

6月20日(木)

研修室241

EMC・半導体

雑音端子電圧の抑制効果計算手法の比較評価

○大橋 弘幸^{*1)}、高橋 文緒^{*1)}

1. はじめに

EMC 試験では、製品の電源ラインから漏出するノイズを測定する雑音端子電圧測定がある(図1)。この測定でノイズレベルが規格値を超える場合、製品に対策部品を追加し、ノイズ低減を図る。しかし EMC 試験の現場では最適な対策部品を選ぶために、測定を試行錯誤しながら行う。本研究では、ノイズ対策部品の選定手法に着目し、雑音端子電圧の対策部品のノイズ抑制効果を定量的に見積もる手法について検討・評価を行った。

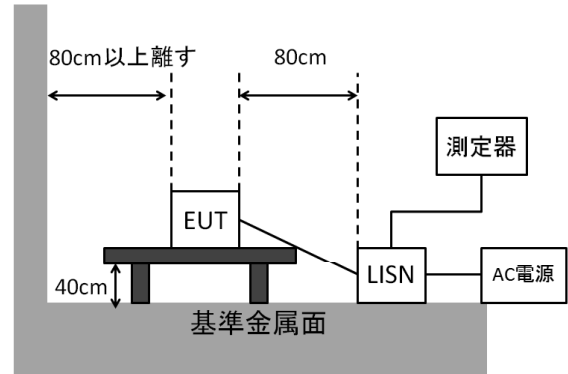


図1. 雑音端子電圧測定の模式図

2. 実験方法

図2にノイズ対策の計算モデルを示す。まず、供試装置(以下 EUT)の雑音端子電圧を測定し、ノイズ抑制効果計算のために EUT、チョークコイル、Xコンデンサのインピーダンス特性をインピーダンスアナライザで測定した。次に、対策手法ごとの回路モデルから対策部品取り付け後のノイズレベルの計算を行った。最後に、供試装置に実際に対策部品を取り付けた場合の雑音端子電圧の測定結果を計算結果と比較した。

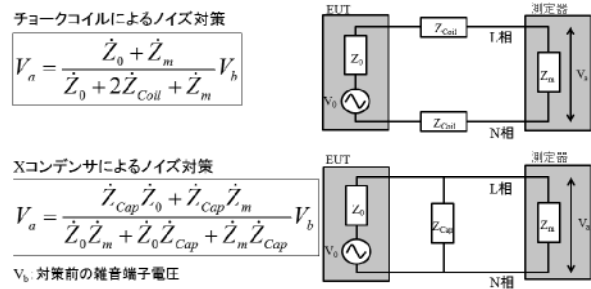


図2. ノイズ対策回路モデル (ノーマルモードノイズ)

3. 結果

図3にノイズ対策後の雑音端子電圧の計算結果と実測結果の比較を示す。チョークコイルによる対策では 0.15MHz~1.5MHz の帯域で抑制効果の実測と計算結果の相関がとれており、1.5MHz~30MHz 付近では計算結果が測定系のノイズフロア以下になっているが、実測結果も同様の結果となっていた。また、Xコンデンサによる対策については、計算結果で 1.5MHz~2MHz 付近で共振が発生したが、実測結果でも同じ帯域で共振を確認した。

4. まとめ

ノイズ抑制効果を定量的に見積もる方法を考案し、計算結果と実測結果に部分的な相関が得られた。今後、計算結果の精度を向上させるための測定および計算手法を導入する。

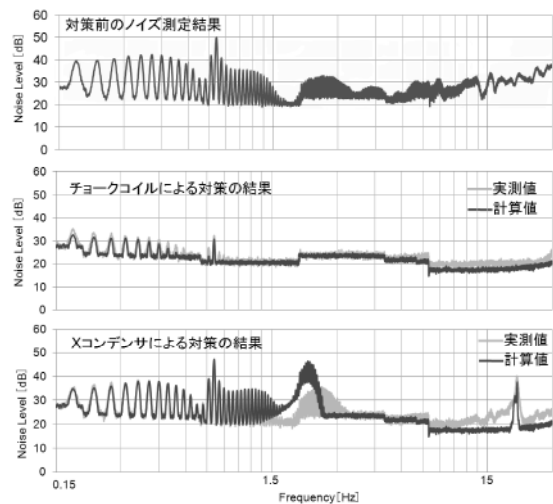


図3. 計算結果と実測結果の比較 (ノーマルモードノイズ)

*1)電子・機械グループ

めっきパルプ繊維を用いた電界シールドシートの開発

○上野 武司*1)、竹村 昌太*2)、島田 勝廣*3)

1. はじめに

本研究では、離解したパルプ繊維の表面をめっき処理して導電性を付与し、抄紙して導電性をもつ導電紙を形成した。作製したシートを図1に示す。このシートは、電界シールド性能を示すことから、電磁波シールド材として用いることができる。本試みは、パルプ繊維の有効活用法の一つとして提案する。

2. 実験方法

電界シールドシートの作製プロセスを図2に示す。シートは、まずパルプ繊維を離解し、その繊維一本ずつに無電解ニッケルめっき(カニゼン法)を用いて繊維表面を金属化(導電性を付与)しためっきパルプ繊維を作製する。このめっきパルプ繊維とパルプ繊維を混合・抄紙することにより、シートを作製する。本研究では、めっきパルプ繊維の混合比率を体積比で、0.2、0.4、0.6、0.8と変えて作製した。電磁波シールド効果は、KEC(関西電子工業振興センター)法により評価した。

3. 結果・考察

めっきパルプ繊維の混合比率に対する電界シールド測定結果を図3に示す。混合比率を高めることにより導電性が高まり、その結果電界シールド効果が高くなっている。測定結果は、シェルクノフの式による計算結果と一致する。これらのシートは、30dB以上の電界シールド効果があり、電磁波シールド材として一般的な値を示している。

電界シールド効果を高めるために、電界シールドシートを厚くする方法、めっきパルプ繊維シートと紙による多層化する方法を試みた。その結果、多層化が有利であり、めっきパルプ繊維シートを1層増やすことにより、約10dBの効果が高めることができた。これは、理論的に1層増やすことにより6dB増加することと一致する。

4. まとめ

めっきパルプ繊維による電界シールドシートを作製した。このシートのシールド性能は、めっきパルプ繊維の混合比率を高めることが有利であった。また多層化も性能向上に寄与した。

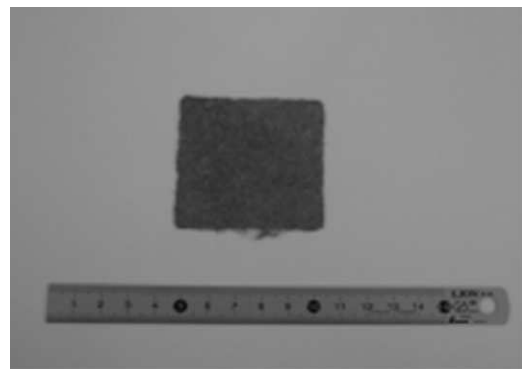


図1. 作製したシート

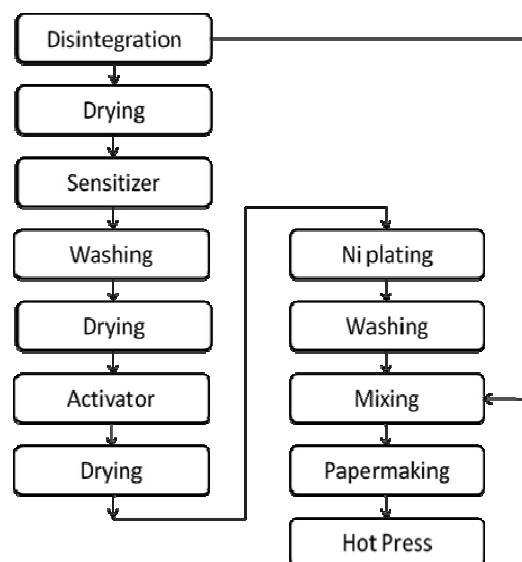


図2. シート作製プロセス

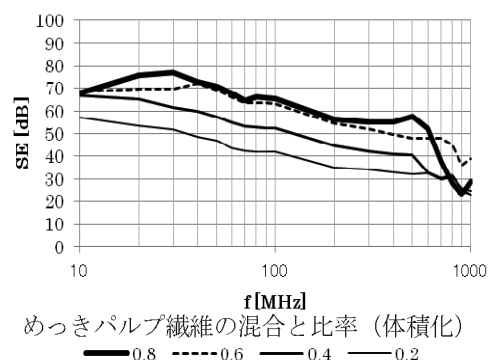


図3. 電界シールド効果

*1)電子・機械グループ、*2)表面技術グループ、*3)交流連携室

EMC サイトにおける ISO/IEC17025 認定取得での課題と今後の展開

○高橋 文緒^{*1)}、大橋 弘幸^{*1)}、大森 学^{*1)}1. はじめに

多摩テクノプラザ EMC サイトは、平成 25 年 2 月 27 日、株式会社電磁環境試験所認定センター (VLAC) より ISO/IEC17025 の試験所認定を受けた。ISO/IEC17025 は、試験・校正業務の品質マネジメントシステムを確立し、試験・校正結果の国際的な互換性を実現するために不可欠な国際規格であり、この認定を取得することで国内のみならず海外に通用する試験結果の提供が可能となる。

ISO/IEC17025 認定取得に際し、技術的要求を満たすために測定手順の確立、測定経路の不確かさの要因の確認、EMC サイトの測定不確かさの算出を行った。その中から、試験結果の信頼性を示す EMC サイトの測定不確かさの算出についての検討内容と、認定取得後の今後の展開について報告する。

2. 不確かさの算出

EMI試験においては、試験方法の性質から厳密で計量的および統計学的に有効な測定の不確かさの算出ができないことがある。このような場合に試験所は、少なくとも不確かさの全ての要因の特定を試み、例えば、経験または妥当性確認のデータ活用などによる合理的な推定を行い、不確かさについて誤った印象を与えないことが要求される。

CISPR16-4-2 に記載される放射エミッション測定の不確かさを表 1 に示す。各項目は、試験器の仕様もしくは外部の校正結果より与えられた数値を使用する不確かさと、内部の校正結果もしくはサイトの特性を検証することにより求められる不確かさがある。後者の不確かさに関しては、校正方法やサイトの特性を見直すことにより、不確かさを改善することが可能となる。そのため、不確かさ要因で割合の大きいサイト補正の項目に関して検討を行った。

検討内容は、30~1000MHz のサイト検証方法である正規化サイトアッテネーション (NSA) および 1GHz~6GHz のサイト検証方法であるサイト VSWR (SVSWR) により行った。結果は、NSA では規定値±4.0dB 以内に対し±2.5dB と良好な結果となった。また、SVSWR では規定値 6dB 以内に対し 5.2dB となったが、サイト内配置変更によって 0.5dB の改善を行うことができたため、不確かさにおいて±0.3dB の改善となった。

3. 今後の展開

ISO/IEC17025 認定取得範囲は、情報通信技術装置のエミッション測定の分野で、測定可能周波数範囲の上限が 6GHz となる。近年の高周波化に伴い、6GHz 以上の測定の要求が高まると考えられる。今後は、それらに対応できるよう手順書などの整備を行う予定である。

また、エミッション測定の対となるイミュニティ試験に関しては、試験器のトレーサビリティの確保および不確かさの算出を行い、試験結果の有効性を高めることが今後の目標である。

4. まとめ

ISO/IEC17025 認定取得に必要な不確かさについて検討を行い、値を改善した。さらなる信頼性の向上を行うために不確かさの改善検討を継続して実施する。

表 1. 放射エミッション測定の代表的な不確かさ

入力項目
受信器の読み
減衰量
アンテナ係数
受信器の補正
アンテナ~受信器間の不整合
アンテナ補正
サイト補正
周囲雑音

*1)電子・機械グループ

H22.4~H24.3 【基盤研究】 EMC サイトにおける ISO17025 測定手順の確立と不確かさの算出

素子の特性バラツキを補正した FPGA 向けタイミング検証手法の開発

○岡部 忠^{*1)}、志水 匠^{*2)}、武田 有志^{*3)}、藤原 康平^{*2)}、小林 丈士^{*2)}

1. はじめに

半導体プロセスの微細化に伴い、電子デバイスを構成する素子の特性バラツキによる歩留まり低下が無視できない。これまでは生産性を向上させるため、素子の特性バラツキを抑えることに主眼が置かれてきた。しかしながら、素子の特性バラツキを抑えることとは異なり、素子の特性バラツキをセキュリティ用途として利用するという技術が提案されている。特性バラツキの応用技術を開発するに当たり、FPGA (Field Programmable Gate Array) ベンダーからの情報提供の不足や、バラツキ応用向けのツールが整備されておらず、多大な開発コストを要している。本研究ではこの点を改善するために、FPGA 向けにバラツキを補正したタイミング検証手法を提案する。本提案手法を用いることで開発が容易になり、本提案手法が素子の特性バラツキを利用した新たなアプリケーション創出の手助けになることが期待できる。

2. 提案手法の説明

本研究では、次の (1) ~ (2) の手順で FPGA の内部論理素子の特性バラツキの統計分布を取得した。そして、各素子の特性バラツキの統計分布を用いて、(3) のタイミング検証を行う手法を提案する。

- (1) 特性バラツキの計測：単一の外部入力信号を評価対象 LUT (Look Up Table) に入力し、外部出力信号とする図 1 の径路①および LUT を介さない径路②との出力信号の遷移タイミングの差をオシロスコープで計測する。
- (2) 統計解析：複数の LUT および複数のサンプルデバイスに対し上記 (1) を行い、得られた結果を統計解析し素子の特性バラツキを取得する (図 2)。
- (3) バラツキ補正タイミング検証：上記 (2) の解析結果から、素子の遅延情報に各素子の遅延バラツキを追加し、タイミング検証を実行する。

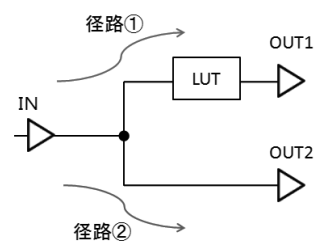


図 1. 遅延量測定デザイン

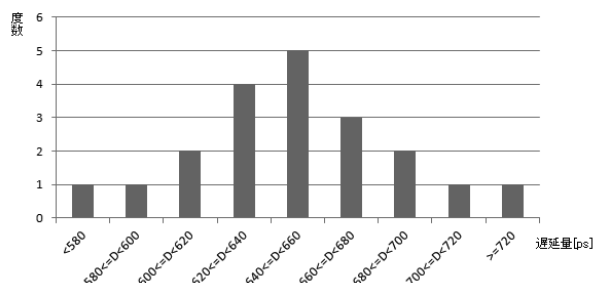


図 2. 単一 LUT の遅延量の度数分布の一例

3. 結果・考察

上述の提案手法でタイミング検証を行った。シミュレーション波形の目視確認を行い、特性バラツキが各 LUT に割り当てられていることが確認できた。提案手法では、外部条件として PVT (Process, Voltage, Temperature) を考慮したシミュレーションを行うことができるが十分な精度とはいえない。素子バラツキを応用する際には電圧や温度変化を詳細に模擬することが必須であるため、今後はこの点を改善する必要がある。

4. まとめ

本研究では FPGA の内部素子の特性バラツキを測定し、特性バラツキを利用したタイミング検証手法を提案した。提案手法が特性バラツキの応用に寄与するものと期待する。

*1)情報技術グループ、*2)電子半導体技術グループ、*3)生活技術開発セクター

マイクロ波帯における電波吸収体の評価法の開発

○藤原 康平^{*1)}、志水 匠^{*1)}、小林 丈士^{*1)}1. はじめに

EMC 対策用途の電波吸収体は市場に多く出回っている。しかし、マイクロ波、ミリ波に対応した電波吸収体は市販されている物が極端に少ない上に、複素誘電率等の特性が公開されていない場合が多い。そこで、本研究では今後必要となるマイクロ波、ミリ波帯の EMC 対策を行うために、アルミニウム板、アクリル板、ベニヤ板、電波吸収体の透過減衰率をアンテナ暗室で、複素誘電率と透磁率をベクトルネットワークアナライザ (VNA) で実測した (図 1)。また、アンテナ暗室内をモデル化し電磁界シミュレーションで上記材質に対する透過減衰率を計算した。

その結果、シミュレーションで得られた透過減衰率と実測値が良好に相関することを確認した。

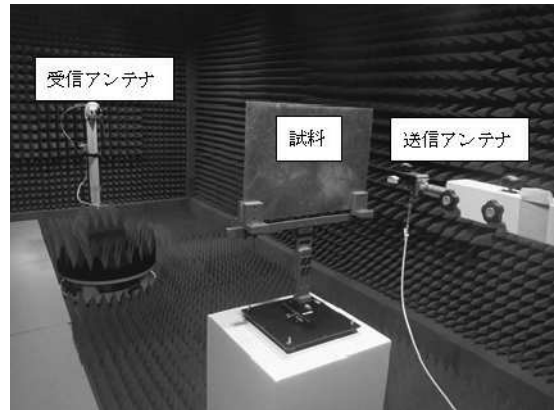


図 1. アンテナ暗室内の測定系の写真

2. 実験方法

まず、アルミニウム板、アクリル板、ベニヤ板、電波吸収体の透過減衰率を 25 GHz~40 GHz の範囲においてアンテナ暗室内で測定した。

次に、電磁界シミュレータに与える複素誘電率と複素透磁率を VNA で測定し、シミュレーションモデル中に与えて透過減衰率特性を計算した。計算は FDTD (Finite-Difference Time-Domain method) 法で行った。なお、アルミニウム板に関しては導電率 ($\sigma=4.2 \times 10^7$ S/m) を用いた。

3. 結果・考察

アクリル板とベニヤ板では、実測とシミュレーションが ± 1 dB で良好に相関が得られた。アクリル板の実測とシミュレーションの結果を図 2 に示す。

4. まとめ

アクリルなどの低損失材料の複素誘電率測定では、測定前の校正の精度が担保されていないと、特に虚数成分が正しく測定できない。それを避けるために導波管の接合を確実にできるような細心の注意を払う。

60 GHz 以上の電磁界シミュレーションでは、メッシュ数が増大し計算時間を要する。計算 GPU のメモリ容量 10 GB を超過しないようにモデル作成を行う必要がある。

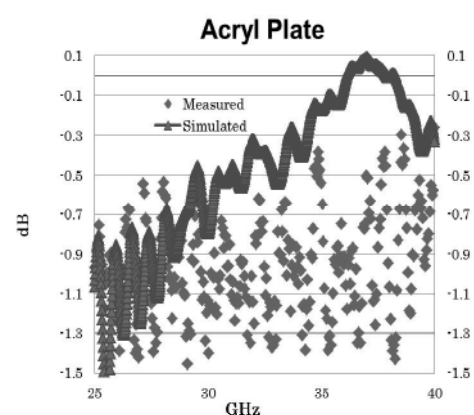


図 2. 実測とシミュレーションで得たアクリル板の透過減衰率

*1)電子半導体技術グループ

高い信頼性を有するガス電子増幅器の開発とその特性評価

○小宮 一毅^{*1)}、藤原 康平^{*1)}、小林 丈士^{*1)}

1. はじめに

ガス電子増幅器 (Gas Electron Multiplier : GEM) は、Micro Pattern Gas Detector (MPGD) の一種であり、X線や荷電粒子を2次元読み出しで補足するための検出器である (図1)。そのことから、素粒子・原子核実験だけでなく、放射線医療分野や非破壊検査などへの応用が期待されている。現在、GEMの研究開発が世界中でなされているが、使用中の増幅率低下や、GEMフォイルと呼ばれる電極シートが異常放電により電極間で短絡する問題があり、信頼性の向上が急務となっている。本研究では、GEMの信頼性向上ため、GEMフォイルに用いられる基材の選定と貫通孔の形成方法について検討した。

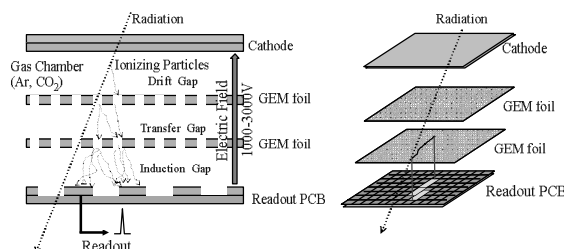


図1. ガス電子増幅器 外観図

2. 実験方法

市販のGEMフォイルに用いられている基材は、ポリイミド (PI) もしくは液晶ポリマ (LCP) である。この理由は、フレキシブル基板用の材料として銅箔が表裏に熱圧着された状態で入手が容易なためであり、GEMフォイルとしてどのような基材が最適か、十分な検討がなされていない。本研究では、基材の選定にあたり、耐アーク性に着目しポリテトラフルオロエチレン (PTFE) を基材として選定した。これに、マグネトロンスパッタ成膜装置 (SX-200、(株)アルバック製) を用い、基材に熱影響が生じない条件で銅 $1\mu\text{m}$ を両面に成膜した。その後、フェムト秒レーザ (中心波長 780nm 、平均出力 800mW 、発振周波数 1kHz) を用い $200\mu\text{m}$ ピッチ、孔径 $80\mu\text{m}$ で千鳥配列の貫通孔電極を試作した。

3. 結果・考察

LCP製GEMは、数十回程度の放電が起こると電極間が短絡してしまうが、試作をしたGEMは10,000回以上の放電でも短絡を起こすことはなかった (図2)。測定中延べ40,000回に及ぶ放電を起こしているが、外観上の変化はほとんど見られなかった。また、PI、LCP製GEMでは放電した部分に放電痕が残るが、PTFE製GEMでは放電痕が観察できなかった。これは、PTFEフィルムでは、アーク放電時に炭化導電路が成形されないためであると考えられる。

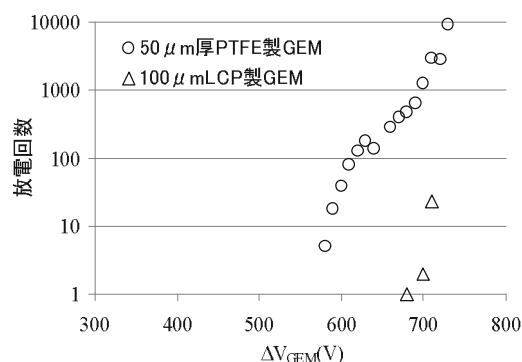


図2. 放電回数と電極間電圧 ΔV_{GEM}

4. まとめ

GEMの信頼性向上のため、絶縁層にPTFEを用いたGEMフォイルの作製プロセスの検討とその特性評価を行った。電極作製実験では、マグネトロンスパッタ装置による銅の最適な成膜条件を明らかにするとともに、GEMフォイルに使用可能な電極部を得た。貫通孔形成実験では、両面成膜したPTFE基材に対してフェムト秒レーザによる加工を行い絶縁層にPTFEを用いたGEMフォイルを得た。また、その評価を行い耐放電特性と増幅率に優れていることを明らかにした。

*1)電子半導体技術グループ

LSPR センサヘッドの開発

○加沢 エリト^{*1)}、若林 正毅^{*2)}

1. はじめに

金 (Au) ナノドット基板に多孔質体を積層することで、幅広いガス濃度に応答するガスセンサを構築できることを既に報告した (図1)。このシステムは、多孔質体に吸着した気体の毛管凝集をAuナノドットで生じる局在表面プラズモン共鳴 (localized surface plasmon resonance : LSPR) の変化で検出するものである。このガスセンサシステムはトルエン換算で2ppm~3%濃度の揮発性有機化合物 (volatile organic compounds : VOC) を検知できるので、既存の工業用ガスセンサより遥かにワイドレンジである。このガスセンサシステムを小型・安価に構成することを検討し、試作を行った。

2. 実験方法

センサの構成を図2に示す。光源にはIR-LEDを、受光素子 (PD) にはシリコン検出器とI-Fコンバータを内蔵したフォトセンサICを用いた。AuナノディスクのLSPR特性がLEDの波長にマッチするように電磁場解析FDTDを用いてナノディスク構造を設計し、電子ビームリソグラフィ (EBL) を用いて試作した。光学フィルタは帯域透過型光学フィルタ (BPF) で、設計・試作を簡便にするため、単純な銀ハーフミラー/誘電体ギャップ/銀ハーフミラーの3層干渉フィルタとした。これらの部品を用いてセンサヘッドを試作し、液体を滴下した時の信号変化によりセンサ機能を確認した。

3. 結果・考察

Au微粒子構造の電磁場解析結果を図3に示す。金微粒子を用いる一般的な研究事例 (図中①) に対して、本研究の手法 (図中②) は大きな信号変化が得られる。本研究の手法はセンサ応用に適していることが確かめられた。解析結果を元に、試作したナノディスクの特性を図4に示す。LEDの発光波長940nm付近でプラズモン共鳴を生じることが確かめられた。図2の構成で試作を行い、LSPRセンサとして動作することを確認した。

4. まとめ

高価な分光器を用いることなく、安価な光半導体部品を用いてプラズモン共鳴を検出することを試みた。従来の1/60程度の寸法に小型化され、さらに価格比1/50程度と低コスト化できた。今後は多孔質体膜を加えて小型のガスセンサとして完成させる予定である。

