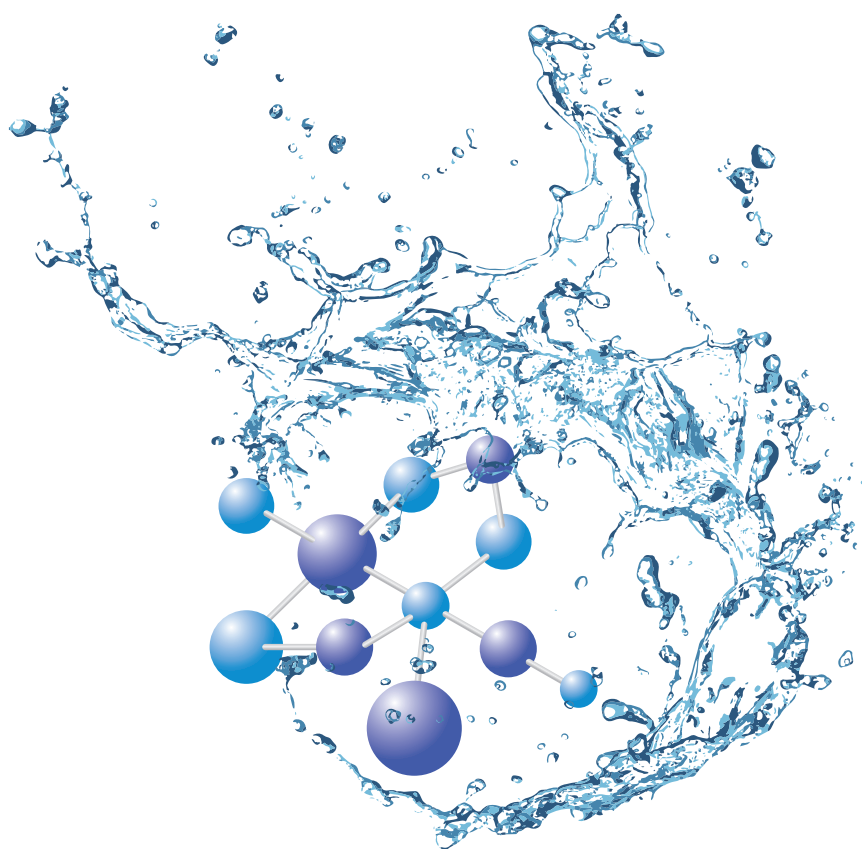


SCIENTIA

2024



KU 神奈川大学

大学院理学研究科 総合理学研究所

Contents

■ 大学院理学研究科委員長の挨拶	1
■ 総合理学研究所所長の挨拶	2
■ 神奈川大学理学部・大学院理学研究科・総合理学研究所の歩み	3

数学領域 4

阿部吉弘研究室	6
伊藤博研究室	7
小関祥康研究室	8
加藤憲一研究室	9
酒井政美研究室	10
堀口正之研究室	11
松澤寛研究室	12

物理学領域 13

大泉三津夫研究室	15
粕谷伸太研究室	16
川東健研究室	17
木村敬研究室	18
知久哲彦研究室	19
長澤倫康研究室	20
星野靖研究室	21
水野智久研究室	22

化学領域 23

加部義夫研究室	26
河合明雄研究室	27
川本達也研究室	28
木原伸浩研究室	29
東海林竜也研究室	30
白井直樹研究室	31
鈴木健太郎研究室	32
辻勇人研究室	33
西本右子研究室	34
廣津昌和研究室	35
堀久男研究室	36
松原世明研究室	37

生物科学領域 38

安積良隆研究室	41
井上和仁研究室	42
井深章子研究室	43
岩元明敏研究室	44
太田安隆研究室	45
大平剛研究室	46
小谷享研究室	47
坂本卓也研究室	48
佐藤たまき研究室	49
鈴木祥弘研究室	50
高橋一男研究室	51
豊泉龍児研究室	52
西谷和彦研究室	53
藤原研研究室	54

情報科学領域 55

プログラミング言語論(馬谷)研究室	58
ソフトウェア工学(海谷)研究室	59
プログラミング科学(木下)研究室	60
自然言語処理(後藤)研究室	61
発見科学(斉藤)研究室	62
情報ネットワーク・セキュリティ(田中)研究室	63
視覚情報処理(張)研究室	64
情報科学教育(永松)研究室	65
計算機システム(Antoine BOSSARD)研究室	66
セキュリティ技術(松尾)研究室	67

■ 機器・設備【化学、生物、物理】	68
■ 神奈川大学理学研究科博士前期課程の教育研究上の目的及び基本方針	70
■ 神奈川大学理学研究科博士後期課程の教育研究上の目的及び基本方針	71
■ 神奈川大学理学研究科のホームページ	72

大学院理学研究科委員長の挨拶

理学研究科委員長 井上 和仁

神奈川大学大学院理学研究科は学部組織を土台として情報科学、化学、生物科学の3専攻をもって1993年にスタートし2023年に開設30年を迎えました。2012年に理学部に数理・物理学科が新設され、2016年3月に初めての卒業生を社会に送り出しました。これを受けて理学研究科は、2016年4月より理学専攻1専攻に改組し、その下に数学、物理学、情報科学、化学、生物科学の5領域を置き、理学専攻の基本・共通科目と各領域の専門科目を設け、より充実した教育課程を作り上げました。5領域あわせて演習担当は48名の教員を配置し、博士前期課程59名、博士後期課程3名の入学定員のもとに、学生約100名の教育と研究を行なっています。また改組に伴い、理学専攻博士前期課程に中学・高等学校の教員免許として、数学、理科の専修免許を取得できる課程を申請し、認可を受けました。この間に理学研究科では博士前期(修士)課程修了者968名、博士後期課程修了者53名、および課程外博士14名を社会に送り出しております。2023年4月には理学部と理学研究科の横浜キャンパスへの移転に伴い理工系学部が改組され、本研究科所属の教員は新理学部と新設された情報学部および化学生命学部にも所属がわかれしました。横浜キャンパスに理工系教育研究組織が集約されたことで理工系研究の新たな展開が期待されます。本研究科はこれまで湘南ひらつかキャンパスで理学部と共に培ってきた理念を引き継ぎながらも、横浜キャンパスにおける理工系の教育と研究のさらなる発展に貢献する所存です。

理学研究科におかれている5領域はいずれも自然科学の中でも近年ひとときわ発展の目覚ましい分野を中心にすえながら、基礎科学知識を徹底して身につけ、その知識を科学・技術問題の解決のために使いこなし、さらには技術革新につながるような発見・発明のできる人材を育成しようという目標を持っています。特定の先端知識を詰め込むことよりも、基礎知識を確実に、そして柔軟に使いこなし、さまざまな領域で活用することが大切だと考えています。見通しのつきにくい問題を自分の取り組める数多くの小さな問題に整理し、試行錯誤を繰り返して問題を解決できる人材を育成していきたいと望んでいます。その実現を目指して、基礎知識の体系化と展開、そして演習・研究を通しての問題解決力を育むことを柱とした教育課程を整えています。その最も大きな特徴として、個別指導教育が挙げられます。例えば、講義などで得た基礎知識の使い方を習得し新たに発展させることが目的の特別研究や、専門分野の論文を紐解く特別演習では、学生一人ひとりを個別に指導します。また、全学生が研究計画を策定し、それに基づきアドバイザーを設け、教育・研究の一層の充実を図る複数指導体制も確立されています。そのほか、大学院生が学部の講義科目や実験演習科目での指導補助を行うTA制度や学部4年生が博士前期課程の講義科目を履修できる大学院特別科目等履修生制度など理学部との連携も図られています。また、理学部以外の理工系学部、他大学出身者にも広く門戸を解放しています。さらに、国際化に対応して英語による講義科目も準備され、留学生の受け入れ体制も整えられています。

以上、理学研究科の現状についてまとめました。今後、理学研究科がますます発展するように努力を重ねる所存でございます。皆様方のご理解とご支援を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

総合理学研究所所長の挨拶

総合理学研究所 所長 川本 達也

総合理学研究所は、理学に関する研究と調査を行い、学問の向上と発展に寄与することを目的として、湘南ひらつかキャンパス内に設置されました。2023年4月には横浜キャンパス内に移転され、前身である知識情報研究所の開設から数えますと40年が経過しようとしています。総合理学研究所の所員の多くは理学部に所属する教員が兼任していることから、理学部および理学研究科と密接に関係していますが、それら組織に縛られることのない自由闊達な活動を支える研究母体です。その一端として、まだまだ研究意欲の旺盛な定年退職された教員や博士号を取得したが所属先が未定の若い研究者には、それぞれ特別所員および客員研究員として研究活動の場を提供しています。また、研究所は、必要に応じて顧問を委嘱するとともに、研究所推薦に基づく客員教授制度も設けています。

研究所で行っている主な事業は「共同研究」と「広報活動」です。「共同研究」は、所員が学部の一隅にとらわれることなく複数の研究者と共同で行う研究活動を、研究費の助成を通じて支援するものです。これには学外や海外の研究者が参加することもあります。研究所内には、産官学連携による共同研究の橋渡しを担う組織もあります。また、学内の共用機器利用推進のための予算措置を行うことで、理学に関する研究を支援しています。

「広報活動」は、研究所の活動を学内外に発信するためのものであり、学内外の学術交流の接点の役割を果たしています。講演会、フォーラム、シンポジウムなどの学術的行事を企画開催することで、所員や学生が学外研究者と情報交換する場を提供するだけでなく、地域社会の方々への情報公開にも努めています。これまで広報活動のひとつとして恒常的に開催してきたものに「ハイテクセミナー」と「神奈川大学平塚シンポジウム」があります。前者は通常年に二回開催され、主として首都圏の企業の技術者を対象としてきました。後者はこれまで化学を中心とした主題のもとに平塚キャンパスにて毎年開催してきたシンポジウムですが、この度の横浜キャンパスへの移転を機に、2023年度から「神奈川大学サイエンスフォーラム」として生まれ変わりました。理学部理学科と研究所が共に主催者となり、主題を科学全般にまで広げることで、このフォーラムから学問分野の垣根を越えた連携や共創が生み出されることが期待されます。また、大学や企業の研究者はもとより、中学や高校の教員も対象者とする中で、「ハイテクセミナー」とともに、地域社会に根付いた主要行事のひとつとして定着させることも重要と考えます。また、2019年には、所員の研究成果を公表することにより、学内外における共同研究の一層の活性化や産官学連携の契機となることを期待して、過去5年間の所員の研究成果をまとめた「神奈川大学理学部 研究業績集 2014～2018」を発行しました。

2005年には、それまでの研究所報告書（年報）を発展的に改編し、学術雑誌としての体裁を整えた「Science Journal of Kanagawa University（神奈川大学理学誌）」を発行しました。さらに、2007年度からは、この学術雑誌を電子化し、研究所のホームページからも閲覧できるようにしました。また、2010年度には、神奈川大学図書館から閲覧できるようになりました。このように原稿執筆者および故鈴木季直元編集委員長をはじめとする歴代編集委員の皆様のご努力により「Science Journal of Kanagawa University（神奈川大学理学誌）」は先端的、学際的な学術雑誌として発展してきました。今後ますます充実させることで幅広く学外の方にも読まれる開かれた学術雑誌へと進化させたいと考えております。つきましては、皆様からの一層の積極的なご投稿をお願いいたします。

以上、研究所の概要と主な事業内容をお示ししましたが、研究所に期待することなど、ご要望やご意見をお寄せいただければ幸いです。今後とも変わらぬご支援とご協力を賜り、この度の横浜キャンパスへの移転を弾みとして、研究所をさらに発展させることで大学内外での研究所の存在意義をより確かなものにしたいと考えております。

神奈川大学理学部・大学院理学研究科・総合理学研究所の歩み

昭和61(1986)年 4 月	平塚キャンパス計画の第一歩であり、総合理学研究所の前身である知識情報研究所が開所し、初代所長に藤原鎮男教授が就任。
平成元(1989)年 4 月	平塚キャンパスが開校。理学部 情報科学科・化学科・応用生物科学科開設。入学定員は各50名。初代理学部長に藤原鎮男教授が就任。
平成 3 (1991)年 4 月	67号館（現在の 6 号館）が竣工。第二代理学部長に寺本俊彦教授が就任。臨時学生定員増により各学科定員が100名となる。
平成 5 (1993)年 3 月	理学部からの初の卒業生が学士（理学）の学位を授与される。
平成 5 (1993)年 4 月	理学研究科 情報科学専攻・化学専攻・生物科学専攻 修士課程開設。入学定員は各10名。初代理学研究科委員長に服部明彦教授が就任。知識情報研究所が総合理学研究所に名称変更され、第二代所長に門屋卓教授が就任。
平成 6 (1994)年 4 月	第三代総合理学研究所長に杉谷嘉則教授が就任。
平成 7 (1995)年 3 月	理学研究科からの初の修士課程修了者が修士（理学）の学位を授与される。
平成 7 (1995)年 4 月	理学研究科 情報科学専攻・化学専攻・生物科学専攻 博士課程開設。入学定員は各 3 名。
平成 9 (1997)年 4 月	第二代理学研究科委員長に松永義夫教授が就任。第三代理学部長に村上悟教授が就任。
平成10(1998)年 3 月	理学研究科からの初の博士課程修了者が博士（理学）の学位を授与される。
平成10(1998)年 4 月	第四代総合理学研究所長に釜野徳明教授が就任。
平成11(1999)年 4 月	第三代理学研究科委員長に竹内敬人教授が就任。
平成12(2000)年 4 月	臨時定員増の段階的減少開始（各学科50名増を45名増に、以降2004年に25名（総計100名）となるまで各年 5 名ずつ減）と短期大学廃止による振り分け分からの定員増が行われる。この年の各学科の定員は50名（元の定員）+45名（臨時定員増）+25名（短期大学からの振り分け分）=120名。
平成13(2001)年 4 月	応用生物科学科が「生物科学科」に名称変更。平塚キャンパスが「湘南ひらつかキャンパス」に名称変更。
平成13(2001)年 9 月	論文審査による初の博士（理学）学位所得者（いわゆる論文博士）。
平成14(2002)年 4 月	文部科学省補助金私立大学学術研究高度化推進事業 ハイテク・リサーチ・センタープロジェクト「高度機能を持つ分子・生物ホトニクス」の基盤技術開発」が採択される。第五代総合理学研究所長に齊藤光實教授が就任。
平成15(2003)年 3 月	ハイテク・リサーチ・センター研究棟竣工。
平成15(2003)年 4 月	第四代理学研究科委員長に山本晴彦教授が就任。第四代理学部長に杉谷嘉則教授が就任。ハイテク・リサーチ・センターが発足。
平成18(2006)年 4 月	理学部に総合理学プログラム（教育プログラム）を新設。募集定員80名。同時に定員の実員化が行われ、定員は情報科学科130名、化学科・生物科学科125名に。
平成19(2007)年 4 月	第五代理学研究科委員長に松本正勝教授が就任。
平成20(2008)年 4 月	第六代総合理学研究所長に鈴木季直教授が就任。
平成21(2009)年 4 月	第五代理学部長に齊藤光實教授が就任。
平成21(2009)年 8 月	11号館が竣工。
平成23(2011)年 4 月	第六代理学研究科委員長に山口和夫教授が就任。
平成24(2012)年 4 月	理学部に数理・物理学科を新設。各学科の定員（募集定員）は数理・物理学科70名（40名）、情報科学科110名（90名）、化学科110名（100名）、生物科学科110名（100名）、総合理学プログラムの募集定員は70名に。
平成25(2013)年 4 月	第六代理学部長に日野晶也教授が就任。 12、13号館が竣工。
平成28(2016)年 4 月	理学部の募集定員の一部変更、数理・物理学科（60名）・総合理学プログラム（50名）。理学研究科を一専攻五領域に改組（数学・物理学・情報科学・化学・生物科学）。第七代総合理学研究所長に川本達也教授が就任。
平成29(2017)年 4 月	第七代理学研究科委員長に井上和仁教授、第七代理学部長に山口和夫教授が就任。
平成30(2018)年 3 月	14号館が竣工。
令和 2 (2020)年 4 月	第八代理学部長に木原伸浩教授が就任。
令和 5 (2023)年 4 月	理学部理学科に改組。横浜キャンパスに移転。

数学領域

数学領域

「領域の特色」

自然科学ではもちろん、社会科学においても「数学」は欠かすことのできない基礎知識であり、その重要性はますます増大しています。本領域で指導・研究する「数学基礎論」「整数論」「代数幾何学」「位相幾何学」「関数解析学」「確率論」「応用数学」は、学部の卒業研究とも連動しているため、各分野において基礎的知識を再度復習することも可能です。大学院生の自主性を尊重した指導を行っており、学外の研究集会に参加し広く知識を吸収することも積極的に支援します。また、海外の研究者が度々訪れ交流の機会があるほか、海外での研究集会に参加することも可能です。これらの体験を通して、国際的な教育・研究事情への理解も深められます。

「教育研究上の目的」

数学領域の博士前期課程は、数学の基本的な知識の上に立って、それぞれの分野の研究の一端を理解し、数理的な処理能力を身につけ、これらを社会における科学・技術関連分野および教育機関において活用できる人材の育成を目的とする。

「教育目標」

理学研究科の教育研究上の目的等を踏まえ、数学領域博士前期課程では、学生が各分野の研究の一端に触れることを通じて、数学への理解を深めるとともに数理的な処理能力を身につけ、これらを科学・技術関連分野および教育機関において活用できるようになることを目標としています。

近年の社会では、生産活動の基盤としての科学技術およびその土台でもある数学が、常に重要視されてきました。さらにこの学問の普及と後世への伝達という意味で、数学を正しく教育できる人の育成も大事なことであり続けています。本課程では、これらの観点から上記の教育目標を設定しています。

構成員紹介



あべ よしひろ

阿部 吉弘

研究室→P6

職名: 教授
学位: 理学博士
研究分野: 公理的集合論
略歴: 筑波大学大学院数学研究科数学専攻博士課程修了, 理学博士, 福島工業高等専門学校専任講師, 神奈川大学工学部教授などを経て, 2012年4月より現職



ほりぐち まさゆき

堀口 正之

研究室→P11

職名: 教授
学位: 博士 (理学)
研究分野: 計画数学 (マルコフ決定過程)、統計数学
略歴: 千葉大学大学院自然科学研究科数理物性科学専攻修了, 博士 (理学), 日本数学会会員, 日本オペレーションズ・リサーチ学会研究部会「確率最適化とその応用」幹事
URL: <https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/math-phys/horiguchi/>



いとう ひろし

伊藤 博

研究室→P7

職名: 教授
学位: 理学博士
研究分野: 代数的整数論
略歴: 名古屋大学大学院理学研究科数学専攻博士後期課程中途退学, その後名古屋大学理学部助手, 東京大学教養学部助教授, 名古屋大学理学部助教授, 神奈川大学工学部教授などを経て, 2012年4月より現職



まつざわ ひろし

松澤 寛

研究室→P12

職名: 教授
学位: 博士 (理学)
研究分野: 解析学、非線形偏微分方程式論、反応拡散方程式
略歴: 東京都立大学大学院理学研究科数学専攻修士課程修了, 日本学術振興会特別研究員DC2, 東京都立大学大学院理学研究科博士課程修了, 沼津工業高等専門学校教養科講師, 准教授, 神奈川大学理学部数理・物理学科准教授, 教授を経て2023年4月より現職
URL: <https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/math-phys/hmatsu/>



おげき よしやす

小関 祥康

研究室→P8

職名: 准教授
学位: 博士 (数理学)
研究分野: 代数的整数論、数論幾何
略歴: 九州大学大学院数理学府数理学専攻修士課程修了、日本学術振興会特別研究員 (DC2)、九州大学大学院数理学府数理学専攻博士課程修了、九州大学大学院博士研究員、京都大学数理解析研究所研究員、日本学術振興会特別研究員 (PD)、神奈川大学理学部特別助教、准教授
URL: https://www.kanagawa-u.ac.jp/professor/details/details_101992.html



いとう りょう

伊藤 涼

職名: 特別助教
学位: 博士 (数理科学)
研究分野: 解析学、非線形偏微分方程式
略歴: 東京大学大学院数理科学研究科博士課程修了, 東京大学大学院数理科学研究科特任研究員, 明治大学研究知財戦略機構研究推進員を経て現職

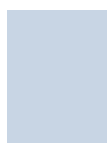


かとう けんいち

加藤 憲一

研究室→P9

職名: 准教授
学位: 博士 (理学)
研究分野: 応用確率論
略歴: 2001年東京工業大学情報理工学研究科数理・計算科学専攻修了、2001年山形大学大学院VBL研究員、2003年電気通信大学大学院情報システム学研究科助手、2007年東京工業大学大学院情報履行学研究科助教、2012年神奈川大学理学部准教授
URL: https://www.kanagawa-u.ac.jp/professor/details/details_101862.html



ふじわら たかいち

藤原 飛一

職名: 教務技術職員
学位: 博士 (理学)
略歴: 神奈川大学大学院理学研究科情報科学専攻博士後期課程修了, 神奈川大学理学部非常勤講師を経て現職



さかい まさみ

酒井 政美

研究室→P10

職名: 教授
学位: 理学博士
研究分野: 位相幾何学
略歴: 筑波大学大学院数学研究科数学専攻博士課程修了, 理学博士, 作新学院大学経営学部専任講師, 神奈川大学教授を経て, 2012年4月より現職

研究分野 公理的集合論

研究テーマ 巨大基数と、関連する組み合わせ論的性質の研究



研究室構成員

阿部 吉弘 (教授)

研究内容

集合の大きさは基数で表される。 κ より小さい基数 λ の部分集合の全体 $\{x \subset \lambda: |x| < \kappa\}$ を $\mathcal{P}_\kappa \lambda$ という。 $\mathcal{P}_\kappa \lambda$ 上のイデアルの性質を調べている。代数のイデアルと違って、和は和集合 $\cup$ 、積の代わりに $\cap$ を考える。

無限集合

メンバーの個数が有限ではない集合のことです。全ての整数の集まり、全ての奇数の集まりなどは無限集合です。1と10の間の実数の集まりも無限集合です。無限集合が数学で扱われるようになったのは、1880年頃です。高校までの数学でも自然数は扱っていますが、自然数の集まり自体を問題にすることは減多になかったでしょう。集合論というのは、無限集合を扱う数学の分野です。

無限集合の大きさ：濃度と基数

メンバーがいくつあるか数えようとしても、無理です。それでも、無限集合の大きさを比較する基準が、集合論が始まったと同時に考え出されました。2つの集合 X と Y の間に1対1対応 (全単射) があるとき、濃度が等しいとします： $|X| = |Y|$ 。 X から Y への1対1写像 (単射) があるが、 Y から X への1対1写像はないとき、 $|X| < |Y|$ とします。全ての整数の集まりと、全ての奇数の集まりは同じ濃度ですが、実数の集まりの濃度はそれらより大きくになっています。

集合論では、自然数全体を ω で表し、 ω 、 $\omega+1$ 、 $\omega+2$ 、 $\dots$ と永遠に続く順序数が定義されます。順序数のうち、濃度の目盛りとなるのが基数です。

公理

公理というのは、いくらなんでもこれは正しいから、無条件で認めようという事柄のことです。たとえば、2つの集合があったら、「その2つだけをメンバーとする集合が存在する」は公理です。集合論が始まった頃は、あまり公理ということに拘わらず、伸び伸びと研究をしていたのですが、矛盾が発見されて (ラッセルのパラドックス)、もっときちんと理論を建設しないといけなかったことがわかりました。通常、8つの公理に選択公理を加えたもの ($ZF+Choice=ZFC$) が採用されています。

選択公理

集合がいくつも (多分無限に) あるとします。「それらの集合からメンバーを1つずつ選んで集めたものも集合になる」というのが選択公理 (Axiom of Choice) です。選択公理が正しいかどうかは、ZFからは決められないことがわかっています。選択公理は、代数・解析などで使われますが、直観と反する結果も導きます (バナッハ・ハタルスキのパラドックス)。

連続体問題

「実数全体より濃度が小さく、整数全体より濃度が大きい集合はあるだろうか？」というものです。1930年代に、「そのような集合があるとは、ZFCからは証明できない」ことがわかりました。1960年代初めに、「そのような集合がないとは証明できない」ということが示されました。ZFCには、この問題に決着をつける力がないのです。

巨大基数公理

説明は省きますが、そんなものがあるとは (存在しないとも) ZFCから証明できない基数の存在を仮定するものです。巨大基数の存在を仮定すると、ZFCより多くのことに決着がつきます。

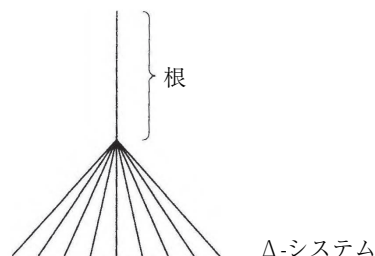
組み合わせ論

自然数全体を紅白2組に分けたら、少なくとも一方は無限集合になります。これは簡単にわかりますが、自然数のペア (n, m) の全体を紅白2組に分けることにします。このとき、「無限個の自然数からなる集合 H で、 H のメンバーのペアは全部同じ色をしているようなものが見つかるか」となったとたんに難しくなります。組み合わせ論というのは、こういう「込み入った」問題を扱う分野です。

連続体問題-巨大基数-組み合わせ論

たいていの巨大基数は組み合わせ論的性質をもちます。逆に、ある種の組み合わせ論的性質を持つ集合があると、何らかの巨大基数の存在が示されます。また、巨大基数が存在すると、ある種の集合の濃度が決まってしまう、連続体問題にも関わってきます。このあたりのことを、もっと深く知りたい、未知のことを探り当てたいと思って、40年ぐらいもがいてきました。

下の図は、組み合わせ論で使われる Δ -システムをイメージ化したものです。無限のものを扱うので、イメージしないわけにはいきません。



主要著書/論文

Combinatorial characterization of $\prod_1^1$ -indescribability in $\mathcal{P}_\kappa \lambda$, Arch. Math. Logic 37 (1988).

「巨大基数」, 数学辞典第4版 (岩波書店) 296-299頁 (2007) .

代数学(代数的整数論) 伊藤(博)研究室

構成員紹介→P5

研究分野 代数的整数論

研究テーマ 整数論的な関数や有限和を通して代数的整数の性質を調べること



研究室構成員

伊藤 博(教授)

研究内容

整数論では、整数に関連する色々な問題を考察します。例えば、方程式の整数解の考察、素数などの分布の問題、有理数の無理数による近似の問題、整数の種々の拡張の検討、などです。身近にある整数というものを研究対象としていますが、用いられる手法は広範で、四則演算を駆使する代数的手法はもちろん、微分積分などを用いる解析的手法、図形的な考察に訴える幾何学的手法など様々です。

例えば、平方数でない正整数 d を与えてベル方程式 $x^2 - dy^2 = 1$ の整数解 (x, y) を調べる問題があります。代数的な考察により、一つの解から無数にたくさんの解が作れることが分かりますし、解析的には、方程式の解がある三角関数の値で表せることが示せます。さらに、幾何学的アプローチとしては、方程式が決める双曲線の漸近線の近くにある格子点を調べることによって解を見つけることが出来ます。

このように整数論には色々な問題と手法がありますが、私が特に興味を抱いて来た現象は、整数という離散的な(飛び飛びの)量を研究するのに、解析という極限を用いて連続した量を扱う手法が有用で時に不可欠だという、整数論でよく起こる現象です。もう少し具体的には、①整数の性質が関数の性質として反映されたり、逆に関数の性質から整数の性質が導かれたりという現象、②方程式の整数解が関数の値として得られるという現象、③関数のある値が整数論的に特別な意味を持つという現象、などです。そして、これらの文脈で現れる関数の性質やこのような現象の出所や奥行きに関心に向けて研究して来ました。

研究対象のキーワードとしては、このような関数の代表例である保型関数やL-関数など、関数の性質と整数の性質の橋渡しの役目を演ずるガウス和やデデキント和などの有限和が主なものです。

$$\sum_{a=1}^p e^{2\pi i a^2/p} \\ = \prod_{b=1}^{(p-1)/2} \left(e^{2\pi i (2b-1)/p} - e^{-2\pi i (2b-1)/p} \right)$$

素数 p に対するガウス和の積表示。ある関数の積表示と関連し、また平方剰余の相互法則を導くこともできる公式です。

主要著書/論文

- [1] Logarithms of theta functions on the upper half space, J. Number Theory, 209(2020), 421-450.
- [2] An application of a product formula for the cubic Gauss sum, J. Number Theory, 135(2014), 139-150
- [3] Dedekind sums and quadratic residue symbols, Nagoya Math. J., 118(1990), 35-43.

研究分野 代数的整数論、数論幾何

研究テーマ 楕円曲線やアーベル多様体の持つ整数論的性質をガロア表現の視点から考察する



研究室構成員

小関 祥康 (准教授)

研究内容

整数論は数学の中でも最も古くから研究されてきた分野のひとつですが、単純そうな見た目反して難しい未解決問題がいまだに数多く残され（そして増え続け）ています。そういった難しい問題に対する近年のアプローチとして、整数論という枠組みにとらわれず、他の分野、たとえば幾何学的な視点を取り入れることで問題を解決しようというものがあります。その際、幾何的な対象に付随する数論的、代数的構造を調べるのが重要となります。それこそが、私が主に研究している数論幾何と呼ばれるものです。

1. アーベル多様体と整数論

アーベル多様体は、現代の整数論を語る上で欠かすことのできない研究対象のひとつです。一般の次元の話をするとは分かりづらいですので、ここでは1次元のときに絞って話をします。1次元のアーベル多様体は楕円曲線と呼ばれており、

$$y^2 = ax^3 + bx^2 + cx + d$$

(ただし $a \neq 0$ 、右辺 $= 0$ は重解を持たない)

であらわされる曲線のことを指しています。これが不思議なことに整数論と抜群に良い相性を持っていることが分かってきました。たとえば「 n を3以上の自然数とする。このとき $x^n + y^n = z^n$ を満たす自然数 x, y, z は存在しない」という予想 -フェルマー予想- はおよそ350年もの間数学者を悩ませてきましたが、多くの人々による考察を経て、1995年、ついにアンドリュウ・ワイルズとその弟子のリチャード・テイラーによって証明されました。楕円曲線はその証明における重要な鍵の一つとなっています。

2. 楕円曲線に付随する数論的性質の研究

楕円曲線は、その上の点の集合に加法群構造が入ると面白い性質を持っています。この群構造に付随する様々な数論的性質を研究してきました（主要論文 [1,2,4,5]）。

3. ガロア表現

上に書いた研究では、楕円曲線に付随するガロア表現が鍵となります。幾何的对象から自然に得られるガロア表現がどのような性質を持っているのかということに興

味を持っており、とくに近年加速度的に進展がある（整） p 進ホッジ理論について研究しています（主要論文[3]）。

$$E(\mathbb{Q}) \simeq \mathbb{Z}^r \oplus (\text{有限})$$

Mordell-Weil の定理

主要著書／論文

- [1] Torsion of algebraic groups and iterate extensions associated with Lubin-Tate formal groups, J. Math. Soc. Japan 75 (2023), 735–759.
- [2] Torsion of abelian varieties and Lubin-Tate extensions, J. Number Theory 207 (2020), 282-293.
- [3] Lattices in crystalline representations and Kisin modules associated with iterate extensions, Doc. Math. 23 (2018), 497-541.
- [4] Non-existence of certain CM abelian varieties with prime power torsion, Tohoku. math. J. 65 (2013), 357-371.
- [5] Non-existence of certain Galois representations with a uniform tame inertia weight, Int. Math. Res. Not. Vol. 2011, No. 11 (2011), 2377-2395.

確率論(応用確率論、オペレーションズ・リサーチ) 加藤研究室

構成員紹介→P5

研究分野 応用確率論

研究テーマ オペレーションズ・リサーチの手法、特に待ち行列理論、意思決定モデルを用いた自然現象・社会現象の分析



研究室構成員

加藤 憲一 (准教授)

研究内容

応用確率論は、自然現象や社会現象における不確実な振る舞いを数理的に捉えるアプローチの一つです。事象の発生を確率モデルとして定式化し、数学的な解析やシミュレーションなどを通して現象の背後に潜む理論的性質を明らかにし、確率の定量的な評価をととして現実的な問題の解決が期待できます。例えば、公共・民間施設や情報通信網など、人やデータに対し何らかのサービスを行うシステムでは客(サービスの対象となる人やデータ)の到着やサービスに要する時間が不規則性をもつケースが多くあります。このようなシステムの時系列的な振る舞いは確率モデルの枠組みで捉えることができます。

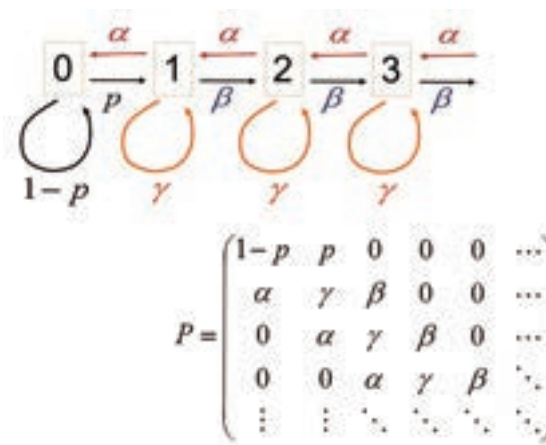
1. サービス施設の確率モデルと解析

図書館における蔵書管理では、蔵書の資料性に基づく長期保管と、貸し出しといった公共サービスの両立を求められます。長期の安定的な保管や収容性では閉鎖書庫に利点がありますが、貸し出しや閲覧のアクセス性においては開放型書架が優れています。このように、どのような保管方式をとるかは蔵書の性質によります。一般に、収蔵から間もない資料は開放型書架に配置し、利用状況等に応じて順次閉鎖型書庫に移動する方針がとられています。研究[1]では、公立図書館の蔵書貸出データの分析を行い、蔵書の経年数と貸出回数にある確率的な性質を考察しています。また、研究[2]では移動式書庫の効率性を数理モデルの枠組みから評価を行っています。

2. マルコフ連鎖で記述される待ち行列網の漸近的性質の解析

サービスの対象となる客の到着や処理に要する時間が確率的であると仮定し、システムの混雑状況の時系列的な振る舞いを確率過程として表現するものは待ち行列モデルと呼ばれます。さまざまなタイプの客のサービスを連続的、並列的に行うモデルとして待ち行列ネットワークモデルがあります。待ち行列ネットワークは情報通信網の解析などで幅広い応用事例がありますが、モデル自体の複雑さもあり、数学的に直接解析を行うことは一部の基本的なモデルを除き困難です。そのため近年では近似手法の研究が盛んに行われており、その一つとして漸近的な性質の研究があります。研究[3]では、人数の挙動が連続時間マルコフ連鎖で記述される2つの待ち行列から構成される待ち行列ネットワークを考え、定常状態確率が客数に対して幾何級数的に減衰することを示し、そ

の減衰に関する率を明らかにしています。



マルコフ連鎖の状態推移図。

時間経過に伴い不規則に変化する現象の記述に用いるモデルです。

主要著書／論文

- [1] 公立図書館蔵書貸出データの統計的分析-平塚市図書館を例として-, 神奈川大学理学誌 30,17-24, 2019.
- [2] A queueing model for customers requesting service positions at a counter, The journal of the operations research society Japan 59(2), 147-173, 2016.
- [3] Upper bound for the decay rate of the joint queue-length distribution in a two-node Markovian queueing system, Queueing systems 58, 161-189, 2008.

