第 3 章　工学部における研究展開

これまでの 10 年の成果をもとに

工学が対象とする研究ならびに技術開発の分野は広い. 岐阜大学工学部でも同様で, 開発対象は, ナノメートルから光年に及ぶ. 研究は，好奇心が駆動する研究，課題解決を目指した研究，社会的必要性に応える研究に分類することもできる．これらいずれの研究にも基礎と応用がある．先人たちが培ってきた，積み上げてきた知識，知恵，学問体系を学び，そこからすこし先に歩みだす．その射程が大きいほど，完成した時のインパクトや波及効果も大きいものの，それが結実するまでは数年を要するとともに，それに賭けて夢中になることができる熱意と胆力も必要である．

発想や構想は研究を進める上で最も大切ではあるものの，それだけで自然科学に関する研究を展開することは困難である．それに対して工学部が発足当時から研究を推進できる場として成り立っている一つの要因は，学生の研究室配属である．在学生は基本的に 4 年生から研究室に配属されて，答えのまだない問いに取り組む機会を設けている．その場にいる若者たちは，学部の際の卒業研究から，修士課程，博士課程それぞれの立場で，指導教員とともに，世界で初めの現象を発見し，それが軸となったシステムや体系の構築，理論展開を推進するフルメンバーである．新型コロナが流行するまでは，それぞれの分野の関連学協会や個別のグループが主催する討論会や学会が開催され，先生とともに多くの学生が参加し成果の発表も行ってきた．これらの活動を通して，学生自身が人として成長・成熟しながら，自らが推進する研究分野を俯瞰し，研究を位置づける良い機会でもあった．

この章では，先生方が自分自身の研究基盤に基づき展開してきた研究内容をまとめていただいた．多様な研究が実施されていること，思わぬ発見から始まった新たな展開，研究室に配属された学生と共同で推進してきた現場を実感していただきたい．

ちなみに工学系でも分野によっては，紙と鉛筆があれば独自の発想で新たな世界を切り拓くこともできるかもしれない．一方で工学に関する研究の多くは，それを推進するための小型機器や大型測定装置も必要である．理論科学に従事する研究者でも，コンピューターを活用し，我が国のトップクラスのスーパーコンピューター活用する機会も多い．一方で実際にあるものを対象とする研究では，その分析装置は身近にあって，いつでも利用できるようにしておいて欲しいと願う．これに関して岐阜大学では 2022 年現在，科学研究基盤センターに, 多くの精密機器, 先端測定装置が設置され, 共同利用されている．新たな機器の導入，機器の保守管理，限られた予算の中で，やりくりしながら体制を維持することによって，研究を推進する一翼を担っている．

国立大学が法人化されて以降，各研究室に配分されるいわゆる校費が減少し続けている．そのため研究のための物品購入に制限がかかるが，工学部や大学が独自で研究を財政的に支援することはほとんどない．一方で政府の各省庁が，様々なタイプの研究を推進するための競争的資金を提供している．獲得するためには，説得力のある練り上げた申請書を作成する．ここでは工学部がこれまでの 10 年間で獲得した資金の概要も示している．

合わせてこの章では，研究成果に対する先生方の受賞歴も記載した．

村井利昭

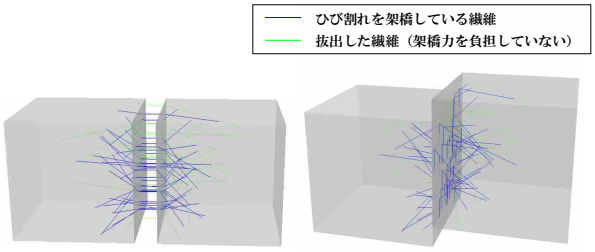
3.1 研究成果の紹介

材料－構造のシームレス化を通した建設材料の高性能化

國枝　稔（社会基盤工学科，防災コース）

地震や洪水など頻発する災害に対するインフラの強靭化，カーボンニュートラルをはじめとする地球環境や地域環境への対応など，コンクリートをはじめとする建設材料の高機能化は待ったなしの状況にある．

当研究グループをはじめとする岐阜大学のコンクリート系研究室は短繊維補強コンクリート（Fiber Reinforced Concrete，FRC）の評価と高性能化に関する拠点として世界をリードしてきた．セメント系のマトリクスに長さ数センチの短繊維（鋼，PVA，PPなど）を体積で 1～2%程度混和した複合材料である．なかでも当研究グループは，FRC のライフスパンシミュレーション手法を構築している．これは固まる前から供用され壊れるまでの FRC の挙動を予測するために離散化した短繊維に着目した手法である（図－1）．



図－1　短繊維を離散化した数値解析モデル（引張力やせん断力が作用した場合）

図－2　実橋梁の長寿命化に貢献する事例

社会のニーズであるインフラの長寿命化に対して，ミクローメゾーマクロのスケールから高性能化を試みた「緻密で良く曲がるモルタル」が開発された．図－2 は，岐阜県内の劣化した橋梁を当該モルタルで補修した事例である．橋梁だけでなく，桟橋の補修工法への適用も行われるなど社会実装が進められた．

最後に，当研究グループでは，材料－構造のシームレス化という視点で，建設用 3D プリンタに関わる研究開発を加速化している．労働者人口の減少により，コンクリート構造物を建設する際の熟練工の減少が深刻となっており，建設時に必要な足場の設置，型枠の組立て，鉄筋組立て，など必要不可欠な作業の品質確保が難しい．建設用 3D プリンタは，造形物の 3D－CAD データから直接構造物をプリントできることから，材料－構造のシームレス化が可能となる．本研究グループは 2021 年 12 月に「3D プリンティングスタジオ」を設置した（図－3）．この施設は，地域企業 5 社と連携して岐阜大学に 3D プリンタを設置し，各社が研究開発するプラットフォームである．材料特性の評価や構造設計などを体系化し，3D プリンタの優位性を発揮できる造形物とそれに必要な材料（例えば高性能な FRC）を一体として開発していくことが期待される．

図－3　社会実装に向けたプラットフォーム

40年間の研究生活を振り返って

小嶋　智（社会基盤工学科，防災コース）

工学部創立 80 周年記念誌にこれまでの研究を振り返って記事を投稿する機会を与えて頂いた．聞けば発行は 2022 年秋とのこと，ちょうど私が定年退職を迎える数ヶ月前にあたる．40 年間の研究生活を振り返る良いチャンスだと思い，書かせていただくことにした．

私は 1997 年 4 月まで名古屋大学理学部地球惑星科学科に奉職していた．専門は構造地質学，その中でも造山論を主たる研究分野として，世界中の造山帯の調査を行っていた．ちょうどこの頃，放散虫という大きさ 100-300 ミクロンの遠洋性プランクトンの化石を岩石から取り出し，年代指標として使う技術が登場した．この化石は，日本列島を含む環太平洋地域の地層の年代を書き換えただけではなく，その形成過程のモデルにも変革をもたらし「放散虫革命」などと呼ばれることもあった．それまで地向斜造山論という枠組みで説明されてきた日本列島の形成過程も，放散虫化石を用いた付加体地質学という枠組みで説明されるようになった．当時大学院生だった我々が，学会で，旧帝大の大教授の 40 年間にわたる研究成果を「それは間違いです」と指摘するのは痛快であり，若手が生き生きと活躍した時代であった．しかし，それは今，我々老人が唱えている学説も間違いである可能性があることを意味する．学生には事実と解釈・モデルをきちんと分けて話すようにしている．名古屋大学時代の研究は英国地質学会が出版している「○○国の地質」シリーズの The Geology of Japan にまとめたので，興味のある方はご一読いただければ幸いである（図 1）[1]．

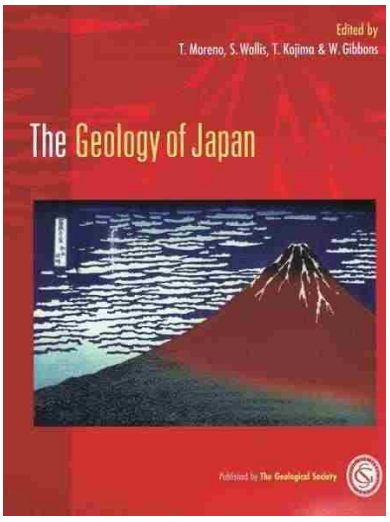


図 1．The Geology of Japan

私は 1997 年 5 月に岐阜大学工学部土木工学科（今の社会基盤工学科）に赴任した．名古屋より岐阜の方が調査地域や趣味の登山を行うフィールドに近いから便利そうだなという単純な理由からの異動であった．しかし，もののことわり（理）を明らかにすることが最も重要と考える理学部から，たくみ（工）が主たる研究対象である工学部への異動はカルチャーショックであった．工学部では，研究や技術開発は人間社会の役に立ってはじめて意義があるのである．世界的にも高く評価されていた日本発の付加体地質学の研究は，人間生活を便利にするわけではなく，一銭の儲けにもならず，工学部では意味のない研究であった．

そこで私は，研究分野を応用地質学に変更した．地質学を応用して人間生活に役立てようというわけである．具体的には，岩盤中の割れ目の成因，斜面変動と地質の関係やその発生予測の研究に取り組んだ．40 才を過ぎて新しい分野の研究を始めるのは頭が固く記憶力も衰えた私には大変なことであったが，同じような研究を続けるよりは刺激もありよかったなと回顧している．

1) Kojima, S. *et al*. Pre-Cretaceous accretionary complexes. *The Gology of Japan*, **2016**, 61–100.

数値気象予報モデルを用いた太陽光発電のための日射量予測技術の開発

小林　智尚（社会基盤工学科，環境コース）

2030年の政府の二酸化炭素排出削減目標に向けて，太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーの導入を推進されている．しかし太陽光発電は天候や日射の変化で発電量も変化してしまう不安定な電源である．そのため，太陽光発電が大量に普及すると電力網が不安定になり，供給する電力にも支障が生じる．そこで太陽光発電に直接関係する日射量を，数値気象予報モデルを用いて予測し，電力網を戦略的に運用するための情報を提供することとする．

数値気象予報モデルは日常の天気予報に用いられるシミュレーションモデルと同様である．このモデルでは大気中の 3 次元物理現象を方程式で解き，気温や風向風速，降雨など様々な気象要素を推定する．図 1 にこの気象モデルにより推定された 3 次元の大気状態を示す．この図では日本列島上空の低気圧とそこから伸びる前線に沿って発生している雲の様子が再現されている．

このモデルによる結果のうち地上での日射の分布を図 2 に示す．岐阜県・愛知県で

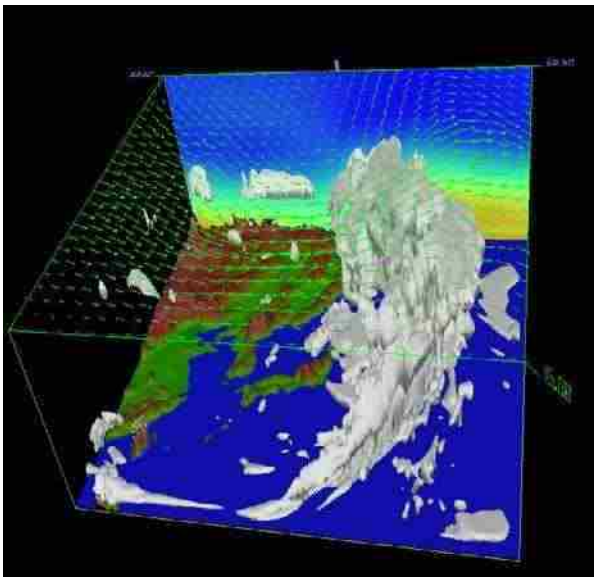


図 1 気象モデルにより再現された雲の 3 次元構造

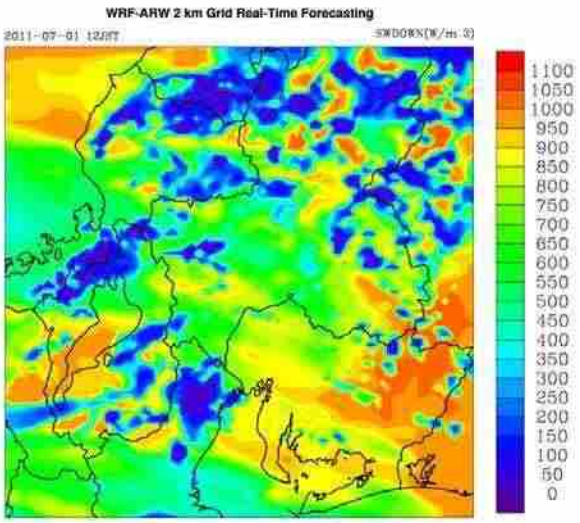


図 2 岐阜県での日射分布（2011 年 7 月 1 日 12 時）

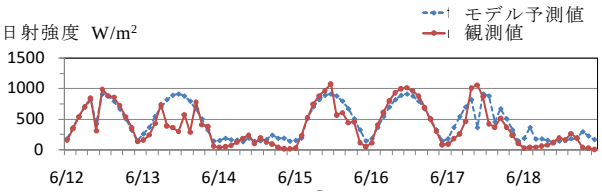


図 3 地点日射の予測（2007 年 6 月 12～18 日，地点：岐阜大学．夜間は削除）

の正午の日射分布であり，全体として強い日射（赤～緑色）となっている．しかし岐阜県北部の高山を中心に日射の弱い部分（青色）がまだら状態で見られる．この部分は上空の雲の影になり日射が遮られている部分である．このように数値気象モデルは日射を含め，様々な物理量を含む大気の状態を再現できる．

岐阜大学における数日間の日射量の変化の予測を図 3 に示す．青線の予測値が赤線の観測値を良好に予測している．このように任意の地点での日射量が予測できる．

この成果を基盤として，日射のスペクトル予測技術や確率予測（アンサンブル予測）技術の開発，太陽光発電の年間期待発電量マップ作製，などに研究を展開している．

山地森林域での水・物質動態解明の試み～学生との研究の醍醐味

篠田　成郎（社会基盤工学科 流域水文学研究室）

森林の「保水力」という言葉が広く使われ，保水力は洪水流出緩和や渇水リスク低減に寄与すると考えられている．しかし，山地斜面が多くの水分を含めば斜面崩壊を発生させ，過大な植生は蒸散量を増やし，利用可能な水資源量を減らす．森林の保水力とは単なる水分の貯留能力ではなく，植生部分とその下の地中部分における水分の移動特性を意味する．ただし，植生と地中から構成される森林での水分移動は極めて複雑な現象であり，森林水文学の分野では，保水力の適正評価には未だに至っていない．

岐阜県は，我が国のみならず世界的に見ても有数の森林面積率や年降水量を有し，岐阜大学は森林水文学の研究フィールドとして恵まれた立地にある．本稿では，当研究室の学生たちとともに実施してきた約30年間にわたる岐阜県内の山地森林域での現地観測と数値解析から得られた知見と学生による着想の一部を紹介する．

雨滴には凝結核そのものと大気洗浄により硝酸性窒素などの物質が含まれ，森林土壌内での浸透・浄化過程を経て流出する．これを詳細に観測するには，雨水の分割採取による雨水中物質の時間変化データを取得する必要があるが，電源を確保できない山中でこれを実現することは容易ではなく，これまでにそうした観測は実施されていなかった．1 名の卒研生が画期的な雨水分割採取装置を開発し，この装置を用いることで，時々刻々の雨水中含有物質変化を把握できるようになった．その結果，地中内の水分移動には長時間を要するものの，新しく供給された雨水によって地中内に保持されている水分が押し出されて流出が生じていることが明らかになった．ただし，地中内の水分が飽和しているならば容易に説明できるが，一般には不飽和状態であるため，水分の押し出しが本当に起き得るのかが疑問点として残された．

一方，人工林間伐が水・物質動態に及ぼす効果を調べるための間伐林と放置林との比較観測から，間伐林では放置林に比べて表層土壌の粒度が細かく，多くの土壌水分を保持することを掴んでいた．ある冬の観測時に，ロガーからデータを回収するため，1m 以上の積雪を掘り起こしていた 1 名の大学院生が興味深いことに気がついた．放置林では地表面に積雪が密着していたが，間伐林では積雪部分と地表面との間にわずかな空隙が存在していた．これをきっかけとして土壌中微生物の違いを蛍光顕微鏡で調べ，間伐林の表層土壌内では微生物活動による有機物分解が活発に行われていることが明らかになった．微生物を含む地中内生物の生息状況も間伐林と放置林では大きく異なり，生物活動による土壌の団粒構造形成が水分保持や細粒土壌移動抑制をもたらしていることも判明した．

その後，これらの知見とデータ同化手法を併せた地中内水分移動の数値解析から，浅い地中内では降雨時に部分的かつ一時的な飽和現象が生じ，これが局所的な押し出し流れやより下層での地中内水分保持に影響を及ぼすことが分かってきた．こうした部分飽和現象は植生部分での水分一時貯留に影響を受けるため，適切な森林管理によって，地中内の水分や物質の移動を効果的に制御できるようになる可能性がある．

以上は学生のちょっとした斬新な着想が新たな研究展開に大きな影響を及ぼした例である．日々のこうした学生たちとの関わりはとても刺激的であり，大学における教育と研究の醍醐味の一つと感じている．

災害リスク・環境・仕組みの価値を見える化し，社会の改革を！

髙木　朗義（工学部社会基盤工学科・社会システム経営学環）

私は 1983～1987 年に工学部土木工学科で学び，建設コンサルタントへ就職．その後 1992～1996 年に社会人として工学研究科博士前期・後期課程で再び学び，さらに 1999 年に教員として三度工学部へ戻り，現在に至るまで，学生と教員という２つの立場で計 30 年以上に亘り工学部に在籍している．そんな私の専門分野は一般の方からは工学ですか？と言われることが多いが，土木工学の土木計画学という工学であることを改めてお伝えできればと思う．

私の研究内容を一言で表すと**「気付いていない価値の見える化で社会システムを再考する」**である．具体的には，災害に強い地域，環境に優しい社会，地域活性化を中心に，社会を支えるハードからソフト，つまりインフラ，制度，人的ネットワークに至る幅広い社会基盤の仕組みを研究している．特に，安全性・快適性・利便性などの市場で取り引きされない外部性の価値を定量的に評価し，それに基づいた公共政策デザインや地域協働の仕組みを探究している．

以下に最近の研究テーマを２つ紹介する．

説明可能な AI（XAI）を用いた豪雨災害時の住民避難行動分析

近年の豪雨災害における人的被害の状況から依然として適切な住民避難行動がなされないことが課題となっている．一方，これまで多種多様な統計手法により住民避難行動が分析されてきたが，適切な住民避難行動促進には至っていない．そこで，AI を用いて住民避難行動を分析し，住民避難行動の行動変容に寄与する要因を抽出する研究を行っている．具体的には，機械学習モデルの一つであるニューラルネットワーク(NN)モデルを用いて，豪雨災害時の住民避難行動モデルを構築し，説明可能な AI（Explainable AI；略して XAI と呼ばれている）を用いて，従来はブラックボックスと言われ，可読性の低かった NN モデルの予測に係る根拠を示し，住民避難行動に影響を及ぼす要因の抽出を試みている．

『アプリ減災教室™』を用いた企業・団体職員の災害への備え促進の効果分析

近年，災害対策の方法は災害の発生を前提とし，その被害を最小限に抑える「減災」の考え方に変わりつつある．減災で重要なことは事前に災害に備えることである．内閣府の調査によると，年齢が若いほど災害に備えていない割合が高く，特に 15～44 歳は約 7 割が災害に備えておらず，やろうとは思っているが時間がない，コストがかかる，機会がない，情報がない等ができない理由に挙がっている．一方，15～54 歳の 39～49%が日常的な意思疎通は学校や職場等の人とすることも示されている．そこで，日頃から交流している職場等で一緒に災害に備える，あるいは促し合うことができれば，事前に災害に備える割合が高くなるのではないか？という仮説を立て，企業と連携して職場を通じた職員の災害への備えを取り上げ，『アプリ減災教室™』を用いた促進策を実施し，その有用性を確認している．

みなさんも『アプリ減災教室™』を用いて個人あるいは企業で災害に備えませんか？

アプリ 減災教室™

検索　減災教室

QRコードから

URLから
http://gensaikyoushitsu.sakura.ne.jp/

震度曝露人口による地震災害のイメージ

能島　暢呂（社会基盤工学科，防災コース）

国内で地震が起こると，各地の震度分布が速報される．震度はかつて体感や被災状況から決定されていたが，観測密度が低く（県内では岐阜・高山のみ），客観性や速報性に欠け，防災情報としては問題があった．このため 1996 年 4 月以降は，計測震度計で即時計算して速報する体制となり，震度 5 と 6 はそれぞれ強・弱に細分化された．2022 年 2 月末現在，全国の震度観測点の総数は 4379 点（気象庁：671，地方公共団体：2914，防災科学技術研究所：794）に上る．

私が岐阜大学に赴任した 1998 年頃から震度観測点が激増し，また被害地震も多発したため，高震度記録が数多く蓄積された．以前は，震度 5（強震）は被害が出始める目安で，震度 6（烈震）ではかなりの被害が生じるとされ，震度 7（激震）は家屋倒壊 30%以上の地域と定められていたが，器械計測化と観測網の高密度化に伴ってかなり様相が異なってきた．また詳細な広域震度分布が得られる一方，全観測地点中の最大震度のみが強調される傾向があった．

「地震による揺れの影響の全体像をうまく表現する方法はないだろうか」と考えた私は「震度曝露人口」という簡明な指標を提案した [1]．地震被害を決定づける(1)揺れの強さ，(2)曝露量，(3)脆弱性のうち，(1)と(2)に絞って「強い揺れにさらされる人口」を算出し，地震災害の相互比較を通じてイメージしやすくすることを狙いとした．

1948 年以前の古い地震を対象とした評価では，震災資料に基づいて集落ごとの被災状況から震度を推定する必要があり膨大な作業となったが，熱心な院生が頑張ってくれた．最近の地震では広域震度分布を用いてスムーズに集計できた．主な地震を対象とした集計結果を図 1 に示す．

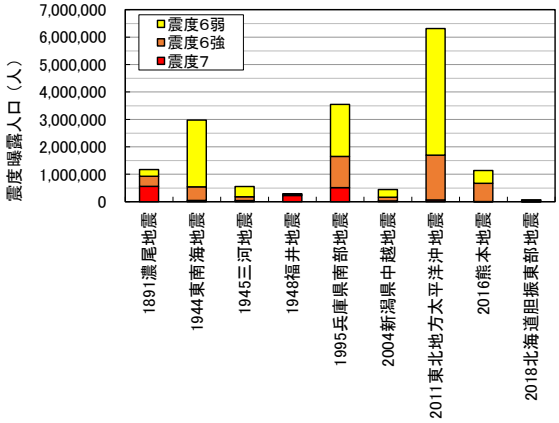


図 1　震度曝露人口の比較

震度 7 に注目すると濃尾地震と兵庫県南部地震で 50 万人を超え，福井地震でその半数程度，その他ではかなり少数である．震度 6 強では兵庫県南部地震と東北地方太平洋沖地震で約 160 万人，濃尾地震でその半数程度である．震度 6 弱以上では東北地方太平洋沖地震が約 630 万人以上と突出し，東南海地震と兵庫県南部地震でその半数程度である．以上は地震ごとの総数の比較であるが，市町村別に震度曝露人口を集計して市町村人口で割った震度別構成割合は，地域に及ぼすインパクトの尺度となる．

社会実装の例としては，防災科学技術研究所は，地震後リアルタイムに震度曝露人口を推計して「J-RISQ 地震速報」で公表しており，「全国地震動予測地図」に関する評価結果を「地震ハザードステーション(J-SHIS)」で公表している．地方自治体の地震被害想定においても，震度曝露人口が掲載されることが多く，広く活用されている．

なお南海トラフ巨大地震の最大ケースでは震度 6 強以上が約 1000 万人と予想され，図 1 とは桁違いの未曾有の規模となる．

1) 能島暢呂・久世益充・杉戸真太・鈴木康夫： 震度曝露人口による震災ポテンシャル評価の試み， 自然災害科学，Vol.23，No.3，2004，pp.363-380.

道路斜面の巨礫を除去して安全を確保する試み

八嶋　厚（社会基盤工学科，防災コース）

道路を走っていると，所々で「落石注意」の案内を目にする．県土の約 80%を山地がカバーする岐阜県では，特にその機会が多い．道路利用者の安全を確保するため，さまざまな取り組みが継続されている．岐阜大学は，道路斜面上に点在する不安定岩塊を，道路に到達させないための技術開発に長年取り組み，そのいくつかは実用化されている．ここでは，国道斜面に存在した巨礫を，全面通行止め措置を伴って除去した事例について紹介する．

道路直近における待ち受け対策，例えば落石防護柵やロックシェッドなどで捕捉できない斜面上の大きな岩塊については，発生源対策としてワイヤー等による固定，岩盤接着工等による安定化，もしくは現地で小割除去を行うことが一般的である．

しかし，地域間を結ぶ数少ない交通網として重要な役割を担う山岳道路においては，発生源対策による長期間の交通規制が，地域の社会生活に多大な負荷を課す．ここで紹介するのは，直轄国道斜面上に存在する，道路面での落石エネルギー約 8,000kJ に相当する不安定転石である．直轄国道としては異例の 24 時間全面通行止め措置を伴う巨礫除去となった背景には，大型土のうが持つ緩衝材としての衝撃力吸収能を適切に評価し，巨石落下による道路破損を防ぐことを確認できたことがある．

国道から約 15m 上方に存在する 2 つの巨礫の道路面での衝撃力は約 9,000kN と想定された．この衝撃力をすべて吸収するために必要な大型土のうの構成は，図 1 に見られるように 3 段積であることが計算できた．大型土のうの衝撃力吸収能については，長年にわたる大型実験などを通じて蓄積された研究成果に基づいている．

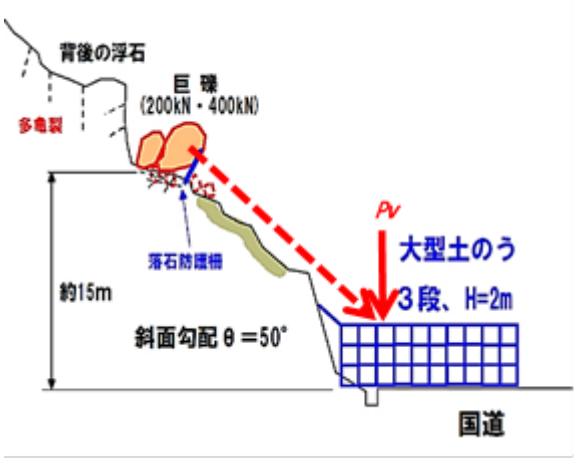


図 1　緩衝材としての大型土のうの配置

必要な大型土のうを 450 体，現場近くのヤードにて製作した．道路を全面通行止めした上で，道路に大型土のう（3 段 450 体）を設置し落下に備えた．巨礫にワイヤーロープを玉掛けし，バックホウに反力を取り，ウインチを巻き岩塊を引っ張り落とした（図 2）．大型土のうの上に落ちた巨礫を，運搬可能な大きさに小割した．巨礫の小割完了後に大型土のうを撤去した．

図 2　土のうへ落下後の巨石

以上の施工手順により，計画した 24 時間以内にすべての作業を終了し，全面通行止めを解除できた．

国道を終日全面通行止めにした，ある意味派手な巨石除去作業を紹介した．それを可能にしたのは，想定落石衝撃力を大型土のうが吸収できるという，これまでの基礎的な研究成果に基づいた検討結果である．

1)　国眼定・八嶋　厚ら，地盤工学ジャーナル,**2019,** 14(2), 225-240.

マイクロ波プラズマのカーボンニュートラルプロセスへの展開

板谷　義紀（機械工学科，機械コース）

低炭素社会を目指して世界各国で化石燃料から再生可能エネルギー（再エネ）への転換または水素社会の構築が推進されている．また究極的な CO_2 排出フリーを目指すためには，CO_2 分離・回収･利用する CCU (Carbondioxide Capture and Utilization)，いわゆるカーボンリサイクル技術も重要課題となる．

当研究室ではこれまでに，活性コークスや金属粉などの導電性粒子が低出力のマイクロ波（MW）でも大気圧プラズマを誘起するプロモータとして作用することを明らかにしている．このようなプラズマは，低出力の MW でも安定的に形成され，化学的に安定な分子の気相反応活性が大幅に向上されるため，分解反応に対して高い反応性を有するだけでなく，適切な反応制御により活性化学種が異なる分子と反応して，目的成分の合成にも有効である．そこでこれまでに，1) 活性コークスのような炭素質多孔体プロモータでは，細孔内の微細構造空間や多孔体粒子間隙の電磁誘導効果により，低出力で大気圧非平衡プラズマが誘起 [1]．2) 炭素質多孔体誘起 MW プラズマにより無触媒無還元剤で窒素酸化物が高い反応率で還元される脱硝効果を実証 [2]．3) 本プラズマは図 1 のような高速度ビデオ撮影からダイナミックに変動し，NO 分解反応に直接関わる励起状態のプラズマ温度は 2 万 K に達することを分光計測により解明 [2]，4) 化学的に安定性の高いベンゼンの分解およびカーボンナノチューブ合成，5) N_2/H_2 および CO_2/H_2 からそれぞれ NH_3 および CH_4 が無触媒で生成を確認している．このような知見に基づき，最近では CO_2 と H_2 または CH_4 から無触媒でメタン燃料合成，エチレンや C_2H_4 のようなポリマーの化学原料となる炭化水素合成に関する研究を実施している．

図 1 マイクロ波プラズマ高速度写真

図 2 は生成したエチレンとアセチレン収率をマイクロ波出力に対して示したもので，両成分の合成が確認され，特にエチレンでは大気圧下の常温無触媒にも関わらず 11%以上の高い収率が得られた．このような成果から，グリーンまたはブルー水素からメタン合成，ひいてはエチレンやアセチレン合成までの一連の回収 CO_2 リサイクルプロセスへの展開が期待される．ここでのマイクロ波プラズマは，再エネの普及に伴う余剰電力の増大が想定され，これを利用する反応活性促進効果と位置付けることができ，カーボンニュートラルへ向けた一つのシステムとして提案している．また過去に開発した素反応モデルコード [3]を改良して，MW プラズマ反応詳細機構の解明を目指している．以上の成果は，研究室の学部および大学院生による努力のお陰でもある．

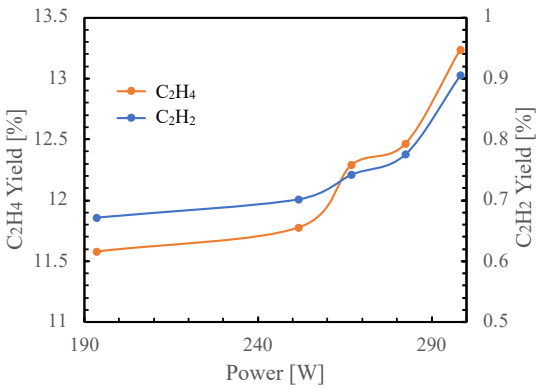


図 2　C_2H_4 と C_2H_2 合成収率に対するマイクロ波出力の影響

1)　平松ら: 化工論文集, **2012,** 38(5), 397-402.
2)　Itaya, Y. et al.: Fuel, **2019,** 242, 382-388.
3)　Itaya, Y. et al., J. Chem. Eng. Japan, **2002,** 35(1), 46-56.

