

京 都 大 学

数理解析研究所要覧

2024

RESEARCH INSTITUTE
FOR
MATHEMATICAL SCIENCES

KYOTO UNIVERSITY

令和6年8月

京 都 大 学

数理解析研究所要覧



目 次

第1部 概 要

1	研究所の目的	1
2	行動規範	1
3	沿 革	2
4	歴代所長	9
5	組 織	9
6	定員及び現員の推移	11
7	運 営	12
8	共同利用研究	13
9	国際交流	16
10	大学院教育	18
11	図 書 室	19
12	附属計算機構研究施設	20
13	数理解析研究交流センター	20
14	数学連携センター	21
15	次世代幾何学国際センター	21
16	予算概要	21

第2部 現 況

1	所 員	22
1-1	所 長	22
1-2	教育職員	22
1-3	事務職員等	25
2	名誉教授	25
3	委 員	26
3-1	協 議 員	26
3-2	運営委員	27
3-3	専門委員	28
4	所員の研究活動	30

5 大学院	115
5-1 大学院生	115
5-2 アドミッションポリシー	115
5-3 指導教員、セミナー研究	115

第3部 記 録

1 転退職者	119
2 旧 委 員	119
3 特定研究員	121
4 研 究 員	126
5 日本学術振興会特別研究員	133
6 日本学術振興会外国人特別研究員	135
7 受 賞	135
8 行 事	135
8-1 公開講座	135
8-2 談 話 会	136
9 共同利用研究	137
9-1 RIMS 共同研究（公開型）	137
9-2 RIMS 共同研究（グループ型 A）	140
9-3 RIMS 共同研究（グループ型 B）	142
9-4 RIMS 共同研究（グループ型 C）	142
9-5 長期研究員	142
9-6 RIMS 合宿型セミナー	142
9-7 RIMS 総合研究セミナー	142
9-8 訪問滞在型研究	142
9-9 国際シンポジウム	144
10 外国人来訪者	150
11 学術出版目録	153
11-1 Publications of the Research Institute for Mathematical Sciences	153
11-2 講 究 録	155
11-3 講究録別冊	156
11-4 プレプリント	157

第4部 諸 規 程

1	京都大学数理解析研究所規程	159
2	京都大学数理解析研究所協議委員会内規	161
3	京都大学数理解析研究所運営委員会内規	162
4	京都大学数理解析研究所専門委員会内規	164
5	京都大学数理解析研究所国際アドバイザー内規	166
6	京都大学数理解析学系会議内規	166
7	京都大学数理解析研究所数理解析研究交流センター内規	167
8	京都大学数理解析研究所数学連携センター内規	169
9	京都大学数理解析研究所次世代幾何学国際センター内規	170
10	京都大学数理解析研究所図書室利用規則	172

第5部 利用案内

1	図書室利用案内	175
2	共同利用研究計画募集案内	176
2-1	一般計画（RIMS 共同研究（公開型・グループ型A）、 RIMS 長期研究員）の提案募集案内	176
2-2	一般計画（RIMS 共同研究（グループ型B））の提案 募集案内	176
2-3	一般計画（RIMS 合宿型セミナー，RIMS 総合研究 セミナー）の提案募集案内	176
2-4	一般計画（RIMS 共同研究（グループ型C））の提案 募集案内	176
2-5	訪問滞在型研究計画の提案募集案内	177
3	共同利用宿舎利用案内	177
4	建物平面図	179
5	研究所近辺の案内	180
6	建物管理（開館時間，施錠方式）	181

各種データは、令和5年4月2日から令和6年4月1日のものとする。

第1部 概要

1 研究所の目的

数理解析の基礎的研究を推進することが本研究所の目的である。このため専任の所員による研究が行われることは勿論であるが、それとともに、広く国内外の数理解析の研究者に共同研究のための便宜を提供し、国際的な研究の進展を期している。この主旨に沿うよう、本研究所は京都大学の附置研究所であるとともに、国際共同利用・共同研究拠点となっている。

自然科学、社会科学などの種々の学問分野で提起される問題のなかで、数学的に取り扱われることが必要なものがあるが、そのような問題を解決するのに既存の数学的方法で十分でなく、新しい方法や理論を開発しなければならないことがしばしばある。歴史的な例として最も顕著なものは、力学の問題を取り扱うために微積分法が開発され、応用されたことであるが、このようなことは歴史的にもまた現在も種々の規模でしばしば行われている。たとえば固有値問題に関して、物理学や工学からの問題提供と、その数学的取り扱い方法の開発及びそれに続く（数学における）一般的な固有値の理論の展開などはその一例である。一般にこのような新しい方法や理論は、当の問題に適用されるに止まらず、数学的手段として更に種々の問題に応用されるとともに、数学の内部でも新理論の基礎となることが多い。このような研究分野はもともと数理解析とよばれ、最近では当研究所の名称との関係から数理解析とも呼ばれている。

2 行動規範

数理解析研究所は、数理解析の研究を促進し、教育、研究発表、議論、情報交換を通じて国内外の当該研究を推進する場である。

そのためには、数理解析研究所の構成員および来訪者が多様性を受け入れ、差別やハラスメントを排除し、職業倫理に基づいた態度で行動することが求められる。数理解析研究所は、全ての人を人種、国籍、性別、年齢、宗教、健康状態や障がいの有無、性的指向、性自認、婚姻状況、家庭環境や経済状況の違いなどにかかわらず公平に扱う。

ハラスメントは個人の尊厳を傷つける行為であり、いかなる形でも許されない。構成員および来訪者は、ハラスメントの加害者、傍観者にならないよう常に心掛け、お互いを対等他者として尊重することで、職業倫理に満ちた平等で多様性のある環境を生み出すことを心掛ける。

3 沿 革

数理解析研究所は、日本学術会議の勧告により、全国共同利用の研究所として昭和38年（1963年）4月1日京都大学に附置設立されたものである。

日本学術会議の数学研究連絡委員会は、わが国の数学界の現状を反省して数理科学の研究推進の必要性を認め、研究の発展実現のため研究所設立を發議し日本学術会議第26回総会（昭和33年4月18日）において、政府に対して「共同利用研究所として数理科学研究所の設立を要望する」ことを決議するに至った。

新研究所では既設の統計数理研究所との重複部門を除き、解析を主体とすることになったので、名称は数理解析研究所となり、昭和38年4月1日完成9部門を目標にして正式に發足し、初年度2部門（基礎数学Ⅰ、作用素論）が設置され、この年度末に第1期工事が完了した。

昭和39年4月1日 2年次2部門（基礎数学Ⅱ、応用解析Ⅰ）が設置され、年度末に第2期工事が完了した。

昭和40年4月1日 3年次2部門（非線型問題、応用解析Ⅱ）設置、つづいて昭和41年4月1日4年次2部門（近似理論、数値解析）設置、年度末に第3期工事が完了した。

昭和42年4月1日 5年次1部門（計算機構）設置、この年度に電子計算機TOSBAC 3400が設置され、昭和43年度に第4期工事が完了し、昭和44年2月7日記念公開講演会が開催された。

以上で当初計画（9部門）は完成したが、研究所充実のための努力は引き続き行われた。

昭和44年8月 基礎物理学研究所と共同の施設である「基礎物理学研究所・数理解析研究所共同利用者宿泊所」（通称北白川学舎）が完成し、9月1日から使用が始められた。

昭和46年度 数理応用プログラミング施設が本研究所の附属施設として設置された。

昭和49年3月18日 本研究所創立10周年記念行事を行い、研究所の発展の一つの区切りとして公開講演会などを開催した。

昭和50年4月 京都大学大学院理学研究科内に本研究所を基幹とした数理解析専攻が設置され、従来理学研究科内のいくつかの専攻に分かれて行われていた数理解析に関する大学院教育がまとまってなされることになった。

- 昭和53年4月1日 1部門（大域解析学）が設置された。
- 昭和54年2月1日 電子計算機 TOSBAC 3400 に代わって、DEC-SYSTEM 2020 が稼働を開始した。
- 昭和55年4月1日 外国人客員部門（数理解析）が設置された。
- 昭和58年5月23日 本研究所創立20周年記念行事を行い、記念式典、祝賀会、記念講演会及びシンポジウムを開催した。
- 昭和59年4月 新たに電子計算機 ECLIPSE MV / 10000 が稼働を開始した。
- 昭和59年4月11日 1部門（代数解析）が設置された。
- 平成元年3月 電子計算機のシステム更新を行い、米国アポロ社製 DSP10010, DN 4500 11台, DN 3500 7台が稼働を開始した。
- 平成元年5月29日 1部門（数理解析学）が設置された。
- 平成4年4月9日 1部門（代数多様体論）が設置された。
- 平成5年3月 電子計算機のシステム更新を行い、米国コンベックスコンピュータ社製 C 3420 ES 1台, 米国サン・マイクロシステムズ社製 SPARC server 1台, SPARC station 13台が稼働を開始した。
- 平成5年10月18日 本研究所創立30周年記念行事を行い、記念式典、祝賀会、記念講演会を開催した。
- 平成6年4月1日 京都大学大学院理学研究科改組に伴い、昭和50年4月に設置された数理解析専攻は、京都大学大学院理学研究科 数学・数理解析専攻 数理解析系なる名称の組織となった。
- 平成6年6月24日 1部門（代数解析学）が設置された。なお、これに先立ち平成6年3月31日に、昭和59年4月設置の代数解析研究部門は時限到来により廃止された。
- 平成7年2月24日 日本学術振興会の重点研究国際協力事業として、英国ケンブリッジ大学ニュートン数理科学研究所との交換協定が締結された。1年に約10名ずつの連合王国への派遣及び連合王国からの受入れ事業が実施され、平成9年度末をもって終了した。
- 平成7年4月1日 外国人客員部門（応用数理）が設置された。

- 平成 7 年度 「卓越した研究拠点（COE）の形成を目指した中核的研究機関支援プログラム」による中核的研究機関研究員（非常勤研究員）の採用が始まった。
- 平成 8 年 4 月 1 日 第 8 次定員削減により助手 1（数理物理学研究部門）が削減となった。
- 平成 9 年 3 月 電子計算機システムの更新を行い、米国ヒューレットパッカード社製科学計算サーバー SPP 1600 1 台、米国サン・マイクロシステムズ社製 SUN ULTRA 15 台（うち 1 台がファイルサーバー）、SPARC station 12 台が稼働を開始した。
- 平成 9 年 4 月 1 日 財団法人国際高等研究所と本研究所との間で、両研究所の共同研究事業に関する協定書を交わした。
- 平成 11 年 4 月 1 日 従来の 13 小部門が 3 大部門（基礎数理、無限解析、応用数理）に改組された。また、従来の外国人客員部門の教授 2 は、それぞれ基礎数理及び応用数理部門の外国人客員教授に振り替えられ、別に無限解析部門に外国人客員教授 1 及び国内客員教授 2 が配置された。この大部門化に伴い、従来いくつかの小部門に付されていた時限はすべて解消し、また、新たに助手 3 が増員となった。
- 平成 12 年 3 月 10 日 大韓民国韓国高等研究所 (KIAS) と本研究所との間で、数理科学分野における研究協力促進・発展のため、学術交流に関する協定書を交わした。
- 平成 12 年 3 月 10 日 大韓民国ソウル国立大学校数理科学科ブレインコリア 21 と本研究所との間で、学術交流に関する協定書を交わした。研究者の交流が推進され、平成 17 年 3 月をもって終了した。
- 平成 13 年 3 月 電子計算機システムの更新を行い、米国コンパックコンピュータ社製科学技術計算用高速計算機 Alpha Sever GSI 60 1 台、米国ネットワーク・アプライアンス社製ファイルサーバー計算機 Net-AppF 720 1 台、米国コンパックコンピュータ社製クライアント計算機 DESKPRO WS250 20 台等が稼働を開始した。

- 平成 15 年 4 月 1 日 第 10 次定員削減により助手 1（無限解析研究部門）が削減となった。
- 平成 15 年 9 月 3 日 京都大学大学院理学研究科 数学・数理解析専攻と本研究所とが協力して拠点を構成し、京都大学の将来構想にある世界的研究・教育拠点の形成を目指す「21 世紀 COE プログラム《先端数学の国際拠点形成と次世代研究者育成》」に選ばれた。拠点リーダーは、本研究所教授・柏原正樹。研究期間は、平成 15 年度～19 年度の 5 年間。
- 平成 16 年 4 月 1 日 国立大学法人京都大学設立。
- 平成 16 年 4 月 1 日 数理解析研究所附属数理応用プログラミング施設を、数理解析研究所附属計算機構研究施設として整備した。
- 平成 18 年 3 月 電子計算機システムの更新を行い、HIT 社製科学計算サーバー HPC-IA642/T4 1 式（15 台）、富士通株式会社製 Sun Fire V440 2 台、富士通株式会社製 ETERNUS NR1000 F170 1 台、サン・マイクロシステムズ株式会社製 Sun Ray 1g 32 台が稼働を開始した。
- 平成 18 年 4 月 1 日 数学・数理科学における最新動向に柔軟かつ迅速に対応するため、所員の併任と特任教員からなる数理解析先端研究センターを設置した。
- 平成 18 年 6 月 23 日 大韓民国ソウル国立大学校数理科学科と本研究所との間で、共同研究および学術交流に関する協定書を交わした。
- 平成 19 年 3 月 5 日 大阪市立大学数学研究所と本研究所との間で、近接する地域に立地する数学研究所として互いに連携して研究活動を展開実施し、より大きな国際的な研究成果を挙げることを目指して、協定書を交わした。
- 平成 19 年 10 月 1 日 伊藤清博士ガウス賞受賞記念（野村グループ）数理解析寄附研究部門が設置された。設置期間は 3 年間。
- 平成 20 年 8 月 28 日 京都大学大学院理学研究科 数学・数理解析専攻と本研究所は、「数学のトップリーダーの育成－コア研究の深化と新領域の開拓」プログラムでグローバル COE 拠点到採択された。研究期間は、平成 20 年度～24 年度の 5 年間。

- 平成 21 年 3 月 30 日 カナダ太平洋数理科学研究所（PIMS）と本研究所との間で、学術交流に関する協定書を交わした。
- 平成 22 年 3 月中旬 数理解析研究所本館の耐震改修工事が完了。
- 平成 22 年 4 月 共同利用・共同研究拠点として認定された。
- 平成 22 年 6 月 24 日 大韓民国国立数理科学研究所（NIMS）と本研究所との間で、学術交流に関する協定書を交わした。
- 平成 23 年 2 月 14 日 ドイツ連邦共和国ボン大学数学ハウスドルフセンター（HCM）と本研究所との間で、学術交流に関する協定書を交わした。
- 平成 23 年 3 月 電子計算機システムの更新を行い、富士通株式会社製科学技術計算サーバー PRIMERGY RX200 S6 1 式（18 台）、ETERNUS NR1000 F2020 1 台、SPARC Enterprise M4000 1 台が稼働を開始した。
- 平成 23 年 11 月 17 日 パキスタン・イスラム共和国パキスタン国立科学技術大学高等数学・物理センター（CAMP）と本研究所との間で、共同研究および学術交流に関する協定書を交わした。研究者の交流が推進され、平成 28 年 11 月をもって終了した。
- 平成 24 年 4 月 1 日 国内外の優れた研究者に共同研究を実施する環境を提供し、研究交流を推進するため、旧数理解析先端研究センターを基礎として、数理解析研究交流センターを設置した。
- 平成 24 年 4 月 1 日 新しい数学領域である「量子幾何学」の創出に向けた研究を推進するため、所員の併任と特任教員からなる量子幾何学研究センターを設置した。
- 平成 24 年 4 月 10 日 イタリア共和国高等研究国際大学院（SISSA）と本研究所との間で、学術交流に関する協定書を交わした。研究者の交流が推進され、平成 29 年 4 月をもって終了した。
- 平成 24 年 11 月 1 日 東北大学原子分子材料科学高等研究機構と本研究所との間で、研究協力に関する協定書を交わした。
- 平成 25 年 5 月 1 日 数学の応用を目指すため、所員の併任と特任教員からなる数学連携センターを設置した。

- 平成 25 年 6 月 4 日 大韓民国中央大学校非線形偏微分方程式センターと本研究所との間で、学術交流に関する協定書を交わした。
- 平成 25 年 11 月 15 日 本研究所創立 50 周年記念行事を行い、公開講演会、記念式典、祝賀会を開催した。
- 平成 26 年 7 月 25 日 台湾国家理論科学研究中心と本研究所との間で、学術交流に関する協定書を交わした。
- 平成 28 年 3 月 電子計算機システムの更新を行い、富士通株式会社製科学技術計算サーバー PRIMERGY RX2530 M1 1 式(18 台), ETERNUS NR1000 F2552 1 台, SPARC M10-1 1 台, FUTRO S720 30 台が稼働を開始した。
- 平成 28 年 4 月 1 日 数学・数理学の先端的共同利用・共同研究拠点として認定更新された。認定期間は 6 年間。
- 平成 28 年 4 月 1 日 「平成 26 年度～平成 33 年度の定員削減計画（教員）」に基づき 1 ポイントの削減が求められ、助教ポスト 2（助教 0.8 ポイント×2 ポストの 1.6 ポイント）を削減することとした。ただし、0.6 ポイントは平成 30 年度定員削減分に繰越し、充当する。
- 平成 28 年 10 月 13 日 アメリカ合衆国ユタ大学理学部ならびに京都大学大学院理学研究科および本研究所との間で、共同研究および学術交流に関する協定書を交わした。
- 平成 29 年 6 月 2 日 ロシア連邦国立研究大学高等经济学院ならびに京都大学大学院理学研究科および本研究所との間で、共同研究および学術交流に関する協定書を交わした。
- 平成 29 年 7 月 1 日 ドイツ連邦共和国ボン大学ハウズドルフ数学センター、フランス共和国高等師範学校応用数学学科、ニューヨーク大学クーラント数理科学研究所、中華人民共和国北京大学北京国際数学研究センターと京都大学大学院理学研究科および本研究所との間で、Global Math Network に関する学生交流協定を締結した。
- 平成 29 年 8 月 1 日 大韓民国基礎科学研究所幾何学及び物理学センターと本研究所との間で、共同研究および学術交流に関する協定書を交わした。
- 平成 29 年 12 月 1 日 数論幾何学、特に宇宙際タイヒミューラー理論を中心に広く次世代の幾何学の研究を推進するため、次世代幾何学研究準備センターを設置した。

- 平成 30 年 4 月 1 日 「平成 26 年度～平成 33 年度の定員削減計画（教員）」に基づき 1 ポイントの削減が求められ、助教ポスト 1（助教 0.8 ポイント及び余剰ポイント 0.6 の 1.4 ポイント）を削減することとした。ただし、0.4 ポイントは平成 31 年度定員削減分に繰越し、充当する。
- 平成 30 年 11 月 13 日 数学・数理科学の国際共同研究拠点として、国際共同利用・共同研究拠点に認定された。認定期間は令和 4 年 3 月 31 日まで。
- 平成 31 年 4 月 1 日 数論幾何学、特に宇宙際タイヒミュラー理論を中心に広く次世代の幾何学の研究を推進するため、次世代幾何学研究準備センターを廃止し、次世代幾何学研究センターを設置した。
- 平成 31 年 4 月 1 日 「平成 26 年度～平成 33 年度の定員削減計画（教員）」に基づき 1 ポイントの削減が求められ、助教ポスト 1（助教 0.8 ポイント及び余剰ポイント 0.4 の 1.2 ポイント）を削減することとした。ただし、0.2 ポイントは令和 3 年度定員削減分に繰越し、充当する。
- 令和 2 年 4 月 1 日 量子幾何学研究センターを廃止した。
- 令和 3 年 4 月 1 日 「平成 26 年度～平成 33 年度の定員削減計画（教員）」に基づき 1 ポイントの削減が求められ、助教ポスト 1（助教 0.8 ポイント及び余剰ポイント 0.2 の 1 ポイント）を削減することとした。
- 令和 3 年 5 月 18 日 数理解析研究所行動規範を定めた。
- 令和 4 年 4 月 1 日 第三期中期目標期間におけるシーリングに係る定員削減に基づき、1.9 ポイントの削減が求められ、准教授ポスト 2（准教授 1.0 ポイント×2）を削減することとした。
- 令和 4 年 4 月 1 日 広く次世代の幾何学の研究を推進し、新しい数学の国際的認知度向上のために研究成果を広く世界に向け情報発信するとともに、国内外の若手研究者など多様な人材の育成を行うため、次世代幾何学国際センターを設置した。
- 令和 4 年 5 月 1 日 次世代幾何学研究センターを廃止した。

4 歴代所長

理学博士	教授	福原 満洲雄	昭和38. 5. 1～昭和44. 3.31
理学博士	教授	吉田 耕作	昭和44. 4. 1～昭和47. 3.31
理学博士	教授	吉澤 尚明	昭和47. 4. 1～昭和51. 3.31
理学博士	教授	伊藤 清	昭和51. 4. 1～昭和54. 4. 1
理学博士	教授	島田 信夫	昭和54. 4. 2～昭和58. 4. 1
京都大学理学博士 Ph.D (ハーバード大学)	教授	廣中 平祐	昭和58. 4. 2～昭和60. 1.30
理学博士	教授	島田 信夫	昭和60. 1.31～昭和62. 1.30
東京大学理学博士	教授	佐藤 幹夫	昭和62. 1.31～平成 3. 1.30
東京大学理学博士	教授	高須 達	平成 3. 1.31～平成 5. 1.30
京都大学理学博士 Ph.D (プリンストン大学)	教授	荒木 不二洋	平成 5. 1.31～平成 8. 3.31
Ph.D(ゲッティンゲン大学)	教授	齋藤 恭司	平成 8. 4. 1～平成10. 3.31
東京大学工学博士	教授	森 正武	平成10. 4. 1～平成13. 3.31
京都大学理学博士	教授	柏原 正樹	平成13. 4. 1～平成15. 3.31
東京大学理学博士	教授	高橋 陽一郎	平成15. 4. 1～平成19. 3.31
京都大学理学博士	教授	柏原 正樹	平成19. 4. 1～平成21. 3.31
京都大学工学博士	教授	藤重 悟	平成21. 4. 1～平成23. 3.31
京都大学理学博士	教授	森 重文	平成23. 4. 1～平成26. 3.31
京都大学理学博士	教授	向井 茂	平成26. 4. 1～平成29. 3.31
京都大学理学博士	教授	山田 道夫	平成29. 4. 1～令和 2. 3.31
京都大学博士(理学)	教授	熊谷 隆	令和 2. 4. 1～令和 4. 3.31
東京大学理学博士	教授	小野 薫	令和 4. 4. 1～令和 6. 3.31
京都大学博士(理学)	教授	大木谷 耕司	令和 6. 4. 1～

5 組織

本研究科は、3大研究部門及び1附属施設、事務部は3掛及び研究部事務室からなり、この機構の内容は以下のとおりである。

研究部門

基礎数理部門

分野：整数論，代数幾何学，代数解析学，計算機講論等

数学の基礎となる数の体系，空間および関数の構造，計算と思考の法則等を研究。数学およびその応用の多様な発展を促進すると共に，それらに確たる

研究の基礎を与えることを目指す。

無限解析部門

分野：無限次元解析，無限対称性，大域解析，幾何構造，確率構造等

21世紀における数理科学の重要な研究課題となるであろう自由度無限大の系の解析を目標とする。量子物理学，統計物理学等の発展を取り入れ，同時にそれらに統一かつ厳密な数学的基礎付けを与えることを目指す。

応用数理部門

分野：微分方程式論，数理物理学，離散システム，大規模計算，複雑系等自然科学，工学，社会科学等，数学に関連する諸科学との交流を通じて，そこに現われる数学的課題を対象として研究を行い，その研究成果を関連諸科学の発展のために還元することを目指す。

附 属 施 設

計算機構研究施設

理論的成果に基づいた先端的ソフトウェア技術の研究開発

事 務 部

総 務 掛 (TEL 075-753-7202)

- 1 協議委員会その他の会議に関すること（他掛の所掌に属するものを除く）
- 2 職員の出張に関すること
- 3 大学院に関すること
- 4 要覧に関すること
- 5 建物管理に関すること

共同利用掛 (TEL 075-753-7206)

- 1 共同利用研究計画の募集及び受入に関すること
- 2 共同利用研究員の出張及び旅費に関すること
- 3 共同利用研究員の宿舎の利用に関すること
- 4 講究録，講究録別冊に関すること

図 書 掛 (TEL 075-753-7223)

- 1 図書の選定，受入に関すること
- 2 図書の分類及び目録作成に関すること
- 3 図書の閲覧及び貸付に関すること
- 4 文献，資料の寄贈及び交換に関すること
- 5 文献の複写に関すること

研究部事務室 (TEL 075-753-7216)

- 1 所内研究者等の研究教育支援業務
- 2 刊行物 (Publications of RIMS, プレプリント) に関すること
- 3 研究部門の事務にかかる連絡調整に関すること
- 4 インターネット RIMS ホームページ管理
- 5 科学研究費補助金に関する補助業務

研究部事務室 (国際研究支援室) (TEL 075-753-7245)

- 1 外国人研究者等の受入に関すること
- 2 所内外国人研究者等の研究支援業務

6 定員及び現員の推移

定員の推移

年度 \ 区分	教授	准教授	講師	助教	小計	職員	合計
平成 28 年度	⁽²⁾ 13	14	0	13	⁽²⁾ 40	8	⁽²⁾ 48
平成 29 年度	⁽²⁾ 13	14	0	13	⁽²⁾ 40	8	⁽²⁾ 48
平成 30 年度	⁽²⁾ 13	14	0	12	⁽²⁾ 39	8	⁽²⁾ 47
平成 31/ 令和元年度	⁽²⁾ 13	14	0	11	⁽²⁾ 38	6	⁽²⁾ 44
令和 2 年度	⁽²⁾ 13	14	0	11	⁽²⁾ 38	6	⁽²⁾ 44
令和 3 年度	⁽²⁾ 13	14	0	10	⁽²⁾ 37	6	⁽²⁾ 43
令和 4 年度	⁽²⁾ 13	13	0	10	⁽²⁾ 36	6	⁽²⁾ 42
令和 5 年度	⁽²⁾ 13	13	0	10	⁽²⁾ 36	6	⁽²⁾ 42
令和 6 年度	⁽²⁾ 13	13	0	10	⁽²⁾ 36	6	⁽²⁾ 42

(注) () は国内客員で外数である。

現員の推移

毎年度4月1日現在

区分 年度	教授	准教授	講師	助教	小計	助特 教定	研究 員定	職事 員務	職技 員術	職特 員定	職支 員援	職再 雇用	職非 常勤	小計	合計
平成29年度	(2) 12	9	4	10	(2) 35	4	-	[7] 4	2	-	-	[1]	[4] 16	[12] 26	(2) [12] 61
平成30年度	(2) 13	10	3	10	36	2	-	[7] 4	2	-	-	[1]	[3] 16	[11] 24	(2) [11] 60
平成31/ 令和 元年度	(2) 12	(1) 11	3	8	34	1	1	[7] 4	2	1	-	[1]	[4] 18	[12] 27	(2) [12] 61
令和2年度	(1) 12	10	3	9	34	2	2	[7] 4	2	1	-	[1]	[4] 21	[12] 32	(1) [12] 66
令和3年度	13	13	3	10	39	1	2	[9] 2	2	1	-	1	[4] 25	[13] 34	[13] 73
令和4年度	12	13	3	10	38	4	4	[8] 2	2	1	-	1	[3] 22	[11] 36	[11] 74
令和5年度	(2) 12	13	3	10	(2) 38	6	6	[8] 2	2	1	[2] 4	1	[2] 20	[12] 42	(2) [12] 80
令和6年度	(1) 13	13	3	10	(1) 39	7	6	[10] 2	2	-	[3] 6	1	[1] 14	[14] 39	(1) [14] 77

(注) () は、国内客員で外数である。
 [] は、北部構内事務部発令の数理解析研究所勤務者で、外数である。
 教員の現員数には、再配置定員、若手重点戦略定員を含む。

7 運 営

全国の数理解析研究者による共同利用研究を遂行するためには、全国の研究者の意見が運営に十分反映されることが必要である。そのために本研究所は以下の組織によって運営されている。

協議委員会

所長、教授及びその他若干名の京都大学教授より構成され、本研究所の重要事項を審議、決定する。

運営委員会

教授及び京都大学内外からの推薦に基づく研究者で構成される。数理解析研究所の運営に関する重要事項について所長の諮問に応じる。

専門委員会

教授、准教授、講師及び京都大学内外からの推薦に基づく研究者で構成さ

れ、共同利用研究に関する事項を審議する。

この他、所員の意見を反映するために、所内に各種の会議や委員会がある。

国際アドバイザー

国際的な数学・数理科学分野の動向を詳細に把握する学識経験者で構成され、所長の求めに応じ、数理解析研究所の運営及び共同利用研究に関し、国際的な数学・数理科学分野の動向を踏まえて、助言を行う。

8 共同利用研究

本研究所は、1963年の設立時から数学・数理科学分野における「全国共同利用研究所」として、また2010年からは「共同利用・共同研究拠点」として、広く国内外の関連分野の研究者に共同利用・共同研究の機会を提供することに努めており、1年間に約80件の拠点事業を実施し、800～1,000本の論文が発表されている。2018年11月には、新しく、国内外の研究機関のハブとして国際共同研究を牽引し、我が国の研究力を強化することを目的として、「国際共同利用・共同研究拠点」に認定された。従来の共同利用・共同研究拠点の機能を拡大・強化することにより、数学・数理科学分野およびその関連分野の研究者に、国際的な共同研究活動を支えるための基盤を提供し、優れた研究成果に繋げることを目的としている。

数理解析研究所では、5つの拠点事業種目（RIMS 共同研究（グループ型）、RIMS 共同研究（公開型）、RIMS 合宿型セミナー、RIMS 総合研究セミナー、RIMS 長期研究員）、およびそれらの種目を有力研究者の中長期滞在と組み合わせる「訪問滞在型研究」を用意し、国際共同研究および若手研究者育成を意識した枠組みを設けている。また、拠点事業各種目への女性研究者の積極的な提案応募、研究会での講演、参加の増加を図るべく、2022年度より、国際共同利用・共同研究拠点の事業として「女性参画推進型」拠点事業を開始し、2022年度にはRIMS 共同研究（グループ型A）・RIMS 共同研究（公開型）の二種類の事業、2023年度にはさらにRIMS 共同研究（グループ型B）・RIMS 共同研究（グループ型C）・RIMS 総合研究セミナーの三種類の事業に「女性参画推進型」追加し、女性研究者からの提案応募、研究会参加のさらなる増加を期待している。

拠点事業は種目により年1回、あるいは通年で研究計画を公募し、国内外から提案された計画は専門委員会、運営委員会で審査・採択を経て実施される。緊急かつ重要な計画については特別計画として効率よく実施することも可能と

なっている。

(1) **RIMS 共同研究（グループ型）**

- A 2名以上がグループを作り、共同利用研究員として数日から1週間程度研究所において共同で研究を行う。
- B 外国人研究者及び日本人研究者とともに1名以上含む2名から数名がグループを作り、当研究所において共同利用研究員として数日から1週間程度の期間、国際共同研究を行うもの。通年で公募を行う。
- C 外国人（所属機関が外国）のみの2名～数名がグループを作り、数日～1週間程度、本研究所において共同研究を行う。

(2) **RIMS 共同研究（公開型）** 研究発表を中心として公開で行う研究集会形式の共同利用研究（規模は問わない）。

(3) **RIMS 長期研究員** 共同利用研究員として当研究所において2週間以上研究を行う。研究所に近い地域の研究者と交流することが重要な目的であることが多い。

(4) **RIMS 合宿型セミナー** 国内外から研究者が参集し、寝食を共にして行う形式のワークショップ。当該研究分野の飛躍的な発展や次世代リーダーの育成に貢献することを目的とする。

(5) **RIMS 総合研究セミナー** 数日から1週間程度の期間、研究上の新分野・新動向の専門研究者による集中的検討を行うと同時に、国内外からの参加研究者にこれらの情報に触れる機会と場を提供する研究チュートリアル的な側面を持つ事業。新分野・新動向に関する情報を、関係する研究者グループの間で、いちはやくまとまった形で共有し、円滑かつスピード感のある共同研究を促進することを目的とする。

(6) **訪問滞在型研究**

運営委員会で選出された数人の組織委員会を中心に、数か月～1年の期間、特定の研究テーマを決め、その分野の指導的研究者の中長期滞在を核として、上記の(1)から(5)の5種類の形態の共同研究を組み合わせる国際共同研究プロジェクト。1か月以上滞在する「外国の研究機関に所属する指導的研究者」を複数招へいすることを要件とし、毎年複数の訪問滞在型研究を採択・実施する。本研究計画では、将来の数学・数理科学分野をリードし研究プロジェクトを牽引する研究者の育成を目的とし、数学・数理科学の研究および研究代表者等と協力して国際共同研究の企画・立案・運営に携わる若手研究者を「RIMS プロジェクトフェロー」に推薦することができる。

この他、緊急性や重要性の高い共同利用研究計画について、機動的に対応できるように、時期を問わず運営委員が所長に提案できる**特別計画**の制度がある。

共同利用研究件数の推移

(平成12年度～令和5年度)

年 度	個 人	短期 (共)	研究集会	合宿型	合 計	
	(長・短)	件 数	件 数	件 数	件 数	人 数
平成12年	4	24	49	－	77	3,982
平成13年	12	27	53	－	92	4,326
平成14年	6	24	48	－	78	3,836
平成15年	4	25	54	－	83	4,224
平成16年	1	25	46	－	72	3,730
平成17年	4	19*	60**	－	83	4,198
平成18年	5	20*	62**	－	87	4,355
平成19年	1	16*	56**	－	73	4,106
平成20年	2	21*	53**	4	80	3,993
平成21年	5	16*	58**	4	83	4,402
平成22年	0	18*	66**	6	90	4,795
平成23年	2	20*	57**	2	81	4,365
平成24年	3	23*	64**	4	94	4,828
平成25年	2	19*	69**	3	93	4,583
平成26年	1	22*	58**	2	83	3,884
平成27年	3	21*	57**	5	86	4,167
平成28年	3	21 ⁺	64 ⁺⁺	4	92	3,951
平成29年	2	21 ⁺	55 ⁺⁺	3	83	3,555
平成30年	1	19 ⁺	61 ⁺⁺	4	85	3,874

* RIMS 共同研究 + RIMS 共同研究 (グループ型)
 ** RIMS 研究集会 ++ RIMS 共同研究 (公開型)

国際共同利用・共同研究拠点認定後

年 度	長期 研究員	共同研究 (グループ型)	共同研究 (公開型)	合宿型	総合研究	合 計	
						件 数	人 数
令和 元年	1	19	64	5	2	91	4,130
令和 2 年	0	8	29	0	0	37	2,940
令和 3 年	0	24	56	0	5	85	6,737
令和 4 年	0	20	63	1	0	84	5,543
令和 5 年	0	16	53	1	2	72	4,086

※令和 2 年度以降はオンライン参加者を含む。

※令和 2～3 年度は、新型コロナウイルス感染症拡大の影響により、多くがオンライン開催となった。

9 国際交流

共同利用・共同研究拠点（国際共同利用・共同研究拠点）としての本研究所の主要目的の一つは、国内の研究者に共同研究の機会と場を提供することであり、その活動状況は別項で説明したとおりであるが、これと並んで国際的研究拠点としての役割を担っていくのが、本研究所の目指す大きな目標の一つである。

このような目的のため、本研究所は設立以来、多方面の学問分野の外国人研究者の招へいに力を注ぎ、また、その来日の機会に共同利用研究を計画してわが国の研究者との交流を図ってきた。

また、1991 年より毎年企画されているプロジェクト研究（2018 年からは訪問滞在型研究）は、国際的共同研究の要素も強く、これによって来訪する海外研究者も多数にのぼる。

さらに、国際研究拠点の活動の一環として、Korean Institute for Advanced Study (KIAS) (2000 年 3 月)、Department of Mathematical Sciences, Seoul National University (2006 年 6 月)、Pacific Institute for the Mathematical Sciences (PIMS) (2009 年 3 月)、National Institute for Mathematical Sciences (NIMS) (2010 年 6 月)、Hausdorff Center for Mathematics, University of Bonn (HCM) (2011 年 2 月)、The CAU Nonlinear PDE Center, Chung-Ang University (2013 年 6 月)、National Center for Theoretical Sciences (NCTS) (2014 年 7 月)、College of Science at the University of Utah (2016 年 10 月)、The Center for Geometry and Physics, Institute for Basic Science (2020 年 8 月)及び University of Edinburgh (2020 年 9 月)と学術交流協定を結んでいる。

外国人研究者の受入—いろいろな受入方法があり、本研究所の3つの研究部門の外国人ポストに数ヶ月間客員教授として招へいする場合、他の方法で招へいする場合、あるいは外国人研究者が来日した機会に短期間、本研究所に滞在する場合などがある。なお、外国人留学生の受け入れ等も行っている（この状況については別表を参照）。

国際シンポジウムの開催—数カ国の研究者による国際シンポジウムや国際研究集会が何度か開かれたが、これらは今後ますます盛んになる趨勢にある。近年本研究所を訪問する外国人研究者は増加しつつあり、また、それぞれの機会に実施される共同利用研究計画も件数、参加人員とも急速に増加している。

外国人訪問者数（年度・国別）

年度 国名	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23
アメリカ	70	87	98	53	90	111	63	130	63	121
イギリス	35	27	34	28	25	43	16	85	22	68
イタリア	10	7	10	7	15	16	3	42	20	19
インド	6	9	3	2	2	4	3	13	12	15
オーストラリア	6	5	14	7	17	17	3	22	12	15
カナダ	8	4	12	8	17	23	12	25	6	23
韓国	31	42	34	33	49	68	11	48	34	98
スウェーデン	0	0	3	8	2	2	1	7	6	4
中国	23	53	44	36	42	56	42	123	87	108
デンマーク	1	0	2	3	2	3	0	8	0	0
ドイツ	31	34	37	24	57	31	11	78	24	63
フランス	46	47	40	36	54	57	12	55	25	52
ロシア	26	9	8	4	16	8	2	16	2	2
その他諸国	101	95	106	79	123	145	151	208	111	116
合計(人)	394	419	445	328	511	584	330	860	424	704

※ 2019年版より計上数の根拠を変更した。（学生等を含めた）

※ 2020年度以降オンライン参加者含む。

（2020-2021年度は新型コロナウイルス感染症の拡大により、海外からの研究者の来訪がほぼ不可能な状況となった。）

10 大学院教育

(京都大学大学院理学研究科 数学・数理解析専攻 数理解析系)

本研究所では設立時から、新分野の教育、後継者の養成等を図るために大学院の教育を行っている。設立当初は、研究所で研究されている学問分野と関連の深い3専攻（数学専攻・物理学第1専攻・物理学第2専攻）に教員がそれぞれ所属し、それらの専攻の中で学生を教育していた。また、研究所で指導を受けている学生のためには研究所内に控室を設け、図書室その他の設備を利用できるようにした。こうして、当時常に十数名の学生が研究所で教育されていた。

しかし、数理科学の基礎は、まとまった一つの専攻で教育されることが望ましい、という趣旨から、新しい専攻を設置して、それが中心となって大学院教育を実施することが計画された。

それ以前から（他の附置研究所と同様に）本研究所の9研究部門はそれぞれ1名ずつの学生定員の積算の基礎となっていたが、制度的には、当初、これはすべて数学専攻の学生とされていた。新専攻を設置するに当たって、この学生定員（各学年9名）を数理解析専攻の固有学生定員とすることとした。すなわち、数学専攻を分割して新しい専攻を作り出すことにしたのである。このようにして、数理解析専攻が昭和50年（1975年）に設置され、同年4月1日に発足した。本研究所の教員がこの専攻の基本的な教員組織を構成し、これに理学部の教員若干が加わっていた。数理解析専攻は、理学研究科の中の一つの独立専攻であった。

平成6年度より、京都大学理学部・理学研究科の改組に伴い、数理解析専攻は、数学専攻と合わせて、組織上は一つの専攻（数学・数理解析専攻）になったが、その中の「数理解析系」として従来どおりの独立性を保って運営されており、本研究所の教員がこの数理解析系（以下、当系と略す）の教員組織を構成している。現在、当系の学生入学定員は修士課程10名、博士後期課程10名であり、研究者養成を目的とした教育を行っている。

当系では、主として次のような諸分野に関連する授業（講義及びセミナー研究）を行っている。

整数論・数論幾何・代数幾何学・複素解析幾何・微分幾何学・位相幾何学・代数解析・表現論・作用素環論・関数解析・偏微分方程式・調和解析・確率論・数理物理学・場の量子論・量子統計力学・流体力学・理論計算機科学・ソフトウェア科学・数理論理学・最適化・離散数学・アルゴリズム論

当系の性格上、数学・数理解析専攻数学系、物理学・宇宙物理学専攻物理学第一分野及び物理学第二分野、生物科学専攻生物物理学系等の授業科目の中に当系と密接な関係にあるものが多い。学生が受講科目の選択に当たってこのことを考慮するよう、履修指導が行われている。

当系の運営は数理解析系内規、数理解析系会議内規、数理解析系学位内規等に基づき、数理解析系会議が行っている。

数理解析専攻においては、修士課程入学試験の筆答試問は数学専攻と共通で行っていた。数理解析系への改組以降、数理解析系独自の修士課程入学試験を実施していたが、平成26年度入学修士課程入学試験から、筆答試問は数学系と共通で行うこととなった。

令和3年度から令和5年度入学の修士課程入学試験は、新型コロナウイルス感染症の影響を受け、筆答試問は行わず、書類審査とオンラインの口頭試問によって選考を行った。

11 図書室

当図書室は、専門図書館として数学、応用数学、計算機科学、理論物理学分野の文献を幅広く収集し、専任所員や本学の研究者のみならず、ひろく全国の研究者の利用に供している。更に、共同利用・共同研究拠点の図書室としての役割も担っており、拠点事業の参加者にも活発に利用されている。また、電子図書・電子ジャーナルの充実に努めている。

収集した資料は、3階の閲覧室と地下の書庫に配置され、京都大学蔵書検索KULINEにより所在を確認できる。また、3階閲覧室に設置した端末からは、データベース、電子ジャーナル等にアクセスし、国内外の学術論文情報を検索・利用することができる。

蔵書冊数

洋図書	101,417 冊	洋雑誌	1,462 種
和図書	9,002 冊	和雑誌	111 種
計	110,419 冊	計	1,573 種

令和6年4月1日現在

12 附属計算機構研究施設

当研究所は、設立当初より最先端のコンピュータ施設を有し、多くの研究者の利用に供してきた。本研究施設は、コンピュータを用いて数理科学の理論的研究と応用技術との橋渡しをすることを目的とし、流体力学や数値解析のための数値計算、コンピュータ・サイエンスの研究とその成果の実証、純粋数学や数理解析のための数式処理において最先端の研究成果を生み出してきた。さらに、本研究施設の計算機システムは、所員や来訪研究者らの論文作成や電子メールによる研究交流、インターネットによる研究成果の発信などに利用されており、その重要性はますます増大している。

また本研究施設では、コンピュータ・サイエンスの研究成果に基づき、いろいろな先駆的ソフトウェアの開発研究も行われてきた。なかでもプログラミング言語処理系 KCL (Kyoto Common Lisp) は国際的に普及し、フリーソフトウェアの先駆けの一つとなった。日本語かな漢字変換インターフェース Wnn はオペレーティングシステム UNIX におけるかな漢字変換フロントエンドの事実上の標準として利用され、中国語やハングル語の変換フロントエンドにも応用されてきた。また、携帯電話などの組込機器においても広く用いられた。

本研究施設の現有のコンピュータ設備は、科学技術用並列計算機および汎用計算機から構成されている。これらのコンピュータは高速 LAN によって結ばれており、学内ネットワークを介して、研究室からの高速インターネット接続を提供している。当研究所では、コンピュータ利用に対する需要の量的質的な増加と、コンピュータ性能の革新により、数年毎に設備のバージョンアップが行われてきており、将来も継続する方針である。

13 数理解析研究交流センター

国内外の優れた研究者に共同研究を実施する環境を提供し研究交流を推進するため、平成 24 年 4 月に旧数理解析先端研究センターを基礎として発足した。特任教員は有給または無給とし、所員に準じた研究環境で、2～3 ヶ月から 5 年の任期の間、所員との連携のもと、研究に従事する。

14 数学連携センター

他の学術諸分野や企業との連携研究を行うために、平成25年5月に設置された。数学の応用を目指す。

15 次世代幾何学国際センター

広く次世代の幾何学の研究を推進し、新しい数学の国際的認知度向上のために研究成果を広く世界に向け情報発信するとともに、国内外の若手研究者など多様な人材の育成を行うため、令和4年4月1日に設置された。

16 予算概要

支出状況

(単位：千円)

区 分	令和3年度	令和4年度	令和5年度
運 営 費 交 付 金	760,357	744,090	761,510
(内訳) 人 件 費	442,952	432,922	454,000
物 件 費	317,405	311,168	307,510
科 学 研 究 費 補 助 金	190,803	156,781	147,847
受 託 研 究 ・ 受 託 事 業	29,126	15,153	7,800
共 同 研 究	18,621	18,621	19,920
寄 附 金	11,933	11,369	4,038
合 計	1,010,840	946,014	941,115

*外部資金は間接経費を含めた受入額を計上している。

第 2 部 現 況

1 所 員 (令和 6 年 4 月 1 日現在)

1-1 所 長	教 授	京大博 (理)	大木谷 耕 司
副 所 長	教 授	東大博 (数理科学)	中 西 賢 次

1-2 教育職員

基礎 数理 研究 部門	教 授	東大博 (数理科学)	大 槻 知 忠
	教 授	東大理博	小 野 薫
	教 授	京大博 (理)	望 月 拓 郎
	教 授	東大博 (数理科学)	中 西 賢 次
	准 教 授	東大理博	中 山 昇
	准 教 授	京大博 (理)	入 江 慶
	講 師	東大博 (数理科学)	山 下 剛
	助 教	京大博 (理)	石 川 勝 巳
	助 教	京大博 (理)	石 川 卓
	助 教	京大博 (理)	辻 村 昇 太
無 限 解 析 研 究 部 門	教 授	京大博 (理)	玉 川 安 騎 男
	教 授	Ph.D.(プリンストン大学)	望 月 新 一
	教 授	名大博 (数理)	荒 川 知 幸
	教 授	京大博 (理)	並 河 良 典
	教 授	東大博 (理)	緒 方 芳 子
	准 教 授	東大理博	河 合 俊 哉
	准 教 授	東大博 (理)	竹 広 真 一
	准 教 授	京大博 (理)	星 裕 一 郎
	准 教 授	Ph.D.(オックスフォード大学)	CROYDON, David
	准 教 授	京大博 (情報)	梶 野 直 孝
	助 教	Ph.D.(ハンブルグ大学)	HELMKE, Stefan
	助 教	東大博 (工)	大 浦 拓 哉
	助 教	Ph.D.(シカゴ大学)	越 川 皓 永
	助 教	東大博 (数理科学)	金 城 翼
特 定 助 教	京大博 (理)	陽 煜 新	
特 定 助 教	京大博 (理)	南 出 新	

