

専攻科特別研究題目
及び要旨一覧

令和元年度

○専攻と研究テーマ

電子機械システム工学専攻

ヒューマノイドロボットによる人間の動作再現 ～正解データ群が写像による再現精度に及ぼす影響～	伊藤 里桜
ディープラーニング技術とRGB-Dカメラを用いた屋根融雪の高度化	大谷 俊介
交通流シミュレータのための歩行者モデルの検討と評価	小黑 司友
生体材料用チタン合金表面へのジルコニア焼結接合と特性評価	片桐 理
MAX相セラミックスの放電加工特性	金子 周平
MAX相セラミックスを工具電極に用いた放電加工	齋藤 祐功
音響放射力を用いた非接触状態での振動覚検査法の検討	佐藤 尚之
英文読解中の視線情報に基づく英語能力の推定手法の検討	下田 明
ホームセキュリティを目的とした球体型ロボットの開発と動作制御	高畠 魁人
電氣的共振下における圧電縦効果振動子のハイパワー特性	遠田 利矢
人体矢状面方向におけるバランス戦略に関する研究	外山 雄輔
万能吸着グリップを用いたディープラーニングによるトマト収穫システムの開発	樋口 翔太
ピコ秒グリーンレーザーを使用したアルミナ板からの微小片切り出し加工	細川 和真
N-ビニルアセトアミドをモノマーとしたフォトポリマーホログラムの記録特性	堀川 亮汰
高脆性材料への高効率加工を目的としたハニカム砥石の開発	待井 春樹
3Dプリンタ製レジンボンド砥石を用いたホーニング加工	丸山 智義
英文読解時の脳波変化特性評価による英語能力推定手法の検討	八子 亮太
Between-class特徴を用いた耳音響認証精度向上に関する研究	安原 雅貴
災害地における端末の移動と密度を考慮した通信トラヒック特性の解析	山内 剛
3自由度ヘリコプタの空間姿勢制御	横山 和輝

物質工学専攻

野生酵母の醸造特性分析と吟醸香高生産酵母の育種	井田 祐子
果実様の香りを高生産する清酒酵母 <i>FAS2</i> 変異株の育種	大関 日菜子
マツタケにおける桂皮酸メチルと1-オクテン-3-オール生成機構	小田島 奈美
CF ₃ 基を含む光感受性物質の合成	小林 奈央
筋グリコーゲン量をも高める栄養処方開発 -ルチンを利用した検討-	佐藤 峻登
ミミズ形質転換系の開発及び卵孵化・培養条件の検討	山谷 竜大

環境都市工学専攻

加速する泥水サーマルの流動解析	浅井 柊人
タブレット端末を用いたトンネル覆工コンクリートの表層品質確保を目的とした システムの開発	茨木 泰介
微細粒子の沈降・巻上げを考慮したLESによる煙型雪崩の数値解析	加藤 秀幸
都市下水処理UASB内への嫌気性原生動物の高濃度培養法の開発	佐藤 剛
吸水させたコンクリート表面の輝度の時間変化に基づく表層品質評価に 影響を及ぼす諸要因の検討	中澤 文香
都市下水処理エアレーションタンク内に存在する好気性脱窒細菌の特定	樋口 裕武
自己加速する泥水流の流動解析	丸山 将大
打撃試験に基づくあと施工アンカーの付着性能評価	三島 慎作
コンクリートの振動締固め時における打込み面の輝度値の時間変化に基づく 締固め程度の定量評価	渡邊 隼平

○研究要旨

電子機械システム工学専攻

ヒューマノイドロボットによる人間の動作再現 ～正解データ群が写像による再現精度に及ぼす影響～

Reproduction of Human Motion with Humanoid Robot

-Influence of Reproducibility by Correct Data Set for Mapping-

伊藤 里桜：電子機械システム工学専攻（外山 茂浩 教授，竹部 啓輔 准教授）

This research investigates on mapping for reproduction of human motion with small humanoid robot. In the previous study, it was clarified that the mapping to compensate for the difference of joint freedom between humanoid robot and human can be acquired by giving redundancy of the input vector as bilinear terms. However, if the correct data set to define the mapping is collected from a certain subject, the data exploration would not be guaranteed the good reproducibility since each motion is different subtly. Therefore, this study investigates on the influence of reproducibility by correct data set for the mapping.

ディープラーニング技術と RGB-D カメラを用いた屋根融雪の高度化

Upgrading Automatic Roof-Heating System Using Deep Learning and an RGB-D Camera

大谷 俊介：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 教授）

雪国の居住地域では、居住者の高齢化に伴う除雪作業での二次災害の発生が大きな問題となっている。除雪に極力頼らない屋根融雪などによる融雪技術の重要性が年々増加している。特に降雪・積雪状態を検知あるいは予測し、自動で融雪を行うシステムの高度化が重要な課題である。しかし従来の自動融雪システムでは、降雪センサの設置箇所の制限により効率的な融雪が十分できていない。人間が視覚で判断するように、融雪装置が融雪すべき適切な位置と稼働のタイミングを判断することができれば、融雪の効率化を図ることが可能となる。そこで本研究ではディープラーニングと RGB-D カメラを用いた、積雪の検出および深さ計測を行なうことを目的とする。積雪の検出には、訓練データに画像と対象物体の位置情報とクラス情報を用いる物体検出を適用した。積雪の高さ計測には、Depth データを用いて降雪前に屋根の平面を算出し、降雪後にそれとの距離を算出することで計測を試みた。

交通流シミュレータのための歩行者モデルの検討と評価

Examination and evaluation of pedestrian model for traffic flow simulation

小黑 司友：電子機械システム工学専攻（高橋 章 教授，竹部 啓輔 准教授，上村 健二 准教授）

Personal mobility devices and personal robots have attracted attention as a means of supporting diverse lifestyles. The use of these devices in pedestrian spaces requires harmony with pedestrians. It is convenient to visually and intuitively observe the response of pedestrians by simulation using a pedestrian model and confirming the affinity. In this study, we develop a simulator that

allows a pedestrian model to operate as efficiently as humans. The simulator works for pedestrians at various destinations in route selection and collision avoidance. From this simulator, (1) a novel pedestrian model was developed, (2) experiments were performed using a pedestrian model that could be operated by humans, and (3) humanity was evaluated. Humanity was evaluated using these methods: efficiency, stability, safety, and visual observation using a virtual reality viewer.