機械構造材料の疲労挙動に関する研究

植松　美彦（機械工学科，機械コース）

材料に力を負荷し，徐々に力を増していけばやがてその材料は壊れる．このときの力を断面積で除した値は引張り強さと定義され，機械構造の重要な設計パラメータとなる．一方，引張り強さより低い力であっても，繰返し繰返し負荷されることで，やがてその材料が破断する現象が「疲労破壊」と呼ばれるものである．

著者は 2004 年に岐阜大学に赴任してからも，疲労挙動に関する研究を継続してきたが，当初はマグネシウム（Mg）合金などの軽金属，あるいは典型的なステンレス鋼 SUS304 や SUS316 の研究が主流であった．本記念冊子は，これまでの 10 年，これからの 10 年に関することであるが，直近の 10 年間での変化としては，やはり計測機器や加工機器の進化が大きい．例えば，図 1 はチタン（Ti）合金の電子線後方散乱回折（EBSD）法による結晶方位図である [1]．EBSD は金属学分野では比較的古くから使われていたが，機械工学分野での疲労研究に適用されるようになったのは，この 20 年ほどであり，疲労損傷を結晶学的に議論できるようになったことは多くの発見をもたらした．また，集束イオンビーム（FIB）を用いた微細加工も近年は一般的になった．図 2 は，長さ 40 μm のマイクロカンチレバー試験片である [2]が，このような微小試験片による疲労試験は，マイクロマシンの疲労強度評価や，疲労現象における素過程の抽出など，先進的な疲労研究を可能としている．このような研究のトレンドは，今後の 10 年間も継続的に発展していくと思われる．

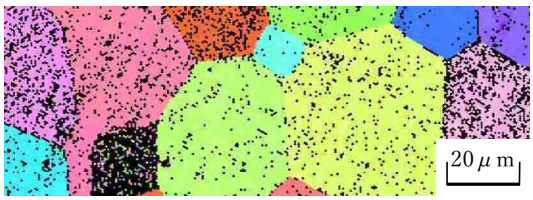


図 1　チタン合金の結晶方位マップ．

さらに直近の 5 年ほどで圧倒的に発展したのが金属積層造形，いわゆる金属の 3D プリンターである．金属積層造形は，高強度鋼や Ti 合金のような難加工材であっても，複雑な形状を造形できると大きく注目されている．金属積層造形については，当初は造形手法や，造形条件の最適化に関する研究が多かったが，実際に造形された材料を機械構造部品として利用するには，その疲労挙動を理解する必要があり，最近になって造形材の疲労強度評価に関する研究が増えてきた [3]．金属積層造形については，まだ実用の機械構造材へと適用された例が少なく，今後の利用拡大とともに疲労研究も拡大していく分野である．

疲労研究については，新しい計測機器，新しい材料，新しい機械の開発などともに，常に新しい研究テーマが提示され，今後も岐阜大学おける新たな研究が続く．

1) Uematsu, Y. *et al*. *Fatigue Fract Engng Mater Struct*, **2018**, *41*, 2239–2248.
2) Uematsu, Y. *et al. Int. J. Fatigue*. **2016**, *93*, 30–37.
3) Uematsu, Y. *et al. J. Mater. Eng. Perform.* **2021**, *30*, 4902–4910.

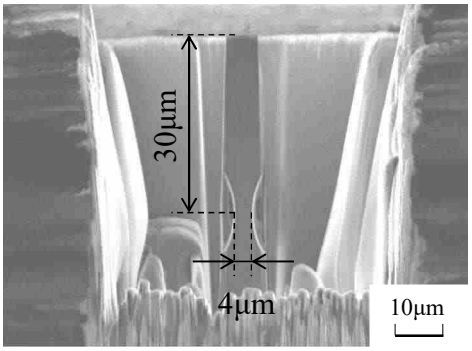


図 2　マイクロカンチレバー試験片．

炎の動きをコントロールする

小宮山　正治（機械工学科，機械コース）

環境適合・窒素酸化物(NOx)低減の観点から希薄予混合火炎が燃焼器に利用される場合が増加している．これは局所的高温領域の抑制が可能で，NOx 低減効果が大きいためであるが，一方では逆火による燃焼器損傷の危険性が生じ，炎を安定維持する燃焼法の確立が重要となる．逆火が起こると，炎が燃料と空気が混合された未燃焼のガス中を上流に伝ぱして，上流にある機器が高温ガスにさらされることで，焼損してしまうことになる．炎は上流からの未燃焼のガスとすでに燃えている高温ガスからの熱で形成されるので，流れの状態や未燃焼ガスの組成により，その炎の動きが変化することになる．ここでは図 1 のような実験用の円筒形燃焼器に設置する，燃料と空気の混合を促進するための旋回羽根(スワーラ)を新たに開発した．これは円周上 10 度ごとに合計 36 枚配置した角度が可変な旋回羽根と 36 台のステッピングモータを個別に接続し，時間的に旋回強さをコントロールできる点が特徴である．図 2 は上部から見た概略図になる．この旋回羽根を燃焼器の管内に形成される炎の動きを変化させるために適用した．図 3 にはこの旋回羽根を用いた管内の火炎の動きとガス速度の時間変化を表している．図の上段は旋回流を時間的に強める場合を表し，下段は旋回流を弱める場合を示している．図の黒い領域が炎を示し，下方から上方にガスが流れている．オリーブオイルをトレーサとして未燃焼のガス中に混入し，これにレーザ光を照明として使用し，高速度カメラによる撮影からその粒子強度の移動速度を求めることで，流れの速度を求めている．図中，上段では炎の位置が下方向(上流方向)，および下段では上方向（下流方向）へ移動していることが分かり，その時の流れの様子も観測できる．今後はこの装置を改良して，炎の動きの安定化を進めていきたいと考える．

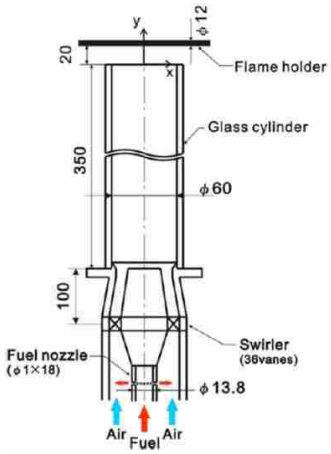


図 1.　可変旋回羽根付き燃焼器の全体図

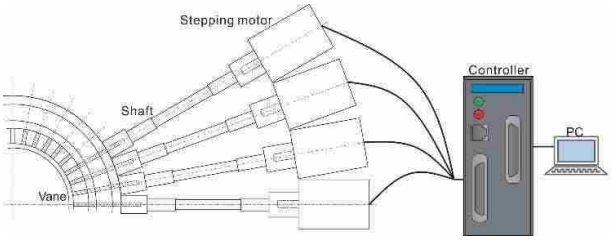


図 2．　時間可変旋回羽根を上から見た概略図

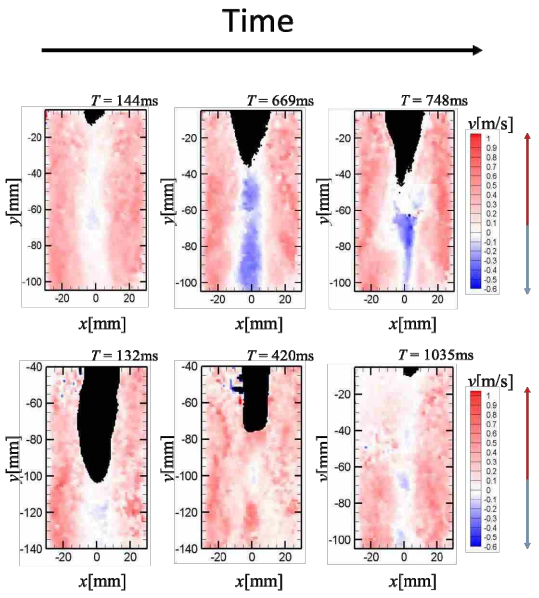


図 3．可変旋回羽根を用いた炎の動き

機械の振動騒音を低減するために逆問題を解くことの難しさ

松村　雄一（機械工学科，機械コース）

機械系の学生には，機械の振動性能を設計でき，また，振動によって発生する騒音や疲労破壊の問題を解決しうる人材として育ってほしいと願っている。しかしながら，いざ自分が，あるいは世界中の高名な先生方が，振動を自在に操り，様々な振動騒音問題をすべて解決できているかというと，必ずしもそうではない。従って，自分が本当に役に立つ教育者なのかと問われると，なんとも困った気分になってしまう。

そういう訳で最近は，振動問題を起こさない機械の作り方について研究している。このような研究は，機械の構造が決まった後に，そこから発生する振動を予測するという『順問題』（大学の講義で学ぶのはこの範囲である）と対比して，機械の振動からその構造を予測するという意味で『逆問題』を解くための研究と呼ばれる。ところが，この逆問題を解く方法はなかなか手強く，思い通りの振動を発生する機械を作り出すのは，正直なところ，かなり難しい（図 1）。

その難しさは，津波の計測結果から震源を予測するのに似ている。海岸や海底で反射を繰り返しながら到達する津波は，震源と，海岸や海底の構造がわかっている場合には，ある程度の精度で予測できる。これに対し，様々な海岸で計測した津波の高さのデータだけから震源を予測することは，より難しい問題となる。これは，海岸や海底の複雑な構造で引き起こされる波動の変化が何重にも繰り返され，重なり合ってしまうと，逆にたどれなくなってしまうことに起因する。複雑な形状の機械の振動でも全く同じで，機械各部の振動を予測することはできても，その振動を作り出すための構造や寸法，材質を逆にたどって求めることは難しいのである。

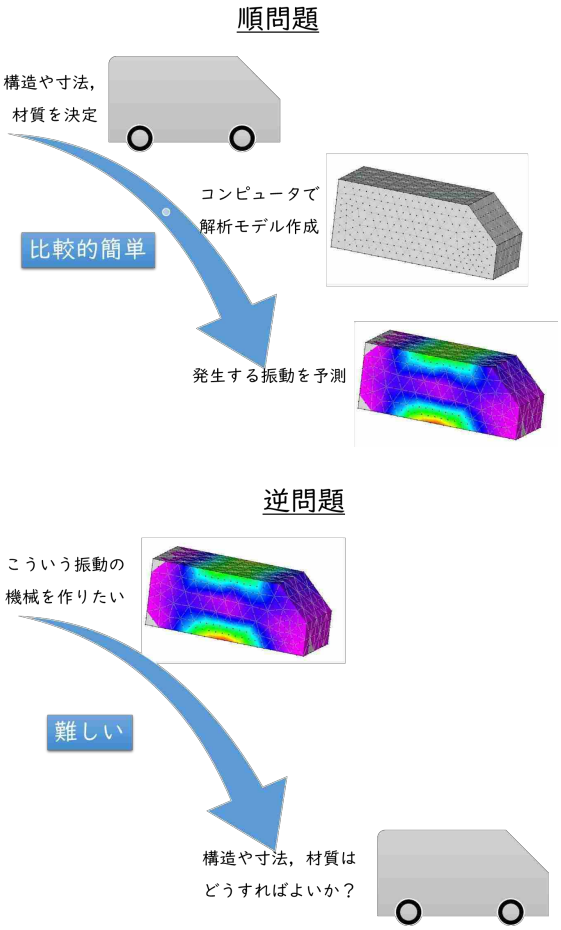


図 1　機械の振動の逆問題とは？

このような逆問題を解く技術を研究者として開発できれば，私も，少しは自分の理想とする教育者にも近づけ，楽しく仕事ができるはずである。そして，その成果は，大学での教育をとおして，学生の実力向上にもつながるであろう。また，そのような技術が学会活動などをとおして社会に広まれば，この世界から，振動が引き起こす様々な問題をなくすことに貢献できる。つまり，近江商人の言う三方よし，Win-Win-Win を実現できる。そして，このような活動が一助となって岐阜大学工学部がますます発展し，社会にとってなくてはならない存在であり続けることを切に願う次第である。

高エネルギー速度加工分野における異材接合

山下　実（機械工学科，機械コース）

塑性加工の一分野である高エネルギー速度加工（衝撃塑性加工）に関する研究を行っている．この加工法は普通の塑性加工の変形速度よりもかなり速いスピードで材料を変形させるもので，意外で興味深い結果が出てくることも多い．非常に大きいひずみ速度で材料を塑性変形させる必要があるため，エネルギー源として瞬時にエネルギーを放出できる爆薬や電気的エネルギー，ガス圧，落下ハンマーなどが使われている．

高エネルギー速度加工は，第二次世界大戦後，爆発成形による航空宇宙用の大型部品の生産に成功を収めた．この背景には，東西冷戦時代の米国と旧ソ連の航空宇宙分野の激しい開発競争があった．爆発成形もその発端は，魚雷が命中していないのに船体に破壊を生じる現象を，水中で爆薬を爆発させると厚い金属板に塑性変形を与えることができることに結び付けたことである．

この加工法は特殊な装置が必要なことやサイクルタイムが長いため，他の塑性加工法のように多く行われているものではない．しかし高エネルギー速度加工では，特徴的な現象や有用な効果を得ることができ，通常速度の塑性加工法では不可能なものを可能とする加工法なのである．我々のオリジナルの衝撃接合法もそうで，材料を高速でせん断してできる材料軟化層を表面に持った新生面同士を数ミリ秒と極めて短い時間で合わせたら接合するのではと考えて始めたもので，この 10 年弱，装置を改良しながら研究を続けている．最初，簡易的な装置を自作して落下ハンマーで装置を高速で駆動させ，アルミニウム同士で試してみたところ接合でき，その後，学生の研究テーマに設定した [1]．装置を改良しながら，チタンと軟鋼，銅とアルミニウム合金といった異種材料の組合せでも接合でき，写真のように母材で破断させることに成功した（図１，２）[2]．最近では異種材料同士を高速で圧縮しながら摺動させる新たな別の方法を考案し，銅とアルミニウム合金が接合できている．以上の方法はいずれもゆっくりやっていたのではまともに接合しないのである．

衝撃試験装置のある実験室は，夏は暑く冬も寒さが厳しいが，学生と一緒に実験するのは楽しい時間である．学生もワクワク感をもって実験に取り組んでいて積極的に細かく現象を観察している．高エネルギー速度加工の実験は，結果が思った通りにいかないことが多いが，こうした成果は失敗を恐れず一緒に取り組んでくれた工学部と大学院の学生の力によるものである．

図１．衝撃接合装置と落錘式衝撃試験機

図２．母材破断した銅・アルミ合金接合品

1) 山下 実：板端面衝撃接合方法および金属板端面接合体，特開 2016-078061.
2) Yamashita M., *et al.*: *Mater. Res. Proc.*, **2019**, 13, 91-96.

ロボットを用いた手作業の自動化および組立作業の知能化・高度化

山田　貴孝（機械工学科、知能機械コース）

人間は、多様かつ複雑な接触が生じる組立作業を、視覚や手先の感覚（力覚）を用いて器用かつ柔軟に実現している。他方、産業分野では、精神的・肉体的負担の軽減、一定・高品質・低コストの製造、問題が生じた際には製造工程のトレーサビリティーが求められている。このような背景から手作業の自動化が不可欠である。このため、ロボットを用いたハンドリングおよび組立作業の要素技術を研究している。そして、把持の力学的解析、力覚を用いた接触状態の同定、視覚を用いた部品の状態検出、そして、それらを統合することで組立作業の知能化・高度化を目指している。

把持の安定性を力学的に解析するため、多指ハンド把握系をばね系に置き換え、エネルギーの観点から考察した。剛性行列を解析的に導出し、把持パラメタの安定性への効果を明らかにした。また、安定な変位方向を明らかにした。複数対象物を把持した場合も扱った。これらの成果は、把持の設計問題に応用できる。

複雑な組立作業を実現するため、接触状態を検出することは重要である。基本的な接触の四種類（摩擦の有る点、ソフト指、線、面）の特徴を力学的に解析し、６軸力覚センサから得られる力・モーメント情報を基に接触状態を効率的に検出する手法を提案した。推定値の不確かさや、効率的に判別するための手探り動作も明らかにした。

治具の一種に組立型治具がある。多様な形状の治具部品を組み立てる必要がある。多様な形状に対応することを目的に、小型モータを用いた４指１２自由度ハンドを研究室で構築し、組立作業に応用した（図）。掌にはカメラを、指先には６軸力覚センサを内蔵し、形状や接触力を検出することができる。４指の軌道を適切に制御することでボルトを捻じることもできる。ボルトや治具の把持・挿入、電動工具の把持、ボルト締め作業などを行った。

多端子ＩＣを基盤に組付けるには微細な動作が要求される。そこで、小型で安価な６自由度パラレルリンクを研究室で構築した。視覚を用いて端子および穴の位置を、力覚を用いて接触力を検出し、挿入作業を実現した。

航空機の生産量は自動車に比べれば遥かに少ない。大型であるが、高精度が求められる。軽量化のため、安全率が厳しく、部位ごとに形状が細かく規定される。多品種少量生産となるため、自動化が遅れており、手作業に依ることが多い。厳しい製造規定に沿い、かつ、一定・高品質を維持するため、手作業の自動化が望まれている。岐阜大学は、この生産技術の自動化プロジェクトに参画している。その一員として、初見部品のハンドリング・検査・組付け作業、小型部品に開けられた交差する小径深孔の研磨および加工評価作業、セーフティーワイヤーの組付け・検出作業、などに関する自動化を研究している。

この他にも、手作業の自動化に関する研究を実施している。これらの研究は、教員および学生の協力のもとに実施している。

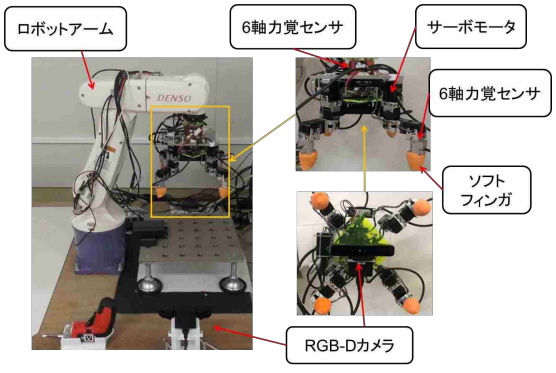


図　組立作業のハンドリングシステム

機械と人間支援システム

山田　宏尚（機械工学科，知能機械コース）

筆者は１９９４年に岐阜大学に赴任して以来，主にメカトロニクス，バーチャルリアリティ，人間支援システム等の研究・教育を行っている．以下では，その中からいくつかの研究を紹介する．

メカトロニクス，バーチャルリアリティの応用研究として，遠隔操作建設ロボットの研究を行っている．写真２に，本システムの実験風景を示す．

写真１　遠隔操作建設ロボット

本システムは危険が伴う環境での遠隔操作を想定しており，研究課題として，①オペレータに建設ロボットからの力感覚をフィードバックするための油圧マスタ・スレーブ制御法の検討，②仮想現実感を用いて，オペレータに視覚情報を効率的に与えるための研究，③３軸揺動装置を用いて，オペレータにロボットの動きをリアルに体感させるための研究，④インターネット回線を用いた遠隔制御の研究等に取り組んでいる．

また，バーチャルリアリティ，人間支援システムの研究として，車椅子シミュレータのテーマ（写真２）では，車いすユーザにとって快適となる空間の設計支援および段差乗り越え訓練を目的とした研究・開発を行っている．本研究では，仮想空間内に車椅子の運動を定義し，ハンドリム操作によって移動・旋回を行い，それによる車椅子の位置・姿勢が油圧 6 軸揺動装置の揺動として提示されるシステムを構築している．

写真２　車椅子シミュレータ

こういった人間が介在する装置の有効性を客観的評価することは容易ではなく，主観評価，生理的評価，作業効率等の観点から総合的に評価するための手法自体を含めて検討を行っている．

上記以外にも，人間支援に関するテーマとして，産業用パワーアシスト装置の研究，起立補助装置の開発を行っている．また，人間の視覚機能を模擬した中心窩レンズカメラによる監視システムの開発や無人店舗用リテールロボットシステムの開発，航空宇宙生産技術用 AMR のジェスチャ認識に関する研究等を行っている．

当研究室では，学生が研究を通じて制御システムを構成するためのソフト･ハードに関する基礎知識を学び，自ら問題を解決する考え方を身につけることを目指している．学生が自分の力で考え，問題設定・解決できる力をつけられることを願って日々研究指導を行っている．

アルケンの立体選択的合成を極める

安藤　香織（化学・生命工学科，生命化学コース）

大学の卒業研究で有機合成化学の教授から「女子学生はお断りしています」と言われたことが発端でした。仕方なく所属することになった研究室で与えられた研究テーマは「リンを含む反応活性種の研究」で、修士課程を含め２年半研究を行いました。その後、どうしても有機合成化学がやりたくなり博士課程で所属を移り有機合成化学の研究を始めました。ところが、しばらくするとリン化合物を使った合成反応が気になるようになったのです。「三つ子の魂百まで」と言われますが、初めての研究でリン化合物を研究したのが影響しました。琉球大学教育学部に職を得た時、研究設備もお金もなく、それまでやっていたような合成研究を続けられないと分かった時、リン化合物を使った合成反応である立体選択的アルケンの合成を始めました（図１）。過去の論文を調べてデザインしたリン化合物 **3** は通常の試薬 **1** とは逆の立体選択性でシス-アルケン **2** を与えました。この反応は、その後多くの合成化学者に利用され、私の代表的な研究成果になりました。岐阜大学で職が得られたのも、この研究のおかげです。

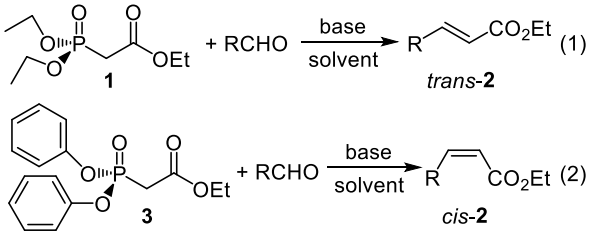


図1．リン化合物を使ったアルケンの合成

岐阜大学の研究環境は予想以上に充実していました。研究設備や研究費が以前と比べ格段に充実しているだけでなく、意欲的に実験をやってくれる優秀な学生が大勢います。今春退職を迎える身としては、この恵まれた環境を十分に活かせなかったことが悔やまれます。大勢の学生の研究指導をするだけで精一杯で、研究成果を論文にしたり、新しい研究構想を練ったりがおろそかになっていました。結局、以前やっていたアルケンの立体選択的合成を拡張しながら続けることとなりました。アミドやニトリル、ハロゲンなど異なる置換基を持つアルケンの合成、分子内反応による大環状ラクトン合成、ポリマー担持試薬の合成と反応、開発した反応を用いた生理活性物質の合成などを学生とともに一歩一歩進めていきました。さらに、溶媒を用いない反応では **3** からは選択性が大きく低下し、逆に **1** を用いると通常よりも高いトランス選択性が得られることがわかりました。これらの研究の過程で「アルケンの立体選択的合成を極める」決意をしました。この時までは、アルケンの合成はリン化合物を使った反応だけでしたが、「極める」と決めてからは **4** のようなケイ素化合物を用いるアルケンの合成や、スルホン **6** や **7** を用いるアルケンの合成なども行っています（図２）。リン(P)とケイ素(Si)は酸素と親和性が強く、アルデヒド(RCHO)の酸素原子と結合してアルケンを与えます。スルホン化合物では SO_2 に結合した複素環がアルデヒド酸素と結合し、SO_2 が脱離することによりアルケンが生成します。元素の種類により反応様式も異なり、アルケンの立体選択的合成を十分に楽しむことができました。

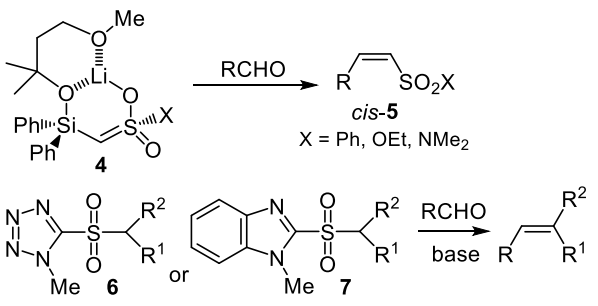


図2．ケイ素化合物とスルホン化合物を使ったアルケン合成

細胞形態制御機構解明と創薬への今後の展開

上田　浩（化学・生命工学科，生命化学コース）

がんや神経疾患を含む種々の疾患は，正常な細胞形態制御機構の破綻が関係していると考えられている．例えば，がん細胞については，正常な細胞周期を逸脱し、異常な速さでの細胞周期が進行することや，より悪性へと進行することに伴い，他組織への浸潤・転移がおこる．この間にも，正常細胞とは異なる細胞形態変化が伴うと考えられる．

一般的に，この細胞形態制御は，Rho ファミリー低分子量 GTP 結合タンパク質（Rho）という一群のタンパク質により制御されていることが知られている．そして，これら Rho もまた，RhoGEF や RhoGAP 等いくつかのタンパク質群により制御されている．これらのタンパク質の異常と疾患との関わりが，近年のゲノム解析等で明らかになってきた．

われわれは、RhoGEF に着目し、特にある特定の細胞外刺激を受けることにより活性化する RhoGEF を，約 70 種類ある RhoGEF の遺伝子を用いた探索を行い，その過程で、PLEKHG2 というタンパク質を同定した [1]．後に，この PLEKHG2 は，ヒトの小頭症関連遺伝子の一つとして，同定されており，神経細胞における形態制御不全との関わりが示唆されている．この PLEKHG2 の同定が端緒となり，その後の研究の展開の道筋がつけられた．

PLEKHG2 は分子量が大きく，含有する既知機能ドメインが少ないことから，細胞内でどのような分子と相互作用し，制御されているかに興味がもたれた．そこで，酵母 Two-hybrid システムを用いた相互作用分子の同定を行い，いくつかのタンパク質の同定に成功した [2]．この方法は，根気が必要な過程を含み，担当してくれた学生の努力があり，結果が得られたものと考える．

最近，PLEKHG2 の活性中心のアミノ酸配列と類似性が高い PLEKHG1 について，研究を進めることになった．その結果，PLEKHG1 が，がん原遺伝子の一種である FYN と相互作用し，チロシンリン酸化を受け，活性化することを見出した [3]．例えば，細胞に PLEKHG1 のみを発現させた場合に比べ，PLEKHG1 と FYN を共発現させた細胞では，細胞周囲の突起状構造の発達が促進される（図１）．この相互作用は，FYN がもつ SH3 ドメインという機能ドメインと，PLEKHG1 がもつプロリン含有モチーフとの相互作用によりおこることがわかった．今後，このような protein-protein interaction (PPI)を利用したタンパク質特異的な相互作用を利用した PPI 創薬研究を目指す契機となった発見であった．

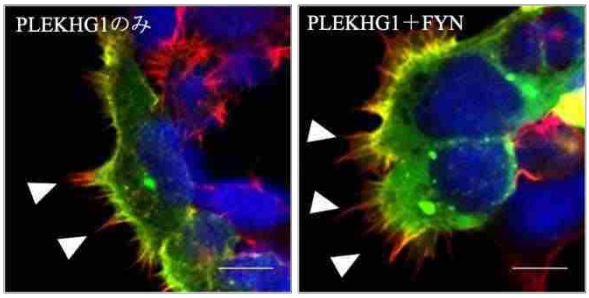


図1. FYNによるPLEKHG1の活性化に伴う細胞形態変化

以上，本学工学部の学生と一緒にコツコツと地道に行ってきた研究内容の一部であり，彼らの協力なしでは，得られなかった結果である．

1) Ueda, H. *et al. J. Biol. Chem.*, **2008**, *283*, 1946–1953.
2) Sato, K. *et al. J. Biol. Chem.,* **2016**, *291*, 25227-25238.
3) Nakano, S. *et al. J. Biol. Chem.,* **2022**, *298*, 101579.

思ってもいないようなものを発見する楽しさ

海老原　昌弘（化学・生命工学科，物質化学コース）

天然に存在する元素の半分以上は金属元素である．金属原子に有機物が配位子として結合した有機と無機のハイブリッド化合物である金属錯体の中には，クラスター（最近おなじみになった言葉ですが）と呼ばれる化合物があり，金属原子間にも結合をもっていることを知り，これを研究したいと思うようになった．

この様な研究対象について博士課程まで進んだ学生さんと一緒に研究しているときに常識にとらわれてはいけないと思うような化合物がいくつか得られた．１つめはイリジウム原子間に結合をもつ複核錯体を合成したいと考えて研究していたときである．イリジウムは+3 と+4 の酸化数の化合物が原料として手に入れやすいが，高酸化数である+4 の化合物を酢酸混合溶媒中で酸素を通じながら加熱すると，イリジウムが還元され+2 の酸化状態となった化合物が得られ，使用していない一酸化炭素もイリジウムに結合していることがわかった [1]．この反応では金属元素が還元される反応が，酸素を通じることにより起こるという，単純に考えるとあり得ない反応が起こっている．合成はやってみないとわからないと改めて思った．なぜこの化合物が出来るのかは今も解明できていない．

２つめはヨウ化物イオンが４つのロジウム錯体に結合した錯体である．ハライドイオンが２つや３つの金属イオンに結合した化合物は珍しくなく，以前研究していたモリブデン六核のクラスターもこの様な化合物の１つである．しかし，４つの金属イオンにハロゲンが結合した例は極めて珍しく，単結晶Ｘ線構造解析を行いその構造（図１）がわかった時には，この様な化合物が出来たことに驚いた [2]．

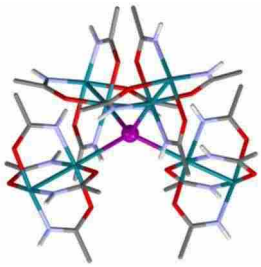


図１．ヨウ素に４つのロジウムが結合

３つめの化合物はロジウム複核錯体に強い水素結合をする平面上の分子を導入した錯体を合成したときのことである．この錯体を合成しようと思った当初の目的は，分子間の水素結合による鎖状構造の制御であったが，合成して酸化還元電位を測定してみると鎖状構造にすることは難しいことがわかった．当初の目的はあきらめて，取りあえず合成は出来たので，錯体間で水素結合できるようにしてみたところ，予想外に四重水素結合の二量体となっていた．構造を見てうまいこと水素結合するものだな感心した（図２）[3]．

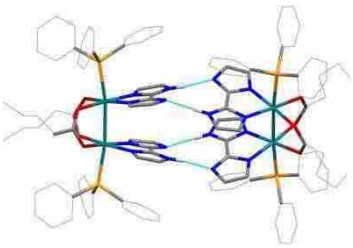


図２．錯体間に四重水素結合

近年は計算化学が発展し，合成しなくても化合物の性質がある程度予想できるが，このような予想出来ないような化合物が出来るところに錯体合成の楽しさがある．

1) Kanematsu, N. *et al. J. Chem. Soc., Dalton Trans.* **1999**, 4413-4417.
2) Fuma, Y. *et al. J. Am. Chem. Soc.*, **2004**, *126*, 12238-12239.
3) Jin-Long *et al. Inorg. Chem.*, **2015**, *54*, 2331-2338.

