

京 都 大 学

数理解析研究所要覧

2021

RESEARCH INSTITUTE  
FOR  
MATHEMATICAL SCIENCES

KYOTO UNIVERSITY

令和3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	8
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	12
9	国際交流	15
10	大学院教育	17
11	図 書 室	18
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	19
14	数学連携センター	20
15	次世代幾何学研究センター	20
16	予算概要	20

## 第2部 現 況

1	所 員	21
1-1	所長・副所長	21
1-2	教育職員	21
1-3	事務職員等	23
2	名誉教授	23
3	委 員	24
3-1	協 議 員	24
3-2	運営委員	25
3-3	専門委員	26
4	所員の研究活動	28

5 大学院	98
5-1 大学院生	98
5-2 アドミッションポリシー	98
5-3 指導教員, セミナー研究	99

### 第3部 記 録

1 転退職者 (定員内職員)	102
2 旧 委 員	102
3 特定研究員	103
4 研 究 員	105
5 日本学術振興会特別研究員	117
6 日本学術振興会外国人特別研究員	118
7 受 賞	119
8 行 事	119
8-1 公開講座	119
8-2 談 話 会	120
9 共同利用研究	121
9-1 RIMS 共同研究 (公開型)	121
9-2 RIMS 共同研究 (グループ型)	123
9-3 長期研究員	123
9-4 RIMS 合宿型セミナー	124
9-5 RIMS 総合研究セミナー	124
9-6 訪問滞在型研究	124
9-7 国際シンポジウム	125
10 外国人来訪者	129
11 学術出版物目録	129
11-1 Publications of the Research Institute for Mathematical Sciences	130
11-2 講 究 録	131
11-3 講究録別冊	132
11-4 プレプリント	133

## 第4部 諸 規 程

1	京都大学数理解析研究所規程	139
2	京都大学数理解析研究所協議員会内規	141
3	京都大学数理解析研究所運営委員会内規	142
4	京都大学数理解析研究所専門委員会内規	144
5	京都大学数理解析研究所国際アドバイザー内規	146
6	京都大学数理解析学系会議内規	146
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	147
8	京都大学数理解析研究所数学連携センター内規	149
9	京都大学数理解析研究所次世代幾何学研究センター内規	150
10	京都大学数理解析研究所図書室利用規則	151

## 第5部 利用案内

1	図書室利用案内	154
2	共同利用研究計画募集案内	155
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	155
2-2	一般計画（RIMS 共同研究（グループ型 B））の提案 募集案内	155
2-3	一般計画（RIMS 合宿型セミナー, RIMS 総合研究セミナー, RIMS 共同研究（グループ型 C））の提案募集案内	155
2-4	訪問滞在型研究計画の提案募集案内	155
3	共同利用宿舎利用案内	156
4	建物平面図	158
5	研究所近辺の案内	159
6	建物管理（開館時間, 施錠方式）	160

各種データは、令和2年4月2日から令和3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部門を目途にして正式に發足し、初年度2部門（基礎数学Ⅰ、作用素論）が設置され、この年度末に第1期工事が完了した。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- 平成 25 年 6 月 4 日 大韓民国中央大学校非線形偏微分方程式センターと本研究所との間で、学術交流に関する協定書を交わした。
- 平成 25 年 11 月 15 日 本研究所創立 50 周年記念行事を行い、公開講演会、記念式典、祝賀会を開催した。
- 平成 26 年 7 月 25 日 台湾国家理論科学研究中心と本研究所との間で、学術交流に関する協定書を交わした。
- 平成 28 年 3 月 電子計算機システムの更新を行い、富士通株式会社製科学技術計算サーバー PRIMERGY RX2530 M1 1 式(18 台), ETERNUS NR1000 F2552 1 台, SPARC M10-1 1 台, FUTRO S720 30 台が稼働を開始した。
- 平成 28 年 4 月 1 日 数学・数理学の先端的共同利用・共同研究拠点として認定更新された。認定期間は 6 年間。
- 平成 28 年 4 月 1 日 「平成 26 年度～平成 33 年度の定員削減計画（教員）」に基づき 1 ポイントの削減が求められ、助教ポスト 2（助教 0.8 ポイント×2 ポストの 1.6 ポイント）を削減することとした。ただし、0.6 ポイントは平成 30 年度定員削減分に繰越し、充当する。
- 平成 28 年 10 月 13 日 アメリカ合衆国ユタ大学理学部ならびに京都大学大学院理学研究科および本研究所との間で、共同研究および学術交流に関する協定書を交わした。
- 平成 29 年 6 月 2 日 ロシア連邦国立研究大学高等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ズドルフ数学センター、フランス共和国高等師範学校応用数学学科、ニューヨーク大学クーラント数理学研究所、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・共同研究拠点到に認定された。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。

#### 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～

## 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

#### 研究部門とその内容

##### 基礎数理

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

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

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。



## 附属施設とその内容

### 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（掛等とその所掌事務）

#### 総務掛（TEL 075-753-7202）

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

#### 共同利用掛（TEL 075-753-7206）

- 1 共同利用研究計画の募集及び受入に関すること
- 2 共同利用研究員の出張及び旅費に関すること
- 3 共同利用研究員の宿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	(2)13	14	0	13	(2)40	8	(2)48
平成29年度	(2)13	14	0	13	(2)40	8	(2)48
平成30年度	(2)13	14	0	12	(2)39	8	(2)47
平成31/令和元年度	(2)13	14	0	11	(2)38	6	(2)44
令和2年度	(2)13	14	0	11	(2)38	6	(2)44
令和3年度	(2)13	14	0	10	(2)37	6	(2)43

(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

年度 \ 区分	教授	准教授	講師	助教	小計	助特	研究	特	職事	職技	職特	職再	職非	小計	合計
平成28年度	(1) 12	(1) 11	3	11	(2) 37	1	1	[7] 4	2	-	[1]	[4] 15	[12] 23	(2) [12] 60	
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	

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

年 度	個 人 (長・短)	短期(共) 件 数	研究集会 件 数	合宿型 件 数	合 計	
					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2年度は新型コロナウイルス感染症の影響を受けて、多くの共同研究が中止、延期となり、すべてオンライン開催、対面+オンラインのハイブリッド開催となった。参加人数はオンライン参加を含む。

## 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)、Center for Advanced Mathematics and Physics, National University of Sciences and Technology (CAMP) (2011年11月)、International School for Advanced Studies (2012年4月)、The CAU Nonlinear PDE Center, Chung-Ang University (2013年6月)及びNational Center for Theoretical Sciences (NCTS) (2014年7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	年度										
	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	
アメリカ	98	85	95	70	87	98	53	90	111	63	
イギリス	27	32	27	35	27	34	28	24	43	16	
イタリア	19	10	8	10	7	10	7	15	16	3	
インド	2	3	8	6	9	3	2	2	4	3	
オーストラリア	7	6	0	6	5	14	7	17	17	3	
カナダ	14	7	12	8	4	12	8	16	23	12	
韓国	70	37	63	31	42	34	33	48	68	11	
スウェーデン	2	4	0	0	0	3	8	2	2	1	
中国	12	22	24	23	53	44	36	43	56	42	
デンマーク	15	0	1	1	0	2	3	2	3	0	
ドイツ	19	28	18	31	34	37	24	57	31	11	
フランス	46	45	41	46	47	40	36	55	57	12	
ロシア	5	10	8	26	9	8	4	16	8	2	
その他諸国	149	109	119	101	95	106	79	120	145	151	
合計(人)	485	398	424	394	419	445	328	507	584	330	

※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、他大学に就職したものもいる。

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 年度および令和 4 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。

## 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。特に、共同利用・共同研究拠点の図書室としての役割も担っており、拠点事業の参加者にも活発に利用されている。また、電子図書・電子ジャーナルの充実にも努めている。

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	98,343 冊	洋雑誌	1,462 種
和図書	8,181 冊	和雑誌	133 種
計	106,524 冊	計	1,595 種

令和 3 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、純粋数学や数理物理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 次世代幾何学研究センター

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、平成31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	平成30年度	令和元年度	令和2年度
運 営 費 交 付 金	716,594	703,302	676,346
(内訳) 人 件 費	412,545	407,415	395,404
物 件 費	304,049	296,187	280,942
科 学 研 究 費 補 助 金	108,934	110,433	118,684
受 託 研 究 ・ 受 託 事 業	10,176	21,779	19,844
共 同 研 究	3,846	3,862	13,580
寄 附 金	27,913	857	6,017
合 計	867,463	840,233	834,471

\* 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 3 年 4 月 1 日現在)

1-1 所 長	教 授	京大博 (理)	熊 谷	隆
副 所 長	教 授	京大博 (理)	並 河	良 典

### 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	東大修 (数理科学)	山 下	真由子	
	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	京大博 (理)	熊 谷	隆
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		
特 定 助 教	京大博 (理)	陽	煜		

応用数理解析部門	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)	Tan 譚 福成
	助教	京大博(理)	正田 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
	附属計算機構研究施設	施設長	(併任)
准教授		慶応大博(哲学)	照井 一成
数理解析研究交流センター	特任教授	京大理博	向井 茂
	特任教授	京大理博	山田 道夫
	特任教授	京大理博	齋藤 盛彦
	特任准教授	京大博(理)	川ノ上 帆
	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
	センター長	(併任)	熊谷 隆
数学連携センター	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	京大博(医)	山田 亮
	教授	(併任)	大槻 知忠
	教授	(併任)	牧野 和久
	准教授	(併任)	小林 佑輔
	准教授	(併任)	河村 彰星

次世代幾何学研究センター	センター長 (併任)	望 月 新 一
	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>
	教 授 (併任)	玉 川 安騎男
	教 授 (併任)	望 月 拓 郎

### 1-3 事務職員等

事 務 長		一 色 博
総 務 掛	(掛長)	岡 田 淳 志
	(主任)	小 島 珠 美
共同利用掛	(掛長)	志 村 創
	(主任)	中 西 瑞 穂
	(主任)	中 島 志 保
図 書 掛	(掛長)	小 堀 淳 子
	(主任)	眞 鍋 幸 之
	(主任)	坂 根 弘 子
研究部事務室	(主任)	矢 口 真由美
	(主任)	内 田 香 織
	特 定 職 員	鬼 東 史 子
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)

### 3 委 員 (令和 3 年 4 月 1 日現在)

#### 3-1 協議員 (令和 3 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	熊谷隆
同	教授	大槻知忠
同	同	小野薫
同	同	望月拓郎
同	同	中西賢次
同	同	玉川安騎男
同	同	望月新一
同	同	並河良典
同	同	荒川知幸
同	同	長谷川真人
同	同	小澤登高久
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	森脇淳
同	同	國府寛司
京都大学大学院情報学研究科	同	山下信雄
京都大学大学院工学研究科	同	高田滋也
京都大学基礎物理学研究所	同	青木慎也

## 3-2 運営委員（令和元年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	熊谷隆
同	教授	大槻知忠
同	同	小野薫
同	同	望月拓郎
同	同	中西賢次
同	同	並河良典
同	同	玉川安騎男
同	同	望月新一
同	同	荒川知幸
同	同	長谷川真人
同	同	小澤登高
同	同	牧野和久
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	森重文
東京大学大学院数理科学研究科	教授	会田茂樹
東京大学	名誉教授	石井志保子
大阪市立大学数学研究所	教授・副所長	尾角正人
学習院大学理学部	教授	岡本久
東京大学大学院数理科学研究科	教授	小木曾啓示
早稲田大学理工学術院	教授	小澤徹
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
東北大学材料科学高等研究所	教授	小谷元子
早稲田大学理工学術院	教授	小島定吉
九州大学マス・フォア・インダストリ研究所	教授	佐伯修
北海道大学	名誉教授	寺尾宏明
東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構	教授	中島啓
東京大学大学院数理科学研究科	教授	古田幹雄
東京都立大学経済経営学部	教授	室田一雄
理化学研究所創発物性科学研究センター	グループディレクター	永長直人
情報・システム研究機構	理事	椿広計



明治大学先端数理科学インスティテュート 研究特別教授 萩原一郎  
 京都橘大学工学部 教授 東野輝夫

3-3 専門委員 (令和元年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	熊谷隆
同	教授	大槻知忠
同	同	小野薫
同	同	望月拓郎
同	同	中西賢次
同	同	並河良典
同	同	玉川安騎男
同	同	望月新一
同	同	荒川知幸
同	同	長谷川真人
同	同	小澤登高
同	同	牧野和久
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	竹広裕一郎
同	同	CROYDON, David
同	同	梶野直孝
同	同	川北真之
同	同	小林佑輔
同	同	石本健太
同	同	河村彰星
同	同	磯野優介
同	同	照井一成
同	講師	山下剛
同	同	岸本展
同	同	譚福成

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	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
中央大学理工学部	教授	芥川和雄
東京大学大学院数理科学研究科	教授	新井敏康
東北大学大学院理学研究科	教授	小川卓克
九州大学マス・フォア・インダストリ研究所	教授	落合啓之
東京大学大学院数理科学研究科	教授	河東泰之
早稲田大学理工学術院／ 東北大学数理科学連携研究センター	教授	小藪英雄
東京大学大学院数理科学研究科	教授	斎藤毅
滋賀大学データサイエンス学部	教授	竹村彰通
東京大学大学院数理科学研究科	教授	寺嶋友秀
東京大学先端科学技術研究センター	教授	西成活裕
日本大学理工学部	教授	平田典子
早稲田大学理工学術院	特任教授	舟木直久
名古屋大学大学院多元数理科学研究科	教授	森吉仁志
東京工業大学理学院	教授	柳田英二
東京大学大学院数理科学研究科	教授	会田茂樹
東京大学	名誉教授	石井志保子
大阪市立大学数学研究所	教授・副所長	尾角正人
学習院大学理学部	教授	岡本久
東京大学大学院数理科学研究科	教授	小木曾啓示
早稲田大学理工学術院	教授	小澤徹
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
東北大学材料科学高等研究所	教授	小谷元子
早稲田大学理工学術院	教授	小島定吉
九州大学マス・フォア・インダストリ研究所	教授	佐伯修
北海道大学	名誉教授	寺尾宏明
東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構	教授	中島啓

東京大学大学院数理科学研究科	教 授	古 田 幹 雄
東京都立大学経済経営学部	教 授	室 田 一 雄
東京大学物性研究所	教 授	押 川 正 毅
理化学研究所創発物性科学研究センター	グループディレクター	永 長 直 人
東京大学大学院工学系研究科	教 授	越 塚 誠 一
情報・システム研究機構 統計数理研究所	理 事	椿 広 計
明治大学先端数理科学インスティテュート	研究特別教授	萩 原 一 郎
関西学院大学理工学部	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
京都橘大学工学部	教 授	東 野 輝 夫

#### 4 所員の研究活動

令和3年4月1日現在専任の教員につき、各人がまとめた研究活動の近況及び研究内容の概要を掲載する。各々原則として10編以内の最近発表された論文あるいは著書（古い代表的なものを含める場合もある）を掲げている。ただし論文の場合は、題、雑誌名略号（Mathematical Reviewsに準拠する）又は掲載書籍名とその出版社、巻、年（西暦）、ページを、また、著書の場合は、題、出版社名、年（西暦）を記す。

##### 教授 荒川 知幸（表現論）

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

頂点代数は本来物理学における二次元の共形場理論を代数的に定式化する枠組みとして導入されたが、最近に頂点代数と高次元の場の理論との新しい関係が最近々と明らかになり、物理学者・数学者双方にとってホットなテーマになっている。このような最近の進展において、最も重要な役割を果たしている代数系の一つが  $W$  代数である。さらに、Gaiatsgory 等の仕事により急速に進展している（量子）幾何学的 Langlands 対応においても、 $W$  代数は本質的な役割を果たすことが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することができる。さらに  $A$  型の全ての冪零軌道と  $DE$  型の副正則冪零軌道に付随する例外  $W$  代数の有理性を証明することにも成功した ([9])。

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 [10] 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することに成功し、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。

また、論文 [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、Edward Frenkel との共同研究によって確立した。

- [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  $O$ , *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] (with J. van Ekeren) Rationality and Fusion Rules of Exceptional W-Algebras, to appear in *J. Eur. Math. Soc.*
- [10] Chiral algebras of class  $S$  and Moore-Tachikawa symplectic varieties, arXiv:1811.01577 [math.RT].

**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 [1] 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 [2, 3]。

- **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 [4, 5, 6]。第 1 の種類は, 通常 of 決定論的 Navier-Stokes 方程式に関連し, 3 次元流ではベクトルポテンシャルを従属変数に取るときに現れる。このとき, 動的スケール変換の下で, Navier-Stokes 方程式に付加される項はドリフト項のみで '最も少なく' なり, その線形化は Ornstein-Uhlenbeck 演算子となる。他方, 第 2 種は, 統計的な意味での Navier-Stokes 方程式に関連する。過度勾配で Navier-Stokes 方程式を記述するとき, 動的スケール変換の下で, それに付加項は保存型をなすという意味で '最も多く' なり, その線形化は Fokker-Planck 演算子である [7]。

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 [4, 5, 6]。

- 前方自己相似解の研究 (3次元流のプロファイルの決定問題)

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

3次元流でも、前方自己相似解の存在は、いくつかの関数クラスで存在が知られていて、長時間極限におけるプロファイルを、半群を用いて評価できることが知られている。この極限では、非線形項は粘性散逸項に比べ小さいため、摂動論的な取り扱いが利用できる。渦度勾配を従属変数に採用する時、最低次の近似で、自己相似解は(非圧縮性を除いて) Gauss 関数そのものと簡単になる。即ち、求めるプロファイルは、Gauss 関数の near-identity である。当面の目標は、渦度勾配を変数にとり、自己相似の関数形を逐次近似により具体的に決定することである。

- 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。

- [1] K. Ohkitani, "Dynamical equation for velocity potentials in incompressible irrotational Euler flows with singular vorticity distributions : a refinement of Bernoulli theorem," Phys. Rev. E. **92**, 033010 (2015).
- [2] K. Ohkitani, "Analogue of the Cole-Hopf transform for the incompressible Navier-Stokes equations and its application," Journal of Turbulence, **18** (2017), 465-479.
- [3] R. Vanon and K. Ohkitani, "Applications of a Cole-Hopf transform to the 3D Navier-Stokes equations," J. Turbulence **19**(2018) 1-12.

- [4] 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.
- [5] K. Ohkitani, “Cole-Hopf-Feynman-Kac formula and quasi-invariance for Navier-Stokes equations,” *J. Phys. A: Math. Theor.*, **50** (2017) 405501.
- [6] 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).
- [7] K. Ohkitani, “Study of the Hopf functional equation for turbulence: Duhamel principle and dynamical scaling,” *Phys. Rev. E* **101** (2020) 013104.

