

専攻科特別研究題目  
及び要旨一覧

令和 2 年度

## ○専攻と研究テーマ

### 電子機械システム工学専攻

バレーボールのスパイク動作における非利き腕の役割の解明	稲川 拓真
新規加熱処理によるCZTS薄膜太陽電池の開発	井上 駿
イヤホンの周波数特性と耳音響認証の認証精度に関する研究	茨木 康佑
複数のセルにおける端末密度を考慮した通信トラヒック特性の解析	今井 叶太
前庭電気刺激を用いた操船支援システムの開発	大谷 佳輔
生体用チタン/マグネシウム焼結接合材の組織と界面強度	小野塚 悠
ドライバの運転を支援する仮現運動を応用した順次振動による情報提示	金田 駿平
外耳道形状と耳音響特性の音響類似度との関係性に関する研究	木村 里輝
ラマン分光法を用いたCu <sub>2</sub> ZnSnS <sub>4</sub> 化合物半導体の構造評価	古山 由佳梨
アブレーション効果を利用した短パルスファイバーレーザーによる ジルコニア板の微細切断	佐藤 功基
機械学習を用いたアイコン検出による屋内マップ解析	佐藤 大地
針なし注射における投与確実性の向上と評価方法の検討	佐藤 瑠唯
オールウェットプロセスによる有機 FET の作製と特性評価	高島 孝太
Ge添加CZTS化合物薄膜太陽電池の開発	高野 樹
超高速画像切り替えによる光沢提示法の検討	竹之内 和也
ノンバーバル情報のデジタルアーカイブによる筋力トレーニング教材の開発	虎澤 利樹
ドライブレコーダ映像からの路面性状解析	中居 拓人
3Dプリンタを用いたラティス構造を有するレジンボンド砥石の開発	長井 洸
HoloLens2を用いた打音点検における打撃特性の可視化手法の提案	羽鳥 俊太郎
壁面走行ロボットによる打音支援装置の開発	林 充輝
視覚誘導性自己運動感覚を活用した小型船舶における加速度提示	原 祥平
フォトルミネセンス法を用いたCu <sub>2</sub> ZnSnS <sub>4</sub> 化合物半導体の発光特性評価	原 昌史
ディープラーニングを用いた環境光に応じた画像色変換	飛田野 汐里
耳音響認証における外耳道閉塞の影響に関する研究	PHAM THE THAO
短パルスレーザーによるチタン板表面の微細加工と撥水機能の付与	藤島 睦
研削液内部供給機構を有するレジンボンド砥石の評価	山崎 海登
耳音響認証精度に関係する環境音クラスタリングの研究	結城 遼
Bluetoothを用いた災害救助信号伝送の向上に関する研究	渡邊 夕樹

## 物質工学専攻

茶カテキンのチオール化学修飾と機能性評価	石澤 昂昌
アルコール溶媒中における4-メチルカテコールの反応に関する研究	鎌田 大輝
新規動物モデルを目指した <i>Eisenia</i> spp. 異種遺伝子発現系の構築及び プロモーター配列の取得	神田 直輝
清酒酵母のFAS2変異が中鎖脂肪酸合成に与える影響	児玉 夏樹
湿熱処理による炊飯用低アミロース米「ミルキークイーン」玄米の開発	高野 陸
動物性タンパク質が生産可能な新規 <i>Eisenia</i> spp. 細胞株樹立法の開発	長谷川 輝
高温糖化山廃醸造に用いる乳酸菌の分離と醸造特性評価	馬場 崇式
バイオベースポリマーとチタン合金による複合材料の開発	古屋 花純

## 環境都市工学専攻

圧縮負荷を受けるオーステナイト系およびリン二相系ステンレス鋼製形鋼の座屈照査法	井崎 茜
表層品質に着目したコンクリートの締固め判断指標の検討	稲田 大地
自己組織化マップを用いた打音点検の欠陥検知精度に影響を及ぼす打撃特性の抽出	大越 悠生
表面吸水試験装置を用いたコンクリート供試体の表層品質傾向に関する基礎的検討	長部 拓海
スマートフォンを用いた各種建造物の新たな点検システムの開発	島津 太一
非破壊検査によるコンクリート建造物の表層品質評価手法	高橋 海夢
気温減率の季節変動を考慮した融雪流出解析の高度化	滝澤 一輝
Anammox細菌” <i>Candidatus</i> Kuenenia stuttgartiensis” が保有する 新奇な亜硝酸還元酵素の同定	中林 豊博
長距離移動する発達過程にある泥水流の流動解析	中村 匠
海洋窒素循環を担うanammox細菌の代謝メカニズム及び酵素学的特性の解明	永井 孔明
海洋性 <i>Nitrospira</i> の生存戦略の解明	根津 拓福
打音点検における欠陥検知精度向上および 平準化に資する打撃特性に基づいたトレーニングの効果の検証	林 純哉
コンクリート工の表層品質向上を目的とした養生方法の検討	南 海渡

## ○研究要旨

### 電子機械システム工学専攻

#### バレーボールのスパイク動作における非利き腕の役割の解明

#### Elucidation of Roles of Non-Dominant Arm in Spiking Motion of Volleyball

稲川 拓真：電子機械システム工学専攻（外山 茂浩 教授）

バレーボールにおいて、スパイクはチームの勝敗にかかわる重要な動作であると考えられる。一方、空中における無理なスパイク姿勢や、打ち過ぎから肩関節障害等が発生することも少なくない。それゆえ、スパイクに着目した研究は数多く見受けられるが、非利き腕の役割に着目した研究は少ない。バレーボール V リーグに出場した経験を持つトップ選手へのインタビューから、助走から着地までの一連のスパイク動作において非利き腕には何らかの役割があるのではないかとこの着想を得た。

そこで本研究では、バレーボールのスパイク動作における非利き腕の役割を解明することを最終目的とする。そのための基礎実験として、主にスパイク動作を成す上半身に注目することとし、スパイク動作の準備局面における非利き腕の掌の向きや屈曲角度、テイクバック時の利き腕の引きの 3 種類をスパイク動作に関するパラメータに、そのそれぞれがスパイク動作へ与える影響について調査を行う。

バレーボールのスパイク動作における非利き腕の役割を解明することで、より速く、なおかつ威力のあるスパイク動作につながるだけでなく、怪我や故障、疲労のリスクを最小限にしたスパイク動作やその練習および指導ができるようになると考えられる。

#### 新規加熱処理による CZTS 薄膜太陽電池の開発

#### Development of CZTS thin film solar cells by new heat treatment

井上 駿：電子機械システム工学専攻（島宗 洋介 准教授）

CZTS は太陽電池の光吸収層として注目を集めている。本研究では、CZTS 形成にこれまで必要とされてきた硫化水素を用いた硫化処理に代わるレーザーを用いた新しい熱処理について検討し、太陽電池製造プロセスへ適用することを目的とする。

本研究では、CZTS 前駆体の表面に波長 455nm の青色レーザーを照射し、薄膜への影響を調査した。XRD と SEM の結果から、レーザー照射によって CZTS 前駆体の結晶化が促進されたことを確認した。また、CZTS 前駆体のラマンシフトが  $2.7\text{cm}^{-1}$  高波数側へシフトし、CZTS 多結晶固有の  $337\text{cm}^{-1}$  に近づいたことからレーザー照射により CZTS が形成されていることを見出した。

最後にレーザー照射を用いて太陽電池を作製し、 $J-V$  特性の測定を行った。照射パワー 120mW、走査速度 200mm/min、ピッチ幅 0.05mm の照射条件で変換効率 0.0048% の太陽電池動作を実現した。

### **イヤホンの周波数特性と耳音響認証の認証精度に関する研究**

#### **Research on frequency characteristics of earphones and authentication accuracy of ear acoustic authentication**

**茨木 康佑：電子機械システム工学専攻（矢野 昌平 准教授，和久井 直樹 助教）**

耳音響認証は、生体認証の一種である。この認証技術では、測定信号をイヤホンから再生し、外耳道からの反響音を利用して認証を行う。したがって、測定信号を正確に再生する必要がある。これまでの研究から、イヤホンの周波数振幅特性を向上させることで認証精度を向上させることができることが明らかになっている。しかし、イヤホンの改善には限界がある。

そこで、TSP 信号に周波数振幅の逆特性を乗算することによって生成した CSN-TSP 信号を測定信号として用いることでイヤホン特有の周波数振幅特性を補正する。本研究では、従来手法である TSP 法及び CSN-TSP 法を用いて測定した反響音を元に特徴性能指標  $S_J$  及び認証精度 EER を算出、比較を行った。その結果、CSN-TSP 法を用いることにより、 $S_J \cdot EER$  ともに改善された。

