2024年度教員紹介

名古屋大学大学院多元数理科学研究科

（2024年4月1日）

目　次

荒野　悠輝　（あらの　ゆうき／ARANO, Yuki）　准教授

研　究　室　多元数理科学棟 304 号室　　(内線番号 4877)

電子メール　y.arano@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　https://www.math.nagoya-u.ac.jp/~y.arano/index.html

所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 作用素環
- 量子群
- テンソル圏

研究テーマの概要

作用素環論は Hilbert 空間上の有界線形作用素のなす環で，このような環は位相空間上の連続関数のなす環の "非可換化" と思うことができるものです．このような立場から，"非可換な空間" の上の群構造について研究する分野が (作用素環論的な意味での) 量子群論です．このような量子群論は作用素環の重要な具体例であるだけでなく，作用素環論における Galois 理論の類似である部分因子環論などとも関連しています．

私は，このような量子群の表現論やトポロジー的な側面に興味をもって研究していますが，その過程で，(量子) 群の作用素環への作用の分類やより一般のテンソル圏などについても研究しています．

主要論文・著書

[1] Y. Arano, Unitary spherical representations of Drinfeld doubles. *J. Reine Angew. Math.* **742** (2018), 157–186

[2] Y. Arano, Comparison of unitary duals of Drinfeld doubles and complex semisimple Lie groups. *Comm. Math. Phys.* **351** (2017), no.3, 1137–1147.

[3] Y. Arano, Y. Isono. A. Marrakchi, Ergodic theory of affine isometric actions on Hilbert spaces, *Geom. Funct. Anal.* **31** (2021), no.5, 1013–1094.

受賞歴

- 2017 年, 日本数学会賞建部賢弘奨励賞, 「作用素環的量子群の研究」

経歴

2017 年　東京大学大学院数理科学研究科博士課程卒業
2017 年　京都大学大学院理学研究科数学専攻助教
2023 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科准教授

学生へのメッセージ

私の専門は作用素環論や量子群ですが，広い意味でこれらに属する内容ならある程度自由に選んでもらって構いません．私の詳しいことならもちろん，そうでないことについても一緒に勉強しましょう．私自身が学生時代に指導教員から自由な研究を後押ししてもらったことを感謝しているので，皆さんにも同じように指導できればと思っています．もし私の専門に近いことを勉強する場合は

- Murphy, Gerard J. C*-algebras and operator theory. Academic Press, Inc., 1990
- Jantzen, Jens Carsten. Lectures on quantum groups. Graduate Studies in Mathematics, 6. American Mathematical Society,, 1996
- Neshveyev, Sergey ; Tuset, Lars. Compact quantum groups and their representation categories. Cours Spécialisés, 20. Société Mathématique de France, 2013.

などを読んでもらうことが候補に上がります．その他には，スペクトルグラフ理論などを指導したこともあります．

セミナーでは，内容を深く理解して臨むことを期待します．例えば，メモなどを見ずに発表できるくらい理解していることは一つの目安になると思います．これは丸暗記するということではなく，皆さんはおそらく高校数学なら何も見ずに解説できると思いますが，分野のプロとして修士や博士を取得する以上，発表する内容については同等のレベルで理解していることが望ましいということです．

微分積分学，線形代数，位相空間論，基本的な群論，ルベーグ積分論，フーリエ解析，関数解析学は自由に使いこなせることが必須です．また，それ以外の内容についても知っていれば知っているだけ有利になります．学部で習うような数学はもちろん，表現論や確率論，トポロジー，数理物理などは深く関係しています．とはいえ，多くのことを知っていることは研究をする上で必須ではなく，基礎的なことを深く理解していることのほうがずっと重要です．

分野の枠にとらわれず，幅広く数学の興味を持つ人のほうが私との親和性が高いと思います．

栗田　英資　（あわた　ひでとし／AWATA, Hidetoshi）　准教授

研　究　室　多元数理科学棟 306 号室　　(内線番号 5601)
電子メール　awata@math.nagoya-u.ac.jp
ウェブページ　http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~awata/
所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 量子場の理論
- 無限次元代数の表現論
- 対称関数

研究テーマの概要

重力を含む相互作用の統一理論として有力視されている超弦理論は現在の所、最も包括的な理論で、その性質を理解する事は現代科学の最大の課題の一つです。超弦理論の更なる理解に欠かせない事は、その新しい幾何的構造及び代数的構造を把握することであると言えます。そこで、この根本にある数理的基本構造を解析する事を目的として研究を行っています。

これまでの研究テーマは主に、ヴィラソロ代数、W代数やアフィンリー代数などに代表される無限次元代数の表現論およびそれらの対称性を持つ量子場の理論、つまり超弦理論、共形場理論、2次元可解模型や位相的場の理論などの解析です。なかでも特に（量子変形）クニズニック - ザモロドチコフ方程式、ジャック多項式やマクドナルド多項式、およびネクラソフ分配関数などの性質を調べています。

主要論文・著書

[1] with Akihiro Tsuchiya and Yasuhiko Yamada, “Integral formulas for the WZNW correlation functions,” Nuclear Physics **B365** (1991), 680–696.
[2] with Satoru Odake and Jun’ichi Shiraishi, “Free Boson realization of $U_q(\widehat{sl_N})$,” Communications in Mathematical Physics **162** (1994), 61–83
[3] with Masafumi Fukuma, Yutaka Matsuo and Satoru Odake, “Representation Theory of the $\mathcal{W}_{1+\infty}$ Algebra,” Progress of Theoretical Physics, Supplement **118** (1995), 343–373
[4] with Harunobu Kubo, Satoru Odake and Jun’ichi Shiraishi, “Quantum W_N Algebras and Macdonald Polynomials,” Communications in Mathematical Physics **179** (1996), 401–416
[5] with Miao Li, Djordje Minic and Tamiaki Yoneya, “On the Quantization of Nambu Brackets,” Journal of High Energy Physics 0102 (2001) 013
[6] with Hiroaki Kanno, “Instanton counting, Macdonald function and the moduli space of D-branes,” Journal of High Energy Physics 0505 (2005) 039.
[7] with Yasuhiko Yamada, “Five-dimensional AGT Conjecture and the Deformed Virasoro Algebra,” Journal of High Energy Physics 1001 (2010) 125.
[8] with Boris Feigin and Jun’ichi Shiraishi, “Quantum Algebraic Approach to Refined Topological Vertex”, Journal of High Energy Physics 1203 (2012) 041.
[9] “Jack 多項式の物理,” 数理科学 **399** (1996), 12–19
[10] with 久保晴信, 守田佳史, 小竹　悟, 白石潤一, “共形場理論を越えて：変形ビラソロ代数が開く扉,” 日本物理学会誌 **57** (1997), 170–180 (3 月号解説).
[11] “多体問題の話題から：マクドナルド多項式をめぐって,” 数理物理への誘い **3** 江沢洋編, 45–69, 遊星社 2000.
[12] “頂点作用素の物理,” 数理物理への誘い **6** 小嶋泉編, 11–36, 遊星社、2006.

経歴

1993 年　北海道大学大学院 理学研究科物理学専攻 博士課程 修了
1993 年　京都大学 基礎物理学研究所 非常勤講師
1994 年　京都大学 数理解析研究所 学振特別研究員
1995 年　京都大学 基礎物理学研究所 学振特別研究員
1996 年　Enrico Fermi Institute and James Frank Institute of University of Chicago, Visiting Scholar
1998 年　京都大学 基礎物理学研究所 COE 研究員
1999 年　名古屋大学 多元数理科学研究科 助教授

学生へのメッセージ

- 今までに少人数クラスで扱ったテーマ、テキスト、
  B. Zwieback, "A First Course in String Theory", Cambridge univ. press, 2004.
  鈴木淳史著, 別冊 数理科学 SGC ライブラリ 47, "現代物理数学への招待, — ランダムウォークからひろがる多彩な物理と数理 —", サイエンス社, 2006.
  白石潤一著, 別冊 数理科学 SGC ライブラリ 28, "量子可積分入門 Lectures on Quantum Integrable Systems", サイエンス社, 2003.
  清水明著, 新物理学ライブラリ 別巻 2, "新版 量子論の基礎 その本質のやさしい理解のために", サイエンス社, 2004.
  九後汰一郎著, 新物理学シリーズ 23, "ゲージ場の量子論 I,II", 培風館, 1989.
- 今までに卒業研究で扱ったテーマ, テキスト,
  砂川重信著, 物理の考え方 4, "量子力学の考え方", 岩波書店, 1993.
  伊藤秀一著, 共立講座 21 世紀の数学 11, "常微分方程式と解析力学", 共立出版, 1998.
  吉田耕作著, 数理解析とその周辺 5, "物理数学概論", 産業図書, 1974.
  示野信一著, 別冊 数理科学 SGC ライブラリ 88, "演習形式で学ぶ リー群リー環", サイエンス社, 2012
- 今後少人数クラスで扱うことを考えているテーマ, テキスト,
- 学生に学んできてほしいこと,
- 当該分野の基本的な文献,
  山田泰彦著, "共形場理論入門", 培風館, 2006.
  J. Polchinski, "String Theory", Cambridge univ. press, 1998.
  V. Kac, "Infinite dimensional Lie algebras", Cambridge univ. press, 1990.
  I.G. Macdonald, "Symmetric functions and Hall polynomials", Second Edition, Oxford University Press, 1995.

ヨハネス・イェーリッシュ　(JAERISCH, Johannes)　准教授

研　究　室　理学部 A 館 329 号室　　(内線番号 5571)

電子メール　`jaerisch@math.nagoya-u.ac.jp`

ウェブページ　`http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~jaerisch/`

所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- エルゴード理論と力学系理論
- 熱力学形式
- フラクタル幾何学
- 幾何学的群論

研究テーマの概要

タイトル: 等角的力学系のエルゴード理論とフラクタル幾何学

力学系は物理と生物システムの時間発展的挙動の解析のための数学的なモデルである。力学系は，ある空間 X の上の自己写像 $T : X \to X$ で定義される。力学系 $T : X \to X$ と $x \in X$ に対して $x, T(x), T(T(x)), \ldots$ を x の軌道という。力学系理論における「カオス」とは、初期値の微小な誤差が時間とともに急速に拡大され、長期にわたる予測を困難にすることを指す。カオス的な挙動をもつような軌道の初期値はよくフラクタル集合になる（例えば複素多項式が定めるジュリア集合)。カオス力学系の時間発展的挙動の解析は魅惑的で重要な研究分野である。

私は、等角半群作用の力学系的性質とフラクタル幾何学的性質の相互作用を中心に研究している。私の研究の重要な例は有理関数で生成された半群のリーマン球面への作用 (参照 [3, 4])、双曲空間の上のクライン群の作用 (参照 [2], またはケイリーグラフへの作用に関する結果は参照 [5]) 及び等角的反復関数系 (参照 [1]) である。さらに、ランダム力学系と フラクタル関数（例えば、一般化された高木関数）の regularity を研究している。

幾何学と力学系の相互作用を調べるためのとても強力で普遍的な１つの道具立ては１９７０年代に Sinai, Ruelle, Bowen らが発展させた熱力学形式の数学的理論である。熱力学形式は、もとは統計物理学に由来するゴード理論 の分野で、今では純粋数学において非常に豊かな分野となっている。その目的は力学系のための有意義な不変測度を決定することと、それの統計的な性質を調べるための道具を供給することである。熱力学形式はコンパクト状態空間を持つ一様に双曲的な力学系の場合にはよく知られている。しかし、このクラスに含まれる力学系はかなり限定的であるため、エルゴード理論の研究では、弱いタイプの双曲性をもつより広いクラスへの一般化が求められている。

主要論文・著書

[1] J. Jaerisch, M. Kesseböhmer. *Regularity of multifractal spectra of conformal iterated function systems*, Trans. Amer. Math. Soc. **363** (2011), no. 1, 313-330.

[2] J. Jaerisch. *Recurrence and pressure for group extensions*, Ergodic Theory and Dynamical Systems **36** (2016), 108-126.

[3] J. Jaerisch, H. Sumi. *Dynamics of infinitely generated nicely expanding rational semigroups and the inducing method*, Trans. Amer. Math. Soc. **369**, (2017), no. 9, 6147-6187.

[4] J. Jaerisch, H. Sumi. *Pointwise Hölder exponents of the complex analogues of the Takagi function in random complex dynamics*, Adv. Math. **313** (2017) 839-874.

[5] J. Jaerisch, K. Matsuzaki. *Weighted cogrowth formula for free groups*, Groups, Geometry and Dynamics, to appear.

受賞歴

- 2018, 日本数学会賞建部賢弘特別賞 「エルゴード理論の研究およびその様々な分野への応用」

経歴

2011　ブレーメン大学　（ドイツ）　修了 博士　（Dr. rer. nat.）
2011　大阪大学大学院理学研究科外国人招へい研究員
2014　早稲田大学教育学部数理科日本学術振興会外国人特別研究員
2015　島根大学総合理工学部数理・情報システム学科　講師
2019　名古屋大学大学院 多元数理科学研究科 准教授

学生へのメッセージ

エルゴード理論は魅力的で活発な分野であり、確率論、幾何学や数論といった様々な分野に応用をもつ。フラクタル幾何学は新しい分野なので比較的早い段階で新しいことに挑戦できる。私のセミナーでは（カオス的な）力学系、確率論とフラクタル幾何学に関することを学ぶ。予備知識としては解析学、関数解析学、測度論、確率論が必要である。この分野の雰囲気を知るためには下記のテキストを読んでみると良い。

[1] R. Bowen. Equilibrium states and the ergodic theory of Anosov diffeomorphisms. Lecture Notes in Mathematics, Vol. 470. Springer-Verlag, Berlin-New York, 1975.
[2] F. Dal'Bo. Geodesic and horocyclic trajectories: Universitext. Springer-Verlag London, Ltd., London; EDP Sciences, Les Ulis, 2011.
[3] K. Falconer. Mathematical foundations and applications. Third edition. John Wiley and Sons, Ltd., Chichester, 2014
[4] A. Katok, B. Hasselblatt. A first course in dynamics. With a panorama of recent developments. Cambridge University Press, New York, 2003.
[5] D. Mauldin, M. Urbański. Graph directed Markov systems. Geometry and dynamics of limit sets. Cambridge Tracts in Mathematics, 148. Cambridge University Press, Cambridge, 2003.
[6] Y. Pesin. Dimension theory in dynamical systems. Contemporary views and applications. Chicago Lectures in Mathematics. University of Chicago Press, Chicago, IL, 1997.
[7] F. Przytycki, M. Urbański. Conformal fractals: ergodic theory methods. London Mathematical Society Lecture Note Series, 371. Cambridge University Press, Cambridge, 2010.
[8] P. Walters. An introduction to ergodic theory. Graduate Texts in Mathematics, 79. Springer-Verlag, New York-Berlin, 1982.

石井 亮 （いしい あきら／ISHII, Akira） 教授

研究室 多元数理科学棟 302 号室 (内線番号 2548)
電子メール akira141@math.nagoya-u.ac.jp
所属学会 日本数学会

研究テーマ

- 代数幾何学
- McKay 対応
- 導来圏

研究テーマの概要

最初に研究したのは，2次元の有理二重点（クライン特異点）上の加群の変形についてでした．これは曲面の特異点がその上の層のモジュライ空間にどう影響するかという問題を具体例で調べようと始めたものでした．加群の変形空間として，A 型の場合は冪零多様体が現れ，一般の場合も中島の箙多様体の退化したパラメータに対応すると思われる空間が得られました．ただし私の扱った変形空間は，その座標環が冪零元を持つようなものであり，その扱いに少し苦労しました．

クライン特異点は商特異点，すなわちアフィン平面 $\mathbb{C}^2$ の有限群 $G \subset \mathrm{SL}(2, \mathbb{C})$ による商として得られるものです．クライン特異点の解消の幾何学的記述と有限群 G の表現論との間に成り立つ綺麗で不思議な関係が McKay により見出され，(その一般化も含めて)McKay 対応と呼ばれています．伊藤と中村は，McKay 対応が G-軌道のヒルベルト・スキーム (G-Hilb) というものを用いると自然に記述できることを示しました．私はこの G-Hilb やその一般化について，次のようにいくつかの研究をしました．

次元を一つ上げて，$\mathbb{C}^3$ の有限群 $G \subset \mathrm{SL}(3, \mathbb{C})$ による商を考えます．この時も G-Hilb は商特異点の良い解消（クレパント解消と呼ばれます）であることがわかっていました (Bridgeland-King-Reid)．しかし，2次元の時と違って，クレパント解消は一つとは限りません．G-Hilb はその中の一つであるわけですが，他のクレパント解消も同様に扱うために，Craw 氏と共同で G-constellation というものを導入し，G が可換群の場合には任意のクレパント解消がそのモジュライ空間として実現できることを示しました．ここでは，導来圏というものとその間の関手である Fourier-向井変換というものが本質的に使われています．G が非可換の場合もやりたかったのですが，まだできていません．

また，主に植田一石氏とともに，ダイマー模型というものについて研究しました．これは，ある種の 3 次元特異点と関係がありますが，この関係は可換群 $G \subset \mathrm{SL}(3, \mathbb{C})$ に対する McKay 対応 の拡張として，弦理論の物理学者たちにより見出されたものです．ダイマー模型から非可換環が定まり，(ダイマー模型が良い場合は）その非可換環が導来圏というものを通じてある 3 次元の特異点と結びつくのです．これらを安直に高次元化しようとすると色々と難しくなりそうなのですが，何か良いアイデアはないものかと思っています．

このような流れで McKay 対応の研究をしていると，導来圏というものが重要な役割を果たしていることに気づきます．代数多様体の連接層の導来圏そのものの構造に関する研究もミラー対称性や双有理幾何学等様々な視点から面白く，上原氏や植田氏と特に A 型のクライン特異点の最小特異点解消の導来圏の場合に，自己圏同値のなす群や，Bridgeland 安定性条件の空間について結果を得ました．導来圏については，様々な興味深い現象があり，それらの理解を模索しています．

主要論文・著書

[1] A. Ishii, On the moduli of reflexive sheaves on a surface with rational double points, Math. Ann. **294** (1992), 125–150.

[2] A. Ishii, Versal deformation of reflexive modules over rational double points Math. Ann. **317** (2000), 239–262.

[3] A. Ishii, On the McKay correspondence for a finite small subgroup of $\mathrm{GL}(2, \mathbb{C})$, J. Reine Angew. Math. **549** (2002), 79–106.
[4] A. Craw and A. Ishii, Flops of G-Hilb and equivalences of derived categories by variation of GIT quotient, Duke Math. J. **124** (2004), 259–307.
[5] A. Ishii and H. Uehara, Autoequivalences of derived categories on the minimal resolutions of A_n-singularities on surfaces, J. Differential Geom. **71** (2005), 385–435.
[6] A. Ishii, and K. Ueda, On moduli spaces of quiver representations associated with dimer models, RIMS Kôkyûroku Bessatsu **B9** (2008), 127–141.
[7] A. Ishii, K. Ueda and H. Uehara, Stability conditions on A_n-singularities, J. Differential Geom. **84** (2010), 87–126.
[8] A. Ishii, Y. Ito and N. Álvaro, On G/N-Hilb of N-Hilb, Kyoto J. Math. **53** (2013), 91–130.
[9] A. Ishii, and K. Ueda, Dimer models and the special McKay correspondence, Geom. Topol. **19** (2015), 3405–3466.
[10] A. Ishii, G-constellations and the maximal resolution of a quotient surface singularity, Hiroshima Math. J. **50**(2020), 375–398.
[11] A. Ishii, S. Okawa, and H. Uehara, Exceptional collections on Σ_2, preprint, arXiv:2107.03051

経歴

1993年　京都大学大学院理学研究科博士後期課程単位取得退学
1993年　京都大学理学部助手
2000年　京都大学大学院工学研究科講師
2005年　広島大学大学院理学研究科助教授（理学部担当）
2014年　広島大学大学院理学研究科教授（総合科学部担当）
2018年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科教授

学生へのメッセージ

代数幾何を本格的に勉強するには，まずは

- Robin Hartshorne, Algebraic Geometry(Graduate Texts in Mathematics. 52), Springer, 1977

を読むのが良いと思います．あるいは，日本語の本で

- 宮西 正宜, 代数幾何学 (数学選書10) , 裳華房, 1990

も良いかもしれません．その後は私の研究している事に近い方向であれば，例えば

- D. Huybrechts, Fourier-Mukai Transforms in Algebraic Geometry, Oxford Univ. Press，2006

などを読んでみるという事も考えられますが，上記に限らず，代数幾何学に関係していて面白いと思った題材を見つけてもらえれば，できるだけお付き合いしたいと思います．

これまでに少人数クラステキストとして使用したことのあるもの：

- 向井茂, モジュライ理論 I, II，岩波書店，2008
- Robin Hartshorne, Algebraic Geometry(Graduate Texts in Mathematics. 52), Springer, 1977
- Kenji Matsuki, Introduction to the Mori Program (Universitext), Springer, 2002

泉　圭介　（いずみ　けいすけ／IZUMI, Keisuke）　准教授

研　究　室　多元数理科学棟 502 号室　　(内線番号 5599)

電子メール　izumi@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　https://www.math.nagoya-u.ac.jp/~izumi/
https://www.math.nagoya-u.ac.jp/~izumi/index-e.html　(in English)

所 属 学 会　日本物理学会

研究テーマ

- 重力理論
- 宇宙論

研究テーマの概要

私は、重力理論の数理的構造に興味を持って研究しています。最終的な目標は、完全な量子重力理論の構築です。

重力理論の基礎理論として、アインシュタインにより提唱された一般相対性理論があります。一般相対性理論は面白い数理構造を持っており、現在もその数理構造について盛んに研究されています。また、一般相対性理論は物理理論としてもすぐれた古典重力理論であり、現時点で実験や観測の結果との矛盾はありません。

一般相対性理論は非常に優れた理論でありますが、「その整合的な量子理論が作られていない」という問題があります。重力以外の基礎物理は量子論で表されており、重力を含めすべての理論を統合して扱うには重力理論の量子化が必要です。一般相対性理論はそのままでは量子化できないため、それを修正・拡張することで（もしくは量子論も修正することで）、全ての物理現象を表す究極理論を構築しようと試みられています。その有力候補が超弦理論です。

量子重力理論の構築には、以下の 3 つの研究が重要です。

- 古典重力基礎理論である一般相対性理論の数理構造を調べる。
- 一般相対性理論を基にその拡張を探り、量子重力理論に迫る。
- 量子重力の候補とされる理論（超弦理論など）の数理を探る。

私は主に、2 番目テーマの研究をしています。具体的には、高次元時空での一般相対性理論の性質や、拡張された理論での因果構造解析などを行っています。

主要論文・著書

[1] K. Izumi, K. Koyama, O. Pujolas and T. Tanaka, “Bubbles in the Self-Accelerating Universe,” Phys. Rev. D **76**, 104041 (2007)

[2] K. Izumi, “Orthogonal black di-ring solution,” Prog. Theor. Phys. **119**, 757 (2008)

[3] K. Izumi, “Causal Structures in Gauss-Bonnet gravity,” Phys. Rev. D **90**, no. 4, 044037 (2014)

[4] R. Emparan, K. Izumi, R. Luna, R. Suzuki and K. Tanabe, “Hydro-elastic Complementarity in Black Branes at large D,” JHEP **1606**, 117 (2016)

[5] Y. Abe, T. Inami and K. Izumi, “Perturbative S-matrix unitarity ($S^\dagger S = 1$) in $R^2_{\mu\nu}$ gravity,” Mod. Phys. Lett. A **36**, no.16, 2150105 (2021)

[6] K. Izumi, Y. Tomikawa, T. Shiromizu and H. Yoshino, “Area bound for surfaces in generic gravitational field,” PTEP **2021**, no. 8, 083E02 (2021)

経歴

2009 年	京都大学大学院 理学研究科博士後期課程　修了
	京都大学 博士（理学）
2009 年	東京大学 数物連携宇宙研究機構　特任研究員
2011 年	京都大学 基礎物理学研究所　研究員
2011 年	台湾大学 Leung Center for Cosmology and Particle Astrophysics 卓越研究員
2015 年	バルセロナ大学　物理学科　研究員
2016 年	名古屋大学大学院 基礎理論研究センター/多元数理科学研究科 助教
2019 年	名古屋大学大学院 素粒子宇宙起源研究所/多元数理科学研究科 助教
2021 年	名古屋大学大学院 素粒子宇宙起源研究所/多元数理科学研究科 講師

学生へのメッセージ

一般相対性理論はシンプルな理論ですが、奥が深いです。また、量子重力理論は多くの研究者が構築を試みていますが、未だ完成していないチャレンジングな研究対象です。どちらかの（or どちらとも）勉強を始めたいという方がいらっしゃいましたら、ぜひ声をおかけください。できる限りお手伝いいたします。

重力理論を理解するには、まず一般相対性理論を理解することが大切です。一般相対性理論の教科書は、例えば以下ものがあります。

- R. M. Wald, General Relativity, Chicago University Press

一般相対性理論の基礎を習得した後に、皆さんの興味に応じて他の文献を読み進めるのがよいと思います。

植田　好道　（うえだ　よしみち／UEDA, Yoshimichi）　教授

研　究　室　多元数理科学棟 301 号室　(内線番号 2823)

電子メール　ueda@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~ueda/

研究テーマ

- 作用素環論を基礎とした非可換解析学
- 自由確率論
- 作用素論

研究テーマの概要

作用素環論を基礎に比較的広範な話題を研究してきました．作用素環論の研究の醍醐味は非可換現象との格闘と無限次元性の克服です．非可換性から代数的定式化／取り扱いが重要で，無限次元性から解析の力が要求されるのが面白いところです．

これまでの私の研究のキーワードは，フォン・ノイマン環，自由積・融合積・HNN 拡大，量子群，部分因子環，Jones 指数，エルゴード的同値関係，自由確率論，ランダム行列，非可換関数空間，作用素論，です．基本的に，微分よりは積分・測度が前面に出る解析学の話題が好きですが，作用素環論の考え方を基礎にそれ以前に取り上げられなかった話題を発掘して基礎から考えると言った調子の研究が好きです．

主要論文・著書

[1] Yoshimichi Ueda, A minimal action of the compact quantum group $\mathrm{SU}_q(n)$ on a full factor. Journal of Mathematical Society of Japan, Vol. 51 (1999), 449 – 461.

[2] Dimitri Shlyakhtenko and Yoshimichi Ueda, Irreducible subfactors of $L(\mathbb{F}_\infty)$ of index $\lambda > 4$. Journal für die reine und angewandte Mathematik, Vol. 548 (2002), 149 – 166.

[3] Fumio Hiai, Denis Petz and Yoshimichi Ueda, Free transportation cost inequalities via random matrix approximation. Probability Theory and Related Fields, Vol. 130 (2004), 199 – 211.

[4] Fumio Hiai, Takuho Miyamoto and Yoshimichi Ueda, Orbital approach to microstate free entropy. International Journal of Mathematics, Vol. 20 (2009), 227–273.

[5] Yoshimichi Ueda, On peak phenomena for non-commutative H^∞. Mathematische Annalen, Vol. 343 (2009), 421–429.

[6] Yoshimichi Ueda, Factoriality, type classification and fullness for free product von Neumann algebras. Advances in Mathematics, Vol. 228 (2011), 2647–2671.

[7] Yoshimichi Ueda, Discrete cores of type III free product factors. American Journal of Mathematics, Vol. 138 (2016), 367–394.

[8] Yoshimichi Ueda, Matrix liberation process I: Large deviation upper bound and almost sure convergence. Journal of Theoretical Probability, Vol. 32 (2019), 806–847.

経歴

1999 年 3 月	九州大学大学院数理学研究科単位取得退学
1999 年 4 月	広島大学理学部助手
1999 年 9 月	九州大学より学位取得
2002 年 4 月	九州大学大学院数理学研究院助教授
2017 年 10 月	名古屋大学大学院多元数理科学研究科教授

学生へのメッセージ

私は修士1年の冬に海外から来られた当時新進気鋭の若手研究者のセミナー講演とその頃に読んだ古い論文に触発されて研究を始めました．その時に興味を持った問題を具体化して解決するのには随分と時間が必要でしたが([6],[7])，逆にそこに至る紆余曲折した道のりの中で，量子群 ([1])，subfactor 理論 ([2])，ランダム行列 ([3])，ハーディー空間の非可換版 ([5]) などの研究も行い経験を積むことができました．狙い通りに研究が進むというのは一見幸せなようで思いがけない出会いを排除することになり物事は単純ではない，というのが私の経験です．この経験から，私が研究している話題に限定せず，個々の学生の適性に応じた話題を勧め，学生各々が研究することを支援するというのが私の基本方針です．というわけで，私は作用素環論の専門家と分類されるとは思いますが，私の学生で作用素環論そのものに取り組んだ人はよく考えるとそう多くありません．

大学院入学以前に準備すべき予備知識について説明します．まず，微分積分学，線型代数学，一般位相，複素関数論，ルベーグ積分論，フーリエ解析，関数解析はよく理解しておく必要があります．前者5科目は普通の数(理)学科なら1,2年で習う科目です．ルベーグ積分論・フーリエ解析は3年生で提供されると思いますし，教科書も色々あります．また，関数解析としては，日合文雄・柳研二郎「ヒルベルト空間論と線型作用素」(オーム社)の4章までを学ぶとよいです．さらに，後者の4科目に関しては，Rudin による Real and Complex Analysis という赤い本をよく勉強しておくと素晴らしいです．つまり多元数理の修士課程受験勉強に加えて，日合・柳の本とRudinの本の内容をよく理解して進学すると可能性が広がります．さらに代数学，幾何学の初歩をよく理解していて，確率論にある程度親しんでいると非常に有利ですが，これらはあくまでも有利という程度のことです．実際，私は確率論の専門家の下で特別な修行したことはありませんが，必要に迫られて確率論の技術を必要とする研究を行っています([8] およびそれに続く研究; [4] に関連)．その経験から言えば，必要性と強い興味に加えて基礎学力があれば，なんでも(真に必要なことなら)使えるようになるものですので，あれこれつまみ食いして何も深く理解していないという状況に陥るのは避けるべきでしょう．ただし，解析学を学ぶ上で標準的な不等式評価の技法等に習熟しておく(様々な不等式を知っているというのとは違って，3角不等式などを使って収束を示したり，そういった類の標準的な技法に十分慣れている状態である)必要があります．こう言った数学の基礎力が欠けていると大学院で解析学系統の話題を研究するのは困難ですので，私のところで学ぶ場合は，かなり内容に制限がつきます．また，研究仲間から聞いたことで「研究にはガッツが大切」という言葉がありますが，ガッツはとても重要です．

研究課題に対する私の立ち位置について述べます．私は作用素環論の枠組みをかなり緩く捉えており，これまで学生の方々には伝統的な作用素環論の枠には収まらない研究話題を勧めることがよくありました．勧める話題はその時々の研究動向や私の興味に左右するものですのでここでは例示しませんが，個別の問合せには説明します．研究者を目指す指導学生には，(拡大解釈した作用素環論に関わる研究テーマの中で)私の研究とは基本的に独立なテーマを勧めます．また，可能な限り周りの人たち(学生たち)とも異なるものになるように心がけています．これは私も含めた周りの人々と切磋琢磨して研究されることを望んでいるからです．

これまで，作用素環論に加えて，エルゴード理論と幾何学的普遍量，行列解析，関数論と作用素論の境界領域，ユニタリ表現論と確率論，ランダム行列と言った話題などに取り組む学生を指導しました．作用素環論は，先入観を捨てれば色々な話題に接点を持ち得る分野で，些細なことでも自分で考えてみたい，という学生の皆さんと数学に取り組むのが私の理想です．

宇澤　達　（うざわ　とおる／UZAWA, Tohru）　教授

研　究　室　多元数理科学棟 305 号室　　(内線番号 2461)

電子メール　uzawa@math.nagoya-u.ac.jp

研究テーマ

- 研究テーマ 1 (表現論)
- 研究テーマ 2　表現論と代数幾何
- 研究テーマ 3　時系列解析, 応用数学

研究テーマの概要

専門は表現論, 特に群と幾何が交錯する分野である. また現在では, 会社などから相談を受けて, 応用的な問題を考えることも始めた.