生体材料用チタン合金表面へのジルコニア焼結接合と特性評価

Characterization of bonding materials sintered Zirconia on Titanium alloy surface for biomaterials

片桐 理：電子機械システム工学専攻（青柳 成俊 教授）

チタン合金(Ti6Al4V)は優れた機械的性質，生体適合性の高さから生体用材料として用いられている．一方ジルコニア(ZrO_2)は超硬質，耐摩耗性，化学的に安定といった長所を持っている．そこで，チタン合金を基材としてその表面数ミリにジルコニア粉末を積層させて焼結し，表面のみを硬質で耐摩耗性に優れた生体医療用チタン合金接合材料を製造することを着想した．しかし，焼結後のジルコニア表面の硬さや接合界面のせん断強度の低さ等が懸念された．そのため，焼結接合材のこれらの特性を評価することが必要と考えた．そこで，チタン表面を研磨して平滑面として焼結接合するほかに，チタン表面を酸化させて TiO_2 形の酸化膜を付与させてジルコニアを焼結接合することも試みようと考えた．

本研究では，生体親和性に優れた硬質ジルコニア表面を有する Ti6Al4V 合金焼結接合材の製造方法を提案し，その焼結接合材の組織と硬さ，そして界面せん断強度に及ぼすチタン表面酸化の影響を明らかにする．

MAX 相セラミックスの放電加工特性

Electrical Discharge Machining Properties of MAX Phase Ceramics

金子 周平：電子機械システム工学専攻（金子 健正 准教授）

Ti_3AlC_2 and Ti_3SiC_2 are the two types of MAX phase ceramics used in the experiments, each having superior metallic and ceramics properties, and displaying high potential as next-generation structural materials. To develop the machining techniques and expansion of field applications for MAX phase ceramics, the properties of the electrical discharge methods were clarified for each material. The electrical discharge current was changed, and experiments were performed on the transistor electrical discharge circuit. Both of these MAX phase ceramics were machined by the electrical discharge method, with measurements taken of the removal rate, tool electrode wear ratio, and surface roughness. The resulting data was compared with steel machined under the same conditions. Numerous abnormal electrical discharges were produced on MAX phase ceramics than S50C, and the tool electrode wear ratio increased. MAX phase ceramics have higher matter level heat properties than steel; hence, the removal rate is slower. Therefore, no crystal grains were observed falling off the MAX phase ceramic's machining surface, and machining progressed by molten removal created through the electrical discharge. The surface roughness of MAX phase ceramics became fluent; however, a clear electrical discharge crater was not seen with Ti_3AlC_2 , and the composition ratio changed after machining.

MAX 相セラミックスを工具電極に用いた放電加工

Electrical Discharge Machining with MAX Phase Ceramics Tool Electrode

齋藤 祐功：電子機械システム工学専攻（金子 健正 准教授）

While copper is often used for machining conventional EDM tool electrodes, it is a difficult material to machine. In this research, the machining characteristics of MAX phase ceramics is considered as a new tool electrode material. Ti_3SiC_2 is one of these MAX phase ceramics, with high hardness, heat resistance, and abrasion resistance characteristics associated with ceramics. Further, it has the metallic characteristics of electrical and heat conductivity. A Ti_3SiC_2 electrode's wear ratio and removal rate were compared to those of a copper electrode. The Ti_3SiC_2 tool electrode machining characteristics were similar to those of a copper electrode; therefore, a Ti_3SiC_2 electrode can be used as an EDM tool electrode. The effects of electrical conditions on machining, and the electrode polarity effect on wear ratio and removal rate were also investigated. The Ti_3SiC_2 tool electrode machining characteristics were better when using a positive (+) rather than a negative (-) polarity. The Ti_3SiC_2 electrode tool surface was analyzed by energy dispersive X-ray spectrometry. After machining, A Ti_3SiC_2 tool electrode was changed both polarity composition ratio.

音響放射力を用いた非接触状態での振動覚検査法の検討

Examination of Vibration Sensory Test in Non-contact State using Acoustic Radiation Force

佐藤 尚之：電子機械システム工学専攻（梅田 幹雄 教授）

糖尿病神経障害の検査方法の一つに音叉を用いた振動覚検査があり、検査官がハンマーなどで音叉を叩いて振動させ、被験者の検査部位に柄の部分当てて振動の知覚時間を測定する方法が一般的に用いられている。しかし、音叉を用いた振動覚検査方法では、検査官によって音叉を叩く強さや音叉を当てる角度が異なること、音叉を皮膚に接触させるため圧覚や温度覚などの他の感覚器官が同時に刺激されることなどの問題点があげられ、定量的かつ振動覚のみを対象とした検査が行えていない可能性がある。

そこで、本研究では指向性が鋭いという超音波の利点と、超音波により発生する音響放射力を用いて手掌部にあるパチニ小体を非接触状態で刺激する方法として、振幅変調波をパラメトリックスピーカに入力して音響放射力を発生させる方法と、異なる 2 つの周波数の正弦波をパラメトリックスピーカに入力してうなりを用いて音響放射力を発生させる方法を提案する。本研究では、それぞれの方法で発生する音響放射力を測定及び比較した後、実際に被験者の手掌部に音響放射力を発生させることで振動覚の感受性を測定し、音響放射力を用いた振動覚検査法における優劣を判定する。

英文読解中の視線情報に基づく英語能力の推定手法の検討

Investigation of English Language Ability Estimation Method based on Eye Tracking data in English Reading Process

下田 明：電子機械システム工学専攻（外山 茂浩 教授）

This study investigates some correlation between readers' English ability and their eye movements when they read extensive reading sentences of various difficult levels. Some experiments for

creating Self-Organizing Map (SOM) to estimate English language ability were conducted. As a result of the experiments, it can be said that there are some correlations between English language ability and some kind of eye movement data such as fixation time, pupil diameter and reading speed. In addition, it also can be said that the proposed estimation method using SOM partly can estimate the English language ability.

