

京 都 大 学

数理解析研究所要覧

2 0 2 3

RESEARCH INSTITUTE  
FOR  
MATHEMATICAL SCIENCES

KYOTO UNIVERSITY

令和5年9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	17
11	図 書 室	19
12	附属計算機構研究施設	19
13	数理解析研究交流センター	20
14	数学連携センター	20
15	次世代幾何学国際センター	20
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	24
2	名誉教授	25
3	委 員	26
3-1	協 議 員	26
3-2	運営委員	26
3-3	専門委員	28
4	所員の研究活動	30

5 大学院	111
5-1 大学院生	111
5-2 アドミッションポリシー	111
5-3 指導教員、セミナー研究	111

### 第3部 記 録

1 転退職者（定員内職員）	115
2 旧 委 員	115
3 特定研究員	117
4 研 究 員	122
5 日本学術振興会特別研究員	129
6 日本学術振興会外国人特別研究員	130
7 受 賞	130
8 行 事	131
8-1 公開講座	131
8-2 談 話 会	131
9 共同利用研究	132
9-1 RIMS 共同研究（公開型）	132
9-2 RIMS 共同研究（グループ型A）	136
9-3 RIMS 共同研究（グループ型B）	137
9-4 長期研究員	137
9-5 RIMS 合宿型セミナー	137
9-6 RIMS 総合研究セミナー	137
9-7 訪問滞在型研究	137
9-8 国際シンポジウム	140
10 外国人来訪者	146
11 学術出版目録	149
11-1 Publications of the Research Institute for Mathematical Sciences	149
11-2 講 究 録	151
11-3 講究録別冊	152
11-4 プレプリント	153

## 第4部 諸 規 程

1	京都大学数理解析研究所規程	155
2	京都大学数理解析研究所協議委員会内規	157
3	京都大学数理解析研究所運営委員会内規	158
4	京都大学数理解析研究所専門委員会内規	160
5	京都大学数理解析研究所国際アドバイザー内規	162
6	京都大学数理解析学系会議内規	162
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	163
8	京都大学数理解析研究所数学連携センター内規	165
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	166
10	京都大学数理解析研究所図書室利用規則	168

## 第5部 利用案内

1	図書室利用案内	171
2	共同利用研究計画募集案内	172
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	172
2-2	一般計画（RIMS 共同研究（グループ型B））の提案 募集案内	172
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	172
2-4	一般計画（RIMS 共同研究（グループ型C））の提案 募集案内	172
2-5	訪問滞在型研究計画の提案募集案内	173
3	共同利用宿舎利用案内	173
4	建物平面図	175
5	研究所近辺の案内	176
6	建物管理（開館時間、施錠方式）	177

各種データは、令和4年4月2日から令和5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 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 2 人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経済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ストルフ数学センター、フランス共和国高等師範学校応用数学学科、ニューヨーク大学ターラント数理学研究所、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～

## 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的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舍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	<sup>(2)</sup> 13	14	0	13	<sup>(2)</sup> 40	8	<sup>(2)</sup> 48
平成 29 年度	<sup>(2)</sup> 13	14	0	13	<sup>(2)</sup> 40	8	<sup>(2)</sup> 48
平成 30 年度	<sup>(2)</sup> 13	14	0	12	<sup>(2)</sup> 39	8	<sup>(2)</sup> 47
平成 31/ 令和元年度	<sup>(2)</sup> 13	14	0	11	<sup>(2)</sup> 38	6	<sup>(2)</sup> 44
令和 2 年度	<sup>(2)</sup> 13	14	0	11	<sup>(2)</sup> 38	6	<sup>(2)</sup> 44
令和 3 年度	<sup>(2)</sup> 13	14	0	10	<sup>(2)</sup> 37	6	<sup>(2)</sup> 43
令和 4 年度	<sup>(2)</sup> 13	12	0	10	<sup>(2)</sup> 35	6	<sup>(2)</sup> 41
令和 5 年度	<sup>(2)</sup> 13	12	0	10	<sup>(2)</sup> 35	6	<sup>(2)</sup> 41

(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	研特 研究員定	職事 員務	職技 員術	職特 員定	職支 員援	職再 雇用員	職非 常員勤	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

(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**

全国の数理科学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。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2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をともに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～2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、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4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 <sup>+</sup>	64 <sup>++</sup>	4	92	3,951
平成29年	2	21 <sup>+</sup>	55 <sup>++</sup>	3	83	3,555
平成30年	1	19 <sup>+</sup>	61 <sup>++</sup>	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2年度以降はオンライン参加者を含む。

## 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)、Collage 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	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22
アメリカ	95	70	87	98	53	90	111	63	130	63
イギリス	27	35	27	34	28	24	43	16	85	22
イタリア	8	10	7	10	7	15	16	3	42	20
インド	8	6	9	3	2	2	4	3	13	12
オーストラリア	0	6	5	14	7	17	17	3	22	12
カナダ	12	8	4	12	8	16	23	12	25	6
韓国	63	31	42	34	33	48	68	11	48	34
スウェーデン	0	0	0	3	8	2	2	1	7	6
中国	24	23	53	44	36	43	56	42	123	87
デンマーク	1	1	0	2	3	2	3	0	8	0
ドイツ	18	31	34	37	24	57	31	11	78	24
フランス	41	46	47	40	36	55	57	12	55	25
ロシア	8	26	9	8	4	16	8	2	16	2
その他諸国	119	101	95	106	79	120	145	151	208	111
合計(人)	424	394	419	445	328	507	584	330	860	424

※令和元年版より計上数の根拠を変更した。(学生等を含めた)

## 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、従来常に十数名の学生が研究所で教育されていた。これらの学生のうち10名以上が、昭和49年当時、既に当研究所の助手又は講師に任用されており、また、他大学にも就職したのものもある。

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・数理解析物理学・場の量子論・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く、また、当系の授業科目の多くは、これらの専攻の内容と密接に関係していることから、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。

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による口頭試問によって実施した。

令和6年度入学修士課程入学試験から、再び、筆答試問は数学系と共通で行うこととなった。

## 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、電子リソース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	99,712 冊	洋雑誌	1,457 種
和図書	8,137 冊	和雑誌	111 種
計	107,849 冊	計	1,568 種

令和5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、純粋数学や数理解論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。現在では、Wnn は携帯電話などの組込機器において広く用いられている。

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2年度	令和3年度	令和4年度
運 営 費 交 付 金	676,346	760,357	744,090
(内訳) 人 件 費	395,404	442,952	432,922
物 件 費	280,942	317,405	311,168
科 学 研 究 費 補 助 金	103,276	190,803	156,781
受 託 研 究 ・ 受 託 事 業	19,844	29,126	15,153
共 同 研 究	13,580	18,621	18,621
寄 附 金	6,017	11,933	11,369
合 計	819,063	1,010,840	946,014

\*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 5 年 4 月 1 日現在)

1-1 所 長	教 授	東大理博	小 野 薫
副 所 長	教 授	京大博 (工)	牧 野 和 久

### 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	
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 <sup>Yang</sup> 煜		
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		
附属計算機構研究施設	施設長	(併任)	長谷川 真人	
数理解析研究交流センター	准教授	慶応大博(哲学)	照井 一成	
	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	
	教授	(併任)	望月 拓郎	
	准教授	(併任)	川北 真之	
	准教授	(併任)	竹広 真一	
	数学連携センター	センター長	(併任)	小野 薫
		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)	HALLDORSSON, Magnus Mar	
	教授	(併任)	大槻 知忠	
	教授	(併任)	大木谷 耕司	
	教授	(併任)	牧野 和久	

次世代幾何学国際センター

准教授	(併任)	河村彰星
准教授	(併任)	梶野直孝
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
特任助教	京大博(理)	陽 <sup>Yang</sup> 煜 <sup>Yu</sup>
特任助教	京大博(理)	南出新
特任助教	京大博(理)	澤田晃一郎
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
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)	石地啓介
	(掛員)	松本千怜
		支援職員
共同利用掛	(掛長)	齋藤広乃
	(専門職員)	高田早津紀
		上垣泰浩

	(主任)	中西瑞穂
図書掛	(掛長)	小堀淳子
	(主任)	坂根弘子
	支援職員	中森さやか
研究部事務室	(主任)	矢口真由美
	(主任)	内田香織
	特定職員	鬼束史子
	支援職員	西村智子
	支援職員	高山真理子
	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 5 年 4 月 1 日現在)

#### 3-1 協 議 員 (令和 5 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	小 野 薫
同	教 授	大 槻 知 忠
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	大 木 谷 耕 司
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
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 3 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	小 野 薫
同	教 授	大 槻 知 忠
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
同	同	大木谷耕司
京都大学基礎物理学研究所	教授	早川尚男
京都大学大学院理学研究科	教授	國府寛司
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
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
東京大学大学院情報理工学系研究科 ／北海道大学化学反応創成研究拠点	教授／特任教授	岩田 覚
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
学習院大学理学部	教授	岡本 久
東北大学大学院理学研究科	教授	小川卓克
早稲田大学理工学術院	教授	小澤 徹
九州大学数理学研究院	教授	金子昌信
国立情報学研究所情報学プリンシプル研究系	教授	河原林健一
早稲田大学理工学術院	教授	熊谷 隆
九州大 学	名誉教授	小磯深幸
明治大学総合数理学部・先端数理学インスティテュート	専任教授	河野俊丈
早稲田大学理工学術院／東北大学数理学連携研究センター	教授	小藺英雄
九州大学マスコアインダストリ研究所	教授	佐伯 修
武蔵野大学工学部・数理工学センター	特任教授・センター長	坪井 俊
法政大学理工学部	教授	寺 友秀
大阪大 学	名誉教授	日比孝之
大阪公立大学数学研究所	教授・副所長	伊師英之
東京大学大学院理学系研究科	教授	常行真司
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

3-3 専門委員 (令和3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	小野 薫
同	教 授	大槻 知忠
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
同	同	大木谷 耕司
同	准 教 授	中山 昇慶
同	同	入江 俊哉
同	同	河合 真一
同	同	竹 裕一郎
同	同	CROYDON, David
同	同	梶野 直孝
同	同	川北 真之輔
同	同	小林 健太
同	同	石村 彰星
同	同	磯野 優介
同	同	照井 一成
同	講 師	山下 剛展
同	同	上田 福大
京都大学基礎物理学研究所	教 授	早川 尚男
京都大学大学院理学研究科	教 授	國府 寛司
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
京都大学大学院理学研究科	教 授	橋 本 幸 士
京都大学大学院情報学研究科	教 授	田 中 利 幸
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
東京大学大学院情報理工学系研究科 ／北海道大学化学反応創成研究拠点	教授／特任教授	岩 田 覚
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
学 習 院 大 学 理 学 部	教 授	岡 本 久
東北大学大学院理学研究科	教 授	小 川 卓 克
早 稲 田 大 学 理 工 学 術 院	教 授	小 澤 徹 信
九州大学数理学研究院	教 授	金 子 昌 信
国立情報学研究所情報学プリンシプル研究系	教 授	河原林 健 一
早 稲 田 大 学 理 工 学 術 院	教 授	熊 谷 隆 幸
九 州 大 学	名 誉 教 授	小 磯 深 幸
明治大学総合数理学部・先端 数理科学インステイテュート	専 任 教 授	河 野 俊 丈
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 藪 英 雄
九州大学マスコアインダストリ研究所	教 授	佐 伯 修
武蔵野大学工学部・数理工学センター	特任教授センター長	坪 井 俊
法 政 大 学 理 工 学 部	教 授	寺 杣 友 秀
大 阪 大 学	名 誉 教 授	日 比 孝 之
大阪公立大学数学研究所	教授・副所長	伊 師 英 之
東京大学大学院理学系研究科	教 授	常 行 真 司
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
東京大学大学院数理科学研究科	教 授	会 田 茂 樹
東京大学大学院数理科学研究科	教 授	伊 山 修
北海道大学大学院理学研究院	特 任 教 授	岩 崎 克 則
中 部 大 学 工 学 部	教 授	長 田 博 文
東京大学大学院数理科学研究科	教 授	小 林 俊 行
九州大学マスコアインダストリ研究所	教 授	白 井 朋 之
名古屋大学多元数理科学研究科	教 授	杉 本 充
大阪大学大学院情報科学研究科	教 授	杉 山 由 恵

名古屋大学大学院多元数理科学研究科	教	授	納	谷	信
東京大学大学院数理科学研究科	教	授	山	本	昌宏
東京大学大学院数理科学研究科	教	授	吉	田	朋広
日本大学文理学部	教	授	森	山	園子
NTT 基礎数学研究センター / 科学技術振興機構 研究開発戦略センター	数学プリンシパル / 上席フェロー		若	山	正人
理化学研究所 開拓研究本部	主任研究員		古	崎	昭
明治大学 研究・知財戦略機構	研究特別教授		萩	原	一郎
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

