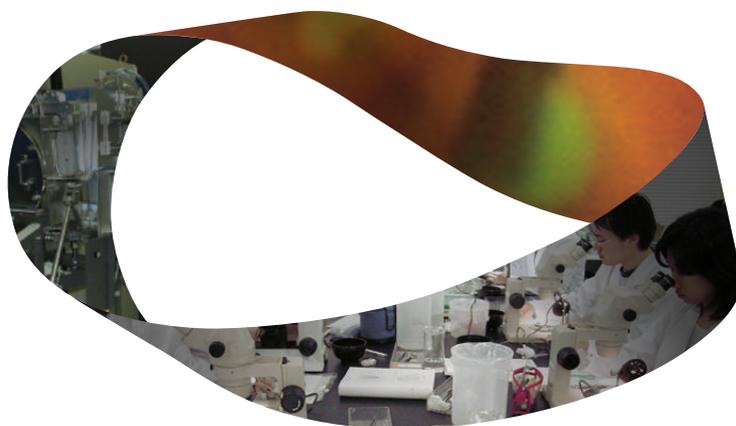


SCIENTIA

2016



KU 神奈川大学

理学部 大学院理学研究科 総合理学研究所

Contents

■ 理学部長あいさつ	1
■ 大学院理学研究科委員長の挨拶	2
■ 神奈川大学湘南ひらつかキャンパスと理学部・大学院理学研究科のあゆみ	3
■ 総合理学研究所所長の挨拶	4
■ ハイテク・リサーチ・センター長の挨拶	5
■ 神奈川大学プロジェクト研究所 天然医薬リード探索研究所	6
■ 神奈川大学プロジェクト研究所 プログラミング科学研究所	7

数理・物理学科 8

阿部吉弘研究室	12
伊藤博研究室	13
粕谷伸太研究室	14
加藤憲一研究室	15
川東健研究室	16
木村敬研究室	17
酒井政美研究室	18
知久哲彦研究室	19
長宗雄研究室	20
長澤倫康研究室	21
中田穰治研究室	22
堀口正之研究室	23
本間正明研究室	24
水野智久研究室	25

情報科学科 26

海谷治彦研究室	29
木下佳樹研究室	30
桑原恒夫研究室	31
後藤智範研究室	32
田中賢研究室	33
張善俊研究室	34
永松礼夫研究室	35
中山堯研究室	36
ボサール, アントワーン研究室	37
松井祥悟研究室	38
松尾和人研究室	39

化学科 40

上村大輔研究室	45
天野力研究室	46
加部義夫研究室	47
川本達也研究室	48
木原伸浩研究室	49
菅原正研究室	50
辻勇人研究室	51
西本右子研究室	52
野宮健司研究室	53
平田善則研究室	54
堀久男研究室	55
松原世明研究室	56
山口和夫研究室	57

生物科学科 58

分子生物学分野・小谷享研究室	63
分子生物学分野・泉進研究室	64
分子生物学分野・大平剛研究室	65
分子生物学分野・井上和仁研究室	66
細胞生物学分野・豊泉龍児研究室	67
細胞生物学分野・安積良隆研究室	68
細胞生物学分野・日野晶也研究室	69
集団生物学分野・丸田恵美子研究室	70
集団生物学分野・小笠原強研究室	71
集団生物学分野・金沢謙一研究室	72
集団生物学分野・箸本春樹研究室	73
集団生物学分野・鈴木祥弘研究室	74

神奈川大学湘南ひらつかキャンパスは平塚市西部の丘陵地帯に平成元年に設置され、既に開学から27年が経過しました。横浜市の六角橋にある神奈川大学のメインキャンパスには、法学部、経済学部、外国語学部、人間科学部、ならびに工学部の五学部がありますが、この平塚市で一番とって良い自然に恵まれた地域にあるキャンパスには経営学部と理学部の二学部があります。

理学部は、開設以来、理学の発展と社会に役立つ人材の育成のために教職員が一丸となって不断の努力を積み重ねて来ました。そして、2012年からは数理・物理学科が新設され、4学科および1プログラム体制になり本来の理学部らしい構成となりました。数理・物理学科（入学定員60名）、情報科学科（入学定員90名）、化学科（入学定員100名）、ならびに生物科学科（入学定員100名）の4学科で構成され、それに加えて総合理学プログラム（入学定員50名、教員は4学科教員が兼任）があります。また、新設された数理・物理学科は数理コースと物理コースの2つの履修コースを設け、学生の履修の便宜を図っています。2006年に設置された総合理学プログラムは、物理や化学といった既成の学問分野を超えて自然科学を横断的に把握する人材を育成することを目標に設けられ、4学科とは異なる教育課程を提供しています。またこのプログラムでは「サイエンスコミュニケーション」、**「科学概論」**、あるいは**「自然の歴史」**といった他の4学科にはない科目が必修科目として置いてあります。

各学科、プログラムにおいてそれぞれ特色ある教育を実践していますが、理学部の教育目標は、「基本を大事にする」、「原理を究める」人材を育成することであり、それによって教育機関としての社会的責任を果たそうと考えています。理学部の学生は、やや社交性に欠ける面があるものの、総じて真面目であり、本学部の卒業生は、社会の色々な問題に直面しても正面から取り組んでいくことができるものと確信しています。また、教職を日指す学生が多くいるのも理学部の特徴であり、今世紀に入ってからの本学で教職に就いた人数を学部別にみると、既卒者を含めて理学部の学生が最多となっています。

近年、理学部の教育目標を達成するために、理学部教員が担当する専攻科目や経営学部教員が担当する外国語や教養系科目の内容の充実はもとより、主として低年次向けに次のような様々な教育改革を行ってきました。

1) 最近、著しくなっている新入生の学力低下に対応するために、高校で学ぶべき内容の定着を確認する（物理、化学、生物学と情報科学の各概論など）を開講しています。2) 大学での学び方を学ぶ初年次教育であるFirst Year Seminar (FYS) を2006年度から必修科目としました。3) キャリア形成I～Vおよびインターンシップ準備演習といった、就職活動を円滑に行い、社会人としての自覚を持って社会で活躍するのに必要な能力を身につけるための授業も開講しています。

学部ならびに大学院生と教員の学習と研究活動を支援するための機器と設備も充実してきています。情報科学科は学部学生全員にハイスペックのノートパソコンを無料貸与しています。化学科や生物科学科にはハイテク・リサーチセンターの機器装置を含めて、核磁気共鳴装置、質量分析装置、電子顕微鏡、DNAシーケンサーなどの高性能解析装置がそろっており、この規模の理学部としては恵まれた研究環境となっています。理学部は、同じキャンパス内にある神奈川大学付属の総合理学研究所と連携を取りながら研究を推進して、その成果を公表することで研究機関としての社会的責任も果たしています。

大学院理学研究科委員長の挨拶

理学研究科委員長 山口 和夫

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専攻をもって平成5年に開設され、今日まで早や20年を歩んできました。この間に3専攻あわせて博士前期（修士）課程修了者760名、博士後期課程修了者34名、および課程外博士12名を社会に送り出しております。平成24年に理学部に数理・物理学科が新設され、本年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、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49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、認可されました。

いずれの領域も自然科学の中でも近年ひ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。特定の先端的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となっています。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。さらに、平成21年度からは年度始めに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が確立されています。また、学部4年生が博士前期課程の講義科目を履修できる制度も設け、大学院進学後の学修研究に一層専念できるようになっています。

教育・研究活動の活性化を図ると同時に、国際的な交流ができる環境づくりに努めています。平成17年3月に締結された国立台湾大学化学科と神奈川大学理学部化学科との学術交流協定のもとに、平成18年1月理学研究科化学専攻の教員を中心として国立台湾大学との第1回学術交流国際会議を神奈川大学で開催しました。その後、他専攻、工学研究科応用化学専攻の教員も加わり、平成20年度の第4回学術交流国際会議より、大学院生も参加するようになっており、現在まで計10回の国際会議を両大学で開催しております。その実績のもとに、平成23年4月には国立台湾大学と神奈川大学との大学間学術交流協定を締結することができました。今後も、この交流を継続・発展させるとともに、他国他大学との実質的な学術交流を進めるつもりであります。

さらに、学際的な研究も行えるような事業の展開も行っています。平成24、25年度に横浜キャンパス工学研究科と協力して申請した2件の私立大学戦略的研究基盤形成支援事業が採択されました。「太陽光活用を基盤とするグリーン／ライフイノベーション創出技術研究拠点の形成」、「高度に秩序化された無機ナノ構造体と精密構造有機高分子との融合による高機能性材料の創製」と題する5年間のプロジェクトが、それぞれ50%弱が文部科学省の補助による総額4億5千万円、4億円の予算で、両研究科あわせて9名ずつの教員により進行しています。これらを核として、各専攻の教員間だけでなく、学内の他研究科や学外研究機関との研究協力・交流を促進し、研究活動の活性化を図っています。大学院生が、専攻や研究科を越えた最先端かつ高度な研究に触れる機会をできるだけ多くしようとするのも、プロジェクトの大切な目的です。

以上、理学研究科の現状についてまとめました。今後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。

神奈川大学湘南ひらつかキャンパスと

理学部・大学院理学研究科のあゆみ

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

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ています。研究所の所員は理学部教員が兼任していることから、理学部および大学院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理学部を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、必要に応じて理学部教員以外から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、学科や学部の手にとられることなく複数の研究者が共同で行う研究であり、研究所は研究費の助成を通じて、その研究活動を支援しています。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ための受け皿となりうる組織もあります。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、理学部および大学院理学研究科の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、学内外の学术交流の接点の役割も果たしています。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努めています。現在、広報活動のひとつとして恒常的に開催しているものに「機器分析講習会」と「神奈川大学平塚シンポジウム」があります。前者は年に二回開催され、主として首都圏の企業の技術者を対象としています。後者は理学部化学科と研究所が共に主催者となって、化学を中心とした幅広い主題の下に毎年開催しているシンポジウムであり、大学や企業の研究者、中学や高校の教員が主な対象者となります。どちらも長年にわたって続けているものであり、地域社会に定着した行事として一定の評価を得ているものと考えます。

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。これまでの原稿執筆者および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）」は優れた学術雑誌になってきましたが、今後ますます充実させることで幅広く読まれる学術雑誌に発展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についてお示ししましたが、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。皆様のご支援とご協力を賜り、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。

ハイテク・リサーチ・センター長の挨拶

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業代表者 川本 達也

文部科学省による私立大学戦略的研究基盤形成支援事業のひとつとして2012年（5ヵ年計画）に新たなプロジェクトが採択されました。研究プロジェクト名は「太陽光活用を基盤とするグリーン/ライフィノベーション創出技術研究拠点の形成」であり、大学院理学研究科の化学専攻と生物科学専攻及び大学院工学研究科の応用化学専攻の3専攻にまたがる9名の学内研究者と他大学4名の学外研究者からなる総勢13名の研究者を中心に、研究支援メンバー、ポストドクター、大学院博士後期課程学生のリサーチアシスタントからなる研究支援スタッフとともに研究組織を構成しています。

世界的な喫緊の課題である環境及びエネルギー問題を克服して、安全・安心な社会生活を実現するためにはグリーン/ライフィノベーションを推進する必要があります。このプロジェクトは、“太陽光”と“グリーン/ライフィノベーション”をキーワードに、太陽光を活用した有用物質生産のための変換システムの構築と生物資源に基づく太陽光活用の基盤技術の開発によりグリーン/ライフィノベーションの推進に資することを目的とします。なお、グリーン/ライフィノベーションとは、低炭素社会を支えるクリーンエネルギーの創成及び豊かで安心な生活を支える医薬品などの有用物質開発のための技術革新を意味します。

理学研究科としては、前プロジェクト「高度機能を持つ分子生物ホトニクスの基盤技術開発」の理念を継承し、工学研究科や学外の研究機関との研究の一層の集約を図りながらレベルの高い専攻横断型の研究を推進することで、学生の教育・研究に資すると共にその研究成果の社会への還元を目標としています。本プロジェクトによる最先端の優れた教育・研究環境の実現は、学際的かつ先端的な研究交流の活性化をもたらし、広い視野に立って専門分野を見ることができるとともに人材の育成につながります。前プロジェクトにおいて設置されたハイテク・リサーチ・センター棟を中心に、今後も教育・研究環境の一層の充実と活用を図ってまいります。

神奈川大学プロジェクト研究所 天然医薬リード探索研究所

Research Institute of Natural Drug-Leads

海洋生物クロイソカイメンから私たちが単離したハリコンドリンBを基盤として開発されたハラヴェンが、乳癌の治療薬として上市されました。この事からも明らかなように、天然由来生理活性物質の医薬品リードとしての価値が注目を集めており、医薬資源として天然物をモチーフとした創薬研究が活発に行われております。これと同時に、天然有機化合物の生産メカニズムを解明して新しい研究の地平を拓くことは、生理活性物質研究に課せられた使命であると私たちは考えます。本研究所では、天然有機化合物の基礎から応用へと至る化学的・生物学的研究を推進すると同時に、ポストゲノム的手法を用いた新規生理活性物質の探索と生産に関する研究を展開し、医薬品リードへと発展させる次世代型研究を行っています。

研究所組織

研究所長	上村大輔・神奈川大学特別招聘教授（教授）
研究員	渡邊信子・神奈川大学理学部助教
プロジェクト研究員	内藤隆之
プロジェクト研究員	阿部孝宏
プロジェクト研究員	山田薫
プロジェクト研究員	渡部多恵子
プロジェクト研究員	大村幸和

主な研究業績

(1) Design, synthesis, and evaluation, derivatives of the fat-accumulation inhibitor ternatin: toward ternatin molecular probes. *Kawazoe, Y., Tanaka, Y., Omura, S., and *Uemura, D. *Tetrahedron Lett.*, 55, 4445-4447. (2014)

(2) An inhibitor of the adipogenic differentiation of 3T3-L1 cells, yoshinone A, and its analogs, isolated from the marine cyanobacterium *Leptolyngbya* sp. *Inuzuka, T., Yamamoto, K., Iwasaki, A., Ohno, O., *Suenaga, K., *Kawazoe, Y., and Uemura, D. *Tetrahedron Lett.*, 55, 6711-6714. (2014)

(3) Relative configuration of luminaolide N. Maru, T. Inuzuka, K. Yamamoto, M. Kitamura, P. Schupp, K. Yamada, D. Uemura, *Tetrahedron Lett.* 33, 4385-4387 (2013)

(4) Jolkinolide F, a Cytotoxic Diterpenoid from *Euphorbia jolkinii*, N. Maru, N. Chikaraishi, K. Yokota, Y. Kawazoe, D. Uemura, *Chem. Lett.*, 42, 756-757 (2013)

(5) Stereoselective synthesis of the C79-C97 fragment of symbiodinolide, H. Takamura, T. Fujiwara, I. Kadota, D. Uemura, *Beilstein J. Org. Chem.*, 9, 1931-1935 (2013)

(6) Thermally driven asymmetric domino reaction catalyzed by a thermostable esterase and its variants, R. Wada, T. Kumon, R. Kourist, H. Ohta, D. Uemura, S. Yoshida and K. Miyamoto, *Tetrahedron Lett.*, 54, 1921-1923 (2013)

(7) Apoptosis as a practical target for identifying anticancer agents of marine origin, O. Ohno, T. Teruya, K. Suenaga, D. Uemura, *Forum on Immunopathol. Dis. Therap.*, 4, 33-41 (2013)

(8) Ternatin, a cyclic peptide isolated from mushroom, and its derivative suppress hyperglycemia and hepatic fatty acid synthesis in spontaneously diabetic KK-Ay mice, M. Kobayashi, H. Kawashima, K. Takemori, H. Ito, A. Murai, S. Masuda, K. Yamada, D. Uemura, F. Horio, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 427, 299-304 (2012)

神奈川大学プロジェクト研究所 プログラミング科学研究所

Research Institute of Science of Programming

高度情報化社会では、膨大な情報記述の中の些細な間違いが、飛行機事故やプラント事故をはじめとする重大な結果を招きます。本研究所では、計算機のハードウェアやソフトウェアのみならず、それらを使うオペレータを含む広義の情報処理システムを記述した文書に関する、数理科学的研究を行います。計算機プログラムや大規模なシステムの安全・安心を議論するアシュランスケース、規格文書、法律などを研究対象として、これらのどう記述し、整合性を保つのかを、算譜意味論（プログラムの数理モデル）、算譜検証論（プログラムの正しさの検証、妥当性確認）などのアプローチから研究します。

研究所組織

研究所長	木下佳樹・神奈川大学理学部教授
研究員	永松礼夫・神奈川大学理学部教授
研究員	中原早生
研究員	武山誠
研究員	奥野康二

主な研究業績

- [1] Open systems dependability (Mario Tokoro ed.), *CRC books*, 2015.
- [2] Category theoretic structure of setoids, Yoshiki Kinoshita and John Power, *Theoretical Computer Science, Elsevier*, pp.145-163, vol.546, 2014.
- [3] Assurance Case as a Proof in a Theory: towards Formulation of Rebuttals, Yoshiki Kinoshita and Makoto Takeyama, in "Assuring the Safety of Systems, *Proceedings of the Twenty-first Safety-Critical Systems Symposium, Bristol, UK, 5-7th February 2013*," pp. 205-230, ISBN 978-1481018647, Safety-Critical Systems Club, 2013.

外部研究費

国立情報学研究所共同研究

「議論の枠組みに関する基礎理論および応用に関する研究」

平成24年度より 平成26年度継続申請中

一般社団法人 デイペンダビリティ技術推進協会「オープンシステム・デイペンダビリティ標準化関連活動」

数理・物理学科

数理・物理学科／博士課程 数学領域・物理学領域

①教育のねらいと特色

数理・物理学科は2012年度から新設された学科です。神奈川大学理学部に数学、物理学をその専門とする新しい学科、「数理・物理学科」が誕生し、すべての理学／工学の基礎、基盤を学ぶ中核の学科が出来ました。二十数年以上も前に設立された平塚キャンパスの理学部ですが、今まで数理(数学)、物理の名を冠した学科が存在しませんでした。理学部には元来高校で学んできた理系の教科書の名前(数学、物理、情報、化学、生物等)を冠した学科名が多く、ここ神奈川大学理学部にも数学、物理学を専門に学ぶ学科ができたこととなります。

数学、物理学は理学部、工学部等の理系の学部におけるどんな学科にも必要となる基礎的な中核となる学問体系です。この新しい学科は数学、物理学に関して徹底的に基礎を学び、実験実習・演習を通して講義科目とこれら実験実習・演習科目とが有機的に結びつくようにカリキュラムが考えられています。即ち、講義における理解が実験実習・演習を通して徹底的に身に付くように配慮されています。

実社会においては、どのような職種についても基盤となる学問の基礎がしっかり身に付いていれば応用が効き、各種問題点に直面した時や、いろいろな立場に立たされた時に、柔軟かつ適切に対応する事ができます。この学科を卒業する学生のポテンシャル(潜在能力)は高い事が期待されており、どのような職種についても応用が効きます。そういう意味で、この学科を卒業した学生の就職先としては、他の理系の学部、学科を卒業する学生と同様なところは勿論、数理系のコースを履修した学生は、金融、証券、銀行といったひと昔前であれば文系学部出身者の就職先と考えられた職種にも数学の応用力を備えた人材が必要とされており、活躍の場が用意されていると言えます。

本学科の教育のねらいはまさに、数学、物理学の基礎をしっかりと身につけ、社会に出てからどんな問題に直面しても適切、的確に対処でき応用のきく人材を育成することにあります。

②履修コースについて

本学科には「数理コース」と「物理コース」の2つの履修コースを設けています。数理・物理学科に入学する学生の資質は様々です。2つのコースはそのような多様性を受け入れる仕組みであり、両コースに用意されている科目を的確に履修することにより、数学と理科の2つの教員免許を取得することができます。これは数理・物理学科の大きな特徴の一つです。通常は1学科／1免許という原則がありますが、数理コースと物理コースできちんとカリキュラ

ムが整備され、教員も数学、物理の専門の先生方を擁しているので両方の免許を同時に取得することができます。次に各コースの特徴を述べます。

「数理コース」

数理コースには、純粋数学から応用までの幅広い分野の研究者が所属しています。具体的には、数学基礎論(公理的集合論 巨大基数 強制法)、代数学(数論 代数体の整数論 数論的有限和)、代数学(代数幾何 符号理論 有限幾何)、位相数学(集合論的位相幾何 幾何学的位相幾何 グラフ理論)、解析学(解析学 ヒルベルト空間およびバナッハ空間上の作用素論)、統計数学(マルコフ決定過程、数理最適化モデル、オペレーションズ・リサーチ)、数理科学(待ち行列理論 確率過程 システム性能評価)の各分野の研究と教育を行っています。現代数学への探究の一端を学生に体験させ、それらとともに、物事を深く洞察しそこから導出される論理的な解決方法を学びます。また学問的領域に限らず、世の中の様々な事象の考察・解明に興味・関心を持ち、合理的思考にもとづく高いコミュニケーション能力を併せ持った人間味あふれる卒業生を輩出すべく、現代数学の基礎から応用まで幅広い分野の科目を用意して少人数教育をモットーに日々の教育に取り組んでいます。

「物理コース」

物理コースでは物理学という自然科学の基礎科目を徹底的に学ぶことにより、物理的な側面からの自然現象の理解と論理的な思考方法の獲得を目指しています。物理の基礎科目を十二分に用意しており、国立大学の物理学科に比肩しうる物理教育の充実を図っています。これらの学修により、物理の基礎とその応用の分野において、卒業後大きく活躍できる人材を育てることを目標としています。

研究領域としては、ナノサイエンス・ナノテクノロジー、半導体分野、宇宙・素粒子・原子核分野、物性分野、数理シミュレーションの分野と多岐にわたっています。例えばナノサイエンス、半導体の実験系研究室においては高性能の装置を駆使し、個々の原子を操作しながら最先端の研究成果を輩出しています。また、宇宙に関しては理論的研究だけでなく、観測的研究においても35 cm直径の反射望遠鏡を備え、物理学学生実験にも提供して宇宙への夢を駆り立てています。

「数学領域主任からのメッセージ」

数学は無駄のない学問です。「仮定」があり、誰もが納得できる論理によって、「結論」に到達します。このような明快感があることを、数学が好きだという理由とする人

も多いと思います。学部教育において、現代数学の基本的な理論体系を学び、博士前期課程ではそこからさらに研究を深めていきます。理論がわかれば「数理的処理能力」が高まり、直接はかかわりの無いように見えていた実社会における問題の解決に「活用できる力」となります。とくに、科学・技術関連分野および教育機関において活躍する人材を輩出すべく、数学基礎論、代数的整数論、数論幾何、応用確率論・OR、集合論的位相空間論、関数解析学、計画数学（マルコフ決定過程）、代数幾何・組合せ論の各分野をそれぞれ専門とするスタッフのもとで、セミナーを中心とした研究指導を行っています。新たな発見に出会ったとき、山の頂上から一面を見渡すような爽快感があります。各分野によって、登り方は異なるけれども真理の追究を目標として同じ一つの山の頂上を目指して、教員スタッフ、学生が一丸となり教育・研究に取り組んでいます。また、学問の普及と後世への伝達という意味でも、数学を正しく教育できる人材の育成も大事なことであり続けています。本領域では、これらのような教育目標を設定しています。

【数学領域のカリキュラムポリシー】

数学領域博士前期課程では、数学の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、これらを社会の科学・技術関連分野および教育機関において活用できる人材を育成するため、以下に示した方針でカリキュラム・ポリシーを設定しています。

1. 理学系研究科、数学領域の各分野の研究課題を見据えたカリキュラムを設置して、教育研究を遂行します。
2. 数学の各分野の専門教員を配置し、さらに数学に限定することなく幅広く学修できるようにカリキュラムを実施しています。
3. 「特別研究」においては指導教授に加えてアドバイザーによる助言を行い、論文作成過程の教育・研究指導を行うとともに、人材養成目的に適った教育内容・方法を設けています。
4. 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。

【物理学領域主任からのメッセージ】

物理学は、素粒子、原子核、ナノサイエンス、半導体、物性、宇宙などを包含する、自然現象の根本的な科学知識です。本領域では、これらの基礎的な知識を有し、その知識を応用して様々な問題に直面した時に自分で解決する能力を身につけたいという意欲を持つ人を受け入れます。そして入学後は、理学的素養と柔軟かつ論理的な思考力を兼ね備えて社会に役立つ人材の育成を、教育の最終目標としています。こうして、科学・技術関連分野の諸問題を克服する能力を有する人材を輩出し、例えば多種多様な産業に

おけるモノづくりの強化・技術の普及に貢献することにより、現代文明の発展に寄与し、あるいは、物理学を中心に自然科学全般を学ぶことにより中学校および高等学校教諭の理科専修免許を取得して、獲得した知見を後に続く世代へより進化させた形で伝えることができます。

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てそれを解決したい、といった強い意欲、さらには英語で論文を執筆できる英語作文力を持つ方々には、博士後期課程への道も開かれています。ここでは、物理学の基礎学修を通して、広汎な領域での課題解決を実行する能力を獲得し、その力を応用して教育機関・研究組織・企業において中核を担い、高度な専門職業人として自立した個を確立できることを教育目標として定めています。

【物理学領域のカリキュラムポリシー】

本領域では、物理学の基礎と応用に関する高度な知識・技術を持つと同時に、問題の発見・解析・モデル化に必要な能力と、的確な問題解決能力を持った人材を育成するため、以下に示した方針でカリキュラム・ポリシーを設定しています。

1. 物理学各分野の専門教員を配置し、関連の深い他領域のカリキュラムと相互に連携を取りながら、有機的かつ体系的に学べるようなカリキュラムを実施しています。
2. 年1回の特別研究中間発表会により研究の進捗状況を確認します。
3. 複数指導体制により、「特別研究」に対するアドバイスをを行い、論文作成に向けた教育・研究指導をさらに充実させ、また教育内容・方法等が本領域の人材養成目的に適合しているかを確認します。
4. TA（ティーチング・アシスタント）に就くことで、教育者としての能力を高める経験を積む機会を用意しています。



構成員紹介

 かわひがし けん
川東 健 6号館230号室 内線2851
研究室→P16

職名: 准教授・理学博士
専門分野: 原子核理論, 計算物理学

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, 理学博士, 神奈川大学理学部情報科学科助手, 専任講師を経て現職

URL: <http://www.kk.info.kanagawa-u.ac.jp/>
Mail: ken@info.kanagawa-u.ac.jp

 あべ よしひろ
阿部 吉弘 13号館209号室 内線2908
研究室→P12

職名: 教授・理学博士
専門分野: 公理的集合論

略歴: 筑波大学大学院博士課程数学専攻単位取得満期退学, 福島高専一般教科専任講師, 助教授, 沼津高専一般科目助教授, 神奈川大学工学部専任講師, 助教授, 教授を経て現職

Mail: abey0001@kanagawa-u.ac.jp

 きむら たかし
木村 敬 6号館212号室 内線2836
研究室→P17

職名: 教授・博士(理学)
専門分野: 物性物理学

略歴: 1969年栃木県生まれ, 上智大学理工学部物理学科卒, 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了, CREST, NTT, 早稲田大, 東京大での研究員等を経て, 2004年神奈川大学理学部情報科学科特別助手, 2015年より現職

URL: <http://www0.info.kanagawa-u.ac.jp/detail/id5.html>
Mail: tkimura@kanagawa-u.ac.jp

 いとう ひろし
伊藤 博 13号館204号室 内線2905
研究室→P13

職名: 教授・理学博士
専門分野: 代数的整数論

略歴: 1984年名古屋大学大学院理学研究科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

Mail: h-ito@kanagawa-u.ac.jp

 さかい まさみ
酒井 政美 13号館205号室 内線2906
研究室→P18

職名: 教授
専門分野: 集合論的位相幾何

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, 神奈川大学工学部教授を経て, 2012年4月より現職.

Mail: sakaim01@kanagawa-u.ac.jp

 かすや しんた
粕谷 伸太 2号館225号室 内線2709
研究室→P14

職名: 教授・博士(理学)
専門分野: 素粒子論の宇宙論, 宇宙物理学

略歴: 東京大学理学部物理学科卒業, 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: <http://www.info.kanagawa-u.ac.jp/~kasuya/>

 ちきゅう てつひこ
知久 哲彦 2号館222号室 内線2706
研究室→P19

職名: 准教授・理学博士
専門分野: 統計力学, 相転移の理論, 数理論理学等

略歴: 1962年静岡県生まれ, 東京大学理学部物理学科卒業, 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, 2007年より現職

URL: <http://www0.info.kanagawa-u.ac.jp/detail/id9.html>
Mail: chikit01@kanagawa-u.ac.jp

 かとう けんいち
加藤 憲一 13号館203号室 内線2904
研究室→P15

職名: 准教授
専門分野: 応用確率論, OR

略歴: 東京工業大学大学院情報理工学研究科博士課程修了, 山形大学大学院VBL博士研究員, 電気通信大学大学院情報システム学研究科助教, 東京工業大学大学院情報理工学研究科助教を経て現職

URL: <http://www0.info.kanagawa-u.ac.jp/~kkatou>

 ちよう むねお
長 宗雄 13号館201号室 内線2902
研究室→P20

職名: 教授
専門分野: 数学・関数解析学

略歴: 新潟大学大学院修士課程修了, 1975年4月~1984年3月弘前大学理学部助手, 1984年4月~1996年3月上越教育大学講師・助教授, 1996年4月より現在神奈川大学教授, 1990年3月理学博士(東京都立大学)

Mail: chiyom01@kanagawa-u.ac.jp



ながさわ みち やす
長澤 倫康 2号館223号室 内線2707
研究室→P21

職 名: 教授・博士(理学)
専門分野: 宇宙論(初期宇宙, 素粒子論的宇宙論)

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), 神奈川大学理学部情報科学科助手, 同専任講師, 助教授, 准教授を経て現職
URL : <http://www0.info.kanagawa-u.ac.jp/~nagasawa/>



おぜき よし やす
小関 祥康 6号館104号室 内線2810

職 名: 特別助教・博士(数理学)
専門分野: 数論幾何

略歴: 2011年九州大学大学院数理学府数理学専攻博士後期課程修了, その後九州大学大学院博士研究員, 京都大学数理解析研究所非常勤研究員, 日本学術振興会特別研究員PD(京都大学)を経て, 2016年4月より現職
URL : <http://www.math-phys.kanagawa-u.ac.jp/~yozeki/>



なか た じょう じ
中田 穰治 2号館224号室 内線2708
研究室→P22

職 名: 教授・理学博士
専門分野: ナノサイエンス, 半導体, イオンビーム科学

略歴: 1974年東京大学理学部物理学専攻卒業, 同大学理学系研究科物理学専門課程修士修了(素粒子実験専攻), 日本電信電話公社入社, 東京大学より理学論文博士号取得, 1999年から神奈川大学理学部教授
URL : <http://www0.kanagawa-u.ac.jp/~jyojin/>



ほし の やす じ
星野 靖 6号館104号室 内線2809
研究室→P22

職 名: 特別助教・博士(理学)
専門分野: 表面科学, 量子ビーム科学

略歴: 1999年立命館大学理工学部数学物理学専攻卒業, 2001年同大学大学院理工学研究科物質理工学専攻博士前期課程修了, 2003年同大学大学院理工学研究科総合理工学専攻博士後期課程短縮修了, 日本学術振興会特別研究員(京都大学, パリ第6大学), 2007年立命館大学ポスドク研究員, 2008年より神奈川大学理学部情報科学科特別助手, 2011年4月より現職



ほり ぐち まさ ゆき
堀口 正之 13号館202号室 内線2903
研究室→P23

職 名: 教授・博士(理学)
専門分野: 計画数学(マルコフ決定過程)

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), 東京電機大学情報環境学部嘱託助手, 国立弓削商船高等専門学校総合教育科講師, 同准教授, 神奈川大学工学部准教授, 同理学部准教授を経て現職, 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「確率モデルとその応用」幹事
URL : <http://www.math-phys.kanagawa-u.ac.jp/~horiguchi>
Mail : horiguchi@kanagawa-u.ac.jp



あお き たかし
青木 孝 6号館104号室 内線2804

職 名: 教務技術職員
専門分野: 数値シミュレーション

略歴: 1980年茨城大学理学部物理学専攻卒業, 日立超LSIシステムズ, 神奈川ビジネス・カレッジ専任講師, 神奈川大学大学院修士課程理学研究科情報科学専攻を経て現職. 物理学実験I等の科目を担当している, n-MOSデバイスシミュレーションに関心がある. 情報処理学会, 日本応用数学会, 応用物理学会会員
Mail : u17aok@info.kanagawa-u.ac.jp



ほん ま まさ あき
本間 正明 13号館206号室 内線2907
研究室→P24

職 名: 教授・理学博士
専門分野: 代数幾何, 組合せ論

略歴: 1977年東京教育大学大学院理学研究科修士課程数学専攻修了, 1981年筑波大学大学院数学研究科博士課程修了, 1981年琉球大学理学部助手, 1989年琉球大学理学部助教授, 1990年山口大学教育学部教授, 1994年神奈川大学工学部教授, 2012年より現職
Mail : homma@kanagawa-u.ac.jp



ふじ わら たか いち
藤原 飛一 13号館103-1号室 内線2900

職 名: 教務技術職員
専門分野: 待ち行列理論

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



みず の とも ひさ
水野 智久 6号館213号室 内線2387
研究室→P25

職 名: 教授・工学博士
専門分野: 半導体物理/工学, ナノテクノロジー

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 : <http://www.info.kanagawa-u.ac.jp/~mizuno/index.html>

研究分野 公理的集合論

研究テーマ 無限集合の大きさ・組み合わせ論的な性質と、巨大基数公理

研究室構成員

阿部 吉弘 (教授)

研究内容

研究テーマに書かれている用語の意味と、それらの間のつながりを、大雑把に説明します。集合については、数や図形などの集まりだと思ってください。

無限集合

メンバーの個数が有限な数ではない集合のことです。すべての整数の集まり、すべ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、自然数は当然扱っていますが、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と思います。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

メンバーがいくつあるか数えようとしても、無理に決まっています。それでも、2つの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。すべての整数の集まりと、全ての奇数の集まりは同じ大きさですが、実数の集まりはそれらより大きくなっています。

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、二つの集合があったら、「少なくともどちらか一方のメンバーになっているものの全体も集合になる」は公理です。集合論が出来たころは、あまり公理ということに捉われず、伸び伸びと研究をしていたのですが、困ったこと(矛盾)が発見されて、もっときちんと理論を建設しないとイケない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。

巨大基数公理

長くなるので詳しい説明は省きますが、そんなものがあるとは(存在しないとも) ZFC では証明できない集合の存在を仮定するものです。

連続体問題

「実数の全体より小さく、整数全体の集合より大きい集合はあるだろうか?」と言うものです。1930年頃、「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。それから30年ぐらい経って、「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。巨大基数という集合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。

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(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、直感と反する結果も導きます(バナッハ-タルスキのパラドックス)。

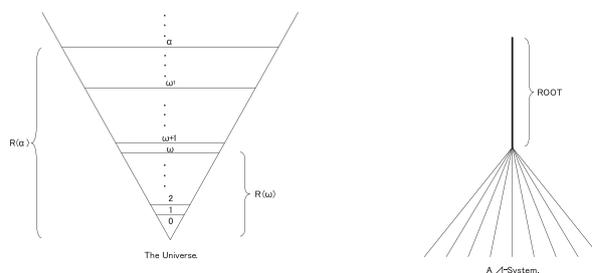
組み合わせ論

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の組に入っ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「ごちゃごちゃした」問題を扱う分野です。

集合の大きさ-巨大基数-組み合わせ論

たいていの巨大基数には組み合わせ論的な性質があります。逆に、ある種の組み合わせ論的な性質をもつ集合があると、何らかの巨大基数が存在することが示されます。また、巨大基数が存在すると、ある種の集合の大きさが決まってしまう、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、30年ぐらいもがいてきました。

下の左の図は、集合全体(Universe)のイメージです。右の図は、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 Π_1^1 indescribability in $P_{\kappa \lambda}$, Archiv Math. Logic 37 (1998).