ホームセキュリティを目的とした球体型ロボットの開発と動作制御
Development and motion control of sphere-shaped robot for home security
高畠 魁人：電子機械システム工学専攻（佐藤 拓史 准教授）

This paper deals with the development and motion control of sphere-shaped robot for home security. The sphere-shaped robot can move in all directions and can move even if it has same irregularities. In addition, it has a feature that it is hard to break even in the event of a collision. Taking advantage of this feature, we have developed a sphere-shaped robot considering a home security robot. The sphere-shaped robot was driven by an internal unit placed in a spherical shell. The internal unit had a structure that could be used by itself, and it was not possible to turn on the spot. However, we solved this problem by considering the mounted camera direction to be the front of the robot. The problem that the robot shakes greatly at the time of stopping was solved by considering an attitude control system using a 6-axis sensor. From motion verification experiments, the effectiveness of the constructed attitude control system was shown.

電氣的共振下における圧電縦効果振動子のハイパワー特性
High-Power Characteristics of Piezoelectric Longitudinal Transducer in Electrical Resonance State
遠田 利矢：電子機械システム工学専攻（梅田 幹雄 教授）

The high-power characteristics of the piezoelectric longitudinal transducer have not been measured, because it is difficult to measure in the electrical anti-resonance state. In this paper, a measurement method for the high-power characteristics of a piezoelectric longitudinal transducer using the electrical transient response method in the electrical resonance state is proposed. The results were compared with the characteristics of a piezoelectric transverse transducer. The piezoelectric longitudinal transducer was found to be more advantageous compared to the piezoelectric transverse transducer at the same vibration velocity, however, both transducers had identical characteristics under the same vibration stress.

人体矢状面方向におけるバランス戦略に関する研究
Balance Strategy of Human in Sagittal Plane Direction
外山 雄輔：電子機械システム工学専攻（外山 茂浩 教授）

Recently, personal mobility vehicles with electric motors have been attracted attentions, since environmental problems like global warming have been serious. Among such vehicles, electric skateboards have advantage for fuel efficiency and portability comparatively. However, the operability of the skateboards seems not to be good. In order to improve the operability, it is necessary to construct an electric assist system of the electric skateboards. In design of such electric assist system, vibration characteristics of human both in the frontal plane and in the

sagittal plane are required. Although there are a lot of researches on the vibration characteristics the frontal plane, there are only a few researches in the sagittal plane since the characteristics in the plane is related to the balance strategy of joint torques closely and complicatedly. Therefore, this research investigates the balance strategy of ankle joint and hip joint torques in the sagittal plane.

万能吸着グリッパを用いたディープラーニングによるトマト収穫システムの開発
Automatic tomato-harvesting system using deep learning and a universal vacuum gripper
樋口 翔太：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 教授）

近年農業就業者の担い手の減少・高齢化の進行等により労働力不足が深刻な問題となっており、ICT・ロボット技術を活用した超省力・高品質生産を実現する新たな農業である「スマート農業」が注目されている。トマト栽培においては、温度、湿度、日照量などの環境制御やロボットによる搬送による効率化が行われてきたが、収穫作業は未だに人手で行われているのが現状である。そこで本研究では、近年発展の著しいディープラーニングを利用した果実の果実位置推定および成熟度判定と、万能真空吸着グリッパを利用した収穫装置を組み合わせた、トマト収穫システムを提案する。

本システムの有用性を確かめるため、実際のトマトの苗を模したフィールドを作成し、トマトの収穫実験を行ったところ、単体果実の収穫実験では、収穫率は93%となり、果実位置推定システムに関しては概ね期待通りの動作結果が得られた。

ピコ秒グリーンレーザーを使用したアルミナ板からの微小片切り出し加工
Laser Ablation Cutting of Alumina Plate Using a Picosecond Green Laser
細川 和真：電子機械システム工学専攻（中村 奨 教授）

In conducting decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, removing nuclear fuel debris is a very important problem. It is necessary to know the current status of the reactors including the debris distribution to develop a removal system and ensure safety during the removal of nuclear fuel debris. This study tried to cut out the Alumina plate using a picosecond green laser to collect basic data for a sampling of the nuclear fuel debris. The laser ablation cutting of the Alumina plate was conducted both in air and in water because a portion of the nuclear fuel debris is considered to be submerged in water. The cutting efficiency highly increased when the laser beam was irradiated on the Alumina plate with a thin water layer.

N-ビニルアセトアミドをモノマーとしたフォトポリマーホログラムの記録特性
Recording characteristics of photopolymer hologram using N-vinylacetamide as monomer
堀川 亮汰：電子機械システム工学専攻（長部 恵一 准教授）

ホログラムは立体画像を記録保存できるユニークな技術であり、3D 画像の記録再生、高密度なホログラムフィックメモリ、あるいは、従来の光学系と異なる新しい光学素子である HOE (Holographic Optical Element) などへの応用が期待される。ホログラム記録材料としては、銀塩乾板、光学結晶、フォトポリマーなどが挙げられるが、現在のところ理想的なホログラム記録材料は存在しない。このような背景のもと、

本研究室では、ホログラムの記録材料としてフォトポリマーに着目して研究を行っている。

本研究室では、作製が容易かつ安価なフォトポリマーとして、アクリルアミドをモノマーとしてフォトポリマーの研究を行ってきた。しかしながら、アクリルアミドをモノマーとするフォトポリマーは光感度、保存時の回折効率の安定性、そして記録時の分解能の限界など幾つかの問題点が残っている。さらに、最も大きな問題点としては、アクリルアミドが劇物であるということである。これらの問題点を解決するために、本研究室では新しい水溶性のモノマー、N-ビニルアセトアミド（以下 NVA と略す）を用いてフォトポリマーの作製を行い、ホログラムの記録特性を評価することとした。NVA は水溶性のモノマーであり、劇物ではないため、実験時の安全性が高い。また、NVA は他のモノマーと共重合を生じる可能性があるため、これらを用いてフォトポリマーを作製することにより性能向上の可能性を秘めている。

