

令和5年度 研究発表会 要旨集

令和6年3月4日

静岡県工業技術研究所
浜松工業技術支援センター

プログラム (タイムテーブル)

午前の部

9:00 開会挨拶					
9:05～10:30 材料分野・金属3Dプリンタ関連技術				ページ	ポスター展示場※
A1	材料科における研究開発・技術支援への取り組み	材料科長 木野 浩成	-	-	
キーノートスピーチ1 (20分) 材料分析の依頼に際して知っておいて頂きたいコト		材料科 吉岡 正行	1	⑥⑦	
A2	バウシंगाー効果及び二軸引張測定 - 精密万能材料試験機の紹介 -	材料科 高木 誠	2	⑨	
A3	金属3Dプリンタを活用したものづくり支援のための 積層造形技術開発	材料科 田光 伸也	3	⑧	
A4	ステンレス鋼の積層造形物の内部欠陥にレーザ条件が与える影響	材料科 植松 俊明	4	⑧	
A5	アルミニウム合金の積層造形に造形雰囲気と与える影響	材料科 望月 智文	5	⑧	
A6	アルミニウム合金の積層造形物の形状評価	機械電子科 大澤 洋文	6	⑧	
10:30～10:40 休憩					
10:40～11:15 (IoT分野 / 静岡県IoT推進ラボ出展企業セッション)				ページ	ポスター展示場※
キーノートスピーチ2 (20分) スマールスタートで始めるIoT導入 - 当センターの支援内容と導入事例 -		機械電子科 太田 幸宏	7	①	
企業セッション1 工場の生産・検査ラインの自動化に役立つ空圧機器		S M C株式会社	-	-	
企業セッション2 LPWA(低消費電力広域通信)を活用したIoT導入		ナルテック株式会社	-	-	
企業セッション3 デンソーウェーブが提案するIoTシステム		デンソーウェーブ株式会社	-	-	
11:15～12:00 所内施設見学・ポスターセッション・企業展示					

午後の部

13:00～14:15 機械電子分野/企業セッション				ページ	ポスター展示場※
P1	機械電子科における研究開発・技術支援への取り組み	機械電子科長 長谷川 和宏	-	-	
キーノートスピーチ3 (20分) 設計開発を効率化するデジタルものづくり技術 - デジタルものづくりセンターの紹介と当センターの支援内容 -		機械電子科 長津 義之	8	②	
P2	トポロジー最適化ソフト“nTop”を用いた形状最適化設計	機械電子科 山口 智之	9	②	
P3	EMC試験における伝導妨害波測定の始業前点検法 - 疑似電源回路網の故障の一例 -	機械電子科 山田 浩文	10	⑪	
P4	電波到来方向の簡易的推定技術の検討	機械電子科 上野 貴康	11	⑪	
浜松都田インキュベートセンターの紹介		研究統括官 伊藤 芳典	-	-	
企業セッション4 (浜松都田インキュベートセンター入居企業) 軽トラックの荷台に着脱可能なキャビン「ナミレBOX」		合同会社ナミレ	-	-	
14:15～14:30 休憩					
14:30～15:30 繊維高分子材料分野/光分野				ページ	ポスター展示場※
P5	繊維高分子材料科における研究開発・技術支援への取り組み	繊維高分子材料科長 鈴木 重好	-	-	
P6	生分解性繊維の紡糸条件の検討と分解性評価	繊維高分子材料科 大木 結以	12	⑩	
P7	遠州織物を利用したリサイクル紙の開発とその活用方法	富士・製紙科 伊藤 彰	13	⑫	
P8	光科における研究開発・技術支援への取り組み	光科長 渥美 博安	-	-	
P9	光学設計やシミュレーション技術による表面傷検出装置と図形投影光学素子の性能向上事例	光科 志智 亘	14	④	
P10	光造形で作製した微細光学素子の形状評価	光科 中野 雅晴	15	④	
15:30～17:00 所内施設見学・ポスターセッション・企業展示					