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

研究分野 代数的整数論

研究テーマ 数論的有限和、ベキ剰余記号、保型関数

研究室構成員

伊藤 博(教授)

研究内容

当研究室の研究分野は代数的整数論で、特にベキ剰余の理論と保型関数論に関心を持っています。より具体的な研究対象はこのような理論との関連で現れる色々な和で、19世紀に研究され始めたものですが1980年頃に新たな展開がありました。研究を通して整数の豊かな世界に対する私たちの知見が少しでも深まればと思っています。

具体的な研究テーマ

1. ガウス和とベキ剰余記号

19世紀初頭にガウスにより平方剰余の研究がなされ、その中で相互法則の証明ということがありました。いま、 p を2でない素数とし、 p で割り切れない整数 a に対して合同式 $x^2 \equiv a \pmod{p}$ が整数解をもつとき、 a は法 p の平方剰余であるといい、 $(a/p) = 1$ とかきます。そうでないときは、 a は法 p の平方非剰余であるといい、 $(a/p) = -1$ とかきます。 p, q を2でない相異なる素数とすると、

$$\left(\frac{p}{q}\right) \left(\frac{q}{p}\right) = (-1)^{(p-1)(q-1)/4}$$

が成り立つというのが、平方剰余の相互法則です。この性質をはじめとする平方剰余の種々の性質を調べるために、いわゆるガウス和

$$\tau_2(p) = \sum_{a=1}^{p-1} \left(\frac{a}{p}\right) e^{2\pi i a/p}$$

を研究することが役に立ちます。ガウスは1811年に出版された論文で、

$$\tau_2(p) = \prod_{\substack{s=1 \\ s: \text{奇数}}}^{p-1} \left(2i \sin \frac{2\pi s}{p}\right) \quad (1)$$

を示し、これから、

$$\tau_2(p) = \begin{cases} \sqrt{p}, & p \equiv 1 \pmod{4}, \\ i\sqrt{p}, & p \equiv 3 \pmod{4}. \end{cases} \quad (2)$$

を導きました。これは深い事実で、例えば、 $p \equiv 3 \pmod{4}$ なる素数 p については $\{1, 2, \dots, (p-1)/2\}$ の中に $\{(p+1)/2, \dots, p-2, p-1\}$ の中よりも多くの平方剰余が含まれるという事実も、(2)を利用して導かれることです。

平方剰余記号やガウス和は、3以上の整数 n に対する n 乗剰余記号や n 次ガウス和に拡張されて種々の研究がなされてきました。その中の1つの流れとして、(1)を3次のガウス和に対して一般化しようというのがあり、2種類の予想が提出されました。1つは Cassels(1970)によるもので三角関数の代わりに楕円関数を用いるもの、もう1つは Loxton(1970)によるもので、指数関数を利用した三角関数の一般化を用いるものです。前者は Matthews(1979)により、後者は伊藤(J. reine. angew. Math., 1989)により肯定的に解決されました。そこで次に、これらの結果を利用して(2)に対応することを3次ガウス和に対して得ることが問題となります。これについては最近何とか満足の行く結果が得られて、一部を発表し(Acta Arith., 2012)、残りを現在まとめている所です。

今後の研究としては、この結果の帰結の検討と4次以上のガウス和への一般化などがあります。

2. デデキント和と保型関数

デデキントは19世紀中頃に、

$$\eta(z) = e^{\pi iz/12} \prod_{n=1}^{\infty} (1 - e^{2\pi inz}) \quad (\text{Im}(z) > 0) \quad (3)$$

の $SL_2(\mathbb{Z}) = \{A; A \text{ は整数を成分とする } (2, 2) \text{ 行列で行列式の値が } 1 \text{ に等しい}\}$ の作用の下での変換公式を研究する中で、いわゆるデデキント和

$$s(a, c) = \frac{1}{c} \sum_{r=1}^{|c|-1} \cot\left(\frac{\pi ar}{c}\right) \cot\left(\frac{\pi r}{c}\right)$$

を導入しました(a, c は互いに素な整数で $c \neq 0$)。関数 $\eta(z)$ は保型関数と呼ばれるタイプの関数で、例えばその特殊値によって虚2次体の類体が生成されるなど、整数論において非常に重要な役割を演ずる関数です。したがって、 $\eta(z)$ の変換公式を記述する和 $s(a, c)$ も豊富な内容を持っており、例えば次のような事実があります。

(ア) 相互法則: 互いに素な整数 a, c ($ac \neq 0$) に対して、

$$s(a, c) + s(c, a) = \frac{1}{3} \left(\frac{a}{c} + \frac{1}{ac} + \frac{c}{a} \right) - \frac{ac}{|ac|}$$

(イ) 平方剰余記号との関係: さらに c が奇数であるとき、

$$cs(a, c) \equiv 2 \left(\frac{a}{c}\right) - |c| - 1 \pmod{8}$$

(ウ) L-関数の値との関係: 実2次体のある種のL-関数の値は $s(a, c)$ によって表示できる。

R.Sczech は、(3)の自然な拡張と見れる和 $D(a, c)$ を虚2次体の整数 a, c に対して楕円関数を利用して定義し、この和の相互法則を示しました(1984)。この結果から、 $s(a, c)$ に対する $\eta(z)$ のような良い関数が Sczech の和 $D(a, c)$ についても存在するのではないか?とか、 $D(a, c)$ についても上の(イ)、(ウ)に類似した事実があるのではないかと種々の疑問が生じた。これらの問題は現在までに一応は解決されています(伊藤, J. reine angew. Math., 1987 や J.Math. Soc. Japan, 1991)が、その解決の過程でまた新たな問題が現れてきて現在も研究中です。代表的な問題は以下の通りです。

- ・デデキント和と平方剰余記号が関係する根本的な理由は何か?
- ・ $D(a, c)$ と3次・4次剰余記号との関係の有無について。
- ・ $D(a, c)$ を利用して定義されるある準同型写像に関連したいくつかの問題。

主要著書/論文

- [1] An application of a product formula for the cubic Gauss sum, J.Number Theory 135 (2014), 139-150
- [2] A density result for elliptic Dedekind sums, Acta Arith. 112 (2004), 199-208
- [3] Dedekind sums and quadratic residue symbols of imaginary quadratic fields, J. Math. Soc. Japan 43(1991), 447-456

研究分野 宇宙物理学, 素粒子論的宇宙論

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レック・ダイン場として知られる。このアフレック・ダイン機構では、インフレーション中にアフレック・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、アフレック・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である。

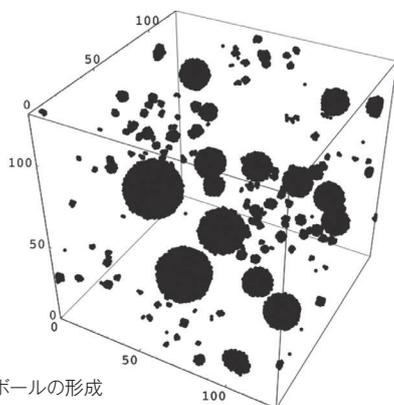


図. Qボールの形成

その結果、当初アフレック・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、暗黒物質の有効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、アフレック・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。

主要著書/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).
- ◇ Baryogenesis from the gauge-mediation type Q ball and the new type of Q ball as the dark matter, S.Kasuya & M.Kawasaki, Phys.Rev.D 89, 103534 (2014).

研究分野 応用確率論, 待ち行列理論, オペレーションズ・リサーチ

研究テーマ サービス施設の確率モデル化と解析, マルコフ連鎖の漸近的性質の解析

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おして現実的な問題の解決が期待できます。例えば、一般の店舗や情報通信網など、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確定（ランダム）とみなせる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]。

(1) サービス施設の確率モデル化と解析

自動車道では工事などの要因で一部区間を片側通行規制とすると、規制区間では上下線の信号を一定の規則に基づいて切り替えます。その際に上下線で待たされる車の待ち時間が少なくなるように効果的な信号の切り替え規則をとる必要があります。常識的には、上下線の交通量が非対称の場合は交通量の多いほうにより多くの時間を割り当てることが効果的な規則と予想されますが、数理的な枠組みでこれを明らかにできるでしょうか？上下線の通行量や車が規制区間の通行に要する時間が確率的であるとき、この問題は交互通行モデルと呼ばれる確率モデルとして扱うことができます。

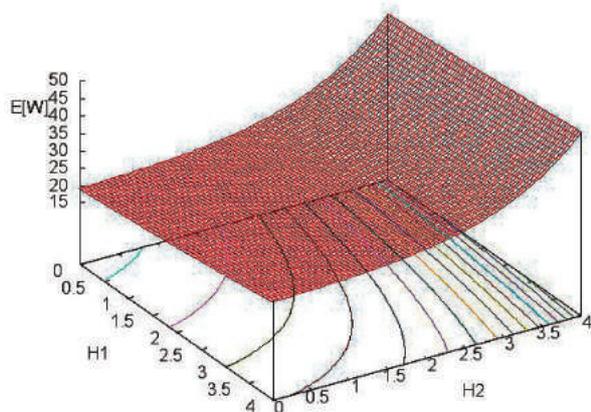


図1. 上下線保留時間に対する車の平均待ち時間

交互通行モデルをマルコフ連鎖の枠組みでモデル化し、上下線の車の台数の確率分布を導出しました。

これにより、信号切り替え規則による車の待ち時間の変化などを定量的に評価することが可能となりました。図1は上下線の信号切り替えの留保時間をx,y軸にとったときの車の平均待ち時間のグラフです。

(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

(1)のように、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。

ここ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ます。このネットワークの客数確率は、定常性を仮定すると平衡方程式の解として与えられます。しかしノード数が2程度であっても、境界条件等の複雑さからこれを解くことは困難です。このようなシステムに対する漸近的解析とは、客が存在する条件の下では、マルコフ連鎖の推移が斉次性を持つことを利用して、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する、といった研究のことです。漸近的性質の知見は対象の確率的振る舞いを直接記述するものではありませんが、ひとつのシステム指標として有益な知見となることが知られています[2]。

参考文献

- [1] 『混雑と待ち』, 高橋幸雄, 朝倉書店.
- [2] Upper bound for the decay rate of the joint queue-length distribution in a two-node Markovian queueing system, Ken'ichi Katou, Yukio Takahashi, Naoki, Makimoto, Queueing Systems, Vol. 58, pp.161-189, 2.

研究分野 計算物理学, 原子核理論

研究テーマ 複雑系シミュレーション, 分散計算環境, 原子核反応理論

研究室構成員

川東 健 (准教授)

研究内容

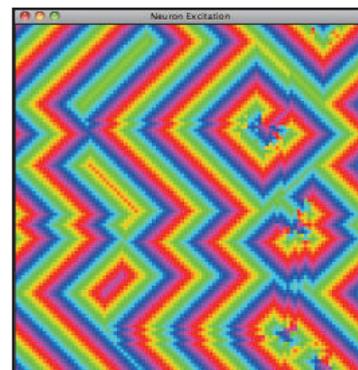
川東研究室では、広くシミュレーション・計算物理学および関連する情報科学技術分野での研究を行っています。テーマとしては、諸々の自然現象・社会現象の複雑系シミュレーションや大規模計算、Java言語やC++言語などのオブジェクト指向プログラミング言語を用いたシミュレーションや大規模計算のためのフレームワーク作り、Webサービス・P2P・グリッド等、様々なネットワーク技術に基づく分散計算環境の構築など、さまざまなものを考えています。さらにこれらを応用して生物科学・気象学・宇宙科学等様々な分野にチャレンジしていきます。

過去の卒業研究では、気象学・遺伝学・ニューラルネットワーク・交通渋滞・伝染病・天体物理等様々な分野でというテーマでシミュレーションプログラムを作成し数理モデルの構築の習得を目指してきました。またJava言語・XML・ネットワークなどの最新の技術を応用も併せて習得してきました。

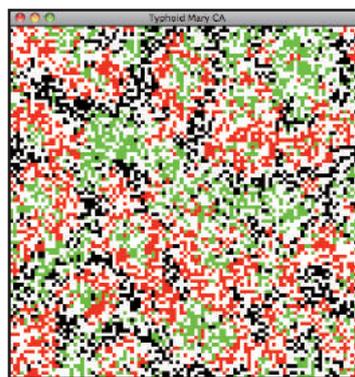
現在は、複雑系シミュレーション・アプリケーションを簡単に作成できるJava言語用フレームワーク（クラス・ライブラリ）を開発中であり、将来的にはインターネット上の科学計算ライブラリのような役割を果たせるJava言語用の科学計算フレームワークセンターの構築を構想しています。



ライフ・ゲーム



ニューロンの興奮



森林火災



伝染病の感染

主要著書／論文

Excitation of spin-isospin modes in the quasifree scattering region,
Non-Orthogonality Problem in Continuum RPA Studied by Orthogonality
Condition, Momentum Dependence of the Nuclear Isovector Spin Responses
from(p,n) Reactions at 494MeV.

研究分野 物性物理学

研究テーマ ボース・アインシュタイン凝縮, 超流動, 超伝導

研究室構成員

木村 敬 (教授)

研究内容

当研究室では、ボース・アインシュタイン凝縮、およびそれに関連した超流動（荷電粒子の場合は超伝導に対応）を中心とした物性物理学における理論解析をメインテーマとしています。

具体的な研究テーマ

1. 冷却中性原子気体

1995年に実現されたトラップ中の中性原子気体のボース・アインシュタイン凝縮（超流動）は、そのわずか6年後にノーベル賞が与えられるなど、特に欧米を中心として急速に進展する一大分野になっています。最近ではレーザー光によるポテンシャルを用いた疑似的な結晶格子もつくられるようになってきており、多体問題のモデル実験の舞台としても注目されています。固体電子系では困難な実験パラメータの制御も、格子をレーザーで作成するため自在に行うことができます。また、Feshbach共鳴技術を用いれば、原子間の相互作用さえ変えることができ、実際に頻繁に行われています。当研究室では以下のような研究を行っています。

(a) ボース凝縮体の集団運動

ボース凝縮体の閉じ込めポテンシャルに時間的・空間的な変調を与えることにより、ボース凝縮体の集団励起が見られています。振動数と法則を応用した我々の振動周波数の解析は、実験結果をよく説明しています (J. Phys. Soc. Jpn.68, 1477 (1998))。

(b) 光格子中のスピン $S=1$ 超流動-モット絶縁体転移

強く斥力相互作用する原子を1格子点当たり整数個置くと、原子はその斥力のために隣接格子点に動くことができず絶縁体（モット絶縁体）となります。この状態で化学ポテンシャルを動かすと、ある境界値から粒子の密度が整数からずれて超流動状態となります。これが超流動-モット絶縁体転移です。この相転移は、ハバード模型と呼ばれる、隣接格子点間の粒子の飛び移りと、同一格子点上に複数の粒子が来た際の斥力相互作用を含む有効模型によって記述されます。我々は特にボース粒子が量子力学的スピン $S=1$ を持つ場合に、 $S=0$ の系とは異なり、その基底状態相転移（量子相転移）が相境界の一部で、通常の二次相転移ではなく、一次相転移になり得ることを示しました（主要論文1）。我々の解析は変分波動関数を用いた近似的なものでしたが、最近数値シミュレーションにより我々の予言の正しさが確認されました。この系に限らず一次転移が生じるための条件が、どう一般的に理解できるかが興味深い課題です。 $S=1$ の系については、最近強結合展開法によって、超流動-モット絶縁体相境界をより正確に定めることに成功しています（主要論文

2）。ただし、この計算は2次相転移を仮定するものなので、前出の計算と相補的なものになっていると言えます。

(c) 隣接格子点間相互作用がある場合の光格子中の超固体相

超固体相とは文字通り固体であり、かつ超流動性を示す相のことです。一見矛盾しますが、固体=粒子密度に周期性があること（専門用語では状態に「対角的な長距離秩序」があること）、超流動=超流動成分を有すること（専門用語では状態に「非対角的な長距離秩序」があること）は、原理的には両立可能です。木村は、前出のハバード模型に隣接相互作用を含んだ模型をGutzwiller近似で考察しました（主要論文3）。実は従来この模型では低次元系での数値シミュレーションから、超固体相の存在には否定的な見解が多く示されていました。しかし木村は、従来シミュレーションでよく調べられていたところとは異なるパラメータ領域を調べれば、超固体相が得られる可能性を指摘しました。その後の東京大学のグループの数値シミュレーションで、木村の結果を意識した計算が実施され、超固体相が確認されています。

2. 超伝導

超伝導は物性物理学の最重要テーマの一つであり、本研究室でも取り組んで来ました。例えば、高い転移温度を持つ格子構造の提案もその一つです。銅酸化物高温超伝導体がなぜ高い超伝導転移温度を持つのかは未解明の問題ですが、我々はどうのような格子構造を持つ系が高い転移温度を持つのかをいわゆる揺らぎ交換近似を用いて探索しました（例えばPhys. Rev. B 66, 132508(2002)）。我々は非連結なフェルミ面がネステイングし、反強磁性相関で強く結ばれるとき転移温度が高くなるということを示しました。しかしながら、より一般にどのような化合物を用意すれば超伝導に有利なフェルミ面が得られるのかが未解決の課題として残っています。

主要著書/論文

- 1) Takashi Kimura, Shunji Tsuchiya, and Susumu Kurihara, Possibility of a first-order superfluid-Mott insulator Transition of spinor bosons in an optical lattice (Physical Review Letters, vol. 94, 110403, 2005).
- 2) Takashi Kimura, Strong-coupling expansion for the spin-1 Bose-Hubbard model (Physical Review A, vol. 87, 043624 2013).
- 3) Takashi Kimura, Gutzwiller study of extended Hubbard models with fixed boson densities (Physical Review A, vol. 84, 063630, 2011).

研究分野 集合論的位相幾何(Set-theoretic Topology)

研究テーマ Selective separabilityとその周辺, Scheepers 予想, Pixley-Royの超空間

研究室構成員

酒井 政美(教授)

研究内容

数学では集合の上に色々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(足し算や掛け算)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となります。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となります。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入っています。これらの代数的構造、順序構造、距離構造などを利用して、対象とする実数の集合を色々な方向から研究することができるようになります。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(トポロジー)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を与えられ、これを用いて点や集合同士の近さや点と点と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、色々な位相的性質(量的な性質ではなく、近さやつながり具合に関する性質)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「連続関数の最大値・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証明をするととても見通し良く簡単に証明ができます。また、実数直線は1次元、平面は2次元とか言いますが、この次元の概念も位相構造をもとに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基本的な構造です。

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な命題(例えば、連続体仮説)と関係が出てきたりすることがあります。場合によっては考えている位相的な性質が集合論的な命題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色々調べるのが研究分野の“集合論的位相幾何”です。実際、実数直線においてさえ、色々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。

具体的な研究テーマ

1. Selective separabilityに関する問題

Bella et al.の問題“selective separabilityは2つの積で保

存されるか?(2008)”については、連続体仮説などを仮定していくつかの反例が構成されていますが、通常集合論の公理系ZFCの中では反例は知られていません。Pixley-Royの超空間を利用して、この問題の反例がZFCの中で構成できるのではないかと考えています。この他にもselective separabilityとその周辺に関する未解決問題が色々残されているので、そのあたりも同時に考えています。

2. Scheepers予想

これは関数列のquasi-normal convergenceという各点収束より少し強い収束性に関するある性質と、開被覆に関するある性質とが同値ではないかという微妙な予想です。この予想はある集合論のモデルの中では正しいことが分かっていますが、予想が成立しないモデルは今のところ知られていませんので、ZFCの中で成立する可能性はあります。この予想は本質的には実数の部分集合を調べればよいことが分かっています。この予想も折にふれて考えています。

3. Pixley-Royの超空間に関する問題

Pixley-Royの超空間はもともと位相空間の距離化可能性に関係して色々研究されてきた空間ですが、上の1で少し述べたようにselective separabilityの研究に応用ができることが分かっています。このような観点から、Pixley-Royの超空間の位相的性質をあらためて調べることによりいろいろな未解決問題の反例として使えるのではないかと考えています。

主要著書/論文

1. The Frechet-Urysohn property of Pixley-Roy hyperspaces, *Topology Appl.* 159 (2012) 308-314.
2. Selective separability and its variations, (共著者 G. Gruenhagen) *Topology Appl.* 158(2011) 1352-1359.
3. On k -networks and weak bases for spaces, *Topology Appl.* 157 (2010) 2383-2388.
4. Mizokami and Lin's conjecture on σ -CF* pseudo-base, *Topology Appl.* 157 (2010) 152-156.
5. The Ramsey property for $C_p(X)$, *Acta Math. Hungar.* 128 (2010) 96-105.

研究分野 統計力学、相転移の理論

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をいう。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がいか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が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、敵対的關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の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マイ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。

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)

研究分野 数学, 関数解析学, 作用素論

研究テーマ ヒルベルト空間およびバナッハ空間上の有界線形作用素とそのスペクトルについての研究

研究室構成員

長 宗雄 (教授)

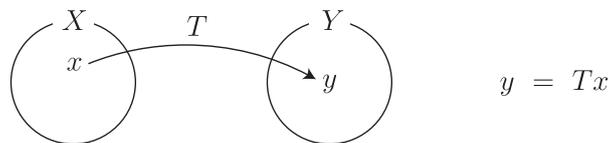
研究内容

「ヒルベルト空間」とはドイツの数学者ヒルベルト (1862–1943) が積分方程式の解法のために考え出し、2次元平面や3次元空間の概念を一般化したベクトル空間に「内積」があり、これにより定まる距離によって「完備」となっている「空間」のことです。プタペストに生まれ、ゲッチンゲン大学でヒルベルトに学んだフォン・ノイマン (1903–1957) はヒルベルト空間に基づき「量子力学の数学的基礎」という本を出版し、量子力学に方向性を与え、物理学にも多大な貢献をしましたが、その重要性からこの空間を「ヒルベルト空間」と命名したそうです。私の専門分野である「関数解析学」はこの時に始まったと言えます。現在では、この空間は情報理論やデジタル信号処理において欠かせない数学的基盤となっています。

「バナッハ空間」とはポーランドの数学者バナッハ (1892–1945) が関数族の研究から考え出した空間です。内積は持たないけれども、「ノルム」と呼ばれる距離が導入できるベクトル空間で、この距離によって完備な空間を「バナッハ空間」と呼びます。ヒルベルト空間とバナッハ空間は、共に関数解析学において重要な空間です。



次に「作用素」ですが、二つのベクトル空間 X と Y の間にある対応 T のことを「作用素」と呼び、



特に、 $T(ax_1 + bx_2) = aTx_1 + bTx_2$ を満たすときに「線形作用素」と呼びます。例えば、 $Tx = \int x(t)dt$ とすれば、この作用素 T は線形作用素です。従って、「微分」や「積分」は「線形作用素」ととらえることができますが、なんと言っても一番身近な線形作用素は「行列」です。行列の特性値のことを「スペクトル」と呼びます。作用素のスペクトルを分析することによって、作用素の姿をとらえることができます。また、逆にスペクトルによって作用素を調べることもできます。このように「ヒルベルト空間」または「バナッハ空間」を置き、その上の「有界線形作用素」について「スペクトル」などの特長を調べ「作用素の特性化」などの研究を行っています。

主要著書／論文

- [1] Invertible weighted shift operators which are m -isometries, Proc. Amer. Math. Soc. 141 (2013), 4241-4247 (共著者: 太田昇一, 棚橋浩太郎)
- [2] Bishop's property (β) and an elementary operator, Hokkaido Math. J. 40 (2011), 337-356 (共著者: S.V. Djordjevic, B.P. Duggal)
- [3] Polaroid type operators under quasi-affinities, J. Math. Anal. Appl. 371 (2010), 485-495 (共著者: P. Aiena, M. Gonzalez)
- [4] Characterizations of p -hyponormal and weak hyponormal weighted composition operators, Acta Sci. Math. (Szeged) 76 (2010), 173-181 (共著者: 山崎文明)
- [5] A remark on numerical range of semi-hyponormal operators, LMLA, 58 (2010), 711-714 (共著者: 古谷 正)
- [6] Determinants of characteristic functions of p -hyponormal operators, Proc. Royal Irish Acad. A 109 (2009), 137-146 (共著者: 古谷 正)
- [7] Xia spectrum for some class of operators, Integr. Equat. Operator Theory, 61 (2008), 159-161 (共著者: 古谷 正, 棚橋浩太郎)
- [8] Relations between principal functions of p -hyponormal operators, J. Math. Soc. Japan, 57 (2005), 605-618 (共著者: 古谷 正)
- [9] Trace formulae for p -hyponormal operators, Studia Math., 161 (2004), 1-18 (共著者: 古谷 正)
- [10] Putnam's inequality for p -hyponormal operators, Proc. Amer. Math. Soc., 123 (1995), 2435-2440 (共著者: 伊藤益生)

長澤倫康研究室

研究室 6号館227号室 (内線2849)

教員室 2号館223号室 (内線2707)

<http://www0.info.kanagawa-u.ac.jp/~nagasawa/>

研究分野 宇宙論, 宇宙物理学, 天文学

研究テーマ 天体運行や宇宙進化, 相転移, 構造形成の数値シミュレーション, 銀河, 超新星, 恒星, 惑星, 彗星, 流星, 地球, 太陽系, 暗黒物質, ブラックホール, 時間の相対性, 素粒子論, 量子論, その他物理一般, 宇宙と生命

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。宇宙とは時間と空間のことであり、これらの対象を科学的に扱えるようになったのは一般相対性理論が確立されてからです。そこで、狭い意味での宇宙論そのものや天文学をはじめ広く宇宙に関係する課題の他に、相対論を含む自然科学一般の諸問題にも取り組んでいます。

研究室の主宰者は主に初期宇宙に興味を持っており、素粒子論の宇宙論と呼ばれる分野に携わっています。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のが素粒子論の宇宙論です。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、及びその後の進化の研究に取り組んでおり、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の、宇宙論的に未解決な諸問題への寄与を明らかにすることを目指しています。

大学院では、計算機を利用した数値シミュレーションの手法を用いて、星や銀河などの宇宙構造形成シナリオを構築しようとしています。インフレーションによって引き伸ばされた量子ゆらぎなどを起源とする密度ゆらぎの種が、重力不安定性によって成長した結果生み出されたのが、現在の宇宙の構造です。源となるゆらぎの性質は観測事実と理論予測からある程度わかっており、その後の進化によって形成されるであろう宇宙構造と実際の観測結果を比較することにより、元々の密度ゆらぎの詳細が明らかになります。こうして、宇宙初期に用意されるべきゆらぎの必要条件が決定できれば、そのような条件を満たす宇宙モデルこそが、正しく我々の宇宙を記述できるということがわかります。重力不安定性によるゆらぎの成長は非線形の微分方程式に従っており、一般には解析的に答えを求めることができません。そこで数値シミュレーションに頼ることになり、図はその計算結果の一例です。自己重力によって物質が凝集していく様子が観察できます。この計算はまだ初期段階ですが、分解能を上げて統計を増やすことにより、宇宙モデルへの制限を与えられよう、発展させることができます。

学部の卒業研究では、天文および宇宙、さらには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みます。過去のテーマは、宇宙初期における相転移の確率過程による分析、宇宙進化そのものや宇宙における密度ゆらぎ成長の数値計算、そのゆらぎによる原始ブラックホール生成、暗黒エネルギーと宇宙年齢の関係、オルバースのパラドックスなど宇宙論の課題、太陽が進化するなどして太陽系の条件が現在と異なる場合や近隣の超新星爆発による地球環境への影響、光学的に観測できない天体や暗黒物質などの重力による検知法、彗星や惑星など太陽系内天体の軌道計算、惑星と準惑星の相違、降着円盤やスターバーストなどブラックホールがらみの現象など宇宙物理学、天文学関連の課題、オーロラ、地球外文明の存在可能性など宇宙関連の周辺課題である地球惑星科学や宇宙生物学、重力レンズ効果、ブラックホール時空での粒子の軌道、ブラックホール熱力学、時間の相対性、時間的閉曲線がある際の因果律の破れといった相対性理論に関わる課題、そしてさらには、ニュートリノ、モノポール、多世界解釈など素粒子論や量子力学にまでわたる

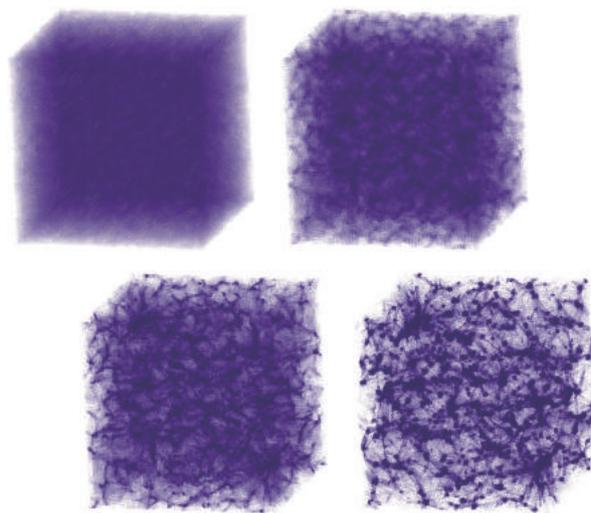


図 点粒子で表した宇宙の物質密度分布が粒子間に働く重力によって成長していく過程 (2008年度長澤研究室修士論文「N体計算による初代天体形成シミュレーション」小島幸也より)

広範囲の物理学全般でした。

主要著書/論文

Cosmological Defect and High Energy Experiments (IJMP A22, 5785, 2007)

Cosmological Symmetry Breaking and Generation of Electromagnetic Field (SIGMA 6, 053, 2010)

研究分野 ナノサイエンス、ダイヤモンド半導体

研究テーマ イオンビーム照射を利用したカーボン系材料(ダイヤモンド半導体、カーボンナノチューブ等)の高機能化の研究

研究室構成員

中田 穰治(教授)

星野 靖 (特別助教)

斎藤 保直(非常勤講師)

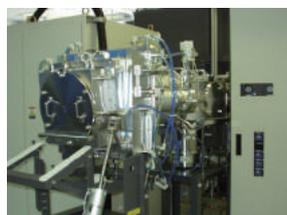
研究内容

1. ダイヤモンド半導体

MeV級高エネルギー重イオン照射により非晶質層が低温で単結晶化する技術を用い、電子材料用ダイヤモンド半導体のデバイス化に取り組む。イオン注入によるダイヤモンドへのドーパント導入とその後の結晶回復を高エネルギー重イオン照射で行う、すべて非熱平衡過程を利用した低温プロセスで、世界中で40年以上達成されていないイオン注入ダイヤモンド導電層のN型化を目指している。

2005~2006年の間に文部科学省から助成金を受け、多目的中電流イオン注入装置、ホール効果測定装置等の大型設備を完備した。(下図の中電流型イオン注入装置の写真参照)

このイオン注入装置の仕様は研究用としては日本で最上位



照射部



制御部

5~200 keVのエネルギー範囲で各種イオンを加速し、ターゲット試料温度を-200℃~1000℃まで制御してイオン照射が可能
中電流型イオン注入装置

にランクされる性能を持ち、他の追随を許さない機能を持っている。具体的には将来デバイスとして、Si LSIが機能しない過酷な環境下(耐高温性、耐放射線性)でも動作するワイドギャップ半導体の代表格であるダイヤモンドの電

子デバイス化を目指している。ダイヤモンド半導体の場合、特にイオン注入で導入したN型不純物(P等)を活性化する方法として、MeV級の高エネルギーイオンビーム照射によりアニールを行う。これら全て非熱平衡過程を利用したプロセスにより、世界で40年以上研究されながら未だ達成出来ていないイオン注入ダイヤモンドのN型化を狙う。

2. カーボンナノチューブ (CNT)

CNTを高度に制御して作製する方法を目指した研究を行っている。具体的にはイオン注入装置を利用してCNT成長の種となる触媒金属を制御性よく各種基板上に形成する。即ち、イオン注入照射量、照射レート、注入中温度等を制御しながら、触媒金属を基板に注入する。形成された触媒金属を種に、マイクロ波プラズマCVD法、熱CVD法等によりCNTを成長させる。その時、CNTのカイラリティー(グラフェンシートの巻き方、或いは螺旋度)を制御した形で成長させる。これにより、カイラリティーにより決定される半導体、金属という性質を持ったCNTを選択的に成長させる。従来世界中でCNT成長の研究が非常に多くの人達によって行なわれているが、カイラリティーまで制御された形で効率よくCNTを成長させる技術は開発されていない。これが達成された後に、現在のSi LSIプロセスにとって代わる、半導体CNTを利用した新しい縦型MOSデバイス構造とプロセスを提案している。

3. MeV級イオンビームによる各種分析法

RBS (Rutherford Backscattering Spectroscopy)チャネリング法、核反応法、PIXE (Proton Induced X-ray-Emission)法等のMeV級の軽イオンビーム(陽子やヘリウム等)を手段とする微量分析法の高分解能、高感度化技術に取り組んでいる。これらの分析手法及びMeV級イオンビーム照射は固体物理、化学、生物学は勿論、電気工学、機械工学等の理工学の広い分野で利用され、さらに医学、考古学等にも応用可能なパワフルな手法である。

主要著書/論文

Mechanism of low-temperature ($\leq 300^\circ\text{C}$) crystallization and amorphization for the amorphous Si layer on the crystalline Si substrate by high energy heavy-ion beam irradiation (Phys. Rev. B43 14643, 1991)

Annealing of ion-implanted defects in diamond by MeV ion-beam irradiation (Phys. Rev. B60, 2747, 1999)

Growth of single-walled carbon nanotubes from hot-implantation-formed catalytic Fe nanoparticles assisted by microwave plasma (Appl. Surf. Sci. 258 (2012) 2982.)

