

専攻科特別研究題目
及び要旨一覧

令和4年度

○専攻と研究テーマ

電子機械システム工学専攻

補強繊維方向を変化させたFRP接着継手の強度特性	五十嵐 瑞輝
アドホック・セルラ方式における通信トラヒックの過渡特性の解析	大井 壱晟
医療応用に向けた複合磁性材料の開発	大谷 響輝
太陽電池への応用に向けたCu ₂ ZnSnS ₄ バルク結晶の物性評価	小倉 雅俊
ケステライト・バルク結晶太陽電池の開発	栗林 新
海洋汚染除去に向けた遷移金属酸化物半導体の活用	小松 慎
界面反応を制御したチタン粒子分散Al-Li複合材料の圧縮強度特性	近藤 佑
動体上の降雪粒子除去を目的とした領域抽出法	佐藤 溪介
物体搬送作業を想定した操作型フレキシブルアームの操作支援	佐藤 悠斗
チタン/ジルコニア焼結接合材の組織と強度に及ぼすY ₂ O ₃ 量の影響	佐原 直都
TiN焼結体を工具電極に用いたTi合金への放電コーティング	杉澤 秀真
左官技能の自動化を目的とした表面均しロボットの開発	高橋 我公
HoloLens2を用いた打音点検の技術向上を支援するシステムの開発	田邊 直暉
CZTS化合物薄膜太陽電池におけるpn接合プロファイル制御技術開発	田巻 拓道
柔道競技の動作の3Dアーカイブ化	劔 一輝
生体医療材としての生分解性Mg/Ti焼結接合材の組織と界面強度	永井 泰稀
FRET観測におけるアクチン繊維の蛍光領域抽出	西片 一路
針なし注射器における薬液皮内拡散評価用皮膚モデルの開発と評価	本間 拳
雪堤崩れを引き起こす不安定化要因の検討	本間 翔大
音響支援を用いた外観検査システム開発	矢野 夏海
反射輝度解析に基づくコンクリート表層品質評価法の改善	山岸 遼平
CycleGAN-VC2を用いた明瞭な音声の再生に関する研究	山坂 昌司
生体適合性バイオポリマー含侵多孔質チタン基コンポジットの開発	山之内 幹

物質工学専攻

ミミズ細胞株の構築を目指した細胞増殖条件の検討	五十嵐 梨紗
水酸アパタイトナノ粒子-ヒアルロン酸ナノハイブリッド膜の調製と評価	遠藤 碧
ポルフィリンからクロリンへの骨格変換を用いた光感受性物質の合成	恩田 詩緒梨
ひずみポルフィリンの合成とその構造研究	小山 竜之介
シクロデキストリン含有吸水性ポリマーの合成と機能評価	柴野 祥明
ポルフィリン複合体の合成と光感受性物質への利用	田中 健大
湿熱処理米ヌカ添加が製パン性に及ぼす影響	土田 紗綺
BiVO ₄ 複合型光触媒におけるOHラジカル生成反応機構の検討	寺尾 紫都
微量ミネラルの機能性に着目したオーダーメイド栄養処方	府川 凱
(Ge, Sn) S 薄膜太陽電池の作製	茂田井 大輝

環境都市工学専攻

熟達者の暗黙知に基づく左官技能継承法の確立	荻田 暁光
衝撃弾性波法を用いたコンクリート小遊間の欠陥領域評価手法の開発	児玉 瑞樹
橋梁定期点検時における実務点検者の意思決定に及ぼす要因分析	関川 周吾
路面性状データを用いた舗装補修工法の使用目標年数評価手法の検討	高嶋 冬依
交換可能な塩分吸着パネル接合による塩害環境下にある 鉄筋コンクリート建造物の延命加工法の開発	土田 統也
Cr-Ni系ステンレス鋼製中空正方形断面柱の連成座屈強度評価法	中村 健人
橋梁点検精度の平準化を目的とした点検技術者育成に関する研究	中村 柊太
ステンレス鋼と炭素鋼の異材継手部の腐食性状および引張強度特性	星野 由
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 広域な表層品質評価法の実装	宮 翼
SUS316およびSUS323Lの材料構成モデルに関する実験的研究	山田 悠作
数値シミュレーションによる厚板構造用鋼製部材の溶接継手における 残留応力および変形の把握	和田 知大

○研究要旨

電子機械システム工学専攻

補強繊維方向を変化させた FRP 接着継手の強度特性

Strength Properties of FRP Adhesive Joints with Different Reinforcing Fiber Directions

五十嵐 瑞輝：電子機械システム工学専攻（佐々木 徹 准教授）

近年、CO₂削減を目的とした構造物の軽量化が重要である。特に、CFRP(炭素繊維強化樹脂)をはじめとする FRP(繊維強化樹脂)は比強度、比剛性に優れ、軽量な材料であるため、自動車産業や航空機産業のマルチマテリアル化に伴い、需要が高まっている。2010年代にはFRPの補強繊維を自由度が高く配置できる3Dプリンタが開発され、3DプリントされたFRP構造が産業界に普及していくと予想されている。

一般に、FRPは金属材料と接合して使用される。接合の1つの手段である接着継手は、美観であり、施工が容易であり、面接合であるため応力分散ができるという利点がある。

しかし、FRP接着継手についての研究はいくつか行われているが、特に補強繊維方向の影響に注目した研究は多くない。本研究の様な3DプリントさせたFRPを接着継手の被着体として用いることで強度が求められる部分に補強繊維を適材適所配置し、軽量かつ高強度化が実現できる可能性があるが、そのためには基礎的な一方向に補強繊維を変化させたFRPを被着体とする接着継手の強度特性を調査する必要がある。また、異方性材料でもあるFRPは解析理論の類似性を用いた圧電材料の強度評価への応用が示唆されている。

これらの背景から本研究は、補強繊維を一方向に変化させたFRPを被着体とする単純重ね合わせ接着継手の強度特性を解明することを目的とし、引張せん断試験および理論解析を実施し、これらを基に接着継手が破壊する条件を調査した。さらに、引張せん断荷重下における接着継手の強度を向上させるための条件を調査した。

アドホック・セルラ方式における通信トラヒックの過渡特性の解析

Analysis of Transient Characteristics of Communication Traffic in Ad Hoc Cellular Systems

大井 宥晟：電子機械システム工学専攻（樺澤 辰也 教授）

現在、基地局のセル内で端末間同士の直接通信する方式を用いたアドホックセルラシステムが提案されている。このシステムでは、直接通信可能であるならば1回線を用いて直接通信を行う。それ以外では、従来の基地局を経由して、2回線を用いた間接通信を行う。この方式を用いることで、周波数資源不足の問題を解決することができる。

従来では、端末の移動を考慮し、生起呼量が一定の場合の定常状態にあるときの通信トラヒックの解析が行われている。しかし、災害時のような場合には、通話量が増加し、生起呼量が時間的に変動し、通信トラヒック特性も過渡的に変化する場合がある。これまでは、そのような通信トラヒックの過渡特性の解析は行われてこなかった。

そこで本研究では、アドホックセルラシステムにおいて、災害時のような場合に、呼量が時間的に急激に変動を考慮した通信トラヒックの過渡特性の解析を行うことを目的とする。

