

機械工学科

3D プリンタの付加製造プロセスに
関する最適化技術の研究

河田 直樹

Study on Optimization Technology for
Additive Manufacturing Process

Naoki KAWADA

3D プリンタは CAD などで作成した 3D データをもとにして、樹脂または金属を熔融凝固させて実体化する装置であり、デザイン検証のための試作や少ロットの樹脂部品の製作などに用いられており、造形精度や再現性と共に、造形速度ももとめられている。

これまで、樹脂の付加製造中や付加製造後の 3D プリンタの振動や樹脂の温度などに着目し、データを取得して一定時間内の平均や二乗和をもとめ、その変化を捉える状態監視技術によって、印刷速度と造形品の寸法のばらつきとの関係を把握することができた。

このことは、印刷品質の向上や安定化につながると考え、できるだけ 3D データと実際の印刷後の形状寸法等が一致する印刷条件の最適化について検討を行った。その際、検討時間の短縮も考慮して、ボードゲームの駒を想定した小モデルとし、直交表による印刷条件の割り付けによるパラメータ設計を実施し、最適条件の決定と、これを初期条件とする状態監視の検討を行い、初期の良好な印刷条件が製造条件の設定ミスなどで悪化する状況などを状態監視技術で捉えることができた。

鉄道車両の模型を用いた走行実験による
状態監視技術の研究

河田 直樹

Study on Condition Monitoring
Technology by Running Tests Using
Models of Railway Vehicles

Naoki KAWADA

鉄道車両の安全は、定期的なメンテナンスによって保たれているが、営業運転中の点検や修

繕は難しいため、一定の走行距離や時間周期で計画する時間基準保全という体系で管理を行ってきた。

しかしながら、次のメンテナンスまでの安全を保障するためのコストが大きく、鉄道事業者の経営に大きな負担を強いている。このため、保全体系の考え方を常時車両を監視する状態基準保全に切り替え、交換周期の予測や適正化を図り、鉄道事業におけるメンテナンスの負荷を軽減することが重要と考える。

このような状態監視技術を確立するためには、正常な状態と異常な状態のデータが一定量必要になる。ここで問題となるのが、異常な状態のデータの取得である。

鉄道車両の走行中の異常発生は、実際には未然に防いでいるため、起こりえない。

したがって、異常データを取得するためには意図的に状態を作り出す必要があるが、危険な状態に結びつく可能性は大である。

このため、正常状態のデータが実車の振動特性となるように合わせこんだ模型を用いることで、種々の異常状態を再現する走行実験装置を構築し、まずは低速走行時の乗り上がり脱線、車輪フラットなどの実験を行い、異常データを取得し、これらの異常検知を可能とするアルゴリズムを構築した。

柔軟機構の設計と制御

安藤 大樹

Design and Control of Compliant
Mechanisms

Hiroki ANDO

本研究では、柔軟構造の運動性を利用した制御機械システムの構造系と制御系の最適設計に関する研究を行うとともに、そのような機構を産業、医療、福祉、農業などの用途へ応用した産業用小形電動グリッパ、ピンセット型電動はんだごて装置、変位拡大位置決め制御用圧電アクチュエータ、低侵襲外科手術用柔軟鉗子、手

指障害者用電動ピンセット，農業用ロボットグリッパなどの研究開発を行っている。

振動磁場中におけるキューブ状磁性粒子分散系の凝集現象に関するブラウン動力学シミュレーション

岡田 和也

Brownian Dynamics Simulations on the Internal Structure of Particle Aggregates of a Cubic Hematite Particle Suspension in an Alternating Magnetic Field

Kazuya OKADA

磁性粒子サスペンションは，様々な工学分野で大きな可能性を秘めている。近年，医用工学の分野では，磁性粒子を用いた磁気温熱療法が注目を集めている。これは，磁性粒子サスペンションに振動および回転磁場などを印加させることで生じる磁性粒子の磁気モーメントの緩和現象による発熱効果を利用するがん治療である。本研究では，振動磁場中におけるキューブ状ヘマタイト粒子分散系の凝集体形成メカニズムを擬2次元ブラウン動力学シミュレーションにより解明した。シミュレーション結果から振動磁場中における凝集形態の内部構造は，粒子間の磁気的な相互作用，振動磁場の強さおよび周波数などの要因により複雑な転移現象を誘発することが明らかになった。今後は，凝集形態の内部構造と発熱特性について解明する予定である。

正八面体磁性粒子分散系を対象とした擬2次元モンテカルロ・シミュレーション法の構築

岡田 和也

Development of a Quasi-Two-Dimensional Monte Carlo Simulation Method for a Magnetic Octahedral Particle Suspension

Kazuya OKADA

磁性粒子分散系は，様々な工学分野への応用が期待されているため，多くの研究者が球状磁

性粒子からなる分散系を対象とした研究を遂行してきた。近年では，従来の球状粒子に代えて棒状，ディスク状，キューブ状，正八面体形状などの様々な幾何学的形状の磁性粒子を創製することが可能となっているため，このような非球状粒子からなる分散系を対象としたシミュレーション法の開発が望まれる。以上の背景から，本研究では正八面体形状の磁性粒子分散系を対象とした擬2次元モンテカルロ・シミュレーション法の開発した。開発したモンテカルロ・シミュレーション法を用いて得られた結果は，数個からなるクラスターを対象としたエネルギー解析により予測された粒子配置と非常によく一致しており，物理的に妥当なシミュレーションが行えていると考えられる。今後は，3次元系における正八面体磁性粒子分散系を対象としたモンテカルロ・シミュレーション法の開発を行う予定である。

固体および粉体層の熱物性値計測装置の研究開発

高坂 祐顕

Research and Development of Measuring Device of Thermophysical Properties

Masataka KOSAKA

機械製品であれ電子機器であれ，動作するときには熱を発生し，その熱を廃熱として捨てる。限りあるエネルギーを有効に利用するためにはあらゆる所で発生する熱を制御し，有効に利用することが必要不可欠である。これらの技術開発を確実に進めるためには使用する材料の熱伝導率や比熱などの種々の熱物性値を正確に知ることが重要であり，正確でかつ簡便な熱物性値測定方法の開発が望まれている。本件では，これまでに開発作製をおこなった一次元非定常熱伝導方程式の逆問題解を利用した熱伝導率と温度伝導率の同時計測装置を用いて，測温時の固体内部における熱伝導の一次元性を維持するための測定時間に関する妥当性の検討をおこなった。本年度は，さらに高い熱流束にて瞬間加熱

をおこなう装置を開発するとともに、高い熱流束計測を行う為の数値シミュレーションの開発をおこなう。

水素吸蔵合金を用いた水素利用機器の開発

高坂 祐顕

Research and Development of Hydrogen Utilization Machine Using Metal Hydride

Masataka KOSAKA

水素が将来の二次エネルギーとして着目されている。様々な形（気体、液体、固体）で保存でき、かつ、安定して貯蔵ができる。その中でも、比較的低い圧力で大量の水素を保存することができる水素吸蔵合金の技術は近年見直されている。この水素吸蔵合金を使用した水素利用機器を開発するために、水素吸蔵放出に係る装置の開発をおこなった。吸蔵回路および放出回路・真空引き回路、水素吸蔵量推定ユニット、合金層からの熱移動量を推定するためのユニットの開発をおこなった。今後は、水素吸蔵放出をPC上で再現するシミュレーションプログラムの開発をおこなう。

水素吸蔵合金を用いたIoTデバイス向け水素ストレージに関する実験的研究

高坂 祐顕

Experimental Investigation of Hydrogen Energy Storage System Using Hydrogen Absorbing Alloys for IoT Devices

Masataka KOSAKA

次世代の社会 Society 5.0 では、AI を利用し高度に処理された情報をもとに動く自動車やドローンなどの交通産業機械の社会実装が求められている。これらの社会実装を進める上でエネルギー供給が問題となる。本研究では、エネルギーを有効利用するために社会実装が進められている水素を輸送・貯蔵する媒体として着目されている水素吸蔵合金を用いて次世代IoT機器

に搭載する水素貯蔵・供給システムの開発をおこなう。

Blaha 効果中の歪速度急変試験による転位と不純物との相互作用に関する研究

上月 陽一

Study on the Interaction between a Dislocation and Impurities by Strain-Rate Cycling Tests During the Blaha Effect

Yohichi KOHZUKI

結晶中の転位は様々な障害物と相互作用を及ぼし合っている。微量な不純物を含むことによって、材料の特性である強度に影響を及ぼすことはよく知られている。ここでは、KCl 単結晶に2価の陽イオンを不純物として混入し凝集させた試料を用いて、不純物原子と転位との相互作用について調べる。

この研究において有効な実験方法の1つに、塑性変形中に超音波振動の付加により生じる変形応力減少の効果（Blaha 効果）を用いる方法がある。この現象は工業的に、加工速度の増加や寸法精度の向上など様々な利点が確認されている。材料の塑性変形に関する特性について、Blaha 効果中に歪速度急変試験を行い詳細に調べる。

X線照射したアルカリハライド単結晶の変形時における発光に関する研究

上月 陽一

Study on Deformation Luminescence of Alkali Halide Crystals After X-Ray Irradiation

Yohichi KOHZUKI

発光現象はメカノルミネッセンス（Mechano luminescence: ML）とよばれ、マイクロクラック・転位を含む内部欠陥・応力状態などについて、非接触で探知できるため、物質の変形過程を研究するのに注目されている。MLはさらに、物質の破壊時における発光（Fracto luminescence:

FL), および変形時における発光 (Deformation luminescence: DL) に分けることができる. ここでは, X線照射したアルカリハライド単結晶の塑性変形後で吸収スペクトルや熱蛍光の変化を観察し, 転位の移動が色中心にどのように作用するのかを詳細に調べる.