### **複数のセルにおける端末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 Density of Terminals in Multiple Cells**

**今井 叶太：電子機械システム工学専攻（樺澤 辰也 教授）**

現在、携帯端末の通信にはセルラ方式が用いられている。このセルラ方式において、間接通信と併用して端末間直接通信を行う方式（アドホック・セルラ方式）が提案されている。このシステムでは、通信を行う端末間の距離が直接電波の届く範囲であれば、1 回線を用いて直接通信を行い、そうでなければ基地局を経由し、2 回線を用いて間接通信を行う。このような方法のシステムにおいては、端末が集中する場所がある場合にトラフィック特性の向上が期待できる。

これまでに単独のセルを解析対象として、端末がランダムに移動するモデルと端末が集中する場所を設けた際の直接通信の有効性について、計算機シミュレーションによる検討が行われてきた。本研究では、解析の対象となるセル数を 2 つとして解析を行うものとする。さらにこれまでの解析では、セル間の通信を行う端末の移動（ハンドオーバー）について考慮されてこなかった。そこで本研究では、2 つのセル間の端末移動を考慮した通信トラフィック特性の解析を行うことを目的とする。

### **前庭電気刺激を用いた操船支援システムの開発**

#### **Development of maneuvering assist system using Galvanic Vestibular Stimulation**

**大谷 佳輔：電子機械システム工学専攻（外山 茂浩 教授）**

In recent years, the accidents increase involving vessels in Japan has become a major problem. One of the major causes of the accidents is human error due to the accumulation of fatigue in the operators. Our research team develops a smart cockpit system of pleasure boats. The system aims to both reduce operator fatigue and improve the operability. The smart cockpit system consists of an electric controlled seat to suppress vibration from the boat's swinging and a maneuvering assist subsystem to feedback the boat's beneficial information virtually. This study uses Galvanic Vestibular Stimulation (GVS), which can present virtual acceleration by applying weak current to the vestibule

as the feedback information. This paper presents the development of GVS maneuvering assist subsystem and evaluate the usefulness of the subsystem by using the ship simulator.

### **生体用チタン/マグネシウム焼結接合材の組織と界面強度**

#### **Structure and interfacial strength of biological titanium/magnesium bonding material by powder sintering**

**小野塚 悠：電子機械システム工学専攻（青柳 成俊 教授）**

マグネシウムは、生体必須元素で、かつ高い生分解性を有するため、体内から摘出する必要のない生体医療用材料として利用されている。また純チタンは機械的性質と耐食性に優れ、強度の必要な生体用要素部材としての実績がある。そこで本研究は、純チタンの表面に生分解機能および生体親和性を付与する目的で、マグネシウム粉末をチタン表面に焼結した接合材の製造を試みた。マグネシウム粉末は、99.992%純度の市販粉末、真空蒸留法の塊より切削した99.99%純度粉末、AZ31 板材から切削した粉末の3種類を試みた。本報では、純チタン/マグネシウム焼結接合材を放電プラズマ焼結法（SPS法）で製造し、焼結挙動と硬さ、界面組織および界面せん断強度を調べることを目的にした。

### **ドライバの運転を支援する仮現運動を応用した順次振動による情報提示**

#### **Information presentation utilizing apparent motion of sequential vibration for driving support**

**金田 駿平：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 教授）**

自動車の運転において認知・判断・操作のいずれかにミスが生じた場合、事故を起こす危険性が高まる。交通死亡事故の人的要因として操作不適や判断の誤りなど操作・判断のミスが挙げられるが、その中でも要因の50%以上を占めるのが安全不確認や漫然運転、脇見等の認知のミスによるものである。運転者は外界のほとんどの情報を視覚と聴覚で認知しているため、運転支援情報を視覚または聴覚で提示した場合、外界の情報と干渉し運転者の負担となってしまう可能性がある。

そこで視聴覚以外の情報提示手段として、触覚刺激による提示方法が数多く提案されている。一つの有効な手段として、仮現運動を用いて方向を含む情報を提示することが検討されている。仮現運動とは、通常動いていないものが動いているように見える現象のことである。ある対象を少し離れた場所で交互に提示することでその対象が動いているように見える現象のことで、身近な例として踏切の信号などがあげられる。仮現運動は従来、視覚に与える効果を表すが、この現象は振動においても有効であると考えられ、これまで腹部や臀部、腕等への単一振動及び仮現運動での情報提示が行われていた。その一方、人間の皮膚感覚の中でも敏感であるとされている指に対しての情報提示の検討はあまり見られない。

本研究ではハンドルの操作ミスに対する効果的な運転支援として、指への仮現運動を含む情報提示方法を提案する。ドライバの手にハプティックグローブを装着させ、ハプティクス（触覚刺激）による情報提示を行い、指先への単一振動、および仮現運動を用いた情報提示の有効性を検討する。提案する認知機能の補助手法は、従来の情報提示方法よりも効果的な運転支援を行えることが期待できる。

## 外耳道形状と耳音響特性の音響類似度との関係性に関する研究

### Study on the relationship between the shape of the ear canal and the acoustic similarity of ear acoustic characteristics

木村 里輝：電子機械システム工学専攻（矢野 昌平 准教授，和久井 直樹 助教）

耳の音響特性を利用した耳音響認証と呼ばれる生体認証がある。しかし、音響特性の違いが発生するメカニズムは完全には解明されていない。過去において、ユーザ間の外耳道の形状の違いである外耳道の形状類似性を導出する方法が報告されている。しかしながら、外耳道の形状の類似性と音響特性の類似性との関係は十分に調査されていない。本研究では、スライス法を用いて、双子を含む4人の被験者の外耳道の形状類似性を計算する。加えて、同じ被験者の外耳道の音響特性の類似性を計算するための実験を行う。結果として、形状の類似性と音響特性の類似性の間に高い相関が確認された。また、双子間の類似性は、その他ユーザとの類似性より高いことが分かった。

## ラマン分光法を用いた $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ 化合物半導体の構造評価

### Structure evaluation of the $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ bulk crystals using the Raman spectroscopy

古山 由佳梨：電子機械システム工学専攻（竹内 麻希子 准教授）

Recently, considerable attention has been attracted to the compound semiconductors for solar cells using  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ . Stoichiometric and Cu-poor, Zn-rich  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  bulk polycrystals prepared by Spark Plasma Sintering (SPS) method were evaluated using Raman spectroscopy. Quantitative analysis of the crystal phases was performed by powder X-ray diffraction using the Rietveld method. From this result, in addition to the  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  phase, secondary phases such as confirmed  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$ , ZnS and SnS. The Raman spectra of the samples showed the peaks originated from  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ ,  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  and ZnS. When the excitation light intensity was increased, the dominant peak shifted to the low wavenumber side. This shift is due to thermal stress.

## アブレーション効果を利用した短パルスファイバーレーザーによるジルコニア板の微細切断

### Micro-cutting of zirconia plate by short pulse fiber laser using ablation effect

佐藤 功基：電子機械システム工学専攻（中村 奨 教授）

本研究は将来的な燃料デブリ取り出しに向けたサンプリング機構の開発を目的とした。切り出しツールとして短パルスファイバーレーザーを使用し、疑似燃料デブリであるジルコニア板の微細切断を行った。レーザーのスキャン回数と溝の深さの関係、パルス幅と溝の深さの関係、レーザーの出力と溝の深さの関係、スキャン速度と溝の深さの関係を調査した。

スキャン回数を変更させた時、4回までは回数が多くなるほど深い溝が形成できた。パルス幅を変更させた時、パルス幅が長いほど深い溝を形成できた。パルス幅100ns、出力5Wの時、深さ421 $\mu\text{m}$ の溝が形成された。レーザーの出力は高ければ高いほど深い溝を形成できた。出力が30W、パルス幅100nsの時、深さ1.2mmの溝を形成できた。レーザースキャン速度を変化させた時、スキャン速度が遅いほど深い溝を形成できた。出力が最も高い30W、スキャン速度が最も遅い10mm/sの時、1.01mmの深さの溝を形成できた。

## 機械学習を用いたアイコン検出による屋内マップ解析

### Floor map analysis by icon detecting using machine learning

佐藤 大地：電子機械システム工学専攻（高橋 章 教授）

不案内な駅や空港，商業施設などの屋内空間では，フロアマップから目的地を見つけ出し，経路を定めて移動する必要がある．しかし，フロアマップはあらゆる目的を持つ利用者に対応するために，多くの文字情報やアイコンなどが記載されている．近年はグローバル化にともなってユニバーサルデザインの導入が進み，読み書きの能力や言語に依存しないよう，アイコンを用いた情報提示が増えている．また，高層化など都市空間の拡大も進んでおり，フロアマップに記載される情報の密度が高くなることで目的地を短時間で見つけ出すことが困難になってきている．