医療応用に向けた複合磁性材料の開発

Development of Composite Magnetic Materials for Medical Applications

大谷 響輝：電子機械システム工学専攻（平井 誠 准教授）

近年、高齢化社会に伴い、がん患者が増加している。そこで、患者への負担や副作用が少ない点からハイパーサーミア療法に注目が集まっている。本実験ではハイパーサーミア療法に使用する磁性流体の作製を行った。この治療法では磁性流体を患者の体内に注入し、ドラッグデリバリーシステム（Drug Delivery System: DDS）によって患部へ誘導後、外部から高周波の磁場を印加する。磁場を印加することで発熱を促し癌死滅温度である 42.5 [°C]まで上昇させることで癌を死滅させる、しかし、磁性ナノ粒子はバルク体とは違った磁気的性質を持っており、発熱温度は交流磁場の周波数と強度、粒子の粒径などが強く影響する。そのため粒子の発熱を正確に評価することは難しい。また、水中に分散したナノ粒子を発熱させることは、水の冷却効果を考慮すると非常に困難である。粒径が数 [nm]から 100 [nm]の範囲である磁性ナノ粒子は、界面活性剤を用いることで水中に分散し、磁性流体になる。また、上記液体中の磁性ナノ粒子は外部の交流磁場によって発熱する性質を持っている。そこで今回は、バルク体としての性質を持ち、発熱の安定したマイクロサイズの粒と界面活性剤を用いて実験環境の最適化を行った。はじめに、XRD を用いて熱処理温度に対する酸化物の構造や割合を確認した。熱処理温度を最適化することで磁気特性の高いナノ粒子を作製ができた。最適な温度は 700 [°C]であることが分かった。しかし、その後の超音波やすりつぶしなどの工程があることを加味し 600 [°C]で熱処理を行った鉄を用いた。その後、界面活性剤と 600 [°C]で熱処理を行った鉄を調合し超音波を印加することで酸化膜を引きはがしその表面に界面活性剤を付着させることで磁性流体の作製を行った。磁性流体を作製する際に超音波洗浄機による印加時間を変更することで磁性流体の濃度が変化した。また、印加時間が長すぎることによって沈殿が生じハイパーサーミア療法に使用できない磁性流体ができてしまった。最適な印加時間は 5 [h]であることが分かった。今回は酸化した磁性マイクロ粒子を機械化学的にナノサイズ化させることで大量合成し、磁性流体の作製を試みた。その結果、XRD による解析により 30 [nm] 程のナノ粒子の確認ができたことからナノサイズの酸化物の表面に界面活性剤を付着させることで磁性流体の作製に成功していることを確認した。また、その磁性流体で誘導加熱実験を行い、磁性流体の温度がガン死滅温度である 42.5 [°C]に到達することを確認した。

太陽電池への応用に向けた $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ バルク結晶の物性評価

Characterization of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ Bulk Crystals for the Photovoltaic Application

小倉 雅俊：電子機械システム工学専攻（大石 耕一郎 教授）

SPS (Spark Plasma Sintering) 法を用いて作製した $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ バルク結晶を交流ホール効果測定とフォトルミネッセンスにより測定及び評価を行った。活性化エネルギーは導電率の温度依存性に対し、Thermal Emission over Grain Boundaries (TE/GB) と Nearest Neighbor Hopping (NNH) の式を近似することで導出した。また、アクセプタ準位はキャリア密度の温度依存性から約 90-140 meV、フォトルミネッセンスの発光ピークの温度依存性から約 14-35 meV と見積もられた。そこで、交流ホール効果測定とフォトルミネッセンスから導出した活性化エネルギーを総合的に評価しバンド構造を推定した。

ケステライト・バルク結晶太陽電池の開発

Development of Kesterite Bulk Crystalline Solar Cells

栗林 新：電子機械システム工学専攻（竹内 麻希子 教授）

$\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ バルク結晶太陽電池を開発した。直列抵抗 (R_s) を改善させるために、 $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ バルク結晶に硫黄雰囲気中熱処理、アンモニア水、塩酸、過酸化水素水を用いた薬品処理を行った。硫黄雰囲気中熱処理で表面状態が変化し、 J - V 特性の短絡電流密度および開放電圧が低下した。塩酸処理で表面状態の変化が確認された。過酸化水素水処理で表面状態の変化、ラマンスペクトルの半値幅の減少、EDS スペクトルに酸素のピークが確認された。 J - V 特性ではすべての処理で短絡電流密度および開放電圧が低下した。

並列抵抗 (R_{sh}) を改善させるために、デバイス表面のトリミング加工を行った。加工後の J - V 特性は短絡電流密度の低下および開放電圧の増加が確認された。

海洋汚染除去に向けた遷移金属酸化物半導体の活用

Application of Transition Metal Oxide Semiconductors for Marine Pollution Removal

小松 慎：電子機械システム工学専攻（平井 誠 准教授）

近年、油流出事故や産業排水による海洋汚染の増加が問題となっており、高効率の油水分離フィルターが必要とされている。本研究ではチタン(Ti)を用いてこのような問題の解決に貢献できるのではないかと考えた。そこで、熱処理や紫外線照射を行わず、レーザー加工のみで油水分離用 TiO_2/Ti フィルターを作製した。厚さ 100 [μm]の Ti 板に $\lambda = 532$ [nm]のレーザー光を f - θ レンズで集光したため、Ti 板の表裏で穴径が異なる。裏面の開口率 (y) は、穴数 (a) が 100~10000 穴の範囲で制御した。 TiO_2/Ti フィルター上の水滴の接触角 (θ_c) は y の増加とともに減少し、 $y = 11$ および 19 [%] の TiO_2/Ti フィルターの θ_c は約 8.0 [$^\circ$] を示し、この値は超親水性に近似していることが確認された。また、 TiO_2/Ti フィルターの分離速度 (v_s) は、 $y = 0.40$ から 7.0 [%]まで約 0.1 [cm/min]と一定であり、それ以上では 1.5[cm/min]まで急速に増加した。このように、レーザー処理により開口率を高めた TiO_2/Ti フィルターは、分離性能に優れていることが明らかとなった。今後の課題としては、繰り返し利用可能なフィルターの作製があげられる。

界面反応を制御したチタン粒子分散 Al-Li 複合材料の圧縮強度特性

Compressive Strength Properties of Titanium Particle Dispersed Al-Li Composites with Controlled Interface Reaction

近藤 佑：電子機械システム工学専攻（青柳 成俊 教授）

Al-Li 合金は高比強度、高比剛性に優れ航空機用材料として研究されてきた。主として溶製法で製造され、熱処理組織や時効硬化挙動、強度特性等が明らかにされている。しかし、Al-Li 合金を粉末焼結した材料組織と機械的特性は不明な点が多い。また粉末焼結法はニアネット成形が可能で、粒子添加による複合強化も設計できる。本研究では、放電プラズマ焼結法 (SPS 法) により Al-Li 合金粉末焼結材およびチタン粒子分散複合材料を製造し、その焼結挙動、組織と機械的性質を明らかにすることを目的とした。

動体上の降雪粒子除去を目的とした領域抽出法

Region Extraction Method for Removal of Snowfall Particles on Moving Objects

佐藤 溪介：電子機械システム工学専攻（上村 健二 准教授，高橋 章 教授）

近年，事故・犯罪の防止を目的とする防犯カメラの使用が推奨され，多くの場所に設置されるようになった．しかし，屋外においては降雨・降雪などのノイズが観測を困難にしている．特に，降雪粒子は降雨粒子よりも反射率が高く，観測対象の視認性に大きな影響を与えるため，降雪粒子の除去が望まれる．

降雪粒子除去を実現した既存手法は存在するが，降雪粒子ではない自動車などの他動体上に存在する領域を抽出・除去することができない．

そこで本研究では，固定カメラで撮影された降雪動画像に対し，連続フレーム間の輝度差分を用いることで，他動体上の降雪粒子領域を抽出する手法を提案する．

物体搬送作業を想定した操作型フレキシブルアームの操作支援

Operational Support System of Manual-Operated Flexible Robot Arm Assuming Object Transfer Task

佐藤 悠斗：電子機械システム工学専攻（佐藤 拓史 准教授）

人がロボットアームを操作して物体を搬送するような作業を想定し，搬送物の違いによらず作業性が変化しない操作支援系の構成について報告する．一般に人操作型ロボットアームによる作業では，作業効率を求める傾向が高く，高速動作を伴う作業には高い操作技術が要求される．このような作業には熟練オペレータが担当することになるが，熟練オペレータの養成にはトレーニング期間が長いなどの問題点がある．本研究では，熟練オペレータでなくとも，ロボットアームを操作し，効率的に物体搬送が行える操作支援系をロボast制御系設計の一つである μ 設計法を用いて構成した．構成した制御系の有効性を初心者相当の被験者による搬送タスク実験を行い，熟練オペレータと同等な性能を有していることを確認した．

チタン/ジルコニア焼結接合材の組織と強度に及ぼす Y_2O_3 量の影響

Effect of Y_2O_3 on the Structure and Strength of Titanium / Zirconia Sintered Joint Material

