105.5124

(7) Fukaya, Kenji, Oh, Yong-Geun; Ohta, Hiroshi; Ono, Kaoru, Displacement of polydisks and Lagrangian Floer theory. J. Symplectic Geom. 11-2(2013), 231-268. arXiv:1104.4267 査読あり

(8) Fukaya, Kenji, Counting pseudo holomorphic discs in Calabi-Yau 3-folds. Tohoku Math. J. (2) 63-4 (2011), 697-727. arXiv:0908.0148 査読あり

(9) Fukaya, Kenji, Oh, Yong-Geun, Ohta, Hiroshi, Ono, Kaoru, Lagrangian Floer theory on compact toric manifolds II: bulk deformations. Selecta Math. (N.S.) 17-3 (2011), 609-711. arXiv:0810.5654 査読有

(10) Fukaya, Kenji, Floer homology of Lagrangian submanifolds. (Japanese) Sūgaku 63-1 (2011), 43-66. arXiv:1106.4882

(11) Yukiko Konishi, Satoshi Minabe, Mixed Frobenius Structure and Local Quantum Cohomology, Publ. RIMS Kyoto Univ 43-62 Vol52(2016)10.4171/PRIMS/173 査読有

(12) Gunther Cornelissen, Fumiharu Kato, Janne Kool, A combinatorial Li-Yau inequality and rational points on curves, Math. Ann., 361, no. 1-2 (2015) p.211-258 10.1007/s00208-014-1067-x 査読あり

(13) Fumiharu Kato, Kei Ohnoshi, Buchberger stratification on the space of polynomials, Kumamoto J. Math. 28 (2015) p.1-10 査読あり

(14) Daniel Allcock, Fumiharu Kato, A fake projective plane via 2-adic uniformization with torsion, Tohoku Math J. (掲載予定)

(15) Y. Ohnita, Certain Lagrangian submanifolds in Hermitian symmetric spaces and Hamiltonian stability problems, Proceedings of The Fifteenth International Workshop on Differential Geometry, 15 (2011), pp209-234, ed. by Y.-J. Suh, National Institute for Mathematical Sciences, The Korean Mathematical Society and Grassmann Research Group. 査読無 科研費番号引用有 <http://webbuild.knu.ac.kr/~yjsuh/>

(16) Y. Ohnita, Geometry of Lagrangian submanifolds related to isoparametric hypersurfaces. *Real and complex submanifolds*, 117-127, Springer Proc. Math. Stat., 106, Springer, Tokyo, 2014. 53D12 査読有 科研費番号引用無し. 10.1007/978-4-431-55215-4_11

http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-55215-4_11

(17) H. Ma and Y. Ohnita Hamiltonian stability of the Gauss images of homogeneous isoparametric hypersurfaces. I. *Journal of Differential Geometry* 97 (2014), no.2, 275-348. 査読有 <http://projecteuclid.org/euclid.jdg/1405447807> 科研費番号引用有り.

(18) H. Ma and Y. Ohnita, Hamiltonian stability of the Gauss images of homogeneous isoparametric hypersurfaces. II, Tohoku Math. Journal 67-2 (2015), 195--246. <http://projecteuclid.org/euclid.tmj/1435237041> 科研費番号引用有り. 査読有

(19) Y. Ohnita, Geometry of Lagrangian submanifolds in complex hyperquadrics and the Gauss images of isoparametric hypersurfaces, Proceedings of The Nineteenth International Workshop on Hermitian-Grassmannian Submanifolds and Its Applications, 19 (2015) 283-307, ed. by Young Jin Suh and Hyunjin Lee, NIMS and RIRCM. 査読無 科研費番号引用あり <http://webbuild.knu.ac.kr/~yjsuh/>

(20) Yoshihiko Mitsumatsu and Elmar Vogt, Thurston's h-principle for 2-dimensional foliations of codimension greater than one, Advanced Studies in Pure Mathematics, "Geometry, Dynamics, and Foliations 2013", the Mathematical Society of Japan, 2016年出版予定, 査読有り 科研費番号の引用無し arXiv:1509.06881.