#### 4 所員の研究活動

令和 5 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次々と明らかになり、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、Gaiitsgory 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明らかになってきた。

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、 $W$ 代数の理解と格段に進んだ。さらに最近得た 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。山内博, 山田裕理との論文 [10] はそのような  $W$ 代数の研究の応用の例である。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 ([14])。また、Thomas Creutzig と Boris Feigin との共同研究 [13] により  $W$ 代数の translation 関手の導入にも成功した。

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。続いて、論文 [9] では、四次元理論におけるクラス  $S$  理論に対応する頂点代数を構成し、さらに Braverman-Finkelberg-中島によってその存在が証明された、Moore-立川シンプレクティック多様体との関係を明らかにした。

その他の最近の結果は以下の通りである。

- Edward Frenkel との共同研究 [8] では、Gaiitsgory によって予想されていた、量子幾何学的 Langlands 対応の証明において本質的な役割を果たす  $W$ 代数の表現の間の双対性を確立した。
- 川節和哉, Julian Sebag との共同研究 [12] では頂点代数の理論を、見かけ上は頂点代数とは全く関係の無い、微分環に関する古典的な Ritt の問題に応用した。
- Cuibo Jian と Anne Moreau との共同研究 [11] では、アフィン頂点代数の単純性がその随伴多様体によって完全に決定されることを示した。

- [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, 41-57, Birkhauser, 2018.
- [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] Chiral algebras of class  $\mathcal{S}$  and Moore-Tachikawa symplectic varieties, arXiv:1811.01577 [math.RT].
- [10] (with H. Yamada and H. Yamauchi)  $\mathbb{Z}_k$ -code vertex operator algebras, *J. Math. Soc. Japan*, Volume 73, Number 1 (2021), 185-209.
- [11] (with C. Jiang and A. Moreau) Simplicity of vacuum modules and associated varieties, *J. Éc. polytech. Math.*, Tome 8 (2021), pp. 169-191.
- [12] (with K. Kawasetsu and J. Sebag) A question of Joseph Ritt from the point of view of vertex algebras, *J. Algebra*, Volume 588, 15 December 2021, Pages 118-128.
- [13] (with T. Creutzig and B. Feigin) Urod algebras and Translation of W-algebras, *Forum of Mathematics, Sigma*, Volume 10, 2022, e33.
- [14] (with J. van Ekeren and A. Moreau) On the nilpotent orbits arising from admissible affine vertex algebras, *Proc. Lond. Math Soc.*, Volume 125, Issue 3, September 2022, Pages 681-699.
- [15] (with J. van Ekeren) Rationality and Fusion Rules of Exceptional W-Algebras, *J. Eur. Math. Soc* 2022.

**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とるときに現れる。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、スカラー過度に現れる。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。過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、過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、亜粘性 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。

• **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。

• **乱流統計理論の基礎づけ**

乱流の統計力学が存在するならば、Hopf-Foias による汎関数定式化で記述できると考えられる [6, 9]。しかしながら、そのような一般的な定式化は、慣例的な乱流理論とはかけ離れている。そこで、例えば、乱流の重要な性質の1つである、非粘性極限におけるエネルギー消散異常に注目し、一般的な定式化でどのように表現されるかを調べることは興味深い問題である。

- [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.

### 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30年間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、この分野に関してその30年間に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な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 Kashaev invariant of the hyperbolic knots with seven crossings*, *Internat. J. Math.* **28** (2017), no. 13, 1750096, 143 pp.
- [3] *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.
- [4] (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.
- [5] *On the Bloch groups of finite fields and their quotients by the relation corresponding to a tetrahedral symmetry*, preprint, 2021, <http://hdl>.

handle.net/2433/261762

- [6] *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>
- [7] *Quantum invariants, — A study of knots, 3-manifolds, and their sets*, Series on Knots and Everything, **29**. World Scientific Publishing Co., Inc., 2002
- [8] 大槻知忠, 「結び目の不変量」, 共立出版, 2015年.
- [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 2022*, RIMS Kokyuroku **2227** (2022) 108-123.

#### 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、現在では数理論理だけでなく、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]。 $\text{Aut}(F_5)$  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 topic 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  $\Sigma$  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  $\Sigma$  商に置き換えた場合の結果 ([1][4] など) を証明した。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 ([8])。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 ([10] 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  $l$  進ガロア表現で幾何的基本群の像がある種の弱い条件を満たすものが与えられた時, その表現を曲線の (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証明した。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 ([5][6] など)。最近では, 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 (論文投稿中), 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を得た ([3])。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 (Israel J. Math. に掲載予定) 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  $l$  な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 ([2]), 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 ([7]), 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。

- [1] *A refined version of Grothendieck's birational anabelian conjecture for curves over finite fields*, *Advances in Mathematics* **310** (2017), 610-662 (with Mohamed Saïdi).
- [2] *Abelian surfaces good away from 2*, *International Journal of Number Theory* **13** (2017), no. 4, 991-1001 (with Christopher Rasmussen).
- [3] *Geometric monodromy — semisimplicity and maximality*, *Annals of Mathematics (2)* **186** (2017), no. 1, 205-236 (with Anna Cadoret and Chun Yin Hui).
- [4] *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).
- [5] *On the geometric image of  $\mathbb{F}_\ell$ -linear representations of étale fundamental groups*, *International Mathematics Research Notices* **2019** (2019), no. 9, 2735-2762 (with Anna Cadoret).
- [6] *Genus of abstract modular curves with level- $\ell$  structures*, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **752** (2019), 25-61 (with Anna Cadoret).
- [7] *Cyclic covers and Ihara's question*, *Research in Number Theory* **5** (2019), no. 4, 33, 23 pp. (with Christopher Rasmussen).
- [8] *On the arithmetic of abelian varieties*, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **762** (2020), 1-33 (with Mohamed Saïdi).
- [9] *Correspondences on curves in positive characteristic*, *Contemporary Mathematics* **767** (2021), 97-114.
- [10] *The  $m$ -step solvable anabelian geometry of number fields*, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **789** (2022), 153-186 (with Mohamed Saïdi).

## 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、 $Q$ -分解的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式が存在するものを, 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。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 [6]。i) と iii) にまたがる話題として, トレー

ス付きモノイダル圏の上に双方向計算のモデルを構築する Girard らの「相互作用の幾何」に関係する研究も行っている [3,8]。また、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、実はコンパクト閉圏(対称リジッド圏)である場合に限られることを示した [5]。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 [7]。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研究している。

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モデルにもなっているリボン圏を構成した [4]。その応用として、ブレイドを持つラムダ計算とその意味論を調べた [9]。最近では、ブレイドを持つ場合も含めたラムダ計算やコンビネータ代数の一般論を考察し、コンビネータ代数に固有のオペラッドを構成する方法を与えた [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] On traced monoidal closed categories, *Math. Structures Comput. Sci.*, **19**(2) (2009), 217-244.
- [4] A quantum double construction in Rel, *Math. Structures Comput. Sci.*, **22**(4) (2012), 618-650.
- [5] Traced \*-autonomous categories are compact closed, *Theory Appl. Categ.*, **28**(7) (2013), 206-212. (with T. Hajgato)
- [6] Linear exponential comonads without symmetry, In *Proc. 4th International Workshop on Linearity, EPTCS*, **238** (2016), 54-63.
- [7] Linear distributivity with negation, star-autonomy, and Hopf monads, *Theory Appl. Categ.*, **33**(27) (2018), 1145-1157. (with J.-S. Lemay)
- [8] From linear logic to cyclic sharing, In *Proc. Joint International Workshop on Linearity & Trends in Linear Logic and Applications, EPTCS*, **292** (2019), 31-42.
- [9] A braided lambda calculus, In *Proc. Joint International Workshop on Linearity & Trends in Linear Logic and Applications, EPTCS*, **353** (2021), 94-108.
- [10] The internal operads of combinatory algebras. In *Proc. 38th International*



*Conference on Mathematical Foundations of Programming Semantics, ENTICS, 1 (2023).*

### 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,数理計画,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, sl 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。[10] 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。また、“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: 1980-2020” において出版

予定。) 最近の研究 “ $L^2$ -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ました。

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。数理論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 “Harmonic metrics of generically regular semisimple Higgs bundles on non-compact Riemann surfaces” (arXiv:2210.08215) 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ンの研究を行い、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][9] 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。混合ツイスター  $D$  加群の関手性と、各有理型関数に混合ツイスター  $D$  加群が同伴することをを用いると、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] Triply periodic monopoles and difference modules on elliptic curves. SIGMA **16** (2020) Paper No. 048, 23pp.
- [9] Periodic monopoles and difference modules. Lecture Notes in Mathematics, **2300**, Springer, Cham, 2022.
- [10] Curve test for enhanced ind-sheaves and holonomic  $D$ -modules, I,II. Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure (4), **55**, (2023), 575-679, 681-738

### 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対して、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神的に取り組み、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を明らかにしてきた。

• 生物画像データ解析と数理モデリング

ヒト精子等の高速撮影顕微鏡画像から鞭毛波形を抽出し、得られた波形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。ヒト精子鞭毛のデータから得られた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。この基本解は鞭毛運動によって生じる力に対応しており、精子の遊泳運動は少数次元の力学系に帰着できることを意味している。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細胞集団ダイナミクスのデータ駆動型数理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] The N-flagella problem: Elastohydrodynamic motility transition of multi-flagellated bacteria, *Proc. R. Soc. A* 475 (2019) 20180690. (with E. Lauga)
- [3] Bacterial spinning top, *J. Fluid Mech.* 880 (2019) 620-652.
- [4] Helicoidal particles and swimmers in a flow at low Reynolds number, *J. Fluid Mech.* 892 (2020) A11.
- [5] Jeffery orbits for an object with discrete rotational symmetry, *Phys. Fluids* 32 (2020) 081904.
- [6] Regularized representation of bacterial hydrodynamics, *Phys. Rev. Fluids* 5 (2020) 093101. (with E. A. Gaffney and B. J. Walker)
- [7] The control of particles in the Stokes limit, *J. Fluid Mech.* 942 (2022) A1. (with B. J. Walker, E. A. Gaffney and C. Moreau)
- [8] Self-organized swimming with odd elasticity, *Phys. Rev. E* 105 (2022) 064603. (with C. Moreau and K. Yasuda)
- [9] Emergent three-dimensional dynamics of rapidly spinning, self-propelled particles in shear flow. Part I: Achiral objects, arXiv: 2301.11311. (with M.P. Dalwadi, C. Moreau, E. A. Gaffney and B. J. Walker)



- [10] Emergent three-dimensional dynamics of rapidly spinning, self-propelled particles in shear flow. Part II: Chiral objects, arXiv: 2301.11032. (with M.P. Dalwadi, C. Moreau, E. A. Gaffney and B. J. Walker)

### 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かない現象であり、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  $\text{II}_1$  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], [10])。

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  $C^\infty$  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  $C^\infty$  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。

最近の [9] では 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 Reeb 力学系に対する閉補題を導くた

めの十分条件を与えた。具体的な接触多様体に対してこの条件が成立するか否かを検証すること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  $C^\infty$  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] Strong closing property of contact forms and action selecting functors, *arXiv:2201.09216*.
- [10] Capacity of billiard tables and  $S^1$ -equivariant loop space homology, *J. Fixed Point Theory Appl.* 24 (2022), no. 2, Paper No. 51, 28 pp.

