

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：32606

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H02843

研究課題名(和文) 離散群の幾何とその3次元トポロジーへの応用

研究課題名(英文) Geometry of discrete groups and its applications to 3-dimensional topology

研究代表者

大鹿 健一 (Ohshika, Ken'ichi)

学習院大学・理学部・教授

研究者番号：70183225

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：3次元トポロジーへの応用を目指して、Klein群、及びTeichmuller空間の幾何的研究を行った。Klein群においては、Cannon-Thurston写像の変形空間における連続性の研究を行い、非連続性が現れる原理を明らかにした。bending laminationとending laminationを合わせて考えたパラメーターが、Klein曲面群により実現できることを示した。Teichmuller空間においてThurstonの非対称距離を考え、その無限小剛性を示した。トーラスのTeichmuller空間の場合、Teichmuller距離との間に自然な連続的な変形があることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

3次元トポロジーは現代の幾何学において主要な研究対象であるが、その理解と発展のためには、離散群、とりわけKlein群とTeichmuller空間の理論を発展させることが不可欠である。本研究はそのような動機で、Klein群とTeichmuller空間の研究を続けた。今回の研究では1980年代のThurstonの研究以来の懸案の問題をいくつか解決することに成功している。

研究成果の概要(英文)：We studied Kleinian groups and Teichmuller spaces from geometric viewpoint aiming at applications to three-dimensional topology. In the field of Kleinian group theory, we studied continuity/discontinuity of Cannon-Thurston maps in the deformation spaces of Kleinian surface groups, and gave complete criteria for the discontinuity of the maps. We also showed that a given data of bending laminations and ending laminations with reasonable necessary conditions can always be realised by a Kleinian surface group.

In the field of Teichmuller theory, we studied Thurston's asymmetric metric on Teichmuller space, and showed in particular its infinitesimal rigidity. We also considered the case of torus, and showed that there is a natural continuous deformation from the Teichmuller metric to Thurston's asymmetric metric.

研究分野：位相幾何学

キーワード：3次元多様体 Klein群 Teichmuller空間 離散群

1. 研究開始当初の背景

3次元トポロジーにおいては、Thurston による双曲構造を用いた Haken 多様体の uniformisation の研究を端緒として幾何構造や Teichmüller 空間を用いた研究が盛んに行われるようになった。また今世紀になり、Gromov を始めとする幾何的群論や、高次元の Lie 群への表現が大きく発展し、トポロジーの研究のための新たな道具を提供した。双曲構造の研究は Klein 群論として独自の発展を続けて、Thurston が 1980 年代当時に提起した問題の多くが解決されるに至った。さらに幾何化予想が Perelman により解決されることにより、3次元双曲多様体をより詳しく研究していくことが、3次元トポロジーの研究の本質的部分であることになった。そのため今後の3次元トポロジーの研究には、より高度な幾何的群論、大きく発展を遂げた Klein 群論、Teichmüller 空間論、Lie 群への基本群の表現空間の研究などが中心的な役割を果たす状況にあると考えられた。

2. 研究の目的

本研究ではまず基礎理論の部分に該当する離散群自体の大域幾何的構造の研究と、Klein 群の表現空間の位相構造、Teichmüller 空間のさまざまな計量の研究を、双曲幾何、幾何学的群論、3次元多様体論の手法を用いて推進する。その後その応用として、3次元トポロジーの研究を基本群とその表現空間の構造の解明を通じて行う。

具体的には以下の問題を考える。Klein 群の変形空間の位相構造、特にその境界の構造を、双曲幾何、3次元多様体論、Gromov 双曲群の道具を用いて研究する。さらに境界にある Klein 群を双曲多様体の不変量である bending lamination, ending lamination を手掛かりに研究する。また Cannon-Thurston 写像の振る舞いを幾何的極限を通じて解析する。

Teichmüller 空間にはさまざまな計量が考えられるが、その関連、写像類群の作用との関係を調べる。また Teichmüller 理論を通じて Klein 群の変形空間の理論を深める。