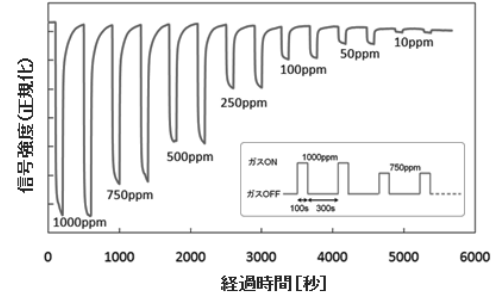


図1. LSPR センサのガス応答性

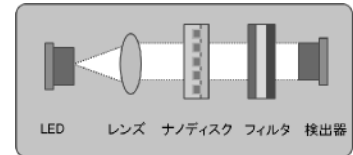


図2. 試作センサの構成

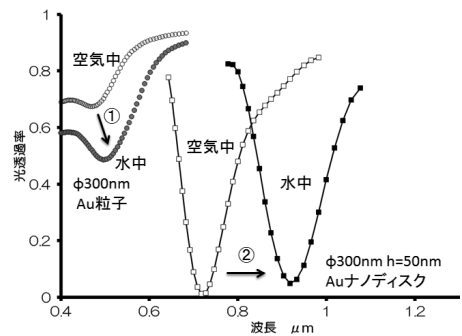


図3. 電磁場解析の結果
Au微粒子の光透過特性

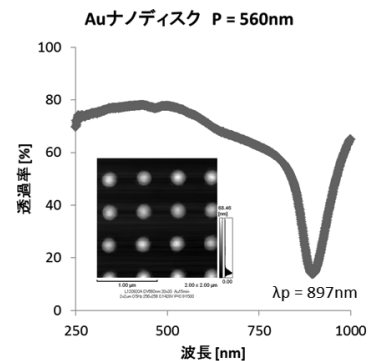


図4. Auナノディスクの特性
図中はナノディスクのAFM像

*1)電子半導体技術グループ、*2)元電子半導体技術グループ

新構造を有する減法混色方式の表示画素の提案

○豊島 克久*1)

1. はじめに

近年、電子ペーパーディスプレイの研究・開発が行われており、見やすさや低消費電力化を追求したヒトや環境に優しい製品が実現し始めている。図1はディスプレイにおいて、LEDや液晶などの自発光型と、電子ペーパーのような反射型を比較した概念図であり、表1に反射型の自発光型に対する優位性を示す。両者を比較すると、自発光型は周囲が明るいほど輝度を上げる必要があるため消費電力が増大するのに対して、反射型の消費電力は周囲の明るさによらず一定となる。また、反射型は電源OFF時の画素保持機能を設けることで、静止画表示において消費電力ゼロ化が可能となる。

電子ペーパーディスプレイに着目し先行技術調査を行ったところ、可動フィルム型の減法混色ディスプレイが既に提案されている。本研究では、より単純な構造で小型化・低コスト化を目指して、図2に示す可動繊維毛を用いた新しい表示画素を提案した^[1]。

2. 新構造を有する減法混色方式の表示画素

図2は、新しい表示画素の構造図である。CMYのカラー繊維毛からなる画素が基板に設けた筒から飛び出すこれまでになかった構造となっており、飛び出す繊維毛の量をそれぞれ制御することで減法混色表示が可能となる。主な特徴は次の通りである。①画素を基板に対して垂直方向に配置できるため独自の奥行き感を付加できる。②複数色の繊維毛の合成により綿密な混合色が発現できる。③繊維毛独特の質感による表現が可能となる。

3. 検討および考察

提案した表示画素のマクロモデルの試作を行った。画素サイズは17mm角で、繊維毛は直径130μm程度のポリエステルを用いた。この結果、減法混色表示の可能性は確認できた。今後、高画質化を行うには1画素当たりの駆動装置の低コスト化が課題となる。

4. まとめ

新構造を有する減法混色方式の表示画素を提案した。屋外向けデジタルサイネージをはじめ、見やすさやデザイン・芸術性を追求した表示装置への応用が期待される。

参考文献

[1] 特開 2012-155269

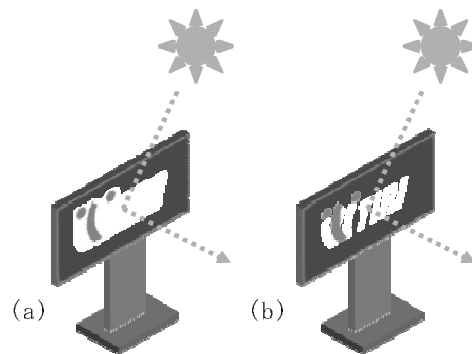


図1. 自発光型ディスプレイ(a)と、反射型ディスプレイ(b)の比較(概念図)

表1. 反射型の自発光型に対する優位性

	自発光型	反射型
明環境下での消費電力	周囲が明るいほど輝度を上げる必要があり消費電力が増大。	周囲の明るさによらず消費電力一定。
静止画表示における消費電力	常時駆動電力が必要のため電力を消費する。	電源OFF時の画素保持機能を設けることで消費電力ゼロ化が実現可能。

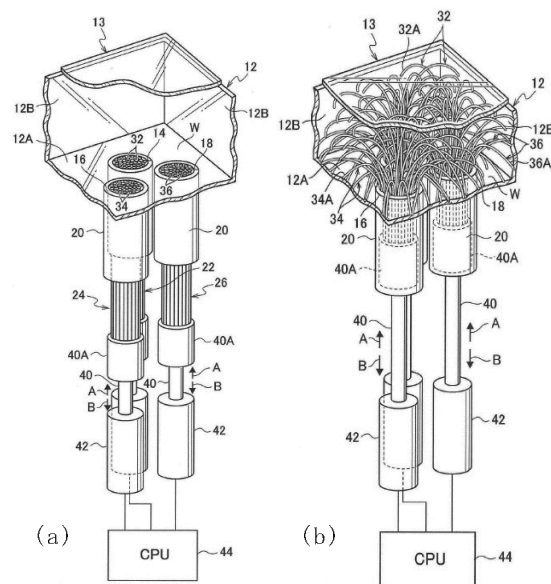


図2. 可動繊維毛を用いた新しい表示画素 (a)可動繊維毛が閉じた状態 (b)可動繊維毛が開いた状態

*1)城南支所

6月20日(木)

研修室242

**ものづくり基盤技術
少子高齢・福祉**

セラミック材表面へのイオン照射効果

○寺西 義一^{*1)}、渡部 友太郎^{*1)}、長坂 浩志^{*1)}、小林 訓史^{*2)}1. はじめに

近年、急速な高齢社会が到来している。高齢者の増加に伴い、関節機能の低下などが問題になり、人工骨の需要が増加している。骨そのものに疾病が生じた際、疾病部分を完全に取り除くと生体組織内に空間が生じることとなる。この空間を埋める骨補填材料としては生体活性セラミックスである多孔質ハイドロキシアパタイト(HA)が実用化されている。この材料は生体に対して安全であり、特にその表面に骨成分が膜形成して、自家骨と直接結合するといった特徴を持っていることから、優れた骨補填材として材料開発が進められている。その一方、生体活性機能である骨成分膜形成を積極的に制御する試みは十分に検討されていない。本研究では、この HA セラミック材表面にイオンを照射することで骨成分の膜形成にどのような影響があるかを調べ、その膜形成制御の可能性の有無を検討した。

2. 実験方法

試験片は、原料粉としてハイドロキシアパタイト粉末 (HAP-200、太平科学産業(株)) を用い、プレス機による圧粉後、電気炉を用いて焼結により作製した。この試験片表面にイオンを照射する装置は IMX-3500 ((株) アルバック製) を用いた (図 1)。照射加速エネルギーを Ar イオンは 60 [keV]、C イオンは 35 [keV] で行った。生理的生体適合性評価は、生体環境を考慮した試験に一般的に用いられている擬似体液 (SBF) を作製し、イオンを照射した HA 基材を浸漬することによって行った。



図 1. イオン照射機

3. 結果

作製した HA セラミック体に C イオンを注入後、各種試験片を一定期間擬似体液中に浸漬した。取り出し洗浄乾燥後、走査型顕微鏡 (SEM) で試験片表面の膜形成の有無を確認した。結果、イオン照射していない HA 単体については、浸漬 2-6 週間の段階で繊維状アパタイト膜が表面全体を覆っていることが確認されたが (図 2)、C イオンを注入した試験片については、浸漬 6 週間経過後も繊維状アパタイト膜を観察できなかった (図 3)。また、Ar イオンについても同様の結果であった。

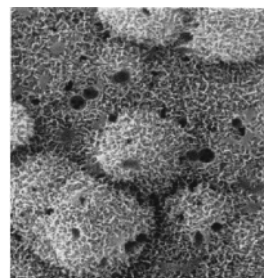


図 2. イオン照射なし HA 単体 (6 週間後)

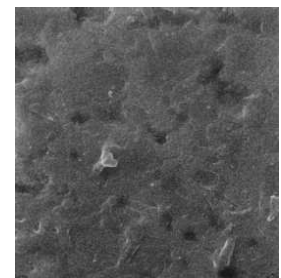


図 3. HA + C イオン照射あり (6 週間後)

4. まとめ

アパタイト表面に Ar イオン、C イオンともにある濃度以上照射することで、膜生成を抑制することが示された。これにより、イオン照射によって HA 材表面の骨形成の積極的な制御の可能性を示すことができた。

*1)表面技術グループ、*2)首都大学東京

H22.10~H23.9 【基盤研究】生体融合機能性セラミックス材の開発

H21.10~H22.9 【基盤研究】治療セラミックス材の開発

H23.10~H24.9 【基盤研究】セラミックス材表面の膜形成機構解明

元素粉末添加による焼結マグネシウムの強度特性

○岩岡 拓^{*1)}、青沼 昌幸^{*1)}、寺西 義一^{*2)}、森河 和雄^{*3)}

1. はじめに

Mg の降伏挙動は結晶粒径に大きく依存し、結晶粒の微細化によってホールペッチ係数は変化する^[1]。また、Mg は室温でも粒界すべりが生じる^[2]ことから、延性の向上には結晶粒微細化が有効と考えられる。したがって、Mg の高強度化および高延性化を両立させるためには、結晶粒径の制御は重要である。

粉末冶金において、微細結晶粒を有する原料粉を焼結する過程で、微細結晶粒を維持することができれば、Mg への粉末冶金の適用は、結晶粒微細化法の一つとして有効である。

そこで本研究では、純 Mg 粉末と元素粉末の混合物をパルス通電加圧によって焼結し、得られた焼結体の強度特性について評価し、元素粉末添加の影響について検討した。

2. 実験方法

原料粉末は、純 Mg 粉末(-100mesh)、純 Al 粉末(-200mesh) および純 Zn 粉末 (-350mesh) を用いた。これらの原料粉から作製した各種混合粉を表 1 に示す。各種混合粉を 823K、10min の条件でパルス通電加圧焼結し、抗折試験片を作製した。試験片の寸法は、長さ 35mm、幅 10mm、厚さ 6mm とし、支点間距離 30mm の三点曲げを抗折試験とした。

3. 結果・考察

図 1 に純 Mg 粉末の断面組織を示す。Mg の結晶粒径は 5~60 μm であった。一方、その焼結組織を図 2 に示す。平均結晶粒径は 10 μm であった。すなわち、パルス通電加圧焼結による結晶粒の粗大化は認められなかった。

図 3 に各種混合粉の焼結体の抗折試験結果を示す。比較のため casting material (純 Mg、AZ91) の値を示す。純 Al 粉末よりは純 Zn 粉末を混合する方が、抗折力の増加が大きく、同時混合した az11 以上の強度と延性を得た。1Zn は AZ91 の合金元素量よりも少量の混合であるが、ほぼ同等の強度を得て、曲げ歪は casting material の AZ91 よりも優れた結果を示した。

4. まとめ

元素粉末を少量混合し、原料粉の微細結晶粒を維持することで、強度と延性の向上が示された。

参考文献

- [1] 小池, 宮村, 軽金属, Vol.54, pp.460-464(2004)
- [2] J. Koike *et al.*, Mater. Trans. Vol.44, pp.445-451(2003)

表 1. 各種混合粉

記号	混合量, mass%		
	Mg	Al	Zn
Mg	100	0	0
1Al	99	1	0
1Zn	99	0	1
az11	98	1	1

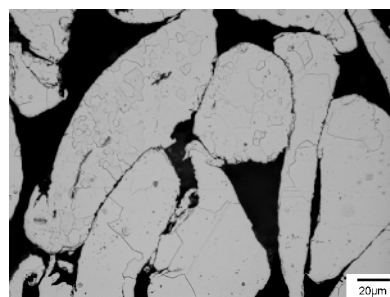


図 1. 純 Mg 粉末の断面組織

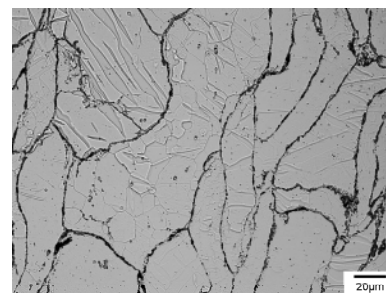


図 2. 純 Mg の焼結組織

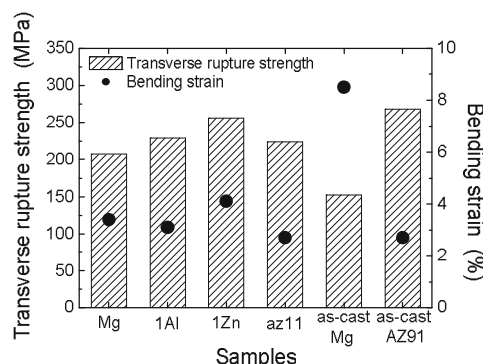


図 3. 焼結体の抗折試験結果

*1)機械技術グループ、*2)表面技術グループ、*3)高度分析開発セクター

Si 粒子分散型軽合金の異材摩擦攪拌接合性

○青沼 昌幸^{*1)}、岩岡 拓^{*1)}、寺西 義一^{*2)}、森河 和雄^{*3)}

1. はじめに

Si が分散した過共晶 Al-Si 合金は、耐摩耗性など諸性質に優れた軽合金として利用されている。本研究では、Al-Si-Fe-Cu 系合金（以下 Al-Si 合金と表記）と、市販の工業用純チタン（以下 CP-Ti と表記）を異材摩擦攪拌接合し、その接合性と接合部の組織形成について検討を行った。

2. 実験方法

表 1 に供試材の化学組成を示す。供試材の板厚は 2.0 mm とした。接合ツール形状は、ショルダ径を 15 mm、プローブ径を 6 mm、プローブ長を 1.9 mm とした。ツールの回転数は 1000 rpm、接合速度は 100~400 mm/min. とし、接合ツール荷重を 9.8 kN 一定とした。

3. 結果・考察

図 1 に、Al-Si 合金母材、攪拌部および接合界面の光学顕微鏡像を示す。攪拌部では、CP-Ti 片、Al-Si 合金母材に含まれる Si 粒、および合金元素による金属間化合物が分散しているのが認められた。接合速度 400 mm/min. での攪拌部の Si 粒子径は、Al-Si 合金母材と変化が見られず、攪拌部では硬い Si による塑性流動性低下が要因と考えられる欠陥も確認された。接合速度 100 mm/min. での攪拌部では欠陥が認められず、Si 粒子は微細化していた。接合部の引張試験を行った結果、接合速度 100 mm/min. の接合部では、平均 275 MPa の引張強度が得られた。図 2 に、接合速度 100 mm/min. での接合界面の、走査型電子顕微鏡 (SEM) による 2 次電子像およびエネルギー分散型 X 線分光分析器 (EDS) による特性 X 線像を示す。接合界面近傍には、攪拌により破碎された微細な Si 粒子や金属間化合物が分散していた。また、Si 粒子が CP-Ti 側接合界面に付着し、不連続な中間層を形成しているのが確認された。

4. まとめ

異材摩擦攪拌接合では、過共晶 Al-Si 合金に含まれる金属間化合物と Si が接合性に影響を及ぼした。また、攪拌により微細化した Si 粒子が、CP-Ti 側界面に付着して不連続な中間層を形成するのが確認された。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 (24560902) の助成および大阪大学接合科学研究所共同利用制度により実施した。

表 1. 供試材の化学組成

Material	Si	Fe	Cu	Mg	Al
Al-Si-Fe-Cu	16.6	4.21	2.68	0.61	75.4
Material	Fe	C	N	O	H
CP-Ti	0.047	0.006	0.004	0.093	0.0023

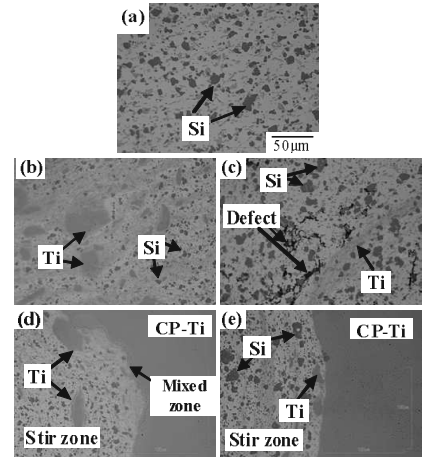


図 1. 接合部断面の光学顕微鏡写真(a) Al-Si 母材、(b) 攪拌部 100mm/min、(c) 攪拌部 400mm/min、(d) 接合界面 100mm/min、(e) 接合界面 400mm/min.

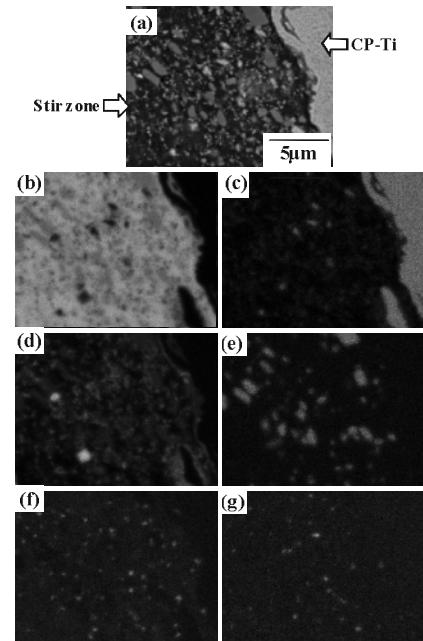


図 2. 接合界面の 2 次電子像(a)、特性 X 線像 Al(b)、Ti (c)、Si (d)、Fe(e)、Cu(f)、Mg (g)

*1)機械技術グループ、*2) 表面技術グループ、*3)高度分析開発セクター

ダイヤモンドバイトによる金型用鋼の鏡面加工

○藤巻 研吾^{*1)}、平野 康之^{*1)}、横澤 毅^{*1)}

1. はじめに

超精密切削加工では、高硬度を有するダイヤモンドおよびcBN（立方晶窒化ホウ素）が工具材種として用いられる。一方、プラスチック成形などの金型材料の多くは、鉄系の金型用鋼である。cBNについては鉄との熱化学的な反応がなく加工に適しているとされているが、単結晶の工具がなく焼結体のみであるため、鏡面レベルの加工面を得ることが難しい。そのため、鉄系材料の加工に適さない単結晶ダイヤモンドの工具を使用して鏡面加工を行う必要があるが、実施例に乏しく、ノウハウの蓄積がない。よって、単結晶のダイヤモンドバイトによる金型用鋼の超精密切削加工において、工具摩耗を抑えて鏡面を得るための加工条件の確立を目指し研究を行った。

2. 実験方法

図1に示すように精密加工機（Fanuc robonano α-0iB）のテーブル送りによる平面加工を行い、金型用鋼の加工面の状態および単結晶ダイヤモンドバイトの工具逃げ面摩耗の評価を行った。条件はバイトノーズ半径2mm、送り速度500mm/min、ピックフィード0.01mmとした。また、工具刃先温度の上昇抑制により熱化学摩耗を抑えらるる楕円振動付加の効果および被加工材（SUS420J2改良鋼、SUS440C改良鋼）の違いについて比較を行った。

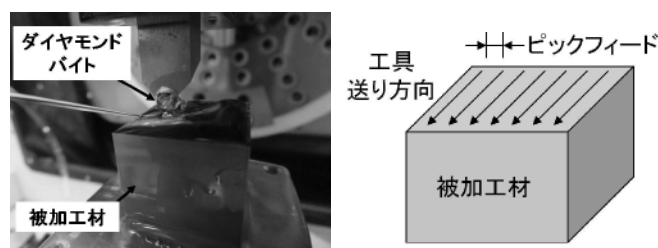


図1. 実験方法（平面加工）

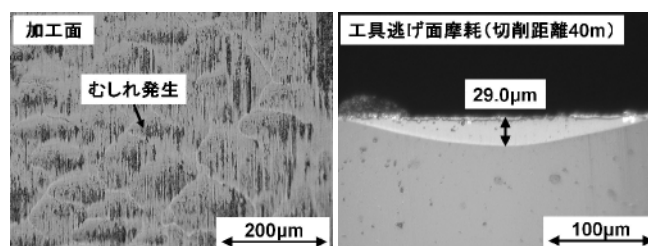


図2. 通常切削（被加工材 SUS420J2 改良鋼）

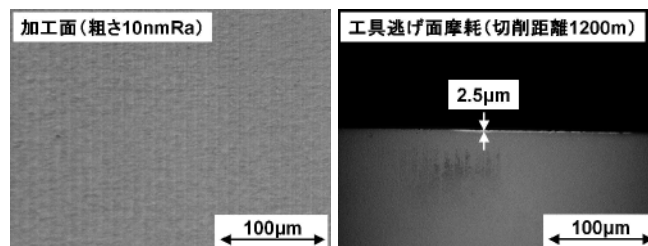


図3. 楕円振動切削（被加工材 SUS420J2 改良鋼）

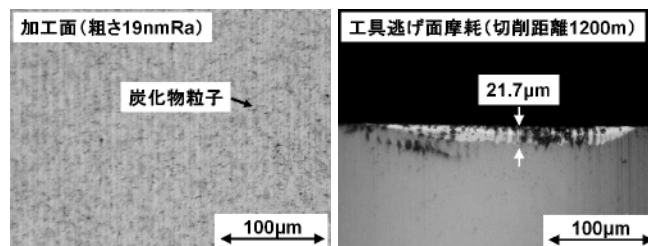


図4. 楕円振動切削（被加工材 SUS440C 改良鋼）

3. 結果・考察

図2、図3の結果から、工具に楕円振動を付加することで加工面にむしれなどを生じず鏡面（粗さ10nmRa）を得ることができ、工具逃げ面の熱化学的な摩耗も大幅に低減できることが分かった。しかし、図3、図4の結果から、SUS420J2改良鋼よりも炭素量の多いSUS440C改良鋼では、被加工材中の炭化物粒子により工具にアブレッシブ摩耗が発生し、さらに炭化物粒子の突出による加工面粗さの増加が確認された。

4. まとめ

以上の結果より、炭化物粒子を生じない範囲の炭素量の金型用鋼を被加工材として用いて、単結晶ダイヤモンドバイトにより楕円振動切削を行うことで、工具摩耗を抑えて金型用鋼の鏡面加工を実現できることが分かった。

*1)機械技術グループ

塗装による RP モデルへの意匠性付与

○小野澤 明良^{*1)}、村井 まどか^{*1)}、神谷 嘉美^{*2)}、
木下 稔夫^{*1)}、山内 友貴^{*3)}、小金井 誠司^{*3)}

1. はじめに

都産技研では、意匠モデルやコンペ・展示会出展用モデルの作製を目的として、機器利用事業で高速造型装置（Rapid Prototyping）が非常に多く利用されている。また造形後、塗装によるカラーモデル化の要望があるが、塗装加工の支援は行っていない。そこで、都産技研で塗装によるカラーモデル化の技術支援が可能になれば、オーダーメイド事業等で中小企業の製品開発を促進することができる。本研究では、製品モデルとして活用可能な塗装外観を得ることを目的として、塗装による RP モデルへの意匠性付与の検討を行った。

2. 実験方法

粉末焼結型（ナイロン樹脂）および溶液型（アクリル樹脂）の RP 基材を試験片とした。一般的なプラスチック用塗料の溶剤組成の調査により、トルエンなどの溶剤を選定し、RP 基材の耐溶剤性試験を行い、適性塗料の検討をした。さらに、前処理、塗料、塗装方法など、RP 基材に適した塗装仕様を設定するために、工程ごとに作業性、塗膜の付着性、鏡面光沢度などの評価により塗装適性を検討した。設定した塗装仕様をもとに、粉末焼結型 RP 立体モデルに塗装加工を行い、意匠性を確認した。

3. 結果

耐溶剤性試験では、粉末焼結型および溶液型 RP 基材ともに選択したすべての溶剤に対し異常は認められず、一般用プラスチック用塗料が使用可能であることが分かった。

下塗り工程において、プラスチック用塗料は、粉末焼結型 RP 基材に対し吸い込みが発生し、基材表面の凹凸を埋められず適さなかった。そのため、基材表面の凹凸を埋めるためにパテ処理を検討し、下塗りに適するスプレーパテを選定することができた。また、下塗り後の表面凹凸やゴミブツを取るための研ぎ工程では、素地の露出が生じ、中塗り工程が必要であることが確認できた。下塗り、中塗りで平滑性を目的とする下地調整ができたことにより、上塗りでの高意匠性を得ることが可能となった。各工程の付着性は分類 0、表面の光沢度は 90 以上の目標に達した評価結果を得たことから、表 1 に示す塗装仕様を決定することができた。

表 1. 塗装工程および評価結果

工程		付着性	光沢度
前処理	脱脂のみ		
下塗り	塗布方法	分類 0	
	塗料		
水研ぎ	#400耐水ペーパー		
中塗り	塗布方法	分類 0	
	塗料		
水研ぎ	#400耐水ペーパー		
上塗り	塗布方法	分類 0	93
	塗料		

基材：ナイロン粉末焼結型 付着性：良 分類 0 ← → 分類 5 悪

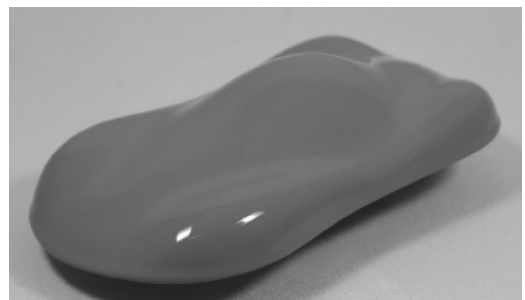


図 1. RP 立体モデルへの塗装完成品

4. まとめ

製品モデルとして有効に活用可能な塗装外観を得ることで、RP 立体モデルに対し意匠性を考慮した塗装加工が実現できた（図 1）。

*1)表面技術グループ、*2)繊維・化学グループ、*3)システムデザインセクター

共晶合金の共晶層間隔の温度勾配依存性

○西村 信司*1)