幾何学(集合論的位相幾何)

酒井研究室

構成員紹介→P5

研究分野 位相幾何学

研究テーマ 位相空間 X と関数空間 $C(X)$ や超空間 $PR(X)$ の位相的性質との相互作用の研究



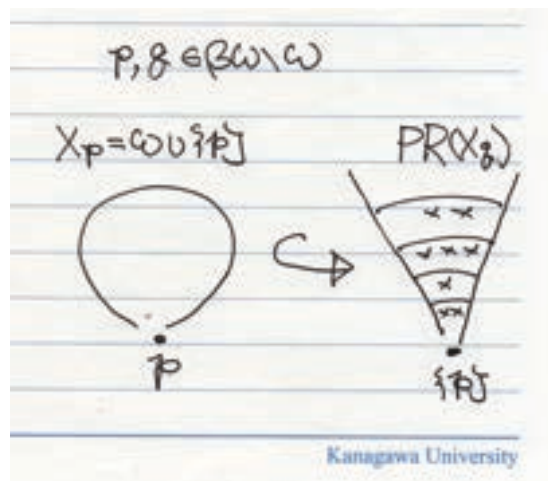
研究室構成員

酒井 政美 (教授)

研究内容

数学では集合上にいろいろな構造を与えて対象を研究します。例えば実数の集合を例にとると、実数の集合には演算が考えられますので、実数の集合は代数的な構造をもっていることになります。また実数の間には大小関係がありますから、実数の集合は順序構造ももっていることになります。更に、2つの実数 x, y に対して絶対値 $|x-y|$ は x, y の距離を与えますので、実数の集合には近さを測ることができる距離構造もはいつています。これらの代数的構造、順序構造、距離構造などを利用して、対象となる実数の集合をいろいろな方向から研究することができますようになります。最後に述べた近さを測る距離構造を抽象化したものが位相構造で、位相構造をもつ集合を位相空間といいます。位相構造は具体的には、集合の部分集合からなるある条件を満たす族で与えられ、これを用いて点や集合同士の近さや点と点のつながり具合を表現します。高等学校で出てきた数列や関数の極限、関数の連続性などは実数の点の間の近さに関する概念ですから、集合上の位相構造をもとに定義されるものです。この位相構造をもつ集合（位相空間）に対して、いろいろな位相的性質が考えられますが、微分積分ではコンパクト性、連結性などの位相的性質が役に立ちます。微分積分で出てくる「最大値・最小値の定理」や「中間値の定理」はコンパクト性、連結性の位相的性質を使って位相空間上で証明すると、とても見通しよく簡潔に証明ができます。また、実数直線は1次元、平面は2次元とか直感的にいいますが、この次元の概念も位相構造の下で厳密に定義されるものです。微分積分や次元を例にとりましたが、位相構造は数学全般で使われる重要な構造です。

位相的な性質を深く調べていくと、最終的にある種の集合論的命題（例えば、連続体仮説）と関係が出てくることもあります。場合によっては考えている位相的性質をもつかどうか、集合論的な公理と同値になることもあります。このように、集合論的な命題や手法を使って位相的性質を調べるのが「集合論的位相幾何」です。実際、実数直線においてさえ、いろいろな位相的性質は集合論と深くかかわっていて、未解決の問題がたくさん残っています。



どのような超フィルターがPixley-Roy超空間に埋め込めるか？

主要著書／論文

- [1] The Menger property and $\mathfrak{l}$ -equivalence, *Topology Appl.*, 281 (2020), 107187, 6 pp.
- [2] Remarks on the Menger property of $C_p(X, 2)$, *Topology Appl.*, 258 (2019), 32-46.
- [3] Point-countable covers and sequence-covering maps, (joint with S. Lin and F. Lin), *Houston J. Math.*, 44(1) (2018), 385-397.

計画数学 堀口 正之研究室

構成員紹介→P5

研究分野 計画数学（マルコフ決定過程）、統計数学、数理最適化理論

研究テーマ 制御・決定変数を含む確率過程で多段意思決定過程として良く知られる研究分野です。
動的計画法、線形・非線形計画法、凸解析などによる多段決定モデルでの数理最適化の研究に取り組んでいます。



研究室構成員

堀口 正之（教授）

研究内容

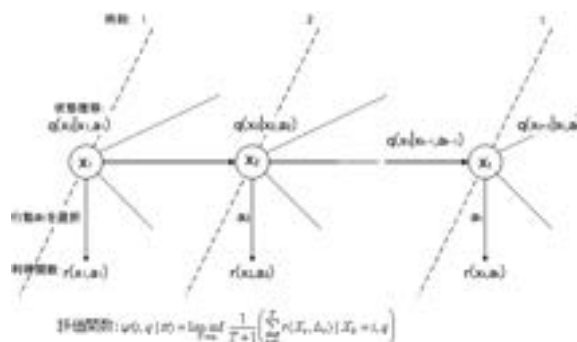
意思決定過程、特にマルコフ決定過程(Markov Decision Processes,MDPs)を専門としています。この数理モデルは、確率過程において制御変数（決定変数）を含むモデルとして定式化され、多段意思決定過程としてもよく知られている研究分野です。解析手法としては、動的計画法、線形・非線形計画法、凸解析などを用いて、多段決定モデルにおける最適政策（最適解）の存在証明や特徴などの数学理論の研究とともに最適化アルゴリズムの構築に取り組んでいます。

この分野の応用事例としては、商品などの在庫管理、機械の取替え問題、通信ネットワークのトラフィック制御問題などがあり、最適制御に関わる様々な問題が解決可能であって、早いものは半世紀以上も前から盛んに研究されてきている分野です。また、具体的に、HIGHWAYの維持管理への応用や、行動生態学の分野にもこの数理モデルが応用され、最近では、数理ファイナンスにおけるポートフォリオ選択などの諸問題への適用や人工知能の分野においても、強化学習理論への応用研究として、状態推移法則（分布）の予測や行動決定の学習理論、最適化アルゴリズムの研究などが行われています。

大学及び大学院における純粋数学（「代数学」「幾何学」「解析学」）の勉強とその学術的恩恵のもとに、確率論や統計学による応用数学の立場からの数学理論による問題解決の指導を行っています。また、そのほか、数学にかかわるライフワークとして、小・中・高における算数、数学教育や統計教育、大学や社会人向けのオペレーションズ・リサーチ（OR）に関する教育数学にも興味を持って取り組んでいます。

主な研究テーマ：

- ・マルコフ決定過程における制約条件付き最適停止問題の研究
- ・推移法則が未知のマルコフ決定過程における適応型学習理論と統計的決定理論の研究
- ・品質管理、ヘルスケア、最適避難経路など実社会での社会安全システム構築問題への応用
- ・数理計画における統計的手法、ファジィクラスタリング
- ・算数数学教育、統計教育、ORの教育数学など、



Markov Decision Processの一例

主要著書／論文

- 1) M. Horiguchi "Bayesian Inference in Markov Decision Processes"
In: Modern Trends in Controlled Stochastic Processes: Theory and Applications, 2 (A.B. Piunovskiy ed.), Luniver Press, pp.177-189 (Book Chapter), 2015.
- 2) M. Horiguchi "On an Approach to Evaluation of Health Care Programme by Markov Decision Model" Modern Trends in Controlled Stochastic Processes: Theory and Applications, V.III, Springer Nature, pp.341-354, 2021.
- 3) F. Dufour, M. Horiguchi & A. B. Piunovskiy "Optimal Impulsive Control of Piecewise Deterministic Markov Processes," Stochastics, 88(7), pp.1073-1098, 2016
- 4) M. Horiguchi and A.B. Piunovskiy "Optimal stopping model with unknown transition probabilities," 42(3), pp. 593-612, 2013.
- 5) F. Dufour, M. Horiguchi and A.B. Piunovskiy "The expected total cost criterion for Markov decision processes under constraints: a convex analytic approach," Advances in applied probability, 44(3), 774-793, 2012.
- 6) T. Iki, M. Horiguchi and M. Kurano "A structured pattern matrix algorithm for multichain Markov decision processes," Mathematical Methods of Operations Research, 66, 545-555, 2007.
- 7) M. Horiguchi "Stopped Markov decision processes with multiple constraints," Mathematical Methods of Operations Research, 54(3), 455-469, 2002.

解析学(非線形偏微分方程式) 松澤研究室

構成員紹介→P5

研究分野 解析学、非線形偏微分方程式論、反応拡散方程式

研究テーマ 反応拡散方程式および自由境界問題における伝播現象の解明



研究室構成員

松澤 寛 (教授)

研究内容

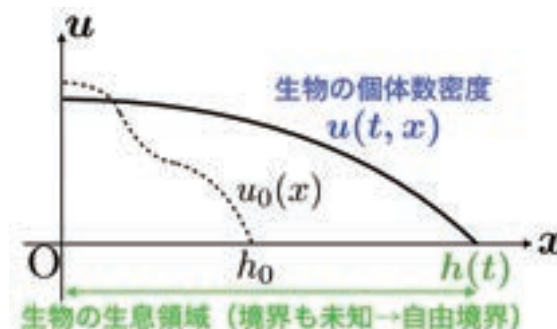
1. 研究室で学べること

解析学とは極限や収束といった概念を用い、関数などの変化をとらえる分野です。本研究室ではその中で偏微分方程式論、実関数論（積分論）、関数解析について学ぶことができます。時刻と場所のように複数の変数をもつ関数の場合、微分方程式は未知関数とその偏導関数の関係式である偏微分方程式とよばれます。偏微分方程式論では熱伝導方程式、波動方程式などについて学びます。偏微分方程式の解の存在やその性質を調べるためには、偏微分方程式を特定の性質をもった関数の集合上の方程式としてとらえることが有効で、関数がなす集合（空間）の性質を調べる関数解析、より極限や収束と相性のいい積分の理論を扱う実関数論も必要で、それらについても学びます。大学院では世界で広く読まれている標準的なテキストを読み、変分法など学生の興味に合わせた論文を読んでまいります。

2. 松澤寛の研究テーマ

反応拡散方程式は物質や生物が反応や相互作用しながら拡散する現象を記述する偏微分方程式で、私は反応拡散方程式の解（未知関数）であるグラフの形状に関する情報を数学的に調べることに興味をもって研究しております。

2010年、Yihong Du 教授（University of New England, オーストラリア）により、外来種が生息領域を拡大する現象を表すモデルとして、生物の個体数密度 $u(t, x)$ と生息領域の境界 $h(t)$ の両方を未知関数とする自由境界問題が提唱されました。私は、この自由境界問題の解について時間が十分経過した後、解 $u(t, x)$ のグラフがどのような形状になるか（漸近的形状）、具体的には形を変えずに一定速度で進む波（進行波）との関係について調べています（主要論文参照）。



自由境界問題のイメージ図

主要著書／論文

- [1] Yuki Kaneko, Hiroshi Matsuzawa and Yoshio Yamada, A free boundary problem of nonlinear diffusion equation with positive bistable nonlinearity in high space dimensions II: Asymptotic profiles of solutions and radial terrace solution, Journal de Mathématiques Pures et Appliquées, 178(2023)1-45
- [2] Yuki Kaneko, Hiroshi Matsuzawa and Yoshio Yamada, A free boundary problem of nonlinear diffusion equation with positive bistable nonlinearity in high space dimension I: classification of asymptotic behavior, Discrete and Continuous Dynamical Systems, 42(2022) 2719-2745
- [3] Yuki Kaneko, Hiroshi Matsuzawa and Yoshio Yamada, Asymptotic profiles of solutions and propagating terrace for a free boundary problem of nonlinear diffusion equation with positive bistable nonlinearity, SIAM J. Math. Anal., 52(2020), 65-103
- [4] Yihong Du, Hiroshi Matsuzawa and Maolin Zhou, Spreading speed and profile for nonlinear Stefan problems in high space dimensions, Journal de Mathématiques Pures et Appliquées, 103(2015), 741-787.

物理学領域

物理学領域

「領域の特色」

本領域では、物理学分野における基礎的な知識と、それを応用して直面する問題を自ら解決する能力を身に付けたいという意欲、物理学の英文教科書が理解できる程度の英語力のある人を受け入れます。教育においては、本学の実験教育目標および本研究科の教育研究上の目的等を踏まえ、理学的素養と柔軟かつ論理的な思考力を兼ね備えた社会に役立つ人材の育成を最終目標としています。こうした科学・技術関連分野の諸問題を克服できる人材を輩出することで、現代文明の発展に寄与したいと考えます。

また、本領域では、物理学を中心に自然科学全般を学ぶことで、中学校および高等学校教諭の理科専修免許取得が可能です。改組前の情報科学専攻で物理学系研究室に所属した修了生は、中高教員を含んだ多岐にわたる分野で幅広く活躍しています。

現代の日本社会では、科学の専門知識を基に、専門分野の枠を超えて課題解決能力を発揮し、技術革新により製造業を強化して、多種多様な産業におけるモノづくりの強化や技術の普及に貢献すること、そしてそれらの知見をより進化させた形で次世代に伝えていくことが期待されています。

そのため本領域では、基礎としての自然科学の重要性を認識して学修する能力と知力を身に付けられるよう、学部教育で修得した知識を基盤として、物理学領域各分野の研究課題を見据えたカリキュラムを設置し、教育研究を遂行しています。また、物理学各分野の専門教員を配置、関連の深い他領域のカリキュラムと連携を取りながら、相互に有機的かつ体系的に学べる環境を整えています。「特別研究」においては、指導教授に加えアドバイザーを置いて論文作成の指導体制を強固にし、人材養成目的に適った内容・方法等により教育を進めます。また、年1回、特別研究中間発表会で研究の進捗状況を確認します。さらに、T・A（ティーチング・アシスタント）の機会を設けて、教育者として教育能力を高める経験を積むことができるよう配慮しています。このような課程を通して、物理学の基礎と応用に関する知識・技術、問題の発見・解析・モデル化の能力と、問題解決能力を身に付けることが可能となります。

より専門的な物理学の知識を有し、それらを教育・研究・開発に役立たせたい、新たな問題を発掘し解決したいという強い意欲、加えて英語論文を執筆できる力を持つ人には、博士後期課程への道も開かれています。

博士後期課程では、学生が物理学という自然科学の根本的な知識の基礎学修を通じて、教育・研究・開発の中核として広い領域で課題解決のできる能力を獲得し、高度な専門職業人として自立した個を確立することを教育目標に定めています。

「教育研究上の目的」

物理学領域の博士前期課程は、物理学という理学の根本的な科学知識の基礎を身に付け、それを応用し、社会における科学・技術関連分野の諸問題を解決する潜在的な能力を発揮できる人材の育成を目的とする。

「教育目標」

理学研究科の教育研究上の目的等を踏まえ、物理学領域博士前期課程では、科学・技術関連分野の諸問題を解決する潜在的な能力を発揮できる人の育成を、教育の最終の目標としています。現代の日本社会では、技術革新を通して多種多様な産業への科学技術の普及が急務とされています。育成目的としている人には、理学そのものの原点や基本に立ち返って基礎としての自然科学の重要性を認識して再学修する能力と知力が求められています。

本課程では、物理学という理学の根本的な科学知識の基礎の学修を通して、それを応用し、社会における科学・技術関連分野の諸問題を解決する潜在的な能力を涵養することを教育目標として定めます。

構成員紹介



おおいずみ みつお

大泉 三津夫

研究室→P15

職名：特任教授
学位：理学博士
研究分野：陸面過程、雪氷学
略歴：気象庁（高松地台、気象大学校、気象研究所、数値予報課）
神奈川大学理学部



ながさわ みちやす

長澤 倫康

研究室→P20

職名：教授
学位：博士（理学）
研究分野：宇宙物理学、宇宙論（初期宇宙）
略歴：東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了、日本学術振興会奨励特別研究員（東京大学大学院理学系研究科物理学専攻、京都大学基礎物理学研究所）、神奈川大学理学部助手、同専任講師、助教授、准教授を経て現職
URL：http://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/math-phys/nagasawa/



かすや しんた

粕谷 伸太

研究室→P16

職名：教授
学位：博士（理学）
研究分野：素粒子論の宇宙論、宇宙物理学、天文学
略歴：東京大学理学部物理学卒業、東京大学大学院理学系研究科物理学専攻修士課程修了、東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了、日本学術振興会特別研究員、ヘルシンキ物理学研究所研究員、神奈川大学理学部特別助手、特別助教、助教、准教授を経て、2016年より現職
URL：https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/math-phys/kasuya/



ほしの やすし

星野 靖

研究室→P21

職名：准教授
学位：博士（理学）
研究分野：量子ビーム科学、半導体・材料科学、宇宙物理学
略歴：日本学術振興会特別研究員(京都大学工学研究科)、パリ第6・7大学ナノサイエンス研究所客員研究員、立命館大学ポストドクトラルフェローを経て、2008年4月に神奈川大学理学部に赴任、2022年4月より現職。
URL：https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/math-phys/yhoshino/



かわひがし けん

川東 健

研究室→P17

職名：准教授
学位：理学博士
研究分野：計算物理学・機械学習を用いた物理学
略歴：神奈川大学 理学部 情報科学科 助手(平成 2年 4月～)、神奈川大学 理学部 情報科学科 専任講師(平成10年4月～)、神奈川大学 理学部 情報科学科 助教授(平成14年4月～)、神奈川大学 理学部 情報科学科 准教授(平成19年4月～)



みずの ともひさ

水野 智久

研究室→P22

職名：教授
学位：工学博士
研究分野：アトムテクノロジー・半導体物理／工学
略歴：1982年名古屋大学大学院理学研究科宇宙物理学専攻博士課程後期中退、東芝研究開発センター主任研究員を経て、2004年より現職。
URL：https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/math-phys/mizuno/



きむら たかし

木村 敬

研究室→P18

職名：教授
学位：博士（理学）
研究分野：物性物理学（理論）
略歴：1992年3月上智大学理工学部物理学卒業。東京大学大学院理学研究科物理学専攻博士前期課程及び後期課程修了後、日本学術振興会特別研究員を経て、科学技術振興事業団（研究実施場所は広島大学、東京工業大学）、NTT物性科学基礎研究所、東京大学、早稲田大学で研究員等として勤務。2004年4月神奈川大学理学部特別助手、2015年より現職
URL：https://www.kanagawa-u.ac.jp/professor/details/details_101739.html



しらいし たくや

白石 卓也

星野研究室→P21

職名：特別助教
学位：博士（理学）
研究分野：素粒子実験、宇宙観測
略歴：名古屋工業大学工学部電気電子工学科卒業、名古屋大学理学研究科素粒子宇宙物理学専攻修士課程修了、日本学術振興会特別研究員DC2、名古屋大学理学研究科素粒子宇宙物理学専攻博士課程修了（論文博士）、東邦大学博士研究員、日本学術振興会特別研究員PD（東邦大学）、2023年4月より現職



ちきゅう てつひこ

知久 哲彦

研究室→P19

職名：准教授
学位：理学博士
研究分野：統計力学、相転移の理論、数値物理学等
略歴：東京大学理学部物理学卒業、同大学理学系研究科修士課程修了、同博士課程修了、理学博士号取得、日本学術振興会特別研究員を経て神奈川大学理学部情報科学科助手に着任、同専任講師、同助教授を経て2007年より現職



つじ なおみ

辻 直美

職名：特別助教
学位：博士（理学）
研究分野：X線ガンマ線天文学、宇宙物理学
略歴：立教大学理学部物理学卒業、立教大学大学院理学研究科物理学専攻 博士前期課程修了、立教大学大学院理学研究科物理学専攻 博士後期課程修了、理化学研究所 数値創造プログラム特別研究員を経て現職
URL：https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/math-phys/ntsuij/

大泉三津夫研究室

構成員紹介→P14

研究分野 陸面過程、雪氷学

研究テーマ 「陸面過程」と呼ばれる陸上で起こる各種の気象・気候学的プロセスのモデル化、及び、
陸面と接地境界層と呼ばれる大気最下層との相互作用のモデル研究（数値モデル開発と数値実験）



研究室構成員

大泉 三津夫（特任教授）

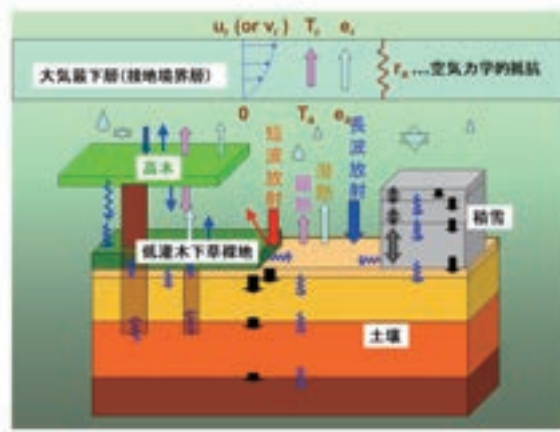
研究内容

短時間で小規模な気象現象は大気自体の性質によってほぼその運動が決まりますが、現象の時間・空間スケールが大きくなると、次第に下部境界である地表面の影響が大気の運動に大きな影響を与えるようになります。大規模で長期の気候ではそれが支配的になります。一方、ヒートアイランドのような局地的な現象でも下層大気と地表面は互いに相互作用を行って変化していきます。気象・気候と地表面にはこのように密接な関係があるため、当研究室では地表面の中の陸上で起こる「陸面過程」と呼ばれる各種の気象・気候学的プロセスと地面と接している接地境界層と呼ばれる厚さ数10mの空気層との相互作用（大気陸面相互作用）のモデル研究（数値モデル開発と数値実験）を行っています。

図に示した陸面モデルは植生・積雪・土壌を模した陸面モデルで、iSiBと呼ばれる数値モデルです。

このiSiB以外に、SPUCと呼ばれる都市のビルが立ち並んだ都市モデルの改良も行い、iSiBの積雪モデルが屋上やビル周囲の積雪再現のために移植され、現在、札幌や仙台といった積雪都市での冬季の熱環境の再現も可能になっています。

また、湖沼水温の時系列を再現するモデルも開発し、これを領域気候予測に使う非静力学領域気候モデルNHRCMに組み込んで、湖沼および周辺の領域気候の再現性の向上を図る試みも行っています。



陸面モデル研究の概念図。

植生（高木と低灌木・下草・裸地）と積雪・土壌からなる陸面モデル内部の諸過程、および、陸面とその上部の接地境界層間の相互作用を示す。

主要著書／論文

- 1) Improvement of Snow Depth Reproduction in Japanese Urban Areas by the Inclusion of a Snowpack Scheme in the SPUC Model, Ito R., T.Aoyagi, N.Hori, M.Oh'izumi, H.Kawase, K.Dairaku, N.Seino and H.Sasaki, JMSJ, Vol. 96, No.6, (2018)
- 2) Reproducibility of Snow by a Non-Hydrostatic Regional Climate Model(NHRCM) Nested in JRA-25, Oh'izumi M., I.Takayabu, and N.Ishizaki, JMSJ, Vol. 91, No. 2, (2013)

宇宙物理学(素粒子論的宇宙論、天体物理学) 粕谷研究室

構成員紹介→P14

研究分野 素粒子論的宇宙論, 宇宙物理学, 天文学

研究テーマ 宇宙をテーマに物理学・自然科学を研究, とくに、素粒子物理学と関連が深い初期宇宙の成り立ちや様相, 研究手法は理論的研究や数値シミュレーション, および、実験・観測データも取り扱う



研究室構成員

粕谷 伸太 (教授)

研究内容

宇宙論とは、いかにしてこの宇宙が出来たかを解明する学問である。大きく分けて4つの項目の研究している。

1. バリオン数の生成と暗黒物質

超対称性のある素粒子の標準理論では、クォークやレプトンの超対称性パートナーであるスクォークやスレプトンといったスカラー場のポテンシャルにはいくつかの平坦な方向があることが知られている。この平坦な方向に対応したスカラー場(MSSM flat directionと呼ばれる)が考えられ、バリオン数(やレプトン数)を持つことから、宇宙のバリオン数生成を行うアフleck・ダイン場として知られる。このアフleck・ダイン機構では、インフレーション中にアフleck・ダイン場が大きな期待値を持ち、インフレーション後にバリオン数を破るような相互作用によってポテンシャル上を回転することで大きなバリオン数が生成される。このとき、アフleck・ダイン場が大きな揺らぎを持ちノントポロジカルソリトンであるQボールが形成される。その様相を数値的に確かめた結果が図1である。

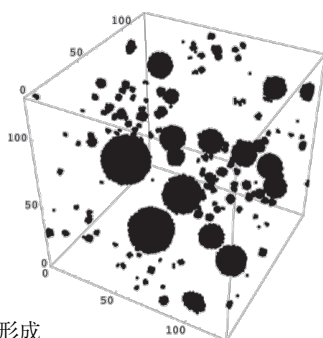


図1. Qボールの形成

その結果、当初アフleck・ダイン場が有していたバリオン数は、形成されたQボールにほとんど全て取り込まれ、宇宙のバリオン数はQボールからの蒸発という形でのみ供給される。ある種のQボールは核子への崩壊に対して安定であることが知られ、暗黒物質の有力な候補になっている。特に、暗黒物質とバリオン数が同一の起源から供給されることから、それらの量に関して直接的に関係が与えられるという興味深いシナリオとなっている。また、暗黒物質Qボールは大気等の地上にある核子との反応から検出可能性が議論され、理論モデルへの重要な示唆が与えられている。

2. 密度揺らぎ

密度揺らぎの起源はインフレーション中の軽いスカ

ラー場の量子揺らぎである。通常は、インフレーションを担う場であるインフラトンの揺らぎを考えるが、一般的には、インフレーション中には他の軽いスカラー場が存在する可能性がある。また、揺らぎには、断熱揺らぎと等曲率揺らぎの2種類のタイプがあり、観測から前者が揺らぎを支配していることが知られている。このような状況下では、(a)どの場が断熱揺らぎを担っているのか、(b)もしインフラトンが断熱揺らぎを担っているとすれば、他の軽い場から来る等曲率揺らぎにどのような制限がつくか、といった問題提起が出来る。(a)の解として、インフラトンではなく(1)で記述したMSSM flat directionなるスカラー場が担う事が出来ることを示した。一方、(b)の場合、アフleck・ダイン場からのバリオン等曲率揺らぎの制限から、インフレーションモデルと再加熱温度への制限を与える研究をした。

3. インフレーションと再加熱過程

インフレーションを担う場が超対称性のある素粒子に基づくモデルを提唱し、その検出可能性を議論した。一方、インフレーション後の再加熱過程は非摂動的に起こるのだが、それを理論的・数値的に議論した研究がある。

4. 宇宙背景放射と宇宙物理

素粒子の崩壊によって生成されるガンマ線等の宇宙論的・宇宙物理的影響について研究した。例えば、素粒子崩壊によって作られた紫外線が宇宙の再電離過程にどのように影響を及ぼすかを議論し、宇宙背景放射の観測と比較した研究や、銀河中心で素粒子崩壊によって作られた陽電子と周りの電子との対消滅から出来るガンマ線量を見積もり、観測結果を説明できることを示した研究、などがある。

主要論文

- ◇ Q-ball formation through the Affleck-Dine mechanism, S. Kasuya & M. Kawasaki, Phys. Rev. D 61, 041301 (2000).
- ◇ Reheating as a surface effect, K. Enqvist, S. Kasuya & A. Mazumdar, Phys. Rev. Lett. 89, 091301 (2002).
- ◇ Adiabatic density perturbations and matter generation from the minimal supersymmetric standard model, K. Enqvist, S. Kasuya & A. Mazumdar, Phys. Rev. Lett. 90, 091302 (2003).
- ◇ New observable for gravitational lensing effects during transits, S. Kasuya, M. Honda & R. Mishima, MNRAS 411, 1863 (2011).
- ◇ Enhancement of second-order gravitational waves at Q-ball decay, S. Kasuya, M. Kawasaki & K. Murai, JCAP 05, 053 (2023).

理論物理学(計算物理学、原子核理論) 川東研究室

構成員紹介→P14

研究分野 計算物理学・機械学習を用いた物理学

研究テーマ 深層学習を用いた物理モデルの学習によるさまざまな物理量の推定



研究室構成員

川東 健(准教授)

研究内容

本研究室では物理系シミュレーション, Pythonによる数値計算, データ・サイエンス, 機械学習を用いた物理学を研究分野とし, 諸々の自然現象・社会現象のシミュレーション, 原子核理論・宇宙物理・生物科学・気象学等の大規模計算や深層機械学習に基づく物理学の効率的な計算方法をテーマとしている。ゼミナールでは, シミュレーション・プログラミングのためにPython言語の中級以上レベルの習得をめざし, 適切なテキスト輪講および演習を行っている。

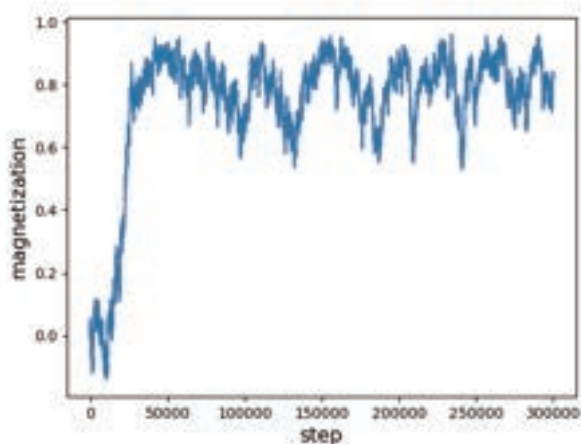
現在は複雑系シミュレーション・アプリケーションを簡単に作成できるPython言語用フレームワーク(モジュール)を開発中である。またビッグ・データのデータ・マイニングによって導かれる新たな複雑系現象の発見や深層機械学習に基づく効率的な数値計算手法の確立を目指している。

主要著書/論文

Pionic Enhancement in Quasielastic (p,n) Reactions at 345 MeV, 川東健 他, 平成16年 5月, Physical Review C 69 (2004) 054609頁

計算物理学と関数型プログラミング-Java 8 新仕様の物理学への応用と並列計算の可能性-, 川東健, 平成27年 6月, Science Journal of Kanagawa University (26),13-16頁(神奈川県) 所)

関数型プログラミングによる格子系シミュレーションの実装, 川東健, 平成29年 6月, 神奈川大学理学誌 28(2),171-174 頁(神奈川県) 所)



イジング模型の磁化の変化

理論物理学(量子物性物理) 木村研究室

構成員紹介→P14

研究分野 物性物理学(理論)

研究テーマ 冷却原子気体のBose-Einstein凝縮体や超伝導体に代表される量子多体系の物性研究



研究室構成員

木村 敬(教授)

研究内容

Bose-Einstein凝縮(超流動)や超伝導などに関わる現象を広く研究しています。この2つは、現象そのものも異なり、現象を起こす粒子もBose-Einstein統計に従うBose粒子とFermi-Dirac統計に従うFermi粒子と分かれています。Fermi粒子は対をつくることでBose粒子のように振る舞うことが分かっています。そのため、本質的には類似の現象と理解されています。なお、研究室では、特に総合理学プログラム(2023年からの新しい理学部では総合理学コース)の学生など多様なバックグラウンドをもつ学生もいますので、木村の専門分野にとらわれない研究をすることもできます。流体の物理とも関係のある、交通流の解析もその一つです。

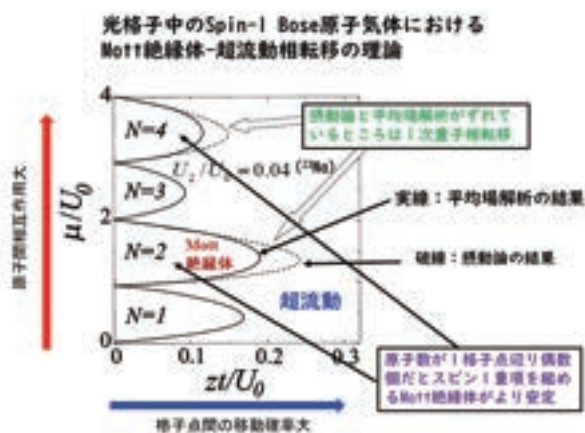
主要著書/論文

二層二重スリットでの量子干渉思考実験, Science Journal of Kanagawa University 30,25-32 (2019).

Strong-coupling expansion for the spin-1 Bose-Hubbard model, Phys. Rev. A 87, 043624 (2014).

Possibility of a First-Order Superfluid-Mott-Insulator Transition of Spinor Bosons in an Optical Lattice, Phys. Rev. Lett. 94, 110403 (2005).

Pairing correlation in the two- and three-leg Hubbard ladders -- Renormalization and quantum Monte Carlo studies, J. Phys. Soc. Japan 67, 1377-1390 (1998).