教育機関における

3D プリンター評価法の基礎的研究

五味 伸之

In Educational Institutions Basic Research on 3D Printer Evaluation Method

Nobuyuki GOMI

3D プリンターによるプロトタイピングは製造業に留まらず, 他分野に渡って広く活用が進んでいる. スライサーのパラメータをメーカーが推奨するデフォルト値に設定して印刷を行ってきたが, 印刷物の形状や樹脂の種類によっては望む品質が得られない場合や, トラブルが発生することもあった. さらに使用していく中で, 3D プリンターの加工時の設定だけではなく, 3D プリンター本体の組付け方による誤差が大きいことがわかってきており, 安価な3D プリンターは自分で組み立てていく方式が主であるため, その評価が必要なことが確認された.

そこで本研究では, モデル寸法と実際に制作されたワーク寸法の対応について把握することによって, その対応度合いこそが, 3D プリンターというシステムにおける評価であると提案した. そして, その考え方をを用いて, 様々な条件の評価を行っていくことにより, 評価法としての妥当性について検討を行った.

単位空間1つのMT法を使用した

顔認証の研究

五味 伸之

Research on Face Recognition Using the Unit Space one Mt Method

Nobuyuki GOMI

本研究は, 従来のMTシステムを用いた顔認証手法の提案を受け, 転写性の考え方を利用

した単位空間1つのMT法を使用した顔認証手法を提案するものである. Clmtrackrを使用して, 顔画像から自動的に特徴点を抽出し, 単位空間1つのMTシステムによって認証システムを構築したところ, 特徴点の数と同じであるならば作業者によって抽出された特徴点を使用したほうの精度が良いが, 自動取得においては特徴点を増やすにしたがって精度が向上して行くことが確認され, 最終的に90%以上の識別力となった. システムが簡易であることと, ある程度の精度を確保したことによって, MTシステムを用いた顔認証システムの実用化に近づいたと考えられる.

3D プリンター製ウクレレの研究

五味 伸之

Research on 3D Printed Ukulele

Nobuyuki GOMI

近年, 3D プリンターは, 工業的な使用だけではなく多品種少量生産への実用的な使用が可能になってきている. その中で, 3D プリンターによる楽器の製作は, いくつかの前例はあるが形状による音色の変化は検討されておらず, 3D プリンター加工の利点である自由な形状の作成があまり活かされていない. そこで本研究では, ウクレレ形状に対してパラメータ設計を用い, 評価法を工夫することによって目的とする音色に調整することを目的とした. 実験の方法として, 製作したウクレレの3弦をどこも押さえず, 開放 (C=261.626 Hz) で弾き, スペクトル解析した記録を比較した. その結果, プリンター充填率100%のウクレレと比べ, 重量が軽いネック充填率80%のウクレレは倍音が多く, 比較的豊かになに感じられる音が出るということが確認された. 今後の課題は, スペクトルによらない他の評価方法で比較すること, 幅広い音色を出すことのできるパーツの製作方法の検討などが挙げられる.

**折紙工学を利用した軽量化自動車車体
構造の衝突エネルギー吸収性能向上**

趙 希祿

**Crash Energy Absorption
Improvement of Lightweight
Car Body Structure by Using
Origami Engineering**

Xilu ZHAO

自動車車体のフロアに適用するトラスコアパネル構造の衝突エネルギー吸収性能を向上させるように、トラスコアパネルに対して新しいタイプの軽量化折紙構造を提案して、圧潰変形の途中で縦へ折れ曲がる問題が解決でき、ハニカムパネル構造より衝突エネルギー吸収性能が優れていることが確認できて、衝突先端から後方へ細かい圧潰しをを重ねながら圧潰変形を順番に進行して行く衝突エネルギー吸収に有利な圧潰モードが得られ、衝突エネルギー吸収性能を向上するように検討を進める。

**空気の粘性減衰を考慮した
コーンスピーカの振動と音響の連成解析**

趙 希祿

**Vibration-Acoustic Analysis of a
Cone Loudspeaker with Effects
of Air Viscosity**

Xilu ZHAO

現在、人々は日常生活において、様々な音を聞いており、スピーカの設計は、できるだけ忠実に元の音場を再現することを目標としている。高品質なコーンスピーカの研究開発のために、空気の粘性減衰を考慮した振動と音響の連成解析法を独自に提案して、今まで解明できなかったコーンの特性やエッジ特性などによるコーンの振動特性への影響やスピーカのボイスコイル周りの空気の挙動などの問題が明らかになり、さらに、コーンスピーカの最適設計を行い、コーンスピーカの音圧周波数特性の平坦化が実現するために詳細なコーンスピーカの形状パラメータなどを検討する。

**ランダムな波浪環境における
洋上プラントに適用する
高性能 TMD 制振装置の開発**

趙 希祿

**High Response Performance
of a Tuned-Mass Damper for
Vibration Suppression of Offshore
Platform under Random
Wave Environments**

Xilu ZHAO

地震荷重を含めたランダムな波浪環境における洋上プラントの振動特性について検討を行い、中心差分による数値解析法および実験測定システムを確立したうえで、地震初期振動に瞬時に反応できる High Response 特性、および強い地震荷重を受ける時の安全問題を考慮した動吸振器を独自に提案して、今まで当時に解決できなかった問題を一つの動吸振器の中に取り入れ、統合的に解決することが可能となり、また、数値解析法および実験測定法を用い、提案した動吸振器の妥当性と有効性について詳細な検討を行う。

**使用者と協調動作する歩行補助
パワーアシスト装置の研究開発**

長井 力

**Development of Coordinate
Motion Control System for
Power Assist Orthosis**

Chikara NAGAI

下肢障害者や高齢者を対象とした歩行支援装置の研究が進められている。パワーアシスト装置を実用化する際の問題点として、装着者や使用環境のさまざまな変化に対する順応性があげられる。従来のロボットの制御方法では、目標軌道をあらかじめ設定しなければならず、あらゆる状況に合わせた運動パターンを実現することは難しい。一方、生物の運動のメカニズムを参考にした制御システムを用いて運動を生成する手法が提案されている。生物の神経回路をモデル化した CPG (中枢パターン発生器, Central

Pattern Generator) 制御を用いると目標軌道を設定する必要がないため、より柔軟な制御を与える可能性がある。本研究ではCPGによる制御をパワーアシスト装置に適用するために、歩行モデルによるシミュレーションと、パラメータ探索による制御系の設計を行った。今後は、設計した制御系を実際の下肢パワーアシスト装置に適用して歩行実験を行う。

ヘビ型ロボットの小型化に関する研究

萩原 隆明

Study on Miniaturization of Snake Type Robot

Takaaki HAGIWARA

ヘビ型ロボットは、その特殊な体型から倒壊した建物の瓦礫や隙間への探索、配管や工場の点検作業などの様々な環境で活躍が期待されている。本研究では、構造が単純な車輪駆動機構を採用し、自律移動可能なヘビ型ロボットの小型化を目標としている。実験検討を重ね、メンテナンス性、動作能力等を踏まえ、十分な小型化が出来たと思われる。今後は小型化によって生じた問題を解決するため、伸縮機構や構造の強化を検討する。

クローラ型ロボットの軽量化に関する研究

萩原 隆明

Study on Weight Reduction of Crawler Type Robots

Takaaki HAGIWARA

地震や水害などの災害発生時には、迅速に要救助者を発見・救助することが求められ、クローラ移動機構を用いたレスキューロボットが開発されている。しかし、多くの機能を組み込むために大型なものが多く、気軽に活用することは難しい。本研究では、運用面を考慮し、機能を絞ることで、軽量だが頑強なクローラ型ロボットの提案を行い、性能の検証を行っている。

機械学習を活用した AE センシングの高確度化

長谷 亜蘭

A Study on Highly Accurate AE Sensing Using Machine Learning

Alan HASE

アコースティックエミッション (AE) センシングでは、材料の変形・破壊で生じる弾性応力波 (AE 波) を計測・解析して、その進行過程の認識・評価を行うことが可能である。特に、AE 信号原波形の周波数解析結果 (AE 周波数と呼ぶ) から得られる特徴によって、変形・破壊のモードを判別・特定することが可能となってきた。AE センシングを実際の現場へ導入する際、その周囲を取り巻く様々な機械要素から多種多様な AE 波が発生するため、所望の AE 信号を取得するには難を極める。本研究では、これまでに得られている変形・破壊モードと AE 周波数 (AE) の相関マップの知見から機械学習を活用し、現場における AE センシングの高確度化を図ることを目的としている。様々な測定対象を想定した実験およびデータ分析を行い、最適な機械学習アルゴリズムの検討および実用化に向けたシステム開発に取り組む。