1. はじめに

鑄造製品の組織形態およびサイズは、合金種、組成、凝固速度 V および凝固界面前方の温度勾配 G_L (抜熱量) によって変化する。共晶層間隔 λ は、Jackson と Hunt によって $\lambda \propto V^{-1/2}$ と導かれた (J-H 理論)。この予測では、共晶層 (ラメラ) 間隔は温度勾配には依存されない。しかし、Kaya らの Pb-Cd 合金の実験により、 $\lambda \propto V^{-1/2} G_L^{-1/2}$ である可能性が示唆された。そこで、Al-Al₂Cu 共晶合金を用いて温度勾配が共晶層間隔に与える影響を実験的に調査した。併せて、有機化合物合金モデルであるサクシノニトリル (SCN) -樟脳共晶合金を用い、凝固界面をその場観察し、温度勾配の影響の仕方を検討する。

2. 実験装置および試料

Al-Cu 合金は Al-30wt%Cu の組成で Al と Al₂Cu の共晶組成となる。母試料は純 Al (99.9%) と電解銅を溶解し ϕ 8 mm の円柱状にした。ブリッジマン型炉を用いて一方向凝固させ、試料を作製した。図 1 に炉の基本的な構造を示す。炉の移動速度はモーターにより速度制御でき、速度が十分に小さい場合、移動速度に凝固速度が追従する。このため、温度勾配が共晶層間隔に与える影響のみを検証することができる。

組織有機化合物モデルは有機物用一方向凝固装置を用いて実験を行った。SCN-樟脳モデルは SCN-24wt%樟脳で共晶組成となる。

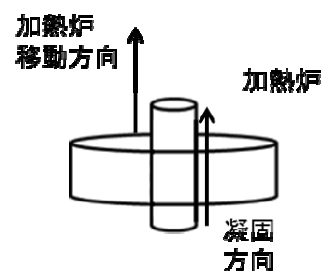


図 1. 一方向凝固炉模式図

3. 凝固条件および結果

炉の移動速度すなわち凝固速度は Al-30wt%Cu 合金で約 20 $\mu\text{m/s}$ 、SCN-24wt%樟脳で 0.1 $\mu\text{m/s}$ と固定し、それぞれ温度勾配を変化させ凝固実験を行った。図 2 に Al-Al₂Cu 共晶合金実験から得られた組織を、図 3 には SCN-24wt%樟脳の実験から得られた界面観察結果を示す。組織形態は温度勾配によって変化しない。

また、図 2、3 より共晶層間隔を測定した。図 4 に測定結果を示す。横軸は温度勾配、縦軸は共晶層間隔である。J-H 理論では層間隔は温度勾配に依存しないため、一定の値となる。対して、測定した結果は温度勾配 G_L の増加に対して、共晶層間隔は狭くなる結果が得られた。

4. まとめ

結果より、共晶層間隔は温度勾配に依存すると考える。これにより、温度勾配を考慮した新しい共晶凝固界面モデルを検討し、凝固組織予測法の実用化に取り組む。

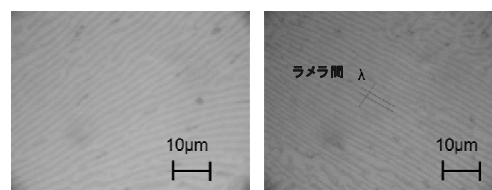


図 2. Al-Al₂Cu 共晶合金の組織
a) 温度勾配 1.8 K \cdot mm⁻¹ ラメラ間隔 1.8 μm
b) 温度勾配 3.0 K \cdot mm⁻¹ ラメラ間隔 1.5 μm

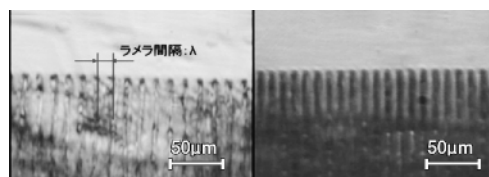


図 3. SCN-24wt%樟脳の界面観察結果

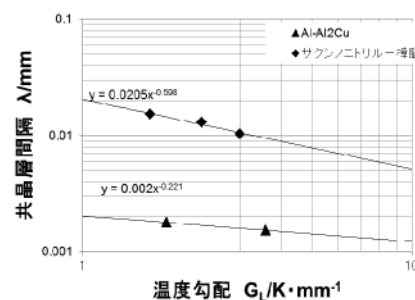


図 4. 温度勾配と共晶層間隔の関係

*1)機械技術グループ

H23.4~H24.3 【基盤研究】一方向凝固特性量測定機の試作

H24.4~H25.3 【基盤研究】一方向凝固における組織制御の高精度化とそれを応用した材料試作

ナイロン粉末焼結型 RP 造形物の 機械的性質に及ぼすレーザー出力の影響

○木暮 尊志^{*1)}、横山 幸雄^{*2)}、山内 友貴^{*2)}、山中 寿行^{*3)}、関口 明生^{*4)}

1. はじめに

積層造形法は、3次元のデジタルデータから金型を介さずに直接的に物を作り出すことができる特徴を有している。また、工具による制約にとらわれないため、加工自由度が非常に高いことも特徴の一つであり、新しい造形法として注目を集めている技術である。

その中で粉末焼結型と呼ばれる手法は、レーザーによる熱で材料である粉末を溶かして造形を行うため、比較的丈夫で時間的耐久性に優れたものを造形することが可能である。そのため、形状確認に留まらず、機能確認や性能評価にも用いることが可能であり、さらには製品として使用されている例もいくつか存在する。しかしながら、造形物に対して用途の検討は盛んに行われているが、造形物の強度などの機械的性質にはあまり目が向けられていないのが現状である。

そこで本研究では、造形物の機械的性質である引張強度、弾性率および破断伸びを測定した。さらに、造形条件による影響を調査するため、焼結時のレーザー出力を変化させた場合の機械的性質を検討した。

2. 実験方法

材料はナイロン12を用い、造形は(株)アスペクト製 RaFaEl550C により行った。図1に示すような3方向の積層となるように造形を行い、造形時のレーザー出力は12W、15W、18W、21Wとした。

各種機械的性質の測定はJISK7161、JISK7162およびJISK6920-2に準拠した引張試験により行った。試験機はオートグラフ AG-X plus ((株)島津製作所製)を用いた。荷重は試験機に装着されたロードセル、弾性率はひずみゲージ (KGF-5-120-C1-11、(株)共和電業製)、破断伸びはクロスヘッド変位からそれぞれ求めた。

3. 結果・考察

図2に代表的なものとしてレーザー出力と引張強度の関係を示す。縦軸が引張強度、横軸がレーザー出力を表している。全体的にはレーザー出力の低下とともに引張強度も低下しているのが確認できる。これは、レーザー出力の低下とともに材料粉末の熔融による接着度合いが低下したためであると考えられる。

また、積層方向と引張軸が直角な90°の試験片において、引張強度が低下することが明らかである。

4. まとめ

粉末焼結型の積層造形法により作成された造形物の機械的性質は、造形時のレーザー出力に影響を受けることが確認された。しかしながら、その影響の度合いは積層方向により異なっており、造形条件の決定には、レーザー出力だけでなく、積層方向の機械的性質も考慮する必要があることが分かった。

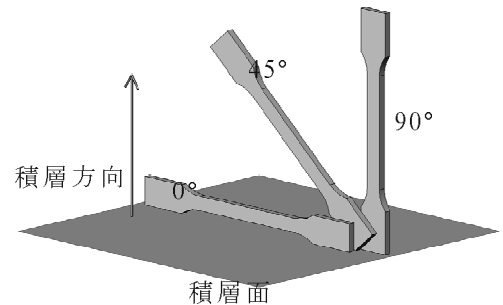


図1. 試験片の造形方向

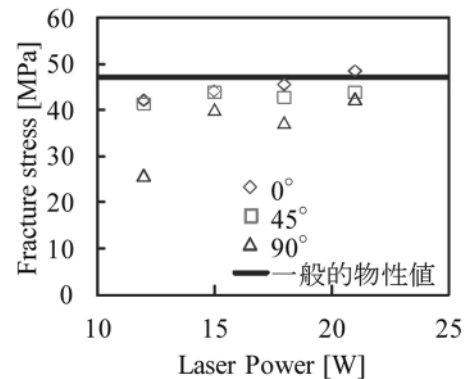


図2. レーザー出力と引張強度の関係

*1)城東支所、*2)システムデザインセクター、*3)材料技術グループ、*4)元システムデザインセクター

CFRP 製環状ばねの製作と基本特性評価

○西川 康博^{*1)}、佐野 宏靖^{*1)}、小船 諭史^{*2)}

1. はじめに

最近、自動車などの車両や航空機では、主として燃費向上を目的とした軽量化が図られており、ばね等の機械要素についても軽量化が求められている。炭素繊維強化プラスチック（CFRP）は、比強度・比剛性に優れるだけでなく、金属材料と比較して振動減衰性に優れ、撓み易いという特徴を有するため、CFRP を素材としたコイルスプリングなどが考案されている。しかし、その製作工程は複雑であり、また、費用対効果の面からも実用化された事例は見られない。本研究では、簡易な製作工程により CFRP の優れた機械的特性を生かした環状ばねを製作した。ばね定数・耐久性等の基本特性の評価および破壊挙動の把握を行った上で、実使用条件について検討した。

2. 実験方法

材料には炭素繊維とエポキシ樹脂からなる CFRP-UD プリプレグシート（PYROFIL TR380G250、三菱レイヨン（株）製）を用いた。プリプレグシートをマンドレルに所定回数巻き付け、電気炉内で 80℃×1.5 時間、さらに、135℃×2.5 時間加熱し、形状が異なる 2 種類の CFRP パイプを成形した（Type-L40 および Type-L20 と呼ぶ）。ダイヤモンド工具を用いて各 CFRP パイプを幅 20mm ごとに切り出した。図 1 に環状ばね（治具を含む）の様子を示す。

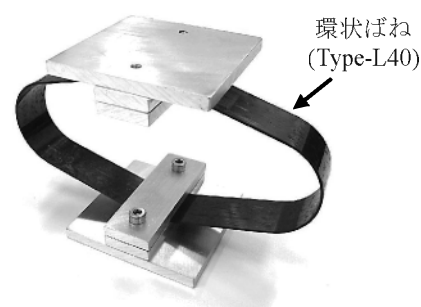


図 1. 環状ばねの様子

ばね定数の測定には万能材料試験機（AG-100kNX、（株）島津製作所製）を用いた。試験は変位制御で行い、変位速度は 5mm/min とした。また、繰り返し荷重に対する耐久性を評価するために疲労試験を行った。試験にはリニアモーター式疲労試験機（ElectroPuls E1000、INSTRON 製）を用いた。試験は荷重制御で行い、波形を正弦波、周波数を 3Hz、荷重比を 0.1 とした。

3. 結果・考察

図 2 に Type-L40 と金属製コイルスプリング（材質：SWAP-A、線径：4mm、ばね径：40mm、巻数：5.5、高さ：60mm）の荷重-変位線図を示す。図に示すように、両ばねのばね定数は同じであるが、質量においては、Type-L40 は 9.34g、金属製コイルスプリングは 89.1g となり、Type-L40 の方が約 9 倍軽量であることが分かった。また、疲労試験の結果、各環状ばねともに耐荷重の約 65% の繰り返し荷重であれば、100 万回の繰り返しにも耐えることが分かった。破壊の起点は円弧部の内側であった。これは、炭素繊維の圧縮強度の低さ、成形時の繊維配向のゆがみに起因すると考えられる。

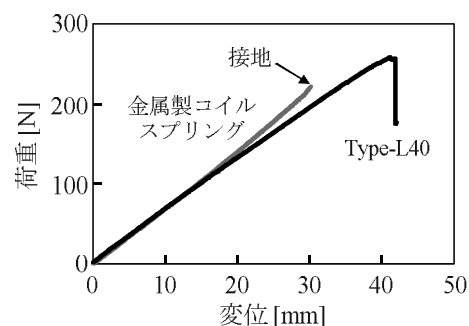


図 2. 荷重-変位線図

4. まとめ

軽量の CFRP 製環状ばねを製作し、そのばね定数や繰り返し荷重に対する耐久性について評価した。今後は、破壊箇所を改善し、耐久性をさらに向上させ、実用化を目指す予定である（実用新案『炭素繊維強化樹脂製環状ばね』・実願 2013-1673）。

*1)電子・機械グループ、*2)実証試験センター

男性用抱っこコートの開発

○加藤 貴司^{*1)}、平山 明浩^{*1)}、藤田 薫子^{*2)}

1. はじめに

従来の育児製品は女性用の製品が多く、製品のサイズやデザインなど男性をターゲットにした製品は見られなかった。昨今では、育児に参加する男性が急増していることから、男性をターゲットにした育児製品の需要が見込めると考えられる。そこで男女兼用の製品である抱っこ具に着目し、抱っこ具を使用しながら上から着用できる男性用衣服（コート）の開発を行った。

2. 調査

抱っこ用コートを作成する上で課題となる、内包される乳児の姿勢について、抱っこ紐メーカーにヒアリングを行った。乳児の抱かれる姿勢については、股関節脱臼が最も懸念されていることが分かった。これらを防止するため、生後3ヶ月未満から使用できる抱っこ紐は「腰抱き」（図1）といわれる乳児が座った姿勢がとれる抱き方が多い。また3ヶ月以降からは、乳児の下肢が伸展した形になる抱き方「たて抱き」（図2）を採用する製品もあることが分かった。そこで、2種類の抱き方の違いによるウエスト部の周長の違いを調べた。その結果、「腰抱き」は乳児の脚が成人のウエスト部分に位置するため、「たて抱き」に比べ、10～15cmほど周長が増えることが分かった。



図1. 腰抱き

図2. たて抱き

3. 試作

抱き方による周長の変化に対応するために、ダッカー（コートに装着する補助布）には伸縮素材のニット生地（組織：3×2ゴム編み）を使用した。伸縮性により周長の変化に対応可能である。コートのデザインはビジネススーツとコーディネートしやすいトレンチコートのデザインを選定した。そして、ダッカー不要時にはマフラーとして身につけることができる形状を考案し、型紙の作成を行った。ダッカーとして使用する場合は、長辺に対し2つ折にし（図3）、不要時には短辺に対し2つ折にすることで、マフラーとしても使用可能である（図4）。

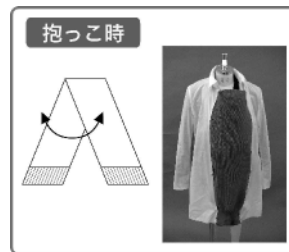


図3. ダッカー



図4. マフラー

4. まとめ

伸縮素材のニット生地でダッカーを提案することにより、「たて抱き」、「腰抱き」の抱き方の違いによるウエスト部分の周長の変化(15cm)に対応できるコートを開発した(図5)。既製品は、ダッカー単体ではリユース方法がないため不要品となっていたが、本研究ではマフラーとして使用することが可能となり、着用者の利便性が向上した。これらを新たなダッカーとコートとして、特許出願を行った（特願 2012-181879）。



図5. ダッカーとして着用時
とマフラーとして着用時

*1)生活技術開発セクター、*2)交流連携室

低密度導電織物の開発

○窪寺 健吾^{*1)}、樋口 英一^{*2)}、樋口 明久^{*3)}、山本 悦子^{*1)}

1. はじめに

近年、金属線を用いた織物はその導電性や耐熱性などの特性により産業資材として広く活用されている。しかし、金属線を用いた織物は一般的に風合いが悪く、インテリア製品や寝具に組み込み、センサなどの導電資材として活用するには、柔軟性、形状安定性、または軽量化が課題となり、実用化された事例は少ない。そこで、金属線とポリエステル糸の撚糸加工による複合線を用いるとともに製織品の糸密度を低減することで、柔軟性や形状安定性に優れた導電織物の開発を行った。また、この導電織物の撚糸条件による特性値への影響を考察した。

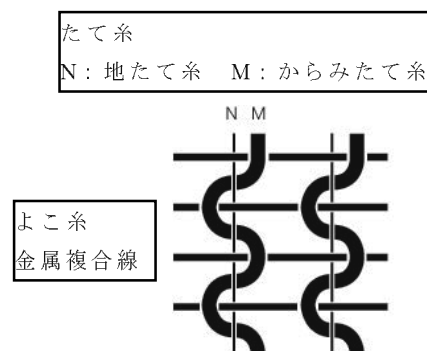


図1. からみ織物組織構造

2. 実験方法

金属線の撚糸時に生じる張カムラや、ねじれによるリンクの発生を防止するため、撚糸装置の改良を行った。この装置を用いて、金属線と芯鞘複合ポリエステル糸の交換糸（以下、金属複合線）を試作した。

織物構造は、たて糸に芯鞘複合ポリエステル糸の諸撚り糸、よこ糸に金属複合線を用いた。また、織物組織は、図1に示すからみ組織を用いて、表1の条件にて製織した。

特性評価として試作した導電織物の体積抵抗率を測定し、糸密度、撚り数の変化による影響を考察した。

表1. 原料糸と製織条件

使用原料	たて糸	2.8tex 2本諸撚り
	よこ糸	金属複合線
たて糸密度	20本/cm	
よこ糸密度	5、7、10本/cm	
織物組織	紗	

3. 結果・考察

撚糸機のポビンセット部にポビンの回転を制御する機構を備えたことで、張力の低減や給糸量の安定化を図り、金属複合線の製造が可能となった。また、この糸を使用し力織機にて問題なく導電織物を試織することができた。

試織導電織物の体積抵抗率を測定した結果、よこ糸密度および金属複合線の撚り数の増加に伴う抵抗率の上昇が確認された（図2）。これは金属量の増加や金属複合線同士の接触抵抗が影響したと考えられる。

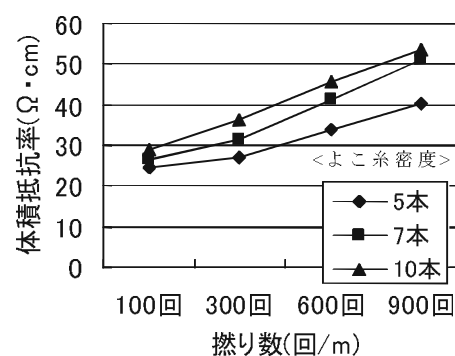


図2. 導電織物の体積抵抗率

4. まとめ

撚糸技術の検討により金属複合線を形成することができた。また、複合線は金属単線と比較し高い柔軟性を有したことで製織性が向上し、力織機での連続運転が実現した。この導電織物は、柔軟性、形状安定性を特徴としているため、幅広い分野での活用を期待し、特許出願をした（特願 2012-214096）。しかし、撚り数や糸密度が電気特性に加え、外観にも大きな影響を与えた。用途にあった撚糸、製織条件の選定が必要である。

*1)繊維・化学グループ、*2)城南支所、*3)交流連携室

6月20日(木)

研修室243

環境・省エネルギー

音の入射方向に着目した吸音率の比較

○西沢 啓子^{*1)}、渡辺 茂幸^{*1)}、神田 浩一^{*1)}

1. はじめに

音響材料の吸音率の主な測定法として、残響室法吸音率（JIS A 1409）と垂直入射吸音率（JIS A 1405）が知られている。残響室法吸音率における音波の入射は、あらゆる方向からランダムに入射（図1（a））し、実際の建築空間に近いことから建材の性能評価で一般的に用いられる。これに対して垂直入射吸音率では、音波の入射が垂直方向（図1（b））に限られるため、建材の性能評価には適さない。

本研究では、残響室法と垂直入射における測定法の違いを整理し、同一材料を用いた吸音率の測定結果を比較した。

2. 測定方法

試料はグラスウール（密度 32kg/m^3 ）を用い、背後空気層を取らない剛壁密着で行った。

残響室法は不整形残響室（ 451m^3 ）で測定した（図2）。試料面積はJISに拠り算出した 16.52m^2 とした。垂直入射についてはJIS A1405-2（第2部：伝達関数法）で行った。試料サイズは直径 100mm （低音域用）と直径 29mm （高音域用）である（図3）。

3. 結果・考察

厚さ 50mm の測定結果を図4に示す。残響室法と垂直入射ともに、低音域の吸音率が小さく、高音域になるにつれて大きくなる多孔質材特有の性質を示している。

残響室法で吸音率が大きく計測されるのは、「面積効果」と呼ばれる試料周辺部からの音響エネルギー流入の影響である。残響室法と垂直入射は音波の入射条件だけでなく、吸音率も大きく異なることから、残響室法の代わりに垂直入射で建材の性能評価はできないことが分かる。

4. まとめ

吸音材の測定では、音波の入射が材料を実際に使用する場所での入射条件に近い測定法を選定することが基本である。本研究では、残響室法と垂直入射について同一材料による吸音率を比較し、吸音特性の傾向と測定値の差を確認した。

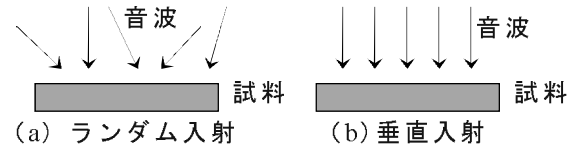


図1. 音波の入射条件

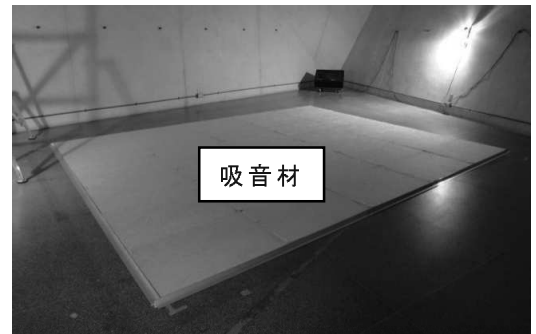


図2. 吸音材の設置（残響室法）



図3. 試料の形状（例：グラスウール）

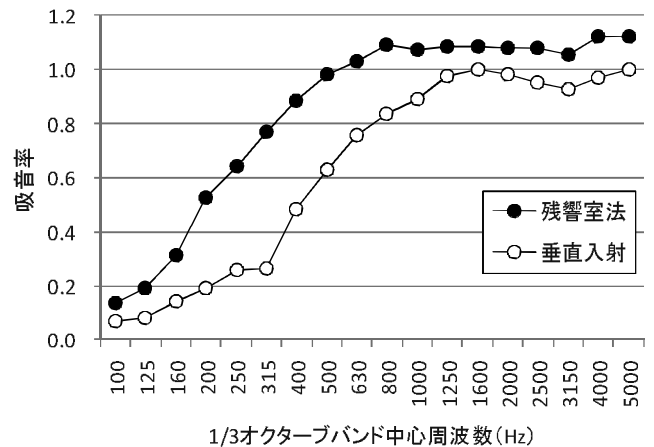


図4. 吸音率の比較

(グラスウール 50mm 密度 32kg/m^3 剛壁密着)

*1)光音技術グループ

混合焼成による日射高反射顔料の暗色化

○良知 健^{*1)}、奥田 徹也^{*1)}、藤井 寿^{*1)}

1. はじめに

日射高反射塗料（遮熱塗料）は、太陽光を反射させることで熱の吸収を抑制し、住宅における冷房節減やヒートアイランド抑制に効果がある塗料として期待されている（図1）。屋根へ適用する際には、日本の風土に合った明度を抑えた塗料が好まれ、暗色系の日射高反射塗料が多く販売されている。しかし、一般的に暗色系の材料は可視領域だけでなく近赤外領域での反射率も低くなってしまいうため、太陽光の反射性能が不十分になるという問題がある。

そこで本研究では、白色顔料に暗色系の元素を添加し、混合したのち焼成するという手法により、近赤外領域における高い反射率を維持したまま、可視領域の反射率を低下させた顔料（目標値：明度30以下、近赤外日射反射率60%以上）の開発を試みた。

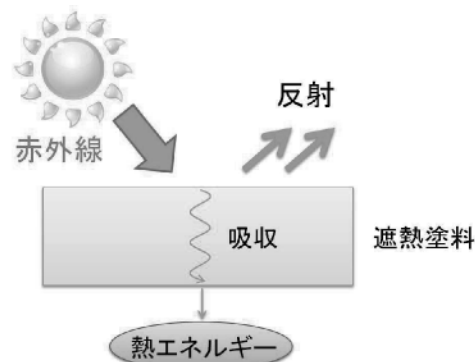


図1. 遮熱塗料の原理

2. 実験方法

白色顔料に添加する暗色系元素として Co、W、Fe₂O₃ を選定し、元素の組合せや混合比、焼成温度を変化させて種々の材料を作製した。作製した材料の反射率と結晶相の相関を議論するため、結晶構造を X 線回折により調べた。

3. 結果・考察

図2に作製した材料の反射スペクトルの例を示す。Co を添加した材料系では、1250-1500nm の領域に Co に由来した吸収が見られるが、同量の Co であってもさらに Fe₂O₃ を添加すると、この吸収が抑制された。また、Fe₂O₃ の代わりに W を添加すると、Co の吸収波長が長波長側にシフトした。このように、材料の組成や作製条件により、吸収の抑制や吸収波長のシフトが図れ、明度と近赤外反射率を調整できることが示された。

特に、CeO₂ に Fe₂O₃ を添加した材料では、目標値に近い、明度27、近赤外反射率52%を有する材料を得た。

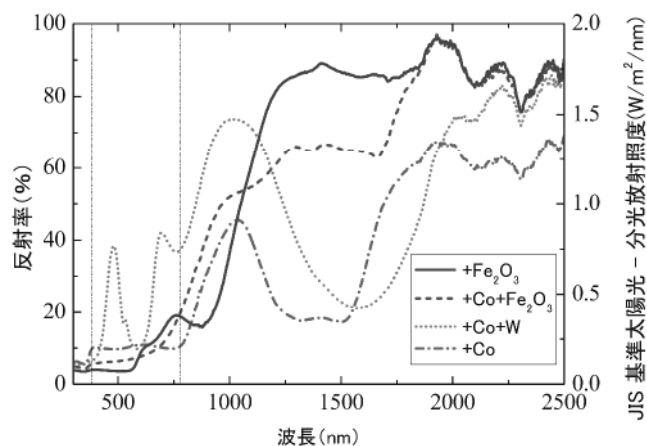


図2. 作製した材料の反射スペクトル

4. まとめ

白色顔料に暗色系の元素を添加することにより、暗色系日射高反射材料の作製を試みた。元素の組合せや混合比、焼成温度の反射率への影響を調べ、明度27、近赤外日射反射率52%の材料が得られた。今後は太陽光からの熱の吸収過程だけでなく、吸収した熱の放出過程にも注目した材料開発を行う予定である。