光格子中のSpin-1 Bose原子気体の相図: Spin-1 Bose系ではSpin-0 Bose系には見られないMott絶縁体-超流動体間の1次量子相転移が理論的に期待されている。

理論物理学(統計物理学、数理物理学) 知久研究室

構成員紹介→P14

研究分野 統計力学、相転移の理論、数理物理学等

研究テーマ イジングモデルに代表される多くの要素が相互作用している系の秩序形成のメカニズムや紐の絡みの複雑さを解析的手法およびコンピューター的手法を用いて研究している



研究室構成員

知久 哲彦(准教授)

研究内容

1. フラストレーションやランダム性が秩序に及ぼす影響の研究

フラストレーションとは各要素が複数の状態をもつような多くの要素がたがいに相互作用しているとき、すべての要素間相互作用を安定に保つことができない状況という。例えば磁性体において各スピンについてupとdownの2つの状態が可能であるとき、反強磁性相互作用をしている三角配置のスピン対は各スピンの異なる状態をとっても不安定なスピン対が存在する。したがって三角格子構造をもつ反強磁性体はフラストレートしている。このような場合、フラストレーションはスピンの特定の方向に秩序化することを妨げる方向に作用し、磁性転移温度は低下もしくは消失する。ただしエントロピーの効果によって異なる有限温度領域でそれぞれ異なる対称性の秩序が生じる場合もあり、秩序の対称性の多様性はフラストレーションに起因している。またフラストレーションにより秩序がソフト化するため、系のダイナミクスが活性化される作用もある。この性質はdamage spreadingと呼ばれる現象を観測することで顕著に現れる。

ここまで磁性体を例に説明したが、フラストレーションは脳神経回路網における興奮性シナプス、抑制性シナプスの競合、社会ネットワークにおける好意的関係、敵対的関係の競合など広範にわたる分野における多体系に現れ、それぞれの系の機能にフラストレーションは重要な役割を果たしている。

一方で相互作用のランダム性は系の秩序に不均一性をもたらす。この不均一性は秩序の強さのみでなく、方向をもランダムに固定する場合がある。このような系の秩序そのものは外部から観測されない場合もあるが、その場合でも外場に対する応答にその影響が現れるのでランダムな秩序の存在を間接的に知ることができる。また不均一な秩序化の影響は系のダイナミクスに顕著に現れる。秩序の固定度が不均一なため緩和の時間スケールが広く分布していることにより、非常に遅い緩和モードが一般に存在する。この性質は不均一な磁性体(スピングラス)の磁気緩和、ガラス状態の構造緩和、たんぱく質の折りたたみ変形など様々な不均一系において観測されている。

これらの2つの性質(フラストレーションとランダム性)が系に同時に作用するとき、系の秩序にさらに多様な影響を与える。すなわちフラストレーションによる多様な対称性、ランダム性による秩序の不均一性が系の秩序に複雑な準安定構造をもたらす。そのことにより温度や外部磁場などの環境変数の変化に対して秩序構造は敏感に反応する。また環境変数の変化の時間スケジュールに秩序の変化があらわに依存する履歴現象が観測され

る。このような現象は温度カオス、メモリー効果といったキーワードで盛んに研究されている。

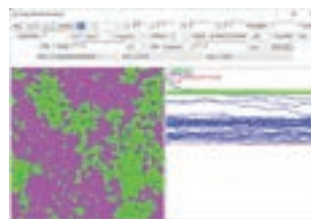
フラストレーションとランダム性をより広くとらえるとき、複雑な拘束条件のもとで結果を最適化する問題も対象に含めることができる。その場合、最適解を探索するまでの計算量のようなものと対象としている系の緩和時間に関連性があることがわかる。フラストレーションとランダム性のある系の性質を解明することで、一般に計算困難といわれている問題に対する有効なアプローチが見つかるかもしれない。

私はこのようなフラストレーションとランダム性が系に同時に存在するとき、秩序にどのような影響を与えるかを一般的な視点から、解析的手法およびコンピューター的手法を用いて理論的に研究している。

2. 紐の絡み合い現象の解明

自由に変形、移動する紐の集合体においては一般に絡み合いが起こる。これらの現象は紐の柔軟度、長さ、空間密度、相互作用の性質によって影響を受ける。このような現象は紐を確率的なウォークとみなし、ウォークの同位変形という概念を用いて絡み合いを数学的に正確に扱うことができる。これらの対象物を扱う数学は結び目理論、組みひも理論と呼ばれるもので、幾何学の一分野をなしている。このような紐を確率的に変動する対象とみなした場合、絡み合いの複雑度がまわりの環境によってどう変化するかについては未知のことも多く、私の興味は特にそのあたりにある。

ロープの絡み合いそのものの以外にも高分子溶液、プラズマにおける磁力線、流体の渦糸、量子通信における波動関数の位相の絡み合いなどミクロからマクロに至るまで紐の集合体とみなせる対象物は多数ある。絡み合いの複雑さはこれらの系において引っ張り強度、弾性などの力学的性質、粘性などの流体的性質などと密接に結びついている。私は結び目理論や確率論で明らかになっている道具立てと計算機的手法を併用することでこのような絡み合い現象を数理的に扱い、そのメカニズムを解明することを目指している。



磁性体のモデルのシミュレーション画像

主要著書/論文

- ・ A Simple Example of Exactly Solvable Models with Reentrant Phenomena (Prog.Theor.Phys., 1987)
- ・ Physical Interpretation of Damage Spreading Phenomena (J. Phys. Soc. Jpn., 1997)

宇宙物理学(相対論的宇宙論、宇宙科学) 長澤研究室

構成員紹介→P14

研究分野 宇宙物理学、宇宙論（初期宇宙）

研究テーマ 一般相対性理論などの物理理論からの宇宙論、天文学に関わる予言を、多様な実験、観測の結果によって検証することによる、宇宙の誕生、進化、今後の運命の解明、および新たな物理理論の構築



研究室構成員

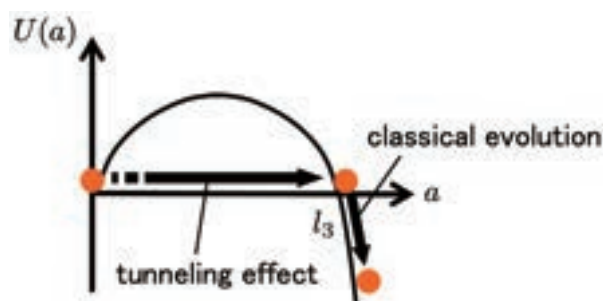
長澤 倫康（教授）

研究内容

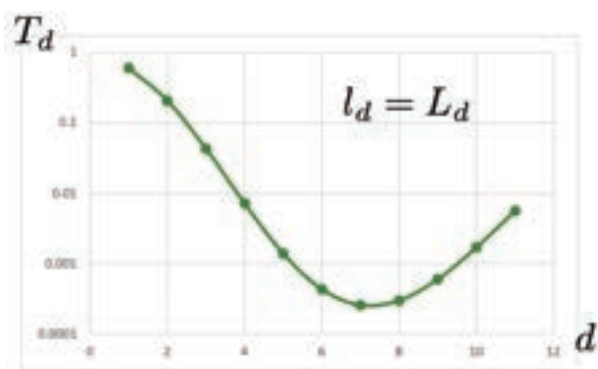
本研究室では主に宇宙論、すなわち我々の住むこの宇宙は、どこまで広がり、いつ始まり、今後どのような運命をたどるのか、そしてなぜ現在このような姿をしているのかを、物理学に基づいて研究しています。宇宙、すなわち時間と空間を科学的に扱うことのできる一般相対性理論を基盤として、21世紀に入り長足の進歩を遂げつつある天文、宇宙観測から得られる知見も援用し、狭い意味での宇宙論そのものや宇宙物理学、天文学をはじめ広く宇宙に関係する課題に取り組んでいます。

研究室の主宰者は主に初期宇宙に興味を持っています。誕生後間もない大昔の宇宙は今より高温、高密度であったことがわかっていて、そこでは物質は基本的素粒子にまで分解されてしまっています。その時代に一体どのようなことが起こったのか、その結果が現在の宇宙にどのように影響しているのかを理論的に解明することを目指しています。その中でも特に、宇宙がその発展の過程で経験した宇宙論的相転移の様相や、それらの相転移に伴う位相的欠陥の生成、およびその後の進化を調べ、バリオン非対称問題や暗黒物質問題、銀河や銀河間に存在する磁場の起源など、未解決の宇宙論的諸問題への寄与を明らかにする一方、素粒子の理論モデルへの制限も得ようとする、素粒子論的宇宙論の分野に携わってきました。近年は、拡張重力理論への発展を見据えて、相対論的宇宙論にも視野を広げています。

大学院生には、天文および宇宙、さらには相対論を含む自然科学一般に関係した多様な課題に、理論、観測、計算機シミュレーションのいずれかまたは組み合わせを利用して、各人の特性に応じた手法で取り組んでもらいます。過去には、一般相対性理論と同等に重力を記述できる遠隔平行重力理論に、量子的効果に関係するとみなされている時空の非可換性を導入し、その結果得られる古典重力理論からのずれを各種実験、観測と照らし合わせて、量子重力理論構築への手がかりを得ようとする研究などがありました。図は、無からの宇宙生成と呼ばれる別の量子宇宙論モデルに基づく、宇宙全体の波動関数が従う方程式から計算した、宇宙生成確率の時空次元数依存性の研究成果です。実験や観測により検証する段階までは遠いものの、我々の宇宙が誕生したのは偶然か必然かに迫ろうとする野心的な課題です。



無からの宇宙創生：宇宙の大きさ a に対して有効エネルギーポテンシャル $U(a)$ を持つ宇宙が、トンネル効果により、真空のエネルギーである宇宙定数の値から決まる有限の大きさ l_3 で誕生する。



空間の次元と宇宙生成確率の関係：空間が一様等方な $d+1$ 次元時空の生成確率 T_d 。宇宙定数で決まる生成時の宇宙の大きさ l_d が $d+1$ 次元プランク長さ L_d に等しい場合。

主要著書／論文

- Cosmological Defect and High Energy Experiments (International Journal of Modern Physics A22, 5785, 2007)
- Cosmological Symmetry Breaking and Generation of Electromagnetic Field (SIGMA 6, 053, 2010)
- Gravity in Extreme Regions Based on Noncommutative Quantization of Teleparallel Gravity (Classical and Quantum Gravity 35, 155010, 2018)
- Softening of Gravitational Effect on Noncommutative Spacetime (Journal of Physics: Conference Series 1468, 012006, 2020)

実験物理学(量子ビーム応用、放射線物理) 星野研究室

構成員紹介→P14

研究分野 量子ビーム科学、半導体・材料科学、宇宙物理学

研究テーマ 「加速器から発生した高エネルギー粒子ビーム照射」における固体中での原子輸送現象の物理的理解と量子ビーム技術の物質材料科学、天体・宇宙物理学への応用



研究室構成員

星野 靖 (准教授)

白石 卓也 (特別助教)

関 裕平 (非常勤講師・客員研究員)

村下 達 (非常勤講師・客員研究員)

研究内容

本研究室は、最高電圧1MV(=1,000,000V)と200kV(=200,000V)の2台の静電型粒子加速器を所有しており、「固体へのビーム照射における原子輸送現象の解明とビーム照射技術の応用」に関する研究をしています。原子輸送現象とは、イオン・電子・光子・中性子など様々な量子ビーム照射により生じる構造相転移や原子拡散、化学反応の増速など非熱平衡状態で起こる特異な原子ダイナミクスのことを言い、このようなマクロな物理・化学的現象を引き起こす際には、入射ビームと固体中の原子との様々な相互作用によるエネルギー移行が物性や構造の変化に重要な役割を果たします。そのような意味でも、入射ビームと原子や原子核との衝突・反応過程の解明や反応断面積等の精密測定は、マクロな現象の理解のみならず、量子ビーム分析技術の高精度化や新しい検出器開発等において重要な研究テーマと言えます。また量子ビーム照射は、例えば半導体への不純物原子の打ち込みや材料分析、病気の診断や治療等でも広く応用されているように現代の科学・医療分野において中核をなす技術の一つとなっています。

特に、私たちが所有している粒子加速器は、液体窒素温度(-196℃)から1000℃の広い温度で広範囲に均一にイオンビーム照射ができる日本で唯一の加速器です。この利点を活かし、私たちは材料物性科学を中心に、環境科学、天文・宇宙物理学、エネルギー工学など幅広い分野を対象に研究を進めています。以下に、共同研究を含めた最近の代表的な研究について紹介します。

1. ワイドギャップ半導体への高温・低温イオン注入・照射による不純物原子の導入とデバイス応用の研究
2. イオンビーム照射による高機能性材料の創成と形成機構の解明
3. 量子ビームを用いた各種材料分析と分析技術の高精度化
4. 宇宙暗黒物質探索のための検出装置開発と性能評価
5. 新しいプローブ集光型走査トンネル顕微鏡の開発



液体窒素温度(-196℃)における200kVイオンビーム照射実験装置のビーム照射部。イオンビーム照射における微弱的な発光も分光することができ、主に暗黒物質探索に関する実験に使用しています。



研究室の全景。中央が1MVのタンデム型イオン加速器(手前から奥に向かって加速)。陽子では、光速の7%程度まで加速できます。高速のイオンビームを用いた材料の元素分析やビーム照射による改質を行うことができます。

主要著書／論文

- 1) Remarkable p-type activation of heavily doped diamond accomplished by boron ion implantation at room temperature and subsequent annealing at relatively low temperatures of 1150 and 1300°C, Appl. Phys. Lett. **115**, 072103/1-5 (2019).
- 2) Local structure of phosphorus atoms implanted in crystalline diamond, J. Appl. Phys. **132**, 165704/1-11 (2022).
- 3) Mineral Detection of Neutrinos and Dark Matter: A White paper, Phys. Dark Universe, **41**, 101245/1-53 (2023).

実験物理学(ナノ構造半導体) 水野研究室

構成員紹介→P14

研究分野 アトムテクノロジー・半導体物理／工学

研究テーマ ナノ領域IV族半導体研究 (IV族半導体量子ドット (SiGe, Si, SiC, C)) を通して、量子的物性の研究と新たな発光デバイスの開発。



研究室構成員

水野 智久 (教授)

研究内容

ナノ領域IV族半導体においては、量子効果による新たな物理現象が生じる。水野研究室では、その量子効果を利用した、新しい発光素子と究極の超微細デバイスを目的とした半導体研究を行っている。

I. SiCナノドット研究

Si基板(表面酸化膜付き)に、Cイオンを高温で注入すると、Si中にC原子が自動的に集合してSi原子と結合し、図1(a)の電子顕微鏡写真のように、新しい半導体SiCナノドットが多数形成することを我々は発見した。図1(b)の高倍の電子顕微鏡写真からわかるように、Si表面から酸化膜領域へのSiCドット成長を確認した。図1(c)のように紫色で発光することを確認できた[1]。

このSiCナノドットは、新たなLEDへの応用が期待できる[2]。

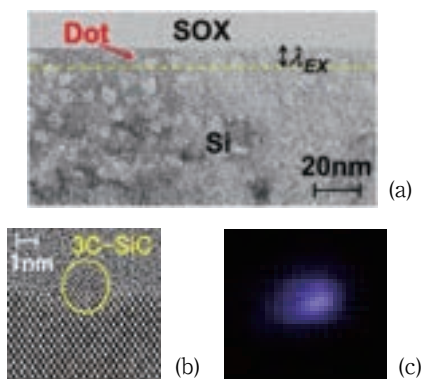


図1. 断面電子顕微鏡TEM写真. (a)広域での多数のSiCドット, (b)酸化膜界面のSiCドットの例である3C-SiCドット(黄色丸内). (c) 怪しく紫色で発光するSiCナノドット.

II. IV族半導体量子ドット研究

上記I.の研究を発展させ、更に発光強度の向上を実現したSiGeからCのIV族半導体量子ドット (IV-QD) 研究を簡易な製法である酸化膜へのイオン注入法(図2(I))を用いて行っている[3]-[6]. バンドギャップEGの大きな酸化膜中のIV-QDにおいては、電子の量子的閉じ込め効果により発光強度が飛躍的に向上する. 例えば、図2(II)にSiGe-QD(白ドット)の断面STEM写真示すように、サイズ2nm程度のSiGe-QDが $2 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ 程度の密度で形成されてい

る. 図3はIV-QDからの発光スペクトルで、各IV-QDのバンドギャップEGの違いにより、近赤外から近紫外までの広帯域での発光が実現出来ている. このように、IV-QDは量子効果の物理研究のみならず、発光素子として実用的にも有望である.

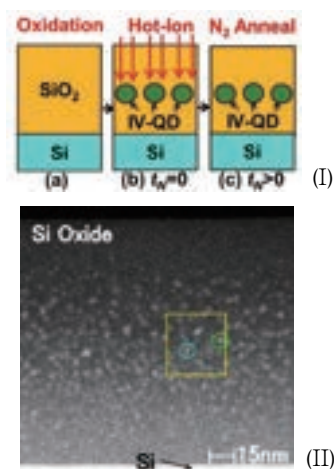


図2. (I)IV-QD作製法, (II)SiGe-QD(白丸) 断面STEM写真.

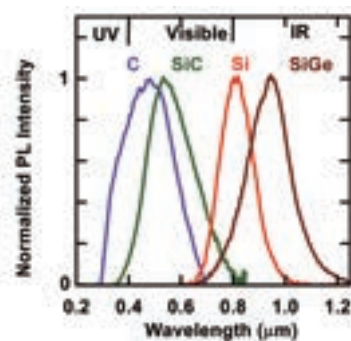


図3. IV-QD(SiGe, Si, SiC, C)のPL発光.

主要著書／論文

- [1] T. Mizuno et al., Jpn. J. Appl. Phys., **56**, 04CB03 (2017).
- [2] T. Mizuno et al., Jpn. J. Appl. Phys., **58**, 081004 (2019).
- [3] T. Mizuno et al., Jpn. J. Appl. Phys., **60**, SBBK08 (2021).
- [4] T. Mizuno et al., Jpn. J. Appl. Phys., **61**, SC1014 (2022).
- [5] T. Mizuno et al., J. Appl. Phys., **133**, 145703 (2023).
- [6] T. Mizuno et al., J. Appl. Phys., **135**, 024301 (2024).

化学領域

化学領域

「領域の特色」

国際化と情報化の流れにある知識基盤社会において、化学技術の現場では、化学の専門的知識だけでなく、広い教養と情報処理能力およびコミュニケーション能力を身に付け、物質を扱うさまざまな分野において技術の発展に積極的に貢献しうる人材が求められています。また、大学では、教育および研究能力を兼ね備えた教員が、化学技術の現場では、困難な問題の解決能力を有し、研究成果の潜在的な意義をも認識できる創造的な研究者・技術者が求められています。

本領域では、化学の基礎知識を基盤とした論理的思考力と表現力を身に付け、化学関連分野において、問題の解決や技術の発展に貢献する能力を備えた中核として活躍することができる人材の育成を目指します。また、化学関連分野の教育・研究・開発の最前線において中心的役割を果たすことができる人材を育成します。

- ・学部教育で修得した知識を基盤として、より高度な化学の専門教育を行います。現代化学の基盤となる重要な研究の背景・意義・その後の展開を解説することにより、新規課題を探求するために必要な方法を教授します。

- ・必修科目の「特別研究」ならびに「特別演習」の履修を通じて、各専門分野における研究の最先端および課題解決能力を修得できるようにします。「特別研究」においては指導教授に加えて3人のアドバイザーによる助言を行い、論文作成における指導体制や、人材養成目的に適った教育内容・方法等を確認します。

- ・学内外の研究者による「化学特別講義」により、研究活動に広く触れる機会を提供します。また「先端科学演習」で培った機器分析および構造解析の技術を利用して研究を進めます。

- ・化学領域教員が担当する「化学論文英語」を本領域の必修科目とし、英語論文の理解および作文能力を育成します。英語でのプレゼンテーションや情報交換をする能力を身に付けさせるため、国内外の学会での研究発表を奨励しています。

- ・理学研究科理学専攻の学修フローチャートに加え、9月と1月に年2回の特別研究中間発表会を行い、領域全体で研究の進捗状況を確認します。

「教育研究上の目的」

化学領域の博士前期課程は、物質探究の基礎及び関連分野において先導的役割を果たしうる有能な人材、すなわち高度な化学の専門的知識・能力を持つ高度専門職業人の育成を目的とする。

「教育目標」

本学の教育目標及び本研究科の教育研究上の目的等を踏まえ、化学領域博士前期課程では、高度な化学の専門的知識を受け、専門的職業人たりうる能力を育成することを、教育の最終目標としています。

国際化と情報化の流れにある知識基盤社会において、化学技術の現場では、化学の深い専門知識と、広い教養と、洗練された情報処理能力及びコミュニケーション能力を身に付け、物質探求の基礎及び応用技術分野において中核となりうる有能な人、すなわち高度な専門的職業人が求められています。

本課程では、求められる能力を涵養するため、技術の発展や問題の解決に積極的に取り組み、困難な問題に対して仮説を立て、それを立証するための研究計画を立て、自ら遂行できる能力を育成します。また正しい日本語を用いて研究の成果や考えを口頭や文書で論理的に発表できる能力、英語の論文を理解しコミュニケーションできる能力を獲得させることも教育目標として定めます。

構成員紹介



かべ よしお

加部 義夫

研究室→P26

職名: 教授
学位: 理学博士
研究分野: 有機金属化学、有機ケイ素化学、フラーレン化学、有機光化学
略歴: 筑波大学大学院博士課程化学研究科修了、マサチューセッツ工科大学、花王基礎科学研究所研究員、筑波大学化学系助手、講師、助教授を経て、2004年より現職
URL: <https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/chem/kabe/>



しらい なおき

白井 直樹

研究室→P31

職名: 准教授
学位: 博士（理学）
研究分野: 宇宙化学、地球化学、分析化学
略歴: 東京都立大学大学院理学研究科化学専攻博士課程修了、フロリダ州立大学・国立強磁場研究所博士研究員、首都大学東京教養学部化学科（現・東京都立大学理学部化学科）助教を経て現職



かわい あきお

河合 明雄

研究室→P27

職名: 教授
学位: 博士（理学）
研究分野: 光物理化学、活性酸素、イオン液体、ラジカル反応
略歴: 東京工業大学・博士研究員、カリフォルニア大学・博士研究員、東京工業大学・助手・准教授、神奈川大学・教授
URL: https://www.kanagawa-u.ac.jp/professor/details/details_101996.html



すずき けんたろう

鈴木 健太郎

研究室→P32

職名: 教授
学位: 博士（理学）
研究分野: 生物物理化学、有機物理化学、ソフトマター
略歴: 総研大数物科学研究科構造分子科学専攻博士後期課程修了。分子科学研究所博士研究員、東大院総合助教、出版社勤務、神奈川大学理学部准教授等を経て現職。
URL: <https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/chem/suzuken/>



かわもと たつや

川本 達也

研究室→P28

職名: 教授
学位: 理学博士
研究分野: 錯体化学、人工光合成、人工酵素
略歴: 筑波大学大学院博士課程化学研究科修了、大阪大学教養部助手、分子科学研究所助手、カンザス州立大学博士研究員、大阪大学理学部助手、大阪大学大学院理学研究科助手、講師、准教授を経て現職
URL: <https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/chem/kawamoto/>



つじ はやと

辻 勇人

研究室→P33

職名: 教授
学位: 博士（工学）
研究分野: 有機合成化学、元素科学、機能性物質科学
略歴: 京都大学大学院工学研究科博士課程修了、日本学術振興会特別研究員（PD）、京都大学化学研究所助手、東京大学大学院理学系研究科准教授、JSTさきがけ「新物質科学と元素戦略」研究員（兼任）、ストラスブール大学客員教授（兼任）
URL: <https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/chem/tsuji/>



きはら のぶひろ

木原 伸浩

研究室→P29

職名: 教授
学位: 博士（工学）
研究分野: 超分子化学、高分子化学
略歴: 東京大学大学院工学系研究科合成化学専攻博士後期課程中途退学、東京工業大学資源化学研究所助手、同高分子工学科助手、大阪府立大学工学部応用化学科講師、同助教授を経て、2005年より現職
URL: <https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/chem/kihara/>



にしもと ゆうこ

西本 右子

研究室→P34

職名: 教授
学位: 理学博士
研究分野: 分析化学、環境分析
略歴: 千葉大学理学部、千葉大学大学院 理学研究科化学専攻修士課程 修了 理学博士（論文）、セイコー電子工業（株）を勤務後、神奈川大学理学部助手 専任講師、助教授を経て、2010年から理学部教授
URL: https://www.kanagawa-u.ac.jp/professor/details/details_101361.html



しょうじ たつや

東海林 竜也

研究室→P30

職名: 准教授
学位: 博士（理学）
研究分野: 光物理化学、ナノ・マイクロ化学、ナノフォトニクス
略歴: 北海道大学大学院理学院化学専攻博士後期課程修了、日本学術振興会特別研究員(DC2)、北海道大学博士研究員、大阪市立大学博士研究員、大阪市立大学講師を経て現職
URL: <https://tshoji.com/>



ひろつ まさかず

廣津 昌和

研究室→P35

職名: 教授
学位: 博士（理学）
研究分野: 無機化学、錯体化学、有機金属化学
略歴: 岡山大学大学院自然科学研究科博士課程修了、群馬大学工学部助手、大阪市立大学大学院理学研究科講師、准教授を経て現職

構成員紹介



ほり ひさお
堀 久男

研究室→P36

職 名：教授
学 位：工学博士
研究分野 環境化学（環境負荷低減、資源循環、グリーンプロダクション）
略 歴：慶應義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程修了、(株)東芝・研究開発センター研究員、通商産業省工業技術院資源環境技術総合研究所主任研究官、マックスプランク研究所客員研究員（科学技術庁長期在外研究員）、（国）産業技術総合研究所・環境管理技術研究部門研究グループ長を経て現職
URL : <https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/chem/hori/>



たけい たかや
武井 尊也

職 名：教務技術職員
学 位：博士（理学）
略 歴：筑波大学大学院修士課程修了後現職



まつばら としあき
松原 世明

研究室→P37

職 名：教授
学 位：工学博士
研究分野 量子化学、計算化学、理論化学
略 歴：東京大学大学院工学系研究科合成化学専攻博士課程修了、姫路工業大学(現 兵庫県立大学)工学部応用化学科助手、（財）基礎化学研究所(現 京都大学福井謙一記念研究センター)主任研究員、広島大学大学院理学研究科特任准教授などを経て現職



よこやま ひろし
横山 宙

職 名：教務技術職員
学 位：理学修士
略 歴：神奈川大学大学院理学研究科修士課程修了後現職



ちからいし のりこ
力石 紀子

研究室→P35

職 名：助教
学 位：博士（理学）
研究分野 結晶化学、超分子化学
略 歴：東京工業大学大学院理工学研究科高分子工学修士課程修了、東京農工大学物質生物工学科文部技官、神奈川大学理学部助手を経て現職



わたなべ のぶこ
渡邊 信子

研究室→P26

職 名：助教
学 位：理学博士
研究分野 有機合成化学、有機光化学
略 歴：東京都立大学卒業、（財）相模中央化学研究所、（株）富士レボ、平成7年10月より神奈川大学理学部



やまし かつのり
山西 克典

研究室→P28

職 名：特別助教
学 位：博士（理学）
研究分野 無機化学、錯体化学
略 歴：静岡大学理学部化学専攻卒業、同大学院理学研究科化学専攻博士課程修了、日本学術振興会特別研究員、分子科学研究所博士研究員を経て現職

有機化学(反応有機化学、ケイ素・フラーレン化学) 加部研究室

構成員紹介→P24

研究分野 有機金属化学, 有機ケイ素化学, フラーレン化学, 有機光化学

研究テーマ 有機ケイ素化合物, フラーレンやジオキセタン誘導体を合成し, その特異な構造や反応性を研究し, 理論計算からもその理由を解明することを研究テーマとしている。



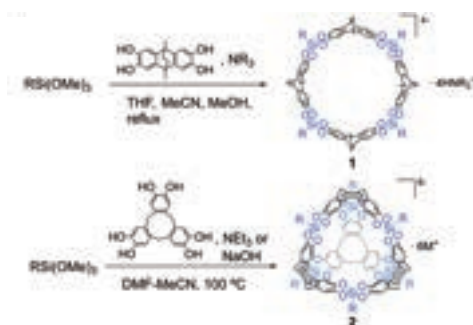
研究室構成員

加部 義夫(教授)、渡邊 信子(助教)、
川上 義輝(研究員)

研究内容

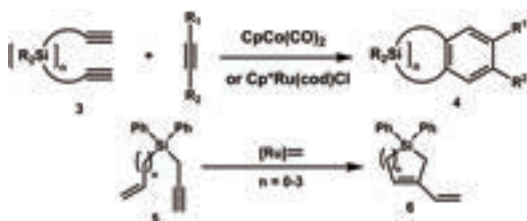
1. ナノスケール含ケイ素超分子の合成

ポリカテコール類とトリアルコキシシランのゾルゲル反応で、大環状(1)およびかご状ポリカテコラート(2)が合成できることを見出した。それらの合成収率は高く、ケイ素の関与したゾルゲル反応として、動的共有結合と見なされる最初の報告例となる。¹⁾ ポリカテコラート1はカウンターカチオンをはさみながらチューブ状に積層し、ポリカテコラート2は種々のカチオンをその空孔に取り込む分子カプセルとしての性質を示した。



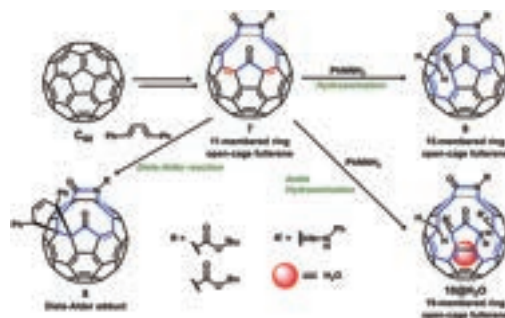
2. 環状ケイ素化合物合成のための触媒反応の開発

我々はSi-Si, Si-C結合にかわりC-C結合形成による環状ケイ素化合物の合成を検討している。CoおよびRuカチオン触媒反応によりシラおよびジシラジン3とアセチレン類の[2+2+2]環化反応による環状ケイ素化合物の合成4の合成を報告した。²⁾ さらにシラエンイン5のRuカルベンGrubbs触媒による閉環メタセシス(RCM)反応により環状ケイ素化合物6の合成に成功した。その反応機構を理論計算からも明らかにしている。



3. 穴あきフラーレンの合成と構造決定

炭素のみからなる球状化合物、フラーレンC₆₀は有機化学的手法により穴をあけることができ、その穴を通して他の原子や分子を内包する事ができる。我々はC₆₀からの二段階の反応でアミドのN上に電子求引性基が置換した、11員環開口部を有する穴あきフラーレン7を合成し、その各種ジエンとのDiels-Alder反応が位置選択的に進行する事を示した。また7と置換ヒドラジンとの反応ではモノあるいはダブルヒドロアミノ化が起こり、それぞれ15, 19員環に開口部が拡大した穴あきフラーレン9と10を与える事を見出した。この時、10の生成には水の内包が伴い10@H₂Oとして得られることも見出した。³⁾



4. ジオキセタン型高効率化学発光化合物の設計と合成

フェノール性置換基を有するCTID型ジオキセタン11は塩基処理によるトリガリングで効率よく発光する。現在はこれまで検討されて来なかった有機超塩基のトリガリングによる新しい発光系を見出し、またジオキセタンの固体状態での発光について検討している。⁴⁾



主要著書/論文

- 1) Y. Kawakami, T. Ogishima, T. Kawara, S. Yamauchi, K. Okamoto, S. Nikaido, D. Souma, R.-H. Jin, Y. Kabe, *Chem. Commun.*, **2015**, 51, 14746-14749.
- 2) T. Amakasu, K. Sato, Y. Ohta, G. Kitazawa, H. Sato, K. Oumiya, Y. Kawakami, T. Takeuchi, Y. Kabe, *J. Organomet. Chem.*, **2020**, 905, 121006.
- 3) T. Tanaka, K. Morimoto, T. Ishida, T. Takahashi, N. Fukaya, J.-C. Choi, Y. Kabe, *Chem. Lett.*, **2018** 47, 503-506.
- 4) N. Watanabe, A. Wakatsuki, H. K. Ijuin, Y. Kabe, M. Matsumoto, *Tetrahedron Lett.*, **2018**, 59, 971-97.

物理化学(光化学、反応動力学) 河合研究室

構成員紹介→P24

研究分野 光物理化学、活性酸素、イオン液体、ラジカル反応

研究テーマ 新しい化学現象に基づくレーザー分光法を開発し、河合研でしかできない方法で活性酸素やラジカルの反応速度を測定します。イオン液体中の反応機構やフラーレンの抗酸化能などを解明します。



研究室構成員

河合 明雄(教授)、付 哲斌(客員研究員)、
高橋 広奈(客員研究員)、吉田 剛(客員研究員)、
平野 弘樹(客員研究員)、川井 葉子(事務補佐員)

研究内容

はじめに

化学現象では、分子エネルギーがどのように使われるかが重要です。当研究室は、この過程に関し、新しい有益な現象を発見・解明、研究に必要な装置開発を行い、研究を推進します。特に、物質の光励起エネルギーの移動や反応素過程が重要で、高い時間分解能をもつ磁気共鳴法や超高感度分光法を開発して観測します。具体的には、活性酸素のエネルギー緩和、計測感度の向上につながる電子スピン分極発生、新規液体であるイオン液体中の化学反応を取り上げます。

イオン液体の物理化学と新物質開発

20世紀末にイオン液体が発見されました。イオン液体は、陽イオンと陰イオンの相互作用が物性に影響し、その化学の理解には基礎的性質の解明が課題です。例えば、イオン液体はクーロン力の影響で不揮発と思われています。当研究室は、蒸気圧を超高感度吸収分光法で測定し、蒸発熱を求めました。また、高粘性から拡散が遅いとされますが、分光法で並進回転拡散を計測し、意外に拡散し易いことを示しました。イオン液体は、界面で特殊構造をもつとされます。当研究室は固液界面近傍を観測する全反射分光法を開発し、界面の光反応計測から特殊性を解明します。

物性計測の他に新物質開拓も行っています。イオン液体は、大きな官能基があっても低融点となるため、フォトクロミズムを示す官能基を導入した赤いイオン液体を開発しました。この物質は光で液体物性が変化し、その活用を開拓中です。この他、イオン液体中のエネルギー移動による光アップコンバータ開発、セルロース解繊能の解明とセルロース強化樹脂開発などに取り組めます。

光によるスピン分極発生と化学計測

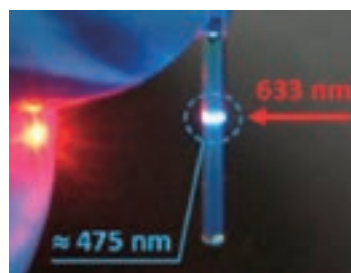
当研究室は、光励起分子がラジカルによりエネルギーを失う際、電子スピンの分極する現象を発見し、「ラジカル三重項対機構」という理論を確立しました。スピン分極は磁気共鳴感度を増大するため、病気の原因である活性酸素に対し、この現象を応用した寿命計測法を開発しました。

スピン分極は、観測困難だったラジカル反応にも適用でき、パルスEPR法による素反応の速度定数決定を実現

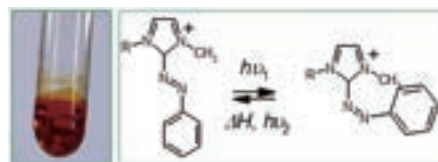
しました。例えば3Dプリンターなどで使われる光重合や、ラジカルによる物質劣化を防ぐフラーレンなどの反応で、素反応の速度定数を求めています。



当研究室で独自開発した分光装置の例



アップコンバータで赤から青に変換



開発したフォトクロミック液体

主要著書／論文

- 1) Stepwise generation of spin-polarized radicals and their reactions in the photolysis of an oxime ester compound as studied by pulsed EPR spectroscopy, H. Takahashi, H. Hirano, A. Kawai, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.* 763, 114690-114697 (2023).
- 2) Pulsed EPR Study of the Initial Steps of Radical-Scavenging Reactions of C₇₀ with Diphenylphosphine Oxide, Hydroxycyclohexyl, and 2-Hydroxypropyl Radicals, H. Hirano, H. Takahashi, A. Kawai, *J. Phys. Chem. B*, 126, 6074-6082 (2022).
- 3) O₂ solvation cavity in voids of ionic liquids studied by the solvatochromic red shift of O₂(¹Δ_g) phosphorescence, T. Yoshida, M. Okoshi, A. Kawai *J. Chem. Phys.* 155, 234503 (2021).