そこで本研究では，特に数の多いアイコンを対象として処理を行うこととし，機械学習を用いることで，多様なデザインを持つフロアマップに対応する，汎用性の高いアイコン検出の実現を目指す．また，利用者が指定したアイコンを検索し，その領域を強調表示することで利用目的に応じてインタラクティブに情報提示を行うアプリケーションを作成する．

## 針なし注射における投与確実性の向上と評価方法の検討

### Improvement of administration certainty in needle-free injector and investigation of evaluation method

佐藤 瑠唯：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 教授，工藤 慈 助教）

針式注射器を利用する自己注射の代表例として，糖尿病の治療のためのインスリン投与が挙げられる．ほとんどの糖尿病患者は，少なくとも自宅で一日二回のインスリンを注射する必要がある．しかし，従来の針式注射器による薬液投与では針刺しによる皮膚のダメージが大きいことや，使用済み注射器による針刺し事故などの問題が存在する．これらを解決するための低侵襲医療器具の一つとして，針なし注射器があげられる．

針なし注射による薬液投与の問題点として，ウェットショットと呼ばれる薬液が皮内に入らず皮膚上で液滴として残ってしまう現象がある．ウェットショットを防止するためにはノズル口と皮膚を密着させ垂直に近い状態を維持しなければならない．そこで本研究では，針なし注射器に吸引機構を取り付け，皮膚を吸引し密着させる安定装置を開発する．また，注射器の傾きと投与確実性に与える影響を評価する方法について検討を行う．

## オールウェットプロセスによる有機 FET の作製と特性評価

### Fabrication and characterization of organic FETs by all-wet process

高島 孝太：電子機械システム工学専攻（皆川 正寛 准教授）

The change in the subthreshold swing value (SS value) with respect to the oxidization treatment time for the source-drain electrode surface was evaluated in an organic field-effect transistor (OFET) having both source-drain electrodes and an organic semiconductor layer fabricated by wet processes. The OFETs prepared in this study include a gate electrode/n-type Si wafer/SiO<sub>2</sub> (300 nm)/source-drain electrodes/organic layer structure. Our results indicated that the hole injection property improved by the oxidization treatment, despite the wet-processed OFET, and the SS value reduced by the treatment. Therefore, we would be able to control the SS value freely by the oxidization time.

## **Ge 添加 CZTS 化合物薄膜太陽電池の開発**

### **Development of CZTS compound thin film solar cell by Ge addition**

**高野 樹：電子機械システム工学専攻（島宗 洋介 准教授）**

CZTS化合物半導体 ( $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ ) は、地殻中に豊富に存在する汎用元素から構成されるため低コスト化が可能なこと、バンドギャップが 1.5 eVと太陽光スペクトルを適合しているため高い変換効率が期待されること、 $10^4 \text{ cm}^{-1}$  台と高い光吸収係数を持つため薄膜化や軽量化に優れていることから太陽電池の光吸収材料に適している。変換効率を改善するためには、CZTS多結晶が持つ結晶粒界で生じる、キャリアの再結合を抑制する必要があると考えられている。これはCZTSの結晶粒径を増大させ、結晶粒界の表面積を減らすことで実現される。本研究では、Ge添加がCZTSの結晶粒径や電気特性へ与える影響を調査した。結果として、CZTSの結晶粒径はGeを添加することによって増大することが確認された。また、Ge添加によって開放電圧 $V_{oc}$ の増大を達成する一方で短絡電流密度 $J_{sc}$ の減少も同時に引き起こすことも確認された。Geの添加量に対して開放電圧と短絡電流密度にはトレードオフの関係にあることが判明したため、変換効率改善に向けてGe添加量の最適化を必要であると結論付けた。

## **超高速画像切り替えによる光沢提示法の検討**

### **A study of gloss presentation method by Ultra High Speed Frame-Switching**

**竹之内 和也：電子機械システム工学専攻（上村 健二 准教授）**

In recent years, the implementation of smooth expressions has been required to improve the realism of content such as videos and games. As a result, high refresh rates, in other words, more images drawn per unit time, have been used as a criterion in the development of new displays. However, high-refresh-rate displays may repeatedly exhibit the same frame image for standard content with a low frame rate, because of which their performance utilization is low. In this research, to utilize such surplus frames occurs while displaying contents with a low frame rate, we develop and evaluate a new expression method based on time modulation. Specifically, when flicker occurred in and around the glossy part of the image, we examined whether the glossiness was greater than that of the original image.

## **ノンバーバル情報のデジタルアーカイブによる筋力トレーニング教材の開発**

### **Development of strength training materials by digital archive of non-verbal information**

**虎澤 利樹：電子機械システム工学専攻（高橋 章 教授）**

I have developed a learning system that archives nonverbal information for learners. Wearing motion capture hinders strength training. Therefore, first I measured the two-dimensional (2D) coordinates of human movements using OpenPose. Second, I converted 2D coordinates to three-dimensional (3D) coordinates by stereo matching. The measured 3D coordinates and instruction information are combined to create teaching material. The learner's training is based on the archived information. The system records the learner's movements and calculates the similarity between the learner's movements and archived information by dynamic time warping (DTW). Judges the training content based on the degree of similarity and presents advice to the learner.

### **ドライブレコーダ映像からの路面性状解析**

#### **Analysis of dashboard camera footage for evaluation of road surface condition**

**中居 拓人：電子機械システム工学専攻（高橋 章 教授）**

現在、道路点検のため路面性状（路面のひび割れ率、路面の凹凸に関する轍掘れ量とIRI）の診断が行われている。しかし路面性状診断のための専用車両や点検者の数が、定期的な道路点検を行うのに十分ではないという問題がある。そこで広く普及するドライブレコーダを用いた路面性状の簡易診断手法を提案する。道路管理者が一般人の撮影映像と対応するGPS情報を利用して道路の簡易診断を行うことで、現段階で点検を必要としない道路と、専用車両などによる高精度な点検を必要とする道路を判別することが目的である。

一般人の多種多様なドライブレコーダ映像を利用するために、撮影車両や撮影状況に左右されない手法である必要がある。深層学習による画像分類と単眼深度推定を用いることで、多種多様な映像に対応する路面性状の簡易診断手法を目指す。

### **3D プリンタを用いたラティス構造を有するレジンボンド砥石の開発**

#### **Manufacturing of grindstones with lattice structure by 3D-printer**

**長井 洸：電子機械システム工学専攻（井山 徹郎 准教授）**

研削液は砥石による研削加工において、砥石と工作物を潤滑、冷却させる役割を担っている。しかし、研削液を外部から供給する方法では、複雑な形状の工作物の場合、研削液が細部まで行きわたらず加工が困難である。また、砥石が高速回転している場合、周りの空気の流れによって研削液がかからないといった現象が起こる。そのための解決策として加工面から直接研削液を供給することができる機構を持つ砥石が求められる。しかし、従来の金型を用いた砥石の作製方法では複雑な形状を持つ砥石を作ることは不可能である。

本研究では光造形式 3D プリンタを用いて研削液を砥石内部から供給することができる砥石の開発をすることを目的とする。光造形式 3D プリンタの優れた造形特性を活かすことで物体の外表面だけでなく、研削液供給のための内部流路のように複雑な形状を持たせることが可能である。ラティス構造を有する構造体の 3 次元造形は、金属粉末積層造形の分野で活発化しているが本研究においてはこれを微細造形可能な光造形式 3D プリンタを活用し、ダイヤモンド粉末を混ぜたレジン液を用いて、ラティス構造を有するレジンボンド砥石を作製することを目標とする。本報告ではダイヤモンド粉末を混ぜたラティス構造を有する砥石を用いて研削加工を行い、実験的に砥石を評価した。

### **HoloLens2 を用いた打音点検における打撃特性の可視化手法の提案**

#### **Proposal of visualization method of hitting characteristic in hammering inspection using HoloLens2**

**羽鳥 俊太郎：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 教授）**

近年、コンクリート構造物の老朽化に伴い、5年に1度の頻度で定期点検が行われている。定期点検で一般的に用いられている打音点検は、簡便に内部状態を確認できる一方で、点検者によって検査精度がばらつくという問題点がある。本研究では、点検精度のばらつきを減らすことを目的とし、Microsoft社のHoloLens2を用いて打撃位置を可視化するアプリケーションを開発した。新たな打撃位置の可視化手法を提案し、打撃座標の取得精度を評価した。加えて、打撃音から推測される内部状態の可視化を検討した。結果として、座標の取得誤差は50mm以下となった。内部状態の推測に関しては、欠陥部と健全部で有効な差異を発見することはできたが、打撃音に含まれるノイズにより推測が困難であるという結論に至った。