まず表現論について説明する. この分野では, さまざまな体の上の, 等質空間 G/H 上の調和解析が基本的な問題である. 私の基本的な立場は, 等質空間 G/H は, なんらかの図形を分類する空間としてとらえるところにある. 例えば, グラスマン多様体は, 射影空間の中の k 次元部分空間を分類する空間であり, $PGL(n)/O(n)$ は二次超曲面を分類する空間である. $PGL(n)/O(n)$ はコンパクトな空間ではないが, 図形でみれば, 二次超曲面には退化が存在することに対応する. 例えば, 二次曲線はパラメータを動かすことにより, 二本の直線, 二重線に退化させることができる. 接線の全体を考えると双対射影平面の中の双対曲線ができ, 二次曲線の双対曲線はまた二次曲線となる. 二次曲線 C に対して, 曲線本体 C と双対曲線 $\hat{C}$ の退化を同時に考えると complete conics とよばれるコンパクト化が得られ, 代数幾何的に非常に良い性質, 例えば正規交叉を持つ因子によるコンパクト化であることがわかる. このコンパクト化を一般化したのが, 極大佐武コンパクト化, 大島コンパクト化, DeConcini-Procesi コンパクト化などの名前で知られているコンパクト化である. G/H の調和解析は, p-進体の場合には未知の部分が多いが, このコンパクト化を用いてさまざまな予想を定式化して証明するのが大きな目標である.

応用系の問題については, 例えば, 電気信号をモニターしながら, ショックがいつ与えられたかを判定する問題など時系列に関係する問題を考察した. このような問題にはウエーブレットといった実解析的な手法が自然に関係する. また, 表皮は, 蜂の巣状のきれいな構造をもっている. その構造の乱れは, 皮膚下にある幹細胞の異常と関係していると考えられ, その乱れを数値化する試みを行っている. パターン認識, セルラオートマトンの話などが登場する.

主要論文・著書

[1] T. Uzawa, On equivariant completions of algebraic symmetric spaces, in *Algebraic and Topological Theories*. Kinokuniya, Tokyo, 1985, pp. 569–577

[2] I. Mirković, T. Uzawa, K. Vilonen, Matsuki correspondence for sheaves, Invent. Math., **109** (1992), no. 2, 231–245.

[3] T. Uzawa, Symmetric varieties over arbitrary fields, C.R.Acad. Sci. Paris Sér. I Math., **333** (2001), no. 9, 833–838.

学生へのメッセージ

博士前期課程（修士課程）における少人数クラスのテーマとしては，

> 有限群の表現論とその応用，実リー群と幾何，p-進体上の簡約群，数え上げ幾何，統計解析, など

が挙げられる．これらのテーマはさまざまな形で相互に結びついており，1 つのテーマで学んだことを足がかりにして別のテーマに取り組むことも可能である．テキストとして代表的なものには，

1. J. P. Serre, 有限群の線形表現, 岩波書店,
2. I. M. Gel'fand, M. I. Graev, Ilya Piatetski-Shapiro, *Representation theory and automorphic functions*, Academic Press, c1990.
3. Ilya Piatetski-Shapiro, *Complex representations of* $GL(2, K)$ *for finite fields* K, American Mathematical Society, c1983.
4. David J. C. MacKay, *Information Theory, Inference, and Learning Algorithms* Cambridge University Press, 2004
5. H. Dym, H. P. McKean, *Fourier series and integrals*, Academic Press, 1972

がある.

予備知識としては, レベル 1 の知識（学部 3 年生までに学習する程度のもの）があれば十分である. むしろ, 具体的な素材を扱うことを通して, 線形代数, 微分積分がいかに強力な道具か, 実感してもらうのがこのセミナーの目的といえよう. また, このセミナーでは表現論に関連するいわゆる純粋数学の問題も, 他分野（工学, 医学, 企業）で生じる数学的な問題を考えたい人も大歓迎である.

大内　元気　（おおうち　げんき／OUCHI, Genki）　助教

研　究　室　理学部 A 館 353 号室　(内線番号 5567)

電子メール　genki.ouchi@math.nagoya-u.ac.jp

研究テーマ

- 代数幾何学
- 広義の Calabi-Yau 多様体と Fano 多様体
- 導来圏

研究テーマの概要

空間を記述する古典的な手法として,

(A) 方程式を用いるもの

(B) パラメーターを用いるもの

があります.

いくつかの多項式の共通零点として記述できるような空間を代数多様体といいます. 代数幾何学は, 代数多様体を研究する学問です. 代数多様体は, その定義から (A) の手法に基づいた研究対象となります. 代数幾何学においても (B) の手法が有効な場合があります. 代数多様体 M の点が, 特定の数学的対象によってパラメトライズされているとき, M はモジュライ空間と呼ばれます. 私は, K3 曲面や既約正則シンプレクティック多様体, Fano 多様体の幾何学について, 代数幾何学やモジュライ理論の観点から研究してきました. 代数幾何学の古典的な手法やモジュライ理論に加えて, 連接層の導来圏の理論を用いることで個々の代数多様体の深い性質を記述することを目指しています.

K3 曲面は 2 次元の Calabi-Yau 多様体であり, 代数曲面の中でも基本的な対象です. K3 曲面は, (A) の手法に基づいた代数多様体としての具体的記述だけでなく, (B) の手法に基づいたモジュライ空間としての記述をもつことがあります. このことから, K3 曲面は, (A) と (B) の両方の手法を用いて研究することができます. 既約正則シンプレクティック多様体は, 正則シンプレクティック形式の存在に注目して, K3 曲面を一般化した概念です. 高次元の既約正則シンプレクティック多様体の具体例は, K3 曲面やアーベル曲面に関連するモジュライ空間を用いて構成されます. 連接層の導来圏は, モジュライ理論と相性が良い概念で, K3 曲面や既約正則シンプレクティック多様体を調べる上で有用な道具になります. 論文 [1] や [2] では, 連接層の導来圏とモジュライ理論を用いることで, 既約正則シンプレクティック多様体の幾何学について調べました.

代数多様体 X に対して, X 上の連接層の導来圏 $D(X)$ が定義されます. $D(X)$ は, X 上の連接層の有界複体からなる三角圏です. Kontsevich によるホモロジー的ミラー対称性予想の提唱以降, 連接層の導来圏は代数幾何学, シンプレクティック幾何学, 表現論, 超弦理論など様々な分野と密接に関わりながら研究されてきました. 連接層の導来圏は, 異なる数学的対象を結びつけるのに長けた不変量だといえます. 論文 [3] では, 4 次元 3 次超曲面と K3 曲面の導来圏の関係を用いて, 4 次元 3 次超曲面と K3 曲面の対称性を比較しました.

4 次元 3 次超曲面は Fano 多様体ですが, 様々な観点から K3 曲面とよく似た性質をもちます. K3 曲面と似た性質をもつ Fano 多様体は, 4 次元 3 次超曲面以外にもいくつか知られています. 連接層の導来圏を用いて, このような Fano 多様体と K3 曲面について統一的に調べていこうと考えています.

主要論文・著書

[1] G. Ouchi, Lagrangian embeddings of cubic fourfolds containing a plane, Compositio Math., **153** (2017), no. 5, 947–972.

[2] G. Ouchi, Automorphisms of positive entropy on some hyperKähler manifolds via derived automorphisms of K3 surfaces, Adv. Math., **335** (2018), 1–26.

[3] G. Ouchi, Automorphism groups of cubic fourfolds and K3 categories, Algebraic Geometry., **8** (2) (2021), 171–195.

経歴

2017年	東京大学大学院数理科学研究科数理科学専攻博士課程修了
2017年	日本学術振興会特別研究員PD
2018年–2020年	理化学研究所数理創造プログラム基礎科学特別研究員
2020年	名古屋大学大学院多元数理科学研究科助教

学生へのメッセージ

代数幾何学の定番の教科書は,

(1) M.F. Atiyah, I.G. Macdonald, Introduction to Commutative Algebra, Westview Press (1968)
(2) R. Hartshorne, Algebraic Geometry, Graduate Texts in Mathematics **52**, Springer (1977)

です. (1) は, 可換環論の入門書, (2) はスキーム論に基づいた代数幾何学の入門書です. (1) と (2) は, 代数学の言葉で書かれています. 複素数体上定義された代数多様体を扱う際は, スキーム論に基づいた代数的な視点だけでなく多様体論に基づいた幾何学的な視点も重要です.

(3) 川又 雄二郎, 代数多様体論, 共立出版, 21世紀の数学 19巻.

(3) では, 複素代数幾何学でよく使う基本的な事柄がコンパクトにまとまっています.

連接層の導来圏の定番の教科書は,

(4) D. Huybrechts, Fourier-Mukai Transforms in Algebraic Geometry, Oxford Univ. Press (2006)

です. (4) で連接層の導来圏について基本的な事柄をある程度学んだら, あとは興味のある論文を読んでいくといいと思います.

(5) 戸田 幸伸, 連接層の導来圏に関わる諸問題, 数学書房, 問題・予想・原理の数学 1.

(5) は, 連接層の導来圏について解説した読み物です. 技術的な細部よりもストーリーを重視して書かれています. 連接層の導来圏に興味がある人は参考になると思います.

大久保　俊　（おおくぼ　しゅん／OHKUBO, Shun）　講師

研　究　室　理学部A館 351号室　　　(内線番号 2431)

電子メール　shuno@math.nagoya-u.ac.jp

所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 完備離散付値体のp進表現
- p進微分方程式

研究テーマの概要

私の専門はp進的な代数的整数論です．Taylor, Wilesによる Fermat予想の証明の成功にみられるように，現代の整数論において代数多様体とそのp進エタールコホモロジーを調べる事が重要です．有理数体$\mathbb{Q}$上定義された代数多様体のp進エタールコホモロジーには自然に$\mathbb{Q}$の絶対ガロア群が作用しますが，この群は非常に大きいため，比較的小さな分解群（例えばp進数体$\mathbb{Q}_p$の絶対ガロア群）ごとに制限して局所的な情報を取り出します．このようにして現れる局所体のp進表現を扱う際に基礎的になるものがFontaineの理論です．おおざっぱに言うと，この理論は表現のクラスをp進周期環を用いて分類して，それに対応するp進ホッジ構造という線型代数的な対象を用いて記述するものです．Bergerは，p進ホッジ構造をp進微分方程式の解空間と結びつけてFontaineのp進monodromy予想を解決しました．一方でFontaineの理論はBrinonらにより，局所体を非完全な剰余体を持つ完備離散付値体に置き換えた一般化がされていますが，私は博士課程からポスドクの時期においてBrinonの設定のもとで，Bergerの理論の一部を一般化しました（[1，2]）．

また，最近ではp進微分方程式の解の持つ漸近的性質にも興味を持っています．p進数体は位相空間として全不連結なので，解析接続のnaïveな類似は成立しません．そのためp進微分方程式を調べる際には，解の存在以外にも解の収束円（境界）での漸近的振る舞いを調べる事も重要になります．Dworkは1970年頃，この観点に立ち基礎的な理論を作り，基本的な予想を述べました．この予想に関してしばらくの間大きな進展はありませんでしたが，2000年代後半にChiarellotto-Tsuzuki, Andréらによって Dworkの研究が見直され，いくつかの進展がありました．私はAndréによる解のlogarithmic growth Newton polygonの特殊化の問題に対し反例を構成しました（[3]）．現在もDworkの理論をより深く掘り下げるために勉強・研究をしています．

主要論文・著書

[1] S. Ohkubo，The p-adic monodromy theorem in the imperfect residue field case, Algebra and Number Theory 7 (2013), No. 8, 1977–2037.

[2] S. Ohkubo，On differential modules associated to de Rham representations in the imperfect residue field case, arXiv:1307.8110.

[3] S. Ohkubo，A note on logarithmic growth Newton polygons of p-adic differential equations, to appear in International Mathematics Research Notices 2014; doi: 10.1093/imrn/rnu017.

受賞歴

- 2014年, 日本数学会賞建部賢弘奨励賞, 「剰余体が非完全な局所体のp進ガロア表現の研究」

経歴

2012年	東京大学大学院数理科学研究科数理科学専攻 博士課程修了
2012年-2015年	日本学術振興会特別研究員PD

学生へのメッセージ

代数的整数論の基礎としては，

(a) J.-P. Serre, ”数論講義”

(b) J.-P. Serre, ”Local fields”，もしくは

(c) J. W. S. Cassels，A．Frohlich, ”Algebraic number theory”

などの内容を知っていれば十分だと思います．これらに加え楕円曲線に関して

(d) J. H. Silverman, ”The arithmetic of elliptic curves”

程度の知識があると研究の幅が広くなると思います．私は (a)，(c)，(d) を学部時代のセミナーで読みました．私の専門である，完備離散付値体上の p 進表現論及び p 進微分方程式を勉強する際に基本的な文献だと思われるものを挙げます．

（A） 完備離散付値体上の p 進表現論

1. J.-M. Fontaine, Y. Ouyang，”Theory of p-adic Galois representations”
2. O. Brinon, B. Conrad，”CMI summer school notes on p-adic Hodge theory”
3. L Berger，”An introduction to the theory of p-adic representations”
4. J. Tate，”p-divisible groups”

1，2 は局所体の p 進表現に関する Fontaine の理論の基本的な部分をカバーしています．まとまった文献としてはこの 2 つがいいように思います．3 は survey ですが概観をつかむのに適していると思います．4 は私が初めて読んだ論文で，古いですが重要なアイデアを含んでいます．

（B） p 進微分方程式

5. K S. Kedlaya，”p-adic differential equations”
6. B. Dwork, ”On p-Adic Differential Equations II: The p-Adic Asymptotic Behavior of Solutions of Ordinary Linear Differential Equations with Rational Function Coefficients”

5 は p 進微分方程式についてよくまとめられている本です．やや技術的ですが，読みこなせると p 進的な感覚が身につくと思います．後半部分では（self-contained ではないですが）advanced topics も扱っており，この本の後に勉強すべき話題を探す際に役に立つと思います．6 は私が上述の Dwork の理論に初めて触れた論文で，最初に読むには歴史的にも，重要性からしても適していると思います．

（A)，（B）どちらにおいてもより深い話題については個別の論文を読まなくてはなりません．基礎的な事を身につけた後で何を研究するかは，学生の自主性を重んじます．

学生に要望することですが，（A）もしくは（B）を勉強しようと思っている場合は，事前に 3 もしくは 5 の § 0 に目を通しておいて下さい．もちろん事前に十分相談した上でならば（A)，（B）以外の事を勉強することも歓迎です．

自分の経験上，修士課程の最初の数ヶ月は学部時代とのテキストのレベルのギャップに苦しむかもしれません．本を読んでもあまり進まないかもしれませんが，わからない部分をとことん考え抜くことが研究での粘り強さに結びつくと思います．

太田　啓史　（おおた　ひろし／OHTA, Hiroshi）　教授

研　究　室　理学部A館 325号室　(内線番号 2543)

電子メール　ohta@math.nagoya-u.ac.jp

所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- シンプレクティック幾何・Floer 理論
- ゲージ理論と低次元幾何

研究テーマの概要

幾何学を研究しています。特に最近は、解析力学を起源にもつシンプレクティック幾何を中心に研究しています。(シンプレクティック多様体とは、非退化な閉2次微分型式をもった多様体のことで、解析力学で用いられる余接束や複素射影空間の部分多様体などが典型例です。) その中でも、特異点とシンプレクティック幾何／接触幾何との関係や、シンプレクティック幾何におけるフレアー(Floer) コホモロジーを A_∞ 代数と呼ばれるある種のホモトピー代数構造の観点で研究を進めています。ホモトピー代数構造自体は古い対象ですが、それは物理などの影響を受けながら深化してきています。物理の弦理論から予言されたミラー対称性予想によれば、あるシンプレクティック多様体 X に対し、そのミラーと呼ばれる複素多様体 $\check{X}$ が存在し、X のシンプレクティック幾何学と $\check{X}$ の複素幾何学が「等価」になります。これが正しいと、X 上のある種の非線形偏微分方程式の解を用いて定義されるシンプレクティック不変量が $\check{X}$ の線形微分方程式で定義される複素不変量で書けるなど驚くべき結果が出たりします。Floer コホモロジーはそのようなシンプレクティック不変量で主たる重要なもので、現在活発に研究されています。我々のここ十数年間にわたる研究（下の1-[1]）は、カテゴリー (圏論) レベルに昇華したミラー対称性予想において、シンプレクティック幾何側での数学的基礎付けを与えるものです。最近は、Floer 理論の基礎理論だけでなく、新しい具体的応用も得られてきました。他にも低次元多様体とゲージ理論なども研究していました。

主要論文・著書

1. Floer 理論・ミラー対称性予想に関連するもの：

[1] K. Fukaya, Y-G Oh, H. Ohta and K. Ono, Lagrangian intersection Floer theory –Anomaly and Obstruction–. vol **46-1**, vol **46-2**. AMS/IP Studies in Advanced Mathematics, American Mathematical Society/International Press (2009).

[2] K. Fukaya, Y-G Oh, H. Ohta and K. Ono, Lagrangian Floer theory on compact toric manifolds I. Duke Math. J. **151**, 23–175. (2010).

[3] K. Fukaya, Y-G Oh, H. Ohta and K. Ono, Lagrangian Floer theory on compact toric manifolds II: Bulk deformations. Selecta Math. New Series, **17**, 609-711. (2011).

[4] K. Fukaya, Y-G Oh, H. Ohta and K. Ono, Lagrangian Floer theory and mirror symmetry on compact toric manifolds. Astérisque, **376**, Société Mathématique de France (2016).

2. 特異点とシンプレクティック幾何・接触幾何に関連するもの：

[1] H. Ohta and K. Ono, Simple singularities and topology of symplectically filling 4-manifold. Comment. Math. Helv. **74**. 575–590. (1999).

[2] H. Ohta and K. Ono, Simple singularities and symplectic fillings. J. Differential Geom. **69**, 1–42. (2005).

[3] H. Ohta and K. Ono, Examples of isolated surface singularities whose links have infinitely many symplectic fillings. J. Fixed Point Theory and Applications. **3**, (V.I. Arnold Festschrift Volume) 51–56. (2008).

3. ゲージ理論に関連するもの：

[1] M. Furuta and H. Ohta, Differentiable structures on punctured 4-manifolds. Topology and its Appl. **51**. 291–301 (1993).
[2] H. Ohta and K. Ono, Notes on symplectic 4-manifolds with $b_2^+ = 1$, II. Internat. J. of Math. **7**. 755–770. (1996).
[3] H. Ohta, Brieskorn manifolds and metrics of positive scalar curvature. Advance Studies Pure Math. **34**. 231–236. (2002).

学生へのメッセージ

最近、博士前期課程のセミナー用にあげたあるいは用いたテキスト (M1想定) は、

1. M. Audin, Torus actions on symplectic manifolds, 2nd revised edition, Birkhäuser (2004).
2. M. Audin and M. Damian, Morse theory and Floer homology, Springer. (2014).
3. D. McDuff and D. Salamon, Introduction to symplectic topology, Oxford Univ. Press (1995).
4. 小平邦彦, 複素多様体と複素構造の変形, 東大セミナリーノート (1968).
5. N. Hitchin, The self-dual equations on a Riemann surface, Proc. London Math. Soc **55** (1987) 59-126.
6. H. Hofer and E. Zehnder, Symplectic invariants and Hamiltonian dynamics, Birkhäuser. (1994).

など。更に、興味ある人は例えば以下のような本を手にとって少し見られると感じがわかると思う。

1. 深谷賢治, シンプレクティック幾何学　岩波書店 (1999).
2. D. McDuff and D. Salamon, J-holomorphic curves and symplectic topology, American Math. Soc. (2004).
3. P. Seidel, Fukaya categoryies and Picard-Lefscetz theory, Zurich Lectures in Advanced Math., Eurp. Math. Soc. (2008).
4. S. Donaldson and P. Kronheimer, The geometry of four-manifolds, Oxford Univ. Press, (1990).
5. 高橋篤史, 弦理論と幾何学, p.78–p.85, 別冊・数理科学「現代物理と現代幾何」(2002) 所収　サイエンス社 (読み物)

多様体や、（コ）ホモロジーなどはある程度知っていることが望ましいが、知らないことは自分で調べてどんどん吸収していく力の方がより大切。幾何の他に、代数か解析のどちらか一つでも好きであるか得意であるとなおよい。代数幾何・微分幾何・トポロジーなどとらわれずいろいろな数学に興味を持って欲しい。その中で、具体例を大切にし、何か自分の興味あることや視点をもつように心がけて欲しい。

修士修了後（1年間だけの人は含まない）の進路例：後期課程進学(3)、民間企業(4)、高校教員(1)、主婦(1)、不明(1)。修士中途退学(1)。

2017年11月28日

大平　徹　(おおひら　とおる／OHIRA, Toru)　教授

研　究　室　理学部A館 341号室　(内線番号 2824)

電子メール　ohira@math.nagoya-u.ac.jp

所 属 学 会　日本物理学会, 日本数理生物学会

研究テーマ

- 「揺らぎ」と「遅れ」を含む系の数理
- 追跡と逃避の数理
- 生物・生体の数理

研究テーマの概要

神経回路や免疫システムに代表される様に,多くの要素が相互作用することで複雑な挙動や機能を出現させるシステムを念頭におきながら, 主としてこれらの相互作用にみられるような情報伝達の「遅れ」や「ノイズ, 揺らぎ」の影響を理論的に調べることに従事してきました. この研究テーマは伝統的にはそれぞれの要素を含む力学微分方程式からのアプローチを中心として行われてきております. 私は遷移確率が一定の時間以前の位置によって決まるようなランダムウォークをプラットフォームとした「遅れランダムウォーク」を用いたアプローチをとることを推進しました. すると, このような系で見られる振動現象などの, いくつかの性質を明らかにすることができました.

また, あわせて「確率共鳴」という現象との関連を考察しました. 通常はノイズと外的な振動を組み合わせることで見られる現象で, 生体情報処理などを中心に様々な分野での応用研究が行われています. ここでは遅れに起因する振動を使うことで, 外的な振動を用いないで, ノイズと遅れのみによる共鳴現象を数理的に解析可能なモデルを提唱しました. 単純な理論モデルですが, この「遅れ確率共鳴」現象については, 後に他の研究グループにより理論的な展開が行われ, さらにレーザーを用いた実験での確認も, 複数報告されました.

新しいテーマとしては「追跡と逃避」の問題に取り組むことを考えています. この問題は数学では古くからの問題ですが, 主として一人の追跡者が一人の逃避者を追うような問題設定です. 最近, 私は「集団追跡と逃避」の問題を数理モデルを構築して提起しました. 個々の行動原理は, 独立に「敵」の集団の一番近い者から逃げる（近づく）と単純ですが, 集団としてはいくつか興味深い挙動が見つかり始めております. 群れの研究では物性理論とのアナロジーなどが研究されていますが, このような理論的な探究と合わせて,軍隊蟻やイナゴ嵐のような生物の集団行動などへの理解の方向も模索したいと考えています.

主要論文・著書

[1] T. Ohira and Y. Sato, Resonance with Noise and Delay, Physical Review Letters, **82** (1999), 2811 – 2815.

[2] T. Ohira and Y. Yamane, Delayed Stochastic Systems, Physical Review E, **61** (2000), 1247 – 1257.

[3] T. Ohira and A. Kamimura, Group Chase and Escape, New Journal of Physics, **12** (2010), 053013.

[4] 大平　徹,『ノイズと遅れの数理』, 共立出版, 2006.

経歴

1993年　シカゴ大学物理学研究科博士課程修了
1993年　（株）ソニーコンピュータサイエンス研究所
　　　　　　アソシエイトリサーチャー
1996年　（株）ソニーコンピュータサイエンス研究所　リサーチャー
2012年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科教授

学生へのメッセージ

数学においては既に提示されている未解決の問題を解いていくということは重要な課題であり, 特にそれが難問であれば大きな功績として評価をうけます. しかし, 一方では数学の土俵にあがっていない問題を自然や社会から取り上げて, 数学の問題に仕立てていくという作業も地味ではあっても大切です. この前者と後者が両輪として数学や数理科学の発展がすすんできたということも事実であると考えます. 私の研究活動は主に後者にあたります. 特に具体的な現象からできるだけシンプルであり, かつ数学の専門家からも多少なりとも面白いと思っていただけるような数理モデルを作ることに楽しみを感じています. また, この作業には実験や事象の観察などの, 数学の外の感性や他分野の人との協力も欠かせません. 題材は多々ありますが, このような方向にもチャレンジ精神を持ってくださることを期待します.

博士前期課程（修士課程）における少人数クラスのテーマとしては,

遅れ確率システム, 追跡と逃避の数理, 数理生物学など

が挙げられます. テキストとして代表的なものには以下があります.

1. B. Balachandran, T. Kalmar-Nagy and D. E. Gilsinn, Delay Differential Equations: Recent Advances and New Directions, Springer, 2009
2. L. Glass and M. C. Mackey, From Clocks to Chaos: The Rhythms of Life, Princeton Univ. Press, 1988.
3. P. J.Nahin, Chases and Escapes: The Mathematics of Pursuit and Evasion Princeton Univ. Press, 2007.
4. 巌佐　庸,『数理生物学入門　生物社会のダイナミックスを探る』, 共立出版, 1998.

どれも予備知識としては, 確率, 微分方程式, 線形代数の基礎が習熟されていれば十分です. 実際の現象や実験データとの関係等を重視していきます.

博士後期課程（博士課程）では, 上記のテーマを中心に関連したトピックについて研究指導が可能です.

岡田　聡一　（おかだ　そういち／OKADA, Soichi）　教授

研　究　室　理学部A館 427号室　(内線番号 5596)

電子メール　`okada@math.nagoya-u.ac.jp`

所 属 学 会　日本数学会，アメリカ数学会

研究テーマ

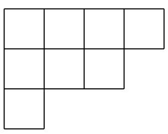
- 数え上げ組合せ論・代数的組合せ論
- 組合せ論的表現論

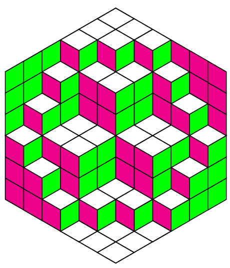
研究テーマの概要

専門を聞かれると，組合せ論（離散的な対象を扱う数学）と表現論（群などの代数系の線型変換による実現の様子を調べる数学），と答えるが，この 2 つの分野を個別に扱っているのではなく，組合せ論と表現論（さらには可積分系などの他の分野）が交錯しているところで研究を進めている．特に，古典群などの表現論や関係する組合せ論（Young 図形，対称関数，Robinson–Schensted 対応など），平面分割，交代符号行列などの数え上げ問題に関心をもっている．

古典群（一般線型群，直交群など）や対応する量子群，それに関係して現れる Weyl 群や Hecke 環などの表現論（や関連する幾何学など）では，Young 図形（下図左）や Young 盤（Young 図形の箱に数字を書き込んだもの）のような組合せ論的対象が活躍している．既約表現の分類，構成などさまざまな問題を具体的に取り扱うためには，組合せ論的な定式化・手法が鍵となる．また，組合せ論から生まれた Robinson–Schensted 対応なども，量子群，結晶基底の発見に伴ってその表現論的な意味づけが明確になってきた．このような観点から，重複度の具体的な決定をはじめとする表現論のいくつかの問題に取り組むとともに，関連する組合せ論の研究を行っている．特に，対称関数の間に成り立つ関係式や行列式・Pfaffian などの等式とその表現論などへの応用に興味をもっている．

表現論などから生み出される組合せ論的対象はそれ自身面白く深い構造を持っている．一方，平面分割（3 次元 Young 図形，plane partition，下図中），交代符号行列（0, 1, −1 を成分としいくつかの条件をみたす行列，alternating sign matrix，下図右）などの組合せ論から生まれた対象も，その背後に代数的な構造が隠れていることが多く，後に他の分野との関係が明らかになることもある．このような隠れた構造を見出すことにより，組合せ論の手法だけではなく，表現論，数理物理学，特殊関数論などの結果やアイデアを用いてこれらの数え上げ問題に取り組んでいる．特に，交代符号行列と totally symmetric self-complementary plane partition （最も対称性の高い平面分割）との間のミステリアスな関係を解明することが現在の目標である．





$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

主要論文・著書

[1] S. Okada, Algebras associated to the Young–Fibonacci lattice, Trans. Amer. Math. Soc., **346** (1994), 549 – 568.

[2] S. Okada, Applications of minor summation formulas to rectangular-shaped representations of classical groups, J. Algebra **205** (1998), 337 – 367.
[3] S. Okada, Enumeration of symmetry classes of alternating sign matrices and characters of classical groups, J. Algebraic Combin. **23** (2006), 43 – 69.
[4] 岡田 聡一，『古典群の表現論と組合せ論（上・下）』，培風館，2006.
[5] 石川 雅雄，岡田 聡一，行列式・パフィアンに関する等式とその表現論，組合せ論への応用，数学 **62** (2010), 85–114.

経歴

1990 年　東京大学大学院理学系研究科博士課程修了

1990 年　名古屋大学理学部助手

1995 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科助教授

2006 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科教授

学生へのメッセージ

博士前期課程（修士課程）における少人数クラスのテーマとしては，

数え上げ組合せ論，対称関数とその広がり，量子群と結晶基底，Coxeter 群の組合せ論，など

が挙げられる．これらのテーマはさまざまな形で相互に結びついており，1 つのテーマで学んだことを足がかりにして別のテーマに取り組むことも可能である．テキストとして代表的なものには，

1. R. P. Stanley, Enumerative Combinatoris I, II, Cambridge Univ. Press, 1997, 1999.
2. I. G. Macdonald, Symmetric Functions and Hall Polynomials, Oxford Univ. Press, 1995.
3. J. Hong and S.-J. Kang, Introduction to Quantum Groups and Crystal Bases, Amer. Math. Soc., 2002
4. A. Björner and F. Brenti, Combinatorics of Coxeter groups, Springer, 2005.

がある．数え上げ組合せ論，対称関数とその広がり，量子群と結晶基底の 3 つのテーマについての詳しい内容は，過去の少人数クラスコースデザイン（それぞれ 2010 年，2011 年，2005 年）をみてほしい．いずれのテーマでも，基本的なところから始めて，表現論など関連する分野の基礎の修得もあわせて行う予定であり，その後は（あるいはこれらのテーマに関する予備知識がある場合は）そのテーマに関連して各自が選んだトピックも扱う．

予備知識としては，レベル 1 の知識（学部 3 年生までに学習する程度のもの）があれば十分である．特に，線型代数や群論などの基礎をしっかりと理解し使いこなせるようになっていてほしい．また，組合せ論や表現論は，数学（やその周辺）のさまざまな分野とも関係しているので，興味の幅を広く持っていると（特に研究段階では）有利に働くであろう．

博士後期課程（博士課程）では，上に挙げた少人数クラスのテーマ（そのうちの 1 つでもよい）などの基礎の上に，組合せ論，表現論に関連したトピックについて研究指導が可能である．

加藤　淳　（かとう　じゅん／KATO, Jun）　准教授

研　究　室　多元数理科学棟 503 号室　(内線番号 2410)
電子メール　jkato@math.nagoya-u.ac.jp
所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 偏微分方程式論
- フーリエ解析・調和解析

研究テーマの概要

専門は偏微分方程式論です. 主に数理物理に現れる非線形偏微分方程式を扱っていますが, 特に非線型シュレディンガー方程式を代表とする非線型分散型方程式や, 非線型波動方程式を関数解析的手法を用いて研究しています. このクラスに属する方程式の代表的なものとしては, 基本的なモデルである波動方程式, クライン・ゴルドン方程式, シュレディンガー方程式の他, 弾性波動方程式 (地震波の伝播), アインシュタイン方程式 (宇宙論), KdV 方程式 (浅い水面波) 等があります.