デザギュリエの凝着実験にみる 焼付き過程の諸相

長谷 亜蘭

Examination of Seizing Process from Desaguliers's Experiments on Adhesion Theory

Alan HASE

ジョン・デザギュリエ (1683~1744) の凝着実験は、摩擦の凹凸説から凝着説へとパラダイムシフトさせるきっかけの一つになった実験と言える。実際に、鉛のボール同士を接触させて、垂直力を加えて回転させるとくっつく。本研究では、デザギュリエの凝着実験を再現し、様々な条件下 (例えば、異なる表面粗さや接触面積、潤滑状態、摺動形態など) で凝着力を計測するとともに摩耗面の観察などを実施する。これら

の結果と実際のジャーナル軸受などの実験結果を照らし合わせ、焼付き過程に関する考察を加えることを主な目的としている。また、凝着実験中の AE 信号計測も実施し、AE センシングによる焼付き早期予知のための凝着の進行過程と AE 周波数変化の対応関係を調査する。

**摩耗を学ぶ子ども向け
謎解き学習教材の開発**

長谷 亜蘭

**Development of Learning Material
Incorporated Problem-solving
Game for Children to Learn
Wear in Tribology**

Alan HASE

謎解き学習では、学習者がストーリーの主人公となって、次々に与えられる謎（クイズやパズルなど）を解き明かしながら、その活動の中で自発的に考えさせ、学習テーマについて楽しく学ばせることができる。一方、トライボロジー（摩擦・摩耗・潤滑）は省エネルギー・省資源へ直結するため、持続可能な開発目標（SDGs: Sustainable Development Goals）や環境問題を考えるきっかけを与えることもできる。これまでは、主に摩擦をテーマにした謎解き学習教材の開発を行ってきたが、摩耗も重要な学習トピックと考える。そこで、摩耗に関する事象や実験を取り込んだ謎解きの設計を進め、学習教材としての体系化を図るとともに教育実践も試みる。

**最適金型設計・成形条件・
成形監視技術に関する研究**

福島 祥夫

**Study on The Mold Design
Optimization, Molding Condition
and Monitoring Technology**

Yoshio FUKUSHIMA

部品製造に用いられている金型はプラスチック射出成形、アルミニウムダイカスト、プレス

加工など様々な分野の製品製造に用いられている。医療、航空機、電気自動車などの次世代産業においても、製品の量産には金型技術は必須であるため、関連技術の高度化が進んでいる。CAE 解析技術、品質工学による実験を有効活用し金型及び関連する技術の最適化を行うことで効率的なものづくりの手法を探索する。また、成形状態を様々なセンサ技術や AI・多変量解析等を利用した監視により製品不良と製造データとの関連を検討するとともに IoT 技術への展開も探る。

**コンポジット固体推進薬の
アルミニウム燃焼特性に関する研究**

福地亜宝郎

**Study on the Combustion
Characteristics of Composite
Solid Propellant**

Apollo FUKUCHI

現状の固体ロケットで主に使用されている、コンポジット固体推進薬は、高性能化のためにアルミニウムを助燃材として用いている。しかしロケットに要求される高負荷燃焼場およびコンポジット推進薬特有の不均一燃焼場のため、燃焼条件によってはアルミニウム起因のスラグ（燃焼残渣）が大量に発生し、性能低下、耐熱設計への悪影響、スペースデブリ問題などの原因となっている。本研究では、アルミニウムの燃焼性の向上を目指し、構成成分である、過塩素酸アンモニウム、アルミニウムの形状、粒度の影響および燃焼性向上可能な添加物としてマグネシウムを用いた場合の効果を確認する。コンポジット推進薬を試作し、燃焼観察とスラグ回収を行い、推進薬の燃焼状況、スラグ生成状況を詳細に調べ、その発生メカニズムを明らかにし、組成改良を検討する。

レーザーピーニングに関する研究

政木 清孝

Research on Laser Peening

Kiyotaka MASAKI

パルスレーザーにより金属材料表面を強化するレーザーピーニング技術は、構造部材の強度信頼性向上技術として、日本国内では原子炉構造部材への適用、欧米では航空機構造部材への適用を目的として、それぞれ独自に開発された。本研究では国内のレーザーピーニング開発者らと連携して、様々な構造材料への処理の適用とその強度評価について調査・研究を行っている。また近年、国内で開発された小型のパルスレーザー装置は、比較的安価で小型の産業用ロボットへの搭載も可能であり、従来のレーザー設備のような大掛かりな施工設備を必要としないことから、レーザーピーニング技術を様々な産業へ展開する上での主要な装置として期待されている。また一方で、従来の施工技術で必須であった水を使用しない Dry-Laser peening 技術が大阪大学の研究者によって開発され、電子機器近隣の実機構造部材など水を使用できない環境へのレーザーピーニング技術の適用も可能となった。本研究では、国内のレーザーピーニング技術開発の第一人者らとともに、レーザーピーニング施工技術の開発や疲労特性改善メカニズムなどを調査し、産業界への更なる普及のため研究・開発を行っている。

表面改質処理による金属材料の疲労特性改善に関する研究

政木 清孝

Research on Improvement of Fatigue Property by Surface Modification Treatment

Kiyotaka MASAKI

表面改質処理は、金属材料の疲労特性を改善する技術としてよく知られている。本研究では様々な表面改質処理に注目し、表面改質処理材の疲労特性評価やその破壊メカニズムの解明など行っている。国内外の研究機関、企業と共同

して行うことが多く、現在ではショットピーニング処理を手掛ける企業と共同で研究を行っている。対象とする材料は、高強度鋼の他、三次元積層材、マグネシウム合金、チタン合金、アルミニウム合金など様々であり、産業界のニーズに応じて強度評価などを行っている。そのほか、摩擦攪拌接合継手の強度改善手法としても表面改質処理に注目しており、難燃性マグネシウム合金で作成された摩擦攪拌接合継手について、ピーニング処理による疲労特性改善と、その破壊メカニズムを明らかにしようと調査研究を行っている。

ステルス欠陥からの疲労破壊に関する研究

政木 清孝

Study on the Fatigue Fracture from Stealth Defects

Kiyotaka MASAKI

X線CT技術は、材料内部の情報を非破壊で観察できることから、鋳造材や三次元積層材料の欠陥検出技術（非破壊検査技術）として注目されている。X線CTでは、材料内部に存在する密度の異なる場所を欠陥として検出するため、密度差を伴わない欠陥の検出は困難である。さらに、検出された欠陥が画像処理技術によってビジュアル的に表現されることからインパクトが大きく、可視化された欠陥のみに注目されがちである。しかし材料内部には可視化されない欠陥も存在するため、予想外の機器の突然破壊や大事故へとつながりかねない。本研究では、そこに存在しているがX線CTで検出されない欠陥を「ステルス欠陥」と称し、「ステルス欠陥」からの破壊事例を明らかにすることで、「ステルス欠陥」の問題を社会に広く周知しようとして取り組んでいる。現在まで、アルニウムダイカスト合金ADC12を対象として、回転曲げ疲労荷重下でのステルス欠陥からの疲労破壊事例を公表し、その定量的評価や論文発表を行った。今後は、軸荷重疲労試験下における同様の事例を調査・公表することで、ステルス欠陥の存在を広く社会に周知していく予定である。

枝サンゴ骨格の曲げ強度に関する研究

— 分野横断型研究の試み —

政木 清孝

Investigation of Bending Fracture
Behavior of Branching

Coral Skeletons:

— Trial of Interdisciplinary Research —

Kiyotaka MASAKI

本研究テーマは、材料強度評価に軸足を置きつつ、全く異なる分野の問題にアプローチしようとするものである。このような分野横断型研究テーマは異分野の理解から始まり、研究を遂行するには柔軟な発想が求められる。今後社会で求められる技術者には、ある問題に対してさまざまな知識を融合して解決策を見出すことのできる能力であり、それを訓練するためのテーマでもある。

直近では、炭酸カルシウムで構成されている枝状サンゴの骨格について、その折損強度特性の調査を行っている。具体的には、枝状サンゴ骨格の折損挙動（強度特性）を明らかとするだけでなく、その骨格構造の必然性について生物学的知見からアプローチしようとしている。枝状サンゴは、波あたりや外的要因によって骨格が折損するが、その折れた骨格の先端が離れた場所で定着すると、群体の生息範囲の拡大へとつながることから、折損挙動にはなんらかの必然性があるのではないかと予想される。機械工学分野における研究は、何らかの産業に関連する研究テーマが主となるが、本研究は生物学に関する学術的問題を解決しようとする学術レベルでの異分野融合型研究である。

石炭火力発電所の 耐震性向上に関する研究

皆川 佳祐

Improvement of Seismic Performance
of Coal-Fired Thermal Power Plants

Keisuke MINAGAWA

脱炭素社会の実現のためには、既存の火力発電からクリーンエネルギーへのスムーズな移行が必要であることから、新技術が成熟するまでの間、火力発電所は電力を安定的に供給する必要がある。石炭火力発電所のボイラは、運転時の熱膨張を逃がすため、上部のみが支持構造物に固定されている。したがって、地震時は非常に揺れやすい。現在、地震時のボイラの振動を抑制するため、鋼材製の振れ止めが設置されているが、上述の背景を踏まえれば、さらなる耐震性の向上が望まれる。そこで、本研究では石炭火力発電所へのダンパーの適用を検討している。これまでの研究より、ボイラの火炉にダンパを設置することで、地震時の損傷を抑制できることを確認している。そこで、2021年度は様々な仕様のダンパを用いて地震応答解析を実施し、地震被害抑制に適した仕様を求めた。