※ポスターの展示場所については、「ポスター発表・施設公開 案内図(17ページ)」を御参照ください。

施設公開・企業展示

午前の部 11:15～12:00 ・ 午後の部 15:30～17:00

公開施設・機器	ページ	展示場所※
IoT 推進ラボ サテライト浜松 (SMC (株)、ナルテック (株) デンソーウェーブ (株))	別紙	① 発表会場
流体解析システム	18	② シミュレーション トライアルルーム (開放棟 2 階)
熱構造解析システム	19	
2 μ m レーザー	20	③ 開放試験室 1 (開放棟 2 階)
ハイブリッドレーザー顕微鏡	21	④ 三次元精密測定室 (管理研究棟 1 階)
画像測定機	22	
ロングライフフェードメータ	23	⑤ 繊維加工試験室 (管理研究棟 3 階)
蛍光 X 線膜厚測定分析装置 11:15, 15:30, 16:15 からの 15 分間	24	⑥ X 線分析室 (管理研究棟 4 階)
粒度分布測定装置 11:45, 16:00, 16:45 からの 15 分間	25	⑦ 機器分析室 (管理研究棟 4 階)
速度制御熱分析装置 11:30, 15:45, 16:30 からの 15 分間	26	
酸素窒素水素分析装置 11:45, 16:00, 16:45 からの 15 分間	27	
金属 3D プリンタシステム	28	⑧ 金属加工試験室 (実験棟 1 階)
精密万能材料試験機(250kN)	29	⑨ 材料強度試験室 (実験棟 1 階)
自動車部品用 EMC 試験装置	30	⑪ EMC 試験棟
企業展示 浜松都田インキュベートセンター (合同会社ナミレ)	-	⑫ ロビー

※施設見学、ポスターセッションの会場については、「ポスター発表・施設公開 案内図(17 ページ)」を御参照ください。

材料分析の依頼に際して知っておいて頂きたいコト

材料科 上席研究員 吉岡 正行

1 はじめに

材料分析の依頼・相談は、経験がないもしくは少ない方々にとってはハードルが高い場合が多い。そこで、材料分析の依頼に際して事前に知っておいて頂けると安心かつ効率が良いだけでなく、目的達成度が高まる知見や情報について分析事例と共にお伝えする。

2 内容

今回、材料分析において極めて重要であるにもかかわらず(時に、我々、分析の依頼を受ける側も含めて)、意外と知られていない・認識できていないコトの「トップ5」とも言える、以下の5つの項目を取り上げる。

①「要望」ではなく「(経緯と)目的」を

全てが「〇〇分析をお願いします」「〇〇分析ですね、了解しました」ではない！…

②成分分析において成分の「正式名称」は必要か

異物分析では成分の「正式名称」がわかれば全てが解決すると思われがちですが…

③「〇〇の分析は可能か？」には2つの意味がある

分析依頼者としては自然・当然の御質問なので、この機会に知っておいて頂けると…

④可能であれば、事前に20倍～40倍での観察を

ほとんどの場合、目視観察のみで色相・質感を御判断されているようですが…

⑤意外と忘れがちな「比較品」の重要性

「NG品だけを調べてもNG原因はわからない」←えっ、そうなの？「そうです」…

3 基本情報 (当センターではこれらの装置を活用して材料分析を行っています)

<p>XRF-EDX 蛍光X線 (EDX) 分析装置</p>		<p>EPMA 電子線 マイクロ アナライザ</p>	
<p>X線照射 F以上の元素定性・簡易定量、めっき膜厚</p>		<p>電子線照射 B以上の元素の定性・マッピング分析</p>	
<p>FT-IR 赤外分光 分析装置</p>		<p>XRD X線回折 測定装置</p>	
<p>赤外線照射 有機・無機化合物の同定・定性分析</p>		<p>X線照射 化合物の結晶構造・組成式の同定・帰属</p>	

図 材料の分析に有効な機器分析装置

バウシinger効果及び二軸引張測定 —精密万能材料試験機の紹介—

材料科 上席研究員 高木 誠

1 機器の目的

自動車の電動化・軽量化が進められている中で、車体を形作る鋼板も、より強度の高いハイテン・超ハイテン材への移行が進んでいる。しかし、ハイテン材はプレス加工時に割れ・シワ・スプリングバックといった成形不良やトラブルが起きやすい。トラブルを減らすには金型形状や加工条件の最適化が必要なため、シミュレーションを用いてトラブル防止のための金型形状や条件を検討することが多い。しかし、鋼板の高強度化が進むにつれ、実際の加工結果がシミュレーションと合わないという課題が発生している。本発表では、より精度の高いシミュレーションを実現するために必要なバウシinger効果や二軸引張りといった材料特性測定ができる試験機について紹介する。