錯体化学(人工光合成、人工酵素) 川本研究室

構成員紹介→P24

研究分野 錯体化学、人工光合成、人工酵素

研究テーマ 金属錯体を用いた太陽光による水素製造と金属錯体による酵素機能の解明



研究室構成員

川本 達也(教授)、山西 克典(特別助教)

研究内容

1. 酸化還元活性な金属錯体の合成

ベンゾチアゾリン類より導かれるシッフ塩基ニッケル(II)錯体は、トルエンなどの溶媒中にて処理することにより酸化還元活性な配位子(いわゆるノンイノセントな配位子)を有する錯体へと変換されます(図1)。一方、同様な出発物を用いて銅錯体を合成した場合には、全く異なる環状構造の錯体を形成します(図2)。しかし、その銅錯体も3つの酸化状態を行き来することが可能であり、この場合の電子は銅原子と硫黄原子からなる Cu_2S_2 骨格から出入りしていると考えています。

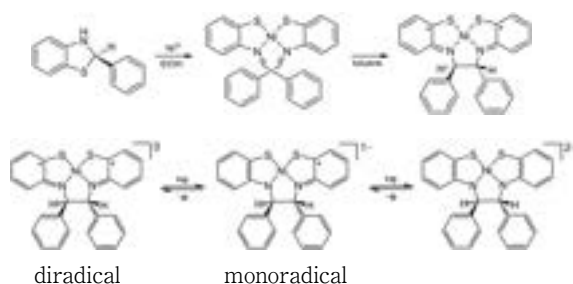


図1. ノンイノセントな配位子を有するニッケル錯体の合成と電子状態

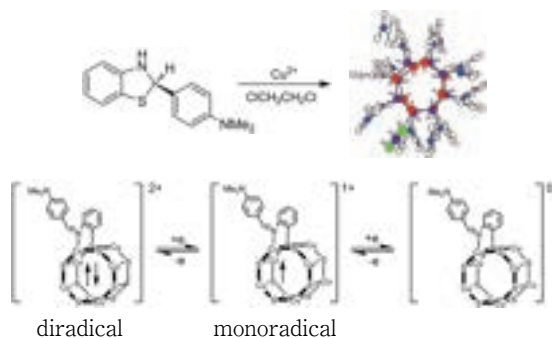


図2. 酸化還元活性な銅錯体の合成と電子状態

2. 金属錯体を触媒とする水素製造

1. に示した酸化還元活性な金属錯体をはじめ、これまでに合成した新規金属錯体を水素生成触媒として、犠牲剤、光増感剤と組み合わせることで可視光による水からの水素製造を行っています(図3)。従来の半導体光触媒との大きな違いは、水の分解によるにもかかわらず酸素生成を伴わない反応であること、および光増感剤と組み合わせることにより可視光を効率的に利用できる点です。

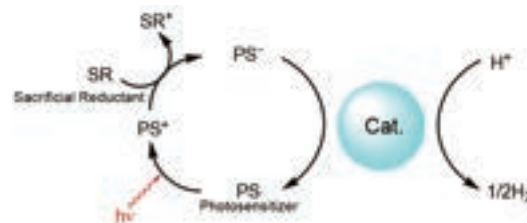


図3. 水素製造システム

3. 酵素機能を有する金属錯体の合成

好気呼吸の場であるミトコンドリアにはシトクロムcオキシダーゼと呼ばれる酸化酵素が存在し、その内部には銅イオンを含んだタンパク質が存在します。そのタンパク質中の銅イオン部位が Cu_A であり、反応に必要な電子を還元型シトクロムcから受け取り、ヘムに伝達する役割を担います。 Cu_A の骨格構造は二つの銅イオンがシステイン残基の硫黄原子によって架橋された強固なダイヤモンドコアを有し、不対電子が完全に非局在化した混合原子価状態 $\text{Cu}^{+1.5}\text{Cu}^{+1.5}$ をとっています。環状銅八核錯体(図2)の酸素酸化により形成される硫黄架橋銅二核錯体(図4)は、短い銅-銅間距離、天然の Cu_A に類似した吸収および低温ESRスペクトルを示すことがわかっており、従来の研究では再現できなかった特徴を有するモデル錯体であることから、酵素機能の発現が期待できます。

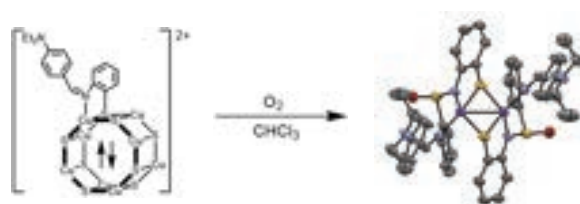


図4. 硫黄架橋銅二核錯体の合成

主要著書/論文

「無機化学の基礎」(化学同人、2017)

Clamshell Palladium(II) Complexes: Suitable Precursors for Photocatalytic Hydrogen Production from Water (Eur. J. Inorg. Chem. 2022)

Photocatalytic and electrocatalytic hydrogen production using nickel complexes supported by hemilabile and non-innocent ligands (Chem. Commun. 2020)

Photooxidation Reactions of Cyclometallated Palladium(II) and Platinum(II) Complexes (Inorg. Chem. 2019)

有機化学(超分子化学、高分子化学) 木原研究室

構成員紹介→P24

研究分野 超分子化学、高分子化学

研究テーマ 分子認識部位と触媒性官能基を空間的に適切に配置した反応場の構築と選択的反応の実現／
新規分子認識部位の構築／新規有機合成反応の開拓／酸化反応で高速に分解する高分子材料の開発



研究室構成員

木原 伸浩 (教授)

研究内容

分子システム

生物は反応の天才です。有機化学では未だに実現できない高選択的な反応や、「どうしてそんなことができるのか」まるで分からない分子機械がたくさんあります。私たちは、分子認識部位と触媒性官能基を空間的に適切に配置すれば、そのような特殊な機能も実現できると考え、適切な官能基の配置を持つ分子を実際に合成して、生物の力を人工的に実現しようとしています。

- ・アミドの水素結合を利用した位置／立体選択的反応場の開発
- ・水素結合を利用した位置選択的Diels-Alder反応触媒
- ・一方向移動分子モーターの直接観察

有機合成

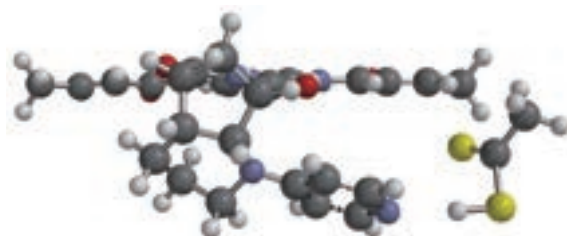
複雑な分子システムを実現するには有機合成の力が必要です。これまで利用されてこなかった低分子無機化合物やラジカル反応を利用した新しい有機合成反応の開発や、オリジナルな方法による分子システムの構築、新しい分子認識部位の構築を行なっています。開発された反応や分子認識部位は新しい分子システムの構築に利用されます。

- ・ポリカテナンの合成研究
- ・大環状スルホキシミンの合成とアミド認識
- ・ラジカル還元／シリル化反応の開発
- ・アミニルラジカルを用いた新規ラジカル反応の開発

酸化分解性材料

有機合成の研究から、酸化反応で速やかに分解する含窒素官能基が発見されました。この酸化分解反応を利用して、酸化分解性ポリマー材料の研究を行なっています。使用中は全く安定で分解しませんが、酸化剤の作用によって直ちに原料まで分解するポリマーです。望むタイミングで分解できる分解性接着剤など、複合材料のリサイクルを可能にするポリマー材料として、様々な応用が期待されています。

- ・酸化分解をトリガーとする自己崩壊型ポリマーの開発
- ・水素結合相互作用を持たない酸化分解性ポリマーの開発
- ・酸化分解を利用した架橋性高分子材料の脱架橋
- ・酸化分解性接着剤／塗料／高吸水性ポリマーの開発
- ・酸化分解性ポリマーの乾式分解



反応場に水素結合で保持された基質に対して、触媒性官能基で活性化された求核剤が立体選択的に付加する分子模型

主要著書／論文

N. Kihara, Y. Iino, T. Misawa, Oxidative Degradation of Poly(isophthaloylhydrazine-1,2-diyl)s, *J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem.*, **2008**, 46, 6255-6262.

N. Kihara, K. Kidoba, Dynamic Covalent Chemistry of the Nicholas Ether-Exchange Reaction, *Org. Lett.*, **2009**, 11, 1313-1316.

J. Nishiyama, Y. Makita, N. Kihara, The Cyclopentyl Group, As a Small but Bulky Terminal Group, Allows Rapid and Efficient Active Transport, *Org. Lett.*, **2015**, 17, 138-141.

T. Oguri, A. Kawahara, N. Kihara, Epoxy Resin Bearing Diacylhydrazine Moiety as a Degradable Adhesive for Traceless Oxidative Removal, *Polymer*, **2016**, 99, 83-89.

M. Sakurai, N. Kihara, Thermally Stable Diels-Alder Polymer Using an Azodicarbonyl Compound as the Dienophile, *Polymer*, **2019**, 167, 60-66.

E. Kudo, N. Kihara, Preparation of Nanoporous Silica Gel Using Oxidatively Degradable Polymer in Organic-Inorganic Hybrid, *Chem. Lett.*, **2019**, 48, 502-505.

K. Yanaze, N. Kihara, Superabsorbent Polymer Solubilized Instantly by Decrosslinking with Sodium Hypochlorite, *Polym. J.*, **2021**, 53, 1153-1155.

よくわかる有機化学の基本と仕組み, 秀和システム, 東京 (2006).

超分子化学, 化学の要点シリーズ23, 共立出版, 東京 (2017)

立体化学, 有機化学スタンダード, 裳華房, 東京 (2017)

有機スペクトル解析入門, 有機化学スタンダード, 裳華房, 東京 (2021)

物理化学(ナノ構造化学、顕微分光化学、光圧化学) 東海林研究室

構成員紹介→P24

研究分野 光物理化学、ナノ・マイクロ化学、ナノフォトニクス

研究テーマ ナノ構造体を利用した光ピンセットの開発と化学への応用展開



研究室構成員

東海林 竜也 (准教授)

研究内容

光の力学作用(光圧)を用いたナノ粒子の新たな捕集技術(光ピンセット)を開発し、光圧による化学現象の制御を目指し研究を展開している。その中で、水と油のような液液界面や、水と固体の固液界面を利用すると通常の光ピンセットよりも効率的にナノ粒子を捕集できることを見出した。特に、ナノ構造体による電場増強効果を利用すると強固にナノ粒子を捕まえることができる。

集光レーザー型光ピンセットを用いた外部刺激応答性リボソームの単粒子分析

レーザー光を顕微鏡の対物レンズにより集光することで、溶液中のマイクロメートルサイズの微粒子を焦点位置にて捕捉できる。さらに、光ピンセットを顕微分光法と組み合わせることで、光捕捉した粒子を分光学的手法により分析できる。例えば、光応答性リボソームを光捕捉することで、光照射に伴い分子の放出速度をリボソーム一粒ごとに分析できる[1]。脂質二分子膜をもつ球形の小胞体であるリボソームは、その内部や膜中に医薬品分子を内包させることができる。このリボソームに温度や光、pHなどの外部刺激に応答する機能性材料を内包させることで、外部刺激に応じて内包分子を放出するキャリアとして使用できるが、放出速度はリボソーム一粒毎に異なるため個別選択的に分析することが重要である。そこで、金ナノ粒子を内包させたリボソームを光捕捉し、パルスレーザー光照射に伴う蛍光分子の放出速度を評価した。金ナノ粒子内包リボソームを、1064nmのレーザー光により安定的に捕捉することができた。この状態ではリボソームから内包分子は放出されないが、532nmのナノ秒パルスレーザー光を照射すると、金ナノ粒子が過熱することでリボソーム膜が崩壊した。この過程を顕微蛍光分光法により追跡することで、放出速度を一次の指数減衰曲線で再現できることを明らかにした。さらにこの放出速度がリボソームの粒径に依存することを明らかにした。本手法では、これまで統計学的平均値によってしか計測できなかった放出速度を単粒子毎に分析できる新たな手法になると期待できる。

チタンナノ構造体を用いた光ピンセット法の開発

ナノ粒子に働く光圧は、捕捉対象物の大きさに依存する。たとえば、同じ物質で粒子サイズが10分の1になった場合、光圧は1000倍も弱くなる。より小さなナノ粒子も安定的に捕捉・捕集するためには、光圧の飛躍的な増幅が求められる。これに対し、近年ではナノ構造体の電場増強効果が注目されており、なかでも貴金属ナノ構造体の局在表面プラズモンを光ピンセットに活用する動きが

活発である[2]。さらに、我々はケイ素[3]やチタンのナノ構造体を用いた新たな光ピンセット法を[4]も開発した。このようなナノ構造体を利用した光ピンセットを用いることで、ナノ構造体表面上に溶液中に分散するナノ粒子を捕集することができる。

チタンナノ構造体は、純チタン箔を酸腐食することにより作製した。酸腐食の反応時間とともに見かけのチタン表面は黒色になった。図1(a)にチタンナノ構造体のSEM像を示す。先端がナノメートルサイズに先鋭化したシワ状模様の微細な構造体が観察された。我々はこのナノ構造体をナノリンクル(nano-wrinkle)構造と名付けた。このナノリンクル構造により入射した光が反射せず、結果として黒色に見えるようになったと考えられる。図1(b)に直径500nmの蛍光色素担持ポリスチレンナノ粒子(PS粒子)を光捕捉したときの蛍光顕微鏡像を示す。図内の白色円内が近赤外レーザー光の照射範囲である。近赤外レーザー光を照射したところ、PS粒子由来の蛍光像を観察できた。さらに照射を続けると徐々に蛍光像の明るさが増大し、多数の粒子が集合している様子を観察できた。近赤外レーザー光の照射をやめるとPS粒子が拡散し溶液内に散逸した。さらに照射範囲を広げることで、より多くのナノ粒子を一度に光捕集できることがわかった。本手法の機能と特徴を明らかにすることで、新たな光ピンセット法の展開が期待できる。

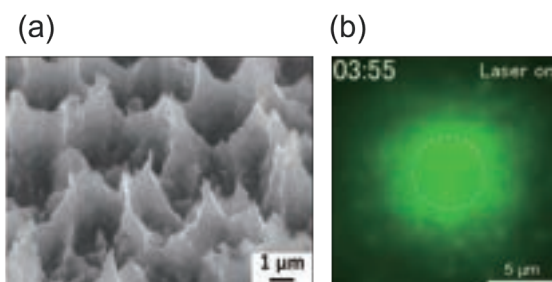


図1 (a) チタンナノ構造体のSEM像、
(b) 光捕捉したPS粒子の蛍光顕微鏡像

主要著書／論文

- [1] T. Shoji *et al.*, submitted (2024).
- [2] T. Shoji *et al.*, *Sci. Rep.*, 10 (2020), 3349.
- [3] R. Takao, Y. Tsuboi *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 61 (2022), e202117227.
- [4] S. Hashimoto, Y. Tsuboi *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 13 (2021), 27586

宇宙地球化学(放射化学、宇宙化学、地球化学) 白井研究室

構成員紹介→P24

研究分野 宇宙化学、地球化学、分析化学

研究テーマ 宇宙・地球化学的試料中の元素組成を用いた太陽系の形成過程の解明
誘導結合プラズマ質量分析装置を用いた分析手法の開発



研究室構成員

白井 直樹 (准教授)

研究内容

地球の岩石や宇宙から地球に飛来した隕石中の元素濃度を求めることにより、太陽系が形成された約46億年前から現在までにそれらがどのような環境で形成され、その後どのような過程を経験してきたのか知ることができると。当研究室では、元素組成、特に微量元素濃度に注目し、太陽系の形成やその後の惑星の進化の様子を解明しています。

1. 微量白金族元素を用いた隕石衝突物の同定

地球や分化した原始惑星の地殻やマントルは、白金族元素 (Ru, Rh, Pd, Os, IrとPt) に欠乏している。これは、惑星形成過程でのマントルと核の分離の際に、白金族元素が核に取り去られたためである。一方、始原的隕石の白金族元素濃度は、地殻やマントルに比べて非常に高いため、地殻・マントル由来の岩石の白金族元素濃度を求めることにより、隕石衝突の付加を見ることが可能である。

小惑星ベスタの地殻起源であるHED隕石には、衝突した隕石の痕跡が岩石組織から明らかになっている。そこで、HED隕石の全白金族元素濃度を求め、衝突した隕石の種類の同定を行った(図1)。分析した6個のHED隕石は、隕石衝突の影響が少ないHED隕石に比べて高い白金族元素濃度を持っており、それぞれ異なる白金族元素存在度パターンを示した。つまり、6個のHED隕石には、それぞれ種類の異なる隕石の痕跡があったことを示唆し、小惑星ベスタを含む地球型惑星には、太陽系形成初期に多量の白金族元素が注ぎ込まれたことを意味する。

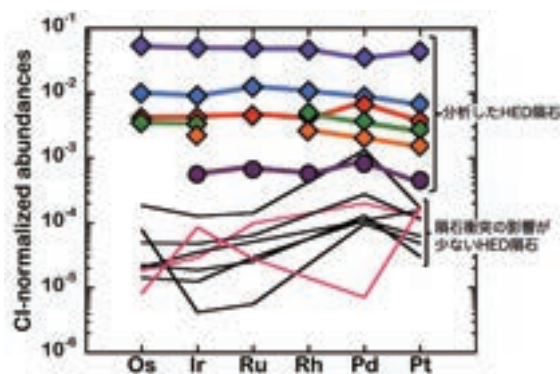


図1. 分析したHED隕石と衝突影響が少ないHED隕石。縦軸は、CIコンドライト隕石のそれぞれの元素濃度で規格化した値をプロットしている。

2. 小惑星リュウグウ試料用のサンプルホルダーからの汚染評価とリュウグウ試料の分析

2020年12月に小惑星探査機「はやぶさ2」が地球に小惑星リュウグウ試料を持ち帰った。小惑星リュウグウは、太陽系形成誕生時の有機物や含水鉱物を今現在も残しており、地球の水の起源や地球生命に至るまでの有機物進化過程などの解明が期待されている。小惑星リュウグウ試料を実験室で分析を行う時に、大気からなどの地球上での汚染を極力避ける必要がある。また、一つの試料から色々な分析装置を用いて多くの情報を得る必要がある。そこで、JAXAの地球外試料キュレーションセンターといくつかの研究機関の連携による「Phase2キュレーション高知チーム」では大気非暴露輸送用機や機器間共通試料ホルダーなどの開発が行われてきた。不定形の試料を固定するためのカーボンナノチューブホルダー(図2)中の不純物として存在する金属元素濃度を求め、カーボンナノチューブホルダーから試料への汚染の評価を行った。このホルダーを用いて、リュウグウ試料の内部構造や鉱物分布を調べ、その後、機器中性子放射化分析法を用いて元素濃度を求めた。その結果、小惑星リュウグウは、太陽系の平均的組成を代表するCIコンドライト隕石と一致していたことがわかった。

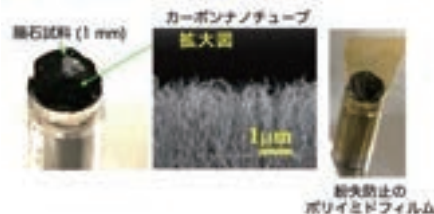


図2. 小惑星リュウグウ試料のために開発された試料ホルダー

主要著書/論文

- ・ The effects of possible contamination by sample holders on samples to be returned by Hayabusa2. Meteorit. Planet. Sci., 55, 1665-1680 (2020).
- ・ Investigation of the source region of the lunar-meteorite group with the remote sensing datasets: Implication for the origin of mare volcanism in Mare Imbrium. Icarus, 370, 114690 (2021)
- ・ A pristine record of outer Solar System materials from asteroid Ryugu's returned sample. Nat. Astron. 6, 1163-1171 (2022)
- ・ Accurate determination of Pb and Bi contents and Pb isotopic composition in geological and cosmochemical samples by inductively coupled plasma quadrupole mass spectrometry. Spectrochim. Acta, Part B, 197, 106532 (2022)

物理化学(時間発展する巨視的ダイナミクス) 鈴木研究室

構成員紹介→P24

研究分野 生物物理化学、有機物理化学、ソフトマター

研究テーマ 目に見える大きさを持った分子から、生き物のような振る舞いをする分子集合体を作り出す



研究室構成員

鈴木 健太郎 (教授)

研究内容

それほど複雑でない分子でも、それらが集合化することで、元の性質からは想像もつかないような新しい性質が出現することがあります。これは、集合体内での、分子同士の相互作用によって生み出されます。このような仕組みを巧妙に組み合わせて実現されているのが生命です。分子のこのような仕組みを理解することで、新しい性質を持った物質開発を行うだけでなく、人類共通の謎である、無生物環境からの生命起源に関する情報を引き出せることも期待されます。しかし、分子が集まったらどのような性質が出現するのかを、あらかじめ想像することは困難です。それどころか、分子にはどのような可能性があるのかも、よくわかっていません。そこで我々の研究室では、分子の可能性を信じて、少しだけ個性を持たせた分子からなる、顕微鏡で観察できる大きさの集合体にさまざまな刺激を与えときに、どんな性質が出現するのかを調べ、その仕組みを解明する研究をしています。

1. 光に向かって自ら進む油滴

ケージドオレイン酸とは、紫外線を照射するとオレイン酸を生成する光分解性の油分子です。塩基性緩衝液中でこの分子からなる100マイクロメートルほどの油滴をつくり、これに紫外線を照射すると、油滴が自ら動き出します(図)。油滴の運動方向は、紫外線照射のための光源の方向に決まっています。光源の位置を変えると、油滴の運動方向もそちらに向かって変化します。この運動は、紫外線を当てている間は継続しますが、照射をやめると、運動をやめ静止します。

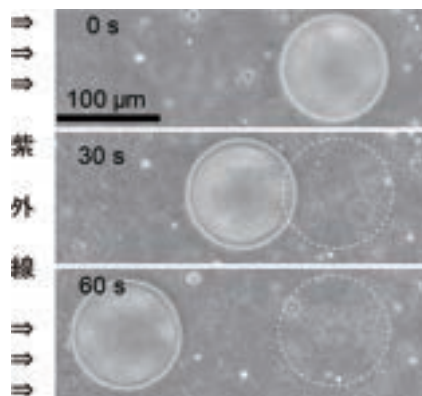
光を当てただけでこのような性質があらわれる原因は、「油滴そのものの大きさ」によります。油滴を構成するケージドオレイン酸は紫外線を吸収するので、照射された紫外線は油滴の内部を透過するうちに、次第に減衰します。その結果、紫外線が直接当たる側と、光が減衰する反対側とで、オレイン酸を生み出す光分解反応の効率に差が生まれます。これが、油滴の運動に重要となる表面張力勾配を生み出し、油滴は光源方向に動きます。

ただし、ながく反応を続けると、油滴表面でのオレイン酸濃度が飽和してしまい、運動に必要な表面張力勾配がなくなってしまうはずです。ところが、運動開始と共に、油滴内部に対流が出現し、これが運動に必要な条件

を持続させるので、油滴はかなり長い時間動くことができます。このことから、この油滴は、自分自身で運動を持続する仕組みのある、水棲微生物が示す走光性に通じる能動的ダイナミクスであり、この点が、微粒子の電気泳動などの受動的な運動と、本質的に違います。

2. 巨視的な大きさを持った分子集合体のダイナミクス

オレイン酸に限らず、さまざまな両親媒性分子(界面活性剤)は、水中で特徴的な分子集合体を作ります。適切な分子を選べば、細胞と同じような大きさのものを作ることができます。さまざまな外場によって構成分子に影響を与えれば、その変化が分子集合体全体に及ぶ大きな形態の変化としてあらわれることができます。この変化を、光学顕微鏡で直接にリアルタイム観察することで、分子レベルのダイナミクスと、目に見えるダイナミクスとを結びつけて理解することが可能となります。生物に通じた「生きもののらしさ」を示すダイナミクスがあらわれたとき、それを詳しく調べることで、化学の立場から、生命誕生の謎に迫るヒントを見つけ出したいと考えています。



照射された紫外線の方向に動くケージドオレイン酸油滴

主要著書／論文

Phototaxis of Oil Droplets Comprising a Caged Fatty Acid Tightly Linked to Internal Convection, *ChemPhysChem* 17, 2300 (2016).

Photo-triggered Recognition between Host and Guest Compounds in a Giant Vesicle Encapsulating Photo-Pierceable Vesicles, *Chem. Phys. Lipids* 201, 70 (2018).

DNA Length-dependent Division of a Giant Vesicle-based Model Protocell, *Sci. Rep.* 9, 6916 (2019).

Evolution of Proliferative Model Protocells Highly Responsive to the Environment, *Life* 12, 1263 (2022).

有機化学(合成化学、機能性物質科学) 辻研究室

構成員紹介→P24

研究分野 有機合成化学、元素科学、機能性物質科学

研究テーマ 発光性・導電性物質と有機反応の開発



研究室構成員

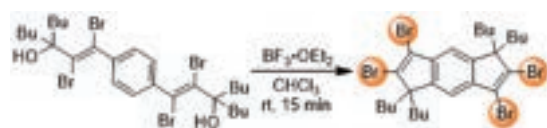
辻 勇人 (教授)

研究内容

有機レーザー材料や光触媒となる光機能性有機化合物と、有機半導体となる電子機能性有機化合物の開発、新しい有機分子骨格を構築するための遷移金属触媒などを用いた新しい有機反応の開発を行っています。新しい機能や優れた性能を発揮する分子骨格、ポリマー、集合体の形成に加えて、再生可能資源を用いた材料開発、水と光を用いたプロセスの開発など持続可能な社会の構築への貢献も目指しています。例えば、有機EL材料として販売されている新物質、従来材料では極低温でしか見られなかった現象を室温で発現する新物質などの開発に成功しています。有機合成だけではなく、分子軌道計算を用いた設計や解析、分光法や大型施設を用いた分析、国内外の他分野の研究者との共同研究など、広い視点や方法を駆使して研究を行っています。

新しい有機反応の開発

設計した分子骨格を合成しようと思っても、それをするための反応が知られていないことがよくあります。そういう時は自分たちで反応から開発します。実際に、独自開発の反応によって新しい構造を持つ分子をこれまでに数多く世の中に送り出してきました。最近では、炭素の六角形と五角形が縮環したインデンやインダセンと呼ばれる分子の合成反応を見出し[1]、次の項目で述べる機能性材料としての応用を行っています。



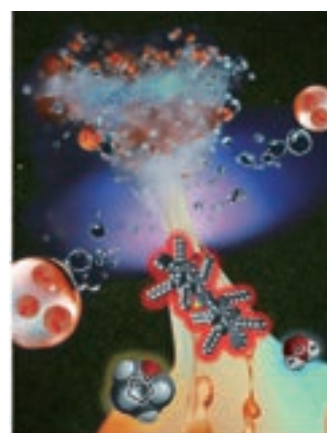
機能性物質への応用

合成した分子の応用も行っています。現在は有機レーザーや光触媒のような光機能性材料と、有機半導体などの電子機能性材料の開発に注力しています。所望する機能を実現するための分子やポリマーの構造あるいは集合体構造をいろいろ考え、実験による検証を経て、設計指針の抽出を行います。最近では、水素結合性の有機化合物で結晶レーザーや光導波路等のフォトニクス材料としての応用的可能性を示す新物質[2]や、熱エネルギーを電気エネルギーに変える熱電変換において非常に大きなゼーベック係数を示す材料[3]の開発に成功しています。



集合体構造と機能の相関の解明

大型施設等を活用して、材料分子の集合体構造を解明するとともに、集合構造と材料の光機能との相関について明らかにしました[4]。薬剤や機能性材料の効果を最大限に活かすために最適な集合体構造を構築する方法論として応用していきたいと考えています。



主要著書／論文

1. "Preparation of 2,3-Dibromo-1H-indenes and Tetrabromodihydro-s-indacenes as Synthetic Building Block" K. Iwata, Y. Egawa, K. Yamanishi, H. Tsuji, *J. Org. Chem.* **2022**, 87, 13882–13890.
2. "Solvent-Dependent Growth of Rigid Styrylstilbene Dicarboxylic Acid Microcrystals as Bent Waveguides and Microlasers" D. Venkatakrishnarao, S. Hasebe, Y. Egawa, J. Tapar, R. Paniagua-Domínguez, C. S. Lau, H. Yamagishi, H. Tsuji, Y. Yamamoto, *Adv. Photonics Res.* **2023**, 2200357.
3. "Giant Seebeck effect in an undoped single crystal of 2,5,8-triphenylbenzo[1,2-b:3,4-b':5,6-b'']trifuran" K. Okayama, H. Kojima, T. Kawauchi, M. Yamagishi, M. Nakamura, H. Tsuji, *Chem. Lett.* **2024**, 53, upad 054.
4. "Water Fraction Dependence of the Aggregation Behavior of Hydrophobic Fluorescent Solutes in Water-Tetrahydrofuran" H. Tsuji, M. Nakahata, M. Hishida, H. Seto, R. Motokawa, T. Inoue, Y. Egawa, *J. Phys. Chem. Lett.* **2023**, 14, 11235–11241.

分析化学(環境化学、熱分析、考古化学) 西本研究室

構成員紹介→P24

研究分野 分析化学、環境分析

研究テーマ “私たちの未来を守るために「分析化学」ができることを実行しよう”をスローガンに環境と人に優しい試料の分析と分析法に関する研究を進めている。主な対象は水・空気・文化財試料。



研究室構成員

西本 右子(教授)

研究内容

“私たちの未来を守るために「分析化学」ができることを実行しよう”をスローガンに、水に注目して、環境と人に優しい試料の分析と分析法に関する研究を進めている。

- (1) 河川水や海水を中心とする環境試料の分析
- (2) 住環境の分析とエコマテリアルを利用したVOC吸着剤
- (3) 天然砥石・琥珀・土器を中心とした出土試料・考古試料の分析
- (4) 環境に優しい機能水・高分子ヒドロゲルの状態分析と機能の関係
- (5) 高分子試料の劣化解析
- (6) 毛髪及び化粧品関連試料の分析

環境試料の分析では、十年以上に渡って継続して相模湾の平塚市周辺の海域で採取した海水及び相模湾への流入河川である金目川の河川水及び底質の測定を行っている。温泉水の流入や地質成分の影響で河川水中のFやBの濃度が問題となることも多い。現在Bの分離分析法の検討を中心に研究を行っている。

住環境では揮発性有機化合物(VOC)の迅速分析法の開発と、エコマテリアルを利用したVOC吸着材の評価法の開発を行っている。熱分析とガスクロマトグラフィーによる評価法がほぼ定まってきた。VOC成分の脱離過程の分析には熱分析が威力を発する。VOC吸着材としては竹炭や廃材から調製した新しいエコマテリアルであるウッドセラミックスや廃材の炭化物を中心に、材料の違い、調製条件や焼成温度の影響を検討し、目的とするVOC成分ごとの材料、調製条件の最適化を行っている。

出土資料や考古には産地・年代に加えて、その時代の技術や環境の情報も隠れている。我々は江戸時代の遺跡土器や試料の分析を行っている。また日本刀の研磨には荒さの異なるいくつもの天然砥石が用いられる。天然砥石を分析すると元素濃度とその分布が重要であることが分かってきた。人造砥石にはない魅力を探るのも分析の重要な役割と考えている。

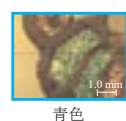
環境に優しい水といわれる電解酸性水や磁気処理水、光照射を行った水などを取り上げ、機能と成分・水の構造との関係、生体関連物質への影響を研究している。電解陽極水は有効塩素の作用によって殺菌効果を示すが、感染症の流行で様々な形で使われるようになってきた。

用途に合わせ、少ない塩素濃度で効果的に殺菌できる条件を検討し、最適pH、最適共存塩濃度を明らかにしてきている。最近ではアミノ酸及びペプチドとの相互作用にも注目している。環境に優しい加熱ヒドロゲルであるメチルセルロースヒドロゲルのゲル化過程や水の状態、さらにセルロース系ポリマーの劣化解析も行っている。さらに毛髪や化粧品原料に用いられる粘土鉱物の水分やVOC吸着過程の研究からは、水が鍵を握ることが分かってきた。

金属試料 -飾り金具-



Table 試料(飾り金具)の結果				unit: mass%
	黄色	青色	錆色	
Si	12.2	9.7	-	
Pb	22.7	26.8	-	



尾張藩上屋敷後出土試料の元素分布

主要著書/論文

- 1) セルロイドの劣化解析, 分析化学, **71**, 523-527 (2022).
- 2) 機能水の分析, 分析化学, **69**, 12, 673-678 (2020)
- 3) 熱分析によるポリエチレングルコール添加メチルセルロースヒドロゲルのゲル化過程と水の状態分析, 熱測定, **46**, 30-34 (2019).
- 4) Chemical Composition of Excavated Enamel Ware and of Whetstone at the Owari Clan Upper Mansion Site using X-ray Fluorescence Spectroscopy, Transaction of the Material Research Society of Japan, **42**, 93-95 (2017)
- 5) バイオマス炭化物のVOC吸着特性評価, 分析化学, **67**, 131-134 (2018)
- 6) シリーズ研究室紹介, 神奈川大学理学部化学科西本研究室, クリーンテクノロジー, **27**, 4, 76-77 (2017)

無機化学(結晶構造、レドックス機能、金属錯体) 廣津研究室

構成員紹介→P24

研究分野 無機化学、錯体化学、有機金属化学

研究テーマ 遷移金属を有機分子に上手に組み込んだ金属錯体を設計・合成し、外部刺激に応答する機能性分子を探索する



研究室構成員

廣津 昌和(教授), 力石 紀子(助教)

研究内容

地球上の生命は、長い年月をかけて金属元素をうまく利用する仕組みを発達させてきました。私たちも合成化学を駆使して金属元素を利用しますが、地球上で圧倒的な存在感を示す“鉄”ですら、その能力を十分に引き出せていません。そこで、地殻に比較的豊富な第一遷移金属元素を最大限に利用するという指針のもと、触媒・スイッチング・電子伝達といった機能を担う物質を探索しています。

1. チオフェン類と鉄の融合

優れた π 電子系材料であるチオフェン類に着目し、それらのC-S結合に“鉄”を挿入したメタラサイクル化合物を設計・合成しています。

ジベンゾチオフェンのC-S結合は反応性に乏しいので、金属を挿入するには工夫が必要です。そこでC-S結合の近傍にピリジル基やシッフ塩基を導入して鉄カルボニル化合物との反応を促進させ、2つの鉄中心が炭素と硫黄で架橋した錯体を合成しました(図(a))。この二核鉄錯体がヒドロゲナーゼの機能モデルとなることを見出しています。

ベンゾチオフェンでは、縮環していない側のC-S結合に鉄を挿入した二核鉄錯体が知られています。この錯体にアルキン挿入反応を施すことにより、新奇 π 共役系配位子を構築しました(図(b))¹⁾。アルキンとしてプロパルギル化合物を用いることで、C-NあるいはC-O結合開裂を伴う興味深い反応も見出しています。

単環チオフェンの場合は、キノリル基を導入しておくことでメタラサイクル鉄錯体が安定化されることがわかりました(図(c))²⁾。メタラサイクル上への置換基導入やオリゴチオフェンの利用が可能となるため、新たな物質群の創出が期待できます。

2. 可視～近赤外光に応答する鉄(III)カルボニル錯体

図(a)の二核鉄錯体にリン配位子を反応させると、Fe-Fe結合がヘテロリティックに開裂し、N,C,S-三座配位子をもつピンサー鉄(II)カルボニル錯体(図(d))と鉄(0)カルボニル錯体が生成します。このN,C,S-ピンサー鉄(II)錯体を一電子酸化して鉄(III)錯体とすると、可視～近赤外光に応答して一酸化炭素を放出することが明らかとなり、一酸化炭素放出分子(CORM)としての利用が期待されています^{3,4)}。

3. キサンテン架橋多核金属錯体

光合成の酸素発生中心にみられる Mn_4CaO_5 クラスターやニトロゲナーゼのFe-Sクラスターでは、タンパク質により構造が精密に制御されています。そこで、キサンテン骨格で架橋した二量体配位子を開発し、多核金属錯体の構造を制御することでレドックス機能の発現を目指しています。これまでに、多段階電子移動を示すマンガン四核錯体(図(e))⁵⁾、不斉酸化触媒能をもつマンガン二核錯体、金属イオン捕捉能をもつ二核錯体などを報告しました。

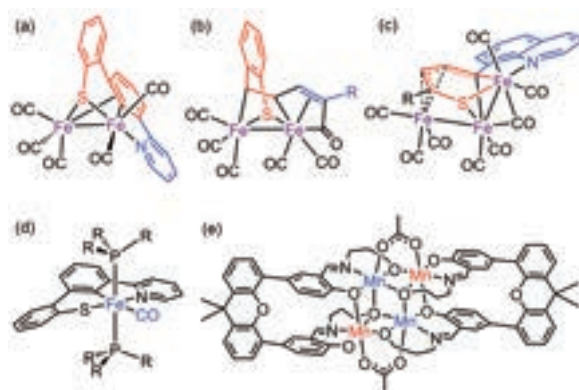


図 第一遷移金属を含む錯体の構造

主要著書/論文

- 1) Dynamic behavior and alkyne insertion reactions of alkenyl- and thiolate-bridged diiron carbonyl complexes (*J. Organomet. Chem.*, **2023**, 997, 122766).
- 2) Carbon-Sulfur Bond Cleavage Reactions of Quinoline-Substituted Thiophenes with Iron Carbonyls (*Organometallics*, **2017**, 36, 2228).
- 3) CO Release from N,C,S-Pincer Iron(III) Carbonyl Complexes Induced by Visible-to-NIR Light Irradiation: Mechanistic Insight into Effects of Axial Phosphorus Ligands (*Inorg. Chem.*, **2018**, 57, 8615).
- 4) Iron Carbonyl Complexes Containing N,C,S-Tridentate Ligands with Quinoline, Vinyl, and Benzenethiolate Units (*Organometallics*, **2020**, 39, 4051).
- 5) Tetra- and dinuclear manganese complexes of xanthene-bridged O,N,O-Schiff bases with 3-hydroxypropyl or 2-hydroxybenzyl groups: ligand substitution at a triply bridging site (*Dalton Trans.*, **2019**, 48, 13622).