### 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 [6] では熱核の連続性と (粗い) 上からの不等式評価を, [5] 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 ([3])。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) 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 [4] 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た。[4] では劣 Gauss 型熱核評価が「Gauss 型に極めて近い」場合は扱っておらず, その場合にエネルギー測度の特異性を示すことは今後の課題だが, 続く [2] では「いくらでも Gauss 型に近い」劣 Gauss 型熱核評価を満たす例が存在することのある具体例の族を構成することにより示すとともに, その具体例の族ではエネルギー測度の特異性が成り立つことも示した。

さらに [1] 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」を保ちつつ距離と測度を適切に取り替えることによりその空間が (上記よりも弱い意味で) 「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 (1993, 2008) の研究や [7, 8] 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。

[1] N. Kajino and M. Murugan, On the conformal walk dimension: Quasisymmetric

- uniformization for symmetric diffusions, *Invent. math.* **231** (2023), no. 1, 263-405.
- [2] N. Kajino, On singularity of energy measures for symmetric diffusions with full off-diagonal heat kernel estimates II: Some borderline examples, in: *Dirichlet Forms and Related Topics: In Honor of Masatoshi Fukushima's Beiju, IWDFRT 2022, Osaka, Japan, August 22-26*, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, vol. 394, 2022, pp. 223-251.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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  $IIA$  型弦理論と混成の弦理論 (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（MMP）の手法で研究している。MMP とは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理論である。

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 MMP 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 MMP 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。さらに生成極限が定まる形式的べき級数環上で Shokurov と Kollár の連結性補題を考えて3次元最小対数的標準中心の存在と正規性を示し、これを用いて非特異3次元多様体上の1以上の極小対数的食違い係数の昇鎖律を得た。

極小対数的食違い係数を計算する因子の研究も重要である。非特異曲面上では極小対数的食違い係数が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証明した。また、極小対数的食違い係数の昇鎖律を導くため、係数を計算する因子の多様体自身に関する食違い係数の有界性の研究を行っている。

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] Towards boundedness of minimal log discrepancies by Riemann-Roch theorem, *Am. J. Math.* **133**, 1299-1311 (2011)



- [6] Discreteness of log discrepancies over log canonical triples on a fixed pair, *J. Algebr. Geom.* **23**, 765-774 (2014)
- [7] The index of a threefold canonical singularity, *Am. J. Math.* **137**, 271-280 (2015)
- [8] Divisors computing the minimal log discrepancy on a smooth surface, *Math. Proc. Camb. Philos. Soc.* **163**, 187-192 (2017)
- [9] On equivalent conjectures for minimal log discrepancies on smooth threefolds, *J. Algebr. Geom.* **30**, 97-149 (2021)
- [10] *Complex algebraic threefolds*, Cambridge Studies in Advanced Mathematics **209**, Cambridge University Press, to appear

### 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対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 on the Mott random walk. This model is a classical example of a random walk in a random environment, originally introduced

as a model for electron transport in a disordered medium at low temperatures. In particular, the basic space in which an electron is moving consists a countable number of localization sites, which are typically modelled using a random collection of points in  $\mathbb{R}^d$ . Moreover, electrons hop as a random walk between localisation sites, with the probability of jumping from a localisation site at  $\mathbf{x}$  to a localisation site at  $\mathbf{y}$  given by

$$p(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \propto e^{-|\mathbf{x}-\mathbf{y}|},$$

where the proportionality is over the variable  $\mathbf{y}$ . In dimensions  $\geq 2$ , if the localisation sites are modelled by a Poisson process, then it is known that the random walk has a usual diffusive scaling limit [4]. On the other hand, in one-dimension (which one might think of as modelling a wire), the same model shows an interesting phase transition, whereby, as the density of the Poisson process is decreased, the process starts to exhibit sub-diffusive behaviour (i.e. the mean-square displacement grows sub-linearly) [1]. Together with Ryoki Fukushima (University of Tsukuba) and Stefan Junk (Tohoku University), as reported in this venue two years ago, we derived an anomalous, sub-diffusive scaling limit in this regime [2]. As described there, '[c]orresponding to intervals of low conductance in the discrete model, the discontinuities in the scale function [of the limiting process] act as barriers off which the limiting process reflects for some time before crossing'. More recently, in [3], we have studied a regime that exhibits even more severe blocking (and sub-polynomial scaling). For this, we demonstrate that, for any fixed time, the appropriately-rescaled Mott random walk is situated between two environment-measurable barriers, the locations of which are shown to have an extremal scaling limit. Moreover, we give an asymptotic description of the distribution of the Mott random walk between the barriers that contain it.

Whilst the previous discussion is quite specific to the Mott random walk, I highlight that the techniques used to study it involve a recently developed theory that relates the convergence of processes to that of associated resistance metric measure spaces. 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] P. Caputo and A. Faggionato, *Diffusivity in one-dimensional generalized Mott variable-range hopping models*, Ann. Appl. Probab. **19** (2009), no. 4, 1459-

1494.

- [2] D. A. Croydon, R. Fukushima, and S. Junk, *Anomalous scaling regime for one-dimensional Mott variable-range hopping*, to appear in *Ann. Appl. Probab.*, 2020.
- [3] ———, *Extremal regime for one-dimensional Mott variable-range hopping*, preprint appears at arXiv:2208.12102, 2022.
- [4] A. Faggionato, H. Schulz-Baldes, and D. Spehner, *Mott law as lower bound for a random walk in a random environment*, *Comm. Math. Phys.* **263** (2006), no. 1, 21-64.

### 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な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アム懸賞問題の  $P \neq NP$  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]、多品種流問題に関する研究 [8]、有向木詰込み問題の一般化に関する研究 [9]、効率的アルゴリズムに繋がる離散構造の研究 [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] All-or-nothing multicommodity flow problem with bounded fractionality in planar graphs, *SIAM Journal on Computing*, 47 (2018), pp. 1483-1504. (with K. Kawarabayashi)
- [9] Covering intersecting bi-set families under matroid constraints, *SIAM Journal on Discrete Mathematics*, 30 (2016), pp. 1758-1774. (with K. Bérczi and T. Király)
- [10] 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)

### 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合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, 4, 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 [3] や太陽系内外惑星・衛星の大気運動 [2] についても研究を進めている。

- [1] 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)
- [2] 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)
- [3] 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)
- [4] 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)
- [5] Effects of radial distribution of thermal diffusivity on critical modes of anelastic thermal convection in rotating spherical shells, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **276** (2017), 36-43. (with Y. Sasaki, M. Ishiwatari and M. Yamada)
- [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](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 $\Omega$ 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。 $\Omega$ 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ダ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。また一昨年までの研究で、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)  $\mathbb{Q}$  グ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  $\mathbb{Q}$  グ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  $\mathbb{Q}$  グ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。

- [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双曲の通常代数曲線の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ョン予想の副  $p$  版の反例の構成 [1] や、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  $\ell$  カスプ化の研究、モノドロミー充滿な種数 0 の双曲的代数曲線の同型類や準モノドロミー充滿な双曲的代数曲線の有理点の同値類のガロア理論的特徴付け、玉川安騎男氏・松本眞氏による準モノドロミー充滿性の  $\ell$  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 [5]。

- 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 以下の双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。狭義単調減少型双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 [5]。

- 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，節点非退化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，副有限デーテ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双曲的代数曲線に付随する外ガロア表現の忠実性の証明。

- 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，整数環と対数殻という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。

- 代数曲線の双曲的通常性の研究：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や，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で種数5以下の射影的雙曲的超楕円の代数曲線の雙曲的通常性の証明。

- 代数曲線の等分点の研究：絶対不分岐底上良還元を持つ代数曲線の等分点の分岐に関する Coleman の予想の研究 [3]。また，アーベル多様体の等分点という概念の遠アーベル幾何学的観点による類似である雙曲的代数曲線の穏やかな点の研究。特に，雙曲的代数曲線に付随する外ガロア表現の核とその代数曲線の上の穏やかな点の座標の関連についての研究や，数体上のアーベル多様体の有理等分点の有限性という Mordell・Weil の定理の帰結の一点抜き楕円曲線に対する遠アーベル幾何学的類似の証明。

- 合同部分群問題の研究：飯島優氏との共同研究による，モジュラー曲線に付随する外ガロア表現に関する数論的研究の成果を用いた，11以上の素数  $\ell$  に対する種数1の有限型雙曲的リーマン面の合同部分群問題の副  $\ell$  版という位相幾何学的问题の否定的解決。

- 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。古典的なリーマン面の理論における正則座標, 射影構造, 固有束の間のある自然な関連の正標数類似の確立 [4]。丹後曲線の存在に関する研究。

そして, 比較的最近の研究の成果として, 以下が挙げられる。

- 内田興二氏による数体の可解閉拡大に対する Neukirch・内田の定理の一般化の自然な延長線上の研究として, 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を確立した [6]。

- 望月新一氏との共同研究として, 組み合わせ論的遠アーベル幾何学の研究を行った。特に, 節点非退化外表現に関する組み合わせ論版遠アーベル予想の研究, 有限型双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などを行った [7]。

- 望月新一氏, Ivan Fesenko 氏, 南出新氏, Wojciech Porowski 氏との共同研究として, 宇宙際タイヒミュラー理論の研究を行った。特に, 剰余標数 2 の設定におけるエタールテータ関数の理論を確立させて, それを基に宇宙際タイヒミュラー理論を発展させた。この発展により, 有理数体や虚二次体上でのディオファントス幾何学に関して, 従来の宇宙際タイヒミュラー理論による帰結よりも, より精密な帰結を得ることに成功した。そして, その応用として, Fermat 予想の別証明を与えた [8]。

- 西尾優氏との共同研究として, 混標数局所体の絶対ガロア群の研究を行った。特に, 適当な条件を満たす混標数局所体の絶対ガロア群の外部自己同型群の中で, 体論的な外部自己同型射のなす部分群が, その共役たちが無限集合を成す非正規部分群であることを証明した [9]。

- 南出新氏と望月新一氏との共同研究として, 有限型双曲的リーマン面の純組紐群の副有限完備化の研究を行った。特に, そのような副有限完備化の純群論的構造から, 設定に付随する様々な数値的不変量や, 一般化ファイバー部分群と呼ばれるその副有限完備化の閉部分群を復元する単遠アーベル的復元アルゴリズムを確立した。また, そのような復元アルゴリズムの応用として, グロタンディーク・タイヒミュラー群に対する簡明で純群論的な表示を得ることに成功した [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] On ramified torsion points on a curve with stable reduction over an absolutely unramified base, *Osaka J. Math.* **54** (2017), no. **4**, 767-787.
- [4] Frobenius-projective structures on curves in positive characteristic, *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* **56** (2020), no. **2**, 401-430.
- [5] The absolute anabelian geometry of quasi-tripods, *Kyoto J. Math.* **62** (2022), no. **1**, 179-224.
- [6] Mono-anabelian reconstruction of solvably closed Galois extensions of number fields, *J. Math. Sci. Univ. Tokyo* **29** (2022), no. **3**, 257-283.
- [7] *Topics surrounding the combinatorial anabelian geometry of hyperbolic curves II-tripods and combinatorial cuspidalization* (with Shinichi Mochizuki), *Lecture Notes in Mathematics*, **2299**. Springer, Singapore, 2022.
- [8] 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.
- [9] On the outer automorphism groups of the absolute Galois groups of mixed-characteristic local fields (with Yu Nishio), *Res. Number Theory* **8** (2022), no. **3**, Paper No. **56**, 13 pp.
- [10] 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.

**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・実解析の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 [2, 4] に加え、方程式の非線形構造を取り入れた精密化 [1]、滑らかでない初期値に対する適切性の破綻 [3, 7]、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 [8, 10] 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 [5]。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 [6, 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] Well-posedness of the Cauchy problem for the Korteweg-de Vries equation at the critical regularity, *Differential and Integral Equations* 22 (2009), 447-464.
- [2] Local well-posedness for the Zakharov system on multidimensional torus, *Journal d'Analyse Mathématique* 119 (2013), 213-253.
- [3] Remark on the periodic mass critical nonlinear Schrödinger equation, *Proceedings of the American Mathematical Society* 142 (2014), 2649-2660.
- [4] 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)



- [5] Global solvability of the rotating Navier-Stokes equations with fractional Laplacian in a periodic domain, *Mathematische Annalen* 372 (2018), 743-779. (with T. Yoneda)
- [6] Ill-posedness of the third order NLS equation with Raman scattering term, *Mathematical Research Letters* 25 (2018), 1447-1484. (with Y. Tsutsumi)
- [7] A remark on norm inflation for nonlinear Schrödinger equations, *Communications on Pure and Applied Analysis* 18 (2019), 1375-1402.
- [8] Unconditional uniqueness for the periodic modified Benjamin-Ono equation by normal form approach, *International Mathematics Research Notices*, 2021, rnab079, 40pp.
- [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 ( $(\varphi, \Gamma)$  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. Let. **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  $\Phi$ -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。

[4] 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、[5] 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], [3] 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、[6] 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、[7] 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「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] *Knot quandles vs. knot biquandles*, Internat. J. Math **31** (2020).

- [3] (with K. Tanaka) *Quandle colorings vs. biquandle colorings*, preprint, arXiv:1912.12917.
- [4] *Hoste's conjecture for the 2-bridge knots*, Proc. Amer. Math. Soc. **147** (2019), 2245-2254.
- [5] (with M. Hirasawa and M. Suzuki) *Alternating knots with Alexander polynomials having un-expected zeros*, Topology Appl. **253** (2019), 48-56.
- [6] *On the associated groups of the quandles*, preprint.
- [7] *Spectral sequences on quandle homology*, preprint.
- [8] *Efficient knot invariants from quandles*, preprint.
- [9] *Generalization of Galkin quandles and lifting property of dihedral colorings*, preprint.
- [10] (with K. Ichihara, E. Matsudo, and M. Suzuki) *Two-tone colorings and surjective dihedral representations for links*, preprint, arXiv:2302.13706.