2 機器の紹介

バウシinger効果や二軸引張り測定には、通常は金属部品などの強度試験、加工性の特性評価、品質管理等に用いている精密万能材料試験機を利用する。本試験機は、装置の挟み治具や圧縮治具で金属等の試験片を引張・圧縮して変形・破壊し、試験片のひずみや荷重を測定することで、試料の材料特性（最大荷重・破断荷重・降伏点・耐力点・弾性率・ポアソン比）の評価や機械加工性の推定ができる。最大荷重 250kN の測定が可能で、JIS規格(JISZ2241 など)に対応した性能評価試験を行うことができ、県内企業の金属部品開発や品質管理・評価に利用されている。



図1 バウシinger効果測定ユニット

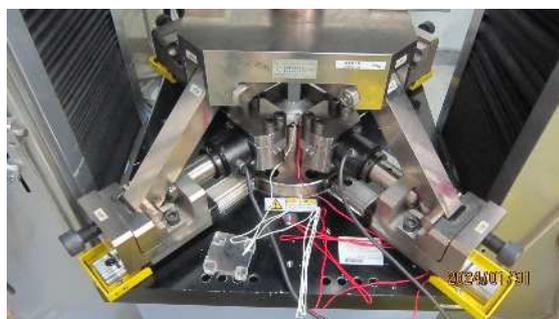


図2 二軸引張測定ユニット

3 機器の特徴

センターの精密万能材料試験機には、バウシinger効果測定と二軸引張りが可能なユニットが付属しており、バウシinger効果と板材の材料特性値の方向依存性を求めることができます。ユニットは試験に応じて取り外しができるため、専用機に比べて1箇所各データが取得可能である。そのデータをシミュレーションの材料パラメータに入力することで、プレス加工時の板材の変形状態のシミュレーションの精度向上が期待できる。実際にセンターでバウシinger効果と二軸引張り測定を行った結果を用いることで、シミュレーション結果と実際のプレス結果の一致率が大きく改善し、加工不良を減らし歩留まりを上げることができた事例も増えている。

金属 3D プリンタを活用したものづくり支援のための積層造形技術開発

材料科 上席研究員 田光伸也

1 目的

輸送機器産業の製造現場ではデジタル化が求められており、金属 3D プリンタが解決手段の一つとして期待されている。しかし、金属 3D プリンタの活用には「造形物の品質や物性に関する情報の不足」「材料と造形コストが高い」「設計通りに作ることが難しい」等の課題が存在しており、活用の進まない原因となっている。本発表では、当センターがこれらの課題解決のために取り組んでいる研究内容と企業支援について紹介する。

2 方法

金属 3D プリンタ活用への課題を解決するため、産業界からの要望を踏まえ小課題を設定した。小課題 1 では、「造形物の品質や物性に関する情報の不足」に対応し、金型で活用が見込まれるステンレス鋼を対象に、レーザ条件を変化させた場合の造形物の品質情報を取得する。小課題 2 では、「材料と造形コストが高い」問題を解決するため、安価なアルミ粉末の開発と低コスト造形技術を確立する。小課題 3 では、「設計通りに作ることが難しい」問題を解決するため、3D データと造形物の形状を比較・検証することで、設計通りに造形できる造形条件を獲得する。さらに実証課題として、小課題の成果を活用し企業と共同で製品開発/試作に取り組む。得られた成果は、ワークショップやセミナー等で県内企業へ普及する。

3 結果と考察

小課題 1 では、金型用ステンレス鋼を造形する際に高い相対密度を得られるレーザ条件やエネルギー密度等を明らかにした。小課題 2 では、低コストのアルミ粉末材料を開発すると共に、安価な窒素ガスを用いた造形条件を見いだした。小課題 3 では、造形シミュレーションにより造形精度評価のための検証用モデルを考案した (図 1)。実証課題では、製品開発の直接支援 (図 2)、試作支援、データ作成支援を実施した。セミナー及びワークショップには、141 社、延べ 276 名が参加し、県内企業が金属 3D プリンタに高い関心を持つことが示唆された。

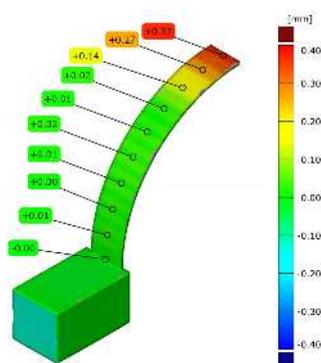


図 1 検証用モデルの造形シミュレーションと設計との差



溶接用治具
(サクラ工業(株))