一般に非線型偏微分方程式は与えられた条件（初期値, 境界値など）に対し解を具体的に求めることは難しいため, まず関数解析的手法を用いて解の存在や一意性などを考察し, その後解の定性的性質（滑らかさ, 漸近挙動など）を調べるといった形で研究がなされます. 特に, 分散型方程式や波動方程式の解の性質を捉えるには, フーリエ解析・調和解析を駆使した解析が必要となります.

最近は波動写像や調和写像分散流（シュレディンガー写像）といった幾何学的背景をもつ方程式に興味を持って研究しています. これらはそれぞれ波動方程式, シュレディンガー方程式を多様体間の写像に対する発展方程式として拡張したものと見なせますが, 値をとる多様体の性質が解の時間大域挙動に影響を与えることが予想されるなど, 幾何と解析にまたがる問題を含む興味深い方程式となっています.

主要論文・著書

[1] J. Kato, The uniqueness of nondecaying solutions for the Navier-Stokes equations, Arch. Rational Mech. Anal. **169** (2003), 159–175.
[2] J. Kato, Existence and uniqueness of the solution to the modified Schrödinger map, Math. Res. Lett. **12** (2005), 171–186.
[3] J. Kato, M. Nakamura, T. Ozawa, A generalization of the weighted Strichartz estimates for wave equations and an application to self-similar solutions, Comm. Pure Appl. Math. **60** (2007), 164–186.
[4] J. Kato, T. Ozawa, Endpoint Strichartz estimates for the Klein-Gordon equation in two space dimensions and some applications, J. Math. Pures Appl. **95** (2011), 48–71.

受賞歴

- 2008 年, 日本数学会賞 建部賢弘特別賞, 「調和写像分散流の初期値問題の適切性の研究」

経歴

2003 年　北海道大学大学院理学研究科博士後期課程修了
2003 年　東北大学大学院理学研究科 COE フェロー
2004 年　日本学術振興会特別研究員 PD (京都大学大学院理学研究科)
2006 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科 講師
2007 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科 准教授

学生へのメッセージ

博士前期課程における少人数クラスでは, 非線型波動方程式及び分散型方程式の解析, 及びそれらに関連するトピックを主なテーマとします. 偏微分方程式論, 関数解析, フーリエ解析・調和解析に関する基本的なテキストを読むことから初めて, テーマに関連する専門的な論文を読みこなすことが出来るようになることを目標としたいと思います. 少人数クラスで扱うことを考えているテキストとしては,

[1] 小川卓克『非線型発展方程式の実解析的手法』丸善出版 (2013).
[2] 堤誉志雄『偏微分方程式論』培風館 (2004).
[3] 林仲夫『非線形分散型波動方程式 — 解の漸近挙動』岩波数学叢書, 岩波書店 (2018).
[4] H. Bahouri, J.-Y. Chemin, R. Danchin, "Fourier Analysis and Nonlinear Partial Differential Equations," Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften **343**, Springer (2011).
[5] S. Katayama, "Global Solutions and the Asymptotic Behavior for Nonlinear Wave Equations with Small Initial Data," MSJ Memoirs **36**, Math. Soc. Japan (2017).
[6] F. Linares, G. Ponce, "Introduction to Nonlinear Dispersive Equations," Springer (2015).

等があります. 少人数クラスを受講するにあたっては, ルベーグ積分, 関数解析に関する基本的知識が望まれます. 知識が不十分な場合は, 例えば下記の文献等について, 必要に応じて少人数クラスと平行して学習することが期待されます.

[1] 柴田良弘『ルベーグ積分論』内田老鶴圃 (2006).
[2] 黒田成俊『関数解析』共立出版 (1980).
[3] 藤田宏, 黒田成俊, 伊藤清三『関数解析』岩波書店 (1991).
[4] 垣田高夫『シュワルツ超関数入門』日本評論社 (1999).
[5] 宮島静雄『ソボレフ空間の基礎と応用』共立出版 (2006).

尚, この分野の解説として, 下記のものがありますので参考にして下さい.

[1] 堤正義, 非線形シュレディンガー方程式と不等式, 数理科学 **386** (1995), 47 – 51.
[2] 小澤徹, 非線型シュレディンガー方程式, 数理科学 **413** (1997), 36 – 44.
[3] 小澤徹, 非線型シュレディンガー方程式の散乱理論, 数学 **50** (1998), 337 – 350.
[4] 堤誉志雄, 非線形波動方程式の解の大域存在と爆発, 数学 **53** (2001), 139 – 156.
[5] 中西賢次, 非線形分散波動の漸近解析, 数学 **59** (2007), 337 – 352.
[6] 林仲夫, 非線形分散型発展方程式の漸近解析, 数学 **60** (2008), 1 – 22.
[7] 高岡秀夫, 非線形分散型波動方程式の大域解析, 数学 **60** (2008), 337 – 351.

また, 多元数理科学研究科では, ほぼ毎週専門家の先生をお招きして名古屋微分方程式セミナー (`http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~jkato/NDES/index.html`) を開催していますので, 少人数クラス受講者はこのセミナーにも出席することが望まれます.

ジャック・ガリグ (GARRIGUE, Jacques)　　教授

研 究 室　多元数理科学棟 405 号室　(内線番号 4661)

電子メール　`garrigue@math.nagoya-u.ac.jp`

ウェブページ　`http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~garrigue/home-j.html`

所 属 学 会　日本ソフトウェア科学会, 情報処理学会, ACM

研究テーマ

- プログラミング言語の基礎理論
- 型付ラムダ計算と型推論
- 定理証明支援系の応用

研究テーマの概要

私の研究の目的は，プログラミング言語の表現力を損わずにバグを徹底的に排除することである．プログラムが普遍的になった今，安全性に不可欠な努力だと思う．この目的に合わせて色々な方針が考えられるが，主にプログラミング言語の型システムとプログラムの証明を対象として来た．

OCaml という関数型プログラミング言語の開発を通して，表現力と安全性の両立を追求して来た．関数型プログラミング言語は型付ラムダ計算に基いており，元々論理との関係が強い．この論理との関係から健全性という重要な概念が得られる．プログラミング言語の型システムが健全であるというのは，プログラムが実行時に型エラーを起こさないという重要な性質を保証する．

こういう強い型システムを負担なくに使うために，型情報を自動的に補う型推論と関数などを複数の文脈で利用可能にする多相性が重要である．それらについていくつかの貢献をしてきた [1, 4].

しかし，型システムの実装が本当に理論に合っているかどうかが保証しにくいので，もっと強い安全性の必要性を感じている．そのために Coq という型理論に基いた定理支援系を用いて簡単なプログラミング言語の実装と検証を行った [2].

また， 産業技術総合研究所の Reynald Affeldt や名古屋大学の学生と一緒に，Coq の数学やシステムの証明への応用も試みている．特に，符号理論における線形符号の証明やプログラム意味論に関する証明を一緒に行った [3, 5, 6, 7].

上の具体的なプログラミング言語や定理証明支援系における研究以外にも，論理学や計算可能性に強い興味をもっている．

主要論文・著書

[1] J. Garrigue and D. Rémy, Extending ML with semi-explicit first class polymorphism. Information and Computation **155** (1999), 134–171.

[2] J. Garrigue, A Certified Implementation of ML with Structural Polymorphism and Recursive Types. Mathematical Structures in Computer Science (2014) 11:1–25.

[3] R. Affeldt, J. Garrigue, T. Saikawa, A Library for Formalization of Linear Error-correcting Codes. Journal of Automated Reasoning (2020) 64:1123–1164.

[4] J. Garrigue and J. Le Normand. GADTs and exhaustiveness: Looking for the impossible. In *Proc. ML Family / OCaml Workshops 2015*, number 241 in EPTCS (2017), 23–35.

[5] R. Affeldt, J. Garrigue, X. Qi, K. Tanaka, Proving tree algorithms for succinct data structures. In *Proc. 10th International Conference on Interactive Theorem Proving*, LIPICS (2019).

[6] R. Affeldt, J. Garrigue, T. Saikawa, Formal adventures in convex and conical spaces, In *Proc. 13th International Conference on Intelligent Computer Mathematics*, number 12236 in LNCS (2020), 23–38.

[7] R. Affeldt, J. Garrigue, D. Nowak, T. Saikawa, A trustful monad for axiomatic reasoning with probability and nondeterminism. Journal of Functional Programming (2021) 31:e17.

[8] 大堀淳・ジャックガリグ・西村進,『コンピュータサイエンス入門・アルゴリズムとプログラミング言語』, 岩波書店, 1999.

受賞歴

- 2010年, 日本ソフトウェア科学会高橋奨励賞,「構造的多相性をもった言語の検証つきインタープリタ」

経歴

1995年　東京大学大学院理学系研究科博士課程修了
1995年　京都大学数理解析研究所助手
2004年　名古屋大大学院学多元数理科学研究科助教授 (後に准教授)
2018年　同研究科教授

学生へのメッセージ

自分の研究テーマは関数型プログラミング言語に直接な関わりをもったものであるが，少人数クラスではもっと論理学寄りのテーマを扱って来た．主に計算可能性，ラムダ計算の型理論および論理学とその計算機への応用である．

計算可能性 (または計算論) はアルゴリズムが存在する関数のクラスを研究している．数学で定義されている関数の中で，プログラムによって計算できるものと計算できないものが存在する．しかも，その違いは使っているプログラミング言語に依存しない．それを論理学に応用すると，全ての定理を自動的に証明するプログラムがありえないという結果につながる．テキストとして以下のものを使って来た．

1. Neil D. Jones,*Computability and Complexity from a Programming Perspective.* MIT Press, 1995.
2. 高橋正子,『計算論』. 近代科学社, 1991.

ラムダ計算は研究の概要に少し紹介したが，論理学と計算機科学を結ぶ一つの枠組といえる．その型理論はプログラミング言語の設計や定理証明支援系の構築に応用される．少人数クラスでは以下のようなテキストを使って来た．

1. 大堀 淳,『プログラミング言語の基礎理論』. 共立出版, 1997.
2. Benjamin C. Pierce,*Types and Programming Languages.* MIT Press, 2002. 和訳『型システム入門ープログラミング言語と型の理論』. オウム社, 2013.
3. Mingsheng Ying,*Foundations of Quantum Programming.* Morgan Kaufmann, 2016. 和訳『量子プログラミングの基礎』共立出版, 2017.
4. Franz Baader, Tobias Nipkow,*Term Rewriting and All That.* Cambridge Univ. Press, 1998.

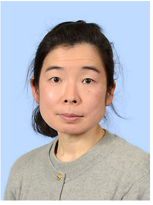
論理学はそれぞれの分野の理論的な基礎になると同時に，命題の正しさ具体的な手法（レゾリューションなど）も提供している．少人数クラスでは以下の本を使って来た．

1. Jean Gallier,*Logic for computer science.* Online edition, 1986.
2. John Harrison,*Handbook of practical logic and automated reasoning.* Cambridge University Press, 2009.
3. Jean-Yves Girard,*The Blind Spot: Lectures on Logic.* European Mathematical Society, 2011.

そのぞれのテーマについて，予備知識は特に要らないが，論理学の基礎知識があると役に立つ．

修士論文では，理論計算機科学の様々なテーマで指導できる．

川村　友美　（かわむら　ともみ／KAWAMURA, Tomomi）　准教授



研　究　室　理学部 A 館 357 号室　　　(内線番号 4534)
電子メール　tomomi@math.nagoya-u.ac.jp
所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 結び目理論
- 低次元トポロジー

研究テーマの概要

結び目理論と低次元トポロジーを主な専門分野としています．結び目理論とは，簡単にいうと紐のもつれ具合を調べる幾何学です．特に結び目や絡み目の不変量，即ちその複雑さを数値や多項式などで表したものの性質を考察しています．例えば，紐の交差の上下の入換えを何回すれば解けるかを，交差や「うずまき」の数からどこまで判断できるかという問題に取り組んでいます．一見易しい公式の証明に，特異点論や接続幾何，物理学で発展したゲージ理論や Khovanov ホモロジー理論などの高度な理論で得られた結果が応用される奥深さに，常に驚かされ続けています．

下記の論文 [1] は，ゲージ理論で Kronheimer と Mrowka によって解決された「Milnor 予想」から派生した Rudolph の結果を利用しています．彼らの研究は特異点論や接触幾何と関連があり，論文 [2] と [3] は A'Campo が特異点研究から導入した divide knot の概念に関する研究成果です．その後 Milnor 予想は，2000 年頃に始まった Khovanov ホモロジー理論を用いた 組合せ的別証明が与えられ，論文 [4] はそれを踏まえた論文 [1] の再検証によって得られました．論文 [5] では，さらにその結果を改良しております．論文 [6] では紐の交差の入換えそのものの関連として，後述のテキスト [4] で提案された領域選択ゲームの発展版の「必勝法」を得ました．このゲームが他の概念とどう関わるかについては現在研究中です．

結び目理論は低次元トポロジーの研究の一種として捉えられる事が多く，実際私自身はそのつもりで研究を続けておりましたが，最近は，結び目という幾何学的対象を，幾何学だけでなく表現論や整数論の立場から分析する研究者や，さらに化学や生物学との関連に注目する研究者も増えてきたようです．追いつくのがなかなか難しいですが，今後の発展が楽しみです．

主要論文・著書

[1] T. Kawamura, On unknotting numbers and four-dimensional clasp numbers of links, Proc. Amer. Math. Soc. **130** (2002), no. 1, 243–252.
[2] T. Kawamura, Quasipositivity of links of divides and free divides, Topology Appl. **125** (2002), no. 1, 111–123.
[3] T. Kawamura, Links associated with generic immersions of graphs, Algebr. Geom. Topol. **4** (2004), 571–594.
[4] T. Kawamura, The Rasmussen invariants and the sharper slice-Bennequin inequality on knots, Topology **46** (2007), no. 1, 29–38.
[5] T. Kawamura, An estimate of the Rasmussen invariant for links and the determination for certain links, Topology Appl. **196** (2015), 558–574.
[6] T. Kawamura, Integral region choice problem on link diagrams, Osaka J. Math. **60** (2023), 835–872.

受賞歴

- 2003, 日本数学会賞建部賢弘賞奨励賞,「結び目解消数の 4 次元的評価とディバイド結び目の研究」

経歴

2000 年　東京大学大学院数理科学研究科博士課程修了
2000 年　日本学術振興会特別研究員
2002 年　青山学院大学理工学部助手
2007 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科准教授

学生へのメッセージ

例年の少人数クラスでは，結び目理論や低次元トポロジーに関連したテーマを各自で決め，それに関連した文献を読みすすめ，学んだことを順番に報告する形式で実施しております．修士論文のテーマも最後は自分で決めることになりますが，はじめは何かの基礎知識の習得を当面の課題とすることが多いです．次のリストは過去の使用テキストの例です．

[1] 伊藤昇, 結び目理論の圏論：「結び目」のほどき方, 日本評論社, 2018.
[2] 大槻知忠, 結び目の不変量, 共立出版, 2015.
[3] 河内明夫, 結び目の理論, 共立出版, 2015.
[4] 河内明夫, 岸本健吾, 清水理佳, 結び目理論とゲーム：領域選択ゲームで見る数学の世界, 朝倉書店, 2013.
[5] 服部晶夫, 位相幾何学, 岩波書店, 1991.
[6] J. S. Birman, *Braids, links and mapping class groups*, Ann. of Math. Studies, 82, Princeton University Press, 1974.
[7] J. M. Lee, *Introduction to topological manifolds*, Springer, 2000.
[8] L. H. Kauffman, *Formal knot theory*, Dover Publications, 2006.
[9] V. V. Prasolov and A.B.Sossinsky, *Knots, links, braids and 3-manifolds*, AMS, 1997.
[10] D. Rolfsen, *Knots and links*, Corrected reprint of the 1976 original. Math. Lect. Ser., 7. Publish or Perish, Inc., Houston, TX, 1990.

その他，学術論文も教材としたり，途中から複数の文献を同時に扱ったりします．重要事項の省略や誤記などを補いながら文献を読み進める作業に苦労しながらも，先輩の皆さんは頑張ってきました．

結び目理論の基礎事項を学ぶにあたっては，多様体の基本群やホモロジー群の基礎知識があるのとないのとでは，理解度や楽しさが全然違います．したがって大学院に入ってすぐに本格的な結び目理論の文献を読みたいとお考えであれば，あらかじめ位相幾何学（トポロジー）の入門書でこれらの予備知識を得ておくことを推奨します．もちろん，位相幾何学の入門から丁寧に始めたのちに結び目理論を始めるというプラン，あるいはそれらを並行して学んでいくプランも対応いたします．

めまいがするほど難しいくらいが大学院では丁度良いと思います．入学を許された皆さんにはそれをクリアできる力があると信じております．クリアできて次の一歩を踏み出す喜びが感じられる瞬間を目指して頑張りましょう．

菅野　浩明　(かんの　ひろあき／KANNO, Hiroaki)　教授

研　究　室　理学部 A 館 447 号室　(内線番号 2417)
電子メール　kanno@math.nagoya-u.ac.jp
所属学会　日本数学会, 日本物理学会

研究テーマ

- 位相的ゲージ・弦理論対応と数え上げ幾何学
- 超対称ゲージ理論と可積分系・無限次元量子代数の表現

研究テーマの概要

専門は数理物理学で，超対称ゲージ理論や弦理論 (M 理論) の量子論的幾何学を研究しています．一般に，無限自由度をもつゲージ場や弦の量子論的力学は非常に難しいのですが，超対称性や双対性を利用して幾何学や表現論と結びつく深い結果が得られる場合があります．特に最近は超対称ゲージ理論や弦理論の BPS 状態（安定対象）の数え上げの母関数（分配関数）を量子群の表現論や可積分系の観点から研究しています．また素粒子宇宙起源研究所・基礎理論研究部門の兼任教員として弦理論・数理構造に関する研究推進も担当しています．

主要論文・著書

[1] L. Baulieu, H. Kanno and I.M. Singer, Special Quantum Field Theories in Eight and Other Dimensions, *Commun. Math. Phys.* **194** (1998) 149-175.
[2] 菅野浩明・佐古彰史，位相的弦理論と重力・ゲージ理論対応, Seminar on Mathematical Sciences, No.32, Keio Univ. (2005).
[3] H. Awata and H. Kanno, Refined BPS state counting from Nekrasov's formula and Macdonald functions, *Int. J. Mod. Phys.* **A24**, No.12 (2009) 2253-2306.
[4] H. Kanno and Y. Tachikawa, Instanton counting with a surface operator and the chain-saw quiver, *JHEP* **1106** (2011) 119.
[5] H. Awata, H. Kanno, A. Mironov, A. Morozov, K. Suetake and Y. Zenkevich : (q,t)-KZ Equations for quantum toroidal algebra and Nekrasov partition function on ALE spaces, *JHEP* **1803** (2018) 192.

経歴

1989 年 3 月	京都大学大学院理学研究科博士課程修了
1989 年 4 月	日本学術振興会特別研究員
1991 年 10 月	ICTP (Trieste)　博士研究員
1992 年 9 月	仁科記念財団海外派遣研究員 (DAMTP, Univ. of Cambridge)
1993 年 9 月	広島大学理学部数学科　助手
1995 年 10 月	広島大学理学部数学科　講師
1998 年 4 月	広島大学理学部数学科　助教授
2001 年 4 月	名古屋大学大学院多元数理科学研究科　助教授
2004 年 4 月	名古屋大学大学院多元数理科学研究科　教授

学生へのメッセージ

最近，少人数クラス（修士セミナー）で扱ったテキストは以下の通りです．

- 三輪哲二・神保道夫・伊達悦朗，ソリトンの数理，岩波書店 (2007).
- 白石 潤一，量子可積分系入門，サイエンス社 (2003).
- 伊藤 克司，共形場理論，サイエンス社 (2011).
- 高崎金久，線形代数と数え上げ，日本評論社 (2012).
- 九後汰一郎，ゲージ場の量子論，培風館 (1989).

コースデザインでは，数理物理学の代表的な研究テーマの一つである「解ける模型」（可積分系）を取り上げています．様々な物理系をモデル化して，それを数学的な手法を駆使して解析するのが数理物理学における代表的な方法ですが，そのなかで厳密に解ける模型は重要な意味を持っています．物理的には厳密に解ける模型は近似的な方法でアプローチすることが難しい現象に関する知見を深めるために有用である一方で，数学的に見ると厳密に解ける模型には，一般にそれを可能にする興味ある数理構造（抽象的に対称性あるいは双対性と呼ばれることが多い）が潜んでいるからです．また可積分系の理論においては，その名の通り，実際に問題を「解く」ことが重要なので，具体例を計算してみることも重要です．なおセミナーおよび研究指導は可能な限り「数理物理学グループ」として行っています．

後期課程の学生の指導については，本人の希望と興味を尊重しますが，研究テーマが一致すれば共同研究を行うこともあります．この場合は，研究科の（複数の）教員が加わる研究プロジェクトに参加してもらうことになります．以下の論文は，そのような研究成果です．（論文の著者で下線が後期課程学生，イタリックが研究科所属の教員です．）

- <u>S. Fujii</u>, *H. Kanno, S. Moriyama* and *S. Okada* : Instanton Calculus and Chiral One-point Functions in Supersymmetric Gauge Theories, *Adv. Theor. Math. Phys.* **12** (2008) 1401-1428.
- *H. Awata*, H. Fuji, *H. Kanno*, <u>M. Manabe</u> and Y. Yamada : Localization with a Surface Operator, Irregular Conformal Blocks and Open Topological String, *Adv. Theor. Math. Phys.* **16** No. 3 (2012) 725 - 804.
- *M. Hamanaka, H. Kanno* and <u>D. Muranaka</u> : Hyperkähler Metrics from Monopole Walls, *Phys. Rev.* **D 89** (2014) 065033.
- *H. Awata, H. Kanno,* A. Mironov, Alex. Morozov, And. Morozov, <u>Y. Ohkubo</u> and Y. Zenkevich : Toric Calabi-Yau manifolds as Quantum Integrable Systems; $\mathcal{R}$-matrix and $\mathcal{RTT}$ relations, *JHEP* **1610** (2016) 047.
- *H. Awata, H. Kanno,* A. Mironov, A. Morozov, <u>K. Suetake</u> and Y. Zenkevich : (q,t)-KZ Equations for quantum toroidal algebra and Nekrasov partition function on ALE spaces, *JHEP* **1803** (2018) 192.

喜多　奈々緒　（きた　ななお／KITA, Nanao）　准教授

研　究　室　理学部A館 331号室　(内線番号 5612)

電子メール　kita at math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　https://sites.google.com/view/nanaokita

研究テーマ

- グラフ理論
- 離散最適化（組合せ最適化）
- 離散アルゴリズム

研究テーマの概要

グラフとはネットワーク構造の数理的抽象化に相当する概念であり，離散数学および理論計算機科学の主要な対象です．グラフの構造解明やグラフ上に定義される様々な問題に対する算法設計は，ネットワーク構造の遍在性によって極めて多くの領域から関心を集めています．解くべき問題は無数に存在するため，広範な文脈にて役立つような強力な理論的道具を得て，それにより分野の体系化と発展の加速化を進めることが重要であるといえます．特にグラフの種々の分解（分解定理）はこのような汎用性の高い理論的道具として有効です．

私はこれまでの研究においてグラフ研究の基盤となるような様々な分解定理，とりわけグラフの標準分解（canonical decomposition）の導出およびその理論的応用と発展に取り組んできました．総称してグラフの標準分解と呼ばれる一連の構造定理は，与えられたグラフに一意に定まる分解を与え構造を一望させる性格を特徴としており，グラフ研究における強力で汎用性の高い道具として機能します．標準分解は，マッチング理論 と呼ばれるグラフ理論や離散最適化の古典的な領域において 1960 年前後に発達し重用されてきました．しかし既存の標準分解には特殊なクラスのグラフを対象としているなどの問題点があり，標準分解理論は欠落を抱えている状態が長く続いていました．

私の研究では，任意のグラフに適用可能でありかつ既存の標準分解たちの一般化あるいは細分を含む新しい標準分解を導出しました（一般カテドラルおよび非 2 部的 Dulmage–Mendelsohn 分解）[1]．さらにこの新たな標準分解を用いることによって，Edmonds らのタイトカット補題などといった古典的な定理の短証明 [2] や，極大バリア（マッチングの双対最適解）の束論的特徴付け [3] などの成果が得られています．

さらに，これらの研究成果により，マッチング理論に限らないグラフ研究の様々な対象について，標準分解と同様の構造定理を与え理論基盤を構築することに動機が得られました．これについては私は現在のところ，パリティ因子（T-ジョイン）理論を対象とした取り組み（Kita [4] など）に特に注力して取り組んでいます．グラフのパリティ因子は様々な経路問題を含んでおり離散最適化の古典的な対象ですが，まだ未知の部分も多く，基盤の整備を必要としています．また，パリティ因子は統計物理の基礎的問題との関連においても知られており，得られた成果をこの問題に応用することも私の研究課題の一つです．

また，離散最適化（組合せ最適化）は計算複雑性理論の成り立ちに関わる分野であり，したがって理論計算機科学の根底を成す分野です．多項式時間可解である離散最適化問題たちに本質的な理解を与えることは，理論計算機科学の長年に渡る重要な課題です．私の研究の長期的目標の一つは，グラフ上の重要な離散最適化問題に対して，その多項式時間可解性と関わる構造を明らかにすることによってこの課題に迫ることにあります．

主要論文・著書

[1] N. Kita, A partially ordered structure and a generalization of the canonical partition for general graphs with perfect matchings, Lecture Notes in Computer Science, vol. 7676 , 2012, pp. 85–94.

[2] N. Kita, Structure of towers and a new proof of the Tight Cut Lemma. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 10627, 2017, pp. 225–239.

[3] N. Kita, Nonbipartite Dulmage-Mendelsohn decomposition for Berge duality. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 10976, 2018, pp. 293–304.
[4] N. Kita, Graft Analogue of general Kotzig–Lovász decomposition, Discrete Applied Mathematics vol. 322, 2022, pp. 355–364.

受賞歴

- 2012, Best student paper award, 23rd International Symposium on Algorithm and Computation

経歴

2014 年　東京大学大学院新領域創成科学研究科 特任研究員
2015 年　国立情報学研究所 日本学術振興会特別研究員（PD）
2018 年　東京理科大学理工学部 助教
2022 年　東北大学大学院情報科学研究科 特任助教
2023 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科 准教授

学生へのメッセージ

離散数学および理論計算機科学，特にグラフ理論やグラフ上の離散最適化あるいはグラフアルゴリズムの研究に興味がある方を歓迎します．セミナーの輪読で扱う内容などについては以下の書籍を参考にしてください．

[1] W. Cook, et al., “Combinatorial optimization”, Wiley, 1997.
[2] A. Bondy, and U. S. R. Murty, “Graph theory”, Springer, 2008.
[3] B. Mohar, and C. Thomassen, “Graphs on surfaces”, Johns Hopkins University Press, 2001.
[4] M. Gröschel, et al., “Geometric algorithms and combinatorial optimization”, Springer, 2012.

久保　仁　（くぼ　まさし／KUBO, Masashi）　准教授

研　究　室　多元数理科学棟 403 号室　　(内線番号 2825)

電子メール　kubo@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~kubo/

所 属 学 会　日本数学会, 電子情報通信学会, IEEE

研究テーマ

- 情報源符号化
- 通信路符号化
- 定常過程論

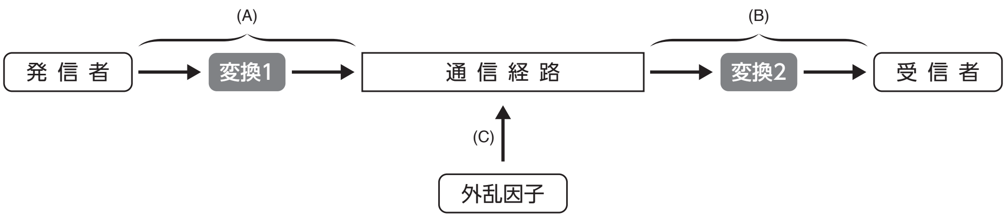
研究テーマの概要

情報理論の中でも通信の基礎理論を専門としています. 通信の基礎理は大きく分けて,

- 符号理論
- 情報源符号化・通信路符号化
- 暗号理論

に分かれます. 符号理論はエラー検出やエラー訂正についての理論で, 情報源符号化・通信路符号化はそれぞれ符号化レート, 通信路容量の評価を行います. 暗号理論はデータ秘匿や改竄の検出などです. 私の研究は情報源符号化と通信路符号化です.

情報源符号化と通信路符号化はどちらも, だいたい次のようなモデルを想定しています.



情報源符号化の場合だと (A) の行程が圧縮, (B) の行程が伸張になります. 外乱因子はありません. データ圧縮の場合, 変換 1 が圧縮プログラム, 変換 2 が伸張プログラムとなります. 通信経路はハードディスクのようなものを想定しています. このとき通信経路を流れるデータ量 (符号化レート) をできるだけ小さく抑えることが目標となります. 一方, 通信路符号化ですが, 例えば FM ラジオ放送に例えると (A) の行程が FM 変調, (B) の行程が FM 復調です. 変換 1 は FM トランスミッタ, 変換 2 は FM ラジオです. 通信経路は空気中で, 外乱因子は自然界にもともとある電磁波や他の放送波などです. なお通信経路にはある種の出力制限がかかっています. このとき一定時間あたりどれほどの情報を通信経路上に流すことができるか (通信路容量) に興味があります.

以下では情報源符号化について少し詳しく説明します. 情報源符号化の理論では, 発信者から送られてくる情報量に対し, 通信経路上を流れるデータ量を一定の条件の下で限界まで下げることを目標とします. この限界値は発信者である情報源 (ある種の確率過程) のエントロピーレートとなることが判っています. エントロピーレートは単位時間あたりのエントロピーです. しかしこの限界値は時間スパンを大きくしたときの極限として与えられるので, 情報源符号化に付随するさまざまな評価も概ね極限で考えねばなりません. 単に収束するだけでなく, その速さ, つまり漸近特性に興味があります. [1] では Gauss 型定常情報源 (Gauss 定常過程) において, 符号化レートがエントロピーレートより真に大きいとき, 誤り確率 (元データと圧縮／伸張後のデータの歪みが一定値を越える確率) が指数関数的に 0 に収束することを示しています.

主要論文・著書

[1] S. Ihara and M. Kubo, Error exponent of coding for stationary memoryless sources with a fidelity criterion, IEICE Trans. Fundamentals, **E88-A** (2005), no. 5, 1339–1345.

[2] S. Ihara and M. Kubo, The asymptotics of string matching probabilities for Gaussian random sequences, Nagoya Math. J., **166** (2002), 39–54.
[3] S. Ihara and M. Kubo, Error exponent for coding of memoryless Gaussian sources with a fidelity criterion, IEICE Trans. Fundamentals, **E83-A** (2000), no. 10, 1891–1897.