想定外の地震に対する 免震構造の挙動に関する研究

皆川 佳祐

Behavior of Base Isolated
Structure Against Unexpected
Large Earthquakes

Keisuke MINAGAWA

免震構造は、地面と構造物の間に積層ゴムや滑り支承などの免震装置を設置することで、地震動の構造物への伝達を抑制する構造である。阪神淡路大震災や東日本大震災で効果を発揮したことから、建築構造物を中心に普及している。一方で、2010年代には東日本大震災を始め、熊本地震などの極めて大きな地震が発生したことから、特に産業施設に免震構造を採用する際には、想定外の地震動に対しても十分な安全性を確保することが求められている。免震構造は

免震装置を変形させることで上部構造物へ伝わる加速度を低減させるものであるが、極めて大きな地震動に対しては変位が過大になり、想定外の応答を示すことがある。そこで本研究では、港湾クレーンを免震対象として、免震装置の非線形性を考慮した地震応答解析を実施した。そ

の結果、減衰比や地震動の違いなどにより挙動が大きく異なることを確認した。これより、想定外の地震に対しても免震効果を最大限に発揮させるためには、適切な条件設定が重要であることがわかった。

生命環境化学科

ツピッターイオン性高分子 表面修飾材料に関する研究

田中 睦生

Studies on Zwitterionic Polymers for Surface Modification Materials

Mutsuo TANAKA

シリコーンゴムは加工性に優れて化学的に安定であり、さらには生体に対して毒性がないことから、様々な分野で利用されている基盤材料の一つである。シリコーンゴムをバイオ関連機器の素材として用いるに当たって、その高い撥水性が問題となることがあり、シリコーンゴム表面の親水性化法が求められている。探索研究により、ツピッターイオン性官能基であるスルホベタインを導入した高分子材料を用いれば、シリコーンゴム表面の親水性化が可能であることを見だし、シリコーンゴム製細胞培養機器への表面修飾材料としての有用性を検討中である。

振動子界面における有機薄膜動的挙動 解析に関する研究

田中 睦生

Studies on Dynamic Properties for Organic Thin Layers on Oscillating Interface

Mutsuo TANAKA

水晶振動子を用いた分析技術は様々な分野で利用されているが、有機薄膜とはじめとするソフトマターが振動子上でどのような動的挙動を示すかを解析した研究は、有機薄膜を構築できる材料が存在しないため実施不可能であった。我々は分子量 2000 に及ぶ単分散オリゴエチレングリコールの合成法を確立し、それら材料を用いて動的挙動解析研究を実施、振動子上での有機薄膜動的挙動の体系化において温度依存性を検討したところ、特定周波数で収束点が現れることを見いだした。この現象が有機薄膜に普遍的に現れる現象であるのか否かを検討するた

め、構造の異なる単分子膜構築材料を合成中である。

BTBT 誘導体の有機半導体物性と 結晶構造に関する研究

田中 睦生

Studies on Organic Semiconductor Properties of BTBT Derivatives

Mutsuo TANAKA

有機半導体は IT 分野の拡充に必須の材料であるため、幅広く研究が展開されている。BTBT (ベンゾチエノベンゾチオフェン) は、低分子結晶性有機半導体材料の一つとして注目されている。様々なアルキル鎖導入 BTBT 誘導体を合成してその物性を検討した結果、層状ヘリンボーン構造の結晶において優れた半導体特性を発現することを見いだしている。アルキル鎖導入 BTBT 類縁体として、フェニル基や二重結合、三重結合を有するアルキル鎖を導入した BTBT の合成、およびその物性を検討中である。

エキナセアの新奇変異体獲得に利用する DNA マーカーの開発

秋田 祐介

Development of DNA Markers for New Flower of Echinacea

Yusuke AKITA

埼玉県寄居町で積極的に栽培されているハーブ「エキナセア」(*Echinacea purpurea*) について、オリジナリティーの高い新品種候補となる変異体を作成するために、イオンビーム照射を行っている。効率的に変異体を作成するためには、DNA マーカーによる選抜が重要である。そのために、ターゲットとする形質を「花色」と「栄養成分」に絞り、花色成分の分析と栄養成分、特にビタミン類の分析を行った。その結果を踏まえ、現在はターゲットとする形質の生合成に

関わる遺伝子単離を進めており、突然変異誘発による変異個体の作出に利用することを考えている。

芳香シクラメンのアントシアニン

生合成経路の解明

秋田 祐介

Study on Anthocyanin Biosynthetic Pathway in Fragrant Cyclamen

Yusuke AKITA

芳香シクラメンの花色品種拡大にむけて、花色の主成分であるアントシアニン生合成経路の解明を進めている。これまでに、芳香シクラメン野生種 (*Cyclamen purpurascens*) より、アントシアニン生合成に関わる酵素遺伝子群を 20 種類以上単離してきた。現在は、これらの遺伝子が実際に花色に関与しているのかを解析している。また芳香シクラメン品種から、イオンビーム照射によっていくつかの花色変異体を作成している。その花色変異体を利用して、変異因子の同定を進めている。これらの結果を踏まえ、「花色・アントシアニン・遺伝子」の関係性を見いだし、効率的に求める花色を作り出す方法を探っていく。

シクラメンの‘かほり’

生合成経路の解明

秋田 祐介

Study on Fragrance Biosynthetic Pathway in Cyclamen

Yusuke AKITA

花の香りは、花色・花形と並んで花の価値を決める非常に重要な形質であるが、その生合成は未解明の部分も多い。本研究では、芳香シクラメンを利用して芳香成分の生合成経路の解明を進める。これまでに、イオンビーム照射によってシクラメンの芳香成分が変化した変異体を作成している。現在はその香り変異体を利用して、変異因子の同定を進めている。また、企業との連携でバラ新品種の芳香成分の分析も行ってきた。

た。これらの研究は、「香り」の変化した花の作出や、香水などの化粧品や新しい香料の開発にも繋がっている。個人的には、「シクラメンのかほり」という香水を開発したいと思っている。

温暖化ガス有効資源化のための

大気圧プラズマ改質法の開発

有谷 博文

Development of Plasma Processes under Atmospheric Pressure Glow Discharge for Reforming of Greenhouse Gases to Useful Compounds

Hirofumi ARITANI

温暖化ガスの主成分である二酸化炭素およびメタンを、低エネルギー下で簡便に有効資源化するための大気圧プラズマ改質法の開発を行う。とくに反応器の改良、充填材の誘電等による活性増大、触媒充填による選択性の制御等を多方面に応用し、大気圧での低電力(出力 15W 以下)放電場を最大限有効に利用した資源化プロセスを設計する。

天然ガス石油資源化プロセスのための

メタン脱水素芳香族化触媒の開発

有谷 博文

Development of Novel Catalysts for Dehydroaromatization of Methane for GTL (Gas-to-Liquid) Process

Hirofumi ARITANI

石油資源に比べ格段に埋蔵量豊富な天然ガスは有用なエネルギー資源の一つであるが、その有効利用法の乏しさから工業的な利用に限界がある。天然ガスを原料とした直接脱水素芳香族化によるベンゼン等への石油資源化はその有効利用を狙った画期的なプロセスである。この化学的転換をゼオライト修飾体などの多孔体担持遷移金属により高活性・高選択に進行させるための触媒開発を行う。とくに Mo の高活性を生かした触媒設計を進め、その構造制御による高

活性化を行うとともに、不可避とされる炭素析出失活の抑制を図る。

水素燃料デバイスのための低温高活性な有機ハイドライド脱水素触媒の開発

有谷 博文

Development of Highly Active Dehydrogenation Catalysts from Organic Hydrides at Low Temperature
Hirofumi ARITANI

ガソリン等の代替燃料として実用開発途上である水素燃料について、その貯蔵輸送を容易とするための有機ハイドライド（シクロヘキサン系環状アルカン）利用時の移動体上での水素逐次生成を目的として、低温脱水素に高活性な触媒の開発を行う。とくに200℃以下の低温域でも脱水素高活性かつ高耐久性を有する触媒の設計を目的として、担持貴金属微粒子などの触媒を中心とした脱水素活性および生成芳香族化合物の触媒上からの脱離促進の双方について高活性化要因を検討する。

安定なバイオセンサー構築のための好熱菌由来の酸化還元酵素遺伝子の 大腸菌内での大量発現

石川 正英

Overexpression of Redox Enzyme Genes from Thermophilic Bacteria in *Escherichia coli*
Masahide ISHIKAWA

現在、様々なバイオセンサーが実用化されているが、その心臓部である酵素の不安定性が問題となっている。そこで、高度好熱菌 *Thermus thermophilus* HB8 および好熱菌 *Deinococcus geothermalis* 由来の安定な種々の酵素を用いたバイオセンサーを構築するために、遺伝子工学的手法によりそれぞれの好熱菌由来のリンゴ酸脱水素酵素、乳酸脱水素酵素、アルデヒド脱水素酵素、グルコース脱水素酵素など、種々の酵