## 壁面走行ロボットによる打音支援装置の開発

### Development of moving robot on the wall to support hammering inspection

林 充輝：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 教授）

平成 24 年 12 月に発生した笹子トンネル崩落事故をきっかけに道路法が改正され、検査作業員による定期点検が義務化された。この定期点検で主に用いられる点検法として、実構造物に直接触れて表面の状態を調査する触診、ハンマなどで実構造物を打撃し、その反響音から構造物内部の欠陥の有無を判定する打音検査がある。しかし、この打音検査は点検者の熟練度に依存して結果に違いが生じたり、高所の点検箇所では点検者の足の踏み外しなどの不注意による 2 次災害の危険性がある。この問題に対して、近年小型のドローンに点検用ハンマを装備させた点検装置が提案され、実用化されている。この方法により、点検者の熟練度による点検結果の違いは生じず、高所からの落下による事故なども発生しない。しかし、この小型ドローンの問題点として、風などによる外乱の影響を受けやすく点検者が指定した箇所にとどまって点検を行うことが非常に困難となっている。そこで、本研究では先行研究での問題点となっている外乱による影響を受けずに機体を壁面に吸着させながら走行する打音点検ロボットの開発を行った。

## 視覚誘導性自己運動感覚を活用した小型船舶における加速度提示

### Acceleration presentation in pleasure boat with visually induced illusion of self-motion

原 祥平：電子機械システム工学専攻（上村 健二 准教授）

小型船舶による海難事故が多く発生しており、ヒューマンエラーが事故原因の大半を占めている。船舶の揺動運動により操縦者に疲労が蓄積し判断力・集中力が低下することが原因として挙げられる。サスペンション等の制振装置を座席に利用し、振動の伝達を抑制する手法が効果的だが操船に有益な船体運動情報の伝達までも抑制し、その結果として操作性が低下する恐れがある。

本研究では、被験者にHMDを用いて操船シミュレータ (NAUTIS) の映像を提示し没入感を向上させ、ほかの映像刺激と併用することによってベクションを強化する手法を検討する。小型船舶を操縦するために十分な運動情報を操縦者にフィードバックすることを試みる。

実験結果からHMDを使用することでベクション強度が高まりランダムドットを組み合わせることでさらにベクション強度が高まることが確認できた。これらの運動情報のフィードバックを加えることで操作性を評価する項目である有効性、効率を向上可能で有ることが分かった。しかし、ランダムドットでは操縦者の視界を妨げる結果となり満足度の低下を引き起こした。操縦に必要な視覚情報を妨げることなくベクションを知覚させる手法の考案が今後の課題として挙げられる。

## フォトルミネセンス法を用いた $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ 化合物半導体の発光特性評価

### Evaluation of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ bulk crystals using photoluminescence method

原 昌史：電子機械システム工学専攻（竹内 麻希子 准教授）

Stoichiometric and Cu-poor, Zn-rich  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  bulk crystals were prepared by the SPS method. From the EDS compositional analysis, it was confirmed that the composition samples were changed by the prepared ratio. From the Rietveld analysis, it was confirmed that the existence of more than 90 vol.% of  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  derived by the Rietveld method. The  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  phase was also confirmed by the Raman spectroscopy. From the photoluminescence measurement, the peak is at 1.18 eV for Stoichiometric and

1.10 eV for Cu-poor and Zn-rich at 15K. From the excitation intensity dependence of the sample, the spectrum shifted to the high energy side when the excitation light was intensified. This phenomenon is indicative of DAP recombination luminescence. The activation energy of Stoichiometric was calculated from the temperature dependence. It was about 21 meV on the high energy side and about 27 meV on the low energy side.

## **ディープラーニングを用いた環境光に応じた画像色変換**

### **Image color conversion based on ambient light estimation using deep learning**

**飛田野 汐里：電子機械システム工学専攻（上村 健二 准教授）**

近年、スマートフォンやデジタルカメラなどの普及により手軽に写真を撮ることができるようになった。しかし、写真には環境光などの影響によって実世界よりも青みがかって見えるといった色の問題が発生する場合があります。通信販売など遠隔で商品を販売する状況では、このようにディスプレイ上で見る色と実物の色が異なっていることがクレームの一因となると考えられる。

正しい色を遠隔で伝える方法としてカラーマネジメントシステムが存在するが、これには入力側と出力側の両方が考慮されている必要がある。出力側においてはディスプレイの色調整を環境光に合わせてユーザが手動で、もしくはディスプレイ自体が自動で行うことが可能なほか、ディスプレイ自体が発光しているため、周囲の光を気にする必要がそれほどないと考えられる。一方、入力側では物体の反射色をカメラで撮影し記録するため、環境光の影響を強く受ける。また、その補正を手作業で行うには光源の準備やカメラのパラメータ調整が必要であり、非常に手間がかかるといった問題がある。そのため、撮影された写真から環境光を推定し、ユーザの環境に合わせて適切に色調整することが望まれる。

先行研究[1]では、ニューラルネットワークによる環境光補正が高いパフォーマンスを発揮したことが示されている。そこで、同様な学習に基づく手法で高い精度が得られると考え、本研究では、ディープラーニングを用いて写真からその環境にある光源を推定し、物体を別の光源下へ置いたように色を変換することを目指す。初めに学習に用いるデータセットの作成と学習モデルの構築をし、その後学習データと同様の条件で撮られたテストデータでの精度の評価とカラーチャートでの評価、さらに実画像での評価を行う。

[1] “Colour Constancy Algorithms”, <https://www2.cs.sfu.ca/~colour/research/colour-constancy.html>, acs:2021.01.18

## **耳音響認証における外耳道閉塞の影響に関する研究**

### **Verification of Ear canal obstruction in Ear Acoustic Authentication**

**PHAM THE THAO：電子機械システム工学専攻（矢野 昌平 准教授，和久井 直樹 助教）**

耳音響認証とは耳にマイクロホンを内蔵したイヤホンを装着し、イヤホンより音響信号を再生し、外耳道内で反射・回折・干渉した音波を内蔵したマイクロホンより收音することで個人を認証する方法であり、本研究室が提案している方法である。顔や指紋が人それぞれ異なるように耳の中の形状や鼓膜のインピーダンスが異なるため、その音響特性にも差異が生じると考えられる。しかし、音響信号は気温や気圧の変化等の測定環境によって変わる。そのため同一人物であっても測定環境の違いによって收音されるデータに差異が生じる。これは観測揺らぎと呼ばれ生体認証における識別精度の劣化につながるものとなる。これまでに気圧の変動と耳音響認証の認証精度との関係について実験的に検討を行った。この検討中に、あくび等を行った場合に音響特性が変化する可能性が示唆された。本研究では、耳抜きにより外耳道の閉塞状態を変化させ、耳音響認証にお

いて必要となる外耳道内の音響特性を測定により取得し、その影響について実験的に検討を行う。これにより外耳道閉塞の影響と耳音響認証の認証精度との関係を見出す。また、外耳道の閉塞状態と気圧変動との影響について関連性を見出すことを目指す。

耳道閉塞状態により認証精度 EER の値に変化が発生すると分かった。その原因としては、外耳道閉塞する時に鼓膜の奥の器官である耳管が閉じ中耳内の音響特性が変化すると考えられる。これにより、イヤホンから再生された音響信号による鼓膜振動が、鼓膜内側の中耳内圧により変化し、鼓膜からの反射波の変化とつながり、耳音響認証の認証精度である EER に影響を与えると考えられる。

### **短パルスレーザーによるチタン板表面の微細加工と撥水機能の付与**

#### **Microfabrication on titanium plate surface by a short pulse laser and addition of water repellency to the surface**

**藤島 睦：電子機械システム工学専攻（中村 奨 教授）**

濡れ性とは、固体表面に対する液体の濡れやすさを表すものである。特に固体表面の水を弾く性質、いわゆる撥水性は自然界の蓮の葉を始めとして、傘、衣服、調理器具、ガラスなどの性能向上に利用されている。材料への撥水処理法としては、コーティング法が一般的である。しかし、コーティング法は膜の剥離が問題点として挙げられる。この他の手法として、近年、レーザーによる表面改質が行われている。基材にレーザー照射を行い、表面に微細な凹凸構造を周期的に形成させ、基材表面の性質を変えることで水に濡れやすい、あるいは濡れにくい状態を作り出すことができる。本研究では金属の中でも汎用性に優れているチタン板表面に超短パルスレーザー光を照射し、濡れ性の評価を行った。

