

専攻科特別研究題目
及び要旨一覧

平成 23 年度

○専攻と研究テーマ

電子機械システム工学専攻

異材接合材における接合部端点近傍の特異応力解析と一般化応力拡大係数の決定	稲庭 祥太
圧電材料を利用した応力緩和に関する基礎的解析と破壊制御実験	大原 正康
圧電振動子と外部キャパシタ直列接続時における電氣的共振特性	風間 裕樹
片端加振時におけるバイモルフ圧電素子の振動姿態と短絡電流の関係	久保 涼
4個の遊星歯車を持つスター型遊星歯車装置内の浮動太陽歯車のセルフセンタリング機能	倉品 光
ZMPを考慮した二足歩行ロボット歩行シミュレーション	小林 雄太
熔融法によるCu ₂ ZnSnS ₄ 結晶の作製と評価	小山 剛
小型船舶用防振架台への動吸振器導入の検討	近藤 省平
ビスアクリルアミドを添加したフォトポリマーホログラムの保存特性	斎藤 紘
極細ワイヤの尖頭加工システムの開発	佐藤 雄一
0A-CVD法による酸化物プリカーサを用いたCu ₂ ZnSnS ₄ 太陽電池	進士 智一
コンボイヤホンを用いた頭外音像定位伝達関数導出に関する研究	塚田 亮平
旋回型クレーンの動作シミュレーション	土田 佳裕
第3高調波のパルス紫外レーザーによるポリイミドの微細孔あけ加工	中澤 勇太
第4高調波の紫外レーザーによる微細流路の加工	西山 智哉
MSAスノーセンサを用いた雪の含水率計測による雪崩予測	野村 昂史
操作型フレキシブルロボットアームの振動制御	増井 詠一郎
SPS法で製造した生体用多孔質Ti6Al4V合金多孔質焼結材の圧縮強度特性	松矢 武彦
固体硫黄硫化法により作製したCu ₂ ZnSnS ₄ 薄膜太陽電池	山口 幸士
簡易操船シミュレータを用いた小型船舶の操作性評価	山本 理博
AM50マグネシウム合金圧延材の組織と力学的特性の評価	渡辺 哲平

物質工学専攻

葉内の光応答性プラストキノンの定量とその酸化還元応答	秋山 雄希
ミミズ由来アミラーゼの諸性質の検討	五十嵐 佑樹
めっき・硫化法を用いたCZTS薄膜太陽電池の作製	小池 惇平
食用キノコの香気生成に関与する酵素遺伝子の解析	佐藤 亮二
インジウムフリー薄膜太陽電池の作製	知野 広太郎
Feイオンおよび配位子共存下でのゼオライトの合成	濁川 雄政
Co錯体を添加した系でのゼオライトの合成	藤本 康太

環境都市工学専攻

大深度円形立坑用連続地中壁に作用する側圧に関する研究	阿部 広明
都市下水を処理する嫌気性処理槽内に生息する原生動物の特定とその食物環の解析	大嶋 義章
シールド工事中セグメントへの信頼性設計適用に関する試算	齋藤 良一
一般座標系を用いたk-ε乱流モデルによる保存性サーマルの数値計算手法の検討	下條 雅人
マルチエージェントシステムを用いた洪水氾濫における避難行動シミュレーションに関する研究	高井 克圭
UASB槽内に生息する嫌気性原生動物の至適生育条件と細胞内共生古細菌の特定	高橋 良太
都市部の非開削切掘り工法に関する研究	中澤 智博
開削トンネルにおける土留め壁を考慮した動的解析に関する検討	西 信衛
TSA-FISH法による脱窒素細菌の機能遺伝子とrRNAの同時検出	前谷 広太

○研究要旨

電子機械システム工学専攻

異材接合材における接合部端点近傍の特異応力解析と一般化応力拡大係数の決定

稲庭 祥太：電子機械システム工学専攻（近藤 俊美 教授）

本研究では、異材接合材における接合部端点の一般化応力拡大係数の決定法を開発することを目的とする。そのために、まず接合部端点の応力特異性のオーダーを定めるための特性方程式を導出し、特異応力場を定め、接合部端点の一般化応力拡大係数決定理論を述べる。次に、得られた異材接合材理論の特性方程式・特異応力場をその特別な場合として均質材に適用し、過去に行った鋭いVノッチを有する均質材の場合との比較を行った。さらに、突合せ形状の均質材の場合について一般化応力拡大係数をひずみゲージにより実験的に決定し、過去の理論解析結果、有限要素解析結果との比較検討を行った。その結果、実験値は理論解析値及び有限要素解析値と最大20%以内で一致した。

圧電材料を利用した応力緩和に関する基礎的解析と破壊制御実験

大原 正康：電子機械システム工学専攻（佐々木 徹 准教授）

圧電材料は、圧電効果と呼ばれる性質を持つ材料である。現在、電気-力学変換素子として極めて重要な材料になっている。この圧電材料を機械・構造物表面に補強材として貼付け、通常弾性体としての補強効果とともに、圧電効果により応力緩和や破壊制御を行うことを最終目標とする。本研究では、半無限板の縁上に圧電材料を接合した場合の圧電材料接合部周辺の半無限板の応力・ひずみ解析を行い、解析結果の実験的検証を行った。さらに、理論解析結果を利用して破壊制御実験を行った。理論解析では、圧電材料接合部周辺の半無限板のひずみ場を求め、半無限板及び圧電材料の材料定数が周辺ひずみ場にどのような影響を及ぼすか調査した。実験的検証では、実験値が理論解析値の概ね3割以内で一致することを確認した。破壊制御実験では、理論解析値をもとに制御の基準となるひずみの値を決定し制御した。そのため、ひずみを基準値前後に制御することができた。