#### 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  $\text{contact}$  多様体たちの間の  $\text{cobordism}$  の定める  $\text{SFT}$  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けられている。今後の研究課題は、この連続オイラー変換の研究を発展させ、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  $\gcd(r, d)=1$  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  $\text{GL}_r$ -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、 $\gcd(r, d)=1$  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*, arXiv preprint arXiv:2109.06468 (2021).

[Kin22] —, *Dimensional reduction in cohomological Donaldson-Thomas theory*, *Compositio Mathematica* 158 (2022), no. 1, 123–167.

[KK23] Tasuki Kinjo and Naoki Koseki, *Cohomological  $\chi$ -independence for Higgs bundles and Gopakumar-Vafa invariants*, To appear in *Journal of the European Mathematical Society* (2023).

[KM21] Tasuki Kinjo and Naruki Masuda, *Global critical chart for local Calabi-Yau threefolds*, arXiv preprint arXiv:2112.10052 (2021).

### 助教 越川 皓永 (整数論, 数論幾何学の研究)

代数多様体のコホモロジー, 特に射影的で滑らかな多様体のコホモロジーに興味を持って研究している。少し違う言い方をすれば, 純モチーフが研究対象といえる。純モチーフは, Langlands 対応により保型表現とも対応するので, そのような関連分野や志村多様体にも興味を持っている。

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  $A_{mf}$  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振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  $A_{inf}$ -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* (2023).
- [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。

星裕一郎氏、望月新一氏によって構築された組み合わせ論的遠アーベル幾何学を用いて（彼ら自身によって）双曲的曲線のモジュライスタック上の普遍曲線に対する幾何学版 Grothendieck 予想が証明されていた。[1] では、プロフィール付 Hurwitz スタック（点付き単純被覆のモジュライ空間）を導入の後、この幾何学版 Grothendieck 予想の Hurwitz スタック（単純被覆のモジュライ空間）版を定式化し、組み合わせ論的遠アーベル幾何学を適用することで証明した。

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。[2] 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 ([2])、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 ([8], 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 ([7])。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 ([10]) 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成立することを証明した。この論文では、E. Lepage 氏とは異なる議論 / 整理の仕方で、この非特異点解消が絶対版  $p$  進 Grothendieck 予想を導くことも確認している。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。

[3] では、南出新氏と共同で、離散付値体の絶対 Galois 群の遠アーベルの群論的性質に関する考察を行った。遠アーベル幾何学で考察される副有限群の多くは、その非可換性の顕現とも考えられる性質（例えば、中心自明性）を備えている。これらの性質を、剰余標数正な一般の完備離散付値体の絶対 Galois 群も備えていることを証明した。また、最近の観察として、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確認している。論文は現在準備中である。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。

[4] や [9] では, 南出新氏や澤田晃一郎氏と遠アーベル幾何学に現れる様々な副有限群の内在的非分解性 (及びその一般化) に関する共同研究を行った。内在的非分解性は「任意の非自明な閉正規部分群の中心化群が自明」という性質と同値であり, 中心自明性や非分解性よりも強い遠アーベル的群論的性質である。これらの論文では, 遠アーベル幾何学に現れる様々な副有限群が内在的非分解性を満たすことを確認した。現在, 内在的非分解性の応用として得られるいくつかの遠アーベル幾何的な結果に関して論文準備中である。また非分解性関連の研究として [6] では, 南出新氏が学位論文で提出していた「Grothendieck-Teichmüller 群が強非分解性 (全ての開部分群が非分解であるという性質) を満たすか」という問題に対して, M. Saidi 氏と玉川安騎男氏による有限体上の Grothendieck 予想型の結果, 及び almost surface 群に関する考察を組み合わせて, 肯定的解答を与えた。

[8] 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。

- [1] S. Tsujimura, Geometric version of the Grothendieck conjecture for universal curves over Hurwitz stacks, *Kodai Math. J.* **44** (2021), pp. 492-555.
- [2] S. Tsujimura, Combinatorial Belyi cuspidalization and arithmetic subquotients of the Grothendieck-Teichmüller group, *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* **56** (2020), pp. 779-829.
- [3] 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.
- [4] A. Minamide and S. Tsujimura, Internal indecomposability of profinite groups, *Adv. Math.* **409** (2022), Paper No. 108689.
- [5] A. Minamide and S. Tsujimura, *Strong indecomposability of the profinite*

*Grothendieck-Teichmüller group*, preprint.

- [6] 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).
- [7] S. Tsujimura, *On the tempered fundamental groups of hyperbolic curves of genus 0 over  $\overline{\mathbb{Q}_p}$* , to appear in *J. Inst. Math. Jussieu*.
- [8] S. Tsujimura, *Birational anabelian Grothendieck conjecture for curves over arbitrary cyclotomic extension fields of number fields*, RIMS Preprint **1957** (February 2022).
- [9] A. Minamide, K. Sawada, and S. Tsujimura, *On generalizations of anabelian group-theoretic properties*, RIMS Preprint **1964** (August 2022).
- [10] S. Mochizuki and S. Tsujimura, *Resolution of nonsingularities, point-theoreticity, and metric-admissibility for  $p$ -adic hyperbolic curves*, RIMS Preprint **1974** (June 2023).

#### 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。ここで楕円バ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、最近の研究で楕円多様体の場合には 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バ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、 $\mathfrak{sl}_n$  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 箴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。この関手は箴 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 $\mathfrak{sl}_n$  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 箴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值性及び 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.

### 助教 Stefan Helmke (Algebraic Geometry)

In my previous report I mentioned a new invariant in connection with the theory of local uniformizations and expressed the hope that this invariant would help to prove a crucial improvement of this theory, which I also described in that report. This invariant did what it was supposed to do, but ultimately it failed to prove the desired result; instead it showed that the well-known algorithms for uniformizations or resolutions of singularities are inadequate for this purpose. I then had to resort to the computation of some examples in order to decide if there is a possibility to improve the algorithms or if my conjecture might perhaps be wrong. This took some time, but I hazard now to say that probably the former is the case and since much of my older work, including a possible proof of the Fujita Conjecture, heavily depends on this somewhat technical point, it is of considerable importance to me [1-4].

Ever since Oscar Zarisky proved the existence of local uniformizations in arbitrary dimensions over a field of characteristic zero in 1940, the algorithms always relied on



an induction on the dimension. Here, one has to find an appropriate hyperplane and an ideal or function on this hyperplane, which has to be uniformized or resolved first (which is conveniently done by the induction hypothesis) before one can proceed to uniformize or resolve the original function or ideal. The hyperplane became eventually a ‘maximal contact hyperplane’ and the ideal on that hyperplane the ‘coefficient ideal’. This is all very canonical and convenient, but as my examples indicate, the coefficient ideal is too large for my purpose and indeed, it is in general not necessary to uniformize all the coefficients. Instead, I have now an algorithm, which does not rely on induction, but rather carefully blows-up only what seems to be absolutely necessary; on the other hand I have developed a refined method to establish the required multiplicity bound and while there is certainly still some more research necessary, I believe those two ingredients will eventually prove my conjecture.

But the theory turns out to be much more interwoven than originally expected and my uniformization theory [6] depends on parts of the theory of filtrations I developed in [5], while on the other hand the latter parts of the filtration theory depend on the uniformization theory, so that the division in those two parts is no longer adequate. I will instead divide this research now in four parts: Filtrations, Uniformizations, Deformations and Applications, or put them all together.

- [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置いている。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 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 three new conjectures in [9]. In [10], we prove the geometric data conjecture (one of the conjectures formulated in [9]) 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, Topological structures of moduli spaces of curves and anabelian geometry in positive characteristic, preprint.
- [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.

#### 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。

[3] では、双曲的多重曲線の 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、[2] では、双曲的多重曲線の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。[4] 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。[6] 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、[6], [5] 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。

また、南出新氏、辻村昇太氏との共同研究 [1] 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] A. Minamide, K. Sawada, and S. Tsujimura, On generalizations of abelian group-theoretic properties, RIMS preprint **1965** (2022).
- [2] K. Sawada, Cohomology of the geometric fundamental group of hyperbolic polycurves, *J. Algebra* **508** (2018), 364-389.
- [3] K. Sawada, Pro- $p$  Grothendieck conjecture for hyperbolic polycurves, *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* **54** (2018), no. 4, 781-853.
- [4] K. Sawada, Finiteness of isomorphism classes of hyperbolic polycurves with prescribed fundamental groups, *Int. Math. Res. Not. IMRN* (2022), no. 9, 6608-6626.
- [5] K. Sawada, On surjective homomorphisms from a configuration space group to

a surface group, to appear in Hokkaido Math. J.

- [6] K. Sawada, Reconstruction of invariants of configuration spaces of hyperbolic curves from associated Lie algebras, RIMS preprint **1896** (2018).

**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の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的結果を証明した。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  $S_{n+1}$  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 [9] 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まる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。また, [5] では, 辻村氏の以前の結果を適用することで, 混標数高次元局所体上の種数 0 の双曲的曲線が, グロタンディーク予想の“弱型”をみたますことを確認した。[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ますことを示した。

([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ますことを証明した。

- [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*, RIMS Preprint **1965** (August 2022).
- [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] 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 蛭田 佳樹 (流体力学)**

「ながれ」に関わる現象や付随する数理的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。

- 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。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。

- 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 [1], [2], 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しづらくなっている。

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 [3], [4]。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 & 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)
- [2] Y. Hiruta & S.Toh, Subcritical Laminar-Turbulent Transition as Nonequilibrium Phase Transition in Two-Dimensional Kolmogorov Flow, J. Phys. Soc. Japan, 89, 044402 (2020)
- [3] Y.Hiruta & S.Toh, Intermittent direction reversals of moving spatially localized turbulence observed in two-dimensional Kolmogorov flow, Phys. Rev. E, 96, 063112 (2017)
- [4] 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. Therefore one may restrict the problem to some subsets of all sections with more geometric properties, for example we may consider locally geometric sections. These sections are assumed to come locally from rational points over the completion  $K_v$  of  $K$  at every nonarchimedean place  $v$ .

Then, the two main problems that I currently consider are: (a) suppose that two local sections  $s$  and  $t$  are locally conjugate at all places  $v$ , does it imply that they are globally conjugate?, (b) suppose instead that  $s$  and  $t$  are locally conjugate for all places  $v$  from some 'large' subset  $S$  of all places, can we deduce that they are locally conjugate for all places?. Assuming the Section Conjecture, both these questions should have affirmative answers for hyperbolic curves.

I have managed to obtain some positive results for both these question. Regarding (a), one can obtain affirmative answer when  $X$  is a hyperbolic curve and one section is assumed to be locally geometric on a set of positive density. 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. Currently I am trying to strengthen this method so that we could remove the assumption on the local geometricity.

Regarding question (b), one can obtain a positive result at the cost of a stronger assumption. We assume that both sections are adelic (local points together determine an adelic point of  $X$ ) and that  $X$  admits a finite étale cover  $Y$  which is also a finite étale cover of a hyperbolic curve of genus zero. In this setup, we can prove that for subsets  $S$  of all valuations of  $K$  which are strongly of positive density (i.e., their lifts to all finite field extensions are of positive density) the answer to (b) is positive (which also implies global conjugacy by the affirmative case of (a)). Here the main technique of the proof is a construction of a suitable Belyi map and certain strong multiplicity one property from the theory of  $\ell$ -adic representations.

- [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, to be published in *Publications of the Research Institute for Mathematical Sciences* of Kyoto University.