以上の理由により、本研究では NVA をモノマーとしたフォトポリマーを用いて、従来のフォトポリマーの問題点を解決し、安全性の高い実験を行い、ホログラムの記録特性を評価することを目的とする。

高脆性材料への高効率加工を目的としたハニカム砥石の開発

Development of grinding wheel with honeycomb structure aimed for high efficiency processing for brittle materials

待井 春樹：電子機械システム工学専攻（井山 徹郎 准教授）

研削加工において、サファイアや石英ガラスなどの硬脆材料は切り屑が気孔に詰まる目詰まりが頻発する。目詰まりが発生すると砥石の自生作用は阻害され、工作物の表面性状と生産性が低下する。ハニカム構造を有する砥石は大きなチップポケットを持っていることから目詰まりが起りにくいと考えられている。本研究では高脆性材料への高効率加工を目的として開発された二種類のハニカム砥石の有用性を明らかにすることを目的とし、高脆性材料であるサファイアを研削加工し研削回数によって変動する研削抵抗を測定した。ハニカム砥石の性能を比較するために市販の砥石と研削抵抗の変動を比較した。その結果、電着ハニカム砥石は市販の砥石に比べ、比研削抵抗の値は劣っていたが、砥石の摩耗量は 71%低下する結果を示した。このことから電着ハニカム砥石は高脆性材料の加工に対して、粗・中加工に適しているといえる。

3D プリンタ製レジンボンド砥石を用いたホーニング加工

Honing by resin bond grindstone with 3D-printer

丸山 智義：電子機械システム工学専攻（井山 徹郎 准教授）

近年、企業は製造コストの低減や納期の短縮が課題である。しかし、大量生産品の製造に用いられる砥石を製作するには長期間を要する。そこで、短時間で砥石を製作することが可能な、FDM 式 3D プリンタを用いた砥石の造形が研究されている。しかし、FDM 式 3D プリンタで製作された砥石の摩耗量は、市販のビトリファイド系砥石より大きいことが問題とされている。本研究は、摩耗量の少ない砥石を開発することを目的とし、結合剤としてセラミックや金属粉末をより多く含有させた砥石を製作し評価した。フィラメントの材料には、砥粒としてダイヤモンドを、結合剤としてナイロン 66 を、添加剤としてセラミックまたは Fe, Cu 粉末を使用した。砥石は 3D プリンタを用いフィラメントから製作した。これらの砥石を研削加工とホーニング加工実験により評価した。その結果、40 vol.%の Fe を含む砥石の場合は、表面粗さは $0.4 \mu\text{mRz}$ 以上の、円筒度は $0.8 \mu\text{m}$ の改善が見られた。また、5 回の連続加工後でも取り代は $2.0 \mu\text{m}$ 以上を維持し比較的良好な結果を得た。

英文読解時の脳波変化特性評価による英語能力推定手法の検討

English proficiency estimation method by evaluating EEG changes when reading English sentences

八子 亮太：電子機械システム工学専攻（外山 茂浩 教授）

To measure English ability, some general qualification tests, such as EIKEN and TOEIC, are widely used, but they take a lot of time to get results. Therefore, another evaluation method with immediacy is required to evaluate the person's English ability. This research focuses on brain waves after comprehending English sentences, and analyzes them in order to estimate subjects' English ability. As a method of the estimation, this research employs Self-Organizing Maps (SOM), which can visualize multidimensional data. Some experimental results indicate that the proposed SOM model can estimate TOEIC score in the estimation error by 66 points.

Between-class 特徴を用いた耳音響認証精度向上に関する研究

A study of improving accuracy in ear acoustic authentication using between-class features

安原 雅貴：電子機械システム工学専攻（矢野 昌平 准教授）

生体情報を用いた機械学習の研究が盛んに行われている。機械学習は大量の学習データがあれば精度が向上しやすいが、生体情報を大量に用意することは困難である。床爪らによって、限られた学習データから判別的な特徴空間を学習できる、深層ニューラルネットワークの新しい教師付き学習方法 Between-class learning (BC learning) が提案されている。バイオメトリクス認証の 1 つに、外耳道の音響特性を示す外耳道伝達特性を特徴量とした耳音響認証がある。本研究では、BC 特徴を生成することによって外耳道の音響特性のデータ拡張を行い、サポートベクターマシン:SVMを用いた耳音響認証において、精度が向上するか実験的に検討した。結果として、学習クラスのインバランスが発生したものの、精度は向上した。

災害地における端末の移動と密度を考慮した通信トラフィック特性の解析

Analysis of Communication Traffic Considering Mobility and Distribution of Terminals in Disaster Areas

山内 剛：電子機械システム工学専攻（樺澤 辰也 教授）

従来の移動通信系であるセルラ方式と端末間直接通信を組合せたアドホック・セルラ方式は、基地局が構成するサービスエリアであるセル内の限られた周波数資源を効率よく使用するために提案されている。この方式では、送受信端末が互いに近い場合、直接通信が行われる。そうでない場合は、従来の基地局を介した通信を行う。

アドホック・セルラ方式の性能分析は様々な状況のモデルを想定して行われてきた。本研究では、単一セルの中にある複数の集中場所と拡散場所を行き来するような移動モデルを検討する。この移動モデルは、災害時に避難所と自宅との間を人々が移動することを想定している。

本研究では、アドホック・セルラ方式を採用した上記モデルにおける通信トラフィック特性を理論的に計算する方法を検討し、直接通信が可能である距離、端末の密度や通信トラフィック特性との関係を明らかにした。さらに、本システムにおいて一定のサービス量を満足できるような周波数チャンネル数の分析を行い、最適設計の手法を提案した。

3 自由度ヘリコプタの空間姿勢制御

Spatial attitude control of 3DOF-Helicopter

横山 和輝：電子機械システム工学専攻（佐藤 拓史 准教授）

This paper deals with the spatial attitude control of 3DOF-Helicopter model. Although drones are expected to be used in recent years, the number of drone accidents is increasing with the spread. To solve this problem, we thought it was necessary to develop a drone operational support system. In this study, an experimental system that reproduced the basic movement of a drone was manufactured, and the attitude control system was designed. Since a simple attitude control system resulted in a deviation from the target value, a 2DOF control system was constructed to improve the target value followability. In the attitude control experiment using the constructed control system, good results were obtained.