経歴

1999 年　名古屋大学理学研究科博士課程後期課程単位取得満了
1999 年　常葉学園大学教育学部講師
2003 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科講師
2007 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科准教授

学生へのメッセージ

私の少人数クラスでは何らかの形で確率を扱うものを基本にしています．過去には

- 確率微分方程式とファイナンス (Black–Scholes 方程式)
- パーコレーション
- 情報源符号化の基礎

などを扱いました．

2023 年度の少人数クラスは通信路符号化をテーマとする予定です．情報源符号化・通信路符号化では

[1] Imare Csiszár and János Körner, *Information Theory*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1981.
[2] Robert G. Gallager, *Information Theory and Reliable Communication*, Wiley & Sons, 1968.
[3] Thomas M. Cover and Joy A. Thomas, *Elements of Information Theory*, 2nd ed., Wiley-Interscience, 2006.

が定番な教科書です．情報理論の和書もありますが, どうしても工学系分野の著者が多く, 細部まで厳密な数学的にしっかりした証明を与えている本はあまり多くありません．

2010 年度の少人数クラスのテキストは [3] です．邦訳はありません (訳せば売れると思いますが…)．したがって英語のテキストを読みこなす力が必要です．とはいっても慣れればさほど難しいことではありません．

なお通信路符号化を学ぶには情報源符号化についての基礎知識が必要です．また情報源符号化には確率論, 特に定常過程の知識が必要です．ただし概ね離散確率のケースで構いません．定常性, Markov 性, エルゴード性, 大数の法則, 中心極限定理などについて理解している必要があります．4 月までに計画的に準備をすることが必要でしょう．

笹原　康浩　（ささはら　やすひろ／SASAHARA, Yasuhiro）　助教

研　究　室　理学部 A 館 339 号室　(内線番号 5579)

電子メール　sasahara@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~sasahara/sasahara.html

研究テーマ

- 偏微分方程式

研究テーマの概要

幾何学や物理学に現れる非線形楕円型方程式を変分法の理論を用いて研究している．峠の補題や鞍点定理などを援用した変分問題の解の大域的な構造に関する研究は多方面で大きく進展しているが，従来の正則性の理論には解が汎関数の最小元であることを前提としているものも多く，そのまま適用することができない場合がある．このような問題点の克服が最近の研究課題である．

佐藤　猛　（さとう　たけし／SATO, Takeshi）　　助教

研　究　室　理学部A館 359号室　　(内線番号 2425)

電子メール　`sato@math.nagoya-u.ac.jp`

研究テーマ

- 周期関係式
- 円周率

研究テーマの概要

20世紀の始めにラマヌジャンという, 風変わりな公式を数多く発見した数学者がいました. そうした公式の周辺, たとえばモジュラ関数, 超幾何関数などの特殊関数とそれに付随したモジュラ方程式や微分方程式なんかを私は研究しています. 一般論よりも個別の対象を調べるのが好きです. 興味を持っている具体的なテーマは, 円周率の新しい計算アルゴリズム (反復アルゴリズムや級数表示) などです.

たとえば c_n を漸化式 $n^2c_n + (-11n^2 + 11n - 3)c_{n-1} - (n-1)^2c_{n-2} = 0.$ $(1, 3, 19, 147, 1251, 11253, 104959, \ldots)$ で定義し, $f(r) := \sum_{n=0}^{\infty} c_n r^n$ とおくと, r_1, r_2 が $(\phi^5 + r_1)(\phi^5 + r_2) = 1 + \phi^{10}$ をみたすとき $\left(\phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)$, 次が成立します:

$$\boxed{(\phi^5 + r_1)f'(r_1)f(r_2) + (\phi^5 + r_2)f'(r_2)f(r_1) + f(r_1)f(r_2) = \frac{\phi^{5/2}}{5^{1/4}} \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{r_1 r_2}.}$$

この関係式から次の円周率の反復公式が導かれます:

$$r_0 = \sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{2}} - \frac{1+\sqrt{5}}{2}, \quad B_0 = \frac{1}{5}\sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{10}}.$$

$$\begin{aligned} a_n &= r_n(1 - 2r_n + 4r_n^2 - 3r_n^3 + r_n^4), \\ b_n &= 1 + 3r_n + 4r_n^2 + 2r_n^3 + r_n^4. \end{aligned}$$

$$r_n = \sqrt[5]{\frac{a_{n-1}}{b_{n-1}}}, \quad B_n = \frac{-1 - r_n^{10}}{\sqrt{5}a_n b_n} + \frac{\frac{1}{r_n} + r_n}{5\sqrt{5}} + \frac{5r_n^5}{a_n b_n} B_{n-1}.$$

$$\frac{1}{\pi} = 2 \lim_{n\to\infty} 5^n B_n.$$

次の表でみるように, この公式は5次収束します.

n	$\frac{1}{\pi} - 2\cdot 5^n B_n$	n	$\frac{1}{\pi} - 2\cdot 5^n B_n$	n	$\frac{1}{\pi} - 2\cdot 5^n B_n$
0	$-2.2 \cdot 10^{-2}$	3	$-1.0 \cdot 10^{-338}$	6	$-2.7 \cdot 10^{-42632}$
1	$-1.1 \cdot 10^{-12}$	4	$-2.1 \cdot 10^{-1702}$	7	$-1.2 \cdot 10^{-213178}$
2	$-1.5 \cdot 10^{-66}$	5	$-1.3 \cdot 10^{-8523}$	8	$-8.2 \cdot 10^{-1065913}$

主要論文・著書

[1] T. Sato, A quintically converging algorithm for π, in preparation.

白水　徹也　（しろみず　てつや／SHIROMIZU, Tetsuya）　教授

研　究　室　理学部A館445号室　(内線番号5577 (052-789-5577))
電子メール　shiromizu@math.nagoya-u.ac.jp
ウェブページ　http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~shiromizu/
所 属 学 会　日本物理学会, 日本天文学会

研究テーマ

- 一般相対性理論
- 宇宙論

研究テーマの概要

主に幾何学を相対論, 素粒子論, 宇宙論に応用し, 独創的且つ普遍的な洞察, 定式化の提案を行っています. 観測や実験から宇宙に関して様々なことが明らかになっている一方でたくさんの謎も出てきました. それらの謎に幾何からアプローチする独特の戦略をとっています. そして, ブラックホール時空, 時空の漸近構造, 高次元宇宙模型, 正質量定理周辺, などについて研究をこれまで行ってきました. 例えば, 指数関数的に膨張する宇宙においてブラックホールのサイズに上限があることを, 極小曲面の2階変分公式を応用することで示しました. 最近は超弦理論から示唆される高次元時空におけるブラックホールや宇宙について研究を行っています. 微分幾何学の基本的な知識を用いることで, 高次元宇宙の本質に迫る研究を行うこともできます. 一見関係しないような数学を用いて, より普遍的な帰結を得ることを目標としています.

主要論文・著書

[1] T. Shiromizu, K. Nakao, H. Kodama and K. -I. Maeda, “Can large black holes collide in de Sitter space-time? An inflationary scenario of an inhomogeneous universe,” Phys. Rev. D **47**, 3099 (1993).
[2] T. Shiromizu, K. -i. Maeda and M. Sasaki, “The Einstein equation on the 3-brane world,” Phys. Rev. D **62**, 024012 (2000).
[3] G. W. Gibbons, D. Ida and T. Shiromizu, “Uniqueness and nonuniqueness of static black holes in higher dimensions,” Phys. Rev. Lett. **89**, 041101 (2002).
[4] K. Tanabe, S. Kinoshita and T. Shiromizu, “Asymptotic flatness at null infinity in arbitrary dimensions,” Phys. Rev. D **84**, 044055 (2011).
[5] M. Nozawa and T. Shiromizu, “Modeling scalar fields consistent with positive mass” Phys. Rev. D **89**, 023011(2014).
[6] 白水徹也, DOJIN選書026　「宇宙の謎に挑む ブレーンワールド」　化学同人, 2009年
[7] シリーズ現代の天文学2巻「宇宙論I　第2版」(第7章担当)　日本評論社 2012年
[8] 白水徹也, 臨時別冊・数理科学SGCライブラリ-90 「アインシュタイン方程式〜一般相対性理論のよりよい理解のために〜」サイエンス社, 2012年

受賞歴

- 2005, 第20回　西宮湯川記念賞, 「ブレーン宇宙上のアインシュタイン方程式」
- 2006, 平成18年度　文部科学大臣表彰若手科学者賞「宇宙論分野におけるブレーンワールド重力理論の研究」
- 2010, Daiwa Adrian Prize(共同受賞, 日本グループ代表：佐々木節)「Non-linear cosmological perturbations」

経歴

1996年　京都大学大学院理学研究科博士後期課程　修了
京都大学 博士（理学）
1996年　東京大学大学院理学系研究科　助手
2002年　東京工業大学大学院理工学研究科　助教授
2008年　京都大学大学院理学研究科　准教授
2014年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科 教授

学生へのメッセージ

微分幾何学の物理の典型的な応用先の一つである一般相対性理論はブラックホールの存在や宇宙膨張など興味深い予言をします．そして, 自然界を支配していると期待されている超弦理論は時空が高次元であることを予言していますが, そのような時空の基本的な性質はまだよく分かっていません．また, 最近の観測によれば宇宙が加速的に膨張していることがわかっていますが, その原因が謎につつまれたままです．時空構造を深く理解することでそのような謎にも迫れると期待しています．かつてアインシュタインが一般相対性理論を作る際にリーマン幾何学を採用したように, 現在立ちはだかる謎を解決するためにも数学の助けを必要としているかもしれません．

博士前期課程 (修士課程) における少人数クラスのテーマとしては, **一般相対性理論とその応用**が挙げられます．まず一般相対性理論に親しむことが大切だと思っています．テキストは

R. M. Wald, General Relativity, Chicago University Press

が典型的なものです．皆さんの数学の知識を駆使すると面白い研究題材に巡り合うこともあるかもしれません．希望に応じてブラックホールや宇宙論への応用を行い, 最先端の話題にも触れます．

博士後期課程では学生の興味に応じて文献の報告会などを行います．研究のきっかけをもつために, 学生自身に最先端の論文や重要な文献を選んで発表してもらい議論を行います．そして私も含めて興味が一致したもの同士で共同研究を行います．あるいは私はアドバイス程度にとどめます．学生の自主性を重んじますが, その限りではありません．臨機応変に対応したいと思います．ただし, 勉強したからにはすこしでも新しい知見を見出し論文として発表するようアドバイスしたいと思います．論文にならない場合, 問題設定が悪い場合があります．視点のわずかな変更で成功に辿りつくことはしばしばあります．困難な問題に立ち向かうとき, ときには迂回することも新しい発見があってよいものだと思います．それには人と議論することが大切です．

杉本　充　（すぎもと　みつる／SUGIMOTO, Mitsuru）　教授

研　究　室　多元数理科学棟 303 号室　(内線番号 2544)

電子メール　sugimoto@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~sugimoto/

所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 偏微分方程式論
- フーリエ解析

研究テーマの概要

自然界の様々な現象は，偏微分方程式として記述することにより数学的な取り扱いが可能となります．私はその解析を通じて，具体的な現象を包括した新しい原理を抽出することを目指しています．偏微分方程式の研究のひとつの手段として，それぞれの方程式が持つ固有の構造から解の性質を導き出す方法論がありますが，私はこの考え方を特に解の大きさ・なめらかさなど定量的な性質の解析に適用することを目指しています．そのための道具を整備する目的で，フーリエ解析の研究も同時進行で進めています．

私の研究を大きく捉えるならば上のような言い方になりますが，以下もう少し具体的に説明しましょう．1970 年代の初頭に Hörmander らによって理論化された「フーリエ積分作用素」という道具があるのですが，これは偏微分方程式論の研究の様々な場面において応用されてきました．特にこの理論を用いることにより，偏微分方程式を標準形に変形してから考察するという議論が可能になります．また，双曲型方程式やシュレディンガー方程式の初期値問題に対する解はフーリエ積分作用素を用いて表現することができ，これにより解の特異性の位置・伝播などの情報を取り出すことが可能となります．いずれにせよこれらの過程により，偏微分方程式が定める解に関する固有の情報は，フーリエ積分作用素の中に代数的・幾何的な構造として内在されることになります．

一方，現在の偏微分方程式論における最も盛んな研究領域のひとつとして，非線形解析があげられます．これにより，自然界の複雑な現象の多くが数学的に解明されてきました．これらの解析においては，偏微分方程式の解のなめらかさや大きさなどの情報を精密に知ることが重要な課題となります．それは，自然界においては，これらの情報の些細な違いが現象の違いとしてデリケートに反映しているためです．しかしながら，フーリエ積分作用素からこれらの情報を取り出すことは，意外にもそれほど容易なことではありません．そこでフーリエ解析の理論の助けが必要となるのですが，ときにはフーリエ解析自身をも進化させる必要にせまられます．

私はこのようなフーリエ積分作用素を用いた偏微分方程式論の定量的解析を推し進めるという基本的精神を背景として，これまでに以下のような研究を行ってきました．

- 「双曲型方程式の初期値問題の解の L^p-型評価」$\cdots$ 双曲型方程式の初期値問題の基本解に対する L^p-型評価式と，方程式が持つ幾何学的構造との関係を決定する問題．
- 「分散型方程式の平滑化作用」$\cdots$ シュレディンガー方程式などの初期値問題の解が，時間に関して積分平均をとることにより初期値よりも滑らかさが増大する現象の理解．

特に近年は，偏微分方程式の解の評価式を標準形に帰着させてから導くという方法論を試行中です．この手法の最大のメリットは，その評価式が成立する原理をより高い立場から理解することができるという点にあります．その基本的な道具としてのフーリエ積分作用素論・関数空間論の整備をしつつ，分散型方程式に対する平滑化評価式に対してこの手法を適用して成果を収めています．

主要論文・著書

[1] M. Sugimoto, A priori estimates for higher order hyperbolic equations, Math. Z. **215** (1994), 519–531.

[2] M. Ruzhansky and M. Sugimoto, A smoothing property of Schrödinger equations in the critical case, Math. Ann. **335** (2006), 645–673.
[3] N. Tomita and M. Sugimoto, The dilation property of modulation spaces and their inclusion relation with Besov spaces, J. Funct. Anal. **248** (2007), 79–106.

受賞歴

- 2010, 大和エイドリアン賞, 「偏微分方程式の相空間解析」

経歴

1987年　筑波大学大学院博士課程数学研究科単位取得退学
1987年　筑波大学数学系助手
1990年　大阪大学教養部講師
1996年　大阪大学大学院理学研究科講師
1998年　大阪大学大学院理学研究科助教授
2008年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科教授

学生へのメッセージ

偏微分方程式論とフーリエ解析とは密接に関連しており，お互いに影響をおよぼしながら今もなお発展を続けています．博士前期課程（修士課程）における少人数クラスにおいても，そのどちらか一方（あるいは両方）に関する話題をひとつ選択し，常にもう一方を意識しながら学習を進めていきます．具体的には，学生ごとにその力量に応じて以下の２つのコースを設けています：

- 基礎コース：「超関数」や「フーリエ変換」の基本的知識を簡単に学んだ後

  （１）偏微分方程式論の基礎理論　　（２）フーリエ解析の基礎理論

  のいずれかに関するテキストを講読します．この学習を通じて，最低限ひとつの得意技を身に着けることが目標です．
- 発展コース：偏微分方程式論とフーリエ解析の両方に関連するより専門性の高いテキストを講読し，さらには最近の研究論文にも触れます．この学習を通じて，最終的には学術論文を作成することが目標です．

テキストとしては，例えば以下のようなものを用います．もちろんこれらは一例であり，実際には学生との面談を経て個別に決定することになります．

1. 堤 誉志雄「偏微分方程式論」　培風館　2004
2. 藪田 公三「特異積分」　岩波書店　2010
3. G. B. Folland, Introduction to Partial Differential Equations, Princeton University Press 1995
4. L. Grafakos, Classical Fourier Analysis, Springer 2008

博士前期課程（修士課程）入学時までに知っていることが望ましい予備知識としては，まずは「微分積分学」「線形代数学」「複素関数論」に習熟していることが必須となります．また「ルベーグ積分」「関数解析」も重要ですので，よく学習しておいてください．

博士後期課程（博士課程）では，博士前期課程（修士課程）において発展コースの内容に相当するレベルに到達した学生を対象として，さらに本格的な研究指導をおこないます．

鈴木　浩志　（すずき　ひろし／SUZUKI, Hiroshi）　准教授

研　究　室　理学部 A 館 459 号室　　(内線番号 4830)

電子メール　hiroshis@math.nagoya-u.ac.jp

所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 代数的整数論

研究テーマの概要

専門は代数的整数論です。代数的整数というのは、$\sqrt{2}$ や $\dfrac{-1+\sqrt{-3}}{2}$ など、最高次の係数が 1 の有理整数係数の多項式

$$X^n + a_1X^{n-1} + \cdots + a_{n-1}X + a_n \qquad (a_1, \ldots, a_n \in \mathbb{Z},\, n \geqq 1)$$

の根になっている複素数のことです。立ち上がりは中心拡大だったような気がしますが、その後、単項化問題について研究していました。(有理数体の有限次拡大の整数環のイデアルがさらにその拡大体の整数環でどのくらい単項イデアルになるか？ という問題です。) もっとも、実際には群の移送の計算が主だったので、ひょっとすると正体は群論なのかもしれません。他に、たまに、グラフがハミルトン（辺と頂点で出来ているグラフで全ての頂点を 1 回づつ通って元に戻って来れるもの）とか言っていたり、Schur 多項式とか、多項式で生成されるイデアルとか、Lagrangian 2-web の Samuelson 条件とか言っていたりしたので、出発点はともかく、気が付くと整数論と微妙に違う感じになっていることが多いです。最近、時々、実 2 次体の類数の組にまざっているので久々に整数論ぽい感じです。

主要論文・著書

[1] H. Suzuki, A generalization of Hilbert's theorem 94, Nagoya Math. J., **121** (1991), 161 – 169.

[2] H. Suzuki, On the Capitulation Problem, Advanced Stud. in Pure Math., Class Field Theory – Its Centenary and Prospect, **30** (2001), 483 – 507.

[3] Y. Odai and H. Suzuki, The rank of the group of relative units of a Galois extension II, Tohoku Math. J. **56** (2004), 367 – 370.

経歴

1989 年　東京都立大学大学院理学研究科博士課程退学
1989 年　東京都立大学研究生
1991 年　理学博士取得 (早稲田大学)
1991 年　名古屋大学教養部講師
1993 年　名古屋大学理学部講師
1998 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科講師
2007 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科准教授

学生へのメッセージ

ではなくて、少人数クラスご案内。現在（2022年度）営業中の少人数クラスでは、代数的整数論の基本的な概念等を身につけるということを目的としています。主な到達目標は、有限次代数体（有理数体の有限次拡大）などのアーベル拡大（ガロア群がアーベル群なガロア拡大）がどのくらいあるか？ などを教えてくれる類体論の内容を把握して、説明できるようになることです。例年、岩澤理論をなどを書いた続編 [2] があるので [1] を教科書に選んでいましたが、2016, 2017年度は全員希望したため [3] を教科書にしてみました。見た感じ、[3] の方が若干読みやすそうなのですが、書いてある分量が多いせいか思ったほど進みません。というわけで、特に希望がなかった場合の教科書は、相変わらず [1] にしておこうかと思います。

そんなわけで、今年度は、1年生の方3名様＋研究生の方1名様で週3時間、2年生の方4名様で週3時間程度 [1] を読んでいました。2年生の方はコロナの影響でずっと Zoom 営業でしたが、1年生の方は全員対面希望だったため最初から対面営業です。例年、秋あたりからは、修論に使いそうな内容を話す方が出て来るので、2年生の方が複数いた場合、6章まで読んだあたりで、話す内容は各自ばらばらになることが多いですが、今年の2年生の方たちは8章まで続けて読んでいました。

とくにリクエストがなければ、来年度もそんな感じになりそうな気がするわけですが、この内容を読もうと思った場合、目的を見てもわかる通り、ガロア理論に見覚えがあったほうが安全です。整数環のイデアルの分解とか分岐とか言い出すので、環論にも少し見覚えが必要です。途中、完備化が出てくるので、位相にも若干の慣れがあったほうがお得です。

修論を書くとき、理論的にはわかるけど、具体例の計算で困るって人が多いようなので、整数論用のソフトウェアの使い方も混ぜることにしています。

[1] 加藤・黒川・斎藤, 数論 I, 岩波書店, 2005.
[2] 黒川・栗原・斎藤, 数論 II, 岩波書店, 2005.
[3] J. ノイキルヒ, 代数的整数論, シュプリンガー・フェアラーク東京, 2003.

現在（2022年度)、後期課程の学生さんでは、コロナの影響で休学中だった方が1名様いたのですが戻ってきて学位申請しています。

学生さんへのメッセージというと「がんばれー」とかな気がするわけですが、頑張りすぎて弱る人がいたりするので、「無理しない程度にがんばってくださいね。」と言うことにしています。なお、2025年3月定年退職予定のため、後期課程進学等長期在学予定の方はご注意いただければと思います。

高橋　亮　（たかはし　りょう／TAKAHASHI, Ryo）　教授

研　究　室　理学部 A 館 433 号室　(内線番号 2834)

電子メール　takahashi@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　https://www.math.nagoya-u.ac.jp/~takahashi/

所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 可換環論
- 多元環の表現論

研究テーマの概要

可換環論は，文字通り（積が）可換な環の理論です。代数幾何学，整数論，表現論，非可換環論，代数的位相幾何学，代数的組合せ論，計算機代数，そして近年では物理学や統計学など，さまざまな分野と関わりを持っています。私は主に可換環論の，多元環の表現論との境界領域で融合的な研究を行っています。

多元環の表現論は，与えられた Noether 多元環の加群圏（＝有限生成加群全体のなす圏）の構造を決定することを主題とする分野です。加群圏の構造は直既約な有限生成加群を全て決定することで明らかになりますが，それは一般には“不可能”とされています（ほとんどの多元環はワイルド表現型であり，ワイルド表現型の多元環上の全ての直既約な有限生成加群を分類することは絶望的であることがわかっています）。こうして現代の多元環の表現論では，加群圏の性質の良い部分圏や，導来圏・安定圏・特異圏といった加群圏に付随する三角圏の構造を解析し，それを基にして元の加群圏の構造の理解を目指すという手法が主流となっています。

さて，私の専門は「可換環の表現論」です。つまり，与えられた Noether 可換環の加群圏の構造を理解することが研究の目的です。有限次元多元環の表現論の高次元版として 1970 年代に誕生した Cohen–Macaulay 環の表現論（＝Cohen–Macaulay 環の加群圏の Cohen–Macaulay 加群全体のなす部分圏の研究）が可換環の表現論において中心的な役割を果たしてきました。Cohen–Macaulay 環はもともと代数幾何学の局所理論としてのイデアル論においてその意味を見出された環ですが，ホモロジー代数的にも代数的組合せ論的にも重要な意味を持ち，現代の可換環論における最も主要な環であると言えます。私は Cohen–Macaulay 環，とりわけ Gorenstein 環という双対性・対称性に富んだ Cohen–Macaulay 環を常に視野に入れながら，可換環の加群圏およびそれの部分圏，付随する三角圏を考察しています。現在の最大の課題は，加群圏の resolving 部分圏と導来圏の thick 部分圏を分類することです。

主要論文・著書

[1] R. Takahashi, Classifying thick subcategories of the stable category of Cohen–Macaulay modules, *Adv. Math.* **225** (2010), no. 4, 2076–2116.

[2] R. Takahashi, Contravariantly finite resolving subcategories over commutative rings, *Amer. J. Math.* **133** (2011), no. 2, 417–436.

[3] H. Dao; R. Takahashi, Classification of resolving subcategories and grade consistent functions, *Int. Math. Res. Not.* **2015** (2015), no. 1, 119–149.

[4] S. B. Iyengar; R. Takahashi, Annihilation of cohomology and strong generation of module categories, *Int. Math. Res. Not.* **2016** (2016), no. 2, 499–535.

[5] H. Matsui; R. Takahashi, Thick tensor ideals of right bounded derived categories, *Algebra Number Theory* **11** (2017), no. 7, 1677–1738.

受賞歴

- 2004 年, 日本数学会賞建部賢弘奨励賞, 「Cohen–Macaulay 環のホモロジー代数的研究」

- 2020年, 日本数学会代数学賞, 「可換環の加群圏の部分圏の研究」

経歴

2000年　京都大学総合人間学部基礎科学科卒業
2004年　岡山大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了
2006年　信州大学理学部助手
2009年　信州大学理学部准教授
2012年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科准教授
2022年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科教授

学生へのメッセージ

「可換環論はそれ自身美しく深い理論である」…これは[4]の序文の最初の言葉です。私は学部三年生の時に出会った先生（後の師匠）に影響を受けて可換環論の勉強を始めたのですが，そのカチッと整った理論にすぐに虜になりました。可換環論は学部で習う環の基礎知識だけですぐに勉強を始めることのできる"敷居の低い"分野です。可換環論を主体的に勉強したことのない人は，まず書店か図書館に行って[4]を入手して読んでみてください。その際，きちんと理解しないまま（つまり「ここはなぜ？」と誰かに聞かれた場合に理由を説明できない状態のまま）読み進めないようにすることが大切です。一行一行理解できるまでじっくり読んでください。

[4]は英訳版[5]も出版されていて，可換環論の入門書として最も優れた本として世界中で認知され，可換環論に携わる人でこの本を持っていない人はおそらくいないだろうと言えるほどの名著です。基本的には学部で習う代数，つまり線形代数・群論・環論・体論と位相空間論の知識があれば読めますが，難しくて読むのが辛い場合は，[3]の第1部や[1]から始めるという方法もあります。

[4]を読んだ後に読むべき本が[2]です。これには，可換環論の論文で予備知識として仮定されるような基本事項が数多く書かれています。つまり，古典的な可換環論は[4]を読むことで十分に楽しむことができますが，可換環論の最近の研究内容まで理解し実際に自分で研究成果をあげるためには，[2]に出ている知識が必要です。[6]はCohen–Macaulay環の表現論の本で，1980年代に完成した有限Cohen–Macaulay表現型のGorenstein環とその上のCohen–Macaulay加群の分類が出ています。[2]の後に読むことができます。とても味わい深い本なので，お勧めしたい一冊です。

[1] M. F. Atiyah; I. G. MacDonald, *Introduction to commutative algebra*, Westview Press, 1994.
[2] W. Bruns; J. Herzog, *Cohen–Macaulay rings*, Cambridge University Press, 1998.
[3] 堀田良之, 可換環と体, 岩波書店, 2006.
[4] 松村英之, 復刊 可換環論, 共立出版, 2000.
[5] H. Matsumura, *Commutative ring theory*, Cambridge University Press, 1989.
[6] Y. Yoshino, *Cohen–Macaulay modules over Cohen–Macaulay rings*, Cambridge University Press, 1990.

谷本　祥　(たにもと　しょう／TANIMOTO, Sho)　教授

研　究　室	多元数理科学棟 506 号室　(内線番号 2424)
電子メール	sho.tanimoto@math.nagoya-u.ac.jp
ウェブページ	https://shotanimoto.wordpress.com
所属学会	日本数学会, アメリカ数学会

研究テーマ

- 代数幾何
- 数論幾何
- Diophantus 幾何

研究テーマの概要

有理数係数代数方程式の有理数解, つまり座標が有理数で与えられる解を研究する学問を Diophantus 幾何といい, この学問は古代ギリシャの時代より研究されてきました. 例えば Fermat の最終定理は $x^n + y^n = z^n$ という素朴な方程式が, n が 3 以上のとき自明な解以外持たないことを主張しています. この定理は最終的に Andrew Wiles よって証明されましたが, その証明は現代数学の最先端の知識をフルに活用したものでした.

現代の Diophantus 幾何は方程式が定義する幾何的図形, つまり代数多様体を考え有理数解をその多様体上の点とみなし, 有理数解の集合を代数幾何的な手法を用いて研究します. これが有理数解が有理点と呼ばれる所以です. 私の研究は近年発達した高次元代数幾何の手法を Diophantus 幾何の問題に適用することで成果を挙げて来ました.

特に学生の頃から, Manin 予想と呼ばれる予想を中心に研究して来ました. Manin 予想とは Fano 多様体と呼ばれる代数多様体上の有理点の数え上げ関数を考え, その数え上げ関数の漸近公式を多様体の不変量を使って表示する予想です. 特に, 最近はこの予想の双有理幾何学的背景を高次元代数幾何を用いて調べたり, 解析数論の手法を用いて様々な等質空間の Manin 予想を証明して来ました.

具体的には私の研究は以下の 3 つの研究に分類されます:

- Manin 予想に現れる例外集合を幾何的に定義して, それが希薄（thin）であることを極少モデル理論などを用いて証明する研究 ([1], [2], [8])
- 上の Manin 予想の双有理幾何的研究を Fano 多様体上の有理曲線のモジュライの問題に応用する研究 ([3], [6], [9], [10])
- 高さゼータ関数の手法を用いて様々な等質空間の Manin 予想やその類似を証明する研究 ([5], [7])

最近は有理曲線のモジュライ空間のホモロジカル安定性やモチーフ版の Manin 予想に興味を持って研究しています.