### 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  $f_\theta$ . 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  $\mathcal{W}_k$  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>

## 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5年度	23	22

### 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  
非線形力学セミナー研究  
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  
非線形力学セミナー研究  
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
- 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／計算論  
離散最適化セミナー研究(共同)

- 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  
非線形力学セミナー研究  
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4年4月1日～令和5年3月31日）

#### 教 員

助 教 山 下 真由子 31. 9. 1～5. 3. 31

#### 事務職員等

総務掛長 岡 田 淳 志 31. 10. 1～5. 3. 31

共同利用掛長 志 村 創 28. 3. 1～5. 3. 31

### 2 旧 委 員

#### 旧協議員

令和3年度、令和4年度

熊 谷 隆	望 月 新 一	大木谷 耕 司
小 野 薫	荒 川 知 幸	森 脇 淳
大 槻 知 忠	並 河 良 典	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
玉 川 安騎男	牧 野 和 久	青 木 慎 也

#### 旧運営委員

令和元年9月1日～令和3年8月31日

熊 谷 隆	大 槻 知 忠	小 野 薫
望 月 拓 郎	中 西 賢 次	玉 川 安騎男
望 月 新 一	荒 川 知 幸	並 河 良 典
長谷川 真 人	小 澤 登 高	牧 野 和 久
早 川 尚 男	國 府 寛 司	高 田 滋
森 重 文	会 田 茂 樹	石 井 志保子
尾 角 正 人	岡 本 久	小 木 曾 啓 示
小 澤 徹	河 原 林 健 一	小 谷 元 子

小島定吉	佐伯修	寺尾宏明
中島啓	古田幹雄	室田一雄
永屋直人	椿広計	萩原一郎
東野輝夫		

旧専門委員

令和元年9月1日～令和3年8月31日

熊谷隆	大槻知忠	小野薫
望月拓郎	中西賢次	小並河良典
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
中山昇	河合俊哉	竹広真一
星裕一郎	CROYDON, David	川北真彰
小林佑輔	石本健太	河村本展
照井一成	山下剛	國府寛司
上田福大	早川尚文	池田敏保
高田利幸	芥川和雄	新井東泰
小川卓克	芥落合啓之	河竹村彰
小西英雄	齋藤典毅	竹舟木直
森成活裕	平田典英	会田本茂
石井志保子	尾角正人	岡本健久
小木曾啓示	小澤島定吉	河原林一修
小寺尾宏明	中島島啓士	佐古田幹雄
室田直人	橋本塚山	押椿一
永萩原一郎	越徳	宮地充
東野輝夫		

### 3 特定研究員

#### 令和4年度

東山和巳 京都大学博士(理学) 2.4.1 ~ 5.3.31

研究題目：双曲的曲線の配置空間の基本群の研究

研究目標：これまでの研究では、一般化劣  $p$  進体上の有理点を持ち三点基豊富である双曲的曲線の配置空間のエタール基本群の最大副  $p$  商, その幾何学的部分群, 閉点に付随する分解群という3つ組から出発して, 基礎体を復元するアルゴリズムを確立した。その上, この復元アルゴリズムを応用することによって, 比較的緩やかな条件を満足する双曲的曲線の高次元配置空間のエタール基本群の幾何学的副  $p$  商や最大副  $p$  商に対する半絶対版遠アーベル予想型の結果を得ることに成功した。

今年度の研究の主な目標は, 三点基豊富ではない多様体, 例えば, 種数  $0$  の双曲的曲線の配置空間に対しても適用できるように拡張することである。そのために, 対数配置空間と通常の配置空間との差である対数因子の理論を研究する。また, 三点基豊富でない多様体として, 双曲的でない曲線の配置空間や, 配置空間からいくつかの対数因子を取り除いた多様体も考察する。

Niranka Banerjee チェンナイ数理学研究所(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.

Benoît Guerville-Ballé ポー大学 (フランス), サラゴサ大学 (スペイン) Ph.D  
4.4.1 ~ 5.3.31

研究題目 : Geometric Topology, line arrangements and algebraic plane curves.

研究目標 : A line arrangement is a finite set of lines in the complex projective plane. On the one hand, the embedded topology of an arrangement is the homeomorphism type of the pair formed by the complex plane and the union of lines in the arrangement; on the other hand, the combinatorics of an arrangement is the information given by the underlying matroid (or equivalently of the intersection lattice). If it is clear that the combinatorics of an arrangement is determined by the topology, the converse is not true in general. Indeed, it has been proven by Rybnikov in '98, that there exists pairs of arrangements with equivalent combinatorics which have non-isomorphic fundamental groups of their complements, and so which have non-equivalent topologies. The main goal of my research is to understand this gap between the combinatorics and the topology of line arrangements.

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 ~ 6.3.31

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.

## 令和5年度

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 ~ 6.3.31

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。

## 4 研究員

### 令和4年度

高尾 尚 武 京都大学博士（理学） 27.4.16 ~ 6.3.31

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 étale 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）。

藤井 宗一郎 東京大学博士 (情報理工学) 31.4.1 ~ 4.7.31

研究題目：圏論的代数理論の一般理論の構築

研究目標：代数構造をとらえるための枠組み（「代数理論の概念」と呼ぶ）として普遍代数学，オペラド，PROP，モノド等が知られている。本研究では，それらを統一的に扱う圏論的な一般理論を展開することを目指す。本一般理論はモノイダル圏に基づくものであり，上にあげたような代数理論の概念における代数理論は適切なモノイダル圏におけるモノイドとみなすことができるという観察に基づく。私は博士論文においてこの一般理論の基礎を整備し，代数理論のモデルの概念の数学的な定式化や代数理論の概念の間の射の定義などを行った。しかし本研究はまだ発展途上であり，代数理論同士のテンソル積や分配則による合成など，個々の枠組みで知られているが本一般理論に拡張できていない現象は多数存在する。本一般理論の基本的なセッティングに適切な条件を仮定したり追加の構造を入れたりすることで，これらの現象をとらえたい。さらにその結果を具体例に当てはめることで代数理論の研究に知見をもたらし，弱高次元圏などの複雑な代数構造の定義の整理などに応用することも目指す。

三浦 真人 東京大学博士 (数理科学) 3.4.1 ~ 5.3.31

研究題目：Calabi-Yau 多様体の幾何学と可視化の数理

研究目標：(複素3次元) Calabi-Yau 多様体がどのように分布しているのかという問題は，幾何学と超弦理論にまたがる重要な未解決問題である。本研究の目的は，主にトーリック多様体の Calabi-Yau 超曲面に対して，変形族の分布の性質を調べることである。とくに，このクラスの Calabi-Yau 多様体のデータにおいて，半 Euler 数の偶奇に明確な偏りが観察されることに着目する。この偏りの理由を突き止めることが主な目標である。4次元反射的多面体の包含関係から定まる Calabi-Yau 超曲面の幾何転移を調べ，それらがどのような種類の幾何転移で結びついているのかという「分布の実態」を明らかにする。関連して，他の有益だと思われる Calabi-Yau 多様体のクラスについても，Hodge 数の分布な

どのデータを整えることで、既存のデータと比較できる環境を整える。

可視化の数理についての研究も進める。こちらの研究の目的は、図から情報を得るというプロセスの構造を明らかにすることである。とくに、コンピュータビジョンにおいてピンホールカメラ模型と呼ばれる、実射影空間における射影を用いた汎用的な可視化に着目する。これまでの共同研究で、この可視化の射影幾何を統制するマルチビュー多様体の幾何学を調べ、コンピュータビジョンで基本的な射影再構成や、アフィン再構成の幾何学的な記述を得た。これを具体化し、現実的な問題へ応用することが主な目標である。たとえば、平面に射影した4次元多面体に対してアフィン再構成手続きを実行することで、高次元多面体の可視化や、研究への応用を探る。

勝 呂 剛 志 東北大学博士（理学） 4.4.1 ~ 5.3.31

研究題目：移流拡散方程式に対する初期値問題の適切性

研究目標：生物化学における走化性粘菌や天文学における恒星系を構成する星間物質の運動を記述する数理モデルは、適切な極限操作により移流拡散方程式に帰着される。この方程式は移流効果を与える非線形干渉項を擁す拡散方程式である。本研究では、こういった非局所的な非線形項をもつ移流拡散方程式に対する初期値問題の一樣局所可積分空間における適切性を考察する。一樣局所可積分空間は函数に対して空間遠方における減衰を課さない函数空間であり、方程式の解の空間局所的な振る舞いを研究する上で用いられる。移流拡散方程式の初期値問題における非線形項は、解の空間遠方における情報が空間局所的な解の振る舞いに影響を与える非局所的な作用をもち、放物型偏微分方程式の解の振る舞いを研究する上で有用な比較原理等の解析手法の適用が困難となる。また、一樣局所可積分空間は可分性や回帰性といった函数解析的な性質をもたず、熱方程式の初期値問題の解に対する正則性の一般理論を適用することができない。そこで、一樣局所可積分空間の実補間空間において、熱方程式の初期値問題の解に対する最大正則性を導出

し、移流拡散方程式の初期値問題の適切性を示した。本研究では、一様局所可積分空間における結果を拡張し、函数に対してより高い特異性を許す Morrey 空間における移流拡散方程式の初期値問題の適切性を考察する。また、並行して移流拡散方程式の初期値問題の特異定常解の存在を証明する。

湯 浅 巨 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 ~ 6.3.11

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、 $n$  種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、より一般に枠付き籠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。枠付き籠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籠について、中島 - 吉岡により望月拓郎氏の理論が籠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籠表現について調べるための枠組みをまとめた。今後は、これを元にして籠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 ~ 6.3.11

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 ~ 6.3.31

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的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。

## 令和5年度

浅野 知 紘 東京大学博士 (数理学) 5.4.1 ~ 6.3.31

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。

## 5 日本学術振興会特別研究員

## 令和4年度

- PD 齋藤 隆大 (2.4.1~5.3.31) 確定及び不確定混合ホッジ加群の研究とその特異点論への応用
- PD 長町 一平 (3.4.1~4.9.30) 代数曲線の特異点とピカールスキーム
- 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 笹谷 晃平 (2.4.1~5.3.31) 擬対称性を用いた複雑な距離空間上の解析
- 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
- DC2 清水 陵嗣 (3.4.1~5.3.31) 制限分岐版ノイキルヒ・内田の定理とその周辺
- DC2 山口 永悟 (3.4.1~5.3.31) 代数曲線の  $m$  次可解 Grothendieck 予想について
- DC2 石井 竣 (3.4.1~5.3.31) Drinfeld 加群のねじれ点に対する普遍上界予想

## 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tringトポロジーを利用した接触ホモロジーの研究



## 6 日本学術振興会外国人特別研究員

### 令和4年度

DICAIRE, Nuiok	(4.4.5~4.8.4)	部分単位対象による次数圏付きモナドの局所化
LEMAY, Jean-Simon Pacaud	(4.3.26~5.3.30)	トレース構造を持ち上げるモナドの特徴づけ
BATTSEREN, Bat-Od	(3.11.3~5.11.2)	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	(4.4.26~6.4.25)	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5年度

BATTSEREN, Bat-Od	(3.11.3~5.11.2)	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	(4.4.26~6.4.25)	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

## 7 受賞

(令和4.4.2~令和5.4.1)

牧野 和久	科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞	2022. 4. 8
入江 慶	科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞	2022. 4. 8
山下真由子	羽ばたく女性研究者賞 (マリア・スクウォッドフスカ = キュリー賞)	2022. 5.17
石本 健太	藤原洋数理科学賞奨励賞	2022.10. 1
入江 慶	2023年度日本数学会賞春季賞	2023. 3.10

伊原 康隆 第2回日本数学会賞小平邦彦賞

2023. 3.16

## 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年度に引き続き、令和5年度(第44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5年7月31日(月)から8月3日(木)まで  
 毎日10:30～16:00 8月3日(木)のみ17:25まで  
 (8月4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：望月 拓郎 (RIMS) ヒッチン方程式とその周辺  
 大浦 拓哉 (RIMS) 二重指数関数型数値積分公式の理論と発展  
 山下 真由子 (RIMS 特任准教授)  
 代数トポロジーと物理学  
 藤原 直哉 (東北大学大学院情報科学研究科)  
 人流データの複雑ネットワーク分析とその応用 (特別講演8月3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。会場は本研究所または数学教室を使っている。令和4年度、本研究所(一部はオンライン)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4年度は開催を見送った。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
Medians, rearrangements and their maximal functions	筒井 容平	京大・理	4.20
Fundamental groups of curves in positive characteristic, following Pop, Raynaud, Saïdi, Tamagawa, and myself	陽 煜	数理解	6.15
Reeb 力学系における閉補題と action selector	入江 慶	数理解	6.22
Navier-Stokes 方程式の自己相似解とその応用	大木谷耕司	数理解	7.20
副有限組紐群の外部自己同型群について	南出 新	数理解	11.16

## 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。

2022 年度は、次の共同利用研究事業が行われた。

### 9-1 RIMS 共同研究（公開型）

研究題目	研究代表者	期 間
1. 多重ゼータ値の諸相	田坂 浩二 (96 名)	2022. 5.16～2022. 5.20
2. 変換群論の新潮流	藤田 玄 (96 名)	2022. 5.24～2022. 5.27
3. Intelligence of Low-dimensional Topology	大槻 知忠 (123 名)	2022. 5.25～2022. 5.27
4. 偏微分方程式の臨界現象と正則性理論及び漸近解析	小川 卓克・三沢 正史 (124 名)	2022. 6. 1～2022. 6. 3
5. 集合論的および幾何学的トポロジーと関連分野への応用	松橋 英市 (46 名)	2022. 6. 6～2022. 6. 8
6. 力学系の理論と諸分野への応用	大林 一平 (114 名)	2022. 6. 6～2022. 6.10
7. 2022 年国際数学会議に関連する日本フォーラム		