環境化学(環境負荷低減、資源循環、グリーンプロダクション)掘研究室

構成員紹介→P25

研究分野 環境化学(環境負荷低減、資源循環、グリーンプロダクション)

研究テーマ 環境リスク懸念物質の分解・無害化、再資源化、資源循環、希少金属回収方法の開発



研究室構成員

堀 久男(教授)

研究内容

産業界や私たちの生活に必要な一方で、そのまま環境に出た場合に悪い影響を与える恐れがある化学物質について、低エネルギー的な手法で無害なものまで分解し、さらに資源として再利用するための環境技術の開発に取り組んでいます。

1. 有機フッ素化合物、フッ素樹脂

炭素とフッ素から形成される有機フッ素化合物(フッ素樹脂も含む)は耐熱性や耐薬品性等の優れた性質を持つため電子部品や自動車の製造等に欠かせないものですが、これらの廃棄物が問題なのです(一部の化合物には生体蓄積性もあります)。とにかく安定で、従来の技術では分解できません。焼却は可能ですが、相当の高温が必要だけでなく、生成するHFガスが焼却炉材を著しく劣化させます。また、全ての有機フッ素化合物の原料は蛍石(CaF_2 の鉱物)ですが、その産出は特定国に偏在し、入手難の状況となっています。

このような有機フッ素化合物を低エネルギーでフッ化物イオン(F^-)まで分解・無害化し、さらには再資源化する反応技術を研究しています。 F^- まで分解できれば、 Ca^{2+} との反応で CaF_2 となり、これは上述のように原料ですので再資源化も可能となります(図)。今までにヘテロポリ酸光触媒、ペルオキシ二硫酸(光酸化剤)、鉄粉+亜臨界水、酸素+超臨界水、過酸化水素+亜臨界水、過マンガン酸カリウム+亜臨界水、アルカリ試薬+亜臨界水等の様々な方法を開発しました。我々が開発した反応技術の一部は世の中で実際に使われています。現在はその対象をエネルギーデバイスに使用されるフッ素系イオン液体や新規フッ素材料まで拡大し、さらに低エネルギーで高効率な分解・再資源化システムを探索しています。

2. 新規環境リスク懸念物質、希少金属、エネルギー問題への展開

医学が進歩しても病気がなくならないように、環境問題を起こしそうな物質はなりません。我々は研究対象を新しい環境リスク懸念物質(有機ケイ素化合物やアミン類等)まで広げています。さらには水中から希少金属を回収する方法(写真)といった、エネルギーや資源問題の解決に貢献する技術の開発にも取り組んでいます。これらの活動により、資源循環型の産業・社会システムの構築に少しでも貢献できればと思っています。



図 フッ素資源の循環利用スキーム

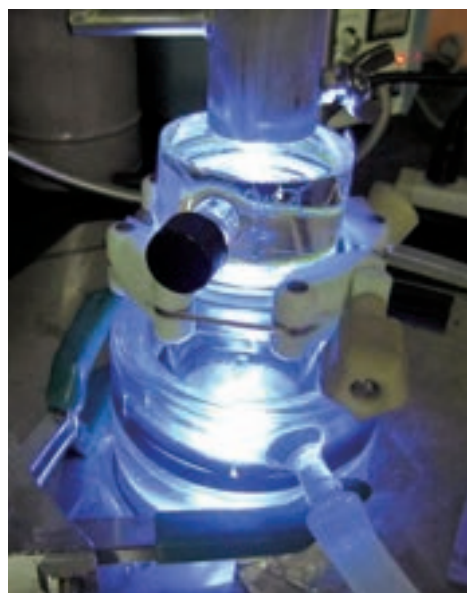


写真 水中の希少金属を選択的に沈殿させる光反応装置

主要著書/論文

「フッ素化合物の分解と環境化学」(共立出版、2017)

Recycling and the end of life assessment of fluoropolymers: recent developments, challenges and future trends, *Chem. Soc. Rev.*, **2023**, 52, 4208-4247.

Efficient fluoride recovery from poly(vinylidene fluoride), poly(vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene) copolymer and poly(ethylene-co-tetrafluoroethylene) copolymer using superheated water with alkaline reagent, *Eur. Polym. J.*, **2023**, 182, 111724.

Efficient mineralization of a novel fluorotelomer surfactant, 2H,3H,3H,5H,5H,6H,6H-4-thia-perfluoro(2-methyl)-1-dodecanoic acid, in superheated water induced by a combination of potassium permanganate and dioxygen, *Chem. Eng. J.*, **2021**, 405, 127006.

研究分野 量子化学、計算化学、理論化学

研究テーマ 実在反応系の理論設計、QM/MD法の応用、新規分子理論の開発と応用



研究室構成員

松原 世明 (教授)

研究内容

近年の目覚ましい基礎理論の発展とコンピュータの著しい発達により計算化学の需要は一気に高まり確固たる地位を確立しています。元来、実験結果を分子レベルで理論的に考察することは実験化学においても必須でしたが、経験則に頼らざるを得ませんでした。正確な数値を計算し分子レベルで予測できる現在、計算化学は化学の発展にはなくてはならない分野であり、その基礎を成す理論化学とともに今後新たな分野を開拓していくと考えられます。フロンティア電子理論、密度汎関数理論、多重スケールモデルと各時代のノーベル化学賞にもそのことが明確に示されています。当研究室は、小分子から巨大分子、気相から液相まで、分子の構造と機能、性質と反応を、計算化学、理論化学の側面から研究を行っています。また、多重スケールモデルをさらに発展させた独自の方法論の開発やプログラミングも行っています。以下は、研究の紹介です。

1. 実在反応系の理論設計

DNAは紫外線や化学物質の影響によりすぐに損傷し、ガンなどの病気の原因になります。図1のような隣接したチミンが二量化して生成する (6-4)光産物もDNA損傷の一種です。(6-4)光産物は、光回復酵素と結合した後、光照射下で補因子との間で電子の受け渡しをして修復されると考えられています。その修復反応には幾つかの機構が提案されていますが、どれもエネルギー障壁が十分に低いとはいえません。そこで、生体系で行われているもっと

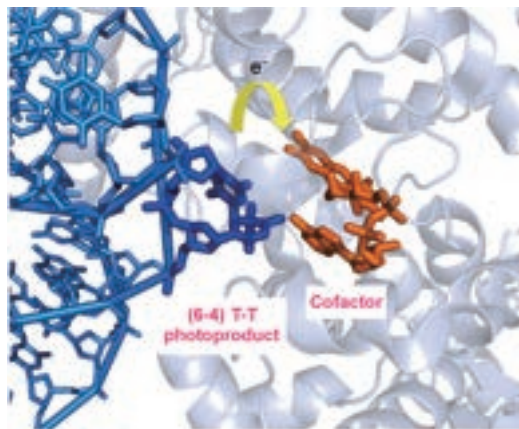


図1. DNAの損傷部位が光回復酵素と結合した構造

もらしい反応機構を推測するために量子化学計算により解析を行いました。(6-4)光産物と補因子との間で電子が移動するわけですが、反応前にどちらからどちらに電子が移動するかで反応のし易さは大きく変化することが分かりました。補因子から(6-4)光産物に電子が移動するラジカルアニオン経路ではエネルギー障壁は大きいのですが、その逆のラジカルカチオン経路では、エネルギー障壁が十分に低くなることが分かりました。その理由は、反応中のラジカルの不對電子の配置の違いにあることも分かりました。このように理論計算は反応の途中がどうなっているのかブラックボックスを明にしてくれます。さらに、分子構造や分子反応の設計が可能です。

2. ONIOM-分子動力学法の応用

我々は、多重スケールモデルのONIOM法をさらに分子動力学法と統合したONIOM-分子動力学法を開発しました。大規模分子の中で起こる反応を熱運動の効果を考慮し量子論的に解析できます。例えば、図2のような水溶液中での化学反応に応用して研究を行っています。その結果、水溶媒分子の熱運動が化学反応に大きく影響していることが明らかになってきました。分子の世界は、未だ未知なことでいっぱいです。



図2. 反応分子の周囲に配置した水溶媒

主要著書／論文

- 1) T. Matsubara, et al., "Computational Study on the Mechanism of the Electron-Transfer Induced Repair of the (6-4) T-T Photoproduct of DNA by Photolyase: Possibility of a Radical Cation Pathway", *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **87**, 390-399 (2014).
- 2) T. Matsubara and T. Ito, "Quantum Mechanical and Molecular Dynamics Studies of the Reaction Mechanism of the Nucleophilic Substitution at the Si Atom", *J. Phys. Chem. A*, **120**, 2636-2646 (2016).

生物科学領域

生物科学領域

「領域の特色」

生物科学領域の博士前期課程では、学部で培った自然科学系の素養をより一層高めるため大学院らしい特色ある講義を開講します。それを基盤として生命現象にかかわる個別のテーマについて指導教員のもとで研究を行い、柔軟な思考力と基礎技術をもって、社会を支える中核となる人材を育成します。本領域には以下のような特色があります。

・生物学の領域を、分子生物学、細胞生物学、および集団生物学の3分野に分けつつ、3分野の境界領域が重なりあうようにバランスをとった講義科目を提供しています。分子生物学分野では分子の動向から見た生命現象、および遺伝子機能の理解を目指します。細胞生物学分野は、生命の共通基本単位である細胞から個体レベルに至る各階層の生命現象の理解を目的とします。集団生物学分野では、個体および集団による多様な生命現象、つまり生態系、環境適応と行動、進化系統について学修します。講義科目のうち基礎論と各論では生物学全体を高度な視座から偏りなく学修し、特論ではやや専門的な内容について英文のテキストや論文などにより理解を深めます。

・「生物科学特別講義」は、生物学のさまざまな分野において第一線で活躍する研究者を毎年2名招いて実施する夏季集中講義です。研究現場での専門的な仕事について最新の情報を得ることができます。

・「科学英語」は、経験豊富な講師による英語科目（基本・共通科目）です。生物科学研究に不可欠な英語力、とりわけ基本的な文法力を身に付けます。英語は自然科学分野の共通言語であり、学術論文の読解、学術ポスターの作成、発表や論文の記述などに不可欠なツールです。また、この講義科目は理学研究科で実施する「語学認定試験」の一助ともなり得るでしょう。

・「先端科学演習」は、基本・共通科目であり、代表的な分析機器の基本原理を理解します。初歩的な操作について演習することもあります。日々進歩する機器分析により、新たな生命現象の姿が見えてくることもあります。

・「生物科学特別演習」と「生物科学特別研究」は指導教員のもとで行います。「演習」では、専門学術誌に掲載された論文などを精読し、その内容を紹介することを通して各自の研究テーマの位置づけを確認します。「研究」では、研究室などでの実験や観察を通して、研究テーマについてのデータを蓄積します。指導教員の日々の指導に加え、複数の教員からなるアドバイザーによる助言を仰ぎながらデータを整理して修士学位論文を作成します。とりわけ、年2回予定されている中間報告会では、アドバイザーから具体的な示唆を受けます。いずれにしても、博士前期課程では各自のテーマにかかわる研究はもとより、さまざまな講義科目の理解を心がけ広範な知識を身に付けることが肝要です。さらに、将来どのような分野での活躍を目指すのかを念頭におくことも大切です。

博士後期課程は、博士前期課程に加えてさらに3年の研鑽が必要となります。各自の研究テーマに費やす時間がかなり多くなります。指導教員やアドバイザー教員との緊密なコミュニケーションのもとで、さらに専門的な講義を履修し、独創性のあるテーマを展開して博士学位論文を作成します。審査のある学術専門誌に英語で記述した投稿論文が掲載されることも必須条件です。将来の進路としては、大学教職員ならびに研究所の研究員として活躍することが理想です。

「教育研究上の目的」

生物科学領域の博士前期課程は、生物学の基礎的な素養に加え、生物科学の様々な局面で生ずる諸問題に対処できる柔軟な思考力と応用力を身に付けた人材の育成を目的とする。

「教育目標」

本学の教育目標及び本領域の教育研究上の目的等を踏まえ、理学研究科理学専攻生物科学領域博士前期課程では、生物学の基礎的な素養に加え、生物科学の様々な局面で生ずる諸問題に対処できる柔軟な思考力と応用力を身に付けた人を育成することを教育の最終目標としています。

21世紀は生命科学の時代だといわれます。生命科学は、生命現象の普遍的原理を追求することにより、生物を直接研究対象とした分野にとどまらず、社会学や法学など文科系の学問分野までにも影響を及ぼします。一方、地球上には数百万ともいわれる生物種が存在しています。生物多様性の成立過程と実態、更に人とのかかわり合いを解明することも生物科学において大変重要な意味を持ちます。

本領域博士前期課程では、生物科学の基盤となる生物の普遍性 Unity と多様性 Diversity に関わる専門知識と研究方法を分子、細胞・個体、集団レベルの高度な専門教育により体系的に修得し、自ら工夫して生物科学の専門知識を応用することにより研究を遂行できる能力、及び生物科学に関連する様々な現場での問題解決や技術の発展に取り組む能力を涵養することを教育目標として定めます。

構成員紹介



あづみ よしたか
安積 良隆

研究室→P41

職名: 教授
学位: 農学博士
研究分野: 植物発生学、植物細胞生物学
略歴: 名古屋大学理学部生物学科卒業、名古屋大学大学院農学研究科博士課程満了、神奈川大学理学部助手、助教、准教授を経て現職
URL: <https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/bio/AdumiHP/>



おおひら つよし
大平 剛

研究室→P46

職名: 教授
学位: 博士（農学）
研究分野: 動物生理学、分子内分泌学
略歴: 東京大学大学院農学生命科学研究科博士課程修了、日本学術振興会特別研究員、東京水産大学大学院水産学研究科助手、科学技術振興機構重点研究支援協力員、東京大学大学院農学生命科学研究科学術研究支援員、神奈川大学理学部特別助手、特別助教、助教、准教授を経て現職
URL: https://www.kanagawa-u.ac.jp/professor/details/details_101830.html



いのうえ かずひと
井上 和仁

研究室→P42

職名: 教授
学位: 理学博士
研究分野: 生化学、分子生物学、植物生理学、微生物学
略歴: 早稲田大学大学院理工学研究科博士課程修了、神奈川大学理学部助手、専任講師、助教、教授を経て現在、化学生命学部生命機能学科教授、大学院理学研究科教授併任。この間、インディアナ大学客員研究員、東京大学大学院理学系研究科客員助教授、同客員教授を歴任。



こたに すすむ
小谷 享

研究室→P47

職名: 教授
学位: 理学博士
研究分野: 細胞生物学、構造生物学
略歴: 東京大学理学部卒業、理学系研究科生物化学専門課程にて博士号取得、九州工業大学情報工学部助教授を経て現職



いぶか あきこ
井深 章子

研究室→P43

職名: 教授
学位: 博士（農学）
研究分野: 薬剤分解酵素の分子進化、酵素機能制御の解析
略歴: 東京大学大学院農学生命科学研究科博士後期課程中退、静岡県立大学大学院生活健康化学研究科、東京農業大学応用生命科学部栄養科学科、山形大学理学部物質生命化学科、新潟薬科大学応用生命科学部応用生命科学科を経て現職



さかもと たくや
坂本 卓也

研究室→P48

職名: 准教授
学位: 博士（農学）
研究分野: 植物クロマチン動態、環境応答、塊根発生
略歴: 東京大学大学院農学生命科学研究科応用生命工学専攻博士課程修了、東京大学および東京理科大学での博士研究員を経て、日本学術振興会特別研究員、東京理科大学理工学部応用生物科学科助教、同特別講師を経て現職



いわもと あきとし
岩元 明敏

研究室→P44

職名: 教授
学位: 博士（理学）
研究分野: 植物形態学、植物生理学
略歴: 東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻博士課程修了、神奈川大学理学部特別助手、東京学芸大学教育学部助教、同准教授、神奈川大学理学部准教授を経て現職



さとう たまき
佐藤 たまき

研究室→P49

職名: 教授
学位: Ph. D.
研究分野: 古生物学、古脊椎動物学
略歴: 東京大学理学部、シンシナティ大学大学院修士課程を経て、カルガリー大学大学院博士課程修了、博士号取得。王立ティレル古生物学博物館、北海道大学、カナダ自然博物館、国立科学博物館、東京学芸大学を経て、2022年より現職
URL: https://www.kanagawa-u.ac.jp/professor/details/details_102170.html



おおた やすたか
太田 安隆

研究室→P45

職名: 特任教授
学位: 理学博士
研究分野: 細胞生物学、分子生物学
略歴: 東京大学大学院理学系研究科生物化学専攻博士課程修了、北里大学理学部教授を経て現職



すずき よしひろ
鈴木 祥弘

研究室→P50

職名: 准教授
学位: 博士（理学）
研究分野: 光合成の生態学
略歴: 東京大学理学部生物学科・東京大学大学院理学系研究科植物学専攻博士課程・財団法人地球環境産業技術研究機構研究員を経て現職

構成員紹介



たかはし かずお

高橋 一男

研究室→P51

職名: 教授
学位: 博士 (地球環境科学)
研究分野: 進化生態学、昆虫科学、生態学、環境学
略歴: 2001年 東京大学農学部森林科学学科 卒業、2003年 東京大学大学院農学生命科学研究科 修士課程修了、2006年 北海道大学大学院地球環境科学研究科 博士課程 修了

URL : <https://sites.google.com/view/ku-insect-ecology/home>



あさおか まりこ

浅岡 真理子

研究室→P48

職名: 特別助教
学位: 博士 (農学)
略歴: 名古屋大学大学院生命農学研究科生物機構・機能科学専攻博士課程修了、東京学芸大学教育学部非常勤講師 (研究員)、東京大学総合文化研究科研究員、日本学術振興会海外特別研究員を経て現職



とよいずみ りゅうじ

豊泉 龍児

研究室→P52

職名: 教授
学位: 博士 (理学)
研究分野: 動物発生学、器官形成学、細胞生物学
略歴: 神奈川大学理学部生物科学科助手、助教、准教授を経て現職。

URL : https://www.kanagawa-u.ac.jp/professor/details/details_101402.html



あけまつ たかひこ

明松 隆彦

研究室→P47

職名: 特別助教
学位: 博士 (理学)
略歴: 金沢大学大学院自然科学研究科生命科学専攻博士後期課程修了、日本学術振興会特別研究員、ヨーク大学 (カナダ) 研究員、ウィーン大学 (オーストリア) 研究員、コロンビア大学 (アメリカ合衆国) 研究員、日本大学文理学部生命科学科助教を経て現職



にしたに かずひこ

西谷 和彦

研究室→P53

職名: 特任教授
学位: 理学博士
研究分野: 植物生理学、植物細胞壁生物学
URL : <https://researchmap.jp/read0017661>



おおわだ まさと

大和田 正人

職名: 教務技術職員
学位: 博士 (理学)
略歴: 神奈川大学理学部卒業 (応用生物科学科)、神奈川大学大学院理学研究科博士前期課程修了、東京大学大学院理学系研究科博士課程単位取得退学 (地質学専攻)、東京大学総合研究博物館協力研究員、神奈川大学総合理学研究所客員研究員、神奈川大学理学部非常勤講師を経て現職。



ふじわら けん

藤原 研

研究室→P54

職名: 教授
学位: 博士 (理学)
研究分野: 内分泌学、神経内分泌学、比較内分泌学、組織学、機能形態学
略歴: 埼玉大学理工学研究科博士後期課程生物環境科学専攻修了、日本学術振興会特別研究員 (DC1)、自治医科大学医学部生理学講座統合生理学部門 ポストドクター、同解剖学講座組織学部門 助教、講師、准教授、神奈川大学理学部生物科学科 准教授を経て現職



きたしま まさはる

北島 正治

研究室→P42

職名: 教務技術職員
学位: 博士 (理学)
略歴: 神奈川大学理学部応用生物科学科卒業、同大学院理学研究科博士後期課程満期退学、神奈川大学理学部生物科学科非常勤講師を経て現職



ふじた みさと

藤田 深里

研究室→P54

職名: 特別助教
学位: 博士 (理学)
研究分野: 血管生物学、形態形成学
略歴: 東京工業大学大学院生命理工学研究科生命情報専攻博士課程修了、米国国立衛生研究所ポスドク研究員、東洋大学生命科学部助教を経て現職



つるおか しんや

鶴岡 慎哉

職名: 教務技術職員
学位: 修士 (理学)
略歴: 神奈川大学大学院理学研究科生物科学専攻博士前期課程修了、現職

生物(植物発生学、植物細胞生物学) 安積研究室

構成員紹介→P39

研究分野 植物発生学、植物細胞生物学

研究テーマ 植物の配偶子形成に必要な減数分裂の分子機構の解明



研究室構成員

安積 良隆 (教授)

研究内容

当研究室では植物の染色体と遺伝子について調べている。通常の体細胞の分裂時には娘細胞の染色体数に変化はないが、減数分裂と呼ばれる、配偶子を生産する時の特殊な細胞分裂が起きる時には染色体数が半減する。我々は特にこの減数分裂時の染色体の挙動とそれに関係する遺伝子を解析している。

1. 植物の減数分裂に必須の遺伝子の解析

減数分裂時の染色体は、相同染色体が対合するなど特有の挙動を示す。対合は染色体数を正しく半減するのに必須であるなど、これらの染色体動態を制御するしくみを明らかにすることは非常に重要である。我々はモデル植物であるシロイヌナズナで、減数分裂に異常のある挿入変異体の選抜を行った。その結果、*Atspo11-2, solo dancers (sds)*, *Atzip4* の変異体を得た。*AtSPO11-2* はトポイソメラーゼ様のタンパク質をコードし、変異体では二価染色体が形成されないことなどから、相同染色体の対合を開始させるDNA二本鎖切断を生じさせるのに必要であると考えられる。*SDS* 遺伝子はサイクリン様のタンパク質をコードし、変異体では二価染色体は形成されないがDNA二本鎖切断は生じていることから、対合開始と維持に必要なタンパク質であることが予想されている。*AtZIP4* は酵母のシナプトネマ複合体構築に関するタンパク質と似たタンパク質をコードし、対合が不安定なことからシナプトネマ複合体の形成に必要と考えられる。このような研究をさらに発展させることによって、減数分裂がどのようなしくみで起こり、それがどのように制御されているのかが解明されると期待される。

2. 植物の減数分裂期染色体のライブ観察

タンパク質を蛍光標識する方法や共焦点レーザー顕微鏡といった観察機器の発展により、近年、生細胞中の分子の動きをリアルタイムに観察することが可能になってきた。当研究室でも、染色体を構成するヒストンタンパク質を蛍光によって視認できるようにした遺伝子導入シロイヌナズナを作成した。その花粉母細胞を生きた状態で共焦点レーザー顕微鏡を用いて観察し、減数分裂期染色体の動きをリアルタイムにとらえることに成功した。これを基盤にして、相同染色体同士がどのようにしてお互いを見つけ出すのかという謎に挑戦している。

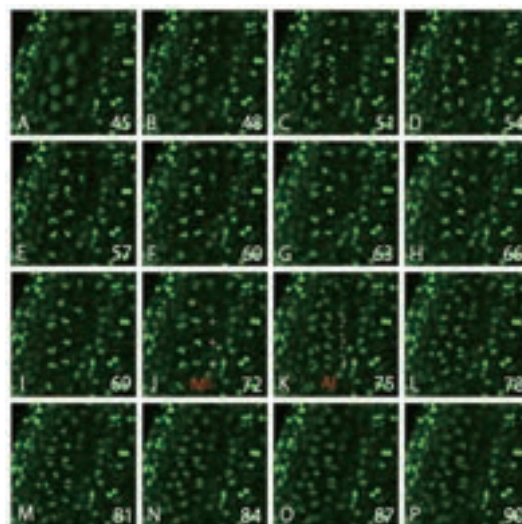


図1 花粉母細胞の減数分裂期染色体のライブ観察
染色体を緑色蛍光タンパク質で可視化したシロイヌナズナの花粉母細胞を共焦点レーザー顕微鏡を用いて生きた状態で観察した。右下の数字は撮影開始後の時間(分)。A-E: 減数第一分裂前期, F-J: 減数第一分裂中期, K-N: 減数第一分裂後期, O-P: 減数第一分裂終期。

主要著書/論文

「Time-Lapse Analysis of Chromosome Behavior in *Arabidopsis thaliana* Pollen Mother Cells Using pAtD-MC1:H2B:GFP Fusion Gene Showed Chromosome Movement and Conformational Change at Meiosis」 *Cytologia*, 2022, 87: 313-18

「Homologous chromosome pairing is completed in crossover defective *atzip4* mutant」 *Biochem Biophys Res Commun*, 2008, 370: 98-103

「*Arabidopsis* SPO11-2 functions with SPO11-1 in meiotic recombination」 *Plant J*, 2006, 48: 206-16

「Homolog interaction during meiotic prophase I in *Arabidopsis* requires the SOLO DANCERS gene encoding a novel cyclin-like protein」 *EMBO J*, 2002, 21: 3081-95

生命機能(微生物学、植物生化学) 井上研究室

構成員紹介→P39

研究分野 生化学、分子生物学、植物生理学、微生物学

研究テーマ 光合成システムの誕生と進化及び光合成を利用した水素生産の研究



研究室構成員

井上 和仁(教授)

北島 正治(教務技術職員)

久堀 徹(総合理学研究所客員教授)

永島 賢治(非常勤講師, 総合理学研究所客員研究員)

永島 咲子(非常勤講師, 総合理学研究所客員研究員)

佐藤 剛(非常勤講師, 総合理学研究所客員研究員)

研究内容

私たちの生活は光合成によって作られた有機物(食物)、酸素、エネルギー資源(石炭や石油といった化石燃料も、もとは光合成が作り出した有機物)に支えられています。光合成を研究することが、いかに、大事な事なのか。皆さんにはおわかりですね。当研究室では微生物や植物を材料に、光合成に関する基礎研究と応用研究を行っています。

光合成システムの誕生と進化

酸素を作り出す光合成は現在のシアノバクテリアの祖先が27億年前に始めたと考えられています。シアノバクテリアは非常に複雑な光合成システムを持ち、効率良く光エネルギーを利用しています。このような複雑なシステムがどのようにして進化してきたのか解き明かすために、シアノバクテリアより単純なシステムを持つ光合成細菌を材料に、地球最初の光合成生物の姿とシアノバクテリアの誕生過程を明らかにするための研究を行っています。研究に使っている光合成細菌の中には、温泉、酸性/アルカリ性湖、高塩水湖、土壌、海洋、深海、氷雪など様々な環境から単離されたものがあります。これらの細菌の中には、特殊な能力を持っていたり、珍しい物質を作ったりするものが少なくなく、光合成の研究から思わぬ応用研究の芽が広がっていきます。

光合成を利用した水素生産

石油などの化石燃料の利用は、温室効果、大気汚染、酸性雨などの深刻な環境問題の原因となっています。そのため近年、化石燃料に取って代わる再生可能でクリーンなエネルギー資源として、水素が注目されています。当研究室では、光合成微生物であるシアノバクテリアを遺伝子工学的に改良し、水素発生効率を世界最高水準に高めることに成功しました。今後、この研究成果をもとにして、光合成を利用したクリーンで再生可能な光生物学的水素生産の技術開発を目指します。



シアノバクテリアの培養

主要著書/論文

「Molecular evidence for the early evolution of photosynthesis」*Science*, 2000, 289: 1724-1730

「Increased heterocyst frequency by *patN* disruption in *Anabaena* leads to enhanced photobiological hydrogen production at high light intensity and high cell density」*Appl. Microbiol. Biotechnology.*, 2017, 101:2177-2188

「Probing structure-function relationships in early events in photosynthesis using a chimeric photocomplex」*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2017, 114:10906-10911

「光合成細菌-酸素を出さない光合成-」、裳華房、2020

「Rubredoxin from the green sulfur bacterium *Chlorobaculum tepidum* donates a redox equivalent to the flavodiiron protein in an NAD(P)H dependent manner via ferredoxin-NAD(P)⁺ oxidoreductase」*Archives of Microbiology*, 2021, 203:799-808

「Photosynthetic growth and energy conversion in an engineered phototroph containing *Thermochromatium tepidum* light-harvesting complex 1 and the *Rhodobacter sphaeroides* reaction center complex」*Biochemistry*, 2021, 60:2685-2690

「Anoxygenic Phototrophic Bacteria」, Academic Press, Elsevier, 2024

「Cytochrome *c* oxidase subunit I gene in *Thalassiosira nordenskiöldii* strains inhabiting in cold and warm sea waters」*Proc. Jpn. Acad., ser. B*, 2024, 100:140-148

生命機能(タンパク質工学, 構造生物学) 井深研究室

構成員紹介→P39

研究分野 薬剤分解酵素の分子進化、酵素機能制御の解析

研究テーマ 薬剤分解酵素の分子進化、酵素機能の制御機構



研究室構成員

井深 章子 (教授)

研究内容

1. 薬剤分解酵素の分子進化

β -ラクタム剤は細菌の細胞壁合成酵素を阻害することで細菌の生育を阻害する薬剤で、感染症治療薬として多用されている。しかし、一部の細菌は薬剤分解酵素の遺伝子を獲得し、この酵素の働きで薬剤を分解することで薬剤存在下でも生育可能となる。このような細菌は薬剤耐性菌と呼ばれ、臨床において大きな問題となっている。

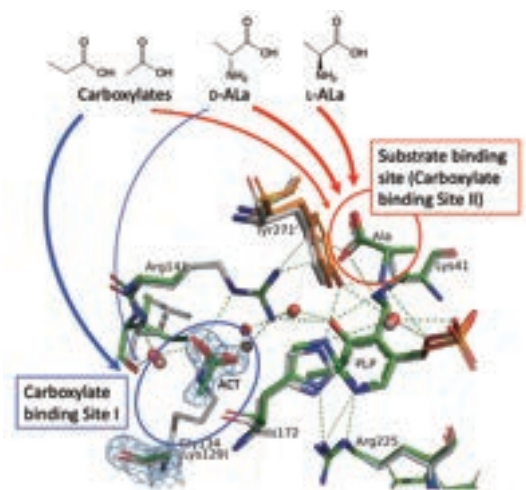
現在までに新規薬剤が次々と開発・使用されているが、新規薬剤の使用に伴い、細菌の酵素が変異（分子進化）し、さらに強力な薬剤耐性を獲得した細菌が出現している。本研究室では、変異が酵素の性質に与える影響を解析することで、薬剤使用に伴う分子進化の方向性をの解明を目指している。

2. 細胞内における酵素機能の制御機構

細胞内には様々な物質が存在し、酵素の活性を制御している可能性がある。我々は乳酸菌由来の酵素アラニンラセマーゼの立体構造・機能を解析し、有機酸がこの酵素の活性に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。現在は、有機酸による酵素活性の制御機構を明らかにすること、また、乳酸菌におけるこのような制御の意義を解明することを目指している。



薬剤耐性酵素の構造。右側は、Znイオンを結合した活性中心を、類似した酵素2種類で重ねて示したもの。



アラニンラセマーゼの活性中心付近の構造

主要著書／論文

「Regulation of alanine racemase activity by carboxylates and the D-type substrate D-alanine.」 *FEBS J.*, 2023 290 (11):2954-2967.

「RNA-hydrolyzing activity of metallo- β -lactamase IMP-1」 *PLoS One*, 2020, 15(10):e0241557.

「Structural and functional analysis of miraculin-like protein from *Vitis vinifera*」 *Biochim. Biophys. Acta Proteins Proteom.*, 2018, 1866(11):1125-1130.

「Structural and mutagenic analysis of metallo- β -lactamase IMP-18」 *Antimicrob. Agents Chemother.*, 2016, 60 (9):5521-5526.

研究分野 植物形態学、植物生理学

研究テーマ 植物の形態形成の解明



研究室構成員

岩元 明敏(教授)

研究内容

本研究室では、様々な植物の花・枝・根を対象として、植物の形態形成に関する研究を行っています。また、その生理学的背景を明らかにするため、定量的解析および数理モデルを用いた研究も行っています。

植物の「花」(花発生)に関する研究

「花発生」とは、花がまだ分裂組織から生じたばかりの原基の段階から、様々な器官を形成し、1つの花として完成するまでの過程のことを指します。これまでに、マツモ、オモダカ目植物(著書/論文(3))、ショウガ科植物などを対象として、花発生の研究を進めてきました。ショウガ科の研究では、この群に特有な“ラベルム”と呼ばれる器官が3つの仮雄蕊から形成される場合があることを発見しました(著書/論文(2))。また、マツモの研究では、雄花における多様な花形態が初期の花原基に対する物理的圧力が重要であることを明らかにしました(著書/論文(4))。現在は、このマツモの研究から明らかとなった、花発生に対する物理的圧力が及ぼす影響について、モデル植物のシロイヌナズナの花を対象とした実験系を開発して解析に取り組んでいます(図1)。

植物の「枝」(シュート構成)に関する研究

「シュート構成」とは、植物の地上部の全体的な構造のことを指します。すなわち、植物がどのように枝を伸ばし、葉や花を発達させ、新たな芽を展開させるのか、ということを目指す用語です。これまでにミツマタ、サクラ属植物を中心に、このシュート構成の研究を進めてきました。ミツマタの研究では、特徴的な三又分枝が、被子植物ではきわめて稀な茎頂分裂組織の分割によるものであることを明らかにしました(著書/論文(7))。現在は、同じ特殊な分枝様式を持つと考えられるハママンネングサに着目して形態学的な研究を進めています。また、サクラ属については20年以上にわたって継続的に観察を続けており、冬芽における前出葉の腋芽の発達、展開がサクラ属のシュート構成の形態進化を考える上で

重要であることを見出しました(著書/論文(5))。現在もこれまで未観察の系統群の解析を進めています。

植物の「根」(根端成長)に関する研究

植物の根について、その成長の様子を詳細に観察、撮影し、画像データから根の各場所における細胞体積増大および細胞増殖の速度を定量化する根端成長解析に取り組んでいます。この解析により、遺伝変異・環境条件が細胞レベルで成長に与える影響を定量的に明らかにすることができます。さらに、この成長解析のデータを数理モデルで解析することによって、成長の各側面(細胞増殖、体積増大、器官維持)のコストを算出することにも成功しました(著書/論文(6))。現在はゲノム倍加が根端成長に及ぼす影響などについて解析を進めており、この解析に附随した研究成果も得られています(著書/論文(1))。

主要著書/論文

- (1) [Different effects of gellan gum and agar on change in root elongation in *Arabidopsis thaliana* by polyploidization: the key role of aluminum] *J. Plant Res.* 2023. 136: 253–263
- (2) [Floral development reveals the existence of a fifth staminode on the labellum of basal Globbeae] *Front. Ecol. Evol.* 2020. 8:133 1–14.
- (3) [Floral development of petaloid Alismatales as an insight into the origin of the trimerous Bauplan in the flower of the Monocots] *J. Plant Res.* 2018. 131: 395–407.
- (4) [Floral anatomy and vegetative development in *Ceratophyllum demersum*: A morphological picture of an “unsolved” plant] *Amer. J. Bot.* 2015. 102: 1578–1589.
- (5) 「冬芽と環境-植物たちの越冬『広義サクラ属の冬芽の多様性と進化』」八田編. 北隆館. 2014. 237–252.
- (6) [Insight into the basis of root growth in *Arabidopsis thaliana* provided by a simple mathematical model] *J. Plant Res.* 2006. 119: 85–93.
- (7) [Development and structure of trichotomous branching in *Edgeworthia chrysantha* (Thymelaeaceae)] *Amer. J. Bot.* 2005. 92: 1350–1358

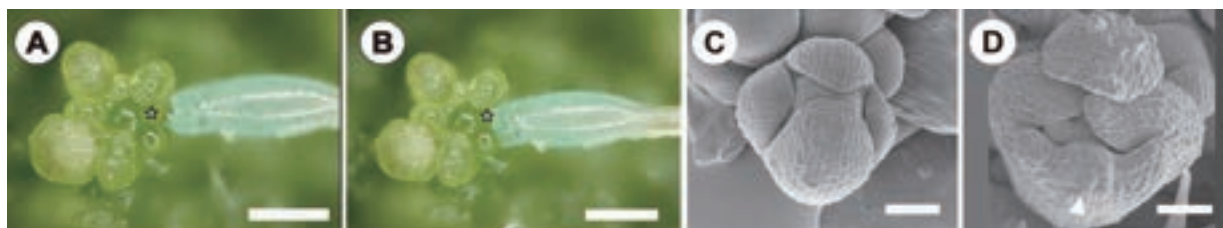


図1 (A, B) シロイヌナズナの花原基にマイクロデバイスを接触させる前(A)と接触させた後(B)の状態。☆は接触により、物理的圧力が加わったと考えられる花原基。(C) 物理的圧力を加えていない、通常のシロイヌナズナの発達中期の花原基。(D) はほぼ同じ発達時期の物理的圧力を加えた花原基。通常と比較し、圧力を加えた部分(矢頭)で萼片原基が3裂している。Scale bars = 200 μ m (A, B), 50 μ m (C, D).