粉抜き検証用 TP
(仲山貴金属鍍金(株))

図 2 開発支援した造形品の例

ステンレス鋼の積層造形物の内部欠陥にレーザ条件が与える影響

材料科 上席研究員 植松 俊明

1 目的

金属 3D プリンタは、内部に水管を自由に配置した金型を造形できることから、近年、金型の加工方法の一つとして注目されている。金属 3D プリンタで金型を造形する場合には、金型表面の品質を低下させる造形物内部の空隙（欠陥）の状態を把握することが重要であるが、「造形物の品質や物性に関する情報が不足」している。そこで、本研究では樹脂用金型に使用可能なマルテンサイト系ステンレス鋼を用い、造形物の内部欠陥を減少させるレーザのパワー及び走査速度の影響について検討した。

2 方法

供試粉末はプラスチック金型用ステンレス粉末 LTX420（大同特殊鋼株）を用いた。造形には金属 3D プリンタ SLM280（SLM Solutions Group AG）を使用し、一辺 10mm の立方体の試験片を作製した。造形条件は、ベースプレート温度を 150℃、積層厚さを 50 μm 、レーザの走査間隔を 0.13mm で一定とし、レーザ出力を 300~600W、走査速度を 600~1500mm/s の範囲で変化させた。また、レーザ条件から積層 1 層分の単位体積当たりの投入エネルギーとしてエネルギー密度を算出した。相対密度及び欠陥サイズは、試験片の中央部を切り出し、樹脂に包埋後、鏡面研磨し、金属顕微鏡 MA200（ニコン株）及び画像解析ソフト Quick Grain Pad+（株イノテック）を用いて評価した。

3 結果と考察

試験片の相対密度と内部欠陥の最大径の関係を図 1 に示す。内部欠陥の最大径は、レーザ出力によらず相対密度を向上することで減少させることができた。次に試験片の相対密度とエネルギー密度の関係を図 2 に示す。相対密度が 99.5%以上の緻密な造形物を得るために必要なエネルギー密度は、レーザ出力が上昇するとともに増加する傾向であった。これは高出力条件のエネルギー密度の低い側では、レーザの走査速度が速いことで、メルトプールが不安定になり、相対密度を向上するためには、低出力条件よりも高いエネルギー密度が必要になったと考えられる。

