

IV 研究報告

IV-1 産業基盤強化事業

次世代 3D ものづくり加速化事業

- デジタルものづくり高度設計技術者養成事業 [3] -

先進プロセス開発部 内田富士夫、佐々木信也、小松 和三、大竹 匡、瀬川 侑
素形材開発部 工藤 素、加藤 勝、井上 真、野辺 理恵

Acceleration Project of Next Generation 3D Manufacturing - Digital Manufacturing Advanced Engineer Training [3] -

Advanced Processing Technology Development Section Fujio UCHIDA, Shinya SASAKI,
Kazumi KOMATSU, Masashi OHTAKE, and Susumu SEGAWA
Ecological Material Development Section Makoto KUDO, Masaru KATO, Makoto INOUE and Rie NOBE

抄録

近年、3 次元 CAD/CAM/CAE/ RP 等を活用したデジタルエンジニアリング技術は、3D プリンタによる新製品のモックアップなどの試作開発技術から、3D プリンタで直接実製品を製作する AM (Additive Manufacturing) 技術に移行しつつある。そこで、本事業では、当センターがこれまで行ってきたデジタルエンジニアリング技術を県内企業の技術課題に適用させ、生産効率・品質の向上及び低コスト化を目的に設計技術者の育成の支援を行った。

[キーワード: 3 次元 CAD/CAM/CAE、3D プリンタ、3D 鋳型積層造形機、AM]

Abstract

In recent years, digital engineering through 3D CAD/CAM/CAE/ RP is shifting from prototype, such as mocking up new products with 3D printers, to additive manufacturing (AM), which is directly manufacturing final products with 3D printers. Therefore, in this project, we applied the digital engineering technology we have been doing to the technical issues of enterprises in the prefecture, and supported the training of design engineers for the purpose of improving production efficiency and quality and lowering costs.

[Key words: 3D CAD/CAM/CAE/ RP, 3D-Printer, 3D-Sand Casting Meister, AM]

1. はじめに

秋田県産業技術センターでは、これまでものづくりと IT を融合した「デジタルエンジニアリング技術」の向上を図ることを目的に人材育成事業を進め、試作開発技術の向上、新規事業への進出支援を行ってきた。しかし、人手不足、業務の効率化等の課題解消には至っていないのが現状である。そこで、本事業ではこれまでの人材育成事業を応用発展させ、今年度より AI 開発コースに IoT 開発を加え、省力化・業務の効率化・コスト低減を目指した「デジタルものづくり高度設計技術者育成事業」を行った。

2. 人材育成及び技術支援

本事業では、表 1 に示すように研修コースを 9 コース用意し、県内企業における技術課題を基に課題解決に向けて研修を実施した。この研修は、「産業技術センター技術研修制度」を活用し、設備の操作方法については無料対応として研修を行っているが、試作等によって材料等の消耗品が発生する場合は、設備利用料として対応した。また、コース単体の受講だけでなく、「3D-CAD によるモデリング」、「構造解析・鋳造・射出成形シミュレーションによる最適設計」、「3D 樹脂プリンタ・3D 鋳型プリンタ等による試作」、さらに「3D 形状計測による寸法計測」まで、設計から試作・評価までを組み合わせ

た内容で受講することも可能など、企業ニーズに合わせて対応した。

3. 成果

本事業による研修コース、研修概要及び研修実績(人日)を表に示す。

表1 デジタルものづくり高度設計技術者養成事業 研修コース

研修コース名	研修概要	担当研究員	研修実績 (人日)
①3D-CADモデリング技術	対象者:機械・電子部品設計等 ・3D-CAD(Solid Works)	大竹 匡	67
②射出成形技術	対象者:プラスチック部品設計、射出成形金型設計等 ・射出成形シミュレーション(東レエンジニアリング製3DTIMON)	工藤 素 野辺恵理	37
③次世代鋳造技術	対象者:鋳造方案設計等 ・鋳造シミュレーション(クオリカ製JSCAST) ・3D鋳型プリンタ(シメート製SCM-10)	内田富士夫	108
④構造解析	対象者:機械・電子部品設計等 ・構造解析(Marc)	大竹 匡	4
⑤樹脂プリンタ造形技術	対象者:意匠設計、新製品開発設計等 ・3D樹脂プリンタ(Stratasys製J750、FORTUS250mc)	小松和三 内田富士夫	125
⑥3D-CAM技術	対象者:機械加工・機械部品設計等 ・3D-CAM(Matercam)	小松和三 加藤 勝	20
⑦ロボット活用技術	対象者:製造プロセス、品質管理等 ・双腕型共同ロボット(川田工業製Nextage)	大竹 匡 小松和三	110
⑧AI・IoT活用技術	対象者:製造プロセス、品質管理等 ・オープンソース	佐々木信也 瀬川 侑	96
⑨デジタル形状検査技術	対象者:機械・電気・電子部品設計等 ・非接触3次元デジタイザー(COMET) ・X線CT(東芝製TOSCANER-Z32300)	小松和三 内田富士夫	47

合計のべ 117 企業、8 教育機関:614 人日

・研修事例紹介

本研修事業は、これまで県内の機械・金属製品製造業、プラスチック製品製造業等の企業を対象に進めてきた。近年では上記対象の企業以外からの研修申込みや問合せがあり、対象企業分野の幅を広げて対応した。その一つの事例として、県内のアパレル系製造企業における研修を紹介する。県内のアパレル系製造企業より製品を裁断する際、従業員の熟練度によって仕上がりが異なる等の課題が生じていた。その対策として製品を裁断するための治具を 3D プリンタにて製作し、その治具に沿って裁断する方法の技術支援を行った。その結果、裁断後の仕上がりについて熟練度の影響を最小限度に抑えることが出来た。この結果を基に他製品に対しても同様に裁断用治具の製作を行いたいとの要望があったため、3DCAD によるモデリング技術及び 3D プリンタによる治具の製作技術について研修を行い、他の製品についても同様な成果を得ることが出来た。今後もまた、研修を通して県内企業の技術力向上を目的に技術支援を進める予定である。

4. まとめ

本事業にて県内企業を対象とした研修事業を実施した結果、県内企業の技術力向上及び新規産業への進出、省力化への支援することができた。今後も県内企業の技術向上及び競争力向上を目指して実施する予定である。

上記の研修の受講希望の方は、随時対応可能ですので当センター技術相談窓口にお気軽にご連絡ください。

次世代 3D ものづくり加速化事業

-3D ものづくりエボリューション事業 [3] -

スマートものづくり技術グループ 佐々木 信也、瀬川 侑、大竹 匡、小松 和三、内田 富士夫

Acceleration Project of Next Generation 3D Manufacturing - 3D Manufacturing Evolution [3] -

Smart Manufacturing Technology Group Fujio UCHIDA, Shinya SASAKI, Susumu SEGAWA

抄録

昨年度より DX (デジタルトランスフォーメーション) に対応した次世代の 3D ものづくり技術に関わる研究開発を推進してきた。従来は工業製品主体の製造業に対応したものづくりへの技術支援を目的としてきたが、3D やデジタル技術の広範囲な適応性から、今年度は工業分野だけではなく福祉や美術分野、文化財レプリカなどの分野にも応用展開することができた。本稿では、その応用分野への適用について報告する。

[キーワード: 3D ものづくり、福祉、美術、文化財レプリカ、リバースエンジニアリング]

Abstract

Since last fiscal year, we have been promoting research and development related to next-generation 3D manufacturing technology for Digital Transformation. However, due to the wide applicability of 3D and digital technology, we have been able to expand its application to the fields of welfare, art, and cultural asset replicas in addition to the industrial field this fiscal year. In this paper, we report on the application of the technology to these fields of application.

[Keywords: 3D manufacturing, welfare, art, cultural asset replica, reverse engineering]

1. はじめに

当センターでは工業製品や医療分野等に向けた 3D CAD/CAM、3D 造形に関して長年に渡り多くの技術を蓄積してきた。今年度は従来対応してきた工業分野だけではなく、美術展示への応用、文化財のレプリカ作製など、さまざまな分野での応用開発を行った。本報告では、2 次元の美術絵画をデジタル処理によって 3D データ化し、3D プリンタで立体的に出力することによって、触覚的に理解可能な美術展示の開発事例、3D-CT スキャンを用いて文化財の詳細なデータを取得し、3D プリンタで精密なレプリカを作製することで、文化遺産の保存・展示・研究に貢献する取組みについて報告する。これらの応用開発事例を通じて、3D ものづくり技術がどのように社会貢献を果たしているかを示し、今後の技術の進化に期待する視点を提供する。

2. ユニバーサルデザインに対応した美術展示への応用

視覚障害者にとって一般的な絵画を直接的に鑑賞することは極めて困難である。秋田県立近代美術館からの依頼で、健常者・視覚障害者ともに鑑賞可能な絵画作品の展示レプリカ作製を行った。対象となる作品は同館所蔵の不忍池図(小野田直武筆)である。本物は 98.5 cm×132.5 cm であるが、手で持ち触れられるようにおおよそ A4 サイズに縮小したレプリカとした。手で触れることで絵画鑑賞が楽しめるように絵画の陰影・色調に合わせた 3D 処理が必要となる。3D 処理は透かし彫り技法であるリトフェイン処理を行う Web アプリを使用し、画像の濃淡をデジタル処理することで、3D 化を実現できた。視覚障害者の方にレビューいただくことを通じて、より理解しやすい触感を得るため陰影部の処理や凹凸高の調整な

どの追加処理を手動で行った。これら微調整の後、3D フルカラー樹脂プリンタで出力し、触覚で鑑賞可能なレプリカを完成させることができた(図1)。本作品は令和5年11月11日～令和6年1月28日までみんなのキンビプロジェクト 大根ビネーション展において同美術館にて展示されるに至った。

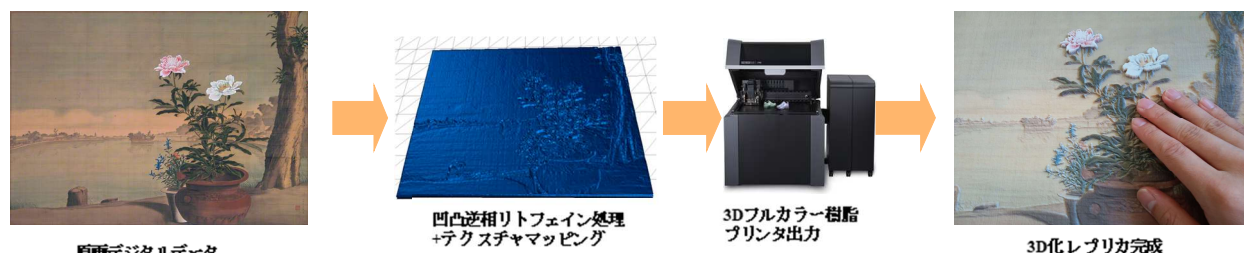


図1 絵画作品の3D化手順

3. 3Dものづくり技術を応用した貴重文化財レプリカの作製

文化財の分野では、リバースエンジニアリングを活用したレプリカ作製が注目されている。大湯ストーンサークル館より特別史跡大湯環状列石で出土した土版(縦58mm×横37mm×厚15mm 4000年～3500年前と想定)のレプリカ作製依頼を受け、センター所有の3D X線CTにより本物の土版を3Dデジタルデータ化し、3DCGソフトウェアLightWave3Dで土版表面のテクスチャをマッピングし、3Dフルカラー樹脂プリンタを利用してレプリカを出力する工程で作製を試みた(図2)。カラーマッチングや表面質感の再現など、数多の試行とプリンタ出力後の表面追加工処理が必要となったが、本物に限りなく近いレプリカを作製することができた。また、CTスキャンの工程で土版内部構造が初めて明らかとなり、本土版は人を模した土偶の一種である可能性が高いという新たな知見を得るに至った。これまで本土版は門外不出としていたが、本工程で完成したレプリカはイギリスにあるストーンヘンジ博物館に所蔵展示されることになった。



図2 貴重文化財レプリカ作製手順

4. まとめ

本稿では非工業製品への応用例として2例を提示したが、工業製品に対する次世代ものづくりも並行して進めている。美術品、文化財のレプリカ作製は人間の感性で左右されることが多く、3Dやテクスチャマッピング、出力結果の後加工など、人手を要する箇所が多数存在した。本件のような美術品などの作製にも最先端の3Dものづくり技術は活かされるが工業製品並に省力化を実現するためにはAI技術など他分野の技術活用も必要になってくる。今回得られたノウハウは、工業製品のものづくりにも将来的に活用可能であると考えられる。

5G 等を用いた遠隔作業システムの県内企業展開

- IT とセンサを活用したデジタル化・リモート化のための技術構築 [3] -

情報・電子グループ 丹 健二、佐々木 大三、伊藤 亮、綾田 アデルジャン

Development of Remote Work Systems using Telecommunication Technologies including 5G

- Technology Construction for Digitization and Remoteization utilizing IT and Sensors [3] -

Information and Electronics Group

Kenji TAN, Daizo SASAKI, Ryo ITO, and Adiljan AYATA

抄録

製造現場における業務効率改善が可能な人材育成を目的とし、これまで、モノのインターネット(IoT)研修、コンピュータネットワーク研修、センサ研修を実施してきた。今年度は、上記研修に加え、生産性向上、品質管理の強化、コスト削減、新たな価値創造などが期待される人工知能(AI)技術に関する研修を新たに開催した。

[キーワード:IoT 技術、コンピュータネットワーク技術、センサ技術、AI 技術]

Abstract

To date, we have conducted Internet of Things (IoT) training, computer network training, and sensor training with the aim of developing human resources who can improve work efficiency at manufacturing sites. This year, in addition to the above training, we held a new training session on Artificial Intelligence (AI) technology, which is expected to improve productivity, strengthen quality control, reduce costs, and create new value.

[Key words: IoT, computer network, sensor, AI]

1. はじめに

人口減少に伴う人材不足が深刻化する中、製造現場における業務効率化の重要性は増している。これを実現する手法として、IoT 技術、AI 技術が挙げられる。これらの技術により製造現場では、生産性向上、品質管理の強化、コスト削減、新たな価値創造が期待される。しかし、これらの技術に関する知識を有する人材は必ずしも十分とは言えない。この問題を解決するため、これまで行ってきた IoT 技術研修を引き続き実施するとともに、今年度新たに画像認識を対象とした AI 技術に関する研修を実施した。

2. IoT 技術研修

今年度も次の 3 つの研修を実施し、人材育成に取り組んだ。

- ・IoT の基礎に関する講義の聴講後、自分で組み立てた IoT デバイスを用いた、データの収集や通信を体験する基礎技術研修
- ・IoT を活用していくうえで必要となるネットワークを学ぶネットワーク特化研修
- ・センサそのものについての基礎知識に加え、IoT 向けの回路制作を学ぶセンサ特化研修

基礎技術研修の講義部分、ネットワーク特化研修、センサ特化研修においては、本研修用に用意した Youtube 動画の視聴後、随時質問を受ける形で実施した。但し、基礎研修の作製作業部分に関しては、リアルタイムの指導が

必要となるため、Web 会議形式を採用した。研修の内容に応じた形式を採用することで、より効率的な習得がなされたものと思われる。

3. AI 基礎研修

近年、画像認識、音声認識、自然言語処理などに関する深層学習をベースにした AI 技術は目覚ましい進歩を遂げ、様々な分野でその活用が広がっている。無償で利用可能なオープンソースやその実装に関する記事や紹介サイトが数多く公開されていることが AI 技術の活用の広がりをより一層進めている。AI 技術は製造業においても、生産性向上、品質管理の強化、コスト削減、新たな価値創造などのメリットをもたらす可能性を秘めおり、AI を活用した競争力を高める取り組みも見られている。中小企業における AI 活用は徐々に増加しているが、まだまだ普及しているとは言い難い状況である。その原因として、導入に関連する高いコストや技術的な専門知識の不足、データの不十分さなどが挙げられる。

本研修は、画像認識を対象に、深層学習をベースにした AI 技術に関する基礎知識とその活用を習得することを目的として、画像処理の基本から深層学習モデルの構築まで一貫したカリキュラムを設計し、研修を演習形式で実施した。まず、Python プログラミングの入門からスタートし、デジタル画像の入出力および画像データへの操作、画像処理の基本概念などを説明した。次に、深層学習に関する基礎知識を習得し、ニューラルネットワークのモデル実装と実際の学習データセットを用いた学習モデルの作成過程を実践した。さ

らに、深層学習フレームワーク PyTorch を用いて認識モデルを構築する方法と推論を行う方法を、演習を通して学んだ。そして、深層学習モデルの構築に不可欠な学習データセットの作成に関して、AI を活用する環境に合わせたカメラの設置方法、学習データの収集と正解ラベル付与方法について説明した。本研修では、座学と演習をバランス良く組み合わせて、深層学習による画像認識技術への理解を深めることに努めた。



図1 研修の様子

4. まとめ

IoT 技術関連では、これまで蓄積してきた Youtube などの教材を用いることで、オンデマンド形式の研修を行った。これに加え、作製作業部分に対し Web 会議形式でのリアルタイムの指導を導入することで、より効率的な研修を行うことができた。また、今年度新たに開始した AI 研修では、画像に対する AI の活用において必要となる知識の基礎をカバーし、これらを習得することで現場に導入する際の検討がスムーズに行えることが可能となる。また、AI 研修に含まれる、プログラミング、画像処理、ニューラルネットワーク、カメラ、学習データの取扱などに関する知識は、それら単体でも有用な知識として AI 以外の分野でも活用されることが期待される。研修に対しては、様々な意見が寄せられており、これらの意見を可能な限り反映させた上で、今後は、よりニーズが多いものに比重を置きながら、研修事業を継続する予定である。

5G 等を用いた遠隔作業システムの県内企業展開

- ロボット遠隔操作技術の実証試験 [3] -

スマートものづくり技術グループ 大竹 匡、瀬川 侑、小松 和三

Development of Remote Work Systems using Telecommunication Technologies including 5G

- Demonstration Test of Remote Control Robot Technology [3] -

Smart Manufacturing Technology Group Masashi OHTAKE, Susumu SEGAWA, Kazumi KOMATSU

抄録

新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響により、人との接触を極力避ける働き方が求められるようになり、ICT やロボティクス技術導入による遠隔監視や遠隔操作に対する関心が高まっている。本研究では、協働ロボット遠隔操作システムによる実証実験を進めるとともに、安価なワンボードマイコンとオープンソースを用いて、ロボット遠隔操作システム構築のための技術開発を行う。

[キーワード: ICT、ロボティクス、省力化、遠隔監視、遠隔操作]

Abstract

Due to the influence of COVID-19, working styles that avoid contact with people as much as possible have been required. Therefore, interest in remote monitoring and remote control by introducing ICT and robotics technology have been increasing. In this research, the demonstration experiment using remote control collaborative robot system is conducted, and we develop technology for remote-control robot system using an inexpensive one-board microcomputer and open source.