生物科学(細胞機能制御学) 太田研究室

構成員紹介→P39

研究分野 細胞生物学、分子生物学

研究テーマ 動物細胞の運動制御機構の解明



研究室構成員

太田 安隆 (特任教授)

研究内容

私たちは培養細胞を用いて細胞運動の研究をしています。培養細胞は、シャーレの中で形を変え活発に運動します。この細胞を顕微鏡ステージ上で撮影し、ムービーを画像解析ソフトを使って解析します。様々な分子が細胞運動に関わっていますが、「細胞骨格」や「シグナル分子」が細胞運動を調節している仕組みを明らかにするために、私たちは分子生物学や遺伝子工学の手法を用いて研究しています。細胞運動の研究は様々な応用が可能で、一例として私たちはヒトがん細胞の浸潤・転移のメカニズムを研究しています。がん細胞は悪性化すると運動が亢進して、体中に転移します。このがん細胞の悪性化のメカニズムをヒトの悪性腫瘍細胞を用いて研究しています。

細胞運動を制御するシグナル伝達の研究

細胞増殖因子や走化性因子などの液性因子やファイブロネクチンなどの細胞接着因子が細胞表面の受容体に結合すると、細胞内のシグナル伝達系が活性化され、細胞運動が開始します。細胞運動を制御している細胞内情報伝達系として主要な働きをしているのは、低分子量GTP結合タンパク質(small GTPase)を介したシグナル伝達系です。SmallGTPaseは細胞運動、増殖、膜輸送など様々な細胞機能を調節していますが、細胞運動を制御しているのは主にRhoファミリーのsmallGTPase(Rho GTPase)です。我々は、Rho GTPaseがいかに細胞運動や細胞接着を制御しているか研究しています。

3次元環境下での細胞運動の制御機構

ヒトを含めた動物細胞が、3次元マトリックス内を移動するメカニズムを研究しています。細胞運動の研究は今までシャーレで培養した細胞を用いて研究されてきました。しかし、我々の体の中で細胞は、結合組織など3次元環境の中を動いており、3次元での細胞運動制御機構は、2次元とは大きく異なることがわかってきました。我々は、細胞外マトリックス内を移動する細胞の運動を詳細に観察し、分子レベルでそのメカニズムを研究しています。運動する細胞としては、がん細胞や白血球などを用いています。

上皮細胞の細胞間接着と組織構築のメカニズムの研究

上皮細胞は細胞同士が接着してシート構造を形成しています。この接着は、発生過程における組織構築の際にダイナミックに変化します。また、がん細胞が悪性化するとシートから離脱して結合組織内に浸潤する、いわゆる上皮・間葉転換がおこります。上皮細胞間の接着もsmallGTPaseとアクチン細胞骨格が中心的な役割を担っています。そこで上皮細胞の培養系を用いて、シート構造

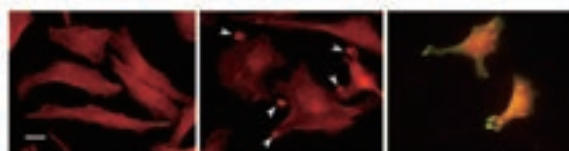
の維持や上皮・間葉転換の分子機構を解析しています。上皮細胞は細胞が接着しながら集団で移動する「集団遊走」という現象が知られています。集団遊走では、リーダー細胞がフォロワー細胞の集団を誘導しながら集団で移動します。この「集団遊走」のメカニズムを解析しています。

また、上皮細胞をコラーゲンなどの細胞外マトリックス中で培養すると増殖した細胞が塊を作り、それが中空の管に成長します。この現象は、上皮細胞から組織ができる時のメカニズムを反映していると考えられ、この中空の管が形成されるメカニズムを解析しています。

腎糸球体ポドサイトの細胞機能の研究

腎糸球体は血漿濾過を行う重要な器官です。濾過障壁を構成している構造の一つに上皮由来のポドサイト(足細胞)が知られています。ポドサイトは糸球体の外側の血管壁を取り巻くようにして存在しており、ポドサイトは血漿濾過において大きな役割を果たしていると考えられています。私たちは、ポドサイトの形態や機能を制御しているメカニズムと腎疾患との関係を、培養ポドサイトを用いて研究しています。

静止期A7細胞(無血清培養)



正常A7細胞

FilGAP発現抑制A7細胞

FilGAPは葉状仮足の形成を抑制することで細胞運動を阻害する

主要著書/論文

「FilGAP controls cell-extracellular matrix adhesion and process formation of kidney podocytes.」 FASEB J. 2024 Mar 15;38(5):e23504. doi: 10.1096/fj.202301691RR.

「RSK/GSK3 mediated phosphorylation of FilGAP regulates chemotactic cancer cell invasion.」 PNAS Nexus, 2024 Feb 9;3(2):pgae071. doi: 10.1093/pnasnexus/pgae071.

「FilGAP regulates tumor growth in Glioma through the regulation of mTORC1 and mTORC2.」 Sci Rep. 2023 Dec 8;13(1):20956. doi: 10.1038/s41598-023-47892-1.

「FilGAP, a GAP for Rac1, down-regulates invadopodia formation in breast cancer cells.」 Cell Struct. Funct. 2023 Sep 23;48(2):161-174. doi: 10.1247/csf.23032.

「FilGAP, a GTPase Activating Protein for Rac Binds Filamin A to Control Actin Remodeling.」 Nature Cell Biol. 2006; 8: 803-814

生物科学(分子内分泌学、動物生理学) 大平研究室

構成員紹介→P39

研究分野 動物生理学、分子内分泌学

研究テーマ 甲殻類の成長・生殖・性分化などのホルモンによる制御機構の解明



研究室構成員

大平 剛（教授）、梶本 麻未（客員研究員）

研究内容

甲殻類のサイナス腺ホルモンに関する研究

通常、甲殻類は複眼が頭部から突出しており、その複眼を支えている柄の部分の部分を眼柄と呼びます。眼柄内には眼柄神経節が存在し、そこで複数のホルモンが合成されています(図1)。合成されたホルモンは血中に分泌されるまでサイナス腺に貯蔵されます。本研究室では、エビやカニ等の様々な甲殻類を実験材料に用いて、それらのサイナス腺から、血糖上昇ホルモン、脱皮抑制ホルモン、卵黄形成抑制ホルモン、色素拡散ホルモン、色素凝集ホルモン、雌性ホルモン、雄性ホルモン、浸透圧調節ホルモンなどのペプチド性ホルモンの精製・構造決定、遺伝子クローニングを行っています。また、それらホルモンを遺伝子工学的に作製し、それらの生理作用を様々な生物検定系で解析しています。

甲殻類の造雄腺ホルモンに関する研究

甲殻類の性分化は内分泌的な制御下にあります。甲殻類においては、造雄腺と呼ばれる器官が雄にのみ発達し、ここから造雄腺ホルモンが分泌され、これが雄への分化を促すとともに、その後の雄の性特徴を発達させることが知られています(図2)。当研究室では、エビやカニの造雄腺の移植や、活性型の造雄腺ホルモンを化学合成して、それを注射することで、雌から雄への性転換を誘導する実験に取り組んでいます。また、寄生性甲殻類が宿主の造雄腺ホルモンの受容を攪乱するシステムも調べています。

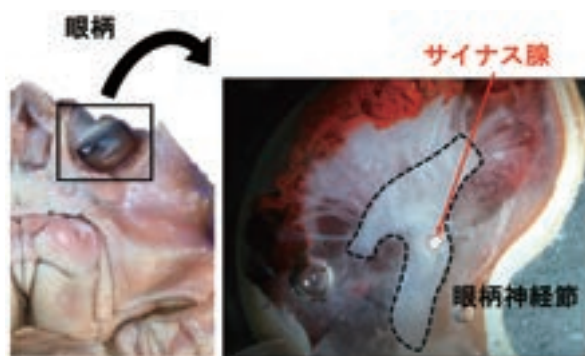


図1 ズワイガニの眼柄内に存在する眼柄神経節とサイナス腺

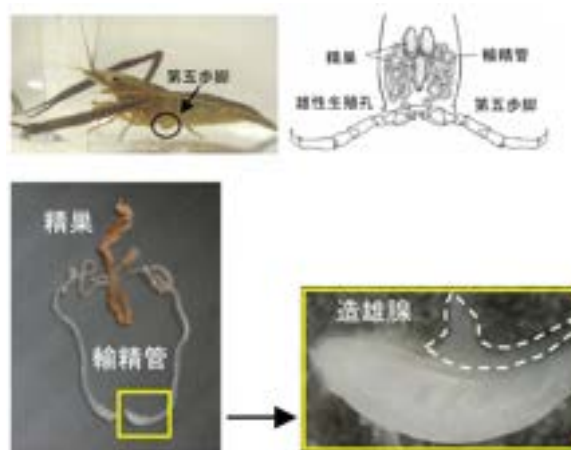


図2 テナガエビ類の造雄腺

主要著書／論文

- 1) Chemical synthesis and functional evaluation of the crayfish insulin-like androgenic gland factor. *Bioorg. Chem.*, 122, 105738 (2022).
- 2) Eyestalk transcriptome and methyl farnesoate titers provide insight into the physiological changes in the male snow crab, *Chionoecetes opilio*, after its terminal molt. *Sci. Rep.*, 13, 7204 (2023).
- 3) Sexual dimorphic eyestalk transcriptome of kuruma prawn *Marsupenaeus japonicus*. *Gene*, 885, 147700 (2023).
- 4) Dual roles of crustacean female sex hormone during juvenile stage in the kuruma prawn *Marsupenaeus japonicus*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 344, 114374 (2023).
- 5) Identification and physiological assays of crustacean hyperglycemic hormones in the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus*. *Zool. Sci.*, 41, 14-20 (2023).
- 6) Sacculina-induced morphological feminization in the grapsid crab, *Pachygrapsus crassipes*. *Zool. Sci.*, 40, 367-374 (2023).

生物科学(細胞生物学、構造生物学) 小谷研究室

構成員紹介→P39

研究分野 細胞生物学、分子生物学、構造生物学

研究テーマ 纖毛虫類の二核性を支える細胞および遺伝子機能の解明



研究室構成員

小谷 享(教授)、明松 隆彦(特別助教)

研究内容

原生生物の一大グループである纖毛虫類は、同一の細胞内に「大核」と「小核」という2種類の核をもっている(図1)。大核と小核は、名前が示すように大きさに違いがあるだけでなく、染色体の構造、クロマチンの状態、DNA複製の時期、核分裂の様式など、様々な点で異なっている。大核は、全ての遺伝子発現の担う一世代限りの核であるのに対して、小核は、無性生殖では転写活性がなく、有性生殖(接合)においてのみ遺伝情報が使われる核である。接合では、減数分裂・受精・発生・分化・老化といったイベントが大核と小核に起こり、核の発達や退化に関わる系が特異的に作用することによって子孫の大核と小核が生成される。核を単位とした世代交代を営む「二核性」と呼ばれるこの生命システムは、纖毛虫類にユニークな生物学的特徴の一つであり、多くの研究者の興味を引き付けている。

では、纖毛虫類はどのように種々の核を見分けているのか? それらを区別するための位置情報や分子が存在するのか? もしそのようなシグナルがあるのなら、その物理化学的な実体は何か? 纖毛虫類の細胞機能には未解明な点が多く、当研究室では、二核性の分子基盤に迫るための研究を行っている。二核性は、細胞生物学的に非常に興味深い現象であるだけでなく、その仕組みを明らかにすることによって、寿命の共通原理の理解や、通年的な理論を超越したメカニズムの発見に繋がる可能性がある。研究材料には、ゲノム解析やトランスクリプトーム解析が完了し、遺伝子操作技術の確立しているテトラヒメナ(*Tetrahymena thermophila*)を用いている。現在の主な取り組みを以下に示す。

配偶核形成の仕組み

接合が始まると、小核は減数分裂を行い、細胞内に4つ半数体核を生じる。これらのうち、受精に使われる配偶核へと成熟するのは1核だけで、他の3核は速やかに分解される(図2)。現在、半数体核の運命を決める核選択の仕組みは分かっていないが、選択された配偶核にのみクロマチン構造の変化やDNA修復因子等の局在が見られることから、1核に特異的な核-細胞質間輸送の関与が予想される。また、成熟過程の配偶核は特定の細胞内区画へ移動する傾向が見られることから、位置情報のシグナルが重要である可能性も考えられる。そこで本研究では、核膜孔複合体の構成タンパク質や細胞骨格・細胞内輸送の関連タンパク質に着目し、半数体核間でこれらの局在や働きに違いがあるのかを調べている。配偶核に含まれる分子の更なる同定も併せて行っており、半数体核の運命を規定する時空間情報の実体および成熟因子の全容解明を試みている。

プログラム核死を制御するオートファジーの分子機構

接合では、同一の細胞内に「次世代へ遺伝する核」と「一世代限りの核」が混在する時期が複数回あり、その都度、後者が特異的に分解されることで世代交代が行われる(図3)。この現象はプログラム核死(Programmed Nuclear Death: PND)と呼ばれ、巨大なオートファジーの一種として知られる一方、特定の核が隔離膜形成の標的となる仕組みは未解明なままである。そこで本研究では、酵母や動物のオートファジー研究で急速に解析が進んでいるオートファジー受容体に着目し、PNDの特異性を担保する目印分子の探索を試みている。現在、メジャーなモデル生物で解明されているオートファジー受容体は、基質の種類によって様々なタンパク質が使われているだけでなく、同じ分類群の中でも一次配列上の類似性を示さないタンパク質が等価な機能を果たすことが多い。纖毛虫類のPNDから得られる知見は、基質や生物分類群を跨いだオートファジーの共通性、並びに進化の過程で多様化している部分の理解にも役立つと考えられる。

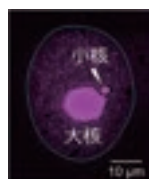


図1

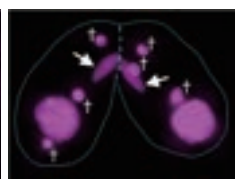


図2

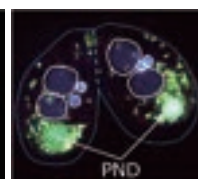


図3

図1: テトラヒメナのDAPI染色像。大核の右上に小核が見られる。

図2: 減数分裂後の接合細胞。矢印は配偶核として選択された半数体核、*は分解される半数体核を示す。

図3: 次世代の大核・小核(白棒)を形成中の接合細胞。PNDは隔離膜に取り込まれた親世代の大核を示す。

主要著書/論文

「Snf2 Proteins Are Required to Generate Gamete Pronuclei in *Tetrahymena thermophila*」(Microorganisms, 2022, 10, 2426)

「The transmembrane protein Semil positions gamete nuclei for reciprocal fertilization in *Tetrahymena*」(iScience, 2020, 23, 100749)

「Resistance to 6-methylpurine is conferred by defective adenine phosphoribosyltransferase in *Tetrahymena*」(Genes, 2018, 9, 179)

「Post-meiotic DNA double-strand breaks occur in *Tetrahymena*, and require Topoisomerase II and Spo11」(Elife, 2017, 6, e26176)

「Role of class III phosphatidylinositol 3-kinase during programmed nuclear death of *Tetrahymena thermophila*」(Autophagy, 2014, 10, 209-225)

生物科学(植物分子生物学、植物クロマチン生物学) 坂本研究室

構成員紹介→P39

研究分野 植物クロマチン動態、環境応答、塊根発生

研究テーマ 植物のクロマチン制御と器官の発生・分化・成長の仕組みの解明



研究室構成員

坂本 卓也(准教授)、浅岡 真理子(特別助教)、
花俣 繁(プロジェクト研究員、総合理学研究所客員研究員)

研究内容

私たちの研究室では、シロイヌナズナやゼニゴケを研究対象として、植物のクロマチン動態・構造制御の仕組みや、塊根や茎の発生と分化・成長の仕組みに関する研究など、多岐にわたる研究を行っています。

1. 植物における新たなホウ素の生理機能を探る研究

ホウ素は、植物の必須栄養元素の一つです。これまでに知られているホウ素の生理機能には、細胞壁の構造維持がありますが、その他の機能についてはわかっていません。これまでの研究で、ホウ素が植物の細胞核の中で、クロマチン構造を変換させる可能性を見出してきました。この研究では、ホウ素のクロマチンに対する作用が、ホウ素の新たな生理機能であるかどうかを検証します。

2. 植物の染色体配置パターンに関する研究

植物を含め真核生物の核内において、クロマチンの集合体である染色体は決まった“配置パターン”を取ります。その配置パターンは一定ではなく、生物種や細胞種、細胞の発生・分化の状態によっても異なります。しかし、配置パターンを制御する分子機構や特定の配置パターンを取る意義については殆どわかっていません。この研究では、配置パターンに異常を示す変異株の解析を通じて、そのような疑問に対する答えを探索します。

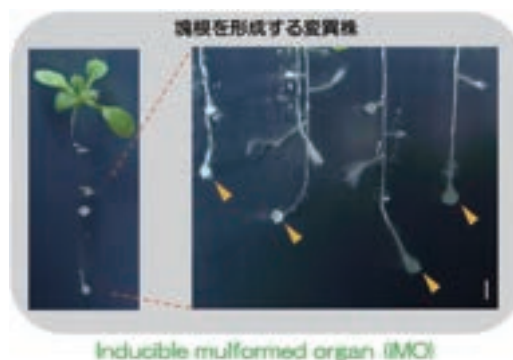
3. 塊根形成に関する研究

塊根(イモ等)形成の分子機構は殆どわかっていません。これまでに、本来ならば塊根を形成しないシロイヌナズナにおいて、形態的・生理的にもサツマイモなどの塊根に似た性質を持つ組織inducible malformed organ (iMO) が形成される条件を発見しています。この研究では、iMOの解析により、これまでの研究とは異なる視点から塊根形成の分子機構の解明を目指します。

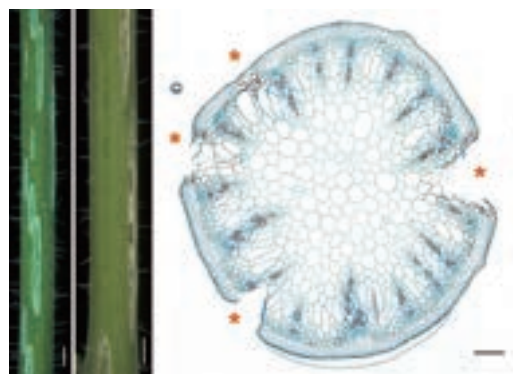
4. 茎の形作りに関する研究

維管束植物の茎は、栄養成長・生殖成長の両面で文字通り基軸となる器官です。多くの草木の茎や幹が、円柱状に形を整え強度を維持しながら成長する姿を、私たちはごく当たり前のこととして捉えられています。しかし、その過程における発生・分化、成長の仕組みは殆ど分かっていません。この研究では、茎に力学的な異常、即ち自発的な器官の損傷を示す変異株の解析を通じて、

そのような疑問に対する答えを探索します。



特定条件下でみられるシロイヌナズナの塊根様組織



シロイヌナズナ形質転換系統の茎に生じる亀裂(左)と茎の組織切片画像(右)
(Asaoka et al. 2023より改変)

主要著書／論文

- 1) Ito, Sakamoto et al., Nuclear pore complex proteins are involved in centromere distribution, *iScience*, 2024, 27:108855.
- 2) Asaoka et al., Contribution of vasculature to stem integrity in *Arabidopsis thaliana*, *Development*, 2023, 150: dev201156.
- 3) Sakamoto et al., Two-step regulation of centromere distribution by condensin II and the nuclear envelope proteins, *Nature Plants*, 2022, 8: 940-953.
- 4) Asaoka et al., Stem integrity in *Arabidopsis thaliana* requires a load-bearing, *Development*, 2021, 148: dev198028.
- 5) Sakamoto et al., Proteasomal degradation of BRAHMA promotes boron tolerance in *Arabidopsis*, *Nature Communications*, 2018, 9: 5285.

生物科学(古生物学、古脊椎動物学) 佐藤研究室

構成員紹介→P39

研究分野 古生物学、古脊椎動物学

研究テーマ 主に爬虫類の化石を研究して過去の生物の多様性をあきらかにする



研究室構成員

佐藤 たまき (教授)

研究内容

古生物学は主に化石を用いて生物の歴史を解き明かす学問で、生物科学と地球科学の境界にある。本研究室の主宰者は古脊椎動物学とよばれる分野が専門で、中生代の海生爬虫類の記載・分類と系統学の研究中心に行ってきた。なお「記載」とは、化石の形態を言葉や図などで詳細に記述し、解剖学的・分類学的な同定の根拠を詳細に示す作業のことである。記載・分類・系統学はその化石生物の形態や進化的な位置づけの基礎データとなるもので、応用的な研究の基礎となる学問である。

この他、共同研究を通じて、その他の様々な生物（魚類、哺乳類、昆虫類、植物など）の記載の研究にも関わっている。また、これらの研究の成果を一般市民に伝えるアウトリーチ活動として、書籍や博物館の展示の監修や講演会などにも積極的に取り組んでいる。

1. 首長竜を始めとする中生代の化石爬虫類の研究

首長竜類 Plesiosauroidea とは、中生代の海で栄えた大型爬虫類のグループである。手足が鰭になり、頭蓋骨や肢帯（肩回りや腰回りの骨）の構造が独特であるなど他の脊椎動物には見られない独特の形態を持つが、その進化史や絶滅の過程は明らかになっていない。研究室主催者は、大学の卒業研究から日本・カナダ・中国から産出した首長竜や、首長竜の親戚に当たる三畳紀の鰭竜類 Sauropterygia などの海生爬虫類の化石を数多く記載してきた。代表的な研究としては、福島県の白亜系から発見された首長竜フタバサズキリュウ *Futabasaurus suzukii* を記載して新属新種として命名したこと、中国の三畳系から発見された鰭竜類ユングサウルス *Yunguisaurus liae* を記載して首長竜の独特な形態の起源に迫ったことなどが挙げられる。最近では、首長竜の独特な形態と泳ぎ方の関係についても共同研究を行っている。

また、本邦の白亜紀の海生脊椎動物化石の層序分布を世界の他の地域のデータと比較することで、白亜紀の海生脊椎動物の地理的分布の地域性を示す試みも続けている。日本では主に後期白亜紀の地層から産出する。首長竜・モササウルス類・ウミガメ類などの海生爬虫類や、サメや硬骨魚類といった魚類など、様々な海生脊椎動物の化石が見つかる。時には北海道むかわ町で発見されたカムイサウルス *Kamuysaurus* のように、陸生の生物の化石も含まれていることもある。こうした化石の研究にも関わっているため、研究対象は首長竜に限らない。



監修した北海道むかわ町穂別博物館の展示用首長骨格

2. 栃木県塩原の更新世化石の記載と分析

栃木県那須塩原市からは美しい植物化石「木の葉石」が産することで古くから有名である。木の葉石は中期更新世の湖でできた地層であり、昆虫などの動物化石も数多く産出し、理科の教材として教育現場でも活用されている。

本研究室ではこの地層から産出する様々な昆虫や魚などの化石から、この地域の当時の生物相や古環境についての分析を進めている。

主要著書／論文

Sato et al. 2023. Pliosaurid (Reptilia: Sauropterygia) remains from the Upper Cretaceous of Japan, and their biostratigraphic and paleogeographic significance. *Cretaceous Research*, Volume 150, 105593.

Kanno et al., 2022. Santonian-Campanian neoselachian faunas of the Upper Cretaceous Yezo Group in Nakagawa Town, Hokkaido, Japan. *Cretaceous Research*, Volume 133, 105139.

Horiguchi et al. 2020. First fossil record of a jumping plant louse (Insecta, Hemiptera, Psyllodea) from Japan. *Paläontologische Zeitschrift*, 94, 455–461.

Kobayashi et al. 2019. A New Hadrosaurine (Dinosauria: Hadrosauridae) from the Marine Deposits of the Late Cretaceous Hakobuchi Formation, Yezo Group, Japan. *Scientific Reports*, 9, Article number: 12389.

Sato et al. 2014. A new specimen of the Triassic plesiosaurid *Yunguisaurus*, with implications for the origin of Plesiosauroidea (Reptilia, Sauropterygia). *Palaeontology*, 57, 55-76.

Sato et al. 2012. A review of the Upper Cretaceous marine reptiles from Japan. *Cretaceous Research*, 37, 319-340.

Sato et al. 2006. A new elasmosaurid plesiosaur from the Upper Cretaceous of Fukushima, Japan. *Palaeontology* 49, 467-485.

生物科学(植物生態学) 鈴木研究室

構成員紹介→P39

研究分野 光合成の生態学

研究テーマ 自然環境への光合成生物の対応が私たちの研究室のメインテーマです



研究室構成員

鈴木 祥弘 (准教授)

研究内容

生物個体は、同種や異種の個体（生物的環境）に囲まれ、さまざまな物理的・化学的要因（非生物学的環境）のもと、自然の中で生きています。環境とそれに対する生物の対応を合わせて解析することで、「自然の中で生物がどのように生きているか」を明らかにすることが生態学の目的です。私たちの研究室では、光合成とおして「色々な生態系の中で生物がどのように生きているか」を調べています。

研究の目的

[一次生産と光合成] 無機物から有機物作ることを一次生産といいます。海洋や湖沼では微細な藻類が、陸上では植物が、光合成によって一次生産を行っています。生物はこの光合成により生産された有機物に依存して生きています（藻類や植物も、自身が光合成で作った有機物で生きています）。光合成がなければ生態系は成り立ちません。

[光合成と環境] エネルギー源の光や、有機物の材料（二酸化炭素や栄養塩類）、物理・化学反応に影響を与える温度、陸上で不足する水など、様々な環境要因が光合成に影響します。光合成生物は決してベストとはいえない自然環境の中で環境に対応して光合成を行っています。また、環境要因は刻々と変動しており、光合成生物は環境変動にも対応が必要です。自然環境への光合成生物の対応が私たちの研究室のメインテーマです。

水界の光合成

海洋や湖沼では植物プランクトンと呼ばれる微細藻類が光合成を行っています。

[海水の下で] 地球温暖化に伴って、北極や南極の海洋を覆う海水の面積は減少し、その厚さは薄くなる一方です。薄くなった水の下には海水藻類が沢山集まって生息しています。私たちは海水域の南限にあたる北海道サロマ湖で、この海水藻類の調査を行っています。世界でも珍しい海水藻類の培養株を用いた実験も行っています。

[河口で] 相模湾の中央付近に位置する平塚沖には特異な海底地形が存在し、湾沖合の黒潮や相模川からの淡水流入とともに、複雑に変動する環境を形成しています。この複雑な変動が、海域の植物プランクトンの光合成・一次生産や、それに支えられた海域の生態系を特徴づけることを明らかにしてきました。

[湖で] 世界中の多くの湖では環境の変化によりマリモは

球状集合体を作らなくなりました。阿寒湖のマリモを保全するためには、マリモはどうして丸くなるのかを明らかにすることが不可欠です。光合成と環境の視点からマリモの保全を考えています。

陸上の光合成

[林の下で] 森林の地表（林床）には、樹木で吸収された弱い光ばかりでなく、葉をすり抜けた太陽光が到達します。林床では、木漏れ日により激しく変動する光強度に対応して植物が生きています。変動する光環境を測定し、培養装置で再現した変動光で光合成の応答を解析しています。

[田んぼで] イネの茂った夏の田圃でも、葉をすり抜けた太陽光が激しく変化する光環境を作り出しています。ウキクサを使って、光合成系の対応を調べています。

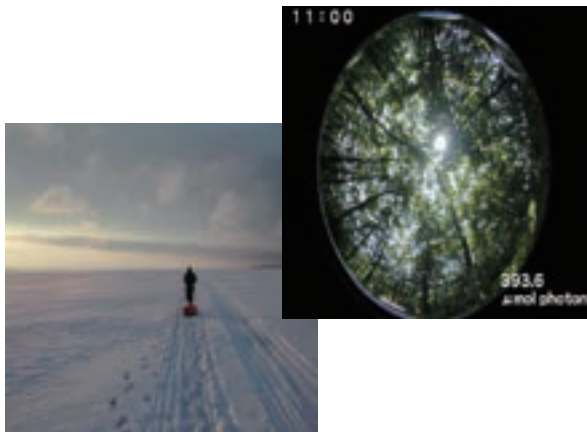
ゲノムと光合成

自然環境対応するための光合成生物の武器は、すべてゲノムに書かれています。各生物のゲノムは環境への対応を考えるための基礎となる情報です。私たちの研究室ではゲノムの解析も始めています。

[微細藻類のゲノム] 海水藻類のゲノムの解析を進めています。[マリモのゲノム] マリモのゲノムは巨大で歯が立ちません。とりあえず葉緑体ゲノムの解析を始めています。

主要著書／論文

「植物生理学」化学同人，2009「光合成研究法」2003「Sudden collapse of vacuoles in *Saintpaulia* sp. palisade cells induced by a rapid temperature decrease.」P LoS. One. 8(2), e57259, 2013「A sequencing protocol of some DNA regions in nuclear, chloroplastic and mitochondrial genomes in an individual colony of *Thalassiosira nordenskiöldii* cleve Bacillariophyceae」Polar Bioscience, 2005



生物科学(昆虫生態学、進化生物学) 高橋研究室

構成員紹介→P40

研究分野 進化生態学、昆虫科学、生態学、環境学

研究テーマ 昆虫の色、形、行動の生態学的研究



研究室構成員

高橋 一男 (教授)

滝ヶ平 智博 (非常勤講師、総合理学研究所客員研究員)

安部 淳 (非常勤講師、総合理学研究所客員研究員)

研究内容

昆虫は非常に多様な生態を持つ生物群で、地球上で最も繁栄した生物とも言っても過言ではありません。昆虫の多様な環境適応の要因は、現在でも多くの研究者が解明を試みている問題であります。そのような昆虫の中でも、ショウジョウバエは約100年に渡ってモデル生物として研究が行われてきており、生態学や進化生物学の分野においても有用な研究材料となっています。本研究室では、主にショウジョウバエを研究材料として用い、生態学的研究に取り組んでいます。以下に二つの研究テーマの紹介をします。

翅干渉色の研究

小さな昆虫の持つ、透明で薄い翅は、暗い背景で観察すると非常に鮮やかな薄膜干渉による構造色を発色する事が知られており、WIPs (Wing Interference Patterns) と呼ばれています (図1)。WIPsは非常に安定した形質で、その生態学的な意義に注目が集まっていますが、まだまだ未解明な点が多い形質です。本研究室では、数十から数百種類に分光された波長の輝度情報を持つハイパースペクトル画像を活用し、WIPsの分光特性の総体としてのスペクトローム解析法を開発しています。実際に、多数のショウジョウバエ種について、性的二型や種間差を定量的に評価する方法の開発に成功しており、WIPsの遺伝基盤や生態的意義に関する研究にも着手しています。



図1 明るい環境で透明に見える翅 (左) と
暗い環境で干渉色が見える翅 (右)

捕食寄生蜂の研究

天敵防除などにも活用される内部寄生蜂と宿主との相互作用は、その応用的・基礎生物学的な重要性にも関わらず、まだまだ未解明です。内部寄生蜂は高い宿主特異性を持つため、生態系に与える影響の少ない有用な天敵

生物であると考えられています。内部寄生蜂は宿主の体内で発育するため、宿主体内において宿主の免疫防御を無効化する様々な生理学的な方法を進化させて来ました。本研究室では、キイロショウジョウバエとその内部寄生蜂をモデル系として、ショウジョウバエの寄生蜂抵抗性の生理学的、遺伝学的メカニズムの解明に取り組んでいます。



図2 ショウジョウバエの幼虫に産卵している
寄生蜂 (*Asobara japonica*) の雌

主要著書／論文

1. [Quantitative analysis of wing interference patterns in *Drosophila* spp. using hyperspectral images], *Physiological Entomology*, 48: 83-89, 2023
2. 「生命システムのロバストネスが促進する進化」、細胞工学, 33: 79-83, 2013
3. [Apoptosis inhibition mitigates aging effects in *Drosophila melanogaster*], *Genetica*, 148: 69-76, 2020
4. [Chemical cues from competitors change the oviposition preference of *Drosophila suzukii*] *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 168: 304-310, 2020
5. [In vivo and in vitro developmental profiling of *Asobara japonica* (Hymenoptera: Braconidae), a larval endoparasitoid of drosophilid flies] *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 167: 442-456, 2019
6. [Multiple modes of canalization: links between genetic, environmental canalizations and developmental stability, and their trait-specificity], *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 88: 14-20, 2019
7. [HSP90 as a global genetic modifier for male genital morphology in *Drosophila melanogaster*], *Evolution*, 72: 2419-2434, 2018
8. [Novel genetic capacitors and potentiators for the natural genetic variation of sensory bristles and their trait-specificity in *Drosophila melanogaster*], *Molecular Ecology*, 24: 5561-5572, 2015

生物科学(動物発生学、器官形成学) 豊泉研究室

構成員紹介→P40

研究分野 動物発生学、器官形成学、細胞生物学

研究テーマ 胚や幼生の形態形成、特に左右軸形成と、消化管などの器官形成を実験発生学的な観点から研究している。
胚や幼生の組織を構成する繊毛上皮などについては細胞生物学的な観点からも研究している。

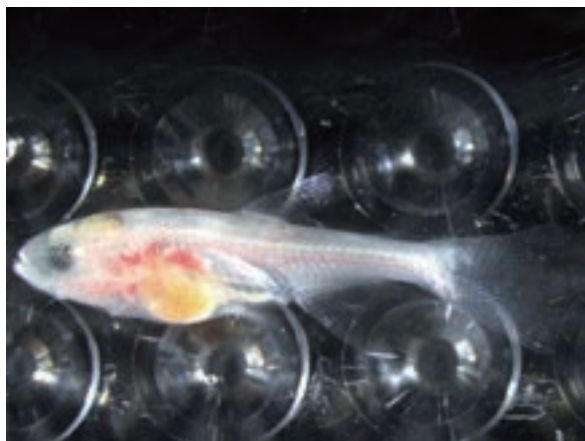


研究室構成員

豊泉 龍児（教授）、
秋永 薫（総合理学研究所客員研究員）、
茂木 和枝（総合理学研究所客員研究員）

研究内容

なぜ心臓は「左」にあるのか。多細胞生物である動物の胚の細胞は、相互にコミュニケーションしながら、分化し、形態形成をして、体ができあがっていきます。そして、心臓のように左右非対称な器官でも、初期胚に特定のタンパク質を注射することで、「心臓が右」のように形態形成の向きを9割以上の確率で逆転させることができるのです。当研究室では、体が透明なアルビノのツメガエル幼生やイモリ幼生などを用いて、分子生物学的、細胞生物学的な手法から、下等脊椎動物の初期発生や器官形成のメカニズムを研究しています。そして「どのような仕組みで心臓が左にできるのか」というような、未解明かつ本質的な分子機構の解明を目指して、遺伝子発現の観点から研究を進めています。



豊泉研で人工授精して得た洞窟魚 *Astyanax mexicanus* (通称名ブラインドケープカラシン) の稚魚。からだの透明度が高いため、非侵襲的に器官の観察ができる。

主要著書／論文

【学術論文】

Optic chiasm in the species of order Clupeiformes, family Clupeidae: Optic chiasm of *Spratelloides gracilis* shows an opposite laterality to that of *Etrumeus teres*.