*1)神奈川県産業技術センター

ブラウン管パネルガラスを原料とした リン酸吸着用ガラス発泡体の開発

○中澤 亮二^{*1)}、佐々木 直里^{*2)}、田中 真美^{*1)}、小山 秀美^{*3)}、
平井 和彦^{*3)}、阪口 員一^{*4)}、山崎 文男^{*4)}、高橋 知己^{*4)}、
坂本 浩介^{*5)}、松浦 里江^{*5)}、金牧 彩^{*5)}、南 晴文^{*5)}

1. はじめに

ブラウン管式テレビは家電リサイクル法の対象となっている。現状、回収されたブラウン管ガラスは、海外に輸出されブラウン管に再生されている。しかしながら、ブラウン管式テレビの需要は減少しており、ガラスの他用途利用方法が重要となってきている。ブラウン管ガラスは、鉛を含まないパネルガラスと鉛ガラスであるファンネルガラスから構成され、それぞれ軟化温度がビンガラスより低いという特性を有する。これまで都産技研では、ビンガラス等を原料としたリン酸吸着用ガラス発泡体の開発と、水質浄化・リン回収技術の開発に取り組んできた。本研究では、ブラウン管パネルガラスを原料としたリン酸吸着用ガラス発泡体の製造方法の開発と、畜産排水を対象とした実証試験を行った。

2. 実験方法

ブラウン管パネルガラス発泡体の調製：ガラス粉砕物（50～90wt%）および貝殻粉末（10～50wt%）を混合後、（造粒機 BGS-0L、新東工業（株）製）にて粒径 5mm に加圧造粒した。造粒物を、電気炉を用いて最高温度 600～700℃で 20 分間焼成した。外観を図 1 に示した。焼成物についてビーカーレベルでのリン酸吸着速度を測定し、最適なものを実証試験に供試した。畜産排水を対象とした実証試験は、東京都農林総合研究センター内畜産排水処理施設にて実施した。ネットに焼成物を充填し、排水処理槽に沈めた。一定期間ごとに焼成物を引き上げ、そのリン酸吸着量を測定した。排水処理試験終了後の焼成物を 0.8wt% 硫酸カリウム水溶液（pH7.0）に浸漬、リン酸を溶出後、塩化カルシウムおよび水酸化ナトリウムを添加し、リン酸カルシウムとして沈澱・ろ過・乾燥させることでリン酸の回収を行った。



図 1. ブラウン管ガラス発泡体

3. 結果・考察

ブラウン管パネルガラス 70wt%、貝殻粉末 30wt% を混合、加圧造粒後、650℃にて 20 分間の条件で焼成することで、最大のリン酸吸着能を有するガラス発泡体が生成した。畜産排水を対象としたリン酸回収試験の結果、処理 2 週間でリン酸吸着量は定常に達し、その吸着量は 0.45wt%-P₂O₅であった。硫酸カリウム水溶液処理によってガラス発泡体の再生、および吸着リン酸の回収が可能であった。回収したリン酸カルシウム中の肥料成分量は化学肥料のそれと同程度であった（図 2 にマスフローを示す）。

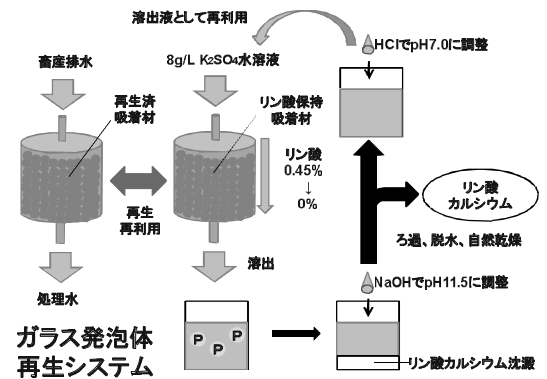


図 2. ガラス発泡体によるリン酸リサイクル

4. まとめ

ブラウン管パネルガラスを原料とすることで、高いリン酸吸着能を有するガラス発泡体の製造が可能であった。このガラスの低軟化温度という特性に起因するもので、貝殻粉末の熱分解が起きない低焼成温度での製造が可能なためである。本技術は小規模排水処理施設、造粒成型装置や焼成設備を保有するセラミック・窯業業界への展開を想定している。

*1)環境技術グループ、*2)生活技術開発セクター、*3)繊維・化学グループ、*4)パナソニック株式会社 AVC ネットワークス社、*5)公益財団法人東京都農林水産振興財団 東京都農林総合研究センター

H22.11～H23.8 【共同研究】ブラウン管ガラス発泡体の製造方法の開発と用途展開

H23.11～H24.9 【共同研究】ガラス発泡体によって回収されたリンの農業利用法の開発

環境経営支援ツールとしてのマテリアルフローコスト会計（MFCA） の中小企業への適用事例

○水越 厚史^{*1)}、瓦田 研介^{*1)}、田井 洋雄^{*2)}、小林 秀樹^{*2)}、
富士森 みつ^{*3)}、下垣 彰^{*4)}、安城 泰雄^{*5)}

1. はじめに

中小企業において、コストのかかる環境対策を行うことは非常に困難な状況であるが、省資源、省エネ対策は、コスト低減に直結するため、取り組みやすい。省資源、省エネを効率的に行い、“環境と経済の両立”を実現するための環境経営支援ツールとして、マテリアルフローコスト会計（MFCA）が提唱されている。MFCAは、製造工程ごとの資源やエネルギーのロスとコストで表し、ロス総量との比較により、未知のロスを「見える化」する方法である。未知のロスが分かり、また、ロスのコストの大きさを把握することができるので、今まで気づいていなかった効率的な省資源、省エネ対策を考えることができる。関東経済産業局では、このツールを普及するため、自治体や支援機関等と連携し、毎年、地域企業に対して研修会を開催している。この研修会に都産技研も参加し、参加企業のMFCAの適用に協力した。本報では、MFCAの概要（図1）とその適用事例について報告する。

2. 実験方法

MFCAは5つの基本ステップ（①マテリアルフロー分析、②マテリアルバランス分析、③ロスの内訳分析、④ロスのコスト分析、⑤改善検討）からなる（図1）。東京都にある株式会社トライヤーンにおいてMFCAを適用した。株式会社トライヤーンは、工業用機械刃物や産業機械用金属部品などの製造販売を行っている。対象製品は、スライドレールとした。工程は、素材切断、切削、熱処理、研削、検査からなる。

3. 結果・考察

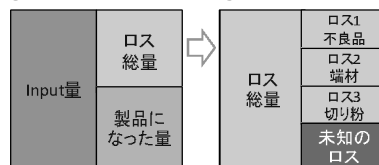
各工程におけるロスの内訳は表1のようになった。ロスの最も大きい切削時において詳細にみると、長さおよび幅方向の歩留率は99.7%、96.7%であるのに対し、厚み方向は60.0%であることが分かった。このロスを改善するための課題として、製品寸法に対して最適寸法の材料を仕入れることが挙げられた。ただし、対象材料の定寸が無く、最適寸法の仕入れには、2～3tの発注量が必要となる。したがって、過去の受注データから幅と厚み寸法の関係を調べ、発注の多い特定範囲内の寸法で発注量を確保することにより、ロスの改善を行うことができると考えられた。

4. まとめ

MFCAを中小企業に適用したところ、製造工程におけるロスの内訳とコストが明らかになり、工程内の改善だけでは見えていなかったロスに気づき、省資源対策および生産性改善のヒントを得ることができた。今後は、中小企業の環境経営のための技術支援にMFCAを活用していく。

①マテリアルフロー分析
工程毎にInputとOutput（正の製品、戻り、負の製品）を明確にする

②マテリアルバランス分析 ③ロスの内訳分析



④ロスのコスト分析

内訳	マテリアルロス	
	物量/年	金額/年
不良品	10000	30000
端材	8000	24000
切り粉	7000	21000
未知のロス	5000	15000

⑤改善検討

改善課題を挙げ、改善検討に必要なメンバーを決める

図1. MFCAの概要

（MFCA研修会資料より転載）

表1. ロスの内訳

工程	ロスの内容	物量(kg)	金額(円)
素材切断	端材(廃棄)	4.9	1,960
素材切断	切粉	0.1	48
切削	切粉	39.4	15,760
研削	削り粉	6.9	2,776
ロス総量		51.4	20,544

*1)環境技術グループ、*2)株式会社トライヤーン、*3)関東経済産業局、*4)株式会社 FMIC、*5)MFCA 研究所

水拡散膜を用いた冷却製品の開発

○飛澤 泰樹^{*1)}、清水 研一^{*2)}、小沼 ルミ^{*3)}、菅谷 紘子^{*4)}、本田 壽男^{*5)}

1. はじめに

近年、電力を使用しない簡易冷却製品（ネッククーラー等）への需要が高く、市場規模も年々拡大している。

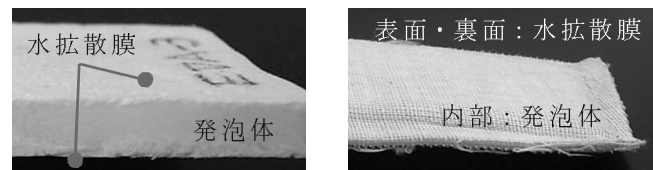
簡易冷却製品に使用されている冷却材は、主に吸水性ポリマー、ゲル、ポリビニルアルコール、高吸水性繊維等である。上記冷却材は、小型製品には向いているが大型製品への応用は難しい。そこで、本研究では将来的に小型製品から大型製品まで応用可能な新規冷却材（水拡散膜）を開発し、冷却製品へ応用することを目的とした。

2. 実験方法

水拡散膜は、液状ゴムまたは塊状ゴムに吸水性のシリカを混ぜた後、発泡体に直接塗布またはシート状に成形することで作製した。そして、最終的にネッククーラーの状態での冷却性を評価した。

液状ゴムベースの場合、まず 10 mm 厚の発泡体（メラミンフォーム）表面にその原液を塗布し、冷却シートを作製した（図 1 (a)）。また、塊状ゴムベースの場合は、5 mm 厚の発泡体（メラミンフォーム）に熱融着することで冷却シートを作製した（図 1 (b)）。そして、各冷却シートを吸汗速乾ニットで包むことでネッククーラーとした。

上記ネッククーラーの冷却性評価には、サーマルマネキンを使用した。まず、ネッククーラーを 1 分間水に浸漬した後、水滴が滴り落ちない程度まで絞った。次に、サーマルマネキンの首元に装着し、一定間隔で首元表皮温度の変化を測定した（図 2）。温度計測は、サーモグラフィまたは接触式温度センサを用いて行った。



(a) 液状ゴムベース (b) 塊状ゴムベース

図 1. 冷却シート



図 2. 冷却性試験の概観

3. 結果・考察

上記 2 種のネッククーラーを用いて、サーマルマネキンの首元表皮温度変化を測定した（図 3）。結果として、液状ゴムベースの場合は 300 分経過後に急激な温度上昇が見られたが、塊状ゴムベースではそのような温度上昇は見られなかった。このことから、塊状ゴムベースの方が、より冷却持続性に優れた製品を開発できる可能性が高いと考えられる。

4. まとめ

本研究より、シリカを用いて作製した水拡散膜は、冷却製品用の素材として有用であることが示された。今後は、ネッククーラー以外の製品でも評価を進めたいと考えている。

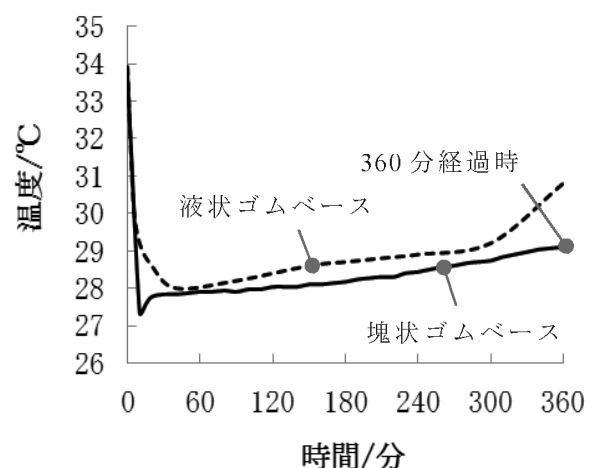


図 3. サーマルマネキンの首元表皮温度変化

*1)繊維・化学グループ、*2)材料技術グループ、*3)環境技術グループ、*4)生活技術開発セクター、*5)本田技術士事務所

H23.4~H24.3 【共同研究】吸水性複合材料を用いた冷却製品等の開発

H24.4~H25.3 【共同研究】水拡散膜を用いた冷却製品等の開発

水熱源を活用したヒートポンプシステムの開発

○岡澤 立夫^{*1)}、島地 英夫^{*1)}、田旗 裕也^{*1)}、奥島 里美^{*2)}

1. はじめに

原油高騰を背景に、ヒートポンプが施設園芸に全国的に導入されつつあるが、これらヒートポンプのほとんどは空気熱源型で、外気温が低い時期の運転では、霜取り運転により効率が極端に低下することが問題視されている。そこで、われわれは「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」を活用し、空気熱源に代わる普及性の高い水熱源ヒートポンプシステムの開発を目指し研究してきた。ここでは、これまでに開発したヒートポンプシステムと、そのシステム導入による周年利用技術について報告する。

2. 実験方法

ハウス内（5.4m×16m）に設置したヒートポンプ（HP1）は4馬力で、外の空気熱源を地下の熱源として利用するために1馬力の小型ヒートポンプ（HP2）をハウス外に設置した。断熱性を高めるため二重空気膜を活用し、地中との熱交換は、地中30cm深さに埋設した25φのポリエチレンパイプ（5m/m²）を介して行った（図1）。夜間の暖房および冷房はヒートポンプを活用し、それぞれ15℃、20℃を設定温度とした。日中は、ベンチ下に設置したミスト装置と攪拌ファンによる蒸発冷却で冷房した。対照としたハウスは、慣行の方法に従い、温風暖房機による暖房と、夏季は冷房は行わず、つまとサイド換気のみとした。ヒートポンプの導入評価を行うため、ヒマワリ、シクラメン、ガーベラを栽培し、出荷適期に生育調査を実施した。

3. 結果・考察

開発した水熱源ヒートポンプシステムを活用し、冬季の暖房は目標としていた15℃まで加温が可能であった。COP（暖房効率）は3.0前後で、石油暖房と比べエネルギー的には60%、ランニングコストは40%削減できた。

冷房は、目標としていた20℃近くまで冷房できる能力を示した。冷房を行うと、切花用ヒマワリは、頭花径が増加する（図2）とともに、開花までの葉数が少なく開花が促進した。シクラメンも、冷房区で株張などが大きく、有効花数も30個以上多くなるなど高温の悪影響が避けられた。同様に、ガーベラも冷房で切花重が増加するとともに、収量が2～5倍多くなった。冷房コストは売上高の5～10%程度で十分採算がとれることが分かった。

4. まとめ

地中熱を有効利用し省エネを実現する新たな水熱源ヒートポンプシステムを開発し、ガーベラ等で栽培実証試験を行った。このシステム導入により暖房エネルギーの省力化を実現できるとともに、夏季の冷房で、花きの品質や収量性が向上することが明らかとなった。

*1)公益財団法人東京都農林水産振興財団 東京都農林総合研究センター、

*2)独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

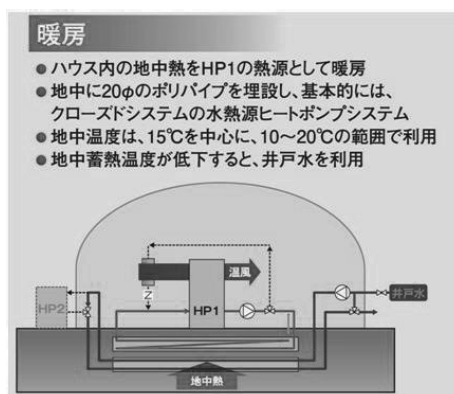


図1. 暖房時におけるヒートポンプシステム

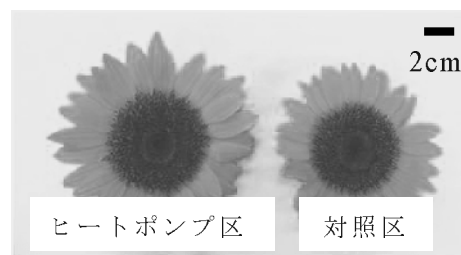


図2. ヒートポンプの頭花径に対する冷房効果

環境低負荷型クエン酸ニッケルめっきの特性

○浦崎 香織里^{*1)}、土井 正^{*1)}、山下 嗣人^{*2)}

1. はじめに

ニッケルめっきは美しい色調から装飾的価値が高く、優れた耐食性および硬度、柔軟性などの良好な機械的性質があることから、めっき工業に極めて重要で、その用途は広範囲にわたる。ニッケルめっきはホウ酸を用いたワット浴が一般的に使用されているが、ホウ素が排水規制の対象となったことから、ホウ素の代替としてクエン酸を用いた環境低負荷型ニッケルめっき浴（クエン酸浴）を開発し、一部で実用化されている^[1]。これまでに、クエン酸浴の特性として、従来浴よりも微細で硬く、平滑で柔軟性のあるめっき皮膜が得られるなどの機能を有することを報告した^{[2]、[3]}。一方、生産現場においては、前工程からの持ち込みや落下した品物の溶解などによるめっき浴への金属不純物の混入が懸念されている。本研究では、金属不純物がニッケル皮膜に及ぼす影響について調べ、新たなクエン酸浴の特性として報告する。

2. 実験方法

図1のハルセル試験法は、台形型水槽を使用することで連続した広範囲の電流密度でめっきを行うことができる。金属不純物の許容量である銅10ppmおよび亜鉛30ppmをワット浴およびクエン酸浴に添加し、外観への影響を検討した。また、SEM-EDXによる表面分析を行い、ニッケル皮膜への金属不純物の共析量を算出した。

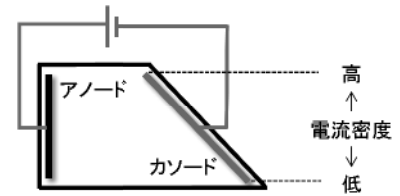


図1. ハルセル試験法

3. 結果・考察

図2にニッケルめっき皮膜中の金属不純物の共析量と電流密度の関係を示す。金属不純物の共析量は、電流密度に関わらず、クエン酸浴のほうが少ないことが確認された。銅については、クエン酸浴中で形成したクエン酸金属錯体のうち、銅錯体がニッケル錯体よりも安定であるため、銅不純物の電析が緩和されたことに起因すると考えられる。一方、亜鉛については、電析電位がニッケルよりもマイナス側にあるため、亜鉛の共析はめっき反応における異常共析と思われる。しかしながら、クエン酸浴では、銅の場合と同様にクエン酸が亜鉛と錯体を形成するため、ワット浴よりも共析量が少なかったと考えられる。

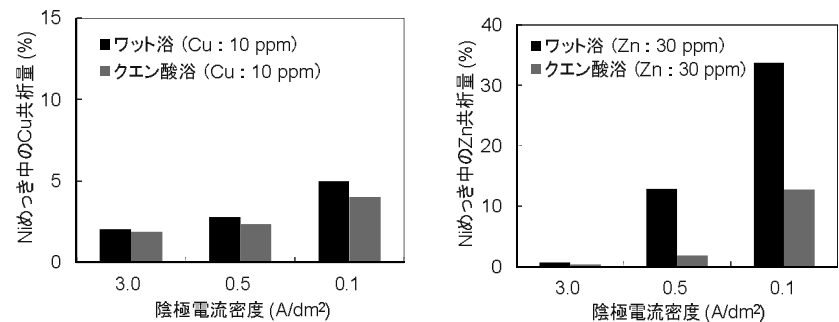


図2. ニッケルめっき皮膜中の金属不純物の共析量

4. まとめ

クエン酸ニッケルめっきの新たな特性として、ニッケル電析に及ぼす金属不純物の影響が少ないことを明らかにした。

参考文献

- [1] 特許 3261676 号（電気ニッケルめっき浴）
- [2] T. Doi, et al., *Metal Finishing*, Vol.102, pp.26 (2004)
- [3] T. Doi, et al., *Metal Finishing*, Vol.102, pp.104 (2004)

*1)表面技術グループ、*2)関東学院大学

廃棄テレビのガラスリサイクル

○小山 秀美^{*1)}、中澤 亮二^{*2)}

1. はじめに

一般財団法人家電製品協会が発表している平成23年度のテレビ（ブラウン管式、液晶・プラズマ）のリサイクル率は、ブラウン管式79%、液晶・プラズマ83%である。素材別リサイクル率では、ブラウン管ガラスは約43%を占め、最も構成比率が高い。一方、薄型テレビ（液晶・プラズマ）ではガラスのリサイクルは進んでいない（表1）。

薄型テレビに使われるガラスは、製造時期やメーカーの違いにより化学組成や特性に差があるため、パネルガラス原料に再利用することができないと考えられている。そこで、薄型テレビのガラスリサイクルを中心に、廃棄テレビのガラスリサイクルの現状と課題について発表する。

2. 実験方法

薄型テレビのパネル構造は微細かつ複雑で（図1）、ガラスのみを分離回収することが難しい。液晶ガラスについては、偏光板の剥離、カラーフィルターや透明導電膜を除去してガラスを取り出した。分離したガラスを波長分散型蛍光X線分析装置で分析し、化学組成の違いによりガラスを分類した。ガラスの化学組成や熱的特性から、薄型テレビ用ガラス以外の他用途製品にリサイクルすることを検討した。

3. 結果・考察

化学組成の違いから液晶ガラスの種類は6グループに分類された（図2）。国内メーカー製でも、製品を構成する部品を海外からも調達するケースがあるため、使用されるパネルガラスが海外メーカー製の場合もあり、使用されるガラスの種類も多くなることが確認された。

製造時期の古い製品では、ガラス製造の際に使われた清澄剤のヒ素やアンチモンが検出されるものも確認され、他用途利用する際に考慮する必要がある。

4. まとめ

薄型テレビガラスの活用例として、熔融スラグ製造の際に使われる塩基度調整剤としての活用、放射性廃棄物のガラス固化への活用や、液晶ガラス、プラズマガラスとソーダ石灰ガラスとの混合によるリン酸吸着発泡ガラスへの活用などが今後期待される。また、ブラウン管パネルガラスを使った発泡ガラスへの活用などを含め、廃棄テレビのガラス特性とリサイクルの可能性について説明する。

表1. 素材別のリサイクル率（%）

	ブラウン管式	液晶・プラズマ
鉄	10.0	39.3
銅	3.6	1.2
アルミニウム	0.1	4.2
非鉄・鉄など混合物	0.6	0.9
ガラス	43.1	0.0
その他の有価物	22.3	37.6
全体	79.6	83.1

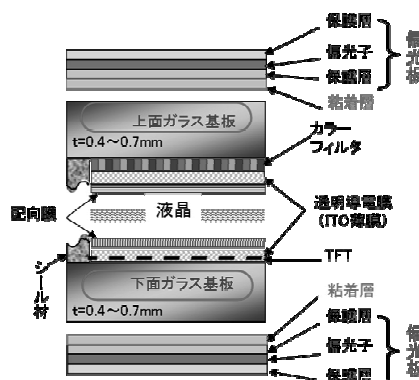


図1. 液晶パネルの断面構造

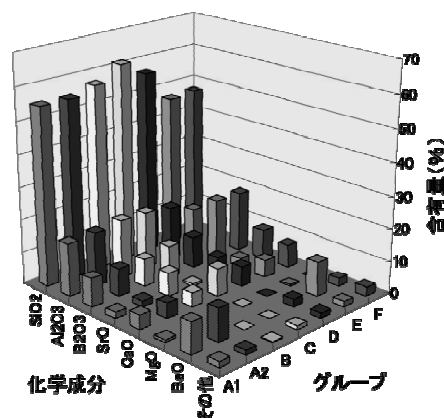


図2. 液晶ガラスの分類

*1)繊維・化学グループ、*2)環境技術グループ

小型木質ペレット燃焼スターリングエンジン 発電給湯システムの開発

○齊藤 剛^{*1)}、谷口 貴志^{*1)}、濱口 和洋^{*1)}

1. はじめに

本稿では小規模施設を対象とした木質ペレットを燃料としたコージェネレーションシステムを提案する。本システムは燃焼器から出る高温の燃焼エンタルピーでスターリングエンジンを運転、発電し、スターリングエンジンで回収できなかった熱をエンジン後方に設置された排熱回収給湯器で回収するシステムである。本実験では実際に小型木質ペレット燃焼スターリングエンジン発電給湯システムを構築し、発電効率と熱効率を評価することを目的とする。

2. 発電給湯システムおよび実験条件

図1に今回構築した実験システムの構成図を示す。本システムは、燃焼器、スターリングエンジン排熱回収給湯器の順に接続されている。実験で使用する木質ペレットは、ホワイトペレット、グレーペレット、バークペレットの3種類とした。燃料種によって発熱量が異なるため投入エネルギー量は13~14kWになるようにペレットの供給量を調節した。供給空気量は10、13、15、20、25、30m³/hに変化させて実験を行った。