### **研削液内部供給機構を有するレジンボンド砥石の評価**

#### **Evaluation of resin bond grindstone with inside grinding coolant supply mechanism**

**山崎 海登：電子機械システム工学専攻（井山 徹郎 准教授）**

研削液は砥石による研削加工において、砥石と工作物を潤滑、冷却させる役割を担っている。しかし、研削液を外部から供給する方法では、複雑な形状の工作物の場合、研削液が細部まで行きわたらず加工が困難である。そのため加工面から直接研削液を供給することができる機構を持つ砥石が求められる。しかし従来の砥石の作製方法では複雑な形状を持つ砥石を作ることは不可能である。

本研究では、3D プリンタを用いて研削液を砥石内部から供給することができる砥石の作製をすることを目的とする。3D プリンタの優れた造形特性を活かすことで物体の外表面だけでなく、ウォータージャケットの様な内面へ複雑な形状を持たせることが可能である。ここでは砥石内部に流路を持たせ、研削液を内部から供給できる砥石の有効性について実験的に評価した。

### **耳音響認証精度に係る環境音クラスタリングの研究**

#### **A study of environmental sound clustering related to the accuracy of Ear Acoustic Authentication**

**結城 遼：電子機械システム工学専攻（矢野 昌平 准教授，和久井 直樹 助教）**

近年，生体情報を用いた生体認証が注目されている．しかし，生体認証においては，認証時の環境によってはノイズが発生する可能性があるという問題がある．

そこで，環境音をクラスタリングし，どのような環境音が耳音響認証の認証精度に影響を与えるのかを調べることができれば，認証精度の低下に関連する要因を最小限に抑える信号処理方法が見つかるのではないかと考えた．

本研究では，様々な環境音に対して音響成分に基づくクラスタリングを提案・可視化し，クラスタリングと耳音響認証精度との関係を実験的に調べた．その結果，環境音源は複数のクラスに分類できること，一部の環境音は複数のクラスにまたがること，クラスタリング手法によっては環境音のクラスと認証精度に相関があることがわかった．

### **Bluetooth を用いた災害救助信号伝送の向上に関する研究**

#### **Research on Improving Disaster Relief Signal Transmission Using Bluetooth**

**渡邊 夕樹：電子機械システム工学専攻（樺澤 辰也 教授）**

現在，日本では様々な災害が起きており，その災害によって多くの人たちが命を落としている．そこで多くの人命を救うためには，避難に必要な情報を発信する必要がある．移動型通信は今では生活に欠かせないものとなっているが，初期の移動通信システムから用いられている方式が，セルラシステムである．しかし被災時など，基地局を介した通信であるセルラシステムでの通信が，基地局の倒壊や周波数不足などの要因により通信困難な場合に陥った際，エピソード通信を用いることで，必要な情報を発信する方法が注目されている．エピソード通信とは，発信したい情報を持つ端末が通信可能範囲内にある端末に情報を渡しながら「移動」することにより，情報を空間的に拡散し，伝搬する方法である．そこで災害時に，エピソード通信を用いたシステムの有用性を明らかにし，信号伝送の向上について明らかにする必要がある．

## 物質工学専攻

### 茶カテキンのチオール化学修飾と機能性評価

#### Preparation of (+)-catechin derivatives using regioselective modification, and *in vitro* evaluation of antioxidant activity

石澤 昂昌：物質工学専攻（奥村 寿子 准教授）

茶は、抗酸化や抗ガン作用など慢性疾患に効果があるとされ、これらは主にカテキン類の働きによるが、カテキン類は水溶液中において不安定なため、容易に酸化重合してしまうことが報告されている。そこで、本研究では、(+)-カテキンにチオール化合物を化学修飾し、安定性や抗酸化活性、疎水性に対するチオール付加の効果进行调查した。実験方法は、 $\text{NaIO}_4$  樹脂を用いて(+)-カテキンを酸化し、その後チオール化合物を添加することで(+)-カテキン誘導体を作製した。その結果、チオールはカテキンの B 環 2' または 5' 位に付加することが明らかになった。N-アセチル-L-システイン(NAC)または 2-フルフリルチオール(FFT)を用いて作製した(+)-カテキン誘導体の機能性評価として溶液中の安定性試験、抗酸化活性試験、疎水性試験を行った。安定性試験および疎水性試験の結果は、NAC 付加(+)-カテキン 2 種(2' および 5' )は(+)-カテキンと比べ水溶液中における高い安定性を示した。FFT 付加(+)-カテキン 2 種(2' および 5' )は水溶液中における安定性は低下したが、高い疎水性を示した。以上の結果から、チオール化学修飾によって(+)-カテキンの物理化学的特性は、容易に変化させることが可能であると明らかになった。

### アルコール溶媒中における 4-メチルカテコールの反応に関する研究

#### Studies on the reaction of 4-methylcatechol in alcoholic solvents

鎌田 大輝：物質工学専攻（奥村 寿子 准教授）

カテキンをはじめとするポリフェノール類が有する抗酸化物質は生体物質の活性酸素種やフリーラジカルを消去し、生活習慣病などに期待されている。ポリフェノール類の抗酸化能の測定には簡便で安価な DPPH 法が知られており、ラジカル消去活性はフェノール性水酸基の数や結合位置に大きく依存している。水酸基が 2 つ並んだカテコール構造を持つ化合物は、ラジカルを 2 等量消去して *o*-キノン体へ変換されやすい。カテコール化合物の 2 電子酸化によって生成した *o*-キノン体は求電子性が高まっているため、グルタチオンやシステインなどの強い求核試薬と容易に付加体を形成する。先行研究では、遊離チオール化合物の N-アセチル-L-システイン(NAC)が DPPH 法による 4-メチルカテコール(4-MC)の抗酸化能評価に与える影響を調べた際、4-MC の抗酸化能は上昇し、反応溶液中に NAC 付加体が観測された。NAC の付加により 4-MC の *o*-キノン体の還元が起こり、再び DPPH ラジカルを消去することが可能となるため、NAC 共存下において 4-MC の抗酸化能が上昇したと考えられる。また、DPPH 法で希釈溶媒として用いられるエタノールがポリフェノールの抗酸化能測定に影響を及ぼすと考え、4-MC の抗酸化能測定時に希釈溶媒としてメタノールを用いて実験を行った。その結果、エタノールを用いた場合と異なり再現性が低下した。そのため用いるアルコールが DPPH 法に影響すると考えた。本研究では DPPH の代わりに濾別が容易な  $\text{NaIO}_4$  樹脂を酸化剤として使い、4-MC キノンに対するアルコールの反応性及び反応機構について LC-MS 分析及び UV 分析を用い検討した。またカフェ酸(CA)及びクロロゲン酸(CQA)は、4-メチルカテコールと同様にカテコール構造を有するため CA と CQA に対するアルコール付加反応の検討も行った。

## 新規動物モデルを目指した *Eisenia* spp. 異種遺伝子発現系の構築及びプロモーター配列の取得 Construction of *Eisenia* spp. heterologous gene expression system and cloning of the promoter region to develop novel animal hosts

神田 直輝：物質工学専攻（赤澤 真一 准教授）

バイオ医薬品である糖尿病治療薬インスリンは、遺伝子組換え大腸菌によって生産されているが、一般的にバイオ医薬品や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。そこで昆虫細胞等の異種遺伝子発現系が開発されてきたが、昆虫細胞で発現不可能な遺伝子はコスト面や操作性で劣る動物細胞での生産を試みるしかなかった。そこで、従来の微生物・細胞にとられない、生産調整も容易な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（ヒト化動物/植物）」の創出が研究されてきた。この一環として、我々はミミズ *Eisenia* spp. に着目し、新規宿主・異種遺伝子発現系の開発を目指した。本ミミズは OECD（経済協力開発機構）が土壌毒性試験モデルとして認定しており、世界中で入手が容易且つ、翻訳後修飾が可能であるため、新規動物性タンパク質生産宿主としてのポテンシャルを十分に秘めている。

そこで我々は遺伝子導入法の構築に取り組み、これまでにミミズ尾部断片の一過性発現系の構築に成功した。しかしながら、低いトランスフェクション効率及びタンパク質生産性が課題となっていた。そこで本研究では、トランスフェクション効率の向上のためにマイクロシリンドリヤやガラスキャピラリーを用いたミミズ尾部断片への最適トランスフェクション法の検討を行った。また、ミミズでルシフェラーゼ遺伝子以外の異種遺伝子が発現可能か検証するため GFP 遺伝子とヒトエリスロポエチン（hEPO）遺伝子の導入を行うと共に、遺伝子の転写効率を向上させるために、ミミズ由来プロモーターの取得を試みた。