[Key words: ICT, robotics, labor saving, remote monitoring, remote control]

1. はじめに

秋田県の課題として、少子高齢化に伴う人口減少があり、生産年齢人口の減少により、様々な業種において人手不足が深刻化している。また、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の拡大を契機にあらゆる産業分野で、「遠隔」「非接触」「非対面」を実現することが求められている等、労働環境の多様性が高まっている。そのため幅広い産業分野へのオートメーション技術やロボティクス技術、ICT を活用した遠隔監視や遠隔操作技術などの導入が必要であるが、県内企業においてこれらの技術に関する知見は十分に浸透しておらず、技術導入の障壁となっている。

本研究では、安価なワンボードマイコンやオープンソース等を用いて、ロボット遠隔操作システム構築のための技術開発を行う。ロボティクス技術や遠隔操作技術など、各要素技術の開発を進め、県内企業への普及を図る。オートメーションや ICT に関する内製化人材育成を行うとともに、魅力ある県内企業の育成および企業価値向上に貢献する。

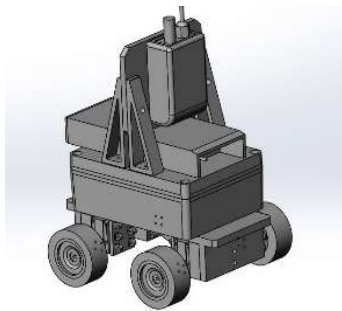
2. 移動式 CO₂ 計測ロボットの開発

周年栽培を行う農業ハウスでは、様々な要因から二酸化炭素が不足しやすい環境となっており、農作物の生育に悪影響を及ぼすことがある。そのためハウス内の二酸化炭素の濃度を計測・管理することは非常に重要であるが、現状ポータブルタイプの二酸化炭素濃度センサを持ち歩いて測定しており、生産者の労働負担となっている。またハウス内に多数のセンサ設置することは、コストや管理の手に課題がある。

本研究では、安価なワンボードマイコンやオープンソース等を用いて、二酸化炭素濃度を計測可能な移動式ロボッ

トを開発した。図 1(a)に機体の 3DCAD データ、図 1(b)に開発した実機を示す。タイヤ部にグリップタイヤを採用し、駆動源に高トルクのシリアルサーボを採用した。シリアルサーボを採用することで、マスタースレーブ方式のシリアル通信で回転制御することができ、配線をスリム化できるとともに、プログラムはスレーブ ID を割り振ることで効率的に処理可能である。開発基板である ArduinoMEGA やシリアルサーボの制御基板を格納するために、防水・防塵ケースを採用した。また各基板やセンサ、モーターへの電源供給源としてモバイルバッテリーを採用した。駆動系部品やセンサ周辺部品、モバイルバッテリー収納のための機械部品などは 3D プリンタで試作した。

図 2 に機体のテストフィールド走行の様子を示す。砂利の上にシートをした状態でも安定した走行が可能で、さらに高さ 80 mm 程度の角材を乗り越えることができた。本研究を通じて、IoT 計測システムと親和性の高い開発環境を有し、凹凸のある路面や一定以下の段差を乗り越えることができるロバスト性の高い走行ロボットの開発を実現した。



(a) 設計開発機の 3D データ



(b) 試作した機体

図 1 センサ搭載型移動機構試作機



図 2 テストフィールド走行の様子

3. まとめ

安価なワンボードマイコンやオープンソース等を用いて、二酸化炭素濃度を計測可能な移動式ロボットを開発した。本研究を通じて、IoT 計測システムと親和性の高い開発環境を有し、凹凸のある路面や一定以下の段差を乗り越えることができるロバスト性の高い走行ロボットの開発を実現した。本開発を通じて獲得した各要素技術について、県内企業に技術普及していき、人材育成に努める。

素形材加工技術による生産性向上・新商品開発支援

- 難削材・難形状品の高能率加工技術の企業展開 [3] -

スマートものづくり技術グループ 小松 和三

加工技術グループ 加藤 勝

先進プロセス開発部 内田 富士夫

Productivity improvement and new product development with material processing - Development of High Efficiency Processing Technology of Difficult-to-cut Materials and Complex Shape Parts [3] -

Smart Manufacturing Technology Group Kazumi KOMATSU

Machining and Materials Processing Group Masaru KATO

Advanced Processing Technology Development Section Fujio UCHIDA

抄録

近年、図面や加工データが無い部品や、金型等の現物を3次元計測装置で計測し、そのデータを基に更新用の製品を製造するリバースエンジニアリングのニーズが高まっている。一般的に、切削加工で製品を製造する際、CAD/CAMによるNCデータの作成が必要である。一方、3Dプリンタで利用される3Dスキャナなどの計測装置から得られた自由曲面を有するSTLデータは、STEPデータやIGESデータへの変換が必要となり、そのままではCAD/CAMにおける編集が困難である。そこで本報では、様々なリバースエンジニアリング事例を想定し、自由曲面を有する部品形状を対象にSTLデータの変換手法を工夫し、5軸制御マシニングセンタでの加工を想定した加工パスを作成について検討した。

[キーワード: 3D CAD/CAM、STL データ、リバースエンジニアリング、5 軸制御マシニングセンタ]

Abstract

In recent years, there has been a growing need for reverse engineering, in which parts for which there are no drawings or machining data, or actual products such as molds, are measured with a 3D measurement device, and the data is used to manufacture products for updating. Generally, when manufacturing products by cutting, it is necessary to create NC data using CAD/CAM. On the other hand, STL data with free curved surfaces obtained from measurement devices such as 3D scanners used in 3D printers needs to be converted to STEP data or IGES data. Therefore, editing in CAD/CAM is difficult. In this report, we will introduce various reverse engineering cases in which we devised an STL data conversion method for parts with free-form surfaces and created machining paths that are assumed to be machined with a 5-axis control machining center.

[Key words: 3D CAD/CAM, STL data, Reverse engineering, 5-axis control machining center]

1. はじめに

近年、ものづくりの現場では3Dプリンタ(樹脂3Dプリンタや金属3Dプリンタ)による部品の試作に限らず、製品そのものを造形することも多くなっている。特に、リバースエンジニアリングでは、3Dスキャナによる取得データや3Dプリンタによる造形で活用されるデータはSTLデータでのやり取りが主流である。一方、機械加工の分野では、主にIGESデータやSTEPデータでのやり取りが主流であり、これをCAMに取り込み、加工用のNCプログラムを作成するのが一般的であるため、STLデータを使用した機械加工のプロセスは難しいのが現状である。このSTLデータは3次元形状を多数の小さな三角形(ポリゴン)を集合させているため、自由曲面を有する部品形状に対して、CAMを使用した加工パスの作成が困

難である。そこで本研究では、3D デジタル技術を活用し、STL データによる機械加工技術を確立することで、新しい加工プロセスの開発を目指し、県内産業の生産性向上を図る。

本事業では、自由曲面を有する部品形状の 3D データ(STL データ)から、様々なリバースエンジニアリング事例を想定し、実際の 5 軸マシニングセンタでの機械加工が可能な加工パスの作成について報告する。

2. 自由曲面の加工パス作成

図 1 に加工モデルを示す。この加工モデルは比較検討のために 3D CAD(Solidworks)で作成した自由曲面を有するモデルであり、STL データで出力したものである。平面や直線から構成させるモデルであれば、STL データのまま加工パスを作成することが出来る場合があるが、自由曲面を有するモデルは曲面部分が小さな三角形の多数の集合体で構成されるため、加工部分の面の選択が困難であり、STL データを STEP データや IGES データへ編集変換する必要がある。そこで、STL データをリバースエンジニアリングソフトウェア(Geomagic Design X)で STEP データに編集変換した(図 2)。

次に、編集変換した STEP データを、CAM(Mastercam)へデータをインポートすることで、加工したい自由曲面を選択することが容易となる。これにより、自由曲面に対して、実際の 5 軸制御マシニングセンタでの機械加工が可能な加工パスを作成(図 3)し、加工のシミュレーションにより自由曲面を有する STL データによる機械加工が可能であることを確認した(図 4)。

3. まとめ

本研究では、様々なリバースエンジニアリング事例を想定し、STL データをベースとした自由曲面を有する部品形状を対象に STL データの変換手法を工夫し、5 軸制御マシニングセンタでの加工を想定した加工パスを作成し、ノウハウを蓄積することができた。今後も STL データを活用した、さらなる機械加工技術の可能性を探っていく予定である。

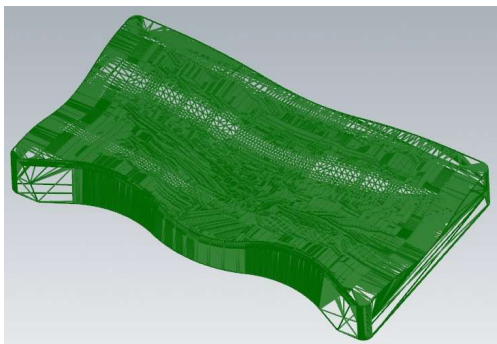


図 1 加工モデル(自由曲面を持つ STL データ)

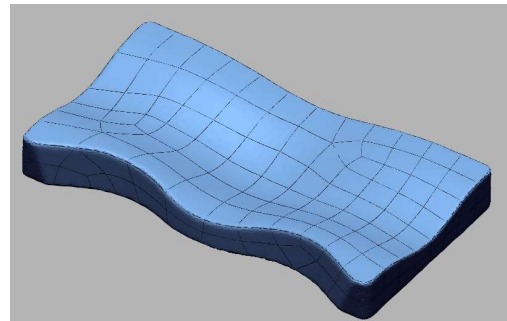


図 2 データ編集変換(STL→STEP)

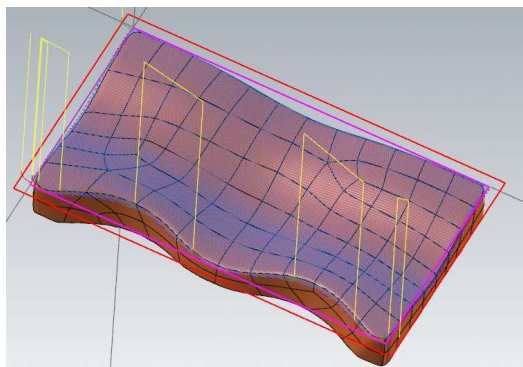


図 3 CAM へインポート → 加工パス作成

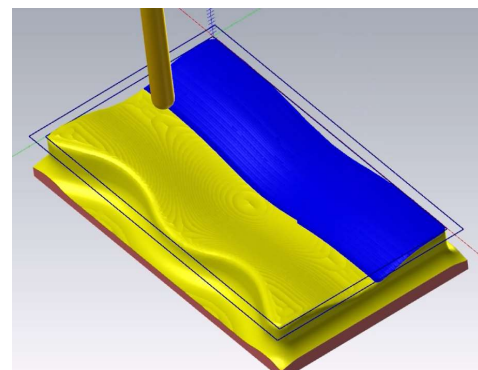


図 4 CAM による加工シミュレーション

素形材加工技術による生産性向上・新商品開発支援

- 機能性材料の開発と県内企業展開 [3] -

機能性材料・デバイスグループ 関根 崇、岸 初美
企画事業部 菅原 靖
秋田大学 仁野 章弘

Productivity improvement and new product development with material processing - Developing in Manufacturers in Akita Area [3] -

Functional Materials and Device Group Takashi SEKINE and Hatsumi KISHI
Planning Affairs Section Yasushi SUGAWARA
Akita University Akihiro NINO

抄録

TiC は高い硬さや耐摩耗性、耐食性を持つため、切削工具材料に用いられている。しかしながら、単体での緻密な焼結が難しい。このため、TiC は金属バインダーを添加して焼結されるが、機械的性質が低下する。TiC に SiC を添加することで焼結性や機械的性質が向上することがこれまでにわかっている。本研究では TiC-SiC セラミックスの機械的性質をさらに向上させるため、ZrC を添加したセラミックスを通電加圧焼結により作製し、機械的性質を調べた。

[キーワード:炭化チタン、炭化ケイ素、炭化ジルコニウム、機械的性質]

Abstract

TiC having high hardness, good wear and heat resistance is used for cutting tools. However, pure TiC is difficult to sinter in dense without metallic binders. TiC is sintered with the addition of metallic binders, but deteriorates the mechanical properties. The addition of SiC to TiC improves sintering and mechanical properties. In this study, ZrC added to improve mechanical properties of TiC-SiC ceramics. These ceramics were sintered by resistance-heated hot-pressing, and were examined mechanical properties.

[Key words: TiC, SiC, ZrC, mechanical properties]

1. はじめに

宇宙航空機や自動車などの輸送用機器に用いられる材料には、高温での強度が非常に高い耐熱合金や、硬さや耐摩耗性に優れた合金が用いられる。これらの材料は、優れた機械的性質を持つため、加工が非常に難しい難削材とされる。また、工作機械や加工技術も発展し、従来よりも高速・高精度加工が可能となっている。このため、切削工具材料には高い硬さやヤング率、破壊靱性値などの優れた機械的性質や耐摩耗性、耐熱性が求められる。本事業では、これらの性質に優れた新たなセラミックスを開発し、切削工具材料のみならず、金型や耐摩耗部品などへ幅広く実用化を図るために、新たな材料の作製および評価を進めている。これにより、秋田県発の新たな材料を開発し、県内企業に材料の開発技術や評価・分析技術を展開することによって、秋田県産業の競争力強化を図る。今年度は、高い硬さ、優れた耐摩耗性を持つ TiC に、硬さや熱伝導率に優れた SiC を添加して焼結性や機械的性質を改善した TiC-SiC セラミックスのさらなる特性向上を試みた。超硬合金やサーメットの機械的性質の改善においては、第三の遷移金属炭化物を添加することが有効であると報告されている。本報告では、TiC-SiC に ZrC を添加し、機械的性質を調べた結果を報告する。

2. 実験方法

原料粉末は、TiC 粉末(平均粒径:1.41 μm 、日本新金属)、SiC 粉末(平均粒径:0.62 μm 、屋久島電工)、ZrC 粉末(平均粒径:2.17 μm 、日本新金属)を用いた。これらの粉末は、組成が(55-x) mol% TiC-45 mol% SiC-x mol% TaC (x = 0~15)となるように、粉末を秤量した。秤量した粉末は、ボールミルを用いて 24 時間、エタノール中で湿式混合した。混合した粉末は乾燥後、直径 20 mm のグラファイトダイスに充填し、圧力 50 MPa で 1 分間、一軸加圧成形した。成形体は通電加圧焼結装置(住友炭炭工業(株)、SPS-2080)を用いて、焼結温度 1800°C、保持時間 10 分、加圧力 50 MPa、真空中の条件で焼結を行った。焼結体は両面を平面研削、片面を鏡面研磨して評価試料とした。焼結体の密度測定はアルキメデス法を用いて行った。生成相の同定は X 線回折装置((株)リガク、RINT-2500VHF)で、組織観察および分析には EPMA(日本電子(株)、JXA-8200)を用いた。ヤング率は高温動弾性率測定装置(東芝タンガロイ(株)、UMS-HL)で、硬さはビッカース硬さ試験機((株)マツザワ、VMT-7S)で 98 N、15 秒の条件で測定した。破壊靱性値は、ビッカース硬さ試験で生じた圧痕とクラック長さを用いて IF 法の ED 式により算出した。

3. 実験結果および考察

TiC-45 mol% SiC に対して、ZrC 添加量が 0~15 mol% ZrC の間で増加しても、全ての焼結体のかさ密度は計算値に近い値となり、緻密に焼結した。

図 1 に TiC-SiC-ZrC セラミックスの X 線回折パターンを示す。X 線回折の結果から、TiC-SiC に ZrC を添加することで、TiC のピークが低角度側へシフトしていた。このことから、(Ti, Zr)C 固溶体が生成したと考えられる。また、10 mol%以上の ZrC 添加では ZrC のピークが確認され、このピークが高角度側へ移動していたことから(Zr, Ti)C 固溶体が生成したと考えられる。

ヤング率は、425~440 GPa となり、ZrC 添加量の増加に伴って低下する傾向を示した。これは、TiC のヤング率に対して ZrC のヤング率がわずかに低いためと考えられる。

図 2 に TiC-SiC-ZrC セラミックスのビッカース硬さを示す。今回作製した TiC-SiC-ZrC セラミックスは、TiC 単体の 15 GPa に比べて高い値を示した。また、ZrC を 10 mol%以上添加することで、ビッカース硬さが増加した。

TiC-SiC-ZrC セラミックスの破壊靱性値は、ZrC 添加量の増加に伴ってわずかに低下した。硬さと破壊靱性値は負の相関があるといわれ、硬さの増加したため破壊靱性値が低下したものと考えられる。