圧電振動子と外部キャパシタ直列接続時における電氣的共振特性

風間 裕樹：電子機械システム工学専攻（梅田 幹雄 教授）

圧電振動子と外部キャパシタを直列接続した回路に定電圧源を接続して交流電圧を印加した場合、駆動周波数によっては、圧電振動子に電源電圧より高い電圧が発生するときがある。ここでは、この現象に関し、どのような条件の場合にどのような出力電圧が得られるか、理論的にその関係を導出し、実験的に確認することを試みる。このため、まず、電氣的等価回路を用いて、圧電振動子と外部キャパシタの直列接続回路における電氣的共振特性を与える関係式の導出を行った。次いで、実際に圧電振動子と外部キャパシタを直列接続して、電氣的共振特性を測定し、実測値と計算値の比較を行った。実験結果と計算結果は同じような傾向を示したことから、機械的品質係数と容量比の逆数が大きい圧電振動子とその制動容量に等しい外部キャパシタで回路を構成し、その共振周波数で駆動した場合に最も高い電圧が得られると考えられる。

片端加振時におけるバイモルフ圧電素子の振動姿態と短絡電流の関係

久保 涼：電子機械システム工学専攻（梅田 幹雄 教授）

環境に薄く広く存在するエネルギーから電気エネルギーを取り出し、小電力な電子デバイスを駆動する環境発電（Energy Harvesting）がここ数年注目され始めており、本研究室でも、断続的な機械的振動から圧電素子を用いて電氣的出力を得る方法を検討している。今回は断続的な機械的衝撃ではなく、連続的な機械的振動から圧電素子を用いて電気エネルギーを取り出すことを試みることにし、その基礎特性を確認するため、バイモルフ圧電素子の片端を共振周波数近傍で連続加振した場合の振動姿態と短絡電流の関係を測定した。その結果、加振加速度一定の場合、共振周波数近傍で自由端の振動速度及び短絡電流が最大となることや、共振周波数より低い周波数ではバイモルフ圧電素子の加振端と自由端の振動はおよそ同位相となり、共振周波数より高い周波数ではおよそ逆位相となっていることが確認された。また、加振端から見た自由端の相対振動速度は短絡電流と比例関係にあり、かつ同位相であることがわかった。

4 個の遊星歯車を持つスター型遊星歯車装置内の浮動太陽歯車のセルフセンタリング機能

倉品 光：電子機械システム工学専攻（吉野 正信 教授）

一段スター型遊星歯車装置を含む軸系は、回転数を徐々に上昇させていき、ある回転数に達すると軸系全体がねじり共振を発生させ、異常振動が発生することが、過去の研究で確認されている。その原因を解明するためにセルフセンタリング機構の解析が行われている。本研究では遊星歯車の数を 4 個にしたときのセルフセンタリング機能を明らかにした。負荷トルクゼロから太陽歯車にトルクを徐々に加えたときの遊星歯車装置内の歯車のかみ合い過程を想定した静的計算と、MATLAB を使用し、静的な力のつりあいが成立しているとみなせるように負荷トルクを非常に緩やかに増加させて x 方向、y 方向、回転の運動方程式をルンゲクッタ法で数値積分しシミュレーション計算を行い、静的に決まる軌跡と比較し、計算結果が妥当であることを確認した。また遊星歯車の数を 6 個、8 個と増やした場合でもシミュレーション計算を行った結果、遊星歯車の個数が増加してもセルフセンタリング軌跡や接触している歯車歯面等が計算できることがわかったので報告する。

ZMPを考慮した二足歩行ロボット歩行シミュレーション

小林 雄太：電子機械システム工学専攻（外川 一仁 准教授）

二足歩行ロボットの歩行制御において、目標 ZMP 制御がよく用いられている。目標 ZMP 制御ではあらかじめ設計した歩様で想定される ZMP を目標 ZMP と呼び、実際の ZMP の位置が目標 ZMP に向かうようにロボットの歩様を生成する。しかし目標 ZMP 制御だけでは物体の安定判別は難しい。そこで本研究では GCoM が物体の安定判別に利用できることに着目し、ロボットの運動解析のステップとして ZMP と GCoM をロボットのモーションデータから時間ごとに出力するシミュレータを開発した。

熔融法による $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ 結晶の作製と評価

小山 剛：電子機械システム工学専攻（大石 耕一郎 准教授）

熔融法により、原料に Cu-Zn-Sn 合金と S を用いた $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ バルク結晶の作製を行った。粉末 X 線回折では、作製した結晶が正方晶系に結晶化していることが確認された。粉末 X 線回折パターンから算出された格子定数は、 $a \approx 5.43\text{\AA}$ 、 $c \approx 10.86\text{\AA}$ であった。試料には、Cu, Zn, Sn の偏析が見られたが、 970°C での熱処理に組成の均一化の効果が認められた。作製した $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ バルク結晶からのウェハ加工の検討を行い、研磨後のウェハ表面の暗視野観察と EDS マッピングとの比較により、偏析が光学的にも確認出来ることを確認した。ホットプローブ法により、作製した $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ 結晶が p 型であることを確認した。