	特定助教	京大博(理)	澤田 晃一郎
応用数理研究部門	教授	Ph.D.(エディンバラ大学)	長谷川 真人
	教授	東大博(数理科学)	小澤 登高
	教授	京大博(工)	牧野 和久
	教授	京大博(理)	大木谷 耕司
	准教授	東大博(数理科学)	川北 真之
	准教授	東大博(情報理工学)	小林 佑輔
	准教授	京大博(理)	石本 健太
	准教授	Ph.D.(トロント大学)	河村 彰星
	准教授	東大博(数理科学)	磯野 優介
	講師	京大博(理)	岸本 展
	講師	Ph.D. (マサチューセッツ工科大学)	上田 福大
	助教	京大博(理)	疋田 辰之
	助教	Ph.D.(バーミンガム大学)	室屋 晃子
	助教	京大博(理)	藤田 遼
	特定助教	京大博(理)	蛭田 佳樹
	特定助教	東京都立大(理)	安田 健人
附属計算機構研究施設	施設長	(併任)	長谷川 真人
	准教授	慶応大博(哲学)	照井 一成
数理解析研究交流センター	特任教授	京大理博	向井 茂
	特任教授	京大理博	山田 道夫
	特任教授	京大理博	齋藤 盛彦
	特任准教授	京大博(理)	川ノ上 帆
	特任准教授	東大博(数理科学)	山下 真由子
	教授	(併任)	望月 拓郎
	教授	(併任)	並河 良典
	教授	(併任)	小澤 登高
	准教授	(併任)	竹広 真一
数学連携センター	センター長	(併任)	大木谷 耕司
	特任教授	京大博(理)	熊谷 隆
	特任教授	京大理博	國府 寛司
	特任教授	京大博(理)	坂上 貴之
	特任教授	京大医博	松田 文彦
	特任教授	阪大博(理)	平岡 裕章

	特任教授	Ph.D.(ラトガース大学)	HALLD'ORSSON, Magnus M'ar
	特任講師	慶応義塾大修	井出陽子
	教授	(併任)	大槻知忠
	教授	(併任)	牧野和久
	准教授	(併任)	梶野直孝
	准教授	東大博(情報理工学)	小林佑輔
次世代幾何学国際センター	センター長	(併任)	望月新一
	副センター長	(併任)	玉川安騎男
	特任教授	京大理博	柏原正樹
	特任教授	京大理博	森重文
	特任教授	東大理博	中島啓 ^{Yu}
	特任助教	京大博(理)	陽煜 ^{Yang}
	特任助教	京大博(理)	南出新
	特任助教	京大博(理)	澤田晃一郎
	特定研究員	Ph.D.(パリ第6大学)	COLLAS, Benjamin
	教授	(併任)	望月拓郎
教授	(併任)	小野薫	
教授	(併任)	荒川知幸	
教授	(併任)	小澤登高	
教授	(併任)	大槻知忠	
教授	(併任)	中西賢次	
教授	(併任)	並河良典	
教授	(併任)	長谷川真人	
教授	(併任)	牧野和久	
教授	(併任)	大木谷耕司	
教授	(併任)	緒方芳子	
准教授	(併任)	星裕一郎	
講師	(併任)	山下剛	
助教	(併任)	辻村昇太	
特定助教	Ph.D.(ノッティンガム大学)	POROWSKI, Wojciech	
特定助教	Ph.D.(ザグレブ大学)	KONTREC, Ana	

1-3 事務職員等

事務長		奥山論
総務掛	(掛長)	服部緑
	(主任)	石地啓介
	(掛員)	村上純可
		支援職員
共同利用掛	(掛長)	齋藤広乃
	(主任)	高田早津紀
	(主任)	中西瑞穂
		支援職員
図書掛	(掛長)	松田周一
	(主任)	田村伸子
		支援職員
		楠見牧子
		坂根弘子
研究部事務室	(主任)	中森さやか
	(主任)	矢口真由美
		内田香織
		シニアスタッフ
		北幸史
		支援職員
		西村智子
		支援職員
		高山真理子
		支援職員
		松井章子
		支援職員
		中江咲子
		支援職員
		山口絵里奈
		支援職員
		山口玲恵
附属計算機構研究施設	(技術専門職員)	岡本利広
	(技術専門職員)	岸本典文

※令和3年度版より定員内職員のための記載とした。

2 名誉教授

理博	一松信 (平成元. 4. 1 授与)
京大理博 Ph.D.(ハーバード大学)	廣中平祐 (平成 3. 5.28 授与)
東大理博	佐藤幹夫 (平成 4. 4. 1 授与)
京大理博 Ph.D.(プリンストン大学)	荒木不二洋 (平成 8. 4. 1 授与)
京大理博	中西襄 (平成 8. 4. 1 授与)
京大理博	山崎泰郎 (平成 9. 4. 1 授与)
東大工博	森正武 (平成 13. 7. 3 授与)

東大理博	伊原康隆 (平成 14. 4. 1 授与)
Ph.D.(ゲッティンゲン大学)	齋藤恭司 (平成 20. 4. 1 授与)
京大理博	河合隆裕 (平成 20. 4. 1 授与)
京大理博	柏原正樹 (平成 22. 4. 1 授与)
東大理博	高橋陽一郎 (平成 22. 4. 1 授与)
京大工博	藤重悟 (平成 24. 4. 1 授与)
京大理博	森重文 (平成 28. 4. 1 授与)
東大理博	岡本久 (平成 29. 4. 1 授与)
東大理博	中島啓 (平成 30. 4. 1 授与)
京大理博	室田一雄 (平成 31. 2.19 授与)
京大理博	向井茂 (平成 31. 4. 1 授与)
京大理博	山田道夫 (令和 2. 4. 1 授与)
京大博 (理)	熊谷隆 (令和 4. 4. 1 授与)

3 委 員 (令和 6 年 4 月 1 日現在)

3-1 協議員 (令和 6 年 4 月 1 日より任期 2 年)

京都大学数理解析研究所	所長・教授	大木谷 耕司
同	教 授	大槻 知 忠
同	同	小野 薫
同	同	望 月 拓 郎
同	同	中 西 賢 次
同	同	玉 川 安騎男
同	同	望 月 新 一
同	同	並 河 良 典
同	同	荒 川 知 幸
同	同	長谷川 真 人
同	同	小澤 登 高
同	同	牧 野 和 久
同	同	緒 方 芳 子
京都大学大学院理学研究科	同	泉 正 己
同	同	國 府 寛 司
京都大学大学院情報学研究科	同	山 下 信 雄
京都大学大学院工学研究科	同	高 田 滋 也
京都大学基礎物理学研究所	同	青 木 慎 也

3-2 運営委員（令和5年9月1日より任期2年）

京都大学数理解析研究所	教授・所長	大木谷 耕 司
同	教 授	大 槻 知 忠
同	同	小 野 薫
同	同	望 月 拓 郎
同	同	中 西 賢 次
同	同	並 河 良 典
同	同	玉 川 安 騎 男
同	同	望 月 新 一
同	同	荒 川 知 幸
同	同	長谷川 真 人
同	同	小 澤 登 高
同	同	牧 野 和 久 子
同	同	緒 方 芳 子
京都大学基礎物理学研究所	教 授	早 川 尚 男
京都大学大学院工学研究科	教 授	高 田 滋
京都大学高等研究院	特別教授・院長	森 重 文
京都大学大学院理学研究科	教 授	泉 正 己
筑波大学数理解析物質系	教 授	青 嶋 誠
東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構	教 授	伊 藤 由 佳 理
早稲田大学理工学術院 国際理工学センター	教 授	大仁田 義 裕
九州大学マス・フォア・インダストリ研究所	教 授	落 合 啓 之
早稲田大学理工学術院/東北大学数理科学連携研究センター	教 授	小 藺 英 雄
東 北 大 学	理事・副学長	小 谷 元 子
東京大学大学院数理科学研究科	教 授	斎 藤 毅
東京大学大学院数理科学研究科	教 授	佐々田 慎 子
東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構	教 授	中 島 啓
日本大学理工学部数学科	特 任 教 授	平 田 典 子
九州大学マス・フォア・インダストリ研究所	教 授	福 本 康 秀
明治大学先端数理科学インスティテュート	研究特別教授	俣 野 博
東京大学大学院数理科学研究科	教 授	河 東 泰 之
東京大学物性研究所	教 授	川 島 直 輝
情報・システム研究機構 統計数理研究所	理事・所長	椿 広 計
九 州 大 学	理事・副学長	谷 口 倫 一 郎

大阪公立大学 数学研究所	教授・副所長	伊 師 英 之
明治大学先端数理科学インスティテュート	特任教授・副所長	中 村 健 一

3-3 専門委員（令和5年9月1日より任期2年）

京都大学 数理解析研究所	教授・所長	大木谷 耕 司
同	教 授	大 槻 知 忠
同	同	小 野 薫
同	同	望 月 拓 郎
同	同	中 西 賢 次
同	同	並 河 良 典
同	同	玉 川 安 騎 男
同	同	望 月 新 一
同	同	荒 川 知 幸
同	同	長谷川 真 人
同	同	小 澤 登 高
同	同	牧 野 和 久 子
同	同	緒 方 芳 子
同	准 教 授	中 山 昇
同	同	入 江 慶
同	同	河 合 俊 哉
同	同	竹 広 真 一
同	同	星 裕 一 郎
同	同	CROYDON, David
同	同	梶 野 直 孝
同	同	川 北 真 之
同	同	小 林 佑 輔
同	同	石 本 健 太
同	同	河 村 彰 星
同	同	磯 野 優 介
同	同	照 井 一 成
同	講 師	山 下 剛
同	同	岸 本 展
同	同	上 田 福 大

京都大学基礎物理学研究所	教 授	早 川 尚 男
京都大学大学院工学研究科	教 授	高 田 滋
京都大学高等研究院	特別教授・院長	森 重 文
京都大学大学院理学研究科	教 授	泉 正 己
京都大学大学院理学研究科	教 授	池 田 保
京都大学大学院情報学研究科	教 授	田 中 利 幸
筑波大学数理物質系	教 授	青 嶋 誠
東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構	教 授	伊 藤 由佳理
早稲田大学理工学術院 国際理工学センター	教 授	大仁田 義 裕
九州大学マス・フォア・インダストリ研究所	教 授	落 合 啓 之
早稲田大学理工学術院／ 東北大学数理科学連携研究センター	教 授	小 藺 英 雄
東 北 大 学	理事・副学長	小 谷 元 子
東京大学大学院数理科学研究科	教 授	斎 藤 毅
東京大学大学院数理科学研究科	教 授	佐々田 慎 子
東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構	教 授	中 島 啓
日本大学理工学部数学科	特任教授	平 田 典 子
九州大学マス・フォア・インダストリ研究所	教 授	福 本 康 秀
明治大学先端数理科学インスティテュート	研究特別教授	俣 野 博
東京大学大学院数理科学研究科	教 授	河 東 泰 之
東京大学物性研究所	教 授	川 島 直 輝
情報・システム研究機構 統計数理研究所	理事・所長	椿 広 計
九 州 大 学	理事・副学長	谷 口 倫一郎
大阪公立大学数学研究所	教授・副所長	伊 師 英 之
明治大学先端数理科学インスティテュート	特任教授・副所長	中 村 健 一
東京大学大学院理学研究科	教 授	石 毛 和 弘
東北大学大学院理学研究科	教 授	小 川 卓 克
東京大学大学院数理科学研究科	特任教授	儀 我 美 一
慶応義塾大学理工学部	教 授	栗 原 将 人
神戸学院大学経営学部	教 授	齋 藤 政 彦
大阪大学大学院情報科学研究科	教 授	杉 山 由 恵
東京大学大学院数理科学研究科	准 教 授	関 口 英 子
城西大学理学部	教 授	高山(西)晴 子
九州大学マス・フォア・インダストリ研究所	教 授	富 安 亮 子

東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻	教	授	西	成	活	裕
東京大学大学院数理科学研究科	教	授	平	地	健	吾
東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構	教	授	立	川	裕	二
東京理科大学先進工学部	教	授	遠	山	貴	巳
中央大学理工学部情報工学科	教	授	今	井	桂	子
東京大学大学院工学系研究科	教	授	越	塚	誠	一
関西学院大学工学部	教	授	徳	山		豪
大阪大学大学院工学研究科／ 北陸先端科学技術大学院大学	教	授	宮	地	充	子
同志社大学理工学部	教	授	浅	岡	正	幸
東京大学大学院数理科学研究科	教	授	河	澄	響	矢
神戸大学大学院システム情報学研究科	教	授	菊	池		誠

4 所員の研究活動

令和6年4月1日現在専任の教員につき、各人がまとめた研究活動の近況及び研究内容の概要を掲載する。各々原則として10編以内の最近発表された論文あるいは著書（古い代表的なものを含める場合もある）を掲げている。ただし論文の場合は、題、雑誌名略号（Mathematical Reviewsに準拠する）又は掲載書籍名とその出版社、巻、年（西暦）、ページを、また、著書の場合は、題、出版社名、年（西暦）を記す。

教授 荒川 知幸（表現論）

主に理論物理などに現れる無限次元代数の表現論を研究している。特にアフィン Kac-Moody 代数や Virasoro 代数などの無限次元 Lie 環、その仲間である W 代数の表現を中心に研究している。また、これらの代数系を統一的に扱う枠組みである頂点代数の理論やその応用も研究の対象である。

頂点代数は本来物理学における二次元の共形場理論を代数的に定式化する枠組みとして導入されたが、最近に頂点代数と高次元の場の理論との新しい関係が最近々と明らかになり、物理学者・数学者双方にとってホットな話題になっている。このような最近の進展において、最も重要な役割を果たしている代数系の一つが W 代数である。さらに、Gaiatsgory 等の仕事により急速に進展している（量子）幾何学的 Langlands 対応においても、 W 代数は本質的な役割を果たすことが知られている。

一方, W 代数に関しては未だ多くの未解決問題が存在し, そのことが W 代数の応用を著しく困難にしてきた。しかし, 今世紀に入ってから, 我々が得た結果 [1-4] などにより, W 代数の理解が格段に進んだ。さらに比較的最近 Thomas Creutzig と Andrew Linshaw との共同研究の結果 [7] が加わり, 少なくとも主冪零軌道に付随する W 代数に関しては応用段階に入ったと言えることができる。さらに, A 型の全ての冪零軌道と DE 型の副正則冪零軌道に付随する例外 W 代数の有理性を証明することにも成功した ([10])。

一方, (全く別の動機で行った) Anne Moreau との共同研究 [5] の結果を受け, 物理学者 Beem-Rastelli は, 我々が随伴多様体と呼ぶ頂点代数の不変量が, 素粒子論における 4D/2D 双対性において四次元の $N=2$ 超対称性超共型場理論のヒッグス枝として現れるという, 驚くべき関係を明らかにした。これを受け, [6] では川節和哉と共に擬平滑頂点代数の概念を導入し, 四次元の $N=2$ 超対称性超共型場理論のシューア指数が保型性を持つことを示した。

- [1] Representation Theory of Superconformal Algebras and the Kac-Roan-Wakimoto Conjecture, *Duke Math. J.*, Vol. 130 (2005), No. 3, 435-478.
- [2] Representation Theory of W -Algebras, *Invent. Math.*, Vol. 169 (2007), no. 2, 219-320.
- [3] Rationality of W -algebras; principal nilpotent cases, *Ann. Math.*, 182 (2015), 565-604.
- [4] Rationality of admissible affine vertex algebras in the category \mathcal{O} , *Duke Math. J.*, Vol.165, No.1 (2016), 67-93.
- [5] (with A. Moreau) Joseph ideals and lisse minimal W -algebras, *J. Inst. Math. Jussieu*, 17 (2018), no. 2, 397-417.
- [6] (with K. Kawasetsu) Quasi-lisse vertex algebras and modular linear differential equations, In: V. G. Kac, V. L. Popov (eds.), Lie Groups, Geometry, and Representation Theory, A Tribute to the Life and Work of Bertram Kostant, *Progr. Math.*, 326,
- [7] (with T. Creutzig and A. Linshaw) W -algebras as coset vertex algebras, *Invent. Math.*, October 2019, Volume 218, Issue 1, pp 145-195.
- [8] (with E. Frenkel) Quantum Langlands duality of representations of W -algebras, *Compos. Math.*, Volume 155, Issue 12, December 2019, 2235-2262.
- [9] (with J. van Ekeren and A. Moreau) On the nilpotent orbits arising from admissible affine vertex algebras, *Proc. Lond. Math. Soc.*, Volume125, Issue3, September 2022, Pages 681-699.

- [10] (with J. van Ekeren) Rationality and Fusion Rules of Exceptional W-Algebras, *J. Eur. Math. Soc* 25 (2023), no. 7, pp. 2763-2813

教授 大木谷 耕司 (流体力学, 特に乱流理論の研究)

乱流や渦運動などの流体運動を支配する, ナビエ-ストークス方程式, および類似の方程式の性質を, 数理解析, 数理的なモデル化, およびその数値実験によって研究している。

• 正則性の判定基準

多次元 Burgers 方程式は, ポテンシャル流の仮定の下で Cole-Hopf 変換によって線形化でき, 可積分となる。同様の変換を, ベクトルポテンシャルで書かれた Navier-Stokes 方程式に適用することで, 外力を伴った熱方程式に変換できる。非線形性は外力にのみ現れるため, この '外力項' がよい性質を持つと仮定すれば, Feynman-Kac 公式によって積分方程式に書き換えることができる。こうして, Navier-Stokes 方程式の解の正則性の 1 つの判定基準 (Serrin 条件と同等のもの) が得られる。この定式化に基づき, '外力項' の振る舞いを数値計算によって調べ, 解の near-singularity との関連を議論した [1, 2]。

• 後方自己相似性への応用

最近, 非圧縮性 Navier-Stokes 方程式の自己相似解に興味を持って研究を進めている。一連の研究で, スケール不変性が臨界となる 2 種類の場合を区別することが重要であることが分かって来た [3, 4, 5]。第 1 の種類は, 通常の決定論的 Navier-Stokes 方程式に関連し, 3 次元流ではベクトルポテンシャルを従属変数に取るときに現れる。このとき, 動的スケール変換の下で, Navier-Stokes 方程式に付加される項はドリフト項のみで '最も少なく' なり, その線形化は Ornstein-Uhlenbeck 演算子となる。他方, 第 2 種は, 統計的な意味での Navier-Stokes 方程式に関連する。過度勾配で Navier-Stokes 方程式を記述するとき, 動的スケール変換の下で, それに付加項は保存型をなすという意味で '最も多く' なり, その線形化は Fokker-Planck 演算子である [6]。ベクトルポテンシャルによる基礎方程式を, 確率過程 (ブラウン運動) を用いて積分方程式に形式的に書き直した上で, 確率測度の変換により, ドリフト項を消去することを考えた。その結果, もし解の爆発があるならば, よく似た積分方程式の解が, まったく異なる振る舞いをしなければならない事が分かる [3, 4, 5]。

• 前方自己相似解の研究 (3 次元流のプロファイルの決定問題)

動的な前方スケール変換を、Navier-Stokes 方程式に施して得られる方程式の解が定常解を持てば、それは自己相似解を与える。そのプロファイルが、減衰終期の解の挙動を決める。2次元流では、第1種臨界性は、流れ関数を用いる時に現れ、第2種臨界性は、スカラー渦度に現れる。この場合、大域正則解の存在は知られていて、長時間極限で解は Burgers 渦と呼ばれる自己相似解で表せる。

3次元流でも、前方自己相似解の存在は、いくつかの関数クラスで存在が知られていて、長時間極限におけるプロファイルを、半群を用いて評価できることが知られている。この極限では、非線形項は粘性散逸項に比べ小さいため、摂動論的な取り扱いが利用できる。渦度勾配を従属変数に採用する時、最低次の近似で、自己相似解は（非圧縮性を除いて）Gauss 関数そのもの、と簡単になる。即ち、求めるプロファイルは、Gauss 関数の near-identity である。当面の目標は、渦度勾配を変数にとり、自己相似の関数形を逐次近似により具体的に決定することである [7]。また、1次元 Burgers 方程式に関して、よく知られている源泉型ではない自己相似解について吟味し、それが合流型超幾何関数の1種で表せることを注意した [8]。また、垂粘性 Burgers 方程式について同様な解析を行い、自己相似プロファイルを決定する near-identity を決める方程式を導出し、その漸近解析を行った [10]。

• 全空間における乱流

従来、境界を持たない流れに対する Navier-Stokes 方程式の数値解析的研究では、数値計算精度の有利さからほとんどが周期境界条件下で行われてきた。一方、積分核が陽に書けるなどの理由で、理論上は全空間で非周期流を取り扱うことも多い。その際、圧力項に伴う非局所性は強くはないと考え、両者の解の性質に大差は無かろうと仮定するのが慣例である。しかし、そのような比較を実際に行った数値計算の報告は見当たらない。そこで、非周期境界の場合の乱流を直接数値計算によって調べ、その相似則などを周期流の場合と比較することが興味ある問題となる。2次元流に関する結果は [11] に公表済みで、3次元流に関しても数値解析的研究を進めている。

• Navier-Stokes と Burgers 方程式の補間

多次元 Burgers 方程式は、ポテンシャル流の仮定の下で熱方程式に帰着できるという意味で可積分である（いわゆる Cole-Hopf 線型化）。他方、Navier-Stokes 方程式は可積分ではないと考えられている。例えば、2次元流の場合、Navier-Stokes 方程式の移流項の速度勾配を 90 度回転させることで、Burgers 方程式と等価な系が得られる。そこで、回転角を連続的に変化させることに

よって、一般化された非圧縮性流体力学が得られる。こうして、可積分系とそうではない系の性質を連続パラメーターによって接続し、比較することができる。3次元流についても、同様な一般化が可能である。

• 流体方程式の正則性を担保するための対流項の役割

パラメータを持ち込むことで、対流項を弱めた修正 Navier-Stokes 方程式を数値解析的に研究する。非粘性流の場合には対流項を完全に無視すれば、爆発が起きることが知られている [Constantin (1986)]。ねじれの位置にある2本の直交する渦管を初期条件にとり数値計算を行ったところ、次の事がわかった。1) 対流項を無視する時、粘性があっても爆発が起きる。2) その爆発時間は対流項を差し戻すに従い対数関数的に長くなる。このことは Navier-Stokes 方程式の長時間の適切性と整合的である。[12]

- [1] K. Ohkitani, "Analogue of the Cole-Hopf transform for the incompressible Navier-Stokes equations and its application," *Journal of Turbulence*, **18** (2017), 465-479.
- [2] R. Vanon and K. Ohkitani, "Applications of a Cole-Hopf transform to the 3D Navier-Stokes equations," *J. Turbulence* **19** (2018) 1-12.
- [3] K. Ohkitani, "Near-invariance under dynamic scaling for the Navier-Stokes equations in critical spaces: a probabilistic approach to regularity problems," *J. Phys. A: Math. Theor.*, **50** (2017) 045501.
- [4] K. Ohkitani, "Cole-Hopf-Feynman-Kac formula and quasi-invariance for Navier-Stokes equations," *J. Phys. A: Math. Theor.*, **50** (2017) 405501.
- [5] K. Ohkitani, "Quasi-invariance for the Navier-Stokes equations," in *Partial Differential Equations and Fluid Mechanics*, LMS Lecture Notes Series 452, Cambridge University Press. ed. C. Fefferman, J.C. Robinson, and J.L. Rodrigo (2018).
- [6] K. Ohkitani, "Study of the Hopf functional equation for turbulence: Duhamel principle and dynamical scaling," *Phys. Rev. E* **101** (2020) 013104.
- [7] K. Ohkitani and R. Vanon, "Self-similar source-type solutions to the three-dimensional Navier-Stokes equations," *Proc. R. Soc. A.* **478**(2022) 20210527.
- [8] K. Ohkitani, "Self-similarity in turbulence and its applications," *Phil. Trans. R. Soc. A* **380**(2022) 20210048.
- [9] K. Ohkitani, "Remarks on the principles of statistical fluid mechanics," *Phil. Trans. R. Soc. A* **380**(2022) 20210077.
- [10] K. Ohkitani, "Self-similar solutions to the hypoviscous Burgers and SQG

equations at criticality,” J. Phys. A: Math. Theor. **56** (2023) 275204.

- [11] K. Ohkitani, “Numerical comparison of two-dimensional Navier-Stokes flows on the whole plane and the periodic domain,” Phys. Rev. Fluids **8**, 124607 (2023).
- [12] K. Ohkitani, “Numerical study on how advection delays and removes singularity formation in the Navier-Stokes equations,” Nonlinearity **37**, 055002 (2024).

教授 大槻 知忠 (位相幾何学)

結び目と3次元多様体の不変量について研究している。

1980年代以来、Chern-Simons理論にもとづいて大量の不変量(量子不変量)が発見され、それらの不変量に関する新しい研究領域(量子トポロジー)がもたらされた。その後のこの分野の研究の主な動機はChern-Simons場の理論の相関関数をトポロジーの立場から理解することにあつたが、この分野に関してなされたさまざまな研究により、Chern-Simons経路積分を自明接続において摂動展開して得られる不変量として、それらの大量の不変量は理解されてきた。この分野の今後のよりよい方向性を考える、という観点から、筆者は未解決問題集[9, 10]を編集したが、未解決問題の中でも「同変不変量」「体積予想」「数論との関連」などが今後の発展のために重要ではないかと筆者は考えている。

「体積予想」は、双曲結び目のKashaev不変量(この不変量は1の N 乗根における結び目の色つきJones多項式に等しい)の極限に双曲体積が現れることを主張する予想である。筆者はKashaev不変量の漸近展開を比較的簡単にいくつかの双曲結び目について具体的に計算し、それらの場合について体積予想が成り立つことを証明した。また、その漸近挙動の第2項(準古典極限の項)はReidemeister torsionであるとおもわれ、筆者は多くの結び目でこれを確認した。さらに高次の項は未知のべき級数不変量になっているようである。また、最近、閉3次元双曲多様体の量子不変量に対しても体積予想が定式化され、筆者はいくつかの3次元多様体に対してその体積予想が成り立つことを証明した。それらの不変量は、 $SL(2, \mathbb{C})$ Chern-Simons経路積分を、双曲構造のホロノミー表現に対応する平坦接続において摂動展開して得られる不変量として、理解される。最近、カスプ付き3次元双曲多様体、とくに、双曲結び目の補空間に対して定義されている3D indexという不変量も、そのタイプの不変量であるとおもわれる。筆者は、双曲結び目の補空間の n 重巡回被覆空間の3D indexの挙動について調べている。それらの不変量にもとづいて「3次元双曲多様体上

の量子トポロジー」が構築されることを期待したい。

- [1] *On the asymptotic expansion of the Kashaev invariant of the 5_2 knot*, Quantum Topology **7** (2016) 669-735.
- [2] *On the asymptotic expansion of the quantum $SU(2)$ invariant at $q = \exp(4\pi\sqrt{-1}/N)$ for closed hyperbolic 3-manifolds obtained by integral surgery along the figure-eight knot*, Algebraic & Geometric Topology **18** (2018) 4187-4274.
- [3] (with T. Takata) *On the quantum $SU(2)$ invariant at $q = \exp(4\pi\sqrt{-1}/N)$ and the twisted Reidemeister torsion for some closed 3-manifolds*, Commun. Math. Phys. **370** (2019) 151-204.
- [4] *A refinement of the LMO invariant for 3-manifolds with the first Betti number 1*, Internat. J. Math. **35** (2024), no. 6, Paper No. 2450020.
- [5] *On the 3D-index of finite cyclic covers of hyperbolic knot complements*, preprint, 2023. <http://www.kurims.kyoto-u.ac.jp/preprint/file/RIMS1971.pdf>
- [6] *Quantum invariants, —A study of knots, 3-manifolds, and their sets*, Series on Knots and Everything, **29**. World Scientific Publishing Co., Inc., 2002
- [7] 大槻知忠, 「結び目の不変量」, 共立出版, 2015年.
- [8] 大槻知忠, 満洲俊樹, 亀谷幸生, 「幾何学と物理」, 幾何学百科 IV, 朝倉書店, 2023年12月.
- [9] T. Ohtsuki (ed.), *Problems on invariants of knots and 3-manifolds*, Invariants of knots and 3-manifolds (Kyoto 2001), 377-572, Geom. Topol. Monogr. **4**, Geom. Topol. Publ., Coventry, 2004.
- [10] T. Ohtsuki (ed.), *Problems on Low-dimensional Topology 2023*, RIMS Kokyuroku **2263** (2023).

教授 緒方 芳子 (数理物理学)

量子統計力学における基本的な数理モデルとして、量子スピン系が古くから研究されてきました。量子スピン系における時間発展は（ある種の局所性をもつ）ハミルトニアンと呼ばれる線型演算子によって与えられます。物質を絶対零度にまで冷やした時に実現する状態を基底状態といいます。基底状態はハミルトニアンの最低固有値を持つ固有状態に対応する、エネルギー最小の状態です。この最低固有値と残りのスペクトルの間にギャップがあるハミルトニアンは、ある意味で安定なものとして見ることができて、近年、雑音に対して強い量子

計測との関連もあり、注目を集めています。

最近私はこういった、基底状態にスペクトルギャップを持つモデルの分類問題に興味を持って研究しています。この分類問題は次のようなものです。二つのモデルは、スペクトルギャップを閉じることなく滑らかな路で移り合うとき、同値であると考えます。自明なハミルトニアンを含まない同値類は、トポロジカル相と呼ばれます。この分類問題にさらに対称性を課することもできます。この場合は、ハミルトニアンとして、与えられた対称性を満たすものを考えます。二つの対称性を満たすモデルは、スペクトルギャップを閉じることなく、かつ対称性を破ることなく滑らかな路で移り合うとき、同値であると考えます。対称性を課さなければなめらかに繋がりを二つのハミルトニアンも、対称性を課すと繋がらなくなってしまうことがあります。このような分類における同値類のうち、対称性を課さなければ自明になってしまうハミルトニアンたちの同値類を対称性で守られた相とよびます。

空間 1, 2 次元の量子スピン系においては対称性で守られた相はコホモロジー値をとる不変量が存在すると物理学者によって予想されてきましたが、これを数学的に厳密に示しました。さらにフェルミオン系と呼ばれる（量子スピン系と並んで重要な）物理モデルのクラスにおいても、同様の問題を解決しました。

トポロジカル相については、エニオンと呼ばれる準粒子を *approximate Haag duality* という条件を満たすモデルにおいて一般に導出しました。物理学者の予想通り、このエニオンはトポロジカル相の分類の不変量になっています。エニオンの導出は場の理論で知られている DHR 理論の枠組みに倣った解析ですが、量子スピン系と場の理論では数学的に色々な違いがあります。例えば、*local algebra* というものがどちらの枠組みでも考えられますが、場の理論では常に III 型のフォンノイマン環になりますが、量子スピン系ではそうとは限らないことを具体的なモデルでしめしました。

- [1] Y. Ogata, A \mathbb{Z}_2 -Index of Symmetry Protected Topological Phases with Time Reversal Symmetry for Quantum Spin Chains. *Comm. Math. Phys.* 374(2) 705-734 (2020).
- [2] Y. Ogata A classification of pure states on quantum spin chains satisfying the split property with on-site finite group symmetries. *Transactions of the American Mathematical Society, Series B* 8(2) 39 - 65 (2021)
- [3] C. Bourne, Y. Ogata, "The classification of symmetry protected topological phases of one-dimensional fermion systems", *Forum of Mathematics, Sigma* 9, (2021).

- [4] Y. Ogata, Y. Tachikawa, H. Tasaki, General Lieb-Schultz-Mattis Type Theorems for Quantum Spin Chains, *Communications in Mathematical Physics* 385, 79-99 (2021).
- [5] Y. Ogata, An $H^3(G, \mathbb{T})$ -valued index of symmetry-protected topological phases with on-site finite group symmetry for two-dimensional quantum spin systems, *Forum of Mathematics, Pi* 9, (2021).
- [6] Y. Ogata, A \mathbb{Z}_2 -index of symmetry protected topological phases with reflection symmetry for quantum spin chains, *Communications in Mathematical Physics* 385, 1245-1272 (2021).
- [7] Y. Ogata, A derivation of braided C^* -tensor categories from gapped ground states satisfying the approximate Haag duality, *Journal of Mathematical Physics* 63(1) 011902-011902 (2022).
- [8] P. Naaijken, Y. Ogata The Split and Approximate Split Property in 2D Systems: Stability and Absence of Superselection Sectors *Communications in Mathematical Physics* 392(3) 921-950 (2022).
- [9] Y. Ogata An Invariant of Symmetry Protected Topological Phases with On-Site Finite Group Symmetry for Two-Dimensional Fermion Systems, *Communications in Mathematical Physics* 395(1) 405-457 (2022).
- [10] Y. Ogata Type of Local von Neumann Algebras in Abelian Quantum Double Models, *Annales Henri Poincaré* 25 2353-2387 (2024).

教授 小澤 登高（作用素環と解析学的群論）

私は作用素環と離散群の関わりを研究している。(離散)群とは、任意の対象の対称性を記述するための数学言語である。例えば、ある結晶が与えられたとき、その結晶構造を変えない変換（回転操作、鏡映操作、反転操作など）全体を考えたものが群である。人間には線形的な構造の方が理解しやすいので、群の各要素を適当な（線形）空間上の作用素とみなして取り扱うことにする。さらに、そうした作用素全体が生成する代数系を考え、適当な位相で完備化すれば作用素環と呼ばれる対象ができる。(考える位相の違いにより、 C^* 環と von Neumann 環の二種類が存在する。)位相の存在により、群論のような代数的な問題に対しても解析的なテクニックを使えるところが作用素環論の特徴である。作用素環の研究はそもそも、John von Neumann が量子力学の数学的取り扱いを目指して始めたものであったが、現在では数理物理だけでなく、群論やエルゴード理論などに幅広い応用がある。私の研究は双方向的で、これらの

分野への作用素環論の応用とその逆を同時に扱っている。伝統的な作用素環論の他にも、作用素論、Banach 環論、Banach 空間論、群表現の摂動理論、離散距離幾何学等の研究を行っている。

近年は「解析学的群論」の標語のもと、(関数)解析的手法を使って群の代数的・幾何学的な構造を調べることに注力している。Breuillard らとの共同研究 [2] では、群 C^* 環の構造を調べることにより 40 年来懸案の問題を解決し、その応用として群のコンパクト位相空間への極小作用が自由になるための(必要)十分条件を見つけることが出来た。また、多項式的増大度を持つ群は実質的に冪零であるという著名な Gromov の定理に関数解析に基づく極めて簡明な別証明を付けた [3]。これを発展させた Erschler との共同研究 [4] では、群が無限巡回群へ全射準同型を持つ有限指数部分群を持つための扱いやすい十分条件を群上のランダムウォークの言葉で表すことに成功している。また離散群論における非可換実代数幾何学的な研究を推進し、Kazhdan の性質 (T) の純代数的な特徴づけを得た [1]。Kaluba らとの共同研究ではその特徴づけを確認するためのアルゴリズムを電子計算機で実装することにより、自由群の自己同型群 $\text{Aut}(F_5)$ が Kazhdan の性質 (T) を持つことを数学的厳密さをもって示した [5]。 $\text{Aut}(F_d)$ が Kazhdan の性質 (T) を持つか否かは長年懸案の問題であった。この解決により、実験数学及び工業数学において使われている積置換アルゴリズムが高性能であることが理論的に保証された。積置換アルゴリズムは有限群においてランダムサンプリングを行うアルゴリズムであるが、ランダムサンプリングのために何回シャッフルするのがもっとも効率的なのかについての理論的な考察を行った。部分的な結果として Ramanujan ランダムウォークがカットオフ現象を示すことに関数解析的な証明を得た [8]。

- [0] N. P. Brown and N. Ozawa; C^* -algebras and finite-dimensional approximations. Graduate Studies in Math., 88. American Mathematical Society, 2008, 509 pp.
- [1] N. Ozawa; Noncommutative real algebraic geometry of Kazhdan's property (T). J. Inst. Math. Jussieu, 15 (2016), 85-90.
- [2] E. Breuillard, M. Kalantar, M. Kennedy, and N. Ozawa; C^* -simplicity and the unique trace property for discrete groups. Publ. Math. I.H.É.S., 126 (2017), 35-71.
- [3] N. Ozawa; A functional analysis proof of Gromov's polynomial growth theorem. Ann. Sci. Éc. Norm. Super. (4), 51 (2018), 549-556.
- [4] M. Kaluba, P. Nowak, and N. Ozawa; $\text{Aut}(F_5)$ has property (T). Math. Ann., 375 (2019), 1169-1191.

- [5] J. Bannon, A. Marrakchi, N. Ozawa; Full factors and co-amenable inclusions. *Comm. Math. Phys.*, 378 (2020), 1107-1121.
- [6] N. Ozawa; An entropic proof of cutoff on Ramanujan graphs. *Electron. Commun. Probab.*, Volume 25 (2020), paper no. 77. 8 pp.
- [7] N. Ozawa and Y. Suzuki; On characterizations of amenable C^* -dynamical systems and new examples. *Selecta Math. (N.S.)*, 27 (2021), Article number: 92. 29pp.
- [8] N. Ozawa; A substitute for Kazhdan's property (T) for universal non-lattices. *Analysis & PDE*, to appear.

教授 小野 薫 (微分幾何学・位相幾何学の研究)

空間の幾何構造, 特に symplectic 構造, の幾何学の研究をしている。Arnold は symplectic 幾何学が興味深い研究対象であることを数々の予想とともに指摘し, その後の研究に大きな影響を与えた。1980 年頃に Conley-Zehnder は Hamilton 系の周期解の存在, 個数の下からの評価に関する Arnold の予想をトールス上で証明した。また, Gromov は (擬) 正則曲線の方法を考案し, symplectic 幾何学の研究を大きく進展させた。1980 年代の半ば過ぎに Floer は Conley-Zehnder の変分法の枠組と正則曲線の方法を結びつけて現在 Floer (co)homology と呼ばれる理論を創始した。技術的な困難を避けるために条件はついていたが, 新たな数学が切り開かれた。現在では, 他の様々な設定でも Floer 理論が研究され, symplectic 幾何に限らず, 低次元トポロジーなどでも強力な道具となっている。

私は, Hamilton 微分同相写像に対する Floer 理論を技術的条件なしで構成することを研究し, 先ず Floer の条件を弱めることができること [1], そのあと深谷賢治氏と一般の閉 symplectic 多様体上で構成できること [4] を示し, Betti 数版の Arnold 予想を証明した。同様の議論で, Gromov-Witten 不変量の構成し, 期待される性質が満たされることを示した。Hamilton 微分同相写像より広いクラスの symplectic 微分同相写像に対する Floer 理論についても研究し [2], それを発展させて Hamilton 微分同相写像群は symplectic 微分同相写像群の中で C^1 -位相に関して閉じていること (flux 予想) を証明した [6]。

Lagrange 部分多様体の Floer (co) homology は一般には定義できないが, 境界作用素を適当に修正することで定義できる場合もある。その一般論を深谷氏, Oh 氏, 太田氏と研究し [7], それを具体的な場面に応用することで Hamilton 微分同相写像で displace できない Lagrange トーラスの記述に関する成果を得

た [8], [9], [10]。Lagrange 部分多様体の Floer 理論は、深谷圏の基盤であり、ホモロジー的ミラー対称性の研究に不可欠である。上述の研究に引き続き、トーリック多様体のホモロジー的ミラー対称性に関する研究成果を論文あるいは preprint として順次纏めて発表している。

上に書いた研究は、1996年の深谷賢治氏との共同研究による倉西構造と仮想的な基本類・仮想的な基本鎖の理論に基礎を置いている。この理論の詳細を含む expository articles を深谷氏、Oh 氏、太田氏とともに書き、順次公表している。

- [1] On the Arnold conjecture for weakly monotone symplectic manifolds, *Invent. Math.* 119 (1995), 519-537.
- [2] Symplectic fixed points, the Calabi invariant and Novikov homology (with H.-V. Le), *Topology* 34 (1995), 155-176.
- [3] Lagrangian intersection under legendrian deformations, *Duke Math. J.* 85 (1996), 209-225.
- [4] Arnold conjecture and Gromov-Witten invariants, (with K. Fukaya), *Topology* 38 (1999), 933-1048.
- [5] Simple singularities and symplectic fillings, (with H. Ohta), *J. Differential Geom.* 69 (2005), 1-42.
- [6] Floer-Novikov cohomology and the flux conjecture, *Geom. Funct. Anal.* 16 (2006), 981-1020.
- [7] Lagrangian intersection Floer theory-anomaly and obstruction -, (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *AMS/IP Studies in Advanced Mathematics* 46-1,2, Amer. Math. Soc. and International Press, 2009.
- [8] Lagrangian Floer theory on compact toric manifolds I, (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *Duke Math. J.* 151 (2009), 23-174.
- [9] Lagrangian Floer theory on compact toric manifolds II, (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *Selecta Math. New Series*, 17 (2011), 609-711.
- [10] Toric degeneration and non-displaceable Lagrangian tori in $S^2 \times S^2$, (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *International Mathematical Research Notices*, 2012, no13, 2942-2993, DOI 10.1093/imrn/rnr128.
- [11] Symplectic fillings of links of quotient surface singularities, (with M. Bhupal), *Nagoya Math. J.* 207 (2012), 1-45.
- [12] Displacement of polydisks and Lagrangian Floer theory, (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *J. Symp. Geom.* 11 (2013), 231-268.
- [13] Lagrangian Floer theory and mirror symmetry on compact toric manifolds, (with

- K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *Astérisque* 376, Société Mathématique de France, 2016.
- [14] Spectral invariants with bulk, quasi-morphisms and Lagrangian Floer theory, (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *Memoir of Amer. Math. Soc.* 1254, Amer. Math. Soc. 2019.
- [15] Kuranishi Structures and Virtual Fundamental Chains, (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *Springer Monographs in Mathematics*, Springer Nature Singapore, 2020.

教授 玉川 安騎男 (整数論, 数論幾何学の研究)

代数多様体, 特に代数曲線やそのモジュライ空間の被覆と基本群に関する数論幾何は, 内外の多くの研究者によってさまざまな視点から研究されている。本研究所では, 望月新一, 星裕一郎及び当該所員を中心に, 広い意味での遠アーベル幾何 (anabelian geometry) を軸として活発に研究が進められ, 当該分野を世界的にリードしている。特に, 曲線の遠アーベル幾何に関して, 当該所員は, これまでに有限体上の結果, 有理数体上有限生成な体上の結果, 正標数代数閉体上の結果などを得てきた。

以下では, 当該所員が近年得た, いくつかの結果を簡単に紹介する。

- (M. Saïdi との共同研究) 有限体上の曲線やその関数体の遠アーベル幾何に関し, 素数の無限集合 Σ である条件を満たすものに対して幾何的基本群を最大副 Σ 商に置き換えた場合の結果を証明した ([3] など)。また, 有限生成体上の曲線に対するセクション予想に関連して, 離散的 Selmer 群や離散的 Shafarevich-Tate 群という, 有限生成体上のアーベル多様体の新しい数論幾何的不変量を導入した ([7])。最近では, 大域体の遠アーベル幾何に関し, ガロア群を最大 m 次可解商に置き換えた場合の結果を得, さらに素体上有限生成な体の場合に拡張した ([9] 及び論文3 編準備中)。

- (A. Cadoret との共同研究) 有理数体上有限生成な体上の曲線の数論的基本群の l 進ガロア表現を曲線の (剰余次数を制限した) 閉点の分解群に制限して得られるガロア表現の像の下界の存在を以前証明していたが, さらに素数 l を走らせた時の l 進表現系や法 l 表現系の像の幾何的部分のふるまいについても考察し, 種数やゴナリティーの発散性や像の l 独立性などに関する結果を証明した ([4] [5] など)。また, アーベルスキームのファイバーに現れるアーベル多様体の共通同種因子に関する Rössler-Szamuely の問題についての結果 (J. Eur. Math. Soc. に掲載予定), 概テーム版 Bertini 定理 (論文準備中), 淡中圏論

的 Chebotarev 密度定理 (論文投稿中) などを証明した。

- (A. Cadoret, C. Hui との共同研究) 上述の法 l 表現系に関する Cadoret との共同研究の発展として, 幾何的モノドロミーの法 l 半単純性についての強い結果 (Deligne の定理の法 l 版) を得た ([2])。また, Grothendieck-Serre/Tate 予想 (Tate 予想 + 半単純性予想) の \mathbb{Q}_l 係数版と \mathbb{F}_l 係数版の間の比較 ([10]) や l 進表現系の整半単純性及び超積係数のモノドロミーの研究 (論文準備中) を行った。

- (C. Rasmussen との共同研究) 3 点抜き射影直線の副 l 基本群の上のガロア表現に関する伊原の問題に関連して, 有限次代数体 K と正整数 g が与えられた時, K 上の g 次元アーベル多様体 A の同型類と素数 l の組で, 体 $K(A[l^\infty])$ が l の外で不分岐で $K(\zeta_l)$ 上副 l 拡大になるようなものは有限個しかないことを予想し, $[K:\mathbb{Q}] \leq 3$, $g=1$ の場合, $K=\mathbb{Q}$, $g \leq 3$ の場合, 及び一般 Riemann 予想の仮定下での K : 一般, g : 一般の場合などに肯定的解決を得た。また, 関連して, 2 の外で不分岐な主偏極アーベル曲面の 2 冪ねじれ点の研究 ([1]), 射影直線の l 冪次巡回被覆のヤコビ多様体の l 冪ねじれ点の研究 ([6]), 楕円曲線に付随するガロア表現の跡像の普遍下界性に関する研究 (論文準備中) などを行った。

- (V. Karemaker, C. Yu との共同研究) 有理数体上の対合多元環の整環の構造を詳しく調べることにより, 偏極アーベル多様体の直既約分解の強い意味での一意性やその偏極ホッジ構造への拡張 (論文投稿中), 任意の整環のアーベル多様体の全自己準同型環としての実現可能性 (論文準備中) などの基本的な結果を証明した。

- [1] *Abelian surfaces good away from 2*, International Journal of Number Theory **13** (2017), no. 4, 991-1001 (with Christopher Rasmussen).
- [2] *Geometric monodromy — semisimplicity and maximality*, Annals of Mathematics (2) **186** (2017), no. 1, 205-236 (with Anna Cadoret and Chun Yin Hui).
- [3] *A refined version of Grothendieck's anabelian conjecture for hyperbolic curves over finite fields*, Journal of Algebraic Geometry **27** (2018), no. 3, 383-448 (with Mohamed Saïdi).
- [4] *On the geometric image of \mathbb{F}_l -linear representations of étale fundamental groups*, International Mathematics Research Notices **2019** (2019), no. 9, 2735-2762 (with Anna Cadoret).
- [5] *Genus of abstract modular curves with level- l structures*, Journal für die reine

- und angewandte Mathematik **752** (2019), 25-61 (with Anna Cadoret).
- [6] *Cyclic covers and Ihara's question*, Research in Number Theory **5** (2019), no. 4, 33, 23 pp. (with Christopher Rasmussen).
- [7] *On the arithmetic of abelian varieties*, Journal für die reine und angewandte Mathematik **762** (2020), 1-33 (with Mohamed Saïdi).
- [8] *Correspondences on curves in positive characteristic*, Contemporary Mathematics **767** (2021), 97-114.
- [9] *The m -step solvable anabelian geometry of number fields*, Journal für die reine und angewandte Mathematik **789** (2022), 153-186 (with Mohamed Saïdi).
- [10] \mathbb{Q}_ℓ - versus \mathbb{F}_ℓ -coefficients in the Grothendieck-Serre/Tate conjectures, Israel Journal of Mathematics **257** (2023), no. 1, 71-101 (with Anna Cadoret and Chun Yin Hui).