物質工学専攻

野生酵母の醸造特性分析と吟醸香高生産酵母の育種

Analysis of brewing characteristics of six wild yeasts and breeding of yeasts with high production of ginjo-aroma

井田 祐子：物質工学専攻（田崎 裕二 教授）

Saccharomyces cerevisiae は酒類の製造に使用されている酵母である。清酒醸造の発酵過程において、酵母はアルコール生成だけでなく、香りを特徴付ける香気成分の生成や、味に関与する有機酸やアミノ酸の生産などの役割を担うため、清酒の香りや味を決める重要な役割を果たしている。現在使用されている大部分の清酒酵母は、米、水、麴を発酵させたもろみから分離されたもので、日本醸造協会等の保持物である優良菌株である。これらは高い発酵性をもち、安定した清酒の製造に大きく貢献している。しかし、近年消費者の嗜好性が多様化し、それに合った清酒の多様化が求められ、新たな特色の付加が必要とされている。そこで本研究では、清酒の香りや味に影響を与える酵母に関して二つのアプローチで、味や香りに特徴のある地域ブランド清酒の開発を目指した。

一つ目は自然界から新たな酵母を分離し、清酒造りで使用することである。近年多くの酵母が存在している自然界より、新たな酵母が分離され日本全国各地で清酒製造に使用されている。本研究でも、同様に野生酵母の醸造特性を分析して、清酒を製造する上での適性を評価した。野生酵母には、自ら分離・同定した *S. cerevisiae* 6 株 (NKY-32, NKY-362, NKY-392, Y-1, Y-2, Y-3) を使用した。既に 6 株のキラ一性、TTC 性、資化性を調査し、小スケールでの清酒造りを行った結果、清酒製造に利用できる可能性が高いことが明らかになっている。

二つ目は、酵母に変異を加え吟醸香（果実様の香り）を高生産する酵母を育種することである。清酒の吟醸香の主成分のカプロン酸エチルとカプリル酸エチルは、脂肪酸合成酵素（FAS2）により合成される脂肪酸のエステルである。突然変異により、セルレニン（Cer）耐性を獲得した変異株のいくつかは、その変異により FAS2 のアミノ酸配列の特定部位が変化する。そして変異株の一部で、カプロン酸エチルとカプリル酸エチルが高生産される。そこで、研究室で保持する野生酵母 6 株の中からカプロン酸エチルとカプリル酸エチルと調和しやすい香りを有する 1 株を選択し、Cer 耐性株の中から吟醸香成分を高生産する酵母の開発を試みた。

果実様の香りを高生産する清酒酵母 FAS2 変異株の育種

Breeding of FAS2 mutant sake yeast strains that produce a potent fruity aroma

大関 日菜子：物質工学専攻（田崎 裕二 教授）

清酒には、アルコールや香り、味などの成分が多種類含まれている。その中でも香りは清酒の品質を特徴づける重要な因子である。その中でも果実様の香り（吟醸香）は清酒の香りの中で最も重要な香りである。その代表的な成分は、カプロン酸エチル（リンゴ様の香り成分）とカプリル酸エチル（パイナップル様の香り成分）である。これらの香気成分は中鎖脂肪酸であるカプロン酸とカプリル酸が、エタノールとエステル化することによって生成される。この脂肪酸エステルの生成量が清酒製造中に増加すると果実様の香り高い清酒になる。香り高い清酒を製造するためには、香り成分の脂肪酸エステルの原料となる中鎖脂肪酸が多く生成されなければならない。この生成には清酒酵母の脂肪酸合成酵素 FAS2 が関与している。

FAS2 は、脂肪酸合成阻害剤であるセルレニン（Cer）と結合すると脂肪酸が合成できなくなり、生育でき

なくなる。しかし、FAS2 を構成するアミノ酸配列の特定部位が置換されると、Cer 耐性をもち、脂肪酸が合成できるようになり酵母が生育可能になる。この代表例として FAS2 の 1250 番目のアミノ酸がグリシンの Cer 非耐性株は長鎖脂肪酸が多く合成されるが、このグリシンからセリンに置換することで Cer 耐性株となる。この株はカプロン酸を多く合成するため、この株で清酒を造ると高生産されたカプロン酸とエタノールが反応しカプロン酸エチルが大量に生成されリンゴ様の香りが付加された清酒になる。

生成される香気成分の割合によって様々な清酒が開発されている。果実様の香りを持つ清酒は人気がある。新しい FAS2 変異株を見つけることで、多種多様な吟醸香を生む可能性があり、清酒製造の発展に繋がる。より香り高く、特徴的な果実様の香りの清酒の開発を目指し、カプロン酸エチルとカプリル酸エチルに着目した。本研究ではカプロン酸エチルとカプリル酸エチルの香りを生かした清酒を造るために、よりカプロン酸エチルとカプリル酸エチルを高生産する株を単離し、FAS2 の変異を同定した。

マツタケにおける桂皮酸メチルと 1-オクテン-3-オールの生成機構

Mechanisms of biosynthesis of methyl cinnamate and 1-octen-3-ol in *Tricholoma matsutake*

古田島 奈美：物質工学専攻（田崎 裕二 教授）

マツタケ (*Tricholoma matsutake*) は特徴的な香りを持つ代表的なキノコである。その主な香り成分は桂皮酸メチルと 1-オクテン-3-オールである。特に桂皮酸メチルはキノコにおいて、マツタケとその近縁種のみみられる特有の成分である。これがマツタケの香りを特徴づけている。一方、1-オクテン-3-オールは、ほとんどの食用キノコに共通して存在している香気成分である。