Kazue Mogi, Kazuya Misawa, Kentaro Utsunomiya, Yuta Kawada, Toshihisa Yamazaki, Shigeo Takeuchi, Ryuji

Toyoizumi

Laterality **14**(5) 495-514. 2009年

Invasion by Matrix Metalloproteinase-Expressing Cells Is Important for Primitive Streak Formation in Early Chick Blastoderm.

Kazue Mogi, Ryuji Toyoizumi

Cells Tissues Organs **192**(1) 1-16. 2010年

Visualisation of cerebrospinal fluid flow patterns in albino *Xenopus larvae in vivo*.

Kazue Mogi, Takeshi Adachi, Susumu Izumi, Ryuji Toyoizumi

Fluids and Barriers of the CNS

9(9) doi:10.1186/2045-8118-9-9 2012年

Finely-tuned ciliary alignment and coordinated beating generate continuous water flow across the external gills in *Pleurodeles waltl* larvae.

Reico Ichikawa, Ryuji Toyoizumi

Zoomorphology vol. **139**, pp. 247-262. 2020年

DOI: 10.1007/s00435-020-00479-0

Stage-dependent sequential organization of nascent smooth muscle cells and its implications for the gut coiling morphogenesis in *Xenopus* larva.

Kaoru Akinaga, Yoshitaka Azumi, Kazue Mogi, Ryuji Toyoizumi

Zoology vol. **146**, 125905. 2021年

DOI: 10.1016/j.zool.2021.125905

【著書】

Left-right specification in the embryonic and larval development of amphibians.

Ryuji Toyoizumi, Kazue Mogi (editors, Kazuya Kobayashi, Takeshi Kitano, Yasuhiro Iwao, Mariko Kondo Book Chapter; 洋書 "Reproductive and developmental strategies"における1章の執筆担当。pp. 635-665)

Springer-Nature 2018年.

https://doi.org/10.1007/978-4-431-56609-0_30

生物科学(植物生理学、植物細胞壁生物学) 西谷研究室

構成員紹介→P40

研究分野 植物生理学・植物細胞壁生物学

研究テーマ 陸上植物の成長や寄生のしくみの解明



研究室構成員

西谷 和彦（特任教授）

研究内容

陸上植物の祖先である淡水棲のストレプト植物は、7億年前の全球凍結の時期を生き延び、細菌や菌類と共生しながら固着性を獲得し、陸上環境に適応した多細胞体制や環境応答戦略を進化させ、5億年ほど前から陸上に進出して多様化して、今日の陸上生命圏を作り上げてきたと推定されます。

現生の陸上植物はコケ植物と維管束植物に大別でき、前者は、小型の多細胞体で地面に張り付いて生きる道を選び、後者は維管束を進化させて巨大化しました。更に維管束植物の中からは他の植物の維管束に自身の維管束を連結して寄生する形質を獲得した系統が10回以上も収斂進化し、現生の陸上植物種の1%以上を占めるまでに多様化しています。

これら一連の陸上植物の進化に於いて細胞壁が決定的な役割を担ってきたことを、私たちは細胞壁酵素XTHの分子系統や機能の解析より明らかにしてきました。現在、当研究室では、ゼニゴケの細胞壁関連酵素と寄生植物であるアメリカネナシカズラの寄生戦略に焦点を当て、陸上植物の成長と環境適応の仕組みの解明を目指して研究を進めています。

主要著書／論文

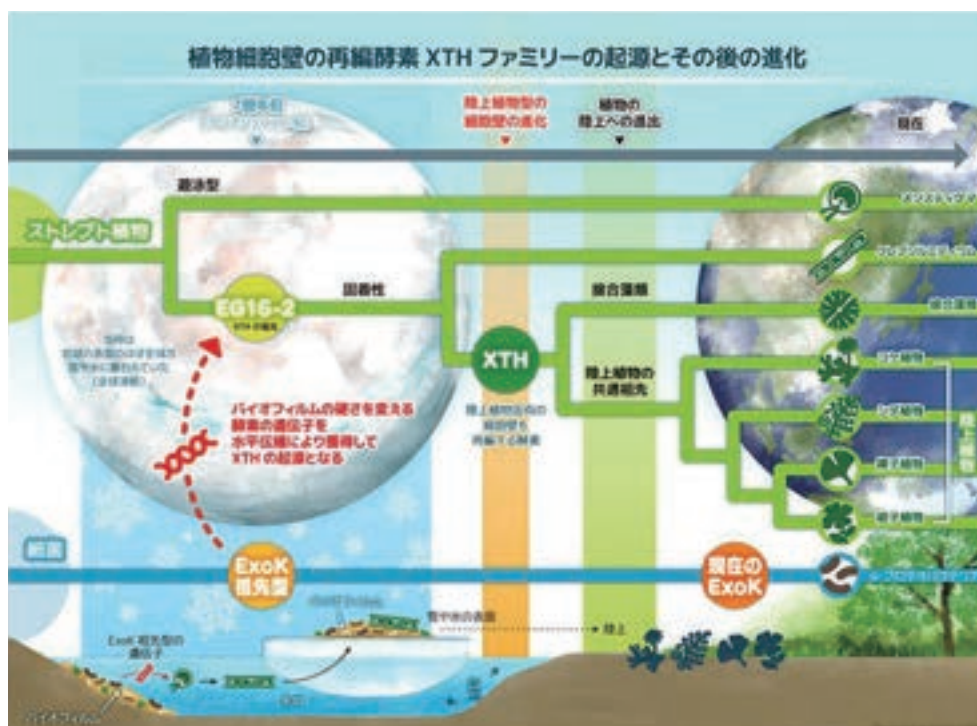
■ Shinohara et al. (2021) Cryogenian origin and subsequent diversification of the plant cell-wall enzyme XTH Family. *Plant Cell Physiology* 62: 1874-1889. doi.org/10.1093/pcp/pcab093

■ Narukawa et al. (2021) Host-produced ethylene is required for marked cell expansion and endoreduplication in dodder search hyphae. *Plant Physiology* 182: 491-502. doi.org/10.1093/plphys/

■ Ohara et al. (2021) Structural alternation of rice pectin affects cell wall mechanical strength and pathogenicity for the rice blast fungus under weak light conditions. *Plant Cell Physiology* 62: 641-649. doi.org/10.1093/pcp/pcab019

■ Asaoka et al. (2021) Stem integrity in *Arabidopsis thaliana* requires a load-bearing. *Development* doi:10.1242/dev.198028

■ Takahashi et al. (2021) Cell wall modification by the xyloglucan endotransglucosylase/hydrolase XTH19 influences freezing tolerance after cold and sub-zero acclimation. *Plant, Cell & Environment* 44: 915-930. doi.org/10.1111/pce.13953



Shinohara et al. (2021) *Plant Cell Physiol.* 62: 1874

生物科学(内分泌学、機能形態学) 藤原研究室

構成員紹介→P40

研究分野 内分泌学、神経内分泌学、比較内分泌学、組織学、機能形態学

研究テーマ 下垂体前葉内の細胞間相互作用による細胞機能調節機構の解明、
下垂体前葉細胞の細胞学、脊椎動物血管系の発生生物学



研究室構成員

藤原 研（教授）、藤田 深里（特別助教）、
藤原 葉子（非常勤講師、総合理学研究所客員研究員）

研究内容

多細胞生物の生体内では、特定の機能を担う臓器がお互いに調節しあい個体を維持しています。それら臓器内では、多種多様な細胞が互いにコミュニケーションをとることで組織を維持し、機能を発揮します。細胞同士は、「言葉」である生理活性物質を分泌し、「耳」である受容体を介して情報のやり取りをします。本研究室では、下垂体前葉を題材に、細胞間コミュニケーションについて動物や細胞株を使って研究しています。

下垂体前葉は、脊椎動物特有の内分泌器官で、成長、生殖、代謝、免疫など生体機能に重要なホルモン（成長ホルモン、プロラクチン、甲状腺刺激ホルモン、副腎皮質刺激ホルモン、濾胞刺激ホルモン、黄体刺激ホルモン）を分泌します。これら前葉ホルモンの分泌は、間脳視床下部ホルモンと末梢臓器からのフィードバックにより調節されます。下垂体前葉は5種類のホルモン産生細胞以外に、ホルモンを分泌しない濾胞星状細胞、毛細血管を形成する内皮細胞と周皮細胞、組織マクロファージなど、多種の細胞から構成されています。近年、これら同種・異種細胞間の相互作用もホルモン分泌の調節に重要な役割を果たすことが分かってきました。本研究室では、特に、その存在意義がはっきりしていない濾胞星状細胞に注目しています。

濾胞星状細胞は、細胞突起でホルモン産生細胞を取り囲む特徴があります。この細胞は、前葉ホルモンを産生しませんが、細胞増殖因子やサイトカインなどの生理活性物質を分泌し、近傍のホルモン産生細胞の活動を修飾すると想定されています（図1）。私たちは、独自の戦略により濾胞星状細胞が産生する生理活性物質を次々に同定し、濾胞星状細胞と他の細胞とのコミュニケーションを明らかにしてきました。まず私たちは、セルソーターを用いて濾胞星状細胞で特異的に緑色蛍光タンパク質（GFP）を発現するS100b-GFP遺伝子改変ラットの下垂体前葉単離細胞から、GFP陽性細胞と陰性細胞を分取することができました。そしてDNAマイクロアレイ解析により、それら細胞で発現している遺伝子を網羅的に比較しました（図2）。この遺伝子発現プロファイルを使い、濾胞星状細胞が産生する生理活性物質の同定をおこない、さらに、形態学的手法を用いてそれらの受容体発現細胞を同定し、細胞学的解析手法により機能を明らかにしま

した。その結果、濾胞星状細胞が産生するmidkine, BMP-6, TGF- β 2, CXCL12, CXCL10が下垂体前葉内での細胞調節因子として働くことが分かりました。濾胞星状細胞は他にも多数の生理活性物質を産生しており、それらの機能解析を進めています。

また、小型魚類の血管系の発生に伴う形態形成について、分子遺伝学的手法を用いて解析を進めています。現在、メダカ孵化仔魚の尾部の血管形成の遺伝子機構ならびにゼブラフィッシュの後脳血管系形成に関する研究が進行中です。

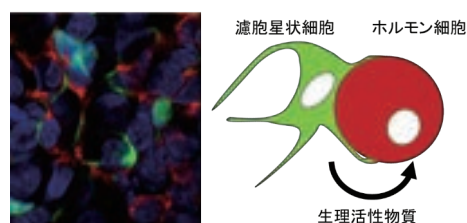


図1. 濾胞星状細胞（緑）はホルモン産生細胞（PRL：赤）に密接に接する（左図）。このような形態的特徴から、濾胞星状細胞は生理活性物質を介して近傍の細胞とコミュニケーションをとっていると予想される（右図）。

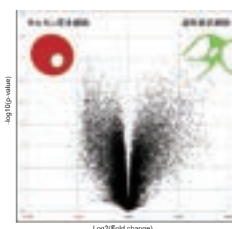


図2. S100 b-GFP遺伝子改変ラットから濾胞星状細胞とホルモン産生細胞群をセルソーターで分取し、DNAマイクロアレイを用いた発現遺伝子の比較解析。

主要著書／論文

- 1) 「Aldolase C is a novel molecular marker for folliculo-stellate cells in rodent pituitary.」 Cell and Tissue Research 2020; 381:273-284.
- 2) 「Isolation and characterization of CD9-positive pituitary adult stem/progenitor cells in rat.」 Scientific Reports 2018; 8:5533
- 3) 「Retinoic acid signalling is a candidate regulator of 1 the expression of pituitary-specific transcription factor Prop1 in the developing rodent pituitary.」 Journal of Neuroendocrinology 2018; 30:e12570.
- 4) 「ゼブラフィッシュ血管内皮細胞の初期分化(Science Journal of Kanagawa University, 2018, 29, 83-88).

情報科学領域

情報科学領域

「領域の特色」

コンピュータとインターネットによる変革は情報通信革命とよばれ、18世紀の産業革命以来の劇的な変化を世界にもたらしつつあります。情報を瞬時にやりとりしながら生活を送ることが当たり前になった今、コンピュータとインターネットによって何がどこまで可能かという問いは、この革命がもたらす人類の進歩の行く末を見極める上で中心的な問題となっています。情報科学は、コンピュータ・ソフトウェア・情報ネットワークなどの原理や仕組みに関する深い理解に基づき、この問いに正面から答えようとする学問領域です。本領域は、ソフトウェア科学・プログラミング科学・人間情報科学・情報セキュリティ・計算機科学・知能情報学など、情報科学の各分野の専門家を擁し、誤りのないソフトウェアの実現や情報の秘匿法、機械的知能の実現など、情報を主軸とする社会の発展に本質から寄与するさまざまな基礎理論の構築に取り組んでいます。

情報科学の難しさの一つは、それが情報という手に取ってみることができないものを対象とする点にあります。そこでは、数学のような抽象的な思考の中で、物理学のような実証的な結果を、潜在的に無限の多様性を相手に生み出していかなければなりません。従って、本領域の学生に必要とされるのは、単なるプログラミングスキルやアドホックなテクニックの習得ではありません。場合によっては未だ目にしたことがないものを対象として、そこに問題を見出し形式を与え解法を考案していくという「無から有を生み出す」ような能力の習得が求められるのです。今日では、情報を手に入れるコストは限りなくゼロに等しくなっています。劇的に進行しつつある変革の中であって、学生時代に情報科学を深化するこのような作業に従事した経験は、さまざまな場面で主役として活躍するための強い武器になってくれるはずです。

「教育研究上の目的」

情報科学領域の博士前期課程は、情報科学の根本的な知識の基礎を身に付け、それを応用し、社会における科学・技術関連分野の諸問題を解決する能力を発揮できる人材の育成を目的とする。

「教育目標」

本専攻の教育研究上の目的等を踏まえ理学専攻情報科学領域博士前期課程では、科学・技術関連分野の諸問題を解決する能力を発揮できる人の育成を教育の最終の目標としています。

現代の日本社会では、情報技術を利用した全産業の効率化と付加価値の向上が急務とされています。本領域では、情報技術による日本の国際競争力の向上を目指し、革新的な情報技術を絶えず考案し、実現できる人の育成を目標としています。

本領域では、情報科学の根本的な知識の基礎の学修を通して、それを応用し、社会における科学・技術関連分野の諸問題を解決する能力を涵養することを教育目標として定めます。

構成員紹介



うまたに せいじ
馬谷 誠二

研究室→P58

職名: 准教授
学位: 博士 (情報学)
研究分野: プログラミング言語、言語処理系
略歴: 京都大学工学部情報学科卒、京都大学大学院情報学研究科修士課程修了、同情報学研究科博士後期課程修了、同情報学研究科産学官連携研究員、同情報学研究科助教を経て、現職。



たなか けん
田中 賢

研究室→P63

職名: 教授
学位: 博士 (情報科学)
研究分野: ネットワークセキュリティ
略歴: 早稲田大学理工学部電気工学科卒、東京工業大学総合理工学研究科システム科学専攻修士課程了、同理工学研究科情報工学専攻博士課程単位取得、新潟大学助手、同講師、神奈川大学准教授を経て現職
URL: <https://www.cs.info.kanagawa-u.ac.jp/>



かいや はるひこ
海谷 治彦

研究室→P59

職名: 教授
学位: 博士 (工学)
研究分野: ソフトウェア



ちよう ぜんしゅん
張 善俊

研究室→P64

職名: 教授
学位: 工学博士
研究分野: 画像情報処理、視覚情報処理、CG、ニューロサイエンス
略歴: 北海道大学大学院博士後期課程修了、工学博士
室蘭工業大学情報科学科 助手
ボストン大学CNS研究所visiting scholar
神奈川大学理学部専任講師、准教授、教授を経て現職
URL: <https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/info/zhang/>
https://www.kanagawa-u.ac.jp/professor/details/details_101613.html



きのした よしき
木下 佳樹

研究室→P60

職名: 教授
学位: 理学博士
研究分野: 算譜意味論
略歴: 東京大学大学院理学系研究科情報科学専攻博士課程修了、理学博士、通商産業省工業技術院電子技術総合研究所、産業技術総合研究所、理学部情報科学科を経て、2023年情報学部計算機科学科教授、IEC TC 56 Dependability Chair.
URL: <https://sites.google.com/progsci.info.kanagawa-u.ac.jp/kinoshita-yoshiki-laboratory/>



ながまつ れお
永松 礼夫

研究室→P65

職名: 教授
学位: 博士 (工学)
研究分野: プログラミング教育と関連分野
略歴: 東京大学工学部計数工学科卒、東京大学大学院工学系研究科修士課程修了、同博士後期課程単位取得退学、博士 (工学)、東京大学工学部助手・会津大学コンピュータ理工学部准教授を経て、現職。



ごとう とものり
後藤 智範

研究室→P61

職名: 教授
学位: 文学修士
研究分野: 自然言語解析
略歴: 1986年慶應義塾大学院文学研究科図書館情報学専攻博士課程単位取得満期退学、1986年愛知淑徳大学文学部専任講師、1988年愛知淑徳大学文学部助教授、1990年神奈川大学理学部助教授を経て、1995年神奈川大学理学部教授、2023年神奈川大学情報学部教授



アントワヌ ボサール
Antoine BOSSARD

研究室→P66

職名: 教授
学位: 博士 (工学)
研究分野: グラフ理論、計算機システム
略歴: フランス生まれ。2007年、(仏)国立カン大学大学院理学研究科数理情報学専攻博士前期課程修了。2011年、東京農工大学大学院工学部電子情報工学専攻博士後期課程修了。博士 (工学)。2011年、東京農工大学大学院生物システム応用科学府特任助教。2012年、産業技術大学院大学情報アーキテクチャ専攻助教。2015年、神奈川大学理学部情報科学科助教。2023年から現職。
URL: <https://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/info/abossard/>



さいとう かずみ
斉藤 和巳

研究室→P62

職名: 教授
学位: 博士 (工学)
研究分野: 知能情報学、ネットワーク科学、発見科学
略歴: 1985年慶應義塾大学理工学部卒業、1998年東京大学 博士(工学)、1985年NTT入社、2007年静岡県立大学経営情報学部教授、2018年神奈川大学理学部教授を経て現職



まつお かずと
松尾 和人

研究室→P67

職名: 教授
学位: 博士 (工学)
研究分野: 暗号と情報セキュリティ
略歴: 1988年中央大学大学院理工学研究科電気工学専攻博士前期課程修了、同年東洋通信機入社、暗号技術、紙幣識別技術などの研究開発に従事、2001年中央大学大学院理工学研究科情報工学専攻博士後期課程修了、中央大学研究開発機構機構教授、情報セキュリティ大学院大学教授を経て、2012年4月より現職

構成員紹介



うえはら ゆい

上原 由衣

職 名：特別助教
学 位：博士（情報科学）
研究分野：音楽情報科学，自然言語処理
略 歴：2008年 京都大学総合人間学部卒業，2009-2018年 民間企業に勤務，2022年9月 北陸先端科学技術大学院大学 博士後期課程終了（博士(情報科学)），2018年-2023年 産業技術総合研究所 人工知能研究センター 知識情報研究チーム テクニカルスタッフを経てポスドク，2023年4月より現職。



もりもと たかゆき

森本 貴之

職 名：助手
学 位：工学修士
研究分野：知能情報学
略 歴：筑波大学第3学群情報学類卒業，筑波大学大学院 修士課程理工学研究科理工学専攻終了，同博士課程理工学研究科電子・情報工学専攻を経て現職



かわの ともあき

河野 友亮

職 名：特別助教
学 位：理学博士
研究分野：数理論理学、情報科学
略 歴：2013年東京工業大学情報理工学研究科数理計算科学専攻修士課程修了、2018年東京工業大学情報理工学研究科数理計算科学専攻博士課程修了、2019年4月よりフェリス学院大学情報センター助手、2023年4月より現職



ちよう よう

張 洋

職 名：特別助手
学 位：工学修士
研究分野：進化計算、組み合わせ最適化、数値シミュレーション
略 歴：2020年、法政大学大学院応用情報工学専攻博士前期課程修了。2023年、同専攻博士後期課程単位取得。2023年4月より現職。



きもと ひろつぐ

木元 宏次

職 名：助手
学 位：理学修士
研究分野：コンピュータグラフィックス
略 歴：慶応義塾大学理工学部数理科学科卒業，同大学大学院理工学研究科数理科学専攻修士課程修了，同博士課程を経て現職



なぐも なつひこ

南雲 夏彦

職 名：助手
学 位：工学修士
研究分野：ゲーム理論、最適化問題
略 歴：上智大学理工学部電気電子工学科卒業，上智大学大学院修士課程理工学研究科理工学専攻終了，山形大学工学部助手を経て現職

プログラミング言語論(馬谷)研究室

構成員紹介→P56

研究分野 プログラミング言語, 言語処理系

研究テーマ プログラミング言語の設計や言語処理系の開発



研究室構成員

馬谷 誠二 (准教授)

研究内容

動的言語のためのプログラム解析手法

JVMバイトコードを対象とする静的解析器は数多く存在しますが, それらの解析器は, JavaやScalaのような静的型付き言語からコンパイルされたバイトコード命令列に対しては上手く機能する一方で, 動的な言語からコンパイルされたバイトコード命令列に適用すると, ほとんどの解析器は有用な情報を取得することが出来ません. そのような精度の低下の主な原因は, 動的言語の動的な振舞いを実現するために用いられる実行時機構の複雑さにあります. そこで, 本研究室では, 既存のバイトコードレベルの抽象解釈と呼ばれる手法を用いた動的言語向けの静的解析手法の開発を行っています. 我々の手法では, 抽象解釈と具象解釈を混ぜながら実行することにより, バイトコードレベルの解析技術に依存しながらも, 動的言語の振舞いのある程度正確に把握することが可能となっています.

言語処理系開発用ツール

JVMは多様なアプリケーションの実行プラットフォームとして幅広く利用されていますが, 特に振舞いの動的な変更を必要とするアプリケーション領域においてバイトコードをクラスロード時に操作する必要があります. そのような処理を実現するためのツールはいくつか存在しますが, 多くはJava言語用のライブラリです. しかし, 現在, JVMは様々な高水準プログラミング言語の共通プラットフォームであり, バイトコード操作を行うのにJavaに縛られる必要はありません. そこで本研究室では, JVM上で動作するLisp処理系であるClojureのためのバイトコード操作ライブラリを開発しています. 本ライブラリは, 柔軟な表現能力を備えながら, なおかつ非常に簡潔な記述を特徴としています. 具体的には, Lispのマクロのように木として表現されたクラスファイルの一部を, 木パターンマッチングと呼ばれる手法を用いて, クラスロード時に書き換えることにより動作します.

プログラミング言語処理系



一般的な言語処理系の構成

主要著書／論文

- [1] Lightweight DSL for Describing Extensible Transition Systems, SAC 2024 (2024), 1122-1131.
- [2] Abstract Machines for Safe Ambients in Wide-Area and Mobile Networks, COORDINATION 2011 (2011), 172-186.

ソフトウェア工学(海谷)研究室

構成員紹介→P56

研究分野 ソフトウェア

研究テーマ プログラミング以外のソフトウェア開発支援



研究室構成員

海谷 治彦 (教授)

研究内容

研究の背景と概要

情報システムは、業務や娯楽等の活動中で利活用されて、初めて、その有効性を発揮できます。高機能で高品質なシステムが正しく開発されたとしても、利用される活動とマッチしていなければ、そのシステムは無駄で邪魔な存在でしかありません。膨大な予算と時間を費やしてシステムを開発した後に、無駄もしくは邪魔であることが判明しては手遅れなのです。本研究室では、業務や娯楽等の活動において、どのような情報システムが望まれているか分析すること（要求分析と呼ばれます）と、分析結果を開発者が理解可能な形で記述すること（仕様記述と呼ばれます）を主な研究テーマとしています。具体的に現在推進したい研究テーマは以下の通りです。尚、本研究室の研究分野は「ソフトウェア工学」に分類されるため「工学」分野と関係が深い印象があります。しかし、ソフトウェア工学はコンピュータサイエンス（情報科学）の一部とされています。

モデル変換に基づくシステムの導入促進

ある業務や娯楽等の活動中のどの部分にどんな情報システムを導入すべきかを検討するためには、業務自身を机上で分析するための記述（モデル）が必要となります。本研究室では、i*（アイスターと読む）と呼ばれるモデル化言語を用いて、活動のモデル化を行っています。このモデル上の構造的な特徴に基づき、情報システムの導入箇所の候補を機械的に発見するための手法とツールを構築しつつあります。例えば、特定の人物に負荷が集約している部分はi*のモデルの分析を通して識別できます。そこで、その部分へ情報システムを導入する検討を行うことができます。

メトリクスによるシステム導入前後の比較

前述の方法で、ある活動に導入すべきシステムを決定したとしても、活動全体が改善されるとは限りません。そのシステムは活動全体から見ると邪魔なものかもしれないからです。そこで、システム導入が活動全体を改善するか否かを判定するための測定法（メトリクス）を研究しています。測定基準は複数種類あります。例えば、効率、ユーザビリティ（可用性）、セキュリティ、信頼性等です。システム導入によって、どの基準から活動が改善されるかの評価を、システム開発前に行うことができます。システム導入によって、ユーザビリティが改善し

ても、セキュリティが悪化するということは現実に頻繁に見られます。このような場合のトレードオフの判断材料にもなります。具体的なメトリクスの計算には、モデル中の要素数（ノードやアークの数）や構造を用います。

スペクトル分析に基づくシステムの類似性分析

多くの情報システムは今までに存在しない全く新しいものは少なく、過去に類似したシステムが存在したり、競合する類似したシステムが多数存在したりします。そこで、システムの仕様記述を行う場合、他の類似したシステムとの差異を明確にすることが重要です。これによって、当然持たなければならない機能や特性の抜けをチェックしたり、他の類似システムとの差別化ポイントを明確にしたりできます。本研究室では、仕様書、モデル、利用マニュアル等のシステムに関する説明文書に着目し、その構成要素（文やクラス等）に対して、成分分析（スペクトル分析）を行うことで、システムの類似性や差異を系統的に分析する手法やツールの研究を行っています。

主要著書／論文

Haruhiko Kaiya, Takao Okubo, Nobuyuki Kanaya, Yuji Suzuki, Shinpei Ogata, Kenji Kaijiri, and Nobukazu Yoshio-ka. **Goal-oriented security requirements analysis for a system used in several different activities**. Advanced Information Systems Engineering Workshops, Vol. 148 of Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP), pp. 478-489. Springer, June 18 2013.

Haruhiko Kaiya, Shunsuke Morita, Shinpei Ogata, Kenji Kaijiri, Shinpei Hayashi, and Motoshi Saeki. **Model Transformation Patterns for Introducing Suitable Information Systems**. In Proceedings of 19th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC 2012), pp. 434-439, 4-7 Dec. 2012.

海谷 治彦, 鈴木 駿一, 小川 享, 谷川 正明, 梅村 真弘, 海尻 賢二. **分析履歴を用いたソフトウェア品質要求のスペクトル分析法**. 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 2, pp. 510-522, Feb. 2012.

プログラミング科学(木下)研究室

構成員紹介→P56

研究分野 算譜意味論

研究テーマ 開放系総合信頼性獲得のためのライフサイクルモデル構築,
オブジェクト指向言語の表示的意味論



研究室構成員

木下 佳樹 (教授)

研究内容

本研究室では、プログラムやソフトウェアに関する数理論的研究を行っています。膨大なプログラムのなかのほんの小さな間違いが、飛行機墜落やプラント事故などの重大な結果を招く場合があります。どのように記述して整合性を保つのか、また整合性を担保するために必要な厳格な数理モデル化をどうするのか、を基調とした研究テーマを立てています。本研究室の研究活動は、プログラミング科学研究所の研究活動の一部として遂行しています。

主な研究テーマ

★算譜意味論(semantics)

プログラムの数理的モデルを構築する算譜意味論、とくにモジュール化、抽象データ型などのプログラムの抽象化のための言語機構を研究しています。これまで代数構造を用いた圏論的アプローチによる研究を行ってきました。2023年度には馬谷誠二研究室と共同で、オブジェクト指向言語を設計し、その表示的意味論を構築して、オブジェクト指向プログラミングの本質を明らかにする研究を開始しました。

★総合信頼性(dependability)

システムが意図通りに機能するためには、故障なしに稼働できる能力(信頼性)だけでなく、稼働できる状態にある能力(可用性)、手入れされる能力(保全性)、稼働のための資源を支援される能力(支援性)などが必要です。どんなシステムも、つねに周囲の変化にさらされながら自らも変化していくものですが、これらの変化を含めたシステムは開放系(open system)と呼ばれています。開放系に対しては、変化対応への合意形成(consensus building)能力と説明責任遂行(account-ability achievement)能力が求められます。本研究室では、これらの能力をまとめた総合信頼性(dependability)を獲得するための活動手順(システムライフサイクルモデル)構築の研究を行っています。既発表の合意形成と説明責任遂行を促進するモデルを発展させて、複数関係者間の責任分担を明確にするモデルを研究しています。

★システム・アシュランス(system assurance)

大規模で複雑なシステムでは、求められる性質が得られていることについて、根拠のある確信(システム・アシュランス)を得るため、系統的で説得力のある議論を客観的

な証拠に基づいて展開したアシュランスケース(assurance case)とよばれる文書が求められるようになってきました。本研究室では、その文書構造を、数理論理学の形式証明との類比に基づいて定式化し、構成的型理論に基づくプログラミング言語Agdaで処理する研究を行なっています。

社会貢献

本研究室の研究成果に関連する国際標準活動を、IEC TC 56 Dependability, ISO/IEC JTC 1/SC 7 Software and systems engineeringなどで行っています。

主要著書／論文

- [1]総合信頼性ライフサイクルモデルOSD-LCMの概要—マルチステークホルダ下での説明責任達成に向けて—。木下佳樹, 武山誠, 森田直. 情報処理 Vol.63 No.8 (Aug. 2022) デジタルプラクティスコーナー。
- [2]A Modelling Approach for System Life Cycles Assurance. Shuji Kinoshita, Yoshiki Kinoshita and Makoto Takeyama. In SAFECOMP 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11699, pp. 16-17. Springer. 2019.
- [3]Category theoretic structure of setoids. Yoshiki Kinoshita and John Power. Theoretical Computer Science. Vol 546, pp 145-163. Elsevier. 2014.

自然言語処理(後藤)研究室

構成員紹介→P56

研究分野 自然言語解析

研究テーマ 日本語文を対象にコンピュータで文の意味を解析、
意味的に妥当な文を生成するための機構を研究



研究室構成員

後藤 智範 (教授)

研究内容

自然言語解析研究は、ChatGPTに代表される文章の自動生成、Siriに代表される音声認識による質問応答システムの要素技術としての中核として位置づけられています。

本研究室では学術論文、特許などの理工学文書を対象に人間並みの高い精度の解析性能を有する自然言語解析システムの実現を意図し、2つのテーマについて研究しています。

1. 日本語テキストを対象とした自然言語解析

文章の内容を理解するための前提として、自然言語研究では図に示されるような6つの処理ステップが必要であると考えられています。

最初の3つについては規則・アルゴリズム的なアプローチで実現でき多くの解析ツールが開発・利用されていますが、人間並みの精度に達していません。後半の3つの解析には語、項、文それぞれ意味、および語と語の関係の仕方を正確に表現する必要がある、実用レベルの解析精度には達していません。

本研究室では特に後半の3つの解析について、品詞毎の意味分類、深層レベルの動詞一名詞関係について研究をしています。

2. 日本語テキストから知識の形成

語と語と間には以下に挙げるような関係があります。

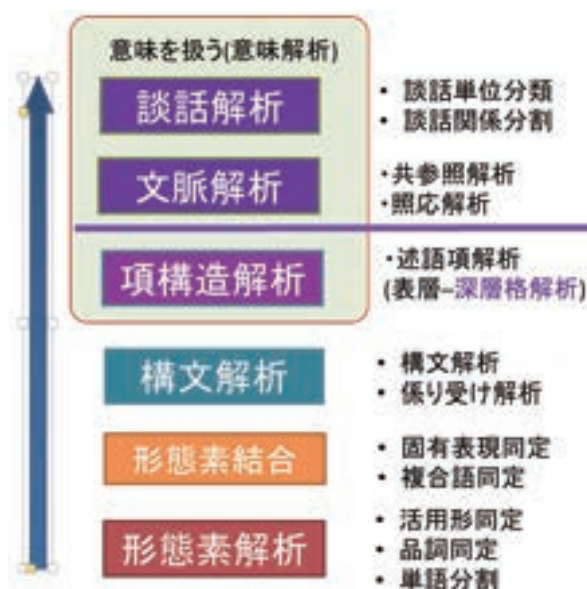
(1)同義・類義関係、(2)対義関係、(3)派生関係

上記のような語の関係は、専門家によって収集され国語辞典、類語辞典に掲載されています。本研究室では、これらの関係を日本語固有の表記特性、出現位置などの情報を利用した自動検出・収集手法の研究を行っています。

また、語の指し示す対象間関係としては以下のような関係が挙げられます。

(1)類種関係、(2)全体一部分関係、(3)対象一属性関係、
(4)クラス—インスタンス関係

上記の関係についても、語の繋がり方、文中の語の出現位置、文中の動詞と意味的繋がり方等の情報を利用した自動同定の研究を行っています。



主要著書／論文

[1]複数コーパスを対象とした複合語の字種変化特性の解析-非出現パターンの分析- 情報処理学会.自然言語処理研究会報告.(NL-225. pp.1-9(2016).