小型船舶用防振架台への動吸振器導入の検討

近藤 省平：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 准教授、外山 茂浩 准教授）

我々の研究グループでは、小型船舶への搭載を想定した救急患者用防振架台のばね機構に関して研究を行っている。昨年度までの研究では、防振架台の振動伝達特性に対する仕様を決定した。そこで本研究では、これまでの研究を学習した上で、アクチュエータなどの外部エネルギーを必要としない受動型と外部エネルギーを必要とする能動型の防振架台を用いた場合の振動特性について検討した。具体的には、代表的な受動的制振装置として、動吸振器を防振架台に導入したモデルを構築し、その振動特性を求め、数値シミュレーションによりその実現可能性について検証した。さらに、動吸振器にアクチュエータ外力を付加した場合のモデルを考案し、スカイフックダンパ単体の系を用いた能動型防振架台と比べ、どの程度までのアクチュエータの発生力を抑えることができるか定量的に評価した結果を述べる。

ビスアクリルアミドを添加したフォトポリマーホログラムの保存特性

斎藤 紘：電子機械システム工学専攻（長部 恵一 准教授）

ビスアクリルアミドの添加量を変化させたフォトポリマーを記録材料とし、ホログラムの記録特性及び保存特性を測定した。フォトポリマーはポリビニルアルコールを母体とし、アクリルアミドをモノマー、トリエタノールアミンを重合促進剤、エオシン Y を色素としている。アクリルアミドの分子数に対するビスアクリルアミドの分子数の比を R とし、 $R = 0, 1/250, 1/50, 1/10, 1/2$ と変化させた 5 種類のフォトポリマー溶液を作製した。この中で $R=1/2$ の試料はビスアクリルアミドが溶媒に溶けきらなかったため、それ以外の 4 種類の試料についてホログラムの記録再生実験を行った。記録光としては波長 532nm の YVO レーザーを使用し交差角 20° とし、記録光強度はビーム直径 2.25mm に対して 1.0mW とした。再生光としては波長 633nm の He-Ne レーザーを使用し、ホログラムの記録を行いながら実時間で再生した。さらに記録後の試料を常温の暗室にて 3 日間保存し、1 日後、2 日後、3 日後における回折効率を測定し、保存後の回折効率の減少率を比較した。その結果、 $R=1/10$ の構成が回折効率の減少率が 11.6% で最も低く、経時変化に対する回折効率の安定性が高いことが実験的に得られた。

極細ワイヤの尖頭加工システムの開発

佐藤 雄一：電子機械システム工学専攻（山田 隆一 教授）

LSIの導通検査等に用いるプローブピン材料であるタングステン細線の尖頭加工を電解研磨により行った。プローブピンには高精度なテーパ角、輪郭の直線性そして微小な先端径が必要とされる。電解研磨による尖頭の幾何形状は加工条件によって制御することができると考え、加工時間と電気条件の2つを加工条件として加工を行った。加工時間は被加工物の送り速度によって調整される。電気条件は電源によって制御され、1回の加工中においては一定である。電解研磨を用いれば微小な先端径を得ることは出来るが、輪郭の直線性と高精度なテーパ角を得ることは難しい。そこで、加工物の送りをモータの可変速によって制御することにより、輪郭の直線性と高精度なテーパ角を達成した。その結果、タングステン細線は目標の形状に加工された。また、この手法を応用して放電加工用の微細電極を製作した。さらに、砥石を用いた研削加工によるプローブピンの加工を以前とは異なる手法で試みた。

OA-CVD法による酸化物プリカーサを用いた $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ 太陽電池

進士 智一：電子機械システム工学専攻（片桐 裕則 教授）

$\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS) とは無毒性の汎用材料で構成される p 形半導体であり、その優れた光学特性から、太陽電池材料として近年活発に研究が行われている。本研究では、大気開放型 CVD 法 (OA-CVD 法) による酸化物プリカーサを用い、CZTS 太陽電池を作製した。OA-CVD 法とは、気化させた有機金属錯体をキャリアガスで輸送し、ノズルから大気中に配置した基板に噴出させて酸化物膜を作製する方法である。非真空薄膜形成法のうち、大面積化・低コスト化に適しており、薄膜の形態や結晶性の制御が可能であるという特徴を有する。 $\text{Cu}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_2$ 、 $\text{Zn}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_2$ 、 $\text{Sn}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_2$ を原料とした OA-CVD 法にて混合酸化物プリカーサを作製し、 H_2S 雰囲気中でアニール処理を行い硫化した。硫化後の膜は XRD パターンと光学バンドギャップから CZTS であることを確認した。また、作製した CZTS 薄膜を用いて SLG/Mo/CZTS/CdS/ZnO:Al/Al 構造の太陽電池を作製し、変換効率 6.03% ($V_{oc} = 658 \text{ mV}$, $J_{sc} = 16.5 \text{ mA/cm}^2$, $F.F. = 0.55$) を得た。

コンボイヤホンを用いた頭外音像定位伝達関数導出に関する研究

塚田 亮平：電子機械システム工学専攻（矢野 昌平 准教授）

頭外音像定位受聴は外耳道入口へマイクロホンを設置してインパルス応答測定を行い、頭外音像定位伝達関数を導出することが必要となる。高い忠実性・臨場感を得るには個人毎の測定が必要となり、外耳道へのマイクロホンを設置することは受聴者への負担となる。本研究はイヤホンがマイクロホンとほぼ同じ構造であることに着目し、1つイヤホンで收音と再生を切替えることで頭外音像定位を実現するコンボイヤホンについて検討を行う。外耳道へのマイクロホン設置の必要がなくなり、伝達経路が人や時間経過により変化した場合にも再測定が容易になる。本報告ではイヤホンの收音特性を検討し、頭外音像定位伝達関数の導出に必要なインパルス応答測定に優れたイヤホンの検討を行った。結果、インピーダンスが高くドライバ直径が大きいほど音響電気エネルギー変換効率がよく、特に耳掛け型が優れていると分かった。また、ダミーヘッドと代表的なイヤホンを用いて頭外音像定位の再現を行なった。結果、従来法とは周波数的な差異があるもの、導出可能であることを確認した。