研究分野 マルコフ決定過程、計画数学、統計数学

研究テーマ マルコフ決定過程における制約条件付き問題、凸解析的手法、最適停止問題、統計的決定理論、及び統計的品質管理、ファジィクラスティングなど応用手法の研究

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、凸解析などを持ち、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
- ・品質管理など実際問題への応用
- ・数理計画における統計的手法、ファジィクラスティング
- ・算数数学教育、統計教育、ORの教育数学など、

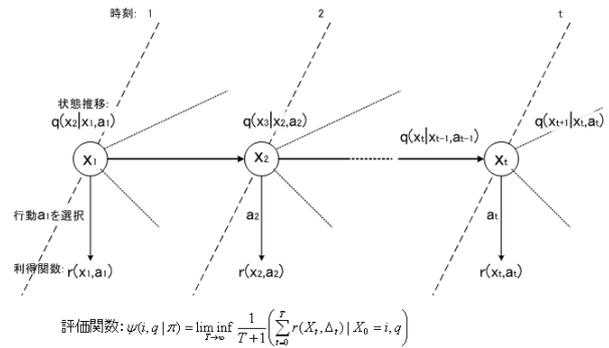


図: Markov Decision Processの一例

主要著書/論文

- 1) M. Horiguchi and A.B. Piunovskiy "Optimal stopping model with unknown transition probabilities". Control and Cybernetics, 42(3), 2013, 593-612.
- 2) 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(2012), 774-793.
- 3) T. Iki, M. Horiguchi, M. Kurano. "A structured pattern matrix algorithm for multichain Markov decision processes", Mathematical Methods of Operations Research, 66(2007), 545-555.
- 4) T. Iki, M. Horiguchi, M. Yasuda, M. Kurano "A learning algorithm for communicating Markov decision processes with unknown transition matrices", Bulletin of Information and Cybernetics. 39 (2007), 11-24.
- 5) M. Horiguchi. "Stopped Markov decision processes with multiple constraints" Mathematical Methods of Operations Research, 54 (2001)455 - 469.
- 6) 佐々木稔、堀口正之、「区間ベイズ手法による不適合品の事前検出」, RIMS講究録1734, 2011, pp.156-163
- 7) 岩村覚三、堀口正之、堀池真琴、「ダイナミックプログラミングを用いたファジィメトリッククラスティング」, RIMS講究録1630, 2009, pp.77-88

研究分野 代数幾何学, 組合せ論

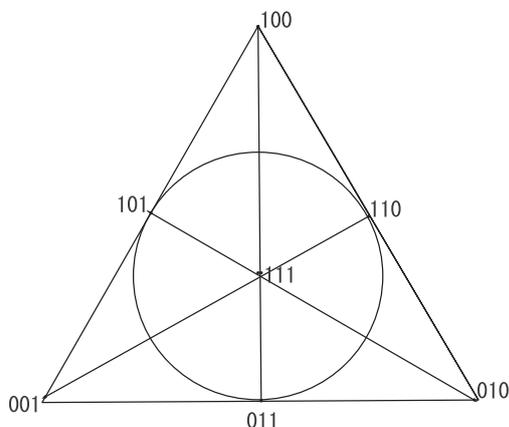
研究テーマ 正標数体上の代数曲線, 有限体上の幾何と数論, 誤り訂正符号

研究室構成員

本間 正明 (教授)

研究内容

専門家でなくとも、この研究室でどのようなことが行われているのかをせめて雰囲気だけでもつかんで頂けるよう、「有限体上の代数幾何」について、最も簡単な状況に限って具体的な話を述べたい。有限体とは有限個の元からなる四則演算で閉じた“数”の体系であり、その元の個数は素数個あるいはその冪である。従って最も簡単なものは2個の元からなるものであり、四則演算で閉じているのだから、そのうちの一つは“0”に相当するもの、もう一つは“1”に相当するものである。それらを $\{0, 1\}$ とする。演算は通常の数と同様に定めれば良い。ただし、 $1 + 1 = 0$ とする。以下、この数の上に図のような座標空間を考える。常識に従って座標を X, Y, Z とする。ここで、 $Z = 1$ なる座標を持つ4点が通常の“座標平面”の対応物であり、 $Z = 0$ なる座標を持つ3点は“無限遠”にある点である。



図の直線や円の上の座標を打った点以外は我々の考えている点ではない。これらの線はその上の点が“一直線上”にあることを示している。実際、円で表された線上の点は $X + Y + Z = 0$ を満たすような点である。したがって、この世界では“直線”は7本しかない。図を見れば分かるように“無限遠”の点を付け加えたことにより、二つの“直線”は必ず1点で交わり、通常の“座標平面”だけを考えるより平等化された世界になっている。

この世界で、 X, Y, Z の(代数)方程式で定められた“図形”が「有限体上の代数幾何」での対象である。ただし、種々の事情により考える方程式は各単項式の次数が揃っているものだけを考える。例えば $YZ + X^2 = 0$ はこの幾何の対象

であるが、 $Y + X^2 = 0$ はそうではない。また、 $XY + X^2 = 0$ のように因数分解されてしまうものは、それぞれの因子に対応する図形を考えれば良いので、そうでない、既約なものだけを考える。また、 $Y^2 + YX + X^2 = 0$ のように、この数の体系の中では因数分解されないが、 $\lambda^2 + \lambda + 1 = 0$ の解を数の体系に付け加えることにより因数分解できてしまうものも考慮の対象外とする。このように、考えている有限体を広げても、なお既約であるものを絶対既約であるという。このような状況で、例えば次のような問題は当研究室で賞味できる問題である。

絶対既約な次数 d の方程式で、これら7点すべてを通るものが存在するような最小の d はいくつだろうか? (答えは4.)

絶対既約な次数 d の方程式で、これら7点を全く通らないものが存在するような最小の d はいくつだろうか? (答えは、やっぱり4.)

主要著書/論文

- (with S. J. Kim) The complete determination of the minimum distance of two-point codes on a Hermitian curve, *Designs, Codes and Cryptography*, **40**(2006) 5-24
- (with S. J. Kim and J. Komeda) A semigroup at a pair of Weierstrass points on a cyclic 4 gonal curve and a bielliptic curve, *J. Algebra*, **305**(2006) 1-17
- (with S. J. Kim) The second generalized Hamming weight for two-point codes on a Hermitian curve, *Designs, Codes and Cryptography*, **50**(2009) 1-40
- (with S. J. Kim) Sziklai's conjecture on the number of points of a plane curve over a finite field III, *Finite Fields and Their Applications* **16**(2010) 315-319
- (with S. J. Kim) Toward determination of optimal plane curves with a fixed degree over a finite field, *Finite Fields and Their Applications* **17**(2011) 240-253
- (with S. J. Kim) The uniqueness of a plane curve of degree q attaining Sziklai's bound over F_q , *Finite Fields and Their Applications* **18** (2012) 567-580
- Numbers of points of hypersurfaces without lines over finite fields, *Contemporary Mathematics* **632** (2015) 151-156

研究分野 半導体物理/工学・ナノテクノロジー

研究テーマ 究極の超微細/高速デバイスを目的としたナノ領域Si系半導体素子研究, 特に膜厚0.5nm以下のSi単原子層の形成と, その量子的物性変調の研究.

研究室構成員

水野 智久 (教授)

研究内容

ULSI(大規模集積回路)用の基本素子であるCMOSの旧来の設計法(スケーリング法)は限界に達し, CMOS素子の高速化と微細化を実現する新たな素子研究が求められている. 水野研究室では, 究極の超微細/高速デバイスを目的としたナノ領域Si系半導体素子研究を行っている.

I. 超高速化研究: ソースヘテロ構造

CMOS素子の高速化を, ソースヘテロ構造における高速キャリア注入によって実現する研究を行っている[1], [2].

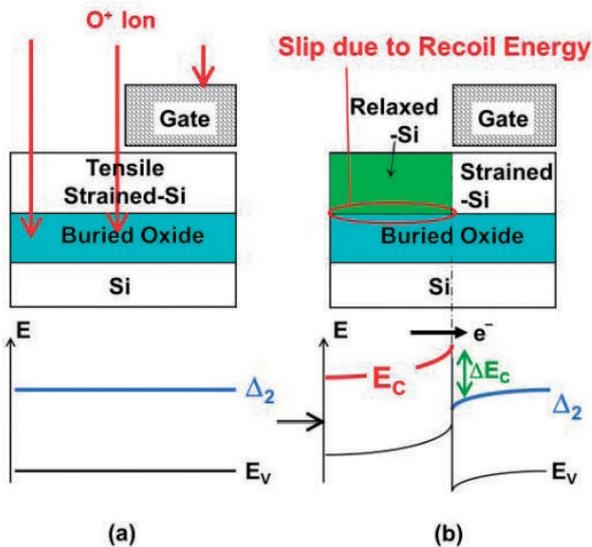


図1. 単一半導体へのイオン注入を用いた新たなソースヘテロ断面構造/バンド模式図(n-MOS用).

現在我々は, n及びpチャネル素子におけるソースヘテロ端でのソースとチャネルのバンドのエネルギー差を利用して, ソースからチャネルへ的高速キャリア(電子及び正孔)注入が可能新たな素子構造の実現した. 特に, 図1は歪みSOI基板を用いたn-MOS用のソースヘテロ構造の模式図である. イオン注入時のイオンの反跳エネルギーを用いて歪み層を応力緩和させ, 同一半導体上に緩和/歪みSiによるヘテロ構造を簡易な方法により実現できた. 歪みSGOI基板を用いたp-MOS用のソースヘテロ構造も実現できており, 簡易なイオン注入法を用いた本研究は, 将来素子技術として有望であることが判明している.

II. 超微細化研究: 二次元Si単原子層

一方, CMOS素子の超微細化を実現するには, 二次元Si構造(SOI構造, FinFET構造など)や, 一次元Si(Siナノワイヤーなど)などの低次元Si構造が有望である[3]. それには, 低次元Si構造の簡易な形成とその物性の量子的閉じ込め効果の解明が必要となる.

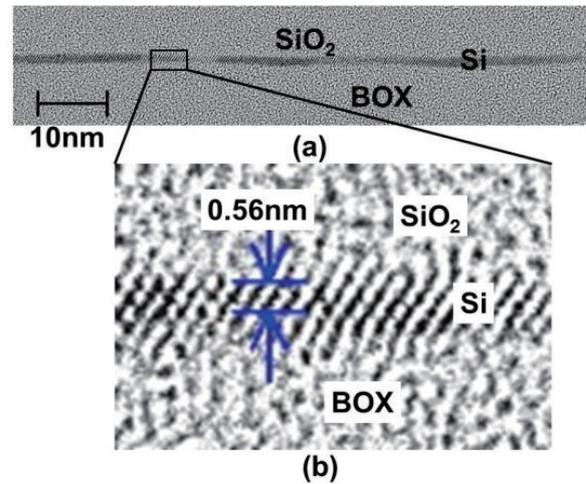


図2. Si単原子層の断面TEM写真.

図2は, SOI基板に熱酸化法を用いて実現したSi単原子層の断面TEM写真である. Siの格子定数(0.54nm)の厚さのSi単原子層が実現できている(図2(b)). 更に, 良好な結晶性は維持できた(図2(a)). Raman分光法によって, Si単原子層におけるフォノンの量子的閉じ込め効果を確認できた. また, フォトルミネッセンス(PL)評価により, 三次元Siでは観測されないPL光は, Si単原子層においては飛躍的な増大効果により観測することができ, 二次元Siでのバンド変調効果も実証された. このように, Si単原子層においては, 量子効果による様々な物性変調効果が解明されつつある.

参考文献

- [1] T. Mizuno et al., Jpn. J. Appl. Phys., **50**, 010107 (2011).
- [2] T. Mizuno et al., Jpn. J. Appl. Phys., **50**, 04DC02 (2011).
- [3] T. Mizuno et al., Extended Abst. of SSDM, Nagoya, p.837 (2011).

情報科学科

主任からのメッセージ

いまや「情報」とそれを処理する技術は、計算やデータ作成に留まらず社会基盤やインフラとして重要になっています。情報科学の成果は様々な分野に普及し、産業構造や生活は急変しています。これからの時代に情報分野を先導できるような人材に育つためには、既存の情報システムの利用法に習熟するだけでは不十分です。それを支える原理や法則まで掘り下げた基礎知識を自分ものとして取り込むこと、さらにそれらを再構築して新しいシステムや手法を提案・設計できる応用力を養うことが重要です。

本学科では、幅広く情報科学をカバーするように、離散数学、アーキテクチャ、プログラミング、OSやネットワーク、並列分散など基幹ソフトウェアの動作原理、各種応用ソフトウェアの体系的設計技術、画像処理や検索システムなどの先端的应用技術、人間の知能や感性に適応した使いやすい情報処理技術等について、基本のスキルと共に理論的な側面を学びます。獲得した知識を自ら活用できるように少人数制の演習科目や実験科目を設け、さらに先端・応用分野に関して学ぶ科目が設定されています。

基礎知識と応用力を学生時代にしっかりと身につけることで、卒業後に様々な方面で活躍ができ、変化の激しいこの分野でも生涯にわたる発展の助けとなることが期待されます。また理論だけではなく実験や演習科目も重視した取り組みを行っています。プログラミング演習などでは少人数クラスによって着実に実践力が向上する教育体制を整えています。また3年次後期の段階から各研究室に所属し、担当教員との密接な指導のもとでゼミナール、輪講、卒業研究に取り組み卒業論文を完成させます。

情報科学領域について

大学院情報領域では情報科学の知識および概念の基礎を身に付け、それを応用して社会における情報科学関連分野の諸問題に対応し解決できる能力を持った人材を育成します。現代社会では、自然科学、社会科学、民間の諸技術に対し、革命的な発展が情報科学技術によって促進されています。自然科学と社会科学分野においては、理論的な現象の予測、実験で得られた大量データの処理による理論へのフィードバックなどに情報技術は欠かすことができない重要な位置を占めています。民間においても製造業における技術革新や、サービス産業への情報技術の役割が重要性を高めています。情報科学を習得した人材の需要は大きく、理学研究科における本領域では、思考の原点や基本に立ち返って自然科学の基礎の重要性を認識して最学修する胆力と知力を習得できることが大きなメリットです。

具体的な対象として、計算機および種々の情報システムの基礎となる、アーキテクチャ、計算機言語、ネットワーク、ソリューション設計などを対象とした教育・研究を行っています。また、知能情報やビジュアル情報、情報セキュ

リティなどの特に発展の速い分野を対象とした教育・研究も行っています。

多様な学びの機会を提供するために、本専攻では、成績優秀者を対象として筆記試験を免除する特別選考制度があります。また、学部4年次生向けの大学院特別科目履修制度により学部4年次において大学院科目を履修することが可能です。この制度によって履修した科目が大学院履修単位として10単位まで認められ、大学院で研究に専念できる環境が整います。

本領域のカリキュラム・ポリシーとして、(1) 理学部情報科学科に基盤を置き、学科と大学院が深く連携したカリキュラムの設置、(2) 計算機システム科学の分野について、専門性を持つ教員を配置し、有機的に関連づけられたカリキュラムの実施、(3) 修士論文の作成に関わる「特別研究」において指導教授に加えてアドバイザーによる助言を行い、論文作成過程の教育・研究指導体制の確認、などを定め、それらに基づいた教育・研究指導を行っています。

最近の情報系の修士論文の題名

2015年度

- ・様々な事業体で利用できる勤務計画作成支援システムの開発
- ・外国人のための日本語学習システムの開発
- ・Run-Based Trie から構成される決定木の枝刈り法

2014年度

- ・Open ID Connect の Implicit Flow における脆弱性とその対策
- ・パケットフィルタリング最適化のためのルール集合分割法
- ・複合語の字種連接特性を利用した日本語形態素解析手法の研究

2013年度

- ・日本語テンプレートの展開・再構成が可能な初心者向けプログラミング環境
- ・Design of Automatic Kanji Calligraphy Generation System Based on Handwriting
- ・フィルタリングルール最適化問題の解法とその有効性について
- ・GUI入力方式によるC言語プログラミングの初心者用学習支援システム -ソースコード、フローチャート、変数の値の表示による実行過程の可視化-

構成員紹介



かい や はる ひこ
海谷 治彦 6号館214号室 内線2838
研究室→P29

職 名: 教授・博士(工学)
専門分野: ソフトウェア工学

略歴: 横浜市 神奈川区 大口生まれ, 1994年 東京工業大学博士課程修了, 同年より北陸先端科学技術大学院大学 助手, 1999年より信州大学 准教授, 2014年より現職。

URL: <http://www0.info.kanagawa-u.ac.jp/~kaiya/>

Mail: kaiya@kanagawa-u.ac.jp



きの した よし き
木下 佳樹 2号館226号室 内線2710
研究室→P30

職 名: 教授・理学博士
専門分野: 算譜意味論, 算譜検証論, プログラミング科学

略歴: 1989年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, 同年電子技術総合研究所(2001年産業技術総合研究所に改組), 2013年4月より現職, 1992-3年エディンバラ大学客員研究員, 2010年より2014年まで奈良先端科学技術大学院大学連携教授



くわ ばら つね お
桑原 恒夫 2号館221号室 内線2705
研究室→P31

職 名: 教授・工学博士
専門分野: 人間情報科学

略歴: 1953年群馬県生まれ, 1976年3月東北大学工学部電気工学科卒業, 1976年4月日本電信電話公社(現NTT)入社, 1991年3月工学博士(東北大学), 2003年3月NTT退社, 2003年4月神奈川大学理学部情報科学科教授, 現在に至る

URL: <http://www.info.kanagawa-u.ac.jp/~kuwabara/index.html>



ごと う とものり
後藤 智範 2号館218号室 内線2702
研究室→P32

職 名: 教授
専門分野: 情報検索, 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4月より現職

URL: <http://angelos.info.kanagawa-u.ac.jp/>



た な か けん
田中 賢 2号館217号室 内線2701
研究室→P33

職 名: 教授・博士(情報科学)
専門分野: ネットワークセキュリティ計算の複雑なニューラルネットワーク獲得

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修了, 同理工学研究科情報工学専攻博士課程単位取得退学, 新潟大学工学部情報工学科助手, 講師, 神奈川大学理学部准教授を経て現職

URL: <http://www.cs.info.kanagawa-u.ac.jp/>

Mail: ktanaka@info.kanagawa-u.ac.jp



ちよう せん しゆん
張 善俊 6号館215号室 内線2839
研究室→P34

職 名: 教授・工学博士
専門分野: 画像情報処理, 視覚情報処理, CG, ニューロサイエンス

略歴: 1986年中国華中科学技術大学計算機学部卒, 同年から上海華東計算技術研究所研究員, 北海道大学大学院工学研究科情報工学専攻修士課程了, 同大学院博士後期課程修了(工学博士), 室蘭工業大学工学部情報工学科助手, 2001年より神奈川大学の助教授, 准教授を経て現職

URL: <http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/information/prof06.html>



なが まつ れ お
永松 礼夫 1号館231号室 内線2235
研究室→P35

職 名: 教授・工学博士
専門分野: プログラミング, 動的更新, 分散処理

略歴: 東京大学工学部計数工学科修士課程修了, 同博士課程中退, 東京大学工学部計数工学科助手, 東京大学工学系研究科より工学博士取得, 会津大学情報センター助教授を経て現職



なか やま たかし
中山 堯 2号館219号室 内線2703
研究室→P36

職 名: 教授・理学博士
専門分野: 知能情報学, バイオインフォマティクス

略歴: 東京大学基礎科学科卒業, クラレ中央研究所, 国際科学振興財団, 神奈川大学理学部専任講師, 助教授を経て現職

URL: <http://www.nn.info.kanagawa-u.ac.jp/>

Mail: nakayama@info.kanagawa-u.ac.jp



ボサール・アントワーヌ
Antoine BOSSARD 6号館231号室 内線2852
研究室→P37

職 名: 助教
専門分野: グラフ理論

略歴: 2011年10月より2012年9月まで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10月より2015年3月まで産業技術大学院大学情報アーキテクチャ専攻助教, 2015年04月より現在 神奈川大学 理学部情報科学科 助教



まつい しょうご
松井 祥悟 2号館227号室 内線2711
研究室→P38

職名：准教授・工学博士
専門分野：計算機科学

略歴：1982年慶應義塾大学工学部数理工学科卒業，1984年同大学大学院工学研究科数理工学専攻修士課程修了，1989年同博士課程単位取得満期退学(1991年工学博士)，同年神奈川大学理学部情報科学科助手，1995年専任講師，1997年准教授(助教授)，現在に至る

URL：http://www.ml.info.kanagawa-u.ac.jp



まつお かずと
松尾 和人 2号館220号室 内線2704
研究室→P39

職名：教授・博士(工学)
専門分野：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

URL：http://www0.info.kanagawa-u.ac.jp/~matsuo



わたなべ つよし
渡辺 毅 2号館245号室 内線2242

職名：特任教授，MBA，修士(工学)
専門分野：イノベーション，学習科学，技術経営，計算機アーキテクチャ

略歴：東京大学工学部電子工学科卒業，(株)日立製作所勤務，ペンシルヴァニア大学大学院ウォートン校および計算機情報科学科卒業，カーネギーメロン大学CIOコース修了

twatanabe@kanagawa-u.ac.jp



きもと ひろつぐ
木元 宏次 2号館102号室 内線2539

職名：助手
専門分野：コンピュータグラフィックス

略歴：慶應義塾大学工学部数理工学科卒業，同大学大学院理工学研究科数理工学専攻修士課程修了，同博士課程を経て現職，慶應義塾大学在学時は中西正和研究室に所属し，当時の学内研究機関，情報科学研究所の大野義夫先生(現在，慶應義塾大学理工学部情報工学科名誉教授)の指導を受ける



もりもと たかゆき
森本 貴之 2号館102号室 内線2541

職名：助手・修士(工学)
専門分野：知能情報学

略歴：1992年筑波大学第3学群情報学類卒業，1994年筑波大学大学院修士課程理工学研究科理工学専攻修了，同大学院博士課程工学研究科電子・情報工学専攻を経て，1998年神奈川大学理学部情報科学科助手，現在に至る，情報の意味理解，適切な記憶構造，自己組織型の知識資源化に基づく学習・思考に関する研究を行っている



なぐも なつひこ
南雲 夏彦 2号館102号室 内線2510

職名：助手
専門分野：ゲーム理論，最適化問題

略歴：昭和60年3月上智大学理工学部卒業
昭和62年3月上智大学大学院博士前期課程修了
昭和62年12月山形大学工学部助手
平成元年4月神奈川大学理学部助手

Mail：nagumo@info.kanagawa-u.ac.jp



まつだ なおひろ
松田 直祐 2号館120-2号室 内線2542

職名：特別助手
専門分野：数理論理学，ラムダ計算

略歴：2011年千葉大学理学部数学情報数理工学科卒業，2013年千葉大学大学院理学研究科基礎理学専攻修了，2016年東京工業大学大学院情報理工学研究科数理計算科学専攻修了(予定)



おくの こうじ
奥野 康二 10号館103-1号室 内線2617
研究室→P30

職名：プロジェクト研究員
専門分野：組込みシステム

略歴：横浜国立大学電気工学科卒業，(株)精工舎，矢崎総業(株)(独)産業技術総合研究所を経て2014年に現職



たけやま まこと
武山 誠 10号館103-1号室 内線2617
研究室→P30

職名：プロジェクト研究員・Ph.D.(Computer Science)
専門分野：型理論，ディペンダビリティ

略歴：エジンバラ大学計算機科学科博士課程修了，クイーンズ大学計算科学科，シャルマース工科大学計算機科学科，(独)産業技術総合研究所システム検証研究センターを経て現職



なかはら はやお
中原 早生 10号館103-1号室 内線2617
研究室→P30

職名：プロジェクト研究員・理学博士
専門分野：プログラム理論

略歴：京都大学大学院理学研究科数理解析専攻博士課程中途退学，京都大学数理解析研究所助手，東京大学理学部情報科学科助手，広島大学総合科学部助教授，産業技術総合研究所招聘研究員を経て現職，神奈川大学理学部情報科学科非常勤講師

研究分野 情報システムの要求分析, 仕様記述, 要求工学, ソフトウェア工学

研究テーマ モデル変換に基づくシステム導入促進, メトリクスに基づく導入システムの有効性評価, スペクトル分析に基づくシステムの類似性分析

研究室構成員

海谷 治彦 (教授)

研究の背景と概要

情報システムは、業務や生活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、業務や生活等の活動において、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。

◎主な研究テーマ

モデル変換に基づくシステムの導入促進

ある生活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 Yoshioka. 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.

木下佳樹研究室

研究室 6号館124号室（内線2814）
教員室 2号館226号室（内線2710）

研究分野 算譜意味論, 算譜検証論, プログラミング科学

研究テーマ プログラムの数理モデル, プログラムの検証と妥当性確認

研究室構成員

木下 佳樹（教授）
松本 佳子（研究補助員）
中原 早生（非常勤講師、プロジェクト研究員）
武山 誠（非常勤講師、プロジェクト研究員）
奥野 康二（プロジェクト研究員）
木下 修司（ティーチングアシスタント）

研究内容

本研究室では、算譜意味論（プログラムの数理モデル）、算譜検証論（プログラムの正しさの検証、妥当性確認）など、プログラムに関する数理科学的研究を行います。コンピュータのハードウェアやソフトウェアに限らず、それを使う人々を含めた、広い意味での情報処理システムのライフサイクルを取り扱います。研究対象はプログラムやシステムの仕様書などの記述文書で、例えば、システムの安全・安心に関する議論を記したアシュランスケースとよばれる文書の構造や整合性検査の研究を行っています。組織の規則や標準・規格、法律などへの応用も考えられます。膨大な記述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多々あります。どのように記述し、整合性を保つのが研究のテーマです。

◎主な研究テーマ

○プログラミングの科学を研究します。

プログラムとは何か？（算譜意味論）

プログラムを研究します。

プログラムが正しいとは？（算譜検証論）

プログラムが、明確に記された性質を持つことを、論理的に証明する手法を研究します。

システムが妥当だとは？（妥当性確認論）

システムの利用者からの要求は明確に記されているとは限りません。一定条件のもとで、関係者からの要求に答えていることの確認手法を研究します。

システムへの要求の分析手法（要求分析論）

システムにどんな性質を期待するのかを分析し、明確に記すための手法を研究します。

○情報システムのお医者さんを育てます。

システムライフサイクルに関する研究です。成果実証の場として、ソフトウェア工学やディペンダビリティ（信頼性）に関する国際標準活動（ISO/IEC SC7, IEC TC56, OMG）にも携わっています。

システムの診察

システムの不具合の原因究明法を研究します。

システムの健康診断

不具合がないかどうか調べる方法を研究します。

システムの健康法

システムの開発、運用、手入れ（保守）の方法を研究します。

システムのリスク管理法

システムのリスクに関して関係者間で意思疎通を図って合意に至るための手法を研究します。

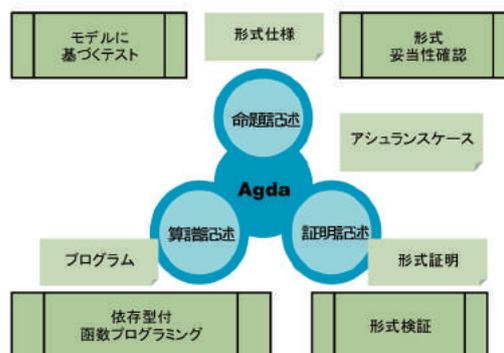
システムの診断書発行

システムの信頼性や安全性の基準を研究します。

◎研究環境

科学技術研究機構CREST制度によるプロジェクト「利用者指向ディペンダビリティの研究」および国立情報学研究所共同研究「議論の枠組みに関する基礎理論および応用の研究」を遂行しており、第一線の研究者が集まって研究活動に携わっています。

国際的な研究交流があります。意味論研究について、英国バース大学と研究交流を続けており、Agdaシステム研究開発については、スウェーデンのシャルマース工科大学と密接な研究交流があります。



Agdaは、プログラミング言語と形式仕様記述言語の二つの側面をうまく併せ持つため、形式手法のツールとして研究に用いています。

国内での研究交流も豊富です。教授は産業技術総合研究所でも活動しており、奈良先端科学技術大学院大学の連携講座も担当しています。

◎学生指導の進め方

初めは教科書購読・論文購読を行います。

この分野の基本的な語彙と考え方を身に付けていただきます。

できるだけ早い機会に「プロジェクト」に移ります。

産業や学界の実地の問題の解決に取り組みます。小さくて簡単かもしれないけれど、創造性を発揮できるテーマを提示するよう努力します。

研究分野 人間情報科学

研究テーマ オブジェクト指向に基づくアプリケーション開発, eラーニング, ユーザ・インタフェースやマニュアルの評価と設計, 教育工学, 認知心理学

研究室構成員

桑原 恒夫 (教授)

研究内容

1. 研究の方向性

本研究室では情報システムの開発を主たる目的に活動しています。その中で、(1)ビジネスモデルやビジネスプロセスの分析と、情報システムを利用することによるそれらの改善提案 (2)オブジェクト指向に基づく要求分析やシステム設計 (3)認知心理学的手法を用いたユーザ・インタフェースやマニュアルの評価や設計などに力を入れて研究を行っています。

2. 具体的な技術内容

(1)UMLによる業務分析・要求定義 情報システムの開発には膨大な時間と費用が掛かることは周知の事実ですが、その原因はシステムに要求される機能の複雑さにあります。その複雑さの原因は、突き詰めれば人間の行っている業務の複雑さに起因します。その複雑さゆえにユーザと開発者との意思疎通が困難になり、それがシステム開発上の大きなネックとなります。本研究室では業務やシステムを様々な角度から解りやすく記述でき、かつオブジェクト指向分析・設計のための世界標準ツールであるUMLを利用してシステムを設計しています。それにより業務分析から要求定義、システム設計を行い、実装段階のプログラミング (主にJava言語を使用) へとスムーズに繋がっています。特にユースケース分析による要求定義の記述に力を入れ、そのノウハウの蓄積に力を注いでいます。

(2)データベース設計 現在のシステムは最上層にユーザ・インタフェース層、その下にロジック層、最下層にデータベース層という3層構造で構成されるのが一般的です。その中でデータベース層はシステムの基盤であり、ここが揺らぐとシステム全体に影響します。そこで本研究室ではシステムの将来の拡張性も十分に考慮してデータベースの構造設計を行っています。そのための具体的なノウハウを蓄積するとともに、新しいデータ構造の発明にも力を入れています [登録特許(1)]。

(3) ユーザ・インタフェースの評価・設計 エンドユーザにとって情報システムは必ずしも使いやすいものではありません。システムの使いやすさの改善のポイントはユーザ・インタフェースにあります。本研究室ではGUI (グラフィック・ユーザ・インタフェース) の評価や設計を中心に、認知心理学的手法を用いてそのノウハウの蓄積に努めています。

3. 具体的な研究例

(1)リアルタイムで受講者に助言を行う教育支援システム 講師1人で受講者数十人、百人という形態での教育では、受講生一人ひとりの状況に合わせて講師が助言を行うことは困難です。本システムでは穴埋め式問題に対する受講者の誤答内容をリアルタイムで集計して講師に通知し、同じ誤答をした受講生に講師が同

報で助言を送ることで上記の目的を達成しました。本システムをコンピュータ言語の授業で実際に数年間使用し、教育効果を上げています。また本システムでは教員のアドバイスやそれによる学生の解答の変化を後から振り返り、分析する機能も備えています。この機能は、その後の教育方法の改善に役立ちます。

(2)操作性評価用GUIの簡易作成ツール GUIの操作性 (ユーザビリティ) を評価するためのツールを開発しています。本ツールではプログラミングを必要とせず、作成ツール上の視覚的な操作のみで目的とするユーザビリティ評価用GUIを作成できます。作成したGUIを被験者が操作すると、その操作履歴がデータベース上に操作時刻とともに自動的に記録されます。

(3)英語学習支援システム グローバル化の進展に伴い、英語学習の重要性は益々増大しています。本研究室ではスマートフォンやパソコン上で英語学習を支援するシステムの開発をしています。