剛から柔へ：材料合成のいろいろ

大矢　豊（化学・生命工学科，物質化学コース）

1991 年岐阜大学へ赴任してきました．研究対象は一貫して機能性・構造用酸化物セラミックスの合成と評価ですが，それまでは酸化物を原料として合成を行ってきました．ご存じのように酸化物は“硬い”，“脆い”ものです．これらを原料として酸化物セラックスを作るにはハードな混合方法と高温が必要で，1500℃を 1 つの目安として合成を行ってきました．

岐阜大学では当時の高橋康隆教授といわゆるゾルゲル法による材料合成を研究対象としました．東海地区にはゾルゲル法による材料合成では後に名大の総長になる平野眞一先生や三重大の神谷寛一先生がおられ，それぞれの大学で独自の研究を進められていました．岐阜大学・高橋先生の研究の特徴のひとつはエタノールアミンを用いて安定なゾルを合成する，と言うものです．研究の方向としてはゾルやゲルそのものを研究することもありますが，これを材料合成に利用していました．

ゾルゲル法の研究分野の内，機能性材料として強誘電体や酸化物半導体の研究を行いました．材料としての形態は薄膜で，ゾルを基板上にコーティングし 700℃程度で加熱することで酸化物薄膜とし，その電気的性質を測定する，と言うものです．強誘電体薄膜の研究はかなり行われていましたが酸化物半導体薄膜をゾルゲル法で合成して，という研究はそれほどやられていません．ゾルゲル法による成膜の特徴はコーティングを繰り返すときに色々な種類のゾルを使うと多層膜が簡単にできる，と言うことがあります．これを利用して p 型半導体である NiO と n 型の TiO_2 や ZnO を多層化した透明な薄膜ダイオードを合成しました．この薄膜ダイオードは 300℃位まで非常にきれいな整流特性を示しました．図 1 に合成した薄膜ダイオードの透過型電子顕微鏡の写真を示します．50nm 程度の膜がきれいにコーティング出来ています．

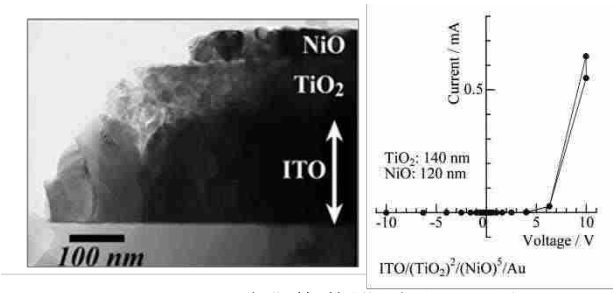


図1 NiO-TiO_2酸化物薄膜ダイオード

とりあえずダイオード特定が得られたのでトランジスタは出来ないか，と言う研究を始めました．学生さん達が頑張ってくれてシリコン基板上にたぶん世界で初めての酸化物薄膜トランジスタを合成することに成功しました．得られたトランジスタ特性の測定例を図 2 に示します．ゲートとなるシリコン基板に電圧を掛けると絶縁膜 SiO_2 を隔てた ZnO 膜のソース・ドレイン間の電流が大きく流れます．

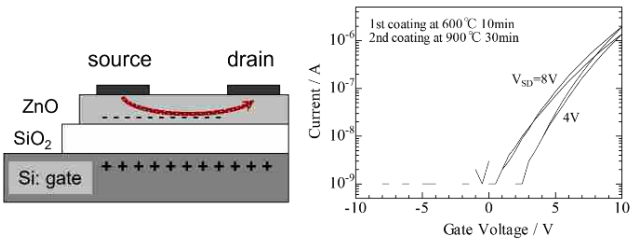


図2 ZnO酸化物薄膜トランジスタ

この様に酸化物半導体薄膜の合成と評価については一定の成果を得られたと思っています．その他にもゾルゲル膜を種々の保護コーティングへ利用する研究等も行っています．また，従来の手法により Al_2TiO_5 セラミックスの合成と機械的な性質の評価などや，酸化物半導体等の平衡下での固体化学的な欠陥構造の解明も研究対象としています。

学生の一言が端緒となったキュービック液晶研究

沓水　祥一（化学・生命工学科，物質化学コース）

液晶ディスプレイの材料として有名な液晶では，構成分子の運動性とその並びの秩序性とが両立している．そのような液晶の中に，比較的単純な棒状分子であるにもかかわらず，分子の並びが全体として等方的である液晶が存在し，キュービック液晶とよばれている．偏光顕微鏡で見ると，低温側の別の液晶からこの液晶が矩形ドメインとして成長する様子が見られる．これを目にした一緒に実験していた学生の作ってみたいという一言から我々の研究室はこの液晶に長らく関わることになった．当時は極めて希な液晶と言われていたけれども，研究が進むにつれて，結構普遍的に存在することがわかってきた．

この液晶の形成要因の一つは，分子の形が棒状から，ちょうどメガホン二つをつなぎ合わせ両端が開いた形に変化して，その横並びの配列がねじれることにある（図１）．その意味で，棒状分子が横並びになることで形成される層状構造の液晶と親戚関係にあって，しばしば両者の間を温度的に行き来することができる（図１）．

化学の醍醐味は，形成原理がある程度わかってくると，それを指導原理にして類似分子をつくることができることである．

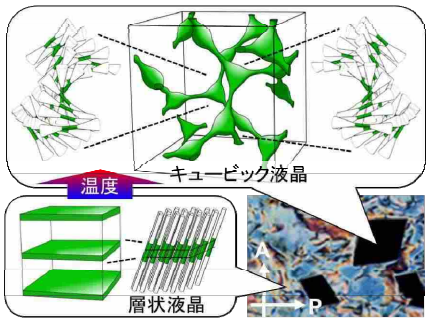


図１　偏光顕微鏡で観察される，棒状分子がつくる層状液晶（青い部分）とメガホン状分子がつくるキュービック液晶（黒い矩形ドメイン）

My cubic molecules を作ろう！との呼びかけに共鳴してくれた学生さんの努力により，今では岐阜大学発の多くのキュービック液晶形成分子が開発されている．

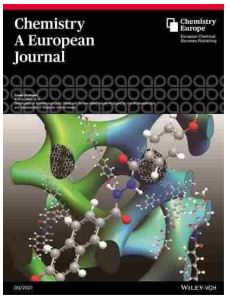


図２　非対称分子のつくるキュービック液晶

ここ 10 年の成果では，末端に炭化水素鎖よりかさばった形状のシロキサン鎖を付与して分子を作ると，容易にメガホン形状になるために，室温付近で安定なキュービック液晶をつくることができること（図２），さらには，光に応答して形を変えることができるアゾ分子をキュービック液晶に添加した混合系においては，層状液晶とキュービック液晶の間の光によるスイッチングもできるようになってきた（図３）．

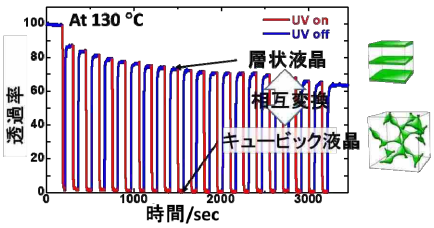


図３　UV 光のオンオフによる層状液晶からキュービック液晶へのスイッチング（直交ニコル下偏光顕微鏡観察）

通常のキュービック液晶では，構造中の一対の，ねじれ分子配列は互いに逆向きで打消しあっている．しかし，最近，そのねじれが完全に打消しあわずに，鏡に映した構造と重ならない構造のネットワークが形成される例が発見された．DNA のらせんのごとく，生体系の一方向巻きのらせん構造の起源とも似た不思議がそこには存在する．

1)　*J. Phys. Soc. Jpn.*, **81**, 094601 (2012).
2)　*Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **91**, 1652 (2018).
3)　*Chem. Eur. J.*, **27**, 10293 (2021).

含セレンヘテロ環合成の競合と友情

纐纈　守（化学・生命工学科，物質化学コース）

セレンは有機合成化学的な興味だけでなく生理活性にも期待されています[1]．私は，機能性食品開発企業に 10 年勤めた後，石原秀晴先生の助手として採用された際ご提案いただいたセレン元素を含んだ新規化合物の調製，特にセレンを環内に有する含セレンヘテロ環化合物の調製に興味を持ち研究を開始し学生さんとともに最適な反応条件を探索し新規含セレンヘテロ環状化合物を数々調製し国際学術誌に報告してきました．

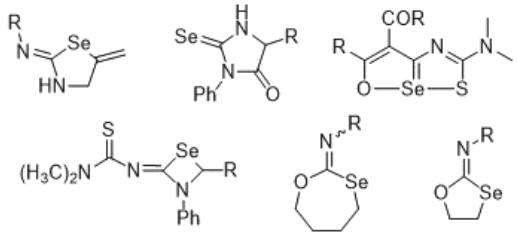


図1. 我々が調製したイソセレノシアネートを用いた含セレンヘテロ環状化合物

熱心な学生さんによりイソセレノシアネート (-N=C=Se) を出発物質した反応によりいくつかの新規化合物の合成に成功し様々な新しいヘテロ環化合物ができていました（図１）．2005 年山村君が，アシル(=C=O)のイソセレノシアネートとの反応で報告例の少ないセレンと窒素を含む 4 員環の珍しい化合物の合成を達成し，単結晶も取れたので X 線回折により完ぺきな構造解析ができました．同時に 6 員環の化合物も確認しました．その後，構造確定のための各種スペクトルデータなど精査の末，原稿が完成しました．その原稿の投稿直前にチューリッヒ大学の Heimgarthner 先生のグループがアシル基のないイソセレノシアネートを用いて類似化合物を合成するという報告が出ました[2]．先を越されたのかという思いと世界を相手に戦っているんだな~という感慨にふけった後，彼らの論文を引用し出発原料の違い，室温での温和な反応条件，6 員環化合物の有無，短時間反応で高収率であることなどこちらとの差異や優位性を主張しながら原稿内容を修正・投稿し無事に受理されました[3]（図２）．

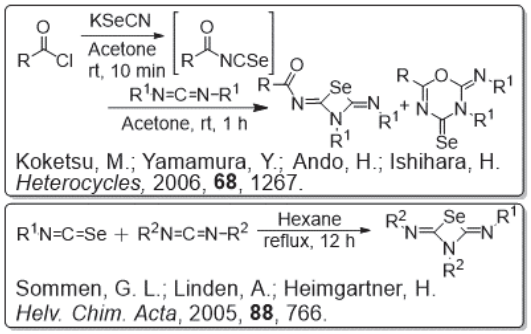


図2. 両者の含セレンヘテロ環状化合物の合成例

実はその後，お互いにとても親しくなり国際共同研究として 4 年ほどかけ彼らの化合物の生理活性を評価し，2011 年生化学系の雑誌に共著で 2 報報告しました．また，同年そこのポスドクであった Sommen 博士とベルギーで面会し，2016 年私のサバーティカル研修を活用しスイスの Heimgarthner 先生を訪ね親交を深めました（図３）．先生はスイス化学会では著名人で *Helv. Chim. Acta* 誌の編集委員を長く勤めすでに退職されていましたが大学から特別に研究継続が許可され研究室を持っておられました．岐阜大学の学生さんの成果が世界と戦え，また研究の競合も友情につながるいい例です．

図3. Sommen 博士（一番右）, Heimgarthner 先生と著者

1) Ninomiya, M. *et al*. *Coord. Chem. Rev.*, **2016**, *339*, 104-127.
2) Sommen, G.L. *et al*. *Helv. Chim. Acta*, **2005**, *88*, 766–773.
3) Koketsu, M. *et al*. *Heterocycles*, **2006**, *68*, 1267-1273.

分析化学からセラミックス，腐食防食の研究，環境の取組みへ

櫻田　修（化学・生命工学科，物質化学コース）

分析化学を学んできた私が本学に赴任し，セラミックスについて研究を行なうことになって早 30 年．私にとって研究分野も，そこで利用するレオロジー（物質の変形や流動に関する学問）もはじめてのことだった．研究室の学生さん達と一緒に学び，実験をすることになった．自分の研究と違うから，自分の専門ではないから，と壁を作らずにこれまで培った知識・経験を活かして欲しいと学生さん達に話している．

セラミックス粒子の懸濁液（粒子濃度が高いものをスラリー（泥漿））の調製にあたって“流れやすさ（流動性）”や“粒子の分散性”の評価にレオロジーを利用している．このレオロジーで取扱う“流れ”の挙動にはチキソトロピー，ダイラタンシーとよばれる興味深いものがある．出前講義やオープンキャンパスなどで体験してもらい興味を持ってもらえるように紹介している．前任の橋場 稔先生（名誉教授）が退職され，准教授の私だけとなった時期に，名誉教授の高橋康隆先生からチタンを含む有機酸の水溶液（正確にはコロイド溶液）を紹介いただいた．この水溶液が酸化物粒子の分散剤として作用することを斎藤（イビデン），博士課程に進学した尾畑，安達（両名ともに岐阜県），中西（NGK アドレック）他の学生さん達と明らかにすることができ，研究室の士気が高まったと感じている．ファインセラミックスセンター（JFCC）材料技術研究所の北岡 諭先生からのお誘いで JST の ALCA「テーマ名：輻射熱反射コーティングによる革新的遮熱技術」というプロジェクトに参画させていただいた．これに伴い研究室の学生さんの研究を JFCC で指導いただいたことも研究室の学生さん達にとって刺激になったと思っている．

10 年ほど前に大学時代の隣の研究室の先輩である中部大学教授の高橋 誠先生から，腐食防食学会の大学関係者が不足していると声をかけられ，当時会員でもない私が名古屋大学で開催された学会の実行委員を務めることとなった．その時に紹介いただいた山田 豊氏（当時，住友軽金属，現在，ダイワテクノ顧問，本学客員教授）に協力をいただき，熱交換器や建築材料などの銅，ステンレス，鋼などの腐食を実地に出向いて調査している．また現地の水を採取し，学生さん達とその腐食の原因解明，さらにその対策（防食）といった研究も行っている．腐食防食はセラミックスの研究とは異なるものと思われるが，腐食防食は酸化還元反応であり，学生時代に取組んでいた分析化学，セラミックスで行ってきた研究手法と相通じる部分が多い．腐食防食の研究テーマを最初に担当した渡辺，引き続き池田，藏谷らは修士在籍中に自身で和英の学術雑誌に論文投稿を行った．これは他の学生さん達にも刺激になったと思っている．また，社会人として博士課程に田中（ダイダン）が在籍，2019 年 9 月に 2 年半で修了してくれた．現在も学生さん達が諸先輩に続くようにと研究に励んでくれている．

研究の他に，名誉教授の長谷川典彦先生（元，機械，地域科学部）からお誘いを受け，本学が認証取得している環境マネジメントシステム ISO 14001 の業務も務めることとなった．教養教育の環境講義も担当し，学生にも内部環境監査などに協力してもらえるよう声かけも行っている．2021 年度から本学地域協学センターに「環境リーダーコース」が新設された．多くの先生方，職員の皆さん，学生さん達のおかげであると深く感謝している．（学生の敬称略）

光電気化学とともに歩む

杉浦　隆（化学・生命工学科，物質化学コース）

1970 年代初頭，本多・藤嶋効果が発見されました．酸化チタン電極を水酸化ナトリウム水溶液に浸して光を照射すると，水が分解されて、表面から酸素が、対極から水素が発生するという現象です．ここから光電気化学という分野が始まったわけですが，私が岐阜大学工学部合成化学科の卒業研究を行ったのは，それから約 10 年後の 1981 年のことでした．1973 年に第一次オイルショックが起こると，植物の光合成のように太陽の光と水から水素エネルギーを生成できる本多・藤嶋効果はたいへん注目され，世界中で活発な研究がおこなわれていた時期でした．私の所属した立木研究室でも，ちょうどそれまでの EL 材料の研究や銅の電析の研究から光電気化学のテーマへのシフトが行われている時期でした．私は化合物半導体電極を使用した電気化学光電池を対象にして，卒業研究と修士論文研究を行い，その後，縁あってそのまま研究室の助手となり，助教授（准教授），教授と，現在に至っています．

まず半導体電極の光溶解現象に注目して研究を始めました．溶解反応は，負の側面から見ると“腐食”と呼ばれ敬遠されますが，これを応用する場合“エッチング”と呼んで表面処理などに利用することができます．様々な半導体電極の光電気化学エッチングについて，特に表面形態に注目して研究を行ってきました [1)]．図 1 に光電気化学エッチング後の多結晶酸化チタン表面の SEM 像を示します．結晶配向に依存した四角形のハニカム構造がわかります．

その後，光電気化学分野では環境浄化用の光触媒が開発され実用化されて，身近なところにも酸化チタンがコートされています．岐阜大学の工学部棟も酸化チタンコートされ，汚れに強くなっています．

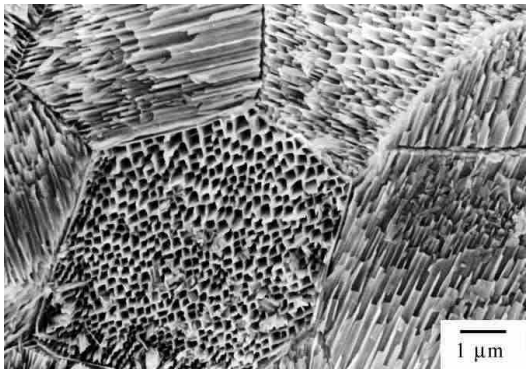


図 1. 光電気化学エッチング後の多結晶酸化チタン表面の SEM 像

現在，水素エネルギー社会に向けた光触媒による人工光合成が注目され，私たちもそれに向けた半導体材料合成に取組んでいます [2)]．図 2 に合成した $Ga_xIn_{1-x}N$ 微粒子の TEM 像を示します．原子が 6 回対称に規則的に配列したナノ粒子が形成しているのがわかります。

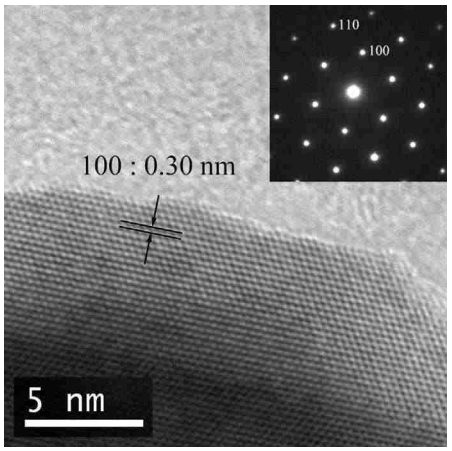


図 2. 合成した $Ga_xIn_{1-x}N$ 微粒子の高分解 TEM 像とその制限視野回折像

1)H. Minoura and T. Sugiura, Encyclopedia of Electrochemistry, Vol.6, Semiconductor Electrodes and Photoelectrochemistry, (Ed; S. Licht), WILEY-VCH, 573-586(2001).

2)G. Purwiandono, K. Manseki, T. Sugiura, *J. Photochem. and Photobiology., A: Chemistry*, **394**, 112499-112504 (2020).

ものづくりと破壊と高分子

武野　明義（化学・生命工学科，物質化学コース）

工学部は，ものづくりを目指す学部である．そのため，破壊や分解と言った現象には，負のイメージを抱く傾向がある．ここでは，ふたつの視点からこれを見直すことで，唯一の高分子材料に至った例を示す．視点のひとつめは，破壊前と破壊後の状態だけに捕らわれないことである．その中間状態にも着目する．ふたつめは，自然界では，破壊と再生が繰り返され循環している点である．すなわち，破壊には，次の再生のために必要な要素が含まれており，破壊が最後ではなく，再生準備段階である．ここで，脆性な樹脂（高分子）の板を破壊する場合について考える．高分子に強い力を加えると瞬間的にふたつに割れたように見えるが，その過程は必ず存在する．高分子の場合は，クレージングがその途中過程である（図１）．

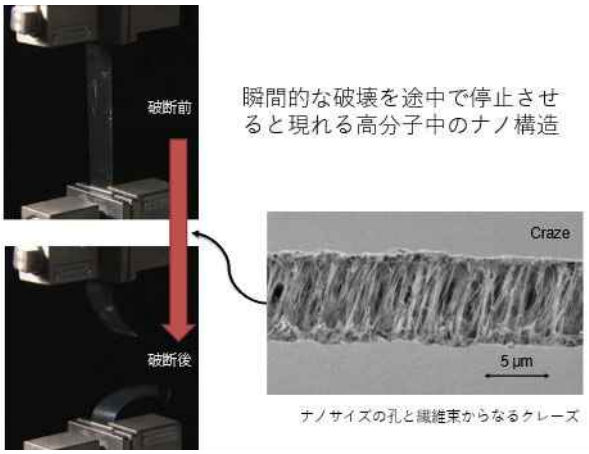


図１　高分子フィルムが脆性破壊する過程（左写真）を途中で停止した時に観察できるクレーズ（右写真）．

これは，ナノサイズの孔と繊維束からなるスポンジ状の構造であり，この繊維束が切れることで完全な破壊へと進行する．破壊の一種であるため，産業的には嫌われ長く抑制に関する研究がなされて来た．再生につながる破壊であれば，必ず良い面もあるはずである．そこで，破壊の過程を途中で停止し，制御する技術を開発した．これは，岐阜大発の独自技術と言ってよく，クレーズが繊維あるいはフィルム全体に，規則性を持って成長した材料が出来上がる．これにより，得られた多孔ファイバーやフィルムは，従来の多孔材料と比べ，孔の大きさを界面自由エネルギーで変えられ，自己組織的に配列した層構造を持つ．その結果，光の散乱方向を制御し，視点により透明性が変化する視界制御フィルムや，安全性の高いリチウムイオン電池セパレーター，薬剤を使いたいときに放出する着るサプリメント繊維などに展開できる（図２）．

図２　制御してクレーズを発生させた繊維やフィルムによる応用展開．

一部は上市され，その後，本学の高等研究院 Gu コンポジット研究センターの立ち上げを支える研究テーマのひとつになった．また，この特許を活用して院生が学生起業し，岐阜大学発ベンチャーとして認定された．私の研究の中では，破壊がものづくりに再生され，循環が成立している．今後の岐阜大学の発展も破壊と再生の繰り返しであることは間違いない．上手く破壊してほしい．

生命科学研究に役立つ分子プローブ

古田　享史（化学・生命工学科，生命化学コース）

ハーバード大学の S. L. Schreiber によって提唱されたケミカルバイオロジーとは，分子生物学的な手法に加え有機化学的な手法も駆使して，分子レベルで生命現象を解明・制御しようとする学問分野である．生体機能を解明するための道具として，分子プローブと呼ばれる有機化合物が活用される．分子プローブは特定の生体分子と相互作用することで生体機能を制御したり，生体分子の局在や動態，活動状態などを観察することを可能にする．我々は有機合成化学の立場から様々な分子プローブを設計・合成し，それらを生物・医学系の研究室との共同研究によって活用するというスタイルで生命科学研究を行ってきた．以下に，我々の共同研究によって創製したいくつかの分子プローブを紹介する．

1．生物活性物質（図 1）

強い抗腫瘍作用を示し，代謝安定な人工プロスタグランジン **1** を創製し，その作用機序を解明した．また，化合物 **1** の類縁体を合成して活用する中で，**2** や **3** などの神経保護作用を示す化合物を見出した．さらに，これら化合物を基にした独自の分子設計により，神経細胞死を抑制する **4** および **5** を創製した. **4** および **5** はまたメラノサイトにおけるメラニン合成を抑制する作用も示した．一方，茸毒の構造を基に，神経障害性疼痛モデルで疼痛抑制作用を示す新規グルタミン酸受容体アンタゴニスト様化合物 **6** を創製することにも成功した．

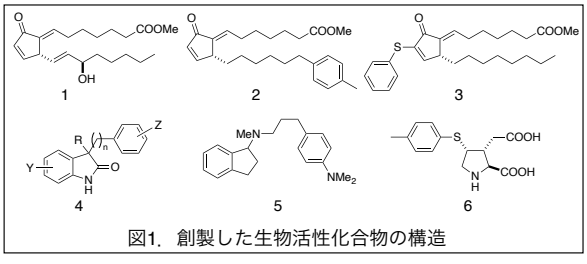


図1．創製した生物活性化合物の構造

2．蛍光プローブ

生体物質や生物活性を示す化合物に蛍光を発する官能基を導入し，標的分子との相互作用で蛍光特性が変化することを利用して分子の局在や活性，挙動を可視化することができる．我々は図 1 の生物活性物質に様々な蛍光基を導入したプローブを合成して活用した．特に，化合物 **7**（図 2）は細胞外小胞エクソソームを特異的に標識する蛍光プローブとして，現在開発を進めている．

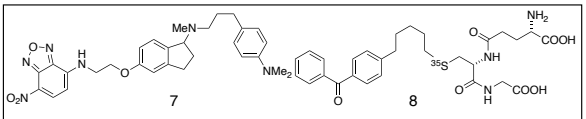


図2．蛍光プローブと光親和性標識プローブ

3．アフィニティプローブ

生物活性物質の作用標的分子を探索同定するためのプローブで，強い分子間力や光反応による共有結合形成によって相手分子に結合し，解析を可能にする．図 2 の化合物 **8** を創製して抗癌剤耐性に関わる薬剤排出タンパク質 MRP/GS-X ポンプの光親和性標識を行い，その機能制御にも成功した．

4．放射化学プローブ

蛍光プローブは主に細胞レベルで活用されるが，分子にガンマ線放出核などを組み込むと生体における観測も可能となる．我々は，化合物 **6**（図 1）のメチル基に陽電子放射核 ^{11}C を組み込んだ PET (陽電子放射断創画像撮影法）プローブを合成し，動物レベルでのイメージング解析を行った．

以上，創製した分子プローブはいずれも本学工学部（研究室が医学系研究科所属時も本学工学部出身）の学生らによって合成されたものである．合成実験を担当してくれた学生の皆さん，共同研究先の先生方（生命化学コース森田先生，竹森先生，他大学）および学生諸氏に深く感謝いたします．

水溶液中での多成分系タンパク質の構造物性研究

藤澤　哲郎（化学・生命工学科，生命化学コース）

生物を理解する上で水溶液中のタンパク質や脂質などの生体高分子のふるまい，性質を調べることは重要です．特にタンパク質などは水溶液中で様々な状態・構造が混在する中で生物として機能を発揮します．現代では，X 線結晶構造解析法，高分解 NMR 法，クライオ電子顕微鏡法など非常に高分解能な構造解析法が発達しており数多くの目覚ましい結果が報告されています．しかし，これらの方法には結晶化，固定化などの何らかの制約条件が伴うのが常です．できるだけ生の状態でのタンパク質の構造を知りたいというのが私達の研究の原点です．

多くの生物系，例えば，病原性アミロイドタンパク質に代表される自己会合タンパク質会合系は，構造や会合数が異なる成分が溶液内で混在している混成系となります．私の専門の X 線小角散乱法ではタンパク質の 1 次元の散乱曲線から低分解の 3 次元の立体構造を再構成することは可能ですが（図１），混合物のデータから構造解析を行うことは現状では不可能です．しかし，組成がどのように変わるか予想できれば，混合物のデータから各成分のデータを抽出できるはずです．

われわれは，圧力という熱力学的パラメータで組成を制御し，測定を行うことによって各成分の情報を分解する方法を確立することを目指して研究を行ってきました．しかし，常圧で行う装置，解析方法論は使用できないので独自の装置，解析ソフトを開発する必要があります．

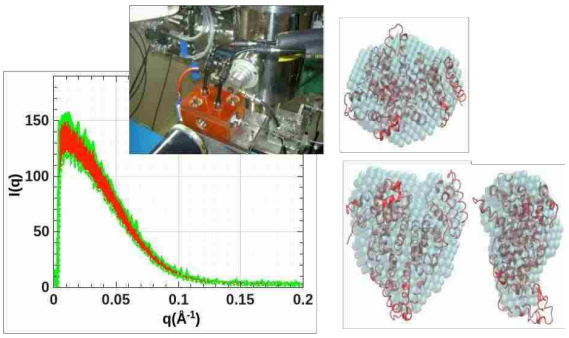


図１　高圧下でのタンパク質の構造解析の例

図１は理化学研究所の引間孝明博士の協力を得て大型放射光施設 SPring-8 で測定された高圧下でのタンパク質の構造解析の例です．左図のように圧力をかけるだけで分子は変化しないのにデータは変わりますが，圧力補正方法を確立することにより常圧と同じように構造解析ができることが示されました [1]．

石黒亮助教を中心として行った高圧下での電気泳動法実験では，病原性アミロイドを圧力をかけて解離させ熱膨張率などの物性測定なども行っております（図２）[2]．

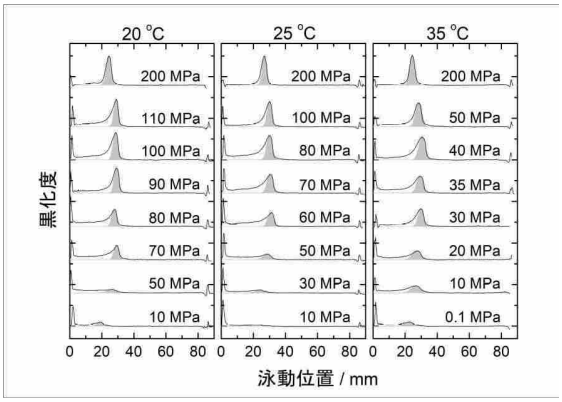


図２　高圧下でのアミロイドタンパク質の電気泳動測定の例

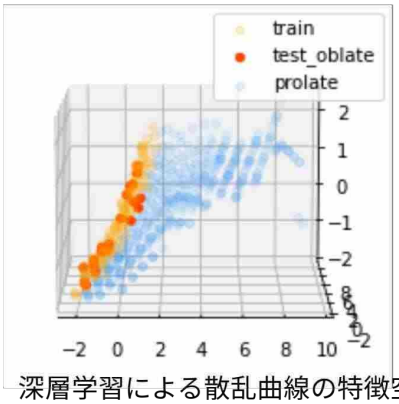


図３　深層学習による散乱曲線の特徴空間

最近のデータサイエンスの急激な進展はわれわれのような数値を扱う基礎科学においても多大な影響を与えています．図３は扁長と扁平物体の散乱曲線の違いをオートエンコーダーと呼ばれる深層学習技術によって次元圧縮して表示したものです．人工知能の技術は画像データの解析に対しては数多く導入されていますが，散乱曲線のようなスペクトル解析には未だ導入例が多くありません．一般の分光スペクトル曲線に対し散乱曲線は「構造」という明確に判断できる情報量を持つので良いテストデータとなる資質を持っています．

今後も，学生とともにさらなる分解能向上にむけて努力していきたいと考えています．

1) Fujisawa, T. *Subcell. Biochem*. **2015**, *72* 663-675.
2) Ishiguro, R. *et al. Electrophoresis* **2015**, *36*, 893–901.