## 清酒酵母の FAS2 変異が中鎖脂肪酸合成に与える影響 Effects of FAS2 mutations on medium-chain fatty acid synthesis in sake yeast

児玉 夏樹：物質工学専攻（田崎 裕二 教授）

清酒酵母において、脂肪酸合成酵素（FAS2）の 1250 番目のアミノ酸のグリシンがセリンに置換（1250S）すると、中鎖脂肪酸カプロン酸の合成量が増加する。また、1250S 以外でも、1253A、1279Y および 1280F のアミノ酸置換をもつ FAS2 変異株が分離され、それらはカプリル酸を高生産することが分かっている。本研究では、これらの FAS2 変異がカプリル酸の合成量の増加に関与することを明らかにするためにに行った。それぞれのアミノ酸置換に由来する変異した FAS2 遺伝子を含む組換えプラスミドを作製し、形質転換酵母およびセルフクロニング酵母を作出し、アミノ酸置換の中鎖脂肪酸の合成への影響を調べた。

はじめに、実験室酵母 YPH250 を用いて形質転換酵母 YPH250-pRS1250G、YPH250-pRS1250S、YPH250-pRS1253A、YPH250-pRS1279Y および YPH250-pRS1280F を作出した。次に、麹汁培地で培養した 5 種類の形質転換酵母の培養上清の中鎖脂肪酸組成を測定した。YPH250-pRS1250G と比べて、カプロン酸濃度は YPH250-pRS1250S でのみ若干上昇した。また、カプリル酸濃度は YPH250-pRS1279Y と YPH250-pRS1280Y でのみ若干上昇した。これらの結果より、1279Y と 1280F のアミノ酸置換は、カプリル酸の合成量の増加に関わる可能性は示したが、確定することはできなかった。そこで、宿主に脂肪酸を多く合成する清酒酵母 K901 を用いて、K901-pAUR123-1250G と K901-pAUR123-1279Y の形質転換酵母を作出し、中鎖脂肪酸組成を測定した。K901-pAUR123-1250G と比較して、K901-pAUR123-1279Y において、カプリル酸の濃度に上昇を見ることはできなかった。

以上の結果より、変異 FAS2 遺伝子を含む組換えプラスミドを保有する形質転換酵母では、染色体 DNA に存在する野生型 FAS2 が 2 つ存在し、変異 FAS2 遺伝子の影響が脂肪酸合成に出づらいと考えられた。よって、野生型 FAS2 を変異 FAS2 に変化させるセルフクロニング酵母の作出を現在行っている。

## 湿熱処理による炊飯用低アミロース米「ミルキークイーン」玄米の開発

### Development of brown rice of the low-amylose rice variety "Milky queen" for soft cooked rice by heat-moisture-treatment

高野 陸：物質工学専攻科（菅原 正義 教授）

全粒穀物の豊富な食事には精白した穀物の多い食事よりも、2型糖尿病や心臓血管疾患のリスクが低いという関連が認められている。しかし、主に全粒穀物として摂取されている麦類にはグルテンが含まれており、グルテン関連障害を引き起こす可能性がある。そこで、麦類の代替品としてグルテンフリーな全粒穀物である玄米に着目した。玄米の水を吸いにくく、炊飯に時間がかかる問題を解決するために湿熱処理を施した。湿熱処理は、デンプン糊化条件以下の低水分において水蒸気加熱する、化学薬品を使用しない安全でクリーンな加工処理である。本研究では調理性の良い玄米を開発する目的で、低アミロース米品種に及ぼす湿熱処理の影響を検討した。

## 動物性タンパク質が生産可能な新規 *Eisenia* spp. 細胞株樹立法の開発

### Establishment of cell lines for novel *Eisenia* spp. in vitro protein production systems

長谷川 輝：物質工学専攻（赤澤 真一 准教授）

薬理作用や治療効果を持つタンパク質はバイオ医薬品として大腸菌やチャイニーズハムスター卵巣（CHO）細胞などから生産されている。しかしながら翻訳後修飾の可否等により、ヒト等の動物性タンパク質を簡便に生産することが出来る生産宿主は少なく、新規動物性タンパク質生産宿主が求められている。この一環として我々は、ミミズ *Eisenia* spp. に着目した。ミミズ *Eisenia* spp. 体腔細胞の培養には高価な CO<sub>2</sub> インキュベーターが不要であり、ミミズ個体ではヒトエリスロポエチンの生産に成功していることから培養細胞を用いたバイオ医薬品の生産コスト削減への貢献が期待できる。また、*Eisenia* spp. は経済開発協力機構（OECD）の毒性試験モデル生物として世界的に広く飼育されており試験法も規定されている。しかし、この試験法では個体差が大きいことが課題となっているため細胞を用いた方法が研究されているが、現状では実験毎に異なる細胞を取得せざるをえず、より高い再現性を目指すためには細胞株の樹立が必須である。

そのため、本研究では体腔細胞培養条件、細胞長期保存法、トランスフェクション条件、ミミズ組織からの生細胞取得方法、ミミズ個体腫瘍形成条件及び細胞単位での変異の検出法としてアルカリコメットアッセイの電気泳動条件を検討した。

その結果、体腔細胞の安定的な培養に成功し、細胞凍結保護剤として、10%DMSO 含有 Hansen S-301 培地が有用である事が示唆され、安価な DMSO でも長期間に渡り細胞が保存できることが明らかとなった。しかし、トランスフェクション条件の検討においてはミミズ体腔細胞において GFP の緑色蛍光は検出されなかった。さらに、ミミズの臓器から、複数種の遊離した生細胞を確認し、より効率的な組織からの生細胞取得方法として酵素処理が有用であることが示唆された。また、ミミズ個体の腫瘍化では長期間に渡る浸漬条件として、90 mm シャーレにて 1 mM から 10 mM の変異剤 EMS が適しており、アルカリコメットアッセイにおいては、50 V, 5 min が電気泳動条件として最適であることが明らかとなった。

本研究をさらに発展させることで、新規動物性タンパク質生産宿主として世界初の *Eisenia* spp. 由来細胞株の確立が可能となり、バイオ医薬品生産などのライフサイエンス分野から土壌環境問題まで幅広く応用可能なツールを日本から世界に発信することが出来る。

## 高温糖化山廃醸造に用いる乳酸菌の分離と醸造特性評価

### Evaluation of brewing characteristics of lactic acid bacteria isolates suitable for *yamahai* brewing of sake using a high temperature saccharification method

馬場 崇式：物質工学専攻（田崎 裕二 教授）

Two lactic acid bacteria (LAB) *Leuconostoc mesenteroides* and *Lactobacillus sakei* have been used to create *shubo* for sake production; however, brewing sake using LAB strains isolated from natural sources have never been reported. In this study, I attempted to isolate LAB suitable for the *yamahai* brewing of sake from *shubo* and plant ingredients. Forty-eight small-scale *shubo* without addition of LAB were produced at low temperature. Sixteen strains of microorganisms were isolated from 11 *shubo* batches, whose pH was reduced to <4.0, and from five *shubo* batches which produced a fruity odor. In addition, 50 strains of microorganisms were isolated from 218 plant samples cultured in MRS medium. To identify these 66 strains, Gram staining, catalase tests, gas generation tests, and 16S rDNA sequence analyses were performed. From these, six strains were identified as LAB strains and were selected as candidates for small-scale *shubo* brewing tests. The results suggested that out of the six, three strains may be used for *yamahai* brewing of sake. Further research would be required to examine small-scale *moromi* brewing using the three isolated LAB strains.