桂皮酸メチルはシソ科のバジル (*Ocimum basilicum*) において生成経路が解明されている。初発酵素であるフェニルアラニンアンモニアリアーゼ (PAL) によってフェニルアラニン (Phe) から桂皮酸が生成される。次に、桂皮酸は桂皮酸/*p*-クマル酸カルボキシルメチルトランスフェラーゼ (CCMT) によって桂皮酸メチルに変換される。マツタケにおいて PAL 遺伝子である *Tmpa11* および *Tmpa12* が発見されている。また、Phe を培地に添加して培養したマツタケ菌糸体において、その桂皮酸メチル合成量が増加した。また、*Tmpa11* の発現量は増加しなかったが、*Tmpa12* の発現量は増加した。このことから、Phe の供給により *Tmpa12* の発現量が上がり *Tmpa12* が大量生成され、桂皮酸メチルの生成量が増加したと考えられる。一方で、公開されているマツタケのゲノム配列には、既に性質化されているバジルの CCMT 遺伝子と相同性を示す遺伝子は存在しないため、マツタケの CCMT については不明のままである。

マツタケにおける 1-オクテン-3-オール生成については、リノール酸からジオキシゲナーゼ (DOX) によって 10-ヒドロペルオキシド (10-HPOD) が生成される。次に、ヒドロペルオキシドリナーゼ様酵素 (HPL) により 1-オクテン-3-オールが生成されると考えられている。しかし、DOX 遺伝子は単離されておらず、性質についても明らかにされていない。

A. nidulans の DOX と HPL の両方の機能を持つ PpoC が、リノール酸から 1-オクテン-3-オールを生成することが報告されている。マツタケにおいて PpoC に相同性のある酵素を調べることで、マツタケの 1-オクテン-3-オール生成経路の解明に繋がると考えた。そこで、マツタケの公開ゲノム配列を用いた相同性検索より、*A. nidulans* の DOX と相同性を示す 3 つの DOX 遺伝子を見出した。

本研究では、マツタケの桂皮酸メチルの生成機構を明らかにするため、マツタケ菌糸体に桂皮酸を供給することによる桂皮酸メチル生成量の影響を調べた。また、*A. nidulans* の DOX と相同性を示す 2 つの DOX 遺伝子 (*Tm1261347*, *Tm1386291*) の cDNA を単離して、その塩基配列を決定し、大腸菌発現系により組換えタンパク質を生成した。

CF₃基を含む光感受性物質の合成

Synthesis of photosensitizer containing CF₃ group

小林 奈央：物質工学専攻（鈴木 秋弘 教授）

現在、日本人の死因第一位はガンであり、患者数は増加を続けている。ガン治療法としては、主に外科手術、化学療法、放射線治療が行われているが、いずれも患者への身体的負担や副作用が大きいことが問題となっている。そこで、近年注目されているのが、光線力学療法（PDT; PhotoDynamic Therapy）、及び光線力学診断（PDD; PhotoDynamic Diagnosis）である。PDTは、患者に光感受性物質を投与し、ガン細胞にのみ集積させたところで、特定の光を照射することにより光感受性物質を活性化し、細胞毒性のある活性酸素を生じさせ、ガン細胞を死滅させる方法である。また、PDDは、患者に光感受性物質を投与した上で、光感受性物質の有する蛍光を用いて、腫瘍の局在診断を行うものである。しかし、現在保険適用されている光感受性物質であるフォトリンは光透過性に問題点があり、レザフィリンはガン細胞への集積性が課題となっている。

本研究では、治療に用いる光感受性物質の光透過性、親水性、ガン細胞への集積性を向上させるため、電子求引基である CF₃ 基、極性基、および糖を導入したポルフィリン環を基本骨格としたモデルの合成を検討した。CF₃ 基を導入しポルフィリン環内の電子密度を低下させ、吸収波長を長波長シフトさせることで、細胞内での光透過性の向上を目指した。また、結合した糖は Warburg 効果によりガン細胞への集積性の向上が期待される。また、治療に加えて、ポルフィリンを取り込んだガン細胞はレーザー光の照射で蛍光を発するため、診断への応用も期待される。

筋グリコーゲン量をもつめる栄養処方の開発 -ルチンを利用した検討-

Nutritional design for enhancement of skeletal muscle glycogen with rutin

佐藤 峻登：物質工学専攻（河本 絵美 准教授）

グリコーゲンとは、持久性運動時のエネルギー源で、本番前に筋グリコーゲンをより多く貯蔵しておくことがパフォーマンスの維持に有効だと言われている。実際の持久性競技の本番前には、筋グリコーゲン量をもつめる方法として、「グリコーゲン超回復」と呼ばれる現象が用いられている。これは、筋グリコーゲンを枯渇させた後に高糖質食を摂取することで、筋のグリコーゲン合成酵素の活性が著しく高まることを利用するものである。グリコーゲン超回復が生じる過程では、血液中から骨格筋細胞内への血糖（グルコース）取り込み量の増加が大きく関与している。

近年の研究により、血糖取り込みを促進する物質として、植物由来のポリフェノールであるルチンが注目されている。先行研究では、ルチンが実験動物から摘出した骨格筋の糖取り込みを促進することが報告されている。細胞内に取り込まれた糖の一部は、次の活動のためにグリコーゲンとして蓄えられることから、ルチンがグリコーゲン量を増大させる可能性も考えられるが、この点については不明である。

そこで、実験動物にルチンを投与した後に、再摂食を行い、ルチンがグリコーゲン超回復に及ぼす影響を検討した結果、筋グリコーゲン量の増大が確認できた。次に、筋グリコーゲンを枯渇させることのない状態においても、毎日ルチンを摂取することで、グリコーゲンが増加するか検討した。結果として、ルチンを 1 週間、2 週間投与したどちらの実験においてもグリコーゲン量の増大が確認できた。

ルチンにより、急性（1 回）、慢性（1~2 週間）の効果でグリコーゲン量の増大が確認できた。そして、グリコーゲンは持久性運動のエネルギー源として用いられるため、持久性運動能力の向上にも寄与すると考え、走行運動、水泳運動を用いて持久性運動の耐久時間を測定した。しかしながら、ルチン単独、ルチンと運動を併用した状態において持久性運動能力は向上しなかった。

本研究は、ルチンが、骨格筋の糖取り込み促進を介して、グリコーゲン合成量を増加させる作用を有することを示した。このことから、ルチンは運動と同じように糖取り込みを活性化させるため、筋グリコーゲンを高める栄養因子と成り得ることが期待されるが、運動との併用効果、運動能力への影響についてはさらなる検討が必要である。