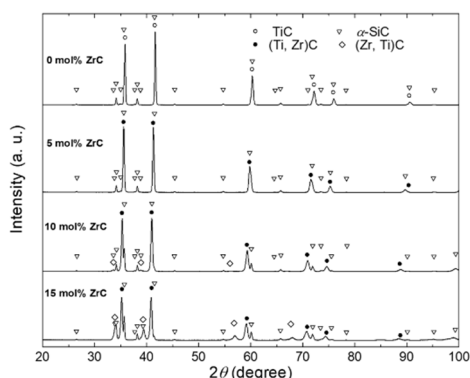


図1 TiC-SiC-ZrCセラミックスのX線回折パターン

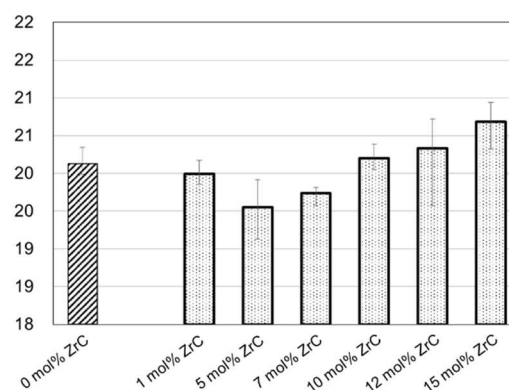


図2 TiC-SiC-ZrCセラミックスのビッカース硬さ

4. まとめ

- TiC-SiC セラミックスに 0~15 mol% ZrC を添加した試料は、焼結温度 1800°C で焼結することによって、緻密に焼結することが出来た。
- TiC-SiC セラミックスに ZrC を添加することにより、破壊靱性値の低下がみられたが、硬さは増加し、15 mol% ZrC を添加した焼結体では約 21 GPa の高い硬さとなった。

素形材加工技術による生産性向上・新商品開発支援

- プラスチック成形基盤技術強化事業 [3] -

機能性材料・デバイスグループ 阿部 禎也

加工技術グループ 野辺 理恵

素形材開発部 工藤 素

Productivity Improvement and New Product Development with Material Processing - Improving Fundamental Technologies in Polymer Processing [3] -

Functional Materials and Device Group Tomoya ABE

Machining and Materials Processing Group Rie NOBE

Ecological Materials Development Section Makoto KUDO

抄録

本事業ではプラスチック材料の物性や性能評価技術、及びプラスチック成形加工技術を通して県内企業に生産技術の向上、新製品開発に関わる技術支援を行っている。本報告では、プラスチック射出成形において有機／無機複合コーティング技術による離型不良改善に関して企業支援を行ったので報告する。

[キーワード: 有機／無機複合コーティング、離型性、射出成形]

Abstract

We have studied the properties and performances of plastic materials and the polymer processing technology for improving productivity and developing new products of the companies based in Akita Prefecture. This paper describes the development of organic/inorganic composite coatings to improve the mold releasability at the plastic injection molding.

[Key words: Organic/inorganic composite coating, Releasability, Injection molding]

1. はじめに

昨今、プラスチックを取り巻く状況は環境資源への体制構築が強く言われている。海洋汚染問題となっているマイクロプラスチックやプラスチック資源循環促進法による再資源化への対応が一層必要となっており、これまで環境材料を用いた製品開発や廃プラスチックの抑制について技術支援を行なってきた。一方、県内プラスチック業界においても自立型企業への転換も重要であり、新たな製品開発への技術支援も急務である。本事業ではプラスチック材料をはじめとする高分子材料の評価技術やプラスチック成形加工技術について県内企業への技術支援を目的に生産技術、新製品開発に関わる技術支援を行なっている。

本報告では、プラスチック成形において問題となっている離型不良の改善を目的とした有機／無機複合コーティング技術の開発について検討を行ない、特性評価技術の確立および射出成形用金型の離型コーティングへと応用したのでその成果について報告する。

2. 有機／無機複合コーティングの濡れ性評価

プラスチック成形における離型性の向上は、金型表面と成形するプラスチック材料との親和性を低下させることが重要であり、金型表面の表面自由エネルギーの低下が効果的であるとされている。そこで本研究では、表面自由エネルギー

の低下が期待できるフッ素シランを用いた有機／無機複合コーティングを作製し、得られたコーティング基板の表面自由エネルギーを評価した。基板の表面自由エネルギーは、自動接触角計を用いて種々のプローブ液体(水、ジヨードメタン、ヘキサデカン)の接触角を測定

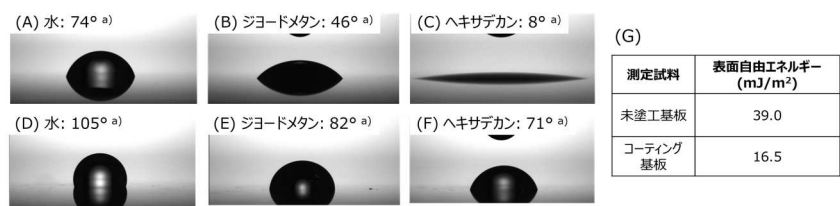


図 1 未塗工基板(A～C)およびコーティング基板(D～F)の接触角測定像と OWRK 法を用いて算出した表面自由エネルギー値 (G) a)接触角値

し、得られた接触角値から Owens-Wendt-Rabel-Kaelble (OWRK)法を用いて算出した。結果を図 1 に示した。

図 1 に示すように、すべてのプローブ液体において、コーティング基板[図 1(D)～(F)参照]は未塗工の基板[図 1(A)～(C)]よりも液滴をよくはじき、コーティング中のフッ素に起因した優れた撥水撥油性を示した。この接触角値を用いて表面自由エネルギーを算出した結果、図 1(G)に示すように、コーティングを施工することで基板の表面自由エネルギーが 39.0 mJ/m² から 16.5 mJ/m² まで低下することがわかった。一般的な熱可塑性樹脂は表面張力が 35～50 mN/m であり、未塗工基板と類似しているため基板表面と樹脂との親和性が高いことが推定される。一方、コーティング基板においては、表面自由エネルギーが 16.5 mJ/m² まで低下しているため樹脂との親和性が低く、プラスチック成形用金型へ本コーティングを施工することで、優れた離型性を示すことが推測される。

3. 有機／無機複合コーティングの離型性評価と射出成形用金型の離型コーティングへの応用

第 2 項において示した有機／無機複合コーティングの樹脂に対する離型性について、図 2 に示す手法を用いて評価した。図 2(a)および(b)に示すように、ホットプレートで加熱した基板上で樹脂ペレットを溶融させた後に放冷により完全固化させ、測定試料とした。完全固化後、プッシュプルゲージを用いて基板から垂直方向に樹脂を引っ張り、樹脂が基板から離れた時の引張力[単位: N]を離型性として評価した(図 2(c)参照)。その結果、未塗工の金属板は樹脂を引き剥がすのに 5.0N 以上の力が必要であるのに対し、コーティング表面においては、その力が 2.3 N まで低下し、著しく低い力で離型することがわかった。この結果は、本コーティングがプラスチック成形における金型の離型コーティングとして有用であることを示唆している。

そこで本事業では、この有機／無機複合コーティングを射出成形用金型に施工し、県内企業において離型不良が課題となっているエ

ラストマー製品の成形不良改善について検討を行なった。その結果、未塗工の金型を使用すると離型不良に起因した変形が発生するため効率良く生産できないのに対し、本コーティングを金型に施工することにより、離型不良に起因した変形が発生せず、エラストマー製品を効率良く生産することができた。今後、本コーティングの更なる離型性向上だけでなく、耐久性や施工簡便性などについても検討と行ない、離型性向上による生産性改善をはじめとした技術支援を継続していく。

4. まとめ

プラスチック成形において問題となっている離型不良の改善を目的とした有機／無機複合コーティング技術の開発を行ない、離型性に優れたコーティングの開発に成功した。本コーティングを射出成形用金型に施工することにより、離型不良に起因したエラストマー製品の成形不良を改善することができた。

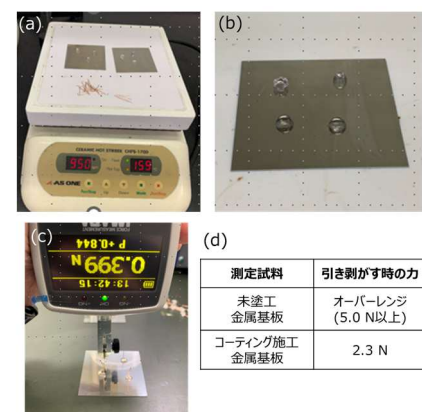


図 2 プッシュプルゲージを用いた離型性評価(a～c)と離型性評価結果(d)

(a) 基板をホットプレートで加熱し、樹脂を溶融

(b) 室温で放冷し、溶融樹脂を固化

(c) 基板から垂方向に樹脂を引き剥がす力を測定

素形材加工技術による生産性向上・新商品開発支援

- プリンテッドセンサシステムの県内企業展開 [3] -

企画・事業推進班 熊谷 健

Productivity Improvement and New Product Development with Material Processing - Dissemination of Printed Sensor System to Companies in the Prefecture [3] -

Planning Affairs Section Ken KUMAGAI

抄録

プリンテッドエレクトロニクス(PE)は、さまざまな基板上に電子回路、デバイスを作成するために使用される一連の印刷方法である。PE は露光や現像といった工程を印刷に置き換えるもので、低コスト化、省エネ化、生産性向上、廃棄物削減などの環境調和性の点でも期待されている。本研究では、金型温度計測システムの活用による金型の放熱対策の検討を行った。

[キーワード: プリンテッドエレクトロニクス、ディスペンサー印刷、導電性接着剤、薄型温度センサ]

Abstract

Printed electronics (PE) is a series of printing methods used to create electronic circuits and devices on various substrates. PE replaces processes such as exposure and development with printing and is also expected from the point of environmental harmony such as low cost, energy saving, productivity improvement, waste reduction, and the like. In this research, we examined consideration of heat radiation measures for molds.

[Key words: printed electronics, dispenser printing, conductive adhesive, thin film temperature sensor]

1. はじめに

ロボットディスペンサーと導電性接着剤を使用し、ポリイミドフィルムに塗布して製作した測温抵抗体(RTD)タイプのセンサ開発を主目的としてきたが、製作したセンサの抵抗値がばらつく等の問題点が解消されていない。製作した薄型温度センサは狭い空間にも設置しやすいという利点があることから今後も改善を続けていくこととし、本報では熱電対を使用した金型温度計測システムの活用による金型の放熱対策とその検証について報告する。

2. 金型の温度管理について

金型の温度管理は非常に重要な工程であり、温度異常による製品品質の悪化と焼付きによる金型の損傷を防ぎ、生産性の向上を目的とする。射出成形においては、固定側と可動側に温度差があると、成形品の片面が低温で反対の面が高温になり、その温度差から樹脂の収縮に差が生じる。この収縮差によって、成形品に内部応力が発生し、金型から取り出したときに変形してしまうことがある。今回は射出成形機に安価な金型温度計測システムを追加し、整形前の昇温時から成形中までの温度変化を記録した。このシステムは Arduino と温度センサ用モジュールと熱電対から成る。5 秒毎に取得した温度データは WiFi で送信され、Raspberry Pi に蓄積される。複数の射出成形機の温度状況を一括して Raspberry Pi 上で確認することも可能である。

80℃設定で、昇温開始から 60 分後 20 分間の成形を行った時の測定結果を図 2 に示す。成形開始時の温度差は 5.23 °C (80.4- 75.17)、20 分間成形後の温度差は 6.69 °C (82.39-75.7)であり、金型の温差を解消する手法の一つである

金型温度調節機を使用しているものの、成形中に固定側と可動で温度差が生じていることが分かった。また昇温時には金属の熱膨張が無視できない 10℃程度の温度差が発生しており、この状態で成形を開始すると型摩耗や破損が生じる恐れがある。

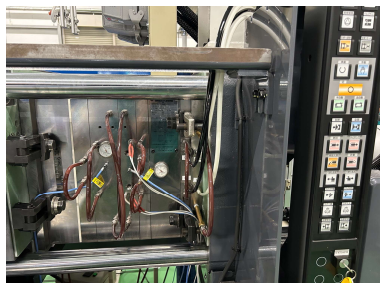


図1 金型に設置した熱電対

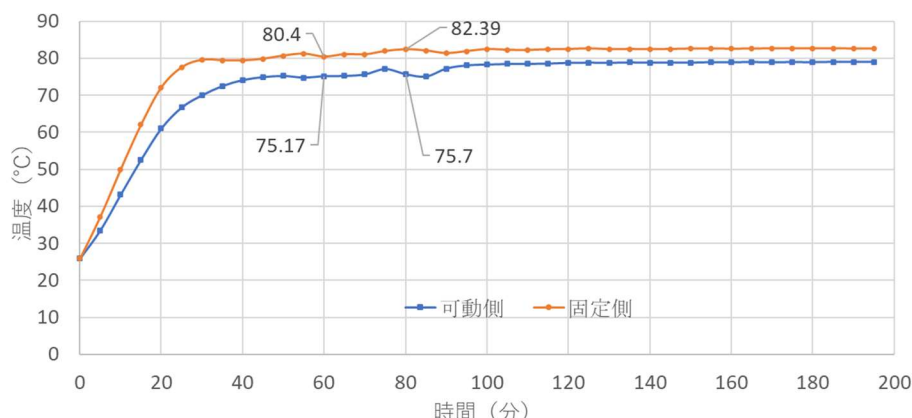


図2 80℃成形時の温度測定結果

3. 放熱対策と効果検証

金型可動側の温度が低かったため、放熱対策として断熱板を設置した(図3)。断熱板は主材料が無機材(ホウ酸塩系バインダー)で、熱伝導率 0.71 W/m・K、厚さ 3 mm のものを使用した。断熱板設置後 80℃まで昇温後 20 分間の成形を行い、それから 90℃まで昇温し、20 分間の成形を行った時の測定結果を図4に示す。固定側と可動側の温度差は、80℃での成形開始時には 3.65℃(80.49-76.84)、20 分間成形後では 3.06℃(81.97-78.91)、90℃での成形開始時には 5.29℃(90.09-84.8)、20 分間成形後では 2.85℃(90.65-87.8)であった。80℃設定の比較では、断熱板有無により可動側の温度差が半減(6.69→3.06)しており、成形開始から 20 分後の可動側温度は、断熱板無しでは 75.7℃、断熱板有りでは 78.91℃であり、目標設定値の 80℃近くに保温されている。また 80℃まで昇温後型開きをして、接触式温度センサで可動側の金型表面の温度を測定したところ、断熱板有りでは 60℃台、断熱板無しでは 40℃台だった。これらの結果から、断熱板による保温の効果はあったと言える。



図3 追加した断熱板(矢印箇所)

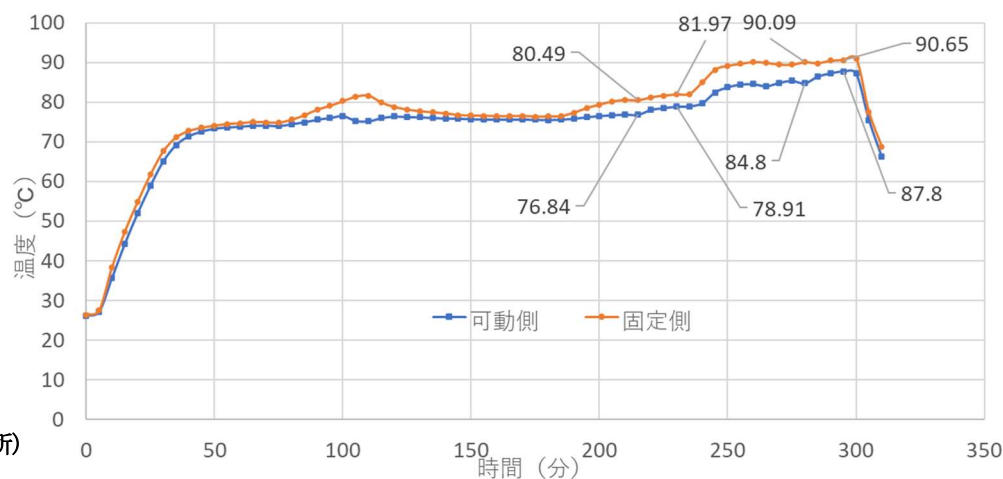


図4 断熱板追加後の温度測定結果(成形温度 80℃、90℃)

4. まとめ

金型表面温度をリアルタイムに計測し、可動側の断熱板設置により、放熱が抑制され固定・可動の温度差が減少する結果が得られた。この温度差減少は製品品質の向上と金型の損傷防止につながるだけでなく、放熱の抑制によりエネルギー消費量の削減にも寄与すると考えられるため、今後は温度調節部分の消費電力量も計測できるようにシステムを改善していきたい。

素形材加工技術による生産性向上・新商品開発支援

- 県内企業への CFRP 成形技術事業展開 [3] -

加工技術グループ 藤嶋 基

Productivity Improvement and New Product Development with Material Processing - Development of CFRP Molding Methods in Akita Prefecture [3] -

Machining and Materials Processing Group Motoi FUJISHIMA

抄録

炭素繊維強化熱硬化プラスチック(CFRP)は軽量、高強度であることから航空宇宙分野を始めスポーツ用品まで幅広く使用されている。本事業ではオートクレーブ法による CFRP 平板成形時の低コスト化を目的にカウルプレートをアルミ板から樹脂板へ変更した。成形した CFRP 平板は板厚と表面形状を計測し、カウルプレートとして使用した樹脂板は成形前後に表面形状を計測した。

[キーワード:炭素繊維強化プラスチック、カウルプレート、オートクレーブ成形、樹脂板]

Abstract

Carbon Fiber Reinforced Thermosetting Plastic (CFRP) is widely used in various fields from aerospace to sports goods due to its lightweight and high strength. In this project, the caul plate was changed from an aluminum plate to a resin plate with the aim of reducing costs during the autoclave method of CFRP flat plate molding. The molded CFRP flat plate measured the plate thickness and surface shape, and the resin plate used as the caul plate measured the surface shape before and after molding.