(4)シフト勤務計画作成システム 現在さまざまな業種や事業体で交代制勤務 (シフト勤務) が行われています。そのような事業体では、その勤務計画の作成に多大な労力を費やしています。このような勤務計画の作成はコンピュータ・システムで支援する事により、その作成稼働を大幅に減少させる事ができます。しかしこれまでそのようなシステムは、利用する業種や事業体毎に個別に作成する必要があり、その開発費が膨大に必要でした。桑原研究室ではこの点を改良し、わずかのカスタマイズで様々な業者や事業体で利用できるシフト勤務計画作成支援システムを開発しました。

4. 登録特許

(1) “情報探採用データ構造、および情報探索装置” 特許第4853797号 (特許権者 神奈川大学)

主要著書/論文

「1日で解るC言語」(共立出版) 「3日で解るJava」(共立出版) 「1日で解るHTML」(共立出版), 「1日で解るVisual Basic」(共立出版)

「アンケート調査を利用した各種娯楽に対する満足感分析とそれに基づいたTVゲーム開発への提言」(信学論, 2006), 誤答に対する教師のリアルタイムでのアドバイスを支援するeラーニングシステム (信学論, 2008), 教員のアドバイスを分析する機能を持つeラーニングシステムおよびそれを用いた教育結果 (日本教育工学会論文誌, 2013)

研究分野 情報検索, 自然言語解析

研究テーマ 高精度日本語解析, テキストマイニング, 知識構造の視覚化(情報視覚化), 検索エンジン

研究室構成員

後藤 智範 (教授)

研究内容

1. 高精度日本語文解析

(a) **高精度漢字熟語分割**: 日本語において漢字熟語は意味単位とほぼ1対1に対応するため重要ですが、長い漢字熟語を自動分割するとしばしば誤った分割をしてしまいます。当研究室では、総計2万語を超える6~10文字の漢字熟語を手により語基と呼ばれる構成要素に分割し、熟語長毎に語基構成を解析した結果、熟語長毎に顕著な特性があることが判明し、語基構成情報に基づいて長い漢字熟語を高精度で分割する手法を確立し、特許5648956号(2014年11月21日)を取得しました。

(b) **高精度形態素解析**: 日本語の理工学分野の文書には、カタカナ、英文字、記号などの複数の字種から構成される複合語が非常に多く存在し、従来の形態素解析ツールでは、実用レベルの解析精度に達していません。この多字種性という特徴を活用した形態素解析の解析手法を研究しています。現段階でテスト用の約1000文に対して90%以上の精度に達しています。

(c) **高精度複合語同定**: 形態素解析の次の処理段階として、個々の単語に分割された「10.1型 Android タブレット」の単語を連結(チャンキング)して「10.1型Androidタブレット」とし、複合語と同定する処理があります。理工学文書には、用語だけではなく単位が付いた数値表現、数式、化学式などが多数出現しています。当研究室では、形態素解析と同様のアプローチ、すなわち、字種の特性を活用した単語チャンキング手法の研究をしており、現段階ではこちらも90%以上の再現率に達しています。

(d) **並列形態素構文解析**: 形態素解析、複合語同定、次の処理段階である構文解析は、通常1つの文の解析が終了した後に処理を段階的に進めています。これらの処理を文の解析の途中で、並列に行う手法を研究しています。

2. 検索エンジンの効率化機構

google, yahooに代表されるweb検索エンジンは現在、広く使われるようになりましたが、大規模高性能なハードウェアに対する効率性は必ずしも高くはありません。現在使用されている多くのCPUはマルチコアCPUとよばれ、1つのCPUチップに複数個のCPUコアが入っています。一般のPCで2~8個、サーバーで使われるCPUでは6~32個ものCPUコアが入っています。個々のCPUコアに検索処理単位を個別に割り当て、CPUコア数と同じ数の検索処理単

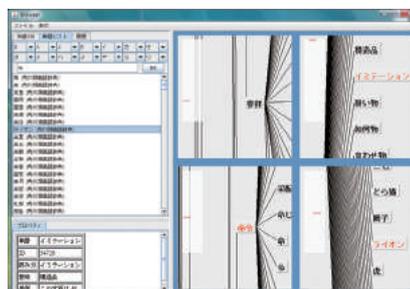


図1 2Dブラウザの表示例

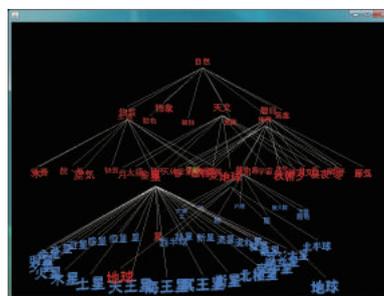


図2 3Dブラウザの表示例

位を同時に並列に動かそうとするシステムを開発しています。現在、研究室には総計600以上のCPUコアから構成されているサーバーシステムがあり、これを利用して研究しています。

3. 知識構造の視覚化 (Knowledge Visualisation)

インターネットの利用者の増加により、web上の情報が急増しています。このような情報爆発に対処するためには、知識構造を視覚的に表示し、構造からアクセスすることにより情報の効率的な利用が可能となります。当研究室では、複数の辞書(電子媒体)を統合し、用語(概念)の関係(階層関係、部分全体関係など)を視覚化するツールを開発しています。

主要著書/論文

Frequency Distribution of the Number of Amino Acid Triplets in the Non-Redundant Protein Database (情報知識学会誌. Vol.13, No.3, pp.25-38, 2003)

Availability of short amino acid sequences in proteins (Protein Science .Vol.14, 2005)

研究分野 ネットワークセキュリティ, 計算の複雑さ, ニューラルネット, 言語獲得

研究テーマ 適応型パケットフィルタの構成法, フィルタリングルール最適化問題の計算の複雑さ, フィルタ再構成のための多項式時間アルゴリズム, 差分からの言語獲得

研究室構成員

田中 賢 (教授)

研究内容

コンピュータサイエンスを基盤としながら、ネットワークセキュリティとその最適化、並列計算量の理論、言語獲得モデルに関する研究を行ってきました。現在ほとくに、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の最適化問題、差分からの言語獲得問題に取り組んでいます。

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。フィルタは、パケットのIPアドレスやポート番号といった条件にもとづいて通過の許可・拒否を決定する規則の集合として実現されます。危険なパケットの種類が増えるにつれて規則は複雑化し、大規模な組織では規則の数は数百から千を超えるほどになります。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しまいます。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。

パケットフィルタリングだけではなく、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。例えば、PCでなじみの深いウイルス対策ソフトは、ウイルスごとの特徴的なパターンをもとに危険なメールやwebページを排除します。無線LANのセキュリティ確保はMacアドレス制限が第一に適用されますが、これもパケットフィルタリングと同様のアイデアです。

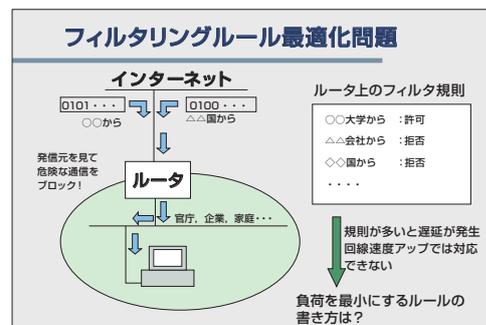
セキュリティばかりではなく、論理的なルールを順に適用して処理を選択するという考え方は、ネットワークやコンピュータ上の様々な応用技術に共通して現れるものです。パケットのルーティングは、パケットのアドレスによって送り先のインタフェースを選択する問題です。PBR (Policy Based Routing)は、パケットの条件によって、パケットが通過するルートをもさらに細かく制御しようとする技術です。このように、ルールの集合を最適化するという問題の最適化をすることは、広くネットワークやコンピュータのセキュリティを確保し、利用効率を高めるキーになります。

人がどのように言語を獲得するのか、という問いは、古くから言語学者や心理学者によって研究されてきたテーマです。高度な言語を駆使する人類のみが、高度な文明を築

けたわけですから、言語とは何か、それはどのようにして獲得されるのかを明らかにすることは、知とは何か、を明らかにする際のキーになるはずで

けたわけですから、言語とは何か、それはどのようにして獲得されるのかを明らかにすることは、知とは何か、を明らかにする際のキーになるはずで
言語獲得の問題は、コンピュータの発達により「言語獲得のアルゴリズムを明らかにする」問題として、近年新たな展開を見せています。私達は、人の言語獲得が単純な一語文から徐々に複雑な文の獲得へと進むこと、その過程で既知の言語知識と未知の文表現との差分から新たな言語知識を獲得していく、という点に着目した言語獲得モデルを提案しています。言語獲得においては、最小の規則によって最大の表現力を得ようとするのが自然と考え、語のカテゴリ、カテゴリのカテゴリ、それらによって構成される文法規則を言語知識の基本として、それが獲得される過程をモデル化する獲得アルゴリズムを検討しています。

本研究室では、「問題を見出す力」「シンプルに深く考える力」「仕組みを見抜く力」が何においても大切だと考えています。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。このプロセスは、研究に限らずどんな事柄にも共通するいわば考え方の基本だと考えています。



主要著書/論文

- [1]K. Mikawa, K. Tanaka, Run-Based Trie Involving the Structure of Arbitrary Bitmask Rules, IEICE Trans. Inf. & Syst., Vol. E98-D, No.6, pp.1206-1212, Jun. 2015
- [2]Ken Tanaka, Kenji Mikawa and Manabu Hikin, Heuristic Algorithm for Reconstructing a Packet Filter with Dependent Rules, IEICE Trans., Vol.E96-B, No.01, pp.155-162, Jan. 2013
- [3]三河賢治, 田中賢, 小出淳一, ブロック分割によるパケットフィルタ最適化問題の一解法, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J94-B, No.10, pp.1408-1417, Oct. 2011.
- [4]嶋良平, 田中賢, 三河賢治, フィルタリングルール最適化問題の解法, FIT2011, Sep. 2011.

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

ビジュアル情報処理研究室

私たち人間は五感を持って外部世界から様々な情報を取り込んでいます。「百聞は一見に如かず」と言われるように、これらの中、視覚から取り込んだ情報はもっとも多い。私の研究室では、特にこの視覚機能をコンピュータで実現しようとしています。目の代わりにデジタルカメラやビデオを用いて対象を撮影します。次に、コンピュータに「画像中にどんなもの(パターン)があるか」を認識させます。このような研究は、画像処理やパターン認識と呼ばれる分野に属します。私が研究しているテーマには、

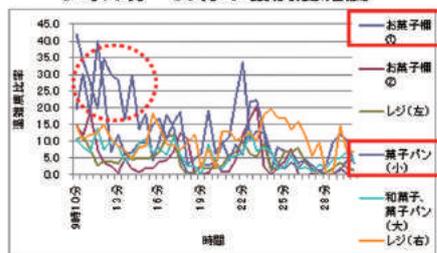
- (1) 携帯電話による点字を認識する。
- (2) 街中にあふれる様々な文字や記号を認識する。
- (3) 人の顔を認識する。
- (4) 指紋から誰であるか認識する。
- (5) 店に設置されたカメラの映像を分析し、お客はどの棚に、
どういった時間帯でどのように集まっているのかなどの
マーケティング情報を自動抽出する。
- (6) 人間の印象(感性)をもとに画像を検索する。
- (7) 人間が特定の対象を見る時、視線はどんな振る舞いを
するかを分析する。

などがあります。

講義では「画像情報処理」、「コンピュータグラフィックス」、「視覚情報処理」「情報科学実験Ⅱ」などを担当しています。皆さんには、基礎理論を学ぶとともに、具体的なプログラミングを行ってコンピュータによる画像処理・画像認識の面白さを体験してもらいます。



9時10分～30分の棚別混雑度



このような画像処理・パターン認識の技術は、これからの情報化社会でますます重要な役割を果たすと期待されています。例えば、インターネットを通して公文章の電子化が進んでおります。公表された電子印鑑を偽造されないために、文章内容に依存した情報を印鑑画像に人目では分からないように埋め込むことで犯罪を防止する。また、自動車にカメラを搭載して、安全運転や自動運転につなげることも夢ではないでしょう。

医療分野においても、コンピュータを用いた画像診断やロボットによる手術に応用されるでしょう。こうした広い応用分野で中核となる技術者を育成していきたいと思っています。コンピュータにパターン認識能力や感性を与える研究には夢があります。そして、まだまだ人間の能力に及ばないからこそ、挑戦的な研究テーマが沢山あります。

主要著書/論文

- (1) A Coarse to Fine Image Segmentation Method (IEICE, Trans. Information and Systems, Vol. E81-D, No. 7, pp.726-732, 1997) .
- (2) Shanjun Zhang, Kazuyoshi Yoshino, HongbinZhu "Issue of Authorized Electronic Seals Based on Content of Documents" International Journal of Intelligent Engineering and Systems Vol. 3. No. 1, pp.18-24, 2010.
- (3) 張善俊、盛磊 「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.

研究分野 ソフトウェアシステムの構成方式

研究テーマ 柔軟かつ動的に構造要素の編集が行える情報システムの構成方法の研究

研究室構成員

永松 礼夫 (教授)

研究内容

ユーザの利便と保守の容易さの両立

現代は実社会の多くの活動に情報システムが深く関わっている時代です。

情報システムを使う立場のユーザにとっては、休みなく稼働していて、新しいサービスが出来たらすぐ使えることが便利です。保守・管理をする立場からは、問題点が発見されたら迅速に対策ができ、新しい機能の追加もユーザに不便をかけないで出来るシステムが望ましいです。

これらを両立できる、より使いやすい情報システムの構成方法の確立を目指して、以下のようなテーマでの研究を行っています。

テーマ1：プログラム部品の動的変更

多くのソフトウェアはバグの修正や機能強化のために頻繁に更新することが要求されます。その一方で、サービスを中断させるような停止は一瞬でも難しくなっています。動的に（プログラムを稼働させた状態のまま）、一部を部品交換のように入替える方式を開発するため、交換する単位を定義したり、入替えの手順や、入替えに必要な手順について考察しています。

例題として、C言語で記述した簡単なプログラム（銀行口座の預金について、預け入れ・払い出し・残高照会を行うもの）を対象にして、関数を交換・追加の単位と定めて、上述の機能の試作をしました。そこで、関数の引数の数や型が変更される場合に仕様の差を吸収する「アダプタ」と呼ばれる部品の管理についても考察しました。

テーマ2：文書の構造の編集

例えば、一つのWEBサイトは複数のHTMLページから構成されており、それぞれのページの内容には相互に関連性があります。ここでは、複数のページに共通する部分（フッター）があったり、見出しや目次といった別に記述された部分を抜き出してまとめられたページが作られている、などの依存関係が含まれています。

これを「構造化された文書」として一般化して扱います。また、複雑なシステムの設計データなども構造化された文書と見ることができます。目次の自動生成や、本文を書き直せば目次に反映され、逆に目次の順序を変えれば本文が再構成されるといった機能の実装について研究しています。

単純化した例として、WEBページの更新を取りあげて、複数の元となるデータを組合わせて処理した結果として表示される「ビュー」を見ながら、その上の編集ボタンを押すことで対応するパーツの内容の更新ができ、さらにその結果が全体に反映される方法について考察しました。

テーマ3：スクリプトによるHTMLページへの動的機能追加

Ajaxなどで使われているJavaScriptとHTMLを組合わせたWEBページについて、動的に機能を追加する方法を研究しています。ページにはJavaScriptの関数として、ボタンをクリックした時の動作を定義することで種々の機能が付加できます。状況の変化に応じて、ページを再ロードせずに、また既にある関数や変数の値を保持したままで、新しく関数を追加したり削除できる方法を試作しました。

長い時間使われ続けるようなシステムの保守の状況を想定して、追加される関数や変数の名前などは事前に知ることが出来ないという制約の元で、一般性のある機能追加や削除の方式を考察しました。

単純な例として、オセロゲームの盤面を更新するWEBページとスクリプトを用い、石を置けば盤面が更新される機能はそのままに、初心者のために新たに石が置けるマスに色をつけて表示する機能を動的に追加・削除する機構を試作・検討しました。

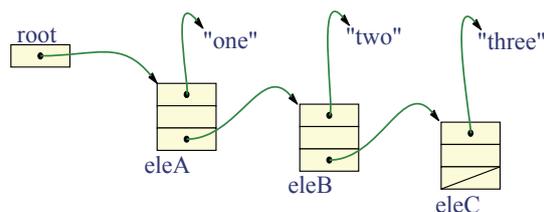
主要著書／論文

インターネット・リテラシー (朝倉書店, 1998)

多重スレッド計算機のための稼働率評価モデル (計測自動制御学会論文集, 1996)

Runtime Software Reorganization by Traditional OS Features (ISPSE, 2000)

JavaScriptによる自己再生的プログラムの構成方式について (情報処理学会プログラミング研究会, 2011)



プログラミング言語の授業説明図を
スクリプトによる支援システムで作図した例

研究分野 知能情報処理

研究テーマ 学習機能を持つ語の意味記憶空間の構築, 日本語対話システムの研究開発, 顔表情の認識システムの研究開発, 膜タンパク質の分類予測システムの研究開発

研究室構成員

中山 堯 (教授)

研究内容

当研究室では自然言語理解・表情認識・生物情報処理の研究とシステム開発を行っている。いずれも人工知能の分野で研究開発されて来た手法を用いて具体的な問題についてのシステムを創ることを目指している。言語情報とイメージ情報は人間の記憶の中では統合されているはずで、それらを結びつける仕組みを具体的なシステムとして実現したいと考えている。生物情報処理は生物科学とコンピュータ科学が融合した情報処理であるが、主として遺伝子やタンパク質の情報を対象としている。処理対象のデータは様々であるが、情報処理のモデル化は共通するところが多く、学生の教育と言う点では問題への取り組み方や考え方を学ばせることも重視している。

自然言語理解

コンピュータによる自然言語の理解が目標である。日本語を対象として自然言をコンピュータで扱うための基礎研究と実用化研究を行っている。最近では、ウェブの検索エンジンの基礎技術の一つとして自然言語処理、特に意味の扱いの研究が活発になっており、実際にその手の検索エンジンも登場しつつある。当研究室で開発しているシステムは、語の記憶空間、常識・知識空間、一時記憶、対話システムなどから構成される。いずれも学習機能と連携させることを特徴としている。

(1) **語の記憶空間**: 学習機能を持つ語の意味記憶空間で、名詞・動詞・形容詞などの自立語を単位として語間の意味上の関係をフレームネットとして表現している。初期構造として電子化辞書などからフレームネットワークに変換・統合したものを構築している。これらには単純に変換実装したものと説明文から関係を抽出して統合したものとがある。学習はウェブからのテキスト収集と人間による対話によって行う方式である。初期構造やウェブからの獲得情報の編集も学習とみなすこともできるが、文例からの語としての抽象化などの学習が研究課題である。

(2) **常識・知識空間**: 語の記憶空間が語を単位とした意味記憶を構成するのに対して、常識や知識は文を単位とする事実や関係の記憶である。知識も語と同様のフレームネットで表現する。それによって、単純な追加や置換だけでなく抽象化のような高次の学習を実現する。

(3) **対話システム**: 人間と対話するシステムを構築している。対話に使う知識によっていろいろな対話システムができるが、分りやすい例として当情報科学科の案内システムを作っている。対話システムは古くから研究開発されているが、多くの課題がある。文脈の利用、意図の推定、話題の把握、臨機応変の応答文生成などは自然で役に立つ対話に不可欠である。対話システムは日常的な話し相

手にもなれば、専門知識を学習させれば質問応答方式のエキスパートシステムにもなる。語の意味記憶空間や常識・知識空間と融合させることによって柔軟な対話システムの実現を目指している。

(4) **一時記憶**: 対話システムは対話の相手と自分の発話を理解し対話中やその後しばらくは理解した対話の内容を記憶している必要がある。それによって、文脈を考慮した一貫性のある対話が可能になる。同時に、その記憶の中の(自分にとって)新しい情報を知識として獲得する、すなわち対話を通じて学習することができる。その記憶が一時記憶である。現在は、対話中に発話集合から文節・連文節を単位としたネットワーク(文節ネット)として一時記憶を実装している。入力された語を語の意味記憶や常識・知識空間にマッピングすることで種々の意味的な関係を取り出すことができる。また、ウェブから収集したテキストも文節ネット形式の知識表現とすることができる。これも語フレームにマッピングすることで、語の意味記憶空間と融合される。

顔表情認識

顔と顔表情の認識については多くの研究があって、最近ではデジカメなどで普通の機能として実装されているが、微妙な表情についてはまだ課題が多い。対話システムにおいても、ユーザである人間の表情を見ながら話すことが望ましい。

顔に連なる言語表現は極めて豊富であり、言語の本質を秘めているとも考えられる。顔表情と感情の対応関係を顔表情と言語による感情表現の対応関係であるとして、表情の意味を学習するシステムを研究している。

生物情報学

ゲノム創薬において重要な標的分子ファミリーの一つがG蛋白質共役型受容体(G-protein coupled receptor, GPCR)を代表とする薬物受容体であり、応用面の重要性が際立っているために熾烈な競争が展開されている。リガンドが未知のGPCRはオーファン受容体と呼ばれるが、GPCRは疾患と関連している場合も多く、酵素と並んで医薬品の研究開発のための主要な標的の一つとなっている。従って、オーファン受容体の研究は極めて重要となる。当研究室では、自己組織化マップを用いたGPCRのサブファミリー分類プログラムで未知データに対して約98%の予測精度を実現した。

主要著書/論文

Alignment-Free Classification of G-Protein-Coupled Receptors Using Self-Organizing Maps(J. Chem. Info. Model., 2006)

Towards Serving "Delicious" Information Within Its Freshness Date, Proceedings of The 24th International World Wide Web Conference (WWW 2015), Florence, Italy, , 2015.

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 (助教)

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, like the IBM Blue Gene/L or the Fujitsu K, embody hundreds of thousands of CPU nodes. This number of nodes is steadily increasing, and supercomputers are already reaching the 1-million barrier of computing nodes. Network topologies used to bind CPU nodes of early supercomputers, like the hypercube topology, are today replaced by more complicated but of higher performance topologies, like torus-connected cycles networks (see Figure 1).

In such environment, we understand that routing is a critical topic to retain high performance, that is avoiding data communication to 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 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, paths 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.

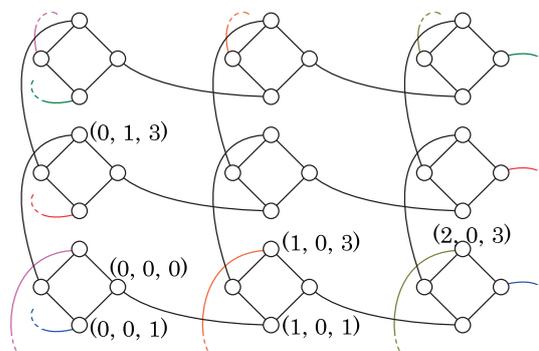


Figure 1. A 3-ary 2-dimensional torus-connected cycles network (TCC): 4-cycles are connected according to a 3-ary 2D torus.

主要著書/論文

- A. Bossard and K. Kaneko, k-pairwise disjoint paths routing in perfect hierarchical hypercubes, *The Journal of Supercomputing*, Vol. 67, No. 2, pp. 485–495, 2014.
- A. Bossard and K. Kaneko, Set-to-set disjoint paths routing in hierarchical cubic networks, *The Computer Journal*, Vol. 57, No. 2, pp. 332–337, 2014.
- 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, pp. 1087–1093, 2014.
- A. Bossard, On the decycling problem in hierarchical hypercubes, *Journal of Interconnection Networks*, Vol. 14, No. 2, pp. 1350006.1–1350006.13, 2013.
- A. Bossard and K. Kaneko, Node-to-set disjoint-path routing in hierarchical cubic networks, *The Computer Journal*, Vol. 55, No. 12, pp. 1440–1446, 2012.
- A. Bossard and K. Kaneko, The set-to-set disjoint-path problem in perfect hierarchical hypercubes, *The Computer Journal*, Vol. 55, No. 6, pp. 769–775, 2012.
- 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, pp. 1372–1381, 2011.

研究分野 計算機科学

研究テーマ 計算機言語, 言語処理系, ガーベジ・コレクション

研究室構成員

松井 祥悟 (准教授)

研究内容

松井研究室は平成8年度に発足した研究室である。

主として関数型やオブジェクト指向型言語処理系を研究対象として、コンパイラやインタプリタの並列化技術やメモリ管理技術の研究を行っている。特に、LispやJavaに不可欠なガーベジ・コレクションの無停止化技術（並列化、分散化）について重点的に研究している。具体的には次のような研究を行っている。

1. 言語処理系

CやJavaによるLispインタプリタ・コンパイラの試作。
並列Lispインタプリタの研究（共有メモリ型、分散型）。

2. メモリ管理・ガーベジ・コレクション

並列（並列型・漸次型）ガーベジ・コレクション。
汎用OS上でのガーベジ・コレクションの無停止化。
ヒープ型メモリ管理のOSへの組み込み。

卒業研究は、上記の研究に加えて、さまざまな分野にわたっている。具体的には、言語関係（LISP処理系の移植など）、数式処理（記号微分システムなど）、AI（AL, GA, ニュラルネットなど）、アプリケーション（クライアント・サーバ型アプリケーション）、システム関係（OS、ネットワークなど）、グラフィックス（モーフィングなど）、Webアプリケーションなどである。

卒業生は90名を数え、さまざまな分野で活躍している。年間を通じて行う輪講、夏休みの研究合宿、厳しい執筆規定に基づく卒業論文の執筆など、厳しい義務を課しているにもかかわらず、毎年、志を持った学生が所属を希望し、真正面から研究に取り組んでいる。

主要著書／論文

動的ダイナミックRAMリフレッシュ法（電子情報通信学会論文誌, 1989）

相補型ガーベジコレクタ（情報処理学会論文誌, 1995）

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

1. 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カードや携帯電話などにも利用されています。特に、ICカードや携帯電話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。最近、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。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。

2. 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。この可能性を探るためには、GPUコンピューティングなどによる暗号攻撃が重要な研究テーマとなります。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。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担保できません。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。

3. 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。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、Twitterなど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)

化学科

21世紀「環境の世紀」に入り循環型社会の実現のため化学製品のリサイクルや廃棄物の利用が広く行われ始めています。しかしこのような取り組みは今に始まったことではありません。かつて産業革命で蒸気機関とコークス製鉄に必要なエネルギーを石炭に頼っていたとき、石炭からコークスを製造する際の廃棄物が石炭タールでした。その廃棄物から有機化合物を取り出して染料や医薬品の開発をしてきました。さらに石炭から石油へのエネルギー転換し、自動車のガソリンを製造する石油の熱分解の廃棄物がエチレンでした。やはりその廃棄物から高分子（ポリマー）を開発してきました。このようにやっかいものの廃棄物を資源にかえてきたのが化学なのです。今地球温暖化で二酸化炭素削減が叫ばれ、その1つとして進められてきた原子力が3.11東日本大震災で見直しがされています。今こそ、燃料・太陽電池や人工光合成などのより原理・原則に基づく環境技術の開発が求められ、化学の底力がためられています。

神奈川大学理学部化学科では、このような期待にこたえるべく、幅広い教養、コミュニケーション・情報能力を身に付け理学の基礎から物質科学の知識と技術を修得し、それによって社会の中核として活躍できる人材の育成を目的としています。神奈川大学理学部化学科は平成元年に湘南ひらつかキャンパスとともにスタートし、平成5年に大学院理学研究科化学専攻博士前期課程を、平成7年後には博士後期課程を開設し、さらに平成28年度からは大学院理学研究科理学専攻化学領域として「研究開発職」を目指す学生に対してより充実した教育課程を提供してきました。

一方研究活動においても、湘南ひらつかキャンパス開設の2年目から現在まで毎年1回理学部化学科主催で平塚シンポジウムを開催してきました。毎年のシンポジウムのテーマは変わり学内外の講演者や卒業生により、「環境」「理科教育」専門分野の「トピックス」をテーマで行われ民間企業からも多くの参加者を得ています。こうした研究活動の中から平成14年から継続の3年間を含めて都合8年間にわたり文部科学省の私立大学学術高度化推進事業「ハイテク・リサーチセンター整備事業」を推進することができ、そして平成23年度からは私立大学戦略的研究基盤形成支援事業がスタートしました。この間、平成15年にはこのハイテクリサーチの研究棟が建設され大型機器が集約され研究教育の効率化が達成できました。そして平塚キャンパス開設20周年記念事業では約200名収容のサーカムホールを備えた新棟も建設されました。このホールで毎年平塚シンポジウム、国立台湾大学との国際交流会議や専門の学会の開催、さらに年2回の大学院の中間発表会などが活発に催されています。以上のように本学科は研究・教育環境が充実するばかりでなく、最先端の化学分野の研究者を教員としてそろえることで、さらなる発展を目指して努力しています。

化学領域について

1. 理念・目的と特色

学部における教育理念を基に、理学に関する高度な専門知識・技能、研究開発能力をもつ人材を育成することを目的とする。社会における中堅指導者層を形成し、先端科学の開拓、応用に従事できる高度の技術を身につけた科学者・技術者の育成に重点をおいている。これが理学研究科3専攻に共通する理念・目的である。化学領域では、これに加え特に「物質」に向き合う能力の養成に力点をおいている。博士前期課程の教育・研究においては次のような特色がある。

〈講義〉合成、構造・評価、共通科目などの分野に分けて科目を設定している。講義科目は研究の活動内容を中心に各論的・専門的知識を習得できるように工夫されている。また、必修科目として「化学英語」と「化学論文英語」を設け語学力の向上を図っている。そこでは講師による聞く、話す訓練も導入されている。さらに、国内外の研究者による講演会の開催とあいまって「研究を通して外部に眼を開く」ため、「化学特別講義」を通年にわたり開講している。同様の趣旨で他領域との共通科目「先端機器分析演習」も設けられている。2009年度に開講した「化学論文英語」は、2011年度からは必修科目とし、英語文献を読む力の一層のアップをはかっている。

〈研究〉本領域の置かれている状況の中で教育・研究の質をいかに向上させるかについてさまざまな工夫がこらされている。

- ①複数指導体制：学生1名につき指導教授以外に教員3名を配置し、特別研究に対しアドバイスをを行っている。
- ②特別研究中間発表会：特別研究の内容の充実とプレゼンテーションの訓練を兼ねて、年2回開催している。口頭発表とポスター発表の2種を取り入れ前期課程修了までに2回づつ経験できるようになっている。
- ③学会発表の奨励：理学研究科として学生の学会発表に対し旅費宿泊費・登録費の半額援助が行われている。化学専攻においてはほとんど全員の学生が学会発表を行っている。国公立大学を含めて年間の学会発表件数は上位にある。
- ④学外研修：2013年度からは「学外研修Ⅰ、Ⅱ」が開講され、企業・研究所に短期間派遣されて研究することができる。

2. 博士前期課程への進学者

2005年度より博士前期課程の定員を10名から30名に増員した。この定員はほぼ確保されている。

3. 卒業生の進路

約90%の卒業生が社会に、そして残りの約10%が学内外の博士後期課程に進学している。企業への就職者70%弱のほとんどは製造業に、そしてその約半数が化学工業の研究・製造に携わっている。その他、教員、公務員、特許関連の職などに就いている。

構成員紹介



うえむら だいすけ 1号館232号室 内線2236
研究室→P45

職 名：特別招聘教授(教授)・理学博士
専門分野：生物分子科学, 有機化学, 天然物化学

略歴：名古屋大学大学院理学研究科博士課程単位取得満期退学, 名古屋大学理学部助手, 静岡大学教養部助教授, 教授, 同理学部教授, ハーバード大学客員研究員, (財)相模中央化学研究所研究顧問, 名古屋大学大学院理学研究科教授, 慶應義塾大学理工学部教授(神奈川大学理学部教授)を経て現職及び金沢大学経営協議会委員

URL : <http://www.chem.kanagawa-u.ac.jp/~uemura/>

Mail : uemurad@kanagawa-u.ac.jp



あまの ちから 2号館237号室 内線2718
研究室→P46

職 名：教授・理学博士
専門分野：物理化学, 分析化学

略歴：東京大学理学部化学科卒業, 東京大学大学院理学系研究科化学専攻博士課程中退, 電気通信大学助手(物理工学科), 理学博士(東京大学, "Investigation of the Ion Cyclotron Resonance Spectrometer"), 神奈川大学理学部専任講師, 助教授, 教授, 現在に至る

URL : <http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/chemistry/prof11.html>

Mail : amano@kanagawa-u.ac.jp



かべ よしお 2号館234号室 内線2715
研究室→P47

職 名：教授・理学博士
専門分野：有機化学, 有機ケイ素化学

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, 助教授を経て現職

URL : <http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/chemistry/prof03.html>

Mail : kabe@kanagawa-u.ac.jp



かわもと たつや 2号館228号室 内線2712
研究室→P48

職 名：教授・理学博士
専門分野：無機化学, 錯体化学

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 : <http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/chemistry/prof12.html>

Mail : kaw@kanagawa-u.ac.jp



きはら のぶひろ 6号館221号室 内線2240
研究室→P49

職 名：教授・博士(工学)
専門分野：有機合成化学, 高分子化学

略歴：東京大学大学院工学系研究科博士課程中退, 東京工業大学資源化学研究所助手, 同工学部助手, 日本学術振興会特定国派遣研究員(スイス), 大阪府立大学工学部講師, 助教授を経て神奈川大学理学部教授

URL : <http://www.chem.kanagawa-u.ac.jp/~kihara/>

Mail : kihara@kanagawa-u.ac.jp



すがわら ただし 2号館235号室 内線2716
研究室→P50

職 名：教授・理学博士
専門分野：有機物理化学・ソフトマター

略歴：東京大学大学院理学系研究科博士課程修了, 分子科学研究所助手, 東京大学大学院総合文化研究科助教授, 教授, 複雑系生命システム研究センター特任研究員, 神奈川大学理学部特任教授を経て現職。