教授 中西 賢次 (偏微分方程式)

私の研究分野は偏微分方程式の数学解析で、主な対象は非線形波動または非線形分散型と呼ばれる非線形偏微分方程式である。これらは、プラズマ・水面波・超流動・光ファイバーなど様々な物理的状況における、相互作用の強い波動の時空間発展を記述するもので、波の分散性と非線形相互作用の競合により色々な時間変化を現わすことができる。代表的なものは非線形 Schrödinger 方程式や KdV 方程式などが挙げられる。偏微分方程式の理論上もっとも基礎的な初期値問題の局所的可解性については、精密な線形および多重線形の関数評価式の整備によって、広範な方程式と関数空間を扱えるようになった。近年はそれに基づいて解の時間大域的様相の解析が進んでおり、典型的な解からそれらの複合的状況まで徐々に明らかにされつつある。私の近年の研究では一般解全体の様相を捉えることを目指し、特に、異なる典型的挙動の間の時間的遷移や、解空間の中での中間的状態の解析のため、技術開発と現象解明の両軸で研究を行っている。下記論文リスト内の成果としては、Strichartz 評価の中でも最も強く応用上も重要な時間 2 乗可積分の場合について、Schrödinger と波動を含む一般の斉次分散関係に対して詳しく調べ、空間指数が無限大では双対型非斉次評価が (対称性無しでは) 破綻することと、球面 2 乗平均すれば回復することを示した [10]。また、球対称性 Strichartz 評価の正則化を利用して、4 次元 Zakharov 系に対して基底状態以下のエネルギーを持つ球対称解を、散乱と (弱い意味の) 爆発に分類した [4]。4 次元 Zakharov 系はエネルギー集約現象について、上記の端点 Strichartz 評価が絡んだ複雑なエネルギー臨界性を

呈するが、この論文では波動方程式の解をポテンシャルとする Schrödinger 方程式に対する一様 Strichartz 評価という新しい手法を開発した。更に球対称でない場合についても、双線形の端点 Strichartz 評価を利用して、同様な一様評価を導出し、大域存在に関して球対称の仮定を外すことに成功した[3]。また、初期値問題の局所適切性についても、連立相手の分散性を双線形評価のノルムに上手く組み込むことにより、適切性の成り立つ Sobolev 空間の指数を完全に決定した [2]。高階修正項を加えた量子 Zakharov 系に対しては、初期値問題の適切性が大幅に改善され、高次元まで電場成分の L^2 保存のみによる大域存在が成り立つことを示した [8]。他方、確率的な大域挙動解析として、非線形 Schrödinger 方程式に対するランダム化終値問題に対する Murphy の結果を改良し、特に3次元平面波解の安定性に関して、殆ど全ての有限エネルギー散乱波について平面波との和に漸近する大域解が一意存在することを示した [9]。非線形項がさらに低次で長距離型の場合については、非常に一般的な時空依存の線形ポテンシャルと多重ソリトンより一般的な非分散性波動成分の介在の下でも、分散性波動成分が線形解に漸近することは無いことを証明した[5]。また、消散項付き非線形 Klein-Gordon 方程式に対して、二重ソリトンの近傍を初期値とする解の時間大域挙動を5つの集合に完全分類した。二重ソリトンが非線形反発力で互いに遠ざかりながら生き残るケースが余次元2の多様体を成すことは先行研究で示されていたが、ソリトンの1つが崩壊して他方は生き残るケースがそれぞれ余次元1の多様体を成し、それら二つを境界において二重ソリトンの多様体で接続した集合が、残りの初期値を爆発と大域減衰に対する二つの領域に分けていることを示した [1]。非線形分散型以外では、Trudinger-Moser 不等式を全平面および円盤上のエネルギー制約下で調べ、最良定数達成元の存在・非存在を隔てる臨界非線形増大度を漸近展開の形で具体的に求め、全空間では第2項が消えることと、どちらの領域でも第3項に Apéry 定数が現れることを示した [7]。また、同様の非線形項を持つ拡散方程式に対して特異性を持つ定常解と正則な時間発展解を構成し、初期値問題の非一意性を示した [6]。

- [1] Kenjiro Ishizuka and Kenji Nakanishi, *Global dynamics around 2-solitons for the nonlinear damped Klein-Gordon equations*. Ann. PDE **9** (2023), no. 1, Paper No. 2, 79 pp.
- [2] Timothy Candy, Sebastian Herr and Kenji Nakanishi, *The Zakharov system in dimension $d \geq 4$* . J. Eur. Math. Soc. (2022), DOI 10.4171/JEMS/1212.
- [3] Timothy Candy, Sebastian Herr and Kenji Nakanishi, *Global wellposedness for*

- the energy-critical Zakharov system below the ground state.* Adv. Math. **384** (2021), 107746.
- [4] Zihua Guo and Kenji Nakanishi, *The Zakharov system in 4D radial energy space below the ground state.* Amer. J. Math. **143** (2021), no. 5, 1527-1600.
- [5] Jason Murphy and Kenji Nakanishi, *Failure of scattering to solitary waves for long-range nonlinear Schrödinger equations.* Discrete Contin. Dyn. Syst. **41** (2021), no. 3, 1507-1517.
- [6] Slim Ibrahim, Hiroaki Kikuchi, Kenji Nakanishi and Juncheng Wei, *Non-uniqueness for an energy-critical heat equation on \mathbb{R}^2 .* Math. Ann. **380** (2021), no. 1-2, 317-348.
- [7] Slim Ibrahim, Nader Masmoudi, Kenji Nakanishi and Federica Sani, *Sharp threshold nonlinearity for maximizing the Trudinger-Moser inequalities.* J. Funct. Anal. **278** (2020), no. 1, 108302, 52 pp.
- [8] Yung-Fu Fang and Kenji Nakanishi, *Global well-posedness and scattering for the quantum Zakharov system in L^2 .* Proc. Amer. Math. Soc. Ser. B **6** (2019), 21-32.
- [9] Kenji Nakanishi and Takuto Yamamoto, *Randomized final-data problem for systems of nonlinear Schrödinger equations and the Gross-Pitaevskii equation.* Math. Res. Lett. **26** (2019), no. 1, 253-279.
- [10] Zihua Guo, Ji Li, Kenji Nakanishi and Lixin Yan, *On the boundary Strichartz estimates for wave and Schrödinger equations.* J. Differential Equations **265** (2018), no. 11, 5656-5675.

教授 並河 良典 (代数幾何学)

標準束が自明な代数多様体を研究してきた。コンパクトな対象はカラビ-ヤウ多様体と呼ばれ、代数多様体の分類理論の中では、ファノ多様体とともに重要な対象である。またミラー対称性は、カラビ-ヤウ多様体に新しい知見を与えた。さらに、複素シンプレクティック構造を持ったコンパクトケーラー多様体は、超ケーラー多様体と呼ばれ豊かな構造を持つ。一方、コンパクトではない対象で、やはり複素シンプレクティック構造を持ったものは、幾何学的表現論を展開する上で欠かせない。複素半単純リー環のべき零軌道（またはその閉包）、旗多様体、トーリック超ケーラー多様体、シンプレクティック商特異点などがその典型である。こうした代数多様体で特異点を持ったものを、双有理幾何、変形理論、特異点理論の観点から研究してきた。研究対象は、おおまか

に3つに分かれる。

(i) 3次元カラビ-ヤウ多様体：極小モデルの立場からは、 Q -分解の末端特異点を持ったものが自然な対象である。[1]では、 Q -分解的末端特異点をもつ3次元カラビ-ヤウ多様体が非特異カラビ-ヤウ多様体に変形できることを証明した。また[2]では正規交差型多様体の対数変形を用いて、スムージングによって非特異カラビ-ヤウ多様体の構成をおこなった。

(ii) 複素シンプレクティック多様体 (コンパクトな場合)：複素シンプレクティック多様体の概念を、標準特異点を持ったものにまで拡張して、その変形理論を研究した ([3])。さらに、 Q -分解的末端特異点を持つ複素シンプレクティック多様体に対して、周期写像を定義して、局所トレリ型定理を証明した。一方、非特異な複素シンプレクティック多様体に対しては、(双有理的)大域的トレリ型定理が成り立つことが、かなりの間、未解決であったが、その反例を与えた ([4])。

(iii) 複素シンプレクティック多様体 (非コンパクトな場合)：正規アファイン代数多様体で、有理特異点のみを持ち、非特異部分上にシンプレクティック型が存在するものを、シンプレクティック特異点と呼ぶ。知られているシンプレクティック特異点はすべて良い C^* -作用を持っており、錐的シンプレクティック特異点とよばれるものになる。錐的シンプレクティック特異点はコンパクトではないので、通常の変形ではなくポアソン変形を考える必要がある。論文 [5]ではポアソン変形の一般論を構築し、論文 [6]では、錐的シンプレクティック特異点のポアソン変形が障害を持たないことを証明した。その応用として、錐的シンプレクティック特異点がシンプレクティック特異点解消を持つことと、ポアソン変形によってスムージングできることは同値になる。[7]では複素半単純リー環のべき零軌道の閉包の相異なるシンプレクティック特異点解消どうしが (一般化された) 向井フロップでつながることを、シンプレクティック特異点解消の普遍ポアソン変形を用いて示した。[6], [7]は、双有理幾何とポアソン変形の間には密接な関係があることを示唆している。これを、はっきりとした形で定式化したのが [8]である。[9], [10]ではべき零錐、べき零軌道の閉包を錐的シンプレクティック特異点のなかで特徴付けた。

さらに [11], [12]では、べき零軌道の普遍被覆に付随したシンプレクティック特異点の Q -分解的端末化の具体的構成と、相異なる Q -分解的端末化の個数を求めた。

[1] Namikawa, Y.; Steenbrink, J. H. M.: Global smoothing of Calabi-Yau threefolds. *Invent. Math.* **122** (1995), no. 2, 403-419.

- [2] Kawamata, Y.; Namikawa, Y.: Logarithmic deformations of normal crossing varieties and smoothing of degenerate Calabi-Yau varieties. *Invent. Math.* **118** (1994), no. 3, 395-409.
- [3] Namikawa, Y.: Deformation theory of singular symplectic n-folds. *Math. Ann.* **319** (2001), no. 3, 597-623.
- [4] Namikawa, Y.: Counter-example to global Torelli problem for irreducible symplectic manifolds. *Math. Ann.* **324** (2002), no. 4, 841-845.
- [5] Namikawa, Y.: Flops and Poisson deformations of symplectic varieties. *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* **44** (2008), no. 2, 259-314.
- [6] Namikawa, Y.: Poisson deformations of affine symplectic varieties. *Duke Math. J.* **156** (2011), no. 1, 51-85.
- [7] Namikawa, Y.: Birational geometry and deformations of nilpotent orbits. *Duke Math. J.* **143** (2008), no. 2, 375-405.
- [8] Namikawa, Y.: Poisson deformations and birational geometry. *J. Math. Sci. Univ. Tokyo* **22** (2015), no. 1, 339-359
- [9] Namikawa, Y.: On the structure of homogeneous symplectic varieties of complete intersection. *Invent. Math.* **193** (2013), no. 1, 159-185.
- [10] Namikawa, Y.: A characterization of nilpotent orbit closures among symplectic singularities. *Math. Ann.* **370** (2018), no. 1-2, 811-818.
- [11] Namikawa, Y.: Birational geometry for the covering of a nilpotent orbit closure. *Selecta Math.* **28** (2022), No. 75, 59 pp.
- [12] Namikawa, Y.: Birational geometry for the covering of a nilpotent orbit closure II. *J. Algebra* **600** (2022), 152-194
- [B1] 並河良典：複素代数多様体，-正則シンプレクティック構造からの視点-，サイエンス社 (2021), 168 pages
- [B2] 並河良典：複素シンプレクティック代数多様体，-特異点とその変形-，サイエンス社 (2021), 180 pages

教授 長谷川 真人 (理論計算機科学の研究)

コンピュータ上で実現されている，もしくはされつつある多様なソフトウェアについて統一かつ厳密に議論することを可能にするために，計算が根底に持っている数学構造を抽出し，分析することを研究の目的としている。基本的な考え方は，複雑な計算現象を表現・分析するために，適切に抽象化された構造を特定し，そのような構造に関する考察から，計算現象に関する有益な情報

を得ようというものであり、いわば「計算の表現論」である。特に、プログラミング言語の数学モデル(意味論)の、主に代数的・圏論的な手法と、証明論・型理論的な枠組みを用いた分析および応用に取り組んでいる。

これまでの研究成果の多くは、(i) トレース付きモノイダル圏を用いた再帰プログラムや巡回構造のモデル、(ii) 副作用を伴う計算のモナドを用いたモデル、あるいは(iii) 線型論理に基づく型理論とそのモノイダル圏によるモデルに関するものである。(i)については、巡回構造から生じる再帰計算を論じた仕事 [1] (これは(ii)や(iii)にも密接に関連している)を出発点に、不動点演算子やその拡張の、トレース付きモノイダル圏を用いた分析・構成に関する研究などを行ってきた [6]。(ii)については、副作用を伴う制御構造を用いた再帰プログラムの意味論の研究を行ない、第一級継続を用いた多相型プログラムが満たすパラメトリシティ原理を与えた [2]。(iii)に関しては、線型論理の圏論的モデルに関する理論の整備を行なっている。古典線型論理の圏論的モデルである*-自律圏(対称 Grothendieck-Verdier 圏)がトレースを持つのは、コンパクト閉圏(対称リジッド圏)である場合に限られることを示した [4]。さらに、*-自律圏の構造が Hopf モナドの代数の圏に持ち上げられるための必要十分条件を与えた [5]。関連して、トレース付きモノイダル圏の構造を持ち上げるモナドの特徴づけを調べた [9]。

また、プログラム意味論と量子トポロジー・量子計算の接点を模索している。これまでに、プログラミング言語の理論で用いられているモノイダル圏においてリボン Hopf 代数を考え、その表現の圏として非自明なブレイドを持ち同時に再帰プログラムの意味論に用いることができるリボン圏を構成した [3]。その応用として、ブレイドを持つラムダ計算やリボン圏に対応するコンビネータ代数を考察し、コンビネータ代数に固有のオペラドやモノイダル圏・リボン圏を構成する方法を与えた [7], [8], [10]。

- [1] *Models of Sharing Graphs: A Categorical Semantics of let and letrec*, Distinguished Dissertation Series, Springer-Verlag (1999).
- [2] Relational parametricity and control, *Log. Methods in Comput. Sci.*, **2**(3:3) (2006), 1-22.
- [3] A quantum double construction in Rel, *Math. Structures Comput. Sci.*, **22**(4) (2012), 618-650.
- [4] Traced *-autonomous categories are compact closed, *Theory Appl. Categ.*, **28**(7) (2013), 206-212. (with T. Hajgado)
- [5] Linear distributivity with negation, star-autonomy, and Hopf monads, *Theory*

- Appl. Categ.*, **33**(27) (2018), 1145-1157.(with J.-S. Lemay)
- [6] From linear logic to cyclic sharing, in *Proc. Joint International Workshop on Linearity & Trends in Linear Logic and Applications, EPTCS*, **292** (2019), 31-42.
- [7] A braided lambda calculus, in *Proc. Joint International Workshop on Linearity & Trends in Linear Logic and Applications, EPTCS*, **353** (2021), 94-108.
- [8] The internal operads of combinatory algebras, in *Proc. 38th International Conference on Mathematical Foundations of Programming Semantics, ENTICS*, **1** (2023).
- [9] Traced monads and Hopf monads, *Compositionality*, **5**(10)(2023). (with J.-S. Lemay)
- [10] Braids, twists, trace and duality in combinatory algebras, to appear in *Proc. 39th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science* (2024). (with S. Lechenne)

教授 牧野 和久 (離散最適化とアルゴリズムの研究)

グラフ理論,あるいは,組合せ論などの離散的な構造を解析する研究,あるいは,それらの構造を利用した最適化やアルゴリズムの研究を行っている。

代表的な研究としては,単調な論理関数の双対化問題を研究している [1]。単調な論理関数の双対化問題とは,与えられた論理積形からそれと等価な単調な論理和形を求める問題であり,数値計画,人工知能,データベース,分散システム,学習理論など様々な分野に現れる数多くの重要かつ実用的な問題と(多項式時間還元の意味で)等価であることが知られている。1996年にFredmanとKhachiyanによる準多項式時間で解けることは示されているが,未だに多項式時間で解けるかどうか分かっていない。この双対化問題は,単調論理関数の論理積形,論理和形という2つの双対的な表現が与えられたときに,それらが等価であるかを判定する問題や人工知能分野において重要な役割をもつホーン理論におけるホーンルールと特性ベクトル集合という双対表現の等価性判定問題とも密接に関連する [2]。また列挙分野においてその計算量が未解決であった多くの問題がこの双対化問題に準多項式帰着可能であることがわかってきた [3, 4]。

さらに推論分野における論理仮説の補完問題に対して,広く信じられていた予想を覆し,最も重要なクラスであるホーン推論において,逐次多項式時間で可能であることを示した [5]。

上記以外にも、整数線形不等式系 [6], 相補性問題 [7], オンライン最適化問題 [8], ロバスト最適化 [9], ゲーム理論における均衡解に関する研究 [10] などを行っている。

- [1] New Results on Monotone Dualization and Generating Hypergraph Transversals, *SIAM Journal on Computing*, 32 (2003) 514-537. (with T. Eiter and G. Gottlob)
- [2] Computing Intersections of Horn Theories for Reasoning with Models, *Artificial Intelligence* 110 (1999) 57-101. (with T. Eiter and T. Ibaraki)
- [3] Dual-Bounded Generating Problems: All Minimal Integer Solutions for a Monotone System of Linear Inequalities, *SIAM Journal on Computing* 31 (2002) 1624-1643. (with E. Boros, K. Elbassioni, V. Gurvich, and L. Khachiyan)
- [4] Dual-Bounded Generating Problems: Efficient and Inefficient Points for Discrete Probability Distributions and Sparse Boxes for Multidimensional Data, *Theoretical Computer Science* 379 (2007) 361-376. (with L. Khachiyan, E. Boros, K. Elbassioni, and V. Gurvich)
- [5] On Computing All Abductive Explanations from a Propositional Horn Theory, *Journal of the ACM* 54 (5) (2007). (with T. Eiter)
- [6] Trichotomy for Integer Linear Systems Based on Their Sign Patterns, *STACS 2012*. (with K. Kimura)
- [7] Sparse Linear Complementarity Problems, *CIAC 2013*. (with H. Sumita, N. Kakimura)
- [8] Online Removable Knapsack with Limited Cuts. *Theoretical Computer Science* 411 (2010) 3956-3964. (with X. Han)
- [9] Robust Independence Systems, *ICALP (2011)* 367-378. (with N. Kakimura)
- [10] A Pseudo-Polynomial Algorithm for Mean Payoff Stochastic Games with Perfect Information and a Few Random Positions, *ICALP (2013)*. (with E. Boros, K. Elbassioni, and V. Gurvich)

教授 望月 新一 (数論幾何の研究)

数体や局所体あるいは有限体の上で定義された楕円曲線は数論幾何の中でも中心的な研究対象の一つであり、その研究は20世紀初頭まで遡る。特にそのような楕円曲線の等分点へのガロア群の作用や楕円曲線の上で定義されるテータ関数は楕円曲線の数論幾何の研究では重要なテーマである。一方、種数が2

以上の代数曲線をはじめとする双曲的な代数曲線の数論幾何は比較的最近まで余り熱心に研究されてこなかった。双曲的代数曲線の場合、非アーベルな基本群への基礎体の絶対ガロア群の外作用は楕円曲線の等分点へのガロア群の作用の「双曲的な類似物」と見ることができ、双曲的代数曲線の数論幾何の自然な出発点となるが、その研究は1980年代後半の伊原康隆の仕事以降、日本の数論幾何において、取り分け数理解析研究所を中心に重要な研究テーマの一つとなった。1990年代半ばに得られた遠アーベル幾何の様々な結果もこの文脈の中で興ったものである。また1990年代の後半以降、一点抜き楕円曲線の上で定義されたテータ関数を従来の「アーベル系」の視点とは決定的に異なる「遠アーベル的」な視点で扱うホッジ・アラケロフ理論の研究も大きく進展している。

1990年代の望月の研究の殆どは、

- (a) p 進タイヒミュラー理論 ([3])
- (b) p 進遠アーベル幾何 ([1], [2])
- (c) 楕円曲線のホッジ・アラケロフ理論 ([4])

という三つの大きなテーマに分類することができるが、2000年以降の研究では、

- (d) 絶対 p 進遠アーベル幾何 ([5], [10]) と
- (e) 組合せ論的遠アーベル幾何 ([8])

を中心に、上の三つのテーマの「相互作用」や「融合」に関心の対象が移った。特に有限体上の双曲的曲線と数体間の古典的な類似の延長線上にあるものとして、(a) にヒントを得た形で、(b) の延長線上にある (d) と (e) を用いて、(c) をスキーム論の枠組みに収まらない幾何 ([6], [7]) の下で再定式化することにより、「宇宙際タイヒミュラー理論」 (= 「数体に対する一種の数論的なタイヒミュラー理論」) を構築することが大きな目標となった。

「宇宙際タイヒミュラー理論」に関する4篇からなる連続論文は2012年8月、プレプリントとして公開した(理論の要約については[9]を参照)。4篇で500頁にも上る連続論文の内容を一言で総括すると、数体上の楕円曲線に付随するテータ関数の値やその周辺にある数論的次數の理論を、絶対遠アーベル幾何等を用いて(比較的軽微な不定性を除いて)「異なる環論」にも通用するような形で記述することによってディオファントス幾何的な不等式を帰結するという内容である。

一方、星裕一郎講師と共同で「節点非退化外部表現」の理論を構築し、長年未解決問題であった基礎体の絶対ガロア群の外部表現の単射性に関する定理を

証明したり ([8]), またその延長線上にある「組合せ論的遠アーベル幾何」に関する, 4~5 篇からなる連続共著論文の執筆に 2010 年度から取り組んでいる。第一論文は 2010 年度に完成し既に出版されており, 第二・第三・第四論文はプレプリントとして公開済みである。2010 年度から 2011 年度に掛けて, 特に双曲的曲線に付随する配置空間の副有限基本群の惰性群の群論的特徴付けの理論やアンドレ氏による「緩和基本群」の理論への応用において大きな進展があり, それによって得られた結果は第二および第三論文に収録済みである。第四論文では, 組合せ論的セクション予想や理論の副有限版と離散版の間の比較が主なテーマとなっている。

- [1] S. Mochizuki, A version of the Grothendieck conjecture for p -adic local fields, *The International Journal of Math.* **8** (1997), pp. 499-506.
- [2] S. Mochizuki, The local pro- p anabelian geometry of curves, *Invent. Math.* **138** (1999), pp. 319-423.
- [3] S. Mochizuki, An introduction to p -adic Teichmüller theory, *Cohomologies p -adiques et applications arithmétiques I, Astérisque* **278** (2002), pp. 1-49.
- [4] S. Mochizuki, A survey of the Hodge-Arakelov theory of elliptic curves I, *Arithmetic Fundamental Groups and Noncommutative Algebra, Proceedings of Symposia in Pure Mathematics* **70**, American Mathematical Society (2002), pp. 533-569.
- [5] S. Mochizuki, The absolute anabelian geometry of canonical curves, *Kazuya Kato's fiftieth birthday, Doc. Math. 2003, Extra Vol.*, pp. 609-640.
- [6] S. Mochizuki, Semi-graphs of anabelioids, *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* **42** (2006), pp. 221-322.
- [7] S. Mochizuki, The Étale Theta Function and its Frobenioid-theoretic Manifestations, *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* **45** (2009), pp. 227-349.
- [8] Y. Hoshi, S. Mochizuki, On the Combinatorial Anabelian Geometry of Nodally Nondegenerate Outer Representations, *Hiroshima Math. J.* **41** (2011), pp. 275-342.
- [9] S. Mochizuki, A Panoramic Overview of Inter-universal Teichmüller Theory, *Algebraic number theory and related topics 2012, RIMS Kōkyūroku Bessatsu* **B51**, Res. Inst. Math. Sci. (RIMS), Kyoto (2014), pp. 301-345.
- [10] S. Mochizuki, Topics in Absolute Anabelian Geometry III: Global Reconstruction Algorithms, *J. Math. Sci. Univ. Tokyo* **22** (2015), pp. 939-1156.

教授 望月 拓郎 (微分幾何・代数幾何の研究)

[1] を含む一連の研究において調和バンドルの特異性について調べ、漸近挙動の分類を得ました。そして、その結果に基づいて、ワイルド調和バンドルや純ツイスター D 加群を研究し、小林-Hitchin 対応や半単純ホロノミック D 加群の強 Lefschetz 定理などを得ました。さらに、その自然な発展として、[4] において混合ツイスター D 加群の理論を確立しました。その過程で、不確定特異点と Stokes 現象にも関心を抱き、有理型平坦束の局所構造の研究、ホロノミック D 加群の Betti 構造の研究などを行ってきました。[9] では、一般のホロノミック D 加群の圏から enhanced ind-sheaves の圏への関手の像の特徴づけについて研究しました。“Rescalability of integrable mixed twistor D -modules” (arXiv:2108.03843) では、不確定ホッジフィルトレーションの理論の整備を行いました。“Perspectives on four decades of Algebraic Geometry” において出版予定。) プレプリント “Stokes shells and Fourier transforms” (arXiv:1808.01037) ではフーリエ変換によって得られる D 加群のストークス構造がどのように記述されるかを研究しています。また、“ L^2 -complexes and twistor complexes of tame harmonic bundles” (arXiv:2204.10443) では純ツイスター D 加群の強 Lefschetz 定理を精密化して、ケーラー幾何学のもとで一般の固有射の場合に成り立つことを示しています。

近年は、以前の研究で得られた結果・知見を、調和バンドルやツイスター D 加群に関連する対象や、より具体的な題材に適用することを試みています。

ワイルド調和バンドルの小林-Hitchin 対応は Higgs 束上の調和バンドルの分類をパラボリック構造の分類に帰着するものといえます。数理物理で自然に現れるヒッグス束上の調和バンドルの分類は、ある種の物理的な対象の分類と関連づけられるため興味深いです。そこで、[2] では小林-Hitchin 対応を用いて、二次元戸田方程式の実数値解の分類を行い、さらに同伴する有理型平坦束の Stokes 構造やモノドロミーを具体的に計算しました。その後、Qiongling Li 氏との共同研究 “Complete solutions of Toda equations and cyclic Higgs bundles over non-compact surfaces” (arXiv:2010.05401) と “Isolated singularities of Toda equations and cyclic Higgs bundles” (arXiv:2010.06129) において、より一般に非コンパクトリーマン面上の戸田方程式に対応する調和束の存在や分類について調べました。Li 氏との共同研究は、非退化対称積を持つ調和束の存在と分類の研究 [10] や、Hitchin-切断に属する Higgs 束上の調和計量の存在の研究などに発展しています。

多重周期性を持つインスタントンやモノポールは “無限次元のワイルド調和

バンドル”とみなす見方が有効であり、これまでの調和バンドルの研究で培ってきた知見を活かせます。この観点から [3] で二重周期性を持つインスタントの研究を行い、漸近挙動の大雑把な分類、Nahm 変換、小林-Hitchin 対応などを確立しました。また、モノポールについても研究を進めています。モノポールの Dirac 型特異性の比較的容易な特徴付けを得た論文 “Some characterization of Dirac type singularity of monopoles” (吉野将旭氏との共著) が *Communications in Mathematical Physics* から出版されました。さらに、体積が無限大のケーラー多様体上の Kobayashi-Hitchin 対応 [7] を確立し、これに基づいて [8], “Triply periodic monopoles and difference modules on elliptic curves (SIGMA 16, 2020)” および “Doubly periodic monopoles and q -difference modules” (arXiv:1902.03551) では、周期性を持つモノポールと差分加群や q -差分加群との間の小林-Hitchin 対応を得ています。

コンパクト Riemann 面上の調和バンドルは、Higgs 場のスカラー倍によって自然に変形されていきます。スカラーを 0 にする極限は古典的によく研究されていましたが、[5] では、スカラーを大きくした場合にどのような現象が生じるかについて研究しました。そして、スカラーを大きくしていくと調和バンドルの複雑さがヒッグス場の固有値が 0 の部分に集中していくことを示しました。また調和バンドルの階数が 2 の場合に極限を具体的に記述することができました。最近、再び関連する問題について取り組み、Szilard Szabo 氏との共同研究 “Asymptotic behaviour of large-scale solutions of Hitchin's equations in higher rank” (arXiv:2303.04913) において、ヒッグス束の階数が高くスペクトル曲線が滑らかな場合に、極限への収束の速さが指数オーダーであることを一般に確立しました。さらに、“Asymptotic behaviour of the Hitchin metric on the moduli space of Higgs bundles” (arXiv:2305.17638) において、モジュライ空間上の Hitchin 計量の漸近挙動についての研究を行いました。さらに、階数が 2 で対称な場合の精密化を研究しました。

混合ツイスター D 加群の関手性と、有理型関数に混合ツイスター D 加群が同伴することを用いると、多くの自然なホロノミック D 加群が自然に混合ツイスター構造を持つことがわかります。この観点から、[6] では、代数的関数に付随して得られる Kontsevich 複体というものが、ある混合ツイスター D 加群の V -フィルトレーションの相対ドラム複体と擬同型であることを証明しています。また、プレプリント “Twistor property of GKZ-hypergeometric systems” (arXiv:1501.04146) では、特に超幾何ホロノミック D 加群上の混合ツイスター D 加群について調べています。

このように具体的な例や関連する対象の研究を通じて、調和バンドルや混合ツイスター D 加群の理論を整備し、より多くの場面で使えるものに育てていくとともに、また自分自身の研究領域を広げていきたいと考えています。多くの興味深い研究対象・課題がありますので、少しずつ形にしていきたいと思っています。

- [1] Wild harmonic bundles and wild pure twistor D -modules, *Astérisque* **340**, 2011
- [2] Harmonic bundles and Toda lattices II, *Communications in Mathematical Physics* **328**, (2014), 1159-1198
- [3] Asymptotic behaviour and the Nahm transform of doubly periodic instantons with square integrable curvature, *Geometry & Topology* **18**, (2014), 2823-2949
- [4] Mixed twistor D -modules, *Lecture Notes in Mathematics*, **2125**. Springer, 2015
- [5] Asymptotic behaviour of certain families of harmonic bundles on Riemann surfaces, *J. Topol.* **9** (2016), 1021-1073
- [6] A twistor approach to the Kontsevich complexes. *Manuscripta Mathematica*, **157** (2018), 193-231
- [7] Kobayashi-Hitchin correspondence for analytically stable bundles. *Trans. Amer. Math. Soc.* **373** (2020), 551-596.
- [8] Periodic monopoles and difference modules. *Lecture Notes in Mathematics*, **2300**, Springer, Cham, 2022.
- [9] Curve test for enhanced ind-sheaves and holonomic D -modules, I, II. *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure* (4), **55**, (2022), 575-679, 681-738
- [10] (with Q. Li) Harmonic metrics of generically regular semisimple Higgs bundles on noncompact Riemann surfaces, *Tunis. J. Math.* **5** (2023), 663-711.

准教授 石本 健太 (流体力学)

流体力学の基盤的理論の構築を目指し、特に、低レイノルズ数流れの流体力学、複雑流体、ソフトマター・アクティブマターに関する流体力学、微生物の遊泳運動、及び関連する応用数学の研究をしている。同時に、これらの理論的・数値的な手法によって細胞スケールの生命現象のメカニズムを明らかにすることも研究の大きな柱である。また、実際の生物画像データの解析やデータ駆動型数理モデリング、及び流体力学に基づいた新たなデータ活用法の研究も行っている。

- 流体中の物体の形状と流体方程式の対称性

微生物などの微小物体の周りの流体はストークス方程式でよく記述される

が、方程式の時間反転対称性によって、生物の運動は強く制限を受ける。これまで、系の最も基本的な定理の一つである「帆立貝定理」に厳密な証明を与え、慣性を含む場合や非ニュートン流体への拡張を行ってきた。外部境界や背景流れがある場合には、時間反転対称性を有していても、運動は非線形になり様々な遊泳パターンを生じる。このような微小遊泳の安定性の研究を進めると同時に、流れを用いた微小物体の制御に関する理論解析、及び新たな制御法の開発を行なっている。また、流体方程式を通した物体の対称性(流体運動的対称性)に関心を持って、軸対称物体の非線形周期運動を表すジェフリーの解を、多くの微生物遊泳を含む「螺旋物体」のクラスに拡張するなど、流体中の運動に基づく物体形状の分類理論の構築に取り組んでいる。

• 複雑な要素や境界を含む流体数値計算と理論解析

細胞遊泳の問題には、複雑な形状をもつ境界、生物と流体の流体構造連成問題、粘弾性流体に代表される流体の非ニュートン性、といった複合的な要素が現れる。これら複雑流体の数値計算は理論的な研究を進めていく上でも、生命現象を理解するためにも重要であり、これまで境界要素法を中心とした高精度計算から正則化ストークス極法による高速近似計算手法の開発を行ってきた。また、線形弾性体の一般化である奇弾性体の流体構造連成問題に取り組み、物体の非相反応答の理論的枠組を構築し、その一般的な遊泳公式を与えることに成功した。

• 生命現象に現れる流体ダイナミクス

細胞の遊泳は生命システムの一部であり、細胞は周りの物理的・生化学的環境に対して柔軟に適応している。特に、受精現象のダイナミクスに対して精力的に取り組み、卵管内部での精子遊泳や卵との相互作用について、生物学の実験から提起された仮説を流体力学的な観点から検証し、生命現象のメカニズムの解明に取り組んでいる。

• 生物画像データ解析と数値モデリング

細胞運動の高速撮影顕微鏡画像から物体形状を抽出し、得られたデータを用いた直接数値計算を通して、生物周りの流れを調べている。これらの複雑な流れパターンに対して主成分分析を行うことで、流れ場も少数のモードで記述できることを見出し、さらにこれがストークス方程式の基本解の線形結合で記述できることを明らかにした。さらに、この次元圧縮の手法を用いて、精子鞭毛波形の特徴づけや、バクテリアの細胞集団運動の数値シミュレーションなど、データ駆動型数値モデルの構築に取り組んでいる。

[1] 「微生物流体力学：生き物の動き・形・流れを探る」、サイエンス社(2022)。

- [2] Helicoidal particles and swimmers in a flow at low Reynolds number, *J. Fluid Mech.* 892 (2020) A11.
- [3] Jeffery orbits for an object with discrete rotational symmetry, *Phys. Fluids* 32 (2020) 081904.
- [4] Regularized representation of bacterial hydrodynamics, *Phys. Rev. Fluids* 5 (2020) 093101. (with E. A. Gaffney and B. J. Walker)
- [5] The control of particles in the Stokes limit, *J. Fluid Mech.* 942 (2022) A1. (with B. J. Walker, E. A. Gaffney and C. Moreau)
- [6] Self-organized swimming with odd elasticity, *Phys. Rev. E* 105 (2022) 064603. (with C. Moreau and K. Yasuda)
- [7] Odd elastohydrodynamics: Non-reciprocal living material in a viscous fluid, *PRX Life* 1 (2023) 023002. (with C. Moreau and K. Yasuda)
- [8] Generalised Jeffery's equation for rapidly spinning particles in shear flow. Part I: Spheroids, *J. Fluid Mech.* 979 (2024) A1. (with M.P. Dalwadi, C. Moreau, E. A. Gaffney and B. J. Walker)
- [9] Generalised Jeffery's equation for rapidly spinning particles in shear flow. Part II : Helicoidal objects with chirality, *J. Fluid Mech.* 979 (2024) A2. (with M.P. Dalwadi, C. Moreau, E. A. Gaffney and B. J. Walker)
- [10] Generalised Taylor dispersion of chiral microswimmers, arXiv: 2403.09201. (with K. Ogawa)

准教授 磯野 優介 (作用素環論, エルゴード理論)

私は von Neumann 環とエルゴード理論の関わりについて研究している。

まず作用素環とは、ヒルベルト空間上の有界線形作用素全体のなす環の部分環の事であり、考える位相の違いにより C^* 環と von Neumann 環がある。元々は von Neumann が量子力学を数学的に正しく定式化する際に現れた副産物であるが、数学・物理両方の面から興味深い対象であったため、現在においてもなお数学・物理両方の側面から研究が行われている。数学的にはエルゴード理論や群の表現論と関係が深く、また A. Connes の非可換幾何学、G. Kasparov の KK 理論、V. Jones の部分因子環論、D. Voiculescu の自由確率論、S. Popa の deformation/rigidity 理論など、多くの重要な理論が後に発展した。

私は deformation/rigidity 理論で研究を行っている。これは主として「離散群の測度空間への作用」から構成する von Neumann 環を研究する理論であり、エルゴード理論とは密接に関係している。古典的なエルゴード理論では群とし

て整数を用いるが、この理論ではより複雑な群を考える。例えば S. Popa の著名な剛性定理は、Kazhdan の性質 T を持つ離散群によるベルヌーイシフト作用が軌道同型に関する剛性を持つ、というものである。これは他の任意の群作用と軌道同型ならば、群作用そのものが同型になるという意味であり、要するに弱い同型が勝手に強い同型になるという定理である。これは整数では絶対に起きない現象であり、非常に興味深い。

下の論文リストのうち、[1] から [6] は、deformation/rigidity 理論を用いて von Neumann 環の構造を調べた論文である。[1,2] では（作用素環的）量子群から作る von Neumann 環に対して deformation/rigidity 理論が適用出来る事を示した。特に重要な例である、自由量子群を対象に含める事が出来た。[3,5] では、富田・竹崎理論を用いた deformation/rigidity 理論の展開に成功した。特に [5] は私の論文の中で最も良い結果で、富田・竹崎理論を経由する事で初めて得られるタイプの剛性定理を証明した。[7] から [9] はエルゴード理論に関連する論文である。[7,9] は deformation/rigidity 理論を用いてエルゴード理論に関する結果を出した。[8] はガウス作用を拡張してより広いクラスの群作用を構成する論文であり、von Neumann 環そのものはあまり出てこないが、関連した内容ではある。最後に [10] は他とは趣が異なるが、このように広い意味で von Neumann 環が現れる現象には興味がある。

- [1] Examples of factors which have no Cartan subalgebras. *Trans. Amer. Math. Soc.* **367** (2015), 7917-7937.
- [2] Some prime factorization results for free quantum group factors. *J. Reine Angew. Math.* **722** (2017), 215-250.
- [3] (with C. Houdayer) Unique prime factorization and bicentralizer problem for a class of type III factors. *Adv. Math.* **305** (2017), 402-455.
- [4] On fundamental groups of tensor product II_1 factors. *J. Inst. Math. Jussieu* **19** (2020), no. 4, 1121-1139.
- [5] Unitary conjugacy for type III subfactors and W^* -superrigidity. *J. Eur. Math. Soc. (JEMS)* **24** (2022), 1679-1721.
- [6] (with A. Marrakchi) Tensor product decompositions and rigidity of full factors. Preprint 2019, to appear in *Ann. Sci. Éc. Norm. Supér.*
- [7] (with C. Houdayer) Bi-exact groups, strongly ergodic actions and group measure space type III factors with no central sequence. *Comm. Math. Phys.* **348** (2016), 991-1015.
- [8] (with Y. Arano and A. Marrakchi) Ergodic theory of affine isometric actions on

- Hilbert spaces. *Geom. Funct. Anal.* **31** (2021), 1013-1094.
- [9] (with K. Hasegawa and T. Kanda) Boundary and rigidity of nonsingular Bernoulli actions. *Comm. Math. Phys.* **389** (2022), 977-1008.
- [10] (with M. Caspers and M. Wasilewski) L_2 -cohomology, derivations and quantum Markov semi-groups on q -Gaussian algebras. *Int. Math. Res. Not. IMRN* **2021**, 6405-6441.

准教授 入江 慶 (位相幾何学・微分幾何学の研究)

シンプレクティック幾何学（特にシンプレクティック容量と Hamilton 力学系の周期軌道）および関連する話題について研究している。

大域シンプレクティック幾何学における記念碑的な結果である Gromov の圧縮不可能性定理は、擬正則曲線を用いてシンプレクティック多様体の「幅」を測ることで示された。Ekeland-Hofer はこの「幅」の持つ性質を公理化してシンプレクティック容量の概念を導入し、さらに Hamilton 力学系の周期軌道に関する一種の min-max 値としてシンプレクティック容量が定義できることを見出した。一方 Floer は擬正則曲線の理論をもとに、Hamilton 力学系の周期軌道や Lagrange 部分多様体の交叉点に関わる Morse ホモロジーの理論を創始した (Floer ホモロジー)。

以上の研究をもとに、Floer-Hofer や Viterbo はシンプレクティック・ホモロジーの理論を展開した。この理論によれば Floer ホモロジーから定まる min-max 値としてシンプレクティック容量を定義することができるが、この容量を実際に計算・評価するのは非自明な問題である。私は [1] や [8] において、余接束内の「Fiberwise に凸」な領域の容量の計算をループ空間の (相対) ホモロジーの計算に帰着する手法を導入し、いくつかの応用を与えた。この手法の基本的なアイデアは、余接束の Floer ホモロジーと底空間の自由ループ空間のホモロジーとが同型であるという有名な結果 (Viterbo の定理) を「定量化」するというものである。以上の研究との関連でビリヤード力学系の周期軌道についても調べている ([2], [9])。

Hamilton 力学系の周期軌道に関わる Floer ホモロジーは円筒を定義域とする擬正則曲線を用いて定義される。より一般の (開) Riemann 面を定義域とする擬正則曲線を考えることで、Floer ホモロジー上に種々の積構造を定義することができる。特に余接束の Floer ホモロジーを考えると、上で述べた Viterbo の定理を介して、自由ループ空間のホモロジー上に積構造を与えることができる。これはストリング・トポロジー (Chas-Sullivan の創始したループ空間上の

交叉理論)で研究されている積構造と一致すると考えられていて、部分的には証明されている。私は [5] において、ストリング・トポロジーで考える積構造を鎖複体のレベルで扱うための基礎を整備した。この結果に基づいた [7] では、Lagrange 部分多様体に対する Floer 理論と(鎖複体レベルの)ストリング・トポロジーとを結びつける Fukaya の構想の一部を厳密に実行した。

Hamilton 系の周期軌道に関わる Floer ホモロジーの発展形の一つとして、Hutchings による埋込接触ホモロジー (ECH) がある。ECH を用いると三次元閉接触多様体に対して可算無限個の容量の系列が定義され、その漸近挙動から接触多様体の体積が復元されるという著しい性質が成り立つ (Cristofaro-Gardiner, Hutchings, Ramos による)。[3] ではこの性質の帰結として、三次元閉接触多様体上の Reeb 力学系に対する C^∞ 級の閉補題を導いた。[4] では [3] の結果を用いて二次元閉シンプレクティック多様体上の Hamilton 微分同相写像に対する C^∞ 級の閉補題を証明した。また [6] では、近年急速に発展した極小曲面に対する Morse 理論を用いて [3] と類似の議論が可能であることを示した。

[10] では、[3] の結果が高い(五以上の)次元を持つ接触多様体上の Reeb 力学系に対しても拡張されるか、という問題意識にもとづき、Reeb 力学系に対する strong closing property という性質を定義した。また ECH や接触ホモロジーを抽象化して action selecting functor という概念を導入し、その枠組みの中で strong closing property の或る十分条件を与えた。その後の Chaidez-Tanny 等の研究で実際に strong closing property を満たす高次元 Reeb 力学系の例が見つかっている。Strong closing property が Reeb 力学系においてどの程度一般的(あるいは例外的)な性質なのか理解するのが今後の重要な課題である。

- [1] Symplectic homology of disc cotangent bundles of domains in Euclidean space, *J. Symplectic Geom.* 12 (2014), 511-552.
- [2] Periodic billiard trajectories and Morse theory on loop spaces, *Comment. Math. Helv.* 90 (2015), 225-254.
- [3] Dense existence of periodic Reeb orbits and ECH spectral invariants, *J. Mod. Dyn.* 9 (2015), 357-363.
- [4] A C^∞ closing lemma for Hamiltonian diffeomorphisms of closed surfaces, *Geom. Funct. Anal.* 26 (2016), 1245-1254. (with M. Asaoka)
- [5] A chain level Batalin-Vilkovisky structure in string topology via de Rham chains, *Int. Math. Res. Not. IMRN* 2018, 4602-4674.
- [6] Density of minimal hypersurfaces for generic metrics, *Ann. of Math* (2). 187

- (2018), 963-972. (with F. C. Marques and A. Neves)
- [7] Chain level loop bracket and pseudo-holomorphic disks, *Journal of Topology*. 13 (2020), 870-938.
- [8] Symplectic homology of fiberwise convex sets and homology of loop spaces, *J. Symplectic Geom.* 20 (2022), 417-470.
- [9] Capacity of billiard tables and S^1 -equivariant loop space homology, *J. Fixed Point Theory Appl.* 24 (2022).
- [10] Strong closing property of contact forms and action selecting functors, *J. Fixed Point Theory Appl.* 26 (2024).

准教授 梶野 直孝 (確率論)

「フラクタル」と総称される, Euclid 空間や Riemann 多様体のような滑らかな空間とは全く異質の幾何的性質を有する空間において, 幾何的に自然な Laplacian および対応する確率過程の構成と詳細な解析を行うことを目標とする研究をしている。取り扱いの比較的容易な Euclid 自己相似フラクタルや tree 型のフラクタルの他, 近年では様々な統計物理・量子物理モデルから定まるランダムフラクタルも研究対象とすることが可能になりつつある。

特に確率論では Schramm-Loewner 発展 (SLE) とも密接な関係にある「Liouville 量子重力」と呼ばれる曲面上のランダム幾何の研究が Miller-Sheffield による一連の研究を中心に急速に進展しており, この幾何構造の下での自然な拡散過程として Garban-Rhodes-Vargas (2016) により構成された Liouville Brown 運動も重要な対象として注目を集めている。これに対し [8] では熱核の連続性と (粗い) 上からの不等式評価を, [7] で得た拡散過程の熱核の上からの評価に関する一般論を援用することで証明した。

また Klein 群 (Riemann 球面上の Möbius 変換のなす離散群) の極限集合や複素力学系の Julia 集合など, 等角写像による歪みを許す形の自己相似性しか持たないフラクタルも複素関数論における普遍的な対象として重要であるが, 近年はこの範疇のフラクタルにおける幾何的に自然な Laplacian の構成と解析を目指す研究も行っている。現時点では Klein 群の極限集合として与えられる円詰込フラクタル (のいくつかの具体例) における自然な Laplacian (の候補) の構成と Weyl 型固有値漸近挙動の証明に成功している ([5])。分布の意味での自己等角性を持つランダムフラクタル曲線である SLE に対して同様の考察を行うことは今後の重要課題である。

その他, フラクタル上の Laplacian に対し典型的に成り立つことが知られて

いる、対称拡散過程の熱核に対する重要な不等式評価である劣 Gauss 型熱核評価と、対応するエネルギー測度（関数のエネルギーの概念を状態空間上の測度として定式化したもの）や拡散過程の領域境界への調和測度（領域境界への初到達位置の確率分布）・トレース過程（拡散過程の標本路から領域境界上にある部分だけを抜き出して得られる飛躍型確率過程）の性質の間の関連を明らかにすることも、当該分野における重要な問題意識である。これに関し [6] では「劣 Gauss 型熱核評価が上下両方とも空間全体で成立するならば、エネルギー測度は空間上の自然な体積測度と互いに特異である」という 20 数年来の未解決予想を肯定的に解決し、また [3] では容量密度条件を満たす一様領域に対し、調和測度およびトレース過程の熱核の自然な形の上下評価を証明した。

さらに [4] では、劣 Gauss 型熱核評価を満たす空間が与えられたとき、エネルギー測度および空間の「擬等角構造」を保ちつつ距離と体積測度を適切に取り替えることによりその空間が「いくらでも Gauss 型に近い」劣 Gauss 型熱核評価を満たすようにできること、しかし $d \geq 3$ に対する d 次元 Sierpiński gasket では同種の取り替えにより Gauss 型熱核評価を満たすようにはできないことを示した。後者の結果は、2次元 Sierpiński gasket に対して木上 (2008) の研究や [9, 10] で展開された「フラクタル上の測度論的 Riemann 構造」に対する解析学がその自然な高次元化に対しては展開できないことを意味しており、興味深い。

以上の研究はいずれもフラクタル上の L^2 型エネルギー汎関数を対象とするものであるが、関連分野のいくつかの重要な問題意識を背景として、 $p \neq 2$ に対し L^p 型非線型エネルギー汎関数をフラクタル上に構築し解析する研究が近年重要になりつつある。これについて [2] では L^p 型エネルギー汎関数が満たすべき自然な縮小性不等式の族を「一般化 p -縮小性」として定式化し、微分可能性の証明や p -調和関数の解析への応用を与えると同時にフラクタル上の L^p 型エネルギー汎関数の既存の構築法からこの性質が自然に従うことを証明した。さらに [1] では既存の構築法を部分列の各点収束極限による構築に修正することにより、フラクタル上の L^p 型エネルギー汎関数および対応する p -エネルギー測度で種々の自然な不等式を満たすものを構築した。

- [1] N. Kajino and R. Shimizu, Korevaar-Schoen p -energy forms and associated p -energy measures on fractals, preprint, 2024. arXiv:2404.13435
- [2] N. Kajino and R. Shimizu, Contraction properties and differentiability of p -energy forms with applications to nonlinear potential theory on self-similar

- sets, preprint, 2024. arXiv:2404.13668
- [3] N. Kajino and M. Murugan, Heat kernel estimates for boundary trace of reflected diffusions on uniform domains, preprint, 2023. arXiv:2312.08546
- [4] N. Kajino and M. Murugan, On the conformal walk dimension: quasisymmetric uniformization for symmetric diffusions, *Invent. math.* **231** (2023), no. 1, 263-405.
- [5] N. Kajino, The Laplacian on some self-conformal fractals and Weyl's asymptotics for its eigenvalues: A survey of the analytic aspects, in: *The Proceedings of the 12th MSJ-SI "Stochastic Analysis, Random Fields and Integrable Probability"*, Adv. Stud. Pure Math., vol. 87, 2021, pp. 293-314.
- [6] N. Kajino and M. Murugan, On singularity of energy measures for symmetric diffusions with full off-diagonal heat kernel estimates, *Ann. Probab.* **48** (2020), no. 6, 2920-2951.
- [7] A. Grigor'yan and N. Kajino, Localized upper bounds of heat kernels for diffusions via a multiple Dynkin-Hunt formula, *Trans. Amer. Math. Soc.* **369** (2017), no. 2, 1025-1060.
- [8] S. Andres and N. Kajino, Continuity and estimates of the Liouville heat kernel with applications to spectral dimensions, *Probab. Theory Related Fields* **166** (2016), no. 3-4, 713-752.
- [9] N. Kajino, Analysis and geometry of the measurable Riemannian structure on the Sierpiński gasket, in: *Fractal Geometry and Dynamical Systems in Pure and Applied Mathematics I: Fractals in Pure Mathematics*, Contemp. Math., vol. 600, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 2013, pp. 91-133.
- [10] N. Kajino, Heat kernel asymptotics for the measurable Riemannian structure on the Sierpinski gasket, *Potential Anal.* **36** (2012), no. 1, 67-115.