### 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理論にもとづいて膨大な数の不変量(量子不変量)が発見され、不変量の研究、すなわち、結び目の集合と3次元多様体の集合の研究という新しい研究領域(量子トポロジー)がもたらされた。この20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、この分野に関してこの20年間になされたさまざまな研究によりその作業はほぼ完了し、今後のこの分野の研究は、そのようにして得られた膨大な数の不変量を研究の基礎として、さまざまな新しい研究の方向性を創出するべき段階にある。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。1970年代にはじまった双曲幾何の研究と1980年代にはじまった量子トポロジーの研究は、それぞれ別々に発展してきたが、体積予想はこれらの研究領域を結び付ける重要な予想である。筆者はKashaev不変量の漸近展開を比較的簡単ないくつかの双曲結び目について具体的に計算し、それらの場合について体積予想が成り立つことを証明した。また、その漸近挙動の第2項(準古典極限の項)はReidemeister torsionであるとおもわれ、筆者は多くの結び目でこれを確認した。さらに高次の項は未知のべき級数不変量に

なっているようである。また、最近、閉3次元双曲多様体の量子不変量に対しても体積予想が定式化され、筆者はいくつかの3次元多様体に対してその体積予想が成り立つことを証明した。3次元双曲多様体上の Chern-Simons 理論に関連する3次元双曲多様体の不変量には、解明されるべき未知の課題が多いとおもわれ、それらについて調べることをめざす。

- [1] (with T. Takata) *On the Kashaev invariant and the twisted Reidemeister torsion of two-bridge knots*, *Geometry and Topology* **19** (2015) 853-952.
- [2] *On the asymptotic expansion of the Kashaev invariant of the  $5_2$  knot*, *Quantum Topology* **7** (2016) 669-735.
- [3] (with Y. Yokota) *On the asymptotic expansion of the Kashaev invariant of the knots with 6 crossings*, *Math. Proc. Cambridge Philos. Soc.* **165** (2018) 287-339.
- [4] *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.
- [5] *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.
- [6] (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.
- [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 2020*, *RIMS Kokyuroku* **2163** (2020) 120-132.

#### 教授 小澤 登高 (作用素環と離散群の研究)

私は作用素環と離散群の関わりを研究している。(離散)群とは、任意の対象の対称性を記述するための数学言語である。例えば、ある結晶が与えられたとき、その結晶構造を変えない変換(回転操作, 鏡映操作, 反転操作など)全



体を考えたものが群である。人間には線形的な構造の方が理解しやすいので、群の各要素を適当な（線形）空間上の作用素とみなして取り扱うことにする。さらに、そうした作用素全体が生成する代数系を考え、適当な位相で完備化すれば作用素環と呼ばれる対象ができる。（考える位相の違いにより、 $C^*$ 環と von Neumann 環の二種類が存在する。）位相の存在により、群論のような代数的な問題に対しても解析的なテクニックを使えるところが作用素環論の特徴である。作用素環の研究はそもそも、John von Neumann が量子力学の数学的取り扱いを目指して始めたものであったが、現在では数理物理だけでなく、群論やエルゴード理論などに幅広い応用がある。私の研究は双方向的で、これらの分野への作用素環論の応用とその逆を同時に扱っている。伝統的な作用素環論の他にも、作用素論、Banach 環論、Banach 空間論、群表現の摂動理論、ランダムウォーク、離散距離幾何学等の研究を行っている。

近年は「関数解析的群論」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, Kalantar, Kennedy 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ほとんど寥寥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。他にも De Chiffre 及び Thom と共同で従順群の概表現の研究を行い、Gowers らの定理を大幅に一般化する結果を得た [5]。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, Nowak 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 [6]。 $\text{Aut}(F_5)$  が Kazhdan の性質 (T) を持つか否かは幾何学的群論における長年懸案の問題であった。これは工業数学等で使われている積置換アルゴリズムが効率的であることの理論的保証を与えるものでもある。積置換アルゴリズムがカットオフ現象を伴うか否かは未解決であるが、肯定的な答えを示唆する結果を得た [9]。

- [0] N. P. Brown and N. Ozawa;  $C^*$ -algebras and finite-dimensional approximations. Graduate Studies in Mathematics, 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. Inst. Hautes Etudes Sci.*, 126 (2017), 35-71.
- [3] N. Ozawa; A functional analysis proof of Gromov's polynomial growth theorem. *Ann. Sci. Ec. Norm. Super.* (4), 51 (2018), 549-556.
- [4] A. Erschler and N. Ozawa; Finite-dimensional representations constructed from random walks. *Comment. Math. Helv.*, 93 (2018), 555-586.
- [5] M. De Chiffre, N. Ozawa, and A. Thom; Operator algebraic approach to inverse and stability theorems for amenable groups. *Mathematika*, 65 (2019), 98-118.
- [6] M. Kaluba, P. Nowak, and N. Ozawa;  $\text{Aut}(F_5)$  has property (T). *Math. Ann.*, 375 (2019), 1169-1191.
- [7] M. Mori, N. Ozawa; Mankiewicz's theorem and the Mazur-Ulam property for  $C^*$ -algebras. *Studia Math.*, 250 (2020), 265-281.
- [8] J. Bannon, A. Marrakchi, N. Ozawa; Full factors and co-amenable inclusions. *Comm. Math. Phys.*, 378 (2020), 1107-1121.
- [9] N. Ozawa; An entropic proof of cutoff on Ramanujan graphs. *Electron. Commun. Probab.*, Volume 25 (2020), paper no. 77, 8 pp.

### 教授 小野 薫 (微分幾何学・位相幾何学の研究)

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

私は, Hamilton 微分同相写像に対する Floer 理論を技術的条件なしで構成す

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

Lagrange 部分多様体の Floer (co)homology は一般には定義できないが、境界作用素を適当に修正することで定義できる場合もある。その一般論を深谷氏、Oh 氏、太田氏と研究し [7]、それを具体的な場面に応用することで Hamilton 微分同相写像で displace できない Lagrange トーラスの記述に関する成果を得た [8], [9], [10]。Lagrange 部分多様体の Floer 理論は、深谷圏の基盤であり、ホモロジー的ミラー対称性の研究に不可欠である。上述の研究に引き続き、トーリック多様体のホモロジー的ミラー対称性に関する研究成果を論文あるいは preprint として順次纏めて発表している。

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

- [1] On the Arnold conjecture for weakly monotone symplectic manifolds, *Invent. Math.* 119 (1995), 519-537.
- [2] Symplectic fixed points, the Calabi invariant and Novikov homology (with H.-V. Le), *Topology* 34 (1995), 155-176.
- [3] Lagrangian intersection under legendrian deformations, *Duke Math. J.* 85 (1996), 209-225.
- [4] Arnold conjecture and Gromov-Witten invariants, (with K. Fukaya), *Topology* 38 (1999), 933-1048.
- [5] Simple singularities and symplectic fillings, (with H. Ohta), *J. Differential Geom.* 69 (2005), 1-42.
- [6] Floer-Novikov cohomology and the flux conjecture, *Geom. Funct. Anal.* 16 (2006), 981-1020.
- [7] Lagrangian intersection Floer theory - anomaly and obstruction -, (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *AMS/IP Studies in Advanced Mathematics* 46-1,2, Amer. Math. Soc. and International Press, 2009.
- [8] Lagrangian Floer theory on compact toric manifolds I, (with K. Fukaya, Y.-G.

- Oh, H. Ohta), *Duke Math. J.* 151 (2009), 23-174.
- [9] Lagrangian Floer theory on compact toric manifolds II, (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *Selecta Math. New Series*, 17 (2011), 609-711.
- [10] Toric degeneration and non-displaceable Lagrangian tori in  $S^2 \times S^2$ , (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *International Mathematical Research Notices*, 2012, no13, 2942-2993, DOI 10.1093/imrn/rnr128.
- [11] Symplectic fillings of links of quotient surface singularities, (with M. Bhupal), *Nagoya Math. J.* 207 (2012), 1-45.
- [12] Displacement of polydisks and Lagrangian Floer theory, (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *J. Symp. Geom.* 11 (2013), 231-268.
- [13] Lagrangian Floer theory and mirror symmetry on compact toric manifolds, (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *Astérisque* 376, Société Mathématique de France, 2016.
- [14] Spectral invariants with bulk, quasi-morphisms and Lagrangian Floer theory, (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *Memoir of Amer. Math. Soc.* 1254, Amer. Math. Soc. 2019.
- [15] Kuranishi Structures and Virtual Fundamental Chains, (with K. Fukaya, Y.-G. Oh, H. Ohta), *Springer Monographs in Mathematics*, Springer Nature Singapore, 2020.

### 教授 熊谷 隆 (確率論)

複雑な系の上の物理現象の解明を目指して、系の上の確率過程と対応する作用素について研究を進めている。典型例であるフラクタルに関しては、熱核の精密な評価、大偏差原理の研究を行い、対応する二次形式の定める関数空間の理論を構築するなど、フラクタル上の確率過程論・調和解析学の基礎を固める研究を行ってきた。また、当該分野の重要な未解決問題の一つであった、シェルピンスキーカーペット上のブラウン運動の一意性を証明した [1]。

フラクタル上の拡散過程は、劣拡散的である、すなわちユークリッド空間のブラウン運動に比べて、拡散のオーダーが小さい（拡散が遅い）。では、確率過程のこのような性質は摂動安定性を持つであろうか？熱核が上下からガウス型評価を持つ拡散過程については、安定性の問題は古くから研究され、対応する作用素に多少の摂動を加えても大域的な挙動に大きな変化が現れないことが知られている。私は、一般の測度つき距離空間において、熱核が劣ガウス型の評価を持つことと、ある種の放物型ハルナック不等式が成り立つことが同値で

あり、さらにいくつかの関数不等式とも同値であることを示した。これは、劣ガウス型熱核評価の安定性を意味する。さらに、このような評価が空間の quasi-isometric な変形で保たれるという安定性の理論を構築し、この理論を発展させることにより、相転移を持つ確率モデルの熱伝導の研究やスケール極限の研究を推し進めている ([2, 3] 等)。その成果の一つとして、統計力学の基礎モデルであるパーコレーションクラスターの、臨界確率における熱伝導についての数理解析学者の予想 (アレキサンダー・オーバハハ予想) を、いくつかの具体例で肯定的に解決した。また、二次元一様全域木上のランダムウォークのスケール極限が、全域木のスケール極限 (Schramm (2000) の解析した空間) 上のブラウン運動に収束することを示し、極限空間の上の熱伝導を解析した [2]。複雑な系の上の確率過程の研究の流れは、講義録 [B1] にまとめられている。

複雑な系の上の確率過程の研究を通じて、離散グラフ上のマルコフ連鎖の理論や飛躍型確率過程論に新たな方向性を与える研究も精力的に進めている。前者については、有限グラフ上のマルコフ連鎖における混合時間のカットオフ現象の解析を行い ([4] 等)、後者については、ハルナック不等式や熱核評価の安定性の理論を測度つき距離空間における飛躍型確率過程に発展させている ([6, 7, 9] 等)。また、時間変更の観点から分数冪拡散方程式の異常拡散現象の解析を進めている ([5] 等)。飛躍型確率過程の調和解析では、従来の解析学の手法が適用できない状況が多く、熱核評価に関する研究は限定的であった。上記研究では、確率論的手法と実解析学的手法を融合することによりこれらの困難を乗り越え、安定過程型確率過程の熱核の精密な評価を行い、その一般化を行っている。さらに最近では、安定性理論を長距離相関を持つランダム媒質のスケール極限や熱核評価の評価に応用する研究も進めている ([8, 10] 等)。

- [1] Uniqueness of Brownian motion on Sierpinski carpets, *J. European Math. Soc.* **12** (2010), no. 3, 655-701. (with M.T. Barlow, R.F. Bass and A. Teplyaev)
- [2] Subsequential scaling limits of simple random walk on the two-dimensional uniform spanning tree, *Ann. Probab.* **45** (2017), no. 1, 4-55. (with M.T. Barlow and D.A. Croydon)
- [3] Time-changes of stochastic processes associated with resistance forms, *Electron. J. Probab.* **22** (2017), no. 82, 1-41. (with D.A. Croydon and B.M. Hambly)
- [4] Cutoff for lamplighter chains on fractals, *Electron. J. Probab.* **23** (2018), no. 73, 1-21. (with A. Dembo and C. Nakamura)

- [5] Time fractional Poisson equations: Representations and estimates, *J. Func. Anal.* **278** (2020), no. 2, 108311, 48 pp. (with Z.-Q. Chen, P. Kim and J. Wang)
- [6] Stability of parabolic Harnack inequalities for symmetric non-local Dirichlet forms, *J. European Math. Soc.* **22** (2020), no. 11, 3747-3803. (with Z.-Q. Chen and J. Wang)
- [7] Heat kernel estimates and parabolic Harnack inequalities for symmetric Dirichlet forms, *Adv. Math.* **374** (2020), 107269. (with Z.-Q. Chen and J. Wang)
- [8] Random conductance models with stable-like jumps: heat kernel estimates and Harnack inequalities, *J. Func. Anal.* **279** (2020), no. 7, 108656, 51 pp. (with X. Chen and J. Wang)
- [9] Stability of heat kernel estimates for symmetric jump processes on metric measure spaces, *Memoirs Amer. Math. Soc.*, to appear. (with Z.-Q. Chen and J. Wang)
- [10] Quenched invariance principle for a class of random conductance models with long-range jumps, *Probab. Theory Relat. Fields*, to appear. (With M. Biskup, X. Chen and J. Wang).
- [B] 確率論, 共立出版, 2003.
- [B1] *Random Walks on Disordered Media and their Scaling Limits*. Lect. Notes in Math. **2101**, École d'Été de Probabilités de Saint-Flour XL-2010. Springer, New York, (2014).

### 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 ([2][5] 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 ([9])。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  $m$  次可解群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 (論文 1 編投稿中, 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 ([6] [7] 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 の問題についての部分的結果 (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 (論文準備中) 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 ([4])。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 (論文準備中) や  $l$  進表現系の整半単純性およ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 ([1])。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 ([3]) や射影直線の  $l$  冪次巡回被覆のヤコビ多様体の  $l$  冪ねじれ点の研究 ([8]) を行った。

[1] *Arithmetic of abelian varieties with constrained torsion*, Transactions of the American Mathematical Society **369** (2017), no. 4, 2395-2424 (with Christopher Rasmussen).

[2] *A refined version of Grothendieck's birational anabelian conjecture for curves over finite fields*, Advances in Mathematics **310** (2017), 610-662 (with Mohamed Saïdi).

- [3] *Abelian surfaces good away from 2*, International Journal of Number Theory **13** (2017), no. 4, 991-1001 (with Christopher Rasmussen).
- [4] *Geometric monodromy — semisimplicity and maximality*, Annals of Mathematics (2) **186** (2017), no. 1, 205-236 (with Anna Cadoret and Chun Yin Hui).
- [5] *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).
- [6] *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).
- [7] *Genus of abstract modular curves with level- $\ell$  structures*, Journal für die reine und angewandte Mathematik **752** (2019), 25-61 (with Anna Cadoret).
- [8] *Cyclic covers and Ihara's question*, Research in Number Theory **5** (2019), no. 4, 33, 23 pp. (with Christopher Rasmussen).
- [9] *On the arithmetic of abelian varieties*, Journal für die reine und angewandte Mathematik **762** (2020), 1-33 (with Mohamed Saïdi).
- [10] *Correspondences on curves in positive characteristic*, Contemporary Mathematics **767** (2021), 97-114.

### 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、散乱・ソリトン・爆発を



含む解の時間大域挙動分類について, [10] では質量臨界  $KdV$  方程式に対する解の3分類を与える不変多様体を構成した。更に, 安定・不安定のソリトンを両方含む場合として, ポテンシャル付き非線形 Schrödinger 方程式の小質量球対称解について, 第1励起エネルギーを少し超える範囲まで9分類した[8, 9]。これは安定ソリトンとの無限時間相互作用で大域的分散成分が受ける影響を解析上克服した所がポイントである。一方, これらの大域解析を物理的に自然な低次非線形項に拡張すべく, 一般の球対称 Fourier 積の方程式に対して球面平均の Strichartz 評価を導き, 3次元非線形 Schrödinger 方程式の平面波解の球対称エネルギー摂動に対する漸近安定性を示した [7]。また, 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 [6]。他方, 確率的な大域挙動解析の第一歩として, 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 [5]。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 [1]。また, 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 [4]。非線形分散型以外には, 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 [3]。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 [2]。

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Zihua Guo, Zaher Hani and Kenji Nakanishi, *Scattering for the 3D Gross-Pitaevskii Equation.* Comm. Math. Phys. **359** (2018), no. 1, 265-295.
- [8] Kenji Nakanishi, *Global dynamics above the first excited energy for the nonlinear Schrödinger equation with a potential.* Comm. Math. Phys. **354** (2017), no. 1, 161-212.
- [9] Kenji Nakanishi, *Global dynamics below excited solitons for the nonlinear Schrödinger equation with a potential.* J. Math. Soc. Japan **69** (2017), no. 4, 1353-1401.
- [10] Yvan Martel, Frank Merle, Kenji Nakanishi and Pierre Raphael, *Codimension one threshold manifold for the critical gKdV equation.* Comm. Math. Phys. **342** (2016), no. 3, 1075-1106.

### 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ー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、カラビー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): 正規アフィン代数多様体で, 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。最近の結果は, 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2つのプレプリント: Birational geometry for the covering of a nilpotent orbit closure I, II (arXiv: 1907.07812, arXiv: 1912.01729) である。

[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.
- [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的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。圏論を直接には用いないが関連する方向では、巡回構造を持つ必要呼びラムダ計算の操作的意味論を調べている [5]。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、特に再帰と第一級継続の組み合わせから生じる計算を分析した [2]。また、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 [3]。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 [8]。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 [4, 10]。

また、古典線型論理の圏論的モデルである \*-自律圏 (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 [7]。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 [9]。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 [6]。最近では、ブレイドを持つラムダ計算とその意味論を調べた (論文準備中)。

- [1] *Models of Sharing Graphs: A Categorical Semantics of let and letrec*, Distinguished Dissertation Series, Springer-Verlag (1999).
- [2] Axioms for recursion in call-by-value, *Higher-Order and Symbolic Computation*, **15**(2/3) (2002), 235-264. (with Y. Kakutani)
- [3] Relational parametricity and control, *Log. Methods in Comput. Sci.*, **2**(3:3) (2006), 1-22.
- [4] On traced monoidal closed categories, *Math. Structures Comput. Sci.*, **19**(2) (2009), 217-244.
- [5] Small-step and big-step semantics for call-by-need, *J. Funct. Programming*,

- 19(6) (2009), 699-722. (with K. Nakata)
- [6] A quantum double construction in Rel, *Math. Structures Comput. Sci.*, **22**(4) (2012), 618-650.
- [7] Traced \*-autonomous categories are compact closed, *Theory Appl. Categ.*, **28**(7) (2013), 206-212. (with T. Hajgato)
- [8] Linear exponential comonads without symmetry, In *Proc. 4th International Workshop on Linearity, EPTCS*, **238** (2016), 54-63.
- [9] Linear distributivity with negation, star-autonomy, and Hopf monads, *Theory Appl. Categ.*, **33**(27) (2018), 1145-1157. (with J.-S. Lemay)
- [10] From linear logic to cyclic sharing, In *Proc. Joint International Workshop on Linearity & Trends in Linear Logic and Applications, EPTCS*, **292** (2019), 31-42.