## バイオベースポリマーとチタン合金による複合材料の開発

### Development of porous Ti6Al4V/bio-based polymer composites

古屋 花純：物質工学専攻（宮田 真理 助教）

近年、環境調和型の循環型社会の構築に向けて、自然界に存在する再生可能なバイオマス資源から成るバイオベースポリマー由来の材料開発に関心が高まっている。中でもセルロースやキトサンは自然界に豊富に存在するバイオベースポリマーであり、そのポリマー骨格に化学修飾を行うことで、生体適合性に加えて新たな機能が追加された生体材料への応用が期待されている。セルロースは強固な水素結合を形成しているため材料としての強度が確保されているが、溶剤に限られていることから、成形加工性を高めて材料としての利便性を向上させるためには、可溶性置換基を導入することが必要である。バイオマス資源由来の化合物であるシクロデキストリンは、その構造の内部に疎水性物質を取り込んで包接錯体を形成する特異的な性質を持つことから、有効な機能物質を包接した生体材料への応用が期待されている。また、インプラント用生体材料として高い生体適合性を示すチタン合金が広く利用されており、ポリマーを複合することで優れた特性をもたらすことが報告されている。

本研究では、可溶性置換基を導入した一般溶剤に可溶性セルロースとシクロデキストリンを導入したキトサンを合成し、その機能特性について評価した。材料と生体組織との結合性や機能性を高めるために合成した種々のポリマーを多孔質チタン合金と複合し、ポリマー特性に基づくインプラント用生体材料としての機械的強度について明らかにした。

## 環境都市工学専攻

### 圧縮負荷を受けるオーステナイト系およびリーニ二相系ステンレス鋼製形鋼の座屈照査法

#### The buckling evaluation method of the shape steel members made of the austenitic and the lean duplex type stainless steels under compression

井崎 茜：環境都市工学専攻（宮崎 靖大 准教授）

1930年代、米国では、ニューディール政策の経済効果による景気回復を境にして、急速なインフラ整備が進められた。そのため、1980年以前、米国では土木構造物に対する十分な維持管理ができず、多くの道路施設が老朽化し、1980年代に維持修繕に力を入れてからも全体の約30%の欠陥橋梁が存在している状況であった。日本では、1960年代の高度経済成長期に道路整備が進められ、半世紀が経過した2013年の統計調査において、建設後50年を経過した社会資本は約18%、2023年には約43%になるといわれている。こうした土木構造物をこの先供用していくためには、的確な維持修繕工事の他に、新設・架け替え等が必要になってくる。そこで、米国での教訓を生かしつつ、損傷を抑え、ライフサイクルコストの低減に努めることが必要不可欠である。

ステンレス鋼は、炭素 1.2%以下、クロム 10.5%以上を含む合金であり、クロムを含有することにより鋼材表面に不動態被膜が形成される。不動態被膜は化学的に安定しているため、ステンレス鋼表面を保護する働きをもち、その結果ステンレス鋼は高い耐食性を有している。また、ステンレス鋼はリサイクル可能な材料であり、約80%から90%がスクラップとして回収されリサイクルされている。また、2015年にJIS化されたリーニ二相系ステンレス鋼により、高価となるニッケルの含有量を削減することによりコストを抑えつつ、これまでのオーステナイト系ステンレス鋼と同程度の高耐食性および汎用二相系ステンレス鋼に匹敵する高強度を実現させることが可能となった。

このようなステンレス鋼を土木構造物に使用することで、構造物のメンテナンス費用の削減および高強度鋼を用いることによる薄肉軽量化などの利点がある。実際に、ステンレス鋼製橋梁の一例として、ヘリックスブリッジやストーンカッターズ橋等があり、欧州では、ユーロコードによる設計基準類の確立もされている。しかし、わが国では、建築基準法によるステンレス鋼製建築構造物の設計基準が整備されているものの、各種ステンレス鋼を土木構造物に用いるための設計基準類が整備されていないのが現状である。

本研究では、オーステナイト系ステンレス鋼およびリーニ二相系ステンレス鋼を対象として、橋梁の二次部材への使用を想定した開断面柱部材について数値計算を行いその強度特性を明らかにすることを目的とする。また、得られた結果を用いて、ステンレス鋼製開断面柱部材の座屈照査法を提案する。

### 表層品質に着目したコンクリートの締固め判断指標の検討

#### Examination of the concrete compaction judgment index focusing on surface quality

稲田 大地：環境都市工学専攻（陽田 修 准教授）

適切な締固め作業を行うことで、コンクリートは密実となり劣化の原因となる環境因子の侵入を防ぎ、耐久性を向上させる。本研究では、定量的な再振動実施時期の判断指標の確立を目的とした。先行研究をもとに締固め作業完了の判断指標を、コンクリートの凝結状態から推定可能であると仮定した。凝結状態の推定方法としてN式貫入試験を採用し、貫入割合より適切な再振動実施時期を定量的に示すことで検討を行った。

その結果、N式貫入試験を用いることで、時間的に設定できなかった再振動実施時期を定量的に示すことができた。また、表層品質評価試験より、仮定した適切な再振動実施時期での再振動が最も密実性を向上させた。

## 自己組織化マップを用いた打音点検の欠陥検知精度に影響を及ぼす打撃特性の抽出

### Extraction of Hitting Characteristics of Hammering Inspection in Improving the Accuracy of Defect Detection of Concrete Structures Using Self-Organizing Map

大越 悠生：環境都市工学専攻（村上 祐貴 教授）

本研究は、打音点検実務経験者 17 名を対象に、人工欠陥が埋設されたコンクリート壁面試験体を用いて欠陥検知精度測定試験および打撃特性測定試験を実施し、打撃特性が欠陥検知精度に及ぼす影響の評価を行った。また、測定した打撃特性を入力データとし、自己組織化マップを用いて打音点検の欠陥検知精度に及ぼす打撃特性の抽出を試みた。その結果、欠陥探索時（探索フェーズ）では、打撃力、ハンマの接触面積など打撃スイングに関する打撃特性が重要であり、欠陥の領域同定時（同定フェーズ）では、打撃距離間隔、打撃時の移動速度など叩き方に関する技能が重要であることが示唆された。

## 表面吸水試験装置を用いたコンクリート供試体の表層品質傾向に関する基礎的検討

### Basic Study on surface quality tendency of concrete specimen by surface water absorption test

長部 拓海：環境都市工学専攻（井林 康 教授）

鉄筋コンクリート構造物の表層部は、耐久性の観点から重要な項目であることが知られている。コンクリートの耐久性は、塩害や凍害、中性化などの劣化因子に大きな影響を受ける。表層部の品質が確保されていない構造物は、新設されてから比較的すぐに詳細な点検や補修が必要となり、構造物の維持管理において負担が大きくなると考えられる。そのため、表層部の品質確保は重要な課題であり、品質を高めるための要因を探る必要があると考えられる。表層品質を評価する手法として構造物に負担をかけずに評価できる非破壊試験手法に注目が集まっている。

そこで本研究では、表面吸水試験装置(SWAT)を用いて、角柱試験体と壁型試験体を対象に表層品質を調査した。

角柱試験体では、気温や湿度等の環境が安定した室内で基礎的な測定を行い、水セメント比(W/C)と養生温度の違いを調査した。その後、季節別に SWAT を行い季節依存性の調査を行った。また、初回測定から 1 年後に室内で測定を行った。室内で測定を行った結果、初回から再測定は表面吸水速度が小さくなったが、再測定から 1 年後測定では多くの試験体において表面吸水速度が大きくなった。季節ごとに SWAT を行った結果、冬の測定が最も表面吸水速度が小さくなり、夏が最も表面吸水速度が大きくなった。

屋外試験体では養生方法と型枠の違いによる表面吸水速度の傾向の違いを調査した。その結果、湛水養生と湿潤養生の両方において普通型枠よりも透水型枠の方が表面吸水速度が小さくなった。普通型枠において養生方法による表面吸水速度の違いはみられなかった。透水型枠において湿潤養生より湛水養生を用いた時の表面吸水速度が小さくなった。

SWAT の測定やデータ整理の時間の短縮のためにデータシートを紙媒体からタブレット端末での記入に変更した。結果として、データシートの管理が簡単になりデータ整理にかかる時間の大幅な短縮に成功した。

### **スマートフォンを用いた各種構造物の新たな点検システムの開発**

#### **Development of new inspection system for Various structures by using smartphone**

**島津 太一：環境都市工学専攻（井林 康 教授）**

The purpose of this study is to redevelop a citizen participatory inspection system as a website for smartphones using new software to solve problems encountered in the maintenance and management of the current transportation infrastructure. The system includes a function that allows local residents to easily perform inspections, a function that allows people to report the abnormalities of bridges along with photos, and a social networking service function that provides a place for local residents to communicate with each other. Thus, the system can improve the efficiency of inspections with the participation of local residents.

### **非破壊検査によるコンクリート構造物の表層品質評価手法**

#### **Investigation of surface quality inspection method for concrete structure by use of non-destructive test**

**高橋 海夢：環境都市工学専攻（陽田 修 准教授）**

In this study, the effects of the water content of young concrete on the surface air permeability were investigated to propose a method for evaluating the durability of newly built concrete structures. In addition, the change in the surface quality of concrete due to aging was studied using concretes with different mix designs and curing conditions. The results showed that we found a correlation between the coefficient of surface air permeability and the electrical resistivity at a depth of 10 mm from the surface layer, suggesting that the quality evaluation time of the surface air permeability test can be estimated.