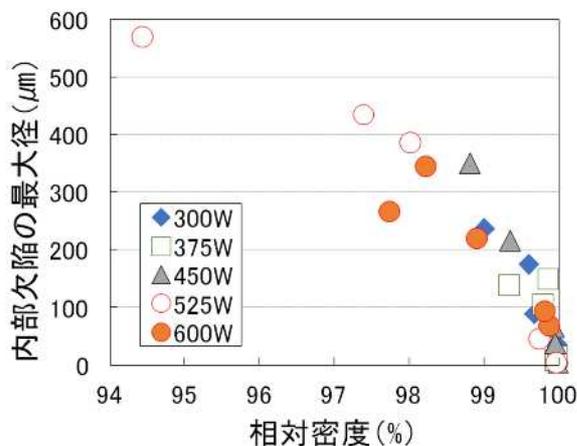


図 1 各レーザ出力の試験片の相対密度と内部欠陥の最大径の関係

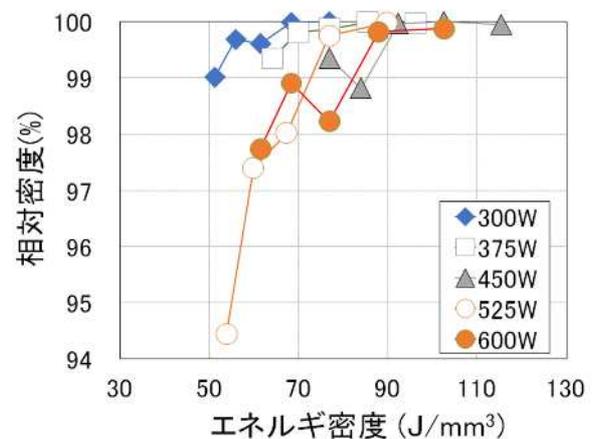


図 2 各レーザ出力のエネルギー密度と試験片の相対密度の関係

アルミニウム合金の積層造形に造形雰囲気を与える影響

材料科 主任研究員 望月 智文

1 目的

金属 3D プリント活用のためには「材料と造形コストが高い」問題を解決する必要がある。本研究では、造形コスト削減のため、造形雰囲気に注目した。造形雰囲気には、造形物の酸化等を防止するため大量のガスを使用するためガスのランニングコストが問題となる。通常、造形雰囲気には、高価なアルゴンガス (Ar) を用いる。これを安価な窒素ガス (N_2) に代替する場合、造形パラメータの不適合や造形物の窒化が懸念される。一方で、アルミニウム粉末は、窒素雰囲気で加熱した場合、窒化反応より先に融解・凝集するため窒素の浸透反応速度が低下し窒化しないことが知られている¹⁾。そこで、金属 3D プリントの造形でも同様の現象が生じれば、造形雰囲気に N_2 を用いても材料の窒化は発生せず、造形コストの削減が可能になると考えた。本研究では、アルミニウム合金粉末を対象に造形雰囲気を Ar から N_2 に変更した際の造形パラメータ及び造形物への影響を検証した。

2 方法

原料として AlSi10Mg 合金粉末 (LPW Technology) を使い、レーザ粉末床熔融結合 (Laser powder bed fusion:L-PBF) 方式の金属 3D プリント SLM280 (SLM Solutions Group AG) により一辺が 10mm の立方体を造形し、試料とした。造形パラメータは、積層厚さを $60\mu m$ とし、レーザ出力や走査速度等を変更することでエネルギー密度を $22.8\sim 69.1J/mm^3$ に調整した。予備加熱を $150^\circ C$ で行い、造形雰囲気は Ar 又は N_2 を用いた。ベースプレートからのコンタミネーションを防止するため、ベースプレートから高さ 4.0mm のサポートを設け、その上に試料を造形した。試料の評価は、画像解析による相対密度測定、金属組織観察及び窒素含有量測定により行った。

3 結果と考察

図にエネルギー密度と相対密度の関係 (プロセスマップ) を示す。造形雰囲気に Ar 又は N_2 のいずれを用いても、99.5% 以上の高い相対密度が得られるエネルギー密度は $35\sim 50J/mm^3$ で一致し、共通の造形パラメータで造形できることが分かった。

また表より、造形雰囲気に N_2 を用いても試料の窒素含有量は低く、金属組織観察からも窒化物の生成は見られなかった。この理由は、L-PBF 法においてもレーザ照射による急熱急冷過程で原料粉末が塊状に凝集し、窒素の浸透反応速度が低下したためと推察される。

1) 松尾重友: 窒化アルミニウム, 真空, 9, 183-189 (1966).

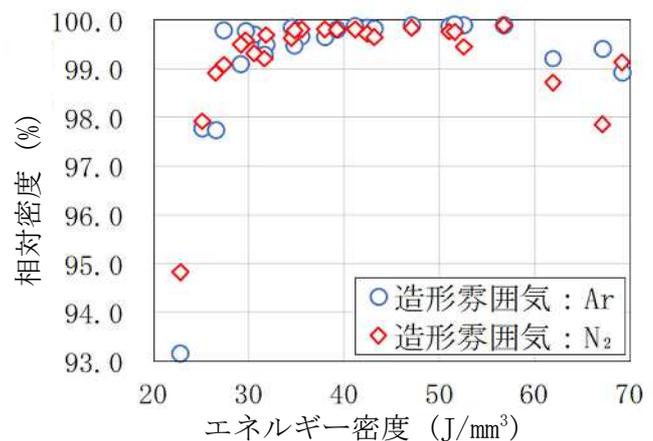


図 試料のプロセスマップ

表 試料の窒素含有量

試料	窒素含有量 (ppm)
造形雰囲気 : Ar	1.5
造形雰囲気 : N_2	0.9

アルミニウム合金の積層造形物の形状評価

機械電子科 上席研究員 大澤 洋文

1 目的

金属 3D プリンタは、他の方法では加工できない複雑形状部品を製造できることから、輸送機器産業など幅広い分野での活用が期待されている。しかし、金属 3D プリンタは、「設計通りに作ることが難しい」という課題があるため、造形物の現状の精度を把握することが重要である。そこで今回、形状の異なるアルミニウム合金の積層造形物を作製し、大きさや厚さが形状精度に及ぼす影響を確認した。