旋回型クレーンの動作シミュレーション

土田 佳裕：電子機械システム工学専攻（佐藤 拓史 准教授）

産業界で広く用いられている旋回型クレーンは、旋回、起伏、巻上げの動作を組み合わせて荷を任意の位置に搬送することができる。旋回型クレーンで荷を搬送する際に問題となるのが荷揺れである。荷揺れが起きれば、作業効率の低下を招くため、荷はなるべく揺らさない事が望ましい。

旋回型クレーンはその構造上、旋回動作の方向と荷の揺れの方向が一致しない場合があり、荷は複雑な挙動を示す。また、ロープ長や荷の重さなどによっても揺れの特性が変わるため、人の手で荷を揺らさないように運ぶことは難しい。そこで、旋回型クレーンの挙動を明らかにするために、旋回型クレーンの動作シミュレーションを行う。

また、シミュレーション結果の提示法として、アニメーション作成を行うプログラムを作成し、視覚的に分かりやすい提示を行う。

第3高調波のパルス紫外レーザーによるポリイミドの微細孔あけ加工

中澤 勇太：電子機械システム工学専攻（中村 奨 教授）

本研究は異方性導電膜のベース基材の作製を目的として、第3高調波のパルス紫外レーザーを用いて、ポリイミドに直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微細な孔あけ加工を実施した。通常、レーザー加工で得られる貫通孔は、入射孔に比べて出射孔が小さくなるテーパ状となるのが普通である。本研究ではストレートな貫通孔を得るために、試料裏面に被加工材とは異なる材料（裏当て材）を置き、出射面側の孔径の拡大を図った。流動性を持たせた裏当て材を使用し、パルスエネルギー、レーザー照射数を調節することで、直径 $10\mu\text{m}$ 以下のストレートに近い貫通孔を形成することができた。

第4高調波の紫外レーザーによる微細流路の加工

西山 智哉：電子機械システム工学専攻（中村 奨 教授）

本研究は μTAS の作製を目指して、紫外レーザーにより微細流路の加工を行った。 μTAS の構造として必要とされるのは、液体の流入口と流出口、それに液体の流れる流路である。それゆえ本研究では、流入口・流出口となる直径 $100\mu\text{m}$ の貫通孔を形成する技術と、幅 $100\mu\text{m}$ 、深さ $100\mu\text{m}$ の矩形流路を作製する技術の確立を行った。レーザー加工によって得られる貫通孔は、出口に向かってすぼまっていくテーパ状のものとなった。そこで裏当て材を被加工材の背面に置き、被加工材とともに加工する方法を行った。この加工により、直径 $100\mu\text{m}$ のストレートな貫通孔を形成することができた。流路の作製においては、エッジ部のみレーザーの照射回数を増やすことにより、U字型の加工断面を幅 $100\mu\text{m}$ 、深さ $100\mu\text{m}$ の矩形の断面へと改善することができた。

MSA スノーセンサを用いた雪の含水率計測による雪崩予測

野村 昂史：電子機械システム工学専攻（田口 裕二郎 教授）

センシング素子としてマイクロストリップアンテナを用いるスノーセンサを用いて、山の斜面に積層した積雪下部の含水率検出に基づく、雪崩予測について述べている。解析モデルとして、上層部に 1000mm の湿

り雪(含水率 7.5%)、下層部に深さ D[mm]の各種雪質を積層させ、FDTD 解析を行っている。また、この解析値の妥当性を検証するため実験モデルとして、上層部に 400mm の乾雪(含水率 0%)、下層部に深さ D[mm]の水を積層させている。そして、実験モデルの解析値と測定値とにより、解析モデルによる特性の妥当性を示している。評価した範囲では、インピーダンス特性の変化を観測することで、雪中の含水率を計測し、雪崩予測を行うことは可能であることを示している。

操作型フレキシブルロボットアームの振動制御

増井 詠一郎：電子機械システム工学専攻（佐藤 拓史 准教授）

人が入力デバイスを用いて操作するロボットアームの用途が広がりつつある。近年のロボットアームは高効率化、コストダウンの観点から軽量化され柔軟性を有する傾向にある。このような柔軟性を有するロボットアームを人が操作する場合にはアーム先端の振動を抑制することが作業効率の向上に繋がる。そこで、本研究では人が入力デバイスを介してフレキシブルロボットアームを操作した場合でもアーム先端の振動を抑制する制御系を構成する。構成した制御系は、軌道生成により手先振動を励起させない理想的な入力を与えた場合と比較することでその有効性を検討する。さらに、10名の被験者に対して評価実験を行うことで、設計した制御系の制振性と操作性の評価を行う。