(21) Yoshihiko Mitsumatsu, Helicity in Differential Topology and Incompressible Fluids on Foliated 3-Manifolds, in *Procedia IUTAM Volume 7, 2013, Pages 167-174* IUTAM Symposium on Topological Fluid Dynamics: Theory and Applications 査読有 doi:10.1016/j.piutam.2013.03.020 科研費番号の引用無し

(22) Takashi Inaba, Shigenori Matsumoto, and Yoshihiko Mitsumatsu, Normally contracting Lie group actions, Topology and its Applications, Vol 159-5, 2012, p.1334-1338. doi:10.1016/j.topol.2011.12.012 科研費番号の引用無し 査読有り

- (23) Hiroshi Iritani, Quantum cohomology and periods. *Ann. Inst. Fourier (Grenoble)* 61-7 (2011), 2909-2958 査読有り
- (24) Alessandro Chiodo, Hiroshi Iritani, Yongbin Ruan, Landau-Ginzburg/Calabi-Yau correspondence, global mirror symmetry and Orlov equivalence, *Publ. Math. Inst. Hautes Etudes Sci.* 119 (2014), 127-216. 査読有
- (25) Tom Coates, Alessio Corti, Hiroshi Iritani, Hsian-Hua Tseng, A mirror theorem for toric stacks. *Compos. Math.* 151 (2015), no. 10, 1878-1912. 査読有 課題番号引用無 10.1112/S0010437X15007356
- (26) Tom Coates, Hiroshi Iritani, On the convergence of Gromov-Witten potentials and Givental's formula. *Michigan Math. J.* 64 (2015), no. 3, 587-631. 課題番号引用有 10.1307/mmj/1441116660 査読有
- (27) Hiroshi Iritani, Todor Milanov, Valentin Tonita, Reconstruction and convergence in quantum K-theory via difference equations. *Int. Math. Res. Not. IMRN* 2015, no. 11, 2887-2937. 査読有 10.1093/imrn/rnu026 課題番号引用なし
- (28) Bestvina, Mladen, Bromberg, Ken, Fujiwara, Koji, Constructing group actions on quasi-trees and applications to mapping class groups. *Publ. Math. Inst. Hautes Études Sci.* 122 (2015), 1-64. 10.1007/s10240-014-0067-4 査読有
- (29) Bestvina, M., Bromberg, K., Fujiwara, K., Souto, J., Shearing coordinates and convexity of length functions on Teichmüller space. *Amer. J. Math.* 135 (2013), no. 6, 1449-1476. 査読有 <https://muse.jhu.edu/article/527638>
- (30) Fujiwara, Koji, Geometry of the Funk metric on Weil-Petersson spaces. *Math. Z.* 274 (2013), no. 1-2, 647-665. 査読有 10.1007/s00209-012-1089-6
- (31) Kaoru Ono, Some remarks on Lagrangian tori, *Journal of Fixed Point Theory and Applications* 17 (2015), 221-237 DOI 10.1007/s11784-015-0248-x 査読あり
- (32) Kaoru Ono and Andrei Pajitnov, On the fixed points of a Hamiltonian diffeomorphism in presence of fundamental group, to appear in *Essays in Mathematics and its Applications*, in Honor of Vladimir Arnold (Edited by Themistocles M. Rassias and Panos M. Pandalos) 査読あり
- (33) Mohan Bhupal and Kaoru Ono, Symplectic fillings of links of quotient surface singularities, *Nagoya Mathematical Journal* 207 (2012), 1-45 DOI 10.1215/0277630-1630014 査読有
- (34) Hiraku Nakajima and Kota Yoshioka, Perverse coherent sheaves on blow-up. II, wall-crossing and Betti numbers formula, *J. Algebraic Geom.*, 20, 2011, 47-100, 10.1090/S1056-3911-10-00534-5, 査読有, 科研費引用無
- (35) Hiraku Nakajima, Quiver varieties and cluster algebra, *Kyoto J. Math.*, 51, 2011, 71-126, 10.1215/0023608X-2010-021, 査読有, 科研費引用無