URL : <http://www.chem.kanagawa-u.ac.jp/~sugawara/>

Mail : sugawara-t@kanagawa-u.ac.jp



つじ はやと 2号館238号室 内線2719
研究室→P51

職 名：教授・博士(工学)
専門分野：有機合成化学, 有機金属化学, 典型元素科学, 物理有機化学

略歴：京都大学理学部卒業, 同大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻博士課程修了, 京都大学化学研究所助手, 東京大学大学院理学系研究科化学専攻准教授を経て現在に至る



にしもと ゆうこ 2号館230号室 内線2239
研究室→P52

職 名：教授・理学博士
専門分野：分析化学, 環境分析

略歴：千葉大学理学部化学科卒, 同大学院理学研究科修士課程修了, セイコー電子工業(株), 神奈川大学理学部助手, 専任講師, 助教授を経て現職

URL : <http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/chemistry/prof01.html>



のみや けんじ 2号館236号室 内線2717
研究室→P53

職 名：教授・理学博士
専門分野：無機化学

略歴：東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了, (財)相模中央化学研究所研究員, 成蹊大学工学部助手・講師, オレゴン大学(University of Oregon)博士研究員, 神奈川大学理学部助教授を経て現職

URL : <http://www.chem.kanagawa-u.ac.jp/nomiya/index.htm>

Mail : nomiya@kanagawa-u.ac.jp



ひら た よしのり
平田 善則 2号館229号室 内線2713
研究室→P54

職 名：教授・理学博士
専門分野：物理化学，光化学

略歴：1950年千葉県生まれ東京工業大学理学部化学科卒業，同大学院理工学研究科博士課程修了後，米国ミシガン州のウエイン州立大学化学科博士研究員，大阪大学基礎工学部助手，助教授を経て本学教授

URL：http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/chemistry/prof04.html



わた なべ のぶ こ
渡邊 信子 2号館110号室 内線2569

職 名：助教・理学博士
専門分野：有機合成化学，有機光化学

略歴：東京都立大学理学部化学科卒業，(株)相模中央化学研究所，(株)富士レビオ中央化学研究所を経て1995年に助手として就任，2007年より現職

Mail：nwatanab@kanagawa-u.ac.jp



ほり ひさ お
堀 久男 6号館220号室 内線2844
研究室→P55

職 名：教授・工学博士
専門分野：環境化学，環境保全技術

略歴：慶應義塾大学大学院理工学研究科応用化学専攻後期博士課程修了，(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)，(独)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：http://www.chem.kanagawa-u.ac.jp/hori/index.htm

Mail：h-hori@kanagawa-u.ac.jp



まつ なが さとし
松永 諭 2号館110号室 内線2567
研究室→P53

職 名：特別助教・博士(理学)
専門分野：錯体化学

略歴：東京都立大学大学院理学研究科博士課程修了，東北大学大学院理学研究科博士研究員を経て現職

Mail：matsunaga@kanagawa-u.ac.jp



まつ ばら とし あき
松原 世明 6号館219号室 内線2237
研究室→P56

職 名：教授・工学博士
専門分野：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

URL：http://www.chem.kanagawa-u.ac.jp/matsubara/index.htm

Mail：matsubara@kanagawa-u.ac.jp



たけ い たか や
武井 尊也 2号館110号室 内線2559

職 名：教務技術職員・博士(理学)
専門分野：分析化学

略歴：筑波大学大学院修士課程修了後現職

Mail：takaya@kanagawa-u.ac.jp



やま ぐち かず お
山口 和夫 2号館239号室 内線2720
研究室→P57

職 名：教授・理学博士
専門分野：生物有機化学，高分子化学

略歴：東京工業大学大学院理工学研究科博士課程中途退学，東京工業大学工学部高分子工学科助手，神奈川大学理学部専任講師，助教授を経て現職

URL：http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/chemistry/prof06.html

Mail：kazu@kanagawa-u.ac.jp



なが い やす たか
永井 靖隆 2号館110号室 内線2558

職 名：教務技術職員・博士(工学)
専門分野：高分子材料物性

略歴：日本国有鉄道技術研究所(現在:財団法人鉄道総合技術研究所)，ニチアス(株)研究所を経て1993年から現職

Mail：yasutaka@kanagawa-u.ac.jp

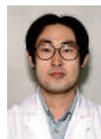


ちから いし のり こ
力石 紀子 2号館110号室 内線2568
研究室→P53 研究室→P57

職 名：助教・博士(理学)
専門分野：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

Mail：chikan01@kanagawa-u.ac.jp



よこ やま ひろし
横山 宙 NMR棟 内線2874

職 名：教務技術職員・理学修士
専門分野：無機合成

略歴：神奈川大学大学院理学研究科修士課程修了後現職



いじゅういん ひさこ 10号館106号室 内線2614
伊集院 久子
 職 名：光機能性材料研究所プロジェクト研究員・理学博士

専門分野：有機化学

略 歴：信州大学理学部化学科卒業，大阪市立大学大学院理学研究科博士課程修了，(助)相模中央化学研究所・石原産業(株)中央研究所・(株)富士レピオ中央研究所を経て現職

Mail : ijuuh-01@kanagawa-u.ac.jp



さかもと たけひこ 6号館106号室 内線2805
坂本 峻彦
 研究室→P55
 職 名：総合理学研究所研究員
 専門分野：触媒化学，物理化学

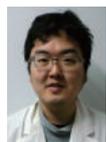
略歴：神奈川大学工学部応用化学科卒業，同大学院工学研究科応用化学専攻後期博士課程修了 2010年4月より現職



いとう みちこ 10号館106号室 内線2614
伊藤 倫子
 研究室→P57
 職 名：光機能性材料研究所プロジェクト研究員
 専門分野：有機化学，高分子化学

略歴：神奈川大学理学部化学科卒業，東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了，同大学院生命理工学研究科博士課程修了，(独)科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(CREST)，(独)物質・材料研究機構生体材料センターを経て現職

Mail : ds180299xp@kanagawa-u.ac.jp



ヤン インナン 2号館125号室 内線2543
嚴 寅男
 研究室→P48
 職 名：博士研究員・博士(環境科学)
 専門分野：錯体化学

略歴：日本大学文理学部化学科卒業，北海道大学大学院環境科学院博士前期・後期課程修了，2014年4月より現職



なか がわ せい こ 10号館107号室 内線2613
中川 清子
 研究室→P46
 職 名：総合理学研究所客員研究員
 専門分野：放射線化学

略歴：平成17年東京工業大学理工学系研究科博士課程修了，平成18年地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター



すず き けん たろう 2号館235号室 内線2716
鈴木 健太郎
 研究室→P50
 職 名：博士研究員・博士(理学)
 専門分野：有機物理化学，ソフトマター

略歴：総合研究大学院大学数物科学研究科修了，岡崎国立共同研究機構分子科学研究所研究員，東京大学大学院総合文化研究科研究拠点形成特任研究員，同助教，(株)マリア書房を経て現職



あべ たかひろ 12号館04号室 内線6202
阿部 孝宏
 研究室→P45
 職 名：プロジェクト研究員・博士(農学)
 専門分野：分子生物学，天然物化学，発酵生理学

略歴：京都大学大学院博士課程農学研究科修了，名古屋大学大学院理学研究科研究員，慶應義塾大学理工学部特別研究助教を経て現職



ムハマンド マスード バルベツ 6号館101B号室 内線2821
Md. Masud Parvez
 研究室→P49
 職 名：博士研究員・博士(工学)
 専門分野：高分子化学

略歴：ダッカ大学(バングラデッシュ)理学部卒業，豊橋技術科学大学院工学研究科で修士課程，博士課程修了，2013年12月から私立大学戦略的研究基盤形成支援事業博士研究員

Mail : masud.chdu@yahoo.com



やま だ かおる 1号館232号室 内線2236
山田 薫
 研究室→P45
 職 名：プロジェクト研究員・理学博士
 専門分野：天然物化学

略歴：お茶の水女子大学理学部化学科卒業，三菱化成工業(株)総合研究所，(助)相模中央化学研究所研究員，名古屋大学大学院理学研究科特任講師，慶應義塾大学理工学部特別研究助教を経て現職



まつ き ゆう すけ 2号館209号室 内線2572
松本 悠介
 研究室→P53
 職 名：私立大学戦略的研究基盤形成支援事業博士研究員・博士(理学)
 専門分野：錯体化学

略歴：神奈川大学大学院理学研究科博士前期課程修了，神奈川大学大学院理学研究科博士後期課程修了を経て現職



かわ かみ よし てる
川上 義輝 6号館101A号室 内線2820
研究室→P47

職 名：プロジェクト研究員・博士(理学)

専門分野：有機ケイ素化学

略歴：神奈川大学理学部化学科卒業,神奈川大学大学院理学研究科博士前期課程修了, 神奈川大学大学院理学研究科博士後期課程修了の後, 群馬大学工学部生物化学・応用化学博士研究員を経て現職

研究分野 生物分子科学、有機化学、天然物化学

研究テーマ 生物現象鍵物質、医薬リードの探索・開発

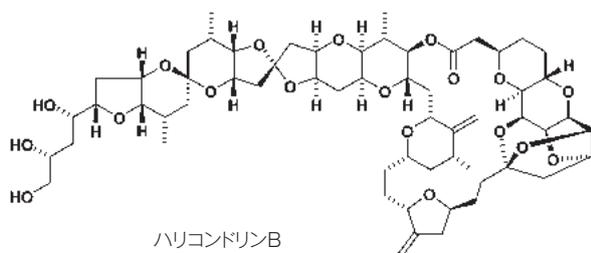
研究室構成員

上村 大輔 (特別招聘教授・教授)
阿部 孝宏 }
山田 薫 } (プロジェクト研究員)
渡部 多恵子 }

研究内容

自然界には人間の英知を遥かに凌駕する特異な化学構造の有機化合物が存在し、生物に対して切れ味鋭く作用します。このような天然有機化合物を研究対象にし、最前線の研究手段を駆使して深遠なる生命現象の理解を目指すとともに、基礎概念の構築を目的に研究を展開しています。わが国における天然物有機化学はこれまでも絶えず世界から注目されてきました。伝統的学問分野の中核として研究を進め、医薬リードとしての観点も加えて未来に向けての方向性を示したいと考えます。以下に私たちの研究を紹介します。

まず、腔腸動物由来の猛毒パリトキシンとクロイソカイメン由来の抗腫瘍性物質ハリコンドリノBを挙げます。パリトキシンの構造は、分子量 2680とこれまでになかった巨大有機分子として歴史に残っています。極めて特徴的な構造を持つハリコンドリノB (分子量 1110) は、その誘



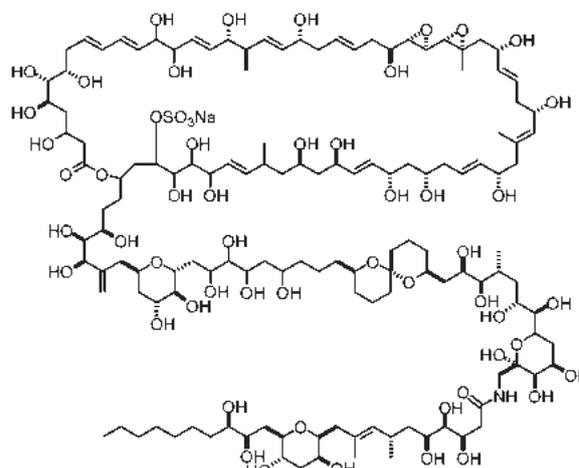
導体が新しい抗がん剤ハラヴェンとして認可されて注目が集まっています。今後も海洋生物由来の新規生物活性物質の探索は研究課題の一つです。

海洋生物由来の生物活性物質は極低濃度で顕著な生物活性を示しますが、実際に役立つためには物質供給量の問題が残っています。これらの物質は食物連鎖や共生による外因性代謝産物である場合が多く、真の生産生物の探索が重要であり、この方面からの研究も行っています。その一つとしてこれまでに、クロイソカイメンに共生するバクテリアのフォスミドライブラリーを創製しています。これを使って物質探索を試みる、遺伝子の有効活用を目指す挑戦的な課題です。

一方、陸生動物にも毒を持つものがありますが、哺乳類

で毒を持つものはモグラの仲間とカモノハシのみで極めて少なく、その解明が遅れていました。この麻酔性の毒を研究した結果、いずれもカリクレイン様のタンパクおよびペプチド分子であることが判りました。これらがなぜ毒として作用するのかについての研究を継続しています。

さらに、海洋生物に共生する渦鞭毛藻が産生する巨大炭素鎖有機分子シンビオジノライド (分子量2859) などの化学構造と生理機能について研究を進めています。これらの化合物では、血管新生の抑制や炎症性シグナル分子の活性



化など、新たなメカニズムに基づく生理機能が見つかっています。未だ断片的にしか判っていない自然界の創造物について総合的な研究を行い、医薬リードとしての価値を見出していきたいと考えます。

主要著書／論文

「生命科学への展開」(岩波書店、2006)

Exploratory research on bioactive natural products with a focus on biological phenomena, *Proc. Jpn. Acad., Ser. B* 86 (2010)

研究分野 クラスターとナノ粒子

研究テーマ 金属ナノ粒子の構造と電子スペクトル, 希ガスクラスターの分子動力学, 水素結合クラスターの赤外スペクトルと構造

研究室構成員

天野 力 (教授)

中川 清子 (総合理学研究所客員研究員)

峯岸 安津子 (神奈川大学研究員)

研究内容

クラスターは原子や分子が2個から100個程度寄り集まって形成される1つの塊です。構成粒子数が多い粒径がナノメートルの塊がナノ粒子です。何故そんなものを研究するかという理由を述べます。第1は物質の新しい存在の形態であるということです。分子がつくるクラスターは超分子と言えるかもしれません。第2は固体や液体は結晶を作る、超伝導を示すなど、様々な興味深い性質を示します。それらを理解するためには原子や分子に始まりクラスター、ナノ粒子を経由して固体や液体に至るという道筋をたどる必要があるということです。つまり、クラスター・ナノ粒子を研究することにより物質に関する人類の知識がより完全になるわけです。

以下に4つの研究テーマを述べます。

(1)水素結合により形成される水やアルコールのクラスターの種類と構造; 低温マトリックス単離法により生成したクラスターを赤外分光法により調べます。計算化学による構造の研究も併せて行います。

(2)分子動力学コンピュータシミュレーションによる希ガスおよび金属クラスター・ナノ粒子の構造; 特に構成粒子数の増加に伴うMackay二十面体と立方最密構造との構造の交叉を研究します。

(3)水溶液やポリマー中の金属クラスター・ナノ粒子のスペクトルと構造; 可視紫外分光法によるキャラクタリゼーション、電子顕微鏡を用いる粒径や分散状態や粒子の外形の測定、電子回折による構造の研究、特に粒子の大きさとの構造の関係を研究します。

(4)抗酸化性の定量化と理解; ESRを用いて生体内で酸化作用をもつラジカル (現在はヒドロキシルラジカル) と種々の分子の反応を調べます。物質の抗酸化性の厳密な定義や抗酸化能の加減などを考えます。また、抗酸化性の高い物質の探索も行います。

研究の方針

『単純なことを、基本的なことを愛す』、

『人生は長い』、

『求道』

指導方針

大学で学ばなければならないのは個々の知識よりも、問題解決法です。問題解決能力を育てなければなりません。学習を自立的に継続してやらないとそれが育たないまま社会に出て、後で困ることになります。与えられた問題を自分の問題としてとらえ、解決のための計画を立て、実行、評価する人間を育てます。

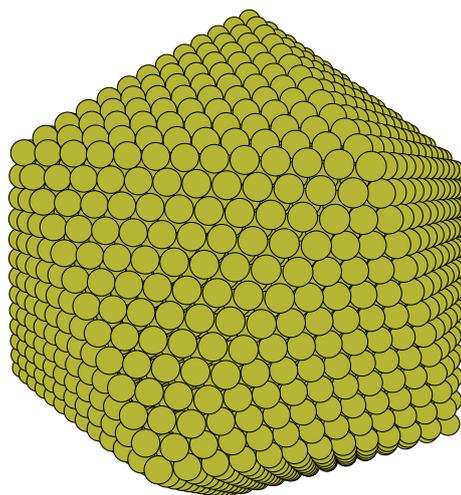


図1 原子数5215の正20面体銀クラスター

主要著書/論文

「化学の扉」(朝倉書店, 2000)

Theoretical signal-to-noise ratio in stochastic excitation (Rev. Sci. Instrum., 1985)

Linearity in Optical Absorption Spectra and Gold-Silver Alloy Colloidal Particles in Epoxy Resin (J. Colloid Interface Sci., 2001)

Molecular dynamics on silver cluster structures (J. Molecular Structure: THEOCHEM 2009)

研究分野 有機ケイ素化学、フラーレン化学

研究テーマ 炭素骨格をケイ素で置換した有機ケイ素化合物を合成しその特異な構造や反応性を解析さらには理論計算によりその理由を明らかにすることを研究テーマとしている。

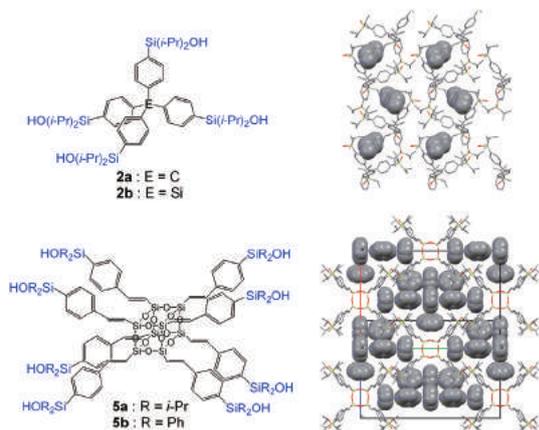
研究室構成員

加部 義夫 (教授)

研究内容

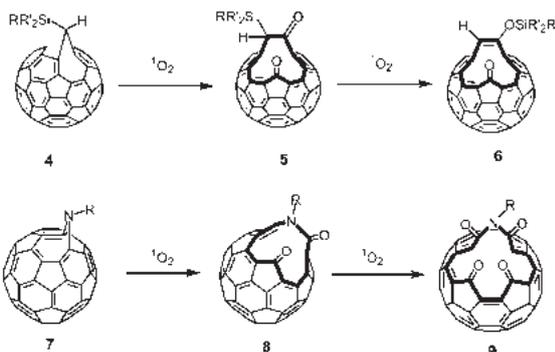
1. ナノスケール含ケイ素超分子の合成

末端にシラノールを置換したテトラフェニルメタンおよびシラン(1a,b)は、結晶中でアダマンタン型の水素結合ネットワークを形成し、その細孔に選択的に炭化水素を包摂することを見出した。一方アルコキシシラン類のアミン存在下での縮合でオルガノシルセスキオキサンが良好な収率で生成することを見出し¹⁾ p-シラノール置換スチリル誘導体(2a,b)を合成したところ、結晶中で水素結合ネットワークを形成し、ベンゼンを18、または23分子を包摂する巨大な空孔を形成することが示された²⁾。



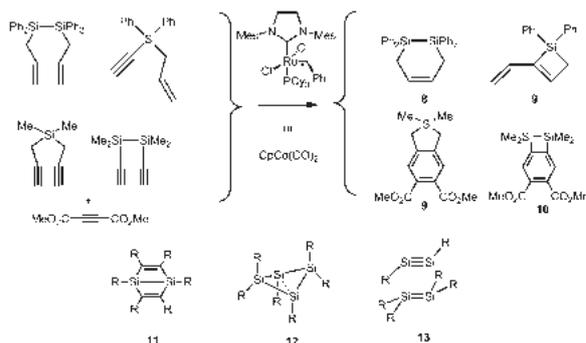
2. フラーレン骨格変換反応の開発

シリルフレロイド(3)の一重項酸素酸化でシリルエノールエーテルを有する穴あきフラーレン(5)が生成し、アザフレロイド(6)³⁾の一重項酸素酸化では二重酸化された穴あきフラーレン(8)が生成することを見出している⁴⁾。これら穴あきフラーレン(5,7,8)の反応性の検討、さらに内包フラーレンの合成に挑戦している。



3. ケイ素化合物合成のための触媒反応の開発

ビニル、アリル、エチニルプロパルギルシランなどのGrubbs触媒によるメタセシス反応やCo触媒によるアセチ



レンとの[2+2+2]環化三量化反応により、環状ケイ素化合物の形成を見出している。この反応を用いて小員環状ケイ素化合物(9,10)の合成に挑戦している。

4. 理論的に興味あるケイ素分子の合成と理論計算

含ケイ素芳香族化合物の原子価異性体(11)や含ケイ素ビシクロ[1.1.0]化合物などの結合伸長異性体(12)、さらには含ケイ素多重結合化合物(13)などの理論的に興味を持たれるケイ素分子についてその合成と理論計算を検討している。

5. 参考文献

- 1) Y. Kawakami, K. Yamaguchi, T. Yokozawa, T. Serizawa, M. Hasegawa, Y. Kabe, *Chem. Lett.* **2007**, 36, 792-793.
- 2) Y. Kawakami, Y. Sakuma, T. Wakuda, T. Nakai, M. Shirasaka, Y. Kabe, *Organometallics*, **2010**, 29, 3281-3288.
- 3) H. Hachiya, T. Kakuta, M. Takami, Y. Kabe, *J. Organomet. Chem.* **2009**, 694, 630-636.
- 4) H. Hachiya, Y. Kabe, *Chem. Lett.* **2009**, 38, 372-373.

主要著書/論文

Highly Reactive Small-ring Monosilacycles and Medium-ring Oligosilacycles (John-Wiley, Patai Series, The Chemistry of Organic Silicon Compounds, vol 2 (3), p2401-2461, 1998)

研究分野 無機化学, 錯体化学

研究テーマ 酸化還元活性な金属錯体の合成, 水の光分解のための錯体触媒の開発, 酵素類似機能を有する金属錯体の開発

研究室構成員

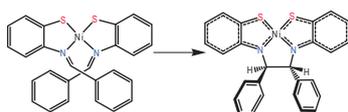
川本 達也 (教授)

巖 寅男 (PD)

研究内容

1. 含硫シッフ塩基金属錯体における新奇な反応

有機分子の反応性は金属イオンに配位することによって変化することが多く、そのために金属錯体においては予期しない反応がしばしば起こります。私たちの研究対象であるベンゾチアゾリン類から導かれる硫黄を配位原子とするシッフ塩基金属錯体においてもいくつか予想外の反応が見出されました。下図に示した反応はそのひとつであり、含硫シッフ塩基ニッケル錯体をトルエンに溶かすだけでイミノ炭素同士が結合を生じ、その結果、結合状態を一義的に書き表せない、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。

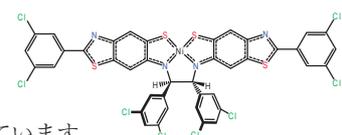


ノンイノセントな配位子を有する錯体は金属を中心とした骨格部分に π 電子が非局在化することにより特異な性質を示します。そのひとつが近赤外領域に現れる非常に強い吸収帯であり、近赤外線吸収色素への応用が考えられます。また、二電子が関与する三つの酸化状態を安定にとりうる酸化還元活性な性質もこの錯体の重要な特徴です。

2. 広がった π 系を有する金属錯体の開発

これは(1)の研究において見出された反応に基づいて、物質としての価値を高める目的で行ったものです。 N_2S_2 タイプのノンイノセントな配位子を有する一連のニッケル錯体の研究において、より広がった π 系を有する錯体を合成しました(下図)。この錯体は平面性の高い構造を有しており、さらに分子同士がしっかりと重なり合うことで、単一分子でありながら伝導性を示します。したがって、この錯体は近赤外線吸収色素であるとともに伝導体であり、2つの物性を兼ね備えた化合物といえます。

現在、このような酸化還元活性な錯体を触媒として用いた水の光分解反応の研究を行っています。



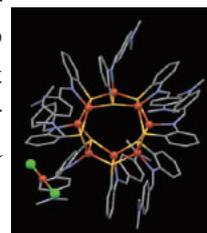
3. 発光性シッフ塩基金属錯体の研究

(1)の研究と同様にベンゾチアゾリン類を用いて、中心金属をニッケルから亜鉛およびカドミウムに置き換えたシッフ塩基金属錯体を合成した場合には発光性を示す化合物が得られます。亜鉛錯体は側鎖上の置換基に関係なく単核の四配位四面体構造をとりますが、カドミウム錯体では置換

基に依存して亜鉛錯体と同様な単核構造と五配位の二核構造をとります。発光性は亜鉛およびカドミウム錯体ともによく似た傾向を示し、置換基によってその発光挙動は変化します。なお、発光の原因は配位子上に拡がった π 電子にあると考えられ、発光波長と置換基の電子的性質は密接に関係します。

4. 新規環状銅錯体の研究

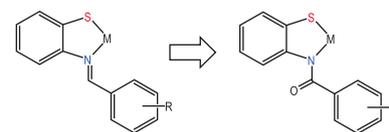
ベンゾチアゾリン類を用いて銅錯体を合成した場合には、硫黄架橋環状八核錯体が得られます(下図)。この錯体も(1)で得られたノンイノセントな配位子を有する錯体と同様に三つの酸化状態を安定にとりうる酸化還元活性な化合物です。それらのうちの+2価種はジラジカルな電子状態にあり、また、その吸収挙動もノンイノセントな配位子を有する錯体の0価種とよく類似し、近赤外領域に非常に強い吸収帯を示します。しかしながら、それらの要因はニッケル錯体のものとは全く異なり、環状銅錯体は銅原子8個と硫黄原子8個から成る骨格部分にその要因があると考えられます。このことから、この錯体はノンイノセントな金属錯体と呼ぶことができます。



この錯体については、現在、銅タンパク質との類似性について研究を進めています。

5. 含硫アミド配位子を有する金属錯体の研究

硫黄を配位原子として含むアミド配位子を有する金属錯体の研究はこれまであまり行われていません。そこで、含硫シッフ塩基と類似の骨格構造をもつアミド配位子(下図)を用いてパラジウム錯体の合成を試みました。その結果、アミド窒素が配位したものと配位していないものを、合成条件によって作り分けることに成功しました。現在、各種金属イオンにて含硫アミド錯体の合成を行っています。



主要著書/論文

Square-Planar $N_2S_2Ni^{II}$ Complexes with an Extended π -Conjugated System (Inorg. Chem. 2007)

Reversible Conversion of Electronic Structures in a Cyclic Octacopper Complex (Chem. Eur. J. 2008)

Chirality transfer based on reversible C-C bond formation / breaking in nickel (II) complexes (Chem. Commun. 2013)

研究分野 生物有機化学から高分子化学まで

研究テーマ 官能基相互作用を利用した分子システム・分子触媒、有機合成反応の開発、酸化分解性高分子材料の開発

研究室構成員

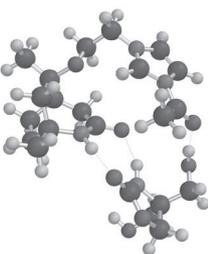
木原 伸浩 (教授)

Md. Masud Parvez (博士研究員)

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、空間的に適切に官能基を配置すれば、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。



今年度の具体的な研究テーマ

- アミドの水素結合を利用した不斉反応場の開発
- 一方向移動可能なロタキサン分子モーターの開発
- 水素結合を利用した位置選択的Diels-Alder反応触媒の構築

分子認識

体の中で起こっている反応は全て分子のやり取りで調節されています。それを支えているのは分子認識の精密さです。必要な官能基を空間的に適切に配置させれば、それに対応する分子が精密に認識できるのです。私たちは、新しい分子認識部位を開発し、有機分子を認識する研究をしています。複雑な分子を認識するためには高度に官能基化された認識場を構築しなければなりません、それには多くの困難が伴います。そこで、分子インプリント法やライブラリー法など、分子認識部位を簡単に作り上げる新しい方法も研究しています。

今年度の具体的な研究テーマ

- ペプチドライブラリーによるエステル加水分解触媒の開発
- 大環状スルホキシイミン構造を持つアミド認識場の構築
- 酸-塩基協調作用を持つ有機触媒の開発
- Nicholas 反応を用いたロタキサンの合成

有機合成

複雑な分子システムの合成を支えるのは有機合成の力です。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することで、有用な新しい有機合成反応の開発を行っています。開発された反応は新しい分子システムの構築に利用され、また、新しい分子システムの開発に必要な反応は自分たちで開発していきます。環状構造だけから成るポリマーであるポリカテナンの合成に向けて

の取り組みも重要な研究テーマです。

今年度の具体的な研究テーマ

- ポリカテナンの合成研究
- 選択的ラジカル脱保護反応の開発
- ClO₂を用いた新規酸化反応の開発
- ジヒドロピリジンによるラジカル還元反応の開発
- N₂Oを用いた新規窒素化反応の開発
- Ga(I)を用いた新規還元反応の開発

酸化分解性材料

有機合成の研究テーマから、酸化分解性材料という新しい研究テーマが育ってきました。空気中では安定ですが、酸化剤の作用によって、まるでスイッチを入れたように、ばらばらに壊れてしまうようなポリマーです。酸化分解性を利用すると、望むタイミングで分解できる材料が作れるため、分解性接着剤、分解性塗料など、様々な応用が期待されています。

今年度の具体的な研究テーマ

- 酸化分解性ポリマーのミクロ相分離
- ウレタン系酸化分解性ポリマーの開発
- 酸化分解性エポキシ樹脂の開発
- 酸化分解性無機ポリマーの開発
- 酸化分解性架橋高分子材料の開発
- 酸化分解をトリガーとする自己分解型ポリマーの開発
- ジアシルヒドラジンの酸化分解触媒の開発

主要著書/論文

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

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

Oxidative Coupling Polymerization of Bishydrazide for the Synthesis of Poly(diacylhydrazine): Oxidative Preparation of Oxidatively Degradable Polymer, *J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem.*, **2012**, *50*, 4230-4238.

Rapid and Efficient Acylative Active Transport on a Rotaxane, *Asian J. Org. Chem.*, **2015**, *4*, 1056-1064

Acylative Uni-Directional Transport on Level Periodic Potential Surface Using a Rotaxane Platform with a Isopropylidene Separator, *Chem. Lett.*, **2015**, *44*, 1428-1430.