### 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度数の理論を、絶対遠アーベル幾何等を用いて(比較的軽微な不定性を除いて)「異なる環論」にも通用するような形で記述することによってディオファントス幾何的な不等式を帰結するという内容である。

一方、星裕一郎講師と共同で「節点非退化外部表現」の理論を構築し、長年未解決問題であった基礎体の絶対ガロア群の外部表現の単射性に関する定理を証明したり([8])、またその延長線上にある「組合せ論的遠アーベル幾何」に関する、4~5篇からなる連続共著論文の執筆に2010年度から取り組んでいる。



第一論文は 2010 年度に完成し既に出版されており，第二・第三・第四論文はプレプリントとして公開済みである。2010 年度から 2011 年度に掛けて，特に双曲的曲線に付随する配置空間の副有限基本群の惰性群の群論的特徴付けの理論やアンドレ氏による「緩和基本群」の理論への応用において大きな進展があり，それによって得られた結果は第二および第三論文に収録済みである。第四論文では，組合せ論的セクション予想や理論の副有限版と離散版の間の比較が主なテーマとなっている。

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

教授 望月 拓郎 (微分幾何・代数幾何の研究)

- [2] 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、[5] 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、代数曲面上のベクトル束のモジュライ空間から得られる不変量の性質についての研究 [1] も行いました。

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、[3] 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。

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します。この観点から [4] 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 [8] を確立し、これに基づいて [9]、および“Periodic monopoles and difference modules (arXiv: 1712.08981)”, “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、[6] 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。

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、[7] 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] Donaldson type invariants for algebraic surfaces, Springer-Verlag, Lecture Notes in Mathematics **1972**, Springer, 2009
- [2] Wild harmonic bundles and wild pure twistor  $D$ -modules, Astérisque **340**, 2011
- [3] Harmonic bundles and Toda lattices II, Communications in Mathematical Physics **328**, (2014), 1159-1198
- [4] Asymptotic behaviour and the Nahm transform of doubly periodic instantons with square integrable curvature, Geometry & Topology **18**, (2014), 2823-2949
- [5] Mixed twistor  $D$ -modules, Lecture Notes in Mathematics, **2125**. Springer, 2015
- [6] Asymptotic behaviour of certain families of harmonic bundles on Riemann surfaces, J. Topol. **9** (2016), 1021-1073
- [7] A twistor approach to the Kontsevich complexes. Manuscripta Mathematica, **157** (2018), 193-231
- [8] Kobayashi-Hitchin correspondence for analytically stable bundles. Trans. Amer. Math. Soc. **373** (2020), 551-596.
- [9] Triply periodic monopoles and difference modules on elliptic curves. SIGMA Symmetry Integrability Geom. Methods Appl. **16** (2020) Paper No. 048, 23pp.
- [10] Curve test for enhanced ind-sheaves and holonomic  $D$ -modules, I,II. to appear in Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure.

## 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が、このような微小遊泳の安定性の研究を進めている。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

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。

### ・生命現象に現れる流体ダイナミクス

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

いて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、粘弾性流体中の精子遊泳の特徴づけや精子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] Dynamics of a treadmilling microswimmer near a no-slip wall in simple shear, *J. Fluid Mech.* 821 (2017) 647-667. (with D. G. Crowdy)
- [2] Guidance of microswimmers by wall and flow: Thigmotaxis and rheotaxis of unsteady squirmers in two and three dimensions, *Phys. Rev. E.* 96 (2017) 043101.
- [3] Human sperm swimming in a high viscous mucus analogue, *J. Theor. Biol.* 446 (2018) 1-10. (with H. Gadêlha, E. A. Gaffney, D. J. Smith and J. Kirkman-Brown)
- [4] An elastohydrodynamical simulation study of filament and spermatozoan swimming driven by internal couples, *IMA J. Appl. Math.* 83 (2018) 655-679. (with E. A. Gaffney)
- [5] Hydrodynamic clustering of human sperm in viscoelastic fluids, *Sci. Rep.* 8 (2018) 15600.(with E. A. Gaffney)
- [6] The N-flagella problem: Elastohydrodynamic motility transition of multi-flagellated bacteria, *Proc. R. Soc. A* 475 (2019) 20180690. (with E. Lauga)
- [7] Bacterial spinning top, *J. Fluid Mech.* 880 (2019) 620-652.
- [8] Helicoidal particles and swimmers in a flow at low Reynolds number, *J. Fluid Mech.* 892 (2020) A11.
- [9] Jeffery orbits for an object with discrete rotational symmetry, *Phys. Fluids* 32 (2020) 081904.
- [10] Regularized representation of bacterial hydrodynamics, *Phys. Rev. Fluids* 5 (2020) 093101. (with 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見された。

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。特に興味を持たれている例である、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 環はあまり出てこない。最後に [10] は他とは趣が異なるが、このように広い意味で von Neumann 環が現れる現象には興味がある。

- [1] Examples of factors which have no Cartan subalgebras. Trans. Amer. Math. Soc. **367** (2015), 7917-7937.
- [2] Some prime factorization results for free quantum group factors. J. Reine Angew. Math. **722** (2017), 215-250.
- [3] (with C. Houdayer) Unique prime factorization and bicentralizer problem for a class of type III factors. Adv. Math. **305** (2017), 402-455.

- [4] On fundamental groups of tensor product  $II_1$  factors. *J. Inst. Math. Jussieu* **19** (2020), no. 4, 1121-1139.
- [5] Unitary conjugacy for type III subfactors and  $W^*$ -superrigidity. Preprint 2019, to appear in *J. Eur. Math. Soc. (JEMS)*.
- [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), no. 3, 991-1015.
- [8] (with Y. Arano and A. Marrakchi) Ergodic theory of affine isometric actions on Hilbert spaces. Preprint 2019, arXiv:1911.04272.
- [9] (with K. Hasegawa and T. Kanda) Boundary and rigidity of nonsingular Bernoulli actions. Preprint 2020, arXiv:2010.03117.
- [10] (with M. Caspers and M. Wasilewski)  $L_2$ -cohomology, derivations and quantum Markov semi-groups on  $q$ -Gaussian algebras. Preprint 2019, to appear in *Int. Math. Res. Not.*

### 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 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 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 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 [7] 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」というものである。

Hamilton 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 [4] 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 [6] 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)。[2] ではこの性質の帰結として、三次元閉接触多様体上の Reeb 流に対する  $C^\infty$  級の閉補題を導いた。[3] では [2] 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 [5] 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 [2] と類似の議論が可能であることを示した。

- [1] Symplectic homology of disc cotangent bundles of domains in Euclidean space, *J. Symplectic Geom.* 12 (2014), 511-552.
- [2] Dense existence of periodic Reeb orbits and ECH spectral invariants, *J. Mod. Dyn.* 9 (2015), 357-363.
- [3] A  $C^\infty$  closing lemma for Hamiltonian diffeomorphisms of closed surfaces, *Geom. Funct. Anal.* 26 (2016), 1245-1254. (with M. Asaoka)
- [4] A chain level Batalin-Vilkovisky structure in string topology via de Rham chains, *Int. Math. Res. Not. IMRN* 2018, 4602-4674.
- [5] Density of minimal hypersurfaces for generic metrics, *Ann. of Math* (2). 187 (2018), 963-972. (with F. C. Marques and A. Neves)



- [6] Chain level loop bracket and pseudo-holomorphic disks, *Journal of Topology*, 13 (2020), 870-938.
- [7] Symplectic homology of fiberwise convex sets and homology of loop spaces, arXiv:1907.09749.

**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。特に Laplacian のスペクトル幾何的性質、すなわち「固有値や対応する熱核の漸近挙動に空間の幾何に関する情報がどのように反映されるか」に興味があり、初期の研究では最も古典的な場合である Euclid 自己相似フラクタル上の Laplacian に対し Weyl 型固有値漸近挙動 ([5, 9]) や熱核の対角部分の詳細な短時間漸近挙動 ([6, 7, 8]) を証明した。

フラクタル上では通常の偏微分概念が意味をなさないため、自然な「Laplacian」をどのようにして定義すべきか（また何を以て「自然」とすべきか）は極めて非自明な問題であり、これに答えるには個々のフラクタルの幾何的特性に対する慎重な考察が必要である。満足できる解答が得られているのは Euclid 自己相似フラクタルの他には tree 型のフラクタルくらいしかないという状況が長らく続いていたが、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 [4] では熱核の連続性と（粗い）上からの不等式評価を、[3] 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 ([1])。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 [2] では、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 型熱核評価に関して、「それが上下両方とも空間全体で成立するならば、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）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。

- [1] 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., in press, 2021. arXiv:2001.07010
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] N. Kajino, Log-periodic asymptotic expansion of the spectral partition function for self-similar sets, *Comm. Math. Phys.* **328** (2014), no. 3, 1341-1370.
- [6] N. Kajino, Non-regularly varying and non-periodic oscillation of the on-diagonal heat kernels on self-similar fractals, in: *Fractal Geometry and Dynamical Systems in Pure and Applied Mathematics II: Fractals in Applied Mathematics*, Contemp. Math., vol. 601, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 2013, pp. 165-194.
- [7] N. Kajino, On-diagonal oscillation of the heat kernels on post-critically finite self-similar fractals, *Probab. Theory Related Fields* **156** (2013), no. 1-2, 51-74.
- [8] N. Kajino, Heat kernel asymptotics for the measurable Riemannian structure on the Sierpinski gasket, *Potential Anal.* **36** (2012), no. 1, 67-115.

- [9] N. Kajino, Spectral asymptotics for Laplacians on self-similar sets, *J. Funct. Anal.* **258** (2010), no. 4, 1310-1360.

### 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に永らく興味を持ち続けているが, 近年は超対称性のある場の理論や弦理論の物理が代数多様体の数え上げ幾何と関連している場合に関心がある。

具体的には, (ある種の楕円カラビ・ヤウ多様体にコンパクト化した)  $F$  理論ないし  $IIA$  型弦理論と混成的弦理論 (の適当なコンパクト化) の間に成立すると予想されている双対性の理解および BPS 状態の数え上げとしての定量的検証を近年の研究主題としている。混成的弦理論はゲージ理論や重力理論などの馴染みの物理との関係が見やすく, また数学的には表現論と近い関係にあるといってもよい。一方  $F$  理論ないし  $IIA$  型弦理論では考えている楕円カラビ・ヤウ多様体のグロモフ・ウィッテン不変量や D ブレーンの解釈としての「層の足し上げ」などの数え上げ幾何のテーマと関係する。特に BPS 状態の数え上げに対する生成関数をポーチヤ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、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, Mustața, 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, Mustața 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、本を執筆中である。

- [1] General elephants of three-fold divisorial contractions, *J. Am. Math. Soc.* **16**, no 2, 331-362 (2003)
- [2] Three-fold divisorial contractions to singularities of higher indices, *Duke Math. J.* **130**, no 1, 57-126 (2005)
- [3] Inversion of adjunction on log canonicity, *Invent. Math.* **167**, no 1, 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**, no 5, 1299-1311 (2011)
- [6] Discreteness of log discrepancies over log canonical triples on a fixed pair, *J. Algebr. Geom.* **23**, no 4, 765-774 (2014)
- [7] The index of a threefold canonical singularity, *Am. J. Math.* **137**, no 1, 271-280 (2015)
- [8] Divisors computing the minimal log discrepancy on a smooth surface, *Math. Proc. Camb. Philos. Soc.* **163**, no 1, 187-192 (2017)
- [9] On equivalent conjectures for minimal log discrepancies on smooth threefolds, *J. Algebr. Geom.* **30**, no 1, 97-149 (2021)
- [10] Book in preparation

### 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. This year, I have continued to work on various projects related to random walks in random environments, and on discrete integrable systems started from random initial conditions.

#### *Random walks in random environments*

The Mott random walk was originally introduced as a model for electron transport in a disordered medium. Together with Ryoki Fukushima and Stefan Junk (both at the University of Tsukuba), I derived an anomalous, sub-diffusive scaling limit for a one-dimensional version of this model [2]. The limiting process can be viewed heuristically as a one-dimensional diffusion with an absolutely continuous speed measure and a discontinuous scale function, as given by a two-sided stable subordinator. Corresponding to intervals of low conductance in the discrete model, the discontinuities in the scale function act as barriers off which the limiting process reflects for some time before crossing. The proof relies on a recently developed theory that relates the convergence of processes to that of associated resistance metric measure spaces, which has also proved useful for other examples of random walks in random environments [1].

Together with Daisuke Shiraiishi (Kyoto University), I used the same tools to derive scaling limits for the random walk whose state space is the range of a simple random walk on the four-dimensional integer lattice [5]. These concern the asymptotic behaviour of the graph distance from the origin and the spatial location of the random walk in question. This work represents a first application of such ‘resistance form’ theory to a model at its critical dimension, where logarithmic terms appear in the scaling factors.

#### *Discrete integrable systems started from random initial conditions*

In an ongoing project with Makiko Sasada (University of Tokyo), I have explored techniques for characterising the invariant measures of discrete integrable systems. The approach we consider turns out to be applicable to both deterministic systems, such as the box-ball system, which is a discrete model that is connected to the Korteweg-de

Vries equation [3], and also stochastic systems, particularly various random polymer models [4]. In each case, we explain how the systems in question can be related to certain basic bijections, and that through an ‘independence preservation’ property, these bijections yield associated stationary measures. This work links to some classical problems in probability theory, and the subtle differences that arise between the positive- and zero-temperature models mean that it also gives rise to some interesting problems for the future.

- [1] D. A. Croydon, *Scaling limits of stochastic processes associated with resistance forms*, Ann. Inst. Henri Poincaré Probab. Stat. **54** (2018), no. 4, 1939-1968.
- [2] D. A. Croydon, R. Fukushima and S. Junk, *Anomalous scaling regime for one-dimensional Mott variable-range hopping*, arXiv:2010.01779, 2020.
- [3] D. A. Croydon and M. Sasada, *Detailed balance and invariant measures for systems of locally-defined dynamics*, arXiv:2007.06203, 2020.
- [4] D. A. Croydon and M. Sasada, *On the stationary solutions of random polymer models and their zero-temperature limits*, arXiv:2104.03458, 2021
- [5] D. A. Croydon and D. Shiraishi, *Scaling limit for random walk on the range of random walk in four dimensions*, arXiv:2104.03459, 2021.

### 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ウム懸賞問題の  $P \neq NP$  予想に象徴されるように、理論計算機科学における最重要トピックの一つである。

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

代表的な成果としては、重み付き線形マトロイドパリティ問題に対する多項式時間アルゴリズムの設計が挙げられる。重み付き線形マトロイドパリティ問



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

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

上記以外にも、拡張定式化を用いたアルゴリズム設計 [5]、グラフマイナー理論に基づくアルゴリズムの設計 [6, 7]、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, Proceedings of the 49th ACM Symposium on Theory of Computing (STOC 2017), 2017, pp. 264-276. (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, Proceedings of the 21st Conference on Integer Programming and Combinatorial Optimization (IPCO 2020), 2020, pp. 280-293.
- [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な要因として、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 [6, 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の熱対流の研究があげられる。この問題に対して、近年急速に発達した計算機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]。最近では、動径方向の密度変化を考慮した回転球殻内の熱対流 [3]、地球内核内の流れ [4]、回転球殻内の磁気流体ダイナモ [5]、木星大気および地球中心核の状況を想定した球殻の上層に安定成層が存在する場合の熱対流および帯状流とその生成過程 [2, 7] についても考察している。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。また、現在フランスのサクレー研究所と共同して太陽及び恒星内部の熱対流の臨界状態と有限振幅状態との関係について研究を進めている [1]。

- [1] Assessment of critical convection and associated rotation states in models of Sun-like stars including a stable layer. *Astrophys. J.*, 893, 83 (15pp) (with A. S. Brun and M. Yamada)
- [2] 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)
- [3] 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)

- [4] 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.
- [5] 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)
- [6] “Gtool5”: a Fortran90 library of input/output interfaces for self-descriptive multi-dimensional numerical data, *Geosci. Model Dev.*, **5** (2012) 449-455. (with M. Ishiwatari and other 13 authors)
- [7] Retrograde equatorial surface flows generated by thermal convection confined under a stably stratified layer in a rapidly rotating spherical shell, *Geophys. Astrophys. Fluid Dyn.*, **105** (2011) 61-81. (with M. Yamada 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 (数理論理学の研究)

数理論理学の中でもコンピュータ科学と関係の深い部分の研究を行っている。中でも興味あるのが(構造的)証明論である。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。具体的な研究成果は以下の通りである。

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

ている [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、単純型つきラムダ計算（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行った。重要なのは線形論理のスコット意味論という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. 最近の研究としては、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ことが挙げられる [6, 9]。 $\Omega$ 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。

- [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, 2012.
- [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解明している。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, ゼ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。この十数年は主に以下のテーマ (1) (2) についての研究が多い。

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

(2)  $\mathbb{Q}$ ゴレンシュタイン変形: 種数ゼロで単連結な一般型曲面を特殊な特異有理曲面から $\mathbb{Q}$ ゴレンシュタイン変形によって構成する, という Lee-Park の方法を正標数に拡張する研究を, Y. Lee 氏と共同で行った [4]。その後, 共著論文 [6] では局所ネータースキームの $\mathbb{Q}$ ゴレンシュタイン射を定義し, その性質を調べた。それ以降は, 関連する同変変形や同変コホモロジーについて研究している。

- [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, preprint RIMS-1920, Kyoto Univ., 2020.
  - [8] On normal Moishezon surfaces admitting non-isomorphic surjective endomorphisms, preprint RIMS-1923, Kyoto Univ., 2020.
  - [9] On the structure of normal projective surfaces admitting non-isomorphic surjective endomorphisms, preprint RIMS-1934, Kyoto Univ., 2020.
  - [10] Outstanding problems on normal projective surfaces admitting non-isomorphic surjective endomorphisms, preprint RIMS-1943, Kyoto Univ., 2021.