素遺伝子をクローニングし、大腸菌内で大量発現させるとともに、大腸菌内での大量発現に重要な遺伝子上の塩基配列の探索を行う。

好熱菌由来の酸化還元酵素遺伝子の枯草菌およびブレヴィバチルスを用いた 分泌発現

石川 正英

Secretion Expression of Redox Enzyme Genes from Thermophilic Bacteria by *Bacillus subtilis* and *Brevibacillus*
Masahide ISHIKAWA

当研究室ではこれまでに、安定なバイオセンサーを構築することを目的として、高度好熱菌 *Thermus thermophilus* HB8 および好熱菌 *Deinococcus geothermalis* 由来の安定な種々の酵素の遺伝子を大腸菌内で大量発現させてきた。しかし、グルコース脱水素酵素遺伝子やアスパラギン酸酸化酵素遺伝子など、大腸菌内では発現しなかったり、発現しても不溶化してしまったりして、活性な酵素が得られない場合があった。そこで、大腸菌の代わりに、発現するタンパク質が可溶化しやすく、菌体外への分泌発現が可能である枯草菌やブレヴィバチルスを用いた好熱菌由来の酸化還元酵素遺伝子の発現系の構築を行う。

共役ポリアルケン／アルキン類の新規合成法の開発

岩崎 政和

Study on a Novel Synthesis of Conjugated Polyalkenes and Polyalkynes
Masakazu IWASAKI

われわれの研究室では、パラジウム錯体触媒を用いてアリルエステル、一酸化炭素、末端アルキンの三元カップリングを行い、4-アセトキシヘキサ-1,3-ジエン-5-イン類が合成できることを報告した。この反応を多官能性原料に適用

すると、導電性高分子（共役ポリアルケン／アルキン類）の新規合成法となる可能性がある。現在は反応条件や触媒の最適化、反応基質の適用範囲、とくに最近はアリルエステルの代わりにプロパルギル化合物を出発物質とした反応を中心に研究を進めており、中間錯体と考えられる新規2-アリアル-3-オキソシクロブタ-1-エン-1-イルパラジウム錯体の合成に成功している。

シクロブテノン化合物の 新規合成手法の開発

岩崎 政和

Study on a Novel Synthesis of Cyclobutenone Compounds

Masakazu IWASAKI

われわれの研究室では、プロパルギル化合物、CO、Pd(0) 錯体から新規な3-オキソシクロブタ-1-エン-1-イル配位子を有するPd(II) 錯体が得られることを見出し、報告した。このPd 錯体と、有機亜鉛、有機マグネシウム、有機ホウ素等とのモデル反応（量論反応）では2,3-二置換シクロブテノン類が効率よく得られることを見出している。現在この錯体を鍵中間体とする触媒反応の開発を手掛けており、プロパルギル化合物、CO、有機金属求核剤をPd 錯体触媒存在下に反応させ、シクロブテノン化合物の新規合成手法の開発を目指している。

感温型液晶調光素子の開発

木下 基

Development of Thermo-Sensitive Light-Controlling LC Devices

Motoi KINOSHITA

近年、SDGsに配慮した省エネルギースマートウィンドウが注目されている。われわれは電気を用いず、環境温度で調光特性が切り替えられる熱応答型調光素子を、低分子液晶および親水性基板と疎水性基板から構成される簡便な素子で実現している。今年度は親水性基板としてPVA配向膜を塗布した基板を用いたところ、

透過時の液晶ドメインによる散乱が低減化して、不透過時と散乱時のコントラストが向上することができることが明らかになった。

GABAの味応答に及ぼす効果に 関する研究

熊澤 隆

Study on the Effect of GABA on Taste Responses

Takashi KUMAZAWA

γ -アミノ酪酸（GABA）は神経系のGABA受容体に結合し、神経細胞に過分極を引き起こす抑制性の神経伝達物質として知られている。GABAはグルタミン酸脱炭酸酵素の働きによってグルタミン酸から生成する。このGABAに対する受容体は神経系以外にも消化器、肝臓、すい臓などの臓器、さらには味覚器にも存在する。私たちは、味覚の発現に対するGABAの作用に着目し、味受容膜でのGABAの働きと基底膜でのGABAの働きを調べている。ウシガエルの神経応答を記録した結果、塩応答は、受容膜にGABAを与えても影響を受けないが、基底膜にGABAを与えると抑制されることがわかった。また、マウスの行動実験の結果、糖嗜好性がGABAによって抑制されることがわかった。今後も、味覚に対するGABAの影響を詳細に調べ、味覚器におけるGABAの機能解明に取り組んでいきたい。

酵素機能電極を利用する自己駆動式 身体装着型バイオセンサーの開発

長谷部 靖

Development of Self-Powered Wearable Biosensors Using Enzyme-Functional Electrodes

Yasushi HASEBE

高齢化社会が進むと同時に、生活習慣病の発症リスクも高まっている今日、1日の行動や生体情報を記録し続ける携帯型・装着型の計測器が注目されている。本研究では、汗、涙、唾液

などの採取が容易な生体試料に含まれる代謝物を非侵襲的かつ連続的に測定する自己駆動式の身体装着型バイオセンサーの開発を目的とする。柔軟性が高く・軽量で高い導電性を持つ材料に様々な酸化還元酵素を、長期間安定に固定化できる新手法を確立し、この酵素機能電極を利用する自己駆動式の身体装着型バイオセンサーを開発する。本センサーは体液中の代謝物を燃料とする酵素型バイオ燃料電池の原理に基づくため、外部電源が不要であり、体液に含まれる各種の疾病マーカーを非侵襲的かつ日常的に長期間連続的にモニターすることができる。将来的には、日々の健康管理だけでなく病気の早期発見・治療に役立つヘルスケア機器としての活用も期待される。

新規な放線菌からの 抗生物質スクリーニング

秦田 勇二

Screening for New Antibiotics from Actinomycetes

Yuji HATADA

医療現場では薬剤耐性菌の出現を理由に、新規な抗生物質の発見を強く求めている。微生物は古くから醗酵食品をつくるためなどに利用されてきた。抗生物質などの薬も微生物から多く発見されている。

当研究室では、土壌サンプルに対して特殊な処理を施した後、効率よく放線菌に属する微生物を取得することが可能な系の立ち上げに成功している。取得した放線菌を培養し、抗菌活性物質を生産しているかどうか評価を重ねてきた。その結果、約 60 種類の抗菌活性を持つ放線菌が取得できている。これらの放線菌の遺伝子配列の一部を解析した結果、これまでの報告例には無い新たなタイプの放線菌も 11 種類取得されていることが明らかとなっている。この中で、培養条件を検討した結果、抗生物質の大量生産が可能となった放線菌がある。本放線菌は炭素源の種類によって大きく抗生物質の生産性が異なることが明らかとなった。最適条件で培

養すると、培養上清を 600 倍希釈しても十分な抗菌活性を示すことができる。

産業廃棄物からの無機イオン交換体の 合成と環境浄化への応用

本郷 照久

Synthesis of Inorganic Ion-Exchange Materials from Industrial Wastes and Their Applications to Environmental Cleanup

Teruhisa HONGO

事業活動に伴って排出される産業廃棄物は、その特性に応じて処理・処分されることになる。産業廃棄物を埋め立て処分する最終処分場の残余容量は減少を続けており、産業廃棄物の減容化が強く望まれている。産業廃棄物の新たな利用方法を創出することで新たな需要を生み出すことができ、その減容化を達成することができる。そこで、様々な産業廃棄物（火力発電焼却灰、鉄鋼スラグなど）から有用成分を抽出し、機能性無機材料の一つであるイオン交換体の新規合成プロセスの開発を行っている。さらに、得られたイオン交換体を用いて、排水処理などの水環境浄化に関する研究も進めている。

農業廃棄物を用いた

バイオリファイナリーの基礎技術開発

本郷 照久

Development of Basic Technology for Biorefinery Using Agricultural Waste

Teruhisa HONGO

脱炭素社会や持続可能な社会を実現するためには、化石資源への依存度低減が強く求められている。そのため、エネルギー（電力など）や化学製品（繊維やプラスチックなど）の原料を、化石資源から再生可能なバイオマス資源へと転換するバイオリファイナリー技術の開発が必要である。わが国の食料自給率や農地面積を考えると、バイオマス資源用の作物を栽培すること

は現実的ではない。そこで、農業生産をする際に排出される廃棄物（農業廃棄物）を原料に用い、化学製品や機能性材料、そして、水素ガスやバイオエタノールなどを作るための基礎技術開発に関する研究を進めている。

電解法により表面を改質した 新規炭素材料の開発

松浦 宏昭

Development of Novel Carbon Materials Fabricated by Electrolytic Techniques

Hiroaki MATSUURA

既存の炭素材料の表面を機能化し、高い触媒活性が得られる新規な炭素材料の創製を目指している。当研究室では、電解法により炭素材料表面を改質する方法について研究を進めている。具体的には、炭素材料表面に金属や非金属元素を含む各種官能基群を形成させることで、特定の物質に対して高い触媒活性を付与できることに成功している。最近では特に、過酸化水素や水素といった無機物質のセンサ用電極に応用する研究を進めている。加えて、電気分解による水素製造用の電極材料の開発や、レドックスフロー電池用の電極材料としての適用を目指している。