元素の置換えが端緒となった有機合成化学の展開

村井　利昭（化学・生命工学科，生命化学コース）

1869 年 D. Mendelejev によって提案された周期表には現在名前が確定した 118 の元素が含まれている．このうち炭素や酸素のような第二周期の元素で構成されている化合物を周期表でそれらの元素の下に位置する元素で置換えた化合物をイメージして新たな元素化学を構築することもできる．

そのような背景の中われわれは，第三周期以降の元素として，リン，硫黄，セレン，テルル原子に着目し，新規な化合物群の創製とそれらの性質を明らかにしてきた．その過程では，実験を担当してきた学生諸氏の注意深い観察によって，予測していなかった現象の発見から，新たな化学を展開することもできた．

タンパク質の構成要素でもあるペプチド結合，この部位を有する低分子化合物は，炭素と酸素の二重結合を含む化合物である．そこでこの化合物の酸素原子を硫黄原子に置き換えた化合物から活性化学種を発生させていた．その中この化合物に対して強塩基を添加する実験を行っていた学生が，強塩基を一滴添加すると反応液の色が，瞬時に赤紫色に変化するものの，すぐに消えてしまうことに気がついた．そこで当初は考えていなかった過剰量の強塩基を加える実験を行ったところ，赤紫色は消えることはなかった．これが端緒となって得られた活性種がその後の研究のプラットフォームとなった．

同様に担当する学生が加えるべき薬品を加え忘れたことが始まりとなって新反応誕生へも至った．この反応では，類似の性質を有する異なる二つの薬品と出発化合物を同じフラスコで混ぜるため，通常は複雑な混合物を与えることが予測されるため，実施しない反応操作である．それでもある生成物を優先的に得ることに成功した．

そこでこれら二つの新反応の組合せを探索していた中で，前例のない蛍光発光化合物に出会うことができた．しかもその化合物は，外部刺激に応答して発光色を変化させることができた．例えば溶液中で青色発光する化合物に酸を加えると発光色が変化することがわかった．さらに化合物に組み込む置換基とルイス酸との組合せを特定するよって溶液中での白色発光も実現した（図１）[1]．すなわち青色発光化合物に徐々にルイス酸を加えると 3.5 当量程度の添加で白色発光，さらに加えると最後はオレンジ色の発光に変化している．

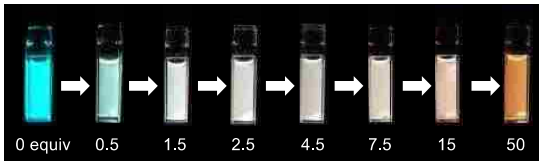


図１．ルイス酸添加による発光色の変化

また別の置換基を有する化合物では，化合物を一旦すりつぶしその後アセトン蒸気にさらすと固体での白色発光も発現していた（図２）[2]．

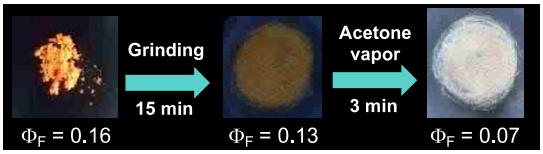


図２．すりつぶしと蒸気にさらすことによる発光色の変化

以上，小さな発見を軸に展開できた研究内容である．なおこれらいずれも本学工学部の学生らの不断の取組がもたらした成果である．

1) Yamaguchi, K. *et al*. *ChemistryOpen*, **2016**, *5*, 434–438.
2) Tsuchiya, Y. *et al*. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2020**, *93*, 927–935.

新規フェロトーシス阻害剤およびその蛍光プローブ開発の展開

森田　洋子（化学・生命工学科，生命化学コース）

フェロトーシスは鉄依存性酸化ストレスによる細胞死で、アポトーシス、ネクローシスなどによる細胞死とは異なる．2012 年に報告されて以降、10 年足らずで発表論文数は 3300 を超え、がん、神経変性疾患など様々な病気への関与も示唆されている．

われわれは，2010 年以前からフェロトーシスとほぼ同じ機構で神経細胞を死に至らしめるオキシトーシスから細胞を保護する化合物の創製を行なってきた．化合物のデザイン、合成は有機化学者の古田享史教授が行い、生物活性および作用機構はわれわれが解析している．化学合成と生物活性の評価は車の両輪のようなもので、有機系と生物系が共存する生命化学コースならではの共同研究である [1,2]．その過程で神経保護作用の特に強い *N,N*-ジメチルアニリン誘導体を見出した．さらに、*N,N*-ジメチルアニリン誘導体および関連化合物に蛍光団を付加することにより化合物の蛍光プローブ化を実現し、生細胞の蛍光顕微鏡によるイメージングを可能にした（図 1）[3]．これらの蛍光プローブが、細胞外粒子エクソソームに結合する特性を持つことを明らかにしたのは、同コース竹森洋教授の慧眼である．この発見から *N,N*-ジメチルアニリン誘導体は神経保護化合物の枠を超えて、エクソソーム検出試薬としての用途に道が拓けた．

N,N-ジメチルアニリン誘導体の蛍光プローブ GIF-2550-r の細胞イメージングの結果を示した（図 1）．GIF-2550-r の緑色蛍光と LysoBrite の赤色蛍光が重なることから、この化合物が細胞小器官のリソソームに蓄積することがわかる（図 2）[3]．この手法を応用して、神経保護と関連のあるシグマ 1 受容体に作用するハロペリドールを蛍光プローブ化した．不思議なことに、ハロペリドールは、構造は異なるものの、細胞内局在や神経保護機構などが *N,N*-ジメチルアニリン誘導体に類似した強力なフェロトーシス阻害薬であることがわかった．ハロペリドールは長年、統合失調症の治療薬として使用されてきた実績があるが、構造のマイナーチェンジにより神経変性予防薬としての薬効も期待できる．

脳は特に酸化ストレスに対して脆弱であり、アルツハイマー病やパーキンソン病などで起こる神経細胞死には酸化ストレスが関与することは周知である．しかし、これまで多数報告されたファイトケミカルなどの抗酸化剤からは有用な予防薬、治療薬が得られていない．フェロトーシス阻害剤の開発は、これらの治療法を提供できる可能性を持っており、今後の展開が期待される．

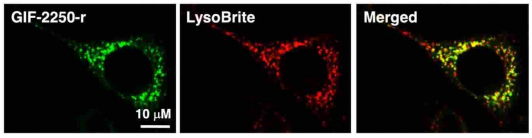


図1. マウス海馬由来HT22細胞でGIF-2250-r（緑色）とリソソームマーカーLysoBrite（赤色）は共局在（黄色）する

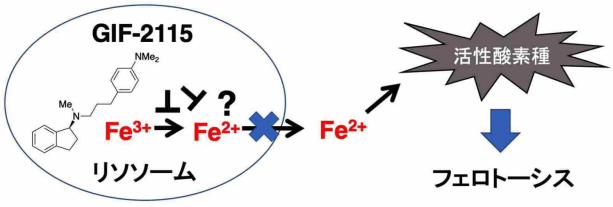


図2. *N,N*-ジメチルアニリン誘導体GIF-2115はリソソームに集積し二価鉄イオンを低下させることによりフェロトーシスを阻害する

以上，生命化学コース内の共同研究を軸に展開できた研究内容である．最後に成果発表および知的財産の出願に関する丸井肇氏（産官学融合センター・当時）、関根裕氏・神谷英昭氏（産学官連携推進部門）らのご協力に感謝します．

1) Hirata *et al. Neuropharmacol.*, **2018**, *135*, 242–252. 2) Hirata et al. *ACS Chem. Neurosci.*, **2020**, *11*, 76–85. 3) Hirata *et al. Free Rad. Biol. Med.*, **2021**, *174*, 225–235.

メタン生成アーキアの研究で社会に貢献する

横川　隆志（化学・生命工学科，生命化学コース）

アーキアという生物群をご存知だろうか．アーキアには「古細菌」という訳語が使われることが多いので細菌(バクテリア)と混同されている人も多いのではないかと思う．

アーキアは 1977 年，Carl Woese によりバクテリアや真核生物とは異なる第三の生物として提唱された生物群である．培養可能なアーキアは極限環境に生息するものばかりなので身近に感じる人は少ないかもしれない．しかし PCR(コロナ禍ですっかり日常語になった)や次世代シーケンサにより DNA の塩基配列解析技術が劇的に進歩したことによって，環境中に含まれる DNA の塩基配列が調べられるようになると，培養できなくても地球の至る所にアーキアが生息し，地球規模の炭素や窒素の循環に貢献していることが明らかになりつつある．しかし温暖化対策でメタンの削減が目標になっていることは知っていても，削減すべきメタンがメタン生成アーキアによって作られていると知る人は少ないかもしれない．

かくいう筆者もそれほど昔からアーキアに興味があったわけではなく，筆者の関心は，今も昔も，アミノ酸を並べる順序が遺伝子にプログラムされ、その指示通りタンパク質が合成されていくシステムの見事さや，その合成の精度を高めるためのコントロールの緻密さにある．岐阜大学に赴任してしばらくは，タンパク質合成に対する知識を活かしてシステムをハッキングし，非天然型アミノ酸を導入することでタンパク質の高機能化を図る研究に取り組んで，世界をリードしてきた自負がある．

しかし，2002 年，*Methanosarcina* というメタン生成アーキアの一種が，筆者が行ったハッキングと同様の改変システムを用いて非天然型アミノ酸を導入していることが *Science* 誌に発表されると，誰もがそのシステムを利用できるようになり，研究の優劣が資金力に依るようになったと感じている．筆者は，自分の優位性が失われて残念と感じるより *Methanosarcina* のシステムに心底感心してしまい，以来，この生物のタンパク質合成システムを研究することが自分の運命なのだと思ってしまったわけである．

タンパク質合成システムを研究するためにはまとまった量の細胞が必要である．しかし,「メタン生成アーキアは酸素がわずかでも混入すると成育しない」「周りに培養している人はいない」「マイナーなアーキア研究に研究費は来ない」となれば，学生と知恵を出し合い, 独自の工夫で培養し（**図 1**），安上がりな手法で研究するしかない．

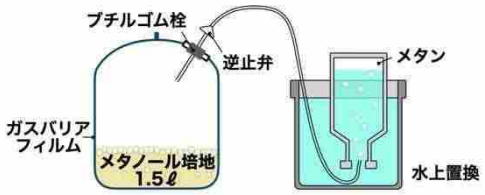


図 1　*Methanosarcina* の自作培養システム

培養できると，興味深い現象が次々に見つかる．確かに研究費は乏しいが，研究費が潤沢だった以前よりも断然面白がって研究できている．困難のために，始めて 10 年もの時が経過してしまったが，新しい RNA 修飾酵素を発見し，その成果を *Nature Chemical Biology* 誌に掲載することもできた [1]．相変わらずアーキアに対する世間の反応はうすかったが, SDGs なる標語も作られ，風向きが変わり始めているとも感じている．メタンの削減がメタン生成アーキアをコントロールすることで達成できるとなれば，メタン生成アーキアが「日なたの道を歩く」日も近いかもしれない．No Archaea

1)　Yokogawa, T. *et al*. *Nat. Chem. Biol.*, **2019**, *15*, 1148–1155.

自然環境微生物に潜む新奇酵素の工学的利用

吉田　豊和（化学・生命工学科，生命化学コース）

自然界には多種多彩な微生物が生息しており，地球環境中で主に分解者として重要な役割を果たしている．一方，日本では微生物を上手に飼い慣らす技術が発達しており，味噌や醤油、納豆、焼酎や日本酒など種々の微生物発酵食品が製造されている．これら発酵食品の製造技術は農学系分野の範疇にある．しかし，抗生物質ペニシリンの工業生産を初めとするアミノ酸や有機酸などの微生物発酵は，微生物がもつ代謝能力を人為的に制御した物質生産であり，生命現象を工学的に利用したものである．

微生物を“ものづくり”に利用するもう一つの手法が，酵素変換による物質生産である．微生物細胞内の特定の酵素のみを機能させ，原料（基質）から生成物を得る方法で，微生物細胞を「酵素の入った袋」とみなしている（図１）．

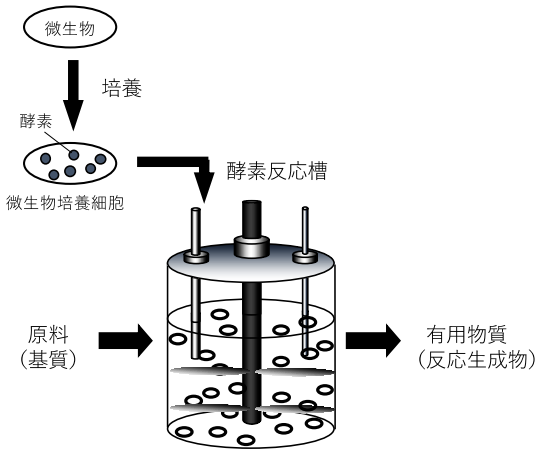


図１酵素変換による有用物質生産

酵素変換の特徴と利点は，常温・常圧で反応が進行し，副生成物がほぼ生じないことで，省エネルギーかつ環境負荷軽減型の生産プロセスを構築できることである．特に欧米では，グリーンサステイナブルケミストリーを目指して，酵素変換の積極的利用が展開されている．しかしながら，工業生産レベルの“ものづくり”に活用できる酵素を発見することは容易ではない．自然界の土壌１ｇ中には約１億の微生物が生息し，その中から有望な新奇酵素をもつ微生物を探索することが必要である．

そこで，研究室に所属する数多くの学生に活躍してもらってきた．研究の起点は土壌サンプル採取で，多彩な微生物種を収集するために，岐阜界隈だけでなく学生の実家近く，旅行先などで土を掘り返して実験室に持ち帰る．微生物は1〜10 μm の大きさであり，実験室で取扱うために，目に見える形（コロニー：微生物集落）にして純粋に分離する必要がある（図２）．

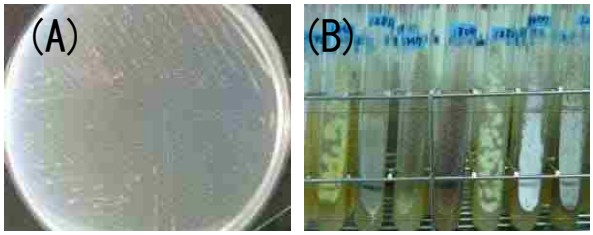


図２コロニー形成(A)と純粋分離(B)

土壌から分離した微生物の中から，目的酵素をもつ微生物を選抜する次のステップでも，学生達の若い力が大いに貢献してきた．有望な新奇酵素を一つ発見するためには，数百から数千種の微生物を培養し，酵素活性を評価する必要があり，時間と労力を要する地道な実験の繰返しとなる．

これまでに，土壌から分離した微生物に数多くの新奇酵素を発見し，酵素変換に適用することによって，医薬品合成中間体をはじめとする有用物質の“ものづくり”を具現化してきた．今後も，目に見えない微生物に無限の可能性を求めて，土集めを起点とする研究を学生と共に継続していく．

アモルファス・ナノ電気電子材料開発とその応用

伊藤　貴司（電気電子・情報工学科，電気電子コース）

アモルファス材料は，原子が規則正しく配列していない材料で，大面積・大容量の作製が容易，組成の連続的可変が可能などの特長がある．このような特徴から，アモルファス・ナノ結晶シリコン（Si）薄膜太陽電池の開発が進められてきた．

我々もアモルファス・ナノ結晶半導体ならびにそれを用いた太陽電池の開発に取り組んできた．対象としてきたのは，太陽電池の高効率化につながると考えられるアモルファス・ナノ半導体材料で，ワイドギャップかつ低抵抗なナノ結晶 Si を含有する炭化シリコン薄膜や組成によりバンドギャップ可変なアモルファス窒化インジウムガリウム薄膜などが，その一例である．現在は，酸化物透明導電膜の高品質化とそれを用いた高効率透過型太陽電池などの開発を進めている．

また，材料や太陽電池の開発だけでなく，新たな評価技術の開発も行ってきた．その一つが，太陽電池の局所的特性評価技術である．ナノ結晶 Si など構造が不均一な材料では，局所的な性質が異なる．したがって，このような材料を用いた太陽電池では，局所的な特性が異なる可能性がある．そこで，ナノメートルオーダーの空間分解能がある原子間力顕微鏡の技術を用いた評価技術を開発し，太陽電池の局所的な特性評価を可能としてきた（図 1）．

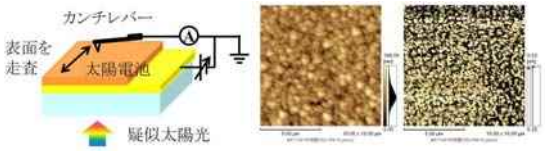


図 1.（左）太陽電池の局所的評価法の概念図と評価結果の一例（中：表面形状像，右：光電流像）

我々は，基板上に自立したグラファイトからなる壁状構造を持つカーボンナノウォール（CNW）の開発も進めてきた．フラーレンやカーボンナノチューブなど，ナノメートルスケールの構造を有するナノ炭素材料である．その一つが CNW である．

他大学から依頼された CNW の評価を担当した学生の希望でその作製を試みたことから，我々の CNW に関する研究は始まった．一般的に CNW は，プラズマ化学気相成長（CVD）法が用いられるが，我々は原料利用効率が高いホットワイヤ CVD 法を用いて CNW の作製に成功した（図 2）．

太陽電池による発電は，天候などに左右される．そのため，脱炭素社会実現には，電力貯蔵技術も必要となる．その一つが，電解液と電極間に形成される電気二重層を利用した電気二重層キャパシタ（EDLC）である．抵抗が低い，比表面積が大きいという特徴をもつ CNW を電極材料として用いることで，EDLC の大容量化が期待できる．しかし，CNW は，壁状構造の鋭利な先端に由来する撥水性を示す．この撥水性により電解液が壁と壁の隙間に侵入できないことが，CNW の EDLC 用電極への応用において問題となる．短時間の酸素プラズマ処理により，CNW の親水性化に成功した（図２）．また，酸素プラズマ処理により，CNW 電極を用いた EDLC の電気容量向上も確認した．現在，さらなる大容量化に取り組んでいる．

図 2.（左）作製した CNW の電子顕微鏡写真と CNW 上の水滴の様子（中：酸素プラズマ処理前，右：酸素プラズマ処理後）

なお，これらの成果は，研究室に所属した学生たちが精力的に取り組んでくれたおかげで得られたものである．

パワーエレクトロニクスによる非線形システムの制御

石川　裕記（電気電子・情報工学科，電気電子コース）

パワーエレクトロニクス（以下，パワエレ）では半導体素子をスイッチとして適用する．スイッチがオンの期間，オフの期間を合わせてスイッチング周期と呼ぶ．スイッチング周期は数十から数百μ秒程度が選択されることが多い。スイッチング周期において，出力電圧や出力電流の平均値を一定にすれば直流電力，正弦波状に変化させれば交流電力が得られる．これがパワエレを適用した電力変換である．

パワエレを駆使すれば，用途に応じて必要な電力を得ることができる。必要に応じてその電力を変化させることができる。その結果，モータの制御，再生可能エネルギーによる発電電力の制御が可能になる．

スイッチドリラクタンスモータ（以下，SRM）という永久磁石を使用しないモータがある．SRM の構造例を図 1 に示す．SRM 自体は 19 世紀に発明された．その SRM は 21 世紀に入ってようやくまともな制御ができるようになった．永久磁石を使用しないので，量産すれば安価に製造できる．瞬間最大トルクは他のどのモータと比較しても圧倒的に大きい．SRM の唯一の課題は，非線形性である．通常のモータで適用できた手法ではまともに回転せず，不安定になる．一定の電圧を加えても一定の電流が流れない．発生トルクが脈動し，回転ムラが発生する．シンプルな構造の割にとんだ暴れ馬である．SRM 駆動システムにおけるポイントは電流・トルク特性における非線形性の補償 [1]である．これを把握しておけば速度制御，位置制御は他のモータと同程度の制御性能の実現が可能である [2]．また，SRM の構造を改良することによりある程度の電流・トルク特性の非線形性を抑制することも可能である [3]．

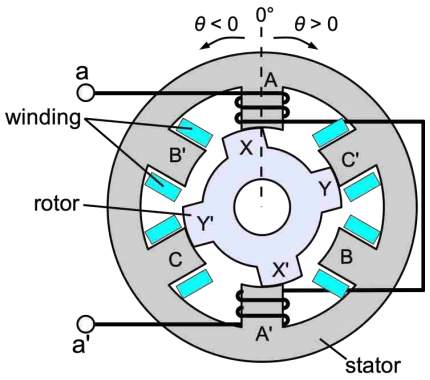


図 1 ：SRM の構造例

SRM の駆動制御だけでなく，再生可能エネルギーによる発電電力の制御も非線形である．例えば太陽光発電や風力発電機は発電電力が最大となる駆動点が存在するが，この駆動点は気象条件によって非線形に移動する．効率よく発電電力を得るには合理的に最大電力となる駆動点を探索し，これを実現する必要がある．その上で電力系統が不安定にならないような無効電力補償や有効電力の逆潮流および蓄電装置への貯蔵制御をパワエレ技術が担っているのである．ワイドバンドギャップ半導体を利用したパワエレの発展も興味深いところである．

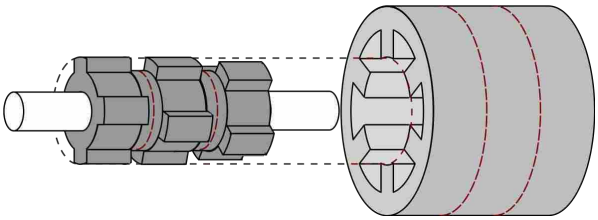


図 2 ：回転子に段スキューを施した SRM[3]

1) 石川他，*電学論 D*，**2005**，125，12，1113-1121.
2) Hiroki Ishikawa, *et al*., *IEEE IECON 2011*. **2011**, 1651-1656.
3) Yuji Ishihara, *at al*, *IEEJ Journal of IA*, **2015** 4, 4, 445–453.

徒然なるままに微分方程式にむかいて

宇佐美　広介（電気電子・情報工学科，応用物理コース）

筆者は微分方程式の理論研究を主テーマとしている．院生らとの共同研究をまず幾つか紹介しよう．

「未知の復元力により運動する質点がある．初期状況と特定位置の通過時刻の測定結果から復元力の関数形を見出せ」というような問題が最初の共同研究であった．某院生から提案されたテーマである．数学的に述べると２階準線形常微分方程式のある種の逆問題である．もっと卑近な例えだと，「単振り子の等時性が厳密に成立するのはどんな復元力のときか？」という問題であろうか．

これの考察には筆者の知らなかった分数階数の微積分法が活躍し，その勉強も興味深いものであった．因みにこの単振り子の問題の答えは「釣り合いの中心からの距離に比例した復元力の場合のときのみ」というお馴染みのものだけである．

社会科学・経済学等で著名な“Lanchesterの法則”と呼ばれるものがある．もともとは近代戦争での局地的戦闘の数理モデルから派生したものである．これは競合する２企業間の競争とも本質的に同じなので，書店の経済書の棚でもこの言葉を含む書籍が結構並んでいる．数理モデルとしては敵対する２集団の勢力を未知関数とする連立微分方程式で表現される単純なモデルである．数学的かつ経済学的には時刻が十分経過したときの２集団の勢力の挙動や終局的状況に興味がある．

留学生の提案に乗っかりこれを考察してみた．特に，既存研究では扱われていなかった武器性能や集団構成員の士気等が時間とともに変化するような状況を考察した．結論は,「ある例外的な場合以外は一方の集団が最終的に全滅，他集団は全滅しない；その例外的な場合のみ両集団はそこそこ共存可能」となった．これは世界平和が難しいことの数学的証明なのか？

これら２つの共同研究は素朴なものだったのでその後，単独研究としてそれら各々の発展形にも取り掛かった．当然難易度が上がり困難に出会う．そこで幾つかの研究集会でその困難さを報告してみた．すると，しばらくして某聴講者らから解決の糸口となる考察法を提案してもらえてしまい，首尾よく解決してしまった．（もちろん，「う～ん，やられたぁ・・・」と悔しさはあるのだけど.）ということで，他大学の研究者との共著論文に結実してしまった．

さて，筆者自身が長年興味を持ち続けているテーマもある．その一つは，天体力学に現れる Lane-Emden 方程式や原子物理学に現れる Thomas-Fermi 方程式等の一般化にあたる準線形方程式の全ての解の漸近形の解明である．筆者一人で淡々と考察し続けている．

ある現象の数理モデルとして提案された方程式の解の挙動を調べ尽くすことが出来れば，場合によってはそのモデル方程式の適切性･不適切が分かったりもする．実際，既存のモデル方程式の不適切性を厳密に証明したという論文が存在する．その意味でこのようなテーマは重要であろう．

院生の研究テーマは基本的に彼らに選ばせている．思いがけない提案があり，筆者にも未知のことを勉強させられてしまうからである．最近知った某俳優の箴言に「自分が面白いと思うものの中だけだと狭い範囲で終わってしまう」というものがあった．筆者の研究活動状況は院生らの助けを得て，図らずもその忠告に従っているようだ．（自画自賛だけど.）

雷の解明から雷の制御まで

王　道洪（電気電子情報工学科，電気電子コース）

雷は高電圧，大電流を伴う雷雲内の電気の自然放電現象であり，風力発電等の屋外に分布している再生可能エネルギーに依存する現代社会にとってその脅威は増加している．我々の研究室はこの脅威を取り除く究極な方法となりうる雷制御の実現を目指しつつ，雷のフィールド観測実験を通じて，雷雲内電気の空間的分布と雷の放電過程の解明に努めてきた．

雷雲内電荷領域の極性は，多くの雷雲において上部から順に正負正の 3 極構造を示す．しかしながら，日本海沿岸で多発する冬季雷雲では，我々の観測により多様な電荷構造を示すことを示した（図 1）[1)]。この特性は正極性落雷が多いなどの冬季雷の特性と関連があることを示した．

雷の放電過程に関しては，当研究室が世界最速の落雷最終雷撃過程観測装置等を開発し，多くの研究成果を上げることが出来た．図２にこれらの成果の一例を示す[2)]．ステップトリーダが秒速数百キロメートルで地面に近づき，地面からお迎えリーダーを誘発し，この両リーダーがつながった瞬間に上下に進展する主放電（帰還雷撃と称する）が発生することが明らかになった．

雷の制御に関しては，図 3 に示す無人機

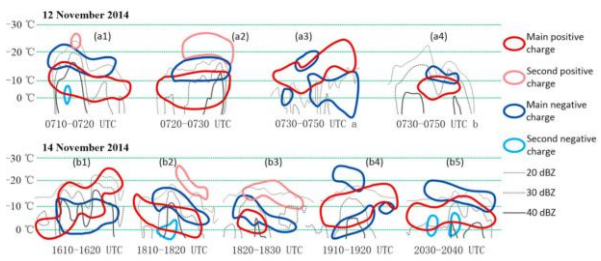


図 1．雷雲電気の高さ方向分布の時系列変化例．赤とピンクはそれぞれ主と次の正電荷領域，藍色と青はそれぞれ主と次の負電荷領域．背景の灰色の線は雷雲のレーダーエコ強度を示す

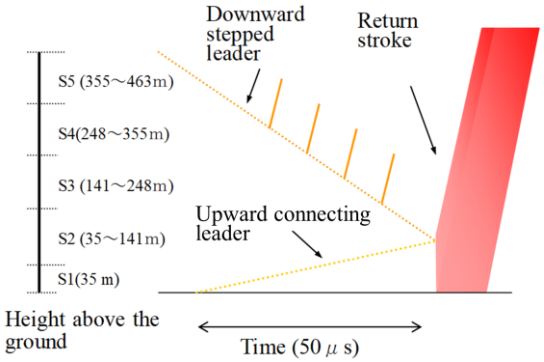


図２．観測から得た最終雷撃過程

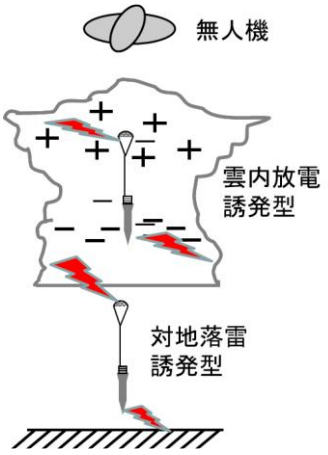


図３．提案した雷制御法

を用いた方法を提案した[3)]．この方法が成功すれば，雷雲内の正負電気を安全な場所に放電させるなど，意図的に雷雲内電気中和することが可能となり，地上の建造物への落雷を未然に防ぐことができる．

これまで取り組んできた主な研究の成果を紹介した。いずれもフィールド観測からもたらされており，この場を借りて，当研究室による北陸・フロリダ・チベット・蘭州・広州等でのフィールド実験に参加された卒業生全員に感謝の意を表す．

1) Zheng, D. *et al. JGR*, 2019, *doi.org/10.1029/2018JD030060*.