- (36) Hiraku Nakajima and Kota Yoshioka, Perverse coherent sheaves on blow-up. III. Blow-up formula from wall-crossing, *Kyoto J. Math.*, 51, 2011, 263-335, 10.1215/21562261-1214366, 査読有, 科研費引用無
- (37) Lothar Gottsche, Hiraku Nakajima and Kota Yoshioka, Donaldson = Seiberg-Witten from Mochizuki's formula and instanton counting, *Publ. of RIMS*, 47, 2011, 307-359, 10.2977/PRIMS/37, 査読有, 科研費引用無
- (38) Kentaro Nagao and Hiraku Nakajima, Counting invariant of perverse coherent sheaves and its wall-crossing, *IMRN*, 17, 2011, 3885-3938, 10.1093/imrn/rnq195, 査読有, 科研費引用無
- (39) Hiraku Nakajima and Kota Yoshioka, Perverse coherent sheaves on blow-up. I. A quiver description, *Adv. Stud. Pure Math.* 61, 2011, 349-386, 査読有, 科研費引用無
- (40) Hiraku Nakajima, Handsaw quiver varieties and finite W-algebras, *Moscow Mathematical Journal*, 12, 2012, 633-666, 査読有, 科研費引用無
- (41) Hiraku Nakajima, Quiver varieties and tensor products, II, *Springer Proceedings in Mathematics & Statistics*, 40, 2013, 403-428, 科研費引用無 10.1007/978-1-4471-4863-0_16, 査読有
- (42) Hiraku Nakajima, Cluster algebras and singular supports of perverse sheaves, *EMS Series of Congress Reports*, 2014, 211-230, 10.4171/125-1/7, 査読有, 科研費引用無
- (43) Hiraku Nakajima, Refined Chern-Simons theory and Hilbert schemes of points on the plane, *Contemporary Math.*, 610, 2014, 305-331, 10.1090/conm/610/12157, 査読有, 科研費引用無
- (44) A. Buryak, B. L. Feigin and H. Nakajima, A simple proof of the formula for the Betti numbers of the quasihomogeneous Hilbert schemes, *International Mathematics Research Notices*, 2015, 2015, 4708-4715, 10.1093/imrn/rnu076, 査読有, 科研費引用無
- (45) Hiraku Nakajima, Affine cellularity of quantum affine algebras, *Journal of Algebra*, 441, 2015, 査読有, 科研費引用無 601-608, 10.1016/j.jalgebra.2015.07.017,
- (46) T. Kato, An Asymptotic Comparison of Differentiable Dynamics and Tropical Geometry, *Mathematical Physics Analysis and Geometry*, 14-1, 39-82 (2011) 査読有, 科研費引用無
- (47) T. Kato, Asymptotically quasi conformal four manifolds, *Journal of the Mathematical Society of Japan*, 64-2, 423-487 (2012) 査読有, 科研費引用無
- (48) T. Kato, Automata in Groups and Dynamics and Induced Systems of PDE in Tropical Geometry, *Journal of Geometric Analysis*, 24-2, 901-987 (2014)

査読有, 科研費引用無

(49) Tsuyoshi Kato, Satoshi Tsujimoto and Andrzej Zuk, Spectral coincidence of transition operators, Automata groups and BBS in tropical geometry, to appear in Comm. Math. Phys. (accepted) arXiv,1406.5557 査読有,科研費引用無

[学会発表](計 45 件)

(1) Kenji Fukaya, Lagrangian correspondence and A infinity functors, Geometry and Physics: Mirror symmetry Hodge theory and related topics, University of Miami, USA, 2016 01/27 (招待講演 国際学会)

(2) Kenji Fukaya, Topological Field theory and Filtered A infinity categories, XVIII International Congress on Mathematical Physics, Santiago, Chile 2015 7/28 (招待講演 国際学会)