佐原 直都：電子機械システム工学専攻（青柳 成俊 教授）

酸化物セラミックスと金属を接合するひとつの方法に放電プラズマ焼結法 (SPS 法) がある．そこで，優れた耐腐食性と機械的性質をもつチタン材に，化学的に安定でかつ超硬質高耐摩耗性を有するジルコニア (ZrO_2) 粉末を焼結接合して，生体医療用材料として利用することを着想した．チタン表面に ZrO_2 粉末を焼結する際には，接合界面組織とその特性を制御することが必要で，安定した品質と信頼性の確立が課題となっている．

本研究では ZrO_2 粉末中の焼結助剤であるイットリア (Y_2O_3) 量が界面組織と強度特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした． Y_2O_3 は ZrO_2 の焼結の際に助剤添加物として使用されるが一般には Y_2O_3 は ZrO_2 の焼結特性を改善し，強度を向上させる．ここでは純チタンと Ti6Al4V 合金を基材として，その各々の表面に Y_2O_3 量の異なる ZrO_2 粉末を，同じ焼結条件で焼結した際の焼結接合材の界面組織等を調べた．

TiN 焼結体を工具電極に用いた Ti 合金への放電コーティング

Electric Discharge Coating on Ti Alloy Using TiN Sintered Body as Tool Electrode

杉澤 秀真：電子機械システム工学専攻（金子 健正 准教授）

In previous studies, when Electrical Discharge Machining (EDM) was performed using a titanium nitride (TiN) sintered body as a tool electrode, the surface of the Ti alloy was stably coated. It was observed that the film could be controlled by the discharge duration and discharge current. Therefore, in this study, to more accurately control the TiN film, we explored the effect of processing conditions other than those mentioned above on the film characteristics. The TiN sintered body produced using the Spark Plasma Sintering (SPS) method was machined into a cylindrical shape with a diameter of 5 mm and adhered to the tip of a round copper bar using a conductive adhesive to form a tool electrode. The workpiece was a Ti alloy (Ti6Al4V). The roughness of the machined surface was measured, an elemental analysis of the machined surface was performed, and the film characteristics were evaluated by observing the cross-section and the surface. The machining conditions of the machining environment were varied. Consequently, the ratio of nitrogen on the machined surface was larger in the air than in EDM oil, and the color of the machined surface was close to the gold color of TiN.

左官技能の自動化を目的とした表面均しロボットの開発

Development of a Surface Leveling Robot for Automation of Plastering Skills

高橋 我公：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 教授）

住宅の床面に施工する平坦なコンクリートを「土間コンクリート」と呼び、これらは左官職人が手作業で均すのが一般的である。しかし、左官職人の高齢化や技術継承が難しいことなどから職人は減少傾向にあり、これらの問題を解決するために、ロボット技術や ICT を活用した新しい取り組みが期待されている。

本研究では、土間コンクリートの均し作業の最終工程を自動化するロボットの開発を目的とし、特に左官職人の均し動作を再現する機構の開発と、均したコンクリート表面の滑らかさを画像処理によって評価する手法を検討する。また、自律的に土間コンクリート全面を均すことを最終目標とするため、凝固中のコンクリート上を移動できるキャタピラ式の移動機構に均し機構を取り付ける前提で均し機構を設計する。

ハードウェアの開発では主に均し機構の設計・製作とそれに伴う電子回路類の設計・製作に取り組む。ソフトウェアの開発では Arduino と各種センサからなる均し機構のフィードバック制御、均し機構と PC を接続し Python によるデータロギング、コンクリート表面の粗さを MATLAB 1) を用いた画像処理により評価するプログラムの開発に取り組む。

HoloLens2 を用いた打音点検の技術向上を支援するシステムの開発

Development of a System to Support Technological Improvement in Hammering Inspection Using HoloLens 2

田邊 直暉：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 教授）

近年、高度経済成長期に建設されたコンクリート構造物の老朽化が問題となっている。そのため、構造物の崩落事故などを未然に防ぐための点検作業が急務となっている。点検作業では、対象の構造物をハンマで叩き、その打撃音で異常度を判定する打音点検が広く行われている。この手法は簡易に実施可能であるが、人間の感覚に依存する官能検査のため、欠陥検知精度が点検者の技能に委ねられている。特に欠陥が打撃表面から深い位置にあるほど、反響音が小さくなり検知が困難となる。これらの問題を解決するために、近年 ICT や RT（ロボットテクノロジー）などの先端技術を駆使した定量的な打音点検手法として、測域センサを用いた打撃箇所可視化による点検漏れや点検結果のばらつきを防ぐ方法や、打撃音を人工知能で解析して異常度を判定する方法などの開発が進められている。その一方、点検者自身の技能継承や技能向上を支援するような研究・開発はあまり行われていない。

本研究では、点検者自身の点検技能の向上を促す支援システムの構築を目標とする。具体的には、まずスタンドアロン型のデバイスである Microsoft 社製 HoloLens2 を用いて、点検者が打撃した位置を 3 次元座標で取得し、デバイス上で可視化することで点検漏れを防止する。さらに取得した打撃音を解析して異常度を求め、色や音で知らせることにより欠陥の発見を促す。本開発で目指す技術は、ロボットなどを用いた打音点検の代替技術ではなく、点検漏れの防止や点検者の技能向上を図る技術である。これらのシステムを開発することで、従来に比べてより直感的な作業支援を行えるようになり、技能向上に繋がるものと考えられる。

CZTS 化合物薄膜太陽電池における pn 接合プロファイル制御技術開発

Development of P-N Junction Profile Control Technique for CZTS Compound Thin Film Solar Cells

田巻 拓道：電子機械システム工学専攻（島宗 洋介 教授）

Cu_2ZTS_4 は地球上に豊富に存在する Cu, Zn, Tn, S から成り、高い光吸収係数と太陽光スペクトルに適したバンドギャップを持つことから、次世代太陽電池材料として注目されている。しかしながら CZTS 薄膜太陽電池の製造工程は検討段階であり、実用的な変換効率には至っていない。本研究では、CZTS 薄膜太陽電池の表面に波長 445nm の半導体レーザーを照射し、CdS/CZTS 界面の局所加熱を誘発することで CZTS 多結晶の高品質を図った。実験結果からレーザー照射により CZTS 結晶の再成長を促進し、欠陥が低減されることを明らかにした。その結果、外部量子効率が向上し短絡電流密度の改善に寄与していることが分かった。以上の結果より、適切な条件でのレーザー照射は薄膜太陽電池の変換効率を改善することを示している。

柔道競技の動作の 3D アーカイブ化

3D Archiving of Movements of Judo

剣 一輝：電子機械システム工学専攻（高橋 章 教授, 上村 健二 准教授）

In this study, we propose a method to archive the motion of judo athletes in 3D. Multiple cameras are used to capture the athletes' motion, and 3D skeletal models are estimated and recorded as time-series data. First, 2D skeletal models are estimated using still images from each viewpoint with OpenPose. Next, the positions of the cameras are approximated with a weak perspective projection model. Then, the 3D position and orientation of the cameras are estimated. Finally, the intersection points of the line groups are estimated as 3D skeletal coordinates based on a collinearity condition. However, because the line groups comprise skew lines, weighted least-squares estimation is used to obtain the 3D skeletal coordinates. We archived the motion of osotogari and seoinage throws using five cameras with a single athlete.