2 方法

図 1 に示す直方体と円弧で構成される試験片を、アルミニウム合金粉末 AlSi10Mg（東洋アルミニウム株）を材料として金属 3D プリンタ SLM280（SLM Solutions Group AG）で造形した。試験片は、内側円弧の半径 r を 5、10、20、40mm の 4 水準、厚さ t を 1、5mm の 2 水準とする 8 種類とした。造形条件は、レーザ出力 650W で走査速度 1850mm/s とした。また、図 1 中の A に示す円弧の下部にサポートを付与した。次に、外側円弧の半径 R を、試験片をベースプレートから切り離さない状態で、輪郭測定機 CV-4100H8（株ミットヨ製）を用いて計測し、その寸法精度を評価した。

3 結果と考察

各試験片における外側円弧の半径 R の設計値と計測値の差を図 2 に示す。また、 $r=40\text{mm}$ の試験片での外側円弧の設計形状と造形形状の差を図 3 に示す。外側円弧の半径 R は、 $t=5\text{mm}$ の場合は r が大きくなるほど設計値より大きく、 $t=1\text{mm}$ の場合は r が大きくなるほど設計値より小さくなり、試験片の厚さによって寸法誤差の方向が異なった。これは、造形中の金属の溶融及び凝固によって試験片内部に発生した収縮応力が $t=5\text{mm}$ の方が大きかったため、図 3 中の 0° から 60° のサポートで固定されていない部分の円弧の変形に差が出たためと考えられる。

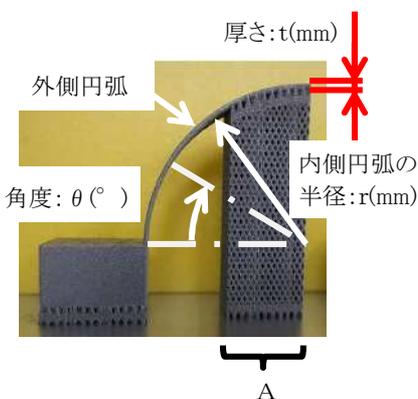


図 1 試験片の形状

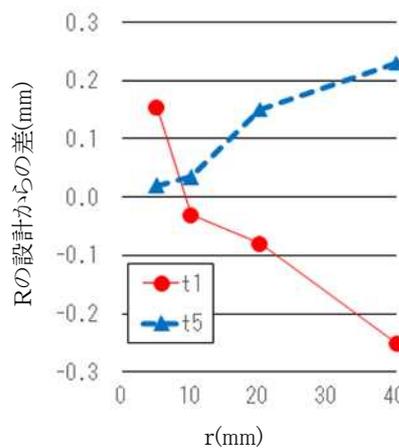


図 2 試験片形状と設計からの差

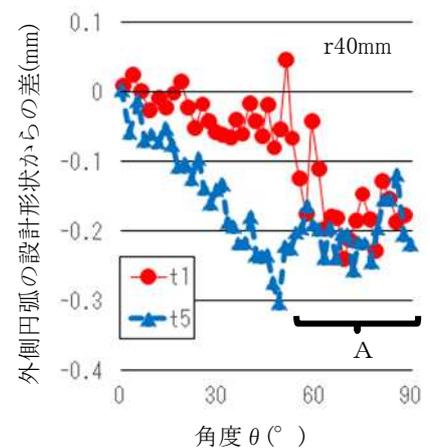


図 3 角度と設計からの差

スモールスタートで始める IoT 導入 —当センターの支援内容と導入事例—

機械電子科 上席研究員 太田幸宏

1 概要

静岡県では、産学官連携組織である「静岡県 IoT 導入推進コンソーシアム」を中心に、県内中小企業の IoT 利活用を促進し、生産性の向上や経営力の強化、ビジネス創出などを推進している。その活動の中で、当センターを含めた工業技術研究所は、県内中小企業に IoT 導入支援として、技術シーズを体験する場と IoT 人材育成の場を提供し、県内中小企業への IoT 導入を支援している。

今回、当センターの IoT 導入支援の取り組みを紹介すると共に、取得したデータを解析することで IoT の効果を見える化した事例を紹介する。

2 静岡県 IoT 推進ラボサテライト浜松

静岡県 IoT 推進ラボは、IoT のシーズを体験する場として、令和元年に工業技術研究所（静岡市）に開設し、令和3年に沼津と浜松の支援センターにサテライト拠点を開設した。現在、14 企業から IoT 関連機器を借り受け、拠点内で展示している。展示物には、大規模な IoT システム事例やスモールスタートに適したツールがあり、その場で操作できるものもある。各拠点はネットワークでつながっており、遠隔地の拠点の展示ブースをカメラを通して見学することができる。また、各拠点にはインダストリー4.0 の概念を基に作られた工場模型が整備され、遠隔地の工場操作や稼働状況のモニタリングを体験できる。