これらの成果を元に双曲3次元多様体の総合的理論を構築する。

3. 研究の方法

本研究の特徴は、研究手法が代数的、組み合わせ的的手法、とりわけ幾何学的群論的手法による部分と、Teichmüller 空間論を中心とする解析的な部分、Lie 群への表現を用いる表現論的な部分、そして3次元多様体自体を扱う位相幾何学的手法と数学の多様な分野を横断した研究手法をとることにある。そのため研究は分担者と共同研究を中心として、さらに海外のそれぞれの分野の専門家である研究者を加えた共同研究を中心に行う。以下に具体的な研究方法をそれぞれのテーマについて述べる。

代数的手法に関する部分は、特に双曲群の漸近構造を調べることにより、Cannon-Thurston 写像の挙動に関する研究を行う。この部分については Tata Institute の Mahan Mj と共同で研究することにより最新の幾何学的群論の成果を取り入れる。さらに離散群の構造を幾何的な視点から探る研究を KIAS の Sang-hyun Kim らと行う。解析的な部分では Teichmüller 空間の構造を極値的長さや Thurston の asymmetric metric を用いることにより解析し、これを元に写像類群の Teichmüller 空間の作用の特徴付を与える。Teichmüller 空間のより深い研究を Klein 群における更なる研究につなげ、convex core の幾何の問題に適用する。表現論的な研究では、高次元 Lie 群への表現を用いた twisted Alexander 多項式を通じた3次元多様体の研究を進める。最後により位相幾何的手法を用いた研究では主に Heegaard 分解、bridge 分解などの古典的な枠組みと双曲幾何的な視点を組み合わせることにより研究を進める。

4. 研究成果

基礎理論を構築する部分ではいずれの手法を用いた研究も順調に進み、以下に詳しく述べるような著しい成果を上げることができた。一方で3次元トポロジーへの応用の部分では、まだ未完成なところが残っており今後更なる研究を継続することが肝要である。

幾何的群論、離散群を用いた研究においては、Klein 曲面群の変形空間において、Cannon-Thurston 写像は連続に動くかという問題に取り組んだ。これは Thurston が 1980 年代に提唱した未解決問題のリストの中の1つである。変形空間の内部は quasi-Fuchs 空間であることが知られているので、特に quasi-Fuchs 群が境界群に収束するとき、Cannon-Thurston が連続に動くかという問題が最も注目すべき点となる。連続性については、各点収束に関する

ものと、一様収束に関するものが考えられるが、一様収束するための必要十分条件はすでに Mj-Series により与えられていた。さらに各点収束すらしない例があることも同様に Mj-Series が気づき、具体的な例を与えていた。今回の研究では大鹿と Mahan Mj が共同研究を通じて、各点収束しない点があるための必要十分条件を与え、さらに収束しない点の完全な特徴付を得ることに成功した。これにより上記の Thurston の問題は Klein 曲面群の場合には完全に解決したと言える。

双曲平面のタイル張りは reflection や side involution を考えることにより、離散群に対応していることは古くから知られている。一方角度が π の有理数倍でないような場合でも、side involution から生成される群が考えられる。こうした群の非自明な元により 3 角形が元に戻るかという問題が自然に考えられる。大鹿は、Sang-hyun Kim, Thomas Koberda, Jejeong Lee, Ser Poew Tan らとの共同研究で、torsion から来ない非自明な元の存在を示し、さらにそのような元は角度の \cos が代数的であるときのみ存在しうることを証明した。

Klein 群の変形空間の位相構造は複雑であり、その境界の構造を理解することが、3 次元トポロジーへの応用という面からも今後の重要な問題となっている。大鹿は Klein 曲面群の列について、end invariants の情報から収束、発散を判定する方法を与えた。これにより、quasi-Fuchs 空間がその閉包において自らと衝突する現象が起きる可能性のある場所を限定することができた。

3 次元トポロジーへの離散群論の応用として、作間、大鹿は、秋吉宏尚, John Parker, 吉田はんとともに、放物的な元 2 つで生成される、自由群でない Klein 群の 3 次元多様体としての完全な分類を行った。これは Agol により announce されていたが証明が不明確であった結果の完全な記述になっている。また山下は 2 つの楕円的な元で生成される算術的 Klein 群の分類の研究を行った。