研究分野 有機物理化学・ソフトマター

研究テーマ ベシクル型人工細胞の研究・後天的に機能獲得する分子素子

研究室構成員

菅原 正 (教授)
 鈴木 健太郎 (博士研究員)
 畠 いづみ (補佐員)

研究内容

広い意味で21世紀は、自然科学の総力を挙げ、「生命とは何か」を解明する世紀といえるかも知れない。当研究室では、分子システムをつくるという化学からのアプローチでその課題に挑戦すると共に、そこで得た新しい概念(自己生産・自己修復、自律性、可塑性など)を用いて新しい機能性物質、分子素子を実現する研究を展開している。

1. ベシクル型人工細胞

細胞は、生命を構築する最小単位である。我々は、細胞がもつ生命現象に必要な機能の中でも特に「自己生産能」に注目し、このような特性を示す分子システムの構築を行っている(図1)。膜分子生産の触媒となる分子を担持させたコンパートメントとしてのベシクルに、膜分子前駆体を添加すると、ベシクル界面で膜生産反応が進行し、ベシクルは肥大し分裂する。新たに生じたベシクルは、元と同じ組成を持つことから、この過程は自己生産に相当し、細胞の持つ特性の一つが実現できたといえる。さらに、このシステムに「情報複製」という機能を付与するために、情報分子であるDNAをベシクル内酵素反応により増幅する条件を確立し、両者を組み合わせることで、DNAの複製と、ベシクルの自己生産が連携した人工細胞を実現した[1]。さらに、涸渇した基質をベシクル輸送で補給することが可能となり、繰り返し自己生産する人工細胞が構築された。この回帰性のある人工細胞には、原始的ではあるが4つの相からなる細胞周期が存在し、精細胞との類似性がある(図1)[2]。現在、遺伝子型としてのDNAと表現型としての自己増幅能とに相関のある「進化する人工細胞」の創出を目指している。

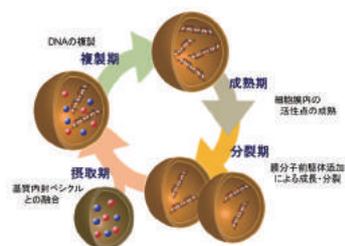


図1:ベシクル型人工細胞のライフサイクル

2. 後天的に機能を獲得する分子素子

分子性材料からなるFET(電場効果トランジスタ)素子には、「バイアスストレス効果」といって、バイアス(ゲート電圧)と逆符号を持つキャリアが構造緩和し、さらに周

囲の分子によって安定化され移動性を失う現象が見られる。我々はこの現象を逆に利用して、素子にバイアス電位を記憶させる方法を確立した。ドナー・アクセプター性を併せ持つ両極性分子(TCT4Q)を用いて、FET素子を作製し、外部からソース、ドレインに特定の電圧を印加することで、試料内にp型/n型接合を刷り込み、ダイオードやトランジスタ特性をもたせることに成功した(図2)[3]。すなわち、外部からの刺激を記憶する性質(可塑性)で、後天的に機能を獲得したといえる。現在、金ナノ粒子で連結されたワイヤー分子を用いて、このような性質を備えた分子性回路の構築を目指している。

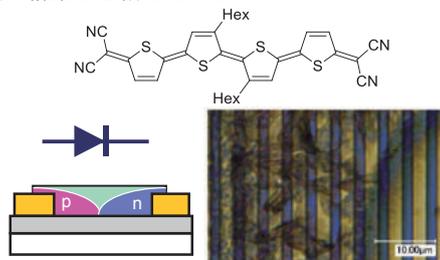


図2:テトラシアノテトラチエノキノイド(TCT4Q)、FET素子から育成された分子ダイオード(左)、金製梯形基板上的TCT4Q微結晶)

3. 参考文献

- 1) Self-reproduction of Supramolecular Giant Vesicles Combined with the Amplification of Encapsulated DNA, *Nature Chem.* 3, 775-781 (2011).
- 2) A Recursive Vesicle-based Model Protocell with a Primitive Model Cell Cycle, *Nature Commun.* 6, 8352 (2015)
- 3) A Programmable Single-Component Diode Based on an Ambipolar OFET, *Pure Appl. Chem.* 84, 979-989 (2012)

主要著書/論文

- 現代生物科学入門9「合成生物学」第三章(岩波書店, 2010)
- 分子科学の挑戦—可塑的応答・自律運動・自己生ずる超分子システム, *Mol. Sci.* A0033 (2010)
- Interplay between Magnetism and Conductivity Derived from Spin-polarized Donor Radicals, *Chem. Soc. Rev.* 40, 3105-3118 (2011)
- Molecule-based system with coexisting conductivity and magnetism and without magnetic inorganic ions, *Phys. Rev. B* 77 195208 (2008) [Editors' suggestion]
- A Novel System of Self-Reproducing Giant Vesicles, *J. Am. Chem. Soc.* 125, 8134-8140 (2003)

研究分野 有機合成化学、有機金属化学、典型元素科学、物理有機化学

研究テーマ 新しい有機合成反応の開発、軽元素から成る機能性有機分子の創製、分子構造の制御による機能性発現

研究室構成員

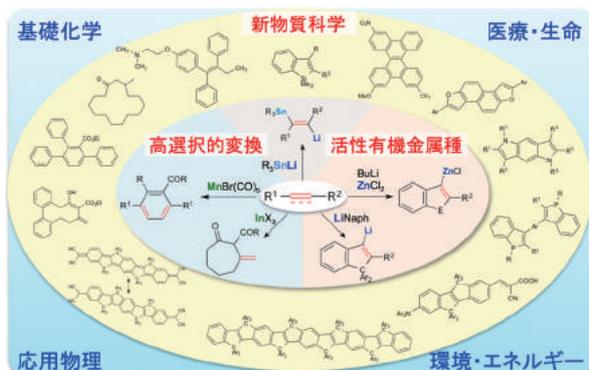
辻 勇人 (教授)

研究内容

化学反応は物質を創り出す原点です。当研究室では、金属を利用した新しい有機合成反応の開発と、新反応を利用した機能性有機分子の創製を2本の柱としています。

1. 新しい有機合成反応の開発：金属の活用

金属を上手く活用することで、分子内の結合を選択的に切断・形成することができるようになります。これまでに我々は、亜鉛・スズなどの典型金属や、マンガンなど遷移金属を使った新反応を開発し、炭素骨格や複素環骨格の構築への応用や、多分野への波及効果が見込まれる新しい機能性有機分子の創製も展開しています(文献1)。最近では、曲がった π 電子骨格の新しい合成法の開発と、非化石資源を原料とする機能性物質の創製研究に注目しています。



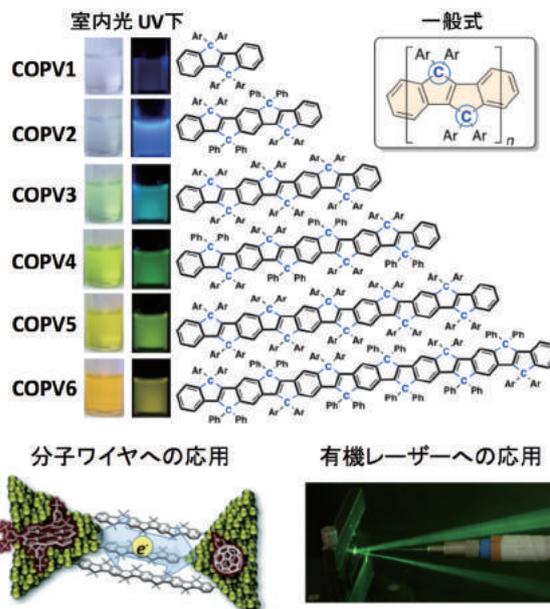
2. 機能性有機分子の創製：ユビキタス元素の利用と分子構造の制御

優れた機能を示す材料には、希少元素や毒性の高い元素がしばしば用いられており、資源の埋蔵量やコスト、環境や生体への影響の懸念という観点から、そのような元素の使用量の削減や代替材料の開発が求められています。そこで当研究室では、炭素・酸素・窒素等の豊富に遍在する(ユビキタスな)軽元素を使った代替材料の開発を目指し、分子構造の制御という方法に注目しています。実際これまでに、 σ および π 電子共役系分子の構造制御によって、元素が持つポテンシャルを引き出し、高い機能性を実現することに成功しています。

例えば、「COPV」と名付けた、剛直な平面はしご形分子構造をもつ新物質を開発し(文献2)、高速電子輸送が可能な分子ワイヤとしての機能や、高効率・長寿命レーザー発光材料としての機能を見出してきました(文献3,4)。な

お、これらの応用研究は、国内外の様々な分野との研究者との共同研究によって行われたものです。このような有機合成を起点とした分野横断型の研究を今後も行っていきたいと考えています。

炭素架橋オリゴフェニレンビニレン(COPV)



主要著書/論文

- 1) Synthetic Strategy for Multisubstituted Fused Furan Compounds using Main Group Metal Reagents (Invited Account), H. Tsuji, L. Ilies, E. Nakamura, *Synlett* **2014**, 25, 2099.
- 2) Carbon-Bridged Oligo(phenylenevinylene): Stable π -Systems with High Responsiveness to Doping and Excitation, X. Zhu, H. Tsuji, J. T. López Navarrete, J. Casado, E. Nakamura, *J. Am. Chem. Soc.* **2012** *134*, 19254.
- 3) Electron Transfer through Rigid Organic Molecular Wires Enhanced by Electronic and Electron-vibration Coupling, J. Sukegawa, C. Schubert, X. Zhu, H. Tsuji, D. M. Guldi, E. Nakamura, *Nature Chem.* **2014**, *6*, 899.
- 4) Carbon-bridged Oligo(p-phenylenevinylene) for Photostable and Broadly Tunable, Solution-Processable Thin Film Organic Lasers, M. Morales-Vidal, P. G. Boj, J. M. Villalvilla, J. A. Quintana, Q. Yan, N.-T. Lin, X. Zhu, N. Ruangsapapichat, J. Casado, H. Tsuji, E. Nakamura, M. A. Diaz-García, *Nature Commun.* **2015**, *6*, 8458.

西本右子研究室

研究室 2号館208号室 (内線2526)

教員室 2号館230号室 (内線2239)

<http://www.chem.kanagawa-u.ac.jp/nishimoto/index.htm>

研究分野 分析化学、環境分析化学

研究テーマ 生活に密着した試料を中心に、広く環境を視野に入れた分析化学の研究を行っている。主な対象は水と空気。出土銭などの考古試料も扱っている。

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”をスローガンに以下の4テーマを中心に研究を進めている。

- (1) 水溶液の構造と機能に関する研究
- (2) 住環境、水試料を中心とした環境試料の分析及び分析法に関する研究
- (3) 劣化試料としての出土試料の分析
- (4) 熱分析の測定法と応用に関する研究

水試料では環境に優しい水といわれる電解酸性水や磁気処理水、超音波処理・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。環境水と同程度の塩濃度である数十ミリモルのNaCl水溶液やKCl水溶液では100mT程度の弱い磁気処理によってOHラジカルが生成し、*E. Coli*に対する抗菌作用がみられることがわかってきた。また同様の水溶液から調製した電解水では有効塩素の作用によって殺菌効果を示すが、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としてきた。最近では殺菌メカニズムを明らかにすることを目的としてアミノ酸及びペプチドとの相互作用の研究を行っている。

環境水では温泉水の流入による影響で河川水中のFやBの濃度が問題視されている。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さらにイオン付着型質量分析による評価法がほぼ定まってきている。VOC成分の脱離過程の分析にはスキマーインターフェースを利用したイオン付着型の質量分析法が最適であることがわかってきた。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。

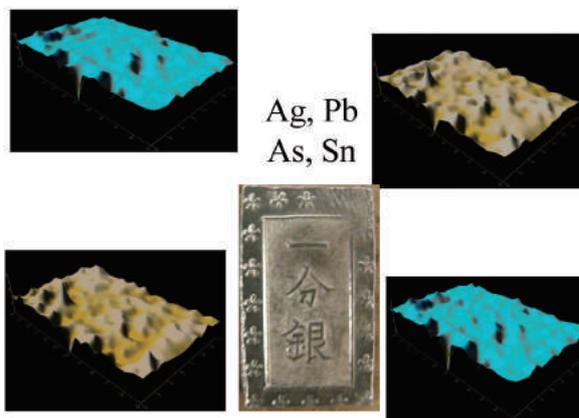
出土銭は千枚以上のまとまった試料が出土することが多いことから、試料によっては破壊分析も行える。また最近では考古分野の研究者の間でも正確な情報を得るには破壊分析が必要と認識されるようになってきている。これらの試料は一般に劣化が進んでおり、試料内が不均一である。銅銭、銀銭を中心に試料内部の濃度分布に着目した元素分

析を行っている。その結果、分布傾向が類似した元素があることなどがわかってきた。

熱分析は破壊分析ではあるが、状態分析の一手法として元素情報だけでは得られない有用な情報が得られることが多い。新しい手法のみならず温度域や測定手法によってはさらなる条件検討によって、応用面での展開が期待される。共同研究者が開発したEGA-IA MSはその代表例といえる。前述のVOC吸着材の脱着過程の評価に加えて、高分子物質の熱分解過程の研究もはじめた。さらに加熱ゲル中の水の状態分析法として低温領域のDSCによる共晶の融解過程を用いる手法を提案し、粘弾性やゲル中の水のNMR、近赤外領域の測定とあわせて検討を進めている。

主要著書/論文

- 1) これだけ! 分析化学(秀和システム)(2015)
- 2) 天然砥石の種類・産地推定法に関する一考察 - 溜池遺跡出土砥石(鳴滝砥)の成分分析結果 -, 古代文化研究, **22**, 75-85(2014)
- 3) Analysis of Water State and Gelation of Methylcellulose Thermo-reversible Hydrogels by Thermal Analysis and NMR, *Analytical Sciences*, **31**, 929-934(2015)
- 4) 4種のアミノ酸とグルタチオンに対する次亜塩素酸の作用と殺菌効果, 防菌防黴誌, **39**, (11) 673-678(2011)
- 5) Current Status and Application of Woodceramics Made from Biomass, *Trans. Mat. Res. Soc. Japan*, **38**, 191-194 (2013)



研究分野 無機化学

研究テーマ 第4族元素(Ti, Zr, Hf)含有ポリ酸塩の合成と触媒設計, 貴金属錯体の合成と抗菌作用および構造活性相関, ポリ酸アニオンと貴金属クラスターカチオンによるクラスター間化合物の形成と分子構造および結晶構造

研究室構成員

野宮 健司 (教授)
力石 紀子 (助教)
松永 諭 (特別助教)
松木 悠介 (博士研究員)

研究内容

当研究室では無機系のモノづくり(錯体合成)を二つの研究プロジェクト(① HPA (Heteropoly Acid) プロジェクトと② BIN (Bioinorganic Chemistry) プロジェクト)として行っている。HPAプロジェクトは、タングステン(Ⅵ)やモリブデン(Ⅵ)の酸化物クラスターであるポリ酸塩(polyoxometalate)と呼ばれる分子性無機化合物の化学である。八面体や四面体の組み合わせからなる多様な多核構造を利用した合成化学を展開し、環境化学に対応できる新しい酸触媒、酸化触媒および光酸化触媒の設計などを研究している。最近では、分子中に多数のチタン(Ⅳ)原子を含むポリ酸塩ベースの巨大無機分子(分子量~16000)や超強酸性を示す固体プロトン酸やオレフィンのエポキシ化に高い活性を示すハフニウム(Ⅳ)/ジルコニウム(Ⅳ)含有ポリ酸塩触媒の合成などを行っている。また、有機官能基を結合させたポリ酸塩ベースの無機-有機ハイブリッド化合物の合成も行っている。

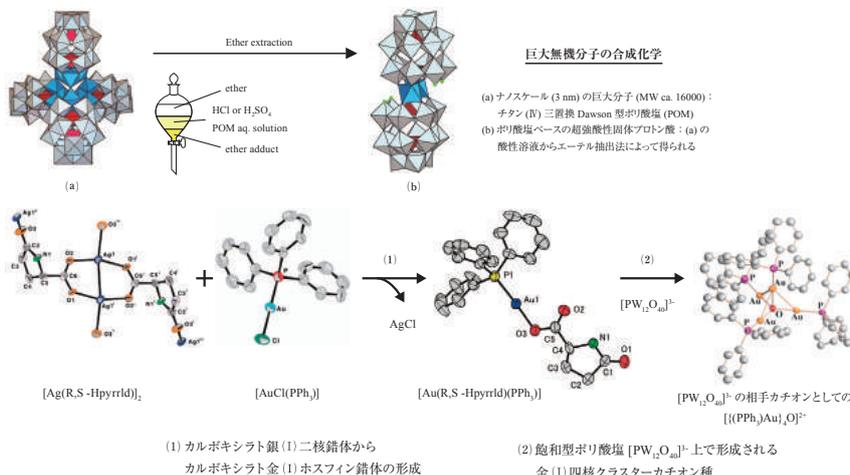
BINプロジェクトは生理・薬理活性を示す金属錯体の合成プロジェクトであり、「貴金属錯体による抗菌作用の制御と構造活性相関」がメインテーマである。複素環カルボン酸配位子によって形成される光に安定で水溶性のカルボキシラト銀(Ⅰ)二核錯体は、優れた抗菌作用を示すだけでなく、従来の銀(Ⅰ)試薬(酸化銀や硝酸銀など)に代わる新しい銀(Ⅰ)の試薬として利用できる。この二核錯体から金(Ⅰ)/カルボン酸/ホスフィン系の珍しい錯体が誘導される。

また、HPA-BINジョイントプロジェクトとして、ポリ酸アニオンとホスファン金(Ⅰ)クラスターカチオンからなる新しいクラスター間化合物の合成および有機変換反応の触媒作用が研究されている。

Keyword: 無機化学、錯体化学、合成、ポリ酸塩(ポリオキソメタレート)、無機-有機ハイブリッド、(酸、酸化、光酸化)触媒作用、貴金属錯体、抗菌作用、構造活性相関

主要著書/論文

- (1) Two types of tetranuclear phosphane-gold(I) cations as dimers of dinuclear units, $[(Au)_2P(p-RPh)_3]_2(\mu-OH)_2^{2+}$ (R = Me, F), synthesized by polyoxometalate-mediated clusterization (*Dalton Trans.*, 2013, **42**, 11418-11425)
- (2) Tetranuclear Hafnium(IV) and Zirconium(IV) Cationic Complexes Sandwiched between Two Di-Lacunary Species of α -Keggin Polyoxometalates: Lewis Acid Catalysis of the Mukaiyama-Aldol Reaction (*Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 2013, **86**, 800-812)
- (3) Zirconium(IV)- and Hafnium(IV)-Containing Polyoxometalates as Oxidation precatalysts: Homogeneous Catalytic Epoxidation of Cyclooctene with Hydrogen Peroxide (*J. Mol. Catal. A: Chem.*, 2014, **394**, 224-231)
- (4) Synthesis, structure and antimicrobial activities of polymeric and non-polymeric silver and other metal complexes in: Polymeric Materials with Antimicrobial Activity From Synthesis to Applications, (*RSC book*, 2014, Chapter 7, 156-207)
- (5) Synthesis and Molecular Structure of a Water-Soluble, Dimeric Tri-Titanium(IV)-Substituted Wells-Dawson Polyoxometalate Containing Two Bridging $(C_5Me_5)Rh^{2+}$ Groups (*Inorg. Chem.*, 2015, **54**, 11105-11113)



研究分野 物理化学・光化学

研究テーマ 芳香族化合物の溶液中の光物理過程, 光化学初期過程, 液体のダイナミクス, 相転移と形態発生

研究室構成員

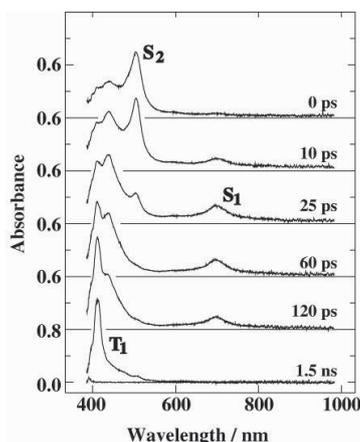
平田 善則 (教授)

研究内容

多くの有用な化学反応は溶液中で行われ、溶液中でしか起こらない反応も知られている。こうした溶液反応の特徴を解明するには反応する溶質の周囲の溶媒のミクロな構造を知るとともに溶質—溶媒相互作用を明らかにする必要がある。こうした観点から、芳香族化合物の溶液中の光イオン化、光誘起電子移動、光解離とラジカル再結合等、光で開始される種々の反応、緩和過程とそれに関与する励起状態・短寿命中間体の動的挙動を、主としてピコ秒・フェムト秒時間分解吸収、蛍光、電流、およびナノ秒時間分解電子スピン共鳴測定により研究してきた。

イオン化電位の低い芳香族ジアミン類の高極性溶媒中の光イオン化では、多数の溶媒の協同現象、広範囲にわたる相関を持った運動により電子放出、イオン対生成が起こることをあきらかにした。また、芳香族ジアミン—酸無水物系のアルコール中の電子移動により生成するラジカルイオン対のeprスペクトルを測定し、顕著に観測される二種のスピン分極過程—三重項機構とラジカル対機構—の寄与とジアミンの蛍光消光過程の濃度効果の関連を詳細に調べた。これにより、従来あまり考慮されていなかった錯体生成の重要性を明らかにするとともに、電子移動過程とスピンダイナミクスの関係を解明した。

現在、力を入れている研究としては、ジフェニルアセチレン(DPA)の光物理過程の解明、および分子動力学シミュレーションによる相転移と形態発生の研究の二つがある。ピコ秒時間分解吸収スペクトルからわかるように、DPAでは通常芳香族化合物と異なり二つの励起一重項状態が観測され、 $S_2 \rightarrow S_1$ 遷移に顕著な温度効果が観測される等の特異的な挙動が明らかになった。



DPAのピコ秒時間分解吸収スペクトル。超寿命の三重項(T_1)の他に二つの励起一重項状態(S_2, S_1)が見える。

市販のDPAには不純物として $trans$ -スチルベン(t -ST)が1%程度含まれ、これを除くことは容易ではない。DPAの励起状態の寿命は短いため、低濃度の溶液では不純物の影響は顕著ではないが、結晶では非常に速いエネルギー移動の結果、DPAの蛍光はほとんど観測されず、 t -STの蛍光のみが観測される。また、ポリビニルアルコール(PVA)に微量のDPAを溶解した系でも、溶液中と異なり t -STの蛍光が非常に強く観測される。この結果は、DPAが必ず t -STを含むような大きな会合体としてPVAに溶けることを示唆しており、蛍光スペクトルの濃度効果からエネルギー移動機構、会合数の評価を行っている。

後者は単純な分子(原子)の凝固、凝縮、昇華(気体→固体)を計算機シミュレーションにより明らかにしようとするものである。ここで考えている過程は全てエントロピーの減少を伴うもので、'rare event'であるため分子動力学シミュレーションでは扱いにくい系である。最近の計算機の進歩には目覚ましいものがあり、以前には行えなかった大規模(数万分子、マイクロ秒)な計算が可能になってはいるが、このようなシミュレーションでも十分な知見を得ることは容易ではない。しかし、相転移は重要な課題であるため、これまでも多くの研究者により研究が行われ、大きな過冷却条件下ではかなりのことが明らかにされている。我々はさらに進んで、より実測の過冷却度に近い条件で相転移の核となる比較的小さなクラスターの性格、特にその生成、消滅の速度定数を調べ、反応の遷移状態に相当する臨界核とその周囲の構造、核生成過程に対応する反応座標に関する知見を得ることを目的とした研究を行っている。

主要著書/論文

Electron Photoejection and Related Phenomena in Solutions-Ultrafast Laser Photolysis Studies (Prog. Reaction Kinetics, 18, 273, 1993)

Photoionization and Ion Pair Formation of N,N -Diethyl- p -phenylenediamine in Various Polar Solvents (Bull. Chem. Soc. Jpn. 77, 2173, 2004)

Molecular dynamics simulation of the vapour→liquid transition of argon and the reaction coordinate of condensation (Mol. Phys. 108, 3383, 2010)

研究分野 環境化学、環境保全技術

研究テーマ 環境有害・負荷物質の分解・無害化、再資源化反応の開発

研究室構成員

堀 久男 (教授)

坂本 峻彦 (研究員)

研究内容

産業界や私たちの生活に必要な一方で、環境中に放出された場合に悪い影響を与える恐れがある物質について、無害なものまで分解し、さらに資源として再利用する環境技術の開発に取り組んでいます。

長年取り組んできたのは炭素とフッ素から形成される有機フッ素化合物 (ポリマーも含む) の分解です。この物質は耐熱性や耐薬品性等の優れた性質を持つため多くの産業で使われています。中でもペルフルオロカルボン酸類(PFCA類、 $C_nF_{2n+1}COOH$, $n = 1, 2, \dots$) やペルフルオロアルキルスルホン酸類 (PFAS類、 $C_nF_{2n+1}SO_3H$)、およびそれらの誘導体は表面処理剤等の構成成分として用いられてきました。ところが2000年頃から一部の化合物が環境水や生物中に蓄積していることが報告されるようになりました。これらは炭素・フッ素結合から成り立っているため極めて安定で、従来の水中有害物質の処理方法 (促進酸化法等) は適用できません。

このような有機フッ素化合物を低エネルギーコストでフッ化物イオン (F^-) まで分解できる反応技術を研究しています。 F^- まで分解すれば、カルシウムイオン (Ca^{2+}) との反応でフッ化カルシウム (CaF_2) となり、 CaF_2 は有機フッ素化合物の原料ですので再資源化も可能となります (図)。以下にこれまでに開発した方法の代表例を紹介します。



図 フッ素資源の循環利用スキーム

1. 光反応システム

水中のPFCA類は汎用の酸化チタン光触媒ではほとんど分解しませんが、我々は錯体光触媒[PW₁₂O₄₀]³⁻を用いることでF⁻とCO₂まで完全に分解させることに成功しました。実験は光反応装置 (写真) にPFCA類と[PW₁₂O₄₀]³⁻を含む水溶液を入れ、酸素雰囲気下で紫外・可視光を照射することで行ないました。この方法はPFCA類の光触媒分解に成功した世界初の例です。さらに迅速にPFCA類を分解する



写真 耐フッ素性光反応装置

ためにペルオキシ二硫酸イオン ($S_2O_8^{2-}$) を用いた方法も開発しました。これは、酸化力が非常に強い硫酸イオンラジカルの作用でPFCA類を分解するという方法です。

2. 亜臨界水反応システム

PFAS類や関連物質については亜臨界水中で分解させることを検討しました。その結果、鉄粉や酸化鉄(II)を用いると効果的に分解できることが分かりました。臨界点(374 °C、22.1 MPa) を超える温度・圧力の状態は超臨界水と呼ばれますが、臨界点よりもやや低い温度領域にある高压の水 (液体) が亜臨界水です。反応は耐圧容器に試料を入れ、250~350 °Cにすることで行いました。純粋な亜臨界水中ではPFAS類の濃度はほとんど減少しませんが、鉄粉等を入れた場合にPFAS類は迅速に分解し、F⁻が高収率で生成しました。この方法で様々なエネルギーデバイスに用いられているペルフルオロスルホン酸ポリマーや、フッ素系イオン液体、さらには近年になって環境影響が懸念されている過塩素酸イオン (ClO_4^-) の分解にも成功しました。最近の研究の対象を新しい環境リスク懸念物質や水中からの希少金属の回収まで拡大し、ニューヨーク州立大学やモンペリエ国立研究所(フランス)と共同で研究しています。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。

主要著書/論文

「国内外におけるPFOS/PFOAの最新規制動向と対応策」(技術情報協会、2008)

Efficient decomposition of perfluorocarboxylic acids and alternative fluorochemical surfactants in hot water (Environ. Sci. Technol., 2008, 42, 7438-7443)

Decomposition of perfluorinated ionic liquid anions to fluoride ions in subcritical and supercritical water with iron-based reducing agents (Ind. Eng. Chem. Res., 2013, 52, 13622-13628)

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、ONIOM分子動力学法・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

量子化学計算の最大の魅力は、原子・分子のシミュレーションが容易にでき自然科学の本質に迫ることができることです。自然現象の原点には分子の構造や性質が深く関与しており、自然現象を分子レベルで捉える計算化学を通じて実感することができます。また、計算化学は量子力学を基礎にした解析によって分子の機能や反応の予測・設計が可能です。

当研究室では、気相系や液相系、低分子から高分子まであらゆる自然現象を対象とし、分子の構造・機能・反応の量子化学計算による解析と理論設計、また解析手法の開発、新たな分子理論の提唱と応用を行っています。以下に、最近の研究を紹介します。

1. 実在反応系の理論設計

最近では、実験結果をほぼ再現できるまでに、量子化学計算の計算精度が向上し、様々な研究分野でなくてはならない解析手段の一つになっています。しかし、問題なのは、計算時間です。計算時間は原子数の3-4乗で増加するため、計算できる分子サイズは限られます。そこで、大規模分子を計算するための量子化学計算法が近年開発されています。我々が開発したONIOM法もその一つです。ONIOM法は、量子化学的(QM)手法と分子力学(MM)法を組み合わせることで、生体高分子のような大規模分子を量子化学的に計算することを可能にしました。分子を分割しそれぞれの層に適したレベルで計算するので、合理的に計算でき計算精度は落ちません。これまでのQM/MMハイブリッド法よりも簡単な計算で高い精度が得られます。ONIOM法を用いれば、例えば、酵素の活性部位の構造や環境、またその中で反応がどのように起きているのか、実在系の情報を得ることができます。

使用済みプラスチックの廃棄が環境破壊につながる大きな社会問題となっている中で、使用后、自然界の分解酵素によって水と二酸化炭素に分解され“自然に還る”生分解性プラスチックが注目を集めています。我々は、(独)酒類総合研究所の研究チームによって報告された酵母から生産されるクチナーゼ様酵素(CLE)がなぜこれまで知られていた分解酵素よりも生分解性プラスチックを分解する能力が高いのか、活性部位のアミノ酸残基に注目し突然変異体を理論的に設計することで明らかにしました。また、ミツバチのローヤルゼリーがエストロゲン様作用を示すことはよく知られていますが、その理由は、ローヤルゼリーの

中に含まれる脂肪酸がエストロゲン受容体と結合するためだと考えられます。脂肪酸とエストロゲン受容体との結合構造、結合エネルギーを解析し、どの脂肪酸が薬理作用発現のために重要な役割を果たしているのかを明らかにしました。このように、実験的に困難な解析も計算化学では容易にできますし、予測や設計も可能です。

2. ONIOM分子動力学法の開発と応用

我々は、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。ONIOM分子動力学法はONIOM法の長所をそのまま継承しているため、大規模分子を量子化学的に記述できしかも原子の熱運動を考慮できる量子分子動力学法です。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る点で優れています。ONIOM分子動力学法を抗癌剤が体内で活性化され抗悪性腫瘍効果を持つ物質に変換される過程で重要な役割を果たすことから注目されている酵素、シチジンデアミナーゼに応用し、水溶液中の実在酵素の脱アミノ化反応の分子動力学シミュレーションに成功しました。反応を実際の熱運動の中で視覚的に捉えられたことで、実験家にも有用な情報を与えると期待されます。このONIOM分子動力学法をさらに発展させる研究を行っています。

3. 新規分子理論の開発と応用

ONIOM分子動力学法を酵素に応用することで、周囲のアミノ酸残基の熱運動による強い摂動を受け活性部位と結合した基質の構造およびエネルギーの揺らぎが増大することが明らかになってきました。このような基質の揺らぎの増大は、通常、温度の上昇によって起こる現象であり、酵素が高い反応活性をもつ理由と関連していると考えられます。実際我々は、エネルギーの揺らぎと温度の関係を理論式によって明らかにしました。これによって、酵素の環境の効果が高い触媒反応活性に寄与していることが示唆されました。このような効果を考慮できる新たな化学反応速度論の構築に取り組んでいます。酵素の反応活性に寄与している新たな因子を解明することで、酵素の作用機構の解明とそれを応用した創薬に貢献できると期待されます。

主要著書/論文

Charles T. Collett and Christopher D. Robson 編、Handbook of Computational Chemistry Research, Nova Science Publishers, New York (2009).

日本化学会編、第5版 実験化学講座 12巻 計算化学、丸善(2004).

研究分野 超分子の合成と機能

研究テーマ 有機、無機複合体の合成と構造解析、感光性分子集合体の開発、感光性表面修飾材の開発

研究室構成員

山口 和夫 (教授)

力石 紀子 (助教)

中浜 精一 (光機能材料研究所プロジェクト研究員)

伊藤 倫子 (光機能材料研究所プロジェクト研究員)

研究内容

当研究室では、次世代のエレクトロニクスやバイオテクノロジーへの応用を目指した超分子の研究を行っている。対象としている超分子は、1) 有機化合物と無機化合物の複合体、2) 光分解性基で連結された両親媒性ブロック共重合体から形成されるポリマーミセルやポリマーソームなどの感光性分子集合体、3) 光分解性基を含むシランカップリング剤やチオールなどの表面修飾剤が基板表面に形成する感光性自己組織化単分子膜、である。以下3つのテーマについて、具体的に紹介する。

1. 有機化合物と無機化合物の複合体

光分解性基を利用して種々の官能基を導入したナノスケールのサイコロ型分子である有機ケイ素化合物を合成し、ポリマー等と複合体を形成させ、耐熱性など機能を付加した超分子の構築を目指す。(図1)

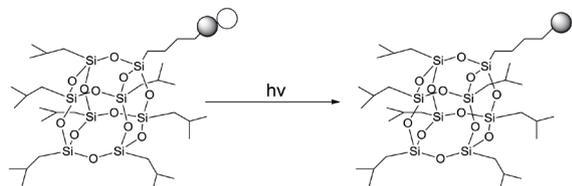


図1. 官能基を導入した有機ケイ素化合物の合成

また、光分解性基として広く用いられている2-ニトロベンジル基の感度を上げるため、光分解反応によって生じる化合物の同定や反応機構の解明を行う。(図2)

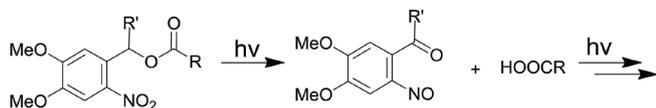


図2. 2-ニトロベンジルエステルの光分解反応

2. 分子集合体

光分解性基で連結された両親媒性ブロック共重合体の合成法を開発し、これらから得られるポリマーミセルやポリマーソームなどの分子集合体を形成させる。ブロック共重合体の合成では、現在知られている最新の重合法やカップリング反応を積極的に利用している。ポリマーミセルやポリマーソームは、内部に脂溶性あるいは水溶性の薬剤を封

入できるマイクロカプセルである。この分子集合体に光を当てると構造が崩壊し、マイクロカプセル内部に封入していた物質が放出される(図3)。これらを用いた光応答性ドラッグデリバリーシステムとしての実用化も目指している。また、結晶性と非晶性成分からなる光分解性ブロック共重合体を合成し、マイクロ相分離構造を形成し、光照射に伴うその構造変化を明らかにしていく。

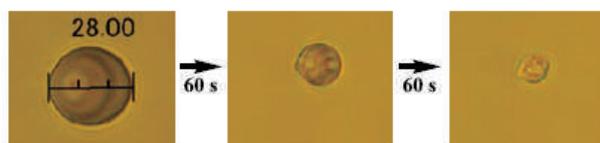


図3. ブロック共重合体のポリマーソームの光分解

3. 自己組織化単分子膜

光分解性基を持つ新規の表面修飾剤と半導体製造技術を用いて、シリカゲル、シリコンウェハ、金などの無機材料の表面を修飾することにより、新しい機能を持つ材料を開発する。フォトマスクを用いた光照射によりカルボン酸、アミン、アルコール、チオール、スルホン酸などを特定の場所に導入する技術をすでに確立した(図4)。これらの技術をマイクロチップ、DNAチップ、細胞培養の新規材料などとしての実用化を目指した研究を進めている。また、有機薄膜半導体の製造プロセスへの応用も検討している。

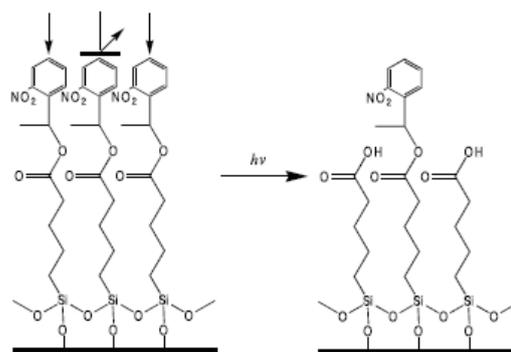


図4. 光分解性表面修飾剤による光バターンニング

主要著書/論文

有機化学演習 (岩波書店, 2001)、シランカップリング剤の効果と使用法—全面改訂版 第8章第4節「光応答性シランカップリング剤と応用」(S&T出版, 2012)、

Dynamic Substrate Based on Photocleavable Poly(ethylene glycol): Zeta Potential Determines the Capability of Geometrical Cell Confinement (Langmuir, 2013)

生物科学科

学科主任からのメッセージ

教授 井上和仁

ポストゲノム時代になり、生物科学は非常に幅広い領域をカバーするようになりました。再生医療、食糧・エネルギー、環境保全など生物科学に関わる分野はめざましい勢いで進展しています。拡大と発展を遂げている生物科学の最先端を学ぶためには、まず、その基本を修得する必要があります。生物科学には生物に共通する統一性(Unity)と、数百万種におよぶ生物の多様性(Diversity)という二つの視点があります。これらは生物科学を織り成す縦糸と横糸であって、両者の理解が不可欠です。そのために本学科では分子・細胞レベルから個体・集団レベルまで、生物科学を体系的に学修できる幅広い授業科目を用意しています。また、現代の広い生物科学に対応できるように、スタッフと設備を整えて基礎的な分野から先端的な分野まで多彩な研究にも取り組んできました。大学院との緊密な連携、神奈川大学総合理学研究所との協力推進、ハイテク・リサーチ・センターやプロジェクト研究所の設置など研究環境の整備と研究プロジェクトの推進にも務めています。