ミミズ形質転換系の開発及び卵孵化・培養条件の検討

Development of an earthworm transformation system and investigation of egg hatching and culture conditions

山谷 竜大：物質工学専攻（赤澤 真一 准教授）

一般的にバイオ医薬品・動物性タンパク質を原核生物である大腸菌で生産することは翻訳後修飾が無いことにより困難である。そのため、酵母、カビ、昆虫細胞等様々な異種遺伝子発現系（宿主）が開発されてきた。近年では、従来の微生物・細胞にとらわれない、生産調整も容易でコスト削減が可能である次世代型物質生産法として、動植物個体を用いた「ヒューマノイドアニマル/プラント」の創出が研究されている。この一環として我々は、入手や飼育が容易で翻訳後修飾を行うことが報告されている *Eisenia* spp. に着目し、次世代の動物性タンパク質生産宿主として開発することを目指した。

これまでにミミズ尾部断片の形質転換に成功しているが、形質転換効率は低く、一過性発現に留まっており、タンパク質生産性が低いことが課題となっていた。そこで、本研究ではミミズ尾部断片への遺伝子導入法の最適化、形質転換ミミズ頭部断片への遺伝子導入及び導入遺伝子の検出を PCR により試みた。また、卵へ遺伝子導入し恒常的に異種遺伝子を発現可能な個体の作出を目指し卵の安定供給法、卵孵化条件の検討及び遺伝子導入法の開発を試みた。

その結果、尾部断片への遺伝子導入はマイクロインジェクターと大きさ 7mm の電極を使用した際に最も効率よく遺伝子導入可能であることが明らかとなった。また、形質転換頭部断片からは遺伝子導入から 4 週間後にも導入遺伝子を検出した。また、ミミズは餌が豊富な状態で産卵が誘導され、卵胞を人工気象器中（温度 20℃、湿度 60%）にて含水率 20%砂上で 28 日間培養することにより孵化することが明らかになった。しかしながら、卵胞から取り出した卵の培養及び完全な形質転換体の取得には至っていない。これらの成果はミミズを活用した動物性タンパク質生産系の構築に貢献する。

環境都市工学専攻

加速する泥水サーマルの流動解析

Three-dimensional flow analysis of accelerating turbidity thermal

浅井 柊人：環境都市工学専攻(衛藤 俊彦 准教授)

The inclined thermal, which is one of density flow phenomena, can be divided into two-dimensional and three-dimensional depending on the presence or absence of spreading in the transverse direction. Many of the past studies have been done on two dimensional inclined thermal. However, the turbidity thermal generated in the undersea valley and the large lake bottom is a flow phenomenon of three dimensional particle thermal, and it is closely related to drift sediment in the coastal area and geomorphological change of the valley. In this study, for the purpose of clarifying the flow characteristics, accelerating turbidity thermal are numerically analysed in three-dimensional. As calculation conditions, six cases with different particle sizes were set. Some cases shows that turbidity thermal can erode sediments and accelerate in the flow direction . As a result, new insights on three-dimensional particle thermal were obtained.

タブレット端末を用いたトンネル覆工コンクリートの表層品質確保を目的としたシステムの開発

Development of system securing the surface quality system of tunnel lining concrete using tablet computer

茨木 泰介：環境都市工学専攻(井林 康 教授)

コンクリート構造物は環境作用によって劣化因子が侵入することで、劣化へと進行する。劣化因子の侵入を抑制するためコンクリートの表層品質が必要であり、耐久性において重要な項目の一つとなっている。表層品質を確保・向上させる取り組みの一つに施工状況把握チェックシートと目視評価法を活用するものがある。この取り組みは材料や工法に多くのコストをかけることなく行えるが、データの収集や共有といった作業は現場において負担となっている。そこで、NTAM トンネルの二次覆工コンクリートを対象として、タブレット端末を用いた施工状況把握チェックシート及び表層目視評価入力システムの開発を行った。開発後に実地運用を行い、システムの有効性を確認するとともに収集したデータを分析した結果、設備により近接目視が困難な場合、変状によっては検知率が低下する可能性が示唆された。

微細粒子の沈降・巻上げを考慮した LES による煙型雪崩の数値解析

Numerical analysis of powder snow avalanche using LES considering sedimentation and entrainment of fine particles

加藤 秀幸：環境都市工学専攻(衛藤 俊彦 准教授)

In most mountainous areas of Japan, many villages and structures are exposed to avalanches. In order to prevent such damage it is essential to clarify the flow mechanism of powder snow avalanche. Once the flow mechanism of the avalanche is clarified, a disaster prevention map is created based on it. Therefore, it is possible to design protective fences and design disaster mitigation

facilities and to cope with avalanche. In this study, powder snow avalanches are analyzed by three dimensional numerical analysis model using LES model considering sedimentation and entrainment of fine particles.

都市下水処理 UASB 内への嫌気性原生動物の高濃度培養法の開発

Development of high-concentration culture method for anaerobic protozoa in UASB reactor.

佐藤 剛：環境都市工学専攻（荒木 信夫 教授，押木 守 准教授）

In this study, we investigated distribution of protozoa along with vertical direction in an UASB reactor to clear the influence of porosities of the sludge blanket. In order to change the porosity of the sludge blanket, the UASB was operated under three conditions of the up-flow rate at a same COD loading operation, and numbers of four anaerobic ciliates were measured by microscopic direct counts. There was no relationship between numbers of the ciliates and porosities at the high up-flow velocity such as 11.8-16.8 m/day. On the other hand, in the operation period at the low up-flow velocity of 4.8 m/day, the number of protozoa tended to decline as porosities decreased.