准教授 河合 俊哉 (場の理論・弦理論・数理物理学)

手法としても研究対象としても 2次元 (超) 共形場の理論と関連する数理物理学に永らく興味を持ち続けているが、近年は超対称性のある場の理論や弦理論の物理が代数多様体の数え上げ幾何と関連している場合に関心がある。

具体的には、(ある種の楕円カラビ・ヤウ多様体にコンパクト化した) F 理論ないし IIA 型弦理論と混成的弦理論 (の適当なコンパクト化) の間に成立すると予想されている双対性の理解および BPS 状態の数え上げとしての定量的検証を近年の研究主題としている。混成的弦理論はゲージ理論や重力理論な

どの馴染みの物理との関係が見やすく、また数学的には表現論と近い関係にあるといってもよい。一方 F 理論ないし IIA 型弦理論では考えている楕円カラビ・ヤウ多様体のグロモフ・ウィッテン不変量や D ブレーンの解釈としての「層の足し上げ」などの数え上げ幾何のテーマと関係する。特に BPS 状態の数え上げに対する生成関数をポーチャーズ積の類似として解釈することを試みている。また具体例で試行錯誤してみると上記の数え上げ幾何以外にもヤコビ形式、不変式論、保型形式、楕円コホモロジー、表現論などの諸分野が有機的にからみあっていることが分かってきた。これらの諸概念を何らかの意味で統一する様な形で弦理論双対性を理解できればと願っている。

ゲージ理論と開カラビ・ヤウ多様体の対応は近年盛んに研究されているが、量子重力を含む場合を取り扱おうとすると閉（楕円）カラビ・ヤウ多様体を考えなければならない。考えている状況の限りでは量子重力の難しさは豊穡な「楕円」数学の世界と呼応しているようである。従って、困難ではあるが物理的にも数学的にも意義深く挑戦しがいがあると考えて日々研究している次第である。

- [1] *K3 surfaces, Igusa cusp form and string theory*, in *Topological field theory, primitive forms and related topics*, (M. Kashiwara, A. Matsuo, K. Saito and I. Satake, eds.), Progr. Math. **160**, Birkhäuser 1998.
- [2] *String duality and enumeration of curves by Jacobi forms*, in *Integrable systems and algebraic geometry*, (M.-H. Saito, Y. Shimizu and K. Ueno, eds.), World Scientific 1998.
- [3] *String partition functions and infinite products* (with K. Yoshioka), Adv. Theor. Math. Phys. **4** (2000) 397-485.
- [4] *String and Vortex*, Publ. Res. Inst. Math. Sci. Kyoto **40** (2004) 1063-1091.
- [5] *Abelian Vortices on Nodal and Cuspidal Curves*, JHEP11 (2009) 111.
- [6] *Twisted Elliptic Genera of $N=2$ SCFTs in Two Dimensions*, Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical **45.39** (2012): 395401.

准教授 川北 真之（代数幾何学）

代数多様体の双有理幾何を極小モデルプログラムの手法で研究している。極小モデルプログラムは各双有理同値類を代表する多様体を標準因子の比較によって抽出する。

初めに3次元双有理幾何の明示的理解の要請に応じて3次元因子収縮写像の系統的研究を行った。3次元では収縮先が点のときが本質的で、これらの写像

を食違い係数が小さい場合を除き完全に分類し、残る場合も分類方法を確立した。研究過程では Reid の general elephant 予想も証明した。

高次元の最重要な課題であるフリップの終止予想は、極小対数的食違い係数という特異点の不変量の性質に還元される。現在その立場から極小モデルプログラムの過程で現れる特異点を極小対数的食違い係数を手掛かりに研究している。

多様体と因子の組から因子上に新たな組が導入されるときに両組の特異点の比較が逆同伴問題である。この問題について、両組の対数的標準性の同値性を証明した。続いて精密な逆同伴を目指して Ein, Mustață, 安田のモチーフ積分論の手法を一般化した。

特異点の有界性問題として、超平面切断が与える Artin 環を解析して3次元における極小対数的食違い係数の有界性と Gorenstein 端末特異点の特徴付けを回復した。また、真の3次元標準特異点の Gorenstein 指数は6以下であるという Shokurov の予想を証明した。

Kollár と de Fernex, Ein, Mustață が導入したイデアルの生成極限を応用して、多様体とイデアルの指数が指定された時の対数的標準な組の対数的食違い係数全体の集合の離散性を証明した。さらに非特異3次元多様体上の極小対数的食違い係数の昇鎖律を完全に証明した。極小対数的食違い係数を計算する因子の研究が重要であり、非特異曲面上では常に重み付き爆発で得られる因子によって計算されることを示した。

なお、これまでの研究を踏まえて、本を執筆した。

- [1] General elephants of three-fold divisorial contractions, *J. Am. Math. Soc.* **16**, 331-362 (2003)
- [2] Three-fold divisorial contractions to singularities of higher indices, *Duke Math. J.* **130**, 57-126 (2005)
- [3] Inversion of adjunction on log canonicity, *Invent. Math.* **167**, 129-133 (2007)
- [4] On a comparison of minimal log discrepancies in terms of motivic integration, *J. Reine Angew. Math.* **620**, 55-65 (2008)
- [5] Discreteness of log discrepancies over log canonical triples on a fixed pair, *J. Algebr. Geom.* **23**, 765-774 (2014)
- [6] The index of a threefold canonical singularity, *Am. J. Math.* **137**, 271-280 (2015)
- [7] Divisors computing the minimal log discrepancy on a smooth surface, *Math. Proc. Camb. Philos. Soc.* **163**, 187-192 (2017)
- [8] On equivalent conjectures for minimal log discrepancies on smooth threefolds, *J.*

Algebr. Geom. **30**, 97-149 (2021)

[9] Minimal log discrepancies on smooth threefolds, arXiv:2312.13599

[10] *Complex algebraic threefolds*, Cambridge Studies in Advanced Mathematics **209**, Cambridge University Press (2024)

准教授 河村 彰星 (計算論)

コンピュータによる計算であれ人間の数学的推論であれ、情報処理は有限的な操作からなる手順 (アルゴリズム) として表されます。このような知的処理によって何ができて何ができないか探るのが計算理論です。次のように、有用な計算法を設計することと、その限界を調べることの両面から研究が行われています。

アルゴリズム工学

計算機を様々な大規模問題の解決に役立てるには、その問題のもつ構造や、アルゴリズムの設計によく使われる手法を理解し、うまく利用する必要があります。計算幾何、資源配分、スケジューリングなど様々な領域の問題について、数理工学的手法を用いて性能・効率のよいアルゴリズムを設計・分析する研究を行っています。

限界の解明 (計算量理論)

個々の問題の解法だけでなく、一般に様々な条件下で何がどこまで計算できるかという限界を探ることも、情報学の重要な目標です。

計算機構の制約、時間・空間や知識の量、論理的・記述的な複雑さといった各要素が、情報処理能力にどう関与し、相互にどう関わり合うかを調べることで、考えている問題に内在する困難さを理解したり、知的処理の本質的限界に迫ることを目指します。

私は特に、これらの理論を広い数学的对象に適用することに関心を持っています。計算理論で最初に対象とされたのは主に離散的・組合せ的な問題ですが、実数など連続的な対象や高階の計算も、何らかの形で表されたデータに情報処理を施す問題である以上、その処理・操作の内容に着目して計算論的複雑さを調べることができます (帰納的解析学)。この分野で計算可能性だけでなく多項式時間を初めとする計算量制限を論ずるための理論的枠組の整備 [6], [7] や具体的問題への応用 [2], [3], [8] を行ってきました。

また並行して、計算幾何を中心とする諸分野の最適化に関する研究もしています [1], [4], [5]。

[1] A. Kawamura, S. Moriyama, Y. Otachi and J. Pach. A lower bound on opaque

- sets. *Computational Geometry* **80**, 13-22, 2019.
- [2] A. Kawamura, H. Thies and M. Ziegler. Average-case polynomial-time computability of Hamiltonian dynamics. In *Proc. 43rd International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS)*, Leibniz International Proceedings in Informatics 117, Article 30. Liverpool, UK, 2018.
- [3] A. Kawamura, F. Steinberg and M. Ziegler. On the computational complexity of the Dirichlet problem for Poisson's equation. *Mathematical Structures in Computer Science* **27**(8), 1437-1465, 2017.
- [4] Y. Asao, E., D. Demaine, M.,L. Demaine, H. Hosaka, A. Kawamura, T. Tachi and K. Takahashi. Folding and punching paper. *Journal of Information Processing* **25**, 590-600, 2017.
- [5] T. Hayashi, A. Kawamura, Y. Otachi, H. Shinohara and K. Yamazaki. Thin strip graphs. *Discrete Applied Mathematics* **216** (1), 203-210, 2017.
- [6] A. Kawamura, F. Steinberg and M. Ziegler. Complexity theory of (functions on) compact metric spaces. In *Proc. 31st Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science (LICS)*, 837-846, New York, USA, 2016.
- [7] A. Kawamura and S. Cook. Complexity theory for operators in analysis. *ACM Transactions on Computation Theory* **4** (2), Article 5, 2012.
- [8] A. Kawamura. Lipschitz continuous ordinary differential equations are polynomial-space complete. *Computational Complexity* **19** (2), 305-332, 2010.

准教授 David A. Croydon (Probability Theory)

My research is based in probability theory, with a particular focus on random walks in random environments. Work in this area, which has been a major focus of probability over the last four decades, is motivated by the goal of understanding the interplay between the geometry of a space and the stochastic processes that live upon it.

In this report, I will discuss a recent project concerning the random walk on a certain critical percolation cluster. To introduce this, first consider bond percolation on the integer lattice \mathbb{Z}^d . In particular, independently for each edge of the lattice, retain the edge with probability p , and discard it otherwise. This procedure gives a random subgraph of \mathbb{Z}^d , and it is well known that there is a phase transition in the behaviour of this that takes place at a certain 'critical probability' $p_c(d)$. (A special case is $p_c(2) = 1/2$.) For $p > p_c(d)$, the percolation process admits a unique infinite cluster that is essentially space filling; this is the supercritical regime. And, for $p < p_c(d)$, the process

admits only finite clusters; this is the subcritical regime. As for the critical value $p = p_c(d)$, it is widely expected that the large components of the graph have a non-trivial fractal structure, with volume growth exponent strictly lower than the Hausdorff dimension of the ambient space. My interest is in how random walks on these critical graphs behave. For context, in the supercritical regime, it is known that the random walks can be rescaled to give a Brownian motion on \mathbb{R}^d , just as would be the case on the lattice.

Now, in high dimensions ($d > 6$), there is a more precise conjecture that links critical percolation clusters to a certain random fractal tree called the continuum random tree. Whilst confirming this conjecture remains open, together with Eleanor Archer (Paris Nanterre), in [1], I showed that this prediction holds on another high-dimensional model, namely when the underlying graph \mathbb{Z}^d is replaced by the random hyperbolic triangulation of the upper half plane. It is beyond the scope of this report to describe this model in detail, but nonetheless, this result supports the conjecture for the high-dimensional Euclidean case. Moreover, we were able to check the associated random walks converge to a natural diffusion on the limiting fractal. For this, we applied general theory that relates the convergence of processes to that of associated resistance metric measure spaces [2]. In this approach, one transfers questions about a random walk to those about an associated electrical network, which are often easier to study. Such a viewpoint has proved useful for other examples of random walks in random environments, and it is my goal to explore further applications of it. Moreover, in my research, I seek to develop further general tools that provide insights concerning other models arising in physics and elsewhere.

- [1] E. Archer and D. A. Croydon, *Scaling limit of critical percolation clusters on hyperbolic random half-planar triangulations and the associated random walks*, preprint appears at arXiv:2208.12102 (2022).
- [2] D. A. Croydon, *Scaling limits of stochastic processes associated with resistance forms*, Ann. Inst. Henri Poincaré Probab. Stat. **54** (2018), no. 4, 1939-1968.

准教授 小林 佑輔（離散最適化とアルゴリズムの研究）

離散最適化問題（組合せ最適化問題）とはネットワークやグラフ等の離散的な構造の上で、何らかの指標を最大化・最小化する問題であり、現代社会のあらゆる場面に現れる。その汎用性の高さから、離散最適化問題に対する効率的アルゴリズムの開発は重要な課題として認識され、理論・応用の両面から盛ん

に研究されている。特に、多項式時間アルゴリズムと呼ばれる計算時間が入力サイズの多項式で抑えられるアルゴリズムの設計は、クレイ数学研究所のミレニウム懸賞問題の $P \neq NP$ 予想に象徴されるように、理論計算機科学における最重要トピックの一つである。

私は離散最適化問題に対するアルゴリズムの理論研究を行なっている。特に、効率的に解ける問題（多項式時間で解ける問題）と難解な問題との本質的な差異がどこにあるのかを追究し、各種最適化問題に対するより効率的なアルゴリズムの設計・理論解析、困難性の数学的証明、効率的に解ける多様な問題を包含する数理的枠組みの構築などを行なっている。

代表的な成果としては、重み付き線形マトロイドパリティ問題に対する多項式時間アルゴリズムの設計が挙げられる。重み付き線形マトロイドパリティ問題は、重み付きマッチング問題と重み付き線形マトロイド交叉問題という離散最適化分野における代表的な二つの問題の共通の一般化として 1970 年代に導入され、統一的に数多くの問題を記述できることから注目を集めてきた。しかし、この問題に対しては非常に限られた結果しかこれまでに知られておらず、多項式時間アルゴリズムが存在するか否かは 40 年近くもの間未解決であった。我々の研究 [1] では、線形代数的定式化や増加道アルゴリズムといった重み無しの問題に使われていた手法を重み付きの問題に適用できる形に発展させるとともに、主双対アルゴリズムや組合せ緩和法といった手法を用いることで、この問題に対する初の多項式時間アルゴリズムを与えている。さらに、重み付き線形マトロイドパリティ問題が統一的に数多くの問題を記述できることから、本研究成果は副次的に様々な問題に対する多項式時間アルゴリズムを与えている。

また、ネットワークの頑健性・耐故障性をモデル化した最適化問題に対するアルゴリズムの研究も行なっている。文献 [2] は入力グラフの連結度にある種の仮定をおいた状況下での連結度増大問題を、文献 [3] は全体の連結性ではなく「いずれかの拠点と連結であること」を目的としたネットワークを設計する一般化ターミナルバックアップ問題を、文献 [4] は同時に複数のノードやリンクの損傷が起こる状況を考慮したモデルの上でネットワークの頑健性を評価する問題をそれぞれ扱っており、いずれも各問題に対して初めての多項式時間アルゴリズムを与えている。

上記以外にも、拡張定式化を用いたアルゴリズム設計 [5]、グラフマイナー理論に基づくアルゴリズムの設計 [6, 7]、離散構造を用いたマッチング問題の拡張に関する研究 [8, 9]、有向木詰込み問題の一般化に関する研究 [10] も行

なっている。

- [1] A weighted linear matroid parity algorithm, *SIAM Journal on Computing*, 51 (2022), pp. STOC17:238-STOC17:280. (with S. Iwata)
- [2] An algorithm for $(n-3)$ -connectivity augmentation problem: jump system approach, *Journal of Combinatorial Theory, Series B*, 102 (2012), pp. 565-587. (with K. Bérczi)
- [3] The generalized terminal backup problem, *SIAM Journal on Discrete Mathematics*, 29 (2015), pp. 1764-1782. (with A. Bernáth and T. Matsuoka)
- [4] Max-flow min-cut theorem and faster algorithms in a circular disk failure model, *Proceedings of the 33rd Annual IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM 2014)*, 2014, pp. 1635-1643. (with K. Otsuki)
- [5] Weighted triangle-free 2-matching problem with edge-disjoint forbidden triangles, *Mathematical Programming, Series B*, 192 (2022), pp. 675-702.
- [6] The disjoint paths problem in quadratic time, *Journal of Combinatorial Theory, Series B*, 102 (2012), pp. 424-435. (with K. Kawarabayashi)
- [7] Linear min-max relation between the treewidth of an H -minor-free graph and its largest grid minor, *Journal of Combinatorial Theory, Series B*, 141 (2020), pp. 165-180. (with K. Kawarabayashi)
- [8] A proof of Cunningham's conjecture on restricted subgraphs and jump systems, *Journal of Combinatorial Theory, Series B*, 102 (2012), pp. 948-966. (with J. Szabó, and K. Takazawa)
- [9] Optimal general factor problem and jump system intersection, *Mathematical Programming, Series B*, to appear.
- [10] Covering intersecting bi-set families under matroid constraints, *SIAM Journal on Discrete Mathematics*, 30 (2016), pp. 1758-1774. (with K. Bérczi and T. Király)

准教授 竹広 真一（地球および惑星流体力学の研究）

地球および惑星などの天体での流体现象を記述し考察するための流体力学の研究を行なっている。地球および惑星規模の流れの特徴的な性質を与える主要因として、惑星が自転していること・重力と密度成層・構成物質の相変化・領域が球形であること、といった点があげられる。惑星大気やマントル・中心核の現象の複雑な状況を単純化したモデルを構成し、その中に登場する自転速

度や重力と密度成層の強さ、球の半径などのパラメータを様々に変えて、計算機を用いた数値実験によって流れの様子を求め、さらに数値実験結果に現れた流れの性質を統一的にとらえるための理論を構築することを試みる。このような作業を通じて地球や惑星のさまざまな流体现象に内在する基本的な流体力学的ふるまいを理解することを目指している。また、上記の研究を効率的に行なうための数値計算技法とソフトウェアの開発も行なっている [9]。単純化したモデルを用いて流れの基本的な性質を掌握しておくことは、さまざまな物理過程を取り込んだシミュレーションモデルにおいて表現されるべき流体力学過程を明らかにすることとなり、そのことが地球や惑星の構造とその進化に対する予言能力の獲得につながると期待される。

これまでの具体的な研究テーマの一つとして、木星型惑星大気・太陽大気および惑星中心核の単純化したモデルである回転球殻内での熱対流の研究があげられる。この問題に対してスーパーコンピュータを利用して線形安定性と弱非線形計算を数値的に実行し、球殻の回転角速度や厚さなどのパラメータを広い範囲で変化させて発生する熱対流の構造の変化の様子を調べ、その流れの支配要因の分析を詳細に行った [8,10]。その結果、回転が遅い場合には回転と逆向きに伝播するバナナ型の対流セルが出現すること、回転が速い場合には回転方向と同じ向きに伝播する回転軸に沿った柱状あるいは螺旋状に棚引いた対流セルが出現すること、そしてこの傾向は球殻の厚さに関係なくテイラー数にして 10^4 程度のところで遷移すること、を見出した。そしてバナナ型・柱型・螺旋型といった対流構造と伝播性質が、実は渦度の伸縮に伴う波動運動の性質の違いによるものであることを見出し、従来の単にみかけの形態による対流パターンの分類を力学的な構造に結びつけることに成功した [8]。加えて、対流の存在によって生成される平均帯状流の構造を、同様に広いパラメータ範囲に渡って求めることを行い、さまざまに変化する帯状流分布の生成の仕組みを分類し明らかにした [10]。太陽や木星型惑星の表面の平均帯状流は観測可能な物理量であり、各天体の大気運動を特徴づけるものとしてそのパターンが以前から注目され、その生成過程を詳細に調べることは地球惑星科学的な面からも重要である。近年は国内外の研究者と共同して、地球中心核とマンツルの状況を想定した熱対流 [1, 2, 5] や磁気流体力学およびダイナモの問題 [6, 7]、あるいは太陽および恒星内部の熱対流 [4] や太陽系内外惑星・衛星の大気運動 [3] についても研究を進めている。

[1] Horizontal length of finite amplitude thermal convection cells with temperature-dependent viscosity. *Phys. Earth Planet. Inter.*, **344** (2023) 107103 (with H.

- Okuda)
- [2] Model system for the transient behavior of double diffusive convection in two miscible layers, *Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics*, **20** (2023) 449-473 (with T. Ishikawa and M. Yamada)
 - [3] Superrotation of Titan's stratosphere driven by the radiative heating of the haze layer. *Astrophys. J.*, **928** (2022) 149 (18pp) (with M. Sumi, W. Ohfuchi, H. Nomura and Y. Fujii)
 - [4] Assessment of critical convection and associated rotation states in models of Sun-like stars including a stable layer. *Astrophys. J.*, **893** (2020) 83 (15pp) (with A. S. Brun and M. Yamada)
 - [5] On destruction on a thermally stable layer by compositional convection in the Earth's outer core, *Front. Earth Sci.* (2018) 6:192 (with Y. Sasaki)
 - [6] Influence of surface displacement on solid state flow induced by horizontally heterogeneous Joule heating in the inner core of the Earth, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **241** (2015) 15-20.
 - [7] Effects of latitudinally heterogeneous buoyancy flux conditions at the inner boundary on MHD dynamo in a rotating spherical shell, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **223** (2013) 55-61 (with Y. Sasaki, S. Nishizawa, and Y.-Y. Hayashi)
 - [8] Physical interpretation of spiralling-columnar convection in a rapidly rotating annulus with radial propagation properties of Rossby waves, *J. Fluid Mech.*, **614** (2008) 67-86.
 - [9] SPMODEL: A series of hierarchical spectral models for geophysical fluid dynamics, Nagare Multimedia (2006) http://www.nagare.or.jp/mm/2006/index_en.htm (with M. Odaka, K. Ishioka, M. Ishiwatari, Y.-Y. Hayashi and SPMODEL Development Group)
 - [10] Mean zonal flows excited by critical thermal convection in rotating spherical shells, *Geophys. Astrophys. Fluid Dyn.*, **90** (1999) 43-77 (with Y.-Y. Hayashi)

准教授 照井 一成 (数理論理学)

証明の数理論理学と題して、多角的な視点から証明の研究を行っている。

証明は数学の手段であるが、同時に数学の対象でもありうる。実際、適切な表示を与えれば背後にある数学的構造が浮かび上がってくる。また証明は、カリー・ハワード対応のもとで関数型プログラムと（ある程度）同一視できることが知られている。それゆえ証明は「正しさの保証」という静的側面に加えて、

「計算の媒体」としての動的側面も兼ね備えている。

多様な側面をもつ証明を理解するために、計算複雑性 [1, 5], ゲーム [2], 表示意味論, 代数意味論等さまざまな観点から研究を行っている。過去の具体的な研究成果としては以下のものが挙げられる。

1. 非古典論理の代数的証明論を提唱し、順序代数と証明論の対応関係を調べた [4, 7, 8]。たとえば順序代数の完備化は、適切に一般化すれば証明のカット除去に相当し、論理式の複雑さを制限すれば正確な一致を証明することができる。この種の対応関係を調べることで、順序代数の技法と証明論の技法が双方向に利用可能になるというのが主眼である。

2. 論文 [3] では、単純型ラムダ計算（直観主義命題論理）の計算複雑性について正確な特徴づけを与えた。重要なのは線形論理のスコット意味論と呼ばれる表示意味論を用いている点である。意味論的評価により単純な記号の書き換え（プログラム実行）では達成できない高速な計算が可能になり、計算複雑性の上限が与えられる。

3. 論文 [6, 9] では、伝統的証明論（順序数解析）における重要技法の1つである Ω 規則をラムダ計算や構造的証明論の文脈に取り込み、代数的解釈を与えた。 Ω 規則の代数化により、算術理論における帰納的定義の階層（の一部）が二階述語論理の階層と正確に一致することを示すのに成功した。

未だ成果は出ていないが、近年力を入れているのは証明の発見法についての研究であり、そのために数理論理学やプログラミング言語基礎論の知見が生かせないかどうかを模索中である。

- [1] Patrick Baillot and Kazushige Terui. Light types for polynomial time computation in lambda calculus. *Inf. Comput.*, 207(1): 41-62, 2009.
- [2] Kazushige Terui. Computational ludics. *Theor. Comput. Sci.* 412(20): 2048-2071, 2011.
- [3] Kazushige Terui. Semantic evaluation, intersection types and complexity of simply typed lambda calculus. *Proceedings of RTA 2012*, 323-338, 2012 (best paper award).
- [4] Agata Ciabattoni, Nikolaos Galatos and Kazushige Terui. Algebraic proof theory for substructural logics: Cut-elimination and completions. *Ann. Pure Appl. Logic*, 163(3): 266-290, 2012.
- [5] Damiano Mazza and Kazushige Terui. Parsimonious Types and Non-uniform Computation. *Proceedings of ICALP 2015*, 350-361, 2015.
- [6] Ryota Akiyoshi and Kazushige Terui. Strong Normalization for the Parameter-

- Free Polymorphic Lambda Calculus Based on the Omega-Rule. *Proceedings of FSCD 2016*, 5:1-5:15, 2016.
- [7] Paolo Baldi and Kazushige Terui. Densification of FL chains via residuated frames. *Algebra Universalis*, 75(2): 169-195, 2016.
- [8] Agata Ciabattoni, Nikolaos Galatos and Kazushige Terui. Algebraic proof theory: Hypersequents and hypercompletions. *Ann. Pure Appl. Logic*, 168(3): 693-737, 2017.
- [9] Kazushige Terui. MacNeille Completion and Buchholz' Omega Rule for Parameter-Free Second Order Logics. *Proceedings of CSL 2018*, 37:1-19, 2018.
- [10] 照井一成. コンピュータは数学者になれるのか 数学基礎論から証明とプログラムの理論へ, 青土社, 2015年.

准教授 中山 昇 (代数多様体・複素多様体の研究)

代数多様体や複素多様体の双有理幾何学を研究している。小平次元, 多重種数, 不正則数, 代数次元などの双有理不変量を用いて多様体の構造を調べるのだが, このうち標準因子に関係する不変量を特に重視している。標準因子についてのアバンドンス予想は飯高加法性予想などを導き, 双有理幾何学の中心問題と考えられる。このような不変量の研究や, 双有理幾何学上重要と思われる多様体の具体的構造に興味があり, ザリスキ分解など代数多様体の因子の数値的性質に関わる研究 [3] や, 楕円ファイバー空間の構造についての研究 [1][2] などを行ってきた。その後, 共同研究を契機に始まった以下のテーマ (1)(2) についても長期にわたり研究が続いている。

(1) 全射だが同型でない自己正則写像をもつ多様体の分類: コンパクト非特異複素解析的曲面や小平次元が非負の3次元非特異射影代数多様体の場合の分類は, 藤本圭男氏との共同研究で得られている。またエタールな自己正則写像や偏極構造を保つ自己正則写像について D.-Q. Zhang 氏と共同研究を行い, ピカール数1の非特異ファノ多様体について J.-M. Hwang 氏と共同研究を行った。また2021年までの研究で, 正規射影的代数曲面の場合についての分類について一定の成果を得た [7][8][9][10]。このうち [7][8][9] は2008年に書かれた未公表のプレプリントの内容を拡張したものであり, [10] ではそのとき未解決だった場合をピカール数1の場合をのぞいて完成させた。この [10] では [5] で得られた「擬トーリック曲面」と「半トーリック曲面」の性質が本質的に用いられている。

(2) \mathbb{Q} ゴレンシュタイン変形: 種数ゼロで単連結な一般型曲面を特殊な特異

有理曲面から \mathbb{Q} ゴレンシュタイン変形によって構成する, という Lee-Park の方法を正標数に拡張する研究を Y. Lee 氏と共同で行った [4]。その後, 共著論文 [6] では局所ネータースキームの \mathbb{Q} ゴレンシュタイン射を定義しその性質を調べた。それ以降は関連する同変変形や同変コホモロジーについて圏論の手法などを使いながら研究しているが, 最近は圏論について多くの時間を割いている。

- [1] Local structure of an elliptic fibration, *Higher Dimensional Birational Geometry*, pp. 185-296, Adv. Stud. Pure Math. **35**, Math. Soc. Japan, 2002.
- [2] Global structure of an elliptic fibration, Publ. RIMS Kyoto Univ. **38** (2002), 451-649.
- [3] *Zariski-decomposition and Abundance*, MSJ Memoirs **14**, Math. Soc. Japan, 2004.
- [4] (with Y. Lee) Simply connected surfaces of general type in positive characteristic via deformation theory, Proc. London Math. Soc. **106** (2013), 225-286.
- [5] A variant of Shokurov's criterion of toric surface, *Algebraic Varieties and Automorphism Groups*, pp. 287-392, Adv. Stud. in Pure Math. **75**, Math. Soc. Japan, 2017.
- [6] (with Y. Lee) Grothendieck duality and \mathbb{Q} -Gorenstein morphisms, Publ. RIMS Kyoto Univ. **54** (2018), 517-648.
- [7] Singularity of normal complex analytic surfaces admitting non-isomorphic finite surjective endomorphisms, Osaka J. Math. **60** (2023), 403-489.
- [8] On normal Moishezon surfaces admitting non-isomorphic surjective endomorphisms, preprint RIMS-1923, Kyoto Univ., 2020.
- [9] On the structure of normal projective surfaces admitting non-isomorphic surjective endomorphisms, preprint RIMS-1934, Kyoto Univ., 2020.
- [10] Outstanding problems on normal projective surfaces admitting non-isomorphic surjective endomorphisms, preprint RIMS-1943, Kyoto Univ., 2021.

准教授 星 裕一郎 (数論幾何の研究)

私は, 遠アーベル幾何学や p 進タイヒミュラー理論などといった観点を中心として, 双曲的な代数曲線の数論幾何学の研究を行っている。

これまでに行った研究の成果として, 例えば, 以下が挙げられる。

- セクション予想の研究: 数体や p 進局所体上の双曲的代数曲線に対するセ

クシオン予想の副 p 版の反例の構成 [1], 有理数体や虚二次体上の代数曲線の双有理ガロアセクションの幾何学性の研究。

- 代数曲線に対する遠アーベル幾何学の研究：有限体上の射影的雙曲的代数曲線の遠アーベル副 ℓ カスプ化の研究, モノドロミー充滿な種数 0 の雙曲的代数曲線の同型類や準モノドロミー充滿な雙曲的代数曲線の有理点の同値類のガロア理論の特徴付け, 玉川安騎男氏・松本眞氏による準モノドロミー充滿性の ℓ 独立性問題の否定的解決, クンマー忠実体上の非射影的雙曲的代数曲線に対する遠アーベル予想の半絶対版の研究, 潜在的通常安定還元を持つ p 進局所体上の射影的雙曲的代数曲線に対する副 p 遠アーベル良還元判定法の確立, ある条件を満たす一般化劣 p 進体上の準三点基に対する遠アーベル予想の絶対版の解決 [3]。

- 高次元代数多様体に対する遠アーベル幾何学の研究：次元 4 以下の雙曲的多重曲線に対する遠アーベル予想の解決 [2], 木下亮氏・中山能力氏との共同研究による付加構造付き楕円曲線のモジュライ空間に対する遠アーベル予想の解決, 狭義単調減少型雙曲的多重曲線に対する遠アーベル予想の解決, Grothendieck による非特異代数多様体に対する遠アーベル多様体から成る開基の存在問題の一般化劣 p 進体上への一般化の解決, 辻村昇太氏・室谷岳寛氏との共同研究による実閉体上のある条件を満たす代数多様体の代数的基本群における幾何学的部分群の単遠アーベル的復元アルゴリズムの確立, ある条件を満たす一般化劣 p 進体上での非特異代数多様体に対する遠アーベル多様体から成る開基の存在問題の絶対版の解決 [3]。

- 組み合わせ論的遠アーベル幾何学の研究：望月新一氏との共同研究による, NN 型外表現に関する組み合わせ論版遠アーベル予想の研究, 円分物の同期化の理論の確立, 副有限デーン捻りの基礎理論の整備, 写像類群の曲面群への外表現に関する位相幾何学版遠アーベル予想の解決, 数体や混標数局所体上の雙曲的代数曲線に付随する外ガロア表現の忠実性の証明, 有限型雙曲的リーマン面の純組紐群の副有限完備化のファイバー保存的な連続外部自己同型射に対する組み合わせ論的カスプ化の研究, 三点基の同期化の理論の確立, 組み合わせ論的カスプ化の貼り合わせの理論の研究。非カスプ的な場合の PIPSC 型副有限群に対する付随する副有限グラフの単遠アーベル的復元アルゴリズムの確立。南出新氏と望月新一氏との共同研究による, 有限型雙曲的リーマン面の純組紐群の副有限完備化の研究, 特に, そのような副有限完備化の一般化ファイバー部分群の単遠アーベル的復元アルゴリズムの確立と, その応用としての, グロタンディーク・タイヒミュラー群の純群論的表示の確立 [5]。

- 数論的な体に対する遠アーベル幾何学の研究：混標数局所体の絶対ガロア群の間の開準同型射に対して、その開準同型射が体の拡大から生じることと、その開準同型射がガロア表現のホッジ・テイト性を保つことの同値性の証明。数体のある局所的乗法的構造による加法構造の復元の研究。混標数局所体に関連する様々な遠アーベル幾何学的话题の研究、特に、例えば、整数環と対数域という2つの整構造の比較、混標数局所体の絶対ガロア群の間の開準同型射の遠アーベル幾何学的観点による研究、特殊な混標数局所体に関連するいくつかの単遠アーベル的復元アルゴリズムの確立、絶対ノルム射の単遠アーベル的復元アルゴリズムの確立などといった研究。数体の可解閉拡大のガロア群に対する単遠アーベル的復元アルゴリズムの確立。西尾優氏との共同研究による、混標数局所体の絶対ガロア群の外部自己同型群の中の体論的な有限部分群の研究。

- 宇宙際タイヒミュラー理論の研究：望月新一氏, Ivan Fesenko 氏, 南出新氏, Wojciech Porowski 氏との共同研究による、剰余標数2の設定におけるエタールテータ関数の理論の研究、有理数体や虚二次体上でのディオファントス幾何学への応用、特に、Fermat 予想の新しい証明の確立 [4]。

- 代数曲線の双曲の通常性の研究：標数3での冪零許容固有束や冪零通常固有束に付随するハッセ不変量とカルティエ固有形式との関連の確立、有限次元エタール被覆に対する冪零固有束の通常性の安定性に関する p 進タイヒミュラー理論における基本問題の否定的解決、数値的不変量が小さい場合の冪零許容固有束や冪零通常固有束に付随する超特異因子の具体的記述の研究、標数3での種数5以下の射影的雙曲的超楕円的代数曲線の双曲の通常性の証明。

- 正標数雙曲的代数曲線の幾何学の研究：標数 p の射影的雙曲的代数曲線上の階数 $p-1$ の休眠乍の同型類の一意性の証明。標数 p の射影的雙曲的代数曲線上の、ハッセ・ヴィット不変量が正となる次数 $p-1$ の巡回有限次元エタール被覆の存在の証明。丹後曲線の存在に関する研究。古典的なリーマン面の理論における正則座標、複素射影構造、固有束の間のある自然な関連の正標数類似である、正標数射影的雙曲的代数曲線上の擬座標、フロベニウス射影構造、フロベニウス固有構造の間の自然な関連の確立。

また、比較的最近の研究の成果として、以下が挙げられる。

- 雙曲的代数曲線という概念の遠アーベル幾何学的観点における純位相群論的抽象化として、雙曲的代数重曲線という概念を導入して、その一般的な幾何学の研究を行い、特に、その部分的コンパクト化の理論、及び、その有限群による商の理論を整備した [6]。

・上述の古典的なリーマン面の理論における正則座標, 複素射影構造, 固有束の間のある自然な関連の正標数類似のアファイン版として, 正標数射影的双曲的代数曲線上の丹後関数, フロベニウスアファイン構造, フロベニウスアファイン固有構造の間の自然な関連を確立した [7]。

・辻村昇太氏と共同で, 体の自己同型群からその体の絶対ガロア群の外部自己同型群への自然な射の単射性の研究を行なった。特に, 与えられた体が, 例えば, 混標数ネーター局所整域の商体の部分体と同型であるとき, あるいは, 非自明な離散付値を持つ正標数の体であるときには, そのような射が単射となることを証明した [8]。

・飯島優氏と共同で, 準モノドロミー充滿な双曲的代数曲線の幾何学的同型類のガロア理論的特徴付けの研究を行なった。具体的には, 与えられた設定の数値的不変量がある条件を満たす場合に, 劣 ℓ 進体上の準 ℓ モノドロミー充滿な双曲的代数曲線の幾何学的同型類が, 曲線に付随する外ガロア表現の核の通約類によって完全に決定されることを証明した [9]。

・若林泰央氏と共同で, 正標数射影的雙曲的代数曲線の上の安定ベクトル束のモジュライ空間の研究を行なった。具体的には, 固定された正標数射影的雙曲的代数曲線に対して, その上の行列式束が自明な階数2の安定ベクトル束のモジュライ空間の, フロベニウス引き戻しを考えることによって得られる自己有理写像の次数の上限を与えた [10]。

- [1] Existence of nongeometric pro- p Galois sections of hyperbolic curves, *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* **46** (2010), no. 4, 829-848.
- [2] The Grothendieck conjecture for hyperbolic polycurves of lower dimension, *J. Math. Sci. Univ. Tokyo* **21** (2014), no. 2, 153-219.
- [3] The absolute anabelian geometry of quasi-tripods, *Kyoto J. Math.* **62** (2022), no. 1, 179-224.
- [4] Explicit estimates in inter-universal Teichmüller theory(with Shinichi Mochizuki, Ivan Fesenko, Arata Minamide, and Wojciech Porowski), *Kodai Math. J.* **45** (2022), no. 2, 175-236.
- [5] Group-theoreticity of numerical invariants and distinguished subgroups of configuration space groups(with Arata Minamide and Shinichi Mochizuki), *Kodai Math. J.* **45** (2022), no. 3, 295-348.
- [6] The geometry of hyperbolic curvoids, *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* **59** (2023), no. 1, 1-55.
- [7] Frobenius-affine structures and Tango curves, *Nagoya Math. J.* **250** (2023),

385-409.

- [8] On the injectivity of the homomorphisms from the automorphism groups of fields to the outer automorphism groups of the absolute Galois groups (with Shota Tsujimura), *Res. Number Theory* **9** (2023), no. **2**, Paper No. **44**, 13 pp.
- [9] Galois-theoretic characterization of geometric isomorphism classes of quasi-monodromically full hyperbolic curves with small numerical invariants (with Yu Iijima), *J. Algebra* **634** (2023), 480-511.
- [10] An upper bound on the generic degree of the generalized Verschiebung for rank two stable bundles (with Yasuhiro Wakabayashi), *J. Pure Appl. Algebra* **228** (2024), no. **6**, Paper No. **107605**, 14 pp.

講師 上田 福大 (Arithmetic Geometry)

My research interests lie in Arithmetic Geometry and Number Theory. I currently study p-adic Hodge theory, Galois representations and K theory.

In number theory, especially in Langlands Program, a central question is: Which Galois representations come from algebraic geometry? It is conjectured by Fontaine and Mazur that the key condition is “potentially log-crystalline”. In the mid 1990’s, a highly nontrivial case of this conjecture was proved by Wiles, namely the Taniyama-Shimura conjecture. Today, the Fontaine-Mazur conjecture in dimension two for the rational field is settled, as a result of various works in the past decades, including our work [3].

In fact, the condition “log-crystalline” was rooted in the study of comparison between p-adic étale cohomology and crystalline cohomology, the so-called comparison theorem in p-adic Hodge theory, initially known as Grothendieck’s mysterious functor, which was proved in various generalities. In [1], we have adapted the approach of pro-étale site to prove the comparison for cohomologies with non-trivial coefficients, and also in the relative setting. For comparison theorems over more general bases, and for the integral versions of these results, the use of higher categories becomes inevitable. Such an approach also naturally leads us to the study of motives and K-theory. My current focus is the calculation of étale cohomology of arithmetic schemes via K-theory and higher class field theory.

P-adic Hodge theory also has applications to (families of) automorphic forms. In [5] we obtain a construction of eigenvarieties in dimension two over arbitrary number fields via p-adic Hodge theory. In [4], we have managed to construct pieces of

eigenvarieties in the Siegel-Hilbert setting.

- [1] Crystalline comparison isomorphisms in p-adic Hodge theory: the absolutely unramified case, *Algebra and Number Theory*, 2019 (7), 1509-1581. (Joint with J. Tong)
- [2] The overconvergent Eichler-Shimura morphisms for modular curves, preprint. (Joint with H. Diao)
- [3] The Breuil-Mezard conjecture for non-scalar split residual representations, *Annales Scientifiques de l'Ecole Normale Supérieure* 48, 2015 (4), 1381-1419. (Joint with Y. Hu)
- [4] C.-P. Mok and F. Tan, Overconvergent family of Siegel-Hilbert modular forms, *Canadian Journal of Mathematics* 67, 2015 (4), 893-922. (Joint with C.-P. Mok)
- [5] Families of p-adic Galois representations. MIT thesis, 2011.

講師 岸本 展 (偏微分方程式の研究)

非線形偏微分方程式, 特に分散型と呼ばれるクラスの発展方程式 (非線形シュレディンガー方程式, KdV 方程式等が含まれる) について, 調和解析・実解析的手法に基づいて初期値問題の適切性 (解の存在と一意性, 初期値の変動に対する安定性) や, 線形解への漸近・有限時間爆発といった解の時間大域的性質等を研究している。

線形分散型方程式の発展作用素は, 放物型方程式ほど顕著ではないが, その分散性 (異なる周波数の波が異なる速度で伝播する性質) に由来する平滑化効果を持ち, これは非線形方程式を解析する際に重要な道具となる。1990年代に登場したフーリエ制限ノルム法は, この種の平滑化効果を捉える新たな手法として注目され, 概保存則や U^p-V^p 型関数空間など関連する理論の発展と共に非線形分散型方程式の研究を飛躍的に進展させた。現在までに, これらの手法による種々の方程式の適切性の解明 [1, 3] に加え, 滑らかでない初期値に対する適切性の破綻 [2, 6], 解の一意性を証明するための一般的な枠組みの整備とその応用 [7, 10], ハミルトン系の構造を持つ方程式に対する不変測度の厳密な構成 [8] などの研究を行っている。

ここ数年は主として周期境界条件下での初期値問題に取り組んでいる。この場合, 方程式の線形部分に由来する時間振動と非線形相互作用により発生する時間振動が相殺しあう「共鳴状態」においては上記のような平滑化効果が期待できないため, その解析が重要となる。共鳴状態の影響が比較的小さいと思われる問題に対しては, 組合せ論的なアプローチにより共鳴状態が起こる頻度を

評価する試みが単純な分散型方程式に対してなされていたが、これを複雑な共鳴構造を持つ回転流体の方程式の解の構成に応用することに成功した [4]。逆に共鳴状態の影響が無視できない場合、初期値が十分に滑らかであっても（時間について正負両方向に）直ちに特異性が生じたり、あるいは初期値が滑らかでなくても解が（時間正の方向に）滑らかになったりすることを、光ファイバ中のパルスの伝播やプラズマの時間発展といった物理現象のモデルとして用いられている非線形分散型方程式に対して示した [5, 9]。これらは楕円型・放物型方程式の典型的な性質であり、線形の分散型方程式では起こり得ない真に非線形的な現象である。

現在はこのような、分散型方程式の共鳴相互作用に内在する「放物型性」に特に興味を持っている。今はまだ共鳴構造が比較的単純な特定の方程式について個々に調べている段階であるが、今後はその発現メカニズムと解の振る舞いに与える影響の解明や、なるべく一般的な設定の下でそれを解析できる手法の開発に取り組みたいと考えている。

- [1] Local well-posedness for the Zakharov system on multidimensional torus, *Journal d'Analyse Mathématique* 119 (2013), 213-253.
- [2] Remark on the periodic mass critical nonlinear Schrödinger equation, *Proceedings of the American Mathematical Society* 142 (2014), 2649-2660.
- [3] Well-posedness for a quadratic derivative nonlinear Schrödinger system at the critical regularity, *Journal of Functional Analysis* 271 (2016), 747-798. (with M. Ikeda and M. Okamoto)
- [4] Global solvability of the rotating Navier-Stokes equations with fractional Laplacian in a periodic domain, *Mathematische Annalen* 372 (2018), 743-779. (with T. Yoneda)
- [5] Ill-posedness of the third order NLS equation with Raman scattering term, *Mathematical Research Letters* 25 (2018), 1447-1484. (with Y. Tsutsumi)
- [6] A remark on norm inflation for nonlinear Schrödinger equations, *Communications on Pure and Applied Analysis* 18 (2019), 1375-1402.
- [7] Unconditional uniqueness for the periodic modified Benjamin-Ono equation by normal form approach, *International Mathematics Research Notices. IMRN* 2022 (2022), 12180-12219.
- [8] Invariance of the Gibbs measures for periodic generalized Korteweg-de Vries equations, *Transactions of the American Mathematical Society* 375 (2022), 8483-8528. (with A. Chapouto)

- [9] Well-posedness of the Cauchy problem for the kinetic DNLS on \mathbf{T} , Journal of Hyperbolic Differential Equations 20 (2023), 27-75. (with Y. Tsutsumi)
- [10] Unconditional uniqueness of solutions for nonlinear dispersive equations, preprint. arXiv:1911.04349 [math.AP]

講師 山下 剛 (数論幾何の研究)

- p 進 Hodge 理論とそれに関連する分野 ((φ, Γ) 加群, p 進微分方程式など),
- 岩澤理論と Bloch- 加藤の玉河数予想,
- 多重ゼータ値, 淡中基本群, 混合 Tate モチーフ,
- 志村多様体 (や Drinfel'd モジュラー多様体やシュトゥカのモジュライ) と Langlands 対応,
- 保型性持ち上げ定理 ($R=\mathbb{T}$) と p 進 Langlands 対応,
- 代数的サイクル, 混合モチーフ, 代数的 K 理論,
- 宇宙際 Teichmüller 理論とそれに関連する分野 (遠アーベル幾何, p 進 Teichmüller 理論, Hodge-Arakelov 理論など).