2) Wang, D. *et al. SAE Tech. Pap. 2001-01-2882, doi:10.4271/2001-01-2882*.

3) Wang, D. *et al. Proc. ICLP2010, paper No.1204*.

AIは「感性」を持つことができるか？

加藤　邦人（電気電子・情報工学科，情報コース）

深層学習（機械学習一般に）では，学習サンプルと教師信号のペアを用意して学習させる．例えば，「この画像はネコだよ」と教えることで初めて知識を学習することができる．このように深層学習では人が学習データを作成できることしか学習できない．

一方で，人の「感性」のように曖昧な心の状態は教師信号を作成するのが非常に難しい．「美しい」は人によって異なるし，数値化することが難しい．また，「なぜ美しい？」は言葉で表現することが困難である．

産業で，感性が重要となるものに官能検査がある．官能検査は，評価基準が感性量であるので生産工程の中でも非常に難しいものの一つである．本研究では，検査員の中にある良否判定基準を深層学習により学習し，AIによる官能検査を実現する．

ここでは，木製製品の官能検査に応用した例を紹介する．本手法では，まずStyle GAN2[1]により木目の生成モデルを学習させ，得られた多次元潜在空間上で木目の見た目が大きく変化する方向をGAN Space [2]を用いて数次元求める．これにより，木目の柄の潜在的な因子や特性に関するもつれほどかれた軸を得る．

次に，求めた潜在空間上からランダムにサンプリングし，検査員に提示する木目画像を生成する．これだけでは，どれくらい良いのかを数値で表すことができないため，2つの生成画像を提示し，どちらが良いかを選ぶ一対比較を行う．この過程は，GAN Spaceによって発見された方向を軸とした潜在変数の値をパラメータとするパラメータ空間の探索＝人の認知空間の探索とみなすことができる．そこで，絶対的な良さの値を推定するためにパラメータ空間解析手法[3]を用いる．

以上で，検査員が表出できない，木目の良否判定の感性的な空間を得ることができる．これにより，AIに検査員の感性を学習さ，官能検査の自動化を実現した．

謝辞　本研究は工学部寺田和憲准教授，ヤマハ株式会社との共同研究である．

1) K. Tero, *et al.*, Analyzing and improving the image quality of stylegan, CVPR, **2020**, 8110-8119.
2) H. Erik, *et al.*, Ganspace: Discovering interpretable gan controls, arXiv preprint arXiv:2004.02546, **2020**.
3) K. Yuki, *et al.*, Crowd-powered parameter analysis for visual design exploration, ACM, **2014**, 65-74.

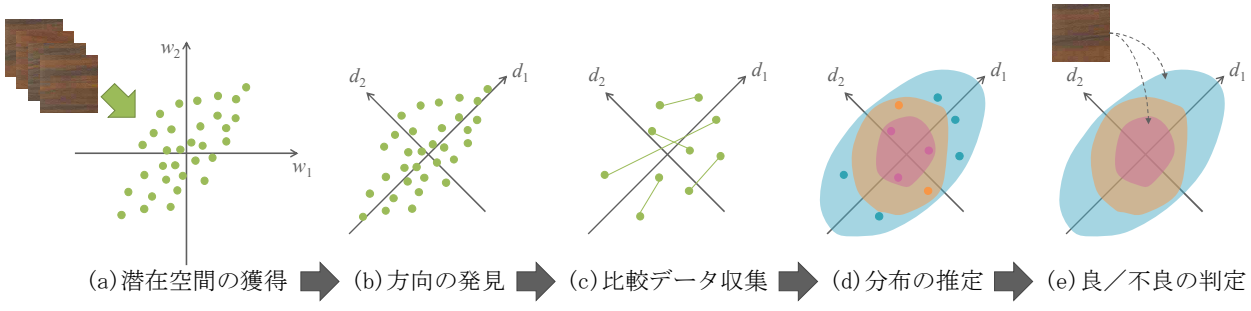


図1　提案手法の概要図．木目を生成する潜在空間を学習させ，その空間内で潜在的な因子や特性に関するもつれほどかれた軸を得る．この空間内の潜在変数の一対比較を行い，木目の良し悪しを表す分布を推定する．これにより，検査員が良とする部分空間を得る．

フラクタルの数学―自己相似集合と複素力学系

亀山 敦（電気電子・情報工学科, 応用物理コース）

フラクタルという言葉には、ちゃんとした定義がないといったほうがよいだろう。フラクタルという言葉の生みの親である Mandelbrot は、位相的次元よりもハウスドルフ次元が真に大きいような集合のことをフラクタルとよぶと書いているが、この定義は私にはあまり面白くなかった。Mandelbrot 自身も、著書『フラクタル幾何学』に、そんな定義にこだわらない濃厚な実例を多数詰め込んでいる。私が院生だったころ、ちょうどフラクタルの研究が日本でも盛んになりだしたころだったが、まわりの人たちも、フラクタルというのは、概念というよりキャッチフレーズ、あるいは旗印だという印象を持っていたようだ。当時のフラクタルの研究集会は、数学内の様々な分野だけでなく、物理、生物、地球科学、工学などの滅多に会わない他分野の研究者と合同で行なうことも多かった。それぞれの全く違う研究をフラクタルという旗の下に持ち寄り、議論していたのであった。そのような、最流行した数年間の熱い時期を経て、皆それぞれの研究分野に戻っていったのだ。代えがたい時間だった。

数学におけるフラクタルの研究は、フラクタル以前からあり、ひとつの方向が力学系の不変集合の研究である。その典型的なヴァージョンが Cantor 集合に代表される自己相似集合で、目を奪われるフラクタル図形である。また複素力学系という古い分野が、Mandelbrot の仕事からの触発に加え、数値解析への応用、物理におけるくりこみ理論との関係などもあり、非常に活発になっていた。この分野に Mandelbrot 集合という、実に深遠に見えるフラクタル図形が出現する。

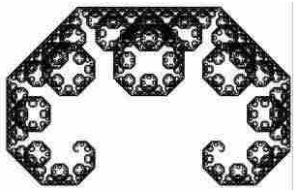


図 1: Levy 曲線(自己相似集合の一種)

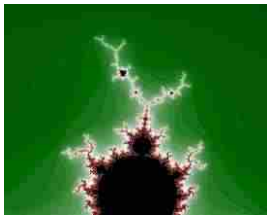


図 2: Mandelbrot 集合の一部（黒い部分）

私にとってのフラクタルはこれらの図形である。私自身は、ハウスドルフ次元のような解析的な指標よりも、図形がどのようにつながっているのだろうという、トポロジカルな構造に興味を持っていろいろ調べてきた。二つ研究成果を述べる。(1) 抽象的に定義された自己相似集合に、標準擬距離とよぶ擬距離をうまく定義し、それがどんなときに距離になるか考察した。(A. Kameyama, . J. Math. Kyoto Univ. 40 (2000), 601—672).この結果は、フラクタル図形上で現象(拡散や振動)を解析するという研究に応用されている。(2) リーマン球面の有理写像を組合せ的に分類する、代数的枠組みを作った。(A. Kameyama, Osaka J. Math. 38 (2001), 565—610.

静的依存対法：再帰定義が定義であるために

草刈 圭一朗（電気電子・情報工学科，情報コース）

プログラミングを学ぶ際の最初の関門の一つが再帰定義であり，これは定義対象自体を用いた定義である．多くの方は高校で数列を学ぶ際に漸化式という形で初めて出会う．再帰定義は定義に自分自身を用いるため，循環論法に陥る危険性を本質的に孕んでいる．実際，再帰定義の誤りでプログラムを暴走させ大慌てで停止コードを打ち込んだ，という経験をほとんどのプログラマーは持つであろう．

一般に，再帰構造を適切に設計することで関数は正しく定義できる，すなわち任意の入力に対し出力が計算できプログラムは暴走しないという”常識”が存在する． しかし，世に数多ある常識と同じく例外が存在する．例えば，次の組合せ論理と呼ばれる系がそのような例である．

$$\begin{cases} \mathrm{S}\ f\ g\ x \to f\ x\ (g\ x) \\ \mathrm{K}\ x\ y \to x \end{cases}$$

ゲーデルの不完全性定理に端緒をなす計算可能性の研究により，プログラミング不可能な関数の存在が示されている．そして驚くべきことにこの単純な系はプログラミング可能な関数全てを表現できる事が知られている．よって，暴走するプログラムも表現でき，S(SKK)(SKK)(S(SKK)(SKK))を５回書換えるとこの項自身に戻り無限ループとなる．一方，この系は再帰構造を持たない(定義の右辺に S も K も出現しない)ので，上述の``常識"の反例となっている．

ここで，プログラムの停止性に関する重要な成果として 3 つの成果を挙げたい：(1)型付きλ計算の停止性証明（Tait,1967 年）．(2)単純化順序（Dershowitz,1979 年）．(3)依存対法（Arts&Giesl,1997 年）． 我々が 2007 年に提案した静的な再帰構造解析に基づく停止性証明法である静的依存対法は上記の(1)と(3)を融合したものである．(1)はユーザ定義関数を考慮しておらず，(3)は高階関数に対応していない．一方，静的依存対法は高階関数を含むプログラムに対応でき，これは実在の関数型プログラミング言語の停止性に直接適用できる成果となっている．

この成果の鍵は，(1)で導入された強計算性という観点から見た再帰構造という非常に抽象的な概念の定式化に成功したことにある．証明は，(1)の証明法の適用が破綻する破綻点の特徴を丁寧に洗い出し，破綻点を繋ぎあがらせることで再帰定義による暴走を炙り出す，という流れになる． この証明は非常に難解で，完成に３年もの歳月を費やしてしまった．完成した瞬間のあの感無量の思いこそが理論研究の醍醐味であろうか．

また，静的依存対法において先の``常識"の成立を保証する具体的な条件を世界で初めて与えた．これは，ほぼ全ての実用的な関数型プログラムが満たす性質であるので，上述の``常識'を破壊する不具合は稀にしか発生し得ない事を説明し，上述の``常識"が常識として残り続けていたことを説明する．理論的に見ても，高階関数の再帰構造の分類と解析という熟練プログラマーのみが経験的に知り得ていた知見に理論的根拠を与えるという非常に重要な貢献であると考える．一方，一般の方たちから見たら当たり前のことを当たり前と言えるようになっただけという成果かもしれない．そう考えると，理論研究というのは非常に地味なものであると実感する．とは言え，私の座右の銘は``当たり前のことを確実に，そして徹底的に"である．これからも愚直に当たり前の話を理論的に徹底的に洗い出していければと考える．

IV 族元素が作り出す配列ナノ空間材料の研究展開

久米　徹二（電気電子・情報工学科，電気電子コース）

シリコン，ゲルマニウムは半導体産業において中心的な役割を果たす元素である．周期律表において IV 族に分類されるこれらの元素は，sp3 混成軌道に由来する四配位結合により美しいダイヤモンド構造に結晶化する（図 1 左）．1965 年にフランスの研究グループがシリコンの新しい結晶であるシリコンクラスレート（図 1 右）の合成を発表した．それはシリコン原子がかご状の多面体（12 面体や 16 面体）骨格構造を形成し，ナノメートルサイズの内部空間にはナトリウムなどのアルカリ元素を「ゲスト」として内包する．「ホスト」であるシリコン骨格と「ゲスト」であるアルカリ原子による相互作用は，興味深い物性を引き起こす．

筆者は 2002 年，当時クラスレート研究で多くの成果を上げていた広島大学山中昭司教授より試料提供を受け，そのフォノン物性や圧力下での構造安定性に関する研究をスタートした．当時，クラスレート物質の超伝導発現や特異な熱伝導性が注目されており，その解明につながる「ゲスト原子振動」に感心が払われていた．筆者は学生と共にラマン散乱分光によるゲスト振動の観測を試み，初めてシリコンクラスレートに内包するバリウムの原子振動を観測することに成功し，[1] 物性解明に貢献することができた．また，海外（仏，独，加）の研究者とも連携しながら，クラスレート特有の圧力誘起相転移現象を，ダイヤモンド・アンビル・高圧セルを使用したラマン散乱分光，放射光 X 線回折の手法により明らかにした．

ゲストを含まないクラスレートは，半導体として実用上重要な物性が理論的に示されていたが，実用につながる薄膜化の試みは行われていなかった．筆者は 2011 年に宮崎大学，茨城大学，物質・材料研究機構，岐

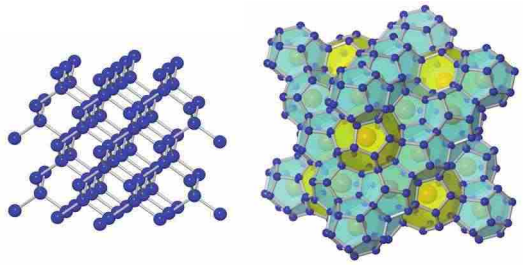


図 1　IV 族元素によるダイヤモンド構造(左)とクラスレート構造（右）

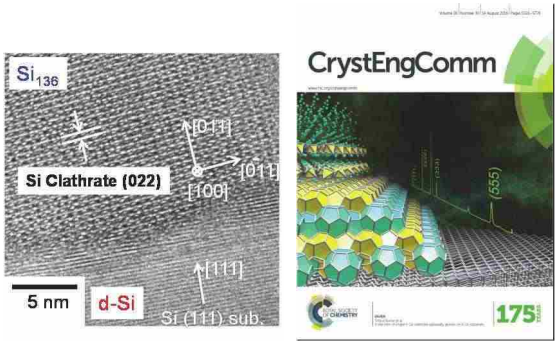


図 2 初めて作製に成功したシリコンクラスレート薄膜の電子顕微鏡像(左)と学術雑誌 CrystEngComm の表紙（右）

阜高専のグループと共に，応用研究プロジェクトを開始し，クラスレートの薄膜化に挑戦した．試料の作製は困難を極めたが，本学の学生が中心となって組織的に研究を進め，時には研究会などで学外の先生方と議論を深めた結果，初めてシリコンクラスレート薄膜の作製に成功する（図 2 左）とともに，太陽電池構造を実現し，その動作を確認した．[2] その後，エピタキシャル成長したゲルマニウムクラスレートに関する研究[3] が，欧文学術誌の表紙（図 2 右）を飾るなど，研究を進めた結果が実を結びつつある．

1) T. Kume *et al.*, Phys. Rev. Lett. **90**, 155503 (2003).

2) T. Kume *et al.*, Thin Solid Films **609**, 30 (2016).

3) T. Kume *et al.*, CrystEngComm **18**, 5598 (2016).

素数に魅せられて

電気電子・情報工学科　応用物理コース　　小林孝子 (葛巻孝子)

私の研究分野は数学で，代数学の中でも代数的整数論とよばれる分野です．名前から想像できるように整数や素数の性質を研究する純粋数学です．この分野には２つの未解決問題がありました．

300 年以上前に予想されて，21 世紀になる直前に解決を見た Fermat の定理は

$$x^n + y^n \ = \ z^n, \ \ n \geq 3$$

は自然数解 (x, y, z) がないというものです．この定理は足し算と掛け算を習ったばかりの人でも理解できる結論です．もちろん，この定理の証明にはその知識だけでは示すことはできません．整数論を学び始めたころはまだ未解決の問題でしたので誰しもがその証明の一翼を担いたいと夢見ていて，私もそんな一人でした．整数に関する証明には，整数を素因数分解できるように，素数ごとに調べていくという方法があります．各素数 p に対し，p -進数を定め研究することで元の整数の性質をみつけようとするものです．p -進数は有理数を含みますが，実数が有理数の極限値として定められるように，普通の距離とは少し違う距離を定めて完備化した数です．この数で関数や微分も考えます．こられの理論は現代暗号理論にも応用されていて，担当した学生と一緒に学ぶことができ，整数論の応用例を知ることが出来ました．

今も未解決の問題の Riemann 予想があります．この予想はゼータ関数に関するものです．

$$1 + 2 + 3 + \cdots + n = \frac{1}{2} n(n+1)$$

は逸話があるほど良く知られている等式ですが n を大きくすると和はどんどん大きくなります．では $\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \cdots + \frac{1}{n}$ はどんな値になるのでしょう．

$$\int_n^{n+1} \frac{1}{x} \mathrm{d}x \leq \frac{1}{n} \leq \int_{n-1}^{n} \frac{1}{x} \mathrm{d}x$$

$$\log(n+1) \leq \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \cdots + \frac{1}{n} \leq 1 + \log n$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \geq \lim_{n \to \infty} \log(n+1) = \infty$$

とこれもなりますが，各項を s 乗 $(s > 1)$ した和は

$$\int_n^{n+1} \frac{1}{x^s} \mathrm{d}x \leq \frac{1}{n^s} \leq \int_{n-1}^{n} \frac{1}{x^s} \mathrm{d}x$$

$$\int_1^{n+1} \frac{1}{x^s} \mathrm{d}x \leq \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{k^s} \leq 1 + \int_1^{n} \frac{1}{x^s} \mathrm{d}x$$

$$\frac{1}{s-1} \leq \zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s} \leq \frac{s}{s-1}.$$

無限和は収束するので $\zeta(s)$ は $s > 1$ でゼータ関数として定義できます．条件を付けると複素関数にまで拡張でき，積公式

$$\zeta(s) \ = \ \prod_{p:prime} \frac{1}{1 - p^{-s}}, \quad \Re s > 1$$

(積は全ての素数 p についての積) などから

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{7} + \frac{1}{11} + \cdots \ = \ \sum_{p:prime} \frac{1}{p} \ = \ \infty$$

$$\frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \cdots = \zeta(2) = \frac{\pi^2}{6}$$

が導かれます．不思議な結果ですが誰にでも解る結果です．これも整数論の最大の魅力です．

代数的整数論に関する研究をし，応用を学生とともに学ぶことができたことは工学部に所属したからこその経験ができた幸運と思っています．

分子性固体の超高圧物質科学と電気電子材料

佐々木　重雄（電気電子・情報工学科，電気電子コース）

分子性固体というと一見電気電子材料とは全く無縁と思われるが，実は意外と関連性がある．例えば，水は水素結合と呼ばれる化学結合によって様々な氷を形成する．我々がよく知っている水に浮く氷は，氷 Ih 相と呼ばれ，常誘電体である．これに水酸化物を微量添加して温度を下げると強誘電体の氷 XI 相が生成する．また，水に室温で 1 万気圧以上の高圧力を印加すると水に沈む重い氷である氷 VI 相, 氷 VII 相が生成し，これらを－150℃以下の低温にすると誘電的性質が大きく変化した秩序相と呼ばれる氷 XIX 相，氷 VIII 相に相転移する．このように，圧力と温度を変えることによって，同じ水分子であっても電気的に異なる氷を作り出すことができる．

このような観点に立って，様々な水素結合性物質や単純分子固体の超高圧物性研究を 30 年以上の長きに亘り推進してきた. 初期のころは, 高圧力下における硫化水素（現在では 150 万気圧で 200 K の高温超電導体として知られている）の基礎物性を調べるための技術開発を行い，主たる成果として高圧ブリュアン散乱分光法による分子性固体の弾性定数，密度，屈折率などの圧力依存性を決定する解析法を確立した．この成果は Science[1]に掲載され，その後の硫化水素，水をはじめとする様々な高圧分子性固体の基礎物性解明につながった．

いまは天然ガスに代わるエネルギー資源であり，将来の日本における水素エネルギー社会実現のための鍵となる「燃える氷」メタンハイドレート（図 1 左）の研究を続けている．メタンハイドレートはメタンガスと水の化合物であり，日本近海の海底下に大量に賦存しているため，その商業化を目的として 2001 年よりメタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム MH21（現 MH21-S 研究開発コンソーシアム）が基礎研究を行っている．しかしながら，現在に至るまでメタンハイドレートからメタンガス（天然ガス）を採出するために必要であるはずの弾性的性質，構造安定性は決定されているとは言い難い．その理由として，化学量論比が成り立たない特殊なメタンハイドレートの構造がいまだ精密に決定されていないこと，天然のメタンハイドレートにはメタン以外にプロパン，二酸化炭素，硫化水素などが含まれていることが挙げられる．我々の研究室ではこれら問題に対処するために，様々なガスハイドレートに対して図 1 右のような単結晶を作製し，先述した高圧ブリュアン散乱などの分光技術を適用してその基礎物性を少しずつ明らかにしてきている[2,3]．このような研究は地道な取組を必要とし，得られた成果は正しく共に歩んできた学生たちの努力の結晶である．

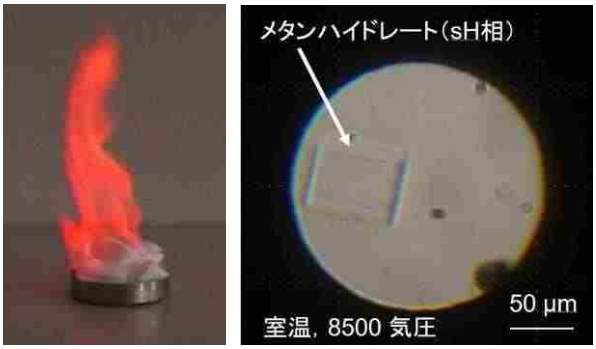


図 1．左：燃焼する「燃える氷」メタンハイドレート．右：メタンハイドレート単結晶の顕微鏡写真（六方晶系の sH 相）．

1) H. Shimizu, S. Sasaki, *Science*, **257**, 514-516 (1992).
2) 佐々木重雄，清水宏晏，*低温科学*, **64**, 199-214 (2005).
3) 佐々木重雄，三輪晋也，他，*高圧力の科学と技術*, **24**, 270-277 (2014).

光導波路シミュレーションに関する研究の紹介

田中　雅宏（電気電子・情報工学科，情報コース）

私の研究室では，光ファイバなどのシミュレーションやCAD（計算機支援設計）の基礎理論となる解析手法を開発しています。光を伝送する通信路を光導波路といいます。「無線通信が主流なのに有線通信の研究？」と疑問を持つ人もいるかも知れません。そのような疑問に答えながら，研究を紹介したいと思います。

現在は無線通信の時代といえるでしょう。モバイル端末（携帯電話・PHS・スマートフォン）の保有率は90%を超えています。2020年3月に5Gのサービスが開始しました。タブレット端末やパソコンからインターネットを利用する際もWi-Fiなどの無線通信を使用することが多いと思います。

しかし有線通信は現在も重要です。実は，モバイル端末を使っているとき無線通信を使っているのは一部だけです。通信経路の大部分は有線通信です。例えば，モバイル端末Aからモバイル端末Bへの通信を考えます。モバイル端末Aから無線基地局Aまでは無線通信です。その先の経路では有線通信が使われ，有線通信は無線基地局Bまで続きます。無線基地局Bからモバイル端末Bまでは再び無線通信です。したがって，通信経路の両端を無線通信が担い，その間を有線通信が担っています。有線通信路の例は光ファイバです。

さらに光導波路は長距離通信だけでなく，短距離においても重要です。コンピュータの演算装置に光回路を利用することが研究されています。演算装置と記憶装置の接続には光導波路が用いられます。

これまでに私の研究室では光スラブ導波路を解析するための解析手法を開発しました。光スラブ導波路の構造を図1に示します。コアはクラッドに挟まれており，コアの屈折率はクラッドの屈折率より高いです。光スラブ導波路の構造が進行方向に一様なとき，光はコア中で全反射を繰り返しながら損失なく進行します。しかし，コアに曲がりや分岐があるとき，光は反射や放射します。反射や放射の量を簡単に評価できないため，シミュレーションやCADが必要であり，その基礎理論を研究してきました。

現在は，光スラブ導波路で開発した手法をフォトニック結晶導波路に適用する研究を進めています。フォトニック結晶導波路の構造を図2に示します。フォトニック結晶とは，図2において屈折率が高い基盤に円柱のエアーホールを周期的に配置したものです。それを利用した導波路がフォトニック結晶導波路です。フォトニック結晶導波路は，光スラブ導波路とは原理が異なり，その特性も異なります。

私たちの手法は波動の一般的な性質のみを利用するため，スラブ導波路で開発した手法をフォトニック結晶導波路に適用できる可能性があります。

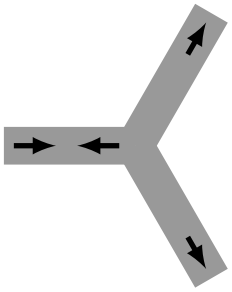


図1 光スラブ導波路。矢印は入射波，反射波，透過波

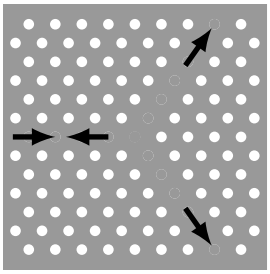


図2 フォトニック結晶導波路

スーパー・コンピュータによる計算科学とＡＩの接点

寺尾　貴道（電気電子・情報工学科，応用物理コース）

(1) メタマテリアル複合材料の計算科学

メタマテリアルとは，光波や電磁波に対して自然界に元々存在する物質には存在しない振る舞い（例：負の屈折率）を示す人工材料の総称である．バルク材料としてではなく，材料表面の特性に着目したものは特にメタサーフェスと呼ばれる．また，材料における構成要素の質量や弾性定数が見かけ上，負となる系（音響メタマテリアル）における弾性波の伝搬特性についても，活発な研究が行われている．

メタマテリアルの発展においては，既存の物理学における性質をより巧妙に組み合わせて,新奇な材料特性を追求する事が重要となる．また，メタマテリアルを通常の材料の内部に埋め込むことにより，波動伝搬特性に関して更に高度な制御を行う事も可能となる [1]．上記の問題における特性解析，および設計問題（図１）に関する計算手法の開発を行っている [2]．

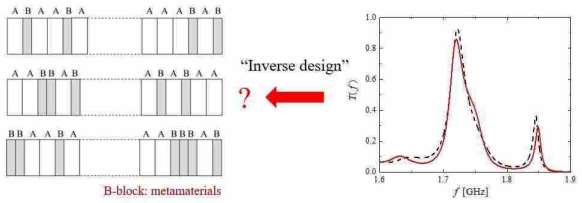


図１．メタマテリアル多層膜の最適設計 [2]

(2) 分子シミュレーションにおける深層学習の応用

主にソフトマテリアル（コロイド，高分子など）に関する新たな解析手法の開発，特にスーパー・コンピュータで行われる大規模分子シミュレーションに関して，計算科学の立場から人工知能応用の研究を行っている．一例としては，教師あり学習（SL)と教師なし学習（UL)を組み合わせた独自のハイブリッドな機械学習手法を提案しており，既存の手法では解析が困難であった問題を正確に捉える事に成功している [3-4]．

工学における従来の科学技術シミュレーションにおいては，より「大規模に」「高速に」「高精度に」計算を行うソフトウェアの進歩を目指してきたと言えるであろう．それに対して上記の研究は「解析用ソフトウェアが知識を蓄え，研究に関する経験を積むほどソフトウェア自らが賢くなる」という新たなパラダイムを示唆している様に思われる．本研究は，エンジニアリング・シミュレーションにおける新たな一歩を拓く為の基盤技術を提供していると考えられる．

また近年，計算物質科学の分野における SL の適用が進められている．SL は分類問題において非常に高い性能を示す事が知られているが，教師データが与えられていない未学習の内容に関しては正しい判断が困難である．その結果，既存の SL による解析システムにおいては，あらかじめ予測されていない現象や新発見を見逃してしまう可能性がある，という原理的な問題が存在した．この点に対して，機械学習の工学的応用として様々なトピックスで成功を収めている「異常検知」という考え方を，一見全く無関係な本問題に適用する事により，解決が可能である事を示している．

1) Terao, T. *et al. J. Appl. Phys.* **2015**, 117, 134305/1-7.
2) Terao, T. *EPJ Appl. Metamat.* **2022**, *9*, 1/1-10.
3) Terao, T. *Soft Mater.* **2020**, *18*, 215–227.
4) Terao, T. *J. Phys.: Condens. Matter* **2021**, *33*, 325901/1-5.

情報化社会を支える光通信用集積回路技術の研究開発

中村　誠（電気電子・情報工学科，電気電子コース）

2020 年初頭より新型コロナウィルス（COVID-19）の世界的な感染流行が起こり、リモートワークによる社会活動が定着しつつある。さらに、全ての物がインターネットに接続する IoT、それらによるデータを蓄積し様々な処理を行うクラウドサービスやなど、現代の社会では膨大な情報を処理する大容量なネットワーク・システムが不可欠になっている。このような大容量ネットワークを実現するために、光の広帯域特性を活かした高速・大容量光通信が使われている。この様な社会の要求を実現するために、これまで一貫して光通信用集積回路（LSI）技術の研究開発に携わってきており、特に通信事業会社の研究所時代に各種光通信システムの実用化に寄与している。

光通信システムの実用化当初は、光ファイバや光伝送装置が高コストのため、主に長距離通信に使われていたが、現在は図に示すように加入者網やモバイル網まで光化が進んでいる。特に、光加入者網では、経済化のために高価な光ファイバや局用伝送装置を複数のユーザーで共用する受動光ネットワーク（PON）システムが提案され実用化されている。この PON システムでは、通常の光通信システムとは異なり共用化のためにパケット信号を扱う必要があり、光通信用 LSI では情報伝送効率を高めるために、パケット信号に瞬時に応答することが要求された。これに対して、長距離伝送の光通信用 LSI で用いられてきたフィードバック制御とは全く異なるフィードフォワード制御を用いることにより、システム仕様を満足する性能を実現し[1] システム検証に供し光加入者システムの社会実装に寄与している。

大学での研究は、企業在籍時に比べてより先進的な研究テーマに取り組んでいる。図中の光通信用 LSI の写真は、研究室学生が回路設計からレイアウト設計まで行った試作 LSI [2]で、より大容量通信　に対応するための次世代の PON システム用光受信用 LSI ある。また、光通信の長延化やさらなる高機能化にも取り組んでおり、光伝送距離に応じて劣化する信号波形を自動で補償する光送受信回路の提案、機能検証も行っている。

以上、当研究室では企業での研究開発の経験を活かし研究室の学生と実社会に貢献することを目指して研究を行っている。

[1] M. Nakamura, et al., ISSCC2005, Tech. Dig. 12.5, pp. 226-227, 2005.

[2] T. Kojima, et al., IEICE Trans. Fundamentals, E102-A, pp. 845-848, 2019.