Teichmüller 空間については、解析的手法を使いながら、微分幾何的な視点を取り入れることにより研究を進めた。Teichmüller 空間には写像類群が自然に作用している。この作用は Teichmüller 空間に自然に入る距離、例えば Teichmüller 距離、Weil-Petersson 距離、Thurston の非対称距離などではいずれも等長変換になっている。逆に等長変換は必ず写像類群から来るものになるかという問題がそれぞれの距離について考えられ、Teichmüller 距離に関しては Royden の定理、Weil-Petersson については Masur-Wolf, Thurston 距離については Walsh によって肯定的に説かれている。これの無限小の形として、接空間の間の等長変換が写像類群から来るかという問題が建てられるが、Teichmüller 距離については、Royden がこの強い形でも(スカラー倍の差を除いて)正しいことを示している。一方 Weil-Petersson 距離は Riemann 計量なので、無限小での変換は直交群分あり、明らかに成り立たない。大鹿は、Athanasios Papdopoulos, Yi Huang との共同研究で、Thurston 距離においてこの無限小剛性に係る問題を解決した。さらに Thurston 距離が余接空間に導く凸体の構造を分析する研究を進めた。これにより、凸体の連続変形とその同型写像として写像類群を研究する新たな視点が得られた。

Thurston の非対称距離は、双曲構造のみではなく、平坦構造の変形空間でも考えることができる。トーラスの平坦計量に関する Teichmüller 空間において、Thurston 非対称計量を入れると、測地線が双曲測地線と同一視できるような測地的距離空間ができる。大鹿、宮地は Papadopoulos との共同研究で、この計量を同様に双曲測地線が測地線となっている Teichmüller 距離を比較し、その間の連続変形を与えた。この手法は Teichmüller 円板を通じて、一般の種数のリーマン面の Teichmüller 空間に拡張できるので、この視点からの研究を今後継続していくことにより、Teichmüller 距離の変形の理論を構築することを目指している。

Quasi-Fuchs 空間は Teichmüller 空間の自然な一般化であり、Bers の同時一意化定理により、無限遠等角構造によりパラメータ付ができる。一方 Bonahon-Otal により、凸芯の bending lamination によるパラメータ付が研究され、reasonable な条件を満たす bending lamination が常に凸芯の境界に実現できることが示された。大鹿は馬場伸平との共同研究において、これを一般の Klein 曲面群に拡張して考え、bending lamination に ending lamination を加えてパラメータ付を考えついで、一般の Klein 曲面群についての凸芯における実現問題を解決した。