生体医療材としての生分解性 Mg/Ti 焼結接合材の組織と界面強度

Microstructure and Interfacial Characteristics of Biodegradable Mg - Ti Sintered Bonding Materials as Biomedical Materials

永井 泰稀：電子機械システム工学専攻（青柳 成俊 教授）

Ti はその優れた機械的特性と生体親和性からインプラントとしての多数の実績がある。また、Ti は非常に活性であるため、酸化性雰囲気下で表面が容易に酸化され、緻密な酸化物表面皮膜（不働態皮膜）を形成する。この皮膜が化学的に極めて安定であるため、Ti を生体内に固定する手段として、現在、スクリューや縫合糸などの固定材が用いられている。これらの固定材はインプラント固定後に切除し、取り出される。しかし、手術のリスクを低下させるため、役割を果たした後速やかに体内にて分解・吸収されることが望ましい。これまで、生体吸収性材料として高分子やセラミックス材料のみが開発されてきたが、これらは機械的強度に乏しい。一方、Mg は高生分解性に加え高い比強度を持つ。また、生体必須元素であり、体内における安全性が高い材料としてインプラント用途に注目されている。そこで、Mg 粉末を純 Ti に焼結することで、優れた生分解性と機械的強度を併せもち、固定材を取り出す必要がない生体医療材料の製造を試みようと考えた。

本研究では市販の純 Ti 丸棒と 2 種類の純 Mg 粉末を用いて、放電プラズマ焼結法により Ti/Mg 焼結接合材を製造する。また、Ti 表面に形成される TiO_2 被膜の影響を調査するため、Ti 表面を酸化し、より厚い TiO_2 被膜を持つ Ti と Mg の焼結体を製造する。また、製造した焼結接合材の界面組織と機械的特性を調査する。

前述した通り、Mg は高い生分解性を持つことで知られているが、その生体環境下における腐食挙動は十分に明らかにされていない。そこで、本研究では疑似体液を用いて Mg, Ti, Ti/Mg 焼結接合材の生体環境下における腐食挙動を調査する。

FRET 観測におけるアクチン繊維の蛍光領域抽出

Extraction of Fluorescent Regions of Actin Filaments in FRET Observations

西片 一路：電子機械システム工学専攻（上村 健二 准教授，高橋 章 教授）

In the field of cell biology, cellular regions are sometimes extracted and analyzed.

Reproducibility is required for the extraction of cell regions, and image processing is often used for this purpose. However, a stable fluorescence extraction method for FRET observation of actin filaments has not been established because of the weak fluorescence observed and the thin shape of actin filaments.

In this report, I propose a method to determine the filament shape by approximating the blurring caused by the observation of actin filaments with a Gaussian function and using the center position parameter of the Gaussian function. I also proposed a method to determine the filament end point using the R^2 values of the Gaussian approximation in the frame of interest and the frames before and after the frame of interesting. Furthermore, the effectiveness of the proposed method was confirmed by testing it on actual actin filament observation videos with a signal-to-noise ratio of 8 dB.

針なし注射器における薬液皮内拡散評価用皮膚モデルの開発と評価

Development and Evaluation of a Skin Model for Evaluation of Intradermal Diffusion of Drugs in Needle-Free Injector

本間 拳：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 教授，工藤 慈 准教授）

低侵襲医療器具の一つとして、針なし注射器が挙げられる。針なし注射器とは、針を使用せずに薬液を皮下に投与することができる医療器具であり、現在では予防接種や歯科用麻酔、美容注射など大人から子供まで幅広い年齢を対象に、様々な薬剤の投与に用いられており、容易に使用が可能な針なし注射器の開発が求められている。

注射後の薬液皮内拡散の評価において、豚の皮膚を用いていたが、個体によって皮膚の硬さや厚みに差が生じるために評価基準が一定にならないという問題がある。そこで評価基準を一定にするために、メラミンスポンジや人肌ゲルを用いて作製が容易な評価用皮膚により針なし注射での拡散状態を評価した。また、皮膚表面の張力の影響から皮内拡散がどのように変化するかを調査した。

本研究ではシリンジ先端が密着しやすく薬液の逆流に耐えられるように、皮膚モデル表層を形成する材料をポリウレタン樹脂から気孔ができにくいウレタン樹脂に変更した。また実際の皮膚に近い状態で皮内拡散を評価するために、従来研究の2層構造ではなく4層の多層構造で皮膚モデルの作製・評価を行った。

皮膚モデルの材質を変更したことで、薬液の逆流とウェットショットを防ぐことができたため、皮膚モデルでの薬液拡散の観察が簡便になった。皮膚表面の張力の影響による皮内拡散を比較すると、張力をかけている状態のほうがメラミンスポンジ上部での拡散幅が広がっていることが観察された。また張力が高くなるほど、皮膚貫通時の最大噴射圧力が低下する傾向があり、皮膚の浅層で薬液が横に拡散している。しかし、張力の影響による薬液拡散状態の変化を定量的にとらえるまでには至っていないため、今後より多くのデータから考察する必要がある。

雪堤崩れを引き起こす不安定化要因の検討

Examination of Factors that Cause the Collapse of Snowbanks

本間 翔大：電子機械システム工学専攻（河田 剛毅 教授）

冬場の道路では除雪によって路肩に雪堤が形成される。雪堤の崩壊は交通事故を引き起こす可能性がある。走行速度が高い高速道路では、その重大性が大きい。高速道路では路肩と中央分離帯に雪堤が形成されるが、両者は形成過程が異なる。いずれも崩れの発生条件や崩れパターンすら明らかではない。新潟県は全国屈指の豪雪地帯であり、効率的な除雪法の需要は高い。解決に向かうためには、崩壊に関する力学的特性と主要因子の関係を明らかにする必要がある。

不安定化の要因として、路面に撒かれる凍結防止剤、中央分離帯の雪堤のオーバーハング形状、雪堤内部に生成される氷板の3つが挙げられる。考えられる不安定化の要因を元に、塩水がせん断強度に与える影響、新雪のせん断強度、氷板の層境界のせん断強度を調査した。塩水がせん断強度に与える影響の調査では、乾雪との比較実験を行った。塩水を含んだ雪のせん断強度は、乾雪の半分程度となる結果となった。粗大化によるせん断強度低下は、想定していたよりも早く進行した。新雪のせん断強度の調査では、過去に収集したざらめ雪のせん断強度と比較を行った。新雪のせん断強度はざらめ雪の半分程度であった。

音響支援を用いた外観検査システム開発

Visual Inspection System Development Using Acoustic Support

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

概要製造業では、出荷前に目視で全数または一定数の製品を検査し、良品か不良品かを判断する外観検査が行われている。しかし、長時間の単純作業や精神的な負担が大きいため、改善が求められている。そこで、人間の目視検査に代わって良品・不良品の判定を行う「異常検知 AI」が、人間の作業負担を軽減する方法として注目されている。異常検知 AI では、検査員には不良箇所およびその不良具合を視覚化するヒートマップが提供される。そこで、ヒートマップ画像を音による聴覚刺激として提供することで、異常検知 AI をすり抜けた不良品の判定を向上させる手法を提案する。ヒートマップという視覚情報を聴覚情報に変換することで、目視による異常検査 AI と音による異常検査とのハイブリッド検査手法の有効性について確認を行った。目視による異常検査 AI では、画像を変更することで、80%以上の検出精度を達成することができた。音による異常検知では、全体の 83.3%の正答率が得られた。

反射輝度解析に基づくコンクリート表層品質評価法の改善

Improvements in the Evaluation of Concrete Surface Quality Based on Reflectance Luminance Analysis

山岸 遼平：電子機械システム工学専攻（上村 健二 准教授, 村上 祐貴 教授）

The quality of concrete surface layers can be evaluated based on the amount of water absorbed by the concrete surface. In this study, we evaluated concrete surface quality using the variation in reflected luminance due to the absorption of water by the concrete surface. We modeled the amount of water absorbed by concrete surfaces by measuring the change in reflected luminance for several panels with known amounts of absorbed water at the same time as the evaluation target and then evaluating the results using multiple regression analysis. However, the accuracy of this estimation is limited by disturbances caused by changes in the illuminant and the specular reflection of wet concrete surfaces outdoors. Moreover, the choice of concrete panels also affects the accuracy of the estimation. Therefore, in this study, I aimed to improve the accuracy of such estimation by reducing specular reflection with a polarizing filter and introducing a more robust estimation method which is affected less by disturbances. I also investigated the relationship between different combinations of concrete panels and the accuracy of the estimation. The results of these investigations confirmed that the choice of concrete panels exhibited a greater effect on the model than the techniques to mitigate disturbances.