多目的レドックスフロー電池の開発

松浦 宏昭

Development of a Multiple Functional Energy Storage System

Hiroaki MATSUURA

大規模集中型エネルギーシステムへの依存度を軽減していくために、加えて再生可能エネルギーの効率的な受電と活用を目指して、我々のグループでは、安全性が高く、耐久性に優れた蓄電池として、レドックスフロー電池の多目的化とその実証研究を進めている。現在実証実験中のレドックスフロー電池は、活物質としてバナジウムを利用したレドックスフロー電池であり、40セル直列のセルスタックに、太陽光発電と連動させた電力需給システムを構築している。また高電流密度化への試みとして、電極材料の表面改質により、活物質であるバナジウムとの電極反応特性の向上についても検討を進めており、小型～中型クラスのレドックスフロー電池の実用化に向けた研究開発も継続中である。

情報システム学科

指ノギス：指のピンチ動作により仮想空間上で長さを計測できるシステム

鯨井 政祐

FingerCaliper: A Novel Vernier Caliper Like Length-Measurement System in the Metaverse by Utilizing Pinch-In/Out Finger Gesture

Masahiro KUJIRAI

我々はものの長さを説明するとき、親指と人差し指で空隙を作るピンチ動作により「これぐらい」と提示する。一方、ノギスという距離計測工具があるが、この工具のジョウと呼ばれる部分は前述の空隙によく似ており、この相似はものを測る際の本質を示唆しているとも言える。本研究室では過去に、この考えに基づいた長さ計測システムが提案されているが、使用者の腕に治具を取り付ける必要があるなど使用負荷が高く、また深度センサが必須であるなど汎用性にも欠けていた。そこで本研究では、指の認識を深層学習を用いた姿勢推定ライブラリ OpenPose により再実装する。これにより、一般的な Web カメラ等で動作させることが可能になる。また OpenPose では物理距離が得られないので、マーカを用いたキャリブレーションの仕組みを提案し、物理距離と仮想距離の対応付けを実現する。このように極めて手軽な、指のジェスチャによるノギス的長さ計測システムを実現することが本研究の目的である。

マルチレートフィルタを用いた信号処理に関する研究

伊丹 史緒

A Study on Signal Processing Based on Multi-Rate Filters

Fumio ITAMI

信号処理システムにおいて、マルチレートフィルタは、サンプリングレートの変換に合わせてフィルタリングを行う点で、より正確あるいは柔軟な信号処理が期待できる。本研究では、

このようなマルチレートフィルタの、他のアプローチに対する優位性の検討と、等間隔サンプルの復元問題への応用、また、音声や画像の解析への応用に関する検討を行う。

ロボットシステムのための信号処理に関する研究

伊丹 史緒

A Study on Signal Processing for Robot Systems

Fumio ITAMI

ロボットシステムにおいては、それに搭載されたカメラやレーザー等の様々なセンサーからの信号を、正確かつ高速に処理することが重要となる。本研究では、このようなロボットシステムにおける、センサー信号の雑音に対する処理や、信号の統合、解析処理に関する検討を行う。

異常検知アルゴリズムを用いたネギに発生する病虫害判別

井上 聡

Determining Diseases and Pests Occurring in Green Onions Using Anomaly Detection Algorithm

Satoru INOUE

農作物の栽培には病気の発生や害虫による被害はつきものである。そしてその発生は発見が遅れると耕作地全体に広がる可能性があり、作物の収穫量に大きな影響を及ぼすため、早期の発見が不可欠である。しかし耕作地は広大であるため、その発見には多大な労力と時間がかかる。ましてや日本の農業は高齢化、人手不足の問題が深刻であり、その作業の機械化、IT化は必須といえる。本研究では機械学習の技術を用いて、ネギに発生する病虫害を異常検知アルゴリズムにより判別を自動化し、低コストでの病虫害被害軽減を実現するシステムの開発を行っている。

13.56 MHz RF 液中プラズマ発生と その応用に関する研究

佐藤 進

Study On Generation and Application of 13.56 MHz RF Induced Plasma in Liquid

Susumu SATO

13.56 MHz RF 液中プラズマは、マイクロ波よりも制御しやすく、直流及び直流パルスプラズマよりもエネルギー密度を上げることができる特質がある。現在、2つの側面からこの研究を行っている。一つは基礎的なパラメータを収集と、安定な制御と可能性を引き出すための装置の改良である。もう一つは応用研究であり、化合物からの還元及び金属電極からの蒸発という2つの方法を用いたナノ粒子および金属担持触媒の生成、ダイヤモンド合成を試みている。

脳計測信号処理ための テンソル分解理論と

脳死判定並びに BCI への応用

曹 建庭

Study on High Order Tensor Decomposition Theory and Algorithm for the Brain Signal Processing, and Application to Brain Death Determination (BDD) and Brain Computer Interface (BCI) Systems

Jianting CAO

本研究の目的は、脳死判定（以下、BDD）における高レベル雑音の除去問題及び大規模患者データ処理問題、脳コンピュータインタフェース（以下、BCI）実用ための推定精度と速度の問題を、テンソルを用いた定式化することと高階テンソルの同時分解の方法を構築・発展させることである。また、本研究は単なるアルゴリズムの開発に留まらず、実用的な BDD 診断システム及び実用 BCI システムを開発することで、リアルタイムで検証や稼働させることも本研究課題の大きな目的である。

脳活動を計測・推定することで、擬似脳死患

者の脳波から微弱な脳活動成分が存在するかを識別する BDD, 脳内の情報を末梢神経に通さず、外部機器に伝える BCI, このようなシステムを実現するためには、基本かつ共通的な難題として、如何に雑音環境下で無用な脳活動成分を除去し、脳活動目的成分だけを精度よく抽出するかの信号処理技術、様々な脳波から活動状態を推定する機械学習と識別技術の確立が必要不可欠である。本研究では、テンソルの同時対角化、テンソルの雑音分解、テンソルの深層学習のアプローチを提案し、これまで困難となる諸問題の解決法を与える。

本研究はそれぞれ日本学術振興会（JSTS）、日本科学技術振興機構（JST）からの Crest プロジェクトの援助を受けて行なっている。ここで、感謝の意を表す。

現代の電気機器や産業機械の制御に 適した最新の理論の研究

中村 晃

Research of the Latest Theories Appropriate for Controlling Modern Electrical Equipment and Industrial Machinery

Akira NAKAMURA

乗り物・ロボットのような産業機械や家電・オーディオビジュアル機器・モバイル機器といった電気機器はシステム制御理論と密接な関係がある。システム制御理論に関しては、古典制御理論、現代制御理論、データサイエンス手法など時代の変遷に伴い利用される理論も変化している。本研究では様々な世代のシステム制御理論を駆使して最新の機器を制御するのに最適な理論を導出することを考える。特に、最近急速に普及しつつある電気自動車の制駆動系を中心に研究を進める。

コミュニケーションロボットの開発

橋本 智己

Development of Communication Robot

Tomomi HASHIMOTO

ロボット工学の発展によりコミュニケーションロボットの開発が進められている。

本研究室では、感情と記憶が相互に連携するコミュニケーションロボットの心理モデルを提案している。提案モデルは P. Ekman の 6 感情の知見を背景として、ロボットに仮想的な人格を設定している。ロボットは自然言語によって対話が可能であり、気分一致効果などを表現することができる。また人間の忘却をモデル化し、ロボットは記憶したエピソード記憶を断片的に忘れることができる。さらに、ロボット倫理学に基づき、状況に応じて人間の行動を諫めることができる。

浴室清掃・風呂掃除ロボットの開発

橋本 智己

Development of Bathroom Cleaning Robot

Tomomi HASHIMOTO

家庭で人間をサポートする、生活支援ロボットの研究が期待されている。

本研究室では、浴室清掃・風呂掃除ロボットの開発を行っている。開発したロボットは、高圧と低圧の放水によって浴室全体を清掃することができる。本研究は、特願 2020-96651 (特開 2021-186782) として特許出願した。

深層ニューラルネットワークを用いた電磁場解析技術の開発

藤田 和広

Development of Electromagnetic Field Analysis Technique Using Deep Neural Networks

Kazuhiro FUJITA

近年、応用数学・機械学習の分野において、深層学習の概念を用いて偏微分方程式を解く手

法が活発に議論されている。本研究では、周波数に応じて分類される 3 つの電磁場、すなわち「静的な場」、「渦電流場」、「高周波場」に対して、それぞれの場の物理法則を記述する偏微分方程式を学習させた深層ニューラルネットワークに基づく電磁場解析技術の開発を行っている。これまで、相対論的な荷電粒子ビームを含む 2 次元問題の定式化やデータセット作成、インピーダンス解析コードの開発を行った。同解析コードを円形、長方形、楕円形の断面を持つ加速器真空チャンバーへ応用し、厳密解との比較により良好な一致が得られることを明らかにしてきた。さらに、時間領域への拡張も検討を行い、同じ 1 次元問題を記述する異なる二つの偏微分方程式を深層ニューラルネットワークに学習させ、良好に一致することも確認した。

今後は、3 次元問題への拡張、残る 2 種の場に対する原理検証、不均一媒質や回路を含む系への応用を検討していく予定である。

光波センシングとその遠隔利用における情報解析の研究

古川 靖

Studies on Information Analysis in Lightwave Sensing and its Remote Use

Osamu FURUKAWA

光ファイバセンサをはじめとする光波センシング技術は、過酷環境化での測定を高精度に遠隔地から行うことができ、自然災害の監視や工業プラントの操業監視に利用されている。本研究では、分解能可変で低価格な光ファイバ測距計の新方式センサ提案や、センサをメタバース等のネットワーク経由で遠隔利用する利用形態の革新をあらたに検討している。センサおよびネットワーク技術を構築したのは、そこから得られる情報の解析に進む予定である。