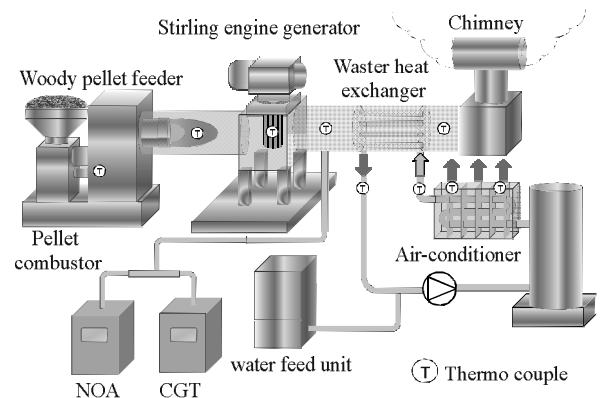


図1. 実験システム構成図

3. 実験結果

実験により最大発電量を得られたホワイトペレット、供給空気量13 m³/h時のエネルギーフローを図2に示す。この時の投入エネルギー量は13.7kW、燃焼器内温度は1142℃であり、燃焼器内が高温であることから燃焼状態が良好であることが分かる。また、燃焼器出口より供給される燃焼エンタルピーから2.4kWがスターリングエンジンに入熱され、発電量180Wが得られた。エンジンの機械損失は0.02kWであり、エンジンの冷却により2.2kWの熱が放出されるが、この熱は室内の暖房に使用できる。また、スターリングエンジン後方に設置された排熱回収給湯器の入口温度が770℃、出口付近温度が132℃であり、回収された熱量は約3.9kWとなった。排熱回収給湯器によって回収された3.9kWから暖房用ヒータによって部屋を暖めるのに使用された熱量は1.7kWとなった。エンジン冷却時の回収熱量と排熱回収給湯器によって回収された熱量を合わせた総合回収熱量は5.9kW、回収できずに捨てられた熱は7.8kWとなり、総合エネルギー効率は43.0%となった。

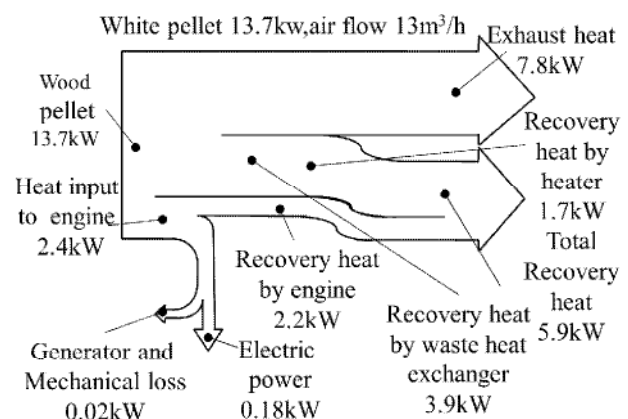


図2. 最大発電時エネルギーフロー

4. まとめ

小型木質ペレット燃焼スターリングエンジン発電給湯システムを構築し、最大発電量180W、発電効率1.3%が得られ、システムとしての総合エネルギー効率は43.0%となった。

*1)明星大学

誘電セラミックス複合材を接着層とする ポリプロピレンの高周波溶融接合

○佐野 勝^{*1)}、小熊 広之^{*1)}、関根 正裕^{*1)}

1. はじめに

近年、構造部材の軽量化による燃費向上が求められており、熱可塑性繊維強化樹脂の利用が期待されている。そのマトリックス樹脂として多く使用されているポリプロピレンにおいては重量軽減や加工時間短縮、接合強度の観点で優れる接合方法が望まれている。本研究では、誘電セラミックスを添加し誘電特性を改良したポリプロピレンを接着層組成物として用い、高周波誘電加熱により接着層組成物を溶融させることによりポリプロピレンを接合する方法について検討した。

2. 実験方法

接着層組成物の作成は基材のポリプロピレンに対し、誘電セラミックス（BaTiO₃、アナターゼ型 TiO₂、ルチル型 TiO₂、ZrO₂、ZnO、SiC の 6 種類）を 20 および 40 体積%の割合で配合し、200℃で 6 分間混練後、200℃で熱プレスすることにより行った。

得られた接着層組成物は誘電材料テストフィクスチャおよびインピーダンス/マテリアルアナライザーを用いて、10～300MHz の範囲での損失係数 ($\epsilon''\tan\delta$) 等の誘電特性を測定した。

高周波誘電加熱による接合試験は、図 1 のように接着層組成物をポリプロピレン板の間に挟み、高周波誘電加熱装置の電極間に固定した状態で 40MHz の高周波を印加して行った。

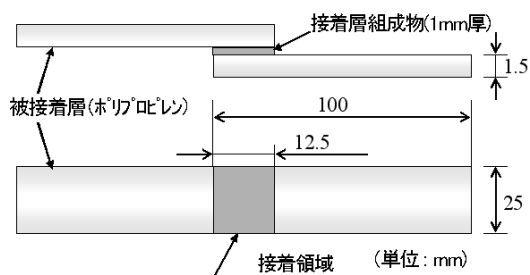


図 1. シングルラップ接合試験片

3. 結果・考察

各接着層組成物を用いた高周波接合試験および引張せん断試験結果を表 1 に示す。

20 体積%のアナターゼ型 TiO₂、20、40 体積%の ZnO および SiC を添加した接着層組成物を用いた場合に 40～70 秒で高周波により接着層組成物が溶融し、被着材のポリプロピレン板と強固に接合し、引張せん断試験において母材破壊を起こした。

これらの結果を種々の誘電特性と比較した結果、接着層組成物の損失係数ではなく、 $\tan\delta/\epsilon''$ の値が大きい場合に高周波による接着層組成物の加熱溶融が起こり、ポリプロピレンが接合する結果となった。

4. まとめ

誘電セラミックスを添加して誘電特性を改良した接着層組成物を用い、高周波誘電加熱によるポリプロピレンの接合について検討した。その結果、SiC、ZnO、アナターゼ型 TiO₂ を 20 体積%以上添加した接着層組成物を用いた場合に高周波誘電加熱によるポリプロピレンの接合が可能となり、得られた接合試験片の引張せん断試験では母材破壊が起こった。また、接着層組成物の高周波による加熱のされやすさは、 $\tan\delta/\epsilon''$ の値と良好な相関があった。

表 1. 接着層組成物を用いた高周波接合試験および引張せん断試験

セラミックス	添加量 (vol%)	高周波接合及び引張せん断試験			
		電流 (mA)	時間 (sec)	引張せん断強度 (MPa)	破壊形態
BaTiO ₃	20	150	120	0	-
BaTiO ₃	40	150	120	0	-
TiO₂(アナターゼ)	20	130	60	3.9	母材破壊
TiO ₂ (ルチル)	20	150	120	0	-
TiO ₂ (ルチル)	40	150	120	0	-
ZrO ₂	20	150	120	0	-
ZrO ₂	40	150	120	0	-
ZnO	20	130	40	3.8	母材破壊
ZnO	40	125	40	3.8	母材破壊
SiC	20	140	70	3.9	母材破壊
SiC	40	130	60	3.8	母材破壊

*1)埼玉県産業技術総合センター

6月20日(木)

研修室244

情報技術・エレクトロニクス

外れ値除去フィルタリングの開発

○金田 泰昌*1)、入月 康晴*1)

1. はじめに

近年自動制御システムにおいて、超音波センサや画像計測、レーダ計測といった非接触型の計測手法が注目を集めている。しかしながら、これらの計測手法は外界の影響により外れ値が生じることが知られている。例えば、GPSを用いた位置制御システムやビジュアルフィードバックシステムでは、障害物による電波遮断や背景コントラストの変化による突発的なノイズが外れ値として生じる。また、レーダ計測は反射波などの影響によりクラッタと呼ばれる外れ値が生じることが知られている。

これまでいくつかの外れ値除去フィルタが提案されているものの、それらはパラメータ設計が試行錯誤的となり、設計の妥当性を保証することが難しいという課題があった。そこで本研究は、外れ値除去に必要なパラメータをノイズに関する統計量を用いて自動的に決定できる、外れ値除去フィルタを開発することを目的とする。

2. 原理・評価方法

提案手法のアルゴリズムを図1に示す。提案手法は、カルマンフィルタ

(KF)と呼ばれるノイズ除去として有名な手法に、 l_1 最小化問題の計算を追加したものである。この最小化問題を解くことで外れ値を推定し、外れ値を差し引いてKFを実行する。一般的に最小化問題のパラメータは試行錯誤的に決定されるが、本手法ではKFの設計値(ノイズに関する統計量)からパラメータを自動で決定する(詳細略)。

評価方法として、提案手法をFPGA(Cyclone III / Nios II/e 50MHz)に実装し、テスト信号に対する外れ値除去性能を観測する。テスト信号は外れ値を伴う正弦波(振幅1V、周波数1Hz)とし、Signal Generatorから発生させる。

3. 結果

図2に実験結果としてオシロスコープで取り込んだ信号を示す。この結果より、KFでは外れ値が除去できていないが、提案手法では外れ値が除去できていることが分かる。

4. まとめ

外れ値除去アルゴリズムを開発した。また、FPGAを用いて外れ値除去フィルタ装置を実現し、実験により滑らかに変化する信号に対する有効性を確認した。本手法は不連続に変化する信号に対しては過渡応答が劣化してしまうため、この改善が今後の課題である。

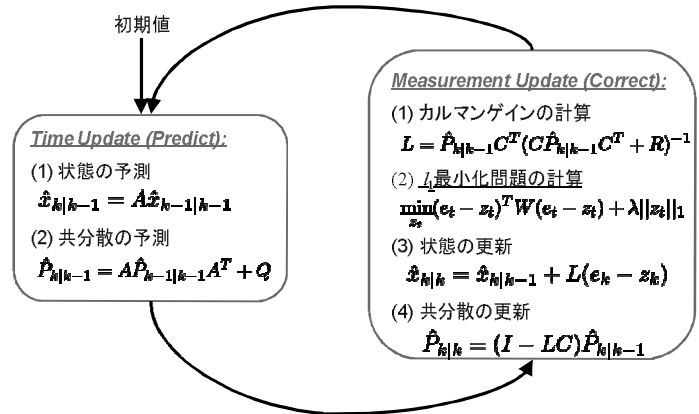


図1. 提案手法のアルゴリズム

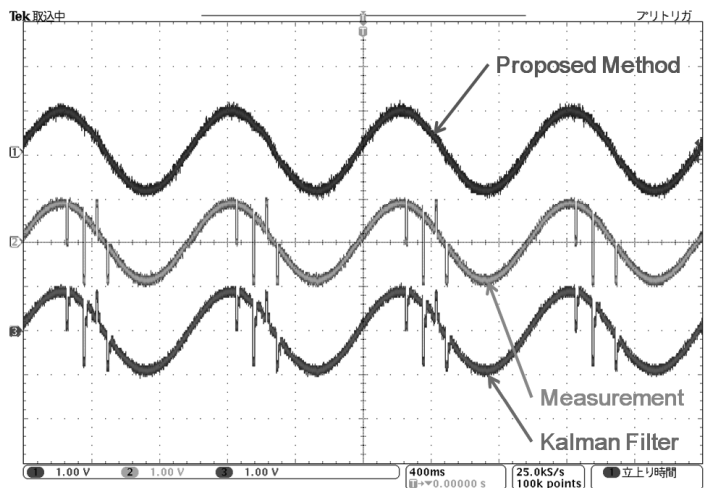


図2. 実験結果

*1)情報技術グループ

情報プライオリティに基づく無線センサネットワークの動的経路制御

○中川 善継^{*1)}、入月 康晴^{*1)}、山口 隆志^{*1)}

1. はじめに

環境モニタリングなど IEEE802.15.4 規格で代表される無線センサネットワークを利用した屋外における定常的なデータ収集の普及が進んでいる。一方、都市の安心安全への取り組みの一つとして、災害時や集合住宅における独居高齢者の安否確認の課題が急務となっている。ところが、地域の監視・見守りシステムが普及するのに伴い、目的や用途が異なる幾多のエリアが発生し、かつ重なることが想定され、無線機器の増加によるエリア間の干渉や災害時の緊急対策にかかる費用の増大など多くの課題を抱えている。本研究では、平時においてモニタリング用途で構築された無線センサネットワークを活用して、緊急性のあるデータに優先情報を付加し伝送の優先権を与えることで、動的チャンネルの時分割通信（動的ルーティング）を行う（図1）。少頻度で緊急性の高いデータが既存の経路を共有する仕組みと、共有によりスループットを向上させる有効性について報告する。

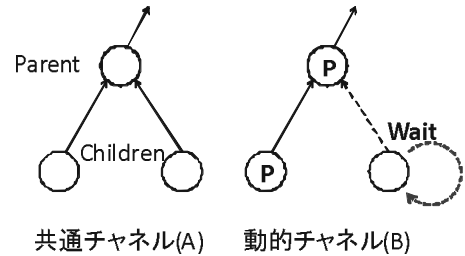


図1. 動的ルーティングの基本構造

2. 設計および実装

動的ルーティングは、ネットワーク内の経路を中継するノードの通信チャンネルを一時的に変更し、優先的に経路を占有することを認めるものである。この方式におけるノードのデータ制御のシーケンスフローを図2に示す。

優先情報を持ったデータは、宛先ノードまでの経路を優先チャンネルに切替え、優先経路を確立する。優先経路にないノードは、優先権が解放されるまで一時的にデータを滞留するウェイト状態となる。

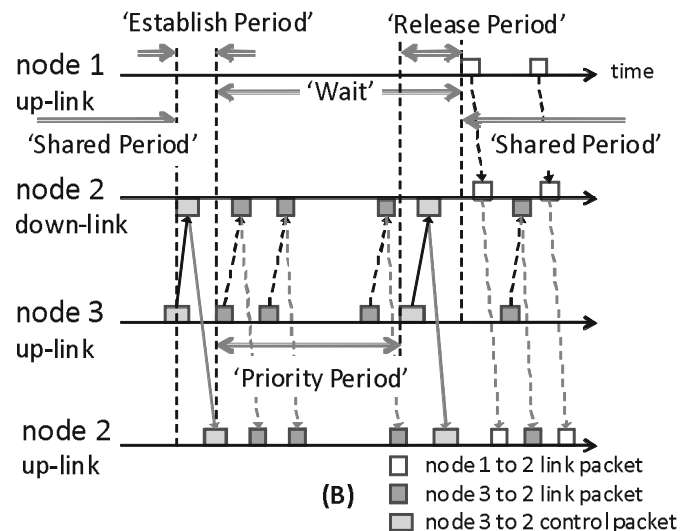


図2. ノードの制御シーケンスフロー

3. 結果・考察

2分木するクラスタツリーを構成するネットワークモデルに対し、末端ノードが発するセンサからの定常データ(30Byte/回)に緊急データを想定した負荷(3kByte/s)を入力して合算したスループットを評価し、約90kbpsまで向上させる結果を得た(表1)。通常、ネットワークが設計上、安全余裕として持つ負荷マージンを利用しその効果を上げている。

表1. 負荷加算スループット評価結果

階層数	最下層ノード数	伝送総量
L1	2 (全ノード 3)	86.4/kbps
L2	4 (7)	86.4/kbps
L3	8 (15)	94.4/kbps
L4	16 (31)	92.0/kbps
L5	32 (63)	62.4/kbps

4. まとめ

無線センサネットワークの経路ノードへ動的ルーティングを実装し、平時で使用するネットワークを共有することにより、緊急時のデータ伝送への活用が期待できる。

*1)情報技術グループ

リモートセンシング状況に基づいた低消費電力プロトコルの開発

○仲村 将司^{*1)}、武田 有志^{*2)}1. はじめに

近年、注目されている技術に無線センサネットワークがある。無線センサネットワークとは、各種のセンサを搭載した端末を広範囲に配置し、環境データを収集するためのネットワークである。広範囲に多数のノードを配置するため、省電力であることが要求される。その方法として、一定時間のスリープ状態とアクティブ状態を行う間欠動作によって省電力化を実現している。現状では、間欠動作は決められた間隔で一定時間行われている。しかし、センシングする環境によって最適なスリープやアクティブの間隔は異なってくるものである。そこで、本研究ではセンシングデータを分析することで、グループ分けを行い、その中の一部の端末だけ通常駆動させるという群制御手法を考案し検討を行った。

2. 実験方法

本研究では、シミュレーションと実機を利用した2つの方法で提案手法の消費電力削減効果の検証を行った。まず、シミュレーションによる評価では、埼玉と京都の過去の気象データ（温度）4種を用い、簡略化のためにネットワーク構成をスター・トポロジとした。その際に設定した値を図1に、シミュレーション結果を図2に示す。次に、実機による評価は、無線端末から出力したスリープ・アクティブ状態をメモリハイログでログを取り、スリープとアクティブ時間を割り出し、それぞれの状態における消費電力を計測してトータルの消費電力を算出した。また、その際には恒温恒湿槽により実環境を模擬した状態で1時間稼働させ検証を行った。その時の様子を図3に示す。

indefinite number	
Threshold	θ
Active Time	1sec
Sleep Time	10min
Longer Sleep Time(k=2)	20min1sec
Active Power	10mW
Sleep Power	0.001mW

図1. 設定パラメータ

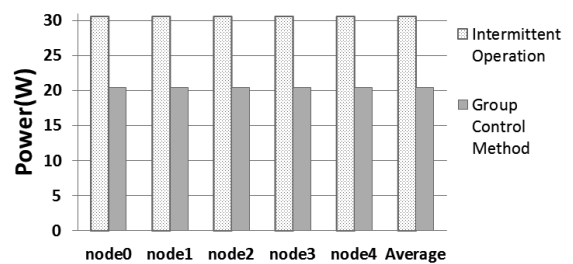


図2. シミュレーション結果

3. 結果・考察

シミュレーションを行った結果、定間隔スリープ動作の時は30.5W、群制御手法を用いた場合は20.4Wとなり、33.2%電力が削減できることが分かった。また、図2の結果より、消費電力が極端に高いノードが無い場合、ネットワーク全体の寿命が延びたことが分かる。次に、実機評価の結果は、群制御手法では0.123Wh、定間隔スリープでは0.147Whという結果が得られ、約16%の電力が削減できたことが分かった。

4. まとめ

群制御手法は、無線センサネットワークの電力を削減するために有効であることが実験結果より分かった。本手法は、端末数が多くなればなるほど効果を発揮するため、多くの計測ポイントを必要とする環境計測に活用すると消費電力の削減効果は大きい。今後の展開として、多種センサデータとの相関を踏まえた省電力化手法の考案を提案する予定である。



図3. 実機検証の様子

*1)電子・機械グループ、*2)生活技術開発セクター

GPGPU の産業応用

○山口 隆志*1)、大原 衛*1)

1. はじめに

近年の研究開発現場では非常に多くのコンピュータリソースが要求される。これまで、大規模な演算処理を行うためには、スーパーコンピュータ（スパコン）を活用する方法が主に用いられてきた。しかしスパコンは、誰もが自由に使えなかったり得られた成果の公表を要求されたりする問題がある。これに対し、一般のパソコンにも搭載されている Graphical Processing Unit (GPU) を用いて演算処理を高速に行う General-Purpose computing on GPU (GPGPU) が注目されている。GPU には多くの演算ユニットが搭載されており、1台のコンピュータ内で比較的容易に超並列環境を構築することができる。

情報技術グループではこれまで、電磁波の時間領域解析を行うシミュレータの開発や食品内部の異物を検出する画像処理ソフトウェアにおいて GPGPU を活用してきた。本発表では、このような応用における GPGPU 適用の要点と実施例について報告する。

2. 方法

電磁界の時間領域解析アルゴリズムには Finite Difference Time Domain (FDTD) 法を用いた。FDTD 法は、微分方程式を差分法によって解く手法であり、並列処理との親和性が高い。また、食品画像中の異物検出アルゴリズムは、ニッカ電測株式会社と都産技研が共同研究にて開発した（特開 2009-229100）。

GPU 上で実行されるプログラムは CUDA (NVIDIA 製) を用いて実装した。



図 1. 小型 PC

3. 結果

FDTD 解析を行うハードウェアは、並列度やメモリ容量の点から 3 基の Tesla C2070 (NVIDIA 製) を搭載したワークステーションを用いた。画像処理においては、食品検査装置への組み込みなど産業機器での利用を考慮し、GeForce GT 430 (NVIDIA 製) を搭載した小型で低消費電力な PC とした (図 1)。

異物検出処理の実行時間について比較した結果を図 2 に示す。CPU よりも 3 倍程度の高速化が達成されており、図 1 のような低スペック環境下でも GPGPU の有効性が確認できた。

また、ワークステーションを用いた FDTD シミュレーションでは最大で約 76 倍の高速化を実現している。

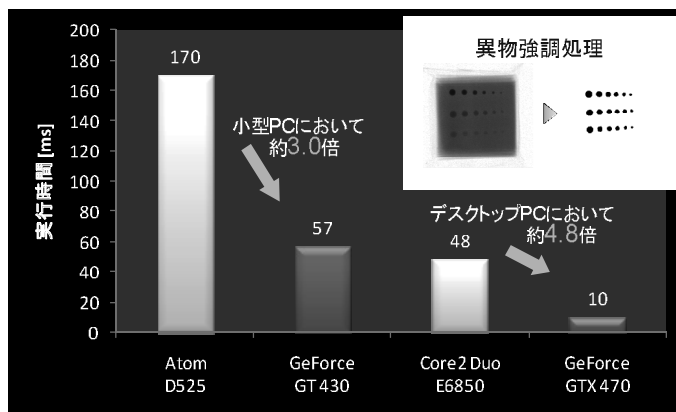


図 2. 異物検査画像処理の実行速度比較

4. まとめ

電磁界解析や画像処理の高速化を GPGPU により実現した。現在、光ファイバや光導波路等の高速解析が可能なシミュレータの開発を行っている。今後、光学デバイスや電子デバイスの設計、ビッグデータ解析、ゲノム解析等における活用が期待される。

*1)情報技術グループ

動画中の害鳥認識方法の開発

○大平 倫宏^{*1)}、富山 真一^{*1)}、
宮武 和史^{*2)}、平井 佑佳^{*2)}、犬塚 利栄子^{*2)}

1. はじめに

米穀類倉庫などの食品を管理する場所において、ハトなどの鳥類に対する管理・防除を行うことは、衛生面等の観点から重要なことである。従来は、磁気などを用いて鳥類を忌避する方法や、建屋にネットを張り侵入を防ぐ等の受動的な方法が用いられてきたが、現時点では十分な効果を得るまでには至っていない。そこで、鳥類を自動的に認識して、能動的にアクションを行うといった、従来とは違う観点からの防除が必要となってくる。本研究では、その前段階として、特に動画中の鳥類の認識について研究・開発を行った。

2. 方法

鳥類認識方法を開発するにあたって、実際に鳥害が問題となっている場所で、鳥画像約400枚、鳥類動画約30時間分の取得を行った。取得したデータは、認識方法中でのテンプレート画像や、認識処理の精度の確認用に利用した。

本研究では、ハトを中心とする鳥類が停留前に滑空ではなく羽ばたいて着地するという性質を利用して、動画中より羽ばたき動作を検出する方法を新たに開発した。また、隠れマルコフモデル（以下、HMMとする）を利用して、空間の状態を、①鳥類が存在しない、②鳥類が歩行・停留中である、③鳥類が飛行中である、の三つの状態に分けて、ビタビアルゴリズムを用いた再計算を行うことで、認識精度を向上する方法を取った。

3. 結果・考察

表1は、今回開発した認識方法を用いた認識結果であり、認識処理1は、HMMを利用しなかった場合の結果、認識処理2はHMMを利用した場合の結果となっている。HMMを用いることで、停留・歩行中の鳥類の誤検出以外で、認識率が向上しているのが見て取れる。これは、動画の中の各フレームの情報だけでなく、時系列の情報を用いることで、認識率が向上していることを表している。図1は、実際に認識処理を行った動画中の1フレームであり、認識した鳥類を枠で囲っており、ハトが認識されていることが確認できる。

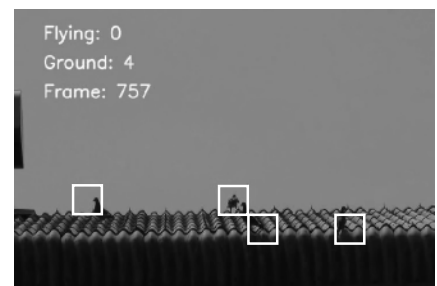


図1. 認識結果

表1. 各認識処理に対する認識割合

	停留・歩行中の 鳥類の誤検出率	停留・歩行中の 鳥類の未検出率	飛行中の鳥類 の誤検出率	飛行中の鳥類 の未検出率	全体の 認識率
認識処理1	0.00030	0.23	0.00028	0.68	0.70
認識処理2	0.0060	0.011	0.0027	0.31	0.95

4. まとめ

羽ばたき動作を検出することにより、停留前の鳥類を認識することが可能となり、HMMを用いた処理を行うことで、高精度な検出を行うことが可能となった。これらにより、効果的な害鳥防除の実現が期待される。また、成果については「鳥獣識別装置、鳥獣識別方法、及びプログラム」の名称で平成24年10月に特許出願を行った。

*1)情報技術グループ、*2)国際衛生株式会社

高速プリント回路板における通信波形の実測と SPICE モデルの評価

○佐野 宏靖^{*1)}、佐藤 研^{*1)}

1. はじめに

数百 MHz 以上の高周波通信における伝送線路シミュレーションでは、有損失線路を考慮する必要がある。しかし、抵抗損失や誘電損失を考慮する有損失線路モデルをサポートする回路シミュレータは高価であり、精度の良いモデルを作成するには、ノウハウが必要である。

そこで本研究では、入手が容易で汎用性の高い各種の SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) 互換シミュレータに対応可能な精度の良い有損失線路モデルを作成した。

2. 実験方法

実験に用いたプリント回路板を図 1 に示す。また、シミュレータは無償である LTspice (Linear Technology 製) を使用した。回路は、SMA コネクタ経由で 120mm の 50Ω マイクロストリップ線路に接続し、中央に 1005 サイズのチップコンデンサ 3pF を実装している。SPICE モデルへの変換は、TDR (Tektronix 製) 実測値から、IConnect (TDA Systems 製) を用いて、SMA コネクタを Z-Line に、マイクロストリップ線路を RLC の分布定数へと変換した。その後、ベクトルネットワークアナライザ (Agilent Technology 製) を用いてプリント配線板を実測し、S11 および S21 の振幅と位相を比較しながら SPICE モデルを調整した。最後に、オシロスコープおよびパルスジェネレータ (Agilent Technology 製) を使用し、アイパターンにより実測値と比較した。



図 1. 実験プリント回路板

3. 結果・考察

周波数軸測定結果を図 2 に示す。S21 のシミュレーション結果と実測値を比較すると、0.1GHz ~ 10GHz において、振幅で最大 1.2dB の誤差、位相で最大 14° の誤差となった。振幅の最悪値の誤差を電圧レベルに換算すると約 7% なので十分な精度のモデルであると考えられる。時間軸測定結果を図 3 に示す。波形の特徴をとらえているが、実測波形にのみ若干のリングングがある。これは、差動アクティブプローブ先端のはんだ付けによる反射の影響と考える。