CycleGAN-VC2 を用いた明瞭な音声の再生に関する研究

A Study on Intelligible Voice Reproduction with CycleGAN-VC2

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

「声がこもる」現象は、コミュニケーションの質に重大な影響を及ぼす問題である。これは発話者のマスクの着用や不十分な口の動き、声帯の異常などの影響で発声が妨げられることで発生する。これにより聞き手が発話内容を正確に聞き取ることができないことが多々ある。この問題により会話の円滑な進行が妨げられ、コミュニケーションの質の低下や双方のストレスの増加に繋がる。このような背景から、こもった音声から聞き取りやすい音声へ改善する技術の開発は会話の質の向上とともに、健全なコミュニケーション環境の構築に向けた重要な課題である。近年データ生成手法として敵対的生成ネットワーク(Generative Adversarial Network, GAN)が注目されている。また GAN が用いられた、音声の生成に特化したアルゴリズムである CycleGAN-VC2 が開発された。CycleGAN-VC2 を用いればこもった音声から聞き取りやすい音声を生成できる可能性があると考えた。本研究ではシェッフェの一対比較法を用いた受聴評価実験を行うことで生成音声の聞き取りやすさを検討すると共に、音響エネルギー比(harmonics-to-noise ratio, HNR)を用いた解析を行い学習回数による生成音声の差異を検討する。以上の結果から CycleGAN-VC2 による聞き取りやすい音声の再生について検討することを本研究の目的とする。

CZTS 化合物薄膜太陽電池における下部電極改質技術開発

Development of Modification Technic of Bottom Electrode in CZTS Compound Solar Cells

山之内 幹：電子機械システム工学専攻（島宗 洋介 教授）

$\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS) は、化合物薄膜太陽電池の光吸収層として期待される材料である。しかし、CZTS 化合物薄膜太陽電池の製造過程において、CZTS が Mo 下部電極から剥離するという問題がある。最近の研究で、Mo/SLG 構造へと大気中熱処理を施すことで CZTS 薄膜の剥離が抑制され、シャント抵抗が改善し、太陽電池特性が改善することが明らかにされている。

CZTS プリカーサを Mo 下部電極上に形成し、さらに硫黄含有雰囲気中で熱処理(硫化処理)を行うことで CZTS 半導体薄膜が形成される。この硫化処理の際に、プリカーサ下層の Mo も硫化されることが知られている。硫化 Mo は直列抵抗の増大を招くことが懸念されている一方、大気中熱処理を施した Mo/SLG 構造上のプリカーサの硫化処理による、太陽電池特性への影響については、まだ十分な調査が行われていない。本研究では、大気中熱処理と硫化処理が Mo 薄膜の物性に与える影響及び、完成した太陽電池の性能に与える影響について調査した。400°C30 分間の大気中熱処理を施した Mo/SLG 構造に、5% $\text{H}_2\text{S}/\text{N}_2$ を用いて 1atm, 560°C で 30 分間、あるいは粉末硫黄と N_2 ガス雰囲気を用いて 1atm, 560°C で 10 分間の硫化処理の後に太陽電池を形成することで、太陽電池の短絡電流密度や開放電圧に改善が見られた。

物質工学専攻

ミミズ細胞株の構築を目指した細胞増殖条件の検討

Investigation of Cell Growth Conditions to Establish Earthworm Cell Lines

五十嵐 梨紗：物質工学専攻（赤澤 真一 教授）

土壌汚染は人類や生物の健康を害するだけでなく、食糧生産性の低下や住環境の悪化を引き起こす。そのため様々な毒性評価法が開発及び検討されているが、ミミズ *Eisenia fetida* Waki 及び *Eisenia andrei* Sagami は世界経済協力機構（OECD）が急性毒性試験におけるモデル生物として定めていることから、世界中で土壌金属汚染の影響を評価するために利用されている。しかしながら、約 40 年前に開発された本手法は煩雑で時間がかかる事が課題となっている。そのため、汚染物質に感受性があるミミズ体腔細胞を用いた迅速簡便な *in vitro* バイオアッセイが近年開発された。細胞を用いた手法は倫理的観点から動物試験の代替としても有用であり、研究の進展が望まれるが、ミミズ細胞株が樹立されていないため、毎回体腔細胞を採取する必要があることや体腔細胞は微生物汚染が発生しやすい等の欠点があり、広く普及するには至っていない。また、実験に使用するミミズ細胞種においてもそれぞれに違いがあり、採取しやすい体腔細胞や細胞増殖が期待される幼体由来細胞、臓器細胞などが挙げられる。しかし、これらの細胞のうちどの細胞種が最も細胞株樹立に適しているのか明確にはなっていない。

そこで本研究では、新規土壌毒性評価のためのミミズ細胞株樹立を目指し、前段階として増殖細胞取得のための細胞培養条件の検討をミミズ体腔細胞や臓器細胞、ミミズ幼体由来細胞を用いて行った。また、実験の効率化や細胞株を樹立した際の保存のために体腔細胞の冷蔵及び凍結保存法の検討を行った。

ミミズエキス含有 Hansen S-301 培地を用いた体腔細胞培養で 2 週間に及ぶ細胞増殖を観察することに成功し、ミミズ幼体細胞も順調に培養を開始できた。さらに、Hansen S-301 培地が体腔細胞の安定冷蔵保存に有効であることが示され、凍結保存においては 10%DMSO 含有培地が市販の凍結保護剤である CELLBANKER2 の代替として十分利用可能であることが示唆された。

本研究はより簡便な新規土壌毒性評価法の開発だけでなく、幅広く応用可能な研究ツールとしてのミミズ研究の発展と世界への普及に大きく貢献する。

水酸アパタイトナノ粒子-ヒアルロン酸ナノハイブリッド膜の調製と評価

Preparation and Characterization of Hydroxyapatite Nanoparticle-Hyaluronic Acid Nanohybrid Membranes

遠藤 碧 : 物質工学専攻 (宮田 真理 准教授, 多賀谷 基博 准教授)

Hydroxyapatite ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, HAp) is a typical component of biological bone, and has been used for biomedical applications by the hybridization with biopolymers. However, the uniform hybridization of HAp with the polymers at the nanoscales has not been achieved because of the difficulty of the molecular interactions at the interfaces. Thus, we suggested the incorporation of citric acid (Cit)-passivated HAp nanoparticles into the free spaces of hyaluronic acid (HYA) to form the self-standing nanohybrid membranes through the interfacial interactions. In this study, we successfully demonstrated the preparation of the self-standing nanohybrid membranes by controlling the solvent-induced interactions, indicating the higher transparency, and the hydration layer states in the Cit-HYA interactive membranes was clearly affected by the nanohybridization process.

ポルフィリンからクロリンへの骨格変換を用いた光感受性物質の合成

Synthesis of Photosensitizers Using Skeletal Transformation from Porphyrin to Chlorin

恩田 詩緒梨 : 物質工学専攻 (鈴木 秋弘 教授)

日本人の死因第一位はがんであり、その割合は年々増加している。従来のがんの治療法には、化学療法、放射線治療、外科手術などがあるが、患者の体への負担が大きいことが問題である。そこで、新しい治療法として、光線力学療法 (PDT) が注目されている。PDT の光増感剤には、フォトフィリンが用いられているが、吸収強度が低いことが問題である。そこで本研究では、光増感剤の基本骨格であるポルフィンを還元し、クロリンへ骨格変換することで、新たな光増感剤を合成する方法を検討した。クロリンの吸収波長は、長波長シフトすることが予想される。実験の結果、テトラフェニルポルフィリン (TPP) の還元反応により、還元剤量を増やした時、クロリン系化合物の吸収強度が増加することが分かった。その後、TPP を機能化した Methyl 4-(10,15,20-triphenyl-5-porphyrinyl) benzoate の合成を行い、同様に還元反応によりクロリン化合物を得た。生成物は、650 nm, 740 nm 付近に吸収波長をもつことを確認した。今後は、メトキシ基を加水分解し、糖鎖を導入したポルフィリンで、クロリンへの骨格変換を行う予定である。