量子鍵配送エミュレータの実装と評価

前田 太陽

Implementations of Quantum Key Distribution Protocol and the Evaluation of Computation Costs

Taiyo MAEDA

量子コンピュータを利用した計算アルゴリズムや通信が注目され、今後さらに促進する傾向である。

本研究では量子鍵配送について、IBM 社のソフトウェア開発環境 Qiskit を用い、アルゴリズムの実装と評価を行った。量子ビットと計算量の関係と、通信時の待ち時間について検討を行った。今後、種々の量子通信アルゴリズムの検証可能なシステムの構築を検討している。

マイクロストリップアンテナの近傍に置かれた金属柱が整合特性および放射特性に与える影響に関する研究

松井 章典

A Study on the Effect of Metal Posts Placed in the Vicinity of a Microstrip Antenna on Matching and Radiation Characteristics

Akinori MATSUI

マイクロストリップパッチアンテナ (MSA) に無給電素子を放射方向へ付加させて放射指向特性を制御する研究は従来から行われてきている。それらの研究では無給電素子に支柱がなく空中に浮いているものを想定しているものがほとんどである。しかしながら、実装を考えた場合支柱は必要になるため、この部分の影響を考慮しなければならない。本研究では支柱に金属柱 (ポスト) を用いたときの整合特性と放射特性の変化について電磁界シミュレータによる解析を行い、所望の目的に応じた設計資料を得る。現時点において、MSA の放射素子近傍に置かれた金属ポストは、放射された電磁界を誘導し再放射することが明らかとなっている。また、金属ポストが MSA の整合周波数に対して特定な値、たとえば $1/2$ 波長、1 波長となるときは

金属ポストが共振し誘導・再放射の強度が強くなる。

小型円偏波平面アンテナの構成法に関する研究

松井 章典

Configuration for a Small Circularly Polarized Planar Antenna

Akinori MATSUI

GPS 信号などを受信するための小型円偏波アンテナを携帯端末機器に搭載するにはいくつかの技術的課題がある。円偏波の発生条件を満足するための 3 つの条件、①物理的配置、②等振幅および③ 90 度の位相差を持たせた給電が必要となることである。これらをすべて満足して円偏波アンテナが構成される。容易に円偏波を実現できる構造はマイクロストリップパッチアンテナ (MSA) の動作モードに摂動を与えることであるが、このアンテナは平面構造であるために機器内に占有する部分が多くなる。そこで携帯機器の端部に設置でき、小型な形状を有する円偏波アンテナの構成法を提案する研究を進めている。MSA の摂動給電は、異なる形状のアンテナ 2 本を用いても構成できることが原理的に確認されている。私たちの研究室では摂動給電法を用いた円偏波アンテナの開発を行っている。

ディープラーニングによるホログラフィー原理の解明

村田 仁樹

Elucidating Holography Principle by Deep Learning

Masaki MURATA

素粒子物理学の重要なテーマの一つにホログラフィー原理がある。ホログラフィー原理は高次元の重力理論と低次元のゲージ理論が等しい、という予想である。このホログラフィー原理に基づけば、ゲージ理論の解析を通して量子重力理論に迫ることができる。最近、橋本幸士氏ら

のグループがホログラフィー原理とディープラーニングの関係性を明らかにした。この研究によって、ディープラーニングを通して量子重力を「学習する」可能性が拓けた。現在、橋本幸士氏と共同でディープラーニングの解析を行い、ホログラフィー原理を解明することで量子重力理論を明らかにする研究を進めている。

多重解像度解析に基づく 高階エネルギーの自動構築

望月 義彦

Automatic Construction of a Higher-Order Energy Based on Multiresolution Analysis

Yoshihiko MOCHIZUKI

グラフカットによるエネルギー最小化問題は、コンピュータービジョンやパターン認識において広く扱われるが、その解法の制約やエネルギー設計の難しさから、実用的には比較的単純なもののみにとどまっている。解法は実用的なレベルになっているが、エネルギー自体の設計方法については、理論的な方針がない。一方で、過分割処理により問題を単純化することで、精度や計算量の面で大幅な改善がみられることが分かっている。

ここ数年でコンピュータービジョンの問題をディープラーニングで直接解くことが盛んに研究されており、NeRF と呼ばれる手法をはじめとして、従来では実現が難しかった3次元復元を高精度に行うことができる。このような手法の結果をエネルギー設計に応用する方法について何か可能でないか検討している。特に尺度空間解析による階層的な全自動の構成手法への初期値として利用したり、両者を連携させたような計算ができると、精度向上や計算時間削減へつながることになり、医用画像や動画画像などへの応用が一層やりやすくなると考えている。

医用画像に基づく 骨関節3次元動態計測法の開発

山崎 隆治

Development of 3D Kinematic Measurement Method for Skeletal Joint Using Medical Images

Takaharu YAMAZAKI

骨関節の3次元的な運動情報を正確に把握することは、様々な関節疾患の診断・治療や手術計画などを行う上で非常に有用である。われわれはこれまでに、医用画像を応用した術後人工膝関節における3次元動態計測手法を開発し、臨床応用を行ってきた。現在、人工膝関節に関しては、3次元動態計測・解析の全自動化を目指し、統計学的手法や機械学習、AI技術などを取り入れ、新しい解析システムの開発を進めている。また、他の人工関節や人工関節に置換されていない骨関節の3次元動態計測に関する研究にも着手しており、国内外に向けて広く研究発表を行っている。なお、本研究の一部は、科研費(基盤C)の支援を受けて実施している。

2つのしきい値電圧の差を用いた 高精度基準電圧回路

吉澤 浩和

Precision Voltage Reference Using the Difference between two Threshold Voltages

Hirokazu YOSHIKAWA

本研究では異なるしきい値電圧を持つ2種類のDepletion型NMOSトランジスタを用いて二つの基準電圧を出力する回路について検討している。これらのDepletion型NMOSトランジスタは、しきい値電圧を変えるための不純物のドーズ量を変えるだけなので、しきい値電圧の温度依存性は近いものになる。したがって二つの基準電圧の差をとると、温度依存性の小さい基準電圧を作成することが可能になる。

しかしながら、どちらの基準電圧も温度に対して2次の係数を持つため、温度に対する傾きを合わせて電圧を引き算しても、2次の係数が

残ってしまう。そこで本研究では 2 次の係数を低減するための温度補償用 NMOS トランジスタを追加することで、温度変動の影響を小さくすることを試みた。回路シミュレーションでは、 -40°C から 85°C の温度範囲で $26\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ の温度係数が得られている。

新人ドライバーに優しく労務軽減につながる自動運転路線バスの開発

渡部 大志

Development of Selfdriving Route Buses That Are Friendly to New Drivers and Lead to Labor Saving

Daishi WATABE

埼玉県産業労働部に支援された事業：

過疎化による不採算バス路線を維持するため埼玉県は年 11,561 万円の運行費を補助している。もし自動運転化で労働負荷が極端に少ない自動運転路線バス専門のドライバーが募集できれば、新規ドライバー単価を下げる事ができる。しかし現行の自動運転バスは、いずれも大型車運転ならではの気遣いを減らす工夫に乏しい。例えば運行前点検が自動運転機器にも発生するなど、労働負荷は高い。さらに保安要員も必要で運行費を下げる状況に至っていない。大型車運転のストレスを減らす工夫には、右左折時の並走大型車にリアオーバーハングが接触しないよう発車（不）可能タイミングを自動で決めるもの、隘路で大型対抗車とすれ違う際に譲り合いの交通コミュニケーションを自動で行うもの

がある。日々の自動運転機器の運行前点検は自己校正機能などで簡素化できる。また過疎地に残る古い低輝度信号機の識別精度改善や、保安要員の作業もデジタル化で代替しワンマン仕様とすることで運行費を減らす必要がある。

大型車運転ならではの気遣いを減らし労働負荷を下げる機能を、昨年度スマホ予算で開発した「埼玉 SAIKO 路線バス」に追加する「埼玉 SAIKO 路線バス スマート化キット」を開発し、新人ドライバーに優しく労務軽減につながり路線維持が可能（レジリエント）な自動運転バスを開発する（「埼玉 SAIKO スマートシャトル」と呼ぶ）。この開発によりバス路線維持の補助金削減が期待される。この機能を搭載した路線バスを、大河ドラマ「青天を衝け」の主人公、渋沢栄一ゆかりの地を回る「渋沢栄一論語の里循環バス」に投下し、総延長 26 km、実証期間 1 年にわたる有償自動運転バス実用化に全国に先駆けて成功した。

基礎教育センター工学部会

教員育成指標の実効性に伴う、 現状と課題の研究

小川 毅

Study of the Current State and a Problem with the System Performance of the Teacher Upbringing Index Takeshi OGAWA