[Keywords: Carbon Fiber Reinforced Plastic, Caul Plate, Autoclave Molding]

1. はじめに

炭素繊維強化プラスチック(以下 CFRP)は軽量・高強度であることから、自動車、航空機といった輸送機器からテニスラケットやゴルフクラブ等の身近な製品まで利用が拡大しており、今後もさらなる利用の増加が見込まれている。CFRP の成形法はハンドレイアップ、プレス成形、オートクレーブ等多種多様であるが、高強度であるため成形用金型にも強度が求められている事が特徴である。プリプレグを原料として CFRP を成形する場合、カウルプレートと呼ばれる当て板を使用するが、成形する CFRP の種類や成形条件、要求される性能によって材料を選ぶ必要があり、場合によっては材料費や加工費が高額になることがある。材料としてはアルミ板がよく使用されているが CFRP 平板を成形する場合、アルミ板の重さが成形物を潰す場合があるためより軽い材料が望まれている。

本研究では CFRP 平板成形時にカウルプレートとして使用されるアルミ板の代替品として軽量かつ安価な樹脂板を用いて CFRP を成形したので報告する。

2. 実験

2-1 供試体成形

カウルプレートはアクリル板、ポリカーボネート板、ナイロン板を使用し、比較のためアルミ板を用いた CFRP も成形した。成形する CFRP の厚みは 5 mm、積層構成は 0 ° 方向に 21 層積層した。積層時に 5 層毎に真空引きを行いプリプレグ層間に残留する空気を焼成前に取り除く作業を行った。成形条件は圧力:0.8 MPa、保持温度:130 °C、

保持時間:120 分で焼成した。成形した CFRP は板厚計測と表面粗さ計測を行った。

2-2 結果と考察

成形した CFRP 板の厚みとカウルプレートの重さの関係を図 1 に示す。すべての CFRP 板でカウルプレートの板厚が増加すると厚みが減少しており、カウルプレートの重量が成形物を押し潰していることがわかる。ただし、各カウルプレートの板厚と CFRP 板厚には線形関係があることから樹脂板を用いて CFRP 成形を検討する際の指標になると思われる。

今回成形した CFRP の形状を図 2 に示す。中央部が若干厚い凸型の形状となっている。中央部と端部の高さの差は使用したカウルプレートによって異なりアルミ板を使用した CFRP の差が一番小さくアクリル板を使用した場合はアルミ板の 3 倍弱、ナイロン板を使用した場合は 2 倍弱という結果になりアルミ板の優位性が強調される結果になった。また、CFRP 板がこのような形状となった原因としては次のようなことが考えられる。今回成形した CFRP 板は 0° 方向のみである。そのため繊維方向は非常に強いが 90° 方向は樹脂同士の結合が主な力であるためその強度は非常に弱く広がりやすいこととカウルプレートの熱変形が組み合わされた複合要因と考える。解消方法としては 0° と 90° の交互積層とすることで CFRP 板の凸型を抑制できるが強度が $1/4$ に低下することから使用される場所に応じて積層構成を検討しなければならない。

CFRP 成形後のアクリル板は端部が大きく変形し表面には白化が発生しており成形には耐えられないことが明らかになった。アクリルの融点は 160°C で CFRP 成形温度よりも高いが連続使用可板能温度は CFRP 成形温度よりも低く熱による変形が発生したためと考えられる。一方、ポリカーボネート板やナイロン板では表面の変質は見られなかったが熱変形は発生しており変形量はポリカーボネート板: $0.28\text{ mm}\sim 0.79\text{ mm}$ 、ナイロン板: $0.15\text{ mm}\sim 0.55\text{ mm}$ であった。今回は 130°C で成形したが温度を下げ樹脂板の熱変形を抑えることで CFRP 平板成形に使用できる可能性がある。問題点としては成形温度を下げることで樹脂の架橋反応が進まず CFRP の強度が低下することが考えられるので加熱保持時間の延長等成形条件を詳細に検討すると同時に成形した CFRP の物性を確認する必要がある。

3. まとめ

CFRP 成形用カウルプレートとして樹脂板を使用した成形した CFRP 板はアルミ板を使用した場合より大きく変形しており改良の余地を残す結果となった。今後は成形条件を変更し平板成形だけでなく立体形状の成形においても樹脂型の適用を検討し CFRP 成形の低コスト化を図り県内企業の複合材産業参入を推進する。

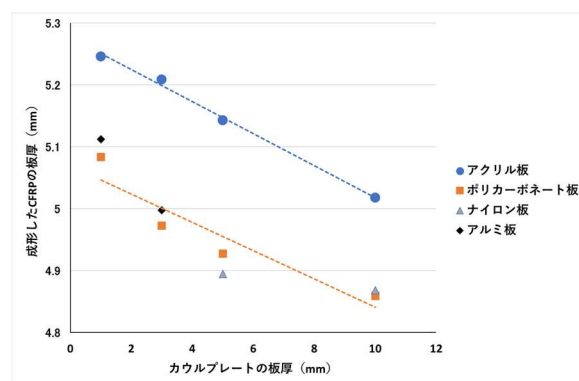


図 1 CFRP 板厚とカウルプレートの板厚の関係

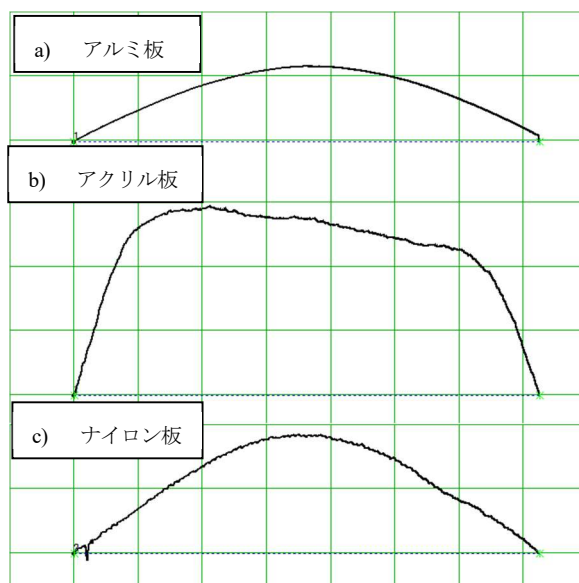


図 2 CFRP 形状計測結果

素形材加工技術による生産性向上・新商品開発支援

- レーザ熱処理技術の県内企業展開 [3] -

加工技術グループ 瀧田 敦子、黒沢 憲吾

Productivity Improvement and New Product Development with Material Processing - Deployment of Laser Heat Treatment Technology [3] -

Machining and Materials Processing Group Atsuko TAKITA and Kengo KUROSAWA

抄録

プラスチック射出成形における金型は、成形時の射出圧力による摩耗と発生するガスに起因した腐食で局所的に欠損が生じる場合があり、バリ不良の原因となる。本報では金型の局所欠損を防ぐため、レーザ熱処理で欠損予測箇所を部分的に硬化させ耐摩耗性の向上を図った。金型材(S55C)に対するレーザ熱処理工程の最適化では、焼入れ工程と焼戻し工程を2回ずつ行うことで均一な表面硬さの硬化部が得られた。また、実際の金型に対してレーザ焼入れ焼戻しを行い、射出成形による金型の摩耗状態を確認した結果、バリの発生がなくレーザ熱処理の有効性が確認できた。

[キーワード: レーザ熱処理、S55C、金型、射出成形、耐摩耗性]

Abstract

In injection molding, there is possibility of causing local damage of molds because the molds wear due to the injection pressure and the corrosion of mold also occurs by gas. Those damages cause the burr defection. To improve wear resistance of parts where the damage occur, the molds became locally hardened by the laser heat treatment in this report. The laser heat treatment process was optimized for the mold made by S55C. As the result, it was clarified that hardening treatment which obtained uniformly surface hardness needed two times quenching treatment and two times tempering treatment. Optimized process for molds (S55C) was applied for the actual mold. Wear status of the mold was observed after injection molding. It was confirmed that burr defection did not occur and the laser heat treatment had effect on the improvement of the wear resistance for molds.

[Keywords: Laser heat treatment, S55C, Molds, Injection molding, Wear resistance]

1. はじめに

本事業では、レーザ熱処理技術の普及とその適用範囲の拡大を図り、企業支援と技術検討を進めている。プラスチック射出成形において金型には、成形時の射出圧力による摩耗と発生ガスに起因した腐食で局所的に欠損が生じる場合があり、バリ不良の原因となる。局所的な欠損を防ぐため、予め発生が予測される箇所をレーザ熱処理により部分的に硬化させ、耐摩耗性の向上を図った。レーザ熱処理条件の最適化を行い、金型に最適なレーザ熱処理工程を検討した。また、実際の金型に対してレーザ焼入れ焼戻しを行い、射出成形による金型の摩耗状態を確認することでレーザ熱処理による耐摩耗効果を検証した。

2. 金型用レーザ熱処理工程の最適化

金型に適したレーザ熱処理プロセスを検討するため、金型を模擬して溝加工した S55C プレート (200 mm×200 mm、厚さ 30 mm) に対するレーザ熱処理工程の最適化を行った。S55C のレーザ熱処理では、残留オーステナイトの発生と加

熱不足による炭化物の残留で表面の均一硬化が阻害される可能性がある。対策として、残留オーステナイトには焼戻し処理の追加、加熱不足には複数回のレーザ照射が挙げられる。そこで、焼入れ焼戻し処理の有無と加熱回数を変えた条件で溝周りにレーザ熱処理を行い、表面硬さ分布を確認した。レーザ熱処理には、レーザ加工装置(Leaser line 社製、波長 940 nm)を用いた。照射面積を(幅)4 mm×(走査方向)8 mmとして、1000 °Cの温度制御、走査速度 8 mm/s でレーザ焼入れを行った。焼戻し処理では、制御温度を 600 °Cとして焼入れ処理と同じ経路にレーザを照射した。

図 1 に溝エッジからの距離と表面硬さの関係を示す。目標硬さは HV550~700 であり、焼入れ処理を 1 回行った場合は表面硬さが目標値範囲に収まらなかった。一方で、焼入れ処理後に焼戻し処理を行った場合は表面硬さのばらつきが大きい、エッジから 1.3 mm 程度離れた位置まで目標硬さの硬化部が得られた。焼戻し処理により、硬さが調整された。また、焼入れ焼戻し処理を同じレーザ照射経路で 2 回ずつ行った場合には、硬さのばらつきが少なくエッジから約 2 mm の位置まで目標硬さが得られた。耐摩耗性向上には目標範囲内での均一な硬化が望ましく、焼入れ処理 2 回の後に焼戻し処理 2 回を行う工程が S55C 金型に適したレーザ熱処理工程であることが分かった。

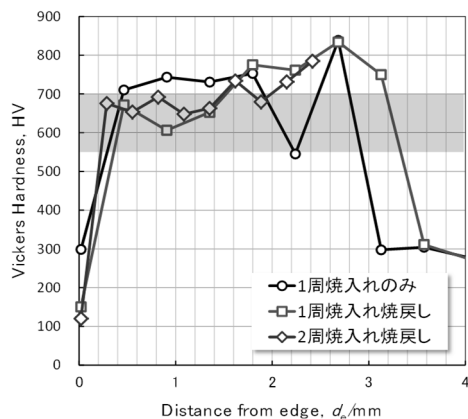


図 1 表面硬さに対するレーザ照射回数と処理の影響

3.レーザ熱処理の効果検証

実際の金型に対して、上述のレーザ焼入れ焼戻し処理を行った。処理範囲は図 2 に点線で示す 40 mm×80 mm エリア 2 か所である。1000 °Cの温度制御、照射面積 8 mm×8 mm、走査速度 8 mm/s、走査距離 40 mm で 120 本のラインでレーザ焼入れ処理を実施した。レーザ照射後に十分に冷却できるようにレーザ照射ラインの間隔を空けて 4 本/1 セット、計 30 セットで照射経路を設定した。2 回目の焼入れ処理も同じ照射経路で実施した。焼入れ処理後は制御温度を 600 °Cに変更し、2 回のレーザ焼き戻し処理を行った。隣り合うライン同士は重ならないように、且つライン間に隙間ができないようにレーザを照射したが、金型表面には縞状のレーザ照射痕を確認した。

レーザ熱処理施工の金型を用いて射出成形を行い、成形品表面の経過観察を行った。図 3 に成形品の表面状態を示す。表面にみられる凸部がエッジ部分の摩耗により生じたバリである。図 3(a)の点線間は金型でレーザ照射痕を確認した位置に対応し、1376 ショットではバリが発生しなかった。ショット数を増やすと、図 3(b)に示すようにレーザ非照射部ではバリの高さが高くなったが、レーザ照射痕に対応する箇所ではショット数を重ねてもバリの発生がない。レーザ照射痕では金型が局所的に表面硬化することで摩耗が抑制されており、金型の耐摩耗性向上にレーザ熱処理が有効であることが分かった。

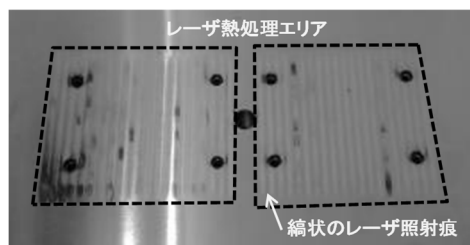


図 2 実際の金型へのレーザ熱処理外観

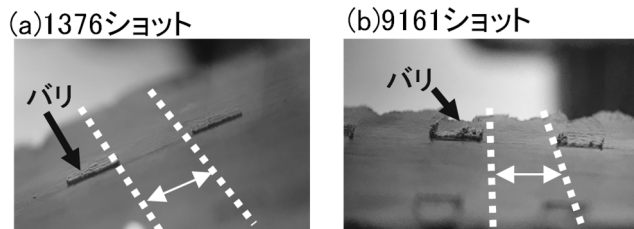


図 3 レーザ熱処理金型を用いた射出成形品のバリ

4. まとめ

金型(S55C)に対しては、焼入れ処理 2 回の後に焼戻し処理 2 回を行う工程が均一な表面硬さの硬化部が得られる最適なレーザ熱処理工程である。実際の金型に対してレーザ焼入れ焼戻しを行い、射出成形による金型の摩耗状態を確認した結果、バリの発生がなく耐摩耗性向上に対するレーザ熱処理の有効性が確認できた。

素形材加工技術による生産性向上・新商品開発支援

- プラスチック資源循環のための成形技術開発 [1] -

加工技術グループ 野辺 理恵

素形材開発部 工藤 素

機能性材料・デバイスグループ 阿部 禎也

新エネルギー・環境グループ 遠田 幸生

Productivity Improvement and New Product Development with Material Processing - Improving Polymer Processing Technologies for Plastic Resource Circulation [1] -

Machining and Materials Processing Group Rie NOBE

Ecological Material Development Section Makoto KUDO

Functional Material and Device Group Tomoya ABE

New Energy and Environment Group Yukio ENDA

抄録

本事業では、プラスチック資源循環のための成形技術を県内企業に普及し、カーボンニュートラル社会に貢献できる企業としての価値向上を目的としている。プラスチック資源循環のためにはリサイクルが必須であるが、県内企業はリサイクル率が低いことが課題となっている。本報告では、ガラス繊維強化ポリブチレンテレフタレート樹脂のダイレクトリサイクル成形を行い、リサイクル材の物性評価を行った結果を報告する。

[キーワード: プラスチック資源循環、ベント式射出成形、力学特性]

Abstract

We have studied polymer processing technologies for plastic resource circulation. Although material recycling has been required for plastic resource circulation, local companies have a low recycling rate. This work aims to enhance the enterprise value of local companies by contributing to carbon neutrality. We describe the mechanical properties of recycled polybutylene terephthalate obtained by direct recycling injection molding.