主要論文・著書

[1] B. Hassett, S. Tanimoto, and Y. Tschinkel, Balanced line bundles and equivariant compactifications of homogeneous spaces, Int. Math. Res. Not. IMRN (2015), no. 15, 6375–6410,

[2] B. Lehmann and S. Tanimoto, On the geometry of thin exceptional sets in Manin's conjecture, Duke Math. J. **166** (2017), no. 15, 2815–2869,

[3] B. Lehmann and S. Tanimoto, Geometric Manin's conjecture and rational curves, Compos. Math. **155** (2019), no. 5, 833–862,

[4] S. Tanimoto, On upper bounds of Manin type, Algebra Number Theory **14** (2020), no. 3, 731–761,

[5] D. Loughran, R. Takloo-Bighash, and S. Tanimoto, Zero-loci of Brauer group elements on semi-simple algebraic groups, J. Inst. Math. Jussieu, **19** (2020), no. 5, 1467–1507,

[6] B. Lehmann and S. Tanimoto, Rational curves on prime Fano threefolds of index 1, J. Algebraic Geom., **30** (2021), no. 1, 151–188,
[7] M. Pieropan, A. Smeets, S. Tanimoto, and A. Várilly-Alavarado, Campana points of bounded height on vector group compacrifications, Proc. Lond. Math. Soc, **123** (2021), no. 1, 57–101,
[8] B. Lehmann, A. K. Sengupta, and S. Tanimoto, Geometric consistency of Manin's conjecture, Compos. Math. **158** (2022), no. 6, 1375–1427
[9] B. Lehmann and S. Tanimoto, Classifying sections of del Pezzo fibrations, I, to appear in J. Eur. Math. Soc. (JEMS),
[10] B. Lehmann, E. Riedl, and S. Tanimoto, Non-free sections of Fano fibrations, submitted,

経歴

2012年　Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University, Ph.D.
2012年　Rice University, Department of Mathematics, G.C. Evans Instructor
2015年　University of Copenhagen, Department of Mathematical Sciences, PostDoc
2018年　熊本大学大学院先導機構 准教授
2021年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科 准教授

学生へのメッセージ

学部生は代数幾何の基礎であるスキームとコホモロジーの理論を習得する必要があります。[2], [3], [4] などが最近利用している本です．これらを読むにはある程度可換環論の知識が必要ですが, [1] や [5] で補えます．

修士の学生はまず高次元代数幾何に触れていただきたいと思います．考えられるテーマは以下の3つです: (1) 極少モデル理論 (2) 因子の正値性 (3) 有理曲線の理論. (1) は [6] が基本的な文献です．この本だと最近の発展（特にBCHM）などは学べないですが, この本を読んだ後適宜論文に当たれば良いと思います．(2) については [7] が良書です．最近読んでないのでまた読みたいなと思っています．(3) については [8] が良いと思います．さらに本格的な本としては [9] がありますが, なかなか読むのは難しいです．

これらの文献を読んだ後, 修士2年さらに博士では本格的な研究活動を行っていただきます．最近の学生のテーマは (i) Manin予想の例外集合の計算, (ii) Fano多様体の幾何的Manin予想, (iii) 導来圏の構成などでした．代数幾何, 数論幾何関連の話題だったら付き合いますので, 何か興味ある問題があったら遠慮なく言って下さい．

[1] M. F. Atiyah and I. G. MacDonald, Introduction to Commutative Algebra,
[2] R. Hartshorne, Algebraic Geometry, Springer
[3] Q. Liu, Algebraic Geometry and Arithmetic Curves, Oxford University Press
[4] U. Görtz and T. Wedhorn, Algebraic Geometry I: Schemes, Springer
[5] S. Bosch, Algebraic Geometry and Commutative Algebra, Springer
[6] J. Kollár and Sh. Mori, Birational Geometry of Algebraic Varieties, Cambridge
[7] R. Lazarsfeld, Positivity in Algebraic Geometry I, II, Springer
[8] O. Debarre, Higher Dimensional Algebraic Geometry, Springer
[9] J. Kollár, Rational curves on Algebraic Varieties, Springer

寺澤　祐高　（てらさわ　ゆたか／TERASAWA, Yutaka）　准教授

研　究　室　理学部A館 457号室　(内線番号 4533)

電子メール　yutaka@math.nagoya-u.ac.jp

研究テーマ

- 流体力学の基礎方程式の数学解析
- フーリエ解析

研究テーマの概要

私の研究対象は主に, 流体力学の基礎方程式である. 特に, 最近は, 非ニュートン流体といわれる, ジェルやケチャップなどの高分子からなる流体の運動の解析を行っている. 非圧縮性ニュートン流体の運動を記述する偏微分方程式として, Navier-Stokes方程式があり, 以下で記述される:
$\partial_t u - \mathrm{div}(\nu Du) + u \cdot \nabla u + \nabla p = f$, $\mathrm{div}\ u = 0$
ただし, ここでuは流体の速度場でベクトル量であり, $Du = \frac{1}{2}(\nabla u + (\nabla u)^T)$, pは流体の圧力場でスカラー量, νは粘性係数で正定数, また, fは外力項を表す. u, pを未知関数とし, 適当な領域および適当な初期値と境界条件のもとで, この方程式の解の存在を調べるのがNavier-Stokes方程式の初期値境界値問題である. この方程式の特徴には, 非線形であること, 連立系であること, また, 非圧縮性条件を表す, $\mathrm{div}\ u = 0$があることなどがある. この方程式に対しては, ある種の非線形熱方程式では成り立つ, 解に対する最大値原理を用いることができないこと等により, 解析が難しい. 実際, 3次元空間における, この方程式の古典解の時間大域的存在は, 有名な未解決問題でクレイ研究所のミレニアム問題の一つになっている. 本方程式に関する既存の研究には, 大きなデータに対する時間局所古典解の存在, 小さなデータに対する時間大域古典解の存在がある. また, 部分積分の概念に基づく弱解という概念があるが, 大きなデータに対する時間大域的な弱解の存在が同方程式に対して示されており, それの時刻無限大における漸近挙動等が調べられているが, それが滑らかな古典解にすべての時刻においてなるかという問題は, 未解決である. フーリエ解析との関連で言えば, 90年代から2000年代にかけて, 様々な関数空間を初期値の空間にとって, 方程式の時間局所適切性が示され, 特に, 関数空間を広くするということに興味が持たれた. 関数空間を十分大きく取ると非適切になるということも, Bourgain-Pavlovic('08)によって示された.

私の最近の研究の対象である, 非ニュートン流体は, 上記のNavier-Stokes方程式において, νが非定数で, Duの大きさに依存する量に代えた方程式で記述される. 非ニュートン流体の運動を記述する方程式で良く研究されているものに冪乗法則型流体方程式(power-law fluid equations)があり, 簡単にいうと, Navier-Stoke方程式のラプラシアンの部分をpラプラシアン型の作用素に置き換えたものである. この方程式の可解性は, pの大きさに依存する. 時間大域的な弱解の存在を示す際には, 極大単調作用素の理論が重要であり, 60年代にLadyzhenskayaやJ. L. Lionsらによって一意的な解の存在が示された. ただ, pがより小さい範囲で方程式の解の存在を論じるためには, 高階の微分のアプリオリ評価やリプシッツ切断法と呼ばれる, 近似方程式の解に関連するある関数を適切なリプシッツ連続関数で近似するフーリエ解析的手法が必要になり, 2000年代以降, 盛んに, ドイツのRuzicka氏らのグループによって研究されている. また, ニュートン流体で, 水と油などの二つの種類の流体が共存する場合の流体の運動を解析するためにその初期値の周りの線形化方程式のL^p-評価(「L^p-最大正則性」とも呼ばれる.）が必要になるが, 同様の手法を冪乗法則型流体方程式に用いることができ, 広いpの範囲で大きな初期値に対する時間局所古典解の存在が得られている（Bothe-Prüss, '07).

私は, このような状況下において, 冪乗法則型流体の二層流体問題の時間大域的弱解及び時間局所古典解の存在に関連する問題に取り組んでいる. 単独の冪乗法則型流体方程式の初期値の周りでの線形化問題のより詳細な研究, 及び, 関連する確率論とフーリエ解析の研究にも取り組みたいと考えている.

主要論文・著書

[1] H. Abels and Y. Terasawa, On Stokes operators with variable viscosity in bounded and unbounded domains, Math. Ann. **344** (2009), 381–429.

[2] H. Abels and Y. Terasawa, Non-homogeneous Navier-Stokes systems with order-parameter-dependent stresses, Math. Methods Appl. Sci. **33** (2010), 1532–1544.

[3] H. Abels, L. Diening and Y. Terasawa, Existence of weak solutions for a diffuse interface model of non-Newtonian two-phase flows, Nonlinear Anal. Real World Appl. **15** (2014), 149–157.

経歴

2007 年　北海道大学大学院理学研究科数学専攻博士課程修了
2009 年　東北大学大学院理学研究科数学専攻研究支援者
2010 年　東京大学大学院数理科学研究科特任研究員
2011 年　日本学術振興会特別研究員 PD(東大数理在籍)
2012 年　東京大学大学院数理科学研究科特任助教
2014 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科准教授

学生へのメッセージ

非圧縮性粘性流体の運動の解析を行うためには, 偏微分方程式の基礎理論, 関数解析, フーリエ解析等を身に着けることが必要になる. 少人数コースでは, まず, これらのうち一つをしっかりと身に着けることを目指し, それをもとに非圧縮粘性流体の運動を記述する方程式の可解性理論の学習等を行い, 周辺分野の知識も同時に深めていくことにしたい. 学生の希望に応じて, 基礎的なことを学ぶコースとより発展的なことを学ぶコースの二つを設けることも可能である.

テキストの候補を以下にあげるが, これ以外のものでもよい. 相談に応じたい.

1. S. Krantz, A Panorama of Harmonic Analysis, The Mathematical Association of America.
2. T. Hytönen, Weighted Norm Inequalities, Lecture Note available on Web.
3. H. Tanabe, Functional Analytic Methods for Partial Differential Eqautions, CRC Press.
4. H. Brezis, Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations, Springer.
5. M. Giaquinta, L. Martinazzi, An introduction to the regularity theory for elliptic system, harmonic maps and minimal graphs, Edizioni Della Normale.
6. A. McIntosh, Operator Theory - Spectra and Functional Calculi, Lecture Note available on Web.

博士前期課程（修士課程）の少人数セミナーの受講を希望する学生は, 微分積分, 常微分方程式, 複素解析, ルベーグ積分, 関数解析等の基礎的なことを確実に理解していることが望まれる. 予備知識が不足している場合は, 随時補うことが望ましい. これらの学習の後には, より専門的な学習へと進んでいくことになり, 一つの方向は非圧縮性粘性流体の運動の解析であるが, これ以外の学習を希望することも可能である.

博士後期課程（博士課程）では, より発展的なテーマについて, 指導を行う. 博士課程では研究テーマの設定に関して, 本人の希望を重んじたい.

内藤　久資　（ないとう　ひさし／NAITO, Hisashi）　　教授

研　究　室　多元数理科学棟 408 号室　　(内線番号 2415)
電子メール　naito@math.nagoya-u.ac.jp
ウェブページ　http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~naito/
所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 結晶構造と関連する離散幾何解析
- 幾何学的変分問題と関連する非線型微分方程式

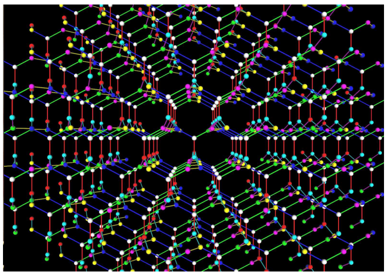
研究テーマの概要

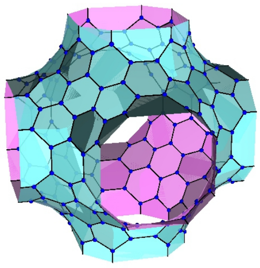
離散幾何解析および幾何学的変分問題を研究テーマとしている．

幾何学的変分問題とは, 変分原理によって定式化される幾何学的対象を指し, その代表的な例として, 調和写像, 極小曲面などがある．

物質科学であらわれる結晶構造は, 数学から見ると高い対称性を持ったグラフをユークリッド空間に埋め込んだものと考えることができる．グラフ自身は頂点の位置情報を含まない抽象的な対象であるが, それをユークリッド空間に埋め込むことにより, グラフのエネルギーを定義し, その最小解として結晶構造を実現することができる．この立場から, 対象の幾何学的性質を利用して, よい結晶格子を構成して, その性質を調べる研究を行なっている．

また, 幾何学的変分問題に関連する非線形偏微分方程式に関する研究も行っている．





主要論文・著書

[1] T. Omori, H. Naito, T. Tate, Eigenvalues of the Laplacian on the Goldberg-Coxeter constructions for 3- and 4-valent graphs, Electron. J. Combin., **26(3)**, (2019), ♯P3.7.
[2] M. Kotani, H. Naito, T. Omori, A discrete surface theory, Computer Aided Geometric Design **58**, (2017) 24-54.
[3] M. Tagami, Y. Liang, H. Naito, Y. Kawazoe, M. Kotani, Negatively curved cubic carbon crystaels with octahedral symmetry, Carbon, **76**, (2014), 266-274.
[4] M. Itoh, M. Kotani, H. Naito, T. Sunada, Y. Kawazoe, T. Adschiri, New metallic carbon crystal, Physical Review Letters, **102**, (2009) 055703.
[5] H. Naito, Finite time blowing-up for the Yang-Mills gradient flow in higher dimension, Hokkaido Math. J., **23** (1994), 451–464.

経歴

1988 年　名古屋大学理学研究科博士課程退学
1988 年　名古屋大学理学部助手
1995 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科助教授

学生へのメッセージ

大学院前期課程では, その後の研究につながるテーマも重要であるが, 一方では, 社会に出たときに意味のあるテーマを扱うことも重要であると考えている. この考え方に添って, 少人数クラスでは計算機とそれに関わる数学または計算機を利用した数学をテーマにしたいと考えている.

具体的なテーマの例としては, 以下のようなものが考えられる.

- 離散幾何への計算機を利用したアプローチ
- 微分方程式の数値解析

いずれのテーマを扱う場合にでも, 単に理論を学ぶだけでなく, それを計算機の上で実現することも重要であり, 「理論と実践」のバランスのとれた勉強を望んでいる. 基本的なプログラミング技術を持っていることを前提に少人数クラスを行いたい.

このテーマに添った少人数クラスに参加するためには, 基本的な解析・線形代数等の基礎知識を学ぶだけでなく, 基本的なプログラミングについても学んで来ることが望ましいと考えている.

永尾　太郎　（ながお　たろう／NAGAO, Taro）　教授

研　究　室　多元数理科学棟 508 号室　(内線番号 5392)

電子メール　nagao@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~nagao/

所 属 学 会　日本物理学会

研究テーマ

- ランダム行列理論とその応用
- 半古典量子論

研究テーマの概要

ランダム行列理論について, 基礎数理と様々な応用の立場から多角的に研究を進めている. ランダム行列とは, 乱数を要素にもつ行列であり, ２０世紀前半に数理統計学の分野において考案された. その応用範囲は, Wigner によって原子核物理学に導入されて以後, 解析数論, 組合せ論, 素粒子物理学, 固体物理学, 統計力学, 生態学などへと拡大されてきた. 特に, 最近２０年ほどの間の発展は, 基礎と応用の両面において爆発的といえるほどであり, 新しい発見が次々に報告され続けている.

ランダム行列に関係する特に重要な問題としては, エネルギー準位統計の普遍性を挙げることができる. 量子系のエネルギー準位は, 対応する古典動力学の性質を反映して分布することが知られており, 対応する古典系がカオス系の場合には, ランダム行列理論によって予言される普遍的な準位相関が観測される. 普遍性の原因の解明に向け, 半古典量子論とランダム行列の関係を調べることに取り組んでいる.

また, 最近では, 携帯電話やインターネットの普及により, ネットワークの数理に注目が集まっており, ネットワークのつながり方を表現するモデルとして, ランダム行列を研究することがさかんになっている. このような現実的な研究の進歩に寄与するとともに, 現実を着想の源として, 基礎数理の理解を深めたいと考えている.

主要論文・著書

[1] T. Nagao, Correlation functions for multi-matrix models and quaternion determinants, Nucl. Phys. **B602** (2001) 622-637.

[2] T. Nagao, Dynamical correlations for vicious random walk with a wall, Nucl. Phys. **B658** (2003) 373-396.

[3] T. Nagao and T. Sasamoto, Asymmetric simple exclusion process and modified random matrix ensembles, Nucl. Phys. **B699** (2004) 487-502.

[4] T. Nagao, P. Braun, S. Müller, K. Saito, S. Heusler and F. Haake, Semiclassical theory for parametric correlation of energy levels, J. Phys. A: Math. Theor. **40** (2007) 47-63.

[5] P.J. Forrester and T. Nagao, Eigenvalue statistics of the real Ginibre ensemble, Phys. Rev. Lett. **99** (2007) 050603.

[6] T. Nagao and G.J. Rodgers, Spectral density of complex networks with a finite mean degree, J. Phys. A: Math. Theor. **41** (2008) 265002.

[7] G. Akemann and T. Nagao, Random matrix theory for the Hermitian Wilson Dirac operator and the chGUE-GUE transition, J. High Energy Phys. 2011 (2011) 60.

[8] 永尾 太郎, 「ランダム行列の基礎」, 東京大学出版会, 2005 年.

[9] 永尾 太郎, 「行列のブラウン運動と量子準位統計」(数理物理への誘い 6 最新の動向をめぐって, 小嶋 泉 編, 遊星社, 2006 年）.

[10] 永尾 太郎, 「ランダム行列百花繚乱」(数理科学 2007 年 2 月号 特集「ランダム行列の広がり その多彩な応用」, サイエンス社）.

[11] 永尾 太郎, 「ランダム行列の普遍性」(ランダム行列の数理と科学, 森北出版, 2014 年） 第 2 章.

受賞歴

- 2011年, 第15回久保亮五記念賞 (井上科学振興財団),「ランダム行列理論とその物理学への応用」

経歴

1994年　東京大学大学院理学系研究科博士課程修了
1994年　大阪大学理学部助手
2004年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科助教授
2007年　同研究科准教授
2009年　同研究科教授

学生へのメッセージ

博士前期課程（修士課程）における少人数クラスのテーマとしては, 例えば, 確率論, 統計力学, カオス力学系, ネットワークの数理などが挙げられる. これらのテーマは, ランダム行列理論に深く関係しているとともに, 数理科学の様々な分野の基礎となる普遍的なものである. 参加者の希望によっては, これら以外のテーマを扱うこともあり得る.

少人数クラスの前半（夏学期）では, 教科書を使った輪講を予定している. 教科書の選択についても, 参加者の希望を考慮して, 柔軟に検討したい. 後半（冬学期）には, 各自の興味に応じて, より発展的な文献を読めるようになることが望ましい. 口頭発表やレポート作成により, 他人に理解できるように説明する練習も行う予定である.

予備知識としては, 数理学科（学部）の２年程度までの内容を理解していることが望まれる. しかし, 他学科から進学する者も多い現状を考えると, これは実際には難しい場合もある. したがって, 少人数クラスでは, 知識に不安のある学生にもできるだけ配慮したいと考える. むしろ, 現状に安住することなく, 計算機科学などの関連分野を含め, 新しいことに積極的に取り組む姿勢が大事である.

博士後期課程（博士課程）では, 研究者の数が少ない斬新な分野に挑戦することを勧め, 独自のスタイルを構築することを支援したいと考える. 常に研究分野の最新の動向に目を配り, 波及効果が大きくかつ解決可能な問題を見出すことを心掛けてほしい.

中岡　宏行　（なかおか　ひろゆき／NAKAOKA, Hiroyuki）　准教授

研　究　室　理学部 A 館 345 号室　　(内線番号 2545)
電子メール　nakaoka.hiroyuki@math.nagoya-u.ac.jp
所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- ホモロジー代数
- 多元環の表現論
- 圏論

研究テーマの概要

圏論はその抽象性の高さから，広範な分野に適用可能な一般論を与えるのに適しています．自分の研究では，代数分野に現れる圏論的枠組みを捉えることを目的としています．近年は特に多元環の表現論に用いられる圏や関手に興味を持っています．多元環の表現論ではアーベル圏・完全圏や三角圏といったホモロジー代数のための主要な圏をはじめとして，より高度なものも含め様々な形で圏論が用いられており，最近はこの分野に関わる圏や関手の構造の研究に携わっています．

主要論文・著書

[1] H.¯Nakaoka and Y.¯Palu, Extriangulated categories, Hovey twin cotorsion pairs and model structures, Cah. Topol. Géom. Différ. Catég. **60** (2019) no. 2, 117–193.
[2] H.¯Nakaoka, A simultaneous generalization of mutation and recollement on a triangulated category, Appl. Categ. Structures, **26** (2018) no. 3, 491–544.
[3] H.¯Nakaoka, General heart construction on a triangulated category (I): unifying t-structures and cluster tilting subcategories, Appl. Categ. Structures, **19** (2011) no.6, 879–899.

受賞歴

- 2010, 日本数学会賞建部賢弘奨励賞, 「代数諸分野への圏論的手法の応用」

経歴

2009 年　東京大学大学院数理科学研究科博士課程修了
2009 年　東京大学大学院数理科学研究科特任研究員
2009 年　東京大学大学院数理科学研究科特任助教
2010 年　鹿児島大学大学院理工学研究科准教授
2015 年　鹿児島大学学術研究院理工学域理学系准教授
2019 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科准教授

学生へのメッセージ

少人数クラスのテーマとしては，多元環の表現論に現れる圏論を想定しています．主には，アーベル圏や三角圏におけるホモロジー代数に関係する圏論を考えています．純粋に圏論だけを扱うよりは何かホームと呼べるような（具体的な対象を扱う）研究の源泉となるような分野とも関わりを持つことが大事と思いますので，多元環の表現論と関係する事柄を学ぶことををお勧めしたいです．テキストの候補の一つとして，

- I. Assem; D. Simson; A. Skowroński, *Elements of the representation theory of associative algebras. Vol. 1. Techniques of representation theory.* London Mathematical Society Student Texts, **65**. Cambridge University Press, 2006.

を挙げておきます．博士前期課程入学時までに知っていることが望ましい予備知識として線形代数学，群論および環論の基礎などが挙げられます．特に学部で扱う程度の環上の加群についての知識を持っていることが必要であり，また，アーベル圏などを用いたホモロジー代数的議論にもある程度馴染みの有ることが望まれます．

中島　誠　(なかしま　まこと／NAKASHIMA, Makoto)　准教授

研　究　室　理学部A館 453号室　　(内線番号 2421)

電子メール　nakamako@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　https://www.math.nagoya-u.ac.jp/~nakamako/

研究テーマ

- 確率論
- 大規模相互作用系

研究テーマの概要

ここでいう確率論とは測度論的確率論のことを意味しており, 高校で学ぶような組み合わせ論的なものや学部2年生の確率・統計の講義で学ぶようなものとはイメージが異なります. 測度は学部3年生で学ぶ内容ですが, そこでは集合 S の可測な部分集合に対して "面積" ("体積") を定義し, そこから関数の積分を定義しました. 確率論では標本空間 Ω の可測な部分集合が事象に相当し, その "面積" に相当するものが確率になります. このように測度を用いて確率を定義することにより "無限回の試行" のようなものも数学的に記述することができ様々な解析ができるようになりました.

研究テーマに書いている大規模相互作用系という用語ですが主に物理の統計力学の話題になります. 私の研究対象の高分子模型からどういったものを考えるのか覗いてみましょう.

高分子はモノマー (例えば $-\mathrm{CH}_2-$) と呼ばれる多数の分子が結合することで生成される分子のことです. このとき $\mathrm{C}-\mathrm{C}$ 結合では回転による自由度により, 結合の仕方はランダムになります. ここでモノマー間の排他作用は無視して問題を単純化してみましょう. $n+1$ 個のモノマーが鎖状に結合しているとし, 片方の端のモノマー0の位置を原点, モノマー0から i 番目のモノマーの位置を S_i と表し, さらに変位 $\{X_i := S_i - S_{i-1}\}_{i=1}^n$ は独立同分布であると考えてみます. するとこれはランダムウォークと呼ばれる非常によく研究されている確率模型になります. さてここで高分子の形状について考えてみます. 高分子を巨視的な視点で観察するということはこのランダムウォークのスケール極限を考えているものと捉えられるのですが, $\{X_i\}_{i=0}^n$ に適切な仮定を与えておくと $\{S_i\}_{i=0}^n$ のスケール極限としてブラウン運動と呼ばれる確率模型が現れる (不変原理) ことが知られています. 上記の考察から理想的な溶媒中で作られて高分子はブラウン運動の軌跡とみなすことができることがわかりました.

さてもし溶媒の中に不純物が混ざっていた場合にはどうでしょうか. 不純物はモノマーと何らかの相互作用をするものだと考えることができます. この相互作用を記述する方法として Gibbs 測度と呼ばれる新しい確率測度を導入するものがあります. これは元の $\{S_i\}_{i=0}^n$ の確率測度に対して経路 $\{S_i\}_{i=0}^n$ 毎に相互作用を表す重みを与えることで作られる確率測度になります. この Gibbs 測度を考えると, あるパラメータ (例えば不純物の濃度) を変化させることによって高分子模型の形状が大きく変化する (相転移) ことが知られています. このように無数の不純物とモノマーの相互作用 (大規模相互作用) によって新しい現象が現れます.

他にも大規模相互作用系に分類される確率模型 (物理模型) は存在し, 研究は多岐にわたっています. いずれも相互作用により新しい現象が現れる面白い分野です.

このような相互作用による相転移は自由エネルギーと呼ばれる物理量で特徴づけされることが多いのですが, 私の最近の研究ではこの自由エネルギーの挙動を調べることで物理模型の背景にある普遍的な構造を見つけることを行っています.

主要論文・著書

[1] C. Cosco, S. Nakajima, M. Nakashima: Law of large numbers and fluctuations in the sub-critical and L^2 regions for SHE and KPZ equation in dimension $d \geq 3$. Stochastic Process. Appl. **151** (2022), 127–173.

[2] M. Nakashima: Free energy of directed polymers in random environment in 1+1-dimension at high temperature. Electron. J. Probab. **24** (2019), No. 50.

[3] M. Nakashima: Branching random walks in random environment and super-Brownian motion in random environment. Ann. Inst. Henri Poincaré Probab. Stat. **51** (2015), no. 4, 1251–1289.

受賞歴

- 2014, 日本数学会賞建部賢弘賞奨励賞 「ランダム環境中の分枝ランダムウォークの研究」

経歴

2012 年　京都大学大学院理学研究科数学・数理解析専攻数学系博士後期課程修了
2012 年　筑波大学数理物質系数学域助教
2015 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科准教授

学生へのメッセージ

確率論を学ぶにあたって「微分積分学」,「線形代数学」は予備知識です. さらに「ルベーグ積分論」は確率論を学習する上で必須なので習熟していることが望ましいです. 博士前期課程 (修士課程) に入学するまでには確率論の基礎知識 (測度論的確率論, σ-加法族, 独立性, 大数の法則, 中心極限定理, 条件付き期待値) は身につけておく必要があります. これらの知識は測度論的確率論の教科書 (例えば下の教科書) や講義などで復習するとよいでしょう.

[1] Williams「Probability with martingales」Cambridge Mathematical Textbooks,　1991.
[2] 舟木直久「確率論」　朝倉書店　2004.

中西　知樹　（なかにし　ともき／NAKANISHI, Tomoki）　　教授

研　究　室　多元数理科学棟 406 号室　　(内線番号 5575)

電子メール　`nakanisi@math.nagoya-u.ac.jp`

ウェブページ　`http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~nakanisi/`

所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 団代数, 無限可積分系

研究テーマの概要

私は2008年ごろから団代数(cluster algebras)の基礎と応用に関する研究を行なっている.

団代数は, 2000 年ごろに Fomin と Zelevinsky が Lie 理論に現れる可換代数を「Laurent 現象」の観点からの一般化したものとして導入した可換代数のクラスである. 例えば, Grassmann 多様体や二重 Bruhat 複 体の座標環がそのプロトタイプである. また, Fomin-Zelevinsky に影響を受けつつも, ほぼ同時期に Fock と Goncharov が Teichmüller 空間の観点から, また, Gekhtman, Shapiro, Veinshtein が離散力学系の Poisson 構造の観点から, 本質的に独立に団代数と同等の概念に到達したことも大変意義深い. その後, 団代数は, ルート系のある種の拡張理論であり, 様々な数学の分野に横断的に 現れる代数的組合せ論的構造であることが徐々に認識され, 現在でも様々な分野において活発に研究されている. また, 団代数の定式化においてトロピカル 半体が内在していることも特筆すべき点であり, これによりトロピカル代数系や区分線形系に対する応用が自然と現れるのである.

これについては私はさまざまの共同研究者と共に以下のような結果を得た.

- 共形場理論を起源に持つ様々なT-systemとY-systemの周期性と付随するダイログ恒等式予想の解決
- 団代数の周期に付随するダイログ恒等式の導出とその量子化
- 団代数におけるトロピカル双対性
- 有限型団代数のcベクトルとdベクトルのダイアグラム表示
- sine-Gordon型Y-systemの多面体の三角分割による定式化および周期性と付随するダイログ恒等式予想の解決
- 完全WKB解析におけるStokes現象の団代数の変異による定式化
- 一般団代数の種子の構造
- 一般団代数の周期に付随する高次ダイログ恒等式の導出とその量子化
- 団代数の周期に付随するダイログ恒等式の古典力学の定式化による再導出
- 団散乱図式におけるダイログ元と5角関係式の諸性質の導出とその応用

団代数はその基礎にまだ未整備な部分がある一方で, その応用については今後もさまざまな方向におおいに発展することが期待される. 特に，団散乱図式による団代数の再定式を重要と考え，その方向の研究を進めていきたい.

主要論文・著書

以下は全てarXivでpreprint版が入手可能

完全な論文リストは以下のwebサイトを参照

http://www.math.nagoya-u.ac.jp/ nakanisi/research/publications.html

[1] Atsuo Kuniba, Tomoki Nakanishi, Junji Suzuki, Functional relations in solvable lattice models: I. Functional relations and representation theory, Int. J. Mod. Phys. A9 (1994) 5215–5366.

[2] Atsuo Kuniba, Tomoki Nakanishi, Bethe equation at q=0, M"obius inversion formula, and weight multiplicities: II. X_n case, J. Alg. 251 (2002) 577–618.

[3] Atsuo Kuniba, Tomoki Nakanishi, Zengo Tsuboi, The canonical solutions of the Q-systems and the Kirillov-Reshetikhin conjecture, Commun. Math. Phys. 227 (2002) 155–190.
[4] Wakako Nakai, Tomoki Nakanishi, Paths, tableaux and q-characters of quantum affine algebras: the C_n case, SIGMA 3 (2007) 078, 20 pages.
[5] Tomoki Nakanishi, Dilogarithm identities for conformal field theories and cluster algebras: simply laced case, Nagoya Math. J. 202 (2011) 23–43.
[6] Rei Inoue, Osamu Iyama, Bernhard Keller, Atsuo Kuniba, Tomoki Nakanishi, Periodicities of T and Y-systems, dilogarithm identities, and cluster algebras I: Type B_r, to appear in Publ. RIMS 49 (2013) 1–42.
[7] Kohei Iwaki, Tomoki Nakanishi, Exact WKB analysis and cluster algebras, J. Phys. A: Math. Theor. 47 (2014) 474009.
[8] Michael Gekhtman, Tomoki Nakanishi, Dylan Rupel, Hamiltonian and Lagrangian formalisms of mutations in cluster algebras and application to dilogarithm identities, J. Integrable Syst. 2 (2017) 1–35.
[9] Tomoki Nakanishi, Synchronicity phenomenon in cluster patterns, J. London Math. Soc. 103 (2021) 1120–1152

経歴

1990年　東京大学大学院理学研究科博士課程修了
1990年　名古屋大学理学部助手
1994年　名古屋大学理学部助教授
1995年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科助教授
2007年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科准教授
2014年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科教授

学生へのメッセージ

博士前期課程（修士課程）における少人数クラスのテーマとしては，団代数を中心として, 必要に応じてリー代数, 量子群, コクセター群など関連した話題を取り上げる予定である．これらの学習を通して, 後期課程や企業において自立した研究者に成り得るための基礎力・知識・観点・展望を育成する．

納谷　信　（なやたに　しん／NAYATANI, Shin）　教授

研　究　室　理学部A館429号室　　(内線番号 2814)
電子メール　nayatani@math.nagoya-u.ac.jp
所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

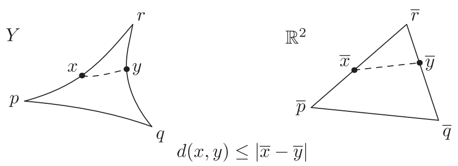
- 離散群の剛性
- 共形幾何

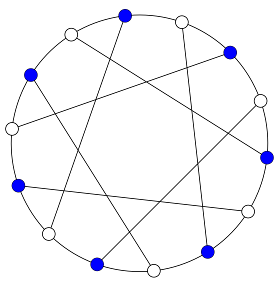
研究テーマの概要

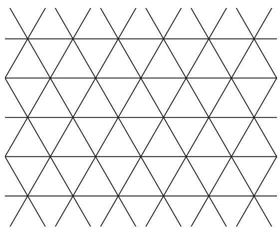
私の専門は幾何学です．学部4年から大学院にかけて微分幾何を勉強し，それ以来微分幾何や関連する幾何学のテーマについて研究してきました．過去に研究したテーマは，極小曲面の不安定指数，スカラー曲率の方程式，クライン群に付随するリーマン計量，正のリッチ曲率をもつ自己双対計量，四元数CR幾何といったところです．曲面論，幾何解析，共形幾何がキーワードといえると思います．

私の最近の研究テーマは，離散群（可算無限個の元をもつ群）のある種の空間への作用に関することです．空間は距離空間とし，作用は距離を保つものとします．このような状況の雛形として，リーマン多様体の基本群の普遍被覆多様体への作用がありますが，この場合，作用は固有不連続であるという意味でよい作用であるといえます．我々は，より一般の離散群の，より一般の距離空間への作用を考えるのですが，距離空間の方は全く一般というわけではなく，曲率がゼロ以下のリーマン多様体とある意味で同様の性質をもつ距離空間を考えます．このとき，離散群と距離空間の選び方によっては，よい作用が極めて限定されてしまうことや，そもそもよい作用がまったく存在しないということが起こります．このような離散群は代数的にも特殊な性質をもつことが知られていますが，そういった群（とくに双曲的とよばれる性質をあわせもつもの）が豊富に存在するか否かはあまりよく分かっていませんでした．我々は，微分幾何・幾何解析に由来する手法（とくに，ある種のエネルギーを最小にする写像）を用い，ランダム群の理論と結びつけることにより，このような群が大量に存在することを証明することができました．今後の課題として，そのような群をランダム群の理論によらず，明示的 (explicit) に構成するという問題にも取り組んでいきたいと考えています．

このような研究を始めたきっかけは，マルグリス超剛性定理とよばれる代数群の離散部分群に対する剛性定理を，p 進数を成分とする行列群の場合に，幾何学的手法によって証明するという問題に出会ったことでした．マルグリス超剛性定理も，上述した枠組みで定式化することができますが，幾何学的証明は今もってできていません．しばらくあきらめていましたが，最近再びこの問題の解決に取り組んでいます．







主要論文・著書

[1] H. Izeki and S. Nayatani, Combinatorial harmonic maps and discrete-group actions on Hadamard spaces, Geom. Dedicata **114** (2005), 147–188.