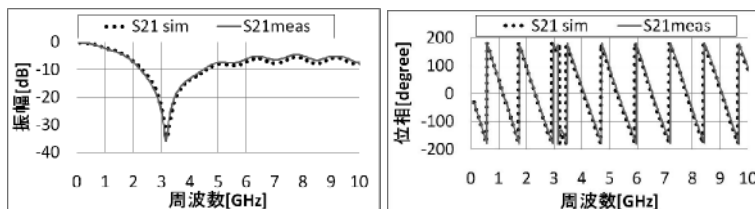


図 2. 波数特性の実測と計算 (左: 振幅、右: 位相)

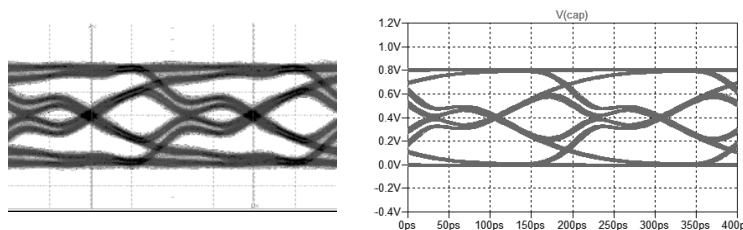


図 3. 5Gbps のアイパターンの実測と計算 (コンデンサを観測 左: 実測、右: 計算)

4. まとめ

本研究により、汎用シミュレータに対応した精度の高い有損失線路モデルを作成できた。今後は、ビアや差動配線などを SPICE モデルに変換し、バリエーションを増やすことが課題である。

*1)電子・機械グループ

遠赤外線低温乾燥機について

○加藤 仁士*1)

1. はじめに

木材の乾燥方法は、大きく天然乾燥（天乾）と人工乾燥（人乾）に分類される。人工乾燥にはさまざまな手法が存在するが、現状では、乾燥木材を短時間で大量に産生することが可能な高温乾燥の手法が大半を占める。今回、研究および開発を行っている遠赤外線輻射低温乾燥機は、従来の乾燥機と比べて、乾燥対象物の品質向上と大幅なインシヤルコストおよびランニングコストのダウンが見込める。従来型の大半を占める高温乾燥機の課題は以下が主となる。木材は植物であり、生木の状態では概ね100～200%程度の含水率である。十分に乾燥された木材は概ね10～13%の含水率であり、乾燥材として市場流通するのは含水率20%以下とされている。乾燥対象の幹部分は、導管と細胞から構成されており、導管に含まれる水分は比較的容易に除去することができるが、細胞内に含まれる水分は結合が強いことに加え、細胞壁に阻まれているので、非常に除去しにくい。高温乾燥時の温度は、概ね80～230℃であり、木材の細胞を破壊し水分を吐き出させる。木材が細胞内の水分を吐き出す際に、細胞内に含まれる天然の木精（油脂分・防虫成分・防腐成分など）を一緒に排出してしまうので、高温乾燥された木材は、天然乾燥と比較して淡色化（濃色化するものもある）・粘りの低下・材質硬化・防腐性の低下・防蟻性の低下が発生し、外観上も、色・艶・香りの低下が見られる。さらに、細胞が破壊されてしまっているため、乾燥後にも外部からの水の浸入が容易であり、いわゆる「もどり」という含水率の上昇が発生してしまう。

2. 実験方法

試験機（図1）は、乾燥対象物へ遠赤外線の輻射を主とした乾燥方法にて素材乾燥を行う、輻射型乾燥機である。容積は0.76 m³、出力は最大360W、外壁・内壁ともに杉板10mm厚、構造部分（棧）パイン30mm角材、設置は当社ラボ内で行った。105mm杉の未乾芯持材（平均含水率92%）を、天乾（庫外）および人乾（庫内）させた各20本（重量比平均化）を検体として、それぞれの含水率の低下および割れの発生について1,200h（50d）の測定を行った（表1）。



図1. 試験機外観

3. 結果・考察

遠赤外線による低温乾燥の手法は、45℃以下で木材の細胞を破壊せず、反り割れの原因となる材木の含水率の分布（偏水）を遠赤外線の輻射により極力防ぎつつ、水分子の水素結合を解き、蒸散させ、木精は細胞内に残留すると考えられる。例えるなら、材から水分を搾り取るのではなく、材に気持ちよく汗をかいてもらうというイメージである。今後は、強度、含水率の戻り、耐蝕・耐候性についても調査予定である。

表1. 木材の測定データ（平均値/20）

	天乾(庫外)	人乾(庫内)
重量減少率	-12.5%	-42.2%
含水率	68%	11%
割れ発生	18/20	3/20

4. まとめ

天乾材で課題となる乾燥期間の長さや歩留まりの悪さ、気候に左右されやすく品質管理と計画的産生が困難などを解決し、低インシヤルコスト、低ランニングコスト、低環境負荷、高産出性といった点を備えた乾燥機を研究・開発することが可能であると考えられる。

*1)株式会社 MITOMI

新構造ロータリーコネクタの開発

○沢田 博史*1)

1. はじめに

従来、電気を回転体へ接続するための製品には、スリップリングと呼ばれるカーボンブラシを回転体に押し付け、摺動により通電を行うものと、回転軸と固定側の間隙に水銀などの液体金属を充填し、この液体金属を介して通電を行うロータリーコネクタと呼ばれるものがある。これらスリップリング、ロータリーコネクタの用途としては、ターンテーブルへの電力供給、フープめっき装置の回転電極、溶接機・包装装置のヒータロールへの給電、監視カメラ・医療機械（MRI）・工作機械・回転照明・風力発電機など回転側と固定側を電気接続する場合に用いられる。

2. 開発製品の構造

弊社の開発したロータリーコネクタの構造を図1および図2に従って説明する。

回転軸と固定側ボディの間隙に半径方向に弾性変形を伴い配設されたローラ集電子は、回転軸が回転すると自転しながら公転するいわゆる遊星運動を行い、このローラ集電子を介して回転軸と固定側が電気接続される。

電流経路は、回転軸→ローラ集電子（図では4個配設されており、電流は4分割され固定側へ流れる）→固定側となる。当然電流の向きは逆向きでもかまわない。図1は1極の場合の原理図であるが、この構造を絶縁物を介し、軸方向に繰り返すことにより複数の電流経路を持つ多極の回転コネクタとすることができる。

弊社では上記構造のロータリーコネクタに関連し、これまでに5件の特許出願を行っている。

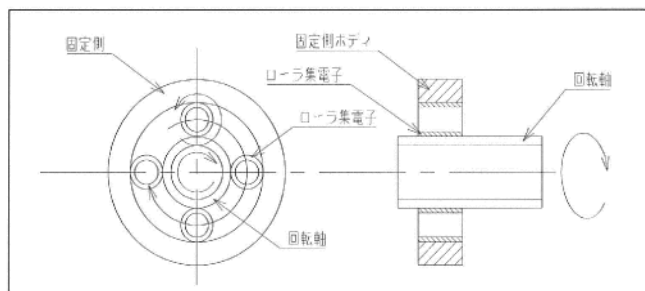


図1. ロータリーコネクタの構造



図2. ロータリーコネクタ

3. 製品の特徴

この転動構造により、長寿命でメンテナンスフリー、そして回転トルクが小さい製品が実現された。また、接触抵抗が低いため従来のスリップリングと比較し小型であり、潤滑油などを使用していないため真空環境でも使用可能性であり、さらに高温・振動環境に対応することも可能である。

4. 実績・今後の課題、展開

平成23年5月から複数の会社へ評価用に納入を開始しており、平成24年1月～12月の期間では大手自動車メーカー2社を含む12社に納入、性能面での評価実績を積み上げている。

今後はさらなる小型化をはじめ、20,000rpmの超高速回転、水中での使用、高温環境などさまざまな市場の要求に対応した製品開発を行う必要がある。またコストダウン達成のため、製造方法・製品構造・部品形状の最適化に向けさまざまな試験を実施する予定である。

*1)株式会社ヒサワ技研

ペトリネットによる構造解析に関する研究

○奥田 誠^{*1)}、長尾 達明^{*1)}、水矢 亨^{*1)}、宮澤 以鋼^{*1)}

1. はじめに

近年、生産システムの要求事項の増加に伴って制御システムは複雑化しており、システムの挙動や制御構造を把握して不具合を早期発見することが重要である。これまで制御システムに対して、主に挙動解析が行われてきた。筆者らは、実用上要請の強いシステムの制御構造の解析について研究しており、制御システムの典型的な処理に対応した構造を導出するアルゴリズムを開発中である。システムの制御構造が把握できれば、設計仕様と比較することで不具合を減少させ、生産性の向上が期待できる。

2. 制御システムのペトリネット (Petri-net) による表現

制御システムは離散事象システムであり、Petri-netによる表現に適している。制御システムの典型的な処理として、繰り返し実行と分岐処理が挙げられる。これらの処理はPetri-netのサイクル構造と並列構造に相当する。Petri-netは、place (状態)・transition (遷移条件)とそれらを接続する arc から構成される (図1)。サイクル構造とはある状態から元の状態に遷移する経路のことで (図2左)、並列構造とはある状態から別の状態に遷移する2つ以上の経路から成る (図2右)。

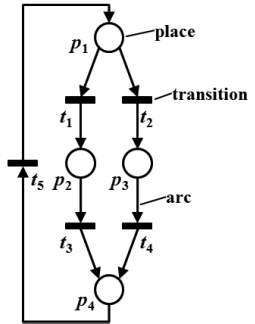


図1. Petri-netモデルのグラフ表現

3. Petri-netによる構造解析

Petri-netの構造は、連立方程式 $BT_x=0$ を解くことによって、サイクル構造と並列構造に分類可能である。 B は接続行列といい、行はplace、列はtransitionに対応している。接続行列の各要素の値 B_{ij} は、 t_j から p_i に入力される arcの本数である。ただし、 p_i から t_j に出力される場合は負値を取る。例として図3に、図1の接続行列を示す。 $BT_x=0$ の解 T_x はtransitionに対応しており、その条件によってPetri-netの構造を以下のように分類できる。

【条件1】 非零の全成分が同符号であるとき、サイクル構造
 【条件2】 非零の成分が異なる符号を持つとき、並列構造
 ただし、【条件2】を満たす解には並列構造を表さない場合がある。【条件2】を満たす解は、成分の負値に対応するtransitionに接続される arcの向きを反転させるとサイクル構造を示す。このため、負値に対応するすべてのtransitionがplaceを介して連続であれば並列構造であり、不連続ならば並列構造でないことが分かる。【条件2】を満たす解が並列構造か否かを判別する方法を提案し、サイクル構造と並列構造を導出するアルゴリズムを開発する。

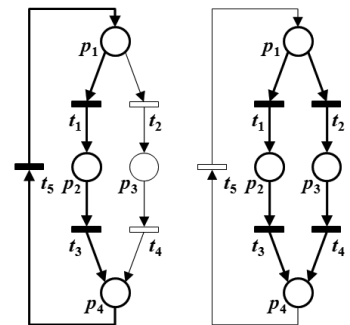


図2. サイクル構造(左)と並列構造(右)

$$B = \begin{matrix} & \begin{matrix} t_1 & t_2 & t_3 & t_4 & t_5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

図3. 図1. の接続行列

4. 解析例

図1について $BT_x=0$ を解くと、 T_x の基本解として、 $(-1, 1, -1, 1, 0) \dots (1)$ と $(1, 0, 1, 0, 1) \dots (2)$ が得られる。解(1)は、【条件2】を満たし、負値である t_1, t_3 は図1より連続していることが分かるため、 t_1, t_3 と t_2, t_4 の並列構造を表す。解(2)は、【条件1】を満たすため、 t_1, t_3, t_5 のサイクル構造を表す。これらの導出した構造は、図2より明らかである。また、解(1)に解(2)を加えると $(0, 1, 0, 1, 1)$ が得られ、これは【条件1】を満たすため、 t_2, t_4, t_5 のサイクル構造を表す。

5. まとめ

制御システムの典型的な処理である繰り返し実行と分岐処理の解析手法について述べ、簡単な解析例を示した。しかし本来は、挙動解析を行う前に、設計仕様と制御構造が一致しているか検証する必要があると考える。本解析手法を用いれば、繰り返し実行と分岐処理に対して解析が可能となり、不具合の早期発見に貢献できると考えている。

*1)神奈川県産業技術センター

大気圧プラズマを用いた新たな電気分解と金属ナノ粒子生成

○白井 直機^{*1)}、内田 諭^{*1)}、朽久保 文嘉^{*1)}

1. はじめに

プラズマプロセスはこれまで低気圧環境下で半導体プロセスを中心に用いられ、その微細化・高機能化に貢献してきた。近年では、プラズマを低気圧環境という制約に捉われず大気圧環境下で生成する技術が進展し、環境技術、材料プロセス、バイオ医療応用など、多方面での研究が進められている。プラズマを大気圧環境下で生成できる利点は、液体・生体など多様な媒質に対して照射が可能であることである。筆者らはこれまでに、水面上にプラズマの一つである大気圧グロー放電を生成する手法を基礎研究として提案し、その諸特性を調査してきた。本研究では、それらの応用法の一つとして、プラズマを利用した電気分解反応により、プラズマ-液体界面で金属ナノ粒子を生成する手法を示す。通常電気分解反応は、金属電極を水中に沈め、電圧を印加することで発生するが、本手法は、図1に示すように金属電極の代わりにプラズマを用いて電気分解を発生させる。この手法を用いると、プラズマの発生により液体表面へ正イオン、あるいは電子が照射される通常電気分解とは異なる電解反応となる。この通常とは異なる電解反応により、金属ナノ粒子の生成が可能となる。

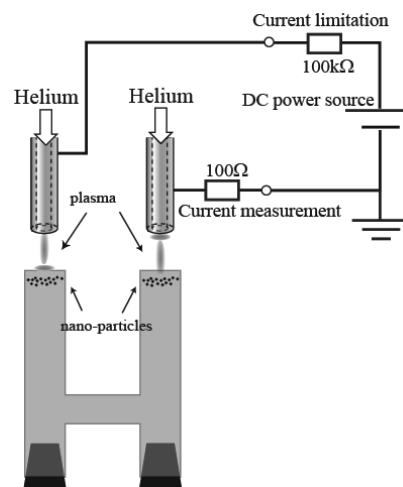


図1. プラズマ電気分解実験装置

2. 実験手法・結果

実験装置は図1に示すような2つの放電プラズマを利用した電気分解装置であり、ナノ粒子生成の材料源として硝酸銀溶液、塩化金酸溶液を用いた。放電プラズマを安定に生成するために金属のノズルよりヘリウムを流してプラズマを生成する。

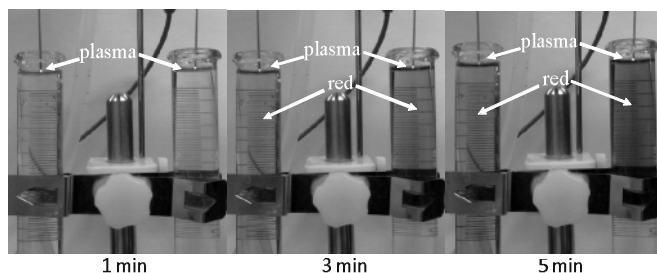
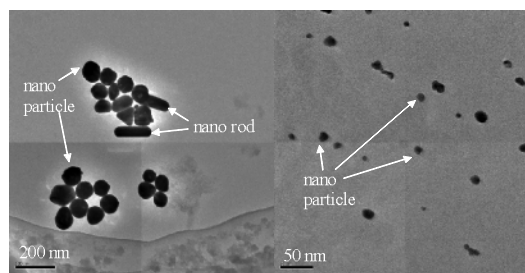


図2. 塩化金酸溶液を用いたプラズマ電気分解の様子

塩化金酸溶液を用いてプラズマ電気分解を発生させた際の様子を図2に示す。時間の経過とともに液体は赤く変化する。これは金ナノ粒子の表面プラズモン共鳴によるもので、液中に金ナノ粒子が存在していることを示している。液体の色の濃さは、陽極側の方が濃い。実際に生成されたナノ粒子を透過型電子顕微鏡 (TEM) で観測したところ、陽極側は三角形や棒状の形状を含んだ 100 nm 程度の粒子が生成されたのに対して、陰極側では数 10 nm 程度の球状の粒子が生成されたことを確認した (図3 (a) および (b))。ナノ粒子の生成の詳細なメカニズムは不明であるが、プラズマの極性などが重要なパラメータであることを実験的に明らかにした。今後、生成メカニズムを明らかにした上で、プラズマへのエネルギー注入などを制御すれば、プラズマを active な電極としたさまざまな応用への展開が期待できる。



(a) プラズマ陽極 (b) プラズマ陰極

図3. プラズマ電気分解により生成された金ナノ粒子のTEM像

*1)首都大学東京

6月20日(木)

会議室531

ものづくり基盤技術

システム同定による計測機器の高性能化

○千葉 龍介^{*1)}、中村 昂洋^{*1)}、岩渕 健太^{*1)}、森 泰親^{*1)}

1. はじめに

自動車メーカーにおける試作のエンジンの評価では、エンジンの状態と出力を詳細に知る必要がある。ここでエンジンの状態とはピストン内の爆発状態であり、出力とは発生トルクである。しかし、爆発状態・発生トルクをモニタリングすることは非常に困難であることから、ピストンとギアをつなぐ「クランク」の角度を計測することで、現在のピストン位置を知り、爆発状態を推定し、同時にトルクを知ることが一般的である。すなわち、クランク角度を精確に測定することが、エンジン状態を知るために非常に重要となる。

現在のクランク角度測定は、クランクシャフトに取り付けたロータリーエンコーダを用いることが一般的である。しかし、これにはエンジンを車体から取り出し分解することが必須であることから室内実験となり、実地に近い条件でのデータを得ることが難しい。

そこで、標準的に搭載されているクランクポジションセンサ (MPU: Magnetic Pick Up)・シグナルプレートを使用して、クランク角度を測定する方法を提案する (図 1)。

ここで、MPU から得られる信号はプレートが最大 36 歯程度であることから 10[deg]に 1 パルス程度しかなく、必要な精度である 1° の分解能を得るためには、10[deg]先の角度となる時間を予測し、10 分割する必要がある。しかしながら、現状 10[deg]先の角度となる時間を予測した方法はない。さらにその要求精度は誤差 0.1[deg]以内と大変厳しい。

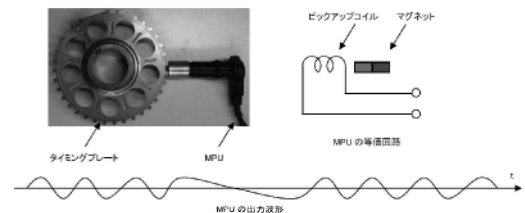


図 1. MPU とシグナルプレート

2. 実験方法

本稿では研究の初期段階として 1,000rpm 回転を対象とする。予測を行うために、本研究ではエンジン回転予測モデルを構築し、このモデルに従って予測する手法を提案する。ここで、過去の入力データを使用してモデルを構築するが、クランクの回転には一定の自己相関性と白色雑音があると考え、これらを利用可能な ARMA モデルを使用する。

精度の高い ARMA モデルを得るために、モデルのパラメータおよび次数の推定を①入力データの前処理、②モデルの次数選択・パラメータ推定により行う。①入力データの前処理では、入力データから周期成分を取り除く。②モデルの次数選択は、赤池情報量基準 (AIC) により最少となる次数を選択する。

3. 結果・考察

上記方法に基づき実験を行った。実測データの前半をモデル構築データとして使用し、後半と予測結果を比較した (図 2)。この結果から、モデル予測によって、細かな振動に対する誤差はあるものの、おおよその数値と傾向は一致していることが確認された。誤差は $\pm 6[\mu s]$ 以内に収まっており、角度に変換すると $\pm 0.037[\text{deg}]$ 以内の誤差となる。よって、ARMA モデルを用いた 10°先のパルス間時間の予測に関しては、要求仕様を満たす高い精度が得られたと考えられる。

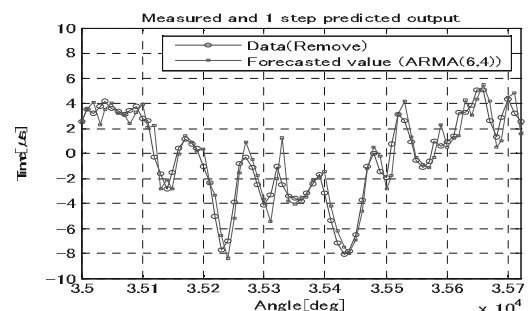


図 2. 実測値と予測結果

4. まとめ

本稿では 10[deg]先の角度となる時間を高精度に予測する手法を提案した。フーリエ変換による前処理と ARMA モデルの構築により高い予測精度を実現可能とした。

*1)首都大学東京

連続炭素繊維強化熱可塑性樹脂複合材料における樹脂含浸挙動

○小林 訓史*¹⁾

1. はじめに

熱可塑性樹脂は熔融時の粘度が非常に高く、強化繊維束への含浸が困難である。しかし近年、含浸性を向上させるためにさまざまな成形手法が開発されてきている。本研究では、それらの成形方法の一つである Micro-Braiding 法により作製した、テキスタイル複合材料の最適成形条件の決定指針となる樹脂含浸性と、成形条件の関係を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

強化繊維に炭素繊維（三菱レイヨン(株)、TR50S 6L Tex: 400 mg/m）を、母材樹脂に熱可塑性樹脂である PP 繊維（(株)MRCパイレン、760T120）を用い、Micro-Braiding 法で繊維状中間材料を作製した。その後、中間材料を、手織り機を用いて織ることで平織のテキスタイル材を作製した。また、作製したテキスタイル材を一边 75 mm の正方形(25×25本)に切り取り、これを1、2、4層に重ね、成形圧力 8、12 MPa、成形温度 200、220°C、成形時間 1、2、3、5、7、10 min. の条件で雄型が一边 75mm の正方形の形状をした金型を使って加熱圧縮成形を行った。この時、ホットプレスおよび金型はあらかじめ成形温度まで加熱し、その後、樹脂の融点以下である 170°C まで空冷した金型にテキスタイル材を配置し、成形を行った。なお、金型温度は熱電対温度計で測定することで確認した。

3. 結果・考察

図 1・2 はそれぞれ成形温度 200°C、220°C の成形品の含浸率を示している。これらのグラフから、成形条件にかかわらず、成形時間初期において1層のテキスタイル材は2、4層に比べ繊維束が潰れているため、樹脂が含浸する距離が短くなり、短時間の成形時間においても含浸が向上したことが考えられる。また、成形温度 200°C の条件において成形圧力上昇に伴い含浸性の向上がみられるが、220°C の条件においては含浸時間初期で高い含浸率を有し、圧力の違いによる含浸性の明らかな差が見られないことが分かる。

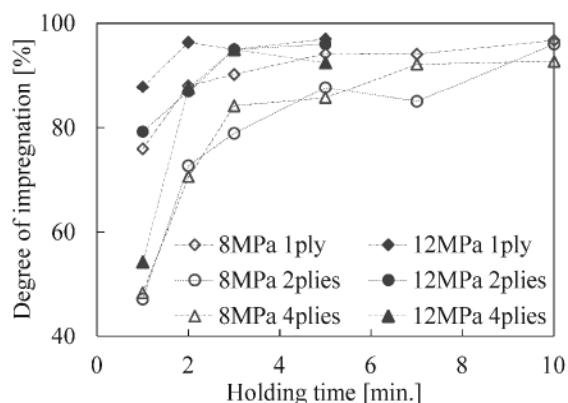


図 1. 樹脂含浸率と成形時間の関係 (200°C)

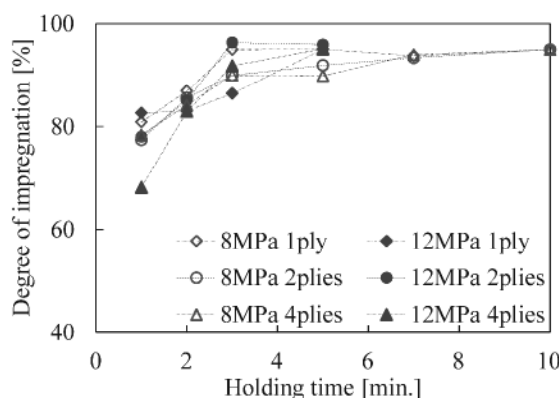


図 2. 樹脂含浸率と成形時間の関係 (220°C)

4. まとめ

繊維束断面は楕円形であり、1層の成形品は2、4層よりも繊維束の扁平率が高く、含浸距離が短いため、含浸時間初期での樹脂含浸性が向上した。

*1)首都大学東京

知的資産経営を通しての中小企業のものづくり力評価

○今村 聡^{*1)}、森 和男^{*1)}、庄司 有美映^{*2)}

1. はじめに

独立行政法人産業技術総合研究所（産総研）^[1]は、他機関^[2]との協力関係のもと、中小企業の知的資産に関する調査研究を行ってきた。知的資産とは、企業価値（≒株式数×株価）のうち、バランスシートに記載されない資産と定義することができる。知的財産は知的資産の一部を構成するにすぎず、知的資産はもっと広い概念である。例えば、MERITUM プロジェクトでは知的資産を図1に示すように、人的資産、構造資産、関係資産の3種類に分類、例示した。このように、知的資産には多様な無形資産が含まれる。これらの知的資産を評価することにより、自社の強み弱みを知り、改善・強化戦略立案、新事業計画策定に必要な情報を得ることができる。筆者らは京都府、長野県、東京都などの中小製造業10社に対して知的資産評価を行った。本発表ではその概要を報告する。なお、東京都下の中小製造業評価の多くは都産技研の知的資産経営^[3]支援活動の一部として行われた。