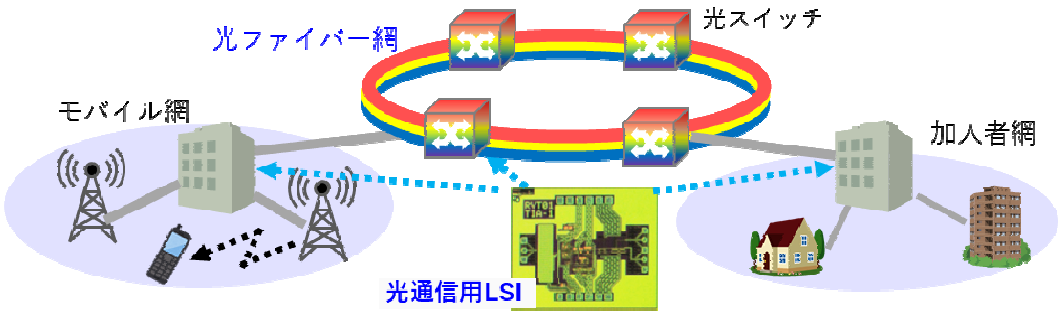


図. 光ネットワークと光通信用LSI

太陽光発電デバイスの評価およびシミュレーション

藤原　裕之（電気電子・情報工学科，電気電子コース）

地球規模でのエネルギー・環境問題を解決するため、クリーンエネルギー源である太陽電池の研究開発が重要である。しかし、現在の太陽電池の変換効率はまだ低く、太陽電池効率を改善する必要がある。そのため当研究室では、太陽電池の大規模普及を促進するため、以下の 2 つの研究テーマを行ってきた。

①太陽電池シミュレーション技術の開発

現在の太陽電池の研究開発では、太陽電池構造が複雑化していることもあり、デバイスの動作を正確に把握することのできるシミュレーション技術が極めて重要になっている。当研究室では、各種太陽電池デバイスにおいて太陽電池発電量を高精度に評価できる技術を開発している。図 1 は、当研究室で初めて開発されたシミュレーターを使用して計算した $CuInGaSe_2$ (CIGS)太陽電池内部のキャリア濃度分布を示しており、複雑な分布の可視化に成功している [1]。またこのシミュレーションにより太陽電池各層の出力損失機構を初めて明らかにした。これらの結果から太陽電池をどのように改善すれば効率が向上するのかを決定することが可能である。近年では、これらのシミュレーション計算から実際の気象条件を適用し、太陽電池モジュールを世界の様々な場所に設置した時の年間発電量を予測する技術を開発している。

②新規太陽電池材料の開発

太陽電池の潜在変換効率は、太陽電池材料の光吸収特性によってほぼ完全に決定される。そのため、太陽電池に適した材料を見つけ、それを用いて太陽電池を作る事が非常に重要である。太陽電池材料の探索には、いちいち材料を作るのではなく、第一原理計算による量子計算により材料を探す事が非常に有効である。ただし、実際の材料特性が計算から求めた特性と一致しているか確かめる必要もある。本研究室では、計算科学を利用した材料探索および分光エリプソメトリーを用いた光学特性評価を行っており、この分野で世界の研究をリードして来た経緯がある。図 2 は、これまで評価を行ってきた最先端の太陽電池材料の光吸収特性を示しており [2]、これらのデータは世界で広く利用されている。

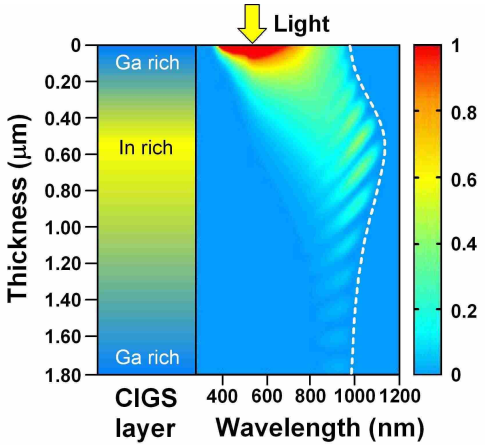


図 1. 光照射により生成した $CuInGaSe_2$ 太陽電池内部のキャリア濃度分布

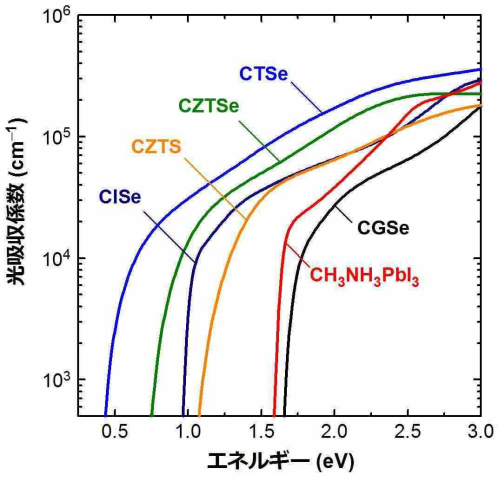


図 2. 太陽電池材料の光吸収特性.

1) Hara, T. et al. *Phys. Rev. Appl.*, **2014**, *2*, 034012.

2) Fujiwara, H. and Collins, R.W. (editors), *Spectroscopic Ellipsometry for Photovoltaics. Vol. 2*, **2018**, Springer.

私の専門分野？

横田　康成（電気電子・情報工学科，情報コース）

私は，昔から「先生のご専門が分からない」と言われ続けてきた．(A)ニホンザルやカラスの鳴き声の分析・検知，牛の咀嚼音から採食行動と反芻の判別，航空機で使われるハニカムサンドウィッチパネルの打音による非破壊検査など，音や振動の分析，(B)心電図，心音，脳波，筋電図などの生体信号処理，(C)医療用超音波エコー動画の解析，CT や MRI の画像解析など，医用画像処理，(D)その他一般の静止画，動画の処理，(E)航空機の部品生産工場の生産データ分析，(F)交通データの分析，(G)糖鎖の蛍光発光データの分析，最近では(H)教育上のデータ分析に手を出すなど，あらゆる研究を行ってきた．これだけ聞けば，専門が分からないと言われても仕方がない．

研究は，「対象」と「方法」の組み合わせから構成されている．ある対象に対してある方法で何かをして新しい知見を得ると言う意味である．一般の方はもちろん，研究者であっても多くの方は，具体的な対象を専門と呼ぶ．普通の研究者は，特定の対象に興味があり，それを一筋に一生涯にわたって？研究している．これぞ専門家である．一方，さまざまな対象に手を出している私は，何が専門だか分からないと言われても仕方ないのである．この原稿も，私のこれまでの研究成果を１ページで披露することになっているが，複数の対象に手を出している私にとっては，まとめるのが非常に大変である．と言うわけで，このような新聞のコラムのような記事になっているのである．

こうした何が専門か分からないと言われ続けた私の暗黒時代は突如として終わりを迎え，今，世界中で最もと言っても良いくらいもてはやされ，人手不足の著しい分野の（一応）専門家として華々しく日の当たるところに出ることになる．私は，昔から特定の対象には興味がなかった．もちろん，具体的な対象を研究している際には，強い興味を持っているが，持続はしなかった．私は，むしろその対象を調べるための方法に興味があった．具体的には，その対象から出てくる信号などのデータを分析し，その対象に関する，さらにはそれを利用することのできる知見を得るための方法である．そして，その方法を他の対象に転用できないか？異なる対象に対して使われてきたある方法は，別のものと思われてきたが，実は本質的に同じものなのではないか？それらの異なる対象の本質的に何が共通だから本質的に同じ方法が適用できるのか？などいわゆる方法論に興味を持ち，その方法論も，情報科学，統計学，計算機で実現するアルゴリズムなど節操なく手を出し，それらを組み合わせて対象の分析に使ってきた．

Wikipedia によれば，データサイエンスとは，「データを用いて新たな科学的および社会に有益な知見を引き出そうとするアプローチのことであり，その中でデータを扱う手法である情報科学，統計学，アルゴリズムなどを横断的に扱う」とある．私の興味，私のアプローチ，私がこれまで具体的にやってきたこと，そのものである．当然，私が研究の道に進んだころにはデータサイエンスという分類の専門分野はなかったし，データサイエンスという言葉すらなかった．今や，データサイエンスは，重要な研究分野としての地位が与えられるだけでなく，日本政府は，数理・データサイエンス・AI は，デジタルトランスフォーメーション(DX)社会の「読み・書き・そろばん」とさえ言っている．ようやく日の目を見るようになってきたのである．

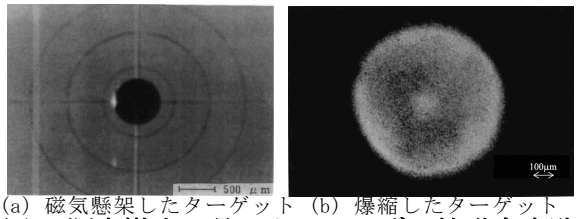
カーボンニュートラルなエネルギーの研究
― レーザー核融合と再生可能エネルギー ―

吉田　弘樹（電気電子・情報工学科，電気電子コース）

カーボンニュートラルな社会の実現に関して行ってきたエネルギー関連の研究を以下に紹介します。

レーザー核融合の研究

図１に示すのはレーザー核融合実験用のターゲットで、(a)均一な爆縮を実現するために非接触で磁気懸架し、(b)爆縮コアと 2.7×10^5 個の中性子発生を実証しました。



(a) 磁気懸架したターゲット (b) 爆縮したターゲット

図１ 阪大激光XII号によるレーザー核融合実験

マイクログリッド、EMS、太陽電池の研究

図２はカラコルム山中で運用した自立型のマイクログリッドです。太陽電池を電源として、無線機、ヘッドランプ等に電力を供給することで、活動を支えました。

図２麒麟峰学術登山隊 ABC5, 200m に設置した自立型マイクログリッド(奥に見えるのは K2)

図３はぎふワールド・ローズガーデン(旧花フェスタ記念公園)のマイクログリッドで、太陽電池・燃料電池・蓄電池・電気自動車等で構成され、岐阜県らと設置しました。

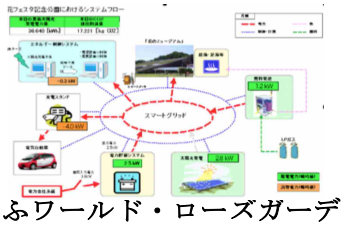


図３ぎふワールド・ローズガーデンに設置したマイクログリッド

太陽電池を用いたエネルギーマネージメントシステム(EMS)等では発電量や気象の予測が必要です。そこで図４に示すように機会学習を応用して気象予測をしています。

太陽電池の新たな設置場所の開拓として

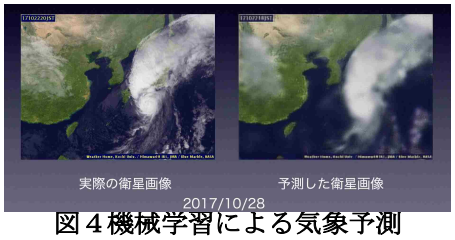


図４機械学習による気象予測

図５に示す太陽光発電道路舗装を、(株)NIPPO と共同開発しました。

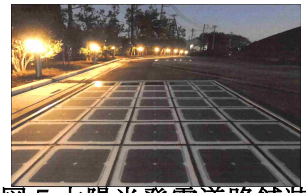


図５太陽光発電道路舗装

メガソーラーの保守技術として(株)テイコクと共同で、自動航行ドローンで故障箇所を特定する技術を開発しました。(図６)

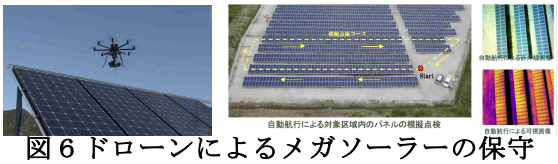


図６ドローンによるメガソーラーの保守

図７は劣化した太陽電池の性能回復技術で、NEDO の委託研究の成果です。

図７劣化した太陽電池の性能回復技術

図８に示すのは(株)岐阜多田精機と共同で開発したレッドクスフロー電池で、充放電容量を自由に増大できる特徴があります。

図８レドッククスフロー電池(左)と EMS(右)

その他再エネに関して、「岐阜地熱エネルギーシステム研究会」を立ち上げたり、洋上風力発電等の共同研究もしたりしています。

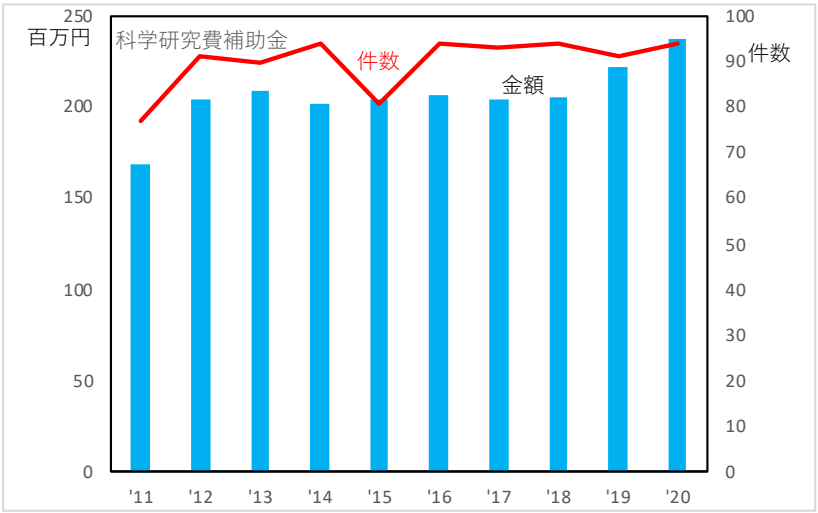
3.2 外部資金獲得

工学部・大学院工学研究科

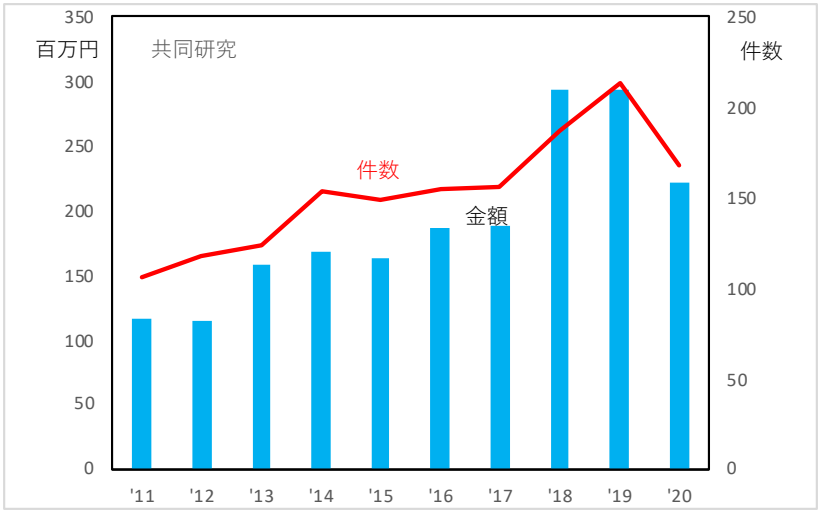
競争的資金の取得状況

			科学研究費補助金			共同研究			受託研究			奨学寄附金			総額
			件数	受入金額		件数	受入金額		件数	受入金額		件数	受入金額		
			件	千円	百万円	件	千円	百万円	件	千円	百万円	件	千円	百万円	百万円
2011	H23	'11	77	168,630	169	106	115,849	116	48	479,842	480	116	101,547	102	866
2012	H24	'12	91	204,880	205	118	114,832	115	37	525,532	526	111	95,692	96	941
2013	H25	'13	90	209,280	209	124	157,265	157	41	421,784	422	139	104,815	105	893
2014	H26	'14	94	202,085	202	153	167,571	168	44	370,890	371	149	95,026	95	836
2015	H27	'15	81	204,060	204	149	163,340	163	40	377,445	377	149	109,659	110	855
2016	H28	'16	94	206,730	207	155	185,565	186	38	339,273	339	145	99,056	99	831
2017	H29	'17	93	204,560	205	156	188,491	188	34	222,361	222	173	127,381	127	743
2018	H30	'18	94	205,230	205	187	293,033	293	36	243,548	244	185	136,812	137	879
2019	R1	'19	91	222,310	222	213	293,074	293	32	122,848	123	210	129,644	130	768
2020	R2	'20	94	237,130	237	168	220,822	221	32	263,757	264	170	123,365	123	845
2021	R3	'21			0			0			0			0	

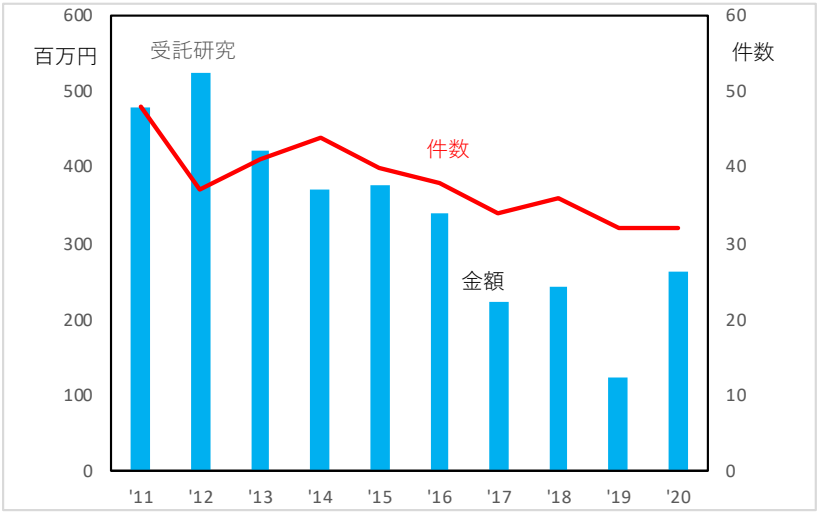
	百万円	件
'11	169	77
'12	205	91
'13	209	90
'14	202	94
'15	204	81
'16	207	94
'17	205	93
'18	205	94
'19	222	91
'20	237	94



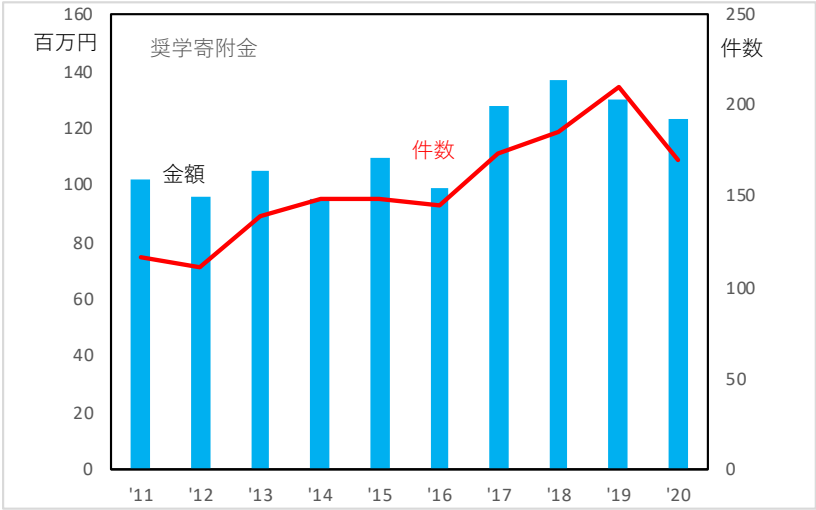
	百万円	件
'11	116	106
'12	115	118
'13	157	124
'14	168	153
'15	163	149
'16	186	155
'17	188	156
'18	293	187
'19	293	213
'20	221	168



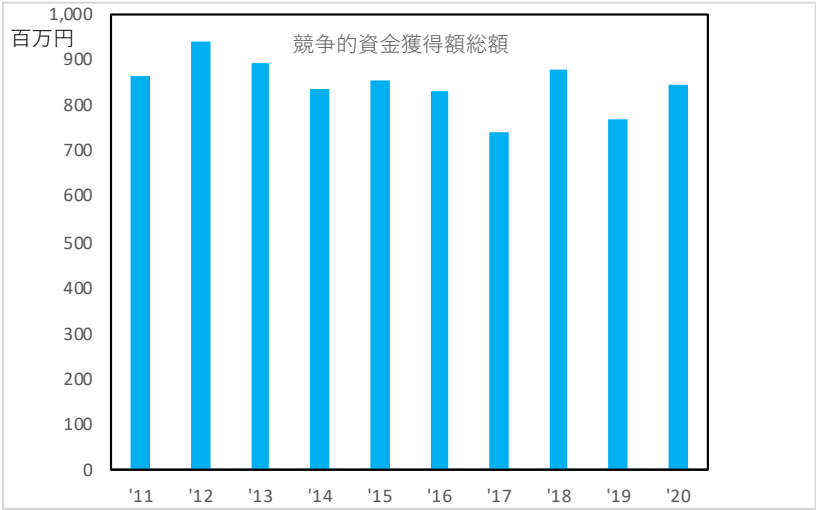
	百万円	件
'11	480	48
'12	526	37
'13	422	41
'14	371	44
'15	377	40
'16	339	38
'17	222	34
'18	244	36
'19	123	32
'20	264	32



	百万円	件数
'11	102	116
'12	96	111
'13	105	139
'14	95	149
'15	110	149
'16	99	145
'17	127	173
'18	137	185
'19	130	210
'20	123	170



	百万円
'11	866
'12	941
'13	893
'14	836
'15	855
'16	831
'17	743
'18	879
'19	768
'20	845



3.3 先生方の受賞状況

所　属	職　名	氏　名	受賞日	内　容
化学・生命工学科	教授	畚水　洋一	2012/8	JSPJ Papers of Editors' Choice
社会基盤工学科	教授	高木　朗義	2012/11/28	日本経済新聞社　社会人基礎力育成グランプリ2013中部地区予選大会奨励賞
機能材料工学科	教授	松居　正樹	2012/11/29	一般社団法人色材協会　第43回中部化学関係学協会支部連合秋季大会　色材の部　奨励賞
機能材料工学科	准教授	船曳　一正	2012/11/29	一般社団法人色材協会　第43回中部化学関係学協会支部連合秋季大会　色材の部　奨励賞
機能材料工学科	助教	窪田　裕大	2012/11/29	一般社団法人色材協会　第43回中部化学関係学協会支部連合秋季大会　色材の部　奨励賞
機能材料工学科	教授	柳瀬　俊次	2012/12/6	日刊工業新聞社　第七回モノづくり連携大賞特別賞
応用情報学科	教授	伊藤　昭	2012/12/8	HAIシンポジウム2012プログラム実行委員会　HAI-2011 Outstanding Research Award 優秀賞
応用情報学科	助教	寺田　和憲	2012/12/8	HAIシンポジウム2012プログラム実行委員会　HAI-2011 Outstanding Research Award 優秀賞
人間情報システム工学科	教授	佐々木　実	2012/12/19	公益社団法人計測自動制御学会　システムインテグレーション部門　貢献表彰
人間情報システム工学科	教授	川崎　晴久	2013/2/9	岐阜新聞・岐阜放送　第６３回岐阜新聞大賞　学術部門
応用化学科	准教授	岡　夏央	2013/2/19	公益社団法人有機合成化学協会　味の素研究企画賞
機械工学科	教授	山本　秀彦	2013/3/18	日本機械学会東海支部　日本機械学会東海支部賞　研究賞
機械工学科	准教授	山田　貴孝	2013/3/18	日本機械学会東海支部　日本機械学会東海支部賞　研究賞
機械工学科	教授	王　志剛	2013/6/7	一般社団法人日本塑性加工学会　日本塑性加工学会賞　論文賞
社会基盤工学科	助教	木下　幸治	2013/6/14	公益社団法人土木学会　平成24年度吉田研究奨励賞
化学・生命工学科	教授	神原　信志	2013/7/11	一般社団法人日本機械学会　環境工学部門　研究業績賞
機械工学科	教授	川崎　晴久	2013/7/11	IEEE/ASME Transactions on Mechatronics Best Paper Award
機械工学科	准教授	伊藤　聡	2013/7/11	IEEE/ASME Transactions on Mechatronics Best Paper Award
機械工学科	准教授	毛利　哲也	2013/7/11	IEEE/ASME Transactions on Mechatronics Best Paper Award
化学・生命工学科	教授	畚水　洋一	2013/9/9	2013年日本液晶学会論文賞（A部門）
化学・生命工学科	教授	神原　信志	2013/12/5	一般社団法人日本燃焼学会　日本燃焼学会論文賞
化学・生命工学科	教授	守富　寛	2013/12/5	一般社団法人日本燃焼学会　日本燃焼学会論文賞
化学・生命工学科	助教	隈部　和弘	2013/12/5	一般社団法人日本燃焼学会　日本燃焼学会論文賞
社会基盤工学科	教授	小林　孝一	2013/12	2011 Best paper JCSHM (Journal of Civil Structural Health Monitoring)
電気電子・情報工学科	教授	中村　誠	2013/3/19	エレクトロニクスソサイエティ会長特別表彰　（電子情報通信学会　エレクトロニクスソサイエティ）
社会基盤工学科	准教授	出村　嘉史	2013/7/8	公益財団法人都市づくりパブリックデザインセンター第１５回まちの活性化・都市デザイン競技　岐阜市長特別賞
化学・生命工学科	教授	北出　幸夫		平成２６年度職員の功労者表彰
機械工学科	教授	安里　勝雄	2014/3/8	2013年度プラズマ応用科学会　論文賞
機械工学科	准教授	宮坂　武志	2014/3/8	2013年度プラズマ応用科学会　論文賞
機械工学科	教授	板谷　義紀	2014/3/18	Outstanding Paper Award of 2013 Journal of Chemical Engineering of Japan
機械工学科	准教授	小林　信介	2014/3/18	Outstanding Paper Award of 2013 Journal of Chemical Engineering of Japan
機械工学科	教授	板谷　義紀	2014/3/18	2013年度　化学工学論文集　優秀論文賞
機械工学科	准教授	小林　信介	2014/3/18	2013年度　化学工学論文集　優秀論文賞
化学・生命工学科	助教	喜多村　徳昭	2014/5/9	有機合成化学協会東海支部奨励賞
化学・生命工学科	教授	守富　寛	2014/5/29	一般社団法人廃棄物資源循環学会賞 有効賞
機械工学科	教授	王　志剛	2014/6/6	一般社団法人日本塑性加工学会日本塑性加工学会賞
機械工学科	准教授	吉田　佳典	2014/6/6	一般社団法人日本塑性加工学会学会賞 教育賞
社会基盤工学科	教授	本城　勇介	2014/6/13	公益社団法人　土木学会　平成二十五年度土木学会論文賞
社会基盤工学科	特任助教	大竹　雄	2014/6/13	公益社団法人　土木学会　平成二十五年度土木学会論文賞
社会基盤工学科	准教授	出村　嘉史	2014/6/22	平成二十六年度土木学会土木史研究発表会優秀講演賞
機械工学科	教授	王　志剛	2014/7/12	日本パーカライジング技報　論文賞　社長賞
化学・生命工学科	助教	三輪　洋平	2014/7/25	高分子学会ヤングサイエンティスト講演賞
社会基盤工学科	教授	佐藤　健	2014/9/6	5th International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh, Best Paper Award
社会基盤工学科	助教	加藤　雅彦	2014/9/6	5th International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh, Best Paper Award
化学・生命工学科	准教授	池田　将	2014/10/15	2014年度化学・生物素材研究開発奨励賞
電気電子・情報工学科	助教	高橋　康宏	2014/10/23	IEEE IMPACT-EMAP 2014ベストポスター賞
社会基盤工学科	助教	木下　幸治	2014/10/30	平成２６年度土木学会　西部支部沖縄会　第４回技術研究発表会優秀講演者賞
機械工学科	助教	遠藤　孝浩	2014/11/7	2014年度日本機械学会動力エネルギーシステム部門　優秀講演表彰
電気電子・情報工学科	助教	新田　高洋	2014/11/12	Best Paper Award in 2014 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science
社会基盤工学科	助教	加藤　雅彦	2014/11/28	第４９回地盤工学研究発表会　優秀論文発表賞
化学・生命工学科	准教授	リム　リーワ	2014/12/11	クロマトグラフィー科学会　奨励賞
電気電子・情報工学科	准教授	寺田　和憲	2014/12/18	電子情報通信学会　ヒューマンコミュニケーショングループ（HCG）シンポジウム2014　オーガナイズドセッション賞
化学・生命工学科	准教授	芝原　文利	2015/2/19	有機合成化学協会　有機合成化学奨励賞
機械工学科	教授	板谷　義紀	2015/2/27	日本エネルギー学会賞
機械工学科	准教授	小林　信介	2015/2/27	日本エネルギー学会進歩賞
機械工学科	教授	川崎　晴久	2015/3/17	２０１４年度日本機械学会東海支部技術賞
社会基盤工学科	准教授	神谷　浩二	2015/3/31	公益財団法人　河川財団　平成２６年度河川整備基金助成事業優秀成果
化学・生命工学科	准教授	池田　将	2015/4/15	平成２７年度科学技術分野文部科学大臣表彰　若手科学者賞
化学・生命工学科	教授	纐纈　守		平成２７年度職員の功労者表彰
社会基盤工学科	教授	國枝　稔	2015/5/11	平成２６年度土木学会中部支部技術賞
化学・生命工学科	准教授	リム　リーワ	2015/5/15	東海化学工業会賞
機械工学科	准教授	吉田　佳典	2015/5/29	日本塑性加工学会　学術賞
機械工学科	准教授	吉田　佳典	2015/5/29	天田財団第１３回助成研究成果発表会　優秀賞
社会基盤工学科	准教授	神谷　浩二	2015/6/11	公益財団法人　地盤工学会　平成２６年度地盤工学会論文賞
社会基盤工学科	教授	六郷　恵哲	2015/6/12	公益社団法人　土木学会　吉田賞
機械工学科	准教授	新川　真人	2015/6/16	一般社団法人　型技術協会　型技術協会奨励賞
化学・生命工学科	助教	喜多村　徳昭	2015/7/4	平成27年度日本薬学会東海支部学術奨励賞
電気電子・情報工学科	助教	志賀　元紀	2015/8/27	データ解析コンペティションProstate Cancer DREAM Challenge Subchellenge 1-b 入賞　Top Performing Teams
電気電子・情報工学科	教授	河瀬　順洋	2015/9/3	一般社団法人電気学会　産業応用部門　平成２７年度産業応用部門論文賞
機械工学科	教授	仲井　朝美	2015/10/20	INNOVATION AWARDS WINNERS　2015　JEC ASIA
化学・生命工学科	教授	松居　正樹	2015/10/20	一般社団法人色材協会　論文賞
化学・生命工学科	准教授	船曳　一正	2015/10/20	一般社団法人色材協会　論文賞
化学・生命工学科	助教	窪田　裕大	2015/10/20	一般社団法人色材協会　論文賞
機械工学科	教授	今尾　茂樹	2015/11/7	一般社団法人　日本機械学会　流体工学部門　部門賞
化学・生命工学科	教授	安藤　香織	2015/11/27	日本プロセス化学会優秀賞