SPS 法で製造した生体用多孔質 Ti6Al4V 合金多孔質焼結材の圧縮強度特性

松矢 武彦：電子機械システム工学専攻（青柳 成俊 教授）

本研究は、高強度低弾性率のインプラント材料を開発することを目的としている。SPS 法で製造した Ti6Al4V 合金多孔質焼結材の圧縮強度特性を評価した。粒径、気孔率、ひずみ速度と熱処理が圧縮強度特性に及ぼす影響を調査した。原料粉末 45 μm 、150 μm に分級されている 2 種類の合金粉末を用いた。粒径 45 μm 気孔率 20%、25%、粒径 150 μm 気孔率 20%の試験片で、それぞれ圧縮試験を行った。ひずみ速度は、 5.0×10^{-4} 、 5.0×10^{-3} 、 $5.0 \times 10^{-2}/\text{s}$ の 3 レベルで行った。弾性率の測定は、公称応力 100~300MPa の範囲に対応するひずみから最小二乗法で算出した。延性の改善のために Duplex annealing を施した。すべての試験片で最大圧縮強度、降伏応力は皮質骨よりも高い強度を示した。粒径 150 μm 20%の試験片では、降伏応力に対し正のひずみ速度依存性を示した。また、弾性率もすべての試験片で 30GPa 以下の値を示し、多孔質化の有効性を示した。Duplex annealing 後の圧縮特性は、最大圧縮荷重点までの変形能を増加させ、延性の改善に有効であると示唆された。

固体硫黄硫化法により作製した $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ 薄膜太陽電池

山口 幸士：電子機械システム工学専攻（片桐 裕則 教授）

四元化合物半導体 $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ （以下 CZTS）は地殻に豊富で毒性の低い元素のみで構成され、薄膜太陽電池の光吸収層として優れた光学特性を有している。しかし、その研究の歴史はまだ浅く、変換効率が低いという問題がある。CZTS 太陽電池は組成による変換効率のばらつきが大きく、変換効率向上のためには組成依存性を明らかにする必要がある。作製した約 200 サンプルの結果から、変換効率を左右する金属組成は Cu/Sn 組成比が支配的であるという仮説を立て、Cu/Sn 組成比の最適値を検討した。CZTS の作製には、組成制御性が高い三源同時スパッタ法と、温度制御性が高い固体硫黄硫化法を用いた。実験の結果、モフォロジ

一は特に Cu/Sn=1.84 以下で改善し、デバイス特性は Cu/Sn=1.68 が最も良かった。短絡電流密度と変換効率 は Cu/Sn 組成比に応じた値を示したため、仮説を裏付けるものとなった。Cu/Sn=1.78 以下で生じる曲線因子と開放電圧の低下は、析出した SnS が原因であった。

簡易操船シミュレータを用いた小型船舶の操作性評価

山本 理博：電子機械システム工学専攻（外山 茂浩 准教授）

一般に船舶の操縦にはある程度の熟練が必要である。なぜならば、船体運動を支配する流体力が航行状況に応じて複雑に変化するからである。経験の浅い操船者は、特に緊急時に航行状況に応じた操作を見誤る可能性が高く、このことが近年の海難事故増加の一つの要因となっていることが予想される。そこで本研究室では、経験によらず安全で快適な操船が行えるような電子制御操舵システムの開発に着手している。本研究では、実船の操船を模擬することができ、全舵輪回転数を種々変更可能な簡易操船シミュレータを製作して操舵機構の操作性を解析した。本稿では、手動式油圧操舵機構の特徴を数学モデルを用いて説明し、次に製作した簡易操船シミュレータの概要を説明する。最後に、操船シミュレーション結果について説明する。

AM50 マグネシウム合金圧延材の組織と力学的特性の評価

渡辺 哲平：電子機械システム工学専攻（青柳 成俊 教授）

マグネシウムは実用金属中で最も軽く、比強度と比剛性に優れる。しかし、マグネシウムの結晶構造は最密六方構造で、塑性変形が困難である。そのため、より高い延性能が期待されている。本研究では、延性に優れる AM50 合金の高温引張特性ならびに延性に及ぼす熱処理の効果を結晶組織とともに調べた。高温引張試験は RT, 150, 200, 250°C の各温度で圧延まま材を用いて行った。熱処理の効果は焼なまし後の室温引張試験で評価した。熱処理温度は RT, 100, 200, 300, 400°C で 10 分間保持の焼なましとした。高温引張試験は試験温度 150, 200, 250°C とした。また、高温引張試験では、試験片を圧延方向に対して 0, 45, 90° に切り出して異方性も調べた。焼なまし温度が 200°C から 300°C の間に結晶粒は粗大化し、硬さは温度の増加に伴い減少した。焼なまし温度の上昇に伴い最大引張強さと 0.2%耐力は低下し、延性は向上した。試験温度の上昇に伴い最大引張強さと 0.2%耐力は低下し、250°C で伸びは約 200%を示した。

物質工学専攻

葉内の光応答性プラストキノンの定量とその酸化還元応答

秋山 雄希：物質工学専攻（柴田 勝 准教授）

大気 CO₂ 濃度の抑制には、環境条件の厳しい地域での植林による炭酸固定が有効である。そのため、植物の様々な環境ストレスに対する生理的な応答について研究が行われている。植物は、ストレスによる枯死を回避するために様々な環境条件に対して光合成を最適状態に保つ必要があり、そのために、葉緑体の光合成電子伝達系の電子伝達速度の制御が重要となる。光合成の葉緑体電子伝達のシグナルとしてプラストキノン(PQ)レドックスが知られているが、実際に機能する光応答性の photoactive PQ レドックスを正確に測定する方法は確立されていない。また、電子伝達速度がクロロフィル(Chl)蛍光パラメータから求められるが、

photoactive PQ との相関は示されていない。これらのことから、葉内での光応答性の photoactive PQ の定量およびそのレドックスを正確に測定し、Chl 蛍光パラメータとの関係を明らかにすることを目的として実験を行った。その結果、阻害剤を使用した正確な photoactive PQ の測定法を確立した。また、photoactive PQ レドックスと相関を示した Chl 蛍光パラメータ q_L が得られた。