### 准教授 星 裕一郎 (数論幾何の研究)

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

これまでに行った研究の成果として、例えば、以下が挙げられる。

- 遠アーベル幾何学におけるセクション予想の研究：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。

- 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、ノード非退化型外表現に関する組み合わせ論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曲線に付随する外ガロア表現の忠実性の証明、組み合わせ論的遠アーベル幾何学における様々な円分物の同期化の理論の確立、副有限ゼン捻りの理論の確立、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 [2]。

- 高次元代数多様体に対する遠アーベル予想の研究：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 [3] や、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。

- 双曲的曲線の双曲的通常性の研究：標数 3 での冪零許容固有束・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、有限次エタール被覆に対する冪零固有束の通常性の安定性という  $p$  進タイヒミュラー理論における基本問題の否定的解決 [4]。種数、無限遠因子の次数、標数などといった数値的不変量が小さい場合の冪零許容固有束・冪零通常固有束の分類や付随する超特異因子の具体的記述。

- 双曲的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 [5]。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双曲的曲線の穏やかな点の研究。特に、双曲的曲線に付随する外ガロア表現の核とその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 の場合の合同部分群問題の副  $\ell$  版という位相幾何学的問題の否定的解決 [6]。

- 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 Hodge・Tate 性を保つことの同値性の証明。また、数体の絶対ガロア群に対する単遠アーベル的復元アルゴリズムの確立や、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 [7]。

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。

- 古典的なリーマン面の理論において、正則座標、射影構造、固有束という概念の間にはある自然な関連がある。この関連の正標数版の研究を行った。具体的には、上記 3 概念の正標数類似として、疑座標、フロベニウスの射影構造、フロベニウスの固有構造という概念を定義して、それらの間の自然な関連を確立した。ここでの疑座標という概念は、Belyi の定理の標数 2 での類似の証明に登場する疑従順有理関数という概念の一般化となっている。また、ここでのフロベニウスの固有構造という概念は、 $p$  進タイヒミュラー理論に登場する休眠固有束の一般化となっており、その上、これは、フロベニウス射で引き



戻すと不安定になる階数 2 のある安定ベクトル束と等価な概念である [8]。

- 上述の次元 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の手法を用いることで、一般次元の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を解決した。そして、この成果の応用として、有理数体の有限生成拡大体上の任意の非同変代数多様体が遠アーベル多様体による開基を持つか、という遠アーベル幾何学における古典的な問題を、一般化劣  $p$  進体というより一般的な基礎体上において解決することに成功した [9]。

- 辻村昇太氏・室谷岳寛氏との共同研究によって、実閉体上の代数多様体の代数的基本群の研究を行い、特に、実閉体上の適当な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を確立した [10]。

- [1] Existence of nongeometric pro- $p$  Galois sections of hyperbolic curves. *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* **46** (2010), no. **4**, 829-848.
- [2] Topics surrounding the combinatorial anabelian geometry of hyperbolic curves I: inertia groups and profinite Dehn twists (with Shinichi Mochizuki). *Galois-Teichmüller theory and arithmetic geometry*, 659-811, Adv. Stud. Pure Math., **63**, Math. Soc. Japan, Tokyo, 2012.
- [3] The Grothendieck conjecture for hyperbolic polycurves of lower dimension. *J. Math. Sci. Univ. Tokyo* **21** (2014), no. **2**, 153-219.
- [4] Nilpotent admissible indigenous bundles via Cartier operators in characteristic three. *Kodai Math. J.* **38** (2015), no. **3**, 690-731.
- [5] On ramified torsion points on a curve with stable reduction over an absolutely unramified base. *Osaka J. Math.* **54** (2017), no. **4**, 767-787.
- [6] A pro- $l$  version of the congruence subgroup problem for mapping class groups of genus one (with Yu Iijima). *J. Algebra* **520** (2019), 1-31.
- [7] Topics in the anabelian geometry of mixed-characteristic local fields. *Hiroshima Math. J.* **49** (2019), no. **3**, 323-398.
- [8] Frobenius-projective structures on curves in positive characteristic. *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* **56** (2020), no. **2**, 401-430.
- [9] A note on an anabelian open basis for a smooth variety. *Tohoku Math. J. (2)* **72** (2020), no. **4**, 537-550.
- [10] On the geometric subgroups of the étale fundamental groups of varieties over real closed fields (with Takahiro Murotani and Shota Tsujimura). *Math. Z.* **298** (2021), no. **1-2**, 215-229.

### 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]、微小摂動させた方程式から元の方程式への解の収束 [6]、解の一意性を証明するための一般的な枠組みの整備とその応用 [9, 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の結果として、非線形光学においてモデルとして用いられているある方程式に対し、初期値が十分に滑らかであっても直ちに特異性が生じ得ることを証明した [8]。これはあたかも熱方程式を時間を遡って解くような状況であり、線形の分散型方程式の性質とは全く異なる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おり、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] Dispersive limits for some perturbations of the NLS equation, Monatshefte für Mathematik 188 (2019), 629-651. (with M. Darwich and L. Molinet)
  - [7] A remark on norm inflation for nonlinear Schrödinger equations, Communications on Pure and Applied Analysis 18 (2019), 1375-1402.
  - [8] Ill-posedness of the Third Order NLS with Raman Scattering Term in Gevrey Spaces, Mathematics of Wave Phenomena, Trends in Mathematics, Birkhäuser Basel, 2020, 219-233. (with Y. Tsutsumi)
  - [9] Unconditional uniqueness for the periodic modified Benjamin-Ono equation by normal form approach, International Mathematics Research Notices, 2021, rnab079, 40pp.
  - [10] Unconditional uniqueness of solutions for nonlinear dispersive equations, preprint. arXiv:1911.04349 [math.AP]

### 講師 Fucheng Tan (Arithmetic Geometry)

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

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" (also called potentially semi-stable). About 25 years ago, 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 almost settled, as a result of various works in the past decades, including our work [2].

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 [4], 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, i.e. for morphisms between formal schemes.

It has been known that  $p$ -adic Hodge theory, especially the étale-crystalline comparison theorems, plays an essential role in nonabelian geometry, for instance, in S. Mochizuki's proof of Grothendieck's anabelian conjecture and M. Kim's proof of Siegel's finiteness theorem. In addition, both works use (implicitly) the motivic fundamental groups, as in Deligne's works on unipotent fundamental groups. The more recent work of F. Brown on the Deligne-Ihara conjecture made even more clear the role of motives in the study of fundamental groups. This is another direction I am pursuing.

$p$ -adic Hodge theory also has applications to (families of) automorphic forms. In [5] I obtain a construction of eigenvarieties in dimension two over arbitrary number fields via  $p$ -adic Hodge theory. In [3], we have managed to construct pieces of eigenvarieties in the Siegel-Hilbert setting. In [1] the framework of Kummer logarithmic adic spaces and Kummer pro-étale site were developed for the study of overconvergent Eichler-Shimura morphisms.

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

#### 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  $p$  還元の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 1980 年代初頭に Joyce, Matveev によって独立に導入された代数系であり、群の概念をその共役演算に着目して一般化したものだと言える。カンドルは結び目理論と非常に相性が良く、彩色数やカンドルコサイクル不変量など、多くの不変量が考案され、(曲面)結び目の研究に応用されてきた。しかし、結び目群(結び目補空間の基本群)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が得られることはないと考えており、むしろ、カンドルを便利な道具として利用して複雑な問題を見通し良く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本質的に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] では零点の配置の問題をカンドル彩色の問題に置き換え、彩色の変化を力学系的に捉えることにより、多項式の零点配置に関する予想 (Hoste 予想) を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 予想に対する反例の存在を示した。また、カンドルの一般化としてバイカンドルと呼ばれるものが知られているが、実際にはバイカンドルから得られる不変量はカンドルから得られる不変量へと帰着されることを証明した ([2], [3])。[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 (smooth quandle) を考え、特にその中で連結かつ推移的なものについて基礎理論の構築を行った。すなわち、その局所構造を構成する要素を明らかにするとともに局所構造と全体構造の関係を示し、低次元の場合に分類を与えた。

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

- [1] *On the classification of smooth quandles*, preprint.
- [2] *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] *Quandle coloring conditions and zeros of the Alexander polynomials of Montesinos links*, *J. Knot Theory Ramifications* **27** (2018).
- [6] (with M. Hirasawa and M. Suzuki) *Alternating knots with Alexander polynomials having un-expected zeros*, *Topology Appl.* **253** (2019), 48-56.
- [7] (with K. Ichihara and E. Matsudo) *Minimal coloring numbers on minimal diagrams of torus links*, *J. Knot Theory Ramifications* **29** (2020).
- [8] *On the associated groups of the quandles*, preprint.

## 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。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), pp.655-676.
- [2] Construction of general symplectic field theory, arXiv:1807.09455.
- [3] Smooth Kuranishi structure of the space of Morse trajectories, to appear

### 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、十数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], [2], [3], [8], [11]。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。

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 [4], [5], [7], [10] 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いている。今後の研究課題は、この連続オイラー変換の研究を進展させ、さまざまな数値計算に応用することである。

その他の積分計算法の研究として、変数変換型数値積分公式の高速高精度化を行った [6], [9], [12]。論文 [6] ではさまざまなタイプの DE 公式（二重指数関数型数値積分公式）の信頼性と計算効率をともに向上させる方法の提案を行った。この方法を用いることで DE 公式の誤差の信頼性を大きく向上させることができ、さらに計算時間の短縮も可能となった。また、論文 [9] 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。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。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] The double exponential formula for oscillatory functions over the half infinite

- interval, *J. Comput. Appl. Math.*, 38 (1991), 353-360. (with M. Mori)
- [2] Double exponential formulas for Fourier type integrals with a divergent integrand, *Contributions in Numerical Mathematics*, ed. R. P. Agarwal, World Scientific Series in Applicable Analysis, 2 (1993), 301-308. (with M. Mori)
- [3] A robust double exponential formula for Fourier type integrals, *J. Comput. Appl. Math.*, 112 (1999), 229-241. (with M. Mori)
- [4] A Continuous Euler Transformation and its Application to the Fourier Transform of a Slowly Decaying Function, *J. Comput. Appl. Math.*, 130 (2001), 259-270.
- [5] A Generalization of the Continuous Euler Transformation and its Application to Numerical Quadrature, *J. Comput. Appl. Math.*, 157 (2003), 251-259.
- [6] 二重指数関数型数値積分公式の収束判定法の改良, 日本応用数学会論文誌, 13 (2003), 225-230.
- [7] 連続 Euler 変換による二次元振動積分の計算法, 応用数学合同研究集会報告集, 龍谷大学 (2005), 149-152.
- [8] A Double Exponential Formula for the Fourier Transforms, *Publ. RIMS, Kyoto Univ.*, 41 (2005), 971-977.
- [9] An IMT-type quadrature formula with the same asymptotic performance as the DE formula, *J. Comput. Appl. Math.*, 213 (2008), 232-239.
- [10] 連続オイラー変換による超関数の直接計算, 雑誌「数学」, 岩波書店, 2009年61巻3号.
- [11] 二重指数関数型変換を用いた様々な積分変換の計算法, 日本応用数学会論文誌, Vol.19, No.1, (2009), 73-79.
- [12] Fast computation of Goursat's infinite integral with very high accuracy, *J. Comput. Appl. Math.*, 249, (2013), 1-8.

**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  $A_{\text{inf}}$  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。[3] 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。[7] 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展開し、引き続き研究中である。また、 $A_{mf}$  コホモロジーを相対的な状況に一般化する研究も Ildar Gaisin と行っている。

志村多様体のコホモロジーについて Kottwitz の予想あるいはそれと関連する消滅定理が知られている。最近では、Serre 予想や Taylor-Wiles の理論の一般化を背景に、これらの消滅定理の捩れ係数版も盛んに研究されている。Caraiani-Scholze はコンパクトユニタリ志村多様体に対して、中間次元以外である種のコホモロジー類が消滅するという結果を証明した。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。[6] では Boyer の結果と群論的な結果とを組み合わせて得られる消滅定理について調べた。また Boyer の結果を Caraiani-Scholze のアプローチから一般化する、あるいは理解するという行ってきた。最近では Fargues-Scholze により発表された局所 Langlands 対応の幾何化の理論を Caraiani-Scholze 型の消滅定理に応用するという研究をしている。

[1] ではアーベル多様体の Faltings 高さを代数体上の純モチーフについて一般化する研究を加藤和也のアイデアを修正して行った。正標数の関数体類似に基づいて、[2] では純モチーフの代わりにその  $p$  進実現であるアイソクリスタルの isotrivality について調べた。[4] 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) [5] では有理数体上の  $GL(3)$  のある 1 つの自己双対的でない保型表現と van Geeman と Top の純モチーフが実際に対応することを、Grenié による先行研究を基に、確認した。(伊藤哲史, 三枝洋一との共同研究)

- [1] On heights of motives with semistable reduction, preprint.
- [2] Overconvergent unit-root  $F$ -isocrystals and isotrivality, Math. Res. Lett. 24 (2017), no. 6, 1707-1727.
- [3] The  $A_{mf}$ -cohomology in the semistable case, Compositio Math. 155 (2019) 2039-2128. (with K. Česnavičius.)
- [4] 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.)
- [5] Galois representations associated with a non-selfdual automorphic

representation of  $GL(3)$ , preprint. (with T. Ito and Y. Mieda.)

- [6] Vanishing theorems for the mod  $p$  cohomology of some simple Shimura varieties, *Forum Math. Sigma* 8 (2020), e38.
- [7] Logarithmic prismatic cohomology I, preprint.

### 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、プロファイル付 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) Yves 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 ([7], 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、Emmanuel 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、幾何的緩和と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 ([8])。また [7] では、(b) の復元の副産物として、数体の最大円分拡大上の Grothendieck 予想型の結果も得た。

絶対遠アーベル幾何学に関して、[3] (星裕一郎氏、室谷岳寛氏との共同研究) や [6] では、代数多様体のエタール基本群の半絶対性に関する研究を行った。[4] では、南出新氏と共同で、離散付値体の絶対 Galois 群の遠アーベル的な

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、[2] で証明した結果の系として、混標数高次元局所体上の種数 0 の双曲的曲線に対する弱 Grothendieck 予想型の結果も導いた。南出新氏とは、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に関する共同研究も行った ([5])。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。また、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、Mohamed 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、肯定的解答を与えた。

- [1] S. Tsujimura, Geometric version of the Grothendieck conjecture for universal curves over Hurwitz stacks, to appear in *Kodai Math. J.*
- [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] Y. Hoshi, T. Murotani, and S. Tsujimura, On the geometric subgroups of the étale fundamental groups of varieties over real closed fields, *Math. Z.* **298** (2021), pp. 215-229.
- [4] A. Minamide and S. Tsujimura, *Anabelian group-theoretic properties of the absolute Galois groups of discrete valuation fields*, RIMS Preprint **1919** (June 2020).
- [5] A. Minamide and S. Tsujimura, *Internal indecomposability of various profinite groups in anabelian geometry*, RIMS Preprint **1926** (September 2020).
- [6] S. Tsujimura, *On the semi-absoluteness of isomorphisms between the pro- $p$  arithmetic fundamental groups of smooth varieties over  $p$ -adic local fields*, RIMS Preprint **1930** (October 2020).
- [7] 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).

- [8] S. Tsujimura, *On the tempered fundamental groups of hyperbolic curves of genus 0 over  $\overline{\mathbb{Q}}_p$* , RIMS Preprint 1937 (February 2021).

**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。この予想の Bezrukavnikov-Mirković による証明により、これらは Springer 特異点解消上の傾斜ベクトル束の直既約成分のクラスであることが知られており、また正標数での量子化の表現論を傾斜ベクトル束で統制するという部分は一般のシンプレクティック特異点解消にも一般化できると考えられている。この構成では標準基底を具体的に計算することは難しいが、Lusztig による特徴付けはそれを計算するアルゴリズムも与えているという点が重要である。[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 (を少し修正したもの) 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。

この標準基底は正標数でのシンプレクティック特異点解消の量子化の表現論を統制していると予想されるが、この再解釈の副産物として標準基底は量子化のパラメータに依存しており、量子化のパラメータを動かすといくつかの壁を越えたときに標準基底が特別な形の変換公式を満たすと予想している。これは Anno-Bezrukavnikov-Mirković によって定義された Bridgeland 安定性条件の変種の持つ性質を  $K$  理論に落としたものと関係しており、[3] では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壁越えの公式を導来圏に持ち上げることによって、実際に Anno-Bezrukavnikov-Mirković の意味での安定性条件が定まることも示した。また通常の標準基底の理論ではその背後に最高ウェイト圏の構造があることが多いが、この場合にも同変連接層の導来圏のある  $t$  構造の核として、最高ウェイト圏の構造を持つアーベル圏が構成できることを一般に予想し、トーリックの場合には証明を与えた。最高ウェイト圏は幾何的には偏屈層のなす圏として自然に構成できることを考えると、この結果はこの圏のある無限次元の空間上の偏屈層の圏として実現できる可能性があることを示唆しているように思われる。

[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。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条件として楕円標準基底は  $K$  理論的な標準基底の壁越えの様子から定まるとある  $q$  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、特別な方向の  $q$ -差分方程式は楕円標準基底の取り方によらないこと、及び楕円標準基底の特殊化たちが張るベクトル空間がモジュラー不変性を持つことという条件を課すことによって、Grassmann 多様体  $\text{Gr}(2, 4)$  の余接束とそのシンプレクティック双対などの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具体的に計算することに成功した。上の条件は良い頂点作用素代数の既約加群の指標を持つ性質と同じであり、楕円標準基底の特殊化としてある頂点作用素代数の既約表現の指標が現れる可能性を示唆しており興味深いと思われる。この特徴付けがどの程度一般の場合に通用するのかは今後の課題である。

- [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)

私は複素有限次元単純 Lie 代数と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つながり、それらの背景にある幾何学的対象に着目しています。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。アフィン量子群は理論物理における可解格子模型とそこに登場する  $R$  行列の研究において 80 年代に導入された代数系であり、アフィン Lie 代数の普遍包絡環の量子変形を与えます。その有限次元表現の成す圏では、基礎となる単純 Lie 代数の有限次元表現の圏と比べて、完全可約性とテンソル積の対称性



が共に崩れているため、より複雑で興味深い現象が見られます。

Lie 代数が ADE 型るときは、中島による叢多様体を用いてアフィン量子群の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 叢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。この関手は叢 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。元々は 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叢多様体を用いた幾何学的別構成を与え、表現のクラスを適切に制限した上で関手が圏同値を導くことを示しました。論文 [5] では、同様の手法を用いて、ADE 型アフィン量子群の基本表現の間の R 行列の特異性が Dynkin 叢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 R 行列の分母を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、未解決の問題が多く残っています。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目標としています。この方向で最近行った Se-jin Oh との共同研究 [6] では、BCFG 型の表現論で重要な役割を担う量子 Cartan 行列が、展開された ADE 型のルート系とその Weyl 群の組合せ論で記述できることを示しました。その応用として、更に David Hernandez, 大矢浩徳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および 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。

- [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. Preprint, arXiv:1710.11288.
- [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. Preprint, arXiv:1911.12693.
- [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. Preprint, arXiv:2101.07489.