(3) Kenji Fukaya, Floer homology for 3 manifolds with boundary, Geometry and Physics XVII derived geometry, IBS center for Geometry and Physics, Pohang, Korea (3 talks) 2015 6/6 - 6/10 (招待講演 国際学会)

(4) Kenji Fukaya, Can one use virtual fundamental chain in (topological) quantum field theory? Algebra, Geometry and Physics: a conference in honour of M. Kontsevitch, IHES, Paris, France, 2014 June 25 (招待講演 国際学会)

(5) Kenji Fukaya, Algebraic topological foundation of Floer theory of arbitrary genus, Advances in Symplectic Geometry and Topology section, Mathematical Congress of the Americas 2013 Guanajuato, Mexico August 5 (招待講演 国際学会)

(6) Kenji Fukaya, Lagrangian Floer theory of arbitrary genus, String Math. 2013 Simons Center for Geometry and Physics, Stony Brook USA 2013 6/18 (招待講演 国際学会)

(7) Koji Fujiwara, Group actions on quasi-trees and application. The XXI Ind Rolf Nevanlinna Colloquim, (招待講演 国際学会) 2013.8.9. Helsinki. (Finland)

(8) Koji Fujiwara Stable commutator length on mapping class groups. Geometric and Combinatorial Group Theory, In honor of Eliyahu Rips workshop, (招待講演 国際学会) 2014.12.14-19. Hebrew U, Israel.

(9) Koji Fujiwara Geometry of contracting geodesics. (招待講演 国際学会) Cornell Topology Festival. 2015.5.8. USA.

(10) 藤原 耕二 Group actions on quasi-trees and quasi-morphisms. (招待講演) 日本数学会秋季総合分科会 総合講演 2015.9.14. 京都産業大学

(11) Koji Fujiwara, Geometry of contracting geodesics, Conferences on Geometric Group Theory (招待講演 国際学会) 7月2日(2015) Wroclaw Poland

(12) Y. Ohnita, Certain Lagrangian Submanifolds in Hermitian Symmetric Spaces and Hamiltonian Stability Problem, Toric Topology and Automorphic Functions 2011年9月5-10日, 太平洋国立大学, ハバロフスク, ロシア, (招待講演 国際学会)

(13) Y. Ohnita: Geometry of Lagrangian Submanifolds related to Isoparametric

Hypersurfaces, The 2nd Pacific Rim Math. Assoc. Congress, June 24-28, 2013, Special Session: 上海交通大学, 中国, 2013年6月24日. (招待講演 国際学会)

(14) Y. Ohnita: Geometry of Lagrangian Submanifolds related to Isoparametric Hypersurfaces, 2014 ICM Satellite Conference & the 18th International Workshop on Real and Complex Submanifolds 8月10-12, 2014, NIMS, 大田市 韓国, 2014年8月11日. (招待講演 国際学会)

(15) Y. Ohnita, Hamiltonian non-displaceability of Gauss images of isoparametric hypersurfaces (Joint work with Hiroshi Iriyeh, Hui Ma and Reiko Miyaoka), 11th OCAMI-RIRC Submanifolds and Lie Theory (2016.3.20-3.23) 大阪市立大学, (招待講演 国際学会)

(16) Yoshihiko Mitsumatsu (with Elmar Vogt) A proof of Thurston's h-principle for 2-dimensional foliations, Wrinkles and h-principles, old and new, 22-26 June 2015, Ludwig Maximilian University, Munich, (Germany) (招待講演 国際学会)

(17) Yoshihiko Mitsumatsu, Incompressible Fluids on Foliated Manifolds, Workshop Geometry and Dynamics of Foliations, 2014年9月1-5, 2014, ICMAT, Madrid, (Spain) (招待講演 国際学会)

(18) Yoshihiko Mitsumatsu, Incompressible fluids on foliated manifolds, The 6th Pacific RIM Conference on Mathematics 2013 2013年6月30日-7月4日 コンヴェンション・センター、札幌 (招待講演 国際学会)