[Key words: plastic resource circulation, vented injection molding, mechanical properties]

1. はじめに

カーボンニュートラル社会実現のため、化石燃料を原料とするプラスチックは使用料の削減やリサイクルの促進、バイオ由来素材への転換などが求められている。2022年4月にはプラスチック資源循環促進法が施行され、ワンウェイプラスチックの排出抑制、プラスチックの再利用などの数値目標が示されている。一方、県内プラスチック成形企業は射出成形による生産を行っているが、カーボンニュートラルを考慮した成形技術の導入は進んでいない。また、受注生産率が高く、付加価値の高い自社製品の開発が難しいことや、原料価格の高騰に伴う製品価格の交渉が難しいことも課題となっている。本事業は付加価値の高いプラスチック成形技術を企業展開することにより、県内企業の競争力強化およびカーボンニュートラル社会への後編を推進し、企業価値を向上することを目的としている。

本報告では、県内企業で生産量の多いガラス繊維強化ポリブチレンテレフタレート樹脂(GF-PBT)を用いて、ベント式射出成形機によるダイレクトリサイクル成形を行い、リサイクル材の物性評価を行った結果を報告する。

2. 材料および実験方法

材料はガラス繊維含有量が 30 wt.% の GF-PBT (ポリプラスチック(株)DURANEX®PBT 3316)を用いた。試験片の作製は、ベント式可塑化ユニット((株)日本油機 スクリュー径: $\phi 32$)を搭載した電動式射出成形機(日精樹脂工業(株)NEX110IV-25EG)を用い、多目的試験片(JIS K 7139 タイプ A)を得た。材料は予備乾燥を行わず、飢餓供給装置((株)日本油機 HF-1)を用いて適量供給した。リサイクル材は、粉碎機((株)ホーライ VC3-360)を用いて多目的試験片を粉碎した。リサイクル材の割合が 30 wt.%となるようにバージン材と混合し、ホッパーに直接投入するダイレクトリサイクル成形を行った。リサイクル回数は 0 (バージン材)~4 回とした。射出条件はノズル温度が 270 °C、金型温度が 60 °C、射出速度が 100 mm/s、保圧が 40 MPa とした。

万能材料試験機(Instron 5967 型)を用いて引張試験および 3 点曲げ試験を行った。引張速度は 10 mm/s、曲げ試験速度は 2 mm/min として 5 回測定し、平均値を求めた。

3. 実験結果

図 1 にリサイクル回数が引張特性に及ぼす影響を示す。バージン材の引張強さは 125 MPa、引張弾性率は 3650 MPa であった。1 回リサイクルでは、引張強さは 123 MPa、引張弾性率は 6212 MPa に低下した。リサイクル回数の増加に伴って引張強さはおよび引張弾性率は低下し、4 回リサイクルでは引張強さ 121 MPa、引張弾性率 6177 MPa となったが、その低下率は約 3 % であった。図 2 にリサイクル回数が曲げ特性に及ぼす影響を示す。バージン材の曲げ強さは 186 MPa、曲げ弾性率は 9653 MPa であった。1 回リサイクルでは約 3 % 低下し、181 MPa となった。リサイクル回数が増加しても、曲げ強さの低下はみられなかった。曲げ弾性率も同様の結果であり、1 回リサイクルで 9520 MPa へと低下したが、4 回リサイクルしても同程度を維持し、その低下率はわずか 1 % であった。以上の結果から、材料の予備乾燥を行わずダイレクトリサイクル成形をした場合、引張特性および曲げ特性ともにバージン材と比較して 97 % 以上の強度を維持しており、リサイクル材の成形手法として有効であることが分かった。

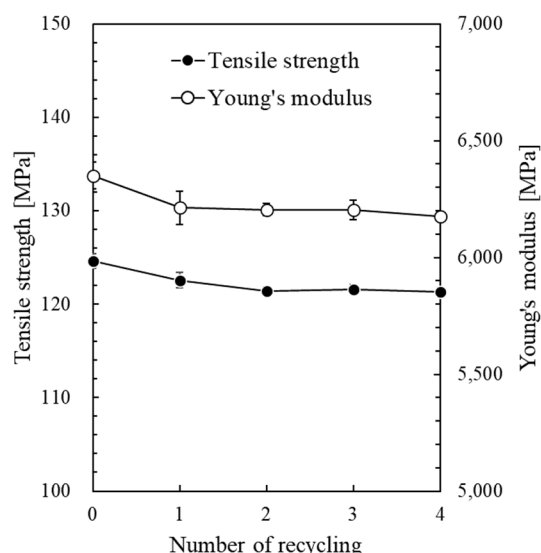


図1 リサイクル回数が引張特性に及ぼす影響

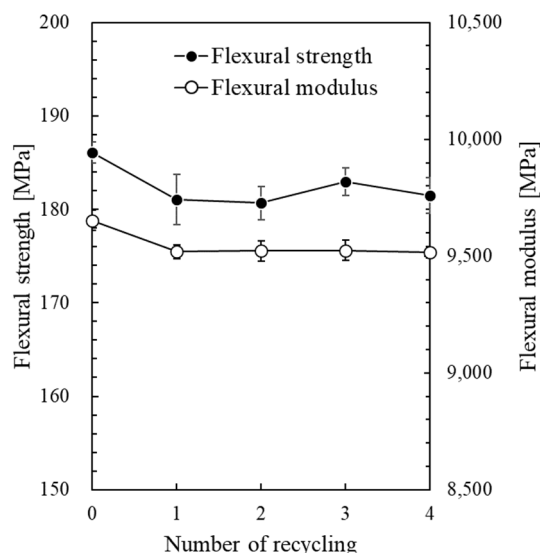


図2 リサイクル回数が曲げ特性に及ぼす影響

4. まとめ

ベント式射出成形機を用いて、材料の予備乾燥を行わず GF-PBT のダイレクトリサイクル成形を行い、物性を評価した。バージン材と比較してリサイクル材の物性は低下するが、97 % 以上の強度を維持しており、リサイクル材の成形手法として有効であることがわかった。

電子光技術やシステム制御技術による生産性向上・新商品開発支援

県内光学産業の高度化支援とセンサデバイスの企業展開 [3] -

オプトエレクトロニクスグループ 山根 治起

Electro-Optics and System Control Technologies for Productivity Improvement and New Products

- Advanced Optical and Photonic Devices for Sensing Applications [3] -

Optoelectronics Group Haruki YAMANE

抄録

地球温暖化などのグローバルな環境破壊や局所的な公害問題、さらには、感染症のパンデミック(世界的大流行)など、暮らしにおける安全・安心への関心は益々高まっている。これらの問題を解明／解決していくには、生活環境や医療等に関わる計測・検査技術の進展が不可欠である。本研究課題では、可燃性ガスやバイオ分子などの化学物質を高精度に検出できる新たな光検知式バイオ化学センサを開発し、県内光学関連企業による製品化を目的としている。特に、磁性体と光との相互作用である磁気光学効果を利用することで、高感度かつ安定な検出を特徴とする磁気光学式センサについての研究を実施している。本センサでは、検知素子を構成する磁性膜の磁化方向を、外部磁場を使って周期的に反転させる同期計測法を用いることで、高い検知精度を実現する。この場合、消費電力の低減ならびに装置小型化の観点からは、小さな印加磁場で磁化が反転できる磁性材料の開発が求められる。今年度は、磁気光学プラズモンセンサに用いる磁性薄膜について検討を行い、厚さが 0.5nm の極薄 CoPt 膜を用いることで、磁化反転磁場を約 2 桁低減することに成功した。今後、検知材料との組み合わせなどによって、各種バイオ化学センサとして実用化を目指す。

[キーワード: バイオ化学センサ, 磁気光学, 磁気特性]

Abstract

Enhancements on magneto-optical (MO) effects due to optical interferences, photonic crystals, and plasmon resonances have been extensively studied, because large MO activities are desirable in practical applications, such as optical recording media, telecommunications, and optical chemical and biological sensors. In this research, the improvements in magnetic properties of MO plasmon elements have been investigated for bio-chemical sensing applications. The CoPt magnetic ultra-thin films generated very low magnetic saturation field, and so it would be useful for high-performance sensor elements.

[Key words: chemical and biological sensor, magneto-optical effect, optical interference]

1. はじめに

地球温暖化による環境破壊や、感染症のパンデミック(世界的大流行)など、暮らしにおける安全・安心への関心は益々高まっている。これらの問題の解明・解決には、生活環境や医療などに係る計測／検査技術の進展、つまり高性能バイオ化学センサが不可欠である。化学物質の検出や濃度判定に用いるバイオ化学センサには、ガス漏れや火災に伴う有毒ガスを検知するガスセンサ、溶液中のイオンを検知するイオンセンサ、生体反応を検知するバイオセンサなどがある。本研究課題では、光と磁性体との相互作用である磁気光学効果を利用した新規センサの開発を目的としており、表面プラズモン共鳴あるいは光学干渉による磁気光学特性の増大とともに、水素ガスセンサへの応用について報告している^[1,2]。今年度は特に、磁気光学プラズモンセンサの磁気特性の改善について検討を行った。

2. 磁気光学プラズモンセンサ

表面プラズモン共鳴を利用した磁気光学式センサの一例として、水素ガス検知への応用について説明する。センサ素子は、【水素検知層／磁性層／貴金属層】積層膜を基本構成とし、直角プリズムと光学結合して、基板裏面から p 偏光を照射することで、表面プラズモンを励起する。単層膜に比べて数百倍に及ぶ磁気光学特性が実現できるとともに、その増幅率は積層膜の表面状態に非常に敏感でもある。水素ガスを検知する際は、積層膜表面に形成された水素検知層の水素反応にともなう物性変化を磁気光学信号(偏光角)として計測する。水素検知に用いる積層膜の代表的な構造は、[Pd(3)/Al₂O₃(5)/CoPt(3.9)/Ag(9)/ZnO(30), unit nm]/ガラス基板であり、Pd 層、CoPt 層、および、Ag 層が、それぞれ、水素検知、磁気光学、および、プラズモン励起を担う。本積層膜を用いて、室温での水素ガスの検知実験を行った結果を図 2 に示す。水素ガスの導入／遮断にともなって、検知信号の明瞭な変化が確認できる。ここで、磁気光学式センサでは、測定光強度に依存しない偏光角を計測することで、高い安定性を実現する。実際に、入射光強度を変えて水素ガスの検知実験を行い、検知信号に影響がないことも確認している。

さらに、磁気光学式センサでは、検知素子を構成する磁性層の磁化方向を、外部磁場を使って周期的に反転させる同期計測を用いることで、高い検知精度を実現する。その際、消費電力の低減ならびに装置小型化の観点からは、小さな印加磁場で磁化が反転できる磁性材料が求められる。検討の結果、図 3 に示すように、厚さが 0.5 nm 程度の極薄 CoPt 膜を用いることで、これまでに比べて、磁化反転磁場を約 2 桁低減することに成功した。また、磁気光学顕微測定では、膜厚の減少にともなって、磁化反転機構が、【磁壁移動】→【磁気バブル】→【連続回転】へと変化する様子が観測された。現在、高エネルギー加速器研究機構での放射光計測によって、磁気物性について詳細な調査を進めている。

3. まとめ

光と磁性体との相互作用である磁気光学効果を利用することで、新たな高性能バイオ化学センサの開発を進めている。磁気光学式センサでは、検知素子を構成する磁性膜の磁化方向を、外部磁場を使って周期的に反転させる同期計測法を用いることで、高い検知精度を得ることができる。今年度は特に、磁気光学プラズモンセンサに用いる磁性薄膜について検討を行い、厚さが 0.5nm の極薄 CoPt 膜を用いることで、磁化反転磁場を約 2 桁低減することに成功した。消費電力の低減ならびに装置小型化が期待できる。本研究の一部は、科学研究費助成事業(23K04619)の助成のもと実施した。

文 献

- [1] H. Yamane, Jpn. J. Appl. Phys. Vol.60, SCCG01 (2021)
- [2] 山根治起, 電気学会論文誌 E 139, 317 (2019)

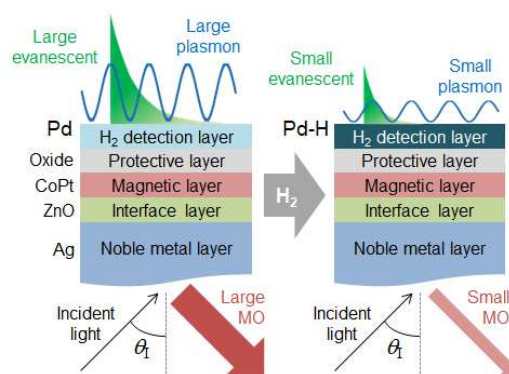


図1. 磁気光学式水素ガスセンサの構造

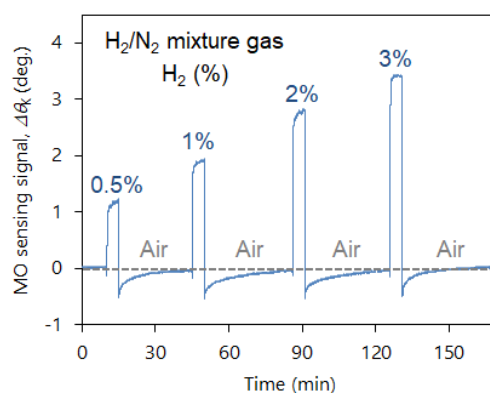


図2. 磁気光学式センサによる水素検知

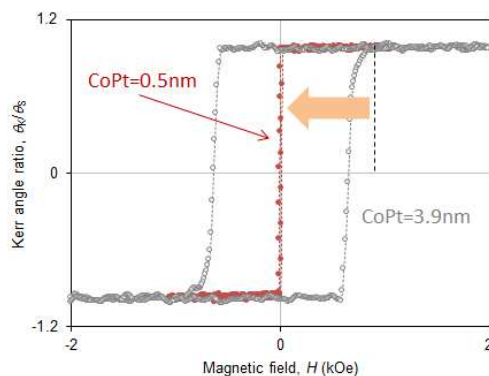


図3. 極薄 CoPt 膜による飽和磁場の低減

電子光技術やシステム制御技術による生産性向上・新商品開発支援

- 機能性光学デバイス技術の県内企業展開 [3] -

機能性材料・デバイスグループ 内田 勝

電子光応用開発部 梁瀬 智

Electro-Optics and System Control Technologies for Productivity Improvement and New Products

- Development of Functional Optical Device Technologies [3] -

Functional Materials and Device Group Masaru UCHIDA

Electronics and Optics Application Development Section Satoshi YANASE

抄録

液晶レンズは、液晶材料を用いた新しい光学デバイス(機能性光学デバイス)であり、秋田県発の技術シーズでもあり、その応用が期待されている。高抵抗膜の径を制限した液晶レンズの試作・評価を行い、凸レンズ特性が改善することを検証している。本報では凹レンズ特性の改善のために、従来の円形中央電極と外電極で駆動する方式を、中央電極を同心円状に2分割した構造とし、その外側電極の駆動電圧および駆動周波数の制御を検討した。その結果、収差低減の観点から周波数制御が凹レンズ特性の改善に有用な駆動法であると考えられる。

[キーワード:液晶レンズ、高抵抗膜、光学特性、電極構造、駆動方法]

Abstract

A liquid crystal (LC) lens is a one of a functional optical device, which can be changing of focus length with control of electrical voltage, and also is one of the important technical seeds invented in Akita Prefecture. The LC lenses with a limited diameter high-resistance film were tried and shown improvement of the convex lens characteristics. In this report, in order to improve the concave lens characteristics, the conventional driving method by electrode structure with a circular center electrode and outer electrodes was revised. A LC lens was made with an electrode structure of a with two-divided center electrodes, the control of the driving voltage and driving frequency of the outer electrode was investigated. As a result, frequency control is considered to be a useful driving method for improving concave lens characteristics from the viewpoint of reducing aberrations.

[Key words: liquid crystal lens, high-resistance film, optical properties, electrode structure, driving method]

1. はじめに

液晶レンズは、液晶材料を用いた新しい光学デバイス(機能性光学デバイス)であり、秋田県発の技術シーズでもある。小型イメージングデバイスやセンシングデバイス等がヒューマン・インターフェイス機器への応用が進む中で、機械的動作がなく凸凹焦点可変機能を持つ液晶レンズによる応用が期待されている^[1]。近年では、用途範囲をより広げるためにレンズ径を大口径化する技術開発も進められている。

前報では、高抵抗(HR)膜の径(HR 径)を制限した液晶レンズに対して計算機シミュレーションでレンズ特性の改善を検討した^[2]。その後の試作・評価で凸レンズ特性が改善することを検証している。凹レンズにおいても特性の評価を進めているが、レンズパワー(レンズ度数)の増加と収差の低減が課題となっている。本報では、円形高抵抗膜付きの液晶レンズにおいて、従来の円形中央電極と外電極の2電圧で駆動する方式を、中央電極を2分割した構造とし、その外側電極の

駆動電圧および駆動周波数を制御することで凹レンズ特性の改善を検討した^[3]。

2. 試作・実験・結果

液晶レンズの電極構造を図 1 に示す。ITO 膜をパターンニングして、2分割した中央電極(内電極: V1(径 8 mm)と内外電極: V2)および外電極: V3 を配置した。V3 の内孔 10 mm がレンズ径である。透明絶縁膜を介して HR 膜($2 \times 10^6 \Omega/\square$)を設け^[4]、さらにリフトオフ法で径 11 mm とした。液晶の複屈折率 Δn は 0.298、セルギャップは $53 \mu\text{m}$ である。

各電極を駆動する電圧および周波数(矩形波)をそれぞれ $V_1, f_1, V_2, f_2, V_3, f_3$ とする。図 2 は、 $V_1 = V_2 = 2.5 \text{ V}_{\text{rms}}, V_3 = 1 \text{ V}_{\text{rms}}, f_1 = f_2 = f_3 = 3 \text{ kHz}$ の“通常駆動”で得られた干渉縞パターンと光学位相差分布である。位相差分布に不連続性(“ジャンプ”)が発生するために変化量、レンズパワー(放物線近似した 2 乗係数)が小さい。

“通常駆動”から V_2 を制御すると($2.5 \text{ V}_{\text{rms}}$ から下げると)、位相差分布の“ジャンプ”量が減少して変化量が増加したことによりレンズパワーが増加した(図 3 の(a)と(b))。これは V_2 電極による電界分布が HR 径のエッジ付近に作用したことによると考えられる。また、図 3 の(c)と(d)に示す f_2 制御(3 kHz から高くすること)においても“通常駆動”よりもレンズパワーが増加することが分かった。さらに、図 3 の(b)と(d)との比較からは、 f_2 制御の方が収差が小さい(グラフ中の放物線へのフィッティングが良く RMS 誤差が小さい)ことが分かる。種々条件を検討して位相差分布を解析した結果(図 4)、 $f_2 = 9 \text{ kHz}$ では“通常駆動”と同等の RMS 誤差で 3 倍大きいレンズパワーが得られることが分かった。

3. まとめ

円形高抵抗膜付きの液晶レンズの凹特性改善のために 2 分割した中央の外側電極の駆動電圧および駆動周波数の制御を検討した。その結果、収差低減の観点から周波数制御が凹レンズ特性の改善に有用な駆動法であると考えられる。

文 献

- [1] M. Ye *et al.* : Jpn. J. Appl. Phys. 52, 042501 (2013).
- [2] 梁瀬ほか: 秋田県産業技術センター令和 4 年度業務年報, 66 (2023).
- [3] 内田ほか: 第 71 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 24a-P01-13 (2024).
- [4] 内田ほか: 秋田県産業技術センター令和 3 年度業務年報, 68 (2022).