我が国が将来に向けて更に発展し、繁栄を維持していくためには、Society 5.0 時代に対応し、SDGs の包括的観点からの人材育成は、わが国の発展の根幹にもかかわることと思われる。こうした人材育成の基礎的段階を担うのが学校教育であり、その充実こそが我が国の将来を左右すると言っても過言ではない。そのためには、学校における教育環境を充実させるとともに、学校が組織として力を発揮できる体制を充実させるなど、様々な対応が必要であるが、中でも教育の直接の担い手である教員の大学での養成課程からつながる若手教員の資質・能力を向上することが重要である。その視点から大学で修学すべき資質能力の礎を具現化したコアカリキュラムの実践や若手教員の研修形態を検証、研究を構築する予定である。

1940 年代イングランドにおける 田園の景観保全活動に関する研究

坂梨 健史郎

A Historical Study on Rural Landscape Preservation in England: 1940-1949

Kenshiro SAKANASHI

サウス・ダウンズ（イングランド南部の丘陵地帯）の保全団体であるサセックス・ダウンズメン協会（The Society of Sussex Downsmen）の活動について調査・考察を行っている。会長のアーサー・ベケットやその他有力会員たちの協会内外における言動を追うだけでなく、それに対する他の関連団体や政府の反応を分析する

ことで、サウス・ダウンズの景観保護というこの事例を「イングランドらしさの追求」という全国的な動きの中に位置づけようとする研究である。

複雑系の数理モデル

高橋 俊典

Complex Systems Modeling Toshinori TAKAHASHI

多様な領域に現れる複雑な現象に潜む原理の数理モデル化とシミュレーションに取り組んでいる。

パスワード管理に関わる心理学的要因

高橋 優

Psychological Factors in Password Management Masaru TAKAHASHI

パスワードの秘匿に関する認識やネットワークサービスの特性と秘匿に関する認識との関連を調査・実験により明らかにし、ネットワークサービスなどで用いられるパスワードの強度や管理に利用者の心理学的特性がどのように影響するかを検討する。

現在はネットワークサービスのアカウントへの攻撃に対する脅威度認知と、実際に使用しているパスワード各種強度を調査し、両者の関係について検討している。

初期宇宙における

素粒子・宇宙論と EWKB

松田 智裕

EWKB for Particle Cosmology and the Very Early Universe Tomohiro MATSUDA

中山大學（中国）の榎本とともに常微分方程式の EWKB とストークス現象の研究をおこな

い、初期宇宙とブラックホール輻射で応用研究をおこなった。

20年代パリ再訪

山路 雅也

Paris in the 1920s Revisited

Masaya YAMAJI

1920年代パリにはアーネスト・ヘミングウェイ (Ernest Hemingway) はガートルード・スタイン (Gertrude Stein), エズラ・パウンド (Ezra Pound) やハリリー・クロスビー (Harry Crosby) といったいわゆる国籍離脱者の一群が集い、フィッツジェラルド (F. Scott Fitzgerald) 自身もまた渡仏すると、彼らと交友を結ぶこと

になるが、とりわけジェラルドとセーラのマーフィ夫妻 (Gerald and Sara Murphy) との交友関係は注目に値しよう。完成までに9年の歳月を要した渾身の長編『夜はやさし』 (*Tender Is the Night*, 1934) の主人公夫妻が、マーフィ夫妻をモデルに描かれていることはフィッツジェラルド研究では常識とされるが、カルヴィン・トムキンス (Calvin Tomkins) の著作『優雅な生活が最高の復讐である』 (*Living Well Is the Best Revenge*, 1962) やマルコム・カウリー (Malcolm Cowley) による『亡命者の帰還』 (*Exile's Return: A Narrative of Ideas*, 1951) 等を足掛かりに20年代パリを再訪し、マーフィ夫妻との交流がフィッツジェラルド作品にもたらしたであろう、その影響について考察した。

先端科学研究所

軌道角運動量をもつ
電子ビームに関する基礎研究

内田 正哉

Research on Electron Beams Carrying
Orbital Angular Momentum

Masaya UCHIDA

2010年、われわれは世界で初めて「軌道角運動量をもつ電子ビーム」を人工的に作ることに成功した [内田ら, Nature]. この研究を契機として、現在も「軌道角運動量をもつ電子ビーム」の研究が世界中で行われている。本研究室では、この新しい「電子」の性質を明らかにするため、実験および理論の両面から研究を行っている。具体的には、電子の波動関数（位相）を制御するために、集束イオンビーム（FIB）装置等をもちいたナノテク技術により種々のタイプの電子線用光学素子の開発を進めている。本研究テーマでは名古屋大学と共同研究を2010年より現在まで実施している。この研究に関連し、2018年度、科研費（基盤B）「電子ビームの軌道角運動量測定法の開発およびその応用研究」（研究代表：内田）が採択され、研究を進めている。また、2020年度、科研費（挑戦的萌芽（萌芽））「基板上で電子を操作する「電子チップ」の開発」（研究代表：内田）も採択されたが、新型コロナウイルスの影響により予定通りには進展していない。

窒素ドーブカーボン薄膜電極に修飾した
Ni@Ni(OH)₂ コア-シェルナノ粒子の
オリゴ糖に対する電極触媒効果の増強

丹羽 修

Supporting Effects of a N-doped
Carbon Film Electrode on an
Electrodeposited Ni@Ni(OH)₂
Core-shell Nanocatalyst in
Accelerating Electrocatalytic
Oxidation of Oligosaccharides

Osamu NIWA

窒素がドーブされたカーボン電極は、酸素還元過電圧低下などが報告され、貴金属を使用しない燃料電池の電極への応用が期待されている。我々はこれまで、窒素をドーブしたカーボン薄膜電極において、生体分子の酸化に対する過電圧の低下や生体適合性の向上などについて報告してきた。一方、高い電気化学触媒活性を示すとされる金属ナノ粒子では、ナノ粒子を修飾する電極材料によって活性が異なることが白金ナノ粒子などで報告されている。我々は、ニッケル（Ni）ナノ粒子を電析法によって窒素化カーボン膜、及び窒素化していないカーボン膜上に修飾した。Niナノ粒子は、電位掃引を繰り返すとXPSなどの分析により表面のみNi水酸化物 [Ni@Ni(OH)₂] となったコア-シェル構造に変化することが確認された。ナノ粒子表面の水酸化物はアルカリ溶液中で電位を正側に掃引することで過酸化（Ni-OOH）に酸化され、可逆的に低電位側で水酸化物に還元される。掃引速度を上げてもNi表面に形成される水酸化物が電気化学的に活性な過酸化に酸化される反応のピーク電位があまり変化せず、反応が速いことが分かった。一方、窒素化していないカーボン膜に形成したNiナノ粒子では、上記酸化還元応答が遅いことが分かった。その結果オリゴ糖の酸化において窒素化カーボン膜上に形成したナノ粒子は強アルカリ水溶液（pH12.7）中で極めて大きな酸化電流を示すこと、酸化電流の開始電位が負側にシフトすることが確認され、

ナノ粒子の電極触媒作用の向上にマトリックスであるカーボンの構造が大きく影響することが分かった。

プラズマ処理したカーボン薄膜電極 による生体分子の検出

丹羽 修

Electrochemical Detection of Biomolecules with Carbon Film Electrodes by Plasma Treatment

Osamu NIWA

生体分子の電気化学検出において、血液や唾液試料では、試料に含まれる蛋白質や脂質などの分子量の大きな妨害分子が電極表面に吸着する為、測定を繰り返すごとに応答が低下する。例えばサイクリックボルタンメトリによる測定では、電極表面が吸着によって汚染されると酸化ピークは、高電位側に還元ピークは低電位側にシフトし、電流値も低下する。本研究では、カーボン薄膜電極の表面を水蒸気やアンモニアガスのプラズマにより処理し表面に窒素や酸素を含む置換基を導入することで、蛋白質吸着の抑制(生体適合性)の向上を試みた。その結果、両プラズマ処理とも表面が処理前に比べて親水化し、XPS 測定によって酸素プラズマ処理では表面酸素濃度がアンモニアプラズマ処理では、窒素濃度が増加したことが確認された。血液とほぼ等しい濃度の蛋白質(人血清アルブミン、グロブリン)を含む溶液で、電気化学活性種の測定を行ったところ、両処理によって蛋白質の吸着が抑制されることを確認した。また、プラズマガスによる違いは、測定対象によって差が認められた。

電気化学表面プラズモン共鳴(SPR)法 による DNA プロブの固定化密度の定量

丹羽 修

Quantitative Evaluation of DNA Probe Density by Electrochemical Surface Plasmon Resonance Measurement

Osamu NIWA

遺伝子センサではターゲット DNA と相補的な配列を有する DNA プロブを固定化し、ターゲット DNA とのハイブリダイゼーションの有無を調べる。プロブの固定化には、末端をチオール化し、金電極などに固定化するが、固定化密度の評価は、プロブのチオール基を電気化学的に還元脱離し、その際の電流(電流量)を測定することから、正確な評価が可能であるが、プロブが剥離し、その後の測定に使用できない。そこで、固定化量を事前に把握する方法として、電気化学的な還元脱離と SPR 測定での角度変化(表面の屈折率変化)の関係を一度把握し、その後は、プロブのサイズが変化しなければ、プロブの脱離がない(非破壊)の SPR 測定のみでプロブ密度を評価できると考え実証試験を行った。微小容量の電気化学 SPR セルを自作し、電気化学 SPR 測定を行うとプロブの固定化密度と SPR ピークの角度変化の関係を得ることができ、プロブの固定化密度を非破壊で正確に評価することができた。