森藤は twisted Alexander 多項式の研究を続け、トーラス絡み目の twisted Alexander 多項式の明示的な公式を与え、双曲結び目の場合との比較を行った。さらにいわゆる Dunfield-Friedl-Jackson 予想を three-bridge 結び目の場合に詳細に考察し、双曲的な pretzel 結び目の無限系列について予想が成立することを示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30件（うち査読付論文 30件 / うち国際共著 13件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Mj Mahan, Ohshika Ken'ichi	4. 巻 21
2. 論文標題 Discontinuous motions of limit sets	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Algebraic and Geometric Topology	6. 最初と最後の頁 3401 ~ 3444
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2140/agt.2021.21.3401	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 Ohshika Ken'ichi	4. 巻 34
2. 論文標題 Geometry of Kleinian groups and its applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sugaku Expositions	6. 最初と最後の頁 123 ~ 139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1090/suga/460	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 Ohshika Ken'ichi	4. 巻 NA
2. 論文標題 Continuous and discontinuous functions on deformation spaces of Kleinian groups	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Topology and Geometry	6. 最初と最後の頁 477 ~ 502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4171/IRMA/33-1/22	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 Morifuji Takayuki, Tran Anh T.	4. 巻 21
2. 論文標題 Hyperbolic torsion polynomials of pretzel knots	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Geometry	6. 最初と最後の頁 265 ~ 272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/advgeom-2020-0017	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 Morifuji Takayuki	4. 巻 45
2. 論文標題 On adjoint torsion polynomial of genus one two-bridge knots	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Kodai Mathematical Journal	6. 最初と最後の頁 110 ~ 116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2996/kmj/kmj45107	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 Kim Sang-hyun, Koberda Thomas, Lee Jaejeong, Ohshika Ken'ichi, Tan Ser Peow, Gao Xinghua	4. 巻 299
2. 論文標題 Shapes of hyperbolic triangles and once-punctured torus groups	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mathematische Zeitschrift	6. 最初と最後の頁 2103 ~ 2130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00209-021-02745-3	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 Akiyoshi Hirotsuka, Ohshika Ken'ichi, Parker John, Sakuma Makoto, Yoshida Han	4. 巻 374
2. 論文標題 Classification of non-free Kleinian groups generated by two parabolic transformations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Transactions of the American Mathematical Society	6. 最初と最後の頁 1765 ~ 1814
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1090/tran/8246	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 Sakuma Makoto	4. 巻 1
2. 論文標題 A Survey of the Impact of Thurston's Work on Knot Theory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 In the tradition of Thurston	6. 最初と最後の頁 67 ~ 160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-55928-1_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 Kitano Teruaki, Morifuji Takayuki, Tran Anh T.	4. 巻 29
2. 論文標題 Twisted Alexander polynomials of torus links	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Knot Theory and Its Ramifications	6. 最初と最後の頁 2050016 ~ 2050016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0218216520500169	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 Martin Gaven, O'Brien Graeme, Yamashita Yasushi	4. 巻 29
2. 論文標題 Random Kleinian Groups, II Two Parabolic Generators	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Experimental Mathematics	6. 最初と最後の頁 443 ~ 451
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10586458.2018.1477079	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 Ohshika Ken'ichi, Papadopoulos Athanase	4. 巻 356
2. 論文標題 Homeomorphismes et nombre d'intersection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Comptes Rendus Mathematique	6. 最初と最後の頁 899 ~ 902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.crma.2018.06.009	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 Ken'ichi Ohshika	4. 巻 単行論文集
2. 論文標題 La topologie, la philosophie, et l'enseignement mathématique selon René Thom: le règne de la géométrie	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 René Thom: portrait mathématique et philosophique	6. 最初と最後の頁 323-340
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 Ken'ichi Ohshika	4. 巻 III
2. 論文標題 Degeneration of marked hyperbolic structures in dimensions 2 and 3	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Handbook of group actions	6. 最初と最後の頁 13-35
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 Ken'ichi Ohshika	4. 巻 単行論文集
2. 論文標題 Poincare's geometric worldview and philosophy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geometry in history	6. 最初と最後の頁 435-450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-13609-3_10	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 Ohshika Ken'ichi, Papadopoulos Athanase	4. 巻 189