ミミズ由来アミラーゼの諸性質の検討

五十嵐 佑樹：物質工学専攻（赤澤 真一 准教授）

近年、化石資源の使用に伴う環境悪化あるいは資源の枯渇が問題となっており、世界的に資源循環型社会構築への意識が高まりつつある。環境負荷の低減に向け、本研究で取り上げたミミズは古くから生ごみのコンポスト化に利用されており、糖質加水分解能を有することが知られている。また、我々はアカミミズ *Lumbricus rubellus* の粗酵素溶液が効率よく小麦フスマを糖化できることを見出しており、ミミズ糖質加水分解酵素群は小麦フスマのようなソフトセルロース系バイオマスの糖化に活用可能である。そこで本研究ではミミズが有する糖質加水分解酵素群の解明を目指し、その一環として *L. rubellus* 粗酵素溶液中に見出した α -アミラーゼの精製と諸性質の検討を試みた。その結果、2 種の α -アミラーゼ (*LrAmy1* 及び *LrAmy2*) を単離し、両酵素共に分子量約 64 kDa のモノマーであり、比活性は *LrAmy1* が 69.2 U/mg, *LrAmy2* が 40.4 U/mg であることを明らかにした。また、両酵素は 4°C においても最大活性の約 40%の活性を示し、低温でも高い活性を有することが明らかとなった。

めっき・硫化法を用いた CZTS 薄膜太陽電池の作製

小池 惇平：物質工学専攻（荒木 秀明 准教授）

$\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS) は、構成元素にレアメタルを含まず、バンドギャップが 1.5eV、光吸収係数が 10^4cm^{-1} と太陽電池に適した光学特性をもつ。原料にコストがかからず、光吸収係数が大きく薄膜化が可能であるため、低コスト太陽電池材料として期待されている。本研究は、低コスト製膜プロセスである、電解めっき・硫化法を用いて CZTS 薄膜を作製し、光起電力特性を評価した。めっき液の濃度と、析出電位を変化させることで、組成が異なる試料を作製し、組成と変換効率の依存性を検討した。

$\text{Cu}/\text{Sn} > 2$ である組成領域では変換効率が低く、 $\text{Cu}/\text{Sn} \leq 2$, $\text{Zn}/\text{Sn} \geq 1$ の組成領域において、変換効率が高い分布がみられ、最も変換効率の高い試料は 3.64%であった。また、 $\text{Cu}/\text{Sn} \leq 2$, $\text{Zn}/\text{Sn} = 0$ の組成領域においても、 Cu_2SnS_3 (CTS) とみられる化合物の光起電力がみられ、最も変換効率の高い試料では、2.84%の変換効率と、 $29\text{mA}/\text{cm}^2$ の高い短絡電流密度が得られた。それぞれの太陽電池素子の量子効率を測定し、CTS は CZTS より長波長からの光吸収領域を持つことを明らかにした。CZTS のバンドギャップは 1.5eV, CTS のバンドギャップは 1.0eV 程度と推定された。

食用キノコの香気生成に関する酵素遺伝子の解析

佐藤 亮二：物質工学専攻（田崎 裕二 准教授）

食用キノコには特有の香りがあり、その代表的な香気成分が 1-オクテン-3-オールである。1-オクテン-3-オールの生合成は、リポキシゲナーゼ (LOX) によるリノール酸の酸化から開始すると考えられている。ヒラタケ (*Pleurotus ostreatus*) では、リポキシゲナーゼ *PoLOX1* の酵素化学的性質や遺伝子 *PoLOX1* の cDNA とゲノム DNA 配列が明らかになった。本研究では、子実体可食部における LOX 活性と 1-オクテン-3-オ

ール量を測定し、それらの関係を調べた。また、子実体の各部位と生長過程における *PoLOX1* の発現をリアルタイム RT-PCR で解析した。LOX 活性と 1-オクテン-3-オール生合成との関係を調べた結果、子実体における LOX 活性と 1-オクテン-3-オール量には相関関係がないことが示唆された。*PoLOX1* の発現量を調べた結果、子実体生長過程においては、成子実体へと生長するにつれて発現量は増加していき、子実体各部位においては、柄での発現量が最も高くなった。

インジウムフリー薄膜太陽電池の作製

知野 広太郎：物質工学専攻（荒木 秀明 准教授）

インジウムフリー材料として I_2 -II-IV-VI₄ 化合物の Cu_2ZnSnS_4 (CZTS), $Cu_2Zn(Ge, Sn)S_4$ (CZGTS), Cu_2ZnGeS_4 (CZGS) に着目した。基板として glass と Mo コート glass を用い、それぞれで金属積層プリカーサを E-B 蒸着装置を用いて作製し、硫黄と共に加熱することにより硫化を行い、CZTS, CZGTS, CZGS 薄膜を作製した。CZTS, CZGS 薄膜はそれぞれ CZTS, CZGS に帰属される X 線回折ピークが確認された。glass 上の CZGTS 薄膜で CZTS と CZGS の間にピークが観察され、CZTS と CZGS で混晶を形成することが示唆された。glass 上のサンプルにおいて光吸収係数を測定し、バンドギャップを算出した結果、CZTS 薄膜は 1.60 eV, CZGTS 薄膜は 1.69 eV, CZGS 薄膜は 2.13 eV であったため、CZGTS 薄膜は Ge と Sn の比率を変えることによりバンドギャップが制御できると考えられる。Mo コート glass 上のサンプルにおいて太陽電池素子化を行い、*J-V* 特性を測定した結果、CZGTS 薄膜を用いた素子では光起電力をほとんど確認できなかったが、CZTS 薄膜を用いた素子において、開放電圧 552 mV, 短絡電流密度 17.76 mA/cm², 曲線因子 34.37%, 変換効率 3.37% が得られ、CZGS を光吸収層として用いた素子において、開放電圧 511 mV, 短絡電流密度 1.22 mA/cm², 曲線因子 47.83%, 変換効率 0.30% が得られた。