本学科の教育・研究方針に関する特色を紹介します。一つ目は、現代の生物科学が扱っている幅広い課題に対応できるように、生命現象の階層性に対応した三つの専門分野を設置していることです。

(A) 分子生物学分野

生化学や分子生物学のように分子の性質に基づいて生命現象を理解しようとする学問分野です。

(B) 細胞生物学分野

細胞生物学のように細胞の構造と性質に基礎を置いて生物を理解しようとする学問分野です。

(C) 集団生物学分野

生態学のように生物集団とその環境が作り上げる生物圏を対象とする学問分野です。

二つ目の特色は、少人数クラス(1クラス20名程度)での密度の濃い教育です。全学部共通で行う初年度教育(FYS)に引き続き、生物科学科独自の演習科目として2年次には生物科学演習A(分子生物学分野)、生物科学演習B(細胞生物学分野)、生物学科学演習C(集団生物学分野)が設置されていて、各専門分野の学修に必要な基礎を固めます。さらに、3年次には、4年次での卒業研究の実施に備えて、各自が配属される卒業研究予定教員別に実施される総合生物学演習が設置されています。総合生物学演習では、卒業研究に必要な基礎知識、英語文献読解力、研究室におけるマナーなどをみっちり叩き込まれます。最終学年である4年次の卒業研究では、1年間をかけて各自の研究テーマで卒業研究を行います。そこで研究に伴う感動と苦しみ、そして創造することの喜びを味わってもらいます。



生物科学領域について

領域主任 小笠原 強

生物科学は、基礎的な生物学を中核に、医学、薬学、農学、工学など、生命にかかわるあらゆる応用分野を包括する総合的な科学です。近年の遺伝子操作技術、細胞操作技術（2012年ノーベル生理学賞のiPS細胞の作製など）、細胞内標識技術（2009年ノーベル化学賞）などの発達により著しい広がりを見せている生物科学分野において、学部四年間で学べる範囲には限りがあることから、勉学意欲に溢れる学生には大学院への進学を勧めています。

生物科学領域では生物学の素養をさらに高めるための教育と研究を行い、柔軟な思考力と基礎的技術を身につけて社会を支える人材を育成しています。さらに博士後期課程では、研究・教育の分野で日本の生物科学分野の推進を担える人材の育成を目指しています。生物科学領域には、現在十二の研究室があり、各研究室は生命の階層性に基いて「分子生物学」、「細胞生物学」、「集団生物学」の三つの分野に所属して研究・教育を行っています。

大学院生に対する経済的な支援も積極的に行っています。生物科学領域には「私立大学戦略的研究基盤支援事業」や「科学研究費補助金」などの競争的資金を獲得している教員がいます。生物科学領域の大学院生の中には、これらの教員の研究プロジェクトにリサーチ・アシスタント(RA)や研究協力者として参画し、最新の研究に従事しながら経済的支援を受けている学生もいます。また、日本学生支援

機構の奨学金や神奈川大学独自の奨学金を受給している学生もたくさんいます。

入学者は筆記試験（生物学、英語の二科目）と口述試験により厳正に選抜していますが、学部での成績が優秀な学生には筆記試験を免除する特別選考制度があります。

大学院入学後には希望する指導教授の研究室で研究活動を行い、あわせて理学専攻の共通科目や生物科学領域の専門科目を受講します。大学院講義は、年度ごとに分野のバランスに配慮した約十科目が開講され、自由に選択できます。さらに、毎年必ず学外の非常勤講師による授業を開講し、専任教員が得意としない分野も網羅できるようにしています。このようにして、さまざまな分野で、学部の教育内容よりさらに専門的に学習できるように、教育課程が編成されています。

研究活動においては、入学後すぐに研究計画書を提出し、その後は指導教授に加えて二名のアドバイザー教員の指導のもとで二年間研究を行います。研究成果は、全教員の揃う中間報告会での報告、学会大会での発表などを経て、最終的に修士論文にまとめます。修士論文の評価は公聴会と口述試験によります。

生物科学領域博士前期課程修了者の進路には、本領域博士後期課程への進学、他大学大学院博士後期課程への進学、中学・高校の教員、一般企業への就職などがあります。後期課程修了者の進路には、一般企業への就職の他、大学での教員や研究員としての就職などがあります。



構成員紹介



おおひら つよし 2号館214号室、2号館240号室
内線2530、2721 研究室→P65

職名：准教授・博士(農学)

専門分野：分子内分泌学，動物生理学

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，助教を経て現職

URL：http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/biological/prof14.html



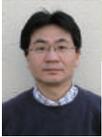
かなざわ けんいち 6号館223号室 内線2847
研究室→P72

職名：教授・理学博士

専門分野：進化生物学，機能形態学，古生物学

略歴：京都大学大学院理学研究科地質学鉱物学専攻博士課程修了，日本学術振興会特別研究員，ドイツ・ヴェルツブルク大学古生物学教室客員研究員，東京大学総合研究博物館客員研究員，神奈川大学理学部助教授・准教授を経て現職

URL：http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/biological/prof02.html



あつみ よしたか 2号館216号室 内線2700
研究室→P68

職名：准教授・農学博士

専門分野：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，助教を経て現職

URL：http://www.bio.kanagawa-u.ac.jp/AdumiHP/index.html



いずみ すすむ 2号館246号室 内線2727
研究室→P64

職名：教授・理学博士

専門分野：生化学，分子生物学，昆虫生理生化学

略歴：東京都立大学大学院理学研究科生物学専攻博士課程修了，東京都立大学理学部助手，東京都立大学理学研究科助教授，首都大学東京都市教養学部理工学系助教授を経て現職

URL：http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/biological/prof11.html



こたに すすむ 2号館243号室 内線2724
研究室→P63

職名：教授・理学博士

専門分野：生物化学，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，日本学術振興会特別研究員，九州工業大学情報工学部助教授を経て現職

URL：http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/biological/prof08.html



いのうえ かずひと 2号館241号室 内線2241
研究室→P66

職名：教授・理学博士

専門分野：植物生理学，微生物学，分子生物学，生化学

略歴：早稲田大学大学院理工学研究科博士課程修了(理学博士)，神奈川大学理学部助手，同専任講師，同助教授を経て現職。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。神奈川大学プロジェクト研究所光合成水素生産研究所所長

URL：http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/biological/prof03.html



すずき よしひろ 6号館218号室 内線2842
研究室→P74

職名：准教授・博士(理学)

専門分野：植物生態学

略歴：東京大学大学院理学系研究科植物学専攻博士課程修了，学術振興会特別研究員，(財)地球環境産業技術研究機構研究員，神奈川大学理学部助手，専任講師を経て現職

URL：http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/biological/prof04.html



おがさわら つよし 2号館247号室 内線2728
研究室→P71

職名：教授・水産学博士

専門分野：動物(魚類)生理学

略歴：北海道大学大学院水産学研究科博士課程修了，東京大学海洋研究所助手，神奈川大学理学部専任講師，助教授を経て現職

URL：http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/biological/prof10.html



とよいづみ りゅうじ 2号館244号室 内線2725
研究室→P67

職名：准教授・博士(理学)

専門分野：脊椎動物の発生生物学，形態学

略歴：東京大学理学系研究科生物科学専攻博士課程中退，神奈川大学理学部生物科学科助手，助教を経て現職

URL：http://www.bio.kanagawa-u.ac.jp/detail/id55.html



はしもと はるき
箸本 春樹 2号館242号室 内線2723
研究室→P73

職 名：教授・理学博士
専門分野：細胞生物学, 植物形態学, 植物進化系統学

略歴：東京大学大学院理学系研究科植物学専攻博士課程単位取得の上退学, 東京大学教養学部助手, 同助教授, 東京大学大学院総合文化研究科准教授を経て現職



おおわだ まさと
大和田 正人 6号館109号室 内線2808
研究室→P69

職 名：教務技術職員・博士(理学)
専門分野：進化生物学(貝類)

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



ひの あきや
日野 晶也 6号館123号室 内線2813
研究室→P69

職 名：教授・理学博士
専門分野：分子発生学

略歴：早稲田大学大学院理工学研究科応用物理学専攻中退, 早稲田大学理学博士取得, 名古屋大学理学部助手, 神奈川大学専任講師, 助教授を経て現職

URL : <http://professor.kanagawa-u.ac.jp/sci/biological/prof01.html>



しらき まり
白木 麻里 2号館213,249号室 内線2529, 2730
研究室→P66

職 名：教務技術職員
専門分野：生化学

略歴：学習院大学理学部化学科卒業, 現職

URL : <http://www.bio.kanagawa-u.ac.jp/detail/id62.html>



まるた えみこ
丸田 恵美子 6号館222号室 内線2726
研究室→P70

職 名：教授・理学博士
専門分野：植物生態学

略歴：東京大学大学院理学系研究科植物学専攻博士課程単位取得退学, 東京大学理学部助手, 気象庁海洋気象部調査官, 慶応義塾大学助教授, 東邦大学助教授, 教授, 東京農業大学嘱託教授を経て現職



つるおか しんや
鶴岡 慎哉 2号館249号室 内線2730
研究室→P67

職 名：教務技術職員・修士(理学)
専門分野：動物生理学

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



あだち たけし
安達 健 2号館114号室、2号館125号室
内線2523 研究室→P64

職 名：特別助教・博士(理学)
専門分野：神経生物学, 分子遺伝学

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, 現職

URL : <http://www.bio.kanagawa-u.ac.jp/detail/id171.html>



いちかわ きみこ
市川 貴美子 2号館274,114-1号室 内線2728,2513
研究室→P71

職 名：非常勤講師, 総合理学研究所客員研究員・修士(理学)

専門分野：行動・個体生理学(魚類)

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



ふじた みさと
藤田 深里 2号館249号室 内線2730
研究室→P71

職 名：特別助教, 博士(理学)
専門分野：発生生物学, 血管生物学

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



かわい しのぶ
河合 忍 6号館123号室 内線2813
研究室→P69

職 名：非常勤講師, 総合理学研究所客員研究員・博士(理学)

専門分野：細胞生物学, 発生生物学

略歴：東邦大学卒, 神奈川大学大学院後期博士課程修了, 理学部教務補佐を経て現職



きたしま まさはる
北島 正治 2号館213号室 内線2529
 研究室→P66

職名：非常勤講師，総合理学研究所客員研究員・博士（理学）

専門分野：光生物学的水素生産，極域に生息する微生物の生理生態

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，現職



さいとう
齊藤 礼弥 6号館111A号室 内線2823
 研究室→P72

職名：非常勤講師，総合理学研究所客員研究員・博士（理学）

専門分野：進化生物学，動物生態学

略歴：神奈川大学大学院理学研究科生物科学専攻博士後期課程修了，現職



ながしま さきこ
永島 咲子 2号館241号室 内線2529
 研究室→P66

職名：非常勤講師，総合理学研究所客員研究員・博士（理学）

専門分野：生化学，分子生物学

略歴：東京都立大学大学院理学研究科生物学専攻博士課程満期退学，現職，首都大学東京大学院理工学研究科生命科学専攻特任助教



やまぐち としゆき
山口 寿之 6号館111A号室 内線2823
 研究室→P72

職名：非常勤講師・理学博士

専門分野：系統分類学，生物系統地理学，進化生物学

略歴：東京大学大学院理学研究科修了，東京大学助手（海洋研究所，理学部），千葉大学助教授，教授（理学部，海洋バイオシステム研究センター，理学部，大学院理学研究科），神奈川大学教授を経て現職



わかやま のりお
若山 典央 6号館111A号室 内線2823
 研究室→P72

職名：非常勤講師，総合理学研究所客員研究員・博士（生命科学）

専門分野：進化生物学

略歴：東北大学大学院生命科学専攻博士後期課程修了，現職

研究分野 生物科学, 分子生物学, 細胞生物学

研究テーマ 細胞骨格蛋白質の構造と機能

研究室構成員

小谷 享 (教授)

研究内容

真核細胞の細胞内にはミトコンドリアや小胞体などの細胞小器官が存在することはよく知られているが、通常これらの小器官は細胞質を占める液体(細胞質ゾル)の中におかぶか浮いているイメージで捉えられることが多い。今でも一部の高校教科書には「細胞質のなにもない部分を基質と言う」などとの記載も見られる。しかしながら、この「なにもない」場所には繊維状の構造物が存在することが1960年代から主張されはじめ、顕微鏡技術の発達した1980年代には、この部分には「なにもない」どころか数種の繊維状構造物がざっしりと張り巡らされており、細胞小器官はその網目の中に捉えられた状態で存在していることが明らかになった。この繊維状構造物を総称して細胞骨格と呼ぶ。細胞骨格は全ての真核細胞の細胞質に存在しており、文字どおり「骨格」として細胞の形を決める他、細胞小器官の配置決めや細胞内物質輸送も行い、生命の維持に不可欠な構造物である。細胞骨格は微小管、微小繊維、中間径繊維の三種に大別される。いずれもサブユニット蛋白質が非共有結合によって集合した細長い構造体である点は共通点するが、詳細な構造や機能はそれぞれ全く異なる。

三種の細胞骨格のうち、我々は微小管に特に注目している。微小管は間期細胞では細胞の中心から放射状に伸長している。一方、細胞分裂時には細胞質微小管は一旦消失し、染色体を輸送するための紡錘体微小管が新たに形成される。細胞内で動的に形成消失が繰り返されることは他の細胞骨格成分とは異なる微小管の顕著な特徴である。微小管を分子レベルで見ると、9割以上の含有量を占める分子量約5万のチューブリンと、それ以外のさまざまな微量蛋白質に分けられる。微小管の基本となる環状構造をチューブリンが構成する一方、微量成分はその表面に結合する修飾蛋白質として、微小管の形成消失や微小管依存の細胞内物質輸送を制御し、微小管が生物機能を発揮するのを助けると考えられる。

我々の主な研究対象は修飾蛋白質のうちの微小管結合蛋白質と呼ばれる微小管制御因子である。これは微小管の形成消失に特に重要な働きをすると考えられているが、その詳細には今でも不明な点が多い。現在よく知られている微小管結合蛋白質は四種類あり、このうちで我々の研究で主に用いるのはMAP4である。ウシのMAP4はもと我々の研究室で発見され、我々は現在に至るまで20年以上MAP4に関して先駆的な研究を続けている。

細胞骨格に対する興味はいくつもの段階に分けて考えることが出来るので、当研究室の主な取り組みを箇条書きで示す。

(生命現象と微小管) 我々は現在鉄の細胞内輸送に注目している。鉄は生物に極めて重要な微量元素であり、酸素呼吸、光合成、DNA合成などの基本的な生物機能に関わっているが、一方で、

鉄の強い酸化力は生物に有害のため、細胞内での鉄の代謝は極めて厳重に制御されている。この鉄イオンの制御に関わるもっとも重要な蛋白質フェリチンが微小管と相互作用することを、我々は最近明らかにした。「細胞内の鉄イオン量は、鉄イオンを結合したフェリチンが微小管にそって細胞内を移動することにより制御される」という仮説をもとに、培養細胞内のフェリチンの微小管依存細胞内輸送を解析している。

(微小管の形成消失) 細胞周期に依存した形成消失は微小管の役割を考える上で特に重要な性質である。我々はMAP4による微小管形成促進過程を中心に、この問題に取り組んでいる。MAP4は分子量10万以上の大きな蛋白質であるが、微小管の形成消失に関与する部分はその一部であることを我々はすでに明らかにしている。現在は、微小管形成活性に必要な部分のみを遺伝子操作で作製し、その部分がいかんして完全な微小管を形成して行くのかを試験管内で解析する一方で、蛍光標識したMAP4を培養細胞に注入して生きた細胞内での動態を経時的に解析している。

(細胞骨格蛋白質の分子遺伝学) MAP4は哺乳類細胞には広く存在している。これは他のよく知られた微小管結合蛋白質が特定の細胞や組織に偏在しているのとは対照的である。このことからMAP4は微小管結合蛋白質の中でも祖先的な分子ではないかと考えられる。さまざまな生物のゲノムが明らかになって来ているので、MAP4を主な材料として微小管結合蛋白質の進化の過程を明らかに出来るのではないかと考え、現在遺伝子解析に取り組んでいる。また、MAP4遺伝子は一つの生物に一つしかないにも拘わらず、選択的スプライシングという機構によって複数種のMAP4分子を同一生物内に発現することが分っている。選択的スプライシングは、真核細胞の遺伝的多様性の要因として最近特に注目されている。我々はこの現象について、分子遺伝学的側面(どのようにして異なるMAP4の発現が制御されているのか)と蛋白質化学的側面(配列が微妙に異なるMAP4アイソフォーム間では機能はどう違うのか)の両面から解析を進めている。

(細胞骨格蛋白質の構造生物学) 細胞骨格蛋白質は一般に物理化学的構造解析に不向きとされており、酵素などと比較した場合、これまでに三次元構造解析がなされた例は極めて少ない。我々はずで二十年前ほど前にこの分野で先駆的な業績を挙げており、最近これに新たな工夫を加えて、微小管結合蛋白質の微小管結合領域の全三次元構造を解明するという取り組みをはじめている。

主要著書/論文

Distinct neuronal localization of microtubule-associated protein 4 in the mammalian brain *Neurosci. Lett*, 2010

「The number of repeat sequences in MAP 4 affects the microtubule surface properties」*J. Biol. Chem.*, 2003

「理科系の日本語表現技法」朝倉書店, 1999

研究分野 生化学、分子生物学、昆虫生理学、遺伝学

研究テーマ 昆虫および線虫の各種生理機能に関する遺伝学・生化学・分子生物学的解析

研究室構成員

泉 進 (教授)

安達 健 (特別助教)

研究内容

昆虫の中樞神経系におけるアセチルコリン合成酵素に関する研究

神経は動物において発達した高度な情報伝達組織です。神経の構成単位であるニューロンは受容体に入力された刺激より発火して、その信号の伝達および情報処理をしています。ニューロン間での伝達様式の違いにより神経の種類を区別しています。アセチルコリンは、生物種を超え広く保存されている神経伝達物質であり、昆虫では中樞神経系における神経伝達に関わっています。アセチルコリンを神経伝達物質に利用する神経では、コリンアセチル基転移酵素 (ChAT) によりアセチルコリンが合成されます。本研究室では、鱗翅目昆虫であるカイコを実験材料として、カイコ生体内におけるコリン作動性神経の分布状況を解析しています。また、発生段階におけるコリン作動性神経網の変化を明らかにすることを目的として、ChAT遺伝子の神経特異的な遺伝子発現調節機構についても解析を進めています。

幼若ホルモンによる遺伝子発現制御機構の解析

昆虫の幼若ホルモン (JH) は変態や性成熟、休眠等の昆虫特異的な生命現象の調節に関わる重要なホルモンです。JHは他の脂溶性シグナル因子と同様、細胞膜を透過して細胞内に入り、核内受容体を介してJH応答遺伝子の発現を制御していると考えられています。本研究室ではこれまでに、カイコ終齢 (5 齢) 幼虫の脂肪体 (脊椎動物の肝臓に相当する器官) で特異的に発現する主要体液タンパク質遺伝子群が、4 齢期まではJHにより抑制されており、この発現抑制にはホメオタンパク質のPBXが関与していることを明らかにしてきました。現在、JHによる遺伝子発現調節の普遍的機構を解明することを目的として、PBXと相互作用する遺伝子調節タンパク質やその他JH関連転写因子の解析を進めています。

脂肪体培養系を用いた研究

カイコの脂肪体を緩やかに解離してキチン線維培養基盤を用いることで脂肪体組織を長期間培養することができるようになりました。この培養系を用いて上記JHや脱皮ホルモンであるエクジソンが脂肪体の遺伝子発現に及ぼす影響を細胞生物学的ならびに免疫組織化学的に調べています。また、in vivoで観察される脂肪体細胞の遺伝子発現パ

ターンは培養脂肪体細胞が培養器の表面に付着して初めて再現されます。細胞接着と遺伝子発現の関連についても解析する予定です。

昆虫の表皮構築に関する研究

昆虫の表皮は表皮細胞とクチクラから構成されており、個体の形態を維持するとともに、免疫の最前線としても機能しています。クチクラは主にキチンとそれに強固に結合するタンパク質から成り、完全変態昆虫ではクチクラの構造が変態過程を通じて著しく変化します。この構造変化にはクチクラタンパク質の質的变化ならびにラッカーゼ型フェノール酸化酵素 (ラッカーゼ) によるクチクラ硬化機構の様式変化が大きく寄与しています。本研究室ではクチクラタンパク質のキチン認識配列を明らかにするとともに、この配列が節足動物のクチクラタンパク質の一次構造中に種を越えて広く保存されていることを明らかにしてきました。現在、鱗翅目昆虫のカイコを材料にして研究を進めています。

線虫を用いた繊毛の形成機構と機能の解析

モデル生物である線虫 *Caenorhabditis elegans* の感覚神経細胞の先端にある繊毛は、味覚や嗅覚に必須の役割を果たし、高等動物の繊毛に類似した機能を持ちます。実験的に扱い易い線虫を材料として、繊毛の形成機構、繊毛病の分子機構、線虫の腎臓様器官の機能について解析する予定です。

主著書/論文

- 1) 「Molecular cloning and characterization of cholinergic gene locus in the silkworm *Bombyx mori*.」 (Comparative Biochemistry and Physiology, Part B 2015, 185, 1-9)
- 2) 「Reversal of Salt Preference is Directed by the Insulin/PI3K and Gq/PKC Signaling in *Caenorhabditis elegans*.」 (Genetics, 2010, 186, 1309-1319)
- 3) 「Female-specific wing degeneration is triggered by ecdysteroid in cultures of wing discs from the bagworm moth, *Eumeta variegata* (Insecta: Lepidoptera, Psychidae).」 (Cell Tissue Res., 2008, 333, 169-173.)
- 4) 「Repressive JH response element in the 5'-flanking DNA of the *Bombyx* major plasma protein gene.」 (Insect Biochem. Mol. Biol., 2005, 35, 217-229)

研究分野 動物生理学、分子内分泌学

研究テーマ エビやカニなどの甲殻類の成長、生殖、性分化を制御するペプチドホルモンに関する研究、甲殻類の成熟機構の解明

研究室構成員

大平 剛 (准教授)

研究内容

甲殻類の眼柄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を目柄と呼びます。この目柄内にはX器官と呼ばれる神経分泌細胞群が存在し、そこで様々な生理作用を担う神経ホルモンが合成されています(図1)。本研究室では、クルマエビやシャコ等の様々な甲殻類を実験材料に用いて、それらの目柄から、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、色素凝集ホルモンの精製・構造決定を行っています。また、それらホルモンの組換え体を遺伝子工学的に作製し、それら分子の生理作用をin vivoおよびin vitroの生物検定系で解析しています。

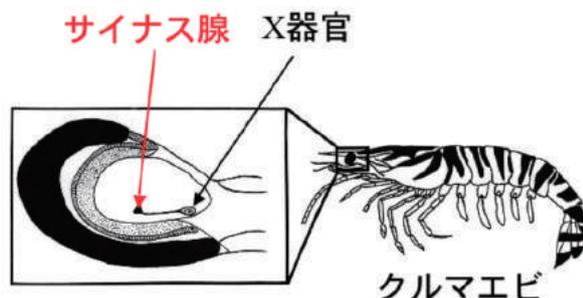


図1 クルマエビのX器官・サイナス腺

甲殻類の造雄腺ホルモンに関する研究

甲殻類の性分化は同じ節足動物に属する昆虫とは大きく異なり、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)。これまでの研究により、造雄腺ホルモンはヘテロ2本鎖の糖ペプチドホルモンであることが分かっていますが、糖鎖が付加したペプチドの化学合成は現在の技術をもってしても難しいのが現状です。当研究室では、糖鎖の付加した1本鎖の組換え造雄腺ホルモン前駆体を昆虫細胞に産生させ、それを活性型の2本鎖ペプチドに加工する技術の開発を世界に先駆けて取り組んでいます。また、高級水産食品であるエビやカニの造雄腺ホルモンを探索しています。

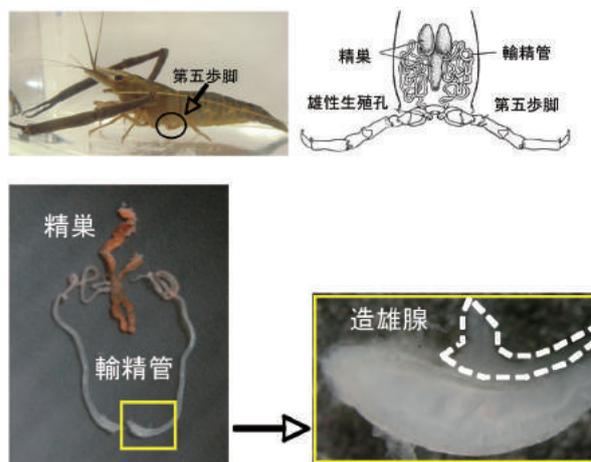


図2 テナガエビ類の造雄腺

主要著書/論文

- 1) 「Isolation of crustacean hyperglycemic hormone-family peptides with vitellogenesis-inhibiting activity from the shiba shrimp *Metapenaeus joyneri*.」 (Fish. Sci., 2015, 81, 65-72.)
- 2) 「Direct evidence for the function of crustacean insulin-like androgenic gland factor (IAG): Total chemical synthesis of IAG.」 (Bioorg. Med. Chem., 2014, 22, 5783-5789.)
- 3) 「Crustacean peptide hormones: structure, gene expression and function.」 (Aqua-BioSci. Monogr., 2013, 6, 49-90.)
- 4) 「Molecular cloning of a cDNA encoding vitellogenesis-inhibiting hormone in the whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* and preparation of its recombinant peptide using an E. coli expression system.」 (Fish. Sci., 2013, 79, 357-365.)
- 5) 「The ex vivo effects of eyestalk peptides on ovarian vitellogenin gene expression in the kuruma prawn *Marsupenaeus japonicus*.」 (Fish. Sci., 2013, 79, 33-38.)

研究分野 植物生理学, 微生物学, 分子生物学, 生化学

研究テーマ 光合成系のしくみ, 地球と光合成生物の共進化, 光合成を利用した水素生産

研究室構成員

井上 和仁 (教授)

白木 麻里 (教務技術職員)

北島 正治 (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)

研究内容

水を豊富に含み、生命に満ちあふれている現在の地球。今から46億年前に太陽系とともに誕生した地球が現在のような姿になるまでには、様々な出来事がありました。生命科学の研究者である私から見て、最も大事だと考える出来事を順に並べてみます。

1. 太陽系と地球の誕生
2. 海の誕生
3. 生命の誕生
4. 光合成の誕生
5. 真核生物と多細胞生物の誕生
6. 陸上への生物の進出
7. 人類の誕生
8. 文明の発展
9. 人類による地球環境の破壊

このうち4~9の出来事には光合成が直接的・間接的に深く関係しています。私たちの現在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 (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。次にその研究をいくつか紹介します。

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源として、光合成微生物が注目されています。すでに当研究室では、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エネルギー源の技術開発を目指します。同時に、植物や光合成微生物が行っている光合成の基礎的な研究も進めています。惑星「地球」と共進化し、現在の地球環境の維持に欠かせない役割を担っている光合成生物。その研究を通じて「生命の進化」の理解のみならず、「未来の人間社会の在り方」に関する研究も進めます。

主要著書/論文

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

「Inorganic sulfur oxidizing system in green sulfur bacteria」*Photosynthesis Research*, 2010, 104:163-176

「Photobiological hydrogen production: Bioenergetics and challenges for its practical application」*Journal of Photobiology and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 2013, 17:1-25

「Exchange and complementation of genes coding for photosynthetic reaction center core subunits among purple bacteria」*Journal of Molecular Evolution*, 2014, 79:52-62

「Sustained photobiological hydrogen production in the presence of N₂ by nitrogenase mutants of the heterocyst-forming cyanobacterium *Anabaena*」*International Journal of Hydrogen Energy*, 2014, 39:19444-19451

「Involvement of thioredoxin on the scaffold activity of NifU in heterocyst cells of the diazotrophic cyanobacterium *Anabaena* sp. strain PCC 7120」*Journal of Biochemistry*, 2015, 158:253-261

研究分野 脊椎動物胚の発生生物学, 形態学

研究テーマ 下等脊椎動物の胚発生、特にその胚軸(背腹軸、頭尾軸、左右軸)の成立機構に興味をもち、胚軸形成に至る形態形成運動の観点から分子生物学的技法、細胞培養技術、古典的な形態学的手法をとりまぜて研究を行っている。

研究室構成員

豊泉 龍児 (准教授)

鶴岡 慎哉 (教務技術職員)

茂木 和枝 (総合理学研究所客員研究員)

研究内容

細胞生物学研究室第一は、開設以来、一貫して脊椎動物の初期発生の研究を行ってきました。先代の竹内重夫教授(現在は神奈川大学名誉教授)の時代には、ニワトリ胚と両生類アフリカツメガエル胚を主な研究材料として、発生現象における細胞運動を主なテーマとして研究してまいりました。2007年春に豊泉龍児が担当者になってからは、小型魚類に主な研究対象を移し、(i)様々な魚種における視神経交叉の左右非対称性の調査、(ii)ナマズ目コリドラスの初期発生、特に左右非対称性決定の分子機構と髭の発生・再生機構の解明、(iii)薬理的なアプローチを多用したコイ科小型魚類ゼブラフィッシュの初期発生機構の研究、(iv)ニワトリ胚における胚葉形成機構の研究、等を行っています。我々は、分子生物学的、細胞生物学的な研究手法を中心として魚類の初期発生のメカニズムを掘り下げることで、脊椎動物の発生・進化・生態や行動の多様性の獲得にとって、未解明かつ本質的な分子機構の解明に向けて新知見を得ることを目標として研究活動を行っています。

(i) 硬骨魚類には、長い進化の過程を経て様々な魚種がありますが、その殆どの魚種において、視神経は、眼球から反対側の中枢神経に伸びて全交叉を形成しています。視神経の交叉点を視神経交叉(キアズマ)と言いますが、我々の解剖学的な調査によると、そのパターンは主に3つの型に分類されます。①キアズマにおいて、左眼からの視神経が右眼からの視神経の背側を走行するもの、②その反対に右眼からの視神経がキアズマにおいて背側を走行するもの、③左右の視神経が細かい束に分かれて、キアズマにおいて、複雑に入り組んでいるもの、の3種類です。我々が調査した限りにおいて、すべての魚種で、種固有の視交叉パターンがあり、①と②がほぼ半々に出現する魚種、③の視交叉パターンを示す魚種があることを見出しました。現在は、古典的な遺伝学的手法により、①と②が半々に出現する魚種において、どのような遺伝パターンを示すのかを、カワスズメ科の魚種を用いて明らかにしようとしています。また、ニシン目の魚種には、①の視交叉パターンのみ示すものや、②の視交叉パターンのみを示すものがあることを見出しました。現在、他の魚種においても、そのような視交叉の左右非対称性を示すものがあるのかを幅広くスクリーニングするとともに、何故、ニシン目の魚種のみとそのよ

うな視交叉の左右性の特異性が表れたのかについて研究しています。

(ii) ナマズ目のコリドラスは、南米に広く分布する成体のサイズが10cm弱の髭が生えた底棲性の淡水魚で、日本でも飼育の愛好家が増えています。原産地では数十から数百の集団を形成する群成魚ですので比較的高密度に飼育することが可能な一方、これの発生生物学を研究するグループは皆無に近いようです。我々は、新規にナマズ目の発生生物学を立ち上げ、「ナマズ目ならではの髭の発生再生研究」や「ナマズ目魚類で発生遺伝学が立ち上げられるか」「ゼブラフィッシュやメダカなど発生生物学のモデル魚類とされる魚種の遺伝子とコリドラスの遺伝子との、遺伝子発現の共通点と相違点を明らかにする」などの問題意識から、特にTGF- β シグナル伝達経路とFGFシグナル伝達経路に着目して研究を開始しています。

(iii) ゼブラフィッシュは、透明な多数の卵を、その生涯を通じて産み続ける、正に発生生物学のために生まれてきたような好個のモデル魚類として世界中の研究者から愛されています。その透明な初期胚は急速に発生が進み、28℃で受精卵を飼育すると受精の翌々日には孵化します。最近、各種シグナル伝達経路に特性の高い様々な有機化合物系のシグナル伝達阻害剤(antagonist)や刺激剤(agonist)が開発されています。哺乳類とゼブラフィッシュの間では、各種受容体やペプチド性シグナル分子の保存性がかなり高いことから、哺乳類用に開発された様々な薬剤をゼブラフィッシュの初期発生を解明するツールとして使うことが出来ます。卒研生諸君の導入教育の一環として、これらの薬剤を使い、ゼブラフィッシュの初期発生や特定の遺伝子の発現パターンに、シグナル伝達経路阻害剤がどのような影響を及ぼすのかを調査しています。

(iv) 我々は、哺乳類に比較的類似した発生様式をとる有羊膜類のニワトリ胚の最初期の発生現象にも興味を持っています。特に細胞運動の観点から、産卵直後から孵卵1日以内の初期胚におけるその形態形成を、細胞・器官培養系における培養細胞の挙動や遺伝子発現の観点から研究しています。最近、癌細胞が転移する際に悪性度の指標となる酵素MMP(matrix metalloproteinase)に着目してニワトリ初期胚におけるMMPの役割について研究しています。

主要著書/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*」
Laterality. 2009 19:1-20.