3 IoT 大学連携講座

IoT 大学連携講座は、社内に IoT に取り組める人材を育成することを支援するため、IoT に関する最新情報を学ぶ座学と社内で IoT をスモールスタートするための方法を学ぶ実習（演習・現場実装・成果発表会）を行う。演習では、写真の教材と GUI で視覚的にプログラミングできる Node-RED を用い、センサーからのデータ取得、取得値をブラウザ表示、ファイルへのデータ保存までを学ぶことができる。演習終了後の約2ヵ月間で、社内での現場実装を行い、その結果を成果発表会で発表して参加者間で情報共有する。この実習では、外部の専門家が各参加者に1名付き添い、自社の困り事の聞き取りから解決方法の助言まで伴走型で支援するため、ほとんどの参加者が成果を出すことができる。

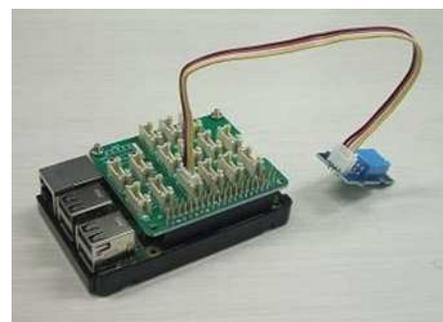


写真 演習の教材

ラズベリーパイと Grove センサ

4 IoT の効果の見える化

IoT 化により取得したデータは、AI（機械学習）を活用して自動化することで、効率的な処理や新たな価値を見出すこともある。今回、小型 IoT デバイスを用いて稼働中のモータの振動データを取得し、そのデータから品質工学的な機械学習である MT（マハラノビス・タグチ）法で稼働診断した事例を紹介する。

設計開発を効率化するデジタルものづくり技術
ーデジタルものづくりセンターの紹介と当センターの支援内容ー

機械電子科 上席研究員 長津義之

1 デジタルものづくりセンター概要

世界的なカーボンニュートラルへの対応や自動車の電動化・デジタル化の加速を踏まえ、輸送用機器産業ではより短時間でかつ高機能な製品開発が必要とされている。静岡県では、県内中小製造業のデジタル技術のボトムアップを図り、次世代自動車部品の開発を推進するため、本年度9月、浜松工業技術支援センター内に「デジタルものづくりセンター」(図1)を開設した。



図1 デジタルものづくりセンターによる製品開発支援

2 デジタルものづくりセンターの導入機器

EV等の次世代自動車部品開発では、特に熱マネジメント(熱の流れの最適化)及び軽量化が要求される。その対応のため、デジタルものづくりセンターは、CAE(シミュレーション)ソフトウェアを新たに導入した(表1)。これらのソフトウェアは、静岡県内の製造業者が利用でき、製品設計段階での試し使いが可能となっている。また、CAEに関するワークショップも実施し、CAE普及促進を目指している。

今回、CAEソフトウェアを主としたデジタルものづくりセンターの施設・機器等を紹介するとともに、シミュレーション精度向上を図った支援事例について報告する。

表1 導入したCAE関連ソフトウェア

ソフトウェア	主な機能
SOLIDWORKS Simulation	○熱・構造シミュレーション ・構造解析(線形静解析)・機構解析・疲労解析 ・熱伝導(定常・非定常)・固有値解析・座屈解析等
Ansys Mechanical CFD	○熱・構造シミュレーション(上記に加えて) ・構造解析(動解析)・破壊解析 ・熱流体解析(定常/非定常、圧縮/非圧縮、層流/乱流等)等
nTop	○形状最適化 ・軽量化、熱交換効率が可能となる形状最適化が可能 ・トポロジー最適化機能・ラティス構造設計機能
MatPara MatYLD	○プレス成形CAE用パラメータ算定 ・難加工材に対応する材料モデルパラメータの算定及び推定 ・簡便な試験でプレスCAE予測精度向上