- 小菌 英雄・清水 扇丈 (133名) 2022. 6.13～2022. 6.14
8. 数理論理学とその応用  
嘉田 勝 (113名) 2022. 6.21～2022. 6.24
9. 部分多様体論と幾何解析の新展開  
本田 淳史 (93名) 2022. 6.27～2022. 6.29
10. 流体と気体の数学解析  
上田 好寛 (117名) 2022. 7. 6～2022. 7. 8
11. 調和解析と非線形偏微分方程式  
寺澤 祐高・眞崎 聡 (95名) 2022. 7.11～2022. 7.13
12. 乱流の予測可能性と可制御性  
松本 剛・藤 定義 (51名) 2022. 7.20～2022. 7.22
13. 表現論とその周辺分野における諸問題  
直井 克之 (71名) 2022. 7.26～2022. 7.29
14. 可積分系数理の発展とその応用  
松家 敬介 (88名) 2022. 8. 8～2022. 8.10
15. ランダム構造における確率論と解析学および関連する話題  
梶野 直孝 (74名) 2022. 8. 8～2022. 8.10
16. 非線形解析学と凸解析学の研究  
豊田 昌史・青山 耕治 (39名) 2022. 8.29～2022. 8.31
17. 数理最適化：モデル，理論，アルゴリズム  
後藤 順哉 (54名) 2022. 8.29～2022. 8.30
18. 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 (63名) 2022. 8.29～2022. 8.31
19. 代数学シンポジウム  
森脇 淳 (174名) 2022. 8.30～2022. 9. 2
20. 数学史の研究  
小川 東 (28名) 2022. 9. 5～2022. 9. 8
21. 作用素環論の最近の進展  
小澤 登高 (58名) 2022. 9. 5～2022. 9. 7
22. ファイナンスの数理解析とその応用  
辻村 元男 (20名) 2022. 9. 7～2022. 9. 9
23. Women in Mathematics  
伊藤由佳理 (140名) 2022. 9. 7～2022. 9. 9

24. ランダム力学系・非自励力学系研究の展望：理論と応用  
佐藤 譲 (98 名) 2022. 9.26～2022. 9.30
25. Nonlinear and Random Waves  
福泉 麗佳・Anne de Bouard (52 名) 2022.10. 3～2022.10. 5
26. 超局所解析と漸近解析の展望  
本多 尚文 (62 名) 2022.10. 3～2022.10. 7
27. 解析的整数論とその周辺  
山崎 義徳 (126 名) 2022.10.11～2022.10.14
28. 数値解析が拓く次世代情報社会～エッジから富岳まで～  
須田 礼仁 (87 名) 2022.10.12～2022.10.14
29. 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  
赤木 剛朗 (82 名) 2022.10.17～2022.10.19
30. 強制法と基数算術の新たな展開  
酒井 拓史 (66 名) 2022.10.25～2022.10.28
31. 再生核ヒルベルト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  
瀬戸 道生・澤野 嘉宏 (36 名) 2022.10.26～2022.10.28
32. 確率的環境下での数理的意思決定とその周辺  
田村 慶信 (35 名) 2022.10.31～2022.11. 2
33. 作用素平均と関連する話題  
柳田 昌宏 (26 名) 2022.10.31～2022.11. 2
34. 組合せ論的表現論における最近の展開  
池田 岳 (85 名) 2022.11. 7～2022.11.11
35. パターン形成・伝播・界面現象の数理解析  
松澤 寛・二宮 広和 (68 名) 2022.11.14～2022.11.16
36. 常微分方程式の定性的理論とその現象解析への応用  
松永 秀章 (44 名) 2022.11.14～2022.11.16
37. 厳密統計力学および関係する話題  
笹本 智弘 (45 名) 2022.11.15～2022.11.18
38. 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 (99 名) 2022.11.16～2022.11.18
39. 非圧縮性粘性流体の数理解析  
菱田 俊明 (57 名) 2022.11.30～2022.12. 2
40. スペクトル・散乱理論とその周辺  
石田 敦英 (65 名) 2022.11.30～2022.12. 2

41. 有限群論, 代数的組合せ論, 頂点代数の研究  
三枝崎 剛 (82 名) 2022.12. 5~2022.12. 8
42. 偏微分方程式の幾何的様相  
小野寺有紹 (54 名) 2022.12. 5~2022.12. 7
43. 代数的整数論とその周辺  
加塩 朋和 (240 名) 2022.12.12~2022.12.16
44. 複素力学系と関連分野  
川平 友規 (60 名) 2022.12.12~2022.12.16
45. モデル理論における独立概念と次元の研究  
池田宏一郎 (31 名) 2022.12.12~2022.12.14
46. 確率論シンポジウム  
洞 彰人・福島 竜輝 (114 名) 2022.12.19~2022.12.12
47. Computer Algebra – Foundations and Applications  
北本 卓也・濱田 龍義 (51 名) 2022.12.19~2022.12.21
48. 逆問題と医用イメージングとその周辺  
町田 学・Samuli Siltanen (83 名) 2023. 1.11~2023. 1.13
49. 量子場の数理とその周辺  
廣島 文生 (25 名) 2023. 1.16~2023. 1.18
50. 保型表現の解析的・数論的研究  
宮崎 直 (110 名) 2023. 1.23~2023. 1.27
51. 計算機科学の基礎理論とその新潮流  
安永 憲司 (96 名) 2023. 1.30~2023. 2. 1
52. 関数空間論とその周辺  
大和田 智義・松岡 勝男 (36 名) 2023. 2.13~2023. 2.15
53. 超平面配置の特性多項式および凸多面体のエルハート多項式  
中島 規博 (50 名) 2023. 2.14~2023. 2.17
54. 群・環・言語と計算機科学の周辺領域  
西中 恒和 (36 名) 2023. 2.15~2023. 2.17
55. 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 –  
清水 勇二 (37 名) 2023. 3. 6~2023. 3. 9
56. Zeta functions and their representations  
中筋 麻貴 (105 名) 2023. 3. 6~2023. 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. Functional and Logic Programming IGARASHI Atsushi · HANUS Michael (74 名)		2022. 5.10～2022. 5.12
2. 線形及び非線形分散型方程式に関する多角的研究 宮崎 隼人 (46 名)		2022. 5.16～2022. 5.19
3. Applications of Harmonic Maps and Higgs Bundles to Differential Geometry PEDIT Franz (54 名)		2022. 5.28～2022. 5.31
4. 多次元量子ウォークの数理 浅原 啓輔 · 和田 和幸 (38 名)		2022. 6.20～2022. 6.22
5. 人口と環境の数理地理モデリング 藤原 直哉 (15 名)		2022. 7. 6～2022. 7. 7
6. 組合せ最適化セミナー 牧野 和久 (155 名)		2022. 7.25～2022. 7.27
7. 量子散乱における順問題と逆問題の新展開 只野 之英 (52 名)		2022. 9.20～2022. 9.22
8. Integrable probability, combinatorics and representation theory 笹本 智弘 (22 名)		2022. 9.26～2022. 9.30
9. 生物流体力学と生物運動 飯間 信 (21 名)		2022.10.31～2022.11. 2
10. タイリングと準周期系の数理 山岸 義和 (46 名)		2022.11. 7～2022.11. 9
11. エルゴード理論の最近の進展 夏井 利恵 (41 名)		2022.11. 9～2022.11.11
12. 作用素環論における群作用と数理物理の関連 佐藤 康彦 (53 名)		2023. 1.23～2023. 1.25
13. グラフの辺着色グラフへの拡張性および非拡張性 八島 高将 (33 名)		2023. 2.27～2023. 3. 3
14. 精密解析による非線形問題の新展開 田中 敏 · 内藤 雄基 (50 名)		2023. 3. 6～2023. 3. 8
15. 種々の統計的モデルにおける推測方式の有効性 小池 健一 (19 名)		2023. 3. 6～2023. 3. 8
16. GEOMETRIC ANALYSIS IN HARMONIC ANALYSIS AND PDE Neal Bez (39 名)		2023. 3.27～2023. 3.31

**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. 磁気流体力学の乱流混合のモデル構築	松本 剛（2名）	2022. 9.16～2022. 9.22
2. Hall MHD 乱流の統計的性質	三浦 英昭・松本 剛（7名）	2023. 2.13～2023. 2.24
3. Analysis of fluid dynamical PDEs	YAMAZAKI, Kazuo・OHKITANI Koji（12名）	2023. 3.13～2023. 3.15

**9-4 長期研究員**

実施せず。

**9-5 RIMS 合宿型セミナー**

研究題目	研究代表者	期 間
1. Mathematical modelling of turbulent flows in astrophysical and geophysical phenomena	TOBIAS Steven（16名）	2023. 3.15～2023. 3.18

**9-6 RIMS 総合研究セミナー**

実施せず。

**9-7 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4年度****「変分問題の深化と応用」**

（組織委員 高橋 太, 石渡 通徳, 中西 賢次, 和田出 秀光, 猪奥 倫左, 内免 大輔）

研究題目	研究代表者	期 間
1. Summer School on Variational Problems and Functional Inequalities	高橋 太（外26名）	2022. 9.21～2022. 9.22



- 2. Workshop on Non-compact Variational Problems and Related Topics  
高橋 太・石渡 通徳 (外 57 名) 2022. 9.26~2022. 9.28
- 3. Workshop on Variational Methods and Dispersive Equations  
高橋 太・中西 賢次 (外 61 名) 2023. 2. 6~2023. 2. 8
- 4. Workshop on Variational Methods and Functional Inequalities  
高橋 太 (外 34 名) 2023. 2.13~2023. 2.15

**〔特異点論特別月間〕**

(組織委員 佐治 健太郎, 佐伯 修, 高橋 雅朋, 山本 卓宏, 山本 稔)

- | 研究題目                 | 研究代表者          | 期 間                   |
|----------------------|----------------|-----------------------|
| 1. 可微分写像の特異点論とその応用   | 佐治健太郎 (外 59 名) | 2022.10. 3~2022.10. 5 |
| 2. 特異点論と幾何的トポロジー     | 佐治健太郎 (外 80 名) | 2022.10.24~2022.10.27 |
| 3. 特異点論と微分幾何学        | 佐治健太郎 (外 33 名) | 2022.11. 7~2022.11. 9 |
| 4. 特異点論における分類問題とその応用 | 佐治健太郎 (外 37 名) | 2022.12.12~2022.12.15 |

- |         |                           |
|---------|---------------------------|
| 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 方程式の数理とその応用 |
| 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 | 数理ファイナンス                  |

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新展開へむけて
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应用
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	<b>Mathematical Biofluid Mechanics</b>
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

## 9-8 国際シンポジウム

### 「強制法と基数算術の新たな展開」

(New Developments on Forcing and Cardinal Arithmetic)

(研究代表者 神戸大学 システム情報学研究科 准教授 酒井 拓史)

連続体仮説をはじめとする基数算術の問題は、集合論の創始以来の中心的課題であるが、近年、Itay Neeman や David Aspero らが開発した強制法の新手法によって、無限についての様々な公理の基数算術に及ぼす影響が明らかになっている。本共同研究は、このような強制法の新手法の基数算術への応用を中心に、集合論の最新研究の成果発表と討論をする機会を設け、国内外の研究交流を促進することを目的とした。

本共同研究では、Itay Neeman によるミニコース、David Aspero らによる 3 件の招待講演および 21 件の一般講演を実施し、上記テーマを中心とした集合論の研究発表と研究討論が活発に行われた。特に Itay Neeman のミニコースでは、Open Coloring Axiom が連続体濃度に及ぼす影響の、強制法の新手法を用いた分析が解説された。さらに、これに関連する未解決問題や、この強制法の新手法の他問題への応用可能性などについて、講演者と集会参加者の間で活発に議論がなされた。

### 「Women in Mathematics」

(研究代表者 東京大学 カブリ数物連携宇宙研究機構 教授 伊藤 由佳理)