(19) Yoshihiko Mitsumatsu, Helicity in differential topology Topological Fluid Dynamics (IUTAM Symposium), 23rd July 2012 年7月23-27日, Newton Institute, Cambridge, (England) (招待講演 国際学会)

(20) Yoshihiko Mitsumatsu, Lawson's foliation and a regular Poisson structure on the 5-sphere, Poisson 2012, Utrecht University 2012年7月30-8月3日, Utrecht, (the Netherland) (招待講演 国際学会)

(21) Yoshihiko Mitsumatsu, Leafwise symplectic structures on codimension one foliations on the 5-sphere, 2012年6月24-30, Foliations 2012, Lodz University, Lodz, (Poland) (招待講演 国際学会)

(22) Hiraku Nakajima, Handsaw quiver varieties and finite W-algebras, "Algebras, Quivers, and Representations, 2011 Abel Symposium", 2011-05-21, Sognefjord (Norway), (招待講演 国際学会)

(23) Hiraku Nakajima, Coproduct on Yangian, Perspectives in Representation Theory, 2012年5月14日, Yale (招待講演 国際学会)

(24) Hiraku Nakajima, Perverse sheaves on instanton moduli spaces and AGT conjecture, Moduli Spaces and their Invariants in Mathematical Physics, 2013/06/03, CIRMT Montreal (Canada) (招待講演 国際学会)

(25) Hiraku Nakajima, Affine cellularity /quasi-heredity of quantum affine algebras and their cousin, ICM 2014 Satellite Conference on Representation Theory and Related Topics, 2014/08/07, Daegu (South Korea), (招待講演 国際学会)

(26) Hiraku Nakajima, 3-dimensional gauge theory and representation theory, 京都賞ワークショップ, 2014/11/12, 京都国際会館, (招待講演 国際学会)

(27) Hiraku Nakajima, Towards a mathematical definition of Coulomb branches of 3-dimensional gauge theories, Representation Theory and Geometry of Symplectic Resolutions (招待講演 国際学会) Northeastern Univ. (Boston) 2015/05/19

(28) T. Kato, Automata groups and tropical geometry, International Conference on Groups, Dynamics and Random Structures at Texas A&M, USA 2012年3月 (招待講演 国際学会)

(29) T. Kato, Moduli spaces of holomorphic curves over infinite dimensional spaces, The 8-th China-Japan Friendship Conference on differential geometry, 成都中国 2012年9月 (招待講演 国際学会)

(30) T. Kato, Hamiltonian deformation of groups acting on trees, 11-th annual spring institute on non commutative geometry and operator algebras, Vanderbilt University, USA 2013年5月 (招待講演 国際学会)

(31) T. Kato, Spectral coincidence of transition operators between automata groups and BBS in tropical geometry, Special week on operator algebras, ECNU 中国 2014年8月 (招待講演 国際学会)

(32) T. Kato, K-theoretic degree of the covering monopole map, Australia-Japan geometry, analysis and their applications, Adelaide, Australia, 2015年10月 (招待講演 国際学会)

(33) Hiroshi Iritani, "Gamma Conjectures for Fano manifolds" Seoul ICM 2014 Satellite conference, Geometry and Physics of Gauged Linear Sigma Models and Its Related Topics, 2014年7月28日 KIAS, Seoul, 韓国 (招待講演 国際学会)

(34) Hiroshi Iritani, Constructing mirrors for big quantum cohomology of toric varieties, Mirror Symmetry, Hodge Theory and Differential Equations, 2015年4月22日 Oberwolfach ドイツ (招待講演 国際学会)

(35) Hiroshi Iritani, Constructing mirrors via shift operators, AMS Summer Institute in Algebraic Geometry, 2015年7月24日 Univ. of Utah USA (招待講演 国際学会)

(36) Fumiharu Kato Non-archimedean geometry—past and present, A Symposium on the History of Functional Analysis, 2015年5月9日, Northwest Univ., Xian, China 招待講演 国際学会