### **気温減率の季節変動を考慮した融雪流出解析の高度化**

#### **Improvement of snowmelt runoff analysis taking into account seasonal variation of temperature lapse rate**

**滝澤 一輝：環境都市工学専攻（山本 隆広 准教授）**

春先の融雪流出を精度良く予測することは利水面、防災面で重要である。融雪流出解析の不確実性の一つに、気温減率がある。本研究では、日本の5つの流域を対象に各年の各月で気温減率を推定することによって、気温減率の季節性、地域性を評価した。さらに、気温減率マップを作成し、全国の気温減率の分布を評価した。その後、推定した気温減率を用いて日本の5流域で融雪流出解析を行い、気温減率が解析期間を通じて一定な場合と比較することによって、融雪流出解析において気温減率の季節性を考慮することの重要性を示すことを目的とした。結果として、気温減率には季節性、地域性が存在することを確認できた。融雪流出解析では、推定した気温減率を用いることによって、河川流量の再現性の向上を図ることができた。また、降雪が少ない地域では気温減率が融雪流出解析に及ぼす影響が小さいことが分かった。

**Anammox 細菌 "*Candidatus Kuenenia stuttgartiensis*" が保有する新奇な亜硝酸還元酵素の同定**  
**Identification of a novel nitrite reductase possessed by Anammox bacterium "*Candidatus Kuenenia stuttgartiensis*"**

中林 豊博 : 環境都市工学専攻 (荒木 信夫 教授, 鈴木 義之 特命助教)

In this study, a novel nitrite reductase (Nir) was purified and characterized from an anaerobic ammonium-oxidizing bacterium, "*Candidatus Kuenenia stuttgartiensis*". Nir was partially purified from a heat- and proteinase K-treated soluble fraction by anion-exchange and gel-filtration chromatography. The purified Nir showed 2.8  $\mu\text{M}$  and 85  $\text{nmol } \mu\text{g-protein}^{-1} \text{ min}^{-1}$  of  $K_m$  and  $V_{\text{max}}$  values for nitrite reduction, respectively. The Nir used methyl viologen (MV) as an artificial electron donor for nitrite reduction but not phenazine methyl sulfate (PMS) and N, N, N', N'-tetramethyl-p-phenylenediamine dihydrochloride (TMPD), and the nitrite was reduced to ammonia. Both SDS-PAGE and subsequent heme staining, and UV-Vis analysis indicated that the Nir contained heme c molecules, whereas a specific protein band did not appear on the PAGE gel after CBB staining; indicating that the Nir was composed of the peptides with heme c molecules. Direct evidence that heme c molecule reduce nitrite to ammonia is still lacking, which needs to be demonstrated in another study.

**長距離移動する発達過程にある泥水流の流動解析**

**Flow analysis of turbidity currents in growth process during long-distance**

中村 匠 : 環境都市工学専攻 (衛藤 俊彦 准教授)

均一な流体中に砂が浮遊した流体が流入するとき、その密度差により泥水流が形成される。泥水流は海底溪谷や大規模な貯水池で発生し、多量の土砂輸送を伴う流れであり、海岸域での漂砂や溪谷の地形変化に影響を与える。また、泥水流が海底ケーブル切断の原因であるという報告もある。泥水流は、底面の砂粒子の巻き上げと、底面への砂粒子の沈降、堆積を伴い流下する。そして、長期的に、何千キロという長距離を移動することがわかっている。

泥水流は、砂粒子を巻き上げながら発達していくことで、長期的に長距離を移動する流れとなると考えられるが、そのような発達過程における流動特性は明らかにされていない。また、泥水流を直接観測または、実験により流動特性を把握することは困難である。したがって、本研究では OpenFOAM を用いて、長距離移動する発達過程にある泥水流の数値解析を行い、先端部の移動速度、最大厚さ、最大濃度の変化を調べ、流動特性を明らかにする。

## 海洋窒素循環を担う anammox 細菌の代謝メカニズム及び酵素学的特性の解明

### Purification and Characterization of Anammox Bacterial Proteins Responsible for Massive Nitrogen Loss

永井 孔明：環境都市工学専攻（荒木 信夫 教授，鈴木 義之 准教授）

嫌気性アンモニウム酸化（anammox）細菌は海洋から発生する窒素ガス生成の最大 67%を担っているとされている。しかし海洋性 anammox 細菌の代謝メカニズムはいまだに解明されていない。本研究で我々は、*Scalindua* sp. husup a-7 及び *Kuenenia stuttgartiensis* からヒドロキシルアミン脱水酵素（Hao）、ヒドラジン脱水酵素（Hdh）およびヒドラジン合成酵素（Hzs）を精製し、酵素活性を調査した。*Kuenenia Hao* の  $V_{max}$  は  $0.15 \pm 0.03 \mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$  であり、 $K_m$  は  $9.1 \mu\text{M}$  だった。また、塩分濃度による酵素活性への影響を調査した結果、塩分濃度 1.0-4.0% で部分的に酵素活性が阻害を受けた。*Scalindua Hdh* のヒドラジン酸化の有無を UV-Vis 測定によって調査した結果、*Scalindua Hdh* のヒドラジン酸化を確認した。*Scalindua Hzs* のヒドラジン酸化活性を GC/MS で窒素ガス生成を測定することで調査した。しかし、試験に供したタンパク質量が少なかった（0.22 mg）ため、窒素ガス生成を検出できなかった。今後、タンパク質量を増やして再実験を行い、*Scalindua Hzs* のヒドラジン酸化活性を調査する必要がある。

## 海洋性 *Nitrospira* の生存戦略の解明

### New ecological insights into microbial competition between marine nitrifying bacteria, *Nitrospira* sp. and *Nitrosomonas* sp.

根津 拓福：環境都市工学専攻（荒木 信夫 教授，鈴木 義之 特命助教）

We have developed a down-hanging sponge (DHS) reactor that shows good nitrifying activity under low temperature (10-20°C) conditions. We analyzed the bacterial flora in the DHS reactor and found that nitrite oxidizing bacteria (NOB), *Nitrospira* sp., were five times more abundant than ammonia oxidizing bacteria (AOB). Theoretically, the amount of Gibbs free energy obtained from the nitrification reaction was 3.7 times higher for the AOB than for the nitrite oxidation reaction. Therefore, AOB should be more abundant than NOB. In this study, we investigated the reason why *Nitrospira* sp. were more abundant than AOB by metagenomic analysis,  $^{14}\text{CO}_2$  uptake, and verification of nitrate reduction reaction in the DHS reactor. The results showed that *Nitrospira* sp. fixed  $\text{CO}_2$  using the rTCA circuit, which consumes 1/3 less ATP than AOB. These results suggest that *Nitrospira* sp. could be more abundant than AOB in the DHS reactor because it has a  $\text{CO}_2$  fixation pathway that uses less ATP than AOB, and the amount of  $\text{CO}_2$  taken up during the nitrification reaction is higher than that of other NOB.

**打音点検における欠陥検知精度向上および平準化に資する打撃特性に基づいたトレーニングの効果の検証**  
**Design and Verification of the Training of Hammering Inspection Aimed Improvement and Leveling of Defect Detection Accuracy Based on Hitting Characteristics**

**林 純哉：環境都市工学専攻（村上 祐貴 教授）**

本研究では、打音点検精度の向上ならびに平準化を目的とする。打音点検実務経験者 15 名と未経験者 6 名を対象として、人工欠陥を埋設したコンクリート壁型パネルに打音点検を実施し、欠陥検知精度と打撃特性を計測した。実務経験者と未経験者の平均欠陥検知率は 59.8%、29.9%、変動係数は 14.2%、18.1%であった。各種センサにより数値化された打音点検技能を指標として、運動技能獲得理論に基づいた打音点検トレーニングを未経験者に実施した。その結果、未経験者の欠陥検知率は 52.6%まで向上し、変動係数は 2.7%まで減少した。提案したトレーニングは欠陥検知率の向上と平準化に繋がることが分かった。

**コンクリート工の表層品質向上を目的とした養生方法の検討**

**Study on curing method for improving surface quality of concrete works**

**南 海渡：環境都市工学専攻（陽田 修 准教授）**

The purpose of this study is to improve the quality of the surface layer under severe conditions by using water-permeable formwork, and to improve the effectiveness of the water-permeable formwork, flooded curing was used. The surface air permeability test and surface water absorption test were conducted, the ultrasonic method was used, and the chloride ion content was measured and evaluated from the perspective of mass transfer resistance and densification. Consequently, it was confirmed that the surface layer quality improved by using water-permeable sheets and flooded curing. In other words, it was confirmed that the quality of the concrete surface layer could be improved by using the water-permeable formwork, and concurrently, the penetration of chloride ions could be suppressed, suggesting that a dense concrete surface layer could be formed with less deterioration.