所　属	職　名	氏　名	受賞日	内　容
機械工学科	教授	佐々木　実	2016/12/3	ＩＣＭＩＴ２０１５　Best Paper Award
機械工学科	教授	伊藤　聡	2016/12/3	ＩＣＭＩＴ２０１５　Best Paper Award
機械工学科	助教	松下　光次郎	2016/12/3	ＩＣＭＩＴ２０１５　Best Paper Award
機械工学科	教授	仲井　朝美	2016/12/8	第１４回　中部科学技術センター顕彰　コーディネート賞
機械工学科	特任教授	川崎　晴久	2016/4/21	日本機械学会教育賞
機械工学科	教授	王　志剛	2016/4/22	一般社団法人　日本塑性加工学会東海支部　技術賞
電気電子・情報工学科	教授	河瀬　順洋	2016/5/27	一般社団法人　電気学会　優秀技術活動賞　技術報告賞
社会基盤工学科	教授	小林　孝一	2016/6/10	公益社団法人　土木学会　平成２７年度土木学会論文賞
機械工学科	教授	王　志剛	2016/6/22	一般社団法人　型技術協会　功労者賞
電気電子・情報工学科	助教	志賀　元紀	2016/7/3	電子情報通信学会　情報論的学習理論と機械学習研究会　研究会賞
化学・生命工学科	助教	柴田　綾	2016/7/9	平成２８年度日本薬学会東海支部学術奨励賞
機械工学科	教授	佐々木　実	2016/9/23	Finalist in the SICE Annual Conference International Award
機械工学科	教授	伊藤　聡	2016/9/23	Finalist in the SICE Annual Conference International Award
機械工学科	助教	松下　光次郎	2016/9/23	Finalist in the SICE Annual Conference International Award
機械工学科	助教	古屋　耕平	2016/9/26	SAE 2015 Brake Colloquium Best Paper Award
機械工学科	教授	小宮山　正治	2016/9/30	独立行政法人　日本学術振興会　平成２８年度「科研費」審査委員表彰
社会基盤工学科	准教授	大谷　具幸	2016/10/20	日本地熱学会　論文賞
機械工学科	特任教授	川崎　晴久	2016/10/24	２０１６年岐阜県発明くふう展　岐阜県優秀新製品奨励賞
機械工学科	准教授	毛利　哲也	2016/10/24	２０１６年岐阜県発明くふう展　岐阜県優秀新製品奨励賞
機械工学科	特任教授	川崎　晴久	2016/10/24	第３１回小野木科学技術振興財団表彰　シルバー優秀賞
機械工学科	准教授	毛利　哲也	2016/10/24	第３１回小野木科学技術振興財団表彰　シルバー優秀賞
機械工学科	教授	高橋　周平	2016/10/27	日本マイクログラビティ応用学会　２０１５年度論文賞
社会基盤工学科	助教	小島　悠揮	2016/10/29	土壌物理学会　２０１６年度論文賞
社会基盤工学科	教授	倉内　文孝	2016/11/4	土木計画学研究委員会　優秀論文賞
社会基盤工学科	助教	杉浦　聡志	2016/11/4	土木計画学研究委員会　優秀論文賞
機械工学科	教授	植松　美彦	2016/11/4	日本ばね学会　論文賞
機械工学科	准教授	柿内　利文	2016/11/4	日本ばね学会　論文賞
社会基盤工学科	准教授	木下　幸治	2016/11/11	土木学会平成２８年度全国大会第７１回年次学術講演会　優秀講演者賞
電気電子・情報工学科	准教授	寺田　和憲	2016/12/3	HAIシンポジウム　Outstanding Research Award　最優秀賞
電気電子・情報工学科	准教授	加藤　邦人	2016/12/9	ビジョン技術の実利用ワークショップViEW２０１６　小田原賞（優秀論文賞）
環境エネルギーシステム専攻	教授	守富　寛	2016/12/14	第２１回資源循環型ものづくりシンポジウム　優秀研究賞
電気電子・情報工学科	准教授	加藤　邦人	2017/2/3	The 23rd　International Workshop on Frontiers of Computer Vision 2017 Best Paper Award
化学・生命工学科	教授	村井　利昭	2017/2/11	第６７回岐阜新聞大賞
機械工学科	教授	山本　秀彦	2017/3/10	公益社団法人精密工学会東海支部　支部賞
電気電子・情報工学科	准教授	高橋　康宏	2017/5/11	一般社団法人電子情報通信学会　システムと信号処理サブソサエティ貢献賞
化学・生命工学科	准教授	宮本　学	2017/5/22	東海化学工業会賞及び副賞
化学・生命工学科	教授	櫻田　修	2017/5/27	日本材料学会　平成28年度論文賞
化学・生命工学科	助教	吉田　道之	2017/5/27	日本材料学会　平成28年度論文賞
環境エネルギーシステム専攻	教授	板谷　義紀	2017/6/8	2nd Nordic Baltic Drying Conference　Awards of Merit Keynote on Novelty and Advanced R&D in Drying
電気電子・情報工学科	准教授	加藤　邦人	2017/6/9	第23回画像センシングシンポジウムSSII2017オーディエンス賞
機械工学科	特任教授	川崎　晴久	2017/7/14	The 2017 Albert Nelson Marquis Lifetime Achievement Award
インフラマネジメント技術研究センター	教授	沢田　和秀	2017/7/24	インフラメンテナス大賞　特別賞
社会基盤工学科	教授	高木　朗義	2017/7/27	国土技術開発賞　創意開発技術賞
社会基盤工学科	教授	能島　暢呂	2017/7/31	独立行政法人日本学術振興会　平成２８年度特別研究員等審査会専門委員（書面担当）　審査委員表彰
電気電子・情報工学科	助教	深井　英和	2017/8/17	International Conference on Advanced Informatics：Concept Theory and Applications Best Paper Award
機械工学科	准教授	伊藤　和晃	2017/8/29	IEEJ Industry Applications Society Distinguished Journal Paper Award
化学・生命工学科	助教	菊川　寛史	2017/9/11	日本生物工学会　生物工学論文賞
電気電子・情報工学科	准教授	加藤　邦人	2017/9/15	The Sixth Asia International Symposium on Mechatronics AISM2017 Best Paper Award
環境エネルギーシステム専攻	准教授	吉野　純	2017/9/29	日本学術振興会　平成29年度科研費審査委員表彰
機械工学科	特任教授	川崎　晴久	2017/10/23	公益財団法人　小野木科学技術振興財団最優秀賞
社会基盤工学科	教授	八嶋　厚	2017/10/31	日本道路協会優秀論文賞
環境エネルギーシステム専攻	助教	萬関　一広	2017/11/23	先端錯体工学研究会奨励賞
電気電子・情報工学科	准教授	加藤　邦人	2017/12/8	ビジョン技術の実利用ワークショップViEW2017 小田原賞（優秀論文賞）
機械工学科	教授	仲井　朝美	2017/12/13	The CAMX 2017 Awards for Composites Excellence Award , Manufacturing Category , Material and Process Innovation Award
機械工学科	准教授	毛利　哲也	2017/12/23	第１８回公益社団法人計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会　SI２０１７優秀講演賞
機械工学科	特任教授	川崎　晴久	2017/12/23	第１８回公益社団法人計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会　SI２０１７優秀講演賞
電気電子・情報工学科	助教	周　向栄	2018/2/15	SPIE Medical Imaging 2018　Honorable Mention Poster Award
環境エネルギーシステム専攻	教授	杉浦　隆	2018/3/10	公益社団法人電気化学会　電気化学会論文賞
化学・生命工学科	教授	上宮　成之	2018/3/15	Journal of Chemical Engineering of Japan Outstanding Paper Award of 2017
化学・生命工学科	准教授	宮本　学	2018/3/15	Journal of Chemical Engineering of Japan Outstanding Paper Award of 2017
機械工学科	准教授	新川　真人	2018/4/6	公益社団法人　日本鋳造工学会東海支部　堤記念賞
化学・生命工学科	教授	村井　利昭	2018/4/12	International Congress on Pure & Applied Chemistry 2018　Symposium Award
化学・生命工学科	准教授	成瀬　有二	2018/4/17	平成３０年度科学技術分野の文部科学大臣表彰理解増進部門
機械工学科	教授	佐々木　実	2018/5/3	2018 IEEE International Conference on Applied System Innovation　BEST CONFERENCE PAPER AWARD
機械工学科	准教授	松下　光次郎	2018/5/3	2018 IEEE International Conference on Applied System Innovation　BEST CONFERENCE PAPER AWARD
環境エネルギーシステム専攻	教授	板谷　義紀	2018/5/9	一般社団法人セメント協会　セメント協会論文賞
機械工学科	教授	仲井　朝美	2018/5/24	公益社団法人自動車技術会　２０１７年春季大会学術講演会優秀講演発表賞
社会基盤工学科	教授	能島　暢呂	2018/5/25	公益社団法人日本地震工学会　平成２９年度日本地震工学会論文賞
社会基盤工学科	教授	國枝　稔	2018/5/26	公益社団法人日本材料学会　平成２９年度支部功労賞
社会基盤工学科	准教授	木下　幸治	2018/6/7	平成３０年度「環境賞」　環境大臣賞
化学・生命工学科	准教授	芝原　文利	2018/6/13	科学研究費助成事業新学術領域研究「高難度物質変換反応の開発を指向した精密制御　反応場の創出」　Lectureship　Award, ２０１８
化学・生命工学科	教授	沓水　祥一	2018/9/5	一般社団法人日本液晶学会　業績賞
化学・生命工学科	特任教授	守富　寛	2018/10/18	平成３０年度環境大臣表彰　廃棄物・浄化槽研究開発功労者
機械工学科	特任教授	安里　勝雄	2018/11/25	一般社団法人日本燃焼学会　日本燃焼学会論文賞
化学・生命工学科	教授	伴　隆幸	2018/11/27	一般社団法人粉体工学会　2018年度（第1回）粉体工学会　APT Outstanding International Contribution Award
社会基盤工学科	教授	能島　暢呂	2018/12/20	公益社団法人土木学会　地震工学委員会　論文賞
電気電子・情報工学科	准教授	澤田　宙広	2018/12/22	一般社団法人日本数学会　函数方程式論分科会　第１０回福原賞

所　属	職　名	氏　名	受賞日	内　容
機械工学科	教授	山田　貴孝	2019/1/12	The 2019 International Conference on Artificial Life and Robotics Best Paper Award
機械工学科	教授	山本　秀彦	2019/1/12	The 2019 International Conference on Artificial Life and Robotics Best Paper Award
環境エネルギーシステム専攻	助教	早川　幸男	2019/2/26	一般社団法人日本エネルギー学会　平成３０年度日本エネルギー学会奨励賞
化学・生命工学科	教授	沓水　洋一	2019/5/14	高分子学会　広報委員会パブリシティ賞
化学・生命工学科	准教授	三輪　洋平	2019/5/14	高分子学会　広報委員会パブリシティ賞
化学・生命工学科	助教	宇田川　太郎	2019/5/14	高分子学会　広報委員会パブリシティ賞
社会基盤工学科	教授	能島　暢呂	2019/6/14	公益社団法人土木学会賞　論文賞
機械工学科	教授	板谷　義紀	2019/6/14	The Third Nordic Baltic Drying Conference Best Paper Award
社会基盤工学科	教授	小嶋　智	2019/7/22	国土交通省中部地方整備局　建設事業関係功労者表彰
社会基盤工学科	教授	八嶋　厚	2019/7/22	国土交通省中部地方整備局　建設事業関係功労者表彰
社会基盤工学科	教授	國枝　稔	2019/7/31	国土技術開発賞
社会基盤工学科	准教授	木下　幸治	2019/9/4	第２３回工学教育賞　業績部門
機械工学科	教授	佐々木　実	2019/9/18	International Conference on Industrial, Mechanical, Electrical and Chemical Engineering BEST PAPER AWARD
機械工学科	特任教授	川崎　晴久	2019/10/18	公益財団法人計測自動制御学会中部支部　功労賞
機械工学科	教授	板谷　義紀	2019/11/1	公益社団法人化学工学会　熱工学部会賞
機械工学科	准教授	小林　信介	2019/11/1	公益社団法人化学工学会　熱工学部会賞
機械工学科	助教	須網　暁	2019/11/1	公益社団法人化学工学会　熱工学部会賞
機械工学科	助教	小林　芳成	2019/11/21	第５７回燃焼シンポジウム　ベストプレゼンテーション賞
電気電子・情報工学科	助教	小野　頌太	2019/11/27	第２９回日本ＭＲＳ年次大会　奨励賞
電気電子・情報工学科	准教授	加藤　邦人	2019/12/6	ビジョン技術の実利用ワークショップＶｉＥＷ２０１９小田原賞（優秀論文賞）
機械工学科	特任教授	川崎　晴久	2019/12/16	2019 International Conference on Artificial Intelligence, Robotics and Control　Best Oral Presentation
機械工学科	教授	山本　秀彦	2020/1/15	The 2020 International Conference on Artificial Life and Robotics　Best Contribution Award
機械工学科	助教	森田　亮介	2020/1/25	計測自動制御学会中部支部　奨励賞
機械工学科	助教	池田　貴公	2020/1/25	計測自動制御学会中部支部　奨励賞
機械工学科	教授	佐々木　実	2020/2/6	Journal of Electrical Engineering & Technology Best Editor Award
機械工学科	助教	小林　芳成	2020/3/6	日本機械学会 東海支部　日本機械学会東海支部賞、奨励賞
電気電子・情報工学科	教授	伊藤　貴司	2020/3/12	APEX/JJAP Editorial Contribution Award
化学・生命工学科	助教	吉田　道之	2020/3/20	日本セラミックス協会　JCS-Japan The Editor-in-Chief Award of Distinguished Reviewer in 2019
社会基盤工学科	准教授	木下　幸治	2020/5/14	令和元年度　土木学会中部支部技術賞
化学・生命工学科	准教授	三輪　洋平	2020/5/21	一般社団法人日本ゴム協会　第１１回ブリヂストンソフトマテリアルフロンティア賞
電気電子・情報工学科	教授	王　道洪	2020/5/28	一般社団法人電気設備学会　中部支部賞
機械工学科	教授	植松　美彦	2020/5/30	日本材料学会　令和元年度　学術貢献賞、支部功労賞
インフラマネジメント技術研究センター	教授	沢田　和秀	2020/6/5	公益社団法人地盤工学会　令和元年度事業企画賞
電気電子・情報工学科	准教授	志賀　元紀	2020/6/5	日本セラミックス協会　Award of the Outstanding Papers
電気電子・情報工学科	准教授	加藤　邦人	2020/6/11	第２５回画像センシングシンポジウム　ＳＳＩＩ２０１９優秀学術賞
機械工学科	准教授	吉田　佳典	2020/6/12	一般社団法人日本塑性加工学会　論文賞
社会基盤工学科	准教授	出村　嘉史	2020/6/12	公益社団法人土木学会　土木学会論文賞
社会基盤工学科	准教授	木下　幸治	2020/6/12	公益社団法人土木学会　土木学会論文賞
社会基盤工学科	特任教授	六郷　恵哲	2020/6/12	公益社団法人土木学会　土木学会論文賞
化学・生命工学科	教授	村井　利昭	2020/7/15	BCSJ (Bulletin of the Chemical Society of Japan)　Award
化学・生命工学科	教授	沓水　洋一	2020/7/15	BCSJ (Bulletin of the Chemical Society of Japan)　Award
化学・生命工学科	准教授	三輪　洋平	2020/7/15	BCSJ (Bulletin of the Chemical Society of Japan)　Award
機械工学科	教授	植松　美彦	2020/8/20	公益社団法人自動車技術会　２０１９年度技術部門貢献賞
化学・生命工学科	助教	高橋　紳矢	2020/9/12	第８回ディープテックグランプリ　三井化学賞
機械工学科	教授	板谷　義紀	2020/11/6	公益財団法人谷川熱技術振興基金　第３５回粉生熱技術振興賞
化学・生命工学科	助教	高井　千加	2020/11/17	２０１９年度粉体工学会 APT Outstanding International Contribution Award
電気電子・情報工学科	教授	山口　忠	2020/11/27	The 23rd International Conference on　Electrical Machines and Systems (ICEM2020) Excellent Paper Award
電気電子・情報工学科	特任教授	河瀬　順洋	2020/11/27	The 23rd International Conference on　Electrical Machines and Systems (ICEM2020) Excellent Paper Award
機械工学科	教授	佐々木　実	2020/12/22	日本ＡＥＭ学会　功労賞
機械工学科	教授	佐々木　実	2021/1/23	計測自動制御学会中部支部　第５１期支部賞　研究賞
機械工学科	教授	佐々木　実	2021/1/28	ICT Virtual Organization of ASEAN Institutes and NICT (ASEAN IVO)　Contribution Award
機械工学科	教授	佐々木　実	2021/1/28	ICT Virtual Organization of ASEAN Institutes and NICT (ASEAN IVO) 2020 Forum online Excellent Contribution Award
化学・生命工学科	助教	喜多村　徳昭	2021/2/17	令和２年度　公益社団法人有機合成化学協会　研究企画賞（味の素　研究企画賞）
機械工学科	准教授	伊藤　和晃	2021/2/20	IEEE Senior Member就任
機械工学科	教授	松村　雄一	2021/4/22	２０２０年度日本機械学会賞（論文）
機械工学科	助教	小林　芳成	2021/4/22	日本機械学会　２０２０年度日本機械学会奨励賞
機械工学科	助教	須網　暁	2021/5/13	公益社団法人日本伝熱学会東海支部　若手優秀講演賞
化学・生命工学科	教授	神原　信志	2021/6/1	令和３年度岐阜大学功労者表彰
機械工学科	准教授	吉田　佳典	2021/6/1	岐阜大学産学連携教授称号　授与
社会基盤工学科	教授	八嶋　厚	2021/6/1	岐阜大学産学連携重点研究室　認定
機械工学科	准教授	吉田　佳典	2021/6/1	岐阜大学産学連携重点研究室　認定
電気電子・情報工学科	准教授	久武　信太郎	2021/6/1	岐阜大学産学連携教授称号　授与
社会基盤工学科	教授	八嶋　厚	2021/6/4	公益社団法人地盤工学会　令和２年度「地盤工学会誌」年間優秀賞
社会基盤工学科	准教授	木下　幸治	2021/6/7	公益財団法人高速道路調査会　令和２年度道路と交通論文賞
社会基盤工学科	教授	能島　暢呂	2021/12/20	公益社団法人　土木学会地震工学論文集「論文賞」
機械工学科	助教	池田　貴公	2021/12/24	第２２回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会　ＳＩ２０２１優秀講演賞
化学・生命工学科	教授	村井　利昭	2022/2/16	公益社団法人有機合成化学協会　有機合成化学協会賞
化学・生命工学科	教授	神原　信志	2022/2/25	一般社団法人日本エネルギー学会　２０２１年度学会賞（学術部門）

第 4 章 工学部における国際連携の取り組み

4.1 国際連携全般

植松　美彦

2022 年 4 月現在，岐阜大学工学部は 16 ヶ国 28 大学と学部間の学術交流協定を締結している．大学間の学術交流協定については，本学側から 3 つの部局が連携して申請するが，工学部が関連するものとしては 12 ヶ国 19 大学が存在する．学部間学術交流協定校の一覧を表 1 に，大学間学術交流協定校の中で，工学部が担当部局の一翼を担う大学の一覧を表 2 に示す. 工学部 70 周年記念時（2013 年）では，学部間学術交流協定校 5 大学, 大学間学術交流協定校 18 大学であることを考えると，特に学部間の学術交流協定校については 5 倍以上に増えている．また留学生数についても，2013 年度に全学で 229 名であったのが，COVID-19 パンデミック直前に当たる 2019 年度には 365 名と，比較的順調に留学生数は増加していた．しかし，直近で最も大きな出来事は，世界的には 2020 年に始まった前述の COVID-19 パンデミックであり, 2020, 2021 年度と国際連携のほとんどが滞ってしまった．2021 年度にはリモートによる講義配信などのノウハウが蓄積し，リモートでの海外派遣や留学生受入が促進された．2022 年度にはリモートではなく，実地での学生派遣や受入の復活が期待されている．

本章では, 直近の 10 年で大きく交流が進展したリトアニア共和国のカウナス工科大学とヴィータウタス・マグヌス大学，アフリカのザンビア大学，ドイツのドルトムント工科大学との交流について紹介する．また，ここ 10 年ほどで新たに締結された，いくつかの学部間学術交流協定校の中から，主に 2013 年以降に協定が締結された大学との交流の経緯について，各校のリエゾンから紹介する．

表 1　学部間学術交流協定校

	大 学 名（日本語）	国 名
1	全南大学校	大韓民国
2	柳韓大学校	大韓民国
3	ベンクル大学	ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ
4	忠南大学校	大韓民国
5	ﾏﾄﾞﾘｰﾄﾞ・ｶﾙﾛｽ 3 世大学	スペイン
6	ドルトムント工科大学	ドイツ
7	マンダレー大学	ﾐｬﾝﾏｰ
8	ヤダナボン大学	ﾐｬﾝﾏｰ
9	メティラ大学	ﾐｬﾝﾏｰ
10	ﾃﾞﾀﾞﾝｷﾏﾃｨ工科大学	ケニア
11	トゥンク・アブドゥル・ラーマン大学（UTAR）	ﾏﾚｰｼｱ
12	慶北大学校	大韓民国
13	アメリカ国立衛生研究所（NIH）	アメリカ
14	ﾊﾞｰﾃﾞﾝ・ｳﾞｭﾙﾚﾝﾍﾞﾙｸ州立太陽ｴﾈﾙｷﾞｰ水素研究ｾﾝﾀｰ（ZSW）	ドイツ
15	ブンハッタ大学	ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ
16	パダン州立大学	ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ
17	チュラロンコン大学	タイ
18	クラクフ工科大学	ﾎﾟｰﾗﾝﾄﾞ
19	東ティモール国立大学	東ﾃｨﾓｰﾙ
20	南京師範大学	中国
21	ダゴン大学	ﾐｬﾝﾏｰ
22	ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ・ｲｽﾗﾑ大学	ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ
23	ﾌﾞﾙﾈｲ・ﾀﾞﾙｻﾗｰﾑ大学	ブルネイ
24	ザンビア大学	ザンビア
25	チャングン大学	台湾
26	リアオ大学	ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ
27	ヤンゴン大学	ﾐｬﾝﾏｰ
28	ジョモケニヤッタ大学	ケニア

表 2　大学間学術交流協定校

（工学部関連）

	大 学 名（日本語）	国 名
1	カンピーナス大学	ブラジル
2	浙江大学	中国
3	ソウル科学技術大学	大韓民国
4	グリフィス大学	ｵｰｽﾄﾗﾘｱ
5	ハノイ工科大学	ベトナム
6	パンノン大学	ﾊﾝｶﾞﾘｰ
7	アンダラス大学	ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ
8	同済大学	中国
9	カウナス工科大学	ﾘﾄｱﾆｱ
10	ボゴール農科大学	ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ
11	ｳﾞｨｰﾀｳﾀｽ・ﾏｸﾞﾇｽ大学	ﾘﾄｱﾆｱ
12	ガジャマダ大学	ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ
13	スブラス・マレット大学	ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ
14	パリ・サクレー大学 （旧パリ第 11 大学）	フランス
15	ｲﾝﾄﾞ工科大ｸﾞﾜﾊﾃｨ校	インド
16	ﾏﾚｰｼｱ国民大学（UKM）	ﾏﾚｰｼｱ
17	アルバータ大学	カナダ
18	ブラヴィジャヤ大学	ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ
19	バンドン工科大学	ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ

学部間学術交流協定

(1)　忠南大学校（大韓民国）

小林 孝一 教授（社会基盤工学科）

2008 年 3 月　日本学術振興会の「論文博士号取得希望者に対する支援事業」に，六郷恵哲教授と忠南大学校 Yun Hyun-Do 教授の申請が採択され，学生の相互訪問を含む研究交流を行い，3 年後に Yun 教授が本学にて博士（工学）の学位を取得.

2011 年，2013 年　日本学術振興会の「二国間交流事業（共同研究）」に六郷教授と Yun 教授の申請が採択される（いずれも 2 年間）.

2013 年 1 月　岐阜大学工学部と忠南大学校工科大学（工学部に相当）との間で，学部間交流協定を締結.

2014 年 12 月　International Joint Meeting of Global Environment & Energy Course (GU-GLEE) 出席のために Yun 教授と Park 准教授が来学.

2016 年　岐阜大学大学院博士前期課程 GU-GLEE コースに忠南大学校からの留学生を受入.

2017 年，2019 年，2022 年　日本学術振興会の「二国間交流事業（共同研究）」に小林教授と Yun 教授の申請が採択される（いずれも 2 年間）.

「二国間交流事業（共同研究）」はいずれもひずみ硬化型セメント系複合材料（SHCC）を研究テーマとするもので，これまでの延べ 8 年間にわたる採択期間中には，毎年双方の大学院生が相手方を訪問し，1 週間～1 ヶ月滞在するのが恒例となっている.

このような活発な交流を実施してきた結果，Yun 教授をはじめ，忠南大学校の Kim Gyu-Yong 教授，Nam Jeong-Soo 教授らと小林教授との共著論文は 10 編（うち，インパクトファクター付きのものが 8 編）を数える．Yun 教授は構造利用，Kim 教授と Nam 教授は同じく耐衝撃性能，小林教授は耐久性という，それぞれの得意分野を活かして SHCC の研究を実施してきており，部局間学術交流協定をベースとした両校の協働の成果が着実に上がっている.

2019 年の忠南大学校訪問

(2)　パダン州立大学（インドネシア）

リム リーワ 教授（化学・生命工学科）

2009 年 3 月　パダン州立大学(UNP)理学部(MIPA)の若手教員(Budhi Oktavia)が本学にて博士(工学)の学位を取得(指導教員：竹内豊英教授). その後，教員間の相互訪問を含む研究交流を行い，学生間の交流へ拡大するため部局間交流協定締結について準備開始.

2015 年 9 月 18 日　部局間交流協定締結のため，嶋 睦宏教授(当時 GPO 室長)とリムが UNP を訪問. 公開講演も行った.

2016 年 8-9 月　短期派遣(SV)プログラムで学部生 1 名が UNP を訪問.

2016 年 10 月　短期受入(SS)プログラムで UNP 学部生 1 名が工学部で受入(指導教員：吉田豊和先生).

2017 年 8-9 月　SV プログラムで学部生 1 名が UNP を訪問.

2017 年 11-12 月　SS プログラムで UNP 学部生 2 名が工学部で受入(指導教員：上宮成之先生，吉田道之先生).

2018 年 4 月　SS 生が本学部 Advanced Global Program (AGP)修士課程進学(指導教員：上宮成之先生).

2018 年 9-10 月　SV プログラムで学部生 1 名が UNP を訪問.
2018 年 10 月　SS 生が本学部 AGP 修士課程進学(指導教員：吉田道之先生).
2018 年 11 月　SS プログラムで UNP 学部生 3 名が工学部で受入(指導教員：池田将先生，三輪洋平先生，リム).
2019 年 4 月　SS 生が本学部 AGP 修士課程進学(指導教員：上宮成之先生).
2019 年 8-9 月　SV プログラムで院生 1 名が UNP を訪問.
2019 年 10 月　SS 生が本学部 AGP 修士課程進学(指導教員：リム).
2019 年 11-12 月　SS プログラムで UNP 学部生 2 名が工学部で受入(指導教員：杉浦 隆先生，リム).
2020 年 4 月　AGP(修士)修了生が日本(浜松市)で就職.
2020 年 4 月　SS 生が本学部 AGP 修士課程進学(指導教員：杉浦 隆先生).
2020 年 9 月 18 日　学術交流協定更新.
2020 年 10 月　AGP(修士)修了生が日本(湖西市，静岡)で就職.
2021 年 4 月　AGP(修士)修了生が日本(半田市)で就職.
2021 年 4 月　SS 生が本学部 AGP 修士課程進学(指導教員：上宮成之先生).

図 1　パダン州立大学 入口

図 2　パダン州立大学 本部棟

(3)　マドリード・カルロス 3 世大学（スペイン）

毛利 哲也 准教授（機械工学科）

2011 年 3 月　共同研究の検討のため毛利准教授が同大学へ訪問，懇談.
2012 年 10 月　同大より外国人研究者 2 名を工学部で受入.
2013 年 7 月 9 日　部局間交流協定締結. 初代リエゾンは毛利准教授.
2013 年 9 月　SS-SV プログラムで院生 1 名が同大学を訪問.
2013 年 10 月　同大学の学生 2 名が工学部に特別研究生として在籍.
2014 年 9 月　SS-SV プログラムで院生 1 名が同大学を訪問.
2015 年 9 月　SS-SV プログラムで院生 1 名が同大学を訪問. 同大より外国人研究者 1 名を工学部で受入.
2016 年 9 月　SS-SV プログラムで院生 1 名が同大学を訪問. 同大より外国人研究者 1 名を工学部で受入.
2017 年 9 月　SS-SV プログラムで院生 1 名が同大学を訪問.
2017 年 10 月　SS-SV プログラムで同大より短期留学生 1 名を工学部で受入.
2018 年 9 月　SS-SV プログラムで院生 1 名が同大学を訪問.
2018 年 10 月　SS-SV プログラムで同大より短期留学生 1 名を工学部で受入.
2019 年 9 月　SS-SV プログラムで院生 1 名

が同大学を訪問.

2019 年 10 月　SS-SV プログラムで同大より短期留学生 1 名を工学部で受入.

マドリード・カルロス 3 世大学

(4)　ミャンマー4 大学との協定

仲澤 和馬 教授（環エネ）

2014 年 7 月に，ヤンゴン大学と双璧をなすマンダレー大学の Maung Thynn 学長が交流協定締結に訪れて以降，2015 年 12 月に国内最大規模のヤダナボン大学，本学と同規模のメティラ大学, 2017 年 7 月には第 2 の規模のダゴン大学と協定を締結した.

2015 年以降 2022 年 4 月までに，協定校から 10 名の学生が AGP 学生として入学し，短期(3 カ月)で 6 名招へいし，本学からは 5 名の修士課程学生が夏季休暇を利用して先方で 6 週間，異文化を体験した.

2015 年以降 2019 年まで毎年，さくらサイエンスプログラム(JST)で, 修士課程学生や若手教員を計 57 名招へいし，大学教養程度の物理学実験の作法を研修した.