本共同研究の開催目的は、日本の女性数学者のネットワークを作ることであった。そこで海外で活躍している女性数学者の講演、および日本の若手数学者たちのショートトーク、および日本人参加者によるリレートークを設け、できるだけ多くの人に参加できる工夫をした。また、さらに海外の女性数学者の活動についての報告も聞き、今後の日本の女性数学者の研究環境を充実したものにするためのアイデアをたくさんいただいた。講演者は全員女性であったが、参加者の3分の1は男性だった。時差があるため録画も期間限定で公開したので、実際には上記の参加者数に含まれない視聴者も多くいる。日本の数学界における男女共同参画の現状、およびアメリカ、ヨーロッパ、韓国での女性数学者の支援してきた活動内容などについては、多くの人に知っていただきたいので、講究録にも掲載する。集会後のアンケートの集計結果もすべて英訳して講究録に集録する予定である。

## 「逆問題と医用イメージングとその周辺」

(Inverse Problems, Medical Imaging, and Related Topics)

(研究代表者 浜松医科大学 光先端医学教育研究センター 講師 町田 学)

現在様々なイメージング技術が知られていますが、それらの技術は逆問題の理論的、数值的、実験的研究によって発展してきました。今回、第一線で活躍する逆問題の専門家を国内外から集め、逆問題、特に医用イメージングについて議論しました。偏微分方程式の逆問題はもともと他分野・産業との結びつきが強い分野です。今回の講演者のほとんどは数学者ですが、医学研究をしている工学者などにも講演をお願いしました。その結果、現場の課題を数学の問題に落とし込むことや、将来の医学応用を見据えた数学研究の方向についての議論を活発に行うことができました。参加者も大部分は数学者でしたが、医学者や工学者、また関連企業の研究者の参加もありました。医用イメージングに関する数学研究をする研究者は世界的にはそれなりの数がありますが日本ではまだ少数です。今回の研究会で、周辺分野の数学者との交流、数学者と医学者・工学者の交流ができたことは将来大きな財産になると思います。また、医用イメージングに焦点を絞った逆問題の数学研究の会議は世界的にも貴重であり、医用イメージングを研究する数学者にとっても3日間で現状が理解できたことは収穫でした。従来の数学解析の研究に加えて、深層学習などを取り入れた研究も大きく進展していることがわかりました。今回の研究会はハイブリッドで行いましたが、各国の研究者と交流するために、これは非常にうまくいきました。現地での対面の議論は有意義でしたが、それに加えて国内外から多くのオンライン参加者があり、活発な研究会になりました。

## 「Functional and Logic Programming」

(研究代表者 Kyoto University, Graduate School of Informatics Professor  
IGARASHI Atsushi)

Writing down detailed computational steps is not the only way of programming. The alternative, being used increasingly in practice, is to declarative programming: start by writing down the de-sired properties of the result and the computational steps are then (semi-)automatically derived from these higher-level specifications. Examples of this declarative style include functional and logic pro-gramming, program transformation and re-writing, and extracting programs from proofs of their correctness.

We will hold the 16th International Symposium on Functional and Logic Programming (FLOPS 2022) to bring together practitioners, researchers and

implementors of declarative programming, to discuss mutually interesting results and common problems: theoretical advances, their implementations in language systems and tools, and applications of these systems in practice. The scope includes all aspects of the design, semantics, theory, applications, implementations, and teaching of declarative programming. FLOPS specifically aims to promote cross-fertilization between theory and practice and among different styles of declarative programming. Atsushi Igarashi and Michael Hanus will serve as Program Cochairs.

Main participants are experts on the fundamental research on the semantics, implementation, and applications of functional programming, logic programming, and program verification.

### 「可微分写像の特異点論とその応用」

(Singularity theory and its applications)

(研究代表者 神戸大学 理学研究科 教授 佐治 健太郎)

本集会の目的は 2022 年度訪問滞在型研究の 5 回の研究集会のキックオフミーティングとして、可微分写像の特異点論とその応用に関して熟練・若手研究者による最新の成果発表により、以降の集会への動機づけと問題の整理、研究動向の把握を行いさらに特異点論を応用できる新たな分野の開拓を模索することであった。

上記の目的のために講演者を広く募集し、特異点論と応用の研究者との交流の場とした。13 講演中 7 講演が遠隔であり、全ての講演は zoom を用いて配信された。またオンデマンド講演(講演ビデオをアップしておいて聴講者は好きなときにそれをみる)も企画し、これは 3 講演あった。

熟練・若手研究者と特異点理論研究者、応用研究者の講演がバランスよく配置でき、内容も伝統的な特異点論の話題から、包絡線の幾何学に関する新しい応用、ベクトル束間の束準同型の特異点などの幾何学への応用、多目的最適化や情報幾何学へのこれまでにあまり見なかった分野への応用等の講演があった。講演後や休憩中の議論も活発であった。

### 「超平面配置の特性多項式および凸多面体のエルハート多項式」

(Characteristic Polynomials of Hyperplane Arrangements and Ehrhart Polynomials of Convex Polytopes)

(研究代表者 名古屋工業大学 工学部 准教授 中島 規博)

本研究の目的は、超平面配置の特性多項式と凸多面体のエルハート多項式の

関係をより深く探るために、両分野の研究者の活発な議論を促し、それぞれの分野を発展させることであった。目的達成のため、本共同研究ではそれぞれの分野において先駆的な研究を進める研究者を講演者として招き、講演と議論を行った。ほとんどの講演について、質問やコメントがあり、活発な議論が進んだ。また、最終日にはアメリカとイタリアの博士学生による発表を配置した。日本国内の若手研究者と国外の若手研究者との研究交流の場を提供することもできたと考えている。

具体的な発表内容は、マトロイドの Tutte 多項式や特性多項式の係数の計算、有理数とは限らない実数成分を頂点にもつ凸多面体のエルハート準多項式、近年のエルハート準多項式と特性準多項式に関する研究などであった。超平面配置や凸多面体のその他の話題に関する発表も多くみられた。

## [GEOMETRIC ANALYSIS IN HARMONIC ANALYSIS AND PDE]

(研究代表者 埼玉大学 理工学研究科 教授 Neal Bez)

As far as possible given scheduling constraints, roughly speaking, the first part of the workshop focused on PDE, after which the focus shifted to harmonic analysis, and then final part of the workshop focused on geometric analysis. The talks were of an excellent quality and helped to stimulate interaction amongst the participants. For example, on Monday, there were four talks related to the dynamics of a system of infinitely many fermions, two of which came more from the PDE viewpoint, and two of which came more from the harmonic analysis viewpoint. In addition to the ensuing discussions which took place at the workshop itself, it is expected that these talks will encourage future interaction between these researchers.

The morning session of each day of the workshop consisted of two 1 hour talks, the first of which was given by a speaker based at MATRIX, and RIMS participants were able to watch via zoom. The second morning talk was given by a speaker at RIMS, and MATRIX participants were able to watch via zoom.

The afternoon sessions on Monday, Tuesday and Thursday were run as parallel sessions, with several 25-minute talks delivered at both RIMS and MATRIX in hybrid style. On Wednesday and Friday afternoon, there were no talks and time was given for participants to freely carry out research discussions.

Many speakers took the opportunity to include open problems in their talks that they believe to be of interest, and it is expected that this will help to encourage interaction between participants. As is to be expected with research at the cutting-edge of pure

mathematics, tangible outcomes of the workshop such as research papers are likely to be visible in the medium to long term. From the viewpoint of bringing together researchers in Japan and Australia and planting seeds for future collaborations between researchers in these countries at the interface of geometric analysis, harmonic analysis and PDE, the workshop was a undoubtedly a resounding success.

### [Nonlinear and Random Waves]

(研究代表者 東北大学 情報科学研究科 准教授 福泉 麗佳)

The main objective of this workshop was nonlinear singular stochastic dispersive equations. This new subject attracts now many researchers in the world since this relates Hairer's regularity structure (or Gubinelli's Paracontrolled analysis) with Bourgain's almost-everywhere approach by the use of Gibbs measure. The purpose of this workshop was to broaden such arguments in the random nonlinear dispersive equations from different and various aspects, for example, the propagation of randomness under nonlinear dispersive equations, asymptotic properties like large deviation principle and scaling limits, qualitative properties of nonlinear dispersive-type equations, scattering and stability of special solutions. As a result, we have well initiated some discussions and collaborations among the participants. Also, this workshop was in the framework of the promotion of women, we had half and half gender balanced speakers. This "parity" structure between men and women allowed equitable discussions, and interactions with a large part of the researchers concerned with the thematic; this would certainly not have been possible in a workshop with female-only audience. We believe that the concern about diversity of speakers should be taken into account in all conferences, as our workshop shows that such a concern does not impact the quality of the meeting. On the other hand, we had in addition an interesting opportunity which we called Cambridge INI-RIMS networking events. The idea is that we share by zoom each one speaker of both sides: from our workshop and from their organizing semester at Newton Institute. In our case, we shared with the dispersive hydrodynamics program organized by Gennady El, Mark Hoefer that gave us some different aspects on the subject of the analysis of dispersive hydrodynamic systems and we appreciated it very much. We are grateful to Koji Ohkitani who proposed us this nice idea.

## 「特異点論と幾何的トポロジー」

(Singularity theory and geometric topology)

(研究代表者 神戸大学 理学研究科 教授 佐治 健太郎)

本集会のテーマは特異点の大域的な研究であった。特異点は局所的に定義されるものであるが、多様体間の安定写像に対して、特定の特異点が現れる・現れないという性質や、特異点集合の位相的情報は定義域多様体の位相構造や微分構造と関係する。安定写像に現れる特異点に注目すると、特異点や多重点の消去が定義域多様体の位相構造や微分構造に関係してくる。この分野に関して独自の道具を開発し、さらにコボルディズム理論、特異点論および低次元トポロジーの技法などを駆使して研究を行っている佐伯修を招聘して理論に関する連続講義を設けた。さらに低次元トポロジーの研究を行っている Inan, c Baykur, 鎌田聖一, 古宇田悠哉の講演を設けた。全ての講演は zoom を用いて配信された。

佐伯の講演はこの分野の特異点論専門家向けの総合的講演であり、全て黒板で行われた。Baykur, 鎌田, 古宇田の講演と相まって非常に内容の濃い集会であった。興味を持っている研究者が多い分野であったので、参加者も多く、議論も活発であった。

## 「タイリングと準周期系の数理」

(Mathematics of tilings and quasiperiodic systems)

(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、周期の内蔵性を示していたが、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的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。双曲平面上のタイリングの問題、置換え規則で作られる文字列の問題、円内の三角形の島に接するビリヤード軌道の周期性の問題、準周期的シュレディンガー作用素のスペクトルの問題、三次元準周期的タイリングの問題、フラクタル集合の連結性の問題、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。

## 10 外国人来訪者

2022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

(2022年4月1日～2023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	BATTSEREN, Bat-Od	JSPS	2021年 11月3日	2023年 11月2日
招へい研究員 (客員教授)	SAIDI, Mohamed	University of Exceter	2022年 3月15日	2022年 6月15日
招へい研究員 (客員教授)	LESCHKE, Katrin	University of Leicester	2022年 3月19日	2022年 6月18日
招へい 外国人学者	SRIVASTAVA, Nikhil	University of California, Berkeley	2022年 3月22日	2022年 7月31日
外国人共同 研究者	LEMAY, Jean- Simon Pacaud	JSPS	2022年 3月26日	2024年 3月25日
外国人共同 研究者	COLLAS, Benjamin	—	2022年 4月1日	2022年 5月31日
招へい研究員 (客員教授)	PEDIT, Franz	University of Massachusetts Amherst	2022年 4月1日	2022年 6月16日
招へい研究員 (客員教授)	BOROS, Endre	Rutgers University	2022年 4月1日	2022年 6月30日
外国人共同 研究者	POROWSKI, Wojciech	—	2022年 4月1日	2022年 6月30日

招へい研究員 (客員教授)	FESENKO, Ivan	University of Warwick	2022年 4月1日	2022年 7月20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	DICAIRE, Nuiok	JSPS	2022年 4月5日	2022年 8月4日
外国人共同 研究者	MOREAU, Clement	JSPS	2022年 4月26日	2024年 4月25日
外国人共同 研究者	BAI, Ruobing	Tianjin University	2022年 6月1日	2023年 5月25日
招へい研究員 (客員教授)	ANDRES, Sebastian	University of Manchester	2022年 6月15日	2022年 9月15日
外国人共同 研究者	CARDOSO, Maria Clara	University of Sao Paulo	2022年 6月27日	2023年 6月24日
外国人共同 研究者	YANG, Saisai	University of Science and Technology of China	2022年 6月28日	2023年 6月27日
招へい研究員 (客員教授)	SAIDI, Mohamed	University of Exceter	2022年 7月1日	2022年 10月1日
招へい 外国人学者	D'AGNOLO, Andrea	University of Padova	2022年 7月4日	2022年 8月18日
招へい研究員 (客員教授)	LE, Hong Van	Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences	2022年 7月6日	2022年 10月5日
招へい 外国人学者	LEPAGE, Emmanuel Yves Olivier	Sorbonne Université	2022年 7月11日	2022年 9月5日