人的資産	退職時に一緒に持ち出す資産
例)イノベーション能力、想像力、ノウハウ、経験、柔軟性、学習能力、モチベーションなど	
構造資産	従業員の退職時に企業内に残留する資産
例)組織の柔軟性、データベース、文化、システム、手続き、文書サービスなど	
関係資産	企業の対外的関係に付随した全ての資産
例)イメージ、顧客ロイヤリティ、顧客満足度、供給業者との関係、金融機関への交渉力など	

図1. MERITUMプロジェクトによる知的資産の3分類

2. 知的資産評価方法

製造業における知的資産の多くは、ものづくりプロセスに密接に結びついている。そこで、知的資産の分類を人的資産、構造資産、関係資産（縦の軸）と市場調査、研究開発、製品製造、検査・品質管理、サービス・流通、組織横断（横の軸）に分類し、人的資産29、構造資産52、関係資産20の質問項目を用意し、1点～4点の4段階の評価基準を設けた。評価は経営トップに対するインタビューと製造現場見学を通して行い、評価点は2名ないし3名の評価者の平均点をとった。質問は必ずしも評価項目と1対1対応ではなく、ひとつの評価項目に対して複数の質問が対応する場合がある。評価結果を整理して円グラフにまとめた1例を図2に示す。

3. 結果・考察

中小ものづくり企業10社に対して知的資産評価を行った。内訳は金型製造3社、機械装置3社、レーザー加工1社、鋳造1社、繊維1社、素形材1社である。知的資産評価と経営指標（自己資本率、経常利益率など）とは強い相関を見出すことができた。経営状態が思わしくない企業の場合、経営環境にその理由を求めようとする傾向があるが、知的資産評価を行うと低い点数になり、さらに事業ストーリー分析^[4]を行うことによって多くの経営課題が多くみつけることになる。本評価法の適用と知的資産経営報告書の作成過程を通じて、特徴ある経営分析・経営コンサルティングを行うことができたと考える。

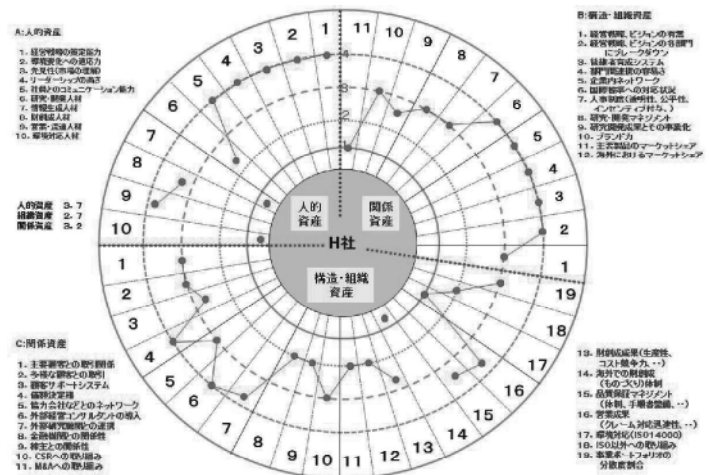


図2. 知的資産評価結果の1例

[1] 独立行政法人産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門、[2] 公益財団法人国際高等研究所、株式会社日本政策投資銀行、龍谷大学、など、[3] 事業価値を高める経営レポート（知的資産経営報告書）作成マニュアル（中小企業基盤整備機構）、[4] 楠木 建，ストーリーとしての競争戦略，東洋経済（2010）

*1)独立行政法人産業技術総合研究所、*2)技術経営支援室

色みえを改善した LED 照明器具の試作

○岩永 敏秀^{*1)}、澁谷 孝幸^{*2)}、横田 浩之^{*2)}、
市原 茂^{*3)}、山下 利之^{*3)}、下川 昭夫^{*3)}、石原 正規^{*3)}

1. はじめに

本研究では、分光分布の異なるLED照明器具の色の見え方を視感評価実験により評価し、評価結果を基にした分光分布設計および照明器具の試作を行った^[1]。今回、試作したLED照明器具（図1）の評価を視感評価実験により行ったので報告する。



図1. 試作品の外観

2. 実験方法

被試験照明器具は、試作品①（昼光の色みえに近い照明器具）、試作品②（赤色の明るさ、鮮やかさを高める照明器具）、市販LED照明器具（青色LED+黄色蛍光体タイプ）とした。基準光源としてD50（相関色温度5,000Kの昼光）に近似した蛍光ランプを用いた。実験条件は次の通りである。各照明器具は実験用暗箱に取り付けた。暗箱2台を一組とし、左側に被試験照明器具を、右側に基準光源を設置した。暗箱底面中央部の照度を450 lxになるように調整し、試作品①、②および市販LED照明器具のもとで観察される演色評価用色票（全15色）の見えについて、11個の形容詞および7段階尺度（非常にそう思う（7点）～どちらともいえない（4点）～全くそう思わない（1点））からなる質問紙を用いた印象評価を行った。両暗箱には同じ色票の一つを配置し、被験者には、その見えを基準光源と比較して評価することを求めた。被験者は大学生（16名）および中高年（15名）の計31名とした。

3. 結果・考察

実験結果の一部を図2および図3に示す。図2は、基準光源（D50に近似した蛍光ランプ）との各色票の色みえの差を表す。試作品①は、市販LED照明器具と比較して、基準光源との色みえの差が抑えられていることを示している。図3は、形容詞「鮮やかさ」に対する評定値である。試作品②は、市販LED照明器具と比較して、色票番号9（赤色の色票）の評定値が大きく上回っており、赤色の鮮やかさを高める効果があることを示している。

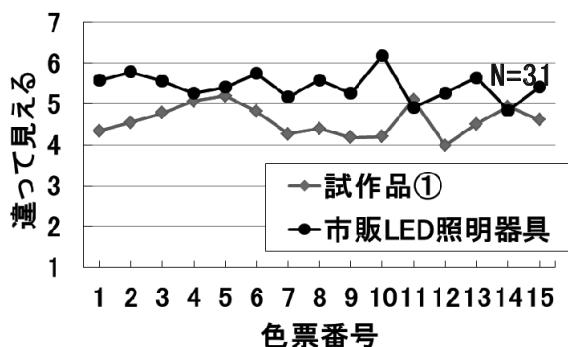


図2. 「違っ見える」評定値 (平均値) の比較

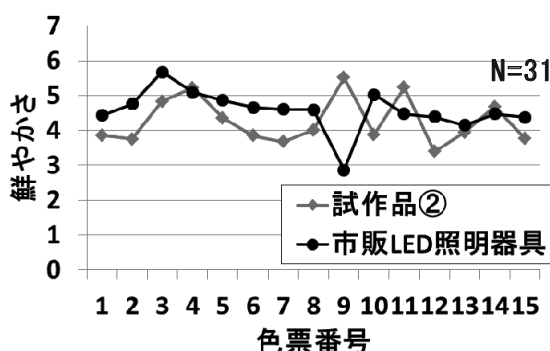


図3. 「鮮やかさ」評定値 (平均値) の比較

4. まとめ

分光分布設計で想定した色みえの効果がある程度確認することができた。今後は、製品化に適したLEDチップの構成や各種特性評価を行っていく。

謝辞

本研究は、東京都の「都市課題解決のための技術戦略プログラム」の支援により実施されました。

参考文献

[1] 岩永ら「色みえを改善したLED照明器具の試作」, 照明学会全国大会講演論文集, pp.9-18 (2012)

*1)経営企画室、*2)光音技術グループ、*3)首都大学東京
H22.4～H25.3 照明環境に適した高効率LED照明器具の安全性評価と試作開発

生活環境に調和した小型省エネルギー機器の開発 — 家電製品用高調波・力率改善装置の開発 —

○三上 和正^{*1)}、小林 丈士^{*2)}、藤原 康平^{*2)}、上野 武司^{*3)}、
清水 敏久^{*4)}、和田 圭二^{*4)}、多氣 昌生^{*4)}

1. はじめに

大都市のOA機器、家庭電化製品および各種照明機器の数は膨大で、かつ高調波規制の対象外の機器類が多用されている。これらの多くは低力率の機器のため、その量が増加すると、電力の送電効率が低下するだけでなく、屋内配線などの電力線内の歪電流(図1)の増加や他の機器の誤動作等の要因にもなりえる。このように、都市における小型照明機器やOA機器の普及が生活環境を害する可能性が想定される。

本研究は、「都産技研」と「首都大学東京」が連携し、家庭電化製品や小型電子機器に利用でき、屋内電力のクリーン化実現を目的に、小型の力率改善装置を試作(図2)・開発したので、その概要を報告する。

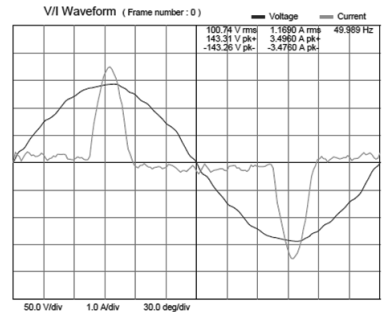


図1. 歪電流の実態

2. 実験方法

本試作装置は、従来の力率改善方式(進相・遅相調整)では不可能であった高調波成分を補正するアクティブフィルタ方式で、負荷容量に影響なく接続できる並列型として設計開発を行った。

また、小型化を目的に電流制限法や周波数制限法の効果を検討(表1)し、さらに配線システムによる効果も検証した結果、第3次高調波を補正しない手法を開発した。

負荷にLED照明装置や、クレストファクタ可変の電子負荷、および模擬負荷装置による力率改善効果の実証実験を行い、4次モデルとして製品化に即した装置へと改良を行った。



図2. 試作した力率改善装置

表1. 各種抑制手法による効果

	3次高調波抑制率	5次高調波抑制率	7次高調波抑制率	THD _i s	所要容量
最大補償	◎ (96%)	◎ (96%)	◎ (86%)	◎ (3%)	× (60%)
実効値1A制限	△ (37%)	△ (38%)	△ (43%)	○ (35%)	◎ (21%)
ピーク値1.4A制限	△ (26%)	× (26%)	× (31%)	△ (41%)	◎ (16%)
周波数制限(次数)	× (0%)	◎ (93%)	◎ (95%)	× (49%)	◎ (19%)

3. 結果

開発装置の高調波補正特性測定結果を図3に示す。左図が試験前の測定値で、多次元の高調波含有が分かる。中央図は第3次高調波のみを補正しない結果で、右図は全波補正結果を示す。

4. まとめ

本研究は、AC100V、約1kWを想定(300Var)し、並列型アクティブフィルタを設計開発した結果、十分な力率改善効果の実証が得られた。今後、配電用設備としての200V仕様を目的に、商品化への企業支援を行う予定である。

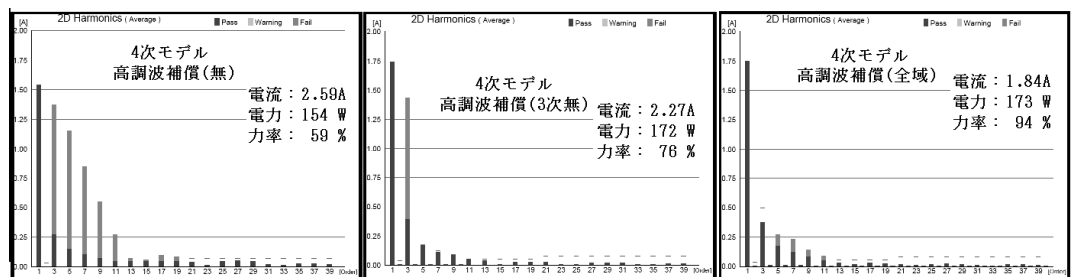


図3. 力率改善装置の高調波補償特性

謝辞

本研究は、東京都の「都市課題解決のための技術戦略プログラム」の支援により実施されました。

*1)実証試験セクター、*2)電子半導体技術グループ、*3)電子・機械グループ、*4)首都大学東京 H22.4~H25.3 生活環境に調和した小型省エネルギー機器の研究開発

高感度光センシングシステムの開発

○紋川 亮^{*1)}、中川 朋恵^{*1)}、杉森 博和^{*2)}、加沢 エリト^{*3)}、
武井 孝^{*4)}、芝本 幸平^{*4)}、春田 正毅^{*4)}

1. はじめに

光化学オキシダントや浮遊粒子状物質の主な原因である揮発性有機化合物（VOC）は、工場などの固定発生源からの排出量の削減が求められている。VOC排出量を減少させるには、VOCセンサを用いて発生個所を特定し、必要な対策を講じることが有効である。これまで、いくつかのVOCセンサが提供されているが、価格、検出感度、小型、安全性、安定性などの面で課題を抱えており、より優れた特性を持つVOCセンサの開発が求められている。本研究は、局在プラズモン（LSPR）現象を利用した高感度光センシングシステムとして、金ナノパターンに多孔質シリカをコーティングしたLSPRチップを開発し、VOCの検出能力を評価した。

2. 実験方法

金ナノパターン（直径400nm、中心間隔800nm）は、電子線描画装置（ELS-7500EX、（株）エリオニクス製）を用いて作製した。多孔質シリカ膜は、前駆体を金ナノパターンの上に塗布し、スピンコーターを用いたゾル・ゲル法により作製した。作製したLSPRチップは、光源、分光器と組み合わせ、高感度光センシングデバイスを作製した。その性能は、VOC発生装置を用いて、動的環境下で評価した。

3. 結果・考察

図1にLSPRチップを用いて測定したLSPRスペクトルのシフトとトルエン濃度の関係を示す。トルエンガスの流入とともに、LSPRスペクトルが高波長側にシフトする。シフト量は、VOC濃度と相関関係がある。本研究では、初期のLSPRスペクトルの半値幅の波長を測定波長とし、VOC濃度とカウント数の変化をモニタリングした。図2に、トルエン濃度1ppm～50ppmにおけるセンサの応答性能を示す。この結果、本センサは、1ppm程度の感度を有した高感度センサであることが明らかになった。また、トルエン濃度と光量の間にも高い直線性が観察され、低濃度のVOCの濃度変化をリアルタイムで検出できることが明らかになった。

4. まとめ

本研究の結果、金ナノパターン表面に多孔質シリカをコーティングした高感度光センシングデバイスを用いて、LSPRスペクトル変化を連続計測し、トルエンの濃度変化を高感度（～1ppm）で計測できることを明らかにした。

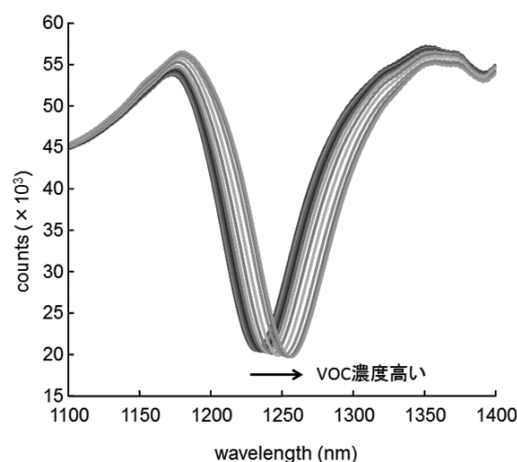


図1. LSPR スペクトルのシフトとトルエン濃度の関係

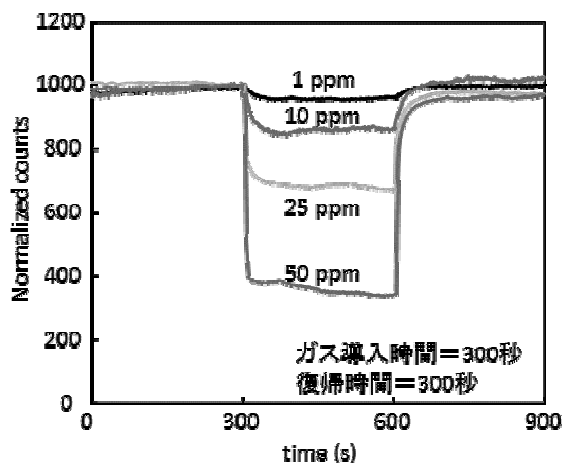


図2. センサの応答性能

謝辞

本研究は、東京都の「都市課題解決のための技術戦略プログラム」の支援により実施されました。

*1)バイオ応用技術グループ、*2)環境技術グループ、*3)電子半導体技術グループ、
*4)首都大学東京

6月20日(木)

デザイン支援室

**メカトロニクス
システムデザイン**

運動習慣化支援のための 創発的バイオフィードバックシステムの開発

○後濱 龍太^{*1)}、横澤 毅^{*2)}、岩田 浩康^{*3)}

1. はじめに

生活習慣病患者の増加に伴い、疾病の罹患を予防するための「一次予防」が重要になっている。有酸素運動の継続は生活習慣病の罹患リスクを低減するため、有用である。

自己決定理論によれば、運動の継続には自分で運動を決めている実感を高め、運動そのものを心理的報酬とすることが重要である。しかし、従来の体操手法は具体的な動き方を与え、参加者が自己決定する余地がない。そのため、疾病がない者への運動継続の動機づけは困難であると思われる（図1）。

本研究の目的は、健康に資する運動へ参加者を導きつつ、参加者が運動を自己決定していける「運動誘引システム」を開発し、継続性の高い運動を実現することである。

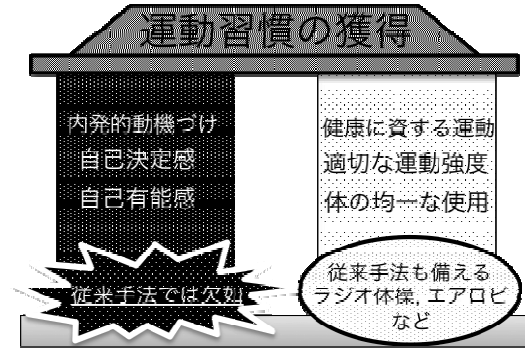


図1. 運動習慣獲得の2本柱

2. 開発システム

運動誘引システム（図2）は次の特徴をもつ。①「動きづくりの指標」となる図形（映像）を提示し、専門知識をもたない非運動習慣者の動きづくりを支援する。②心拍センサにより運動強度を即座に評価する。③モーションキャプチャにより動きの大きさを即座に定量評価する。参加者は身体の伸縮を指標としたタスクを行う。映像上には目標値と参加者の指標が表示され、目標と自分の指標がどの程度離れているか把握しながら、腕や足の姿勢を模索し、動きを決定していく。このとき、システムは目標の変化の激しさを変えていくことで、参加者の運動部位の偏りの抑制、至適運動強度への誘引を行う。

3. 評価

従来手法との比較のため、運動強度が適切で各部位の均一な運動を含み、かつ振り付けの認知度も高いラジオ体操を対照として提案手法を評価した。その結果、至適範囲の運動強度（Target Minimum Heart Rate 以上 Target Maximum Heart Rate 以下）の達成を確認した（図3）。また、特に提案システムの使用方法を周知した場合において、従来手法に比べて運動に対する肯定的な感情が高まることが示唆された。

4. まとめ

本研究では、自己決定理論に着目した運動への動機づけ支援システムを開発した。評価より提案手法の有用性が示され、運動習慣化支援の可能性が示された。

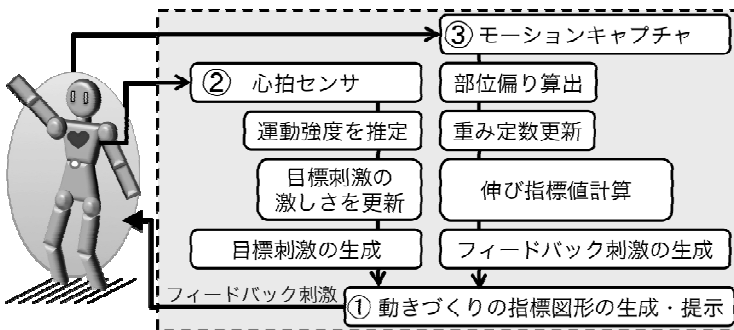


図2. 運動誘引システムのシステム構成図

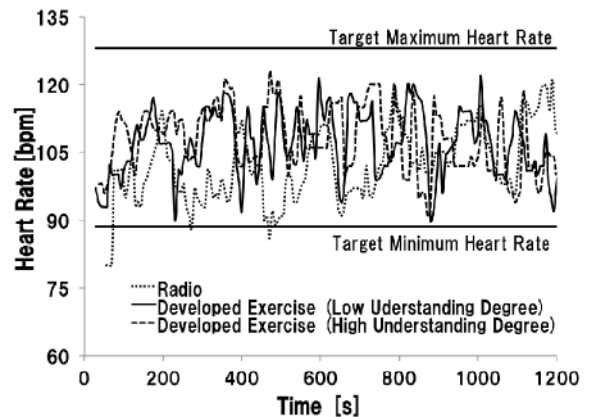


図3. 提案手法により至適強度を維持した

*1)生活技術開発セクター、*2)機械技術グループ、*3)早稲田大学

H24.4~H25.3 【基盤研究】運動習慣化支援のための創発的バイオフィードバックシステムの開発
H24.6~H25.3 【共同研究】インタラクティブ性をもつバイオフィードバック・ロボットシステムの開発

組込みシステム上で動作する RT ミドルウェアによる運動制御 — 模型回転翼機への適用 —

○佐々木 智典*1)、島田 茂伸*1)

1. はじめに

RT ミドルウェアは、ロボットシステムを構築するためのソフトウェアプラットフォームであり、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) のプロジェクトにおいて、独立行政法人産業技術総合研究所、他により開発された。RT ミドルウェアを利用したシステム構築の機能的単位となるコンポーネントの様子は、国際標準化団体 OMG による標準として策定されている [1]。RT ミドルウェアの実際上の標準実装である OpenRTM-aist は、オープンソースソフトウェアとして公開されており、本研究ではこれを組込み Linux ボード上で利用し、模型回転翼機 (クアッドコプタ、図 1、2、DJI F330) の運動制御を行うシステムを構築した。



図 1. 模型回転翼機

2. システム構成

OpenRTM-aist の利用のためには、同じく OMG 標準のミドルウェア CORBA、TCP/IP プロトコルスタックが必要となり、相応の計算機性能が要求される。このため、RT ミドルウェアの利用においては PC ベースのシステムの事例が多いものの、上記要求を満たしうる組込みボードによるシステムの構築も行われている。本研究では、組込み Linux ボードの一つである Armadillo-440 (Freescale i.MX25 (ARM9) 搭載、(株)アットマークテクノ製) を用いる。

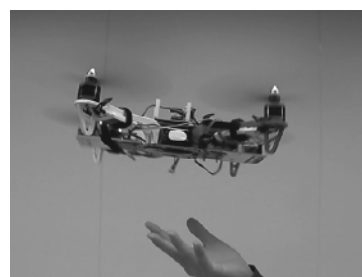


図 2. 飛行中の模型回転翼機

上記回転翼機の姿勢を制御するには、姿勢に応じた 4 個のロータの回転速度の調節が必要となる。姿勢の計測には 3 軸ジャイロ、3 軸加速度センサ、3 軸地磁気センサを利用する。ロータ (ブラシレス DC モータ) の速度制御には RC 模型用の速度制御器 (ESC) を使用し、その目標速度を i.MX25 の PWM 出力により指令する。機体姿勢の目標値はユーザによるゲームパッド操作により指定される。ゲームパッドは回転翼機と別のホスト PC に接続され、操作の伝達には USB 無線 LAN アダプタ (IEEE802.11g/n) を利用する。CORBA/TCP/IP/無線 LAN 経由の通信は RT ミドルウェアが提供する機能により実現される。これらの計測、制御等は複数のコンポーネントにより分担して行われる。これらの接続関係は RT ミドルウェアのツールにより図 3 のように表示され、その状態のモニタリングが可能である。

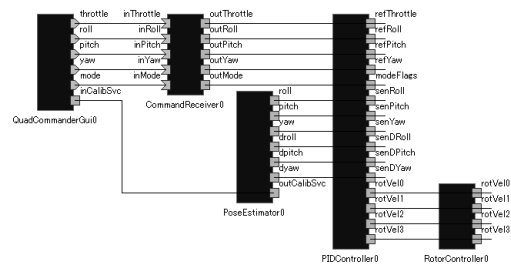


図 3. RT コンポーネント間の接続

これらのコンポーネントの実行に関して、すべてを同一のプロセスにまとめて実行する方法 (複合コンポーネント機能の利用) が比較的実装容易であるものの、本研究ではコンポーネント分割のケーススタディとして、別々のプロセスとして実行する方法を採用し、共有メモリを利用したコンポーネント間接続により通信負荷の低減を図り、制御を行う。

3. まとめ

RT ミドルウェアを用いて複数のコンポーネントによる模型回転翼機の制御について試作開発を行った。今後、さらに制御性能の改善等について検討する。

参考文献

- [1] Object Management Group, Robotic Technology Component, version 1.1 (2012)

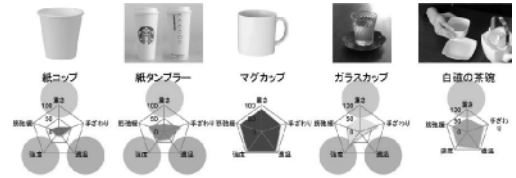
*1)機械技術グループ

持ちやすさの安心安全デザインの研究

○森 豊史^{*1)}、木暮 尊志^{*2)}、薬師寺 千尋^{*1)}

1. はじめに

拡大する高齢化社会での介助負担を軽減するため、安全・安心に加え快適性の高い自助技術の開発が求められている。本研究では「持ちやすさ」の自助力向上のために、「安全（機能）」は「安心（認識）」をアフォードし、「安心」は「快適（価値）」をアフォードする、という仮説を立て、感性評価を用いて安全安心快適の条件を抽出し、コンセプト設計としてまとめた。



「適温(強度)」の項目において、強い不安感を訴えていることがわかる。「重さ」の項目にも、軽微への不安を訴える自由意見があった。

図1. 主観量計測

2. 実験方法

- ①把持の調査：把持の実態について東京都生活文化局などの事事例を調査し、持ちにくさの原因と対策について医師や理学療法士からのヒアリング調査を行う。
- ②感性評価：主観量計測システムにより、把持に関する安全安心快適を成立させている要素を調べる（図1）。
- ③脳波計測：代表的なサンプル製品への身体反応を調べ、α波の出現率から製品の安全性を調べる（図2）。
- ④形状分析：高評価のサンプルを3D-CADデータ化、評価の高い理由と安全設計の条件を研究する（図3）。また、その仮説はサーモグラフィにて検証する（図4）。
- ⑤コンセプト設計：以上の結果を人間工学データベースと照らし合わせ、「安全」「安心」「快適」を構成する要素と条件を抽出しコンセプト設計を行う（図5）。