### 助教 Stefan Helmke (Algebraic Geometry)

When I started working on Fujita's Conjecture on effective global generation of line bundles on projective varieties around 1995, the general idea to attack this problem was to construct a section of a high power of a certain line bundle with large vanishing order at a fixed point-using the Riemann-Roch Theorem-then to restrict to the 'most singular locus' of that section and proceed by induction on the dimension. But the problem was that this 'most singular locus' is in itself singular and the Riemann-Roch Theorem is insufficient in that case. Angehrn and Siu avoided the problem by constructing a section vanishing with high order at a nearby smooth point instead and then using a degeneration argument. This clever trick led them to the first effective bounds for global generation, but they were still far from being optimal. A better method was to prove effective bounds for the multiplicity of the 'most singular locus', in which case the conventional Riemann-Roch argument works again and leads to much improved bounds for effective global generation [1]. Moreover, the method could be combined with an idea of Fujita himself, which led to even better bounds [2], but still far from his original conjecture. This suggested, that Fujita's idea-which originally worked only well for codimension one subvarieties-should be generalized to higher codimensions. However, while there had been-even very recently-attempts in doing so, it was clear since long from some examples that it cannot lead to satisfying results [3,4].

To remedy the situation I started a new approach which indeed incorporates Angehrn and Siu's degeneration technique rather than my own multiplicity bound, but instead of restricting to the 'most singular locus' in the original variety it would restrict to a prime

divisor in a resolution of singularities. This then actually resolves all the difficult numerical problems occurring in the old approach but a new technical problem arises here: While the original approach obviously had to terminate after finitely many steps since the dimension drops each time, the same is not true in my new approach [5]. After many years of puzzling about this problem I came to the conclusion that the only conceivable solution would be an effective local uniformization theorem [6] as explained in my previous report. Therein I also expressed the hope that I could soon prove this result, but unfortunately this turned out to be too optimistic. I did however succeed in proving more cases: My early attempts would basically only work for valuations of rational rank one, but my new techniques work for valuations of rational corank one and even two. For higher corank the method does not really fail, though it needs some more input with which I am currently struggling.

- [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.

**助教 山下 真由子 (微分幾何学の研究)**

私は微分幾何学・トポロジーの研究をしています。その中でも特に、Atiyah-Singer の指数理論や作用素環の手法、さらに測度付き距離空間の理論などを用いる研究を行っています。また、それらを用いた数理論理学への応用にも興味があります。

Atiyah-Singer の指数定理は、閉多様体上の楕円型作用素の Fredholm 指数を特性類で表す定理であり、多様体上の解析とトポロジーを結び付ける結果として、現代数学の発展において重要な役割を果たしてきました。指数定理は位相空間上の  $K$  理論の言葉で記述されますが、この理論の枠組みをより一般に作用素環の  $K$  理論を用いて拡張することで、純粋な幾何学の立場からは扱うのが難しい状況に対して作用素環論を用いた手法が強力な道具となりうるということが明らかにされてきました。

私は指数理論に関して、いくつかの側面から研究を行ってきました。まず指数・スペクトルの局所化と呼ばれる現象に関連したものとして、[1] において境界にファイバー束構造を持つ多様体上の指数理論に対する  $K$  理論的な一般論を構築しました。従来このような対象の上で指数理論を展開するときは、Mazzeo-Melrose による超局所解析という解析的な道具が主に用いられてきましたが、私は作用素環論の  $K$  理論を用いることで、トポロジカルな扱いを可能にしました。また、服部広大氏 (慶応大学) との共同研究 [2], [3] において、幾何学的量子化に現れるスペクトル収束に関する研究を行いました。ここでは測度距離空間の理論と指数理論を組み合わせた考察が鍵になります。このよう

な局所化は、場の理論などに現れる無限次元空間の幾何学の根底にある考え方の一つともみなすことができ、これからは無限次元空間上の作用素解析も視野に含めた研究を行っていきたいと考えています。

また、素粒子物理の格子ゲージ理論から着想を得た研究として、[4], [5] において Atiyah-Singer の指数定理の「格子版」を確立しました。格子ゲージ理論においては、興味のある多様体を格子で近似するため、連続の作用素の情報を格子の作用素からどのように復元するか、というのが問題になります。この「格子版」Atiyah-Singer 指数定理を用いることで、特に Fredholm 指数の復元の方法について解を与えます。証明は、シンプレクティック幾何学で古くから研究されてきた変形量子化・幾何学的量子化の理論を組み合わせるものであり、これらの理論の新たな応用の方向性として、数学的にも面白い結果といえます。

境界付き多様体上の指数定理である Atiyah-Patodi-Singer の指数定理に関しては、理論物理学者を交えたグループでの共同研究を行っています。数学者である松尾信一郎氏（名古屋大学）、古田幹雄氏（東京大学）、さらに素粒子物理学者である大野木哲也氏、深谷英則氏と山口哲氏（3人いずれも大阪大学）との共同研究において、Atiyah-Patodi-Singer の境界付き多様体に対する指数定理に対して「物理学者フレンドリーな再定式化」を与えるという結果 [6] さらにそれを mod two 指数に拡張する結果 [7] を得ました。現在も引き続き、素粒子物理学に現れる指数定理との関連について研究を進めています。

さらに最近は新しい方向性として、代数トポロジーを用いた場の理論の分類問題の研究を進めています。近年、場の理論の分類のために一般コホモロジーが有用であるというのが明らかにされてきており、具体的には Freed-Hopkins により、可逆な場の理論が Anderson 双対と呼ばれる一般コホモロジーで分類されると予想されています。この予想に関して、素粒子物理学者である米倉和也氏（東北大学）との共同研究 [8] において、可逆な場の理論が持つ性質を抽象化することで、Anderson 双対の新しいモデルが得られるという数学的結果を得ました。これは Freed-Hopkins の予想を肯定的に支える結果であり、Anderson 双対を用いた場の理論の数学的研究の土台となると期待されます。現在、この結果を具体的な分類問題やアノマリーの解析に応用する研究を進めています。

- [1] M. Yamashita. A topological approach to indices of geometric operators on manifolds with fibered boundaries, *Commun. Math. Phys.* 377, 77-147 (2020).
- [2] K. Hattori and M. Yamashita. Spectral convergence in geometric quantization

- the case of non-singular Langrangian fibrations, preprint. arXiv:1912.07994 (2019).
- [3] K. Hattori and M. Yamashita. Spectral convergence in geometric quantization — the case of toric symplectic manifolds, preprint. arXiv:2002.12495 (2020).
- [4] M. Yamashita. A new construction of strict deformation quantization for Lagrangian fiber bundles, preprint. arXiv:2003.06732 (2020).
- [5] M. Yamashita. A lattice version of the Atiyah-Singer index theorem, *Commun. Math. Phys.* 385, 495-520 (2021).
- [6] H. Fukaya, M. Furuta, S. Matsuo, T. Onogi, S. Yamaguchi and M. Yamashita. The Atiyah-Patodi-Singer index and domain-wall fermion Dirac operators, *Commun. Math. Phys.* 380, 1295-1311 (2020).
- [7] H. Fukaya, M. Furuta, Y. Matsuki, S. Matsuo, T. Onogi, S. Yamaguchi and M. Yamashita. Mod-two APS index and domain-wall fermion, preprint. arXiv:2012.03543 (2020).
- [8] M. Yamashita and K. Yonekura. Differential models for the Anderson dual to bordism theories and invertible QFT's, preprint. arXiv:2106.09270 (2021).

**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  $(0, n)$ .

- [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] Yu Yang, Tame anabelian geometry and moduli spaces of curves over algebraically closed fields of characteristic  $p > 0$ , 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, preprint.
- [5] Yu Yang, Maximum generalized Hasse-Witt Invariants and their applications to anabelian geometry, preprint.
- [6] Yu Yang, Raynaud-Tamagawa theta divisors and new-ordinariness of ramified coverings of curves, preprint.
- [7] Yu Yang, On the existence of specialization isomorphisms of admissible fundamental groups in positive characteristic, to appear in *Math. Res. Lett.*
- [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, On the geometric data of curves of type  $(0, n)$  in positive characteristic, in preparation.

## 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3年度	24	24

### 5-2 アドミッションポリシー

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

修士課程学生としては、

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

博士後期課程学生としては、更に加えて

- (3) 将来の研究者として自立した研究を進めていく基礎を有する人。

## 5-3 指導教員，セミナー研究

指導教員と主な研究分野，担当するセミナー名

- 荒川 知幸 代数学／表現論，頂点作用素代数  
表現論と頂点代数セミナー研究
- 石本 健太 応用数学，物理学／流体力学  
数理流体力学セミナー研究（共同）  
非線形力学セミナー研究（共同）  
連続体力学セミナー研究（共同）  
流体力学セミナー研究（共同）
- 磯野 優介 解析学／作用素環論，エルゴード理論  
作用素環セミナー研究（共同）
- 入江 慶 幾何学／微分幾何学，位相幾何学  
幾何学および関連分野セミナー研究（共同）
- 大木谷耕司 応用数学／流体力学  
数理流体力学セミナー研究（共同）  
非線形力学セミナー研究（共同）  
連続体力学セミナー研究（共同）  
流体力学セミナー研究（共同）
- 大槻 知忠 幾何学／位相幾何学  
位相幾何セミナー研究
- 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)
- 熊谷 隆 解析学／確率論  
確率論セミナー研究 (共同)
- CROYDON, David 解析学／確率論  
確率論セミナー研究 (共同)
- 小林 佑輔 応用数学, 計算科学／離散数学, 最適化, アルゴリズム論  
アルゴリズム論セミナー研究  
離散最適化セミナー研究 (共同)
- 竹広 真一 物理学／流体力学  
数理流体力学セミナー研究 (共同)  
非線形力学セミナー研究 (共同)  
連続体力学セミナー研究 (共同)  
流体力学セミナー研究 (共同)
- 玉川安騎男 代数学／整数論, 数論幾何  
整数論とその周辺セミナー研究

Tan Fucheng  
譚 福成代数学／数論幾何・ガロア表現  
数論幾何セミナー研究（共同）

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2年4月1日～令和3年3月31日）

#### 教 員

対象者なし

#### 事務職員等

研究部事務室主任 松 村 久美子 56.4.1～3.3.31

### 2 旧 委 員

#### 旧協議員

平成29年度，平成30年度

山 田 道 夫	望 月 新 一	牧 野 和 久
大 槻 知 忠	中 島 啓	森 脇 淳
小 野 薫	熊 谷 隆	重 川 一 郎
望 月 拓 郎	荒 川 知 幸	中 村 佳 正
向 井 茂	長谷川 真 人	高 田 滋 也
玉 川 安騎男	小 澤 登 高	青 木 慎 也

#### 旧運営委員

平成29年9月1日～令和元年8月31日

山 田 道 夫	大 槻 知 忠	小 野 薫
望 月 拓 郎	中 西 賢 次	玉 川 安騎男
望 月 新 一	熊 谷 隆	荒 川 知 幸
長谷川 真 人	小 澤 登 高	牧 野 和 久
早 川 尚 男	國 府 寛 司	高 田 滋 也
森 重 文	新 井 敏 康	石 井 志 保 子
落 合 啓 之	金 子 昌 信	河 東 泰 之
小 谷 元 子	小 林 俊 行	斎 藤 毅
竹 村 彰 通	坪 井 俊	萩 谷 昌 己

平 田 典 子	舟 木 直 久	室 田 一 雄
小 木 曾 啓 示	初 田 哲 男	萩 原 一 郎
柴 山 悦 哉		

### 旧専門委員

平成 29 年 9 月 1 日～令和元年 8 月 31 日

山 田 道 夫	大 槻 知 忠	小 野 薫
望 月 拓 郎	中 西 賢 次	小 玉 川 安 騎 男
望 月 新 一	熊 谷 隆	荒 川 知 幸
長 谷 川 真 人	小 澤 登 高	牧 野 和 久
中 山 昇	葉 廣 和 夫	河 合 俊 哉
竹 広 真 一	福 島 竜 輝	星 裕 一 郎
齋 藤 盛 彦	川 北 真 之	小 林 佑 輔
照 井 一 成	CROYDON, David	山 下 剛
岸 本 展	<small>Tan F u c h e n g</small> 譚 福 成	早 川 尚 男
國 府 寛 司	高 田 滋	森 重 文
池 田 保	田 中 利 幸	湊 真 一
芥 川 和 雄	石 井 仁 司	小 島 定 吉
儀 我 美 一	鈴 木 貴	利 根 川 吉 廣
西 浦 廉 政	古 田 幹 雄	柳 田 英 二
吉 田 朋 広	泉 屋 周 一	佐 伯 修 之
新 井 敏 康	石 井 志 保 子	落 合 啓 之
金 子 昌 信	河 東 泰 之	小 谷 元 子
小 林 俊 行	斎 藤 毅	竹 村 彰 通
小 坪 井 俊	萩 谷 昌 己	平 田 典 子
舟 木 直 久	室 田 一 雄	小 木 曾 啓 示
牧 野 淳 一 郎	田 崎 晴 明	高 橋 桂 子
萩 原 一 郎	徳 山 豪	柴 山 悦 哉

## 3 特定研究員

### 令和 2 年度

東 山 和 巳 京都大学博士 (理学)

2.4.1 ~ 4.3.31

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。

南 出 新 京都大学博士（理学） 1.10.1 ~ 4.3.31

研究題目：遠アーベル幾何の研究

研究目標：遠アーベル幾何の (1) 応用について研究を行い、また、(2) 既存の研究の発展を目指す。

(1) については、宇宙際タイヒミュラー理論の研究を行っていく予定である。

宇宙際タイヒミュラー理論はまさに遠アーベル幾何の数論への応用であり、その系として ABC 予想が帰結される。しかし、オリジナルの議論では ABC 予想に現れる或る定数を明示的に計算することが出来ない。近年、この定数を明示的に計算するという研究を Ivan Fesenko 氏、星 裕一郎氏、望月 新一氏、Wojciech Porowski 氏と共同で進めており、まずはこの研究を完成させたいと考えている。

(2) については、局所体の遠アーベル幾何について研究を行っていく予定である。数体の遠アーベル幾何については、ノイキルヒ・内田の定理というある種の決定的な結果があるが、局所体の場合、その類似は成立せず、全く異なる様相を呈している。局所体の遠アーベル幾何についても

これまでに様々な研究がなされてきたが、私は、(a) 群論的性質の解析、(b) 単遠アーベル幾何の視点から、既存の研究を発展させていきたいと考えている。

## 4 研究員

### 令和2年度

岡崎 建太 京都大学博士（理学） 26.4.1 ~ 3.3.31

研究題目：3次元多様体の状態和不変量の、平面代数を用いた研究

研究目標：状態和不変量とは、単体分割を用いて定義される3次元多様体の不変量であり、Turaev と Viro によりまず量子群に由来した不変量が定義され、Ocneanu によって部分因子環に由来した不変量へと一般化された。部分因子環に由来する状態和不変量の位相普遍性は理論的には保証されているものの、その定性的な性質については具体例の計算などを含め、ほとんど知られていないと言ってよい。一方 Jones は平面代数の理論を、部分因子環の理論をある種の平面グラフの解析によって組み合わせ的に扱うことを一つの動機付けとして導入した。

本研究の目的は、3次元多様体の状態和不変量の定性的な性質を、平面代数を用いて調べることである。具体的には、E 型、Haagerup 型などの部分因子環に由来する平面代数を用いて状態和不変量の計算に必要なデータ (6j- 記号) を調べあげ、そこからレンズ空間や Seifert 多様体などの状態和不変量の計算例を与えたい。

高尾 尚武 京都大学博士（理学） 27.4.16 ~ 4.3.31

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）。

清水 達郎 東京大学博士（数理科学） 31.4.1 ~ 4.3.31

研究題目：Chern-Simons 摂動論の新しい理解に向けた研究

研究目標：本研究の目標は、Chern-Simons 摂動論とそれから得られる不変量たちに対して新しい幾何学的、およびその他の数学的解釈を与えることである。

Chern-Simons 摂動論は物理の Chern-Simons 場の量子場の理論を起源とする数学的理論で、3次元多様体とその上の自明束の平坦接続の組に対する位相不変量を大量に生み出す。特に接続として自明接続をとれば3次元多様体の不変量が得られるが、この不変量は量子不変量や大槻型不変量を支配する強い不変量であることが知られている。一方、非自明接続をとったときの不変量がどのような性質を持つのかはあまりよくわかっていない。本研究の1つの目標は非自明接続の Chern-Simons 摂動論を解析することである。Chern-Simons 量子場の理論由来の不変量は多くの数学者によって整備され、その性質が徐々に明らかになってきているが、「物理由来の天下りの与えられた不変量」という印象はいまだ拭いきれない。本研究では、数学者の直感がよく届く、特異点論や表現論、Milnor ファイバーの理論などの観点から Chern-Simons 摂動論を解釈しなおし、真に数学的な理解を与えたい。

得 重 雄 毅 京都大学博士 (理学) 31.4.1 ~ 2.10.31

研究題目：複雑なグラフの上のランダムウォークについて

研究目標：私の専門は確率論です。これまでランダムグラフやツリーグラフ及び双曲群などのグラフに対し、それらの上のランダムウォークの振舞いとグラフの幾何構造との関連を研究しています。特に、グラフとその上の過渡的なランダムウォークが定める一種の無限遠境界であるマルティン境界の近傍でのランダムウォークの振舞いや、調和測度と呼ばれるランダムウォークのマルティン境界への到達分布の振舞いに興味を持っています。これまでは、ゴルトンワトソンツリーと呼ばれるランダムツリー及び双曲群に対して上記の問題を考察してきました。

また過渡的なランダムウォークの振舞いを記述する量であるスピードの性質にも興味を持っています。外場に影響を受けるランダムウォークのモデルであるバイアス付きランダムウォークに関して、スピードの値を外場の強さの関数として捉えた時、スピード関数の振舞いはグラフの局所的な幾何構造に大きく依存する事が知られています。現在は種々のランダムグラフに対してスピード関数の滑らかさを調べています。

藤 井 宗一郎 東京大学博士 (情報理工学) 31.4.1 ~ 4.3.31

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、モノイ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。