[2] S. Nayatani, Patterson-Sullivan measure and conformally flat metrics, Math. Z. **225** (1997), no. 1, 115–131.

受賞歴

- 2004年,　幾何学賞, 「実および複素双曲空間の理想境界における不変計量の構成」

経歴

1990年　大阪大学大学院理学研究科博士課程修了
1990年　日本学術振興会特別研究員
1991年　東北大学理学部助手
1994年　東北大学理学部助教授
1998年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科助教授
2005年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科教授

学生へのメッセージ

私は２００５年, ２００７年ー２０１７年の１２年間, 少人数クラスを担当しました. ここ数年は, 双曲空間 (非ユークリッド幾何学が展開される空間) の幾何学に関わることをテーマに少人数クラスを進めています. 詳しくは研究科ウェッブページにある過去のコースデザインをご覧下さい.

`http://www.math.nagoya-u.ac.jp/ja/education/archive/`

２０１８年度も, テーマを決めて履修希望者を募ることになりますが, 実施の詳細については履修者と相談して決めることにします. （受講者の予備知識や興味, あるいは将来の進路希望によっても変わってきます. ）１年間あるいは２年間の学習を通じて, あらかじめ指定されたテーマに習熟することを一応の目標としますが, 学習する中で他に興味をもった幾何学のテーマがみつかれば, それについて学習・研究していっても一向に構いません. 自分の興味の対象を自分でみつけることは, むしろ望ましいことだと考えます. また, 単なる学習にとどまらず, できれば未知の問題に取り組んで何らかの結論を得ることを目指してもらいたいと考えています.

浜中　真志　(はまなか　まさし／HAMANAKA, Masashi)　講師

研　究　室　理学部 A 館 327 号室　(内線番号 2408)

電子メール　hamanaka@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~masashi.hamanaka/

所 属 学 会　日本物理学会, 日本数学会

研究テーマ

- 素粒子論
- 数理物理

研究テーマの概要

これまで10年ほどかけて, ソリトン理論・可積分系の非可換空間への拡張に取り組んできた. これは, 単なる一般化ではなく, 物理としても数理物理としても非常に面白いものを含んでいる. 特に, 非可換空間上のゲージ場の理論は, 背景フラックス中のゲージ場の理論と等価であり, 量子ホール効果の分野などで古くから様々な応用がなされてきた. さらに非可換空間では特異点の解消が一般に起こり, 新しい物理的対象が現れる. 例えば, 4 次元ゲージ理論の反自己双対 Yang-Mills 方程式の非可換化では, モジュライ空間 (解空間) の特異点解消が $U(1)$ インスタントンという非可換特有の物理的配位をもたらす. ここでは ADHM 構成法がうまく非可換化されることも要となっており, この意味で可積分性といった良い性質も保たれている [1]. また, 弦理論のある状況では非可換ソリトンは D ブレーンそのものに対応し, D ブレーンの解析が非可換ソリトンの解析から行われる. ここで非可換ソリトンは取り扱いが非常に容易になることがあり, Sen の予想といった D ブレーン力学の重要な問題に対してもさまざまな応用がなされ, 成功をおさめた.

この流れを受け, ゲージ理論には (直接) 属さないソリトン方程式 (KdV 方程式など) の非可換化の研究も活発になった [3]. 特に [4] により,「これらの方程式の大半は, 4次元非可換反自己双対 Yang-Mills 方程式から次元還元などにより得られる (非可換 Ward 予想)」ことが明らかにされ, 対応する物理系への応用の可能性が開かれた. KdV 方程式などもこの意味でゲージ理論に属し, 非可換化の意味 (背景フラックスの導入という物理的意味) を持つのである. この次元還元に現れる方程式には N=2 弦理論というものが関連し, ソリトン解の解析などを通じて, この理論への直接的応用が可能である. また, 幾何学的背景や無限次元対称性の視点から, 低次元非可換ソリトン方程式の統一的理解が深まると期待される.

さらにその後, 英国人との共同研究により, 非可換反自己双対 Yang-Mills 方程式の解を解にうつす変換 (ベックルント変換) が見出され, 非可換インスタントンだけでなくさまざまな新しい解も具体的に生成された. これらの解は quasideterminant と呼ばれるある種の非可換行列式で簡明に記述されることが分かったが, この事実は低次元の非可換可積分方程式についても言えることが知られており, 次元によらない可積分系の普遍的定式化の可能性を示唆している [5]. Quasideterminant と非可換反自己双対 Yang-Mills 方程式の次元還元を要とした, 非可換佐藤理論の構築や高次元化についてさまざまな計画を目論んでいる [6]. ツイスター理論, 弦理論, 超対称ゲージ理論との関わりも興味深い.

上記はこれまで取り組んできた研究課題の一部であるが, 素粒子論や弦理論に関わる数理全般に興味があり, これまでとはまったく異なる新しい方向もいろいろと模索している. 特に最近, 6次元チャーン・サイモンズ (CS) 理論から 4次元 CS 理論と 4次元 Wess-Zumino-Witten(WZW) 理論が導かれることが示されて状況が大きく進展している. 4次元 Wess-Zumino-Witten 理論の運動方程式はヤンの方程式 (反自己双対 Yang-Mills 方程式と等価) であり, 上記の Ward 予想がそのままはまり込む [8]. 4次元 CS 理論と可解模型との関わりは世界的に盛んに研究されているが, 4次元 WZW 理論と双対な関係にあることが予想され大変興味深い. この全貌解明のため国際的なオンラインセミナーを立ち上げた.

主要論文・著書

[1] 浜中　真志, “ADHM/Nahm 構成法とその双対性,” 素粒子論研究 **106** (2002), 1 – 60.

[2] 浜中　真志, “Hyper-Kähler 幾何の数理と物理,” 素粒子論研究 **119-4C** (2012), 245 – 279.
[3] 浜中　真志, “Solitons on Non-Commutative Spaces,” 京大数理研講究録 **1400** (2004) 88 – 126.
[4] M. Hamanaka, “Noncommutative Ward's Conjecture and Integrable Systems,” Nuclear Physics B **741** (2006), 368 – 389 [hep-th/0601209].
[5] M. Hamanaka, “Noncommutative Solitons and Quasideterminants,” Phys. Scripta **89**, 038006 (2014) [arXiv:1101.0005].
[6] C. R. Gilson, M. Hamanaka, S. C. Huang and J. J. C. Nimmo, “Soliton solutions of noncommutative anti-self-dual Yang–Mills equations,” J. Phys. A **53**, 404002 (2020) [arXiv:2004.01718].
[7] M. Hamanaka and T. Nakatsu, “Noncommutative Instantons and Reciprocity,” in preparation.
[8] M. Hamanaka, S. C. Huang and H. Kanno, “Solitons in Open N = 2 String Theory,” PTEP **2023, 4**, 043B03 (2023) [arXiv:2212.11800].

経歴

2003 年 3 月	東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 (素研) 博士課程修了
2003 年 4 月	東京大学大学院総合文化研究科日本学術振興会特別研究員 PD
2004 年 2 月	名古屋大学 大学院多元数理科学研究科 助手
	(英国オックスフォード大学 客員研究員：2005/8–2006/12)
2007 年 4 月	名古屋大学 大学院多元数理科学研究科 助教
	(英国グラスゴー大学 客員研究員：2008/10–2009/2)
2016 年 4 月	名古屋大学 大学院多元数理科学研究科 講師

学生へのメッセージ

多元数理科学研究科には, 素粒子論の研究をしている教員が 4 人ほどおりまして, セミナー活動などを一緒に行っています. 現在行っている主なものとしましては, 以下のものがあります：

- 多弦数理物理学セミナー (他大学から専門家を招待してご自身の研究内容について紹介していただくというもの. 最近はオンラインで全世界の専門家を集めて開催している.)
- 多弦勉強会 (最新の面白そうな論文を勉強して, みんなに紹介するというもの. 大学院生にももちろん発表の順番が回ります.)
- 多弦ひろば (博士前期課程レベルから最先端の研究へのギャップを埋める特別講義的な内容)

これらはすべて単位などとは無関係で, 聴講や発表はどのような方も大歓迎です. 最近は物理学科や小林・益川研究所 (KMI) と合同で開催しており，一緒に盛り上がってます. 詳細については随時, 研究科のセミナー案内ページにも掲載されます. (なお, ここで書かれている「多弦」の「弦」はミスプリではなく, 弦理論の「弦」を象徴しているつもりです.) これ以外にもさまざまな形の研究活動・教育活動が不定期に行われています. 夜の部 (名古屋飯など) も熱いです.

私自身は, これまで 7 名の博士後期大学院生のアドバイザーを担当してきました. (メインアドバイザーとしては 3 名. うち 2 名は学位取得,) 現在は修士の学生さんと場の量子論・弦理論の輪講を行っています. アドバイザーでなくても，適当につかまったりつかまえたりしてインフォーマルなゼミに加わることもあります. 2014 年度は 9 月頃に，多元数理と物理学科 E 研の大学院生を対象に，素粒子論で必要となる幾何学 (多様体・ベクトル束・トポロジー・モース理論・複素幾何など) の簡単な解説を 4 回に分けて行いました．学生プロジェクトにも何度か参加しています. (例えば 2004 年度「弦理論の双対性からの数学の展開」http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~miniproject_string/index.html)

素粒子論, 弦理論, 幾何学, 可積分系をはじめとして, 理解したいことが山ほどあります. 一緒に楽しんでくれる学生さんがいれば嬉しい限りです. ほんの少しでも興味を持たれたら, まずは遠慮なく, お気軽に, 私の部屋 (理 A327) をお尋ねください. (大歓迎です！)

林　孝宏　（はやし　たかひろ／HAYASHI, Takahiro）　准教授

研　究　室　理学部 A 館 443 号室　(内線番号 2416)

電子メール　hayashi@math.nagoya-u.ac.jp

所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 古典群、量子群の表現論
- ホップ代数とその一般化

研究テーマの概要

量子群とその表現論を専門にしています. 量子群とは, 群ではないものの, 大らかな気持ちで眺めれば群に似てなくもないようなある種の代数系で, 数理物理学, 代数群, 低次元位相幾何学, 組み合わせ論, 作用素環論など数学の様々な分野と密接な関連を持っております. 私自身も, 量子群と他の分野との関連を意識しながら研究をしてきました. 例えば, 下記の論文 [2] では, 計算機による近似計算を量子群による計算に置き換えることにより, 作用素環論のある重要な分類定理の証明を簡易化しております. また論文 [3] では, 格子模型から結び目不変量を構成する手法と量子群との関係を明確化することにより, 前者の精密化と一般化を与えております.

量子群という用語は, 量子展開環 (ドリンフェルト-神保代数) とよばれる双代数の別名として用いられることも多いのですが, 私の研究では, 双代数より, より一般的な, 面代数, あるいは亜双代数 (bialgebroid) というものも考察の対象としております. 面代数は, 統計力学の面型格子模型 (IRF 模型) と呼ばれる対象から抽出された代数系で, 双代数の一般論の多くはこの枠組みでも議論することが可能です. さらに [4] では, 共形場理論等で重要な半単純テンソル圏と呼ばれる構造から, 面代数を自然に構成する標準淡中双対性というものが与えられております.

最近は標準淡中双対性 (より正確には標準ファイバー関手) を用いて、環構造を持つような表現の既約分解を、具体的に記述することを考えております。

$$
\begin{tikzcd}
 & & \mathcal{F}^*(G,X) \arrow[r, equal, "\mathcal{E}"] & \mathcal{H}^*(G,\Gamma) \arrow[dr, leftrightarrow] & & \\
\mathcal{V}(G,X\times X) \arrow[r, equal] & \mathcal{F}(G,X) \arrow[ur, leftrightarrow] \arrow[dr, equal, "\mathcal{D}"'] & & & \mathcal{H}(G,\Gamma) \arrow[r, equal] \arrow[dl, equal, "\mathcal{C}"] & \mathcal{V}(\Gamma\times\Gamma,G) \\
 & & \mathbb{K}G \arrow[r, leftrightarrow] & (\mathbb{K}G)^* & &
\end{tikzcd}
$$

主要論文・著書

[1] T. Hayashi, Sugawara operators and Kac-Kazhdan conjecture, Invent. Math., **94** (1988), no. 1, 13-52.

[2] T. Hayashi, Quantum group symmetry of partition functions of IRF models and its application to Jones' index theory, Commun. Math. Phys., **157** (1993), 331-345.
[3] T. Hayashi, Coribbon Hopf (face) algebras generated by lattice models. J. Algebra, **233** (2000), 614–641.
[4] T. Hayashi, A brief introduction to face algebras, in New trends in Hopf algebra theory, La Falda 1999, Contemp. Math. 267, Amer. Math. Soc., 2000, pp. 161-176.
[5] T. Hayashi, A decomposition rule for certain tensor product representations of the symmetric groups, Journal of Algebra, **434** (2015) 46-64

経歴

1988年　名古屋大学大学院理学研究科博士課程後期課程退学
1988年　名古屋大理学部助手
1995年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科助教授

学生へのメッセージ

博士前期課程（修士課程）における少人数クラスのテーマとしては,

量子群と結晶基底, 無限次元リー環, ホップ代数

などが挙げられます. テキストとして代表的なものには,

1. 神保道夫, 量子群とヤング・バクスター方程式, シュプリンガー・フェアラーク東京, 1990.
2. J. Hong and S.-J. Kang, Introduction to Quantum Groups and Crystal Bases, Amer. Math. Soc., 2002.
3. J. C. Jantzen, Lectures on Quantum Groups, American Mathematical Society, 1996.
4. C. Kassel, Quantum Groups, Graduate texts in Mathematics 155, Springer-Verlag, 1995.
5. 谷崎俊之, リー代数と量子群, 共立出版, 2002
6. V. G. Kac, Infinite-Dimensional Lie Algebras, 3rd ed., Cambridge Univ. Press, 1990.

などがあります. 量子群がどのようなものであるかについては, 神保氏の教科書の序論を参考にしてください.

予備知識として必要なものとして, 線形代数, とりわけ抽象ベクトル空間の基本的事項があります. 群や環と加群なども知っていることが望ましいですが, 知らない場合には, 少人数クラスの時間中に解説をするなどして, 必要に応じ補っていくことになります. また, 数理物理や組み合わせ論等にも, 関心があることが望ましいです.

.

林　正人　（はやし　まさひと／HAYASHI, Masahito）　教授

研　究　室　理学部A館 355号室　(内線番号 2549)
電子メール　masahito@math.nagoya-u.ac.jp
ウェブページ　http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~masahito/index_j.html
所 属 学 会　日本数学会, 日本物理学会，電子情報通信学会，IEEE

研究テーマ

- 量子情報理論
- 情報理論
- 量子論基礎

研究テーマの概要

専門は，情報についての数学的理論とその応用であり，中でも，通信，統計的推論，セキュリティに関する数学的理論を扱っている．これらのテーマは実用面に注目すると全く異なった理論体系であり，それらの歴史的経緯も相俟って，独立にコミュニティーが形成されている．しかしながら，数学サイドからこれらのテーマを見ると，意外に共通点が多く，共通の手法で取り扱いが可能な部分が多い．このような観点から，これらのテーマについて研究を行っている．また，特に，量子力学系でのこれらのテーマを研究しているが，非量子系（古典系）のこれらのテーマについても研究している．さらに近年は，これらの手法を用いて熱力学の基礎付けに関する研究も行っている．

最近，特に以下に重点を置いて研究を行っている．1点目は，表現論をベースにした量子系での情報処理の数学的な取り扱いである．量子系は，意外に群論的対称性と相性がよく，一般に解析が困難な問題であっても，群論的対称性があると，途端に問題の自由度が減少し，解析が容易になることが多い．また，その対称性からユニバーサルに機能するプロトコルを構成することも可能であり，量子系での群論的アプローチについては，今後さらなる発展が期待できる．2点目は，情報理論的にセキュアなプロトコルの研究である．これまで量子系・古典系双方の設定で，様々な情報理論的にセキュアなプロトコルが提案されてきた．しかしながら，未だに十分に研究されていないタスクがたくさん有り，これらについて更なる研究が必要とされている．これまでになされた，情報理論的秘匿性に関する数学的理論をベースにした更なる研究が必要とされている．特に，単に情報理論的枠組みの中に閉じて議論するのではなく，計算を伴うタスクに関する情報理論的にセキュアなプロトコルについても興味を持っている．3点目は，量子論の基礎付けに関する研究である．従来このテーマについては，情報理論的な視点からのアプローチが少なかった．近年は，情報理論的な操作的視点から量子論の基礎付けを行う研究も現れてきた．このような方向性の研究にも取り組んでいる．

主要論文・著書

[1] M. Hayashi and H. Nagaoka, “General formulas for capacity of classical-quantum channels,” IEEE Transactions on Information Theory, **49** (2003), no. 7, 1753-1768.

[2] M. Hayashi, “Upper bounds of eavesdropper’s performances in finite-length code with the decoy method,” Physical Review A, **76**, (2007), 012329.

[3] M. Hayashi, “Universal coding for classical-quantum channel,” Communications in Mathematical Physics **289** (2009), no. 3, 1087-1098.

[4] M. Hayashi, “Information Spectrum Approach to Second-Order Coding Rate in Channel Coding,” IEEE Transactions on Information Theory, **55** (2009), no. 11, 4947 - 4966.

[5] M. Hayashi, *Quantum Information Theory: A Mathematical Foundation*, Graduate Texts in Physics, Springer (2017).

[6] M. Hayashi, *A Group Theoretic Approach to Quantum Information*, Springer (2017).

[7] M. Hayashi, *Group Representation for Quantum Theory*, Springer (2017).

受賞歴

- 2010年, 第24回「日本IBM科学賞 コンピュータ・サイエンス分野」,「量子情報におけるユニバーサルプロトコル理論の構築と量子暗号への応用」
- 2011年, 第10回　船井情報科学振興財団「船井学術賞　コンピューターサイエンス分野」,「ユニバーサル量子情報プロトコルの構築と量子暗号への応用」
- 2011年, 2011 IEEE Information Theory Society Paper Award, "Information Spectrum Approach to Second-Order Coding Rate in Channel Coding"
- 2015年, 第12回 日本学術振興会賞「有限符号長の情報理論及び量子情報理論」
- 2016年, 第12回 日本学士院学術奨励賞「有限符号長の情報理論及び量子情報理論」
- 2017年, IEEE fellow

経歴

1998年	日本学術振興会 特別研究員 (DC2)
1999年	京都大学大学院 理学研究科 数学・数理解析専攻（数学系）博士後期課程 修了
2000年	理化学研究所 脳科学総合研究センター 研究員
2003年	科学技術振興機構 ERATO 今井量子計算機構プロジェクト 技術参事
2006年	科学技術振興機構 ERATO-SORST 量子情報システムアーキテクチャ グループリーダー
2007年	東北大学 大学院情報科学研究科 准教授
2012年	名古屋大学 大学院多元数理科学研究科 教授
2020年	南方科技大学 量子科学与工程研究院 首席科学家（兼任）

学生へのメッセージ

1月を除き名大を研究休職し南方科技大学で勤務している．名大と南方科技大学との間には学術交流協定があるので，この範囲で名大の学生を指導することは可能である．この場合，オンラインでの指導がメインであるので，最低限のことを自分でこなせる学生についてのみ指導が可能となる．博士前期課程（修士課程）における少人数クラスのテーマとしては，

量子情報理論，量子統計推測，情報理論など

が挙げられる．テキストとしては，上記の [5][6][7] に加え，以下が挙げられる．

- 石坂智，小川朋宏，河内亮周，木村元，林正人,「量子情報科学入門」共立出版，2012. (英語版, Introduction to Quantum Information Science, Graduate Texts in Physics, Springer, (2014))
- M. A. Nielsen, I. L. Chuang, *Quantum Computation and Quantum Information*, Cambridge University Press (2000).

比較的新しい研究分野であるので，本人の素養や努力にも依存するが，他の分野と比べて早い段階で，研究論文を執筆できるレベルに到達できる．予備知識としては，レベル 1 の知識（学部 3 年生までに学習する程度のもの）に加え，確率・統計の知識（測度論は必要ではない）の知識が必要である．特に，線型代数，確率・統計，微積分などの基礎をしっかりと理解し使いこなせるようになっていてほしい．同時に，これらの研究テーマは数学の中で閉じたものではないので，関連する数学以外の内容についても興味を持って自ら学ぶ姿勢が必要である．また，数学の応用分野であるため，数学的に定式化された問題のみを見るのではなく，数学として扱う対象となっている問題をそのものを捉えようとする姿勢が重要となる．

菱田　俊明　（ひしだ　としあき／HISHIDA, Toshiaki）　教授

研　究　室　多元数理科学棟 507 号室　　(内線番号 4838)

電子メール　hishida@math.nagoya-u.ac.jp

所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 非線型偏微分方程式
- Navier-Stokes 方程式

研究テーマの概要

非線型偏微分方程式, 特に流体力学の基礎方程式である Navier-Stokes 方程式に関心をもっている. 偏微分方程式の世界は広大で, 物理や幾何等に起源をもつ重要な方程式個々がおのおの固有な数学的性質をもつので, その方程式に相応しい精密な解析を行うことで, 解の特性についての最も深い結果が得られる. このように深く掘り下げられた各論の蓄積がいずれ偏微分方程式論の新展開を促すはずである.

流体の問題は媒質自身が運動するために, 本質的に非線型である. その一方で, 非線型問題の解析に必要な線型問題 (例えばある定常流の周りで線型化した問題) においてすでに, 数学的に難しい構造が現れることが多いのも, 流体の基礎方程式の特徴である. さらに, 媒質が占める領域の特性によっても解の性質が変化しうる. 例えば, 壁の隙間をぬける流れ [11] や障害物をよぎる流れ [12], 流体と物体の運動の相互作用 [8, 3] 等は大変興味深く, それぞれの状況での数学解析, 特に解の時空漸近挙動 [1, 2, 4, 5, 6] および stability [9]/attainability [7] を研究している.

主要論文・著書

[1] T. Hishida, Spatial pointwise behavior of time-periodic Navier-Stokes flow induced by oscillation of a moving obstacle, *J. Math. Fluid Mech.* **24** (2022), Paper No.102.

[2] T. Hishida and M. Kyed, On the asymptotic structure of steady Stokes and Navier-Stokes flows around a rotating two-dimensional body, *Pacific J. Math.* **315** (2021), 89–109.

[3] T. Hishida, A. Silvestre and T. Takahashi, Optimal boundary control for steady motions of a self-propelled body in a Navier-Stokes liquid, *ESAIM: Control, Optimisation and Calculus of Variations* **26** (2020), Paper No.92.

[4] T. Hishida, Decay estimates of gradient of a generalized Oseen evolution operator arising from time-dependent rigid motions in exterior domains, *Arch. Rational Mech. Anal.* **238** (2020), 215–254.

[5] T. Hishida, Large time behavior of a generalized Oseen evolution operator, with applications to the Navier-Stokes flow past a rotating obstacle, *Math. Ann.* **372** (2018), 915–949.

[6] T. Hishida, Stationary Navier-Stokes flow in exterior domains and Landau solutions, *Handbook of Mathematical Analysis in Mechanics of Viscous Fluids*, 299–339, Springer, 2018.

[7] T. Hishida and P. Maremonti, Navier-Stokes flow past a rigid body: attainability of steady solutions as limits of unsteady weak solutions, starting and landing cases, *J. Math. Fluid Mech.* **20** (2018), 771–800.

[8] T. Hishida, A. Silvestre and T. Takahashi, A boundary control problem for the steady self-propelled motion of a rigid body in a Navier-Stokes fluid, *Annales de l'Institut Henri Poincare / Analyse non lineaire* **34** (2017), 1507–1541.

[9] 菱田 俊明, 回転する障害物の周りでの非圧縮粘性流体の方程式の数学解析, 『数学』**60** 巻 1 号, 68–94, 日本数学会編集, 岩波書店, 2008.

[10] 菱田 俊明, 回転する物体の周りの非圧縮粘性流, 『これからの非線型偏微分方程式』(小薗・小川・三沢編), 第 6 章, 133–150, 日本評論社, 2007.

[11] T. Hishida, The nonstationary Stokes and Navier-Stokes flows through an aperture, *Contributions to Current Challenges in Mathematical Fluid Mechanics*, 79–123, *Adv. Math. Fluid Mech.*, Birkhäuser, Basel, 2004.
[12] T. Hishida, An existence theorem for the Navier-Stokes flow in the exterior of a rotating obstacle, *Arch. Rational Mech. Anal.* **150** (1999), 307–348.

受賞歴

- 2007年, 日本数学会解析学賞

経歴

1993年　博士 (理学) 早稲田大学
1993年　早稲田大学助手
1994年　熊本大学助手
1997年　新潟大学講師
2000年　新潟大学助教授
2008年　名古屋大学教授

学生へのメッセージ

博士前期課程における少人数クラスの主題として,
(1) 偏微分方程式論の体系において基本的な2階楕円型方程式の初等的理論
(2) 半群理論に代表される関数解析的アプローチによる偏微分方程式の研究方法
(3) スペクトル解析等による発展方程式の解の長時間挙動の導出
(4)Navier-Stokes 方程式の定常/非定常問題の数学解析
が挙げられる. これらは密接に関連していて, 古典的な話から研究の最前線へと繋がって行く. テキストとして例えば,

1. L. C. Evans, Partial Differential Equations, Amer. Math. Soc., 1998.
2. D. Gilbarg and N. S. Trudinger, Elliptic Partial Differential Equations of Second Order, Springer, 1977.
3. 柴田 良弘, 流体数学の基礎, 岩波数学叢書, 2022.
4. H. Sohr, The Navier-Stokes Equations, An Elementary Functional Analytic Approach, Birkhäuser, 2001.
5. G. P. Galdi, An Introduction to the Mathematical Theory of the Navier-Stokes Equations, Steady Problems, Second Edition, Springer, 2011.
6. T.-P. Tsai, Lectures on Navier-Stokes Equations, Amer. Math. Soc., 2018.

後期課程に進んで研究者を志す場合には, 関連の論文も輪講の題材とする. 博士後期課程では, 流体力学の基礎方程式を中心に, 非線型偏微分方程式の研究指導を行う. 将来, 研究者として自立し成功するには, 独自の問題意識を育みながら粘り強く独力で解決する力を養うことが肝要で, そのためには私の研究の主題から多少距離をおいたほうがよい.

平井　広志 （ひらい　ひろし／HIRAI, Hiroshi） 教授

研　究　室　多元数理科学棟 501 号室　　(内線番号 2432)

電子メール　hirai.hiroshi@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~hirai.hiroshi/

所 属 学 会　日本応用数理学会，日本オペレーションズ・リサーチ学会

研究テーマ

- 最適化
- アルゴリズム
- 離散数学

研究テーマの概要

離散最適化（あるいは組合せ最適化）とは，巨大な有限の組合せの中から最も好ましいものを現実的な時間内で選び出すアルゴリズムの設計を目指す理論体系で，計算複雑度の理論とともに，現代の情報科学の礎となっています．離散最適化の理論は，1960 年代半ばの J. Edmonds の一連の研究により始まり，そこで「効率的なアルゴリズム≒多項式時間アルゴリズム」が提唱され，アルゴリズム設計における多面体的手法やマトロイド・劣モジュラ関数の重要性が示されました．多面体的手法とは，「離散最適化問題をユークリッド空間上の凸最適化問題に埋め込むことによって，連続最適化の視点からアルゴリズムを設計すること」で，アルゴリズム設計の基本パラダイムの 1 つとなっています．離散最適化問題の多くは NP 困難ですが，多項式時間アルゴリズムを持つ問題のクラス P の理解は，重要な課題であり続けています．クラス P に深く関わるマトロイド・劣モジュラ関数などは，離散的な凸集合・凸関数として認識され，整数格子点上の凸解析—離散凸解析—へと発展しています．

私は，ネットワークフロー問題における Ford-Fulkerson の最大フロー最小カット定理の多品種フローへの拡張 [1]，そして，最小カット問題を一般化した施設配置問題の多項式時間可解性分類 [2] に取り組みました．これらの研究では，特殊なグラフ構造上の離散凸最適化を扱うのですが，非正曲率距離空間（CAT(0) 空間）の測地的凸最適化として埋め込めることがわかりました [3]．そして，上述のパラダイムを更新する「非正曲率空間の凸最適化・アルゴリズム論を発展させて，離散最適化に応用する」という構想を得ました．以降は，この構想に基づいて研究をすすめています．最近は，以下の 2 つのテーマを中心に取り組んでいます．

1 つ目は，「変数を含む行列のランクを計算する」という問題（Edmonds 問題）です．基本的な問題で多くの応用があるのですが，決定性多項式時間アルゴリズムの存在は理論計算機科学の重要な未解決問題となってます．また，2 部マッチング・線形マトロイド交差などの組合せ最適化問題の一般化になっていて，代数的な組合せ最適化問題と呼べるものです．最近，変数たちが「非可換である」とした非可換 Edmonds 問題が導入され，その設定でのランク（非可換ランク）が多項式時間で計算できることが示されました．非可換ランクの計算は，ベクトル部分空間を最適化する新しいタイプの最適化問題になるのですが，私は，非多様体的な CAT(0) 空間の凸最適化を用いた多項式時間アルゴリズムを開発しました [8]．さらに，重み付き版（非可換行列式次数計算）への一般化を行いました [5]．

2 つ目は，アダマール多様体・対称空間上の凸最適化の研究です．$\mathbb{C}$ 上の非可換 Edmonds 問題は，群作用軌道上のノルム最小化問題としても定式化できるのですが，この問題が非正曲率対称空間上の凸最適化になります．他にも様々な応用が見つかってます．微分幾何を勉強しながら，そうした多様体上で凸解析や内点法の展開を試みています [9, 10]．

また，離散最適化の舞台としての関心から，束（ラティス），マトロイド，ビルディング，離散距離空間といった離散構造の研究もしてきました [4, 6, 7]．

私の研究のより詳しい情報はウェブページをごらんください．

主要論文・著書

[1] H. Hirai: The maximum multiflow problems with bounded fractionality, *Mathematics of Operations Research* **39** (2014), 60–104.