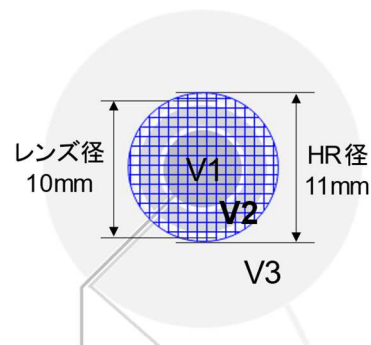


図1 電極は内電極: V1、内外電極: V2、外電極: V3、HR 膜はハッチング部分

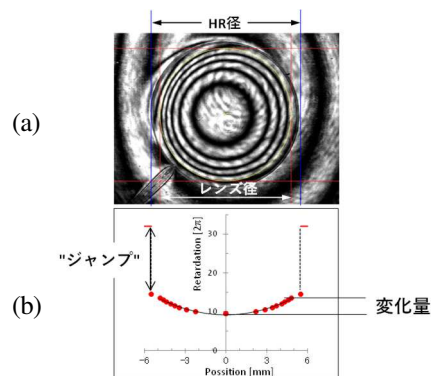


図2 “通常駆動”での(a)干渉縞パターンと(b)光学位相差分布（レンズ径内で放物線近似）

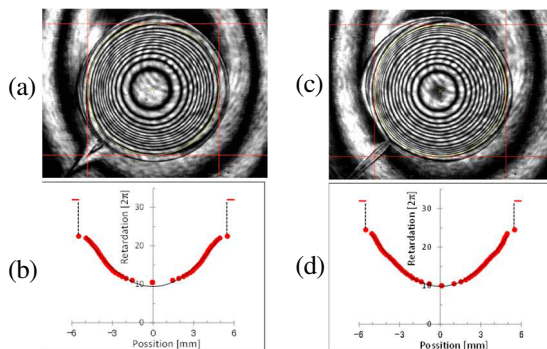


図3 $V_2 = 1.2 \text{ V}_{\text{rms}}$ での(a)干渉縞パターンと(b)光学位相差分布、 $f_2 = 9 \text{ kHz}$ での(c)干渉縞パターンと(d)光学位相差分布

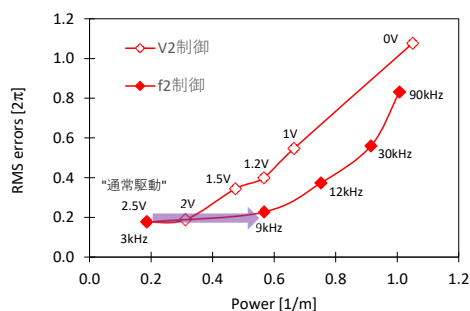


図4 レンズパワーと RMS 誤差の関係

電子光技術やシステム制御技術による生産性向上・新商品開発支援

- 電界攪拌技術を用いた新型ウイルス等に対応した迅速検査システムの開発 [3] -

システム制御グループ 中村 竜太、大久保 義真、久住孝幸

Electro-Optics and System Control Technologies for Productivity Improvement and New Products

- Development of Rapid Diagnostic System for New Viruses using Electric Field Mixing (EFM) [3] -

System Control Group Ryuta NAKAMURA, Yoshinobu OKUBO and Takayuki KUSUMI

抄録

秋田県独自技術である電界攪拌技術を用いて、新型ウイルス等の感染症における抗体検査にも応用可能な ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay: 酵素結合免疫吸着測定)^[1]法のプロセス時間の迅速化を目指す。本年度は、従来の吸光度測定に替わる新たな検出方法として、株式会社小滝電機製作所で独自に開発したクイック光質センサを活用し、ELISA 後の発色液滴の色調を評価する装置の開発を行い、ELISA における従来吸光度測定と色調測定の相関評価を行った。その結果を報告する。

[キーワード: 電界攪拌技術、酵素免疫測定法、抗原抗体反応、クイック光質センサ]

Abstract

By the electric field mixing (EFM) that is Akita's original technology, we aim to speed up the processing time of the ELISA method, which can be applied to antibody test for Infectious diseases caused by new viruses. In this report, as a new detection method to replace the conventional absorbance measurement, using a quick light quality sensor originally developed by Otaki Electric Manufacturing Co., Ltd., we developed a device to evaluate the color tone of colored droplets, and evaluated the correlation between conventional absorbance measurement and color tone measurement in ELISA.

[Key words: Electric Field Mixing, enzyme-linked immunosorbent assay, antigen-antibody reaction, quick light quality sensor]

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症等における検査について、ウイルスそのものを特定する PCR 検査や抗原検査、感染後の抗体の有無を確認する ELISA 法を用いた抗体検査が適宜行われている。長所短所がそれぞれの検査に存在するが、抗原検査以外において共通する課題として、それぞれ約 3 時間程度の長時間を要することが挙げられる。

そこで、本事業では、秋田県独自技術である電界攪拌技術^[1]を用いて、これら検査時間の迅速化を目指す。ELISA には多くの検出法があり、一般的に比色定量、蛍光、化学発光がよく利用されている。発色反応した液を分光光度計等の専用機器によって吸光度等が測定され、数値化される。この検出方法においては、測定に関してある程度の液量や、それぞれの色に合わせた検出フィルターも必要となる課題がある。それら従来の吸光度測定に替わる方法として、株式会社小滝電機製作所で独自に開発したクイック光質センサを用い、吸光度ではなく色調によって評価する方法を新たに開発することを目的とする。

2. クイック光質センサを用いた色調評価装置の開発

開発した色調評価装置を図 1 に示し、クイック光質センサによる測定原理を図 2 に示す。LED 照明からの拡散光をレンズによってコリメート光とし、スライドガラスを通し、発色した検体液の色調をセンサによって検出する。これを 1 スポットごと自動で走査させて最大 96 スポット測定できる装置である。

3. 開発した色調評価装置における発色評価

開発した装置を用いて、従来の吸光度測定方法との比較評価を行った。96 ウェルを用いた吸光度測定とスライドガラスを用いた色調測定における相関係数を図 3 に示す。液量が小さくなれば、吸光度測定 (X 軸) において、吸光度のダイナミックレンジが小さくなるが、光質センサを用いた彩度評価 (Y 軸) においては、15 μL になっても彩度のダイナミックレンジは変化しない。この結果から、微量でも計測可能であることが、本装置のメリットである。

従来の静置方法による ELISA 法と電界攪拌技術を導入した ELISA 法の比較を行った。実際の ELISA 後の発色写真及び抗体濃度と彩度で評価した結果を図 4 に示す。この結果から、電界攪拌を導入することにより、彩度が約 1.4 倍向上することが確認できた。また、それぞれでばらつきを評価した結果、電界攪拌を用いた ELISA では、静置法に比較して、ばらつきが小さいことが確認できた。

4. まとめ

光質センサを用いた彩度評価において、15 μL でも評価可能であることが確認できた。また、電界攪拌 ELISA 法により、静置法と比較して、彩度が約 1.4 倍向上し、かつばらつきが小さいことも確認できた。

謝辞 本研究の一部は、令和 3 年度あきた企業活性化センターあきた中小企業未来応援ファンド事業「バイオ向け高速多点色調測定装置の研究開発」(株式会社小滝電機製作所)のご支援によるものであり、ここに感謝の意を表します。

文 献

[1] 中村竜太ら, 電界非接触微粒子攪拌技術の開発, 精密工学会誌, Vol.80, No.9 (2014) 862-866.



図 1 開発した色調評価装置

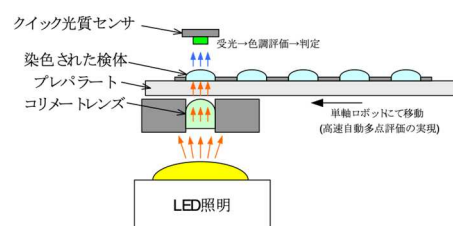


図 2 クイック光質センサによる測定原理

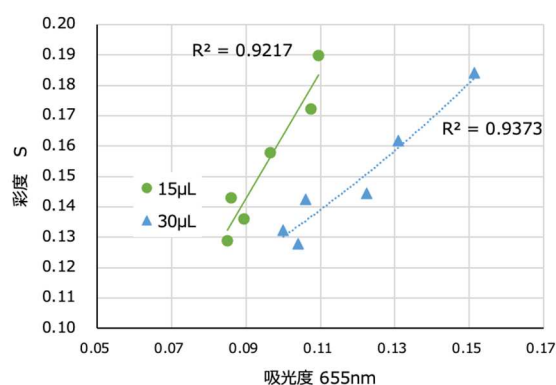


図 3 吸光度測定と色調測定における相関係数

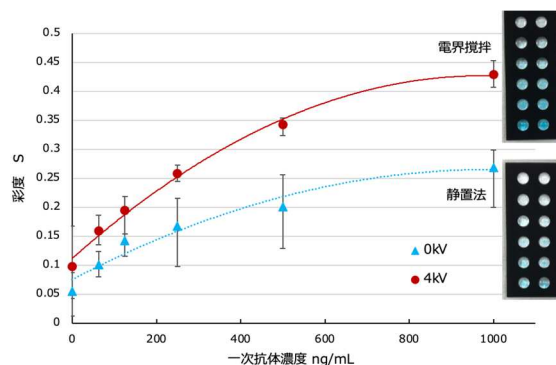


図 4 抗体濃度と彩度の関係

電子光技術やシステム制御技術による生産性向上・新商品開発支援

- 電界砥粒制御技術を用いた結晶材料の加工技術支援 [1] -

システム制御グループ 久住 孝幸、越後谷 正見

Electro-Optics and System Control Technologies for Productivity Improvement and New Products

- Technical assistance for Processing of Crystalline materials using Electric Field-assisted Abrasives control technology [1] -

System Control Group Takayuki KUSUMI and Masami ECHIGOYA

抄録

「結晶材料」は、古くからルビーなど宝飾品として知られている材料であるが、今日の工業用途にも広く用いられており、電子デバイス、発光素子、光学素子、エネルギー変換素子など、幅広い分野で利用されている。本事業では、結晶材料インゴットの切り出しから高品位表面仕上げ加工までの各工程に対して、秋田県独自技術である電界砥粒制御技術による援用加工技術の提案などを通して、結晶材料等の高脆材加工技術の高度化技術支援を行う。本年度は、電界砥粒制御技術の実用化に向けて、研磨装置メーカーとの共同研究を行うとともに、センターで保有する各種測定機器による加工品位評価などを通して高脆材加工技術の高度化技術支援を行った。

[キーワード: 電界砥粒制御技術、結晶材料、切断、研磨]

Abstract

“Crystalline materials,” known since ancient times as materials for jewelry such as rubies, are widely used in today’s industrial applications in a wide range of fields such as electronic devices, light-emitting elements, optical elements, energy conversion elements, etc. This project provides advanced technical assistance for the processing of brittle materials such as crystalline materials from slicing out ingots to high-grade surface polishing through proposals for processing technology using Electric Field-assisted Abrasives control technology, that is Akita’s original technology. This year, we have conducted joint research with polishing machine manufacturers towards the practical application of Electric Field-assisted Abrasives control technology. And we have provided advanced technical support for the processing of brittle materials through evaluations of processing quality using various measuring instruments.

[Key words: Electric Field-assisted Abrasives control technology, Crystalline materials, slicing, polishing]

1. はじめに

「結晶材料」は、古くからルビーや水晶など宝飾品として知られている材料であるが、今日の工業用途にも広く用いられており、電子デバイス、発光素子、光学素子、エネルギー変換素子など、幅広い分野で利用されている。これらの材料は、結晶成長させたインゴットから切り出し、所定の形状に整えた後に、結晶材料の機能を発揮させるための表面を創成するためにナノメートルオーダーまで磨き上げることによって工業製品として提供される。秋田県には、これらの結晶材料を成長製造から行う企業や、近年の工業製品の高度化によってますます要求の高まる表面を創成し得る高品位加工を生業とする企業が数多く存在する。

本事業では、結晶材料インゴットの切り出しから高品位表面仕上げ加工までの各工程に対して、秋田県産業技術センターで保有する各種測定機器による加工品位評価や、秋田県独自技術である電界砥粒制御技術による援用加工技術の提案などを通して、結晶材料等の高脆材加工技術の高度化技術支援を行う。

2. 評価・解析手法や加工技術の提供による技術移転・高度化支援

本年度は、県内外企業・機関の27事業所(うち、県内18事業所)に対し、技術相談・指導を107件、設備利用60件、簡易受託研究20件、共同研究10件などを通して、技術移転や高度化支援を実施した。

評価解析事例紹介: 図1は秋田県産業技術センターにて保有する高分解能プローブ顕微鏡によって得られたSiC ウェハのダイヤモンドラップ面の表面観察像である。粒径の大きなダイヤモンド粒子によるスクラッチ痕の他、ところどころに、ピットのようなクラックが入っている様子が観察された。結晶材料ではこういったピットは、結晶構造に深さ方向に見えないダメージが入って加工変質層として残る。加工変質層の深さは、後工程の加工時間の増減に響くので、加工の良し悪しの指標の一つとなる。

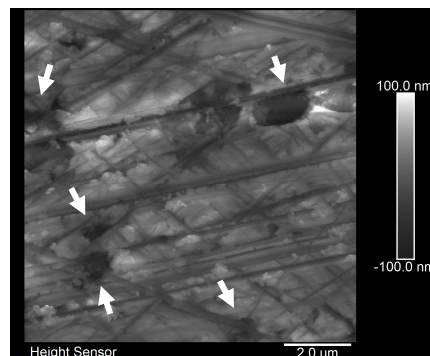


図1 解析事例:高分解能プローブ顕微鏡によるSiC ウェハのダイヤモンドラップ面観察像

3. 電界砥粒制御技術^[1]の実用化に向けた取り組み

赤上らは、低周波高圧電界によって研磨スラリー中の砥粒が活発に運動する特徴を見出し、これを遊離砥粒研磨加工に展開した。図2に示すように砥粒の飛散性を抑制させ、研磨面に引き込むことによって良好な研磨を進める加工法が電界砥粒制御技術^[1]である。一方で、高電圧を印加する電極を上部研磨ヘッド内に搭載する必要があるため、装置に組み込む際に制約が生まれ、ウェハ大口径化の際には、剛性や平坦性を担保するためのヘッドの製作が大きな課題となって実用化のハードルの一つになっている。

そこで、研磨装置メーカーと共同研究を行い、電界印加用の電極を一体化させた研磨ヘッド方式ではなく、電界砥粒制御用電極と研磨ヘッドを分離配置した構成の研磨装置を提案した^[2]。本方式で研磨レートの向上効果認められ、また、電界印加周波数掃引機能を用いることによって、これまで必要だった周波数の最適化検討を容易にした。

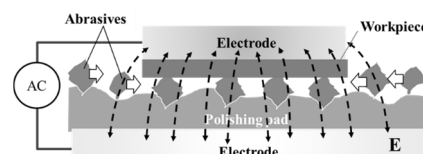


図2 電界砥粒制御技術の原理模式図

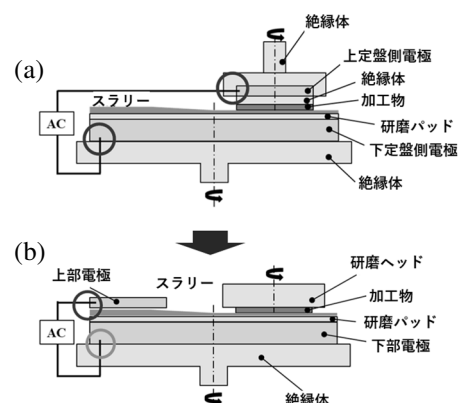


図3 電界砥粒制御技術用電極配置

(a)既存方式、(b)提案方式

4. まとめ

電界砥粒制御技術の実用化に向けて、研磨装置メーカーと共同研究を行い、従来の電界印加用電極が一体化した研磨ヘッド方式ではなく、電界砥粒制御用電極と研磨ヘッドを分離配置した構成の研磨装置を提案した。また、センターで保有する各種測定機器による加工品位評価などを通して高脆材加工技術の高度化技術支援を行った。

文 献

[1] 赤上陽一他, 粒子分散型機能性流体を用いた研磨方法の開発, 日本機械学会論文集 C 編, 66, 649, (2000) 270.

[2] 神津美和, 宮下忠一, 久住孝幸, 電界砥粒制御技術における電極配置と周波数掃引効果, 2023 年度砥粒加工学会学術講演会論文集, (2023) 40.

エネルギー技術の県内企業展開

- エネルギーの効率的利用に関する技術開発 [3] -

新エネルギー・環境グループ 高山 健太郎、伊勢 和幸

Development of Energy Technology - Technology for Effective use of Energy [3] -

New energy and Environment Group Kentaro TAKAYAMA and Kazuyuki ISE

抄録

太陽光発電パネル(PV パネル)の廃棄量の増大に伴い、最終処分場のひっ迫することが見込まれる。その問題の解決には、使用済み PV パネルのリユースの可否を判断する劣化診断技術が重要となる。これまで当センターでは、交流インピーダンス法による新たな劣化診断技術を検討している。本年度は PV パネルに対して結露などを追加した条件で耐候性試験を行った。その結果、耐候性試験後には PV パネルが劣化していたことを、交流インピーダンス法で確認できた。[キーワード:太陽光発電、劣化診断、交流インピーダンス法、耐候性試験]

Abstract

The increasing disposal of photovoltaic panels (PV panels) is expected to lead to a shortage of final disposal sites. To solve this problem, it is important to develop a degradation diagnosis technology to determine whether used PV panels can be reused or not. We are studying a new degradation diagnosis technology based on the AC impedance method. This year, weathering tests were conducted on PV panels under additional conditions such as condensation. The results showed that the PV panels were degraded after the weather resistance test, which was confirmed by the AC impedance method.