高橋 良輔 名古屋大学博士（数理学） 1.5.1 ~ 2.9.30

研究題目：ケーラー幾何学における標準計量の存在問題

研究目標：ケーラー幾何学における主要な問題の1つに標準計量の存在問題がある。

標準計量とは主に定曲率条件を満たすケーラー計量のことを指しており、その存在は何らかの代数幾何学的安定性と密接に結びついていると考えられる。代表的な例はケーラー・アインシュタイン計量であり、この場合、計量の存在は  $K$ -安定性とよばれる幾何学的不変式論的安定性と対応する。本研究では、ケーラー・アインシュタイン計量の理論をもとに、様々な標準計量に対する存在問題を幾何解析・代数幾何学の両視点から考察する：

1) 満洲ソリトンの存在問題

満洲ソリトンはケーラー・アインシュタイン計量のベクトル場付き一般化であり、逆モンジュ・アンペール流と呼ばれる幾何学的フローの自己相似解として定義される。したがって、逆モンジュ・アンペール流の特異点形成と密接な関係があると期待されるが、トーリック・ファノ多様体のような具体的な状況でしか具体例が構成されていないというのが現状である。これを任意のファノ多様体に対して一般化する研究を行う。

2) 変形エルミートヤン・ミルズ接続の存在問題

変形エルミートヤン・ミルズ接続はポテンシャルに関する2階の楕円型 PDE の解として定義される。これは平坦 SYZ ミラー対称性と呼ばれる特殊な設定のもとでカラビ・ヤウ多様体内の特殊ラグランジュ部分多様体に対応する式であり、したがって、変形エルミートヤン・ミルズ接続の存在問題は Thomas-Yau 予想のミラー版と考えることが

できる。近年、この問題は **phase** 関数の分枝が最も大きい (supercritical) 場合に解決されたが、それでもなお、安定性条件を具体的にチェックすることは容易ではなく、これが特殊ラグランジュ部分多様体の言葉を使ってどのように翻訳されるかも分かっていない。本研究では、安定性条件を幾何学的フローが生成する最適退化を用いて緩和する研究、および **semistable** の場合に類似結果の構成を行う。

渡 邊 英 也 東京工業大学博士 (理学) 1.10.1 ~ 3.3.31

研究題目：量子対称対の表現論

研究目標：本研究の目標は、量子対称対の表現論に現れる組合せ論的構造を明らかにし、関連する他分野へ応用することである。量子対称対とは、対称対の量子化である。そもそも対称対とは、複素簡約リー代数と、その上の対合による固定点部分代数の組のことであり、実単純リー代数の分類や調和解析学、不変式論などに自然に現れる概念である。このような古典的な対象の量子化を考えることで、古典的な世界では隠されていた情報を得ることができる。量子対称対の表現論は、調和解析学、可積分系、低次元トポロジー、圏論化など様々な分野で重要な役割を果たすことが知られている。一方で、有限次元既約表現の分類理論や構造理論などの基礎理論については不明な点が多い。本研究では、量子対称対の表現論を、局所化という手法を用いて組合せ論的に記述することを目指し、不変式論や可積分系などの文脈で密接に関係するヘッケ代数、量子ブラウアー代数、量子オンサガー代数の表現論へ応用する。

石 橋 典 東京大学博士 (数理科学) 2.4.1 ~ 4.3.31

研究題目：圏論的代数理論の一般理論の構築

研究目標：私は曲面の **Teichmuller** 理論とクラスター代数の間の相互関連に興味を持って研究している。これまでには写像類群のクラスター代数における類似であるクラスターモジュラー群への **Teichmuller-Thurston** 理論の拡張について研究し、**Nielsen-Thurston** 分類や擬 **Anosov** 性のクラスター類似 (符号安定性) を導入した。

本研究の目標は **Teichmuller** 理論の「高階化」である高次

Teichmuller 理論をクラスター代数の手法を用いて研究し、その幾何学的構造およびその上の写像類群作用の力学系的性質を明らかにすることである。高次 Teichmuller 空間がクラスター多様体の構造を持つことは Fock-Goncharov により示され、クラスター多様体の研究の大きな動機の一つとなった。一方で Teichmuller-Thurston 理論における主要な対象であった測度付き葉層はクラスター多様体の実トロピカル点へと一般化されるが、高次 Teichmuller 理論の場合にこれらが曲面上のどのような幾何学的対象をパラメトライズしているかは未だ明らかになっていない。本研究では高次 Teichmuller 空間の実トロピカル点を曲面上の対象を用いて記述することを目指す。実トロピカル点の幾何学的な記述を用いて写像類群作用を調べることがひとつの目標である。

### 令和3年度

今村拓万 京都大学博士(理学) 3.4.1 ~ 4.3.31

研究題目：超準解析に基づく小尺度と大尺度の位相幾何学の統一的研究

研究目標：位相や一様構造のような(典型的には距離空間の)細かな構造を抽象化したものを研究する領野を小尺度の位相幾何学と呼ぶ。それに対し、有界型(bornology)や粗構造のような粗い構造を抽象化して研究する領野を大尺度の位相幾何学と呼ぶ。これら2つの領野の間には様々なフォーマル／インフォーマルな類比が成立することが知られている。初歩的な例としては、ノルム空間の間の線形写像が連続であることと有界であることとは同値であるという、関数解析のよく知られた定理が挙げられる。これらを統一しようという試みとしてはDydakによるbasic dot productがある。一様空間の超準拡大には「無限に近い」という同値関係が自然に定まり、そこから元の一様性を復元できる。同様に、粗空間の超準拡大には「有限に近い」という同値関係が自然に定まり、そこから元の粗構造を復元できる。したがって、超準集合上の同値関係の研究は、一様空間と粗空間の研究を包摂するものとなる。実際、一様空間と粗空間

のホモロジー論やホモトピー論は、この枠組のもとで統一的に記述できることが分かっている。本研究の目的は、このアイデアを一様空間や粗空間の一般化（非対称化や非推移化など）へと広げることで、小尺度と大尺度の位相幾何学を統一的に研究するフレームワークを構築することである。なお、小尺度の構造は  $\Pi_1^{\text{pl}}$ -定義可能集合に、大尺度の構造は  $\Sigma_1^{\text{pl}}$ -定義可能集合に対応することが分かっているから、どちらの意味でも定義可能でない集合は、全く新しい空間の構造を与えるものと思うことができる。この斬新な構造の（標準的）意味の解明も本研究の課題である。

田 中 祐 二 名古屋大学博士（数理学） 3.4.1 ~ 3.6.30

研究題目：ゲージ理論的変形不変量の研究

研究目標：ゲージ理論に由来する実4次元多様体の変形不変量の理論において保型形式がしばしば現れる。例えば、Donaldson 不変量の爆発公式、あるいはその壁越え公式などである。またより高い対称性を持つゲージ理論に起源を持つ Vafa-Witten の理論においてはその分配関数（変形不変量の生成関数）は保型形式であると予想されており、実際、幾つかの場合に数学的に厳密な証明が与えられている。ゲージ理論的変形不変量の研究は歴史的には個々の多様体を分類するための道具として発展してきたが、我々はそれらの不変量を一斉に考えたときどのような代数構造が現れるかをより明らかにするという研究を行う。研究対象は、望月拓郎氏による射影曲面上の Donaldson 不変量、Richard Thomas 氏と私とその数学的定式化を与えた射影曲面上の Vafa-Witten 不変量、および関連する類似の不変量である。まず多くの具体例でこれらの不変量の具体的な計算を行い、いくつかの関連する予想を数値的に確かめる。また、生成関数の保型性は、かつて中島啓氏が例えば射影曲面上の点の Hilbert 概型の Euler 標数の生成関数に対して行ったように、対応するモジュライ空間のホモロジーにある頂点代数の表現を構成しその指標を取ることで示すのが自然である。しかし、それを一般の射影曲面に対して試みるのは現時点では技術的にいささか時期尚早でもある。そこで我々はまず

いくつかの具体的な場合にこのような幾何学的表現論の手法を用いた研究を行い、そこからより一般の場合に適用可能な理論の構築を目指すという方策を取る。

吹原 耀 司 京都大学博士 (理学) 3.4.1 ~ 4.3.31

研究題目：計算論の圏論的分析

研究目標：計算機やあるいは人間が有限の手続き（アルゴリズム）でどのような計算が行えるかを研究する計算論は、型理論や意味論の研究を通して、圏論など抽象的な構造を用いた研究もなされているが、個別の言語やアルゴリズム、計算機上のメカニズムに注目する性質上、具体的な枠組みの中で議論をすることも多い。本研究はそのような具体的な概念を、圏論のような抽象的な枠組みの中で再構成し、個別の構成に依らない普遍的な結果を得ることを目指す。

博士論文においては、計算量の情報を持つ有界線形システムや、次数付きモノドの理論への応用を持つ、ジラルールの有界線形論理 (BLL) の圏論的意味論を目的として、一般化有界線形論理 (GBLL) の導入とその圏論的意味論である添字付き線形指数コモノド (ILEC) の定義を行った。GBLL はある特別な 2- 圏の射を次数として備えた次数付き線形論理として考えることができるが、この“特別な 2- 圏”は現状具体的に指定した圏を要請しており、必要十分な構造が何かは調べられていない。ILEC を成立させるために真に必要な構造を、豊穡圏やモノドなどの観点から明らかにする。

三浦 真人 東京大学博士 (数理科学) 3.4.1 ~ 4.3.31

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ふ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。

三宅庸仁 東北大学博士(理学) 3.4.1 ~ 4.3.1

研究題目：高階放物型方程式に対する初期値問題の漸近解析

研究目標：拡散を伴う物理現象は一般に二階放物型方程式を用いて記述される。一方、薄膜の結晶成長のような、表面拡散を伴う物理現象を記述する数理モデルの多くは、高階放物型方程式を用いて記述される。本研究では、このような数理モデルを代表とする高階放物型方程式、特に、多重調和作用素をもつ放物型方程式に対する初期値問題について、解の漸近挙動を考察する。

二階放物型方程式と高階放物型方程式では、それぞれの解の基本的な性質が大きく異なることが知られている。具体的には、二階放物型方程式に対する初期値問題については「任意の正値な初期値に対して、解は時空上で大域的に正となる」という正値性保存則が成り立つ。この性質は、比較原理等の二階放物型方程式に対して適用可能な解析手法の多様性や得られる解析結果の精密さの源水となる。一



方で、高階放物型方程式では正值性保存則は一般に成立せず、二階の場合に用いられている有用な解析手法の多くが適用困難となる。

このような背景のもと、私はこれまでの研究において、高階放物型方程式の解の正值性保存則の崩壊メカニズムを調べることを目的とした研究を行ってきた。具体的には、最も単純な線形高階放物型方程式に対する初期値問題について、解が正値関数となるための十分条件について考察してきた。本研究では、この研究で得られている結果をさらに精密化し、得られた解析結果に基づき非線形高階放物型方程式に対する解の各点評価や定性的性質を導く解析手法を確立することを目指す。

室 谷 岳 寛 京都大学博士 (理学) 3.4.1 ~ 4.3.31

研究題目：遠アーベル幾何学と分岐

研究目標：遠アーベル幾何学では、スキームの数論的基本群に、そのスキームの性質がどのように反映されているかを調べ、そのスキームに関する様々なデータ(究極的にはその同型類)を復元することを目指す。当該研究員は局所体(あるいはより一般に完備離散付値体)上の遠アーベル幾何学を主な研究対象としている。遠アーベル幾何学における既存の結果及び当該研究員のこれまでの研究は、完備離散付値体の分岐と遠アーベル幾何学の間に関係があることを示唆する。これを踏まえ、今年度は以下のような問題に取り組み、この両者の間の関係に迫る：

- (1)  $p$ 進局所体上の双曲的曲線に対する絶対版 Grothendieck 予想の当否の検証
- (2) 剰余体が必ずしも完全でない完備離散付値体の (Abbes-斎藤による) 分岐フィルトレーション付き絶対 Galois 群からの種々の量の復元
- (3) 有限体の代数閉包を係数とする Witt 環の商体の有限次拡大体の分岐フィルトレーション付き絶対 Galois 群からの種々の量 (特に体の同型類) の復元

森 隆 大 京都大学博士 (理学) 3.4.1 ~ 4.3.31

研究題目：確率過程の軌跡に関する交差現象と付随する関数空間の相互解析

研究目標：本研究の目標は、「確率過程と Dirichlet 形式の対応」を確率過程の軌跡の交差現象の観点から一般化し、「確率過程の多重点とそれに対応する関数空間」の理論を構築することである。Dvoretzky, Erdős, Kakutani, Taylor の 1950 年代の一連の研究により確率 1 で  $d$  次元 Brown 運動の軌跡が  $p$  重点を持つ必要十分条件は  $d-p(d-2)>0$  であることが示され、Le Gall により intersection local time と呼ばれる Brown 運動の  $p$  重点に台を持つランダム測度が構成された。これらの事実は、熱方程式のレゾルベント核の Lebesgue 測度に対する  $L^p$ -可積分性が  $d-p(d-2)>0$  なる  $p \geq 1$  に限られることに起因しており、この可積分性は Sobolev 空間  $W^{1,2}(\mathbb{R}^d)$  の  $L^{2p}$  への連続埋め込みの可能性が  $d-p(d-2) \geq 0$  に限られることと間接的に対応している。本研究員はこれらの多重点・レゾルベントの可積分性・Sobolev 埋蔵定理の三者を Dirichlet 形式の観点から直接対応付けることに取り組んでいる。本研究では (i) 測度距離空間上の確率過程と、その熱核から定まる Besov 空間の解析 (ii) 無限回の交差の解析 (iii) ランダム曲線の交差が作る確率場の解析を行うことで、Dirichlet 空間の実解析学的な性質と、交差現象という確率論的な性質との関係の本質的な解明を目指している。

森 脇 湧 登 東京大学博士 (数理科学) 3.4.1 ~ 4.3.1

研究題目：共形場理論の数学的研究

研究目標：本研究の目標は二次元共形場理論の変形を数学的に構成し、それを頂点代数の研究に応用することである。共形場理論とは、量子化された場を扱う物理理論である場の量子論のうち、共形対称性を持つ理論のことである。共形場理論の“正則な場”のなす代数は、Borchers によって公理化され、頂点代数と呼ばれている。本研究では頂点代数 (正則) を full 頂点代数 (実解析的) に一般化することで頂点代数の研究への新しいアプローチを試みる。正則関数は堅いため、頂点代数は変形することができない。しかし物理においては様々な共形場理論の変形が知られている。こういった物理における共形場理論の変形は、full 頂点代数 (実解析的) を考えることで初めて可能になる。こ

れまでの研究では, full 頂点代数がカレント場と呼ばれる特別な場を含む場合に, full 頂点代数の変形族 (カレント・カレント変形) を数学的に構成した。

本研究ではカレント場の存在よりも弱い仮定の下で full 頂点代数の変形族を構成することを目標にしている。具体的には, これまでの研究で構成した符号共形場理論の変形を構成する。また応用として, 頂点代数 (それ自身は変形できない) を full 頂点代数に埋め込むことで新しい頂点代数を構成することを試みる。

吉 安 徹 東京大学博士 (数理科学) 3.4.1 ~ 4.3.31

研究題目: symplectic 幾何学におけるホモトピー原理の研究

研究目標: ホモトピー原理とは, 多様体上の偏微分方程式の可解性をホモトピー論に帰着する枠組みである。Nash-Kuiper の等長埋め込み定理, Smale-Hirsch のはめ込み定理, Gromov による symplectic 構造の存在定理などがその典型例となっている。つまり, 接束や余接束上でホモトピー論による必要条件を書き下せば, 実際に写像や構造が構成できるといふ種類の主張である。近年は, symplectic 幾何学におけるホモトピー原理が活発に研究されている。Lagrange 部分多様体と Weinstein 多様体はその中心的な対象であり, 私はそのトポロジーについて研究してきた。

現在は, Liouville 多様体が Weinstein 多様体となるための条件に関心を持っている。Liouville 多様体とは境界に凹凸の条件を課した完全 symplectic 多様体であり, Weinstein 多様体とは整合的な Morse 関数を許容する Liouville 多様体である。多様体上に Weinstein 構造が存在するための必要十分条件は 90 年代に発見され, 構造の変形についての研究も進んでいる。一方, 与えられた Liouville 多様体がいづ Weinstein 構造を許容するかという問題についてはほとんど何も知られていなかった。私は Yakov Eliashberg 氏と小川竜氏との共同研究で, この問題について非自明な十分条件を得た。この結果を改良し, 必要十分条件を得ることを目標にしている。

## 5 日本学術振興会特別研究員

## 令和2年度

- PD 川崎 盛通 (30.4.1~3.3.31) ハミルトン力学系とスペクトル不変量, 部分擬準同型
- 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 辻 俊輔 (30.4.1~3.3.31) LMO 関手の視点からみたケイン代数による写像類群と有限型不変量の研究
- PD 林 雅行 (31.4.1~4.3.31) 非線形分散型方程式におけるソリトンの数学解析とその応用
- PD 湯浅 亘 (31.4.1~4.3.31) 図式計算による量子不変量の研究とその応用
- DC1 佐々木裕文 (30.4.1~3.9.30) ノイズに頑健な時間周波数解析手法の開発とその応用
- 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 森 隆大 (30.4.1~3.3.31) 確率過程の軌跡に関する交差現象の解析
- DC1 杉本 祥馬 (31.4.1~4.3.31)  $\log$  共型場理論に対応する頂点作用素代数の幾何学的表現論の研究
- DC2 上田 衛 ( 2.4.1~4.3.31) スーパーヤンギアの構造と表現に関する研究
- DC2 軽尾 浩晃 ( 2.4.1~4.3.31) 結び目と有限体の被約 Dijkgraaf-Witten 不変量
- DC2 長岡 高広 (31.4.1~3.9.30) シンプレクティック代数多様体の代数幾何学
- DC2 室谷 岳寛 (31.4.1~3.3.31) 絶対版 Grothendieck 予想とその周辺

## 令和3年度

- PD 湯浅 亘 (31.4.1~4.3.31) 図式計算による量子不変量の研究とその応用
- 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 ( 3.4.1~6.3.31) 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
- PD 林 雅行 (31.4.1~4.3.31) 非線形分散型方程式におけるソリトンの数学解析とその応用
- DC1 杉本 祥馬 (31.4.1~4.3.31)  $\log$  共型場理論に対応する頂点作用素代数の幾何学的表現論の研究