吸水させたコンクリート表面の輝度の時間変化に基づく表層品質評価に影響を及ぼす諸要因の検討

Influence of several factors on evaluation of surface quality based on the change with time in brightness of absorbed concrete surface

中澤 文香：環境都市工学専攻（村上 祐貴 准教授）

コンクリート構造物における表層品質の向上は、耐久性を確保する上で極めて重要である。コンクリート構造物の表層品質を定量的に評価する代表的手法として、表面吸水試験や表層透気試験がある。両手法は表層品質を定量値に基づいて評価できる点が利点であるが、測定領域が小さく、構造物全体の表層品質評価には多定点での測定が必要であり、多大な労力を有する。著者らはこの問題を解決すべく、吸水させたコンクリート表面の輝度の時間変化に基づき表層品質を広範囲に評価可能な手法を提案した。本研究では、実環境で測定可能な吸水方法、測定結果に及ぼす風、温度、湿度の影響、及び本提案手法が実構造物へ適応可能か検討した。

都市下水処理エアレーションタンク内に存在する好気性脱窒細菌の特定

Identification of aerobic denitrifying bacteria in aeration tanks at municipal sewage treatment plants

樋口 裕武：環境都市工学専攻（荒木 信夫 教授）

富栄養化や地下水硝酸性窒素汚染などの窒素化合物による汚染が深刻化している。これを改善するためには特に窒素化合物の除去が重要であり、その処理法として生物学的硝化脱窒法およびゼオライトによる吸着法などが採用され、活用されている。ここで、生物学的硝化脱窒法とは、廃水中に存在する有機性窒素とアンモニア性窒素を好気条件下で硝化細菌を利用して亜硝酸窒素または硝酸性窒素に酸化させた後、嫌気条件下で脱窒細菌によってそれらを窒素ガスまで還元して大気中に放出させる方法である。都市下水の高度処理には多段階硝化脱窒法やA0法、A20法などエアレーションタンクと嫌気槽、無酸素槽を組み合わせた方法が

適用されているが、現在においても75%の都市下水処理場において、生物学的な処理はエアレーションタンク単槽で行う標準活性汚泥法が採用されている。

標準活性汚泥法は基本的にエアレーションタンク単槽のみで運転され、窒素化合物除去よりも有機物(BOD)除去を目的として運転されている。しかし、単一のエアレーションタンクにおいても、嫌気条件で進行するはずの脱窒反応による窒素化合物の除去が、一般的なエアレーションタンクで3~4割進行している。この脱窒反応現象に関しては、①エアレーションタンク内の壁面に形成されるバイオフィーム等が部分的に嫌気状態となり脱窒反応が進行するという解釈以外にも、②活性汚泥フロック内で局所的な嫌気状態が生じ脱窒反応が進行する、③好気条件下でも脱窒反応を行う菌が存在する、等の解釈が提唱されている。脱窒現象の機構についての解析は行われているが、いずれも推論の域を出ず明白な解答は得られていない。

好気条件下でも脱窒反応を行う細菌(以下、好気性脱窒細菌)の存在は明らかにされている。好気性脱窒細菌は従属栄養細菌であり、ペリプラズムに NO_3^- から NO_2^- に変える硝酸還元酵素(Nap)を保持しており、*napA*遺伝子にコードされている。好気性脱窒細菌として *Pseudomonas* sp. や *Rhodococcus* sp. などが土壌や河床から単離されており、脱窒能が明らかになっている。

単一のエアレーションタンク内での脱窒現象を解明することによって、窒素化合物除去に対してより高効率な運転条件の提案などを行えることが見込まれ、都市下水処理技術の発展が期待される。本研究では、エアレーションタンク内に存在する好気性脱窒細菌の特定を目的とし、エアレーションタンク内のT-N除去率の調査、エアレーションタンクから採取した活性汚泥の硝酸除去能の確認、活性汚泥からの細菌の単離を行う。さらに、活性汚泥内の好気性脱窒細菌の存在比を遺伝子解析により調査する。

自己加速する泥水流の流動解析

Numerical Analysis of self-accelerating turbidity currents

丸山 将大：環境都市工学専攻(衛藤 俊彦 准教授)

When a fluid in which sand floats in a uniform fluid flows in, turbidity currents is formed by the density difference. It occurs mainly in large scale reservoir and submarine canyon and start to transport of sediment caused by entrainment and deposition. Therefore, it gave changing the topography of bottom of the sea. Purpose of this study is clarifying flow characteristics of self-accelerating turbidity currents. Turbidity currents were analyzed using OpenFOAM and compared with the experimental results of Octavia et al. All case almost matched trend of accelerate or decelerate. Analysis result of the decelerating turbidity currents are reproduced the experimental results well. But Analysis result of the accelerating turbidity currents are not. From the results, indicated the validity of the analysis model to decelerating turbidity current. But could not indicated the validity of the analysis model to accelerating.

打撃試験に基づくあと施工アンカーの付着性能評価

Evaluation of Bond performance of Post-installed anchors on Hitting Test

三島 慎作：環境都市工学専攻（村上 祐貴 准教授）

打撃試験に基づくあと施工アンカーの付着劣化評価手法の確立を目的に、付着劣化因子を埋設した試験体を作成し、インパルスハンマおよび加速度センサを用いて、アンカー加振時の周波数応答特性の比較と、自己組織化マップによる付着劣化評価手法について検討を行った。打撃試験時の周波数応答特性に着目すると、各付着劣化因子において僅かながら差異が確認された。そこで、周波数応答関数を自己組織化マップに適用することで劣化判定を試みた。その結果、接着系アンカーにおいては、コンクリート側の加速度センサによる解析、金属系アンカーにおいては、ボルト側の加速度センサによる解析が有用であることが明らかとなった。

コンクリートの振動締固め時における打込み面の輝度値の時間変化に基づく締固め程度の定量評価

Evaluation of compaction degree based on the time change in brightness value on concrete surface during compaction of concrete

渡邊 隼平：環境都市工学専攻（村上 祐貴 准教授）

本研究では、コンクリートの振動締固め時における打込み面の輝度値の時間変化から締固め程度を定量的に評価することを目的として、異なる配合に対し、振動締固め中の打込み面の輝度値とコンクリート内部の締固めエネルギーの時間変化を測定した。締固め完了エネルギーに到達した時点の打込み面の輝度値から、締固め範囲を推定した結果、ある程度妥当性のある結果が得られた。一方、締固め中の試験者等の影による照度の変化や打込み面の表面粗さについての補正方法を検討する必要があることが明らかとなった。