ひずみポルフィリンの合成とその構造研究

Synthesis of Distorted Porphyrins and Their Structural Studies

小山 竜之介：物質工学専攻（鈴木 秋弘 教授）

ポルフィリン鉄錯体は、ヘムと呼ばれ、生体内のヘム蛋白質の活性中心である。これらは酸素の運搬、貯蔵、酸化還元反応に関わる生体にとって必須の物質である。その中で、酸素の運搬や貯蔵に関わるヘムタンパク質としてヘモグロビンとミオグロビンが存在している。酸素の運搬や貯蔵は、ヘムの中心鉄に酸素が結合することで行われるが、その性能は生物種によって異なり、その主な原因は明らかではない。そこで、ポルフィリン環のひずみと酸素への親和性に着目した。ひずんだポルフィリンと酸素親和性の関係を調べるために、ひずんだポルフィリンの合成がいくつか報告されているが、これらのポルフィリン環のひずみは固定化されていない。

そこで本研究では、ひずみを固定したターゲットポルフィリンの合成を検討した。このポルフィリンの特徴は、3位と7位に嵩高いイソプロピル基が存在することである。そのため、3位と7位のイソプロピル基と5位のトリフルオロメチル基の間の立体反発によりひずみが固定化されると予想している。

シクロデキストリン含有吸水性ポリマーの合成と機能評価

Synthesis and Functional Evaluation of Cyclodextrin-Containing Absorbent Polymers

柴野 祥明：物質工学専攻（宮田 真理 准教授）

In this study, water-absorbent polymers were synthesized using sodium carboxymethylcellulose (CMC), which is derived from natural resources, and citric acid (CA), succinic acid (SA), and β -cyclodextrin (β -CD) as cross-linking agents, and functional evaluation was conducted to determine their water absorption and inclusion ability.

Polymers with SA had a better water absorption capacity than those with CA as the cross-linker, and polymers with a weight of up to 300 times higher than their own were obtained. The inclusion capacity evaluation indicated that the absorbance decreased and the inclusion capacity increased as the β -CD mass ratio increased, suggesting that the latter had a better inclusion capacity in a phenolphthalein solution than the CA-containing and SA-containing polymers with the maximum water absorption capacities. Furthermore, it was confirmed that the inclusion ability was improved at a lower temperature (10 °C) than room temperature.

In summary, we have successfully synthesized β -CD-containing water-absorbent polymers using an environmentally benign synthesis method with only natural resources as raw materials. Polymer functionalization was achieved by improving the water absorption and inclusion ability depending on the selection of the cross-linking agent and temperature conditions.

ポルフィリン複合体の合成と光感受性物質への利用

Synthesis of Porphyrin Complex and Utilization for Photosensitive Compounds

田中 健大：物質工学専攻（鈴木 秋弘 教授）

現在、日本人の二人に一人が生涯でがんになるといわれている。がん治療法として、外科療法が一般的だが、高齢者や体の弱い患者には身体的負担が大きく、高齢化の進む日本において適した治療法とはいえない。そこで近年、光線力学療法（PDT; photodynamic therapy）が注目されている。PDTは、特定波長の弱い光を光増感剤（PS; photosensitizer）に照射することで活性酸素を発生させ、がん細胞を死滅させる治療法である。本治療法は、弱い光とPSのみを使用するため、患者への身体的負担が小さいという利点がある。しかし、PSががん細胞に集積する間に光にさらされると、日焼けのような症状（水泡や色素沈着等）を生じることから、遮光期間（2週間以上）が必要であるという課題がある。

そこで本研究では遮光期間を短縮できるPSとして、ターゲットポルフィリン二量体の合成を検討した。目的の二量体モデルは、ポルフィリン環同士がオレフィン（C=C）で架橋されており、cis-transの光異性化が可能である。そのため、cis体（光増感作用を持たない）で体内に投与し、治療時のみtrans体（光増感作用を持つ）に光異性化することが出来れば遮光期間を短縮できると予想される。

湿熱処理米ヌカ添加が製パン性に及ぼす影響

Effects of Heat Moisture Treated Rice Bran on Bread Properties

土田 紗綺：物質工学専攻（菅原 正義 教授）

世界的に超加工食品が健康へ悪影響を与えるといった認識から全粒穀物食品の積極的な摂取が推奨されている。また、製粉技術の向上から米を原料とした米粉が注目されており、ロシアのウクライナ侵攻に伴う小麦不足や価格高騰により、食糧安保の点からも米粉への期待が高まっている。全粒穀物食品としての米粉は玄米米粉になる。しかし、米外皮には付着菌数が多い、脂肪が多く含まれていることによってリポキシゲナーゼ等の脂肪酸化酵素活性が高い、などの理由から玄米米粉の保存性は悪い。そこで一般的には“炒りヌカ”と呼ばれる乾熱処理した米ヌカが利用される。しかし、乾熱処理は処理温度が高く酸素雰囲気下で加熱を行うため脂質酸化や米ヌカの独特な臭いの増大が引き起こされる。

そこで本研究では乾熱処理と比較して低温、低酸素雰囲気下で飽和水蒸気を用いて処理を行う湿熱処理に着目した。各加熱処理を施した米ヌカを用いて米ヌカ添加小麦粉パンと玄米米粉パンの製造を行い、パン物性への影響を比較、処理法による違いを検討した。

BiVO₄複合型光触媒における OH ラジカル生成反応機構の検討

Investigation of Reaction Mechanism of OH Radical Formation on BiVO₄ Composite Photocatalyst

寺尾 紫都：物質工学専攻（村上 能規 教授）

TiO₂/BiVO₄, SnO₂/BiVO₄, および ZnO/BiVO₄ 複合光触媒に可視光および紫外光を照射して生成する OH ラジカルの量を調べることで BiVO₄ 複合型光触媒の OH ラジカル生成機構を明らかにした。薄膜は、BiVO₄ ゼル溶液と TiO₂, SnO₂, および ZnO 粉末をそれぞれ混合し、焼成することによって調製した。その結果、光触媒 (TiO₂, SnO₂, ZnO) を BiVO₄ の混合量に対して増加させることで、OH ラジカルの量も伴って増加することが観察された。ただし、OH ラジカル量の増加は光触媒によって異なり、TiO₂-アナターゼ型と ZnO が大きく増加し、TiO₂-ルチル型は増加が小さかった。また、複合化により電荷分離効率が向上することが確認できた。

ZnO/BiVO₄ の H₂O₂ 添加の効果は、他の TiO₂/BiVO₄ および SnO₂/BiVO₄ とは異なり、H₂O₂ の添加により、ZnO/BiVO₄ の OH ラジカルが減少した。これは、H₂O₂ 存在下では ZnO の価電子帯で H₂O の酸化が抑制され、H₂O₂ から O₂ への酸化が優先的に起こることが示唆された。

O₂ の非存在下では、すべての複合光触媒での OH ラジカルの生成量が減少した。これは、複合型光触媒での OH ラジカルは、主に O₂ の還元による H₂O₂ の間接的な還元に伴い生成する O₂⁻ との反応によって生成されることが示唆された。

微量ミネラルの機能性に着目したオーダーメイド栄養処方

Investigation of Tailor-made Nutritional Formulation Focusing on the Function of Trace Minerals

府川 凱：物質工学専攻（菅原 正義 教授，河本 絵美 准教授）

糖尿病の前段階であるインスリン抵抗性は、運動によって予防することが可能である。しかし高齢者、傷病者には身体的負荷が高く、運動に代わる栄養学的な治療法が必要とされる。我々は、運動した骨格筋に蓄積され、インスリン感受性を高める可能性が指摘されている必須微量ミネラルのクロムに着目した。本研究では、クロムを利用した栄養処方の提案を念頭に、ラットの骨格筋における耐糖能と血漿インスリン濃度、及びインスリン依存的な糖取り込みを行う糖輸送担体 GLUT4 の発現量に対するクロム摂取の影響を検討した。4 週齢の Wistar 系雄ラットを対照群 (C), 対照+クロム摂取群 (CCr), 運動群 (Ex), 運動+クロム摂取群 (ExCr) の 4 群に分け、2 週間飼育した。運動群にはトレッドミルによる走行運動 (18-22 m/分, 30 分, 5 日/週) を実施した。クロム摂取群には 0.25%クロム酵母を添加した純水 400 μL (100 μg-Cr/純水 400 μL, 5 日/週) を経口投与した。