[2] H. Hirai, Discrete convexity and polynomial solvability in minimum 0-extension problems, *Mathematical Programming, Series A* **155**, (2016) 1–55.
[3] H. Hirai: L-convexity on graph structures, *Journal of the Operations Research Society of Japan* **61** (2018), 71–109.
[4] H. Hirai: Uniform semimodular lattices and valuated matroids, *Journal of Combinatorial Theory, Series A* **165** (2019), 325–359.
[5] H. Hirai: Computing the degree of determinants via discrete convex optimization on Euclidean buildings, *SIAM Journal on Applied Algebra and Geometry* **3** (2019), 523–557.
[6] J. Chalopin, V. Chepoi, H. Hirai and D. Osajda: Weakly modular graphs and nonpositive curvature, *Memoirs of the AMS* **268**, no.1309, (2020).
[7] H. Hirai: A nonpositive curvature property of modular semilattices, *Geometriae Dedicata* **214** (2021), 427–463.
[8] M. Hamada and H. Hirai: Computing the nc-rank via discrete convex optimization on CAT(0) spaces, *SIAM Journal on Applied Geometry and Algebra* **5** (2021), 455–478.
[9] H. Hirai: Convex analysis on Hadamard spaces and scaling problems, *Foundations of Computational Mathematics*, to appear.
[10] H. Hirai, H. Nieuwboer, and M. Walter: Interior-point methods on manifolds: theory and applications, FOCS 2023, to appear.

受賞歴

- 2014 年 日本オペレーションズ・リサーチ学会研究賞
- 2018 年 文部科学大臣表彰 若手科学者賞

経歴

2004 年　東京大学大学院 情報理工学系研究科 数理情報学専攻 修了
2004 年　京都大学 数理解析研究所 助手
2007 年　京都大学 数理解析研究所 助教
2010 年　東京大学大学院 情報理工学系研究科数理情報学専攻 講師
2014 年　東京大学大学院 情報理工学系研究科数理情報学専攻 准教授
2023 年　名古屋大学大学院 多元数理科学研究科 教授

学生へのメッセージ

少人数セミナーでは，以下のような最適化やアルゴリズムの基本的な教科書を勉強しつつ，各人の興味に応じて具体的な課題に取り組んでもらおうと思っています.

[1] S. Boyd and L. Vandenberghe: *Convex Optimization*, Cambridge University Press, 2004.
[2] J. Kleinberg and E. Tardos 浅野ら訳: アルゴリズムデザイン, 共立出版, 2008.

数理科学のいろいろな問題を最適化・アルゴリズム・計算複雑度という視点から捉え直してみるとおもしろい研究の方向性が見つかるのではないかと期待しています.

藤江　双葉　（ふじえ　ふたば／FUJIE, Futaba） 准教授

研　究　室	多元数理科学棟 407 号室　　(内線番号 5603)
電子メール	futaba@math.nagoya-u.ac.jp
所 属 学 会	American Mathematical Society The Institute of Combinatorics and Its Applications

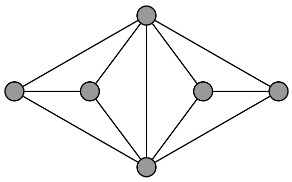
研究テーマ

- グラフ理論

研究テーマの概要

専門はグラフ理論です．この分野は応用面にスポットライトが当たる事が多いようですが，私個人は様々なグラフを graph connectivity や Hamiltonicity, traceability などの面から調べ分類していく事に興味を持っています．例えばあるグラフ G の頂点集合が $\{v_1, v_2, \ldots, v_n\}$ の時，各 $\sigma \in S_n$ に対して $d(\sigma) = \sum_{i=1}^{n-1} d_G(v_{\sigma(i)}, v_{\sigma(i+1)})$ を考えます．もちろん G が Hamiltonian path を含む場合に限り $d(\sigma) = n-1$ となるような σ が存在しますが，一般的には $d(\sigma)$ について何が言えるでしょうか．この $d(\sigma)$ がとりうる値を調べる事で，グラフ内の頂点を全て巡る旅のしやすさやコスト，またグラフの構造そのもの，などを考える事ができます．

また graph colorings にも興味を持っています．グラフ理論が注目を集めるようになった理由のひとつに四色定理（任意の平面地図は 4 色で色分けできる）があります．グラフ理論の言葉で言い直すと，任意の平面グラフにおいて「隣り合う頂点同士が異なる色で塗られている」ようにするには 4 色あれば十分である，というものです．これを「隣り合う頂点同士を区別できる」に読みかえたらどうなるでしょう．たとえば下のグラフで隣り合う頂点同士を「区別」したいのに色鉛筆が 2 本しかない場合，あきらめるしかないでしょうか．



主要論文・著書

[1] G. Chartrand, F. Okamoto, and P. Zhang, The sigma chromatic number of a graph, *Graphs Combin.*, 26:6 (2010) 755–773.

[2] G. Chartrand, F. Okamoto, and P. Zhang, Rainbow trees in graphs and generalized connectivity, *Networks*, 55:4 (2010) 360–367.

[3] F. Fujie and P. Zhang, *Covering Walks in Graphs*, Springer Briefs in Mathematics, Springer, 2014.

受賞歴

- The 2008 Kirkman Medal (The Institute of Combinatorics and Its Applications)

経歴

2007 年　西ミシガン大学数学科博士課程修了
2007 年　ウィスコンシン大学ラクロス校理学部助教
2011 年　ウィスコンシン大学ラクロス校理学部准教授
2012 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科准教授

学生へのメッセージ

グラフ理論を学ぶ上で特に必要なのは（基礎の数学はもちろん大切ですが），グラフの構造や変形方法など，数式だけでは表すことができない事柄をひとつひとつ正確に書き記していけるライティングスキルだと思います．（つまり国語が好きではないという人には不向きな分野です．）ただこれについては練習を積むことで必ず上達していきますから，あきらめないでグラフと付き合ってほしいです．

たくさん出ている本の中で“まずはここから”として使われているのが

- G. Chartrand, L. Lesniak, and P. Zhang, Graphs and Digraphs, Chapman and Hall/CRC, 2010.
- J.A. Bondy and U.S.R. Murty, Graph Theory, Springer, 2008.

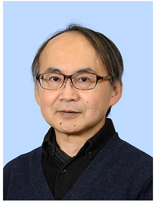
あたり，それから

- G. Chartrand, Introductory Graph Theory, Dover Publications, 1984.
- G. Chartrand and P. Zhang, A First Course in Graph Theory, Dover Publications, 2012.

などは，グラフ理論の歴史やライティングの面も含めて参考になるかと思います．

博士前期課程 (修士課程) における少人数クラスのテーマとしては traversabilities in graphs and digraphs, graph colorings/labelings などが挙げられます．他分野の意外なところでもグラフ理論が使われているので，積極的にアンテナを張り，隠れたリンクを探してみてください．

藤原　一宏　（ふじわら　かずひろ／FUJIWARA, Kazuhiro）　教授



研　究　室　理学部A館321号室　(内線番号 2818)

電子メール　fujiwara@math.nagoya-u.ac.jp

研究テーマ

- 整数論 (数論幾何および保型形式, 志村多様体を含む)
- 代数幾何学

研究テーマの概要

現在までのテーマの多くは整数論において, 数論幾何に代表される幾何学的な視点と, 表現論に代表される解析的, 代数的視点を結び付けることにある. そのなかでも特に非可換類体論といわれる高木貞治-E. Artin 以来の古典的な類体論の発展形を確立することに重点が置かれている.

非可換類体論は多くの先駆者の研究を経て

1. ガロア表現（代数的、幾何学的対象であり, 代数多様体から生じることが多い）
2. 保型表現（解析的対象である保型形式を表現論的に捉えたもの. 保型形式はそれが持つ離散対称性故に数学, 理論物理学などの多くの分野に現れる.）

という全く異なる対象の間の関係として理解されている (Langlands 対応). 数論においては L-関数が基本的な研究対象であるが, 上記の対応は L-関数を保つことが予想されており, 極めて非自明な関係式を与える (非可換相互律, 物理的には L-関数は分配関数の類似であり, 相互律は分配関数間の関係式と看做すことができる).

以下, 過去の研究方向から現在へ向かう流れを簡単に述べる.

（１）Deligne 予想

P. Deligne により1970年代に提出された正標数でのレフシェッツ跡公式についての予想を90年代に解決した. Deligne の予想は代数多様体のコホモロジー理論での問題であるが, 多くの非可換類体論への応用, 特に非可換相互律への応用が知られている (M. Harris と R. Taylor による一般線形群に対する局所 Langlands 予想の解決 (1999), L. Lafforgue による関数体上の Langlands 予想の解決 (2000)). この予想の解決法はリジッド幾何学の理論の枠内でコホモロジー理論を展開し跡公式を示し, それを通常の代数幾何の問題に使うものであり, 当時としては新しい見方であった. さらに Deligne 予想は表現論やモデル理論等, 多岐に渡り応用されている. この研究から派生したものとしてリジッド幾何学の一般論を構想しており, 現在でも進行中である.

（２）非可換相互律と志村多様体

A. Wiles (1994) による Fermat の最終定理の証明の核心は有理数体上の楕円曲線に対する谷山－志村予想であり, 非可換類体論における貢献である. この仕事に触発され岩沢理論と代数体の場合の非可換類体論に取り組み始めた。Wiles の議論を可換環論によって公理化（Taylor-Wiles 系）し, GL_2 の場合に志村曲線を使って一般の総実代数体でもヘッケ環が普遍変形環であること示した. Taylor-Wiles 系の理論は代数的整数論における Euler 系と双璧をなすものであるが, 高次元のユニタリ志村多様体でも系が作れるより多くの場合に適用できることが実現されている. 実際, 最近の L. Clozel, Harris, Taylor による佐藤-Tate 予想についての研究もこの領域の進歩と捉えられる.

背景には肥田晴三に始まる保型形式の p-進補間があり, 現代の p-進保型形式の理論につながっている. 代数群の表現論において「functoriality」という重要な概念があるが, 最近は p-進保型形式に対する「functoriality」, 特に Jacquet-Langlands 対応について幾何学的な実現を構想しているところである.

主要論文・著書

[1] K. Fujiwara, Rigid geometry, Lefschetz trace formula and Deligne’s conjecture, Inv. Math. **127** (1997), 489–533.

[2] K. Fujiwara, Galois deformations and arithmetic geometry of Shimura varieties, Proceedings of the International Congress of Mathematicians Madrid 2006 (2006), vol. 2, 347–371.
[3] K. Fujiwara and F. Kato, Rigid geometry and applications, Moduli spaces and Arithmetic Geometry, Advanced Studies in Pure Math. **45**, (2006), 327-386

受賞歴

- 1998 年, 代数学賞

学生へのメッセージ

まずいろいろ難しいことを言う前に, これだけは言っておきたい. 私は内容がなんであれ, 数学が好きな人と一緒に何かをしたいので, まず数学が好きかどうか自分に問いかけて, 好きだと思えてから来て欲しい.

例えば音楽が好きな人だったら, 音楽を勉強しようとする前に好きな曲, アーティストを沢山持っているだろうし, 自分で歌ったり演奏したりしているだろう. 小説家になりたいときでも, 小説を書く勉強を始める前に, 物語を読んだり, 稚拙なものであっても自分で書き始めていると思う. 数学でも全く同じことである. 自分の中に数学を求める気持ちがない人との共同作業は, お互い不幸になるだけだと思うので, もっと自分にあった人を捜す事を勧める.

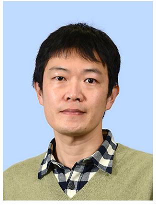
過去の少人数クラスについては楕円曲線を取りあげることが多かったが, 初心者向けであれば Silverman-Tate の本, 上級者向けとしては保型形式との関係についても触れられている

∗[1] H. Hida，Elementary theory of L-functions and Eisenstein series, LMS.
[2] A. W. Knapp, Elliptic curves, Princeton Univ. Press.
∗[3] N. Koblitz, Introduction to elliptic curves and modular forms, Springer.
∗[4] J. P. Serre，Abelian ℓ-adic representations and elliptic curves, Research notes in Mathematics (和訳あり).

などがある. 勉強のスタイルとしては, 基本を大事にすることにしている. 初心者ほど誤解する傾向があるが, 重要な考え方, 基本的な考え方は標準的なテキストだけでは学べないことが多く, また一冊の本だけに頼るのも危険である. 基本的にその人にあったものを選ぶのがいいと思うので, 希望があれば上記の例にとらわれずに相談するように.

後期課程で学生になっている人たちには保型形式, 楕円曲線に興味を持っている人が多い.

古庄　英和　（ふるしょう　ひでかず／Hidekazu Furusho）　教授



研　究　室　理学部 A 館 455 号室　(内線番号 2418)

電子メール　furusho@math.nagoya-u.ac.jp

所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 整数論とその周辺

研究テーマの概要

私の研究は整数論を基点としておりますが、実際の研究はいわゆる「整数論」に限定しているものではなく、整数論に関連しそうな数学の様々な分野 (結び目理論、量子群論、反復積分論等) に手を広げながら研究を行っています。軸足は数論的代数幾何学と数論的位相幾何学に置いていると思います。

- **数論的代数幾何学**は整数論の一分野であり、私が学生のときより研究している分野です。数論幾何学の重要な理論の一つとしてチーフ論があります。一般的にモチーフの研究というと抽象的な理論を研究していると思われがちですが、私は全く正反対で、モチーフ理論の具体的な側面の研究を中心に行っています。特に(p進) 多重ゼータ値や(p進)(多重) ポリログ(下記文献 [3]) といった対象を扱うことが多いです。モチーフ理論の研究に関連して、Grothendieck('84) の「Teichmüller-Lego の哲学」に傾倒しています。彼の哲学と Drinfeld('91) の KZ 方程式の理論との間には神秘的な関連が示唆されています。また近年の研究では、Lie 代数の世界における Kashiwara-Vergne 予想とこの理論との意外なつながりも指摘されています。モチヴィックガロア群を介してこれらのつながりの解明に取り組んでおります。
- **数論的位相幾何学**はまだ新しい分野です。この分野では「整数論」と「結び目理論」の関連について大変面白い研究が行われています。Kontsevich 不変量という結び目の普遍量子不変量が Bar-Natan, Le-村上らの仕事により、整数論で現在盛んに研究されている多重ゼータ値と関連していることが知られていますし、また上述の Drinfeld の KZ 方程式の理論ともつながっていることも分かっています。私の研究しているアソシエーター(下記文献 [1,2]) は双方の研究分野と通じており重要な研究道具であると考えられます。アソシエーターに関連し「量子トポロジー」という分野には強く惹かれます。リー環や量子群という代数的な対象をいじって低次元トポロジーでの結び目や三次元多様体の不変量が構成される過程は代数学と幾何学そして表現論が入り混ざるところでもあり、数学が実に楽しく思えるところです。また私は Etingof-Kazhdan の理論を含め様々な「量子化」にも興味があります。とくに Kontsevich の変形量子化理論には関心があり、アソシエーターの研究を通じて整数論的側面を見出せないか探索しています。

全く異なる分野から出てきたいくつもの理論が不思議と結びつき躍動的に絡んで行く様を目の当たりにすることは大変刺激的かつ感動的であり、研究への意欲がますますかきたてられます。まさに「**数学はみなつながっている！**」と日々実感しています。

主要論文・著書

[1] H. Furusho, Double shuffle relation for associators, *Annals of Mathematics, Vol. 174 (2011), No. 1, 341-360.*

[2] H. Furusho, Pentagon and hexagon equations, *Annals of Mathematics, Vol. 171 (2010), No. 1, 545-556.*

[3] H. Furusho, p-adic multiple zeta values I – p-adic multiple polylogarithms and the p-adic KZ equation, *Inventiones Mathematicae, Volume 155, Number 2, 253-286, (2004).*

受賞歴

- 2014年 日本数学会 代数学賞
- 2007年 井上研究奨励賞
- 2004年 日本数学会賞建部賢弘賞

経歴

2018年～現在	名古屋大学大学院多元数理科学研究科 教授
2017年	ストラスブール大学
2010年～2018年	名古屋大学大学院多元数理科学研究科 准教授
2013年	ボン・マックスプランク研究所
2013年	ケンブリッジ・ニュートン研究所
2007年～2009年	パリ・エコールノルマル
2004年～2005年	プリンストン・高等研究所
2004年～2010年	名古屋大学大学院多元数理科学研究科 助教（助手）
2003年	京都大学大学院理学研究科 数理解析研究所 博士課程修了

学生へのメッセージ

大学生の方へ　整数論の基礎を身に付けてください。下記のテキストを薦めます。

- 「数論入門―ゼータ関数と2次体」D.B. ザギヤー著　岩波書店.
- 「数論序説」小野孝著　裳華房.
- 「数論講義」J.P. セール著　岩波書店.
- 「数論１・２・３」　岩波講座　現代数学の基礎.

修士課程の学生の方へ　整数論以外の数学に触れて欲しいです。特に量子トポロジー関連ですと、以下の文献があります。

- 「反復積分の幾何学」河野俊丈著　丸善出版.
- 「Introduction to Vassiliev knot invariants」 S. Chmutov, S. Duzhin, J. Mostovoy 著　Cambridge University Press.
- 「Quantum Invariants」T. Ohtsuki 著　Series on Knots and Everything, 29. World Scientific.

また、これら以外で学びたい文献をぜひぜひ自分で見つけて来てください。各学生の興味とレベルと私の嗜好に合わせてセミナーで扱う文献を選定していきたいと思います。

博士課程の学生は、以下に挙げている論文のどれかに挑戦してみてください。

- P. Deligne 著, 「Le groupe fondamental de la droite projective moins trois points」, Galois groups over Q, Math. Sci. Res. Inst. Publ., 16, Springer, New York, (1989) 79–297.
- V.G. Drinfeld 著, 「On quasitriangular quasi-Hopf algebras and on a group that is closely connected with $\mathrm{Gal}(\overline{Q}/Q)$」, Leningrad Math. J.2 (1991), no.4, 829–860.
- M. Kontsevich 著, 「Operads and motives in deformation quantization」, Lett. Math. Phys. 48 (1999), no.1, 35–72.

一流の論文ですので、難しくてそう簡単に読めないと思います。でも、これらはとっても enriched & mysterious & epoch-making な論文です！ これらをいきなり読み始め、必要になる道具をその都度調べながら勉強していくという実践（実戦！）的な勉強法で、じっくりと数年間かけて読めるように指導していきたいと思います。このような良い論文を読んでインスピレーションを受け、良い研究ができるようになってほしいと思います。

ラース・ヘッセルホルト　(HESSELHOLT, Lars)　教授

研　究　室　理学部 A 館 431 号室　(内線番号 2547)

電子メール　larsh@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~larsh/

研究テーマ

- 代数的 K 理論
- 同変ホモトピー理論
- p 進数論的代数幾何学

研究テーマの概要

専門は, 代数 K 理論（特に位相的巡回ホモロジー）と代数トポロジー（特に同変安定ホモトピー理論と高次元多様体）である. 数学における環は必ずしも体ではない. 例として代数幾何学における座標環 $\mathcal{O}_X$ や表現論における群環 $k[G]$ は体ではない. 体上ベクトル空間の一般化とは, 環上加群であるが, 線形代数の一般化には, 新たな数学を必要とする. 一般的に, 環上加群は, 必ずしも射影加群ではない. この様な理由で, ホモロジー代数が誕生した. 同様に, 射影加群は, 必ずしも自由加群ではない事情で, 代数的 K 理論が誕生した. （つまり, 位相的巡回ホモロジーは, 特性多項式の一般化と考えられる）

代数的 K 理論と呼ばれているが, 代数的に定義することができない. その代わりとして, 環 R に対して, 位相空間 $K(R)$ が定義され, 代数的 K 群とは, そのホモトピー群

$$K_n(R) = \pi_n(K(R))$$

と定義された. その群の構造を理解するのは, 深い問題である. 例として, 「任意の自然数 i に対して, $K_{4i}(\mathbb{Z}) = 0$」と数論における Kummer-Vandiver 予想とは同値である. K 群の構造を理解するのに, 新たな数学を必要とすることもよくある. 例として, 以下の論文 [1] で, p 進数体 K について, 次の準同型が定義され, 剰余類体 k が分離閉体のとき同型であることが証明された.

$$K_*(K, \mathbb{Z}/p\mathbb{Z}) \to \left(W\Omega^*_{(\mathcal{O}_K, M_K)} \otimes S_{\mathbb{Z}/p\mathbb{Z}}(\mu_p)\right)^{F=1}$$

この結果を得るのに, 右辺の de Rham-Witt 複体 $W\Omega^*_{(O_K, M_K)}$ を定義するのを必要とした.

主要論文・著書

[1] L. Hesselholt and I. Madsen, On the K-theory of local fields, Annals of Math. **158** (2003), 1–113.

[2] T. Geisser and L. Hesselholt, The de Rham-Witt complex and p-adic vanishing cycles, J. Amer. Math. Soc. **19** (2006), 1–36.

[3] T. Geisser and L. Hesselholt, Bi-relative algebraic K-theory and topological cyclic homology, Invent. Math. **166** (2006), 359–395.

[4] L. Hesselholt, On the p-typical curves in Quillen's K-theory, Acta Math. **177** (1996), 1–53.

学生へのメッセージ

博士前期課程（修士課程）における少人数クラスのテーマとしては,

ド・ラームコホモロジー, 特異ホモロジーとコホモロジー, スペクトラル系列, ベクトル・バンドルと特性類, ホモトピー理論, 代数的 K 理論, 位相的 K 理論, など

が挙げられる．これらのテーマはさまざまな形で相互に結びついており，1 つのテーマで学んだことを足がかりにして別のテーマに取り組むことも可能である．テキストとして代表的なものんいは,

1. I. Madsen and J. Tornehave, From calculus to cohomology. De Rham cohomology and characteristic classes, Cambridge Univ. Press, 1997.
2. J. W. Milnor and J. D. Stasheff, Characteristic classes, Annals of Math. Studies, No. 76, Princeton Univ. Press, 1974.
3. J. W. Milnor, Introduction to algebraic K-theory, Annals of Math. Studies, No. 72, Princeton Univ. Press, 1971.
4. M. F. Atiyah, K-theory. Notes by D. W. Anderson. Second edition, Advanced Book Classics. Addison-Wesley Publishing Company, Advanced Book Program, Redwood City, CA, 1989.
5. F. Waldhausen, Algebraic K-theory of spaces. Algebraic and geometric topology (New Brunswick, N. J., 1983), pp. 318–419, Lecture Notes in Math., vol. 1126, Springer-Verlag, New York, 1985.

がある．いずれの テーマでも, 基本的なところから始めて, 代数トポロジーなど関連する分野の基礎の修得もあわせて 行う予定であり, その後は（あるいはこれらのテーマに関する予備知識がある場合は）そのテーマに関連して各自が選んだトピックも扱う．予備知識としては, レベル 1 の知識（学部 3 年生までに学習する程度のもの）があれば十 分である．特に, 代数や幾何学などの基礎をしっかりと理解し使いこなせるようになっていてほしい．また, 代数トポロジーや K 現論は, 数学のさまざまな分野とも関係しているので, 興味の幅を広く持っていると有利に働くであろう．博士後期課程（博士課程）では, 上に挙げた少人数クラスのテーマなどの基礎の上に, 代数 K 理論, ホモトピー理論に関連したトピックについて研究指導が可能である．

ボーン　クリス　(BOURNE, Chris)　　准教授

研　究　室　人文学共用館-419　(内線番号 5181)

電子メール　cbourne@nagoya-u.jp

ウェブページ　https://sites.google.com/site/khomologyzone/

所 属 学 会　International Association of Mathematical Physics (IAMP),
日本数学会,
Australian Mathematical Society (AustMS)

研究テーマ

- 作用素環論
- 非可換幾何学
- 数理物理学

研究テーマの概要

非可換幾何学という分野を専門として研究して，量子力学に基づく応用について考察しています．すなわち，作用素環論，指数理論，K 理論，関数解析学などの枠組みで物理的な現象を分析して厳密な定理を証明しています．

量子力学の数学の基礎はヒルベルト空間と作用素です．作用素環を用いて K 理論，指数理論などの技術を利用して，量子力学の位相的な性質も研究できます．非可換幾何学で作られた性質はトポロジカル相と呼ばれて，ホモトピーや小さい摂動に対して不変なので，物理モデルが多くの面白い特性を得ます．前の研究では対称性を持つ自由フェルミ粒子，スペクトルギャップのある基底状態においてトポロジカル相を考察しました [3, 4, 5]．

量子物理では時間逆転といった反線形対称性が大事で，複素ヒルベルト空間だけでなくて，実ヒルベルト空間にも着目することがあります．反線形対称性に合う KO 理論と新たなスペクトル流を定義して，基本的な性質を明らかにしました [1]．

現在，より広いところで作用素環，非可換幾何学の応用を研究しています．例えば粗幾何学（非コンパクト距離空間向けの指数理論という分野）を用いて，超伝導物質の基底状態の安定性を考察しました [2]．また量子ウォーク，量子情報への応用について考えています．物理学の応用にかかわらず，指数理論や作用素環論，非可換幾何学なども視野に入れています．

主要論文・著書

[1] C. Bourne, A. L. Carey, M. Lesch and A. Rennie. The KO–valued spectral flow for skew-adjoint Fredholm operators. *J. Topol. Anal.*, **14**(2):505–556, 2022.

[2] C. Bourne. Locally equivalent quasifree states and index theory. *J. Phys. A: Math. Theor.*, **55**(10):104004 (38 pages), 2022.

[3] C. Bourne and Y. Ogata. The classification of symmetry protected topological phases of one-dimensional fermion systems. *Forum Math. Sigma*, **9**, Article No. e25 (45 pages), 2021.

[4] C. Bourne and B. Mesland. Index theory and topological phases of aperiodic lattices. *Ann. Henri Poincaré*, **20**(6):1969–2038, 2019.

[5] C. Bourne and A. Rennie. Chern numbers, localisation and the bulk-edge correspondence for continuous models of topological phases. *Math. Phys. Anal. Geom.*, **21**(3):16 (62 pages), 2018.

受賞歴

- Journal of Physics A (Mathematical and Theoretical) Best Paper Prize 2020

経歴

2015 年　オーストラリア国立大学，博士（数学）
2016 年　フリードリヒ・アレクサンダー大学 ポスドク
2017 年　東北大学 大学院理学研究科・理学部 日本学術振興会 外国人特別研究員
2018 年　東北大学 材料科学高等研究所 助教
2018 年　理化学研究所数理創造プログラム (iTHEMS) 共同客員研究員
2023 年　名古屋大学 教養教育院 准教授
2023 年　名古屋大学 大学院多元数理科学研究科 協力員

学生へのメッセージ

非可換幾何学，作用素環論，物理学への応用を研究しています．作用素環，非可換幾何学では多くの分野の交わりが存在していると言えて，メリットだと考えますが，研究できるように勉強しておくものが広くて，学生にとってちょっと圧倒的かもしれないとわかります．指導者として作用素環論，指数理論，非可換幾何学の入門と自分が好きな研究テーマを見つけるのを支援できればと思います．少人数クラスでは使う若干の教科書を以下の通りです．

[1] J. M. Gracia-Bondía, J. C. Várilly, H. Figueroa – Elements of Noncommutative Geometry
[2] K. Davidson – C*-Algebras by Example
[3] N. E. Wegge-Olsen – K-Theory and C*-Algebras: A Friendly Approach
[4] O. Bratteli, D. Robinson – Operator Algebras and Quantum Statistical Mechanics
[5] D. D. Bleecker, B. Booß-Bavnbek – Index Theory with Applications to Mathematics and Physics
[6] N. Higson, J. Roe – Analytic K-homology

松尾　信一郎　（まつお　しんいちろう／MATSUO, Shinichiroh）　准教授

研　究　室　理学部A館451号室　　　(内線番号 2409)

電子メール　shinichiroh@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　https://www.math.nagoya-u.ac.jp/~shinichiroh/
https://www.math.nagoya-u.ac.jp/~shinichiroh/index_en.html (in English)

所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- 無限・空間・複雑
- 幾何解析・微分幾何
- ゲージ理論・格子ゲージ理論・指数定理・力学系・スカラー曲率・Nevanlinna理論

研究テーマの概要

私の三大研究テーマは「無限・空間・複雑」です．これまでは主に無限と空間に興味があり，有限次元の幾何に由来する非線形偏微分方程式の解のモジュライ空間を，無限次元の幾何の観点から超越的手法により研究してきました．論文[7, 4]ではDonaldson理論でのChern-Simons汎関数のなす無限次元力学系をGromovの平均次元の観点から研究しました．論文[5]ではNevanlinna理論でのBrody曲線からなる無限次元力学系の平均次元を計算しました．論文[6]では定スカラー曲率計量からなる無限次元空間の上の体積汎関数の逆問題を解きました．論文[3]はSeiberg-Witten理論でのChern-Simons-Dirac汎関数のなす無限次元力学系への興味に由来し，Seiberg-Witten方程式の新しい摂動を導入しました．現在の興味の対象は複雑さです．無限とは有限ではないことですが，無限次元モジュライ空間の研究には単にそれが有限次元でないことを超克した視点が必要でした．さて，複雑とは単純ではないことです．果たして無限次元モジュライ空間は複雑なのでしょうか．

また，最近の新たな興味の方向性として空間の離散化があり，格子ゲージ理論に創発された数学を研究しています．論文[1]ではドメインウォールフェルミオンのη不変量によりAtiyah-Patodi-Singer指数を表す公式を数学的に厳密に確立しました．

主要論文・著書

[1] H. Fukaya, M. Furuta, S. Matsuo, T. Onogi, and S. Yamaguchi, *The Atiyah-Patodi-Singer index and domain-wall fermion Dirac operators*, Communications in Mathematical Physics, 380 (2020) 1295–1311.

[2] M. Ishida, S. Matsuo, and N. Nakamura, *Yamabe Invariants and the* $\mathrm{Pin}^-(2)$*-monopole Equations*, Mathematical Research Letters 23 (2016) 1047–1067.

[3] S. Matsuo and M. Furuta, *The perturbation of the Seiberg-Witten equations revisited*, Journal of the Mathematical Society of Japan 68 (2016) 1–14.

[4] S. Matsuo and M. Tsukamoto, *Local mean dimension of ASD moduli spaces over the cylinder*, Israel Journal of Mathematics 207 (2015) 793–834.

[5] S. Matsuo and M. Tsukamoto, *Brody curves and mean dimension*, the Journal of the American Mathematical Society 28 (2015) 159–182.

[6] S. Matsuo, *The prescribed scalar curvature problem for metrics with total unit volume*, Mathematische Annalen 360 (2014) 675–680.

[7] S. Matsuo and M. Tsukamoto, *Instanton approximation, periodic ASD connections, and mean dimension*, Journal of Functional Analysis 260 (2011) 1369–1427.