Fe イオンおよび配位子共存下でのゼオライトの合成

濁川 雄政：物質工学専攻（加藤 正直 教授）

本研究ではゼオライト合成において Fe イオンおよび、配位子として Ethylenediaminemonoacetic acid (以下 EDMA とする。) または、N-(2-Hydroxyethyl)ethylenediamine (以下 HEEN とする。) を添加し、生成物にどのような影響を与えるのかを検討した。その結果、MOR 型、MFI 型、ANA 型の 3 種類のゼオライトが合成された。Fe イオンおよび、配位子を添加し合成した結果と、アルカリ金属以外の金属塩を添加せずに合成した結果を比較すると、Fe 化学種を添加した場合には添加しない場合に比べ、MOR 型、特に MFI 型ゼオライトの生成領域が縮小した。また、骨格中に Fe 原子を有する各種ゼオライトが得られた。つまり、MOR 型、MFI 型ゼオライトの生成領域は縮小するが、Fe イオンと配位子を反応系に導入することで、骨格中に Fe 原子を有する各種ゼオライトが得られることがわかった。

Co 錯体を添加した系でのゼオライトの合成

藤本 康太：物質工学専攻（加藤 正直 教授）

本研究ではゼオライト合成において ethylenediaminemonoacetic acid (以下 EDMA とする。) のコバルト (III) 錯体を一価の陽イオンとして添加し、出発ゲルの組成比、温度、合成時間が生成物の構造や単位胞当たりの Co 含量にどのような影響を与えるかを検討した。また、(2-Hydroxyethyl)ethylene diamine (以下 HEEN とする。) -コバルト錯体についても検討し、条件によって EDMA の代用が可能であることがわかった。

環境都市工学専攻

大深度円形立坑用連続地中壁に作用する側圧に関する研究

阿部 広明：環境都市工学専攻（岩波 基 教授）

大深度円形立坑地中連続壁の設計方法は中浅深度における円形立坑に対するものを踏襲しており，その設計荷重は合理的かつ学術的な根拠が希薄なまま決定されているのが現状である．また，大深度円形立坑に設置した土圧計の計測結果から，軸対称側圧は設計値よりも小さいが，軸対称ではない側圧は設計値より大きいというケースが報告されている．一方，土圧計の値は，その設置時に設定する初期値の影響が大きく，地中連続壁に作用する真の側圧として評価することには疑問が残る．そこで，本研究では，5つの大深度円形立坑の地中連続壁で計測された水平方向の断面力から連壁に作用する側圧を逆算して設計側圧と比較し，考察を加えた．

都市下水を処理する嫌気性処理槽内に生息する原生動物の特定とその食物環の解析

大嶋 義章：環境都市工学専攻（荒木 信夫 教授）

本研究では，都市下水を処理する UASB 内に生息する嫌気性原生動物の基礎的研究として，顕微鏡観察から優占種と細胞数の年間を通じての変化を追跡し，挙動を把握すると共に，マイクロマニピュレーター及び分子生物学的手法を用いて UASB 内に生息する嫌気性原生動物一細胞を単離し，遺伝子解析を行った．また，UASB 内の原生動物がどのような微生物や基質を捕食しているかは不明であるため，本研究では原生動物の捕食特性，細胞内菌，排泄物の食物環に焦点をあて，原生動物がどのようなメカニズムで処理に貢献しているかの解明を試みた．その結果，原生動物細胞数は水温変化に対応して増減し，夏期から秋期に最大となり，冬期から春期に減少することが判明した．遺伝子解析では，*Metopus contortus* の近縁種，*Metopus palaeformis* の近縁種，*Trimyema compressum*，*Paramecium caudatum*，*Vorticella microstoma* の特定に成功した．食物環では，非溶解性基質である細菌群を捕食していること，メタン菌が共生していることが示唆された．

シールド工専用セグメントへの信頼性設計適用に関する試算

齋藤 良一：環境都市工学専攻（岩波 基 教授）

我が国で長年シールド工専用セグメントの設計に用いられてきた許容応力度設計法は多数の実績があり，かつ比較的簡便ながら信頼性が高い設計方法である．しかし，許容応力度設計法による照査は力学的な構造安定性能の照査にとどまっており，限界状態設計法における部分安全係数もデータに基づいて合理的に定められたものとは言い難い現状にある．本報告は，シールドトンネルの構造解析において解析に用いる定数のばらつきが解析結果へ与える影響について把握するために，現行の設計基準に基づいて設定した鉄道用シールドトンネルの構造解析において，セグメント継手の回転ばね定数と地盤の側方土圧係数および地盤反力係数のばらつきを考慮して解析を行った結果を示したものである．