- 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) 体積増大条件を満たさない測度距離空間の確率論的解析
- DC2 佐々木 裕文 (30.4.1~3.9.30) ノイズに頑健な時間周波数解析手法の開発とその応用
- DC2 長岡 高広 (31.4.1~3.9.30) シンプレクティック代数多様体の代数幾何学
- DC2 上田 衛 ( 2.4.1~4.3.31) スーパーヤンギアの構造と表現に関する研究
- DC2 軽尾 浩晃 ( 2.4.1~4.3.31) 結び目と有限体の被約 Dijkgraaf--Witten 不変量
- 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
- DC2 湯地 智紀 ( 3.4.1~5.3.31) スキームや代数多様体の圏論的復元問題について

## 6 日本学術振興会外国人特別研究員

### 令和2年度

- JUNK, Stefan (1.11. 1~2. 9.30) ランダム媒質中の確率過程の研究
- MOREAU, Clement Yves Philippe (2.10.16~3.10.15) 低レイノルズ数微小遊泳への数理解御理論の応用
- LETURCQ, David (2.10.27~4.10.26) 配置空間の手法による高次元結び目の不変量
- MOLLER, Sven (2.11.01~4.10.31) 二次元及び四次元の共型場論理に付随した頂点作用素代数の構成と分類

## 令和3年度

MOREAU,	(2.10.16~3.10.15)	低レイノルズ数微小遊泳への数理解 御理論の応用
Clement Yves Philippe		
LETURCQ, David	(2.10.27~4.10.26)	配置空間の手法による高次元結び目 の不変量
MOLLER, Sven	(2.11.01~4.10.31)	二次元及び四次元の共型場論理に付 随した頂点作用素代数の構成と分類

## 7 受 賞

(令和2.4.2~令和3.4.1)

小林 佑輔	科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞	2020. 4.14
柏原 正樹	生存者叙勲 瑞宝重光章	2020. 4.29
小林 佑輔	藤原洋数理学賞奨励賞	2020.10.17
望月 拓郎	朝日賞	2021. 1. 1
中西 賢治	第37回井上学術賞	2021. 2. 4
石本 健太	日本数学会応用数学研究奨励賞	2021. 3.16

## 8 行 事

## 8-1 公開講座

数理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が、令和3年度(第42回)は新型コロナウイルス感染症を考慮し、現地参加者数を減員のうえ、オンラインで同時開催する。社会情勢により、オンラインのみの実施となる可能性もある。実施状況は、以下の通りである。

日 時：令和3年8月2日(月)から8月5日(木)まで

毎日10:30~16:00

(8月6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：河村 彰星 計量理論入門 —— 「複雑さ」をとらえる  
越川 皓永 Frobenius 写像の周辺  
中山 昇 代数曲面の自己正則写像

## 8-2 談話会

理学部数学教室（大学院理学研究科）と共同で、定期的に水曜日午後4時半から談話会を行っている。談話会の前には午後4時から tea が出る。会場は本研究所と数学教室をほぼ交代に使っている。令和2年度には新型コロナウイルス感染症の拡大防止のため、オンライン上で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2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
非負の曲率を持つ射影多様体の構造定理について (On structure theorems of projective manifolds with non-negative curvature)	松村 慎一	東北大・理	7.8
円環上の Szegő 核を共分散核とするランダムな解析関数とその零点分布 (Gaussian analytic function with the Szegő kernel on an annulus and its zeros)	香取 眞理	中央大・理工	10.7
伊藤確率解析とファイナンス (Ito Stochastic Analysis and Finance)	藤田 岳彦	中央大・理工	10.21
輻射輸送方程式の係数決定逆問題に対するリプシッツ安定性 (Lipschitz stability for the inverse problem of determining coefficients of the radiative transport equation)	町田 学	浜松医科大	10.21
クープマン作用素による非線形力学系の解析 (Analysis of Nonlinear Dynamical Systems Using the Koopman Operator)	薄 良彦	大阪府立大・工	12.2
3次元トポロジーのメタベシ零的研究 (Meta-nilpotent studies of 3-dimensional topology)	野坂 武史	東工大・理	12.16

同変玉河数予想について (On the equivariant Tamagawa number conjecture)	佐野 昂迪	大阪市立大・ 理	12.23
傾理論と前射影代数 (Tilting theory and preprojective algebras)	伊山 修	東大・数理	1.6
局所化と等周不等式 (Localization and isoperimetric inequalities)	太田 慎一	阪大・理/理 研 AIP	1.20
圧縮性 Navier-Stokes 方程式の安定性解析 (Stability analysis of the compressible Navier-Stokes equations)	隠居 良行	東工大・理	1.20
SO(3) 版アティヤーフレーア予想について (SO(3) version of Atiyah-Floer conjecture)	深谷 賢治	サイモンズ幾何 物理センター	1.27

## 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。

2020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. Intelligence of Low-dimensional Topology	大槻 知忠 (111名)	2020. 5.13 ~ 2020. 5.15
2. 数理最適化の理論・アルゴリズム・応用	塩浦 昭義 (138名)	2020. 8.24 ~ 2020. 8.25
3. 作用素環論の最近の進展	小澤 登高 (73名)	2020. 9. 7 ~ 2020. 9. 9
4. 数理学の諸問題と力学系理論の新展開	柴山 允瑠 (126名)	2020. 9.14 ~ 2020. 9.18
5. ファイナンスの数理解析とその応用	辻村 元男 (16名)	2020. 9.17 ~ 2020. 9.18
6. 組合せ論的表現論の最近の進展	土岡 俊介 (88名)	2020.10. 5 ~ 2020.10. 8



7. 超特異曲線・超特異アーベル多様体の理論と応用  
原下 秀士 (128 名) 2020.10.13 ~ 2020.10.15
8. 一般位相幾何学とその関連分野の進展  
山内 貴光 (47 名) 2020.10.21 ~ 2020.10.23
9. 集合論：連続体上の組合せ論と位相空間論  
MEJIA Diego (99 名) 2020.11.16 ~ 2020.11.20
10. 厳密統計力学および関係する話題 II  
笹本 智弘 (59 名) 2020.11.24 ~ 2020.11.27
11. 解析的整数論の展望と諸問題  
中村 隆 (85 名) 2020.11.24 ~ 2020.11.27
12. 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 (49 名) 2020.11.28 ~ 2020.11.29
13. 代数的整数論とその周辺  
木村 巖 (216 名) 2020.11.30 ~ 2020.12. 4
14. スペクトル・散乱理論とその周辺  
廣島 文生 (62 名) 2020.12. 2 ~ 2020.12. 4
15. 有限群論, 代数的組合せ論, 頂点代数の研究  
田辺 顕一郎 (78 名) 2020.12. 7 ~ 2020.12.10
16. 非圧縮性粘性流体の数理解析  
前川 泰則 (57 名) 2020.12. 7 ~ 2020.12. 9
17. モデル理論における独立概念と次元の研究  
竹内 耕太 (29 名) 2020.12. 7 ~ 2020.12. 9
18. 複素力学系理論の総合的研究  
川平 友規 (92 名) 2020.12. 7 ~ 2020.12.11
19. Computer Algebra - Theory and its Applications  
藤村 雅代 (53 名) 2020.12.21 ~ 2020.12.23
20. 確率論シンポジウム  
桑江 一洋 (136 名) 2020.12.21 ~ 2020.12.24
21. 偏微分方程式における逆問題とその応用のさらなる展開  
大江 貴司 (79 名) 2021. 1. 6 ~ 2021. 1. 8
22. 保型形式, 保型表現, ガロア表現とその周辺  
山内 卓也 (136 名) 2021. 1.25 ~ 2021. 1.29
23. アルゴリズムと計算理論の新潮流  
増澤 利光 (88 名) 2021. 2. 1 ~ 2021. 2. 3

24. 数学史の研究  
長田 直樹 (27名) 2021. 2. 1 ~ 2021. 2. 4
25. 論理・言語・代数系と計算機科学の周辺領域  
岩見 宗弘 (45名) 2021. 2.17 ~ 2021. 2.19
26. 非線形解析学と凸解析学の研究  
高阪 史明 (28名) 2021. 3. 1 ~ 2021. 3. 3
27. 乱流の普遍性：空間次元依存性  
藤 定義 (33名) 2021. 3. 8 ~ 2021. 3. 9
28. 量子場の数理とその周辺  
廣島 文生 (55名) 2021. 3. 8 ~ 2021. 3.10
29. Differential Equations for Data Science  
野津 裕史 (163名) 2021. 3. 8 ~ 2021. 3.10

### 9-2 RIMS共同研究（グループ型）

研究題目	研究代表者	期 間
1. 組合せ最適化セミナー	牧野 和久 (250名)	2020. 8. 5 ~ 2020. 8. 7
2. 時間周波数フレームと画像処理への応用	芦野 隆一 (19名)	2020.10.19 ~ 2020.10.20
3. 準周期系の数理とその周辺	山岸 義和 (65名)	2020.11. 9 ~ 2020.11.11
4. 開放系 QW とトポロジカル相の数理	船川 大樹 (42名)	2020.12.14 ~ 2020.12.16
5. 生物流体力学における数理モデリング	飯間 信 (36名)	2020.12.15 ~ 2020.12.17
6. 作用素環と量子力学系	酒匂 宏樹 (58名)	2021. 2. 1 ~ 2021. 2. 3
7. Recent developments in studies of resonances	川本 昌紀 (32名)	2021. 2. 8 ~ 2020. 2.10
8. 非線形問題への常微分方程式の手法によるアプローチ	内藤 雄基 (42名)	2021. 3. 4 ~ 2021. 3. 5

### 9-3 長期研究員

実施せず。

#### 9-4 RIMS合宿型セミナー

実施せず。

#### 9-5 RIMS総合研究セミナー

実施せず。

#### 9-6 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 2 年度

実施せず。

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応用
平成 25 年度	モジュライ理論
平成 25 年度	大規模流動現象の流体力学
平成 25 年度	力学系：理論と応用の新展開
平成 26 年度	数学と材料科学の新たな融合研究を目指して
平成 26 年度	幾何学的表現論の研究
平成 27 年度	確率解析
平成 27 年度	理論計算機科学の新展開
平成 28 年度	壁近傍乱流の流体力学
平成 28 年度	グレブナー基底の展望
平成 28 年度	微分幾何学と幾何解析
平成 29 年度	量子力学の数理解析およびその周辺の話題
平成 30 年度	頂点作用素代数と対称性
令和 元年度	団代数
令和 元年度	離散最適化とその周辺
令和 2 年度	宇宙際タイヒミュラー理論の拡がり (2021 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 - (2021 年度に延期)
令和 3 年度	Mathematical Biofluid Mechanics
令和 3 年度	作用素環論とその応用
令和 3 年度	宇宙際タイヒミュラー理論の拡がり
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

## 9-7 国際シンポジウム

### 「超特異曲線・超特異アーベル多様体の理論と応用」

(Theory and Applications of Supersingular Curves and Supersingular Abelian Varieties)

(研究代表者 横浜国立大学 環境情報研究院 准教授 原下秀士)

2019 年 9 月 30 日から 10 月 4 日にかけて、名古屋大学において研究集会「Supersingular Abelian Varieties and Related Arithmetic」が開かれ、超特異アーベ

ル多様体や超特異曲線のサーベイや最新の話題の研究発表がなされた。本研究目的は、その研究集会の内容を発展させつつ、その研究集会に出席されていた耐量子暗号などの応用面で活躍されている方々を招待し、理論・応用の両者の融合を図り、相互の発展に貢献することであった。3日間の研究集会が開かれ（Zoomによるオンライン開催）、超特異曲線、超特異アーベル多様体の理論およびその応用を話題とした計16講演が行われた。上記の通り、国内外から多数の参加者があり、理論・応用の研究者の活発な交流が行われ、多くの意見交換が行われ大変有意義であった。本研究の研究成果については、京都大学数理解析研究所講義録別冊において公表予定である。

### 「準周期系の数理とその周辺」

(Mathematics of quasiperiodic systems and related topics)

(研究代表者 龍谷大学 先端理工学部 准教授 山岸義和)

準結晶は、通常の結晶のような周期性をもたないがアモルファスでもない物質の内部状態である。1982年に最初に発見された準結晶は、回折像が多数の輝点を持ち、周期の内在性を示していたが、それは三次元結晶群の周期性と矛盾する五角対称性であった。広い意味の準周期的構造は、ほかにも様々な場所に様々なスケールレベルで観察されている。たとえば、五角対称性などを持ち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る。螺旋格子については、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。本提案では、このような広義の準周期構造を考え、非周期的タイル張りの中に内在する周期的構造を調べ、準周期的シュレディンガー作用素のスペクトルの性質を調べ、円板積み上げモデルによる葉序螺旋の構成の力学系としての性質を調べ、螺旋格子における相対稠密性および一様離散性と開度の連分数展開との関連について議論する。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。

### 「集合論：連続体上の組合せ論と位相空間論」

(Set Theory: Reals and Topology)

(研究代表者 静岡大学 准教授 MEJIA Diego)

現在のCOVID-19禍の状況を鑑みて、今回の本研究集会はオンラインで行った。この研究集会では位相空間論と連続体上の組合せ論に関する様々な研究成果発表が行われた。講演者の内訳は、国内研究者3名、国外研究者17名

であった。研究計画通り、O. Guzmán と A.Kumar により2つのチュートリアル（1つのチュートリアルは60分が3回）、及び M.Goldstern と U.A.Ramos-García による招待講演（1つは60分）が開催された。どの講義にも活発な質疑応答が行われた。O. Guzmán のチュートリアルは「Some constructions of MAD families」である。これは、特別の位相的な性質を満たす MAD families の構成に関する現在までの研究成果を概観すると、Erdos と Shelah による completely separable MAD family の存在についての問題に関する発展が発表された。もう一つのチュートリアルは A.Kumar の「Forcing with sigma ideals and Lebesgue outer measure」である。ここでは、強制法と generic ultrapower の最先端手法による測度論に関する問題の解決について講演が行われた。

### 「保型形式，保型表現，ガロア表現とその周辺」

(Automorphic forms, automorphic representations, Galois representations, and its related topics)

(研究代表者 東北大学 大学院理学研究科 准教授 山内卓也)

今回の目的は保型形式，保型表現，およびガロア表現に関わる研究者を招聘し最新の成果について国内外規模で情報・意見交換を行うことを目的とし今後の数学進展の動機とすることを図ることが目標であった。目的に関してはおおむね満足のいく成果が得られたということは参加者の数から推察される。また、zoom 機能である break out rooms を活用することで講演者参加者が活発に議論する姿が見受けられた。

目標についても集会終了後に多くの参加者から肯定的なご意見を頂いた。今回は zoom 開催ということで準備が大変ではあったが有意義な研究集会を開催し無事終了することができたとオーガナイザーは理解している。

### 「論理・言語・代数系と計算機科学の周辺領域」

(Logic, Language, Algebraic system and Related Areas in Computer Science)

(研究代表者 鳥根大学 総合理工学部 准教授 岩見宗弘)

代数学，数理論理学，形式言語理論，計算機科学の学際領域における研究は、近年、注目され、活発に行われている。本共同研究の主題は、代数学，数理論理学，言語理論，計算理論等多くの分野が交錯するところである。さらに、情報セキュリティや形式的検証への応用も目指している。本共同研究は、代数学，数理論理学，言語理論をはじめとする計算機科学に関する研究者が、各々の研究成果を持ち寄って、研究動向，話題発掘や新分野開拓について

情報交換を行うことで、研究の深化と発展に寄与している。特に、代数系を中心に4つの招待講演を用意し、入門的な内容から最新の研究結果まで紹介している。主に遂行した研究課題は以下の通りである。半群/束/群環/多項式環/Ehrhart環の構造的な研究、オートマトンと形式言語の各種問題に対するアルゴリズム的アプローチ、数理論理学/新しい計算パラダイムの発展、形式的検証、暗号システム/情報セキュリティへの応用である。

### 「Differential Equations for Data Science」

(研究代表者 金沢大学 数物科学系 教授 野津裕史)

本共同研究の目的は、データサイエンスの問題を微分方程式の言葉で再定義化し、微分方程式の理論解析・数値解析で培われてきた膨大な知見を駆使してこれを解決するための手法を、模索・開発・共有することであった。とくに、微分方程式や数値解析の理論の応用・発展を目指し、単なるデータサイエンスの研究集会とは一線を画すものを開催したいと考えていた。今回、国際研究集会を開催し、14件のZoomを用いたオンライン口頭発表が行われた。このうち、5件が海外研究機関の研究者で、9件が国内の研究機関の研究者であった。プログラムは不規則な時間となったものの、海外研究者による講演を聞くために工夫したものである。特に、新規情報処理技術として注目されているリザー計算の数学研究で注目されている L.Grigoryeva 氏 (University of Konstanz) やグラフクラスタリングのための変分法の研究で有名な Matthew Thorpe (The University of Manchester) および Y.van Gennip 氏 (TU Delft) の講演は、今後の研究を進める上でとても有益であった。結果として、外国機関所属者 53 名を含む、参加者数 163 名という数字が得られたことは、本共同研究の成功を意味していると考えられる。

## 10 外国人来訪者

2020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

(2020年4月1日～2021年3月31日)

2021. 4. 1現在

身 分	氏 名	所 属	来所年月日	離所年月日
外国人共同研究者	COLLAS,Benjamin	Universität Bayreuth	2019年 9月7日	2022年 3月31日
外国人共同研究者	JUNK,Stefan	Technische Universität München	2019年 11月1日	2020年 9月30日
外国人共同研究者	MONARD,Pierre-Amaury	Université Paris-Sud	2020年 4月1日	2020年 8月31日
外国人共同研究者	MOREAU,Clement	JSPS	2020年 10月16日	2021年 10月15日
外国人共同研究者	LETURCQ,David	JSPS	2020年 10月27日	2022年 10月26日
外国人共同研究者	MOLLER,Sven	JSPS	2020年 11月1日	2022年 10月31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

本誌は数理学の専門誌であり、Vol. 56(2-4), 57(1/2) の論文は次のとおりである。

**Vol. 56, No. 2 (June 2020) page**

10. Vincent COSSART and Bernd SCHÖBER, A Strictly Decreasing Invariant for Resolution of Singularities in Dimension Two .....	217
11. Sunita CHEPURI, Plabic R-Matrices .....	281
12. Vladimir LAZIĆ and Thomas PETERNELL, On Generalised Abundance, I .....	353
13. Toshihiko MASUDA, On the Relative Bicentralizer Flows and the Relative Flow of Weights of Inclusions of Factors of Type III <sub>1</sub> .....	391
14. Yuichiro HOSHI, Frobenius-Projective Structures on Curves in Positive Characteristic .....	401

(編集委員長：望月新一)