経歴

2016年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科 准教授
2012年　大阪大学大学院理学研究科 助教
2011年　京都大学大学院理学系研究科数学教室 JSPS PD
2010年　東京大学大学院数理科学研究科 GCOE特任研究員
2010年　東京大学 博士(数理科学)

学生へのメッセージ

博士前期課程に入学するまでにRiemann面の理論を学んできてください．特に，調和函数の存在定理のいろいろな証明のからくりを理解することが重要です．そこに幾何解析の萌芽があるからです．

博士前期課程では幾何解析の非線形問題への典型的手法の習得を目標として，時代を画する論文を一つ選び，それを一緒に徹底的に読むことから始めましょう．例えば，

[1] J. Sacks and K. Uhlenbeck, *The existence of minimal immersions of 2-spheres*, Ann. of Math. 113 (1981) 1–24.
[2] J. Eells and J. Sampson, *Harmonic mappings of Riemannian manifolds*, Amer. J. Math. 86 (1964) 109–160.
[3] R. Hamilton, *Three-manifolds with positive Ricci curvature*, J. Differential Geom. 17 (1982) 255–306.
[4] S. Donaldson, *Connections, cohomology and the intersection forms of* 4*-manifolds*, J. Differential Geom. 24 (1986) 275–341.
[5] C. Taubes, *Self-dual Yang-Mills connections on non-self-dual* 4*-manifolds*, J. Differential Geom. 17 (1982), 139–170.
[6] K. Fukaya and K. Ono, *Arnold conjecture and Gromov-Witten invariant*, Topology 38 (1999) 933–1048.
[7] K. Uhlenbeck and S-T. Yau, *On the existence of Hermitian-Yang-Mills connections in stable vector bundles*, Comm. Pure Appl. Math. 39 (1986) 257–293.
[8] R. Schoen and S-T. Yau, *On the proof of the positive mass conjecture in general relativity*, Comm. Math. Phys. 65 (1979), 45–76.
[9] S-T. Yau, *On the Ricci curvature of a compact Kähler manifold and the complex Monge-Ampère equation. I*, Comm. Pure Appl. Math. 31 (1978) 339–411.
[10] S. Donaldson, *Symplectic submanifolds and almost-complex geometry*, J. Differential Geom. 44 (1996) 666–705.

は時代を変えました．この論文たちにはアイデアがあります．最初に読む論文の数学が刷り込まれるので，どれを読むかでその後の方向性は決まりますが，どれを読んでも豊穣な世界が開けていますので，直観で選ぶと良いでしょう．

一般に，博士前期課程は辛いです．私もそうでした．勉強から研究に相転移するときだからです．一番大切なことは強い心と不等式への愛と無限への憧憬です．数学が好きなら乗り越えられます．

南　和彦　(みなみ　かずひこ／MINAMI, Kazuhiko)　准教授

研　究　室　理学部A館 347号室　(内線番号 5578)

電子メール　minami@math.nagoya-u.ac.jp

ウェブページ　http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~minami/

所 属 学 会　日本物理学会

研究テーマ

- 統計力学　数理物理学

研究テーマの概要

統計力学は極めて大きな自由度を持つ系の法則性を研究する分野で, 元来は多粒子系や凝縮系における様々な現象を理解するために, 自由度が無限大の極限を中心に研究されて来た. その基礎理論を統計力学, 統計力学によって種々の物理現象を解明することを, より一般に統計物理学と呼ぶ. 統計力学は平衡系についてその基礎理論が得られているが, 非平衡系については一部の限られた領域に制限された一般論が知られているのみで, 現在でも基本的に未完成である. また自由度が大きくなるだけでなく, それぞれの自由度やその間の相互作用を支配する機構が量子力学に従うとき, 問題はさらに困難になり, かつその構造は豊富なものになる.

統計力学を物理的な理論としてとらえることもでき, また統計力学の一部を数学における普遍的な理論の何らかの具体例として考えることもできるが, 統計力学の理論の特に数理的な構造に興味の中心をおく場合, これは数理物理と呼ばれる分野の一部分であると理解される.

統計力学は可解格子模型, 可積分系を通じて数学に接触して来た. Onsager による Ising 模型の厳密解を起点として, 量子スピン模型や vertex 模型の厳密解が研究され, そこに現れた Yang-Baxter 方程式は, 量子群のひとつの出発点でもある. この分野は洗練され, 今後, 数学としての視点からの研究が発展していくものと思われる.

一方で, 自由度が非常に大きいが有限である系や, 非平衡系についての統計力学は, 理論的にはより素朴な段階にあり, しかし社会現象や生態系の変化, ネットワークにおけるパターン形成など, 現象としてはより多くの実例を含み, 別の視点から興味深い問題を含む. また, 量子力学自体のその最も新しいテーマとして, 量子効果を原理の本質的な一部とした情報科学が発展しつつあり, これに関連して量子力学の基礎が再び研究されている.

これらの問題に関して, 主として2次元格子模型の相転移と臨界現象や, 古典および量子的な格子模型の厳密解について研究してきたが, 今後はこれらを含むより広い範囲で重要と思われるテーマを探していくことになる.

主要論文・著書

[1] K. Minami and M. Suzuki, Non-universal critical behaviour of two-dimensional Ising systems, J. Phys. **A27** (1994) 7301-7311.

[2] K. Minami, The zero-field susceptibility of the transverse Ising chain with arbitrary spin , J. Phys. **A29** (1996) 6395-6405.

[3] K. Minami, The susceptibility in arbitrary directions and the specific heat of general Ising-type chains with uniform, periodic and random structures, J.Phys.Soc.Jpn. **67** (1998) 2255-2269.

[4] K. Minami, An equivalence relation of boundary/initial conditions and the infinite limit properties, J.Phys.Soc.Jpn. **74** (2005) 1640.

[5] K. Minami, The free energies of six-vertex models and the n-equivalence relation, J. Math. Phys. **49** (2008) 033514.

[6] K. Minami, Solvable Hamiltonians and fermionization transformations obtained from operators satisfying specific commutation relations, J. Phys. Soc. Jpn. 85, 024003 (2016).

経歴

1993 年　東京大学理学系研究科博士課程修了
1995 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科講師
1998 年　同助教授 （2007 年, 制度変更により准教授）

学生へのメッセージ

４年セミナーと大学院セミナーで今までに扱った教材は例えば,
ズバーレフ「非平衡統計熱力学」
ランダウ・リフシッツ「量子力学」「統計物理学」
フォンノイマン「量子力学の数学的基礎」
アインシュタイン「アインシュタイン選集１」
カンパニエーツ「量子力学」
新井・江沢「量子力学の数学的構造」
Nielsen・Chuang「Quantum computation and quantum information（量子コンピュータと量子通信）」
増田・今野「複雑ネットワークの科学」
久保亮五「統計力学」
樋口保成「パーコレーション」
それぞれの興味にあわせて統計力学, 量子力学, 数理物理学の基本的な教材をまず読んで, その後, 各自テーマを選ぶことになる.

森　立平　（もり　りゅうへい／MORI, Ryuhei）　准教授

研　究　室　多元数理科学棟 402 号室　　(内線番号 5604)

電子メール　`mori@math.nagoya-u.ac.jp`

研究テーマ

- 量子情報
- 情報理論
- 統計物理
- 計算量理論

研究テーマの概要

量子論はミクロな物理現象を記述するための理論です。我々が慣れ親しんでいるマクロな世界からは想像がつかないようなルールが成り立っています。量子論は100年程の歴史がありますが、ミクロな世界を工学的にコントロールすることが可能になってきたのは最近のことです。量子論を上手く活用して情報処理をする研究分野を**量子情報**といいます。

量子コンピュータが従来の古典コンピュータと比べて本質的に高速であることの理論的な証拠は90年代に得られていましたが、最近は量子コンピュータの開発が活発におこなわれており、その規模や精度が飛躍的に向上しています。そのような量子コンピュータでどのような計算ができるか研究しています。

また一方で、量子論自体を情報の観点から捉え直す研究もしています。量子論の原理はニュートン力学における運動の三法則のように実験で確認できるものではなく、「量子状態はヒルベルト空間上のエルミート作用素でトレースが1のものであり...」と数学的な言葉で記述されます。そのため操作的な意味のある言葉で量子論の原理を記述することは量子論を理解する上で重要であると考えられます。そこで、情報の観点から量子論を特徴付けるという研究をしています。

具体的には以下のような研究をおこなっています。

- 量子アルゴリズムの開発と解析
- 量子超越性 (量子計算が古典計算よりも強力であること) を理論的に明らかにする研究
- 量子論の非局所性と情報処理の関係についての研究

主要論文・著書

[1] Y. Kondo, R. Mori, and R. Movassagh, “Quantum supremacy and hardness of estimating output probabilities of quantum circuits,” the 62nd Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science, pp. 1296–1307, 2022.

[2] K. Shimizu and R. Mori, “Exponential-time quantum algorithms for graph coloring problems,” Algorithmica, Springer, 2022.

[3] R. Mori, “Periodic Fourier representation of Boolean functions,” Quantum Inf. Comput., vol. 19, no. 5&6, pp. 0392–0412, 2019.

受賞歴

- 2010, 情報理論とその応用学会奨励賞.
- 2012, エリクソン・ベスト・スチューデント・アワード.

経歴

2013 年　京都大学大学院情報学研究科博士課程修了
2013 年　東京工業大学情報理工学研究科研究員
2015 年　東京工業大学情報理工学研究科助教
2016 年　東京工業大学情報理工学院助教
2023 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科准教授

学生へのメッセージ

学部では量子論と量子情報の基礎を勉強します。量子論そのものは線形代数で理解することができます。高度な数学は必要ありませんが線形代数はとても重要です。また、量子力学などの物理の知識は必要としません。今までに読んだテキストは以下の通りです。

- Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition, Cambridge University Press, ISBN-13: 978-1107002173.
- John Watrous, The Theory of Quantum Information, Cambridge University Press, ISBN-13: 978-1107180567, `https://cs.uwaterloo.ca/ watrous/TQI/`.
- Mark M. Wilde, Quantum Information Theory, Cambridge University Press, ISBN-13: 978-1107176164, `https://www.markwilde.com/`.

量子論の基礎を一通り学んだ後は、論文を読んで学生本人が興味がある話題について掘り下げてもらいます。教員も色々な論文や話題を紹介しますが、基本的には学生に主体性を持って研究をしてもらいたいです。

修士になれば世界に通用するような研究ができます。修士の学生の論文が理論計算機科学のトップ国際会議に採択されたこともあります。また、量子情報の国内会議で博士課程の学生に混じって発表賞を受賞したことも複数回あります。そのような華々しい結果が早くに得られなくても、現代の情報と物理の基礎となる量子論を勉強することのは意義は大きいし、自分のペースで続けていけば最終的にはよい研究ができるようにサポートします。

森吉　仁志　（もりよし　ひとし／MORIYOSHI, Hitoshi）　教授

研　究　室　多元数理科学棟 504 号室　　(内線番号 4746)
電子メール　moriyosi@math.nagoya-u.ac.jp
所 属 学 会　日本数数学会

研究テーマ

- 位相幾何学，微分幾何学，多様体論
- 非可換幾何
- アティヤー・シンガー (Atiyah-Singer) 指数定理

研究テーマの概要

多様体を研究すること全般に興味を抱いています．殊に、多様体の解析不変量と幾何不変量を結びつける アティヤー・シンガー (Atiyah-Singer) 指数定理 [Ann. of Math. 87 (1968)] の一般化に深い関心を抱いています．それは多様体という対象の上で解析学と幾何学が交叉して生ずる深く美しい定理であり，性質の全く異なる二つの不変量を結びつけているという点でも高い有用性をもっています．例えば L-種数や $\widehat{A}$-種数とよばれる閉多様体の不変量に対する整数性定理（種数の定義からは単に有理数であることしか判りません）はそのひとつの帰結であり、J. Milnor はこの整数性定理を用いて（時期は指数定理に先立ちますが） exotic sphere （標準球面と同相であるが微分同相ではない多様体）の存在を証明しました．近年では指数定理をより巧妙に用いて，３・４次元多様体論に関する注目すべき結果も得られています．こうして指数定理は幾何学の中核的課題として，その重要性を飛躍的に高めつつあるところです．

指数定理を一つの動機として、1980 年代後半に コンヌ (A. Connes) により非可換幾何学という新しい枠組が創始されました [7]．この枠組は微分幾何学・位相幾何学・作用素環論・エルゴード理論・大域解析学にまたがって数学の多くの分野に刺激を与えており，さらに弦理論などの物理学の分野においても応用が研究されています．コンヌ はさらに K 理論・巡回コホモロジー群などの手法を非可換幾何学に導入して，葉層多様体・エルゴード的群作用を有する多様体・非コンパクト多様体などにも指数定理を拡張しました．例えば次頁にあるようなトーラス上のクロネッカー (Kronecker) 葉層上にも，非可換幾何の枠組を用いて指数定理を拡張することができます．

このように，それぞれ背景の全く異なる数学分野が融合するという点に，指数定理の面白さがあると私は思います．指数定理を理解するためには，位相幾何学・微分幾何学や関数解析学・偏微分方程式論の知識などが求められます．必要とされる知識量は少なくはありませんが，それゆえに理解を得た暁には数学の深遠さを味わうことのできる研究分野であると思います．

主要論文・著書

[1] H. Moriyoshi and T. Natsume, The Godbillon-Vey cyclic cocycle and longitudinal Dirac operators, Pacific J. Math., **172** (1996), no. 2, 483–539.

[2] H. Moriyoshi and T. Natsume, *Operator algebras and geometry*, Translations of Mathematical Monographs **237**, AMS, 2008.

[3] H. Moriyoshi and P, Piazza, Eta cocycles, relative pairings and the Godbillon-Vey index theorem, Geom. Funct. Anal. **22** (2012), 1708–1813.

経歴

1986 年　東京大学大学院理学系研究科修士課程修了
1990 年　ペンシルベニア州立大学（米国）Ph.D. 課程修了
1990 年　ニューヨーク州立大学バッファロー校（米国）客員講師
1991 年　東京工業大学理学部助手
1995 年　北海道大学理学部助教授
1998 年　慶應義塾大学理工学部助教授
2009 年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科教授

学生へのメッセージ

前期課程（修士課程）における少人数クラスでは以下のようなテーマを題材にします．

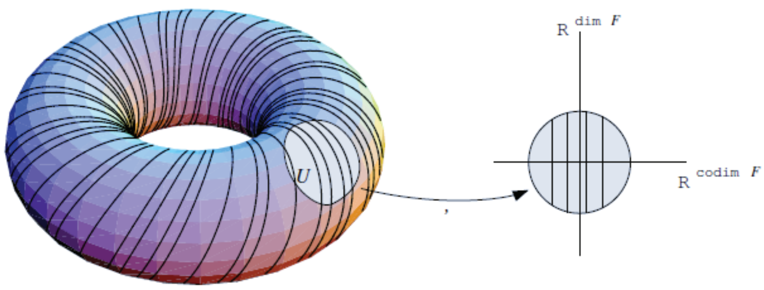
- ベクトル束や多様体の特性類
- ド・ラーム (de Rham) コホモロジーとチャーン・ヴェイユ (Chern-Weil) 理論
- K 理論
- 葉層多様体と二次特性類
- アティヤー・シンガー (Atiyah-Singer) 指数定理

前半 3 つのテーマは，現代の位相幾何学や微分幾何学における基本知識といえるコホモロジー論や特性類に関連します．先に挙げた exotic sphere に関して用いられたように，特性類は高次元多様体の研究に重要な手段を供します．そしてこれらのテーマをさらに深めた題目が後半の 2 つです．

これらの題目に関わるテキストとして，以下の参考書を挙げておきます．とくに Shahahan [5] と Roe [6] は指数定理に関する好個の入門書です．

[1] J. Milnor, Characteristic classes, Princeton University Press, （邦訳あり）.
[2] 森田茂之，微分形式の幾何学，岩波書店
[3] R. Bott and L. Tu, Differential Forms in Algebraic Topology, GTM 82, Springer-Verlag,
[4] J. Dupont, Curvature and characteristic classes, LNM, Vol. 640, Springer-Verlag.
[5] P. Shanahan, The Atiyah-Singer Index Theorem, LNM, Vol. 638, Springer-Verlag.
[6] J. Roe, Elliptic operators, topology and asymptotic methods, Longman.
[7] A. Connes, Noncommutative Geometry, Academic, 1994.

予備知識として，レベル 1 の内容（学部 3 年生までに学習する内容）は不可欠です．もちろん線型代数や微積分学の内容をしっかりと理解していることは大前提です．また多様体論，ホモロジー・ホモトピー論，微分幾何学（曲面論）の初等知識を持っていることを望みます．そして最も必要となるものは数学に対する熱意です．テレンティウスの言う「私は人間である．人間に関わることなら自分と無縁ではない」という態度で，分野に捉われずに数学という学問を考え抜きたい学生さんの参加を期待しています．また後期課程（博士課程）では，位相幾何学・微分幾何学・大域解析学に関連し，上に挙げたテーマの延長上にある課題について研究指導を行います．



A. Connes, *Noncommutative Geometry*, Academic Press, 1994 から引用

柳田　伸太郎　(やなぎだ　しんたろう／YANAGIDA, Shintaro)　准教授

研　究　室	理学部A館 441号室　　　(内線番号 5595)
電子メール	yanagida@math.nagoya-u.ac.jp
ウェブページ	http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~yanagida/index-j.html
所 属 学 会	日本数学会

研究テーマ

- 表現論
- 代数幾何学
- 数理物理学

研究テーマの概要

表現論と代数幾何学が私の研究領域です。主要テーマは頂点代数や量子代数の代数的表現論、モジュライの代数幾何学、量子可積分系です。

量子代数については論文 [1] が研究のスタートに当たります。この論文では Macdonald 対称函数に付随した量子可積分系と量子トロイダル $\mathfrak{gl}_1$ 代数（Ding-Iohara-Miki 代数とも呼ばれます）の表現論との関係を調べました。これがきっかけで、アフィンルート系に付随した二重アフィン Hecke 環 (Cherednik の DAHA) や Macdonald 多項式の研究を幾つかしてきました。最近では $(C_n^\vee, C_n)$ アフィンルート系に付随した DAHA 及び Koornwinder 多項式を研究しています [6, 7] では、双スペクトル Macdonald 函数とパラメータの特殊化の関係を調べました。

代数幾何ではモジュライ問題及び Bridgeland 安定性に興味があります。論文 [10] では Abel 曲面上の Gieseker 安定層のモジュライ空間の双有理幾何を Fourier 向井変換を用いて研究しました。また論文 [3] では Abel 曲面ないし K3 曲面上の Bridgeland 安定性条件の空間の解析をしました。

モジュライの代数幾何学と量子代数の表現論の交差点にある数理物理の話題として、頂点代数の幾何学的表現論の研究も進めています。論文 [8] では頂点代数の導来代数幾何学的な取り扱いについて研究しました。これは物理学者の提唱した「クラス S の頂点代数」を動機とした研究です。また論文 [9] では、頂点代数の標準的なフィルトレーションである Li filtration やそれに付随して得られる associated scheme の概念を、頂点代数の超場形式的な類似である超対称頂点代数について導入し、超共形代数の表現論と associated superscheme の Poisson 幾何学との関係を調べました。

最近では、博士課程学生の西中祐介さんとの共同研究 [4, 5] や、服部真宗さんとの共同研究 [2] を行ってプレプリント発表しました。前者では超対称頂点代数の代数構造を記述するオペラッドを導入し、超対称頂点代数の変形理論を統制するコホモロジー複体を計算しました。後者では楕円量子群と Ding-Iohara 代数の同時拡張化である dynamical Ding-Iohara algebroid という Hopf 亜代数族を導入し、副産物として non-simply-laced なルート系に対応した Ding-Iohara 代数を得ました。

主要論文・著書

[1] B. Feigin, K. Hashizume, A. Hoshino, J. Shiraishi, S. Yanagida, *A commutative algebra on degenerate* $\mathbb{CP}^1$ *and Macdonald polynomials*, J. Math. Phys. **50** (2009), no. 9, 095215, 42 pp.

[2] M. Hattori, S. Yanagida, *A dynamical analogue of Ding-Iohara quantum algebras*, preprint (2022), arXiv:2210.02777, 42pp.

[3] H. Minamide, S. Yanagida, K. Yoshioka, *The wall-crossing behavior for Bridgeland's stability conditions on abelian and K3 surfaces*, J. Reine Angew. Math. **735** (2018), 1–107.

[4] Y. Nishinaka, S. Yanagida, *Algebraic operad of SUSY vertex algebra*, preprint (2022), arXiv:2209.14617, 42pp.

[5] Y. Nishinaka, S. Yanagida, *Algebraic operad of SUSY Poisson vertex algebra*, preprint (2023), arXiv:2305.00714, 42pp.

[6] K. Yamaguchi, S. Yanagida, *Specializing Koornwinder polynomials to Macdonald polynomials of type* B, C, D *and* BC, J. Algebraic Combin., **57** (2022), 171–226,

[7] K. Yamaguchi, S. Yanagida, *A review of rank one bispectral correspondence of quantum affine KZ equations and Macdonald-type eigenvalue problems*, RIMS 講究録 **2258** (2023), 36pp.; arXiv:2211.13671.
[8] S. Yanagida, *Derived gluing construction of chiral algebras*, Lett. Math. Phys. **111** (2021), Article no. 51, 103pp.
[9] S. Yanagida, *Li filtrations of SUSY vertex algebras*, Lett. Math. Phys., **112** (2022), Article no. 103, 77pp.
[10] S. Yanagida, K. Yoshioka, *Semi-homogeneous sheaves, Fourier-Mukai transforms and moduli of stable sheaves on abelian surfaces*, J. Reine Angew. Math. **684** (2013), 31–86.

経歴

2012年　神戸大学大学院理学研究科数学専攻　博士課程卒業
2012年　日本学術振興会　特別研究員（PD）京都大学数理解析研究所
2012年　京都大学数理解析研究所　助教
2016年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科　准教授

学生へのメッセージ

学部生の方であれば、代数幾何学もしくは代数的な表現論に関して勉強や研究のスタートアップのお手伝いをすることができます。代数幾何ならテキスト1を、表現論ならテキスト2と3などを学部卒業までに読み終え、その過程で研究テーマを探すことを目標にするとよいと思います。

大学院に進んで研究を進めたい方であれば、安定性とそのモジュライ空間の代数幾何学、もしくは頂点代数や量子代数に興味がある方を歓迎します。数理物理学に興味があって特に代数的な視点から研究を進めたい方でも相談にのれます。具体的には博士前期課程の最初の一年弱でテキストおよび論文の講読をし、その過程で問題を見つけてもらいます。周辺分野のテキストとして4, 5, 6をあげておきます。

1. R. Hartshorne, *Algebraic Geometry*, Graduate Texts in Mathematics **52**, Springer (1977).
2. 谷崎俊之, 「リー代数と量子群」 現代数学の潮流, 共立出版 (2002).
3. 山田泰彦, 「共形場理論入門」 数理物理シリーズ **1**, 培風館 (2006).
4. D. Huybrechts, *Fourier-Mukai transforms in algebraic geometry*, Oxford Univ. Press (2006).
5. D. Huybrechts, M. Lehn, *The geometry of moduli spaces of sheaves*, Cambridge University Press (2010).
6. E. Frenkel, D. Ben-Zvi, *Vertex algebras and algebraic curves*, Mathematical Surveys and Monographs **88**, American Mathematical Society (2004).

吉田　伸生　（よしだ　のぶお／YOSHIDA, Nobuo）　教授

研　究　室　理学部A館439号室　(内線番号2420)
電子メール　`noby@math.nagoya-u.ac.jp`
ウェブページ　`http://www.math.nagoya-u.ac.jp/~noby/`
所 属 学 会　日本数学会

研究テーマ

- ランダム媒質中の高分子模型
- 確率成長模型

研究テーマの概要

2000年以降，高分子鎖の形状が溶媒中の不純物によって大きく変化する，という型の相転移に興味を持ち，それに対応した確率模型（ランダム媒質中のディレクティドポリマー）を中心に研究しています．上で紹介した高分子鎖の相転移を局在・拡散転移と呼ぶことがあります．実はこの局在・拡散転移は，ランダム媒質中のディレクティドポリマーだけではなく，ある種の構造を持つ幾つかの無限粒子系–以前から別の視点で研究されていたものも含め– に普遍的であることに最近気付き，新たな視界が開けてきました．

主要論文・著書

[1] F. Comets, N. Yoshida Localization Transition for Polymers in Poissonian Medium. Commun. Math. Phys. Vol 323, Issue 1 (2013) 417–447.
[2] R. Fukushima, N. Yoshida On the exponential growth for a certain class of linear systems. ALEA Lat. Am. J. of Prob. Math. Stat. **9** (2012), 323–336.
[3] Y. Nagahata, N. Yoshida Localization for a Class of Linear Systems. Electron. J. Prob.**16** (2011), no. 3, 657–687
[4] F. Comets, N. Yoshida Branching Random Walks in Time-Space Random Environment: Survival Probability, Global and Local Growth Rates. J. Theoret. Prob.**24** (2010), no. 3, 657–687
[5] 吉田伸生, 確率の基礎から統計へ, 遊星社 2012.
[6] 吉田伸生, ルベーグ積分入門–使うための理論と演習, 遊星社 2006.

受賞歴

- 2005年, 日本数学会解析学賞, 「確率解析による統計物理学的モデルの研究」

経歴

1991年　京都大学理学部数学教室助手
1998年　京都大学大学院理学研究科数学・数理解析専攻講師
2003年　京都大学大学院理学研究科数学・数理解析専攻助教授
2013年　名古屋大学大学院多元数理科学研究科教授

学生へのメッセージ

- 今後少人数クラスで扱うことを考えているテーマとして次のようなものがあります：
  ブラウン運動・確率解析・無限粒子系・パーコレーション

ルガル・フランソワ (LE GALL, François) 教授

研 究 室 多元数理科学棟 404 号室 (内線番号 2412)
電子メール legall@math.nagoya-u.ac.jp
ウェブページ http://www.francoislegall.com/
所 属 学 会 情報処理学会, 日本数学会, ACM

研究テーマ

- アルゴリズム
- 計算複雑性理論
- 量子計算

研究テーマの概要

私の専門は理論計算機科学です。コンピュータを数学的に研究する学問ですが、実際はコンピュータをほとんど使わない理論的な研究が多いです。特にアルゴリズム、計算複雑性理論及び量子コンピュータの研究に取り組んでいます。

アルゴリズムに関して、主にグラフ・アルゴリズム（グラフ問題を解くアルゴリズム）と代数的アルゴリズム（代数的問題を解くアルゴリズム）を専門としています。代数的アルゴリズムにおいて、理工学のあらゆる場面で現れる代数的問題に対し、性能の良いアルゴリズムの構築を目指しています。具体的に、２つの構造（群など）の同型性判定や、線形や双線形関数の計算に必要な基本演算において、様々なアルゴリズムを構築してきました。代表的な結果として、理論計算機分野で最も重要な未解決問題の一つである「行列乗算の計算量」に取り組み、長年来出来なかった改良に成功しています（主要論文 [6]）。

計算複雑性理論（計算量理論）の研究は、各種の計算モデルの計算能力の究明を目指すとともに、「これ以上の効率化は不可能である」という限界の証明も目標とするものであり、理論計算機科学の中心的な分野です。計算量理論の最も有名な未解決問題は「P≠NP 予想」であり、クレイ数学研究所のミレニアム懸賞問題にもなっています。最近、私は特に分散計算の計算量に興味を持っています。

量子コンピューティングは量子力学の法則に基づく計算・通信パラダイムです。1994年に発表された量子計算多項式時間素因数分解アルゴリズムによって、既存のコンピュータを凌駕する能力を持つことが示されました。以来、研究分野としては数理から物理にまで多岐にわたる大きなテーマとなりました。量子計算において、私の代表的な成果は三角形発見問題の量子計算量の改良（主要論文 [7]）です。三角形発見問題とは、与えられたグラフに対して、このグラフは三角形の部分グラフを持つか判定する問題であり、行列乗算、充足可能性問題や 3SUM 問題との関係が近年明らかになったことにより、最先端の計算量理論における中核的な役割を果たしています。量子計算の枠組みでも、三角形発見問題は１５年前から研究されており、量子ウォークなどいくつかの強力な手法の導入により、三角形発見問題の量子計算量はグラフの頂点数 n に対して $O(n^{9/7})$ まで改良が成されましたが、この上限はタイトであり、それ以上改良はできないと推定されていました。しかしながらここで、組み合わせ論に基づく新しい手法を導入することにより、論文 [7] では三角形発見問題の量子計算量をさらに $O(n^{5/4})$ とする改良に成功し、その仮説を完全に否定しました。

主要論文・著書

[1] S. Gharibian and F. Le Gall. Dequantizing the Quantum Singular Value Transformation: Hardness and Applications to Quantum Chemistry and the Quantum PCP Conjecture. *Proceedings of the 54th ACM Symposium on Theory of Computing*, 19-32, 2022.

[2] F. Le Gall. Average-Case Quantum Advantage with Shallow Circuits. *Proceedings of the 34th Computational Complexity Conference*, 21:1-21:20, 2019.

[3] T. Izumi and F. Le Gall. Triangle Finding and Listing in CONGEST Networks. *Proceedings of the 36th ACM Symposium on Principles of Distributed Computing*, pp. 381-389, 2017.

[4] D. Doron, F. Le Gall and A. Ta-Shma. Probabilistic Logarithmic-Space Algorithms for Laplacian Solvers. *Proceedings of the 21st International Workshop on Randomization and Computation*, pp. 41:1-41:20, 2017.
[5] H. Kobayashi, F. Le Gall and H. Nishimura. Stronger Methods of Making Quantum Interactive Proofs Perfectly Complete. *SIAM Journal on Computing*, Vol. 44(2), pp. 243-289, 2015.
[6] F. Le Gall: Powers of Tensors and Fast Matrix Multiplication. *Proceedings of the 39th International Symposium on Symbolic and Algebraic Computation*, pp. 296-303, 2014.
[7] F. Le Gall: Improved Quantum Algorithm for Triangle Finding via Combinatorial Arguments. *Proceedings of the 55th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science*, pp. 216-225, 2014.

受賞歴

- 2017, 科学技術への顕著な貢献2017（ナイスステップな研究者）
  「高度情報化社会を支える高速計算アルゴリズムの開発」
- 2014, ISSAC 2014 Distinguished Paper Award

経歴

2006年　東京大学大学院情報理工学系研究科博士課程修了
2006年　科学技術振興機構ERATO-SORST量子情報システムアーキテクチャ　研究員
2009年　東京大学大学院情報理工学系研究科特任講師
2012年　東京大学大学院情報理工学系研究科特任准教授
2016年　京都大学大学院情報学研究科特定准教授
2019年　名古屋大学大学院多元数理科学研究准教授
2022年　名古屋大学大学院多元数理科学研究教授

学生へのメッセージ

- 少人数クラスでは、理論計算機科学について研究します。特に量子情報および量子計算（開発途上にある量子コンピュータの数学的側面）を中心としますが、理論計算機科学に関する話題であれば基本的に好きなテーマ（例：アルゴリズムや計算量理論）を選んで良いです。
- 最初の数カ月は教科書を読んで勉強してもらいます。テーマによりますが、以下のテキストから選ぶことが多いです。

  [1] 量子情報科学入門石坂 智・小川 朋宏・河内 亮周・木村 元・林 正人 著共立出版、2012年
  [2] 量子コンピュータと量子通信 1 〜 3 ミカエル ニールセン (著), アイザック チャン (著), 木村 達也 (翻訳) オーム社、2004年

- その後、最近の研究論文をいくつか紹介するので、その論文を読んで、研究の最前線に触れます。最後に、興味のある未解決問題を選んで、オリジナルな研究に挑戦してもらいます。