[Keywords: photovoltaic power generation, deterioration diagnosis, AC impedance method, weather resistance test]

1. はじめに

東日本大震災などの際に問題となった安定的な電力需給を契機として、「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法(FIT 法)」による後押しなどにより、再生可能エネルギーによる電力の導入が進んできた。また、国の政策による各種補助金など支援もあり、太陽光発電は全国各地で導入が進んできた。PV パネルの製品寿命は一般的に、25～30 年とされている^[1]。そのため 2010 年頃に加速的に導入量が増加した PV パネルは、一定の役割を終える 2030～2040 年代には、大量の廃棄物となる懸念がある。廃棄物として扱われる PV パネルの問題には、最終処分場のひっ迫や PV パネルからの有害物質の流出などがある。これらの問題を解決するためには、PV パネルの材料リサイクルだけでなく、まだ再利用の可能性の是非を判別する技術、即ち、使用済み PV パネルの劣化診断技術が必要となる。しかしながら現状は、故障診断技術はあるものの、十分な劣化診断技術はなく、その技術開発が望まれる。

当センターでは昨年度から PV パネルの新しい劣化診断技術として、交流インピーダンス法に着目し、その可能性について検討を進めている^[2]。この手法では、電気配線の異常の他に、PV パネルを構成する材料の劣化に関する情報も得られることが期待される。昨年度は紫外線照射による耐候性試験を PV パネルに対して実施したが、十分に劣化させることはできなかった。本年度は結露などを加えた条件で耐候性試験を行い、試験前後での交流インピーダンス法による測定から、PV パネルの劣化を評価することが出来たので、その結果を報告する。

2. 実験方法

実験には昨年度の実験で用いた試料と同仕様の小型の PV パネル (PV モジュール) を用いた^[2]。

耐候性試験には、促進耐候性試験機 (岩崎電気 (株) 製、SUV-W161 型) を用いた。同試験では、紫外線照射を 10 時間、次に結露を 5 時間、最後にシャワー 30 秒間を 1 サイクルとし、累積紫外線照射時間が 100、200、300、400、500 時間となるようにサイクルを繰り返した。紫外線照射時の設定条件は、紫外線強度 150 mW/cm^2 、温度 85°C 、相対湿度 70% RH とした。また、結露時には紫外線照射と温度制御は行わず、相対湿度 100% RH とした。なお、紫外線強度 150 mW/cm^2 で最大照射時間 500 時間は、屋外環境でおよそ 10 年分の紫外線照射量に相当する。

交流インピーダンス法による測定には、電気化学測定システム (東陽テクニカ製、Model 1260-MAS (ソーラトロン)) を用いた。その測定条件を表 1 に示す。交流インピーダンス法の測定結果の 1 つである Cole-Cole プロットの例を図 1 に示す。一般的に、PV モジュールの R_{sh} と R_s の関係は、 $R_{sh} \gg R_s \approx 0$ であり、 $R_s + R_{sh} \approx R_{sh}$ と考えることができる。従って、以降の本実験での $R_s + R_{sh}$ は、単に R_{sh} と表記する。

3. 結果と考察

図 2 に PV モジュールの R_{sh} の温度依存性を示す。同図から R_{sh} には温度依存性があることがわかる。そこで本実験では、PV モジュールの測定時には恒温恒湿槽内に入れ、一定の温度 (25°C) で測定を行った。図 3 に結露有りと無しの条件で耐候性試験を行った前後での R_{sh} の比 (抵抗比) の測定結果を示す。結露有りでは、結露無しに比べて全照射時間で抵抗比は小さい。また 500 時間の紫外線照射では、結露有りでの抵抗比は 0.6 程度まで低下しており、水の影響により PV モジュールの劣化が進んだと思われる。従って、結露などの条件を追加した耐候性試験により PV モジュール内部での劣化が進み、その結果として抵抗比が低下することを、交流インピーダンス法で確認できた。

4. まとめ

PV モジュールに対して、結露などの条件を追加した耐候性試験を実施し、交流インピーダンス法で測定を行った。耐候性試験後には PV モジュールの抵抗比は低下しており、水の影響により内部劣化が進んだことを、交流インピーダンス法によって確認できた。今後は PV パネルの劣化に関わる要因の詳細な調査を進める。

謝辞 本研究の一部は、環境省「脱炭素型循環経済システム構築促進事業」の一環として行われた。

文 献

[1] 資源エネルギー庁: “2040 年、太陽光パネルのゴミが大量に出てくる? 再エネの廃棄物問題”,

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/taiyoukouhaiki.html>

[2] 秋田県産業技術センター 令和 4 年度業務年報、pp.70-71 (2023)

表 1 交流インピーダンス法による測定条件

交流電圧	0.02 V
掃引周波数	1 Hz ~ 1 M Hz
恒温恒湿槽内温度	$25 \pm 1^\circ\text{C}$
PV モジュールの状態	遮光状態 (非発電状態)

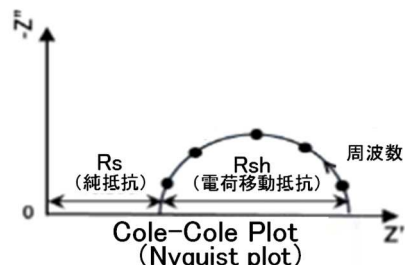


図 1 Cole-Cole プロットの例

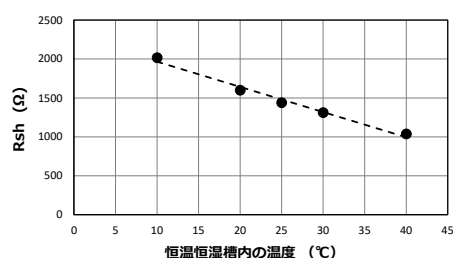


図 2 PV モジュールの R_{sh} の温度依存性

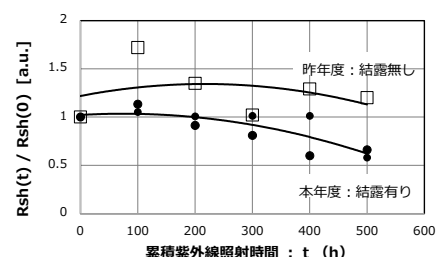


図 3 耐候性試験前後の PV モジュールの抵抗比の紫外線照射時間依存性

エネルギー技術の県内企業展開

- 熱マネジメント技術の開発と県内企業展開 [3] -

新エネルギー・環境グループ 井上 真、伊勢 和幸

Development of Energy Technology - Development of Thermal Management Technology and Deployment for Companies in the Prefecture [3] -

New energy and Environment Group Makoto INOUE and Kazuyuki ISE

抄録

県内における熱エネルギーの有効活用を図るため、熱交換器と熱発電の検討を行っている。熱交換器では、冷媒にCO₂を使用する家庭用ヒートポンプユニットを想定し、新規提案の二重管構造の基礎的な性能解析を行った。水が流れる内管内で乱流を促進することで、熱交換器の性能改善の可能性を、熱流体解析により確認した。

また熱発電では、IoT デバイス用電源として熱発電システムの基礎実証を行った。熱解析で性能予測した構造で試作と動作検証を行った。その結果、狭設置面積かつ小さな温度差でも、IoTデバイスの連続動作が可能である事を確認した。

[キーワード: 二重管型熱交換器、乱流、熱流体解析、熱発電、IoTデバイス]

Abstract

A heat exchanger and heat power generation were studied for effective utilization of thermal energy in the prefecture. For the heat exchanger, a basic analysis of a newly proposed double-tube structure was conducted, assuming a residential heat pump unit that uses CO₂ as refrigerant. The possibility of performance improvement in heat exchanger by generating turbulence in the inner tube where water flows was confirmed through thermo-fluid analysis.

We have also conducted a basic demonstration of a thermoelectric system as a power source for IoT. A prototype was fabricated and demonstrated using a structure whose performance was predicted by thermal analysis. As a result, it was confirmed that continuous operation of IoT devices was possible even with a small footprint and small temperature differences.

[Keywords: double-tube heat exchangers, turbulence, thermo-fluid analysis, thermoelectric, IoT device]

1. 熱交換器の検討

1-1はじめに

近年、家庭用温水機器として環境に考慮した冷媒であるCO₂を用いた熱交換器を搭載する機器の普及が進んでいる。その熱交換器では、乱流の促進により高効率化が可能である^[1]。そこでCO₂熱交換器の性能改善を効率的に進めるために、新たに提案する乱流を促進する構造を取り入れた二重管型熱交換器の性能改善の効果を、熱流体解析により確認したので、その概要を報告する。

1-2 解析条件および結果

熱流体解析には、これまでも流体解析に使用していた解析ソフトのXFlow を用いた^[2]。今回新たに提案する構造の解析モデルを図1に示す。複数の穴がある板(以下、絞り板)を、二重管型熱交換器の内管内に配置す

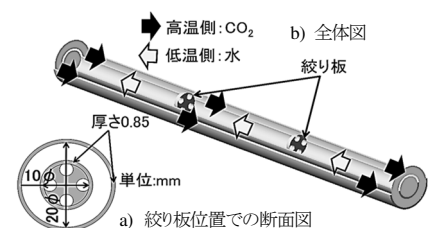


図1 絞り板が2枚の二重管型熱交換器の解析モデル(穴数:4個)

ることで、内管内の水に乱流を促し、熱交換性能の向上を図る狙いがある。熱交換器の全長は 220 mm、内管内径は 10 mm ϕ 、外管内径は 20 mm ϕ 、管材には厚さ 0.85 mm の銅合金を設定し、管材表面の境界条件は滑りなしとした。低温側(内管)には 25 $^{\circ}\text{C}$ の水、高温側(外管)には 90 $^{\circ}\text{C}$ の CO_2 を共に流量 2 L/min で、対交流に設定した。なお CO_2 の物性値は、ヒートポンプユニット内のコンプレッサーで圧縮された状態を仮定し、密度は 461 kg/m^3 、熱伝導率は 0.0214 $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$ とした。

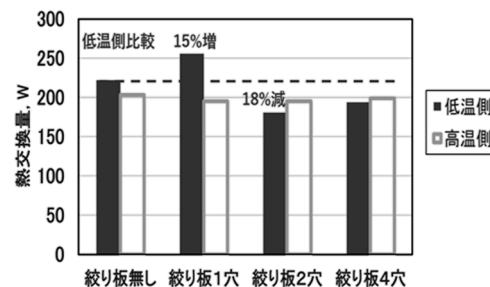


図2 絞り板の有無と穴数による熱交換量の比較

図2に絞り板の穴数による熱交換量を、絞り板無しの場合と比較した結果を示す。絞り板1穴では、絞り板無しに比べ最大で15%熱交換量が増加し、乱流の効果が現れたと考える。一方で絞り板2穴と4穴では、熱交換量の増加は見られなかった。これは内管内での水流に対する絞りの効果が、穴数が多いために不十分となり、期待したほど乱流が発生しなかったためと考える。なお高温側の熱交換量は、外管内に絞り板がないため、 CO_2 の流れはいずれの場合も層流のため、大きな違いは見られなかった。

1-3 まとめ

二重型熱交換器の内管内に乱流を促進する穴の開いた板(絞り板)を配置することで、熱交換性能を改善出来る可能性を熱流体解析で確認できた。今後は、絞り板を配置した熱交換器構造の最適化について検討を進める。

2. IoT 電源用小型熱発電システムの検討

2-1はじめに

設備の保全予知や農作物の育成環境計測等に用いる IoT 用の電源として、常時発電可能な熱発電への期待は高い。ただし、利用可能な熱源の温度や面積の制限で、必要な発電量を得ることは容易ではない。そこで単位面積あたりの発電量が増える工夫を行った小型熱発電システムを考案・試作し、IoT システムの動作を確認したので、概要を報告する。

2-2 小型熱発電システム

小型熱発電システムの詳細は本報では割愛するが、このシステムについての熱解析から、単位面積あたりの発電量が1.5倍以上になることが予測された。そこで市販のペルチェ素子を用い、設置面積 $2 \times 3 \text{ cm}$ の熱発電システムを試作した。動作検証には、モノワイヤレス製磁気・湿度・温度センサー無線タグ“TWELITE® ARIA”を、その他に昇圧用 DC-DC コンバータやコンデンサも使用した。また温度差は、ペルチェ温調器で熱発電システムを挟み、付与した。

図3に熱発電システムへの温度差と、開放端電圧と起電力の関係を示す。得られた電圧や起電力は、熱解析から予測した値に近い改善量であった。そこで、17 $^{\circ}\text{C}$ 以上で動作が見込まれる 250 mV 駆動の昇圧コンバータからの出力で無線タグの動作を試みたところ、5 秒間隔程でデータ送信が可能であり、一般的な環境計測用途には十分な性能であることを確認できた。また、実際にはより低い温度差での動作が必要な場合もある。そこで 5 $^{\circ}\text{C}$ 前後で動作が見込まれる 20 mV 駆動の昇圧コンバータからの出力を、一端コンデンサに蓄電することにより、数分間隔でのデータ送信も確認できた。

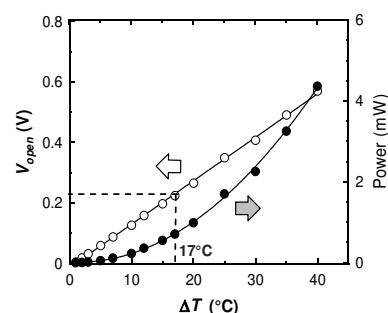


図3 小型熱発電システムの開放端電圧と発電量の温度差依存性

2-3 まとめ

熱源の制限を受けにくい工夫をした小型熱発電システムを試作し、汎用的な 4 cm 角のペルチェ素子よりも小さな設置面積かつ 20 $^{\circ}\text{C}$ 以下の温度差で、IoT 用電源として利用できる可能性を確認した。今後はより実用的な性能向上に務める。

文 献

- [1] 斎川路之, 家庭用自然冷媒(CO_2)ヒートポンプ給湯機“エコキュート”の技術と将来展望 IEEJ Journal, Vol.128, No.10 (2008)
- [2] 秋田県産業技術センター 令和3年度業務年報, pp.74-75 (2022)

エネルギー技術の県内企業展開

- ワイヤレス機器向け高周波応用技術の開発 [3] -

オプトエレクトロニクスグループ 黒澤 孝裕、木谷 貴則

Development of Energy Technology - Radio Frequency Application Technology for Wireless Devices [3] -

Opto-electronics Group Takahiro KUROSAWA and Takanori KIYA

抄録

変調散乱技術による光走査式電界分布計測システムの性能向上を図り、ミリ波帯の近傍電界分布をサブ mm の空間分解能で計測可能なシステムを構築した。このシステムの応用として、強度分布に基づいてマイクロ波からミリ波帯における電磁界シールド効果を評価する技術確立し、計測サービスの提供を開始した。また、250W 級大電力高効率ワイヤレス電力伝送の実証例および株式会社アクトラと共同開発した非接触加熱攪拌装置について紹介する。

[キーワード: 高周波電磁界センサ、変調散乱、ワイヤレス給電、EMC]

Abstract

We improved the performance of a light-scanning electromagnetic field distribution measurement system using modulated scattering techniques. This system could measure the electromagnetic field distribution in the mm-wave band with sub-mm spatial resolution. As an application of this system, evaluate electromagnetic wave shielding effects from microwave to mm-wave bands. For the wireless power transfer system, we demonstrated a 250W-class high-power, high-efficiency wireless power transfer system. And a non-contact heating stirring device jointly developed with ACTLAS Inc. .

[Keywords: electric field sensors, modulated scattering, wireless power transfer, EMC]

1. はじめに

小型ワイヤレス機器が広く普及しており、高周波電磁界を使用してエネルギーを伝送するワイヤレス給電システムや、5G 移動体通信端末、自動車や家電用人感レーダーといったミリ波帯高周波を利用したシステムが実用化されている。このようなシステムの更なる高度化や需要増加に対応可能な高周波応用技術の開発を目的として、高周波電磁界を使用したワイヤレスエネルギー伝送技術や高周波の信号計測、分布計測や材料評価技術を構築している。また、これら電子機器の開発時に必要な EMC 計測技術の指導や対策技術の強化を通して製品の開発効率・EMC 品質の向上を図っている。

2. マイクロ波・ミリ波帯高周波の分布計測技術

高周波信号の計測用途に、周波数40GHzのミリ波帯まで計測可能な4ポートベクトルネットワークアナライザ(VNA)を昨年度導入した。これを光変調散乱技術による光走査式電界分布計測システムに応用し、マイクロ波ーミリ波帯の近傍電界分布を計測可能なシステムを構築した。

周波数30 GHzで計測された電界分布を図1に示す。同軸一導

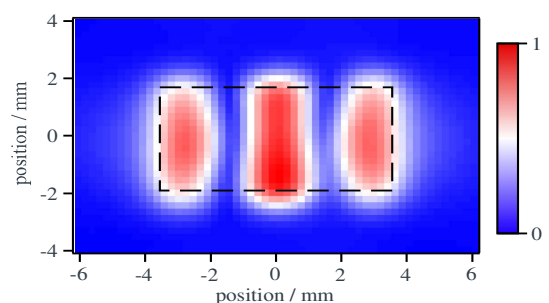


図1. 周波数 30 GHz で計測した同軸-導波管アダプタ近傍の電界分布。導波管開口部の外形を破線で示した。

波管(WR-28)アダプタを高周波電界源とし、VNAより高周波信号を給電した。電界源直上に設置したシリコン基板を散乱体とし、レーザ光を照射して散乱波に変調を与えた。ここからの散乱電磁波を受信してVNAに入力し、復調して信号強度を求めた。散乱体上の光照射位置を掃引することにより電界分布を計測した。図1から、電界源開口部内部(7.1×3.6 mm)に電界が局在していることが分かり、ミリ波帯分布計測においてサブ mmの空間分解能を達成できた。

この電界分布計測システムの応用例として、電磁界シールド効果を評価した結果を図2に示す。マイクロストリップラインを電界源として高周波信号を給電し、吸収体の有無による電界源直上の電界強度を比較した。吸収体貼付時に電界が減衰していることが分かり、この減衰量からシールド効果を評価可能である。この技術は小寸法の試料で近傍でのシールド効果を直接評価可能な特長があり、技術の応用としてマイクロ波・ミリ波に対するシールド効果の計測サービスを開始した。

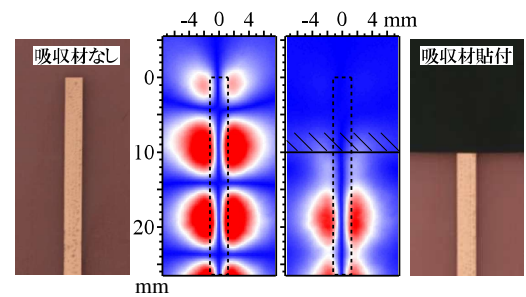


図2. 近傍電磁界シールド効果の評価例。
測定周波数 10 GHz.