多重ゼータ値は, 共形場理論・KZ 方程式・結び目の量子不変量・擬テンソル圏・擬三角擬 Hopf 量子普遍包絡代数・曲線のモジュライ・Grothendieck-Teichmüller 群・混合 Tate モチーフ・代数的 K 理論など数学・物理の様々な分野と関連する面白い対象である。[2] において, 多重ゼータ値における Don Zagier 氏の次元予想の p 進版である p 進多重ゼータ値の空間の次元についての予想を定式化 (古庄英和氏との予想) し, 混合 Tate モチーフの圏のモチーフ的 Galois 群を用いることで代数的 K 理論と関係のある予想値で次元を上からおさえることを示した ([6] も参照)。これは多重ゼータ値の空間の次元に関する寺杣友秀氏, Alexander Goncharov 氏, Pierre Deligne 氏による結果の p 進版であり, p 進多重ゼータ値に膨大な線形関係式が存在することを示している。また, ここでは以前開多様体に対して拡張した p 進 Hodge 理論 ([1], [5]) も使われている。 p 進多重ゼータ値の空間と同様に p 進多重 L 値の空間の次元も代数的 K 理論と関係のある量で抑えたが, 多重 L 値の時と同様に p 進多重 L 値の間には一般に代数的 K 理論だけでは説明できない関係式が存在し, その一部は保型形式と関係することも分かった ([2], [6])。混合 Tate モチーフの圏のモチーフ的 Galois 群の特殊元についての Grothendieck の予想の p 進版も定式化し, それと上述の古庄英和氏との次元予想及び p 進等圧予想との関係も明らかにした ([2], [6])。岩澤理論の“混合 Tate 型の非可換化”の方向性の疑問についても [2] で言及した。

[4] の内容は玉川安騎男氏からの質問へ返答である。Pierre Berthelot 氏と Arthur Ogus 氏による p 進 Lefschetz (1, 1) 定理を準安定還元の場合へ拡張することと兵頭治氏と加藤和也氏による兵頭 - 加藤同型を族の場合に拡張することで Davesh Maulik 氏と Bjorn Poonen 氏による Picard 数跳躍軌跡についての結果を拡張した。

Andrew Wiles 氏と Richard Taylor 氏によってつくられ Mark Kisin 氏によって改良された Taylor-Wiles 系の議論による保型性持ち上げ定理 ($R^{\text{red}} = \mathbb{T}$) とそこから得られる Langlands 対応において、技術的には整 p 進 Hodge 理論を用いて局所普遍変形環を調べることが核心になってくる。[3] では Laurent Berger 氏と Hanfeng Li 氏と Hui June Zhu 氏による Frobenius 跡の附値が十分大きい時のクリスタリン表現の法 p 還元計算及びそれを用いた Mark Kisin 氏による局所普遍変形環の構造解明の手法を n 次元表現に拡張した (考える絶対 Galois 群も p 進体だけでなくその有限次不分岐拡大にも拡張した)。その研究を Frobenius 跡の附値が大きくないときにも推し進め、 p 進体の絶対 Galois 群の 2 次元表現で Hodge-Tate 重みの差が $(p^2+1)/2$ 未満の時にクリスタリン表現の法 p 還元の様子が超幾何多項式の係数や終結式の p 可除性などにより統制される事実を見つけた ([7])。これはクリスタリン表現の法 p 還元についてこれまで知られていなかった現象である。また、統一的視点もなく予想すらなかった法 p 還元の研究において部分的にであれ一般的な規則を見出したので、それと手がかりにより統一的な視点も模索したい。また、Pierre Colmez 氏・Christophe Breuil 氏・Vytautas Paskunas 氏・Matthew Emerton 氏たちによる p 進 Langlands 対応の拡張の研究への応用や相互作用も期待される。

近年は、望月新一氏による宇宙際幾何学のさらなる発展の方向性で同氏と共同研究をしている。望月新一氏の計算において abc 予想の誤差項に Riemann ゼータ関数との関連性を示唆する $1/2$ が現れる。一方、同氏の宇宙際 Teichmüller 理論においてテータ関数が中心的役割を果たすのであるが、テータ関数は Mellin 変換によって Riemann ゼータ関数と関係する。さらに、宇宙際 Teichmüller 理論において宇宙際 Fourier 変換の現象が起きている。これらのことから、長期的な計画であるが“宇宙際 Mellin 変換”の理論ができれば Riemann ゼータ関数と関係させることができるのではないかと期待して共同研究を進めている。[12] は望月新一氏の宇宙際 Teichmüller 理論をその準備の論文からまとめたサーベイ記事である。

他、代数的サイクルや p 進微分方程式や Drinfel'd 加群や t モチーフなどでそれぞれ関連する専門家と議論を進めることもしている。

- [1] Yamashita, G., Yasuda, S. *p-adic étale cohomology and crystalline cohomology for open varieties with semistable reduction*. preprint.
- [2] Yamashita, G. *Bounds for the dimensions of p-adic multiple L-value spaces*. Documenta Math. Extra Volume: Andrei A. Suslin's Sixtieth Birthday (2010), 687-723.
- [3] Yamashita, G., Yasuda, S. *On some applications of integral p-adic Hodge theory to Galois representations*. J. Number Theory **147** (2015), 721-748.
- [4] Yamashita, G. *p-adic Lefschetz (1,1) theorem in semistable case, and Picard number jumping locus*. Math. Res. Lett. **18** (2011), no. 01, 107-124.
- [5] Yamashita, G. *p-adic Hodge theory for open varieties*. Comptes Rendus Math., volume **349** (2011), issues 21-22, 1127-1130.
- [6] Yamashita, G. *p-adic multiple zeta values, p-adic multiple L-values, and motivic Galois groups*. Galois-Teichmüller Theory and Arithmetic Geometry, Adv. Studies in Pure Math. **63** (2012), 629-658.
- [7] Yamashita, G., Yasuda, S. *Reduction of two dimensional crystalline representations and Hypergeometric polynomials*. In preparation.
- [8] *A small remark on finite multiple zeta values and p-adic multiple zeta values*. RIMS Kōkyūroku Bessatsu, B68 (2017), 171-174.
- [9] *A simple proof of convolution identities of Bernoulli numbers*. Proc. Japan Acad., **91**, Ser. A (2015), 5-6.
- [10] Yamashita, G. *On finite multiple zeta values of non-positive weight*. preprint.
- [11] Yamashita, G. *A small remark on the filtered Φ -module of Fermat varieties and Stickelberger's theorem*. Tsukuba J. Math. vol. **40**, No. 1 (2016), 119-124.
- [12] Yamashita, G. *A proof of abc conjecture after Mochizuki*. preprint.

助教 石川 勝巳 (位相幾何学)

結び目や3次元多様体の不変量に興味を持ち、特にカンドルと呼ばれる代数系や、それを用いて得られる不変量について研究を進めてきた。カンドルは結び目理論と非常に相性が良く、様々な不変量が考案され、(曲面)結び目の研究に応用されてきたが、結び目群に対応する基本カンドルは結び目群とその周辺構造から復元され、カンドルを用いた不変量の多くが群の言葉で書き直されることが知られている。筆者はただカンドルを用いても本質的に新しい不変量は得られないと見ており、カンドルを便利な道具として利用して問題を解決しようとする方向や、カンドルそのものではなくそれを拡張した概念を考えるこ

とで新しい不変量を得ようとする試みの方が重要なのではないかと考えている。

[3] では多項式不変量の零点配置に関する予想 (Hoste 予想) をカンドル彩色の問題に置き換えて力学系的に捉えることにより全ての二橋結び目に対して肯定的に解決したが, [4] では同様の考え方を応用し Hoste 予想に対する反例を与えた。また, [2] ではカンドルの一般化であるバイカンドルから得られる不変量がカンドルから得られる不変量へ帰着されることを証明した。群の分類空間に対応するカンドル空間に関して, [5] ではその基本群にあたるカンドルの付随群が内部自己同型群の群ホモロジーの言葉で記述されることを示し, [6] ではカンドル空間の或る被覆空間に適切な群作用を定義して拡張カンドル空間との関係を調べることにより, Alexander カンドルのホモロジーを群ホモロジーのスペクトル系列から帰納的に計算する方法を与えた。[1] では微分多様体上に滑らかなカンドル演算が定義されたものを考え, 特にその中で連結かつ推移的なものについて基礎理論の構築を行った。すなわち, その局所構造を構成する要素を明らかにするとともに局所構造と全体構造の関係を示し, 低次元の場合に分類を与えた。

群の場合には Lie 群の局所構造である Lie 環を変形することによって量子群が得られ, これを基に結び目や 3 次元多様体の多くの不変量が発見された。では, 同様の考え方で「量子カンドル」と呼べるようなものは存在するだろうか? 現時点では夢のまた夢でしかないが, 例えば「量子カンドルコサイクル不変量」が存在するのならば「双曲体積の量子化」を考えることもでき, それはすなわち体積予想などの重要な問題の解決にも繋がるのではないかと期待しているのである。

- [1] *On the classification of smooth quandles*, preprint.
- [2] (with K. Tanaka) *Quandle colorings vs. biquandle colorings*, *Topology Appl.* **345** (2024).
- [3] *Hoste's conjecture for the 2-bridge knots*, *Proc. Amer. Math. Soc.* **147** (2019), 2245-2254.
- [4] (with M. Hirasawa and M. Suzuki) *Alternating knots with Alexander polynomials having un-expected zeros*, *Topology Appl.* **253** (2019), 48-56.
- [5] *Computing the associated groups of quandles with tools from group homology theory*, preprint available at arXiv:2402.15417.
- [6] *Spectral sequences on quandle homology groups*, preprint.
- [7] *Efficient knot invariants from quandles*, to appear in *Osaka J. Math.*

- [8] *Generalization of Galkin quandles and lifting property of dihedral colorings*, preprint.
- [9] (with K. Ichihara, E. Matsudo, and M. Suzuki) *Two-tone colorings and surjective dihedral representations for links*, to appear in *Osaka J. Math.*
- [10] (with T. Morifuji and M. Suzuki) *Twisted Alexander vanishing order of knots*, preprint available at arXiv:2310.10936.

助教 石川 卓 (微分幾何学)

Symplectic 幾何学の研究として始められた Gromov による擬正則曲線の方法や Floer の始めた Floer 理論は、現在では contact 幾何学を含め様々な研究に用いられている。私は symplectic 多様体や contact 多様体の Floer homology およびその応用について主に研究している。

[1] は symplectic 多様体の Floer homology のスペクトル不変量の評価とその応用に関するものである。スペクトル不変量は Floer homology を用いて定義される Hamiltonian の不変量であり、symplectic 同相や Hamilton 同相の力学的性質とも関係がある。[1] では symplectic 多様体内の symplectic 球体等の内部で特殊な形をした Hamiltonian のスペクトル不変量の評価を行い、それを Entov, Polterovich らの (super) heaviness の理論に応用した。

私はまた、[2] において symplectic field theory (SFT) の構成も行った。SFT とは、Eliashberg, Givental, Hofer らにより 2000 年ごろに始められた、contact 多様体やその間の symplectic cobordism に対する Gromov-Witten 不変量や Floer homology の一般化である。その代数的性質は彼らにより調べられていたが、実際の構成は永らく完成していなかった。[2] では、深谷、小野らの倉西理論を用いて、Bott-Morse 条件の場合も含めた SFT の一般的構成を行っている。この中で用いられた技術の一つである、倉西構造の可微分性に関するものについては、[3] においてより簡単な場合に詳しく説明している。

これからの研究としては、まず SFT の応用のために適切な不変量を構成し、その計算、評価を行う予定である。特に、現在は具体的な contact 多様体たちの間の cobordism の定める SFT の計算を行っている。また、これとは別に、私は族の Floer homology やその不変量についても関心があり、これについてもいずれ研究を進めていくつもりである。

- [1] Spectral invariants of distance functions, *Journal of Topology and Analysis* 8, (2016), pp655-676.
- [2] Construction of general symplectic field theory, arXiv:1807.09455.

- [3] Smooth Kuranishi structure of the space of Morse trajectories, Kyoto J. Math. 61(2), pp231-258

助教 大浦 拓哉 (数値解析, 数値計算法の開発)

数値解析の分野での基礎的な数値計算法の開発およびその解析を中心に行っている。これまでの主な研究内容は、フーリエ型積分変換の高速高精度計算の研究である。

無限区間の収束の遅いフーリエ型積分の計算はさまざまな理工学の花分野で必要とされるが、絶対収束しないような収束の遅いフーリエ積分は、二十年ほど前までは計算機で値を計算することが困難であった。この計算困難性の問題は、無限区間のフーリエ積分の計算が応用上非常に重要であるという背景から、日本や海外の多くの研究者を悩ませてきた。この収束の遅いフーリエ積分の計算法はここ数十年ほどで飛躍的に進歩し、筆者および森正武氏により、いくつかのフーリエ積分に対して有効な二重指数関数型公式 (DE 公式) の提案を行い、この困難を克服した [1], [4]。これらの公式の提案により、収束の遅いフーリエ積分が通常の有限区間の積分と同程度の手間で計算可能となった。なお、本論文のアルゴリズムは、有名な数学ソフトウェア Mathematica での数値積分 “NIntegrate” で採用されている (Wolfram 言語ドキュメントの NIntegrate 積分ストラテジーに詳細な記述がある)。

フーリエ型積分変換計算のもうひとつのアプローチとして、連続オイラー変換の研究 [2], [3], [6] がある。連続オイラー変換は、収束の遅い、または緩やかに発散するフーリエ積分を速く収束するフーリエ積分に変換するための方法として私が考案したものである。この連続オイラー変換を応用することで、今まで計算が困難だった収束の遅いまたは緩やかに発散するフーリエ積分に対する高速高精度の数値計算が可能になった。さらに、級数加速に関する有名な書である G. H. Hardy 著の “Divergent Series”, Oxford University Press, (1949) にはオイラー変換 (E,1 definition) の連続版は存在しないと記されていて (pp.11), この連続オイラー変換の発見はその記述を覆すものであり、数値解析の花分野において、この発見は今後さらに大きな革新をもたらすものであるとの予測がついている。今後の研究課題は、この連続オイラー変換の研究を進展させ、さまざまな数値計算に応用することである。

その他の積分計算法の研究として、変数変換型数値積分公式の高速高精度化を行った [5], [7], [8]。論文 [5] では DE 公式と同じ漸近性能を持つ IMT 型公式の提案を行った。変数変換型数値積分公式は、代表的なものに伊理正夫・

森口繁一・高澤嘉光の IMT 公式と、高橋秀俊・森正武の DE 公式があるが、IMT 公式はその多くの改良版も含めて、DE 公式に漸近性能で劣っていた。この論文では、DE 公式と同じ漸近誤差を達成する IMT 型積分公式を初めて提案した。

また、フーリエ積分の計算の一環として、汎用で高速な FFT（高速フーリエ変換）ライブラリの作成を行った [9]。この方法は、Split-Radix FFT に再帰的なバタフライ演算をさせることでメモリアクセスを高速化したものである。このライブラリは WEB で一般公開し、多くの教育機関や企業で用いられている。よく知られた例では Google Chrome ブラウザに本ライブラリが組み込まれている（ブラウザを起動しヘルプの Google Chrome についてを開きオープンソースソフトウェアをクリックすることで Credit を確認できる）。今後はさらに多くの数値計算ライブラリの開発および改良を行う予定である。

- [1] A robust double exponential formula for Fourier type integrals, J. Comput. Appl. Math., 112 (1999), 229-241. (with M. Mori)
- [2] A Continuous Euler Transformation and its Application to the Fourier Transform of a Slowly Decaying Function, J. Comput. Appl. Math., 130 (2001), 259-270.
- [3] A Generalization of the Continuous Euler Transformation and its Application to Numerical Quadrature, J. Comput. Appl. Math., 157 (2003), 251-259.
- [4] A Double Exponential Formula for the Fourier Transforms, Publ. RIMS, Kyoto Univ., 41 (2005), 971-977.
- [5] An IMT-type quadrature formula with the same asymptotic performance as the DE formula, J. Comput. Appl. Math., 213 (2008), 232-239.
- [6] Direct computation of generalized functions by continuous Euler transformation, Sugaku Expositions, 25, (2012), 89-104. (translated from Sugaku)
- [7] Fast computation of Goursat's infinite integral with very high accuracy, J. Comput. Appl. Math., 249, (2013), 1-8.
- [8] Development of a high-precision numerical method for integration over one period of periodic functions with a sharp peak, Advances in mathematical sciences and applications, 30, (2021), 175-189. (with H. Ito and H. Imai)
- [9] 20 世紀のトップ 10 アルゴリズム, 共立出版, (2022), 229-260. (金田行雄／笹井理生監修・張紹良編)

助教 金城 翼 (代数幾何学の研究)

私の主な研究テーマはモジュライ空間の幾何学である。特に導来代数幾何学や超局所層理論, および幾何学的表現論との関連に興味を持って研究している。

1 これまでの研究

1.1 コホモロジー的 Donaldson-Thomas 理論の Higgs 束への応用

Donaldson-Thomas (DT) 理論は三次元カラビヤウ多様体上の接続層の仮想的な数を数え上げる理論であり, Thomas によって 1998 年に導入された。2012 年ごろ, Joyce らは DT 不変量の偏屈層による圏化 (CoDT 偏屈層) を導入し, コホモロジー的 Donaldson-Thomas 理論 (CoDT 理論) を創始した。CoDT 理論は (インスタントン) Floer 理論の複素類似であるため数学的に非常に深い理論であると考えられており, また元の DT 理論への層理論的・表現論的な応用をもたらすと期待された。しかし, Joyce らの CoDT 偏屈層の構成は非常に難解であり, あまり多くのことがわかっていないのが現状である。

私は論文 [Kin22] において, 三次元カラビヤウ多様体 X が代数曲面 S の標準束として記述される場合の CoDT 不変量, すなわち CoDT 偏屈層のコホモロジーを調べ, 次元還元定理を証明した。この定理は X の CoDT 不変量と S 上の接続層のモジュライ空間の Borel-Moore ホモロジーの同型を与えるものであり, 代数曲面の接続層のモジュライ空間のトポロジーの研究に CoDT 理論を応用することが可能になった。また, リーマン面 C の標準束の全空間 $\text{Tot}_C(K_C)$ 上のピュアなコンパクト台接続層は C 上の Higgs 束と対応するため, リーマン面上の Higgs 束のモジュライ空間のトポロジーの研究に CoDT 理論を応用することも可能になった。

その後, 小関直紀氏との共同研究 [KK23] において, 上述のアイデアを用いて Higgs 束のモジュライ空間のトポロジーに関する研究を行った。 C 上の階数 r で次数が d であるような半安定 Higgs 束のモジュライ空間を $\text{Higgs}_{r,d}(C)$ と書くことにする。このとき, 論文 [KK23] では CoDT 理論を応用することで BPS 層という純 Hodge 加群 $BPS_{r,d} \in \text{MHM}(\text{Higgs}_{r,d}(C))$ を導入した。BPS 層は $\text{gcd}(r, d)=1$ の場合は定数層のシフトと同型であり, 一般には定数層のシフトを特異点に沿って修正したものになっている。論文 [KK23] の主定理の一つとして $\text{Higgs}_{r,d}(C)$ の BPS 層のコホモロジーが Hodge 構造込みで d に依存しないという主張を証明した。この主張は GL_r -Higgs 束のモジュライ空間の位相的ミラー対称性として解釈される主張であり, $\text{gcd}(r, d)=1$ の場合には $\text{Higgs}_{r,d}(C)$ の Hodge 数が d に依存しないという Mellit, Groechenig-Wyss-Ziegler, Yu の結果

を復元するものである。

論文 [KK23] の核となるアイデアは $\text{Tot}_c(\omega_c) \times A^1$ の接続層のモジュライ空間を滑らかな空間の導来臨界点として記述する増田成希氏との共同研究 [KM21] である。系として三次元カラビヤウ多様体 $\text{Tot}_c(\omega_c) \times A^1$ の CoDT 偏屈層の消滅サイクル関手による簡易な記述が得られる。この結果は非可換導来代数幾何学を用いることで証明された。

1.2 CoDT 偏屈層を用いた仮想基本類の構成

上述した次元還元定理について, [Kin22] ではより一般に, 局所完全交叉導来アルティンスタック \mathbf{Y} の (-1) -シフト余接複体 $T^*[-1]\mathbf{Y}$ 上の CoDT 偏屈層のコホモロジーが \mathbf{Y} の Borel-Moore ホモロジーと同型であることを証明した。この主張は古典的な Thom 同型定理の一般化になっており, Thom 同型を用いたオイラー類の構成を一般化することで (-1) -シフト余接複体 $T^*[-1]\mathbf{Y}$ のオイラー類にあたるものを定義することができる。論文 [Kin21] では \mathbf{Y} が準射影的な導来スキームであるという仮定のもと, このホモロジー類が \mathbf{Y} の仮想基本類と一致することを証明した。

2 今後の研究の方向性

2.1 シンプレクティックスタックのコホモロジーと Donaldson-Thomas 理論

節 §1.1 で前述のように, CoDT 理論を用いることで Higgs 束のモジュライ空間に BPS 層を定義することができる。より一般に, 導来シンプレクティックスタックの良モジュライに対して BPS 層が定義できることを期待しており, 現在はその構成のための導来シンプレクティック幾何学の基礎についての研究をおこなっている。特にシンプレクティック表現に付随するシンプレクティック商のコホモロジーの幾何学的表現論の研究, および一般の導来シンプレクティックスタックに対する局所模型の研究を進めている。BPS 層の理論を G -Higgs 束のモジュライ空間や G -局所系のモジュライ空間に適用することで, 位相的ミラー対称性や幾何学的ラングランズ対応の研究に応用が与えられることが期待される。

2.2 超局所層理論の導来幾何化

節 §1.2 で前述のように, CoDT 理論を用いることで仮想基本類の新しい構成が与えられる。この構成と Behrend-Fantechi による仮想基本類の構成の合致の証明は, 超局所層理論の導来代数幾何的な一般化が哲学的な背景にある。現在は Adeel Khan 氏らとの共同研究において, 導来化された超局所層理論の基礎づけを与える研究を進めている。また, 導来化された超局所層理論を用いることで, CoDT 不変量に Hall 代数の構造を構成する研究を進めている。

- [Kin21] Tasuki Kinjo, *Virtual classes via vanishing cycles*, To appear in *Geometry and Topology* (2021).
- [Kin22] —, *Dimensional reduction in cohomological Donaldson-Thomas theory*, *Compositio Mathematica* **158** (2022), no. 1, 123-167.
- [KK23] Tasuki Kinjo and Naoki Koseki, *Cohomological χ -independence for Higgs bundles and Gopakumar-Vafa invariants*, To appear in *Journal of the European Mathematical Society* (2023).
- [KM24] Tasuki Kinjo and Naruki Masuda, *Global critical chart for local Calabi-Yau threefolds*, *International Mathematics Research Notices* **2024** (2024), no. 5, 4062-4093.

助教 越川 皓永 (整数論, 数論幾何学の研究)

数論幾何学を幅広く研究している。コホモロジー理論やモチーフに特に興味を持ってきたが、最近では圏論的局所 Langlands 予想の周辺にも取り組んでいる。例えば、Bertoloni Meli との共同研究では、いわゆる L パラメーターのモジュライ上の接続層の圏の構造や Hecke 固有層と A パケットとの関係について調べている。

Bhatt-Morrow-Scholze は、 p 進体上の良還元な多様体に対し、Fontaine の定義した p 進周期環 $A_{n,f}$ に係数を持つ新しいコホモロジー理論を構成し、整 p 進 Hodge 理論の幾何的な理解を進展させた。[1] では、彼らの結果の大部分を半安定還元の場合に拡張した。(Česnavičius との共同研究) Bhatt-Morrow-Scholze は、再び良還元の場合に、Breuil-Kisin 加群版のコホモロジーの構成にも成功し、さらに Bhatt-Scholze はプリズマティックコホモロジーという新しい枠組みを導入している。[5] と [6] では対数的幾何におけるプリズマティックコホモロジーの理論の基礎を Zijian Yao と展開した。

志村多様体のコホモロジーについて Kottwitz の予想あるいはそれと関連する消滅定理が知られている。最近では、Serre 予想や Taylor-Wiles の理論の一般化を背景に、これらの消滅定理の捩れ係数版も盛んに研究されている。Caraiani-Scholze はある種のユニタリ志村多様体に対して、Hecke 作用が「一般的」なコホモロジー類についての消滅定理を証明した。[8] では、Fargues-Scholze により発表された局所 Langlands 対応の幾何化の理論を応用することで、Caraiani-Scholze 型の消滅定理に新しいアプローチを与え、技術的仮定を除くことに成功した。(また、[7] では局所志村多様体のコホモロジーの Weil 群作用について、Fargues-Scholze の理論から分かることを考察した。) 一方、

Harris-Taylor が局所 Langlands 対応の証明で用いた志村多様体のクラスに対しては, Boyer によってより一般的にどの範囲でコホモロジー類が消えるかをコントロールする結果が得られている。[3] では Boyer の結果と群論的な結果とを組み合わせ得られる消滅定理について調べた。消滅定理のさらなる一般化については引き続き研究中であり, 例えば Sug Woo Shin との保型表現の理論を用いた結果や予想を準備中である。

[2] では有限体上の K3 曲面の自己積の Tate 予想を証明した。(伊藤和広, 伊藤哲史との共同研究) 最近, この研究の延長として K3 曲面の自己積の Hodge 標準予想を研究した [9]。関連して, [4] では Ancona による数値的 Hodge 標準予想についての結果がいくつかのアーベル多様体に対しても成立することを指摘した。

- [1] The A_{inj} -cohomology in the semistable case, *Compositio Math.* 155 (2019) 2039-2128. (with K. Česnavičius.)
- [2] CM liftings of K3 surfaces over finite fields and their applications to the Tate conjecture, *Forum Math. Sigma* 9 (2021), e29. (with K. Ito and T. Ito.)
- [3] Vanishing theorems for the mod p cohomology of some simple Shimura varieties, *Forum Math. Sigma* 8 (2020), e38.
- [4] The numerical Hodge standard conjecture for the square of a simple abelian variety of prime dimension, *manuscripta mathematica*, 173 (2024), 1161-1169.
- [5] Logarithmic prismatic cohomology I, preprint.
- [6] Logarithmic prismatic cohomology II, preprint. (with Zijian Yao.)
- [7] Eichler-Shimura relations for local Shimura varieties, preprint.
- [8] On the generic part of the cohomology of local and global Shimura varieties, preprint.
- [9] The Hodge standard conjecture for the self-products of K3 surfaces, preprint. (with K. Ito and T. Ito.)

助教 辻村 昇太 (数論幾何)

私は双曲的曲線の数論幾何に関心を持っており, 特に, 遠アーベル幾何学, 及び, その応用の研究を行っている。現在までの研究状況は以下の通りである。

絶対遠アーベル幾何学の文脈で, Belyi カスプ化と呼ばれる p 進局所体上の (特別な種類の) 双曲的曲線の閉点に付随する分解群を復元する技術が, 望月新一氏によって構築されていた。[1] では, この Belyi カスプ化のある種の組

み合わせ論版（組み合わせ論的 Belyi カスプ化）を組み合わせ論的遠アーベル幾何学における三脚同期化の理論を用いて構築した。そして、古くから考察されている「射影直線引く 3 点の幾何的基本群への外 Galois 作用から誘導される、有理数体の絶対 Galois 群から Grothendieck-Teichmüller 群への単射は全単射か」という問題への応用：(a) Y. André 氏によって定式化されたこの問題の p 進局所版における対応する単射の自然な分裂の構成 ([1]), 及び, (b) 数論的な対象であるこの単射の像の共役類の、純群論的 / 組み合わせ論的復元 ([3], 星裕一郎氏, 望月新一氏との共同研究), を与えた。(a) の証明では組み合わせ論的遠アーベル幾何学以外の非自明な結果として, E. Lepage 氏による Mumford 曲線に対する非特異点解消を用いた。(a) の分裂が単射であれば, この問題の局所版は肯定的に成立することになる。この単射性を導くため, 幾何的緩和基本群の剛性の理解をより深める必要を感じ, その方面の研究も行っている ([4])。また非特異点解消に関しては, 望月新一氏との最近の共同研究 ([7]) において, Mumford 曲線に限らない一般の p 進局所体上の双曲的曲線に対しても成立することを証明した。この論文では, この非特異点解消の応用として, E. Lepage 氏とは異なる議論 / 整理の仕方では, 長い間当該分野の未解決問題であった絶対版 p 進 Grothendieck 予想も肯定的に解決している。さらに, これまでの研究に現れていた様々な種類の p 進版 Grothendieck-Teichmüller 群が実は全て一致しているという事実も証明している。また, (b) は G. V. Belyi によって提示されていた有理数体の絶対 Galois 群の像の群論的記述という問題に対する遠アーベル幾何学の観点からの肯定的解決である。(もちろん, Grothendieck-Teichmüller 群への単射が全単射であれば, それははるかに強力な形での肯定的解決となる。)

p 進遠アーベル幾何学の別の発展の方向として, 対象とする体を p 進局所体等の比較的小さい体とは限らないより一般の p 進体に拡張する研究を行っている。この方向では南出新氏との共同研究 ([2], [6] 等) で, 群論的 / 数論的双方の観点から, (ある特定のクラスの) 混標数完備離散付値体の絶対 Galois 群の様々な遠アーベル幾何学的な性質を証明した。また, 種数 0 の双曲的曲線であれば, 剰余標数 p の一般の Hensel 離散付値体上で副 p 版 Grothendieck 予想, 及び, (閉点に付随する分解群を保つという仮定の下で) その絶対版が成立することを証明している ([9])。将来的には, p 進的な遠アーベル幾何学に関する多くの結果は, (標数が正であることを除き) 剰余体に制限のない設定で展開されるようになると期待している。

[5] では, 数体の最大円分拡大 (の任意の有限生成拡大) の部分体上の曲線

に対する、双有理版（つまり、関数体版）の Grothendieck 予想型の結果を証明した。基本的に双有理版は双曲的曲線版に比べると証明は易しくなる。その一方で、円分指標の像が完全に消滅しているような体上の任意の双曲的曲線に付随する対象に対して、（強い意味での）Grothendieck 予想型の結果が初めて得られたという意味では興味深い進展だと考えている。双曲的曲線そのものに対しても同様のことが成立するかどうか引き続き研究を進めたい。

[8] では、J. Stix 氏によって証明されていた正標数有限生成超越拡大体上の有限体に降下しないような双曲的曲線に対する Grothendieck 予想の、円分剛性の観点からの別証明を行った。この問題の1つの技術的な障害は、基本群は変えないが曲線のモジュライは変わってしまう Frobenius 捻りという操作の存在である。この管理を円分物の同期化の観点から行うことで別証明を与えた。またこの論文では、M. Saïdi 氏や玉川安騎男氏による有限体上の双曲的曲線に対する Grothendieck 予想に関する近年の進展を用いることで、J. Stix 氏の扱っている設定よりもより一般の設定で議論を展開している。さらに、F. Pop 氏の双有理版遠アーベル幾何学についての結果と組み合わせることで、その絶対版も与えている。その後、星裕一郎氏、澤田晃一郎氏との共同研究（[10]）で、上述の結果の配置空間への一般化を与えた。高次元の正標数代数多様体に対する遠アーベル幾何学と従来より考えられている標数0での設定の大きく異なる点は、Frobenius 捻りの存在により、双曲的曲線の積として発生する高次元代数多様体に対する Grothendieck 予想型の結果が成立しないことである。この結果は高次元の正標数代数多様体に対する Grothendieck 予想型の結果としては初めてのものであり、意義深いと考えている。[8] に引き続いて、適切な円分同期化同型を構成することが証明の鍵の一つである。

- [1] S. Tsujimura, Combinatorial Belyi cuspidalization and arithmetic subquotients of the Grothendieck-Teichmüller group, *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* **56** (2020), pp. 779-829.
- [2] A. Minamide and S. Tsujimura, Internal indecomposability of profinite groups, *Adv. Math.* **409** (2022), Paper No. 108689.
- [3] Y. Hoshi, S. Mochizuki, and S. Tsujimura, *Combinatorial construction of the absolute Galois group of the field of rational numbers*, RIMS Preprint **1935** (December 2020).
- [4] S. Tsujimura, On the tempered fundamental groups of hyperbolic curves of genus 0 over $\overline{\mathbb{Q}}_p$, *J. Inst. Math. Jussieu* **22** (2023), pp. 2833-2856.
- [5] S. Tsujimura, Birational anabelian Grothendieck conjecture for curves over

- arbitrary cyclotomic extension fields of number fields, *Adv. Math.* **435** (2023), Paper No. 109380.
- [6] A. Minamide and S. Tsujimura, *Anabelian geometry for Henselian discrete valuation fields with quasi-finite residues*, RIMS Preprint **1973** (June 2023).
- [7] S. Mochizuki and S. Tsujimura, *Resolution of nonsingularities, point-theoreticity, and metric-admissibility for p -adic hyperbolic curves*, RIMS Preprint **1974** (June 2023).
- [8] S. Tsujimura, *Grothendieck conjecture for hyperbolic curves over finitely generated fields of positive characteristic via compatibility of cyclotomes*, RIMS Preprint **1975** (July 2023).
- [9] S. Tsujimura, *On pro- p anabelian geometry for hyperbolic curves of genus 0 over p -adic fields*, RIMS Preprint **1983** (April 2024).
- [10] Y. Hoshi, K. Sawada, and S. Tsujimura, *The anabelian geometry of configuration spaces of hyperbolic curves in positive characteristic*, RIMS Preprint **1984** (May 2024).

助教 足田 辰之 (幾何学的表現論の研究)

Hecke 環や量子群などの代数やその良い表現には標準基底と呼ばれる非常に良い基底を考えることができ、昔から盛んに研究されてきた。Lusztig はアファイン Hecke 環の特別な表現の標準基底に対して Springer 特異点解消上の同変 K 群を用いた解釈を与え、それが正標数の Lie 代数の表現論を統制していることを予想した。[3] では Lusztig による標準基底の特徴付けを Maulik-Okounkov が定義した安定基底の K 理論版を用いて再解釈することにより、Braden-Licata-Proudfoot-Webster の意味でのシンプレクティック双対のデータが与えられたとき、シンプレクティック特異点解消の同変 K 群の標準基底を定義し、それを計算するアルゴリズムを与えた。

[3] ではさらに K 理論的な標準基底の特徴付けの一部が Aganagic-Okounkov によって定義された安定基底の楕円化を用いることで自然に楕円化できることも予想し、トーリックハイパーケーラー多様体の場合に標準基底の楕円化と呼べるものを具体的に構成した。ここで楕円パー対合として定義したものが実際に対合になっていることは一般には基本的な問題として残っていたが、最近の研究で旗多様体の場合には Okounkov によって導入された非アーベルな stable envelope を用いることによって楕円パー対合を対合であることが明らかな別の方法で定義することができることを示した。またこの新しい定義が以前の定義

と一致することを証明するために、より一般の状況で通常の *stable envelope* と非アーベルな *stable envelope* の可換性を示した。これにより以前の定義に関する基本的な問題は、1点に対する非アーベルな *stable envelope* に関する非自明な予想に帰着されることが分かった。

標準基底の理論を楕円化するにあたって大きな障害になるものとして、 K 理論の場合の特徴付けのうち、とあるパラメータを無限大に飛ばした時の挙動を指定する条件を安直に楕円化しても良い結果が得られないというものがある。従って標準基底の理論を楕円化するにあたってはこの条件を全く別のものに取り替える必要がある。現在準備中の研究では楕円標準基底は K 理論的な標準基底の壁越えの様子から定まる q 差分方程式を満たすこと、楕円安定基底を楕円標準基底で展開した時の係数がシンプレクティック双対の楕円標準基底になることなどの条件を課すことによって、Grassmann 多様体 (2,4) の余接束とそのシンプレクティック双対といったトーリックでない例に対する楕円標準基底と考えられるものを正規化の不定性を除いて具体的に決定している。

また最近の研究では旗多様体の場合の楕円標準基底を楕円量子群の作用を用いて特徴付けることを目標に、作用するべき楕円量子群やその上のバー対合などを構成した。この楕円量子群を旗多様体のコホモロジーに自然に作用させ、楕円標準基底との関係を調べることは今後の重要な課題である。

- [1] Affine Springer fibers of type A and combinatorics of diagonal coinvariants, *Adv. Math.*, **263** (2014), 88-122.
- [2] An algebro-geometric realization of the cohomology ring of Hilbert scheme of points in the affine plane, *Int. Math. Res. Not.* (2016).
- [3] Elliptic canonical bases for toric hyper-Kahler manifolds, arXiv:2003.03573.

助教 藤田 遼 (表現論)

私は有限次元単純 Lie 代数やそのルート系に付随して生じる代数系 (量子群や Hecke 代数など) の表現論を研究しています。特に、表現の成す圏の構造や異なる代数系の表現論の間の関係、それらの背後にある幾何学的構造に興味があります。現在の中心的な研究対象はアフィン量子群の表現論です。アフィン量子群はアフィン Lie 代数と呼ばれる重要な無限次元 Lie 代数の普遍包絡環の量子変形として定義される代数系で、理論物理における可解格子模型やそこに現れる R 行列の研究の中で 1980 年代半ばに導入されました。表現論的には、アフィン量子群の有限次元表現の成す圏では完全可約性とテンソル積の対称性が同時に失われており、そのために基礎となる単純 Lie 代数の有限次元表現の

圏と比べてより複雑で興味深い現象が見られます。

基礎となる Lie 代数が ADE 型のときは、中島啓氏による 2000 年代半ばまでの研究で、 \mathfrak{sl}_n 多様体を用いてアフィン量子群の有限次元表現を幾何学的に実現する手法が確立されています。私は論文 [2, 3] において、この手法を用いて、Dynkin 箆に付随する量子アフィン型 Schur-Weyl 双対性関手を研究しました。この関手は \mathfrak{sl}_n Hecke 代数と呼ばれるアフィン Hecke 代数の変種の表現をアフィン量子群の表現に結びつけるもので、Kang- 柏原 -Kim によって導入された一般的な構成の重要な例として得られます。これは元来 \mathbb{R} 行列の特異性の情報をもとに純代数的に構成されるものですが、私はそれとは独立に \mathfrak{sl}_n 多様体を用いた幾何学的別構成を与え、表現のクラスを適切に制限した上で関手が圏同値を導くことを示しました。論文 [5] では、同様の手法を用いて、ADE 型アフィン量子群の基本表現の間の \mathbb{R} 行列の特異性が Dynkin 箆の直既約表現の間の拡大群の次元に対応することを示し、そこから基本表現の間の \mathbb{R} 行列の分母を量子 Cartan 行列を用いて統一的に書き下す簡明な公式を得ました。

ADE 型ではない残りの BCFG 型アフィン量子群の表現論については、主に上述の幾何学的手法が使えないという理由により、未解決の問題がより多く残されています。一方で近年、複数のグループによる研究の進展によって、BCFG 型アフィン量子群の表現論はその Dynkin 図形を展開 (unfolding) して得られる ADE 型アフィン量子群の表現論との間に密接な関係を持つことが分かってきました。私の現在の研究は、この未だミステリアスな関係についての理解を深め、BCFG 型を含めたアフィン量子群の表現論についてより系統的な理解を得ることをひとつの目標としています。この方向で行った Se-jin Oh 氏との共同研究 [6] では、BCFG 型の量子 Cartan 行列が展開された ADE 型ルート系を用いて記述できることを示しました。その応用として、更に David Hernandez 氏、大矢浩徳氏とも共同で行った研究 [7] では、 q 指標環の変形を与える量子 Grothendieck 環について、BCFG 型とそれを展開した ADE 型の間に非自明な同型を構成し、これを用いて BCFG 型の量子 Grothendieck 環の標準基底に関する正値性及び B 型の場合に既約 q 指標の決定アルゴリズムの有効性 (Kazhdan-Lusztig 予想の類似) を証明しました。 \mathbb{R} 行列の特異性に関しては、上述の Oh 氏との共同研究で BCFG 型やより広いクラスの表現に対して前段落の分母公式を部分的に拡張したことに加え、村上浩大氏との共同研究 [8] では更に量子 Cartan 行列の解釈を通じて (一般化された) 前射影代数の表現論とも関係があることを観察しました。後者は特に、団代数の異なる 2 つの圏化 (すなわち、アフィン量子群から生じる乗法的圏化と前射影代数やその

一般化から生じる加法的圏化) の数値的特徴量の一致を示唆して興味深く, これを理論的に明確にすることも今後の研究課題のひとつです。

- [1] Tilting modules of affine quasi-hereditary algebras. *Adv. Math.*, 324:241-266, 2018.
- [2] Affine highest weight categories and quantum affine Schur-Weyl duality of Dynkin quiver types. *Represent. Theory*, 26:211-263, 2022.
- [3] Geometric realization of Dynkin quiver type quantum affine Schur-Weyl duality. *Int. Math. Res. Not. IMRN*, (22):8353-8386, 2020.
- [4] (with Michael Finkelberg) Coherent IC-sheaves on type A_n affine Grassmannians and dual canonical basis of affine type A_1 . *Represent. Theory*, 25:67-89, 2021.
- [5] Graded quiver varieties and singularities of normalized R-matrices for fundamental modules. *Selecta Math. (N.S.)*, 28: article number 2, 2022.
- [6] (with Se-jin Oh) Q-data and representation theory of untwisted quantum affine algebras. *Comm. Math. Phys.*, 384(2):1351-1407, 2021.
- [7] (with David Hernandez, Se-jin Oh, and Hironori Oya) Isomorphisms among quantum Grothendieck rings and propagation of positivity. *J. Reine Angew. Math.*, 785:117-185, 2022.
- [8] (with Kota Murakami) Deformed Cartan matrices and generalized preprojective algebras I: finite type. *Int. Math. Res. Not. IMRN*, (8):6924-6975, 2023.
- [9] (with Kota Murakami) Deformed Cartan matrices and generalized preprojective algebras II: general type. *Math. Z.*, 305: article number 63, 2023.

助教 Stefan Helmke (Algebraic Geometry)

I am still working on a theory of local uniformizations, which attempts to uniformize all elements of a regular local ring over a field of characteristic zero in a uniform fashion. That is to say, that for every $\epsilon > 0$ there should exist a local uniformization such that the order of the initial form of any element of the regular local ring defined by the uniformization is less than ϵ times the real part of the value of the element (as explained in more detail in a previous report). Unfortunately it seems that any uniformization algorithm always blows up to much for this purpose at first and one must then later blow-down something again. In fact, when one tries to generalize Newton's method of the rotating ruler to higher dimensions this phenomenon naturally occurs, but the blowing down process is not so well-defined; it depends on some additional choices

which I do not quite understand yet. However, at least in some cases the algorithm works now. In applications one would be more interested in log-canonical thresholds rather than vanishing orders and those would of course not depend on the blowing down process, so that there is also the possibility that one could perhaps reformulate the problem in order to avoid this difficulty altogether.

Once this problem is settled, it would imply that for an ample Cartier divisor on a projective variety there exists a bounded family of smooth proper birational morphisms onto that variety with a simple normal crossing divisor, such that any effective \mathbb{Q} -divisor equivalent to the given divisor which is log-canonical but not log-terminal has log-discrepancy zero along a toric valuation with respect to the simple normal crossing divisor on at least one member of this family. This is still the missing part of my proof of Fujita's Conjecture and therefore I am making all efforts to solve this interesting problem.

- [1] S. Helmke, *On Fujita's conjecture*, Duke Math. J. 88 (1997), 201-216.
- [2] S. Helmke, *On global generation of adjoint linear systems*, Math. Ann. 313 (1999), 635-652.
- [3] S. Helmke, *The base point free theorem and the Fujita conjecture*, Vanishing theorems and effective results in algebraic geometry, ICTP Lecture Notes 6, Trieste, 2001, 215-248.
- [4] S. Helmke, *Multiplier ideals and basepoint freeness*, Oberwolfach reports 1, 2004, 1137-1139.
- [5] S. Helmke, *New Combinatorial Methods in Algebraic Geometry*, in preparation.
- [6] S. Helmke, *On local uniformizations*, in preparation.

助教 室屋 晃子 (プログラム理論の研究)

計算機プログラムの様々な性質を数学的に取り扱う意味論の研究に軸足をおいている。特に、プログラムの実行モデルを用いた意味論に注目し、実行モデルからのプログラミング言語設計の導出や、プログラムの等価性判定に適した実行モデルの設計などにより、プログラムの種々の利用局面に理論的な見通しを与えることを大局的な目的としている。

プログラムの性質として最も重要なものは実行結果であるが、その他にも時間コスト・空間コストといった実行効率は無視できない。更に近年の機械学習の普及によって重要度を増している性質が、プログラムの表現する計算過程である。プログラムそのものが機械学習モデルの表現となり学習において動的に

修正される，つまりプログラム中の一部の計算過程がそのプログラムの実行によって動的に解析・利用・修正される，という新しいプログラミング現象が起きている。

このようにプログラムの解析だけでなく実行においてもプログラムの様々な性質が関わってくる状況の理解を深めるべく，実行結果に注力しがちな従来の意味論の諸手法を元にしつつ，様々な性質を一括して表現できる実行モデルの構築を軸にした研究を行っている。

具体的には，実行コスト解析に有用である意味論の二手法（ネットワークの動的書き換え意味論と情報フロー意味論）を組み合わせた新たな実行モデルを構築し基礎技術として用いている。これは当初，情報フロー意味論の拡張の研究 [1, 2] で得られた観察を元に，プログラム実行の合理的な時間コストを与える目的から提案したものである [3, 4]。この新しい実行モデルでは，プログラムはネットワークとして表現され，その実行はネットワーク上の情報フローの伸長過程とネットワーク自体の書き換え過程の組み合わせで表現される。このようなネットワークと情報フローの協働による実行の表現の有用な特徴として，まず，時間・空間コスト，実行結果，計算過程をまとめて取り扱えることが挙げられる。この特徴を活かして，機械学習のプログラミング基盤の構築を意味論と言語設計の双方から目指す研究を行っている。例えば，機械学習でのモデル構築・予測・学習という三つの機能を備える関数型プログラミング言語について，意味論と言語設計の両面から考察した [5, 6]。また，情報フローに沿って計算結果が自動的に伝播するような計算モデルへの応用も試みた [7]。

更に，ネットワークと情報フローを組み合わせた実行モデルの特徴として，プログラム実行を時間と空間の両面において局所的に表現できることが分かってきた。これにより，状態遷移系の双模倣関係を用いるなどしたプログラム実行の局所的議論が可能となる。この局所性を追究することで，プログラムの等価性を証明するための汎用的な手法を構築することも目指している。

- [1] Naohiko Hoshino, Koko Muroya and Ichiro Hasuo. Memoryful Geometry of Interaction: From Coalgebraic Components to Algebraic Effects. In Proc. CSL-LICS 2014, pages 52:1-52:10, ACM, 2014.
- [2] Koko Muroya, Naohiko Hoshino and Ichiro Hasuo. Memoryful Geometry of Interaction II: Recursion and Adequacy. In Proc. POPL 2016, pages 748-760, ACM, 2016.
- [3] Koko Muroya and Dan R. Ghica. The Dynamic Geometry of Interaction Machine: A Call-by-Need Graph Rewriter. In Proc. CSL 2017, pages 32:1-

- 32:15, Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum fuer Informatik, 2017.
- [4] Koko Muroya and Dan R. Ghica. Efficient Implementation of Evaluation Strategies via Token-Guided Graph Rewriting. In Proc. WPTE 2017, volume 265 of EPTCS, pages 52-66, 2018.
 - [5] Steven Cheung, Victor Darvari, Dan R. Ghica, Koko Muroya and Reuben N. S. Rowe. A Functional Perspective on Machine Learning via Programmable Induction and Abduction. In Proc. FLOPS 2018, volume 10818 of LNCS, pages 84-98, 2018.
 - [6] Koko Muroya, Steven Cheung and Dan R. Ghica. The Geometry of Computation-Graph Abstraction. In Proc. LICS 2018, pages 749-758, 2018.
 - [7] Steven W. T. Cheung, Dan R. Ghica and Koko Muroya. Transparent Synchronous Dataflow. The Art, Science, and Engineering of Programming, 2021, volume 5, issue 3, article 12.