2. 論文標題 Bijections of geodesic lamination space preserving left Hausdorff convergence	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monatshefte fur Mathematik	6. 最初と最後の頁 507 ~ 521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00605-018-1233-4	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 Paoluzzi Luisa, Sakuma Makoto	4. 巻 63
2. 論文標題 Prime amphicheiral knots with free period 2	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society	6. 最初と最後の頁 105 ~ 138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S0013091519000257	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 Miyachi Hideki	4. 巻 23
2. 論文標題 Pluripotential theory on Teichmuller space I: Pluricomplex Green function	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Conformal Geometry and Dynamics of the American Mathematical Society	6. 最初と最後の頁 221 ~ 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1090/ecgd/340	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 Miyachi Hideki	4. 巻 147
2. 論文標題 A dynamical approach to the infinitesimal spaces of quasiconformal mappings	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the American Mathematical Society	6. 最初と最後の頁 215 ~ 227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1090/proc/14243	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 Miyachi Hideki, Saric Dragomir	4. 巻 147
2. 論文標題 Convergence of Teichmuller deformations in the universal Teichmuller space	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the American Mathematical Society	6. 最初と最後の頁 4877 ~ 4889
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1090/proc/14598	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 MORIFUJI Takayuki	4. 巻 42
2. 論文標題 A Calculation of the Hyperbolic Torsion Polynomial of a Pretzel Knot	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tokyo Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 219 ~ 224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3836/tjm/1502179265	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 大鹿健一	4. 巻 69
2. 論文標題 Klein群の幾何とその応用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 数学	6. 最初と最後の頁 280-293
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 Miyachi Hideki, Ohshika Ken'ichi	4. 巻 24
2. 論文標題 Une formule differentielle de la longueur extremale et ses applications	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Annales mathematiques Blaise Pascal	6. 最初と最後の頁 115 ~ 133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5802/ambp.366	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 Ken'ichi Ohshika	4. 巻 -
2. 論文標題 The Origin of the Notion of Manifold: From Riemann's Habilitationvortrag Onward	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 From Riemann to Differential Geometry and Relativity	6. 最初と最後の頁 295-309
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-60039-0	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 Imdahl Christina, Gottschlich Carsten, Huckemann Stephan, Ohshika Ken'ichi	4. 巻 -
2. 論文標題 Mobius Moduli for Fingerprint Orientation Fields	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Imaging and Vision	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) 10.1007/s10851-017-0780-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 Lee Donghi、Sakuma Makoto	4. 巻 27
2. 論文標題 A family of two-generator non-Hopfian groups	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Algebra and Computation	6. 最初と最後の頁 655 ~ 675
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0218196717500321	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 Miyachi Hideki	4. 巻 69
2. 論文標題 Geometry of the Gromov product: Geometry at infinity of Teichmüller space	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the Mathematical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 995 ~ 1049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2969/jmsj/06930995	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 Miyachi Hideki	4. 巻 696
2. 論文標題 Extremal length functions are log-plurisubharmonic	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Contemporary Math	6. 最初と最後の頁 225 ~ 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1090/conm/696/14024	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 Takayuki Morifuji	4. 巻 -
2. 論文標題 A calculation of the hyperbolic torsion polynomial of a pretzel knot	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tokyo Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 Series Caroline, Tan Ser, Yamashita Yasushi	4. 巻 17
2. 論文標題 The diagonal slice of Schottky space	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Algebraic & Geometric Topology	6. 最初と最後の頁 2239 ~ 2282
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2140/agt.2017.17.2239	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 Miyachi Hideki, Ohshika Ken'ichi, Papadopoulos Athanase	4. 巻 47
2. 論文標題 Tangent spaces of the Teichmuller space of the torus with Thurston's weak metric	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Annales Fennici Mathematici	6. 最初と最後の頁 325 ~ 334
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.54330/afm.113702	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23件 (うち招待講演 22件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 大鹿健一