**Vol. 56, No. 3 (September 2020) page**

15. Guilherme V. S. MAURO, and Luiza A. MORAES, Algebras of Lorch Analytic Mappings Dened on Uniform Algebras .....	431
16. Xi TANG and Zhaoyong HUANG, Cograd Conditions and Cotorsion Pairs .....	445
17. Michael DETTWEILER and Stefan REITER, On the Hodge Theory of the Additive Middle Convolution .....	503
18. Weichung CHEN, Boundedness of Weak Fano Pairs with Alpha-Invariants and Volumes Bounded Below .....	539
19. Marco CAPPIELLO, René SCHULZ and Patrik WAHLBERG, Lagrangian Distributions and Fourier Integral Operators with Quadratic Phase Functions and Shubin Amplitudes .....	561

20. Ivan C. H. Ip, Positive Representations of Split Real Simply-Laced Quantum Groups ..... 603

(編集委員長：望月新一)

**Vol. 56, No. 4 (December 2020) page**

21. Matt COLES and Stephen GUSTAFSON, Solitary Waves and Dynamics for Subcritical Perturbations of Energy Critical NLS ..... 647
22. Karma DAJANI and Charlene KALLE, Invariant Measures, Matching and the Frequency of 0 for Signed Binary Expansions ..... 701
23. Fei-Fei DUAN, Bin SHU and Yu-Feng YAO, The Category  $\mathcal{O}$  for Lie Algebras of Vector Fields (I): Tilting Modules and Character Formulas ..... 743
24. Rekha BISWAL and Travis SCRIMSHAW, Existence of Kirillov-Reshetikhin Crystals for Multiplicity-Free Nodes ..... 761
25. Shota TSUJIMURA, Combinatorial Belyi Cuspidalization and Arithmetic Subquotients of the Grothendieck-Teichmüller Group ..... 779

(編集委員長：望月新一)

**Vol. 57, No. 1/2 (March 2021) page**

- Preface to the Special Issue ..... 1
1. SHINICHI MOCHIZUKI, Inter-universal Teichmüller Theory I: Construction of Hodge Theaters ..... 3
2. SHINICHI MOCHIZUKI, Inter-universal Teichmüller Theory II: Hodge-Arakelov-Theoretic Evaluation ..... 209
3. SHINICHI MOCHIZUKI, Inter-universal Teichmüller Theory III: Canonical Splittings of the Log-Theta-Lattice ..... 403
4. SHINICHI MOCHIZUKI, Inter-universal Teichmüller Theory IV: Log-Volume Computations and Set-Theoretic Foundations ..... 627

(編集委員長：柏原正樹，玉川安騎男)

## 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.2150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。

## 2020 年度

号数	書名
2150	証明論とその周辺
2151	一般位相幾何学の発展と諸分野との連携
2152	部分多様体の幾何学の深化と展開
2153	非線形波動現象の数理とその応用
2154	アルゴリズムと計算理論の新潮流
2155	流体と気体の数学解析
2156	可微分写像の特異点論とその応用
2157	統計的モデルの新展開
2158	不確実・不確定性の下における数理的意思決定の理論と応用
2159	Computer Algebra - Theory and its Applications
2160	多重ゼータ値の諸相
2161	表現論とその組合せ論的側面
2162	解析的整数論とその周辺
2163	Intelligence of Low-dimensional Topology
2164	集合論と無限
2165	第 15 回生物数学の理論とその応用 - 次世代の数理解析学への展開 -
2166	第 16 回生物数学の理論とその応用 - 生命現象の定量的理解に向けて -
2167	諸科学分野を結ぶ基礎学問としての数値解析学
2168	非圧縮性粘性流体の数理解析
2169	代数的組合せ論と関連する群と代数の研究
2170	モデル理論における独立概念と次元の研究
2171	非圧縮性粘性流体の数理解析
2172	偏微分方程式の解の幾何的様相
2173	ファイナンスの数理解析とその応用
2174	偏微分方程式による逆問題解析とその周辺
2175	擬凸領域のトポロジーと再生核

### 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、B77 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。

## 2020年度

## 号数

- B77 Algebraic Number Theory and Related Topics 2016  
 B78 Mathematical structures of integrable systems and their applications  
 B79 Stochastic Analysis on Large Scale Interacting Systems  
 B80 Regularity, singularity and long time behavior for partial differential equations with conservation law  
 B81 Study of the History of Mathematics 2019  
 B82 Regularity and Asymptotic Analysis for Critical Cases of Partial Differential Equations  
 B83 Algebraic Number Theory and Related Topics 2017  
 B84 Inter-universal Teichmüller Theory Summit 2016

## 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2年4月から令和3年3月までのものは次のとおりである。

- |           |  |             |
|-----------|--|-------------|
| RIMS-1913 | Yuichiro HOSHI<br>Frobenius-affine Structures and Tango Curves                                     | April, 2020 |
| RIMS-1914 | Yuichiro HOSHI<br>A Note on Schwarzian Derivatives and Sugiyama-Yasuda Locally Exact Differentials | April, 2020 |
| RIMS-1915 | Nobu KISHIMOTO<br>Remarks on the periodic Zakharov system  | May, 2020   |
| RIMS-1916 | Satoru FUJISHIGE and Fabio TARDELLA<br>Discrete 2-convex Functions                                 | May, 2020   |

- RIMS-1917 Yuichiro HOSHI  
A Note on the Existence of Tango Curves  
June, 2020
- RIMS-1918 Yuichiro HOSHI  
On Indigenous Bundles in Characteristic Three  
June, 2020
- RIMS-1919 Arata MINAMIDE and Shota TSUJIMURA  
Anabelian Group-theoretic Properties of the Absolute Galois  
Groups of Discrete Valuation Fields  
June, 2020
- RIMS-1920 Noboru NAKAYAMA  
Singularity of Normal Complex Analytic Surfaces Admitting Non-  
Isomorphic Finite Surjective Endomorphisms  
July, 2020
- RIMS-1921 Koichiro SAWADA  
On Surjective Homomorphisms from a Configuration Space Group  
to a Surface Group  
July, 2020
- RIMS-1922 Morimichi KAWASAKI and Ryuma ORITA  
Rigid Fibers of Spinning Tops  
August, 2020
- RIMS-1923 Noboru NAKAYAMA  
On normal Moishezon surfaces admitting non-isomorphic  
surjective endomorphisms  
September, 2020
- RIMS-1924 Yuichiro HOSHI  
The Geometry of Hyperbolic Curvoids  
September, 2020

- RIMS-1925 Satoru FUJISHIGE and Zaifu YANG  
A Universal Dynamic Auction for Unimodular Demand Types:  
An Efficient Auction Design for Various Kinds of Indivisible  
Commodities  
September, 2020
- RIMS-1926 Arata MINAMIDE and Shota TSUJIMURA  
Internal Indecomposability of Various Profinite Groups in  
Anabelian Geometry  
September, 2020
- RIMS-1927 Shun ISHII  
The  $\mathfrak{p}$ -primary Uniform Boundedness Conjecture for Drinfeld  
Modules  
October, 2020
- RIMS-1928 Masayuki HAYASHI  
Potential Well Theory for the Derivative Nonlinear Schrödinger  
Equation  
October, 2020
- RIMS-1929 Masayuki HAYASHI  
Stability of Algebraic Solitons for Nonlinear Schrödinger Equations  
of Derivative Type: Variational Approach  
October, 2020
- RIMS-1930 Shota TSUJIMURA  
On the Semi-absoluteness of Isomorphisms between the Pro- $p$   
Arithmetic Fundamental Groups of Smooth Varieties over  $p$ -adic  
Local Fields  
October, 2020

- RIMS-1931 Yuichiro HOSHI and Yu NISHIO  
On the Outer Automorphism Groups of the Absolute Galois Groups  
of Mixed-characteristic Local Fields  
November, 2020
- RIMS-1932 Yōji FUKIHARA and Shin-ya KATSUMATA  
Generalized Bounded Linear Logic and its Categorical Semantics  
November, 2020
- RIMS-1933 Shinichi MOCHIZUKI, Ivan FESENKO, Yuichiro HOSHI,  
Arata MINAMIDE, and Wojciech POROWSKI  
Explicit Estimates in Inter-universal Teichmüller Theory  
November, 2020
- RIMS-1934 Noboru NAKAYAMA  
On the structure of normal projective surfaces admitting non-  
isomorphic surjective endomorphisms  
December, 2020
- RIMS-1935 Yuichiro HOSHI, Shinichi MOCHIZUKI, Shota TSUJIMURA  
Combinatorial Construction of the Absolute Galois Group of the  
Field of Rational Numbers  
December, 2020
- RIMS-1936 Hiroaki KARUO  
Kauffman Bracket Skein Module of the Connected Sum of  
Handlebodies and Non-injectivity  
January, 2021
- RIMS-1937 Shota TSUJIMURA  
On the tempered fundamental groups of hyperbolic curves of genus  
0 over  $\mathbb{Q}_p$   
February, 2021

- RIMS-1938 Tomotada OHTSUKI  
On the Bloch groups of finite fields and their quotients by the relation corresponding to a tetrahedral symmetry  
February, 2021
- RIMS-1939 Akira SARASHINIA  
Reconstruction of open subschemes of elliptic curves in positive characteristic by their geometric fundamental groups under some assumptions  
February, 2021
- RIMS-1940 Noriyoshi FUKAYA and Masayuki HAYASHI  
Instability of degenerate solitons for nonlinear Schrödinger equations with derivative  
February, 2021
- RIMS-1941 Noboru NAKAYAMA  
On endomorphisms of projective toric varieties  
February, 2021
- RIMS-1942 Kazumi HIGASHIYAMA  
Mono-anabelian reconstruction of generalized fiber subgroups from a configuration space group equipped with its collection of log-full subgroups  
March, 2021
- RIMS-1943 Noboru NAKAYAMA  
Outstanding problems on normal projective surfaces admitting non-isomorphic surjective endomorphisms  
March, 2021
- RIMS-1944 Takahiro MUROTANI  
A study on anabelian geometry of higher local fields  
March, 2021



- RIMS-1945      Takahiro MUROTANI  
Anabelian geometry of complete discrete valuation fields and  
ramification filtrations  
March, 2021
- RIMS-1946      Hiroaki KARUO  
The reduced Dijkgraaf--Witten invariant of double twist knots in  
the Bloch group of  $\mathbb{F}_p$   
March, 2021

## 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、引き続き委員となり、任期は、第2条第2項の規定にかかわらず、平成17年8月31日までとし、施行日以後新たにこの内規による委嘱を要しない。
- 3 この内規施行の日に委嘱する委員の任期は、第2条第2項の規定にかかわらず、平成17年8月31日までとする。

附則

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

附則

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



## 5 京都大学数理解析研究所国際アドバイザー内規

(趣 旨)

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

(設 置)

第2条 数理解析研究所に、国際アドバイザー若干名を置くことができる。

(国際アドバイザー)

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

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

(職 務)

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

(任 期)

第5条 国際アドバイザーの任期は、3年の範囲内とし、再任を妨げない。

(雑 則)

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

附 則

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

## 6 京都大学数理解析学系会議内規

(趣 旨)

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

(構 成)

第2条 学系会議は、次の各号に掲げる15名以上の者で組織する。

(1) 数理解析学系の教授

(2) 学系会議が必要と認めた数理解析学系の准教授

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

(招集)

第3条 学系長は、学系会議を召集し、議長となる。

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

(雑則)

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

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

附則

1 この内規は、平成28年4月1日から施行する。

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

## 7 京都大学数理解析研究所数理解析研究交流センター内規

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

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

2 センターの併任教員の任期は、所長が定める。

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

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

3 前項ただし書の規定は、京都大学名誉教授であって、所長が総長に内申

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

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

- 2 特任教員選考委員会委員は協議員の中から若干名を所長が指名する。
- 3 前項の規定にかかわらず、特任教員選考委員会に協議員以外の委員を追加して指名することができる。

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

#### 附 則

- 1 この内規は、平成18年4月1日から施行する。
- 2 この内規の第2条第2項にいう「特任助教授」、「特任助手」は、平成19年度以後、京都大学の規定の変更に従い、それぞれ「特任准教授」、「特任助教」と読み替えるものとする。

#### 附 則(平成24年2月17日一部改正)

- 1 この改正により、組織名称を「数理解析先端研究センター」から「数理解析研究交流センター」に変更する。
- 2 この内規は、平成24年4月1日から施行する。
- 3 改正前の附則第2項は、本則の改正によりその効力を失う。

#### 附 則(平成25年2月15日、平成25年3月8日一部改正)

この内規は、平成25年4月1日から施行する。

#### 附 則(平成25年12月20日一部改正)

この内規は、平成25年12月20日から施行する。

#### 附 則(平成28年12月16日一部改正)

この内規は、平成29年4月1日から施行する。

## 8 京都大学数理解析研究所数学連携センター内規

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

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

2 センターの併任センター長、併任教員の任期は、所長が定める。

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

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

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

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

2 特任教員選考委員会委員は協議員の中から若干名を所長が指名する。

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

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

### 附 則

この内規は、平成25年5月1日から施行する。

附 則（平成25年12月20日一部改正）

この内規は、平成25年12月20日から施行する。

附 則（平成28年12月16日一部改正）

この内規は、平成29年4月1日から施行する。

## 9 京都大学数理解析研究所次世代幾何学研究センター内規

第1条 数理解析研究所において、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に、次世代幾何学研究センター（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、センターにおける次世代の幾何学の創出に向けた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31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10月末頃には各関係機関宛に通知している；

1. 募集期間 毎年11月1日から1ヶ月間
2. 提案方法 共同利用研究計画提案書の提出
3. 採否通知 翌年2月上旬
4. 実施期間 翌年4月1日から1年間

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

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

- 第1回メ切 毎年11月末日（翌年度実施分）
- 第2回メ切 毎年5月上旬（当該年度実施分）
- 第3回メ切 毎年8月末日（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、RIMS 共同研究（グループ型C））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総合研究セミナー及びRIMS共同研究（グループ型C）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 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）<br>バス・トイレ無（個室） 1室（料金 2,700円）<br>（ユニットバスの共通使用可能）<br>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。<br>（E-mail：kyodo[at]kurims.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。<br>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<br>数理解析研究所へ徒歩5分（地図は159ページ参照）   |

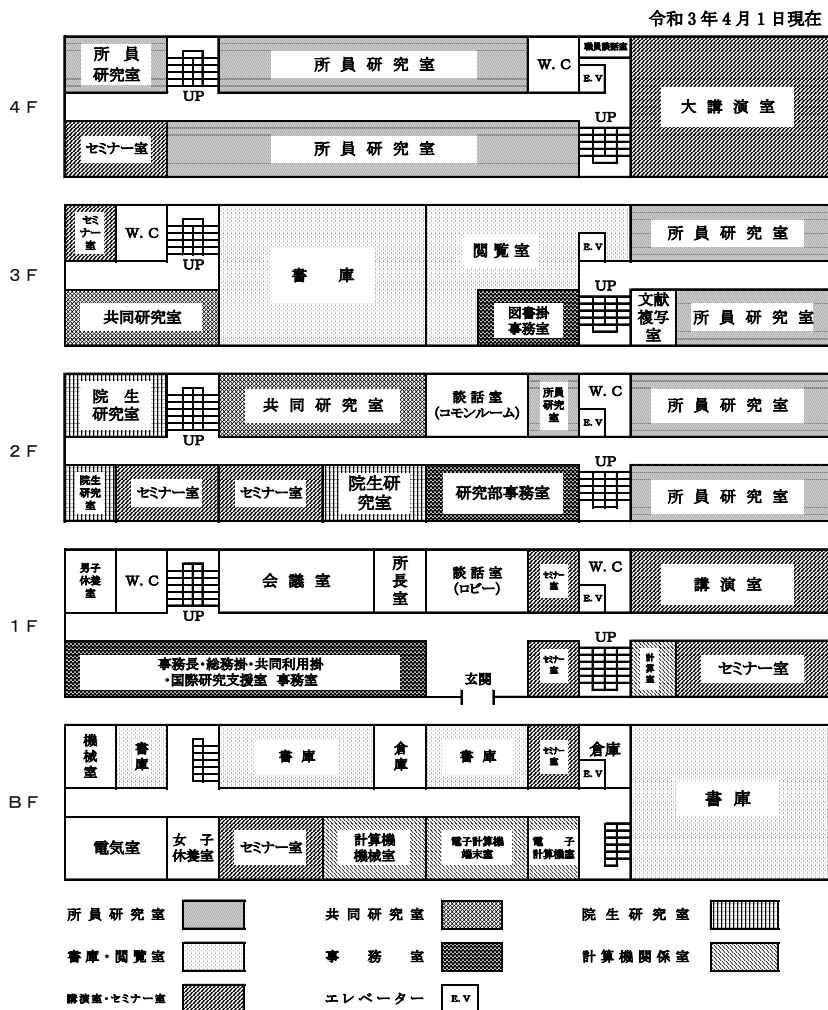


北白川学舎全景

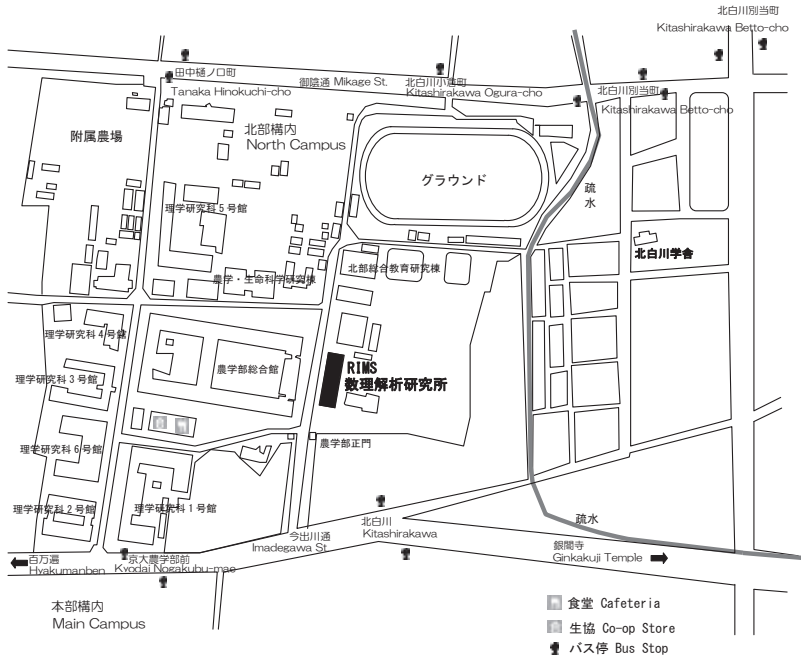
## 4 建物平面図

### 施設の内部

建物は京都大学北部構内にあり、地下1階地上4階で、敷地面積1,310㎡、延面積3,923㎡である。内部は専任所員の研究室と事務室の他、講演室、図書室、計算機室、共同利用のための研究室、給茶設備のあるロビー等がある。



## 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3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

---

---