特定助教 Ana Kontrec (Representation theory)

My main research focus is in the field of vertex algebra theory, and especially \mathcal{W} -algebras. In the study of conformal field theory and string theory, vertex operator algebras (VOAs) play a fundamental role as the mathematical foundation for the concept of chiral algebras. Recent developments show connection between four dimensional $N=2$ superconformal theories and VOAs as their algebraic invariants. One of the most important families of vertex algebras are affine vertex algebras and their associated \mathcal{W} -algebras, which are connected to various aspects of geometry and physics, such as quantum Langlands correspondence and symmetries of quantum field theories.

Let \mathfrak{g} be a simple Lie algebra, f a nilpotent element and k a complex number. The universal affine \mathcal{W} -algebra $\mathcal{W}^k(\mathfrak{g}, f)$ is associated to the affine vertex algebra $\mathcal{V}^k(\mathfrak{g})$ through a certain homological construction known as quantum Hamiltonian reduction (introduced by Feigin and Frenkel for principal nilpotent element and generalized by Kac, Roan and Wakimoto for arbitrary nilpotent element).

Structure and representation theory of a given \mathcal{W} -algebra depends largely on the type of nilpotent element used in the construction, e.g. explicit formulae for generators and relations are not known generally, but only in the case of the minimal nilpotent element f

One of the simplest examples of \mathcal{W} -algebras is the Bershadsky-Polyakov vertex

algebra $\mathcal{W}_k = \mathcal{W}_k(\mathfrak{sl}_3, f_\theta)$, associated to $\mathfrak{g} = \mathfrak{sl}_3$ and the minimal nilpotent element f_θ . T. Arakawa proved that $\mathcal{W}_k(\mathfrak{sl}_3, f_\theta)$ is rational for half-integer levels k , while in other cases it is a non-rational vertex algebra. More recently, for k admissible and non-integral, irreducible \mathcal{W}_k -modules were classified by D. Adamović and me in [1] for the boundary cases, and by Fehily, Kawasetsu and Ridout in full generality. They showed that every irreducible highest weight module for \mathcal{W}_k is obtained as an image of the admissible modules for $L_k(\mathfrak{sl}(3))$ (which are classified by T. Arakawa).

However, when we pass to integral k , these methods are no longer applicable, since in this case quantum hamiltonian reduction sends $L_k(\mathfrak{sl}(3))$ -modules to zero.

In [2], Adamović and I were able to obtain a classification of irreducible positive energy modules $L(x, y)$ for \mathcal{W}_k at integer levels, parametrizing the highest weights (x, y) as zeroes of certain polynomial functions (derived from the associated Zhu algebra). This is one of the first classification results of this type in literature for non-admissible, integral level affine \mathcal{W} -algebras. Another topic which has received a great deal of attention lately is the notion of duality of \mathcal{W} -algebras. Let \mathfrak{g} be a simple Lie algebra, and ${}^L\mathfrak{g}$ the Langlands dual Lie algebra of \mathfrak{g} . If f is a principal nilpotent element, the Feigin-Frenkel duality states that $\mathcal{W}^k(\mathfrak{g}, f) = \mathcal{W}^l({}^L\mathfrak{g}, f)$, where $k \in \mathbb{C}$ is non-critical and l is the dual level. However, this type of symmetry does not hold in general for non-principal nilpotent elements, which leads us to the notion of Kazama-Suzuki type duality. Here the Langlands dual Lie algebra is replaced by a Lie superalgebra. The notion of Kazama-Suzuki dual was first introduced in the context of the duality of the $N=2$ superconformal algebra and affine Lie algebra $\widehat{\mathfrak{sl}}(2)$, and later generalized for some other affine vertex algebras and \mathcal{W} -algebras.

Assume that U, V are vertex superalgebras. We say that V is the Kazama-Suzuki dual of U if there exist injective homomorphisms of vertex superalgebras $\varphi_1 : V \rightarrow U \otimes F$, $\varphi_2 : U \rightarrow V \otimes F_{-1}$,

so that

$$V \cong \text{Com}(\mathcal{H}^1, U \otimes F), U \cong \text{Com}(\mathcal{H}^2, V \otimes F_1),$$

where \mathcal{H}^1 (resp. \mathcal{H}^2) is a rank one Heisenberg vertex subalgebra of $U \otimes F$ (resp. $V \otimes F_{-1}$), F is Clifford vertex superalgebra and F_{-1} is a lattice vertex superalgebra associated to the negative definite lattice $\mathbb{Z}\sqrt{-1}$. In [2], D. Adamović and I showed that the affine vertex superalgebra $L_k(\mathfrak{osp}(1|2))$ is the Kazama-Suzuki dual of the Bershadsky-Polyakov algebra $\mathcal{W}_k(\mathfrak{sl}_3, f_\theta)$ for $k=1$. Relaxed modules for $L_k(\mathfrak{osp}(1|2))$ are mapped to the ordinary \mathcal{W}_k -modules, for which one expects it is easier to obtain the

tensor category structure and fusion rules. As a consequence of this duality, we were able to obtain a free-field realization of W_k and their highest weight modules.

- [1] D. Adamović, A. Kontrec, *Classification of irreducible modules for Bershadsky-Polyakov algebra at certain levels*, J. Algebra Appl., Vol. 20 (2021), no. 6, 2150102
- [2] D. Adamović, A. Kontrec, *Bershadsky-Polyakov vertex algebras at positive integer levels and duality*, Transformation Groups (2022), <https://doi.org/10.1007/s00031-022-09721-z>

特定助教 澤田 晃一郎 (数論幾何)

私は遠アーベル幾何, 特に, 双曲的曲線の逐次拡大として得られる双曲的多重曲線などの高次元代数多様体の遠アーベル性に興味を持ち, 研究を行っている。双曲的多重曲線は遠アーベル多様体であると予想されており, その数論的基本群は豊富な情報を持つと考えられるが, 双曲的多重曲線の Grothendieck 予想は星裕一郎氏により次元 4 以下の場合に証明されているにとどまる。

[4] では, 標数が 0 の体上の双曲的多重曲線について, Grothendieck 予想の副 p 版, すなわち, 数論的基本群そのものからの復元ではなく, その副 p 的な商からの復元について考察し, ある種の条件を仮定した次元 4 以下の双曲的多重曲線についての Grothendieck 予想の副 p 版を証明した。また, [3] では, 幾何的基本群のコホモロジー群について考察した。特に, Grothendieck 予想が未解決である次元 5 以上の場合も含めて, 双曲的多重曲線の次元が n であるとき, 幾何的基本群の n 次コホモロジー群がある意味で“大きい”ことを示すことにより, 幾何的基本群から双曲的多重曲線の次元を復元した。[5] では, 与えられた群論的データから双曲的多重曲線の同型類が有限通りに決まるという形の Grothendieck 予想の弱形を肯定的に解決した。

高次元の遠アーベル幾何では, 双曲的多重曲線の特別な場合である, 双曲的曲線の配置空間についてもよく研究されており, 例えば, 星裕一郎氏, 南出新氏, 望月新一氏により双曲的曲線の配置空間の幾何的基本群からさまざまな幾何的不変量を復元する群論的アルゴリズムが与えられている。[7] では, 双曲的曲線の配置空間に付随する次数付き Lie 代数について考察し, 特に, 星氏, 南出氏, 望月氏の結果の類似として, この次数付き Lie 代数から次数構造を忘れて得られる抽象 Lie 代数からさまざまな幾何的不変量を復元するアルゴリズムを得た。また, [7], [6] で, 双曲的曲線の配置空間の幾何的基本群から双曲的曲線の基本群への全射準同型の分類を行い, その応用として双曲的曲線の配

置空間と双曲的多重曲線の間の Grothendieck 予想型の結果を部分的に解決した。

星裕一郎氏, 辻村昇太氏との共同研究 [1] では, これまで高次元遠アーベル幾何で扱われてきた基礎体の標数が 0 である場合とは異なり, 標数が正の体上の双曲的曲線の配置空間の遠アーベル幾何について考察した。tame 基本群の適切な商の間の射からなる列の完全性や, tame 基本群からの幾何的不変量の復元などについての結果が得られ, それらを用いて有限体上有限生成な体上の双曲的曲線の配置空間の Grothendieck 予想を証明した。

また, 南出新氏, 辻村昇太氏との共同研究 [2] では, 双曲的曲線の配置空間の幾何的基本群などを含む, 遠アーベル幾何に現れるさまざまな群の連正規部分群が非分解性や中心自明性などの性質を有することを証明した。

- [1] Y. Hoshi, K. Sawada, and S. Tsujimura, The anabelian geometry of configuration spaces of hyperbolic curves in positive characteristic, RIMS preprint **1984** (2024).
- [2] A. Minamide, K. Sawada, and S. Tsujimura, On generalizations of anabelian group-theoretic properties, to appear in Hiroshima math. J.
- [3] K. Sawada, Cohomology of the geometric fundamental group of hyperbolic polycurves, *J. Algebra* **508** (2018), 364-389.
- [4] K. Sawada, Pro- p Grothendieck conjecture for hyperbolic polycurves, *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* **54** (2018), no. 4, 781-853.
- [5] K. Sawada, Finiteness of isomorphism classes of hyperbolic polycurves with prescribed fundamental groups, *Int. Math. Res. Not. IMRN* (2022), no. 9, 6608-6626.
- [6] K. Sawada, On surjective homomorphisms from a configuration space group to a surface group, *Hokkaido Math. J.* **52** (2023), no. 2, 253-266.
- [7] K. Sawada, Reconstruction of invariants of configuration spaces of hyperbolic curves from associated Lie algebras, RIMS preprint **1896** (2018).

特定助教 蛭田 佳樹 (流体力学)

「ながれ」に関わる現象や付随する数理解の問題の理解を目指している。特に, 生物の運動に動機づけられた流体と物体の連成問題や, 乱流と呼ばれる時空間的に複雑な現象の発生問題, を Navier-Stokes 方程式などの流体方程式系と関連づけて理解することに興味がある。これらの対象に対し, 数理解析の他, モデル化や数値解析の手法で取り組んでいる。また, 高次元力学系の数値解析に

適用できる方法論の開発にも興味がある。

• 微小物体に対する運動の対称性とその破れ

流体中の微小物体は、慣性質量が小さいこと及び取り巻く流体運動の線形性・対称性から、運動に対し非常に強い力学的拘束を持つことが知られている。このため、微生物は自らの体の一部（典型的には鞭毛や繊毛）の変形を利用した特徴ある遊泳を行う。最近の研究で、微小物体の位置の不確定性や熱ゆらぎなどのランダムネスが存在する場合、微小物体の力学的拘束は期待値レベルで破れても良いことが明らかになってきている [1]。この力学的拘束の破れは、遊泳に目的地が存在するなど空間の並進対象性が破れる状況で重要になる。現在、対称性破れの定量的見積もりを与える方法を議論しており、グリーン関数を利用した手で解ける具体的なモデルを提案している。

• 生物対流における空間構造

遊泳する微生物集団と周囲の流体運動の相互作用により、生物対流とよばれる対流現象が定常的に維持することが知られている。生物対流では熱対流現象と異なり空間的に局在した対流構造が可能であり、この相違点を流体力学的観点から数理モデルを作成し調べている。関係して、生物対流構造の初期状態依存性に関しても調査している。

• 層流・乱流の双安定性の普遍性

運動の定性的特徴を理解するために安定性は重要な役割を果たす。典型的な流体運動では、レイノルズ数（駆動力の大きさ）を大きくするとともに、層流と呼ばれる時間定常的な運動形態から乱流と呼ばれる時間的空間的に非常に複雑な運動形態へと遷移する。例えば、パイプ流れの遷移の過程では、層流状態と乱流状態が双方とも安定であり、どちらが実現するかは初期状態に依存する。このような事情を Navier-Stokes 方程式に基づき理解するため、単純な流体系の数理解析やモデリングを通して解析を行っている。その結果、レイノルズ数が無限に大きい状況でも層流状態が安定になるクラスは、必ずしも狭くはないことが明らかになってきており [2], [3]、その条件についていくつかの解析的結果を得た。関連して、乱流運動のアトラクターが、既知の解析的不等式の評価よりも圧倒的に小さなフラクタル次元を持つ場合についても興味がある。

• 二次元周期境界流れにおける局在乱流

Navier-Stokes 方程式の解の性質は、通常境界条件や空間次元に強く依存し、物理現象を流体方程式を通して理解するためには、多くの場合壁面で速度が無いとした境界条件の基で空間三次元の流体系を考慮する必要がある。このような流体系は数値解析において、現実を非常によく模擬することが可能である

が、代わりに Navier-Stokes 方程式の解としての性質は、理論的・数値的双方の意味で解析困難である。例として、乱れが空間的に局在した局在乱流と呼ばれる現象が実験的に観察されるが、このような興味深い現象は、壁境界がある場合に典型的に観測されることが知られていた。二次元周期境界領域における Navier-Stokes 方程式の定常外力で駆動するバリエーションを数値計算したところ、局在乱流のような比較的複雑な現象も実現できることが明らかになった [4], [5]。これは境界条件や空間次元によらない理解の可能性を示唆している。数理解析と現実の流体運動の間を埋める方法にも興味がある。

- [1] Y.Hiruta & K.Ishio, Reciprocal microswimming in fluctuating and confined environments, *Phys. Rev. Research* 6, 013117 (2024)
- [2] Y.Hiruta & S.Toh, A Simple Thermal Convection System Showing Subcritical Transition and Localized Turbulences in Two-Dimensional Periodic Domains, *J. Phys. Soc. Japan*, 91,1 (2022)
- [3] Y.Hiruta & S.Toh, Subcritical Laminar-Turbulent Transition as Nonequilibrium Phase Transition in Two-Dimensional Kolmogorov Flow, *J. Phys. Soc. Japan*, 89, 044402 (2020)
- [4] Y.Hiruta & S.Toh, Intermittent direction reversals of moving spatially localized turbulence observed in two-dimensional Kolmogorov flow, *Phys. Rev. E*, 96, 063112 (2017)
- [5] Y.Hiruta & S.Toh, Solitary solutions including spatially localized chaos and their interactions in two-dimensional Kolmogorov flow, *Phys. Rev. E*, 92, 063025 (2015)

特定助教 Wojciech Porowski (Anabelian geometry)

My research is based in anabelian geometry over global and local fields. As a brief summary of my previous work: in [1] it is shown how one can reconstruct group theoretically the notion of the local height of a rational point on an elliptic curve over a local field from the group theoretic data consisting of the étale fundamental group of a once-punctured elliptic curve and a given section, whereas [2] presents a group theoretic criterion for determining the reduction type of an elliptic curve over a p -adic local field from the data of the geometrically maximal pro- p quotient of the fundamental group of a once-punctured elliptic curve.

My current projects concern the notion of a Galois section, namely a splitting of the fundamental exact sequence associated to a geometrically connected variety X over a

number field K . Every K -rational point of X gives rise to such a splitting and there is a well-known conjecture (Grothendieck Section Conjecture) which describes precisely the remaining sections in the case of a hyperbolic curve X as a set of so-called cuspidal sections. In this generality, this conjecture is widely open.

Since last year I have been considering the following problem: suppose that two local sections s and t are locally conjugate at all places v from some 'large' subset Ω of all places, does it imply that they are globally conjugate? This question may be thought of as a sort of local-global principle for Galois sections. I managed to prove that the answer is indeed positive when the subset Ω has density one; the proof of this result appears in the preprint [3]. In fact, the situation considered in [3] is somewhat more general: we replace the section t by a finite collection of sections t_1, \dots, t_n for some $n \geq 1$ and assume that for every $v \in \Omega$ there exists $1 \leq i \leq n$ such that s and t_i are locally conjugate at v . This type of assumption is referred to as a finite covering of a section s . Then the main result of [3] is that for some $1 \leq i \leq n$ sections s and t_i are globally conjugate. The main input of the proof is a modification of a certain argument of Stoll and the vanishing of centralizers of sections for hyperbolic curves.

Another problem that I considered is whether a global Galois section s that is locally cuspidal for all valuations v from a 'large' subset of valuations Ω must be globally cuspidal. Here I have been able to prove that if Ω is assumed to be of 'strongly positive density' (i.e., it has positive density after restricting to any finite field extension of K) then indeed the section s must be a cuspidal section. A preprint containing this result is currently under preparation. Also, as a work in progress, I am trying to strengthen the main result of [3] by considering sets Ω of strongly positive density.

- [1] W. Porowski, Anabelian reconstruction of the Néron-Tate local height function, *European Journal of Mathematics* **8**, 1172-1195, (2022)
- [2] W. Porowski, Pro- p criterion of good reduction of punctured elliptic curves, *Publications of the Research Institute for Mathematical Sciences*, **59**, No. 4, 843-882, (2023).
- [3] W. Porowski, Locally conjugate Galois sections, preprint, arXiv 2312.08005.

特定助教 南出 新 (数論幾何学の研究)

私はこれまで、遠アーベル幾何、そして、その応用について研究を行ってきた。以下では、その概要を紹介する。

そのような“応用”の一つとして、(副有限) グロタンディーク・タイヒミュー

ラー群 GT の理論への応用が挙げられる。[2] では、GT と有理数体の絶対ガロア群の比較の文脈から、「GT は強非分解性 (= 任意の開部分群が非自明な直積分解を持たない) をみたすか」という問題を提起し、特に、この問題の“副 l 版”を肯定的に解決した。最終的に、辻村昇太氏との共同研究 [8] において、オリジナルの問題についても肯定的に解決した。これらの研究では、中村博昭氏、M. Saidi 氏、玉川安騎男氏らにより示されていた、有限体上の遠アーベル幾何的結果が重要な役割を果たす。

また、GT は、 $n (\geq 4)$ 次副有限組紐群 \widehat{B}_n に自然に外作用することが知られている。星裕一郎氏、望月新一氏との共同研究 [1] では、(\widehat{B}_n の部分商として現れる) 副有限純写像類群 $\widehat{\Gamma}_{0,n+1}$ への GT の自然な外作用について、研究を行った。[1] では、まず、「(0, 3), 又は、(1, 1) 型双曲的曲線の配置空間の間的一般化射影から生じる一般化ファイバー部分群は群論的である」という遠アーベル幾何の結果を証明した。この結果は、望月新一氏、玉川安騎男氏により示されていた、非 (0, 3), (1, 1) 型双曲的曲線の場合の結果を、補完するものといえる。そして、この結果と、組み合わせ論的遠アーベル幾何の結果を適用することで、 $\widehat{\Gamma}_{0,n+1}$ の任意の外部自己同型が、GT と $n+1$ 次対称群 \mathfrak{S}_{n+1} の $\widehat{\Gamma}_{0,n+1}$ への自然な外作用から生じることを示した。その後、中村博昭氏との共同研究 [3] では、GT の \widehat{B}_n への自然な外作用について、研究を行った。[3] では、新たに、ある副有限群“ Z_n ”の \widehat{B}_n への自然な外作用を定義した。そして、[1] で得られた結果 (= $\widehat{\Gamma}_{0,n+1}$ の外部自己同型群の計算) を活用することにより、 \widehat{B}_n の任意の外部自己同型が、GT と Z_n の \widehat{B}_n への自然な外作用から生じることを示した。

別の“応用”として、ディオファントス幾何への応用が挙げられる。望月新一氏により創始された宇宙際タイヒミュラー理論では、遠アーベル幾何を活用することにより、様々なディオファントス幾何的不等式が帰結される。一方、これらの不等式は“非明示的”であるという課題があった。望月新一氏、I. Fesenko 氏、星裕一郎氏、W. Porowski 氏との共同研究 [10] では、特定の状況で、これらの不等式を完全に明示化することに成功した。

並行して、辻村昇太氏と共同で、 p 進局所体の遠アーベル幾何の一般化に関する研究も行っている。例えば、遠アーベル幾何と密接に関連した群論的性質として、副有限群のスリム性 (= 任意の開部分群が中心自明) やエラスティック性 (= 任意の開部分群の位相的に有限生成な非自明正規閉部分群は開) という概念がある。実際、 p 進局所体の絶対ガロア群がスリム性やエラスティック性をみたすことが知られていた。[5] では、この結果を、任意の剰余標数 p の

完備離散付値体の場合に一般化した。[6], [7] では, スリム性より強い概念として, “強内的非分解性” という概念を導入し, その性質について, 研究を行った。特に, 任意の剰余標数 p の完備離散付値体の絶対ガロア群や, その概副 p 最大商が, 強内的非分解性をみたすことを示した。[9] では, p 進局所体の遠アーベル幾何の代表的な結果 (例えば, p 進局所体に付随した様々な数値的不変量, モノイド, 正準同型の復元定理; p 進局所体の絶対ガロア群の外部自己同型の幾何性の判定法) を, ある種の有限性 (や代数性) をみたす剰余無限混標数完備離散付値体の場合に一般化することに成功した。

([6], [7] の延長線上にある) 澤田晃一郎氏, 辻村昇太氏との共同研究 [4] では, (より一般に) 遠アーベル幾何に現れる様々な副有限群について考察し, それらの連正規閉部分が強内的非分解性をみたすことを証明した。

- [1] Y. Hoshi, A. Minamide, and S. Mochizuki, Group-theoreticity of numerical invariants and distinguished subgroups of configuration space groups, *Kodai Math. J.* **45** (2022), pp. 295-348.
- [2] A. Minamide, Indecomposability of various profinite groups arising from hyperbolic curves, *Math. J. Okayama Univ.* **60** (2018), pp. 175-208.
- [3] A. Minamide and H. Nakamura, The automorphism groups of the profinite braid groups, *Amer. J. Math.* **144** (2022), pp. 1159-1176.
- [4] A. Minamide, K. Sawada, and S. Tsujimura, *On generalizations of anabelian group-theoretic properties*, to appear in *Hiroshima Math. J.*
- [5] A. Minamide and S. Tsujimura, Anabelian group-theoretic properties of the absolute Galois groups of discrete valuation fields, *J. Number Theory* **239** (2022), pp. 298-334.
- [6] A. Minamide and S. Tsujimura, Internal indecomposability of profinite groups, *Adv. Math.* **409** (2022), No. 108689.
- [7] A. Minamide and S. Tsujimura, *Anabelian group-theoretic properties of the pro- p absolute Galois groups of Henselian discrete valuation fields*, RIMS Preprint **1952** (August 2021).
- [8] A. Minamide and S. Tsujimura, *Strong indecomposability of the profinite Grothendieck-Teichmüller group*, preprint (February 2022).
- [9] A. Minamide and S. Tsujimura, *Anabelian geometry for Henselian discrete valuation fields with quasi-finite residues*, RIMS Preprint **1973** (June 2023).
- [10] S. Mochizuki, I. Fesenko, Y. Hoshi, A. Minamide, and W. Porowski, Explicit estimates in inter-universal Teichmüller theory, *Kodai Math. J.* **45** (2022), pp.

175-236.

特定助教 安田 健人 (流体力学)

流体を通じて多様な生命現象を理解することを目指して、ソフト・アクティブマターの理論研究を行っている。ソフトマターでは高分子や液晶に代表される柔らかい物質の流体力学や統計力学を扱い、アクティブマターでは更に対象を広げ細胞などの生体物質の理解を目指している。その中で私は、細胞内のレオロジーと拡散、細胞膜の流体構造連成問題、微小遊泳理論、ゆらぎと流体の変分原理の研究を行ってきた。また、近年では力学的エネルギー保存が破れた物体の流体中での挙動の解析をしている。以下で個別の研究結果に触れる。

(1) 細胞内のレオロジーと拡散 [10]

細胞内はタンパク質や細胞骨格といった生体分子で満たされており、流体としての力学応答は非常に複雑となる。また、細胞が小さく通常の力学応答の測定は不可能であるため、細胞内の微小粒子のブラウン運動を用いた測定がされている。そこで、私はこのような複雑な細胞内環境をモデル化し、細胞内のブロープ粒子の拡散を計算した。

(2) 微小遊泳理論 [2]

細胞の変形と遊泳機構は低レイノルズ数の流体力学でよく記述される。しかしながら、流体の力学応答が複雑になると問題は複雑な移動境界問題となる。また、多体相互作用は流れ場を通じて行われ、多様な現象を引き起こす。さらに、細胞の情報処理と流体のカップリング問題は重要と認識されており、研究が精力的に行われている。

(3) 流体中の奇弾性体 [1, 3, 5, 6, 7, 9]

細胞のように化学エネルギーを力学エネルギーに変換する機構を持つ物体の記述が興味を持たれている。このような力学的エネルギー保存が破れた物体を奇弾性によって記述することが提案されている。そこで、流体中の奇弾性体の運動挙動を解析している。

(4) ソフト・アクティブマターの変分原理 [4]

今後の研究方向としてソフト・アクティブマターの変分原理の構築を目指す。ソフトアクティブマターでは個別の問題を各々の研究者が行っていることが現状で統一的な枠組みの構築には至っていない。そこで、非平衡確率過程を記述する Onsager-Machlup 積分に注目し、ソフト・アクティブマターの変分原理の探求を行う。

[1] K. Ishimoto, C. Moreau, and K. Yasuda, "Odd elastohydrodynamics: non-

- reciprocal living material in a viscous fluid", PRX Life 1, 023002 (2023).
- [2] K. Yasuda, Y. Hosaka, and S. Komura, "Generalized three-sphere microswimmers", J. Phys. Soc. Jpn. 92, 121008 (2023).
 - [3] A. Kobayashi, K. Yasuda, K. Ishimoto, L.-S. Lin, I. Sou, Y. Hosaka, and S. Komura, "Odd elasticity of a catalytic micromachine", J. Phys. Soc. Jpn. 92, 074801 (2023).
 - [4] K. Yasuda and K. Ishimoto, "Most probable path of an active Brownian particle", Phys. Rev. E 106, 064120 (2022).
 - [5] K. Yasuda, K. Ishimoto, A. Kobayashi, L.-S. Lin, Y. Hosaka, I. Sou, and S. Komura*, "Time-correlation functions for odd Langevin systems", J. Chem. Phys. 157, 095101 (2022).
 - [6] K. Ishimoto, C. Moreau, and K. Yasuda, "Self-organized swimming with odd elasticity", Phys. Rev. E 105, 064603 (2022).
 - [7] K. Yasuda, A. Kobayashi, L.-S. Lin, Y. Hosaka, I. Sou, and S. Komura, "The Onsager-Machlup integral for non-reciprocal systems with odd elasticity", J. Phys. Soc. Jpn. 91, 015001 (2022).
 - [8] K. Yasuda and S. Komura, "Non-reciprocity of a micromachine driven by a catalytic chemical reaction", Phys. Rev. E 103, 062113 (2021).
 - [9] K. Yasuda, Y. Hosaka, I. Sou, and S. Komura, "Odd microswimmer", J. Phys. Soc. Jpn. 90, 075001 (2021).
 - [10] K. Yasuda, R. Okamoto, and S. Komura, "Anomalous diffusion in viscoelastic media with active force dipoles", Phys. Rev. E 95, 032417 (2017).

特定助教 YANG, Yu (数論幾何)

I work in arithmetic geometry. Recently, my research focuses on curves and their moduli spaces in positive characteristic from the point of view of fundamental groups, which are motivated by the theory of anabelian geometry of curves over algebraically closed fields of characteristic $p > 0$.

Since the late 1990s, some developments of Florian Pop, Michel Raynaud, Mohamed Saïdi, and Akio Tamagawa showed evidence for very strong anabelian phenomena for curves over algebraically closed fields of characteristic p . In this situation, the Galois group of the base field is trivial, and the arithmetic fundamental group coincides with the geometric fundamental group, thus there is a total absence of a Galois action of the base field. This kinds of anabelian phenomenon go beyond Grothendieck's anabelian

geometry, and this is the reason that we do not have an explicit description of the geometric fundamental group of any pointed stable curve in positive characteristic. Moreover, we may think that the anabelian geometry of curves over algebraically closed fields of characteristic p is a theory based on the following rough consideration: The geometric fundamental group of a pointed stable curve over an algebraically closed field of characteristic p must encode “moduli” of the curve.

Recently, I introduced a topological space which is called the moduli space of admissible fundamental groups of curves in positive characteristic, and posed the so-called “Homeomorphism Conjecture”. This conjecture says that the moduli spaces of curves in positive characteristic can be reconstructed group-theoretically from the geometric fundamental groups of curves as topological spaces. Moreover, the Homeomorphism Conjecture gives us a new insight into the theory of the anabelian geometry of curves over algebraically closed fields of characteristic p based on the following philosophy:

The anabelian properties of pointed stable curves over algebraically closed fields of characteristic p are equivalent to the topological properties of the moduli spaces of admissible fundamental groups.

In [1], [4], [7], I study the anabelian geometry of (possibly singular) pointed stable curves over algebraically closed fields of characteristic p . In particular, I proved the combinatorial Grothendieck conjecture for curves in positive characteristic, and formulated the weak Isom-version of the Grothendieck conjecture for arbitrary pointed stable curves over algebraically closed fields of characteristic p .

In [3], [5], [6], I study the Hasse-Witt invariants and the generalized Hasse-Witt invariants associated to a pointed stable curve in positive characteristic by using the theory of Raynaud-Tamagawa theta divisors. Those invariants play important roles to understand the structure of the geometric fundamental group of the curve.

In [2], [8], [9], [10], basing on the theory developed in the previous papers (in particular, [3], [4], [5], [7]), I introduced the moduli spaces of admissible fundamental groups, and formulated the Homeomorphism Conjecture. Moreover, I proved that the Homeomorphism Conjecture holds when the dimension of the moduli space of curves is 1. Furthermore, to solve the Homeomorphism Conjecture for higher dimensional moduli spaces, we formulated some new conjectures in [8] and [10]. In [10], we prove the group-theoretical specialization conjecture (one of the conjectures formulated in [10]) for curves of type $(0, n)$.

By the theory of the moduli spaces of admissible fundamental groups, fundamental groups can be considered as an analogue of local moduli of pointed stable curves. This insight gives me a new approach to seeing anabelian geometry. For example, in [11], with Y. Hoshi, we obtain a new proof of Mochizuki's famous theorem concerning the (Isom-version) Grothendieck's anabelian conjecture for curves over sub- p -adic fields without using Faltings' p -adic Hodge theory.

- [1] Yu Yang, On the admissible fundamental groups of curves over algebraically closed fields of characteristic $p > 0$, *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* **54** (2018), 649-678.
- [2] Z. Hu, R. Zong, Y. Yang, Topology of moduli spaces of curves and anabelian geometry in positive characteristic, *Forum of Mathematics, Sigma* **12** (2024), Paper No. e33, 36 pp.
- [3] Yu Yang, On the averages of generalized Hasse-Witt invariants of pointed stable curves in positive characteristic, *Math. Z.* **295** (2020), 1-45.
- [4] Yu Yang, On topological and combinatorial structures of pointed stable curves over algebraically closed fields of positive characteristic, *Math. Nachr.* (2023), 1-42.
- [5] Yu Yang, Maximum generalized Hasse-Witt Invariants and their applications to anabelian geometry, *Selecta Math. (N.S.)* **28** (2022), Paper No. 5, 98 pp.
- [6] Yu Yang, Raynaud-Tamagawa theta divisors and new-ordinariness of ramified coverings of curves, *J. Algebra* **587** (2021), 263-294.
- [7] Yu Yang, On the existence of specialization isomorphisms of admissible fundamental groups in positive characteristic, *Math. Res. Lett.* **28** (2021), 1941-1959.
- [8] Yu Yang, Moduli spaces of fundamental groups of curves in positive characteristic I, preprint.
- [9] Yu Yang, Moduli spaces of fundamental groups of curves in positive characteristic II, in preparation.
- [10] Yu Yang, Topological and group-theoretical specializations of fundamental groups of curves in positive characteristic, preprint.
- [11] Y. Hoshi, Y. Yang, On the arithmetic fundamental groups of curves over local fields, preprint.

5 大学院

数学・数理解析専攻数理解析系（平成6年度より改組。以前は数理解析専攻）の学生在籍者数は次のとおりである。

5-1 大学院生

	修士課程	博士後期課程
令和6年度	19	23

5-2 アドミッションポリシー

数学・数理解析専攻の数理解析系では、数学・数理科学の進歩を担う独創的な研究者の育成を目指している。そのため、修士課程（博士前期課程）および博士後期課程学生として、以下のような出願者を期待する。

修士課程学生としては、

- (1) 優れた数学的素養と思考能力を有する人。
- (2) 自由な発想に基づき、粘り強く問題解決を試みる人。

博士後期課程学生としては、更に加えて

- (3) 将来の研究者として自立した研究を進めていく基礎を有する人。

5-3 指導教員、セミナー研究

指導教員と担当する主な分野

荒川 知幸 代数学／表現論，頂点作用素代数
表現論と頂点代数セミナー研究

石本 健太 応用数学，物理学／流体力学
数理流体力学セミナー研究（共同）
非線形力学セミナー研究（共同）
連続体力学セミナー研究（共同）
流体力学セミナー研究（共同）

磯野 優介 解析学／作用素環論，エルゴード理論
作用素環セミナー研究（共同）

- 入江 慶 幾何学／微分幾何学, 位相幾何学
幾何学および関連分野セミナー研究(共同)
- 上田 福大 代数学／数論幾何・ガロア表現
数論幾何セミナー研究(共同)
- 大木谷耕司 応用数学／流体力学
数理流体力学セミナー研究(共同)
非線形力学セミナー研究(共同)
連続体力学セミナー研究(共同)
流体力学セミナー研究(共同)
- 大槻 知忠 幾何学／位相幾何学
位相幾何セミナー研究
- 緒方 芳子 数理物理学／量子統計力学
量子統計力学セミナー研究
- 小澤 登高 解析学／作用素環論, 離散群論, 関数解析
作用素環セミナー研究(共同)
- 小野 薫 幾何学／微分幾何学, 位相幾何学
幾何学および関連分野セミナー研究(共同)
- 梶野 直孝 解析学／確率論
確率論セミナー研究(共同)
- 河合 俊哉 物理学／数理物理学, 場の量子論
場の量子論セミナー研究
数理物理学セミナー研究
- 川北 真之 代数学／代数幾何学
代数多様体論セミナー研究(共同)
代数幾何セミナー研究(共同)

- 河村 彰星 情報科学／理論計算機科学, アルゴリズム論, 離散数学
計算理論セミナー研究
- 岸本 展 解析学／偏微分方程式, 関数解析, 調和解析
偏微分方程式セミナー研究 (共同)
- Croydon, David 解析学／確率論
確率論セミナー研究 (共同)
- 小林 佑輔 応用数学, 計算科学／離散数学, 最適化, アルゴリズム論
アルゴリズム論セミナー研究
離散最適化セミナー研究 (共同)
- 竹広 真一 物理学／流体力学
数理流体力学セミナー研究 (共同)
非線形力学セミナー研究 (共同)
連続体力学セミナー研究 (共同)
流体力学セミナー研究 (共同)
- 玉川安騎男 代数学／整数論, 数論幾何
整数論とその周辺セミナー研究
- 照井 一成 情報科学／数理論理学
論理と計算セミナー研究 (共同)
計算機構論セミナー研究 (共同)
- 中西 賢次 解析学／偏微分方程式, 関数解析, 調和解析
偏微分方程式セミナー研究 (共同)
- 中山 昇 代数学, 幾何学／代数幾何学
代数多様体論セミナー研究 (共同)
代数幾何セミナー研究 (共同)

- 並河 良典 代数学／代数幾何学, シンプレクティック代数幾何, 特異点論
代数幾何学とその関連分野セミナー研究
- 長谷川真人 情報科学／理論計算機科学, ソフトウェア科学
論理と計算セミナー研究 (共同)
計算機構論セミナー研究 (共同)
- 星 裕一郎 代数学／整数論, 数論幾何
数論幾何セミナー研究 (共同)
- 牧野 和久 応用数学, 計算科学／離散数学, 最適化, アルゴリズム論
離散最適化セミナー研究 (共同)
- 望月 新一 代数学, 幾何学／整数論, 数論幾何
数論幾何セミナー研究 (共同)
- 望月 拓郎 幾何学／微分幾何学, 代数幾何学, 複素解析幾何
代数的微分幾何セミナー研究
- 山下 剛 代数学, 幾何学／整数論, 数論幾何, 代数幾何学
数論幾何セミナー研究 (共同)

第3部 記 録

1 転退職者（定員内職員）

（令和5年4月1日～令和6年3月31日）

教 員

対象者なし

事務職員等

図書掛長	小堀 淳子	2. 4. 1～6. 3. 31
特定職員	鬼束 史子	31.4. 1～6. 3. 31
総務掛長	石地 啓介	5. 4. 1～6. 3. 31

2 旧 委 員

旧協議員

令和4年度、令和5年度

小野 薫	並河 良典	森脇 淳
大槻 知忠	荒川 知幸	國府 寛司
望月 拓郎	長谷川 真人	山下 信雄
中西 賢次	小澤 登高	高田 滋也
玉川 安騎男	牧野 和久	青木 慎也
望月 新一	大木谷 耕司	

旧運営委員

令和3年9月1日～令和5年8月31日

小野 薫	大槻 知忠	望月 拓郎
中西 賢次	並河 良典	玉川 安騎男
望月 新一	荒川 知幸	長谷川 真人
小澤 登高	牧野 和久	大木谷 耕司
早川 尚男	國府 寛司	高田 滋也
森 重文	伊藤 由佳理	岩田 覚
大仁田 義裕	岡本 久	小川 卓克
小澤 徹	金子 昌信	河原林 健一

熊 谷 隆	小 磯 深 幸	河 野 俊 丈
小 藺 英 雄	坪 井 俊	寺 杣 友 秀
日 比 孝 之	常 行 真 司	椿 広 計
谷 口 倫 一 郎		

(※森委員の委嘱期間は令和3年9月1日～令和5年3月31日)

旧専門委員

令和3年9月1日～令和5年8月31日

小 野 薫	大 槻 知 忠	望 月 拓 郎
中 西 賢 次	並 河 良 典	玉 川 安 騎 男
望 月 新 一	荒 川 知 幸	長 谷 川 真 人
小 澤 登 高	牧 野 和 久	大 木 谷 耕 司
中 山 昇	入 江 慶	河 合 俊 哉
竹 広 真 一	星 裕 一 郎	CROYDON, David
梶 野 直 孝	川 北 真 之	小 林 佑 輔
石 本 健 太	河 村 彰 星	磯 野 優 介
照 井 一 成	山 下 剛	岸 本 展
TAN, Fucheng	早 川 尚 男	國 府 寛 司
高 田 滋	森 重 文	池 田 保
橋 本 幸 士	田 中 利 幸	伊 藤 由 佳 理
岩 田 覚 克	大 仁 田 義 裕	岡 本 久 信
小 川 卓 克	小 澤 徹	金 子 昌 信
河 原 林 健 一	熊 谷 隆	小 磯 深 幸
河 野 俊 丈	小 藺 英 雄	坪 井 俊
寺 杣 友 秀	日 比 孝 之	常 行 真 司
椿 広 計	谷 口 倫 一 郎	会 田 茂 樹
伊 山 修 行	岩 崎 克 則	長 田 博 文
小 林 俊 行	佐 伯 修	白 井 朋 之
杉 本 充 宏	杉 山 由 恵	納 谷 信 子
山 本 昌 宏	吉 田 朋 広	森 山 園 子
若 山 正 人	古 崎 昭	萩 原 一 郎
越 塚 誠 一	徳 山 豪	宮 地 充 子

(※森委員の委嘱期間は令和3年9月1日～令和5年3月31日)

3 特定研究員

令和5年度

Niranka Banerjee チェンナイ数理科学研究所 (インド) Ph.D 3.11.1 ~ 6.3.31

研究題目 : Dynamic and Fault Tolerant Algorithms

研究目標 : To analyze an algorithm for a graph problem the traditional notion is to assume that a graph is static. However, for most real world applications graphs are constantly modified. Two different models that study and analyze graphs in this setting are dynamic algorithms and fault tolerant algorithms. The aim is to maintain some property of the ever changing graph faster than the corresponding static algorithm. For example, we could imagine we have a communication network, where the nodes are computers, routers, or cell-towers and there is an edge between them if they can communicate. But what happens if these communications fail? Can we build models which are resilient to these failures? These are the questions that I deal with in my research.

Benjamin COLLAS パリ第6大学 (フランス) Ph.D 4.6.1 ~ 6.3.31

研究題目 : Stack arithmetic of the moduli spaces of curves

研究目標 : The moduli spaces of marked curves are central objects of anabelian algebraic geometry. As fine solutions to moduli problems and rich group-theoretical combinatorics objects, they bring at once a theoretical and explicit framework for the study of the absolute Galois group of rational numbers in terms of anabelian geometry and motivic theory. While classical arithmetic geometry successfully exploits the scheme properties of these spaces, it also ignores their (hidden) stack geometry, that is, the one related to the curves symmetries.

Continuing progress on the arithmetic of stack inertia and special loci bring some complementary arithmetic insight in Galois/Grothendieck-Teichmüller theory, which use unexploited aspects of low-dimensional topology and algebraic geometry, and draw a new bridge with the regular inverse Galois problem.

Investigations related to the sheaf-theoretic nature of stacks – as opposed to the locally-ringed one of schemes – has also opened the way to the use of simplicial homotopic techniques à la Artin-Mazur-Friedlander for further connections with other fields of mathematics (e.g., operads, motivic homotopy theory).

The goal of this project is (a) to build on these recent developments and new techniques to obtain a systematic understanding of the stack arithmetic, while (b) revisiting classical problems of arithmetic geometry (e.g., Oda's problem à la Nakamura et al., Ihara's program à la Tamagawa) and (c) investigating the potential anabelian role of the stack arithmetic. Within the latter, a significant effort will be developed to unveil key techniques and principles of the foundational and of the most recent developments of the field (see Mochizuki, Hoshi, Tsujimura, Minamide, Sawada) in a way that will reveal useful for international students and researchers of arithmetic geometry and related fields.

This project should be considered in the broader scope of the “Arithmetic and Homotopic Galois Theory” international research project between France and Japan.

DAI, Xuanzhong 香港科技大学 (香港) Ph.D 4.8.1 ~ 6.8.31

研究題目 : Global chiral differential operators on the basic affine space

研究目標 : In recent years, the study of quasi-lisse vertex algebras has gained significant attention from mathematicians and physicists alike. Although many known examples of quasi-lisse vertex algebras are derived from simple affine vertex algebras, there is a need to explore beyond this framework. Recently, the affine closure of the cotangent bundle of the basic affine space G/N has been found to exhibit symplectic singularities. Building upon this observation and drawing inspiration from lower-dimensional cases, the conjecture arises that the associated variety of global sections of chiral differential operators (CDO) on G/N is isomorphic to the affine closure. In light of this, my plan is to precisely formulate and establish the aforementioned

conjecture, and apply it to create more examples of quasi-lisse vertex algebras.