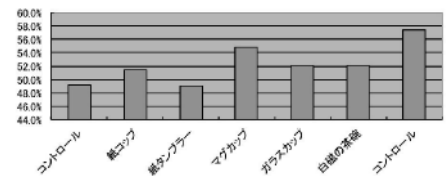


図2. 脳波計測：α 派出現率



図3. 3D デジタイザによる形状解析

3. 結果・考察

- ①自助のために火傷の不安への対策と、リラックスして骨格主体で保持できる工夫が必要との助言を得た。
- ②・③安全安心快適の成立項目として、温度の適切な伝達と、重量感が重要という結果が得られた（図1、2）。
- ④3D-CAD データから、サンプルは一部の厚さを増すことで蓄熱層を設け、温度伝達を緩和していると推定。サーモグラフィ計測によりその仮説を裏付けた（図3、4）。
- ⑤把持の快適性を向上し、自助性を高めるためのコンセプト設計として、1：握力に頼らず骨格主体で保持できる「多角形断面」、2：温度伝達（熱貫流率）を部位ごとに最適化した「ダブルグリップ」を開発した（図5）。

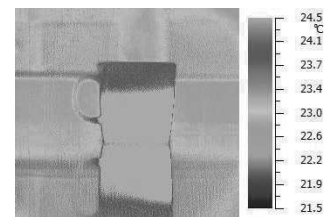


図4. サーモグラフィによる検証

4. まとめ

本研究では、安全安心快適を製品の総合的なユーザー評価と解釈し、感性評価により評価項目と条件を抽出、自助改善案を2種のコンセプト設計としてまとめた。

形状モデルでのコンセプト設計の簡易評価の結果は高い快適性を示していたが、熱貫流の最適化評価は材質に左右されるため行えなかった。今後、量産品と同じ陶器などの素材を使用するの検証を行う必要がある。

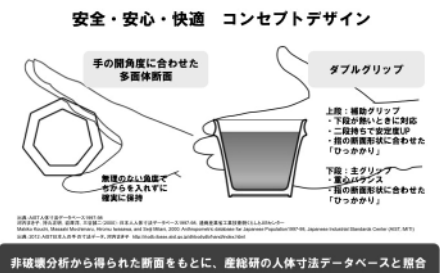


図5. 持ちやすさのコンセプト設計

*1)システムデザインセクター、*2)城東支所

高速度撮影と画像相関法による手動作の計測

○佐々木 智典^{*1)}、橋本 洋志^{*2)}

1. はじめに

ジャグリングなどに見られるように、人間の手はさまざまな道具を器用に扱うことができる。操作における道具と手との接触に注目すると、手は柔軟な構造を持つため接触には変形を伴い、摩擦力や垂直抗力などの力に影響する。変形を含めて人間の手動作を観測することで、人間が行う操作について、より妥当な理解が得られ、道具の形状設計やロボットハンドの構築などの改善に有益であると考えられる。

本研究では、人間の手の動作、変形の様子を高速度カメラにより撮影し、その映像に対して画像相関法を適用して変形の計測を行う。



図1. ランダムパターンを塗布した手

2. 計測方法

画像から変形の情報を取得するため、変形の判別が容易となるように手には図1のようなランダムパターンを塗布する。単純化のため2次元における変形を扱うものとして、図2の摘み動作における拇指および示指のように、動作が平面上の動作として近似できる部分に着目する。

画像相関法における変形の推定は、次のような最小二乗問題として表わされる。

$$\mathbf{u} = \arg \min_{\mathbf{u}} \sum_{\mathbf{x}} [F(\xi(\mathbf{x}; \mathbf{u})) - G(\mathbf{x})]^2 \quad (1)$$

ここに示す F は注目画像、 G は変形前の画像から取り出したテンプレート画像、 \mathbf{x} はテンプレート中の画素の座標、 ξ は注目領域の変形を表す関数、 \mathbf{u} はその変換のパラメータである。テンプレートのサイズが適切であれば、局所的な変形 ξ はアフィン変換により近似される。このとき、式(1)の最小二乗問題は次の式(2)、(3)の反復に置換可能であり、元の形式よりも効率的に解く手法が示されている^[1]。

$$\Delta \mathbf{u} = \arg \min_{\Delta \mathbf{u}} \sum_{\mathbf{x}} [G(\xi(\mathbf{x}; \Delta \mathbf{u})) - F(\xi(\mathbf{x}; \mathbf{u}))]^2 \quad (2)$$

$$\xi(\mathbf{x}; \mathbf{u}) \leftarrow \xi(\mathbf{x}; \mathbf{u}) \circ \xi^{-1}(\mathbf{x}; \Delta \mathbf{u}) \quad (3)$$

画像中の注目領域の各部から順にテンプレートを取り出し、それぞれにつき上記の変形の推定を行うことにより、図3に示すような変位勾配の分布が得られる。



図2. 注目する画像の例



図3. 画像相関法により得た変位勾配の分布 (実際には色によって勾配の大きさを表示)

3. まとめ

本研究では高速度撮影および画像相関法による手動作の計測を行っている。今後、計測の高速化、3次元への拡張、収集した変形データによる手のモデル構築に取り組む。

謝辞

本研究の一部は科研費(24700202)の助成を受けたものである。

参考文献

[1] S. Baker, I. Matthews, Intl. J. Computer Vision, Vol.56, No.3, pp.221-255 (2004)

*1)機械技術グループ、*2)産業技術大学院大学

H24.4~H25.3 【共同研究】デジタルハンドモデル構築のための手動作計測

H24.4~H26.3 人間の手による非把持型の滑りを伴う器用な操作の解析

視覚障害者のための情報インタフェース技術の開発

○島田 茂伸^{*1)}、下条 誠^{*2)}1. はじめに

近年の情報技術の進歩により、視覚障害者は新たな情報デバイスになっている。市井のほとんどの情報端末は GUI (Graphical User Interface) が使用されており、これらはしばしば形状情報やそれらの配置情報をユーザに要求する。スクリーンリーダと呼ばれる画面読上げソフトウェアがその解決法を提供したが、図形やそれらの空間配置は伝達するものではないため本質的な解決に至っておらず、触覚を通じた直接的な情報表現が望まれていたことが本開発を企図した動機である。

2. 開発の経緯

手指には何ら機器を取り付けず素手による直接操作性を要求仕様とし、ピンディスプレイと触れている指位置を検出する手法について検討を行った。現在のタッチパネルで主流となった抵抗膜方式は、ピンの動きを阻害するため使用できない。カメラで撮像し画像処理により指位置を推定する方法や赤外線方式を検討したが、両者とも要求精度を満たさないことが予想できた。一方、六分力計 (力覚センサ) を用いた三次元ベクトル計算による着点の逆計算に着目し、機器の実現可能性を有しつつ要求精度を満たす方式の着想に至った (図 1)。独自のキャリブレーション手法を開発することで実用上十分な推定精度 $\pm 1.2 \text{ mm}$ を実現した。現在、アイコンの提示やクリックに加えて、クリックした位置に音声情報を付加したマルチモーダルインタフェースとなっており、普及に必要となるコンテンツ作成手法を含めて提案を行っている。

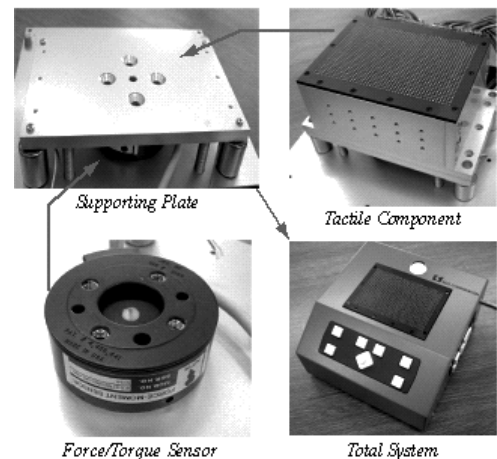


図 1. インタラクティブ型触覚ディスプレイ

3. 研究成果

ピンディスプレイの画面を手指の力によって直接制御するという新規性に基づいたユーザインタフェースは、現在まで視覚障害者の障壁となっていた図形情報の伝達に活用することができる。こうしたインタラクティブ性を有するデバイスの応用として触地図が考えられ、gardner が先行的に研究開発し紙媒体で製品化している。本装置では、かさばる、書換え不可といった紙媒体の問題も解消される。計測の応用事例として視覚障害者の点字読み力を計測する装置が本研究手法により試作され、被験者実験から新たな知見を得ている。関係教育機関ではこの知見に基づく新たな点字教育法を策定中である。その他、理工系学生のためのグラフや化学記号、およびブロック図、フローチャートなどを触って理解できるようになり、彼らの新たな教育機材、将来的には彼らの“考えるためのデバイス”となりうる。米国国立標準技術研究所 (NIST) や独連邦経済技術省 (BMW) において触覚ディスプレイ開発が開始されるなど、欧米でもそうした環境の必要性が認識されつつあり、Weber らが本件と同機能を有するデバイス開発に着手するに至り、本研究の先見性、先取性が際立つことになった。

謝辞

本研究は科研費 (20680031) の助成を受けたものである。

*1)機械技術グループ、*2)電気通信大学

H20.4~H22.3 インタラクティブ型触覚デバイスを用いた視覚障害者の触地図利用手法

サービスロボット用回路基板の開発

○坂下 和広*1)、益田 俊樹*2)、登地 功*3)、萩原 玄*4)

1. はじめに

少子高齢化の時代に予想される労働力不足を補うために、サービスロボット産業の火急の振興が望まれている。中小企業におけるサービスロボットの事業化、製品化を支援する目的で、都産技研では移動ロボットベースを提供することを検討している。このベースロボット向けに、開発基板を共同研究テーマとして開発したので報告する。

2. 回路基板構成

図1に回路基板キットを示す。キットの構成はモータを駆動するドライバ基板、これを制御するサブCPU基板、サブCPU基板を制御しつつ、PCとのデータ転送をするメインCPU基板、バッテリーからPCに供給する電源を生成するPC用電源、他社ドライバ基板を使用したい場合に使う補助基板、組み込みソフトのデバッグに使うデバッグ基板である。このキットの特徴は、ソフトウェアデバッグがしやすくするために実装時にデバックできる基盤を接続できる構成にした点と、電流制御可能なモータドライバ回路基板を加えた点にある。図2に回路基板キットを実際のロボットベースに搭載した様子を示す。サブCPUボード1枚で2枚のモータドライバ基板とそれに接続されたモーター2個を制御し、中心にバッテリーを配置した。

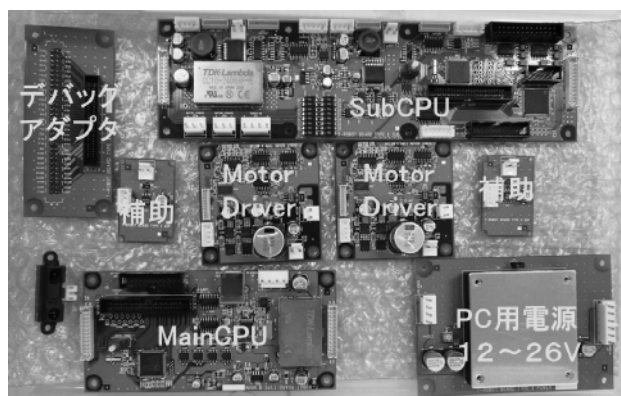


図1. サービスロボット用回路基板キット

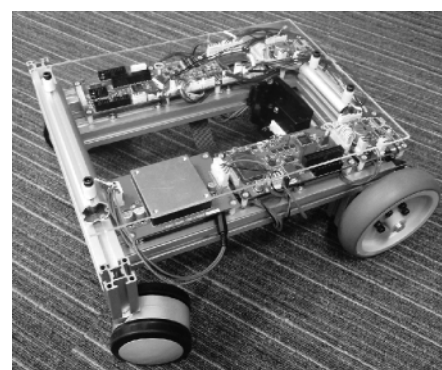


図2. ロボットベースに実装した様子

3. モータドライバ基板

図3にドライバ回路基板の写真を、図4にモータ駆動時のサーモグラフを示す。図4より、高温部は差動信号のドライバとそれに電源を供給する3端子レギュレータ部に観察された。逆に、モータを駆動するFETブリッジ部では、貫通電流による温度上昇も観察されず、良好な動作状態であることが観察された。

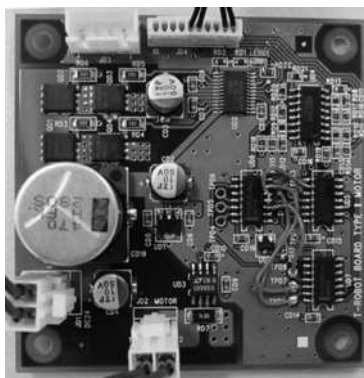


図3. ドライバ回路基板

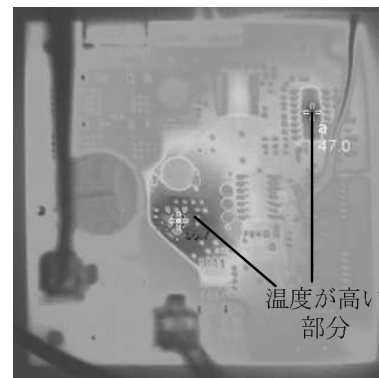


図4. 動作時のサーモグラフ

また、この回路基板キットを搭載したロボットベースも所望の動作が確認された。

4. まとめ

ロボットベース用に電流制御可能なモータドライバ回路基板、デバッグ回路基板を含む回路基板キットを開発し、ロボットベースに実装して動作を確認した。その結果、モータドライバ回路を含め、システム全体として所望の動作を確認することができた。

*1)システムデザインセクター、*2)機械技術グループ、*3)リンクサーキット株式会社、*4)有限会社デルタテクノロジー

人体構造を模倣した人間型ロボット用構造要素

○深谷 直樹^{*1)}

1. はじめに

2足歩行ロボットに代表される人間型ロボットを開発する目的は、人の作業の代替を実現することにある。例えば、生活支援ロボットとして掃除や食器の洗浄などを行うロボットは、遙か以前から夢見られてきたものである。しかしながら、このような作業を行うには、実際に作業を行う構造要素の機能が重要となる。ロボットが室内を自由に移動するためには、段差や階段、床に落ちた散乱物を容易に避けることができるような、人と同じ足歩行を有することが望ましい。さまざまな形状・材質で構成される食器や道具を扱い片付けるには、人と同じ5指を有するハンドを持つことが必要である。

しかしながら、現在の人間型ロボットでは、これらの作業を容易に実現できるとは言いがたい。これは、従来構造で作業を実際に行うには数十にも及ぶアクチュエータをきめ細やかに制御せねばならないためである。対して本研究は、人体構造を参考に、その機能を模倣・実現するために協調リンクと呼称される独自の機械構造を開発したことで、少ないアクチュエータ数で極めて柔軟な動作と適応性を容易に実現することを特徴とする。

2. 人間型ハンド

人の筋骨格構造を参考に、1個のアクチュエータで動作する5指ハンドを開発した。力の発生源が1箇所であるために、自動的に力を分散化させ、対象物に対して安定的に把持力を発生可能である。また、各指の個別操作用マイクロモータや爪や手の平、手相など安定把持に必要な構造を与えることによって、センサを用いずに図1のようなさまざまな日常生活動作をシーケンス制御のみで実現するに至っている。

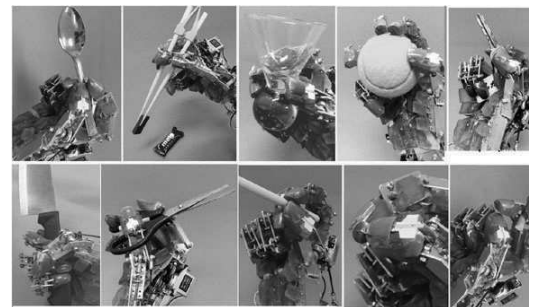


図1. ハンドによる日常生活動作例

3. 下駄ロボット

人は、数十に及ぶ足の骨や筋肉を複雑に連動して滑らかな歩行を実現している。本研究では、下駄を装用した人の動きから、必ず実現すべき足構造を3点に絞ることに成功した。この3点を実現する構造を、ハンドで採用した協調リンク機構を用いて新たに開発した結果、センサを用いないシーケンス制御で図2右に示すような、人らしい膝伸展歩行を実現するようになった。

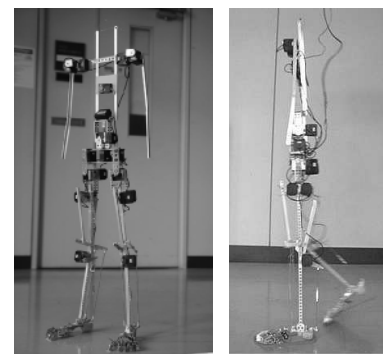


図2. 下駄ロボット2型

4. まとめ

ロボット開発を行う目的の一つは「人の代替作業を行わせる」ことである。しかしながら実際に代替できる作業は、限定され専用化された環境化でのみ実現されることが多く、汎用性には乏しいのが実情である。本研究は人の形状を模し、人の動作を再現することで、こうした問題を打破する汎用性を有することを特徴とする。ハンドは先に述べた生活支援ロボットだけでなく、従来は人の手に頼っていた工場のワークを代替できる有力なツールで有り、実際に工場への導入が検証されている。足構造についても、新しい人間型ロボットへの応用のみならず、新しい義足の開発や、ハイヒールをロボットに履かせ歩きやすい形状などの機能評価を行うといったさまざまな分野への応用が期待できる。人に近い構造がもたらす効果は非常に幅広いものと期待している。

*1)東京都立産業技術高等専門学校

インターネットを活用したロボットサービス基盤と関連技術

○成田 雅彦^{*1)}、加藤 由花^{*1)}、土屋 陽介^{*1)}

1. はじめに

産業技術大学院大学ネットワークサービスプラットフォーム研究所では、ロボット技術とインターネット技術との融合を目指し、業界団体である RSi (Robot Service) と連携し、ロボット向けソフトウェア基盤の研究開発を進めている。本稿では、我々が構築したロボットサービス基盤の概要 (図 1) と要素技術について説明する。

2. サービス基盤の構築

サービス基盤は、RSi が策定したソフトウェアプラットフォームの仕様である RSNP (Robot Service Network Protocol) を利用して学内に構築されており、<http://rsi.aiit.ac.jp/> にアクセスすることにより、インターネット経由での利用が可能である。常時運用されており、だれでも利用可能である点、RT ミドルウェアとの連携を実現しており、ロボット機能要素のソフトウェアコンポーネント (RTC) をインターネット経由で提供可能である点に特徴がある。システムは Web サービスをベースとしているので、各種 Web サービスとのマッシュアップも可能である。現在、RSi ロボットマップ (地図上にロボットを表示)、ロボット見守りサービス (ロボットカメラで撮影された映像を Web ブラウザ上で監視)、アカウント管理サービスの 3 種類のサービスを提供している。

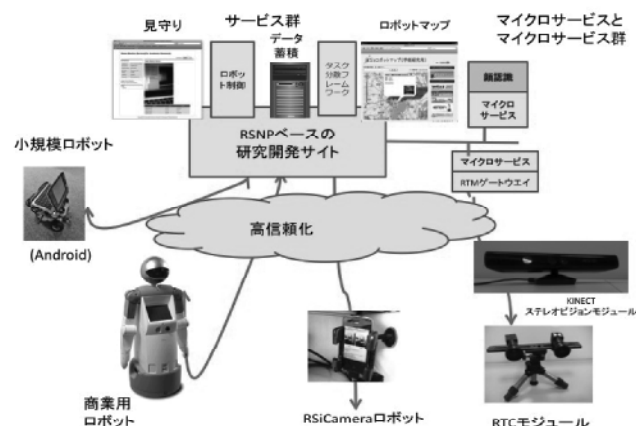


図 1. サービス基盤の概要

3. 実証検証

これまで、さまざまな要素技術を開発し、サービス基盤上での実証検証を行ってきた。これら、基盤上にすでに用意されているさまざまな部品を利用し、新たなサービスの構築が可能である。利用可能な技術、RSNP 対応ロボットの例を図 2 に示す。ここでは、サーバ上のサービス群 (見守り/遠隔操作/地図/ユーザ管理/アクセス管理)、RTM/RSNP Gateway (RTC のインターネット対応)、RSNP に対応した検証用小型ロボット (LEGO ロボ /Vstone Rover)、LRF、iPhone などのサービスをソフトウェア (ソースコード) と共に提供している。

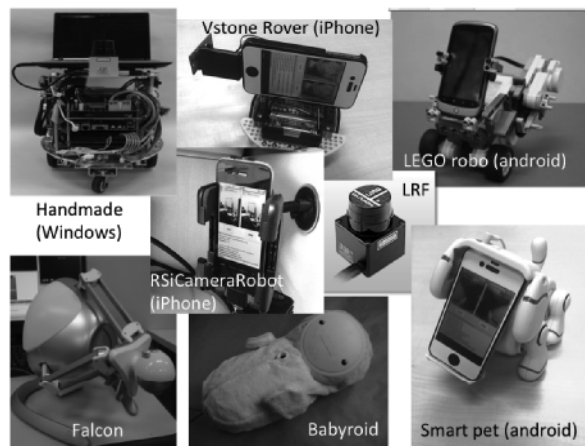


図 2. RSNP 対応の小型ロボットの例

4. まとめ

提案技術を利用することにより、掃除ロボット等の安価なロボットとソフトウェア、クラウド基盤とを組み合わせ、ロボットサービスの高機能化が可能である。現在、サービス基盤の利用促進に努めており、共同研究・委託研究等の形態で、ロボット関連企業へのソースコード・利用技術の提供、コンサルタント等の展開も予定している。

*1) 産業技術大学院大学 ネットワークサービスプラットフォーム研究所

MR エラストグラフィによる大腰筋弾性率の計測

○沼野 智一^{*1)}、高本 孝一^{*2)}、川崎 一郎^{*3)}、甲斐 範光^{*4)}、水原 和行^{*5)}1. はじめに

組織の硬さ（弾性）の的確な診断は、疾患状態を把握する上で重要な情報になりうる。現在、その診断方法は、乳がんなどに代表されるように医師による触診が一般的である。しかし、触診は病変組織のサイズが小さい場合や体内深部では見逃してしまう場合もある。このような背景のもと、現在基礎研究段階にある MR エラストグラフィ（MRE）は、組織弾性の定量的な評価ができる可能性をもった画像診断法として注目を集めている。

腰痛原因の一つに、大腰筋の過緊張が指摘されている。触診は筋肉の過緊張の具合を定性的に評価可能だが、大腰筋は体の深層部にある筋肉であるため触診が難しい（図 1）。そこで、現在基礎研究段階にある MRE によって大腰筋の硬さを定量評価できる可能性がある。

このような背景のもと、我々は MRI メーカーの技術に頼らない、独自技術での MRE 実施を実現した。さらに、ファントム実験による性能・特性評価から、本手法でも十分に MRE が実施可能であることを証明してきた。本報告では、本手法の技術的側面を述べると共に、健常人の大腰筋を対象にした preliminary study の結果と今後の発展性について報告する。

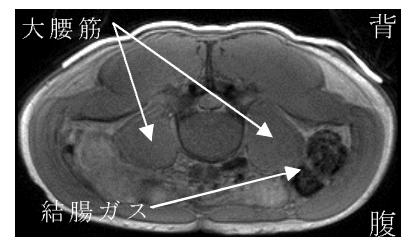


図 1. 腰部 MRI

2. 実験方法

MRE は撮影対象への強制的な加振が必要であり、その加振は MRI 装置と正確に同期している必要がある。MRI は極めて強力な磁場を発生させているので、MRE には超高磁場環境下での強制振動技術が不可欠である。そこで我々は、スピーカが発生する音圧をビニルチューブ等で MRI 装置内に搬送し、撮影対象物に設置したパッドを振動させることで、超高磁場環境下での強制振動を実現している。また、スピーカが発生させる音圧は MRI 装置と同期した正弦波発生機によって制御されるので、撮影対象物の強制振動が MRI 装置に同期する。こうして得られた画像データは画像処理（Local Frequency Estimate: LFE）を行うことで、局所的な弾性率（硬さ）の違いを反映させた画像（Elastogram）を生成する。

大腰筋を効率良く振動させるために、2 個の振動パッドを腹ばいで寝かせた被検者の腰に腰椎（背骨）を挟んで対象に並ぶように設置させた。

3. 結果・考察

本手法によって得られた腰部 Elastogram を図 2 に示す。本手法は大腰筋の硬さを定量的に評価できる可能性を持った技術であることを実証できた。しかし、結腸内のガス（図 1 の黒い部分）が Elastogram 算出に影響を与えることが分かった。MRI（MRE も含めて）は磁化率が大きく変化する部分に磁化率アーチファクトを生じることが良く知られている。腸管内のガスは内臓組織と磁化率が大きく異なるため磁化率アーチファクトを生じやすく、上向・下向結腸は大腰筋に接近しているため、大腰筋に磁化率アーチファクトを生じる可能性がある。さらに、MRE 撮影はその特性上、この磁化率アーチファクトに敏感に反応する。その結果 Elastogram の算出に誤差を生じ、正しい弾性率を表示しない可能性がある。今後は、結腸ガスによる磁化率アーチファクトが Elastogram に与える影響を分析し、正確な弾性率表示するために必要な技術の開発を行う。

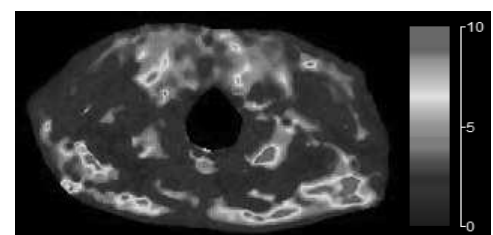


図 2. 腰部 MRE

[kPa]

*1)首都大学東京、*2)富山大学、*3)帝京平成大学、*4)帝京短期大学、*5)東京電機大学