2015 年に開始した実験物理学教育ミャンマー全国大会(マンダレー大学)では，ヤンゴン大学(2017 年), マグウェイ大学(2018 年)，ピィー大学(2019 年)と援助し，それぞれに pre，post 大会が設けられ，延べ 600 名を超える若手教員の研修を実施した．2017，2018 年は文科省「日本型教育の海外展開」事業の一環でもあった.

2020 年の第 5 回全国大会やさくらサイエンスによる招へいはコロナで未実施だったが，後者は 2022 年 2 月にオンラインで誤差解析を指導し, 11 大学 124 名が参加した．政変で解雇された教員たちにも同様に指導し，約 100 名が参加した.

偏光の実験の風景（2017 年全国大会）

(5)　ディダン・キマティ工科大学（ケニア）

佐々木 実 教授（機械工学科）

2011 年　佐々木実教授が同大学の客員教授に就任.

2013 年　機械工学科佐々木研究室に博士後期課程の留学生を同大学から受入.

2014 年　Dr. Ndirangu Kioni 副学長と Dr. Esau Nderitu Kanyogoro が本学主催の The first Joint Meeting of Global Environment & Energy Course (GU-GLEE)に出席.

2014 年　学術交流協定締結.

2016 年　機械工学科佐々木研究室に博士後期課程の留学生 2 名を同大学から受入.

2017 年　機械工学科佐々木実教授および電気電子・情報工学科新田高洋准教授が同大学主催の国際会議 3rd DeKUT International Conference on STI&E に出席.

2018 年　機械工学科佐々木研究室および電気電子・情報工学科新田研究室に博士後期課程の留学生各 1 名を同大学から受入.

2018 年　機械工学科佐々木実教授および電気電子・情報工学科応用物理コース新田

高洋准教授が同大学主催の国際会議 4th DeKUT International Conference on STI&E に出席.

2019 年　Dr. Harrison Ngetha が本学主催の The 3rd International Joint Meeting of Advanced Global Program (AGP)に出席.

2019 年　佐々木実教授が同大学より名誉博士号を授与される.

2019 年　新田高洋准教授が同大学の客員教授に就任.

学生たちとの集合写真

(6)　トゥンク・アブドゥル・ラーマン大学（UTAR）（マレーシア）

リム リーワ 教授（化学・生命工学科）

2014 年 12 月 16 日　部局間交流協定締結のため，UTAR 工学部長と初代リエゾンの Wang Chan Chin 准教授が来岐．The 1st International Joint Meeting of Global Environment & Energy Course (GU-GLEE) に出席.

2015 年 5 月　UTAR 学部生 4 名が本学を訪問・ラボ見学し，春祭にも参加.

2015 年 9 月　嶋 睦宏教授(当時 GPO 室長)とリムが UTAR を訪問.

2015 年 10-12 月　短期受入(SS)プログラムで UTAR 学部生 1 名が工学部で受入(指導教員：吉田弘樹先生).

2016 年 8 月　短期派遣(SV)プログラムで院生 1 名と学部生 1 名が UTAR を訪問.

2016 年 10 月　SS プログラムで UTAR 学部生 1 名が工学部で受入(指導教員：玉川浩久先生).

2016 年　UTAR 二代目リエゾン Dr. Jaslyn Low Foon Siang

2017 年 8-9 月　SV プログラムで院生 1 名と学部生 1 名が UTAR を訪問.

2017 年 9 月　SS プログラムで UTAR 学部生 1 名が工学部で受入(指導教員：寺田和憲先生).

2018 年 4 月　SS 生が本学部 Advanced Global Program (AGP)修士課程進学(指導教員：寺田和憲先生).

2018 年 8-9 月　SV プログラムで学部生 1 名が UTAR を訪問.

2018 年 10 月　UTAR 卒業生が本学部 AGP 修士課程進学(指導教員：松村雄一先生).

2018 年 10 月　SS プログラムで UTAR 院生 1 名(指導教員：伴 隆幸先生)と学部生 1 名(指導教員：山本秀彦先生)が工学部で受入.

2019 年 3 月　玉川浩久先生が SS 生との共同研究で論文採択.

2019 年 8-9 月　SV プログラムで院生(AGP)1 名が UTAR を訪問.

2019 年 10 月　UTAR 若手教員 2 名が本学開催の The 4th International Joint Meeting of Advanced Global Program in Conjunction with Gifu University 70th Anniversary に参加・研究発表.

2019 年 12 月 16 日　学術交流協定更新.

2020 年 4 月　AGP(修士)修了生が日本(札幌)で就職.

2020 年 10 月　AGP(修士)修了生が日本(大阪)で就職.

2021 年 4 月　UTAR 卒業生が本学部 AGP 修士課程進学(指導教員：隈部和弘先生).

図 1　UTAR Kampar Campus (main campus)

図 2　Bronze sculptures of Confucius and Einstein (Kampar Campus)

(7)　慶北大学校*（大韓民国）

窪田 裕大 助教（化学・生命工学科）

* 韓国では，日本の大学が大学校に対応する．

2015 年　学術交流協定締結. 初代リエゾンは松居教授（工学部）.

2016 年 1 月　SS 学生 1 名を同大学から受入.

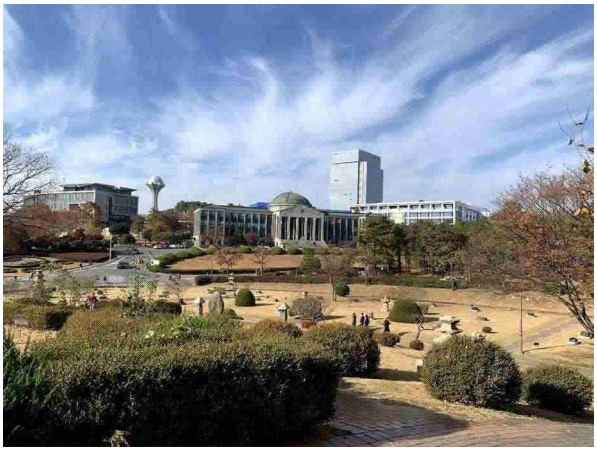
2016 年 7 月　SV 学生（機能材料工学専攻大学院生）1 名が同大学を訪問.

2017 年 1 月　SS 学生 1 名を同大学から受入.

2018 年 5 月　松居教授と窪田助教が同大学を訪問し，共同研究を実施開始.

2019 年 7 月　SS 学生（博士後期課程）1 名を同大学から受入.

2019 年 11 月　SV 学生（化学・生命工学科 4 年生）1 名が同大学を訪問.



慶北大学

(8)　ZSW（太陽光・水素研究センター）（ドイツ）

小林 智尚 教授（社会基盤工学科）

2013 年 5 月　岐阜県がドイツ・バーデン＝ヴュルテンベルク州とエネルギー及び森林・林業に関する覚書を締結.

2014 年 11 月　岐阜県の古田知事がバーデン＝ヴュルテンベルク州を訪問したのを機会に，バーデン＝ヴュルテンベルク州の ZSW（太陽光・水素研究センター）と岐阜大学の未来型太陽光発電システム研究センターとで学術交流が活発になる.

2015 年 3 月 20 日　学術交流協定締結．式典には岐阜県古田知事, ZSW の代表者等が出席した.

2015 年　学術交流協定締結を期に, ZSW と未来型太陽光発電システム研究センターとで，中津川市での太陽光発電量予測に関する研究を共同で実施することとなった（2 年間）.

2015 年　岐阜大学工学研究科博士課程の学生（青木研究室）が ZSW に派遣.

2017 年　ZSW 博士課程の学生を岐阜大学工学部小林研究室に 3 ヶ月間受入.

ZSW Stuttgart　（HP より）

(9)　クラクフ工科大学（ポーランド）
小林 智尚 教授（社会基盤工学科）

2015 年 3 月 9 日　ポーランド国立クラクフ工科大学の ELBIETA NACHLIK 環境工学部学部長ほか 4 名が来校し福士理事を表敬訪問.

2015 年 3 月 27 日　本学 2 名（李教授，小林教授）がクラクフ工科大学を訪問．懇談.

2015 年 11 月 30 日　本学から工学部長六郷教授，流域圏科学研究センター長影山教授ほか 2 名がクラクフ工科大学を訪問し，学術交流協定締結.

2017 年 本学工学部学生 2 名をクラクフ工科大学へ短期派遣．クラクフ工科大学学生 1 名を本学工学部で受入.

2018 年 本学工学部学生 1 名をクラクフ工科大学へ短期派遣.

2019 年 9 月 20-29 日　本学教員 2 名（流域圏科学研究センター教員）がクラクフ工科大学を訪問し，水質と土壌環境に関する学術交流と共同調査を行った.

2019 年 10 月 20 日　クラクフ工科大学のリエゾン MICHAL ZIELINA 教授が本学に来校し，意見交換.

2019 年 本学工学部学生 1 名をクラクフ工科大学へ短期派遣.

2020～2021 年　コロナウイルス禍下で直接交流はできなかったが，流域水質・水処理に関するオンラインによる学術交流，意見交換および共著による国際誌学術論文の発表を行った.

図 1 クラクフ工科大学（HP より）

(10)　国立衛生研究所国立心肺血液研究所（アメリカ合衆国）への研究留学
森田 洋子 教授（化学・生命工学科）

2015 年 3 月 18 日 学術交流協定締結．初代リエゾンは北出幸夫教授（工学部・生命工学科）

2015 年 3 月 国立衛生研究所・国立心肺血液研究所 (National Institutes of Health, National Heart, Lung, and Blood Institute) の Katagiri 博士が本学を訪問．特別公演および研究指導を行なった.

2015～2016 年 生命工学専攻 M1 の長瀬春奈さんが同研究所の Geller 博士の研究室に 1 年間留学（バロー・V ドラッグ海外研修奨学金の支援を受けた）.

2016 年 リエゾン 森田洋子

2016～2017 年 生命工学専攻 M1 の東小百合さんが同研究所の Geller 博士の研究室に 1 年間留学（トビタテ留学 JAPAN の支援を受けた）.

2017～2018 年 生命科学･化学専攻 M1 の柳生和耶さんが同研究所の Geller 博士の研究室に 1 年間留学（バロー・V ドラッグ海外研修奨学金の支援を受けた）.

2017 年 9 月 同研究所の Geller 博士が本学で特別公演．鈴木文昭教授（岐阜大学理事，国際・広報担当）を表敬訪問（田口福寿会国際学術交流助成の支援を受け

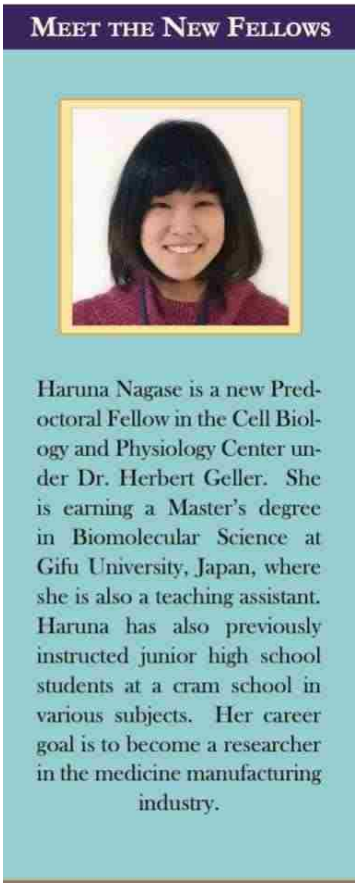
た).

2018～2019 年 連合創薬医療情報研究科 D2 の長瀬春奈さんが同研究所の Geller 博士の研究室に 1 年間留学（トビタテ留学 JAPAN の支援を受けた).

2020 年 3 月 18 日 学術交流協定更新

2020～2021 年 生命科学･化学専攻 M1 の長谷川友澄さんが同研究所の Geller 博士の研究室に 1 年間留学（トビタテ留学 JAPAN に採択された).

National Institutes of Health (Bethesda, MD)



NHLBI DIR Newsletter-December 2015 より抜粋

(9) チュラロンコン大学（タイ）

萬関 一広（化学・生命工学科）

2015 年 6 月 初代リエゾンは松居正樹教授．元印刷メーカの野口氏の支援を受け，同大学 Prof. Aran グループ，松居研究室，萬関研究室の共同研究（電子材料の印刷等）を開始．Prof. Aran らと共に岐阜大学にて研究交流会を開催.

2015 年 10 月 部局間協定の締結．松居教授，野々村教授，萬関が訪問（図 1）．訪問者による TOPIC Center (Thailand Organic & Printed Electronic Innovation Center) の見学，講演での研究交流.

2015 年 12 月 同大学から短期留学生を研究室で受入れ．交換留学の開始.

2016 年 8 月，9 月 岐阜大学生（1 名）が同大学へ短期留学．松居教授，萬関が同大学を訪問.

2017 年 1 月 同大学から短期留学生を研究室で受入れ．Prof. Aran の訪問，印刷に関するセミナーの開催.

2017 年 8 月 岐阜大学生（1 名）が同大学へ短期留学．松居教授，萬関が同大学を訪問.

2017 年 12 月 同大学から短期留学生を研究室で受入れ.

2018 年 6 月 同大学の博士課程の研究者を研究室で短期受入れ（アドバイザーとして萬関が指導).

2018 年 12 月 同大学から短期留学生を研究室で受入れ.

2019 年 9 月 岐阜大学生（1 名）が同大学へ短期留学．松居教授，萬関が同大学を訪問，上記博士課程学生の論文公聴会に参加.

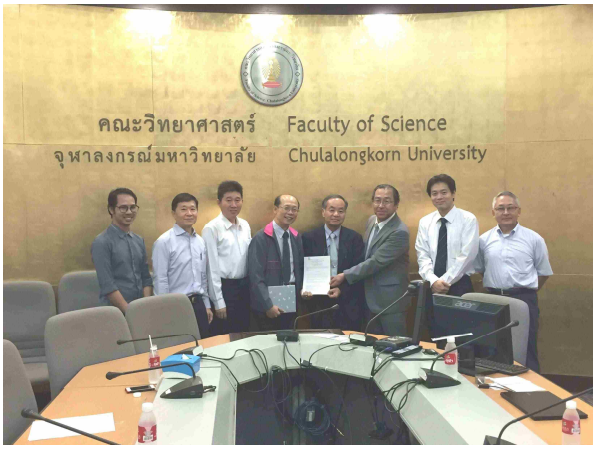
2019 年 12 月 同大学から短期留学生を研

究室で受入れ.

2020 年 5 月　共著の研究論文を投稿.

2020 年 10 月　同大学から AGP の修士課程に入学した学生（1 名）が岐阜大学工学部博士課程に進学

2021 年 4 月　同大学から学生（1 名）が AGP の修士課程に進学



部局間協定の締結（チュラロンコン大学にて）

4.2 リトアニアと本学の国際交流

毛利　哲也（機械工学科，知能機械コース）

リトアニアはバルト海に面した欧州の国の 1 つである．日本では，エストニア，ラトビアと併せてバルト三国とよばれる．この 100 年間で 1918 年にロシア帝国から，1990 年にソビエト連邦からと 2 度の独立を経験しており，現在はリトアニア共和国となっている．1940 年には，当時の首都カウナス（現在はビリニュスが首都）にて岐阜県出身の杉原千畝（在カウナス日本領事館領事代理）が，欧州から逃れるユダヤ避難民のために人道的な立場でビザ（通過査証）を発給した．当時の領事館は杉原記念博物館として現在も残されており，この杉原千畝を縁の一つとして岐阜県はリトアニア共和国との間で人と文化の交流を進めている．

岐阜大学では工学部の藤井洋名誉教授，川﨑晴久名誉教授，佐々木実教授がカウナス工科大学（KTU）と人的な交流を進め，2010 年より学術協定交流を締結している．私は 2010 年 10 月～2011 年 3 月に KTU に客員研究員として滞在した．当時，日本でのリトアニアの情報は少なく，渡航前には「地球の歩き方」のみが唯一の情報源であった．現地にて Web サイトや多くの人と知り合い色々な情報を集めてリトアニアとの異文化交流に励んだ．その中でカウナス市内にあるヴィータウタス・マグヌス大学（VMU）の日本文化サークル「橋」との交流を深めて，学生だけでなく教員とも親しくなった．当時の「橋」は杉原記念博物館の 2 階で活動していた．2012 年には岐阜大学とヴィータウタス・マグヌス大学との学術協定交流を締結した．リトアニアの 2 大学とは学生および教員の交流を進めている．

2019 年 5 月よりリトアニアの理解を深めるために「リトアニア勉強会」を不定期に学内外向けに開催している．講師として，

図 1　杉原記念博物館

図 2　リトアニア勉強会

リトアニア人の外国人研究者や岐阜県国際流員等を迎えて，リトアニアだけでなく杉原千畝についても紹介・討論したり，VMU の日本語コースの学生とオンライン交流も行ったりしている．2021 年 4 月からは全学共通教育科目として「異文化論（リトアニア学)」も開講してリトアニアの歴史, 文化, 生活様式などを学生は学んでいる．さらに，2019 年 10 月 24 日にはギターナス・ナウセーダリトアニア共和国大統領が岐阜大学にて「Lithuania and Japan : The way forward」と題してリトアニアと日本の交流の歴史，文化，経済，今後の関係について特別講演している．また，2021 年 11 月 5 日にはアルギマンタス・ミセヴィチュス駐日リトアニア大使館臨時代理大使と学生の交流会を行い，活発な意見交換を行っている．

今後もリトアニアをはじめてとして地域に根ざした国際交流ができるグローカル人材育成に尽力していきたい．

4.3 世界の「人づくり」のためにME養成講座で培った人財育成の枠組みの国際展開ーアフリカ・ザンビアー

木下　幸治（工学部・社会基盤工学科，防災コース　准教授，工学部附属インフラマネジメント技術研究センター（CIAM）国際展開領域・領域長）

はじめに

2020年度のCIAMの組織改編により新しく設置された国際展開領域では，我が国のインフラ維持管理技術やME養成講座で培った人財育成や地域連携といった枠組みの国際的な展開により，世界の「人づくり」・「安全安心な暮らし」に貢献することを目指している．現在は，JICAの技術協力事業の一つであるJICAのザンビア国「橋梁維持管理能力向上プロジェクトフェーズII」（以下，JICA ザンビアプロ）の一環として，ME 養成講座で培った人財育成の枠組み等の国際展開と，JICAの研修員事業である開発途上国における道路アセットマネジメント技術に係る中核人財育成の一環で，各国省庁の職員・技術者を修士課程または博士課程留学生として受入れを進めている．ここでは，JICA事業と連携してJICAザンビアプロの取組に至った経緯，その取組の具体的な内容，国際展開した枠組みの持続的な体制構築の試みについて紹介する．

JICAザンビアプロジェクト開始の経緯

岐阜大学では，SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の地域実装支援チームの一つとして活動を進めてきた（代表・六郷恵哲先生，研究開発機関・2016年9月1日から2019年3月31日）．その活動の中で，JICAザンビアプロの詳細計画策定調査に六郷先生と木下が参団した（2018年5月20日から29日）．この調査の中で，ザンビア大学を訪問（写真1），ザンビア大学教員との意見交換を通じて，JICAザンビアプロの一環として，岐阜大学のメンテナンス・エキスパート養成講座や他の本邦橋梁維持管理技術者育成に関わる講習・研修などをベースにザンビアでの技術定着のためにカスタマイズした橋梁技術者育成プログラムの技術移転の取組を進めることとなった．この取組では，ザンビア大学工学部内に「橋梁技術者育成」を担う「橋梁維持管理センター」を2大学共同で立ち上げ，最終的にはザンビア大学による橋梁技術者育成研修の実施までを成果とすることが提案された．この取組を進める上で，2大学の部局間協定を締結（写真2），その後，JICAと岐阜大学との間で業務契約を締結（2020年1月21日），岐阜大学におけるJICAザンビアプロが始まった．

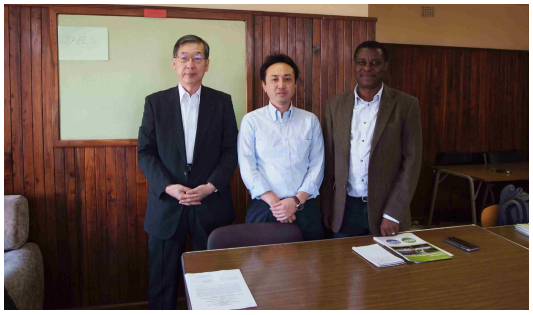


写真1 2018年5月28日ザンビア大学訪問（左：六郷恵哲先生，真ん中：著者，右：ザンビア大学工学部長 Dr. Mulenga）

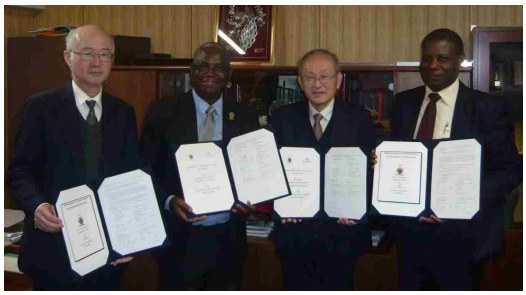


写真2 2019年1月30日岐阜大学とザンビア大学部局間協定締結．

JICA ザンビアプロジェクトの内容

JICA ザンビアプロの中で，岐阜大学は，①「ザンビア大学内への橋梁維持管理センター立ち上げ」，②「ザンビア国に適した橋梁技術者育成に係るプラットフォームの構築」，③「ザンビア大学が実施する橋梁技術者育成研修のカリキュラム作成」，④「ザンビア大学による橋梁技術者育成研修の実施」に係る業務を進めている．①では，「ザンビア大学工学部内のセンター立ち上げのためのスペースの改修」（写真 3）と橋梁技術者育成に有効な「実験・点検機材整備」や「野外展示モデルの整備」を進める．「実験・点検機材整備」では，我が国でも活用が進められているロボット技術を用いた橋梁点検実施に向けたドローンや橋梁点検カメラの整備，または人財育成のみならず当該センターでの橋梁補修の効果検証を行えるなどザンビア大学教員の研究のベースアップに繋がるような試験機や実橋計測機器等の整備を進める予定である．「野外展示モデルの整備」では，展示モデルの一つの例である岐阜大学のインフラミュージアムを実技研修・試験も可能としたモデルにカスタマイズすることも考えている．②ではザンビア大学を中心とした橋梁技術者育成プラットフォームを立上げ，ザンビア国に適した技術者育成の体制を構築する．このプロットフォームの下で，③のカリキュラム作成などを進めた後，ザンビア大学による④の実現を目指している．

ザンビア国のインフラ維持管理技術の持続的な体制構築の試み

JICA ザンビアプロ終了後も，持続的に④が実施されるためには，ザンビア大学の教員らの理解増進が不可欠である．そこで，JICA ザンビアプロの中では，ザンビア大学

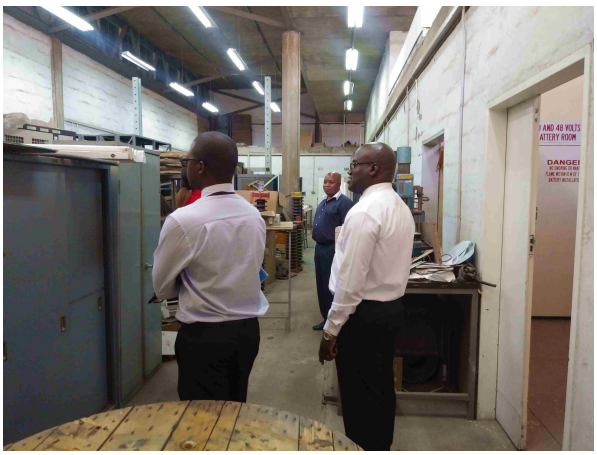


写真 3 ザンビア大学の橋梁維持管理センター立ち上げのための改修スペース

教員を対象とした 1 か月程度の本邦研修を予定している．研修終了後には，ザンビア大学の技術者育成を担うだけではなく，ザンビア大学内のセンターに導入予定の実験・計測設備等を活用した本学との共同研究の実施が可能な人財となることが期待でき，ザンビア国と我が国との研究・人財育成のシームレス化を目指している．さらに，JICA ザンビアプロに並行して，上記の JICA の研修員事業の枠組みを活用し，④を持続的に実施するための新たな中核人財の育成を目的として，2021 年度 4 月より本学へのザンビア国からの留学生受入れを開始した．2021 年 4 月より博士課程に 1 名を受入れている．

おわりに

岐阜大学の JICA ザンビアプロは，開始してただちにコロナ禍となり，ザンビア国への渡航ができなくなった．オンライン等を活用して，ザンビア大学側と本取組を徐々に進めてはいるが，現在も活動が停滞している．コロナワクチン接種後に，本活動が加速するかは未知数ではあるが，初志貫徹を果たしたい．

4.4 ドルトムント工科大学（TU Dortmund）との国際交流

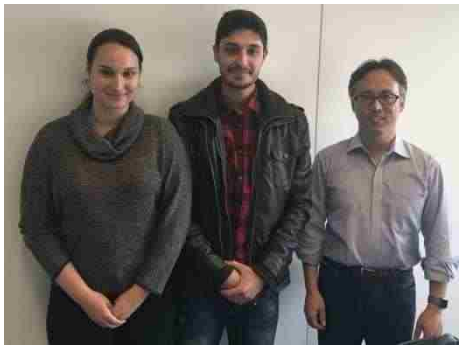
吉田 佳典（機械工学科，機械コース／地域連携スマート金型技術研究センター）

ドイツのドルトムント工科大学（Technische Universität Dortmund）には，塑性加工技術の世界的権威である Prof. A. Erman Tekkaya 教授がディレクションする成形技術・軽量構造体研究所（Institute of Umformtechnik und Leichtbau, IUL）があり，数十名のスタッフが，先進的な研究に従事している．筆者が客員研究員としてここで在外研究したのは 2011 年の初秋であった．

ドルトムントはドイツのノルトライン＝ヴェストファーレン州に属し，かつては石炭と鉄鉱石が産出され，鉄鋼工業が栄えていたが，近年，ハイテク産業の町としてその存在感を増している．ドルトムントを本拠地とするブンデスリーガ強豪サッカークラブであるボルシア・ドルトムントを擁し，ゲームがある日にはジグナル・イドゥナパークサッカー場に多くの人が集う．皆親切で，たいへんに住みやすい街である．

筆者の在外研究がきっかけとなり，Tekkaya 教授が所属する機械工学部と本学工学部とで部局間交流協定の締結が実現した．2014 年に最初の学生交換留学が始まり，これまで通算で 8 名のドイツ人学生を受け入れ，6 名の日本人学生を派遣した．学生はそれぞれ 2〜3 ヶ月滞在する．ドイツ人学生は金型創成科目，いわゆる金型実習に参加し，金型設計および金型製作に携わる．この中で留学生は日本人学生と協働しながら距離を縮める．また研究室に戻れば，塑性加工あるいは金属積層造形に関する研究室独自の研究テーマに携わる．

岐阜大生は，留学先で生産加工学に関する講義に出席し，事前に設定した研究に従事する．現地では，過去のドイツ人留学生が親切に岐大生の生活のサポートを買って出てくれ，そこで友情がさらに深まった．



ドイツ人留学生と筆者

学長主催パーティーでの 1 コマ

本学での Tekkaya 教授の講義

交流する中で，Tekkaya 教授を本学へご招待して特別講義を賜り，また共著論文を出版したりなど，良好な交流が続いている．１日も早くコロナ禍が明け，交換留学が再開されることを祈る．またこの有意義な交流を支えてくださった GPO の皆様には深く御礼申し上げます．

4.5 The Giant of Southeast Asia: Indonesia

リム　リーワ（化学・生命工学科，生命化学コース）
LIM Lee Wah (Biomolecular Science Course, Department of Chemistry and Biomolecular Science)

Consisting of about 17,500 islands, of which only around 6,000 are inhabited, Indonesia covers approximately 1.9 million km^2 (*ca.* 5 times larger than Japan) and is the world 4th largest country by population, *i.e.* with over 275 million people, which is more than 2 times than Japan.

In Gifu University, our first partnership with Indonesia started in the late 1990's with Andalas University (West Sumatera), student as well as staff exchange programs were carried out between the Faculty of Mathematics and Natural Sciences (Andalas) and the Faculty of Engineering (Gifu), out of the great efforts of the late Professor Edison Munaf and Emeritus Professor Toyohide Takeuchi. In 2001, Andalas University became our first Indonesian university-level partner university, followed by the University of Lampung, IPB University (Bogor), Gadjah Mada University, Sebelas Maret University, and most recently, Brawijaya University. In addition, we also have faculty-level partnership with University of Bengkulu, Bung Hatta University, Bandung Institute of Technology, State University of Padang, Islamic University of Indonesia as well as University of Riau.

As can be seen from Fig. 1, the number of Indonesian students has increased almost 3-fold in recent years, while the total number of international students has remained quite stable at an average of 285 students annually. Thanks to the establishment of Advanced Global Program (AGP; previously known as GU-GLEE: Gifu University Global Environment and Energy Course) in 2015. AGP are full-degree programs (Master's since 2015, and PhD since 2018) taught entirely in English. We aim to cultivate ethical global citizens/leaders with good communication skills as well as leaders who are able to develop innovative solutions through our active-learning process.

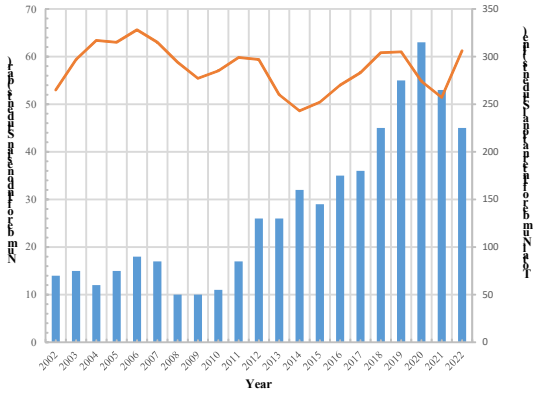


Fig. 1 Number of Indonesian students (bar) and the total number of international students (line) in GU between 2002-2022

Fig. 2 The first general meeting of Gifu University Indonesia Alumni Association in Bogor in August 2019.

In 2019, I was able to participate in the kick-off gathering (general meeting) of Gifu University Indonesia Alumni Association (IKAGIDAI) in Bogor (Fig. 2). Currently there are 104 registered alumni, with 75% working in the academic fields, 15% government staff and 10% in the private sector.

With an average age of 28 years old, of which more than half of the country's population is less 30, there is no doubt the future of IKAGIDAI is very bright with endless potential and possibilities.