笹谷 晃平 京都大学博士 (理学) 5.4.1 ~ 6.3.31

研究題目：フラクタル上の Dirichlet 形式のエネルギー測度の解析

研究目標：フラクタルとは Mandelbrot (1977) により導入された，細部を任意に拡大しても滑らかな図形で近似できないような図形に対する総称である。フラクタルは自然な微分構造を持たないため，各フラクタル上の Dirichlet 形式 (Euclid 空間における 1 階の L^2 -Sobolev 空間の類似物) 及び対応する確率過程の構成と関連する対象の詳細な解析を目標とした研究が行われてきた。

Dirichlet 形式に対応する関数 f のエネルギー測度は，滑らかな空間の場合の $|\nabla f|^2 dx$ に相当するものとして定式化される状態空間上の測度である。フラクタルの場合一般にエネルギー測度は空間の自然な体積測度に対して互いに特異であり (cf. Kusuoka 1989, Hino 2005, Kajino-Murugan 2020, Kajino 2022)，自己相似性を用いた単純な表示も持たないため解析が難しく，基本的な研究対象でありながら関連する多くの問題が残されている。

本研究課題ではそうした問題のうち，①調和関数のエネルギー測度が退化しないようなフラクタルの条件 ②空間を繰り返し分割する際のエネルギー測度の比率の漸近挙動などを明らかにすることを目標とする。とりわけ，複数の自己相似フラクタルの構成法を組み合わせる構成される，厳密な自己相似性を持たないフラクタルやランダムフラクタルを含む枠組みで研究を行う。

湯山 孝雄 東京工業大学博士 (理学) 5.4.1 ~ 7.3.31

研究題目：形式言語理論的に特徴付けられる群の性質の研究

研究目標：本研究の目標は，群の語の問題という対象を通して，群論と形式言語理論 (ないしは計算理論) の相互関係を探ることにある。特に，種々の形式言語クラス \mathcal{L} について，語の問題が \mathcal{L} に属するような群のクラスを決定することを目指す。

群の語の問題とは，有限生成群から定まる文字列の集合

(=形式言語)であり, 形式的には生成系上の文字列であって群の中で単位元を表すものの全体の集合として定義される。群の語の問題の形式言語としての性質と群の性質とを結び付ける最初期の結果として, Anisimov (1972) による「群 G の語の問題が正則言語であることと G が有限群であることは同値」という結果がある。この方向性の研究において最も重要な結果は Muller-Schupp (1983) による「有限生成群 G の語の問題が文脈自由言語であることと, G が実質的自由群であることは同値」という結果である。文脈自由言語以外の様々な言語クラスに対しても同様の問題が考えられているものの, 対応する群のクラスがわかっている言語クラスは少ない。例えば, 群 \mathbb{Z}^2 の語の問題が indexed language であるかどうかさえ未解決である。Indexed languages に限らず, 木接合言語や多重文脈自由言語について対応する群のクラスを決定することは本研究の目的の一部である。

正則言語全体や文脈自由言語全体を含む言語クラスの族として, G -オートマトンにより定義される言語クラスたちがある。 G -オートマトンとは, 通常非決定性有限オートマトンに, 群 G の元を記憶するレジスターを1つ付加したものである。群 G をひとつ固定するごとに「ある G -オートマトンにより受理される言語」全体のクラス $\mathcal{L}(G)$ が定まり, G が有限群ならば $\mathcal{L}(G)$ は正則言語全体, G が2階以上の自由群ならば $\mathcal{L}(G)$ は文脈自由言語全体になることが知られている。よって, Muller-Schupp の定理をより一般化した問題として, 群 G について「有限生成群 H の語の問題が $\mathcal{L}(G)$ に属す条件は何か?」という問いが考えられる。

この問題の $G = \mathbb{Z}^n$ の場合と等価な問題が Gilman によって提起され, Elder-Kambites-Ostheimer (2008) によって解決された。彼らの証明は幾何学的群論における Gromov の多項式増大度定理という深い結果に依存したものであったが, これまでの研究で彼らの結果に Gromov の定理を用いない初等的かつ純組合せ論的な証明を与えることができた。本

研究ではこの結果を拡張し、非可換な群 G に対しても同様の結果を証明することを試みる。

令和6年度

松本 孝文 神戸大学博士（理学） 6.4.1 ~ 7.3.31

研究題目：接続のモジュライ空間の研究とその可積分系への応用

研究目標：接続は線形微分方程式系の幾何学的対応物であり、そのモジュライ空間は Painleve 系と呼ばれる可積分系と密接に関係している。坂井秀隆氏はあるクラスの有理射影代数曲面から出発し、Painleve・離散 Painleve 方程式を導出する方法を与えた。坂井理論に現れる曲面は affine ルート系を用いて分類される。各曲面の族には affine Weyl 群の作用が自然に入り、離散 Painleve 方程式は平行移動の作用が作る離散力学系として定式化される。離散 Painleve 方程式は楕円差分型、 q 差分型、(加法的) 差分型の3種類に大きく分かれる。差分 Painleve 方程式の場合、対応する有理射影曲面（初期値空間）から有効反標準因子を除いた空間が、ある有理型接続のモジュライ空間として実現されることが知られている。私は以前の研究で、ある差分 Painleve 方程式の初期値空間を、射影直線上の3階確定特異3階放物接続のモジュライ空間の自然なコンパクト化として導出した。その際、接続を具体的に書き下すことで、曲面との明示的な対応を与えた。

本年度はこの明示的記述を用いて関連する話題を考察する。具体的には、affine Weyl 群の対称性を接続の変換として記述し、差分 Painleve 方程式を導出する。Dotsenko-Fateev 方程式のモジュライ理論による意味付けや、差分 Painleve 方程式の特殊解について考察する。また、3階確定特異3階接続の結果の一般化や、線形差分方程式系の幾何学的対応物である差分接続についても今後研究していきたい。

前原 悠究 マッコーリー大学（オーストラリア）Ph.D. 6.4.1 ~ 9.3.31

研究題目：高次圏論への2つのアプローチ：幾何的な積と代数高次圏

研究目標：高次圏論は圏論とホモトピー論のハイブリッドのような分野で、近年は「従来の代数の理解を抽象的に（つまり圏論

的に) 表し, その理解を高次圏の文脈で再解釈することにより, ホモトピー的な性格を持つ代数構造を従来の代数構造と同様に扱いたい」という動機から活発に研究されています。しかしそのような応用を実際に実現するためには, 高次圏が「ホモトピー的情報を含んではいるものの, 直観的には従来の圏と同様に扱えるもの」である必要があります, 本研究はこの視点から高次圏の理解を深めようとするものです。研究題目で挙げた2つのアプローチのうち, 「幾何的な積」とは高次圏における積のような操作である Gray テンソルを指しています。本研究では Gray テンソルの具体的な計算を進め, またその応用例である形式的モナド理論を構築することを目指します。また「代数高次圏」は, 高次圏の持つ代数的性質とホモトピー的性質のうち前者を極端に強調したような定義を持つ構造で, 本研究ではその代数高次圏が隠し持つホモトピー的性質の理解を深めることで, 高次圏論への新しいアプローチを確立することを目指します。

4 研究員

令和5年度

高尾尚武 京都大学博士(理学) 27.4.16 ~ 7.3.31

研究題目: 数論的基本群に関連する諸問題

研究目標: 数論的な体(大域体, 局所体, 有限体など)の上の代数多様体の etale 基本群(数論的基本群)は基礎体の絶対 Galois 群の幾何的基本群による拡大になっています。双曲的曲線などの「遠アーベル多様体」ではその拡大は高度に非自明で, 多様体の数論的情報と幾何的情報の双方を豊富に持った対象であることが予想され, 近年内外の多くの研究者によって多様な視点から活発に研究され数多くの成果が得られてきました。一方, 基本群の構造は一般にとっても複雑で, 実際に分析して, 情報を取り出す作業は容易ではありません。その点, その幾何的部分群を最大副1商に置き換えたもの(以下, 副1基本群)は, 情報を保ちつつ,

比較的調べやすい対象で、これまでに一際多くの研究成果（当該研究員のそれも含む）があがっています。今年度、当該研究員は双曲的曲線の moduli stack 上の普遍族に付随する副 1-monodromy 表現に関する織田予想を最終的な形で解決した経験を活かして、引き続き副 1 基本群に関連する諸問題の研究に取り組む予定です。主な目標は、大まかに言うと、以下の通りです：1. 双曲的曲線の副 1 幾何的基本群や曲線の幾何の情報を取り出すこと、2. 伊原の問題とその一般化（外 Galois 表現の核の数論的特徴づけ）。

荒 武 永 史 京都大学博士（理学） 3.8.1 ~ 6.3.31

研究題目：圏論的手法によるモデル付き空間および層表現の研究

研究目標：本研究の目標は、モデル理論および普遍代数学における「モデル（代数）はどんなときに良い層表現を持つのか」「モデルの層表現が与えられたときに、層の茎の性質は元のモデルへとどのように反映されるのか」という古典的な問いに対して、圏論的論理学および圏論的モデル理論の視点からより統一的な解答を与えることにある。これまでのモデル理論・普遍代数学における研究手法は、考察対象とするモデルや層表現に強い条件を課している場合が多く、例えばグラフや半順序集合の層表現に適用できないものであった。本研究では、圏論の文脈において、層表現の原型となるスペクトラムの一般論があることに着目して、スペクトラム構成をツールとして用いて層表現の分析を行ってきた。この過程において、モデルの圏の典型例である局所表示可能圏の理論および層の圏の一般化であるトポスの理論を組み合わせたという、既存の層表現の研究とは全く異なる新しいアプローチを採用している。

本研究ではこれまでに、Coste によるモデルのスペクトラムの別構成を与えることで、スペクトラムが大域切断函手の随伴を与えることの簡明な証明を得た。また、この別構成を用いることで、種々の「モデル付き空間」の圏の完備性・余完備性を示し、局所環付き空間の圏について知られていた定理を大幅に一般化した。さらに最近になって、Coste 随伴が冪等であるという仮定の下で、「モデル付き空

間」の大域切断モデル全体のクラスが公理化可能という結果を得た。今後もモデルとその層表現の関係性について研究していくとともに、具体的な数学への応用も射程に入りたい。

湯 浅 亘 東京工業大学博士（理学） 4.4.1 ~ 5.4.30

研究題目：高次スケイン代数と3次元多様体の不変量

研究目標：高次（特に rank 2）の Lie 代数に付随する曲面のスケイン代数の性質や量子クラスター代数との対応を研究し、その対応を通して3次元多様体のスケイン加群から不変量を取り出す。スケイン加群としてはステイト付きスケイン加群とクラスプ付きスケイン加群という二種類のスケイン加群（もしくはスケイン代数）を用いる。石橋典氏との共同研究でこれら二つの加群はステイト-クラスプ対応という対応で行き来ができ、それぞれ扱う上での利点がある。そして、曲面のクラスプ付きスケイン代数から量子クラスター代数への埋め込みを構成するフレームワークも石橋氏との共同研究で明らかとなった。これらのスケイン代数、量子クラスター代数それぞれの利点や特徴を活かして、境界を持つ3次元多様体のスケイン加群への曲面のスケイン代数の作用を考えることで既存の3次元多様体の不変量のスケイン代数を用いた記述やそれらの高次化を図る。例えば、3次元多様体の特性多様体上のライデマイスタートーションの記述や計算を目指す。

Ildar Gaisin ピエール・マリール・キュリー（パリ第6）大学（フランス）Ph.D 4.4.1 ~ 6.3.31

研究題目：p-adic geometry

研究目標：If the base field is some p-adic completion of the rationals, the resulting geometry often has a strong number theoretic flavour. The goal, in some sense, is to study number theory via the aid of this geometry. A key example arises from the modular curve and more generally higher dimensional Shimura varieties. Recently some foundational work put forth by Fargues and Scholze, has brought geometry and number theory even closer via the study of the Fargues-Fontaine curve. A remarkable feature is that the

fundamental group of this curve coincides with the absolute Galois group of the p -adic rationals. My current research attempts to interpret some known number theoretic information into the language of the Fargues-Fontaine curve.

大 川 領 東京工業大学博士（理学） 4.6.1 ~ 6.3.31

研究題目：壁越え現象による可積分系関数の研究

研究目標：ネクラソフ分配関数は、パンルヴェ方程式などさまざまな可積分系方程式の研究に活用され始めている。この関数は簇多様体上の同変積分の母関数として定義される。本研究では、より一般に枠付き簇表現の同変積分について調べる。手法としては、望月拓郎氏が代数曲面上の放物束のモジュライに対して開発した壁越え公式を移植して用いる。枠付き簇表現が射影平面の一点爆発上の枠付き連接層のモジュライを与える簇について、中島-吉岡により望月拓郎氏の理論が簇表現の言葉に翻訳されている。これを手掛かりとして、これまでいくつかの具体例について同変積分の母関数が満たす関数等式を示した。また最近では一般の枠付き簇表現について調べるための枠組みをまとめた。今後は、これを元にして簇多様体などの具体例についてより精密な結果を得たい。また、コホモロジー類だけでなく K 理論類や楕円コホモロジーについても拡張を試みる。さらに、それらの結果を可積分系方程式の研究に応用する方法を模索したい。

伊 藤 望 京都大学博士（理学） 4.6.1 ~ 5.9.30

研究題目：宮脇リフトに関する研究

研究目標：保型形式は解析数論における主要な研究対象であり、それを構成する手続き、つまりリフティングの研究は重要である。本研究が扱う宮脇リフトとは、池田氏の2006年の論文で導入された、池田リフト（池田氏によって構成された別のリフティング）を核関数として用いるリフティングである。同論文では宮脇リフトの重要な性質が幾つか示されたが、応用上不可欠な性質である非消滅性については、宮脇リフトのノルムを与える公式の予想に留まっていた。本研究の目標は、池田氏が予想した公式を証明すること

で、宮脇リフトの非消滅性の問題を完全に解決することである。当該研究員はこれまでの研究で、池田氏が予想した公式がある局所的な積分の無限積になっていることを明らかにした（この事実は市野 - 池田予想に類似する）。またその過程で、池田氏の予想の解決には、Ginzburg-Soudry の **double descent** の理論が本質的に重要な役割を果たすことを発見した。これらの結果により、池田氏の予想は次の二つの問題に帰着される：

- (1) **double descent** を用いた池田リフトの実現
- (2) 適切に一般化された **twisted doubling integral** の **unfolding** ゆえに今年度は、これらの問題に取り組むことになる。

吹原 耀 司 京都大学博士（理学） 4.8.1 ~ 7.3.31

研究題目：線形依存型を用いた計算およびその周辺理論

研究目標：アルゴリズムの本質的な計算量を研究する **implicit complexity** の研究の中で生まれた線形依存型は、型がその（何らかの意味での）大きさを示す **index term** と呼ばれる項に依存しているようなものを指す。いくつかの状況設定において、線形依存型はその依存情報を忘れた体系から型推論のように **index term** の情報を付加できることが知られている。既存の計算体系に対して線形依存型を付加したものはいくつか存在しているが、結果として計算のサイズを計算するために特殊な計算記号を導入する、原始再帰的な関数すべてを実質的に体系に組み込むといった方法により実現されている。より直観と整合していかつ単純なインデックスの計算構造を考案することで、時間計算以外にも線形依存型の応用が可能になることが期待される。本研究では原始再帰関数などのある程度表現力のある計算クラスに対して直観のかつ比較的単純な計算構造で表現できるインデックスを考案し、時間複雑性以外（例：空間複雑性に対するアノテーション）への応用を探ることを目標とする。また、線形依存型はインデックスの構造で添え字付けられた多数の対称モノイダル圏からなる大規模構造と考えられるが、圏論の観点から意味論を考えることによる個別の言語や体系に依存しない一般理論の構築も目指している。

浅野 知 紘 東京大学博士 (数理科学) 5.4.1 ~ 7.3.31

研究題目：超局所層理論の symplectic 幾何への応用

研究目標：超局所層理論は、多様体上の層の方向の情報も込めた局所性を研究する理論であり、90年代初頭に Kashiwara-Schapira によって整備された。この理論は 2009 年頃の Tamarkin や Nadler-Zaslow による先駆的な仕事の後、シンプレクティック幾何への応用がなされている。

私はこれまで、余接束のハミルトン力学系への層理論の応用をとくに量的な観点から行ってきた。具体的には、九州大学の池祐一氏と共同で層の間に距離を導入し displacement energy の評価を行ったり、層に対するスペクトル不変量を導入し層の Lusternik-Schnirelmann 理論を整備したりしてきた。現在も、これらを用いて層のマイクロ台の力学系的性質の研究などを行っている。

本研究の一つの目標は Floer 理論と層理論の関連の見通しをより良くすることである。例えば、層のスペクトル不変量と Floer 理論のスペクトル不変量の一致は、現在は限られた状況でしか分かっていない。これらはより多くの場合に一致することが期待されるので、その証明を考えたい。また、余接束以外の symplectic 多様体へ理論の適用範囲を広げることも目標としている。Nadler-Shende によって Weinstein 多様体に対する超局所層の圏が与えられている。しかしこの圏の定義には h-principle によって存在が保証される Weinstein 多様体の高次元空間への埋め込みが用いられており、具体的な計算はまだほとんど行われていない。この埋め込みがある程度具体的に書ける状況で、具体的な計算を試みたいと考えている。

より長期的には、symplectic Khovanov homology や knot Floer homology などの Floer 理論を用いて定義される絡み目の不変量への層理論的なアプローチを目標にしている。

赤池 広 都 大阪大学博士 (理学) 5.7.1 ~ 6.3.31

研究題目：代数ファイバー空間の地誌学的研究

研究目標：代数ファイバー空間とは、正規射影多様体から非特異射影曲線への全射正則写像であって、連結なファイバーを持つ

ものである。本研究では、3次元代数ファイバー空間で一般型曲面をファイバーに持つものを扱う。代数ファイバー空間は多種多様で、その幾何学的な性質を統一的に捉えることはできない。そこで、代数ファイバー空間を地誌学的に研究するという方針を取る。地誌学的研究では、代数ファイバー空間のスロープと呼ばれる数値不変量に注目する。ファイバーの幾何学的な性質とスロープの値の取りうる範囲の関係を明らかにすることを目標とする。

本年度の研究では、ファイバーの幾何学的性質として、被覆構造に注目した。被覆構造を反映する二つの双有理不変量として、被覆ゴナリティー及び最小被覆次数に注目した。被覆ゴナリティーは、射影曲線の古典的な不変量として知られるゴナリティーを、高次元射影多様体へ拡張したものである。被覆ゴナリティーは、現在も盛んに研究されている。もう一つの双有理不変量である最小被覆次数は、新たに導入したものである。射影多様体の有理性を測る不変量である、非有理次数から着想を受けた。本年度の研究を通して、一般ファイバーの被覆ゴナリティーと最小被覆次数が下から一定の値でおさえられている3次元代数ファイバー空間に関して、スロープ不等式の確立に成功した。

令和6年度

宮澤 仁 東京大学博士（数理科学） 6.4.1 ~ 7.3.31

研究題目：実ゲージ理論の構成と低次元トポロジーへの応用

研究目標：ゲージ理論は3, 4次元多様体上の非線形偏微分方程式の解の情報（解の数え上げや、解のモジュライ空間の *stable framing* など）から底の3, 4次元多様体の情報を得る分野である。私は主に *Seiberg-Witten* 方程式を用いた研究、特にその変種である実 *Seiberg-Witten* 理論の研究を行っている。大まかに説明すると、実 *Seiberg-Witten* 理論とは $Z/2Z$ -作用がある3, 4次元多様体に対して、方程式に $Z/2Z$ -作用の「ねじれた作用」としての持ち上げが与えられたものである。去年の12月に実 *Seiberg-Witten* 理論を用いて、 RP^2 の S^4 への埋め込みの無限族で互いに位相的

に ambient isotopic だが滑らかにはアイトピックでない例を構成した。当面の目標は、このときに構成した不変量を用いて、 S^4 内の oriented なエキゾチック曲面を検出することである。さらに関連した話題としてリボン 2-knot に関する不変量の消滅が期待できそうで、実現すればゲージ理論的な情報が、2-knot および P^2 -knot のダイアグラムの 3 重点の存在と関連するという新しい知見が得られるはずである。

柴田 泰輔 京都大学博士 (理学) 6.4.1 ~ 7.3.1

研究題目：接触多様体上のレーブ流の周期解の研究

研究目標：接触多様体とは奇数次元多様体と一次形式の組で、ある特定の性質を満たすもののことを言う。接触多様体が与えられたとき、レーブベクトル場と呼ばれるベクトル場が唯一定まり、リーマン多様体の測地線やシンプレクティック多様体のハミルトンベクトル場と密接に関連し活発に研究されてきた。特に周期解の研究は重要な位置を占め、例えば“任意の閉接触多様体上のレーブベクトル場は必ず周期解を持つであろう”という予想は Weinstein 予想と呼ばれ、部分的な多くの進展はあるものの、一般に半世紀にわたる未解決問題である。その中でも三次元接触多様体はゲージ理論や低次元トポロジーと密接にかかわっており、特に Weinstein 予想は三次元においてゲージ理論を用いて肯定的に解決された (Taubes, 2007)。本研究課題では、三次元接触多様体のレーブ流の周期解の様々な性質をゲージ理論等の低次元特有の道具を用いて明らかにすることを目標とする。また同時に、そのような低次元のみならず高次元においてもリーマン幾何学的手法を用いるなどして周期解の存在性について明らかにすることを目標とする。

5 日本学術振興会特別研究員

令和5年度

- PD 安田 健人 (3.4.1 ~ 6.3.31) マイクロマシンの非平衡形状ゆらぎと推進機構
 DC1 柴田 泰輔 (3.4.1 ~ 6.3.31) 擬正則曲線を用いたフレアーホモロジー的観点

からの接触幾何学の研究

- DC1 大井 拓夢 (3.4.1 ~ 6.3.31) 体積倍増条件を満たさない測度距離空間の確率論的解析
- DC1 星野 恵佑 (5.4.1 ~ 8.3.31) 計算可能性に関する諸構造についての圏論的な一般理論の構築
- DC1 平田 賢吾 (5.4.1 ~ 8.3.31) 次世代の高機能量子プログラミング言語の設計と、特に変数の扱いに関する理論的研究
- DC2 古田 悠馬 (5.4.1 ~ 7.3.31) 誤り訂正符号による性質の良い共形場理論の構成
- DC2 有本 諒也 (5.4.1 ~ 7.3.31) C^* -単純性に関する研究
- DC2 岡本 幸大 (5.4.1 ~ 7.3.31) ストリングトポロジーを利用した接触ホモロジーの研究

令和6年度

- PD 前原 悠究 (6.4.1 ~ 9.3.31) 高次圏論への2つのアプローチ：幾何的な積と代数高次圏
- DC1 星野 恵佑 (5.4.1 ~ 8.3.31) 計算可能性に関する諸構造についての圏論的な一般理論の構築
- DC1 河瀬 悠人 (6.4.1 ~ 9.3.31) 代数理論の相対化による圏論的普遍代数学の展開
- DC1 寺尾 樹哉 (6.4.1 ~ 9.3.31) マトロイドに関する問題に対する理論的に高速なアルゴリズムの設計
- DC1 野田涼一郎 (6.4.1 ~ 9.3.31) 抵抗形式を用いたランダム環境中の確率過程の解析
- DC1 廣島 佳汰 (6.4.1 ~ 9.3.31) 実数の表現を通じた、実数の無理性・超越性の解明
- DC2 古田 悠馬 (5.4.1 ~ 7.3.31) 誤り訂正符号による性質の良い共形場理論の構成
- DC2 有本 諒也 (5.4.1 ~ 7.3.31) C^* -単純性に関する研究
- DC2 岡本 幸大 (5.4.1 ~ 7.3.31) ストリングトポロジーを利用した接触ホモロジーの研究
- DC2 降旗 駿 (6.4.1 ~ 8.3.31) クラス S カイラル代数
- DC2 山口 貢輝 (6.4.1 ~ 8.3.31) 結び目と3次元多様体の不変量
- DC2 波多間 備 (6.4.1 ~ 8.3.31) 多粒子系の量子力学に由来する非線形分散型方程式の数学解析

6 日本学術振興会外国人特別研究員

令和5年度

BATTSEREN, Bat-Od	(3.11.3~5.8.15)	解析的群論におけるフォンノイマン同値不変量の研究
PARK, Sewon	(4.4.1~6.3.31)	連続系における高階関数の保証つき厳密計算
MOREAU, Clement Yves Philippe	(4.4.26~5.12.20)	マイクロロボットと細胞運動のための数理制御理論
PHILIP, Severin	(4.8.1~6.7.31)	モジュライスタック：曲線，安定還元および数論

令和6年度

PHILIP, Severin	(4.8.1~6.7.31)	モジュライスタック：曲線，安定還元および数論
-----------------	----------------	------------------------

7 受賞

(令和5.4.2～令和6.4.1)

大槻 知忠	科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞	2023. 4. 7
越川 皓永	日本数学会賞建部賢弘特別賞	2023. 9.21
長谷川真人	日本ソフトウェア科学会 2022 年度基礎研究賞	2023. 9.14
小林 佑輔	日本オペレーションズ・リサーチ学会研究賞	2023. 9.14
入江 慶	日本学術振興会賞	2023.12.20
入江 慶	日本学士院学術奨励賞	2024. 1.12

8 行事

8-1 公開講座

数理科学の最新の成果をわかりやすく解説する数学入門公開講座を昭和51年度から開催している。令和3年度，令和4年度，令和5年度に引き続き，令和6年度（第45回）は現地会場とオンラインで同時開催する。実施状況は，以下の通りである。

- 日 時：令和 6 年 7 月 29 日（月）から 8 月 1 日（木）まで
 毎日 10：30～16：00 8 月 1 日（木）のみ 17：25 まで
 （8 月 2 日（金）に、各講師に自由に質問・討論できるオフィスアワーを設ける）
 ※オフィスアワーへの参加は現地参加者のみとし、オンラインでは行わない。
- 講師・題目：石川 卓（RIMS） スペクトル不変量とその応用について
 辻村 昇太（RIMS） 体構造の復元を通じた遠アーベル幾何学入門
 並河 良典（RIMS） シンプレクティック特異点と代数幾何
 橋本 悠香（NTTネットワークサービスシステム研究所 特別研究員）
 C* 環を用いたデータ解析
 （特別講演 8 月 1 日（木）のみ）

8-2 談話会

理学部数学教室（大学院理学研究科）と共同で、水曜日午後 4 時 45 分から談話会を行っている。談話会の前には午後 4 時 15 分から tea が出る。会場は本研究所または数学教室を使っている。令和 5 年度、本研究所では次の談話会が行われた。

なお、平成 4 年度より研究の交流活性化の一助として、春と秋に一度ずつ「京都大学数学大談話会」を開催しているが、令和 5 年度春は開催を見送った。また、談話会の都度、講演者にアブストラクトを準備願ひ、本研究所のホームページに掲載している。

講演題目	講演者	所属	月日
摂動を受ける微小遊泳体の運動について (Motility of microswimmers with perturbation)	蛭田 佳樹	数理研	4.26
Locally conjugate Galois sections	Wojciech Porowski	数理研	6.7
アフィン量子群の表現論と量子 Grothendieck 環 (Affine quantum groups and quantum Grothendieck rings)	藤田 遼	数理研	6.14

The automorphism groups of C^* -algebras from the viewpoint of K -theory	曾我部太郎	京大・理	10.18
p 進微分方程式と幾何学性 (p -adic differential equations and geometricity)	阿部 知行	東大・ Kavli IPMU	11.1
正則木上の単純ランダムウォークが頻繁に訪問する点について (On frequently-visited sites by simple random walk on a regular tree)	阿部 圭宏	東北大・理	12.6
Variational methods to construct special orbits for dynamical systems	梶原 唯加	京大・理	12.20
判別式が概素数である既約な整数係数 2 元 4 次形式の同値類の個数について (On the number of equivalence classes of irreducible integral binary quartic forms with almost prime discriminants)	谷口 隆	神戸大・理	1.17

9 共同利用研究

本研究所では、特定のテーマについて、共同利用研究員の受入、数日間の研究会、シンポジウム等を開き、多数の共同利用研究が行われている。

2023 年度の共同利用研究事業は以下のとおりである。

9-1 RIMS 共同研究（公開型）

研究題目	研究代表者	期 間
1. Intelligence of Low-dimensional Topology	大槻 知忠・渡邊 忠之 (122 名)	2023. 5.24~2023. 5.26
2. Around the Mandelbrot set: A conference celebrating the 60th birthday of Mitsuhiro Shishikura	川平 友規・石井 豊 (164 名)	2023. 5.29~2023. 6. 2
3. 一般トポロジーとその関連分野の進捗	赤池 祐次 (26 名)	2023. 6. 5~2023. 6. 7

4. 変換群の幾何とトポロジー
阿部 拓 (34 名) 2023. 6.13~2023. 6.16
5. 表現論とその周辺分野における最近の進展
廣惠 一希 (42 名) 2023. 6.20~2023. 6.23
6. 力学系理論の展開と応用
大林 一平 (91 名) 2023. 6.26~2023. 6.30
7. 部分多様体と群作用の幾何学
橋永 貴弘 (70 名) 2023. 6.26~2023. 6.28
8. 調和解析と非線形偏微分方程式
寺澤 祐高・ニール ベズ (88 名) 2023. 7. 3~2023. 7. 5
9. 流体と気体の数理解析
鈴木 政尋 (93 名) 2023. 7. 5~2023. 7. 7
10. Characters and Moduli of Surfaces
山下 靖・正井 秀俊 (77 名) 2023. 7.17~2023. 7.19
11. 乱流の素過程
松本 剛・藤 定義 (46 名) 2023. 7.19~2023. 7.21
12. 数理解析最適化：理論と実践
繁野 麻衣子 (37 名) 2023. 8.28~2023. 8.29
13. 非線形解析学と凸解析学の研究
木村 寛・青山 耕治 (49 名) 2023. 8.28~2023. 8.30
14. ファイナンスの数理解析とその応用
辻村 元男・後藤 允 (24 名) 2023. 8.30~2023. 9. 1
15. 数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究
金子 真隆 (65 名) 2023. 8.30~2023. 9. 1
16. 可積分系数理論における最近の展開
三木 啓司 (83 名) 2023. 9. 4~2023. 9. 6
17. 数学史の研究
田村 誠 (27 名) 2023. 9. 4~2023. 9. 7
18. 作用素環論の最近の進展
小沢 登高 (53 名) 2023. 9.11~2023. 9.13
19. Analysis, Geometry and Stochastics on Metric Spaces
TUSCHMANN, Wilderich・SHIMIZU, Senjo (46 名) 2023. 9.25~2023. 9.27

20. Continuity, Computability, Constructivity
河村 彰星・ティース ホルガー (73 名) 2023. 9.25～2023. 9.29
21. 発展方程式とその周辺 – エネルギー構造と解の定量的解析 –
赤木 剛朗 (50 名) 2023.10. 2～2023.10. 4
22. 解析的整数論とその周辺
安福 悠 (131 名) 2023.10.10～2023.10.13
23. 非線形波動現象の数理とその応用
柿沼 太郎・片岡 武 (26 名) 2023.10.11～2023.10.13
24. 関数空間を中心とした実解析・複素解析・函数解析の総合的研究
澤野 嘉宏・瀬戸 道生 (34 名) 2023.10.18～2023.10.20
25. Connections Workshop: Stochastic Processes and Related Fields
【女性参画推進型】
佐々田 槇子・嶽村 智子 (68 名) 2023.10.18～2023.10.20
26. 新時代における高性能科学技術計算法の探究
荻田 武史 (58 名) 2023.10.18～2023.10.20
27. 時間遅れ系と数理科学：理論と応用の新たな展開に向けて
西口 純矢 (53 名) 2023.10.18～2023.10.20
28. 巨大基数と連続体
藤田 博司 (57 名) 2023.10.24～2023.10.27
29. 常微分方程式の定性的理論の発展とその応用
渡辺 宏太郎 (45 名) 2023.10.25～2023.10.27
30. 超局所解析と漸近解析における諸問題
神本 晋吾 (86 名) 2023.11. 6～2023.11.10
31. 作用素論の最近の進展とその応用
山崎 丈明 (46 名) 2023.11. 6～2023.11. 8
32. 非線形現象に対する複合的研究：モデリング・数理解析・応用
村川 秀樹 (34 名) 2023.11. 8～2023.11.10
33. 特異点論の展開
加世堂 公希・土田 旭 (65 名) 2023.11.27～2023.11.29
34. スペクトル・散乱理論とその周辺
千原 浩之 (37 名) 2023.11.29～2023.12. 1
35. 量子場の数理とその周辺
廣島 文生 (28 名) 2023.12. 4～2023.12. 6

- | | | |
|---|-------------------|-----------------------|
| 36. 偏微分方程式の幾何的様相 | 小野寺 有紹 (47名) | 2023.12. 4~2023.12. 6 |
| 37. モデル理論における独立概念と次元の研究 | 竹内 耕太 (24名) | 2023.12. 4~2023.12. 6 |
| 38. 非圧縮性粘性流体の数理解析 | 高田 了 (47名) | 2023.12.11~2023.12.13 |
| 39. 代数的整数論とその周辺 | 千田 雅隆 (157名) | 2023.12.11~2023.12.15 |
| 40. 証明論と計算論の最前線 | 横山 啓太 (60名) | 2023.12.11~2023.12.14 |
| 41. 有限群論, 代数的組合せ論, 頂点代数の研究 | 中空 大幸 (45名) | 2023.12.18~2023.12.21 |
| 42. Computer Algebra – Foundations and Applications | 濱田 龍義・鍋島 克輔 (50名) | 2023.12.18~2023.12.20 |
| 43. 非適切問題に対する諸アプローチ – 理論と実践 – | 川越 大輔・林 奕亘 (36名) | 2024. 1.10~2024. 1.12 |
| 44. 保型形式の研究 | 青木 宏樹 (85名) | 2024. 1.22~2024. 1.26 |
| 45. 群・代数・言語と計算機科学の周辺領域 | 西中 恒和 (42名) | 2024. 2.14~2024. 2.16 |
| 46. 有限群のコホモロジー論とその周辺 | 飛田 明彦 (42名) | 2024. 2.14~2024. 2.16 |
| 47. 計算機科学の数理的基盤とその応用 | 堀山 貴史 (80名) | 2024. 2.19~2024. 2.21 |
| 48. East Asian Conference on Geometric Topology | 大槻 知忠 (138名) | 2024. 2.19~2024. 2.22 |
| 49. The 7th International Workshop on Mathematical Analysis of Chemotaxis | 石田 祥子・横田 智巳 (38名) | 2024. 3. 4~2024. 3. 8 |

9-2 RIMS 共同研究 (グループ型 A)

- | 研究題目 | 研究代表者 | 期 間 |
|---------------------------|-------------|-----------------------|
| 1. 線形及び非線形分散型方程式に関する近年の進展 | 川本 昌紀 (46名) | 2023. 5.15~2023. 5.18 |

2. 人口と環境の数理解地理モデリング
藤原 直哉 (21 名) 2023. 6.15~2023. 6.16
3. 組合せ最適化セミナー
牧野 和久 (114 名) 2023. 8. 7~2023. 8. 9
4. 様々なポテンシャルを持つシュレディンガー作用素のスペクトル理論
平良 晃一 (27 名) 2023. 9. 4~2023. 9. 6
5. Arithmetic Homotopy & Galois Theory 【MFO-RIMS Tandem-workshop】
COLLAS, Benjamin・星 裕一郎・Pierre Debes・Ariane Mezard (25 名)
2023. 9.25~2023. 9.29
6. 準周期タイリングとその周辺
山岸 義和 (47 名) 2023.10. 2~2023.10. 4
7. エルゴード理論の最近の進展
夏井 利恵 (29 名) 2023.10. 4~2023.10. 6
8. 生物流体力学における境界の役割
飯間 信・鈴木 康祐 (26 名) 2023.10.25~2023.10.27
9. 複素幾何における葉層と力学系の諸問題
小池 貴之 (37 名) 2023.11.20~2023.11.22
10. 量子ウォークにおける長時間挙動の研究
和田 和幸 (40 名) 2023.11.20~2023.11.22
11. 作用素環論と種々の対称性
安藤 浩志 (48 名) 2024. 1.22~2024. 1.24
12. 非線形問題における精密解析
田中 敏・内藤 雄基 (30 名) 2024. 3. 4~2024. 3. 6
13. グラフの辺の情報を基にした新たな証明手法の確立
八島 高将・大野 由美子 (44 名) 2024. 3. 4~2024. 3. 8
14. 確率モデルと統計的推測
小池 健一 (18 名) 2024. 3. 5~2024. 3. 7
15. Evolutionary partial differential equations and applications
【MATRIX-RIMS Tandem-workshop】
俣野 博 (37 名) 2024. 3.11~2024. 3.15

9-3 RIMS共同研究（グループ型B）

研究題目	研究代表者	期 間
1. 離散可積分系による双等温トーラスの構成について～離散より連続へ～	緒方 勇太（3名）	2023.10. 2～2023.10. 6

9-4 RIMS共同研究（グループ型C）

実施せず。

9-5 長期研究員

応募なし。

9-6 RIMS合宿型セミナー

研究題目	研究代表者	期 間
1. 均質化法と非局所型作用素	正宗 淳（18名）	2023. 8. 7～2023. 8.11

9-7 RIMS総合研究セミナー

研究題目	研究代表者	期 間
1. Mathematics of Random Systems	Jeroen Lamb・CROYDON,David（67名）	2023. 9.11～2023. 9.15
2. ゆっくりと自転する惑星における超回転大気の流体力学（FDEPS 2023）	林 祥介（47名）	2023.11.28～2023.12. 1

9-8 訪問滞在型研究

平成30年度からの国際共同利用・共同研究拠点化に伴い、平成元年度運営委員会の決定に基づき共同利用計画の一環として行ってきたプロジェクト研究計画を訪問滞在型研究計画に発展させ、第5部2-3収録の要旨に沿って、公募実施されてきている。

令和5年度

「確率過程とその周辺」

（組織委員 熊谷 隆，日野 正訓，会田 茂樹，白井 朋之，小澤 登高，福島 竜輝）

研究題目	研究代表者	期 間
1. ランダム行列とその応用	コリンズ ブノア・白井 朋之 (外 93 名)	2023. 6. 5~2023. 6. 9
2. Stochastic Processes and Related Fields	熊谷 隆 (外 119 名)	2023. 9. 4~2023. 9. 8
3. 大規模相互作用系の確率解析	福島 竜輝 (外 62 名)	2023.10.23~2023.10.26
4. Stochastic Analysis	榑岡 誠一郎 (外 64 名)	2023.11. 6~2023.11. 9

平成 9 年度	等質空間上の解析と Lie 群の表現
平成 10 年度	表現論における組合せ論的方法及び関連する組合せ論
平成 11 年度	弦理論にかかわる幾何学
平成 12 年度	反応拡散系：理論と応用
平成 13 年度	21 世紀の低次元トポロジー
平成 14 年度	確率解析とその周辺
平成 15 年度	複素力学系
平成 16 年度	代数解析的方法による可積分系の研究
平成 17 年度	Navier-Stokes 方程式の数値とその応用
平成 18 年度	数論的代数幾何学の研究
平成 18 年度	グレブナー基底の理論的有効性と実践的有効性
平成 19 年度	ミラー対称性と位相的場の理論
平成 20 年度	離散構造とアルゴリズム
平成 20 年度	特異点解消について
平成 21 年度	数値ファイナンス
平成 21 年度	非線形分散型偏微分方程式の定性的研究
平成 22 年度	数論における諸関数とその確率論的側面
平成 22 年度	変形量子化と非可換幾何学の発展開へむけて
平成 23 年度	作用素環とその応用
平成 23 年度	極小モデルと端射線
平成 24 年度	離散幾何解析
平成 24 年度	高精度数値計算法の先端的応用
平成 25 年度	モジュライ理論
平成 25 年度	大規模流動現象の流体力学

平成 25 年度	力学系：理論と応用の新展開
平成 26 年度	数学と材料科学の新たな融合研究を目指して
平成 26 年度	幾何学的表現論の研究
平成 27 年度	確率解析
平成 27 年度	理論計算機科学の新展開
平成 28 年度	壁近傍乱流の流体力学
平成 28 年度	グレブナー基底の展望
平成 28 年度	微分幾何学と幾何解析
平成 29 年度	量子力学の数理解析およびその周辺の話題
平成 30 年度	頂点作用素代数と対称性
令和 元年度	団代数
令和 元年度	離散最適化とその周辺
令和 2 年度	宇宙際タイヒミューラー理論の拡がり（令和 3 年度に延期）
令和 2 年度	微分幾何と可積分系－対称性と安定性・モジュライの数理－ （令和 3 年度に延期）
令和 3 年度	Mathematical Biofluid Mechanics
令和 3 年度	作用素環論とその応用
令和 3 年度	宇宙際タイヒミューラー理論の拡がり
令和 3 年度	微分幾何と可積分系－対称性と安定性・モジュライの数理－
令和 4 年度	変分問題の深化と応用
令和 4 年度	特異点論特別月間
令和 5 年度	確率過程とその周辺
令和 6 年度	可積分系・数理物理学に関わる代数幾何学の発展
令和 7 年度	数理最適化における理論研究の新展開

9-9 国際シンポジウム

「Around the Mandelbrot set: A conference celebrating the 60th birthday of Mitsuhiro Shishikura」

（研究代表者 一橋大学 経済学研究科 教授 川平 友規）

（研究代表者 九州大学 数理学研究院 教授 石井 豊）

本研究集会は、80年代から現在まで複素力学系理論をリードしてきた宍倉光広氏（京都大学）のご還暦を記念し、氏の輝かしい業績をたたえとともに、この40年間で氏が開発した数々の研究技法を軸として、現代の複素力学系理論の進展を俯瞰するものである。1次元複素力学系理論におけるトップレ

ベルの研究者（Douady-Hubbard 理論で名高い J.H.Hubbard, 98 年フィールズ賞の C.McMullen, 数論力学系でも顕著な業績を上げている L.DeMarco（女性）、繰り込み理論の大家 M.Lyubich など）を海外から 20 名招聘（オンライン講演 3 名を含む）し、さらに国内の研究者 5 名を含めた 25 名による研究発表がなされた。内容は宍倉氏の過去の研究内容に関連するものを中心に、1 次元および高次元の複素（数体上の）力学系、非アルキメデスの体上の力学系、ランダム力学系など多岐にわたった。

本研究集会は Zoom 配信も行うハイブリッド国際研究集会であったが、対面参加者 94 名に対しオンライン参加者も 70 名、とくに海外からのオンライン参加者も多く、関心の高さが伺えた。この点は、RIMS より Zoom オペレーターを配置していただけたことが大きな助けとなった。

「East Asian Conference on Geometric Topology」

（研究代表者 京都大学 数理解析研究所 教授 大槻 知忠）

国際会議「East Asian Conference on Geometric Topology」は、日本と中国と韓国を巡回して毎年開催されている国際会議であり、東アジア地域の Geometric Topology の研究交流と若手研究者の育成を目的とする。この国際会議の前身は、日本と韓国の研究者によって始められた国際会議「Japan-Korea School of Knots and Links」であり、前身の会議からの通算で今回が「第 19 回」である。この国際会議は（歴史的経緯により）低次元トポロジーを中心とした geometric topology の研究者が研究発表・討論・研究交流を行うことを目的とする。午前の session では全体講演として比較的長い講演を 1 つの講演会場でを行い、午後の session では 3 つの講演会場で比較的短い講演を parallel session として行った。最近では、中国や韓国の研究者は、アメリカに留学して博士学位をとり、母国にもどって大学教員になっている人がふえつつある。以前のこの国際会議では講演後の質疑応答のときに質問がでないことがよくあったが、今回は、講演後に積極的に質疑応答されることも多くあり、活発で有意義な研究討論が行われた。東アジア地域の研究者が合同で国際会議を行って研究交流する意義は、高くなりつつあるとおもわれる。

「Mathematics of Random Systems」

（研究代表者 Imperial College London 教授 Jeroen Lamb）

（研究代表者 京都大学 数理解析研究所 准教授 David Croydon）

この共同研究は、ランダム系に関わる研究を行っているイギリスと日本の学

生や若手研究者による研究交流を目的とし、学生を主な参加者とした研究集会を開いた。テーマがランダム系ということで、確率論や力学系、応用数学と幅広い分野の研究者が参加した。具体的には Blumenthal 氏, Etheridge 氏, 福島氏により、それぞれランダム力学系、確率人口モデル、ランダム環境での集中不等式に関する連続講演が行われ、Zeitouni 氏, 角氏, 坂井氏, 河備氏, 矢野氏による講演、さらに参加学生及び若手研究者による沢山の研究発表が行われ、情報共有及び討論が行われた。連続講演では学生にも十分理解できる様、問題背景に関する丁寧な説明やそれぞれの話題に関する前提知識、さらには論理展開の丁寧な説明が行われた。また、取り扱われたテーマが広いことから、普段は交流のない他分野の研究者との情報交換や意見交換の場ともなり、教員にとっても貴重な機会となった。

「Continuity, Computability, Constructivity」

(研究代表者 京都大学 数理解析研究所 准教授 河村 彰星)

(研究代表者 京都大学 人間環境学研究科 特定講師 Holger Thies)

本共同研究は、前年まで欧洲の国際研究プロジェクト「COMPUTAL (Computable Analysis)」(2012 ~ 15) と「Computing with Infinite Data (CID)」(2016 ~ 22) の下で行われてきた研究集会の後継として、初めて日本で開催された。参加者数は過去最高となり活潑な議論が行われた。主なテーマは、計算可能解析学／実効記述集合論／無限データのアルゴリズム／厳密実数計算の理論と実装／ランダム性／構成的数学／位相と計算／Weihrauch 次数など。Norbert Müller 氏 (Trier) らによるプログラム委員会で、招待講演・チュートリアルを5件企画し、通常講演19件とともに5日間の日程を組んで現地・遠隔のハイブリッド形式で実施した。ウェブページ・プログラム・一部講演資料等 <https://www.i.h.kyoto-u.ac.jp/ccc2023/>

「Stochastic Processes and Related Fields」

(研究代表者 早稲田大学 理工学術院 教授 熊谷 隆)

本国際研究集会は、2023年度 RIMS 訪問滞在型研究「確率過程とその周辺」の要の役割を果たす研究集会として開催された。確率偏微分方程式、大規模相互作用系、ランダム行列などをキーワードに、広い意味で確率解析や確率過程に関連するテーマで世界をリードする研究者を招聘し、幅広い視点から最新の研究成果を発表してもらった。日本側の講演者は若手・中堅を中心に選拔し、また講演者の diversity にも配慮した。日本の確率論分野は、今まさに世代交代

の時期にあり、その意味で今後の日本の確率論を背負って立つ若手・中堅研究者が世界のトップの研究者と個人的に親しくなり、講演が深い研究交流につながる事例もいくつか現れたのは大きな成果であったと考える。ポスターセッションと、これに先んじてポスターの概要を一人3分で話す poster talks を設け、博士課程の学生やポストドクを中心とした若手研究者に自身の研究を紹介する機会を設けたことも、非常に有意義であった。

「Characters and Moduli of Surfaces」

(研究代表者 中央大学 理工学部 教授 山下 靖)

(研究代表者 東京工業大学 理学院 助教 正井 秀俊)

曲面の基本群などに代表される離散群の指標多様体は、代数幾何学・タイヒミュラー空間論・クライン群論・双曲幾何学・低次元トポロジー・複素力学系・数論など数学の様々な分野と関係し、現在活発に研究が進展しつつある。本共同研究の目的は、低次元多様体の幾何構造を中心に、近年活発に研究を行っている国内外の研究者を招へいし、これらの分野のさらなる発展につながることである。

研究集会では、リーマン面の複素射影構造、曲面の幾何構造の分類、タイヒミュラー空間上の地震距離、曲面群のエルミート型半単純リー群への表現、モジュラー群の合同部分群の生成系、複素双曲多様体の管状近傍、3-ブレイド群の周期的分解列、シュワルツの補題の離散化、マルコフ数の一意性、タイヒミュラー距離の幾何、曲面上の曲線族の長さに関する等式、双曲交代絡み目のチェッカーボード曲面、半単純リー群の横断的部分群のパターソン・サリバン測度等の講演があり、活発な討論が行われた。

「ランダム行列とその応用」

(Random Matrices and Applications)

(研究代表者 京都大学 理学研究科 教授 Collins Benoit)

(研究代表者 九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 教授 白井 朋之)

ランダム行列に関する話題は近年爆発的に研究者が増えている。研究の切り口も多岐にわたり、その内容も非常に深いものになるとともに、数学にとどまらない多様な広がりも見せている。本研究会では、ランダム行列のトップレベルの研究者らを京都大学数理解析研究所に招聘して、最近の研究成果について講演を行なってもらい、参加者らとランダム行列の最新の話題について討論および情報交換を行うことで、活発な研究交流の促進を行うことを目的とした。

特に、研究会の講演話題についてはできるだけ多様性を持つように工夫し、ランダム行列の数理物理的・表現論的・機械学習など情報理論の側面からの研究者なども含めた。また、若手に対して発表の機会を提供するため、ポスターセッションも実施した。ポスターセッションには国内外から広く発表者が集まり、時間が足りないほどの活発な議論がなされた。代表者2名とともに、佐久間紀佳准教授（名古屋市立大）が実質的なオーガナイズを担当して研究会のスムーズな運営が達成された。

「巨大基数と連続体」

(Large Cardinals and the Continuum)

(研究代表者 愛媛大学 理工学研究科 講師 藤田 博司)

1870年代に「連続体とは何か」という問題意識から始まった集合論の研究は、その後160年あまり、極めて多様に展開している。その多様な展開の現状を、無限概念の強化・拡張としての巨大基数公理の研究と、連続体濃度の集合論的構造の研究という二つの側面から明らかにすることが、今回の共同研究の目的である。Joan Bagaria の4回にわたるチュートリアル講演では、無限という概念そのものの根底に含まれるある種の自己相似性の認識への反省から出発して、数多の巨大基数公理を数学的構造のクラスにおける反映原理として捉え直せることを明らかにした。また、Andrés Uribe-Zapata, Miguel Cardona, 山添隆志, Diego Mejia の研究発表では、実数の集合の構造研究の一端としての基数不変量の研究の最前線において、FAM-limitの方法が有効であることを明らかにした。そのほか、決定公理のモデル、超フィルターの基底の濃度、記述集合論的諸原理の矯正などに関連して、総計24コマの講演があった。

「大規模相互作用系の確率解析」

(Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems)

(研究代表者 筑波大学 数理物質系 教授 福島 竜輝)

本共同研究のテーマは多くのランダムな要素が互いに相互作用しながら時間発展するような「大規模相互作用系」の解析である。この分野は、最近の表現論と関連する可解な確率モデルの系統的な発見と、揺らぎを記述すると考えられている得意な確率偏微分方程式の解の理論の発展によって、世界的にも研究が非常に盛んになっている。しかしながら、物理学において古くから予想されていた結果などに数学的に証明が与えられたモデルは未だに限られており、もっとも重要な予想の一つである「普遍性」の理解には、具体例の解析と抽象論の

発展をさらに積み重ねていく必要があるところである。そこで、相互作用する粒子系、確率偏微分方程式、ランダム行列や可解な確率モデルといった分野の研究者を招き、研究発表と討論を行なった。

研究発表に直接関連する討論はもちろんのこと、休憩時間やプログラム終了後にも盛んな討論が行われ、このように幅広く参加者を募ってアイデアを交換することの重要性を再認識した。

「準周期タイリングとその周辺」

(Quasiperiodic tiling and related topics)

(研究代表者 龍谷大学 先端理工学部 准教授 山岸 義和)

準結晶は、通常の結晶のような周期性をもたないがアモルファスでもない物質の内部状態である。1982年に最初に発見された準結晶は、回折像が多数の輝点をもち、周期の内在性を示していたが、それは三次元結晶群の周期性と矛盾する五角対称性であった。広い意味の準周期的構造は、ほかにも様々な場所に様々なスケールレベルで観察されている。たとえば、五角対称性などをもち19世紀から生物学的結晶と呼ばれてきた植物の螺旋葉序があり、準結晶としての再帰的性質や組合せの性質が明らかになりつつある。本共同研究では、このように広義の準周期構造を考える。非周期的モノタイルの存在に関するいわゆるアインシュタイン問題、高次元連分数展開から定義される臨界面の問題、準周期的シュレディンガー作用素のスペクトルの問題、三方向に三角形セルオートマトンパターンを形成する立体構造物、平面上で一回転する線分が通過する面積に関する問題、三角格子におけるライツアウト問題、高次元多面体の起点展開と最遠点写像の問題などについて議論する。これらのような、タイリングに関連する分野についての研究を総合的にサーベイすることで、最近の進展について学習し、また関連する研究者の交流の機会を設けることを目的とする。秋山と荒木は、最近発見された非周期的モノタイルの非周期性について見通しの良い証明を与えた。川又は、DNAを利用した微小な立体構造物の作成に関する最新の技法について報告した。三谷は、折り紙工学に関する最近の話題について概観した。高橋は、単調コサイクルのリアプノフ指数の調和性について調べた。赤間は、双曲平面の正多角形を用いた多面体の構造について調べた。Liuは、Thue-Morse ハミルトン系におけるスペクトルについて調べている。Jametは、高次元連分数が生成する離散平面について調べた。Huangは、一定の条件をみたす Bedford-McMullen カーペットをリプシッツ同相について分類した。Chaideeは、多面体を作るポリリンクの構造について調べた。Schoenke