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, 様々な植物の簡便な形質転換法の開発

研究室構成員

安積 良隆 (准教授)

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。通常体細胞分裂時には、娘細胞に染色体数の変化はないが、減数分裂時や核内倍加と呼ばれる現象が起きる時には、染色体数が増減する。このような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。またもう一つの研究テーマとして、様々な植物で形質転換を簡便に行う方法の開発を行っている。以下に具体的な成果をいくつか紹介する。

1. 植物の減数分裂期染色体と減数分裂に必須の遺伝子の解析

減数分裂時の染色体は、相同染色体同士が対合するなど特有の挙動を示す。この挙動を制御する仕組みを明らかにすることは非常に重要である。我々はシロイヌナズナの挿入変異体の中から、減数分裂変異体の選抜を行った。その結果、*solo dancers (sds)*, *atspo11-2*, *atzip4* 等の変異体を得た。*SDS* 遺伝子はサイクリン様の蛋白質を、*AtSPO11-2* はトポイソメラーゼ様の蛋白質を、*AtZIP4* は酵母のシナプトネマ複合体構築に関係する蛋白質と似た蛋白質をコードしていることが明らかになった。*sds* と *atspo11-2* の2つの変異体では、相同染色体が全く対合せず、*SDS* 蛋白質は対合を促進するサイクリンであると考えられ、*AtSPO11-2* は *AtSPO11-1* と共働して組換え反応を行うための二本鎖切断を行うものと考えられる。*atzip4* 変異体では相同染色体の対合は起こるものの、対合が維持されないという表現型を示すため、*AtZIP4* はシナプトネマ複合体の構築に必要

であると考えられる。このような研究をさらに発展させることによって、減数分裂時の染色体の挙動と、それを制御する分子機構を明らかにしたいと考えている。

2. 簡便な植物形質転換法の開発

植物を形質転換するためにアグロバクテリウムを利用する方法がいくつか開発されている。シロイヌナズナのような小型の植物には減圧浸潤法が用いられ、組織培養のための植物ホルモンなどの条件が明らかにされている植物では、リーフディスク法などが使われる。我々は、蓄にアグロバクテリウムを注入する蓄注入法でシロイヌナズナを形質転換することに成功した。この方法は大型で組織培養の条件が明らかでない植物に利用できる可能性を持っており、今後様々な植物の形質転換を行い、有効性を検証していきたいと考えている。

主要著書/論文

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

「BIN4, a novel component of the plant DNA topoisomerase VI complex, is required for endoreduplication in Arabidopsis」 *Plant Cell*, 2007, 19: 3655-68.

「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.

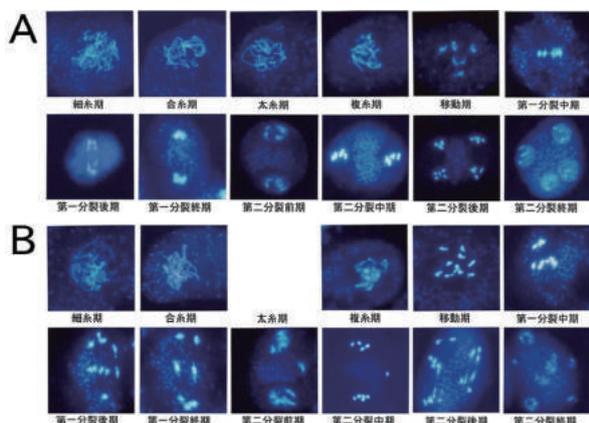


図1 シロイヌナズナの花粉母細胞の減数分裂期染色体DAPI染色像
A: 野性型シロイヌナズナの染色体像。
B: *solo dancers* の染色体像。相同染色体が対合した太糸期の染色体は観察されない

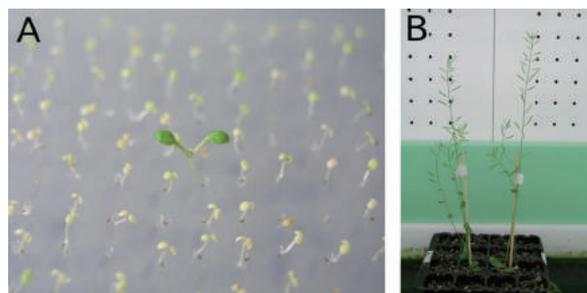


図2 蓄注入法による形質転換体の作成
A: 蓄注入法を用いて得られた種子を選択培地上に播種し、形質転換体を選抜しているところ
B: 右の個体が最終的に得られた形質転換体

細胞生物学分野・日野晶也研究室

研究室 2号館248号室 (内線2729)

教員室 6号館123号室 (内線2813)

http://www.bio.kanagawa-u.ac.jp/hino_lab/TOP.html

研究分野 分子発生学、生殖生物学

研究テーマ 個体発生と系統発生に関わる研究、自然科学の魅力を生徒に理解させるための実験教材の開発、など

研究室構成員

日野 晶也 (教授)

大和田 正人 (教務技術職員)

河合 忍 (非常勤講師, 総合理学研究所客員研究員)

細谷 浩史 (総合理学研究所客員教授)

研究内容

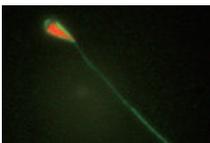
海産無脊椎動物の配偶子を用いた受精現象、初期発生過程の分子機構解明および系統発生の解析などを中心に、現在は以下のような研究課題に取り組んでいる。

初期発生にみられるアポトーシスについて

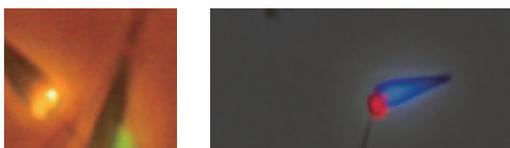
ウニ胚の原腸形成期にアポトーシスが見られ、陥入直前の原口付近や動物極側の新たに口が開く付近の細胞にもそのシグナルを得ている。共焦点レーザー顕微鏡を用いての細胞生物学的解析および分子レベルでの解析を進めている。

中心体のDNAについて

細胞分裂に重要な役割を果たす中心体に核酸が含まれているか否か、未だ決着が着いていない。我々は、ヒト精子の鞭毛基部から中心体を分離・精製することに成功し、ユニークなDNAを発見した。このDNAがゾウリムシやゼニゴケの精子にも存在することが確認され、材料を他の生物にも広げてこのDNAの比較や機能の解析を行っている。



「ユムシの個体発生と系統発生について」



当研究室が世界で初めて受精卵からの長期飼育に成功したユムシの発生過程を明らかにし、この動物の系統についても分子的に解析している。最近では海外から提供された試料も使い、赤道を挟んだ特徴的な分布様式と種分化について名古屋大学、Harvard大学との共同プロジェクトとして研究を進めている。

「精子ミトコンドリアの受精に起こる変化について」

ウニ精子は受精時にミトコンドリアの形体が著しく変化する。この時に見られる生理・生化学的変化について、特に精子ミトコンドリアの呼吸活性や活性酸素の産生能について検討している。また、本学化学科の松本研究室にて開発された発光・蛍光物質を用いて、精子の蛍光染色法と簡便なミトコンドリア呼吸活性判定法の開発を試みている。

トリバネチヨウの鱗粉構造について

トリバネチヨウは鮮やかな色彩や翅の模様の特徴をもつ。

琉球大学 大瀧准教授との共同プロジェクトとして、トリバネチヨウの色彩が鱗粉の微細構造による構造色である可能性を電子顕微鏡で検討している。



理科の魅力を生徒に理解させるための実験教材の開発

理科教員を目指している学生の卒論のテーマとして、生物学に限らず、自然科学の魅力を次の世代に伝えるための教育方法としての実験・観察技法について、自らの理解を深めつつ教材の開発を行っている。

主要著書/論文

「Cold-shock-induced polyspermy and low-temperature tolerance in Japanese sea urchin eggs」*J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 2013, in press 「Sea urchin spermatozoa generate at least two reactive oxygen species; The type of reactive oxygen species changes under different conditions」*Molecular Reproduction and Development*, 2012, 79:283-295

「Spontaneous generation of reactive oxygen species and effect on motility and fertilizability of sea urchin spermatozoa, 2012, *Zygote*, 1-13

「Molecular phylogeny and shell microstructure of *Fungiacaeva eilatensis* Goreau et al. 1968, boring into mushroom corals (Scleractinia: Fungiidae), in relation to other mussels (Bivalvia: Mytilidae)」*Contributions to Zoology*, 2011, 80: 169-178.

Genus-specific commensalism of the galeommatoid bivalve *Koreamya arcuata* (A. Adams, 1856) associated with lingulid brachiopods」2011, *Molluscan Research*, 35: 95-100.

「Comparison of Homologous sequences obtained from *Ginkgo biloba* with the Sperm centrosomal DNA of starfish.」*Sci. J. of Kanagawa Univ.*, 2011, 22:57-62

「Organic sheets in the shells of endolithic mytilids (Bivalvia: Mytilidae)」2009, *Paleontological Research* 13: 159-166

「Fertilization induced changes in sea urchin sperm: Mitochondrial deformation and phosphatidylserine exposure」*Molecular Reproduction and Development* 2006, 73:1303-1311.

「ユムシ *Urechis unichinctus* の人工授精、発生および長期飼育について」*神奈川県総合理学研究所年報* 2001

研究分野 植物生態学, 植物生理生態学, 樹木水分生理学

研究テーマ 森林生態系の保全、亜高山帯・山地帯における樹木の水分収支と光合成

研究室構成員

丸田 恵美子 (教授)

研究内容

植物がその生育地で、「どのように環境に適応して生活を営んでいるか」を知るために、野外調査と植物の機能の測定をあわせて行っています。

火山の噴火跡の一次遷移における先駆植物の水分収支と成長に関する研究

富士山は若い火山で、今なお火山性砂礫地では一次遷移の初期段階をみることができます。そこでのパイオニア植物が、どのようなストレス耐性を持ち、光合成生産を行っているのかを現地での測定を中心として解析しています。

森林限界における樹木の生理生態に関する研究

標高が高くなるに伴い、気候条件は樹木の生育に適さなくなっていく、本州中部地方の山岳では、ほぼ2400~2500mで森林限界に達します。森林限界の研究は地域研究であるものの、「樹木という生育型を維持するための条件を明らかにする」という普遍的なテーマであるということが出来ます。森林限界では冬季は数か月にわたって、土壌や幹が凍結し樹木の吸水が停止しますが、亜高山性常緑針葉樹ではこの期間中でもクチクラ蒸散が続くので、シュートは乾燥し、春先には強い水分ストレスがかかっています。特に風衝地では、葉が致死含水量に達して枯れたり、木部に空気が入って通水が阻害されるエンボリズムという現象が起きて成長を抑制することが解明されつつあり、そのメカニズムを詳しく調べています。

ブナ林の更新に関する生理生態的研究

冷温帯の優占種であるブナは、白神山地が世界自然遺産に指定されたことを契機に注目を集めていますが、日本の山地帯の森林の保全のためにも、その更新動態に関わる生理生態的特性を明らかにすることが必要です。ブナは日本海側と太平洋側では、遺伝的に異なる地域集団を形成しており、それぞれの産地に適応した特性をもつことが予想されます。そこで日本海側と太平洋側産地から種子を採取し、同じ場所に生育させて特性を比較しています。その結果、日本海側ブナは稚樹の時代には強光に順化できないが、成木になると太平洋側ブナと同様に順化できることがわかってきました。これは、多雪の日本海側ブナ林では林床に積雪がある時期に成木が開葉するので、融雪後に稚樹が開葉するときには、すでに林床は暗く、稚樹の葉が強光に晒される機会はないことが選択圧として働いたことを示唆するものです。これらの結果から、ブナはそれぞれの地域に適応分化した地域集団を形成しており、産地の環境においてのみ順調な更新をすると予想されるので、この知見に基づいてブナ天然林の保護活動を試みたいと考えています。

照葉樹の冬季の光合成能力について

南関東に住む私たちにとって最も身近な樹木は照葉樹です。照葉樹の起原は熱帯山地であり、冬季の耐寒性は低いことが知られています。そこで、大学構内の照葉樹や近隣の照葉樹林を構成する常緑樹について冬季の光合成能力を測定し、光化学系が低温下でも強光阻害を起こさないメカニズムをもつことで、冬季をつうじて光合成を行っていることを調べています。

首都圏近郊の森林の衰退とその保護に関する研究

丹沢山地は太平洋側で有数のブナ天然林で知られていましたが、1980年代半ばから尾根沿いを中心に衰退が目立ち始め、現在もお進捗は止まっています。ブナの衰退の現状把握と枯損メカニズムを明らかにすることを試みています。尾根を中心として1980年代半ばから衰退が始まったこと、8月以降に葉の損傷が顕著となり光合成も低下すること、夏には特に尾根沿いでオゾン濃度が高まり、これは首都圏で発生した大気汚染物質が移送されて光化学反応により生成されたものであることが分かってきました。したがって、丹沢山地のブナ枯損は神奈川県のみで対処できるものではなく、広域での大気汚染対策が求められており、今後も調査を続けるとともに対策についても考えていきます。丹沢山地は、同時に1980年代からニホンジカの個体数増加による森林生態系の崩壊も危惧されています。この十年ほどは、隣接する富士山周辺でもニホンジカによる樹木の剥皮が目立ってきました。そこで、剥皮被害の調査を行った結果、丹沢山地から富士山麓へ拡大したニホンジカは森林限界に向かって行動圏を広げており、今後は高山帯での被害も懸念されることがわかりました。特に、一次遷移初期のカラマツ林では、極相樹種のシラビソ稚樹が多数生育していますが、林床の光強度によって稚樹の樹形が変化し、その樹形によって剥皮被害の程度が異なるので、場合によっては一次遷移を阻止することもあると思われます。そこで、今後も丹沢山地と富士山麓でのシカの被害調査を重点的に行うことが必要です。

主要著書／論文

「地球変動研究の最前線を訪ねる」清水弘文堂書房、2010

「高山植物学」共立出版、2009

「高山植物の自然史」北海道大学図書刊行会、2000

「Needle browning and death in the flagged crown of *Abies mariesii* in the timberline ecotone of the alpine region in central Japan」2013, *Trees* 27:815-825

「*Pinus pumila* photosynthesis is suppressed by water stress in a wind-exposed mountain site」2013, *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 45:229-237

研究分野 環境適応動物(魚類)生理学

研究テーマ 行動を踏まえた魚類の体液浸透濃度調節機構の検討

研究室構成員

小笠原 強 (教授)

市川 貴美子 (非常勤講師, 総合理学研究所客員研究員)

研究内容

湘南ひらつかキャンパス2号館、イチョウ並木側一階角が当研究室である。外側周囲には大型のタンクが場所を占める。メダカ、キンギョ、ウナギのすみかである。学部開設以来二十年になるが、この景観は変わっていない。サカナは実験室内にもはびこっている。サカナに見守られながらの毎日である。この他にも飼育設備をもち、この山中にありながら、海水でも魚類を飼育している。八丈島沖合からの新鮮な天然黒潮であり、地下の10tタンクに蓄えている。当研究室の主演はサカナである。魚類をもちいた動物生理学をおこなう。生理学とは生物一個体の「なりわい」を知る学究分野である。サカナを対象とするのはそれなりの訳がある。バクテリアから植物、そしてわれわれまでの生きものは実に多種多様である。冷徹なBiologistとすれば、この多様性は目的にそった実験材料の宝庫に見える。魚類は骨のある動物の元祖であり、これが創案した身体設計と装置は、カエル、ヘビ、鳥、そして哺乳類でもほとんど変わっていない。サカナをもちいて内部環境の維持機構についてしらべる。微生物はいわば裸の細胞であり、細胞の外はいわゆる外の環境となるが、高等動物では、外環境の如何に拘わらず内側の環境を巧みに安定させる。個々の細胞はエアコンルームに収納されていることになる。1/3程度に薄めた海水の濃度であり、これは細胞にとってはさぞかし快適な環境であろう。生命つまり細胞の生じた太古の地球水界は現在より薄く、この濃さであったらしい。細胞は環境のもとでさまざまな役割を分担することが可能となり、結果的に高機能の動物個体を形づくったという。19世紀フランスの賢人の生命哲学である。魚類は高等動物ながら水と直接の接点をもつ。われわれ陸上の動物は水界を離れたため、この基本的原理がマスクされて捉えにくいのである。魚類をもちいる利点はここにある。

これとは別にサカナにこだわる単純な訳がある。観賞用としてのサカナである。金魚鉢で金魚を飼い、ヒーターを仕込み水草をも植え付けた水槽で宝石まがいの熱帯魚を楽しむ。植木鉢のシクラメンと変わるところはない。サカナは水生動物の完成型である。ペンギンやイルカやクジラがサカナ型であることが、その証拠であろう。完成されたものは例外なくこのうえもなく美しい。魚類を使用するBiologistは、いわゆる「サカナ好き」でもある。実験対象そのものに並々ならぬ思い入れがあり、それが研究動機になって不都合なことはない。この研究室にはサカナ好きな学生が毎年集い卒業研究

に勤しむ。研究室には先端の機器は一台も見当たらない。オーソドックスな顕微鏡はパラフィン切片を観察する。簡易な分析機器はサカナの血液濃度の分析に使用する。機器で力まかせにデータをとらず、実験アイデア・デザインといったソフトウェアに重きをおく。ハードウェアへの傾斜にブレキをかけたい。研究の効率は当然劣るが、それに替わって蓄積する何かがあることを期待する。

これまでには、興味あるデータは得ているものの、未だ目標とする系統だった知見を得るには至っていない。内部環境すなわち体液の恒常性の維持には、鰓、腸、および腎臓といった浸透濃度調節上皮の特殊な細胞があたる。上皮の再外側を占め一端を“外界”に接する電解質輸送細胞である。塩類細胞は鰓上皮にある代表的な輸送細胞である。いずれの器官も外界の塩分濃度の変動に応答し、輸送細胞の組織構造が変化し、細胞数の消長も認められる。細胞一個の塩分輸送方向も逆に転じることが電気生理学的研究から明らかとなっている。いずれにしても、他の生物学分野と機を一にして解析は分子の域にまで達している。生物は個々のパーツで成り立ち、その統合で生活する。浸透濃度調節の分野において、鰓をはじめとする浸透濃度調節器官がどのように連携するのかについての研究はない。器官ごとに役割を分担する生物学的に極めて高効率でエネルギーロスの少ない連携が予想される。動物はまた行動する。この重要な特質が生理機構と絡み合わないことは無かろう。いわゆる静的ともみえる生理機構の限界を、“行動”が補償補完しているのではなかろうか。これを動態生理機構として捉えることは出来ないものであろうか。異なる塩分水界を自由に往来できる装置を作製してメダカの行動を観察している。自然界での動物のありさまのシュミレーションである。一方、卵および初期の胚は、環境を認知して自ら行動することはない。とりわけ卵は親魚体内の1/3海水環境から淡水あるいは海水へと放出される。成体とはまったく異なる調節機構をもつか、著しい耐忍性を備えているはずである。いずれにしても、微々細々な解析ではなく、「統合」の方向へ視野を広げて生命現象を鳥瞰するのが、この研究室の当面のナビゲーションである。

主要著書／論文

「回遊漁の生物学」学会出版センター, 1987

「朝日百科, 動物たちの地球87, ウナギ, サケ, アユ:解説」朝日新聞社, 1993

「Improvement in Fluorescent staining of the chloride cells of the Eel Gills」*Sci. J. Kanagawa Univ.* 24, 2013

集団生物学分野・金沢謙一研究室

研究室 6号館111A号室 (内線2823)

教員室 6号館223号室 (内線2847)

<http://www.bio.kanagawa-u.ac.jp/detail/id49.html>

研究分野 進化生物学, 機能形態学, 古生物学, 行動生態学, 分子系統学, 系統地理学

研究テーマ 棘皮動物, 軟体動物, 節足動物, 刺胞動物等の生態, 機能形態と適応進化

研究室構成員

金沢 謙一 (教授)

齋藤 礼弥 (非常勤講師、総合理学研究所客員研究員)

山口 寿之 (非常勤講師)

若山 典央 (非常勤講師、総合理学研究所客員研究員)

大学院博士前期課程 3名、博士後期課程 2名

学部卒業研究生 15名

研究内容

水棲無脊椎動物を主な対象とし、個体から集団のレベルで進化生物学的研究を行っています。現生生物はすべて歴史的所産であるという視点に立ち、歴史系統的な背景を考えながら生物の形態や生活様式のもつ意味を研究しています。現在の研究対象には、ウニ類、ヒトデ類、貝類、水棲昆虫、甲殻類、クラゲ、カメ類他がいます。現生種を対象とする場合は、生物をその生息場所で観察し、生息分布や生活様式を調べ、採集した生物は研究室へ持ち帰り、水槽で飼育して観察や実験を行っています。実験室には、生物の特性に合わせた大小20以上の水槽が設置され、天然海水を使用しています。形態観察には、デジタルマイクロスコープ (KEYENCE VHX-D510、600)、行動観察には動き解析マイクロスコープ (KEYENCE VW-6000)、DNA解析にはABI GENETIC ANALYZER 3130が使われています。化石種を対象とした古生態学的研究や系統分類学的研究も行っています。

また、昆虫の行動に関する適応進化、特に、寄生バチにおける性比調節、闘争行動、繁殖戦略に関わる生態学的研究を行っています。

主要著書/論文

「ウニ学」東海大学出版、2009

「古生物学の科学、第三巻 古生物の生活史」朝倉書店、2001

「Taxonomy and Palaeoecology of the genus *Linthia* (Echinoidea: Spatangoida) from Japan」*Echinoderm in a Changing World* CRC Press Balkema, 2013

「Adaptative morphology for living in shallow water environments in spatangoid echinoids」*Zoosymposia 7* Magnolia Oress, 2012

「Plate construction of the spatangoid test」*“Echinoderms”* Balkema, 2010

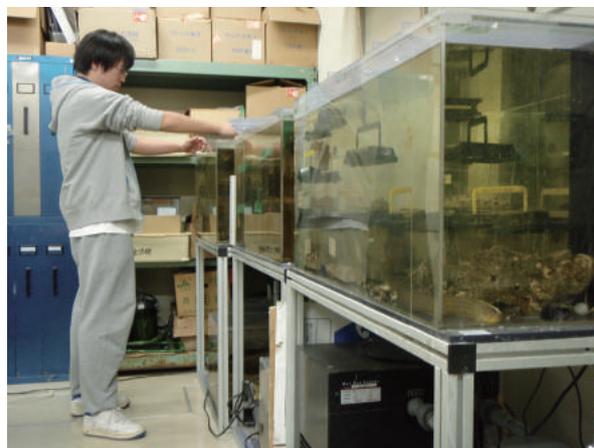
「Virginity and the clutch size behaviour of a parasitoid wasp where mothers mate their sons」*Behavioral Ecology*, 2010

「Extremely female biased primary sex ratio and precisely constant male production in a parasitoid wasp *Melittobia*」*Animal Behaviour*, 2009

「Functional morphology and phylogeny of the rock-boring bivalves *Leiosolenus* and *Lithophaga* (Bivalvia : Mytilidae): a third functional clade」*Marine Biology*, 2007

「Ontogenetic change in density and thickness in the sand dollar *Scaphechinus mirabilis* (A. Agassiz, 1863) from the waters of Japan」*“Echinoderms”* Balkema, 2004

「Adaptation of test shape for burrowing and locomotion in spatangoid echinoids」*Palaeontology*, 1992



研究分野 細胞生物学, 植物形態学, 植物進化系統学

研究テーマ 植物オルガネラの分裂機構とその進化

研究室構成員

箸本 春樹（教授）

研究内容

色素体はシアノバクテリアが植物の祖先の細胞に細胞内共生した共生体が祖先と考えられています。ミトコンドリアも色素体と同様、細胞内共生体に起源を持つと考えられています。このように真核生物は異なる生物の合体によって誕生したと考えられています。「共生による生物進化 (symbiogenesis)」は本研究室の主要な研究テーマです。

細胞内共生によって獲得した色素体を次代に伝えるためには、色素体としての分裂機構の確立が必須であったでしょう。また、色素体が核分裂や細胞質分裂と協調するための機構も進化の過程で確立したでしょう。それ故、色素体分裂の研究は細胞生物学的にも、進化学的にも重要です。このような観点から、高等植物や藻類の色素体分裂の機構と進化について研究を続け、色素体分裂装置の構成要素である二重分裂リングの発見、色素体分裂における色素体核様体の分配様式、色素体分裂が核支配であること、灰色藻シアノフォラの原始的な色素体の分裂機構がシアノバクテリアの細胞分裂機構と一般の色素体分裂機構の中間的な機構であることなどを明らかにしてきました。

藻類は極めて多様な分類群からなり、生物進化を理解する上で重要な生物です。陸上植物に比べて単純な体制であることと細胞構造の多様性から細胞生物学の優れた研究材料としても注目されてきました。このような観点から、色素体分裂だけでなく、他の細胞小器官の形成や分裂についてもいくつかの藻類を用いて研究しています。例えば、クレブソルミディウムという緑藻のペルオキシソームの分裂と分配に中心体と微小管が関わっていることを明らかにしました。

藻類の中には、二次共生起源の色素体を持つものが多く知られています。その色素体は二重の色素体包膜の外側に、さらに2重または1重の膜に包まれており、色素体分裂の過程はこれらの外側の膜の分裂も伴います。二次共生起源の色素体についても、二重の色素体包膜に分裂リングが形成されることを明らかにしましたが、外側の膜の分裂機構についても研究を進めています。

二次共生藻の中には、色素体の最外膜が核の外膜と連続していて、色素体と核が一つの区画に収まっているものがあります。二次共生藻ナノクロロプシスで、核と色素体の連合が特殊な核分裂によって細胞周期を通して解消されることなく複製されて娘細胞に受け継がれることを明らかにしました。この過程は、二次共生によって獲得した色素体

を核分裂と連結させることによって、確実に次代に伝える機構として進化してきたと我々は考えています。

藻類は地球環境にとって重要で、産業的にも重要な生物として関心が高まっていることから、藻類の様々な環境ストレスに対する応答にも関心を広げています。

本研究室では主に電子顕微鏡や蛍光顕微鏡を駆使した形態学および細胞生物学的研究を行っています。生物学では形を見ることによって初めて見つかる構造や現象が多く、顕微鏡の視野の中に未知の構造や現象を発見したときの喜びと興奮は忘れることができません。

主要著書／論文

「Unusual nuclear division in *Nannochloropsis oculata* (Eustigmatophyceae, Heterokonta) which may ensure faithful transmission of secondary plastids」2009, *Protist* 160: 41-49

「Close association of centrosomes to the distal ends of the microbody during its growth, division and partitioning in a green alga *Klebsormidium flaccidum*」2007, *Protoplasma* 231: 127-135

「The ultrastructural features and division of secondary plastids」2005, *J. Plant Res.* 118: 163-172

「Intermediate features of cyanelle division of *Cyanophora paradoxa* (Glaucocystophyte) between cyanobacterial and chloroplast division」2003, *J. Phycol.* 39: 561-569

「Plastid division: Its origins and evolution」2003, *Int. Rev. Cytol.* 222: 63-98

研究分野 植物生理生態学

研究テーマ 微細藻類の低温適応, 微細藻類紫外線吸収色素, 微細藻類の光環境形成, 高等植物の変動光への応答, ケナフ光合成

研究室構成員

鈴木 祥弘 (准教授)

研究内容

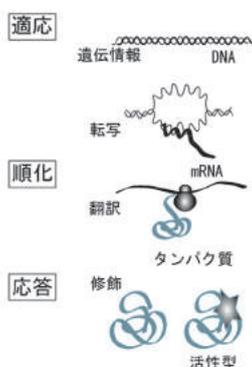
生態学

自然の中で、生物各個体が環境から受ける影響には、周囲の同種や異種の生物個体 (生物学的環境) からのものと、温度や光などの物理的要因やpHや栄養塩濃度などの化学的要因 (非生物学的環境) からのものがある。個々の環境 (環境要因) やそれらの総体である自然環境を測定し、それに対する生物の対応を解析することで、「自然環境中で生物がどのように生きているか」の解明を目指す研究分野が、私たちの研究室が専門とする生態学である。

生理生態学

生物はDNAにコードされる遺伝情報をRNAに転写し、これをタンパク質に翻訳することで環境に合わせた生体を形成し、さらに、形成された生体成分の活性を化学的修飾などによって調節することができる。あらゆる生物に共通のこの仕組みで、生物は環境に対応している。活性調節が短い時間で行われるのに対し、環境に合わせて、酵素・タンパク質などの生体成分の量を変化させたり、同じ機能で異なる特性を持つアイソザイムなどを発現して生体成分の質を変化させたりすることは、時間がかかるが、大きな環境の変化に対応できる。さらに、長い時間の間には、突然変異に

よりDNAの遺伝情報に変化が生じ、自然淘汰の結果、環境に合った新規の生体成分を持つようになることがある。時間はかかるものの、新しく作られた生体成分を用いれば、既存の生体成分だけで行うより、さらに大きな環境変化に対応できる。このように生物の環境への対応は、生体成分の活性調節による応答 (response)、環境に合わせた生体の形成による順化 (acclimation) とDNAの遺伝情報に変化による適応 (adaptation) に分けて考えられる (図)。これらの対応を考えるためには、生理学的手法が重要である。私たちの研究室では、生理学的手法をもちいて、環境に対する生物の対応を解析し、「どのような仕組みで (How) 対応しているか」という疑問に取り組んでいる。さらに、環境中での生物の生存を考えることで、「どうし



て (Why) そのような対応が必要か」という疑問にも答えを出すことを目指している。研究室で取り組んでいるテーマの中から、その一例を以下に述べる。

て (Why) そのような対応が必要か」という疑問にも答えを出すことを目指している。研究室で取り組んでいるテーマの中から、その一例を以下に述べる。

光合成の低温適応

植物や微細藻類の行う光合成によって、太陽光エネルギーから有機物中へと固定された化学エネルギーに依存して、地球上のほぼ全ての生物が生きている。光合成は生態系を考える上で、最も重要な生物反応である。近年の大気二酸化炭素濃度の上昇や地球温暖化から、とりわけ、極域での光合成による二酸化炭素吸収や温暖化の影響が重要視されるようになってきている。これに関連する「光合成が極域の低温でどのように行われているかを解明すること」が私たちの研究室の主要なテーマの1つである。

生物活動に不可欠な酵素などの反応は液体状態の水を必要とする。このため、生物が「生きて活動する」温度範囲は0~100℃を大きく外れることない。塩分を含み0℃以下でも液体で存在する海水中では、0℃以下でも微細藻類が増殖する。結氷した水中に残された僅かな海水中では、さらに低温の環境で海水藻類群集 (IceAlgae) が活発に増殖し、海水が着色するほどの生物量に達することが知られている。これら微細藻類の増殖や、低温での光合成の維持機構について、単離培養株を用いて詳細に解析してきた。光合成の鍵酵素の一つRuBisCOに着目し、低温での活性維持機構を検討した研究では、大サブユニットにIceAlgae特異的なアミノ酸残基が存在することを明らかにした。この結果は、わずかなアミノ酸の変異が、低温での酵素の柔軟性に強く影響し、低温での活性維持にきわめて重要である可能性を示していた。

主要著書/論文

「植物生理学」化学同人, 2009

「光合成研究法」北海道大学低温科学研究所紀要, 2009

「光合成事典」学会出版センター, 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 a n individual colony of *Thalassiosira nordenskiöldii* cleve Bacillariophyceae」 *Polar Bioscience*, 2005

神奈川大学理学部教育研究上の目的及び基本方針

教育研究上の目的

本学部は、学術の基礎と一般常識を身に付け、理学における専門的な知識を修得する道を通じて個を確立し、社会の中核として活躍できる人材の育成を目的とする。

アドミッション・ポリシー

(入学者受入の方針)

本学部では、社会の中核として活躍する人材を育成することを教育目標としており、多様な入学試験を実施することにより、以下のような学力と意欲を有する人を受け入れます。

1. 高等学校卒業程度の理科、数学、英語等の基礎学力を有する人
2. 大学で積極的に学ぶ意欲をもった人
3. 大学での学びを将来に生かそうとする明確な目的意識をもった人

カリキュラム・ポリシー

(教育課程編成・実施の方針)

本学部では、社会の中核として活躍する人材を育成するため、以下に示した方針で教育課程を編成しています。

1. 入学後の第1セメスターでは、全学共通の少人数の対面教育である「FYS（ファースト・イヤー・セミナー）」を通じて大学生の心構えと大学での学び方、ならびに社会性を身につけます。
2. 1、2年次で、コミュニケーション能力を身につけるとともに伝統と社会・文化の理解に欠かせない語学や教養科目を学びます。
3. 2、3年次で基礎的専門科目を学びます。生物科学科と数理・物理学科では履修コースに分かれて興味に沿った学びを行います。
4. 4年次では研究室にて理学の特定課題について卒業研究を行います。

ディプロマ・ポリシー

(学位授与の方針)

本学部の教育課程において、卒業要件単位を取得した者は、次に掲げる知識、教養、能力を身につけていると判断し、学士（理学）の学位が授与されます。

1. コミュニケーション能力、知識情報社会に対応できる能力、伝統と社会・文化に対する深い理解力をもたらす外国語を含めた一般教養
2. 理学の基礎に関わる幅広い素養
3. 理学部各学科の学問領域の最前線の理解を持続的に可能とする基礎となる専門的知識
4. 卒業後も成長して、職業人として社会に貢献できる能力

各学科の教育研究上の目的及び基本方針のHPアドレス

<http://www.kanagawa-u.ac.jp/disclosure/education/policy/faculty/sciences.html>

神奈川県立神奈川大学理学部ホームページ

インターネットで神奈川県立神奈川大学理学部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。



神奈川県立神奈川大学 ホームページ

<http://www.kanagawa-u.ac.jp/index.html>



神奈川県立神奈川大学理学部 ホームページ

<http://www.sci.kanagawa-u.ac.jp/index.html>



神奈川大学 理学部 SCIENTIA

発行：神奈川大学理学部

〒259-1293 神奈川県平塚市土屋2946

TEL 0463-59-4111 FAX 0463-58-9684

編集：神奈川大学理学部広報委員会

印刷：カサハラ印刷株式会社