一般座標系を用いた k-ε 乱流モデルによる保存性サーマルの数値計算手法の検討

下條 雅人：環境都市工学専攻（衛藤 俊彦 准教授）

火砕流や煙型雪崩は保存性傾斜サーマルの代表例である。これらは山岳地帯などの複雑な地形で発生するため、数値計算を行うにあたっては、この複雑な地形を考慮しなければならない。そこで、境界の形状に適した格子を生成することができる一般座標系を用いて数値計算モデルの作成を試みた。傾斜壁面サーマルの数値計算に用いる乱流モデルには k-ε 乱流モデルを採用した。数値計算モデルの妥当性を検討するため、既存の実験結果との比較を行った。その結果、本研究において作成した数値計算モデルは緩勾配の塩水サーマルの流動については、実験結果をよく再現できた。しかし、急勾配のサーマル流動については、その再現性が低く、今後の改良が必要である。

マルチエージェントシステムを用いた洪水氾濫における避難行動シミュレーションに関する研究

高井 克圭：環境都市工学専攻（衛藤 俊彦 准教授）

近年、日本では計画規模以上の豪雨が多発している。それによって起きた洪水氾濫によって多大な被害が発生した。このような災害へのソフト対策として、市町村などが整備し、公開している洪水ハザードマップが挙げられる。住民はこの洪水ハザードマップから得られる避難場所や安全な経路などの情報を基に自主的に避難することができると考えられる。しかし、避難経路や避難場所などの情報は住民が自主的に避難する上で必要なものであるが、事前に避難経路が決まっていたとしても洪水時には通れない箇所がある可能性がある。本研究ではマルチエージェントシミュレータを用いて洪水氾濫における避難行動シミュレーションモデルを開発する。このモデルを用いて、新潟県長岡市の蔵王橋周辺地域を対象として、洪水氾濫の解析結果を用いた避難行動シミュレーションを行った。その結果、本モデルは洪水氾濫発生時の住民の避難所到達時間や住民の避難行動に開始時間の違いによる避難の成否割合を推測できることを示した。

UASB 槽内に生息する嫌気性原生動物の至適生育条件と細胞内共生古細菌の特定

高橋 良太：環境都市工学専攻（荒木 信夫 教授）

本研究は嫌気性原生動物 *Metopus contortus* の単離培養法を確立することを最終目的とし、*Metopus contortus* の粗培養を行い、至適生育条件を検討した。また、マイクロマニピュレーターを用いて培養を介さずに嫌気性原生動物の共生古細菌種の特定を行った。CMV 培養液に炭素源として 0.1g/L グルコースを添加した培地にて 23°C・嫌気条件で回分培養を行った場合、*Metopus contortus* の増殖は確認できたが、集積・単離には至らなかった。そこで回分培養のデメリットを解消するために同培地で連続培養を行った。結果、*Metopus contortus* は平均で 5.9×10^4 cells/mL、最大で 22.7×10^4 cells/mL まで増殖し、かつ恒久的な集積培養が可能となった。クローニング法により細胞内共生古細菌の特定を行った結果、*Metopus contortus* 細胞内には *Methanoregula* 属と *Methanosaeta* 属のメタン生成古細菌がほぼ同比率で共生していた。

都市部の非開削切掘げ工法に関する研究

中澤 智博：環境都市工学専攻（岩波 基 教授）

東京地下鉄副都心線では、路線の最深部に中間ポンプ室を構築した。このポンプ室の構築は、トンネル内から曲線パイプルーフを挿入して、地山を先行補強し、内部を掘削する工法（PSS-Arch 工法）を採用した。

中間ポンプ室構築工事では、施工中にセグメントや曲線パイプルーフ、変形防止鋼材の軸力と曲げモーメントを計測していた。その結果、支保工等における設計値と施工した際に計測した計測値とを比較すると、計測値と設計値に大きな差異があることが分かった。

そこで、本研究は、当該工事の施工過程を考慮した 3 次元 FEM 解析を行い、実際に構造物に生じた挙動を再現し、曲線パイプルーフ等の構造物に作用する荷重を再現することを試みたものである。

開削トンネルにおける土留め壁を考慮した動的解析に関する検討

西 信衛：環境都市工学専攻（岩波 基 教授）

我が国において、開削トンネルは交通施設を主として様々な用途で使用されており、これらの施設が地震によって被害を受けた場合、都市機能に大きな影響を与える。そのため、耐震設計において、開削トンネルの動的挙動を適切に把握することが必要であるが、開削トンネルを対象として行われる地震応答解析は、施工過程で残置される土留め壁や埋戻し土を考慮することなく解析が行われている。さらに、これらを考慮した検討の事例はなく、動的な応答にどのような影響を及ぼすのか明らかにされていないのが現状である。

そこで本検討は、洪積層にある鉄道開削トンネルを仮定し、トンネルの埋戻し土や土留め壁を考慮した地震時応答解析を行い、それらの結果と埋戻し土等を考慮しない解析結果を比較し、どのような差異が生じるか検討したものである。

TSA-FISH 法による脱窒素細菌の機能遺伝子と rRNA の同時検出

前谷 広太：環境都市工学専攻（荒木 信夫 教授）

本研究では、TSA-FISH 法を用いて、脱窒素細菌が共通して保有する *nir* 遺伝子と 16S rRNA の新規二重染色技術を開発し、未知の脱窒素細菌の系統情報を明らかにすることを目的とした。モデル微生物に銅含有型亜硝酸還元酵素 (*nitrite reductase:nirK*) 遺伝子を保有する脱窒素細菌、*Pseudomonas aureofaciens* を用いて、two-pass TSA-FISH 法と TSA-FISH 法を組み合わせた二重染色を試みた結果、*nirK* 遺伝子とバクテリアの 16S rRNA を特異的かつ同時に検出することに成功した。また、本研究で開発した二重染色法は既往の二重染色法に比べ、高い検出率を持って機能遺伝子を検出することが可能であった。