は、振れ率一定の閉曲線の絡み数の下限の評価に関する実験結果を示した。山岸は、4次元立方体上の最遠点写像の力学系の極限集合が各面の対角線集合となることを示した。

以上、タイリングおよび準周期性を中心とする多様な分野に関する報告があり、活発な議論が得られた。この共同研究は会場参加とオンライン参加を合わせたハイブリッド形式で開催され、参加者数は47名（うち海外からの会場参加7名、国内からの会場参加18名、海外からのオンライン参加13名、国内からのオンライン参加9名）であった。

10 外国人来訪者

2023年度に外国の大学、研究機関などから研究所を来訪した研究者は次のとおりである。

滞在外国人研究者

(2023年4月1日～2024年3月31日)

身分	氏名	所属	来所年月日	離所年月日
外国人共同研究者	PARK, Sewon	JSPS	2022年 4月1日	2024年 3月31日
外国人共同研究者	PHILIP, Severin	JSPS	2022年 8月1日	2024年 7月31日
外国人共同研究者	GUO, Hongyan	Central China Normal University	2022年 9月13日	2023年 9月12日
外国人共同研究者	SONG, Zihao	-	2022年 10月25日	2024年 10月24日
招へい外国人学者	DEBES, Pierre	Lille Université	2023年 3月15日	2023年 4月29日
招へい研究員 (客員教授)	TELIKEPALLI, Kavitha	Tata Institute of Fundamental Research	2023年 4月1日	2023年 6月30日
招へい研究員 (客員教授)	BORDENAVE, Charles	Institute of Mathematics of Marseille	2023年 4月1日	2023年 6月30日

招へい 外国人学者	KIM, Myungho	Kyung Hee University	2023年 4月1日	2023年 7月31日
招へい 外国人学者	SCHAPIRA, Pierre	Sorbonne université	2023年 4月3日	2023年 4月22日
招へい 外国人学者	CHIANG, River	National Cheng Kung Univrersity	2023年 5月1日	2023年 6月15日
招へい研究員 (客員教授)	CHEREDNIK, Ivan	University of North Carolina at Chapel Hill	2023年 5月14日	2023年 8月13日
招へい 外国人学者	RASMUSSEN, Christopher Jorgen	Wesleyan University	2023年 5月28日	2023年 6月13日
招へい 外国人学者	LEPAGE, Emmanuel Yves Olivier	Sorbonne université	2023年 6月1日	2023年 6月22日
招へい研究員 (客員教授)	SAIDI, Mohamed	University of Exeter	2023年 6月28日	2023年 9月28日
招へい 外国人学者	MOK, Chung Pang	Soochow University	2023年 7月8日	2023年 7月28日
招へい 外国人学者	XU, Jiang	Nanjing University of Aeronautics andAetronautics	2023年 7月15日	2023年 9月2日
招へい研究員 (客員教授)	CADORET, Anna	UPMC – Sorbonne Universités	2023年 7月18日	2023年 10月17日
招へい 外国人学者	D'AGNOLO, Andrea	University of Padova	2023年 7月29日	2023年 9月2日
外国人 研究者	MÜLLER, Norbert	Trier University	2023年 9月20日	2023年 10月8日

招へい研究員 (客員教授)	LACOIN, Hubert	National Institute for Pure and Applied Mathematics	2023 年 9 月 20 日	2023 年 12 月 19 日
外国人 研究者	KAPRON, Bruce	University of Victoria	2023 年 9 月 23 日	2023 年 10 月 9 日
招へい 外国人学者	KEEM, Changho	Seoul National University	2023 年 10 月 3 日	2023 年 12 月 4 日
招へい 外国人学者	SLADE, Gordon	University of British Columbia	2023 年 10 月 21 日	2023 年 11 月 5 日
招へい 外国人学者	MATSUKI, Kenji	Purdue University	2023 年 12 月 26 日	2024 年 3 月 25 日
外国人共同 研究者	WONG, Mo Dick	Durham University	2024 年 1 月 5 日	2024 年 1 月 26 日
招へい 外国人学者	HUANG, Pengfei	Max Planck Institute for Mathematics in the Sciences	2024 年 1 月 9 日	2024 年 1 月 22 日
招へい 外国人学者	CHANG, Chieh- Yu	National Tsing Hua University	2024 年 1 月 20 日	2024 年 2 月 5 日
招へい 外国人学者	SAIDI, Mohamed	University of Exeter	2024 年 1 月 29 日	2024 年 3 月 6 日
招へい 外国人学者	YU, Chia-Fu	Institute of Mathematics Academia Sinica	2024 年 1 月 31 日	2024 年 2 月 15 日

11 学術出版目録

研究所の学術刊行物として「Publications of the Research Institute for Mathematical Sciences」(以下 Publ. RIMS)「講究録」「講究録別冊」の3誌を発行している。「Publ. RIMS」は、専任所員の研究成果をはじめとして、数理解析に関連する重要な結果を欧文で公表する専門誌として、1965年以来毎年刊行している。刊行後5年経過した論文は、欧州数学会のホームページで無料公開しており、2023年以降、一部については、Subscribe To Open (S2O) プログラムに基づいてオープンアクセス出版している。また、科学技術振興機構のJ-STAGE、当研究所のホームページでも一部公開している。更に、運営委員会が特に選定した共同利用研究の報告書は、「講究録別冊」という subseries として刊行している。「講究録」及び「講究録別冊」は、研究所ホームページの「刊行活動」及び「京都大学学術情報リポジトリ (KURENAI)」で無料公開している。上記以外にはプレプリント・シリーズを研究成果の速報として随時、研究所のホームページで公開しているほか、「京都大学学術情報リポジトリ (KURENAI)」でも公開している。

11-1 Publications of the Research Institute for Mathematical Sciences

本誌は数理科学の専門誌であり、Vol. 59(2-4), 60(1)の論文は次のとおりである。

Vol. 59, No. 2 (June 2023)	page
6. Alfred RIECKERS, Classical and Quantized Maxwell Fields Deduced from Algebraic Many-Photon Theory	203
7. Jan FRAHM, Symmetry Breaking Operators for Strongly Spherical Reductive Pairs	259
8. Damir KINZEBULATOV and Yuliy A. SEMÉNOV, Fractional Kolmogorov Operator and Desingularizing Weights	339
9. Robert DENK, Michael KUPPER and Max NENDEL, Convex Monotone Semigroups on Lattices of Continuous Functions	393
(編集委員長：望月新一)	
Vol. 59, No. 3 (September 2023)	page
10. Mamoru UEDA, Construction of the Affine Super Yangian	423

11. Ricardo García LÓPEZ, Formal Stationary Phase for the Mellin Transform of a \mathcal{D} -Module	487
12. Shota TSUJIMURA, On the Semi-absoluteness of Isomorphisms between the Pro- p Arithmetic Fundamental Groups of Smooth Varieties	507
13. Andrea D'AGNOLO and Masaki KASHIWARA, Enhanced Nearby and Vanishing Cycles in Dimension One and Fourier Transform	543
14. Mohamed SAÏDI, Further Examples of Non-geometric Sections of Arithmetic Fundamental Groups	571
15. Bashar KHORBATLY and Samer ISRAWI, Full Justification for the Extended Green-Naghdi System for an Uneven Bottom with/without Surface Tension	587
16. Simon BRANDHORST, Sławomir RAMS and I. SHIMADA, On Characteristic Polynomials of Automorphisms of Enriques Surfaces	633
17. Andreas DEBROUWERE and Jasson VINDAS, Quasianalytic Functionals and Ultradistributions as Boundary Values of Harmonic Functions	657

(編集委員長：望月新一)

Vol. 59, No. 4 (December 2023) page

18. Stefan HOLLANDS, Trace- and Improved Data-Processing Inequalities for von Neumann Algebras	687
19. Benjamin COLLAS and Sylvain MAUGEAIS, On Galois Action on the Inertia Stack of Moduli Spaces of Curves	731
20. Takeo OHSAWA, On Cohomology Vanishing with Polynomial Growth on Complex Manifolds with Pseudoconvex Boundary	759
21. Masaru SUGAWARA, Quantum Dilogarithm Identities Arising from the Product Formula for the Universal R-Matrix of Quantum Affine Algebras	769
22. Indranil BISWAS and Sorin DUMITRESCU, The Monodromy Map from Differential Systems to the Character Variety Is Generically Immersive ..	821
23. Wojciech POROWSKI, Pro- p Criterion of Good Reduction of Punctured Elliptic Curves	843

(編集委員長：望月新一)

Vol. 60, No. 1 (March 2024)	page
1. David HERNANDEZ and Huafeng ZHANG, Shifted Yangians and Polynomial R-Matrices	1
2. Yūsuke OKUYAMA, On a Degenerating Limit Theorem of DeMarco-Faber	71
3. Rui OKAYASU, A Note on Injective Factors with Trivial Bicentralizer	109
4. Yuzuru INAHAMA, Large Deviations for Hypoelliptic Diffusion Bridges on Sub-Riemannian Manifolds	145
5. Arata Komyo, Description of Generalized Isomonodromic Deformations of Rank-Two Linear Differential Equations Using Apparent Singularities	185
(編集委員長：望月新一)	

11-2 講究録

本誌は共同利用研究の際の講演等の記録であり、No.2245以降は次のとおりである。

No.1～999のList & IndexはNo.1000に、No.1001～1999はNo.2000に掲載されている。

2023年度

号数	書名
2245	教育数学の一側面－高等教育における数学の多様性と普遍性－
2246	確率論シンポジウム
2247	Nonlinear and Random Waves
2248	Women in Mathematics
2249	モデル理論における独立概念と次元の研究
2250	関数空間論とその周辺
2251	偏微分方程式の幾何的様相
2252	有限群のコホモロジー論とその周辺
2253	有限群論，代数的組合せ論，頂点代数の研究
2254	種々の統計的モデルにおける推測方式の有効性
2255	Computer Algebra - Foundations and Applications
2256	再生核ヒルベルト空間を中心とした実解析・複素解析・関数解析の総合的研究
2257	スペクトル・散乱理論とその周辺
2258	組合せ論的表現論における最近の展開
2259	解析的整数論とその周辺

- 2260 関数空間論とその周辺
- 2261 強制法と基数算術の新たな展開
- 2262 時間遅れ系と数理解析：理論と応用の新たな展開に向けて
- 2263 Intelligence of Low-dimensional Topology
- 2264 保型表現の解析的・数論的研究
- 2265 群・環・言語と計算機科学の周辺領域
- 2266 非圧縮粘性流体の数理解析
- 2267 Zeta functions and their representations
- 2268 幾何構造と微分方程式 – 対称性・特異性及び量子化の視点から –
- 2269 代数的整数論とその周辺
- 2270 ランダム力学系・非自励力学系研究の展望：理論と応用
- 2271 一般トポロジーとその関連分野の進捗
- 2272 ファイナンスの数理解析とその応用
- 2273 数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究
- 2274 非線形解析学と凸解析学の研究
- 2275 教育数学の一側面 – 高等教育における数学の多様性と普遍性 –
- 2276 変換群の幾何とトポロジー
- 2277 発展方程式論の革新：異分野との融合がもたらす理論の深化

11-3 講究録別冊

共同利用研究のうち、運営委員会が特に選定した研究会等の記録であり、B92以降は次のとおりである。2007年3月に第1号(B1)が刊行された。全ての掲載論文は査読済みである。

2023年度

号数

- B92 Study of the History of Mathematics 2022
- B93 Research on preserver problems on Banach algebras and related topics
- B94 Mathematical structures of integrable systems, their developments and applications

11-4 プレプリント

プレプリントは所員の研究成果の速報として発行するもので、令和5年4月から令和6年3月までのものは次のとおりである。

- | | | |
|-----------|--|-------------|
| RIMS-1970 | Yuichiro HOSHI
Canonical Liftings of Level Two of Tetrapods in Characteristic Three | April, 2023 |
| RIMS-1971 | Tomotada OHTSUKI
On the 3D-index of finite cyclic covers of hyperbolic knot complements | May, 2023 |
| RIMS-1972 | Yuichiro HOSHI
Tripod-degrees | May, 2023 |
| RIMS-1973 | Arata MINAMIDE and Shota TSUJIMURA
Anabelian Geometry for Henselian Discrete Valuation Fields with Quasi-finite Residues | June, 2023 |
| RIMS-1974 | Shinichi MOCHIZUKI and Shota TSUJIMURA
Resolution of Nonsingularities, Point-theoreticity, and Metric-admissibility for p -adic Hyperbolic Curves | June, 2023 |
| RIMS-1975 | Shota TSUJIMURA
Grothendieck Conjecture for Hyperbolic Curves over Finitely Generated Fields of Positive Characteristic via Compatibility of Cyclotomes | July, 2023 |

- RIMS-1976 Kouki YAMAGUCHI
On the 3-loop polynomial of genus 1 knots with trivial Alexander
polynomial
November, 2023
- RIMS-1977 Yuichiro HOSHI
A Note on Open Homomorphisms Between Global Solvably
Closed Galois Groups
November, 2023
- RIMS-1978 Benjamin COLLAS, Séverin PHILIP
On Oda's problem and special loci
November, 2023
- RIMS-1979 Kaoru ONO
Sign Convention for A_∞ -Operations in Bott-Morse Case
January, 2024

第4部 諸 規 程

1 京都大学数理解析研究所規程

(平成16年達示第41号)

(趣 旨)

第1条 この規程は、京都大学数理解析研究所（以下「数理解析研究所」という。）の組織等に関し必要な事項を定めるものとする。

(目 的)

第2条 数理解析研究所は、数理解析に関する総合研究を行うとともに、全国の大学その他の研究機関の研究者の共同利用に供することを目的とする。

(所 長)

第3条 数理解析研究所に、所長を置く。

2 所長は、京都大学の教授をもって充てる。

3 所長の任期は、2年とする。ただし、補欠の所長の任期は、前任者の残任期間とする。

4 所長は再任されることができる。ただし、引き続き再任される場合の任期は、1年とする。

5 所長は、数理解析研究所の所務を掌理する。

(副所長)

第4条 数理解析研究所に、副所長1名を置く。

2 副所長は、数理解析研究所の教授をもって充て、所長が指名する。

3 副所長の任期は、1年とし、再任を妨げない。ただし、指名する所長の任期の終期を超えることはできない。

4 副所長は、所長を補佐し、研究支援のための所内組織を統轄する。

(協議員会)

第5条 数理解析研究所に、国立大学法人京都大学の組織に関する規程（平成16年達示第1号）第33条に定める事項を審議するため、協議員会を置く。

2 協議員会の組織及び運営に関し必要な事項は、協議員会が定める。

(運営委員会)

第6条 数理解析研究所に、その運営に関する重要事項について所長の諮問に応ずるため、運営委員会を置く。

2 運営委員会の組織及び運営に関し必要な事項は、所長が定める。

(専門委員会)

第7条 所長の諮問に応じ、共同利用研究に関する事項を審議するため、運営委員会に専門委員会を置く。

2 専門委員会の組織及び運営に関し必要な事項は、運営委員会が定める。
(研究部門)

第8条 数理解析研究所の研究部門は、次に掲げるとおりとする。

基礎数理研究部門

無限解析研究部門

応用数理研究部門

(計算機構研究施設)

第9条 数理解析研究所に、附属の研究施設として、計算機構研究施設（以下「施設」という。）を置く。

2 施設に施設長を置き、数理解析研究所の教授をもって充てる。

3 施設長の任期は、2年とし、再任を妨げない。ただし、補欠の施設長の任期は、前任者の残任期間とする。

4 施設長は、施設の業務をつかさどる。

(図書室)

第10条 数理解析研究所に、図書室を置く。

2 図書室に図書室長を置く。

3 図書室長は、数理解析研究所の教授をもって充て、所長が指名する。

4 図書室長の任期は、1年とし、再任を妨げない。

5 図書室長は、図書室の業務をつかさどる。

6 図書室の運営及び利用に関し必要な事項は、所長が定める。

(研究科の教育への協力)

第11条 数理解析研究所は、理学研究科の教育に協力するものとする。

(事務組織)

第12条 数理解析研究所の事務組織については、京都大学事務組織規程（平成16年達示第60号）の定めるところによる。

(内部組織)

第13条 この規程に定めるもののほか、数理解析研究所の内部組織については、所長が定める。

附 則

1 この規程は、平成16年4月1日から施行する。

2 この規程の施行後最初に任命する所長の任期は、第3条第3項の規定にかかわらず、平成17年3月31日までとする。

3 この規程の施行後最初に任命する施設長の任期は、第9条第3項の規定にかかわらず、平成17年3月31日までとする。

附 則（平成17年達示第65号）抄

（施行期日）

第1条 この規程は、平成17年10月1日から施行する。

附 則（平成24年達示第4号）

（施行期日）

この規程は、平成24年4月1日から施行する。

附 則（平成25年達示第33号）

（施行期日）

この規程は、平成25年4月1日から施行する。

附 則（平成27年達示第4号）

（施行期日）

この規程は、平成27年4月1日から施行する。

2 京都大学数理解析研究所協議委員会内規

（趣 旨）

第1条 この内規は、数理解析研究所の協議委員会（以下「協議委員会」という。）の組織及び運営に関し必要な事項を定めるものとする。

（構 成）

第2条 協議委員会は、次の各号に掲げる協議員で組織する。

一 所長

二 数理解析研究所の教授

三 前号以外の京都大学の教授のうちから、協議委員会の議を経て所長の委嘱した者 若干名

2 前項第三号の協議員の任期は、2年とし、再任を妨げない。ただし、補欠の協議員の任期は、前任者の残任期間とする。

（招 集）

第3条 所長は、協議委員会を招集し、議長となる。

2 所長に事故があるときは、あらかじめ所長が指名した協議員が、議長となる。

（開 会）

第4条 協議委員会は、協議員の半数以上が出席しなければ、開会することがで

きない。

(構成員以外の者の出席)

第5条 協議員会には、協議員会の決定により、協議員以外の者を出席させることができる。

(雑 則)

第6条 協議員会の事務を処理するため、協議員会に幹事を置き、事務長をもって充てる。

第7条 この内規に定めるもののほか、議事の方法その他の必要事項は、協議員会が定める。

附 則

- 1 この内規は、平成16年4月1日から施行する。
- 2 この内規の施行日の前日において協議員であった者は、別段の定めのあるものを除き、引き続いて協議員となり、第2条第1項第三号の協議員の任期は、同条第2項の規定にかかわらず、平成17年3月31日までとし、施行日以後新たにこの内規による委嘱を要しない。
- 3 この内規施行の日に委嘱する協議員の任期は、第2条第2項の規定にかかわらず、平成17年3月31日までとする。

3 京都大学数理解析研究所運営委員会内規

(趣 旨)

第1条 この内規は、数理解析研究所運営委員会(以下「運営委員会」という。)の組織及び運営に関し必要な事項を定めるものとする。

(構 成)

第2条 運営委員会は、次の各号に掲げる委員で組織する。

- (1) 数理解析研究所の教授
 - (2) 京都大学の教授(前号に掲げる者を除く。) 若干名
 - (3) 学外の学識経験者 若干名
- 2 前項第2号及び第3号の委員は、所長が委嘱する。
 - 3 第1項第3号の委員の数は、委員会の委員の総数の2分の1以上とする。
 - 4 第1項第2号及び第3号の委員の任期は、2年とし、再任を妨げない。ただし、必要に応じて、2年未満の任期を定めることができる。
 - 5 前項の規定にかかわらず、補欠の委員の任期は、前任者の残任期間とする。

(招 集)

第3条 運営委員会に委員長を置き、委員の互選によって選出する。

2 委員長は、委員会を招集し、議長となる。

3 委員長に事故があるときは、あらかじめ委員長が指名した委員が、議長となる。

(議事)

第4条 運営委員会は、委員の半数以上が出席しなければ、開会することができない。

2 運営委員会の議事は、出席した委員の過半数で決し、可否同数の場合は、議長が決する。

(議事の特例)

第5条 前条第1項の規定にかかわらず、委員長が、議事が軽易な事項である又は緊急その他やむを得ない事由であると認める場合は、書面又は電子メールにより審議することができる。

2 前条第2項の規定にかかわらず、前項の議事は、書面又は電子メールにより回答のあった委員の過半数で決し、可否同数の場合は、議長が決する。ただし、委員の半数以上からの回答がない場合は、議事は決しないものとする。

3 委員長は、前項の議決の結果について、当該議事を決した後最初に委員が出席して開催される運営委員会において報告しなければならない。

(構成員以外の者の出席)

第6条 運営委員会が必要と認めたときは、委員以外の者の出席を求めて、意見を聴くことができる。

(雑則)

第7条 運営委員会の事務を処理するため、運営委員会に幹事を置き、数理解析研究所事務部事務長をもって充てる。

第8条 この内規に定めるもののほか、運営委員会の組織及び運営に関し必要な事項は、運営委員会が定める。

附則

1 この内規は、平成16年4月1日から施行する。

2 この内規の施行日の前日において委員であった者は、別段の定めのあるものを除き、引き続き委員となり、第2条第1項第三号及び第四号の委員の任期は、同条第2項の規定にかかわらず、平成17年8月31日までとし、施行日以後新たにこの内規による委嘱を要しない。

3 この内規施行の日に委嘱する委員の任期は、第2条第2項の規定にかかわ

らず，平成 17 年 8 月 31 日までとする。

附 則

この内規は，平成 20 年 10 月 17 日から施行する。

附 則

この内規は，平成 21 年 1 月 23 日から施行する。

附 則

この内規は，平成 21 年 4 月 17 日に改正制定し，平成 21 年 9 月 1 日から施行する。

附 則

この内規は，平成 31 年 1 月 18 日に施行し，平成 30 年 11 月 13 日から適用する。

4 京都大学数理解析研究所専門委員会内規

(趣 旨)

第 1 条 この内規は，数理解析研究所専門委員会（以下「専門委員会」という。）の組織及び運営に関し必要な事項を定めるものとする。

(構 成)

第 2 条 専門委員会は，次の各号に掲げる委員で組織する。

(1) 運営委員会の委員

(2) その他所長が必要と認める者 若干名

2 前項第 2 号の委員は，所長が委嘱する。

3 学外委員の総数は，専門委員会の委員の総数の 2 分の 1 以上とする。

4 第 1 項第 2 号の委員の任期は，2 年とし，再任を妨げない。ただし，必要に応じて，2 年未満の任期を定めることができる。

5 前項の規定にかかわらず，補欠の委員の任期は，前任者の残任期間とする。

(招 集)

第 3 条 専門委員会に委員長を置き，運営委員会の委員長が兼ねる。

2 委員長は，委員会を招集し，議長となる。

3 委員長に事故があるときは，あらかじめ委員長が指名した委員が，議長となる。

(議 事)

第 4 条 専門委員会は，委員の半数以上が出席しなければ，開会することがで

きない。

- 2 専門委員会の議事は、出席した委員の過半数で決し、可否同数の場合は、議長が決する。

(議事の特例)

第5条 前条第1項の規定にかかわらず、委員長が、議事が軽易な事項である又は緊急その他やむを得ない事由であると認める場合は、書面又は電子メールにより審議することができる。

- 2 前条第2項の規定にかかわらず、前項の議事は、書面又は電子メールにより回答のあった委員の過半数で決し、可否同数の場合は、議長が決する。ただし、委員の半数以上からの回答がない場合は、議事は決しないものとする。

- 3 委員長は、前項の議決の結果について、当該議事を決した後最初に委員が出席して開催される専門委員会において報告しなければならない。

(構成員以外の者の出席)

第6条 委員長が必要と認めるときは、委員以外の者の出席を求めて、意見を聴くことができる。

(雑則)

第7条 この内規に定めるもののほか、専門委員会の組織及び運営に関し必要な事項は、専門委員会が定める。

附則

- 1 この内規は、平成16年4月1日から施行する。
- 2 この内規の施行日の前日において委員であった者は、別段の定めのあるものを除き、引き続いて委員となり、任期は、第2条第2項の規定にかかわらず、平成17年8月31日までとし、施行日以後新たにこの内規による委嘱を要しない。
- 3 この内規施行の日に委嘱する委員の任期は、第2条第2項の規定にかかわらず、平成17年8月31日までとする。

附則

この内規は、平成21年4月17日に改正制定し、平成21年9月1日から施行する。

附則

この内規は、平成31年1月18日に施行し、平成30年11月13日から適用する。

5 京都大学数理解析研究所国際アドバイザー内規

(趣旨)

第1条 この内規は、数理解析研究所国際アドバイザー（以下「国際アドバイザー」という。）に関し、必要な事項を定めるものとする。

(設置)

第2条 数理解析研究所に、国際アドバイザー若干名を置くことができる。

(国際アドバイザー)

第3条 国際アドバイザーは、国際的な数学・数理科学分野の動向を詳細に把握する学識経験者のうちから、所長が委嘱する。

2 国際アドバイザーのうち、海外に居住する国際アドバイザーの数は、国際アドバイザーの総数の2分の1以上とする。

(職務)

第4条 国際アドバイザーは、所長の求めに応じ、数理解析研究所の運営及び共同利用研究に関し、国際的な数学・数理科学分野の動向を踏まえて、助言を行う。

(任期)

第5条 国際アドバイザーの任期は、3年の範囲内とし、再任を妨げない。

(雑則)

第6条 この内規に定めるもののほか、国際アドバイザーに関し必要な事項は、所長が定める。

附則

この内規は、平成31年1月18日に施行し、平成30年11月13日から適用する。

6 京都大学数理解析学系会議内規

(趣旨)

第1条 この内規は、数理解析学系会議（以下「学系会議」という。）の組織及び運営に関し必要な事項を定めるものとする。

(構成)

第2条 学系会議は、次の各号に掲げる15名以上の者で組織する。

(1) 数理解析学系の教授

(2) 学系会議が必要と認めた数理解析学系の准教授

- 2 前項第2号の者の任期は、2年とし、再任を妨げない。ただし、補欠の任期は、前任者の残任期間とする。

(招 集)

第3条 学系長は、学系会議を召集し、議長となる。

- 2 学系長に事故があるときは、あらかじめ学系長が学系会議の構成員から指名した者が、議長となる。

(雑 則)

第4条 学系会議の事務を処理するため、学系会議に幹事を置き、事務長をもって充てる。

第5条 この内規に定めるもののほか、議事の方法その他の必要事項は、学系会議が定める。

附 則

- 1 この内規は、平成28年4月1日から施行する。
- 2 この内規の施行後最初に組織される構成員のうち、准教授については、第2条の規定にかかわらず、数理解析学系設置準備委員会において、数理解析研究所各部門から選考した准教授とする。

7 京都大学数理解析研究所数理解析研究交流センター内規

第1条 数理解析研究所において、国内外の優れた研究者に共同研究を実施する環境を提供し、研究交流を推進するために、数理解析研究交流センター（以下「センター」という。）を置く。

第2条 センターに併任教員を若干名置き、協議員会の議を経て、所長が任命する。

- 2 センターの併任教員の任期は、所長が定める。

第3条 所長は、国内外の優れた研究者であって、センターにおける研究交流の推進のために必要と認める者に対し、協議員会の議を経て、特任教員（特任教授、特任准教授、特任講師又は特任助教）の称号を付与することができる。

- 2 センターの特任教員の称号を付与する期間は、所長が定める。ただし、称号を付与する期間の末日は、満70歳に達する日以後における最初の3月31日以前とし、65歳以上の者に特任教員の称号を付与する期間は、1事業年度以内で定めるものとする。

- 3 前項ただし書の規定は、京都大学名誉教授であって、所長が総長に内申

(京都大学名誉教授称号授与規程(昭和25年達示第13号)第2条第1項に定めるものをいう。)を行った者については、適用しない。

第4条 前条の特任教員選考のため、協議委員会のもとに特任教員選考委員会を置き、所長が議長を務める。ただし、特任助教選考については、別に定める数理解析研究所各センター特任助教候補者選考内規によるものとする。

2 特任教員選考委員会委員は協議員の中から若干名を所長が指名する。

3 前項の規定にかかわらず、特任教員選考委員会に協議員以外の委員を追加して指名することができる。

第5条 この内規に定めるもののほか、センターの運営その他に関し必要な事項は、別に定める。

附 則

1 この内規は、平成18年4月1日から施行する。

2 この内規の第2条第2項にいう「特任助教授」、「特任助手」は、平成19年度以後、京都大学の規定の変更に従い、それぞれ「特任准教授」、「特任助教」と読み替えるものとする。

附 則(平成24年2月17日一部改正)

1 この改正により、組織名称を「数理解析先端研究センター」から「数理解析研究交流センター」に変更する。

2 この内規は、平成24年4月1日から施行する。

3 改正前の附則第2項は、本則の改正によりその効力を失う。

附 則(平成25年2月15日、平成25年3月8日一部改正)

この内規は、平成25年4月1日から施行する。

附 則(平成25年12月20日一部改正)

この内規は、平成25年12月20日から施行する。

附 則(平成28年12月16日一部改正)

この内規は、平成29年4月1日から施行する。

8 京都大学数理解析研究所数学連携センター内規

第1条 数理解析研究所において、数学の応用を目指し他の学術諸分野や企業との連携研究を行うために、数学連携センター（以下「センター」という。）を置く。

第2条 センターに併任センター長および併任教員を若干名置き、協議委員会の議を経て、所長が任命する。

2 センターの併任センター長、併任教員の任期は、所長が定める。

第3条 所長は、国内外の優れた研究者であって、センターにおける数学の応用を目指した他の学術諸分野や企業との連携研究の推進のために必要と認める者に対し、協議委員会の議を経て、特任教員（特任教授、特任准教授、特任講師又は特任助教）の称号を付与することができる。

2 センターの特任教員の称号を付与する期間は、所長が定める。ただし、称号を付与する期間の末日は、満70歳に達する日以後における最初の3月31日以前とし、65歳以上の者に特任教員の称号を付与する期間は、1事業年度以内で定めるものとする。

3 前項ただし書の規定は、京都大学名誉教授であって、所長が総長に内申（京都大学名誉教授称号授与規程（昭和25年達示第13号）第2条第1項に定めるものをいう。）を行った者については、適用しない。

第4条 前条の特任教員選考のため、協議委員会のもとに特任教員選考委員会を置き、所長が議長を務める。ただし、特任助教選考については、別に定める数理解析研究所各センター特任助教候補者選考内規によるものとする。

2 特任教員選考委員会委員は協議員の中から若干名を所長が指名する。

3 前項の規定にかかわらず、特任教員選考委員会に協議員以外の委員を追加して指名することができる。

第5条 この内規に定めるもののほか、センターの運営その他に関し必要な事項は、別に定める。

附 則

この内規は、平成25年5月1日から施行する。

附 則（平成25年12月20日一部改正）

この内規は、平成25年12月20日から施行する。

附 則（平成28年12月16日一部改正）

この内規は、平成29年4月1日から施行する。

9 京都大学数理解析研究所次世代幾何学国際センター内規

第1条 数理解析研究所（以下「研究所」という。）において、広く次世代の幾何学の研究を推進し、新しい数学の国際的認知度向上のために研究成果を広く世界に向け情報発信するとともに、国内外の若手研究者など多様な人材の育成を行うために、次世代幾何学国際センター（以下「センター」という。）を置く。

（ユニット）

第2条 センターに、次の各号に掲げるユニット（以下「ユニット」という。）を置く。

- (1) コア研究ユニット
- (2) 国際情報発信ユニット
- (3) 多様な人材育成ユニット

（所 掌）

第3条 ユニットの業務は、それぞれ当該各号に掲げる業務を所掌する。

- (1) コア研究ユニット 数論幾何学、特に宇宙際タイヒミュラー理論を中心に次世代の幾何学の創造を目指す研究力を強化し、国際共同研究強化を通じて新しい数学研究を加速すること。
- (2) 国際情報発信ユニット 日本発の新しい数学の研究成果の国際的認知度向上を目的に、世界に向け積極的な情報発信を行うとともに、国際数学研究ネットワークを構築すること。
- (3) 多様な人材育成ユニット 若手研究者を中心として研究交流・国際研究集会の運営等を行い、国内外の若手研究者等多様な人材を育成し、次世代研究集団を形成すること。

（センター長等）

第4条 センターに、センター長、副センター長及び教員（国立大学法人京都大学特定有期雇用教職員就業規則（平成18年達示第21号）第2条第1項第1号から第4号までに掲げる者を除く。）を置き、協議委員会の議を経て、研究所の教員のうちから数理解析研究所長（以下「所長」という。）が任命する。

2 センターのセンター長、副センター長及び教員の任期は、所長が定める。

（特任教員等）

第5条 所長は、国内外の優れた研究者であって、センターにおける次世代の幾何学における研究推進、情報発信及び人材育成のために必要と認める者に対し、協議委員会の議を経て、特任教授、特任准教授、特任講師若しくは特任

助教（以下「特任教員」という。）又は特任研究員の称号を付与することができる。

- 2 センターの特任教員又は特任研究員の称号を付与する期間は、所長が定める。ただし、満64歳に達する日以後における最初の4月1日以降に特任教員又は特任研究員の称号を付与する期間は、1事業年度以内で定めるものとし、称号を付与する期間の末日は、満70歳に達する日以後における最初の3月31日を超えないものとする。
- 3 前項ただし書の規定は、京都大学名誉教授であって、所長が総長に内申（京都大学名誉教授称号授与規程（昭和25年達示第13号）第2条第1項に定めるものをいう。）を行った者については、適用しない。

（特任教員選考委員会）

第6条 前条の特任教員の候補者の選考のため、協議委員会のもとに特任教員選考委員会（以下「委員会」という。）を置き、所長が議長を務める。ただし、特任助教の候補者の選考については、数理解析研究所各センター特任助教候補者選考内規（平成25年2月15日協議委員会決定）によるものとする。

- 2 委員会の委員（以下「委員」という。）は協議員の中から若干名を所長が指名する。
- 3 前項の規定にかかわらず、委員会に協議員以外の委員を追加して指名することができる。
- 4 委員の任期は2年とし、再任を妨げない。ただし、補欠の委員の任期は、前任者の残任期間とする。
- 5 委員会は、特任教員（特任助教を除く。）の候補者について調査審議し、審査結果を協議委員会に報告する。

（特任研究員の選考）

第7条 特任研究員の候補者の選考を行うときは、所長は協議委員会に諮る。

- 2 協議委員会は、特任研究員の候補者の研究歴、学業成績その他の必要な事項を調査審議し、候補者を決定する。

（雑 則）

第8条 この内規に定めるもののほか、センターの運営その他に関し必要な事項は、別に定める。

附 則

この内規は、令和4年4月1日から施行する。

10 京都大学数理解析研究所図書室利用規則

(目的)

第1条 京都大学数理解析研究所（以下「研究所」という。）の図書室の利用については、この規則の定めるところによる。

(開室日・開室時間)

第2条 図書室は、土曜日、日曜日、国民の祝日に関する法律（昭和23年法律第178号）に規定する休日、年末年始（12月25日～1月7日）、京都大学（以下「本学」という。）の創立記念日を除き、午前9時から午後5時まで開室する。

2 前項の規定にかかわらず、必要に応じて臨時に休室することがある。

3 研究所の教員は、開室時間外に入室することができる。

(利用資格)

第3条 図書室所蔵資料（以下「図書資料」という。）を利用することができる者は、次の各号に掲げるとおりとする。

(1) 研究所に所属する者及び図書室の利用に当たり研究所に所属する者と同等の取扱いをすることが適当であると図書室長が認める者

(2) 本学の他の部局に所属する者

(3) 数理科学を研究する本学以外の大学の教員及び研究機関の研究員等

(4) 数理科学を研究する本学以外の大学の大学院生等のうち、研究所の教授又は准教授が適当と認める者

(5) 前各号以外の者で図書資料の利用を申し出た一般利用者

(目録及び利用規則)

第4条 図書室の利用に供するため、図書資料の目録及びこの利用規則を常時閲覧室内に備え付けるものとする。

(閲覧)

第5条 図書資料の閲覧は、所定の場所で行うものとする。

第6条 次の各号に掲げる場合においては、図書資料のうち、それぞれ当該各号に掲げるものの閲覧を制限することができる。

(1) 図書資料に独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律（平成13年法律第140号。以下「情報公開法」という。）第5条第1号、第2号及び第4号イに掲げる情報が記録されていると認められる場合 当該図書資料（当該情報が記録されている部分に限る。）

(2) 図書資料の全部又は一部を一定の期間公にしないことを条件に個人又は情報公開法第5条第2号に規定する法人等から寄贈又は寄託を受けている

場合（当該期間が経過するまでの間に限る。）当該図書資料

(3) 原本を利用させることにより当該原本の破損又はその汚損を生じるおそれがある場合 当該原本

(貸出)

第7条 図書資料の貸出を受けようとする者は、身分証の提示等、所定の申込手続を経て、貸出を受けるものとする。

2 貸出を受けることができる図書資料並びにその貸出期間及び貸出冊数は、次のとおりとする。

利用者種別	図書（期間／冊数）	雑誌（期間／冊数）
第3条第1号	3ヶ月／制限無し	3日間／制限無し
第3条第2号	2週間／3冊	一時持出／3冊
第3条第3号	1週間／3冊	一時持出／3冊
第3条第4号	1週間／1冊	一時持出／3冊
第3条第5号	一時持出／3冊	一時持出／3冊

3 書誌、数表、事典、辞書等の参考図書は貸出を禁止する。ただし、当日中に限り、室外への一時持出を許可する。

(返却)

第8条 貸出を受けた図書資料は、貸出期間内に所定の確認手続を経て、返却しなければならない。

(資料の紛失等)

第9条 図書資料の利用者は、当該図書資料を汚損、破損又は紛失したときは、代本又は相当の弁償をしなければならない。

(複写)

第10条 図書資料の複写を希望する者は、所定の手続により、著作権法上適法な範囲で図書室に依頼することができる。

(個人情報漏えい防止のために必要な措置)

第11条 図書室は、図書資料に個人情報（京都大学における個人情報の保護に関する規程（平成17年達示第1号）第2条第1項に規定するものをいう。）が記録されている場合には、当該個人情報の漏えいの防止のために次の各号に掲げる措置を講じるものとする。

(1) 書庫の施錠その他の物理的な接触の制限

(2) 図書資料に記録されている個人情報に対する不正アクセス（不正アクセス行為の禁止等に関する法律（平成11年法律第128号）第2条第4項に規定する不正アクセス行為をいう。）を防止するために必要な措置

(3) 図書室の職員に対する教育・研修の実施

(4) その他当該個人情報の漏えいの防止のために必要な措置

(入室の制限等)

第12条 図書室長は、他人に迷惑を及ぼすおそれのある者に対し、入室を拒むことができる。

2 図書室長は、この規則その他の図書室の利用に関する規定に違反した者、職員の指示に従わない者その他図書室の業務に支障を及ぼすおそれのある行為をした者に対し、退室を命ずることができる。

(雑則)

第13条 この規則に定めるもののほか、図書室の利用に関し必要な事項は、図書室長が定める。

附 則

1 この規則は、平成16年4月1日から施行する。

2 昭和48年4月9日施行の「京都大学数理解析研究所図書利用規則」は廃止する。

附 則

この規則は、平成19年5月9日から施行する。

附 則

この規則は、平成23年4月1日から施行する。

附 則

この規則は、平成23年7月1日から施行する。

附 則

この規則は、平成30年7月1日から施行する。

附 則

この規則は、令和5年9月15日から施行する。

第5部 利用案内

1 図書室利用案内

(開室日・開室時間)

図書室は、土曜日、日曜日、国民の祝日に関する法律（昭和23年法律第178号）に規定する休日、年末年始（12月25日～1月7日）、京都大学（以下「本学」という。）の創立記念日を除き、午前9時から午後5時まで開室する。

前項の規定にかかわらず、必要に応じて臨時に休室することがある。

研究所の教員は、開室時間外に入室することができる。

(利用資格)

図書室所蔵資料（以下「図書資料」という。）を利用することができる者は、次の各号に掲げるとおりとする。

- (1) 研究所に所属する者及び図書室の利用に当たり研究所に所属する者と同等の取扱いをすることが適当であると図書室長が認める者
- (2) 本学の他の部局に所属する者
- (3) 数理科学を研究する本学以外の大学の教員及び研究機関の研究員等
- (4) 数理科学を研究する本学以外の大学の大学院生等のうち、研究所の教授又は准教授が適当と認める者
- (5) 前各号以外の者で図書資料の利用を申し出た一般利用者

(閲 覧)

図書資料の閲覧は、所定の場所で行うものとする。

(貸 出)

図書資料の貸出を受けようとする者は、身分証の提示等、所定の申込手続を経て、貸出を受けるものとする。

貸出を受けることができる図書資料並びにその貸出期間及び貸出冊数は、次のとおりとする。

利用者種別	図書（期間／冊数）	雑誌（期間／冊数）
(利用資格) 第1号	3ヶ月／制限無し	3日間／制限無し
(利用資格) 第2号	2週間／3冊	一時持出／3冊
(利用資格) 第3号	1週間／3冊	一時持出／3冊
(利用資格) 第4号	1週間／1冊	一時持出／3冊
(利用資格) 第5号	一時持出／3冊	一時持出／3冊

2 共同利用研究計画募集案内

2-1 一般計画 (RIMS 共同研究 (公開型*・グループ型 A*), RIMS 長期研究員) の提案募集案内

本研究所は、年 1 回共同利用研究計画の提案を募集し、審査のうえ採択となったものを実施している。

なお、毎年 9 月頃に公募を行い、1 月に審議採択を行っている。

1. 募集期間 毎年 9 月 1 日から約 3 ヶ月間
2. 提案方法 共同利用研究計画提案書の提出
3. 採否通知 翌年 2 月上旬
4. 実施期間 翌年 4 月 1 日から 1 年間

2-2 一般計画 (RIMS 共同研究 (グループ型 B*)) の提案募集案内

平成 30 年度から実施している RIMS 共同研究 (グループ型 B) は、通年公募を行い、年 3 回審議採択を行っている。

- 第 1 回メ切 毎年 11 月下旬 (翌年度実施分)
- 第 2 回メ切 毎年 5 月上旬 (当該年度実施分)
- 第 3 回メ切 毎年 8 月下旬 (当該年度実施分)

2-3 一般計画 (RIMS 合宿型セミナー, RIMS 総合研究セミナー*) の提案募集案内

平成 20 年度から実施している RIMS 合宿型セミナー、平成 30 年度から実施している RIMS 総合研究セミナーは、毎年 4 月下旬に公募を行い、10 月頃審議採択を行っている。

2-4 一般計画 (RIMS 共同研究 (グループ型 C*)) の提案募集案内

令和 2 年度から実施している RIMS 共同研究 (グループ型 C) は、通年公募を行い、年 3 回審議採択を行っている。

- 第 1 回メ切 毎年 8 月下旬 (翌年度実施分)
- 第 2 回メ切 毎年 11 月下旬 (翌年度実施分)
- 第 3 回メ切 毎年 5 月上旬 (当該年度実施分)

註) *の種目は「女性参画推進型」の募集有(詳細は、「1 部 概要 8 共同利用研究」参照)

2-5 訪問滞在型研究計画の提案募集案内

平成30年度からの国際共同利用・共同研究拠点化に伴い、平成元年度運営委員会の決定に基づき共同利用計画の一環として行ってきたプロジェクト研究計画を訪問滞在型研究計画に発展させ、毎年4月下旬に公募を行い、10月頃審議採択を行っている。

募集要項・公募ページ URL

https://www.kurims.kyoto-u.ac.jp/kyoten/ja/call_for_proposals.html

3 共同利用宿舎利用案内

共同利用のために本研究所を訪れる研究者のための宿泊施設がある。これは京都大学北部キャンパスの東にある北白川学舎で、鉄筋4階建、収容人員14名の建物である。この宿舎は基礎物理学研究所と本研究所とが共同で運営している。

利用については、共同利用掛で共同利用研究者の宿泊予約、申込の受付、宿泊手続等を行っている。

名称：京都大学基礎物理学研究所・数理解析研究所
共同利用研究者宿泊所（北白川学舎）

所在地：京都市左京区北白川小倉町 50-227

電話：075-701-8862

利用の手引き

宿 泊 室	バス・トイレ付（個室） 5室（料金 3,400円） バス・トイレ無（個室） 1室（料金 2,700円） （ユニットバスの共通使用可能） 空室がある場合には上記6室以外の部屋（すべて個室）の利用も可能です。
喫煙について	指定場所以外での喫煙はできません。
申 込 み	数理解析研究所共同利用掛へメールで申込む。 （E-mail：400kyodo[at]mail2.adm.kyoto-u.ac.jp）
宿 泊 料	利用可能の連絡を受けた後、宿泊当日の午後4時までに宿泊料を数理解析研究所共同利用掛へ前納する。 宿泊が土・日・休日の場合にはその前日までに前納のこと

(土・日・休日の利用手続きは数日を要するので、直前の申込みはお断りすることがあります。)

チェックイン

22:00 まで

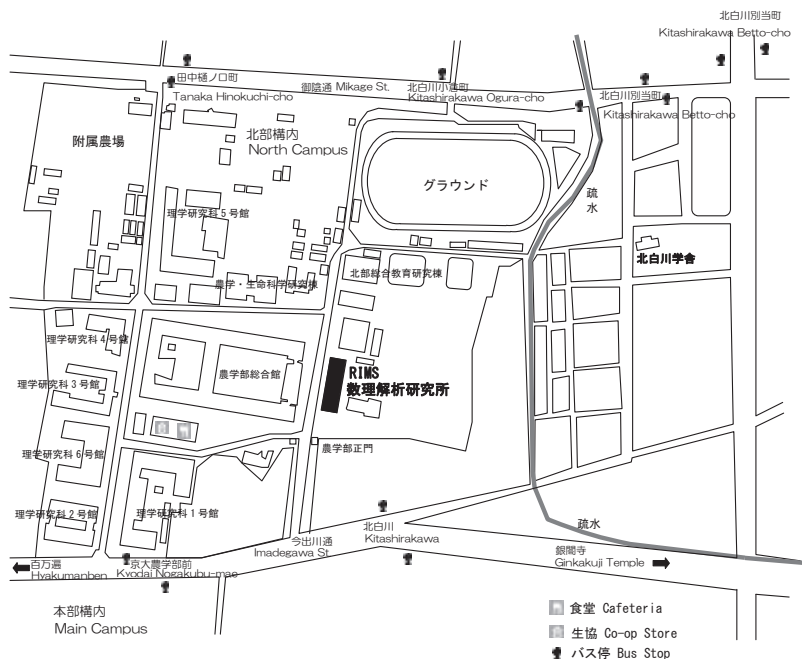
最寄りバス停等

京都駅発 京都市バス 5 番「北白川別当町」徒歩 5 分
数理解析研究所へ徒歩 5 分 (地図は 180 ページ参照)



北白川学舎全景

5 研究所近辺の案内



主要駅からの交通案内

主要鉄道駅	乗車バス系統	下車バス停
[JR] 京都駅 [阪急] 河原町駅	市バス7系統 (四条河原町・銀閣寺行き)	「京大農学部前」または「北白川」
[地下鉄烏丸線] 今出川駅	市バス203系統 (銀閣寺・錦林車庫行き)	「京大農学部前」または「北白川」
[京阪] 出町柳駅	市バス7系統 (銀閣寺・錦林車庫行き) 市バス203系統 (銀閣寺・錦林車庫行き)	「京大農学部前」または「北白川」

6 建物管理（開館時間、施錠方式）

勤務時間外における本研究所館内入退館については、開閉館方式（カード方式）で実施している。

本研究所建物の開館時間は以下のとおりであり、この時間帯以外の入退館には、正面玄関のみが利用できる。入館には、カードキーが必要であり、退館はナイトラッチによる施錠方式である。

平日

正面玄関 8時00分～18時00分

北出入口 8時00分～18時00分

土曜・日曜・祝日等は終日閉館

令和6年8月1日 発行

編集兼発行所 京都大学数理解析研究所
〒606-8502 京都市左京区北白川追分町
T E L : 075-753-7202
F A X : 075-753-7272
印刷所 あおぞら印刷