2. 発表標題 Projective lamination spaceの凸体実現とThurston距離の無限小剛性
3. 学会等名 リーマン面に関する位相幾何学 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大鹿健一
2. 発表標題 Realisation of measured laminations on the boundaries of convex cores
3. 学会等名 離散群と双曲空間の幾何学 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takayuki Morifuji
2. 発表標題 Simple Hurwitz groups and eta invariants
3. 学会等名 BOSTON UNIVERSITY/KEIO UNIVERSITY/Tsinghua University WORKSHOP 2021, Geometry and Mathematical Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森藤孝之
2. 発表標題 双曲的トーシヨン多項式と随伴トーシヨン多項式
3. 学会等名 トポロジーとコンピュータ 2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 作間誠
2. 発表標題 Homotopy motions of surfaces in 3-manifolds,
3. 学会等名 離散群と双曲空間の幾何学 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大鹿健一
2. 発表標題 Infinitesimal rigidity of Teichmüller space with the Thurston metric
3. 学会等名 リーマン面・不連続群研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Makoto Sakuma
2. 発表標題 "Monodromy groups" of Heegaard surfaces of 3-manifolds -Research announcement-
3. 学会等名 Intelligence of Low-dimensional Topology (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森藤孝之
2. 発表標題 双曲結び目・絡み目のねじれAlexander多項式
3. 学会等名 日本数学会2020年度秋季総合分科会トポロジー分科会特別講演 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hideki Miyachi
2. 発表標題 Complex Analysis on Teichmuller space
3. 学会等名 Teichmuller Theory: Classical, Higher, Super and Quantum (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ken'ichi Ohshika
2. 発表標題 Maximality of mapping class group actions
3. 学会等名 102e rencontre entre mathematically et physiciens theoriciens, IRMA, Strasbourg (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ken'ichi Ohshika
2. 発表標題 Thurston's bounded image theorem from today's point of view
3. 学会等名 Riemann surfaces and Teichmuller theory, Euler Institute, St Petersburg (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken'ichi Ohshika
2. 発表標題 Thurston's bounded image theorem
3. 学会等名 KIAS Workshop on low-dimensional topology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken'ichi Ohshika
2. 発表標題 Actions of mapping class groups on various spaces and their rigidity
3. 学会等名 CIMPA SCHOOL ON FINSLER GEOMETRY AND APPLICATIONS, BHU, Varanasi (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makoto Sakuma
2. 発表標題 Kleinian groups generated by two parabolic transformations
3. 学会等名 Low-dimensional topology, Oberwolfach (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hideki Miyachi
2. 発表標題 Poisson integral formula for Teichmüller space
3. 学会等名 Riemann surfaces and Teichmüller theory, Euler Institute, St Petersburg
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken'ichi Ohshika
2. 発表標題 Discontinuous motions of Cannon-Thurston maps
3. 学会等名 Geometric Topology Fair, KAIST, Daejeon, Korea (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ken'ichi Ohshika
2. 発表標題 Boundaries of quasi-Fuchsian spaces and continuous/discontinuous phenomena
3. 学会等名 GEOMETRY, GROUPS AND DYNAMICS, ICTS, Tata Institute for Fundamental Science, Bangalore, India (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ken'ichi Ohshika
2. 発表標題 Discontinuous motions of Cannon-Thurston maps
3. 学会等名 Geometrie des groupes et geometrie des 3-varietes : situation et perspectives. Luminy, Marseille (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 作間誠
2. 発表標題 3次元多様体のファイバー曲面とヘガード曲面
3. 学会等名 日本数学会 秋季総合分科会 幾何学賞特別講演 山形大学 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 作間誠
2. 発表標題 Fiber surfaces and Heegaard surfaces of 3-manifolds
3. 学会等名 Geometry of Moduli Space of Low Dimensional Manifolds 京都大学数理解析研究所 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideki Miyachi
2. 発表標題 Towards complex analysis on Teichmuller space with Thurston's theory
3. 学会等名 Geometry and physics, Dedicated to the memory of W.P.Thurston, University of Strasbourg (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮地秀樹
2. 発表標題 Toward complex analysis on Teichmuller space
3. 学会等名 日本数学会年会 幾何学分科会 特別講演, 東京大学 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下靖
2. 発表標題 The realization problem for Jorgensen numbers
3. 学会等名 リーマン面に関連する位相幾何学, 東京大学 (招待講演)
4. 発表年 2017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
研究分担者	作間 誠 (Sakuma Makoto) (30178602)	大阪市立大学・数学研究所・特別研究員 (24402)	
研究分担者	宮地 秀樹 (Miyachi Hideki) (40385480)	金沢大学・数物科学系・教授 (13301)	
研究分担者	山下 靖 (Yamashita Yasushi) (70239987)	奈良女子大学・自然科学系・教授 (14602)	
研究分担者	森藤 孝之 (Morifuji Takayuki) (90334466)	慶應義塾大学・経済学部(日吉)・教授 (32612)	

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2件

国際研究集会 Topology and Geometry of Low-dimensional Manifolds	開催年 2019年~2019年
--	--------------------

国際研究集会 Topology and Geometry of Low-dimensional Manifolds	開催年 2017年～2017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			
インド	Tata Instiute			
フランス	University de Toulouse			
中国	金陵科技学院			
シンガポール	Singapore Natonal University			
米国	University of Virginia			
フランス	Universite de Strasbourg			
中国	清華大学			
韓国	KIAS			
米国	CUNY			
ドイツ	Universitat Gottingen			
韓国	釜山大学			