ExCr は Ex と同程度の血漿インスリン濃度で血糖値上昇の大幅な抑制を示した。また CCr は C に対し、GLUT4 の有意な発現量増加を示した。したがって、クロムの摂取は GLUT4 発現に関与する経路を強化することでインスリン感受性を向上させる可能性が示された。これらの結果は、クロムの摂取がインスリン感受性の向上に貢献するとともに、運動トレーニングの効果を増強する可能性を示すものとなった。

(Ge, Sn) S 薄膜太陽電池の作製

Fabrication of (Ge, Sn) S Thin Film Solar Cells

茂田井 大輝：物質工学専攻（荒木 秀明 教授）

硫化スズ (SnS) や硫化ゲルマニウム (GeS) などのカルコゲン二元化合物は地殻に豊富な元素から構成され、 10^4 cm^{-1} 台の高い光吸収係数と、それぞれ約 1.3 eV (SnS), 1.7 eV (GeS) のバンドギャップ (E_g) を有することから薄膜太陽電池の光吸収層として期待されている。^{1, 2)} 太陽電池の高効率化に向けて、タンデム型太陽電池に応用することを考慮すると、 E_g の調節が可能な材料系であることが望ましい。そこで我々は (Ge, Sn) S 混晶に着目した。本研究では、Ge, Sn, S を同時蒸着することで、SnS 及び $\text{Ge}_x\text{Sn}_{1-x}\text{S}$ 薄膜の作製を試みた。続いて、得られた薄膜を用いて太陽電池セルを作製し、光起電力特性を評価した。Eagle XG/Mo 基板に対し、Ge, Sn, S を 3 時間、同時蒸着し、Ge セル温度、成膜時の基板温度、Sulfur Valve (S Valve) の開度を変化させることにより、異なる成膜条件の薄膜を作製した。また、比較のために Sn, S のみ成膜を行い SnS 薄膜も作製した。作製した薄膜は、X線回折 (XRD), ラマン分光分析, 蛍光 X線分析 (XRF), 電子顕微鏡観察 (SEM) により評価した。続いて化学浴堆積法を用いて CdS を堆積させ、最終的に Eagle XG/Mo/ $\text{Ge}_x\text{Sn}_{1-x}\text{S}$ /CdS/ZnO:Al/Al 構造のセルを作製した。太陽電池セルはソーラーシミュレーターを用いて 100 mW/cm^2 , AM1.5 の照射下で光起電力特性及び外部量子効率 (EQE) を評価した。 $\text{Ge}_x\text{Sn}_{1-x}\text{S}$ ($x=0.27$) セルにおいて開放電圧 (V_{oc}) は SnS セルと比較して約 3 倍向上した。 $\text{Ge}_x\text{Sn}_{1-x}\text{S}$ ($x=0.18, 0.27$) セルの吸収端は約 850 nm 付近で観察され、 E_g はそれぞれ 1.53, 1.57 eV が見積もられた。SnS セルと比較した V_{oc} の向上や E_g の増大より、 $\text{Ge}_x\text{Sn}_{1-x}\text{S}$ ($x=0.18, 0.27$) 薄膜において (Ge, Sn) S の形成によるワイドギャップ化が示唆された。

環境都市工学専攻

熟達者の暗黙知に基づく左官技能継承法の確立

Establishment of Plastering Skill Succession Method Based on Tacit Knowledge of Expert Plasterers

苅田 暁光：環境都市工学専攻（村上 祐貴 教授）

熟達左官技能の可視化を目的とし、左官技能における全体動作試験と基礎動作試験を行った。本研究の実験では、縦と横の基礎的な鏝の動きのみの基礎動作試験と壁面全体を仕上げる全体動作試験を行った。また、基礎動作試験ではコテの作用力と角度を、全体動作試験ではそれに加えて塗り付け厚さと移動距離を計測した。全体動作試験では被験者の左官技能の習熟度が明らかになり鉛直力の平均に差が見られたが、角度の平均には差が見られなかった。基礎動作試験では角度の変化に対する鉛直力の変化において生徒と教員の間に差が見られた。

衝撃弾性波法を用いたコンクリート小遊間の欠陥領域評価手法の開発

Development of Evaluation Method for Center Span in Concrete Using Impact Elastic Wave Method

Evaluation of Defective Areas in Concrete

児玉 瑞樹：環境都市工学専攻（陽田 修 教授）

現在、道路橋遊間部では CCD カメラ挿入による外観変状検査や鉄筋の電位を測定することで鉄筋腐食を診断する電気化学方法の自然電位測定により欠陥が判定されている。しかし、外観変状ではコンクリートの浮きや剥離を確認することが難しい、自然電位法を用いた測定は浮きや剥離により空気があると欠陥でも健全判定になるということがわかっている。

本研究では通常の打音点検が不可能な道路橋遊間部内の浮きや剥離といった欠陥検知を目的としてより多くの遊間部に対応できるよう装置の厚さ 25mm とし動力源を圧縮空気とした遊間打撃試験装置を開発した。本研究で開発された打撃試験装置が欠陥領域評価可能であるか検討を行った。適用性の評価として打撃試験で得られた周波数応答関数を入力データとして自己組織化マップを用いて解析を行うことで欠陥判定を行った。欠陥配置が既知である試験体を用いて人工的に遊間部を模擬した 30mm の幅で実験を行った。また、打撃装置に内蔵されているセンサは正しく測定することができるかを検証するために、欠陥領域判定が可能であると報告されているインパルスハンマを用いて検証を行った。

橋梁定期点検時における実務点検者の意思決定に及ぼす要因分析

Analysis of Factors Affecting Decision-Making of Practical Inspectors During Periodic Bridge Inspections

関川 周吾：環境都市工学専攻（村上 祐貴教授）

日本においては現在約 73 万橋もの橋梁が存在し，2032 年には約 59%の橋梁が建設後 50 年を迎える見通しとなっている。平成 24 年の笹子トンネル天井板崩落事故を契機として，道路橋やトンネルなどの道路構造物は 5 年に一度の定期点検が義務付けられた。しかしながら平成 27 年の高速道路調査会の報告によると，海外においても定期点検の結果が点検者によって異なることが指摘されている。昨今では社会的・経済的な理由でインフラの維持管理に従事する企業や技術者の減少が進み，次世代を担う若手点検者への構造物の点検技能の継承は極めて重要な課題である。

本研究では，構造物の長寿命化を支えるインフラ点検者の点検技能の向上を目的として，技能の可視化・定量化として，実務点検者を対象に構造物の状態把握過程における VR 空間を用いた点検者の点検過程の可視化及び状態判定に及ぼす要因の検討，対策区分判定過程における判定結果の比較および意思決定に及ぼす要因に関する検討を行う。

路面性状データを用いた舗装補修工法の使用目標年数評価手法の検討

Development of a Method for Evaluating the Target Age of Use of Pavement Repair Methods Using Inspection Data

高嶋 冬依：環境都市工学専攻（陽田 修 教授）

道路舗装は劣化要因が一樣ではないため，劣化予測が難しく修繕計画の立案が困難となっている。そのため，各補修・修繕工法で補修後，次の補修・修繕までに何年間使用可能かを表す使用可能年数を明らかにできれば，実状に則った工法の選定を補助することができるため適切な舗装修繕計画の立案が期待できる。

本研究では，道路管理者が保有する定期点検データなどを用いて使用可能年数の設定を試みた。道路管理者が保有する定期点検データは多次元のデータとなる。そこで，本研究では自己組織化マップ（SOM）および Neural Network Console（NNC）を用いて使用可能年数の予測を目的とした。

交換可能な塩分吸着パネル接合による塩害環境下にある鉄筋コンクリート構造物の延命加工法の開発

Development of the Damage from Salt Breeze Restraint Method of Construction Using the Panel with Chloride Adsorption Agent