招へい研究員 (客員教授)	CADORET, Anna	UPMC – Sorbonne Universités	2022 年 7 月 13 日	2022 年 10 月 13 日
招へい研究員 (客員教授)	NEUKAMM, Stefan	Technical University of Dresden	2022 年 7 月 18 日	2022 年 10 月 18 日
招へい 外国人学者	FESENKO, Ivan	University of Warwick	2022 年 7 月 21 日	2022 年 9 月 29 日
招へい 外国人学者	COCKETT, James Robin Bernard	Department of Computer Science, University of Calgary	2022 年 7 月 26 日	2022 年 8 月 29 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
招へい 外国人学者	MULLER, Norbert	Universität Trier	2022 年 9 月 28 日	2022 年 10 月 17 日
外国人共同 研究者	SONG, Zihao	Nanjing University of Aeronautics and Astronautics	2022 年 10 月 25 日	2024 年 10 月 24 日
招へい研究員 (客員教授)	KIM, Myungho	Kyung Hee University	2022 年 11 月 1 日	2023 年 3 月 31 日
招へい 外国人学者	MEZARD, Ariane	Ecole Normale Supérieure	2022 年 12 月 17 日	2023 年 1 月 16 日
招へい 外国人学者	YU, Chia-Fu	Institute of Mathematics Academia Sinica	2023 年 1 月 18 日	2023 年 2 月 2 日
招へい 外国人学者	IBRAHIM, Slim	University of Victoria	2023 年 2 月 2 日	2023 年 3 月 1 日

招へい 外国人学者	RASMUSSEN, Christopher Jorgen	University of Wesleyan	2023年 2月6日	2023年 2月22日
招へい 外国人学者	SAIDI, Mohamed	University of Exceter	2023年 2月6日	2023年 3月14日
外国人共同 研究者	COLLINS, Pieter	Maastricht University	2023年 2月8日	2023年 3月7日
外国人共同 研究者	LECHENNE, Serge	Ecole Normale Supérieure Paris-saclay	2023年 2月16日	2023年 8月15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

## 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公表し、併せて国内外の数理科学の研究者に成果公表の場を与えるための専門誌である。第40巻(2004)以前は科学技術振興機構のJ-STAGEで、第41巻(2005)から第45巻(2009)までは研究所のホームページでそれぞれ無料公開している。第46巻(2010)以降は欧州数学会(以下EMS)より出版している。EMS発行分については刊行後5年経過したものをEMSのホームページで無料公開する。また、「講究録」は主として、共同利用研究の際の講演等の記録として発行している。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. 58(2-4), 59(1)の論文は次のとおりである。

<b>Vol. 58, No. 2</b> (June 2022)	page
6. Kento FUJITA, On Uniform K-Stability for Some Asymptotically log del Pezzo Surfaces .....	227
7. Katsutoshi YAMANOI, Kobayashi Hyperbolicity of the Complements of Ample Divisors in Abelian Varieties .....	281
8. Vladimir LAZIĆ and Nikolaos TSAKANIKAS, On the Existence of Minimal Models for Log Canonical Pairs .....	311
9. Thérèse FALLIERO, Hyperbolic Eisenstein Series for Geometrically Finite Hyperbolic Surfaces of Infinite Volume .....	341
10. Yutaka KAMMURA, Energy-Dependent Reflectionless Inverse Scattering .....	379
11. Yasuhito HASHIBA, On Central Sequence Algebras of Tensor Product von Neumann Algebras .....	441
(編集委員長：望月新一)	

<b>Vol. 58, No. 3</b> (September 2022)	page
12. Panchugopal BIKRAM, and Kunal MUKHERJEE, On the Commutants of Generators of $q$ -Deformed Araki-Woods von Neumann Algebras .....	451
13. Osamu FUJINO, Fundamental Properties of Basic Slc-Trivial Fibrations I .....	473
14. Osamu FUJINO, Taro FUJISAWA and Haidong LIU, Fundamental Properties of Basic Slc-Trivial Fibrations II .....	527
15. Kwok-Pun HO, Boundedness of Operators and Inequalities on Morrey-Banach Spaces .....	551
16. Kazumi HIGASHIYAMA, The Semi-absolute Anabelian Geometry of Geometrically Pro- $p$ Arithmetic Fundamental Groups of Associated Low-Dimensional Configuration Spaces .....	579
17. Zhaobing FAN, Haitao MA and Husileng XIAO, Equivariant K-Theory Approach to $\mathfrak{z}$ -Quantum Groups .....	635
(編集委員長：望月新一)	

<b>Vol. 58, No. 4</b> (December 2022)	page
18. Osamu FUJINO, Subadjunction for Quasi-Log Canonical Pairs and Its Applications .....	669
19. Bradley DIRKS and Mircea MUSTAŢĂ, Upper Bounds for Roots of $b$ -Functions, following Kashiwara and Lichtin .....	693

20. Tim EHNES, Stochastic Wave Equations Defined by Fractal Laplacians on Cantor-Like Sets .....	713
21. Mohamad MAASSARANI, Bigraded Lie Algebras Related to Multiple Zeta Values .....	757
22. Mikhail KAPRANOV and Vadim SCHECHTMAN, Perverse Sheaves over Real Hyperplane Arrangements II .....	793
23. Pietro SABATINO, An Explicit Bound for the Log-Canonical Degree of Curves on Open Surfaces .....	817

(編集委員長：望月新一)

<b>Vol. 59, No. 1</b> (March 2023)	page
1. Yuichiro HOSHI, The Geometry of Hyperbolic Curvoids .....	1
2. Zhaoyong HUANG, On Auslander-Type Conditions of Modules .....	57
3. Malihe YOUSOFZADEH, Extended Affine Root Supersystems of Types $C(I, J)$ and $BC(1,1)$ .....	89
4. Yen-Tsung CHEN, Integrality of $v$ -adic Multiple Zeta Values .....	123
5. Yuval Z. FLICKER, Affine Super Schur Duality .....	153

(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.2213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。

## 2022年度

号数	書名
2213	実数の集合論における近年の進展
2214	非線形解析学と凸解析学の研究
2215	流体と気体の数学解析
2216	組合せ論的表現論および関連分野との連携
2217	ランダム力学系および多価写像力学系理論の総合的研究
2218	モデル理論における独立概念と次元の研究
2219	離散群と双曲空間の幾何学

- 2220 不確定環境下における意思決定数理の新展開
- 2221 ベイズ法と統計的推測
- 2222 解析的整数論とその周辺
- 2223 力学系理論の最近の進展とその応用
- 2224 Computer Algebra - Foundations and Applications
- 2225 代数的整数論とその周辺
- 2226 可微分写像の特異点論及びその応用
- 2227 Intelligence of Low-dimensional Topology
- 2228 証明と計算の理論と応用
- 2229 論理・代数系・言語と計算機科学の周辺領域
- 2230 保型形式, 保型 L 関数とその周辺
- 2231 変換群論の新潮流
- 2232 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
- 2233 数理論理学とその応用
- 2234 表現論とその周辺分野における諸問題
- 2235 量子場の数理とその周辺
- 2236 数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究
- 2237 ファイナンスの数理解析とその応用
- 2238 多重ゼータ値の諸相
- 2239 部分多様体論と幾何解析の新展開
- 2240 非線形解析学と凸解析学の研究
- 2241 スペクトル・散乱理論とその周辺
- 2242 確率的環境下での数理的意決定とその周辺
- 2243 集合論的および幾何学的トポロジーと関連分野への応用
- 2244 常微分方程式の定性的理論とその現象解析への応用

### 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、B89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。

### 2022年度

#### 号数

B89 Study of the History of Mathematics 2021

- B90 Theory and Applications of Supersingular Curves and Supersingular Abelian Varieties  
 B91 Various aspects of integrable systems

#### 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4年4月から令和5年3月までのものは次のとおりである。

- |           |   |              |
|-----------|---|--------------|
| RIMS-1960 | Yuichiro HOSHI<br>On Intrinsic Hodge-Tate-ness of Galois Representations of Dimension Two   | April, 2022  |
| RIMS-1961 | Shigeru MUKAI<br>Curves and symmetric spaces III: BN-special vs. 1-PS degeneration  | June, 2022   |
| RIMS-1962 | Yuichiro HOSHI and Shota TSUJIMURA<br>On the Injectivity of the Homomorphisms from the Automorphism Groups of Fields to the Outer Automorphism Groups of the Absolute Galois Groups | July, 2022   |
| RIMS-1963 | Kouki YAMAGUCHI<br>The 3-loop polynomial of knots obtained by plumbing the doubles of two knots   | July, 2022   |
| RIMS-1964 | Yuichiro HOSHI and Shota TSUJIMURA<br>A Note on Stable Reduction of Smooth Curves Whose Jacobians Admit Stable Reduction  | August, 2022 |



- RIMS-1965 Arata MINAMIDE, Koichiro SAWADA and Shota TSUJIMURA  
On Generalizations of Anabelian Group-theoretic Properties  
August, 2022
- RIMS-1966 Tomoya YOSHIDA  
Continuous Functions on Final Comodels of Free Algebraic  
Theories  
September, 2022
- RIMS-1967 Nobu KISHIMOTO and Yoshio TSUTSUMI  
Low regularity a priori estimate for KDNLS via the short-time  
Fourier restriction method  
September, 2022
- RIMS-1968 Shinichi MOCHIZUKI  
On the essential logical structure of inter-universal Teichmüller  
theory in terms of logical AND “ $\wedge$ ”/logical OR “ $\vee$ ” relations:  
Report on the occasion of the publication of the four main papers  
on inter-universal Teichmüller theory  
November, 2022
- RIMS-1969 Kouki YAMAGUCHI  
The degree 2 part of the LMO invariant of cyclic branched covers  
of knots obtained by plumbing the doubles of two knots  
March, 2023

## 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員会内規

（趣 旨）

- 第1条 この内規は、数理解析研究所の協議員会（以下「協議員会」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 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、引き続いて委員となり、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、事務長をもつて充てる。

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、辞書等の参考図書及び受入後1週間以内の雑誌は貸出を禁止する。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。

## 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/切 毎年11月下旬（翌年度実施分）
- 第2回/切 毎年5月上旬（当該年度実施分）
- 第3回/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/切 毎年8月下旬（翌年度実施分）
- 第2回/切 毎年11月下旬（翌年度実施分）
- 第3回/切 毎年5月上旬（当該年度実施分）

## 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](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

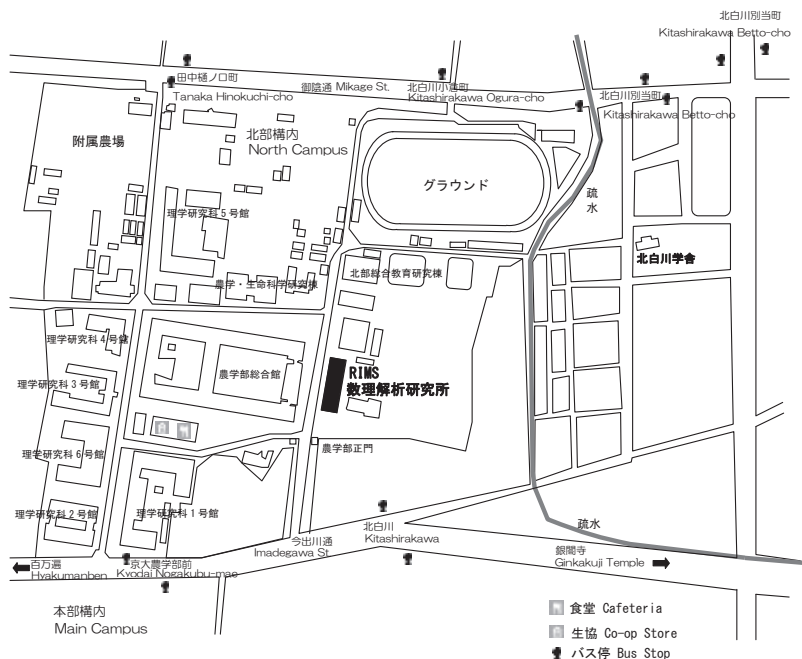
京都駅発 京都市バス 5 番「北白川別当町」徒歩 5 分  
数理解析研究所へ徒歩 5 分 (地図は 176 ページ参照)



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 17 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 17 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5年9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

---

---