3. ワイヤレス給電

電磁場シミュレーション解析に基づいた「コイルの設計・試作」、所望の電力と伝送効率を得るための「高周波回路の設計・試作・評価」を行い、企業ニーズに沿ったオリジナルなワイヤレス給電の技術開発、製品化支援を行っている。大電力高効率電力伝送の実証例および株式会社アクトラスと共同開発した非接触加熱攪拌装置を紹介する。

大電力高効率電力伝送の実証例として、直列－直列共振、同期整流を採用した 250 W 級ワイヤレス電力伝送システムを試作した。外観を図 3 に示す。送電ドライバはフルブリッジ型、受電は同期式フルブリッジ整流とした。送電/受電コイルは外径 80 mm とした。このシステムにより、伝送距離 3 mm、伝送出力 260 W において DC-DC 伝送効率 85%を達成した。

(株)アクトラスと共同開発した非接触加熱攪拌装置を図 4 に示す。本装置は、(株)アクトラスの「圧電アクチュエータを用いたオリジナル攪拌技術」と(株)フジクラプリントサーキットと共同開発した「ワイヤレス給電式の FPC ヒーター」を融合させたものである。容器内の液体は、上下の機械的振動により攪拌され、受電コイルとヒーターをシームレスで一体化した極薄 FPC ヒーターにより直接加熱される。免疫染色などの反応促進や薬液混合、洗浄などへの応用が期待される。

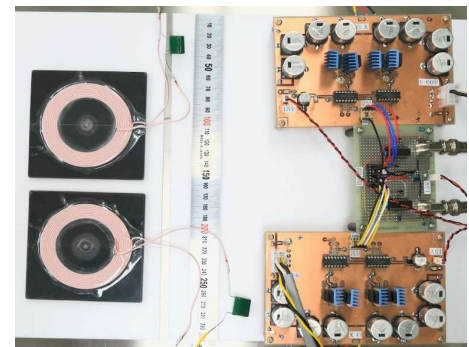


図 3. 250W 級ワイヤレス電力伝送システム。
DC-DC 伝送効率 85%.

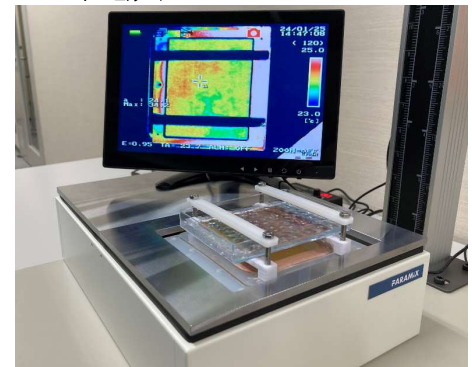


図 4. 非接触加熱攪拌装置.

4. 電子機器における EMC 計測・対策

電波暗室の管理、運用、その他電子計測機器を活用して、製品の EMC 規制対応や適合性判断を実施した。放射・伝導エミッションおよびイミュニティ試験システム、電源周波数磁界イミュニティ試験装置の運用により、民生機器の最新規格に対応した試験を実施した。電波暗室の年間累計の利用は 132 時間、30 件であった。

5. まとめ

これら、開発した高周波電界センサ、ワイヤレス給電のデモ機をセミコン・ジャパン 2023、MEMS センシング&ネットワークシステム展 2024 に出展し、実应用到に繋がる案件を獲得した。

県重点プロジェクト支援

- 高エネルギー加速器技術を基盤とする新産業育成 [3] -

機能性材料・デバイスグループ 笠松 秀徳、阿部 禎也、関根 崇
加工技術グループ 黒沢 憲吾
オプトエレクトロニクスグループ 山根 治起、近藤 祐治

Project of advanced technologies for Akita manufacturing industries - Development of New Industries based on High Energy Accelerator Technology [3] -

Functional Materials and Device Group Hidenori KASAMATSU, Tomoya ABE and Takashi SEKINE
Machining and Materials Processing Group Kengo KUROSAWA
Optoelectronics Group Haruki YAMANE and Yuji KONDO

抄録

現在、新たな高エネルギー加速器技術を用いたプロジェクトが東北地方で進められている。県内企業の加速器プロジェクトへの参入、および高エネルギー加速器技術を基盤とした新産業の育成を目標とし、今年度は次世代加速器技術の県内企業展開と、放射光を活用した測定技術の構築と技能者の育成に取り組んだ。

[キーワード: 加速器、放射光、計測技術]

Abstract

Currently, projects using new high-energy accelerator technology are operation in the Tohoku region. We aimed to encouraging local companies to participate in accelerator projects and fostering new industries based on high-energy accelerator technology. In this year, we worked on the deployment of next-generation accelerator technology by local companies and the construction of synchrotron radiation measurement technology and the training of technicians.

[Key words: accelerator, synchrotron radiation, measurement technology]

1. はじめに

本事業では、高エネルギー加速器から生じる電子線や放射光 X 線を活用するための技術の構築や技術者育成、加速器技術を活用した企業支援を行うことで、県内の新産業育成を図る。令和 6 年度より運用が予定されている仙台市の「次世代放射光施設」や東北地方への誘致活動が進められている「国際リニアコライダー (ILC)」などの大型加速器プロジェクトは、高度な分析・計測手法の獲得によるものづくりの革新や、加速器産業への新規参入に向けた好機と捉えられる。高エネルギー加速器技術を基盤とした新産業育成に向けて県内企業の取組みを支援する事業を引き続き実施した。

2. 事業実施概要

2-1 高エネルギー加速器技術研究会を通じた新規産業参入支援

現在東北地方では、2024 年度から仙台で運用開始予定の「Nano Terasu」や、岩手県の北上山地に建設予定の「国際リニアコライダー」等の高エネルギー加速器産業が活発な動きを見せている。本県の企業もこれらのプロジェクトへの参入を図るため、2018 年より「秋田県高エネルギー加速器技術研究会」を発足し、施設の部品調達や利活用

に向けた勉強会を定期的開催している。秋田県産業技術センターも本事業を通じて、講演会や見学会の開催等の支援を行っている。本年度は、計3回の研究会を開催した。

令和5年度の第1回研究会では、高エネルギー加速器研究機構(KEK)から2名の講師を招き、研究内容と課題についての講演会を行った。翌日、アキモク鉄工(株)と東光鉄工(株)の工場見学会を実施し、加速器産業への参入に関する意見交換を行った。第2回研究会では、東北大学と秋田大学から各1名の講師を迎え、秋田大学の先生が研究課題を発表し、東北大学の先生が放射光を活用した課題解決方法について発表した。これにより、放射光の具体的な利用方法について理解を深めた。第3回研究会では、「Phosic(光科学イノベーションセンター)」から講師を招き「NanoTerasu」の概要を説明していただいた。さらに県内を含む3つの放射光利用経験のある企業に、取り組んだ研究について話していただいた。これらの講演を通じて、実際に企業が経験した知見を共有し、県内企業の利活用促進を目指した。



図1 講演会の様子

2-2 放射光を用いた高度計測支援人材の育成および高度化

本事業では、高エネルギー加速器を構成する部品や関連技術の開発および製造に関わる『サプライヤー産業』への技術支援だけでなく、高エネルギー加速器から発生する放射光X線の高度利活用による先端計測を用いた新製品開発・不良分析を行なう『ユーザー産業』の育成や高度化に関する技術支援を行なっている。特に今年度は、ユーザー産業の育成および高度化について重点的に取り組み、放射光による計測を県内企業の製品開発や不良分析への新たな技術支援ツールとすべく、高度計測をサポートする人材育成を目的とし、既存の国内放射光施設を活用した放射光計測を行ない、放射光計測と従来のラボ機との相補的な活用による分析支援技術の確立について検討を行なった。

本検討では、九州シンクロtron光研究センターに設置されているビームラインBL12にて放射光X線光電子分光分析(放射光XPS)を行なった。本ビームラインは、X線光電子分光装置を設置しているため、表面化学組成および表面化学結合状態の解析が可能であり、濡れ性や摩擦・摩耗性、接着・接合性といった表面特性の開発に有効な手段となる。通常のX線光電子分光装置(ラボXPS)は、X線源として特定のエネルギーを有するAl K α 線(1486.6 eV)もしくはMg K α 線(1253.6 eV)を利用し、5~10 nm程度の深さ方向での分析とされている。一方、放射光XPSにおいては、入射光のエネルギー可変性(40 eV~1500 eV)を有しているため、入射光のエネルギーを変えることで1 nm~10 nm程度の元素組成分布や化学結合状態の深さ方向での分布解析を非破壊で行なうことが可能である。本事業における計測では、表面濡れ性と表面化学構造との相関性を把握することを目的として検討を行なった。材料表面の液滴に対する濡れ性は、表面1 nmの化学構造が作用するとされている。通常のラボXPSにおいては、5~10 nm程度の深さの情報が平均化され、濡れ性に関わる1 nmの極最表面構造以外の情報が含まれてしまう。一方、放射光XPSにおいては400 eV程度の入射光を用いることで濡れ性に関わる1 nm程度の極最表面化学構造の情報がダイレクトに得られるため、表面特性制御を必要とする材料開発、不良解析に関してより有用な情報が得られる手法であり、実際に検討した結果においても、ラボXPSでは確認できなかった表面濡れ性と表面化学構造との相関性が放射光XPSを用いることで明確にすることができ、表面特性の開発、不良解析において有用な手段であることを確認することができた。

3. まとめ

高エネルギー加速器技術を基盤とした新規産業に、県内企業の参入を支援する事業の一環として、次世代加速器技術の県内企業展開と、放射光を活用した測定技術の構築と技能者の育成を実施した。今後も新産業の育成を目指して、継続した技術開発支援を進めていく予定である。

県重点プロジェクト支援

- 航空機電動化(地方大学・地域産業創生交付金事業) [3] -

機能性材料・デバイスグループ 山本 安彦

Project of advanced technologies for Akita manufacturing industries - Aircraft electrification (Subsidy Project for Regional University / Regional Industry Creation) [3] -

Functional Material and Device Group Yasuhiko YAMAMOTO

抄録

秋田県における産学官連携事業として研究が進められている航空機電動化に関する今年度の成果として、本事業の研究拠点として開設した「新世代モータ特性評価ラボ」を中心に、県内大学および県内外企業が開発を進めた、「超高速モータ用プラスチック磁石ロータ」、「大容量水素再循環装置向け電動ターボブロア」および「メガワット級電動機」に関する研究状況を紹介します。

[キーワード:航空機電動化、産学官連携事業、プラスチック磁石ロータ、電動ターボブロア、メガワット級電動機]

Abstract

We would like to introduce this year's results regarding aircraft electrification, which is being researched as an industry-university-government collaboration project in Akita Prefecture. We supported the development of "plastic magnet rotors for ultra-high-speed motors," "electric turbo blowers for large-capacity hydrogen recirculation equipment," and "megawatt-class electric motors." This development was carried out by the "New Generation Motor Characteristics Evaluation Laboratory," which was established as a research base for this project, in collaboration with universities in the prefecture and companies inside and outside the prefecture.

[Key words: Aircraft electrification, Industry-University-Government collaboration, Plastic magnet rotors, Electric turbo blowers, Megawatt-class]

1. はじめに

航空機の CO₂ 排出量削減に向けた航空機電動化技術の開発は、国内外の企業や団体が様々な研究を進めている。秋田県においても航空機産業の県外大手企業から協力を得て、県内企業への取得技術の応用展開による競争力強化および航空機産業への参入を促進する事を目的として、航空機電動化プロジェクトを進めている。今年度は本事業の研究拠点として開設した「新世代モータ特性評価ラボ」を中心に、航空機向け超高速モータおよび大出力電動機の開発支援を行った。なお、このプロジェクトは、内閣府の「地方大学・地域産業創生交付金」に採択されており、当センターは、このプロジェクトの技術支援を行っている。

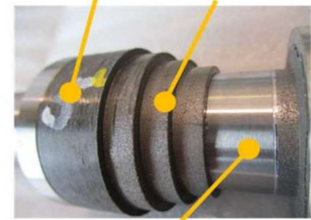
2. 今年度の本事業成果概要

2-1航空機・車載システム向け超高速モータ用高磁束プラスチック磁石ロータ(回転子)試作品の開発

本事業に携わる県内外の企業と県内大学が連携し、航空機・自動車向け超高速モータ用高磁束プラスチック磁石ロータを試作した(図 1)。高磁束プラスチック磁石ロータとは、永久磁石とプラスチックの複合材料(コンポジット材料)を射出成

形すると同時に、溶融したプラスチックに混合した粉末磁石をハルバツハ配列と同様(極異方性)に磁場配向することで、磁石の利用効率を最大化し、大出力(高効率)化、小型化、軽量化に加えて、機械加工を大幅に削減することが期待できる電動モータ用ロータである。さらに射出されたプラスチック磁石を高強度のカーボンファイバー複合材(CFRP)リングで覆うことで、毎分 10 万回転を超えるモータ回転数に耐える構造を実現した。完成した試作品について特性評価を行った結果、従来の焼結磁石製ロータと同等以上の性能が得られることを確認した。今後は、性能向上に向けた追加試作および対応する超高速インバータ(電力制御装置)の設計等を行い、量産化に向けた検討を開始する計画である^[1]。

カーボンファイバー複合材リング
プラスチック磁石



ロータ軸

図 1 プラスチック磁石ロータ^[1]

2-2航空機燃料電池向け大容量水素再循環装置(電動水素ターボプロア)の開発

本事業に携わる県内企業と県内大学の協力を受けて、県外企業は、大容量再循環装置(電動水素ターボプロア)の開発および実証運転に成功した。本装置は航空機燃料電池向けに使用することを目指して開発したもので、独自開発のガス軸受超高速モータ(図 2)を採用することで、大容量化を達成した。ガス軸受は、潤滑油を使用しないため、潤滑油で水素を汚染することがない。完成した試作品について、県外企業および本事業にて新たに設置した実験設備にて特性評価を行った結果、水素ガス環境あるいは高湿潤環境等の、これまで難しいとされていた環境において必要性能が得られることを確認した。この成果は、航空機にとどまらず、今後、大出力化が期待される燃料電池モビリティにおいて、船舶や大型トラックなどの開発にも貢献できる^[2]。

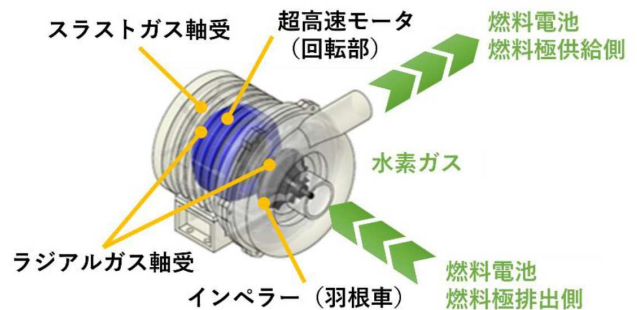


図 2 水素ターボプロア用超高速モータ (概念図)^[2]

2-3メガワット級電動機の開発

本事業の研究拠点として開設した「新世代モータ特性評価ラボ」に設置した国内最大規模の電動機評価設備を用いて、県外企業がハイブリッド電動推進システムとして適用可能となる 1 MW 級の出力が可能な電動機の開発を行った。当該電動機の評価試験においては、当ラボを運営する県内大学が中心となって支援を行った^[3]。

3. まとめ

秋田県における産学官連携事業として研究が進められている航空機電動化に関して、今年度の成果を報告した。来年度は今年度得られた成果を活かし、さらに実機環境におけるシステム評価の準備も進めていく計画である。

文 献

- [1] 秋田大学プレスリリース:“航空機・車載システム向け超高速モータ用高磁束プラスチック磁石ロータ(回転子) 試作品の開発に成功”, https://www.akita-u.ac.jp/dendouka/ja/eventa/item_pro_27.html, (2023)
- [2] 秋田大学プレスリリース:“航空機燃料電池向け世界最高レベルの大容量水素再循環装置の実証に貢献”, https://www.akita-u.ac.jp/dendouka/ja/eventa/item_pro_32.html, (2023)
- [3] IHI プレスリリース:“世界初 メガワット級の航空機ジェットエンジン後方に搭載可能な電動機を開発”, https://www.ihico.jp/all_news/2023/aeroengine_space_defense/1200551_3544.html, (2024)