(37) Fumiharu Kato, Zariski Main Theorem for henselian rigid spaces Conference Non-archimedean analytic geometry: Theory and Practice, 2015年8月25日 Maison de la Culture, Papeete, Tahiti 招待講演 国際学会

(38) Fumiharu Kato, On Henselian rigid geometry Conference Algebraic Geometry in East Asia 2016, 2016年1月19日, Univ. of Tokyo 招待講演 国際学会

(39) Kaoru Ono, Floer theory for Lagrangian submanifolds, the First Symposium of the Institute for Basic Science Lotte Hotel Seoul, Korea, April 27, 2012. (招待講演 国際学会)

(40) Kaoru Ono, Non-displaceable Lagrangian tori, Interactions between Algebra and Dynamics in Symplectic Topology, Technion, Haifa, Israel, June, 2012. (招待講演 国際学会)

(41) Kaoru Ono, Non-displaceable

Lagrangian submanifolds, Pacific Rim Mathematical Conference, Session Symplectic Topology, Sapporo Convention Center, 札幌, July 4, 2013. (招待講演 国際学会)

(42) Kaoru Ono, Non-displaceable Lagrangian tori in $S^2 \times S^2$, Okounkov Bodies and Applications, Mathematisches Forschungsinstitute Oberwolfach, May 25 - 31, 2014. (招待講演 国際学会)

(43) Kaoru Ono, Idempotents in quantum cohomology and non-displaceable Lagrangian submanifolds, Symplectic Seminar, Collège de France, May 22, 2015. (招待講演 国際学会)

(44) Yukiko Konishi, Local quantum cohomology and mixed Frobenius structure, Bridgeland stability and Birational geometries 2014年6月16-19日 RIMS (招待講演)

(45) Yukiko Konishi, Almost duality for Saito structure and its application to complex reflection groups, Workshop on "Quantization of spectral curves", 2015年11月2日 大阪市立大学数学研究所 (招待講演 国際学会)

〔図書〕(計 2 件)

(1) Kenji Fukaya, Yong-Geun Oh, Hiroshi Ohta, Kaoru Ono, Lagrangian Floer theory and Mirror symmetry on compact toric manifolds, Asterisque 376 p. 1-340 (2016)

(2) T. Kato, Dynamical scale transform in tropical geometry, World Scientific (accepted)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

深谷 賢治 (Fukaya, Kenji) 京都大学・大学院理学研究科・客員教授 30165261

(2) 研究分担者

[1] 三松 佳彦 (Mitsumatsu, Yoshihiko) 中央大学・理工学部・教授 70190725

[2] 大仁田 義裕 (Ohnita, Yoshihiro) 大阪市立大学・大学院理学研究科・教授 90183764

[3] 中島 啓 (Nakajima, Hiraku) 京都大学・数理解析研究所・教授 00201666

[4] 加藤 文元 (Kato, Fumiharu) 東京工業大学理工学研究科教授 50294880

[5] 加藤 毅 (Kato, Tsuyoshi) 京都大学・大学院理学研究科・教授 20273427

[6] 小西 由紀子 (Konishi, Yukiko) 京都大学・大学院理学研究科・准教授 30505649

[8] 入谷 寛 (Iritani, Hiroshi) 京都大学・大学院理学研究科・准教授 20448400

[9] 五味 清紀 (Gomi, Kiyonori) (23年度~23年度) 信州大学・理学部・准教授 00543109

[10] 栗林 勝彦 (Kuribayashi, Katsuhiko) (24年度~24年度) 信州大学・理学部・教授 40249751

[11] 小野 薫 (Ono, Kaoru) (25年度~) 京都大学・数理解析研究所・教授 70467033

[12] 藤原 耕二 (Fujiwara, Koji) (25年度~) 京都大学・大学院理学研究科・教授 60229078

[13] 赤穂 まなぶ (Akaho, Manabu) (25年度) 首都大学東京・大学院理工学研究科・准教授 30332935