[2]漢字複合語分割装置. 特許5750815号(2015年)

発見科学(斉藤)研究室

構成員紹介→P56

研究分野 知能情報学、ネットワーク科学、発見科学

研究テーマ ビッグデータを用いた人工知能（AI）アプローチによる複雑現象の数理モデリングと知識発見に関する研究



研究室構成員

斉藤 和巳（教授）

研究内容

ビッグデータを用いた人工知能（AI）アプローチによる複雑現象の数理モデリングと知識発見、及び可視化に関する研究に取り組んでいます[1]。以下に、主な研究テーマとそれぞれの概要を紹介します。

大規模文書構造

ソーシャルメディア上に蓄積された大規模文書集合などの潜在構造を解明する手法と可視化法に関する研究を進めています[2]。本研究により、文書集合の効率的な概要把握や、類似文書検索の高速化などを実現可能になります。

情報拡散メカニズム

ソーシャルメディア上で起こる大規模な情報拡散や意見形成の本質メカニズムの解明と精緻な数理モデルの構築に関する研究を進めています[3]。本研究により、新商品などの効果的なプロモーション戦略や、コンピュータウイルスなどの効果的なブロック戦略を策定可能になります。

大規模空間ネットワーク

道路網など大規模空間ネットワークの分析技術と災害などでのユーザ避難行動の数理モデルの構築に関する研究を進めています[4]。本研究では、減災効果を高めるため、新たに整備すべき避難地や道路候補の同定可能になります。

社会数理モデル

社会イベントなどがユーザ行動へ与える影響を定量化する社会数理モデルの構築と行動変化点検出法に関する研究を進めています[5]。本研究では、多数のユーザに多大な影響を与え得るイベントやオピニオンリーダーの検出技術の確立や、社会影響に関する有用な知識獲得を目指します。

エコシステム

IoTデバイスなどで計測される多様な環境データを利用し農産物のCO2吸収量を推定するエコシステムの数理モデルの構築に関する研究を進めています[6]。本研究により、農産物生産性の向上とともに、熟練者の経験や勘に基づき実施されるビニールハウス内でのCO2供給タイミングの自動化などが可能になります。

文書の感情構造

文書に内在する評判や感情間の関係や、書き手や読み手による受け取り方の違いなどを分析する手法と可視化法に関する研究を進めています[7]。本研究により、世の中の出来事や商品に対する人々の受け取り方の違いを効率よく分析可能になります。

産業間取引構造

産業連関表などの取引高ネットワークに内在する関係を分析する数理モデルと可視化法の研究を進めています[8]。本研究により、組織や地域の違いによる産業構造の構造や変化を効率よく検出可能になります。

主要著書／論文

1. 斉藤 和巳, "ウェブサイエンス入門 -インターネットの構造を解き明かす-", NTT出版, 2007.
2. K. Aoyama, K. Saito, T. Ikeda, "CPI-model based analysis of sparse k-means clustering algorithms," International Journal of Data Science and Analytics, Vol.12, pp.229-248, 2021.
3. 大原 剛三, 斉藤 和巳, 木村 昌弘, 元田 浩, 情報拡散モデルに基づく社会ネットワーク上の影響度分析, オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, Vol.60, No.8, pp.449-455, 2015
4. K. Saito, K. Ohara, M. Kimura, H. Motod, "Efficient computation of target-oriented link criticalness centrality in uncertain graphs," Intelligent Data Analysis - An International Journal, Vol.25, No.5, pp.1323-1343, 2021.
5. K. Saito, K. Ohara, M. Kimura, H. Motod, "Which is More Influential, "Who" or "When" for a User to Rate in Online Review Site?," Intelligent Data Analysis - An International Journal, Vol.22, No.3, pp.639-657, 2018.
6. T. Fushimi, K. Saito, H. Motoda, "Constructing Outlier-free Histograms with Variable Bin-Width based on Distance Minimization," Intelligent Data Analysis - An International Journal, Vol.27, No.1, pp.5-29, 2023.
7. 林 咲季, 斉藤 和巳, "単語特徴ベクトルとグラフ可視化による感情ラベルの類似性や相違性の分析法," 情報処理学会論文誌, 数理モデル化と応用(TOM65), Vol.17, No.2, 2024. (掲載予定)
8. 上野 雄史, 斉藤 和巳, 沖本 まどか, "ネットワーク分析を用いた産業連関表の可視化による主要取引関係の抽出," 行動計量学, Vol.43, No.2, pp.197-205, 2016.

研究分野 ネットワークセキュリティ

研究テーマ インターネットからの攻撃を特定し防御する手法の研究



研究室構成員

田中 賢(教授)

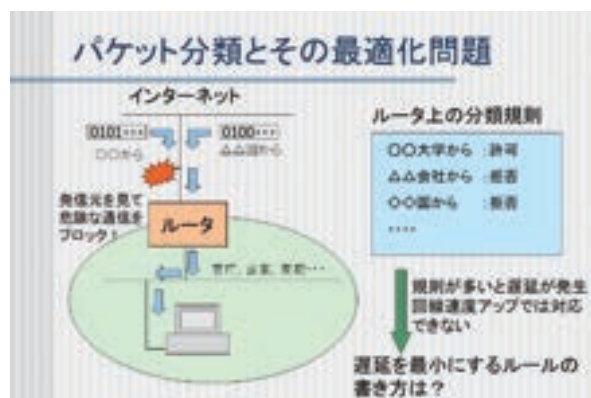
研究内容

研究の概要

計算機科学を基盤としながら、ネットワークセキュリティ、ネットワーク運用に関する研究を広く行ってきました。現在とはくに、ネットワークセキュリティの主要な技術であるパケットフィルタリングやパケット分類の基礎的理論、およびその最適化問題に取り組んでいます。

パケットフィルタリングとパケット分類

パケットフィルタリングとは、下図に示すように、インターネットから到達する大量のパケットから危険なパケットのみを排除する技術で、ルータ、スイッチ、ホストなど、ネットワークに接続される種々の機器に装備される必須の機能です。フィルタ規則の増大はフィルタの効率の低下を招き、サービスの品質の低下を招いています。私達は、ルールを再構成してフィルタの効率を最適化する方法を研究しています。



近年、ネットワークの構築を汎用PC上のソフトウェアで行うことでより柔軟なネットワーク構築と運用を可能とするSDN(Software Defined Network)やNFV(Network Function Virtualization)などの技術が注目されています。専用機によらないこれらの手法では、従来ASICやTCAMといった専用ハードウェアによって実行していたパケット分類をソフトウェアによって高速に実行することが求められます。本研究室では、BDDやMTBDDといった既存の手法に比べ、より柔軟で高速な実行が可能な決定木構築法によるパケット分類を考案しその有効性を明らかにしようとしています。

パケットフィルタリングやパケット分類だけではな

く、現在ネットワークセキュリティを確保する様々な手法が、ルールの集合によって不正なデータを排除する、というアイデアにもとづいています。PCでなじみの深いウイルス対策ソフトや、IDS(Intrusion Detection System 侵入検知システム)では、より上位層におけるクライアントの振る舞いに基づいて、悪意のあるアクセスを遮断する仕組みを実現します。このように、セキュリティばかりではなく論理的なルールを順に適用して処理を選択するという考え方は、ネットワークやコンピュータ上の様々な応用技術に共通して現れるものです。

ネットワーク埋め込み問題

NFV(ネットワーク機能仮想化)においては、基盤ネットワーク上で要求ネットワークを効率よく運用するために、ネットワーク埋め込み問題VNE(Virtual Network Embedding)問題が研究されています。この問題はNP困難であることが知られており、効率的なアルゴリズムは知られていません。本研究室では、要求ネットワークの特性に基づき無駄なく埋め込みをおこなためのアルゴリズムの開発を行っています。

本研究室では、問題に突き当たったとき拙速に解決のための手順を求めるのではなく、じっくりと仕組みを観察し、きちんと問題を表現・形式化し、抜本的な解決法を考えることを重視します。このプロセスは、研究に限らずどんな事柄にも共通する考え方の基本だと考えています。

主要著書/論文

- [1] Computational Complexity of Allow Rule Ordering and its Greedy Algorithm, Fuchino T., Harada T., Tanaka K., Mikawa K., IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, E106-A(9), pp.1111-1118, 2023
- [2] Efficient linear-time ranking and unranking of derangements, Mikawa K., Tanaka K., Information Processing Letters, Elsevier BV, 179, pp.106288, 2023
- [3] A Rule Reordering Method via Pairing Dependent Rules, Harada T., Tanaka K., Ogasawara R., Mikawa K., Proceedings of IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS), pp.1-9, 2020
- [4] Acceleration of Packet Classification Using Adjacency List of Rules, Fuchino T., Harada T., Tanaka K., Mikawa K., Proceedings of the 28th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN), pp.1-9, 2019

視覚情報処理(張)研究室

構成員紹介→P56

研究分野 画像情報処理, 視覚情報処理, CG, ニューロサイエンス

研究テーマ 顔認識, 指紋認識, 点字認識, 電子透かし, 視線追跡, 視覚心理実験



研究室構成員

張 善俊 (教授)

研究内容

コンピュータービジョン、医用画像処理、VR（仮想現実）、MR（複合現実）は、現代の技術革新の中心的な分野として急速に発展しています。コンピュータービジョンは、画像や動画を処理し、その中から有用な情報を抽出し、解釈する技術です。主な応用としては、自動運転車のセンサーデータの解析、セキュリティシステムでの監視、ロボット工学の進化などが挙げられます。これにより、車両の安全性向上、セキュリティの強化、製造業や倉庫における自動化など、多岐にわたる分野で革新が生まれています。一方、医用画像処理は、医療画像（CT、MRI、X線など）を解析し、疾患や病変を特定し、診断や治療の支援を行う技術です。医用画像処理の進歩により、がんや心臓疾患などの病気の早期発見や、手術計画の最適化、治療の効果のモニタリングなどが可能になっています。さらに、3D医用画像処理技術の発展により、より詳細な視覚化や手術支援システムの構築が可能となり、医療の精度と効率が向上しています。

当研究室では、画像処理技術を中心に、医療や産業、交通、安全保障などの多岐にわたる分野に応用する研究に取り込んでいます。また高度なAI技術の導入により、人々の生活の質や健康の向上に貢献することが期待されています。

主要著書／論文

- 1)張善俊 「画像をコードブックに利用する投票の暗号化方法」 画像電子学会誌、Vol.40.No.1, pp.208-216, 2011
- 2)Q. Lingfeng, C. Fan, Z. Shanjun and H. He, "Cryptanalysis of reversible data hiding in encrypted images by Block Permutation and Co-Modulation", IEEE Transactions on Multimedia, vol.24, no.6, pp.2924, 2937, Jun, 2021. DOI: 10.1109/TMM.2021.3090588
- 3)Yu Xia, Jingdi Cheng, Xuhang Cai, Shanjun Zhang, Junwu Zhu and Liucun Zhu. SLAM Back-End Optimization Algorithm Based on Vision Fusion IPS. Sensors 2022, 22, 9362. <https://doi.org/10.3390/s22239362>
- 4)Zikang Wang, Liucun Zhu, Kazuyoshi Yoshino, Shanjun Zhang. "Implementation of an environment-specific roadway crack recognition system". International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ICAISC). 9th - 10th November, 2023. Paper ID:AW-ICAISCYOKOHM-091123- 13437

研究分野 プログラミング教育と関連分野

研究テーマ プログラミング教育の補助ツール



研究室構成員

永松 礼夫(教授)

研究内容

教育を補助できるツールの開発や関連研究

主に大学でのプログラミングに教育を想定すると、初年次教育では、特定のプログラミング言語で指定された処理を行うコードを書けるようになることを学ぶことが多い。しかし、表面的に操作を覚えるだけでなく、計算機科学の多岐にわたる知識との関連を意識することで、他のプログラミング言語にも活用できる考え方や応用力を養うことが重要である。

プログラムの動作説明の自動化

初心者がつまづきやすい点、例えばC言語におけるポインタや構造体では、計算機のメモリ構成やデータ構造がどのように実装されているか、メモリ上の単なる値の並びにすぎないものが「他の実体(オブジェクト)を指示する意味を持つ」とことや、それらの関連で上位のリスト構造という意味を表す実装になっていることを理解しないと、それぞれの処理コードの意味を正しく把握できない。

意味としての「データ構造」と、それら进行操作するプログラムの「コード」と、操作によって変化する「オブジェクトの繋がり関係」を対応付けて学習できるかが鍵となる。

プログラムの動作とコードと意味の対応を意識して学習できるようような、実行のステップ毎に繋がり関係を示す図の変化を観察できる教材やその提示システムを目指し、ユーザの操作やステップごとのプログラムの進行の過程を学習者がトレースできるように提示する機能や表示を提供できる教材について研究している。

課題の作問・提示の研究

また、ユーザの反応に合わせて次に提示される課題が変わるシステムや、チート防止のため隣席の学生とは細部が異なるが難しさが同じような問題を提示できるシステムが期待されている。それらを実装するための手法として、複数の類題を自動生成するような方法をプログラミング教育の場面に取り込めないかについて考える。

また、従来のプログラミング課題では「〇〇を行うプログラムを作成せよ」といったタイプが主流であったが、より細かいステップで学習者を誘導するための「空欄補充型の出題」や、端末上での出題・解答処理を意識

した「多数の類題のストックの生成や、そこからのランダム出題」や「ステップごとの解答誘導方法」なども想定している。

```
s->nxt = &n1; //--d
s->num = 5; //--e
s = mk_item(6,t); //※2 --f
p2=(struct item*)malloc(sizeof(struct item));
p2->num=6; //f2
p2->nxt=t; //f3
s=p2; //f4 4ステップに分解
```



ノードの繋がり図示

処理の進行と「オブジェクトの繋がり関係」の変化を対応付けて学ばせる

主要著書／論文

- [1]大学と高校教科「情報」のかかわり,情報処理,2019
- [2]分野別ルーブリック：ネットワークの仕組み、第3回シンポジウム「2025年度 高校教科「情報」入試を考えるー思考力・判断力・表現力を評価する試験問題の作問方法ー」,2018
- [3]デジタル回路設計とコンピュータアーキテクチャ(共著/訳者) 翔泳社 2009
- [4]計算機演習用ファイルサーバの性能評価ー高精度で同期させた一斉実行による方法ー 大学情報システム環境研究 2001
- [5]C言語のポインタ教育で用いるコードと説明図の同時作成を補助するシステム、Science Journal of Kanagawa University 2023

計算機システム(ボサール)研究室

構成員紹介→P56

研究分野 グラフ理論, 計算機システム

研究テーマ 相互結合網, 経路選択問題, ディペンダブル・コンピューティング



研究室構成員

Antoine BOSSARD (教授)

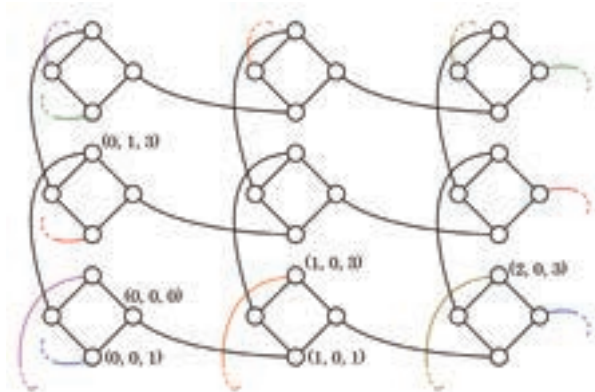
研究内容

Our research activities are mainly focused on graph theory. More precisely, we have been actively researching system dependability, focusing on interconnection networks of massively parallel systems.

Modern massively parallel systems embody hundreds of thousands of CPU nodes. This number is steadily increasing, and supercomputers are already reaching the 1-million node. The interconnect topologies of early supercomputers, like the hypercube topology, are today replaced by more complicated topologies, like torus-connected cycles networks (see figure).

In such environment, routing is a critical topic to retain performances high, that is avoiding that data communication become a bottleneck. Also, at the same time, as the complexity of the new topologies used for interconnection networks increases, routing is becoming more difficult and thus requires much attention.

A key point of our research is disjoint-path routing. Effectively, as the number of nodes continuously grows, faults (out of order computing nodes or broken links) are very likely to appear. Hence it is a critical issue to find routing paths that are mutually disjoint so as to maximize the probability of finding one communication route that avoids faults. Also, path disjointness is a critical property of a routing algorithm since it ensures lock-free data transmission along the selected paths. Effectively, as each path includes distinct nodes, notorious blocking situations such as deadlocks, livelocks or starvations are guaranteed to be avoided. This is a tremendously important asset for routing algorithms and parallel processing in general.



A 3-ary 2-dimensional torus-connected cycles network (TCC): 4-cycles are connected according to a 3-ary 2D torus.

主要著書／論文

- A.Bossard, Understanding Microcontrollers [Second Edition], Ohmsha, 2023.
- A.Bossard, Torus-connected toroids: an efficient topology for interconnection networks, *Computers* 12(9), 2023.
- A.Bossard, A Gentle Introduction to Functional Programming in English [Third Edition], Ohmsha, 2020.
- A.Bossard, Memory optimisation on AVR microcontrollers for IoT devices' minimalistic displays, *Chips* 1(1), 2022.
- A.Bossard and K. Kaneko, Cluster-fault tolerant routing in a torus, *Sensors* 20(11), 2020.
- A.Bossard and K. Kaneko, Torus pairwise disjoint-path routing, *Sensors* 18(11), 2018.
- A.Bossard and K. Kaneko, Torus-Connected Cycles: a simple and scalable topology for interconnection networks, *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, vol. 25, no. 4, 2015.
- A.Bossard and K. Kaneko, Time optimal node-to-set disjoint paths routing in hypercubes, *Journal of Information Science and Engineering*, vol. 30, no. 4, 2014.
- A.Bossard, K. Kaneko and S. Peng, A new node-to-set disjoint-path algorithm in perfect hierarchical hypercubes, *The Computer Journal*, vol. 54, no. 8, 2011.

セキュリティ技術(松尾)研究室

構成員紹介→P56

研究分野 暗号と情報セキュリティ

研究テーマ 暗号アルゴリズムの実装・攻撃・構成手法、情報セキュリティ技術の安全性検証



研究室構成員

松尾 和人 (教授)

研究内容

暗号アルゴリズムの高速実装

暗号アルゴリズムは、インターネット上の安全な通信を実現するHTTPSプロトコルのみならず、電子マネー用のICカードやスマートフォンなどにも利用されています。特に、ICカードやスマートフォンなどの省資源環境では、暗号アルゴリズムの速度が機器全体の速度に大きな影響を及ぼします。したがって、暗号アルゴリズムの高速化はユーザビリティの観点から重要な研究テーマとなっています。このテーマについて、これまでに超楕円曲線暗号と呼ばれる省資源環境に向けた公開鍵暗号の高速ソフトウェア実装に取り組み、64bitCPU上での最高速実装やスマートフォンへの実装などを達成しています。また、これまでの暗号技術では実現が困難であった機能を実現可能なペアリング暗号や準同型暗号と呼ばれる高機能暗号が注目を集めています。しかし、これらの暗号アルゴリズムは従来の暗号アルゴリズムと比較して速度が遅いことが知られています。そこで、これらの暗号方式の高速実装も研究対象としています。さらに、量子計算機を以てしても解読が難しい耐量子計算暗号の効率的な構成法の研究も行っています。また、これらの研究から派生して、スクリプト言語Pythonのインタプリタの整数演算部の高速化などを実現してきました。今後も様々な計算アルゴリズムの高速実装に取り組む予定です。

暗号アルゴリズムに対する攻撃手法・構成手法

最近の暗号アルゴリズムは安全性が数学的に証明されていますが、証明の前提として暗号プリミティブと呼ばれるコア部が安全であることを仮定しています。しかし、暗号プリミティブに対する安全性証明は通常は困難です。したがって、暗号アルゴリズムの安全性を担保するためには、暗号プリミティブに対する攻撃方法の研究が必須となります。さらに、現代の暗号は解読に時間がかかることを安全性の根拠として設計されていますが、最近ではGPUコンピューティングやクラウドコンピューティングなど膨大な計算資源が容易に手に入るようになり、暗号の安全性の設計指針を変更する必要があるかもしれません。本テーマに関連して、これまでに次世代の主力暗号方式である楕円曲線暗号に対する攻撃手法を提案しています。今後も、楕円曲線暗号に対する新たな攻撃手法とその高速実装の研究を予定しています。さらに、耐量子計算暗号に対する攻撃手法の研究も進める予

定です。また、暗号アルゴリズムはパラメータ設定により柔軟な安全性を実現できますが、適切なパラメータ設定を行わない限りその安全性を保証できません。多くの暗号アルゴリズムに対して安全なパラメータ設定を行うアルゴリズムが完成していますが、超楕円曲線暗号に対してはこのアルゴリズムが未だ完成していません。そこで、超楕円曲線暗号のパラメータ設定アルゴリズムの研究に継続的に取り組んでいます。

情報セキュリティ技術の安全性検証

最近の通信プロトコルやネットワークアプリケーションでは安全性を確保するために情報セキュリティ技術が必要不可欠です。しかし、情報セキュリティ技術は適切に設計・運用しない限り期待した安全性を確保できないものです。したがって、通信プロトコルやアプリケーションの脆弱性を解析し、その脆弱性を解消することは実社会にとって重要な研究テーマです。このテーマの研究成果として、これまでに、モバイル端末用の通信プロトコルとして知られるBluetoothの機器認証に関する脆弱性を発見しています。また、HTTPSプロトコルの安全な運用についても考察しました。今後も、インターネットの安全性を支える暗号通信プロトコルであるSSLやSSH、無線LAN用のセキュリティプロトコルであるWEP/WPAや、多くのネットワークサービスで利用されている、OpenID、OAuthなどの認可・認証プロトコルに対して、技術的な脆弱性と不適切な運用に取り組む予定です。から生ずる脆弱性を解析し、安全なプロトコルの実現について研究を進める予定です。

主要著書／論文

暗号理論と楕円曲線(森北出版, 共著, 2008)

Improvements of Addition Algorithm on Genus 3 Hyperelliptic Curves and Their Implementation (IEICE Trans. E88-A, 共著, 2005)

Remarks on Cheon's Algorithms for Pairing-Related Problems (Proc. of Pairing 2007, Springer LNCS4575, 共著, 2007)

Skew-Frobenius Maps on Hyperelliptic Curves (IEICE-Trans. E91-A, 共著, 2008)

Bluetoothのセキュアシンプルペアリングに対する中間者攻撃(情報処理学会論文誌53, 共著, 2012)

2次ツイストを利用したSIDH (信学論 J103-A, 単著, 2020)

機器・設備【化学、生物、物理】

化学領域



電子スピン共鳴装置



単結晶X線回折装置



核磁気共鳴分光装置



蛍光X線分光装置



質量分析装置

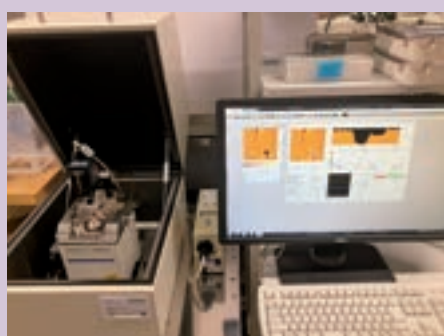
物理領域



天文台望遠鏡



ガンマ線検出システム



原子間力顕微鏡

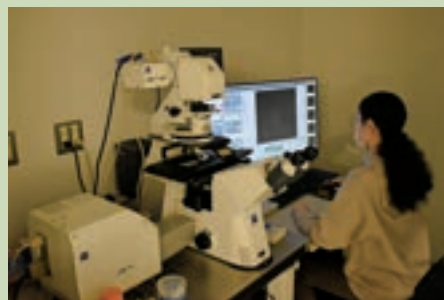


顕微ラマン分光

生物領域



走査型電子顕微鏡



共焦点レーザー走査型顕微鏡



植物育成室



デジタル実体顕微鏡



クリーンルーム



透過型電子顕微鏡



200kVイオンビーム照射注入装置



走査トンネル発光顕微鏡

神奈川大学理学研究科博士前期課程の教育研究上の 目的及び基本方針

教育研究上の目的

本研究科の博士前期課程は、自然科学に関する基盤知識及びその応用能力を身に付け、グローバル化社会における技術関連分野で中核となり得る人材の育成を目的とする。

教育目標

本学の教育目標及び本研究科の教育研究上の目的等を踏まえ、理学研究科博士前期課程では、自然科学に関する基盤知識とその応用能力を身に付け、知識基盤社会における技術関連分野で中核となり得る人の育成を、教育の最終目標としています。

人類が持続可能な社会の実現に向けて、エネルギー、資源、環境などの困難な問題をグローバルな規模で解決していかなければなりません。そのためには、問題の解決や技術の発展に積極的かつ粘り強く取り組める能力や意欲を持つ人が求められています。

本課程では、理学専攻の数学、物理学、情報科学、化学、生物科学からなる 5 領域において、本学及び他大学の理系学部で学んだ基礎知識を基盤として、自然科学の専門基礎知識を体系的に修得させる講義科目、またその専門基礎知識を使いこなすための演習・研究科目を通じて、科学技術の現場での問題解決能力と、日本語のみならず英語による基礎的コミュニケーション能力を涵養することを教育目標として定めます。

ディプロマ・ポリシー

(学位授与の方針)

本研究科の博士前期課程では、各領域のカリキュラムにおいて所定の単位を修得し、提出した修士論文が審査のうえ合格と判定された者は、以下に掲げる能力を身につけていると判定され、修士（理学）の学位が授与されます。

1. 自立した良識ある市民としての判断力と実践力
 - (1) 論理的で正確な日本語を用いて、自らの研究・考えを発表・討論し、文章化する能力を身につけている。
2. 国際的感性とコミュニケーション能力
 - (1) 英語による基礎的コミュニケーション能力を身につけている。
 - (2) 専門に関わるテーマについての英文を理解し、英文で表現できる能力を身につけている。
3. 時代の課題と社会の要請に応えた専門的知識と技能
 - (1) 研究において直面する、現状の知識では解決の困難な問題について、作業仮説・方法論を立て解決に取り組む力を身につけている。
 - (2) 社会の様々な技術の現場において、問題解決や技術の発展に積極的にかつ粘り強く取り組み、中核となる意欲を有している。

カリキュラム・ポリシー

(教育課程編成・実施の方針)

本研究科の博士前期課程では、理学専攻と各領域の専門基礎知識を基盤とした論理的思考力と表現力を身につけ、理学専攻関連分野において教育・研究・開発の中核として活躍できるように、教育・研究を通じて以下の能力を備えた人を育成するため、以下のようなカリキュラム・ポリシーを設定しています。

1. 教育課程の編成・実施
 - (1) 専門基礎知識の修得のための授業科目を準備し、専門基礎知識を使いこなす実践を育むことに重点を置いて「特別演習」及び「特別研究」を必修科目として設けています。また、専攻の枠にとらわれずに学修、研究を進めるために、他専攻の履修科目を選択することもできます。国際化時代に欠かせない英語教育に力を注ぎ、欧米の教科書、専門書や論文を読む力を養うとともに、会話力の向上にも取り組んでいます。
 - (2) 国際化に対応するため、一部の授業を英語で開講しています。
2. 教育の方法と評価
 - (1) 教育、研究を円滑に進めるため、次のような方策を採っています。各年度初めに、研究計画書を作成し、指導教授だけでなく2から3名のアドバイザー（副指導教授）による複数指導制度を設けています。
 - (2) TA(ティーチング・アシスタント)に就くことで、教育者として教育能力を高める経験を積む機会を用意しています。
 - (3) 成績評価の厳格化を通じ、単位制度の実質化を達成しています。計画・遂行・発表を含む前期課程内研究の中間審査および本審査を介して、さらには、学会発表実績を通して、研究課題解決能力とプレゼンテーション・コミュニケーション能力の評価を行なっています。これらの評価は、公平性と厳格性を期して、3名以上の専門教員で実施するようにしています。
 - (4) 教育の質を保証し、学修成果を評価するためにルーブリックを定めています。

アドミッション・ポリシー

(入学受入の方針)

1. 大学院教育によって培う能力
 - (1) 本研究科の博士前期課程では、理学専攻と各領域の専門基礎知識を基盤とした論理的思考力と表現力を身につけ、理学専攻関連分野において教育・研究・開発の中核として活躍できる能力を備えた人を育成します。
2. 本専攻の求める入学者
 - (1) 自然科学における専門分野の基礎学力を有する人
 - (2) 自然の摂理を理解・解明し、基礎的あるいは応用的観点から基礎知識の深化と研究を推進する意欲のある人
 - (3) 英語で書かれた専門分野の教科書が理解できる程度の英語能力のある人
3. 大学までの能力に対する評価（選抜方法）
 - (1) 大学で培った英文の読解力と各領域の専門分野における基礎知識を評価するために、英語と専門に関する筆記試験を行います。
 - (2) 研究能力を評価するために、口述試験を行います。

神奈川大学理学研究科博士後期課程の教育研究上の 目的及び基本方針

教育研究上の目的

本研究科の博士後期課程は、自然科学に関する高度基盤知識及びその応用能力を身に付け、グローバル化社会において自然科学の進展に寄与し得る人材の育成を目的とする。

教育目標

本学の教育目標及び本研究科の教育研究上の目的等を踏まえ、理学研究科博士後期課程では、自然科学に関する高度基盤知識とその応用能力を身に付け、自然科学の進展に寄与し得る人の育成を、教育の最終目標としています。

人類が持続可能な社会の実現に向けて、エネルギー、資源、環境などの困難な問題をグローバルな規模で解決していかなければなりません。そのためには、社会の様々な現場において、自然科学専門知識を基盤として現状の知識では解決が困難な問題にも積極的かつ粘り強く取り組める能力や意欲を持つ人が求められています。

本課程では、理学専攻の数学、物理学、情報科学、化学、生物科学からなる 5 領域において、博士前期課程で学んだ専門知識を基盤として、論理的思考力と表現力を必要とする特別演習と特別研究を通じて、自然科学の発展に貢献する能力、科学技術の現場で問題解決する能力、日本語・英語によるコミュニケーション・プレゼンテーション能力をも涵養することを教育目標として定めます。

ディプロマ・ポリシー

(学位授与の方針)

本研究科の博士後期課程では、各領域のカリキュラムにおいて所定の単位を修得し、提出した博士論文が審査のうえ合格と判定された者は、以下に掲げる能力を身につけていると判定され、博士（理学）の学位が授与されます。

1. 自立した良識ある市民としての判断力と実践力
(1) 博士前期課程で培った研究能力をはじめとした様々な能力、特に研究課題そのものを設定する能力を身につけている。
2. 国際的感性とコミュニケーション能力
(1) 研究成果の意義を広い視野から捉えて公表できる能力を養い、独力で研究を進める能力を身につけている。
(2) 英語で論文を作成する能力を身につけている。
3. 時代の課題と社会の要請に応えた専門的知識と技能
(1) 研究において直面する、現状の知識では解決の困難な問題について、作業仮説・方法論を立て解決に取り組む力を身につけている。
(2) 社会の様々な技術の現場において、問題解決や技術の発展に積極的にかつ粘り強く取り組み、中核となる意欲を有している。

カリキュラム・ポリシー

(教育課程編成・実施の方針)

本研究科の博士前期課程では、理学専攻と各領域の専門基礎知識を基盤とした論理的思考力と表現力を身につけ、理学専攻関連分野において教育・研究・開発の中核として活躍できるように、教育・研究を通じて以下の能力を備えた人を育成するため、以下のようなカリキュラム・ポリシーを設定しています。

1. 教育課程の編成・実施
(1) 専門基礎知識の修得のための授業科目を準備し、専門基礎知識を使いこなす実践を育むことに重点を置いて「特別演習」及び「特別研究」を必修科目として設けています。また、専攻の枠にとらわれずに学修、研究を進めるために、他専攻の履修科目を選択することもできます。国際化時代に欠かせない英語教育に力を注ぎ、欧米の教科書、専門書や論文を読む力を養うとともに、会話力の向上にも取り組んでいます。
(2) 国際化に対応するため、一部の授業を英語で開講しています。
2. 教育の方法と評価
(1) 教育、研究を円滑に進めるため、次のような方策を採っています。各年度初めに、研究計画書を作成し、指導教授だけでなく 2 から 3 名のアドバイザー（副指導教授）による複数指導制度を設けています。
(2) TA（ティーチング・アシスタント）に就くことで、教育者として教育能力を高める経験を積む機会を用意しています。
(3) 成績評価の厳格化を通じ、単位制度の実質化を達成しています。計画・遂行・発表を含む前期課程内研究の中間審査および本審査を介して、さらには、学会発表実績を通して、研究課題解決能力とプレゼンテーション・コミュニケーション能力の評価を行っています。これらの評価は、公平性と厳格性を期して、3 名以上の専門教員で実施するようにしています。
(4) 教育の質を保証し、学修成果を評価するためにルーブリックを定めています。

アドミッション・ポリシー

(入学受入の方針)

1. 大学院教育によって培う能力
(1) 本研究科の博士前期課程では、理学専攻と各領域の専門基礎知識を基盤とした論理的思考力と表現力を身につけ、理学専攻関連分野において教育・研究・開発の中核として活躍できる能力を備えた人を育成します。
2. 本専攻の求める入学者
(1) 自然科学における専門分野の基礎学力を有する人
(2) 自然の摂理を理解・解明し、基礎的あるいは応用的観点から基礎知識の深化と研究を推進する意欲のある人
(3) 英語で書かれた専門分野の教科書が理解できる程度の英語能力のある人
3. 大学までの能力に対する評価（選抜方法）
(1) 大学で培った英文の読解力と各領域の専門分野における基礎知識を評価するために、英語と専門に関する筆記試験を行います。
(2) 研究能力を評価するために、口述試験を行います。

神奈川大学理学研究科のホームページ

インターネットで神奈川大学理学研究科のホームページにアクセスできます。本誌の情報以外にもより詳しい情報が公開されています。また、本誌に載っている情報も随時更新されています。ぜひアクセスして下さい。



神奈川大学 大学院 理学研究科 ホームページ

<https://www.kanagawa-u.ac.jp/education/graduateschool/sciences/>



神奈川大学 ホームページ

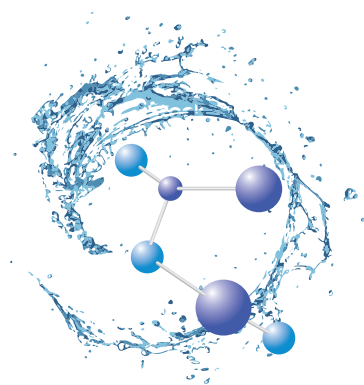
<https://www.kanagawa-u.ac.jp/>



神奈川大学 理学部 ホームページ

<https://www.kanagawa-u.ac.jp/education/faculty/sciences/>





神奈川大学 大学院 理学研究科 SCIENTIA

発行：神奈川大学 大学院 理学研究科

〒221-8686 神奈川県横浜市神奈川区六角橋 3-27-1
TEL 045-481-5661 (代表)

編集：神奈川大学理学部広報委員会