土田 統也：環境都市工学専攻（村上 祐貴 教授）

コンクリート構造物の塩害劣化に対する代表的な補修工法として断面修復工法があるが、補修部が再劣化することや、工事が大掛かりになってしまい、施工コストが比較的高いことが課題である。そこで著者らは、塩分吸着剤を添加した補修材成形パネルを構造物表面に接着する塩害防止工法を提案した。筆者らのこれまでの研究において、コンクリートと成形パネルの間で、不織布を介して塩化物イオンと亜硝酸イオンが輸送されることが確認されている。一方、両イオン輸送の主な駆動力は濃度勾配であるため、脱塩・防腐効果が発現するまでに比較的長い期間を要する。

そこで、本研究では、塩化物イオンの輸送を促進するため、電場を駆動力とした場合のパネル工法の脱塩効果について検討を行った。また、屋外環境下における脱塩効果の確認は未検討であるため、暴露期間1年間および2年間の長期的な屋外暴露試験を並行して行った。

Cr-Ni 系ステンレス鋼製中空正方形断面柱の連成座屈強度評価法

The Evaluation Method for Interaction Buckling Strength of Square Hollow Section Columns Made of Cr-Ni Type Stainless Steel

中村 健人：環境都市工学専攻（宮崎 靖大 准教授）

ステンレス鋼は、従来鋼に比べて高耐食性を有するため、土木鋼構造物に活用することで構造物の高性能化が期待できる。本論文では、我が国でのステンレス鋼製土木構造物の合理的設計法の開発を目的として、Cr-Ni系ステンレス鋼製中空正方形断面柱の連成座屈強度評価法を提案する。まず、対象とするステンレス鋼製柱のパラメトリック解析を行い、各柱モデルの非線形有限要素解析を実施した。つぎに、これらの数値計算結果について終局強度時の柱の変形形状から、全体座屈、局部座屈および連成座屈に分類した。そして、ステンレス鋼製柱の連成座屈について、全体座屈に対する基準耐荷力曲線に基づき、板の局部座屈による強度低下を考慮する手法を提案した。この評価法は、ステンレス鋼製柱の連成座屈による終局圧縮強度を94%~112%の範囲で評価できることを明らかにした。

橋梁点検精度の平準化を目的とした点検技術者育成に関する研究

Research on Training of Inspection Technicians to Equalize Bridge Inspection Accuracy

中村 柁太：環境都市工学専攻（陽田 修 教授）

平成 24 年の笹子トンネル天井板崩落事故を契機に平成 25 年に道路法が改正され、橋梁やトンネル等の構造物の定期点検を 5 年に 1 回実施することが義務付けられた。現在、大多数の企業が技術継承のための教育法として職務現場において業務を通じて教育を行う OJT 方式が用いている。しかし、視覚や聴覚、触覚に依存する官能検査である近接目視点検は、点検者間に技能習得の差が生じるとともに、点検精度に差が生じてしまうこととなる。また、点検者の職務経歴や経験も点検精度に差を生じさせる要因となることが懸念される。そのため、現在の OJT 方式では、橋梁診断員に求められる技能の質が確保できず、点検結果が信頼性に欠ける可能性がある。

そこで、点検者が受けた橋梁点検に関する教育の経緯と点検業務の経歴について、アンケートおよびこれを補完するインタビュー調査を行うとともに、劣化構造物を用いた模擬目視点検を実施し点検者の損傷把握技能と点検者が受けた教育と経歴との関係性を考察する。また、教育手法の標準化により、点検精度の平準化が可能となるという仮説の検証を目的とし、橋梁点検技術者育成講座の受講による教育効果の可視化と教育手法の検証を行う。

ステンレス鋼と炭素鋼の異材継手部の腐食性状および引張強度特性

Corrosion and Tensile Strength Behaviors of Stainless Steel and Carbon Steel Joints of Different Materials

星野 由：環境都市工学専攻（宮崎 靖大 准教授）

ステンレス鋼は、優れた耐久性を有するため、土木構造物に用いることでライフサイクルコストの低減が期待できる。一方、ステンレス鋼は、地球希少元素の含有量が炭素鋼に比べて多いため、材料費用や価格変動の増大が否定できない。そこで、厳しい腐食環境部材をステンレス鋼、その他を炭素鋼としたハイブリット構造が有効である。このような構造形式では、ステンレス鋼と炭素鋼の異材継手部にて、異種金属接触腐食の発現が懸念される。本研究は、ステンレス鋼と炭素鋼のハイブリット橋梁実現に向けた異材継手部における異種金属接触腐食について、突合せ溶接または高力ボルト接合した供試体の腐食性状および引張強度特性を明らかにすることを目的とした。これより、腐食後の異材突合せ溶接供試体の応力ひずみ関係は、高強度側の鋼材に類似することを明らかにした。また、高力ボルト接合供試体の腐食損傷は、塗装条件により異なる傾向を示すことを明らかにした。

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広域な表層品質評価法の実装
Implementation of a Wide-Area Surface Quality Evaluation Method Based on Time Variation of
Brightness of Water-absorbed Concrete Surface

宮 翼：環境都市工学専攻（陽田 修 教授）

コンクリートの表面品質を定量的かつ広範囲に評価する方法として、吸水した測定面の乾燥に伴う反射輝度の時間変化から表層品質を推定する手法である反射輝度法が提案された。先行研究では、照度の影響を補正することで、照度の変動する屋外環境にも適用可能であることが示された。一方で、反射輝度法の実構造物への適用性は十分に検討されておらず、測定に影響を及ぼす外乱の検討が不十分である。また、表層品質の推定に用いる小型試験体から作成した検量線の上限值と下限値に近い表層品質の推定精度が低いことから、本手法を社会実装するまでには至っていない。

本研究では、供用中の実構造物を対象に反射輝度法を用いて表層品質評価が可能かどうか検討を行った。また、測定に影響を及ぼす外乱として、余剰水による鏡面反射について着目し、反射輝度法の測定への影響を評価した。

SUS316 および SUS323L の材料構成モデルに関する実験的研究
Experimental Study on Material Constitutive Model of SUS316 and SUS323L

山田 悠作：環境都市工学専攻（宮崎 靖大 准教授）

現存する土木構造物の多くは、建設後 50 年が経過し、維持管理に関する早急な課題解決が求められている。このように老朽化した構造物は、維持修繕や架け替え等が必要となる。そこで、長期的な供用が必然とされる土木構造物に優れた耐久性を有する材料を用いることで、これらの課題を解決し、構造物のライフサイクルコストの低減を可能とする。

ステンレス鋼は従来の炭素鋼と同程度の強度を有するとともに、高い耐食性を示すため、前述の材料として適している。しかし、厚板のステンレス鋼を土木構造物に用いる際に、設計法を含め、構造用炭素鋼のデータに比べて明確にされている内容が少ないのが現状である。地震多発地域に位置する我が国において、ステンレス鋼製土木構造物を建設する際には、繰り返し負荷に伴う材料の塑性変形挙動の把握が重要である。本研究は、ステンレス鋼を対象に繰り返し負荷試験を実施し、その材料特性を明らかにする。

数値シミュレーションによる厚板構造用鋼製部材の溶接継手部における残留応力および変形の把握
Grasping the Residual Stress and Deflection for Welded Joint of Structural Steel Thick Plate by
Numerical Simulation

和田 知大：環境都市工学専攻（宮崎 靖大 准教授）

溶接構造物は、溶接による局所的な入熱により、部材断面内に溶接変形および残留応力が存在し、それが耐荷性能に影響を及ぼすことが周知である。溶接構造物の合理的な設計を行うためには、これらを正確に予測することが必要である。本研究は、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS316 および構造用炭素鋼 SM520 製 I 形断面部材を対象とした、汎用熱応力解析ソフトウェア Simufact Welding による連成解析を実施し、すみ肉溶接継手部の初期不整を明らかにすることを目的とした。本研究では、残留応力および初期たわみを、既往の実験結果と比較した結果を示す。数値計算結果として、残留応力は、上下フランジの溶接部直近の外側で、実験結果と同様な結果が得られた。しかし、その他の点においては、実験結果と傾向が異なる結果がみられた。また上下フランジの溶接部直近の内側の残留応力について、対象とした SUS316 の残留応力は、SM520 に対して 3 割程度低くなる結果が得られた。さらに初期たわみは、上下フランジの自由端にて、たわみが大きくなり、またウェブの端部から中心部に向かって徐々に減少することを明らかにした。