トポロジー最適化ソフト“nTop”を用いた形状最適化設計

機械電子科 主任研究員 山口智之

1 目的

3Dプリンタは、従来の加工法では加工困難な形状や構造を造形できることが特徴であり、自動車産業や航空宇宙産業を始め、様々な産業において3Dプリンタを用いた製品の開発が進められている。近年はその特徴を活かすためのDfAM(Design for Additive Manufacturing:付加製造のための設計)を支援するソフトウェアが登場している。今回は、今年度当センターに導入したトポロジー最適化やラティス構造等複雑な形状を付加する機能をもつソフトウェア(nTop)について、機能の一部を紹介するとともに、これを用いた軽量化の事例について報告する。

2 方法

トポロジー最適化及びラティス構造(図1)は、製品を軽量化する設計の中で使われることが多い。トポロジー最適化とは、荷重・拘束・制約等の条件を満たす最適な形状を求める手法の1つであり、これまでの設計手法と比べ大幅な軽量化が望める。また、ラティス構造とは、枝状に分岐した格子を周期的に並べた構造であり、これを製品の内部に適用することで、外形を変えずに強度を保ちつつ軽量化を実現することができる。今回はベアリングブラケットの剛性最大化を目的に、ベアリングはめ込み部分に荷重及び制約条件として体積率(3パターン:30%・50%・70%)を与え、トポロジー最適化を行った。

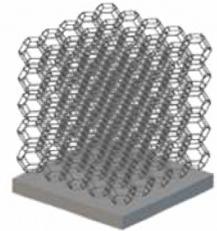


図1 ラティス構造の例

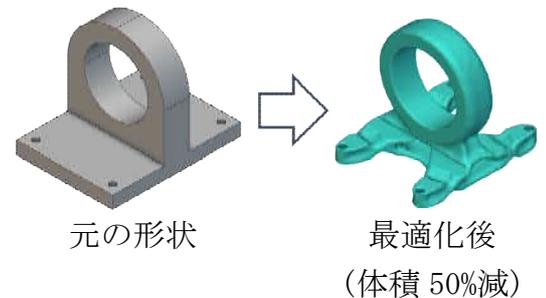


図2 トポロジー最適化の例

3 結果と考察

トポロジー最適化により3パターンのベアリングブラケットの形状及びラティス構造と組み合わせた形状を求めることができた。図2に軽量化した形状の一例を示す。得られた形状は、従来の加工方法では実現が難しいが、3Dプリンタでは造形が容易である。このように、DfAMを支援するソフトウェアと3Dプリンタを組み合わせることで、これまでになかった発想の設計が可能になり、さらにその作業が効率化されると考えられる。

EMC 試験における伝導妨害波測定の前点検法
—疑似電源回路網の故障の一例—

機械電子科 上席研究員 山田浩文

1 目的

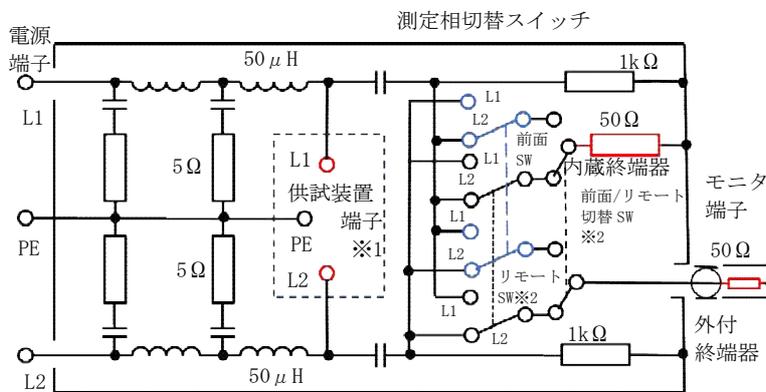
当センターでは、EMC 試験機器に異常がないかを確認するため始業前点検を実施している。伝導妨害波測定では、始業前点検として決められた楕円信号波形を測定し、測定値が規定の値の範囲にあることを確認している。しかし、昨年度の外部校正の際に、疑似電源回路網 (Artificial Mains Network: AMN) の故障が指摘された。本発表では、この故障状況及び原因、並びに外部校正でも発見できない場合があること及び、発見することができる始業前点検法について解説する。

2 方法

図 1 に AMN の概念図を示す。AMN のモニタ端子には 50 Ω 終端器を取付け、フロントパネルの切替スイッチ (SW) 及びレシーバからのリモート信号で測定相を切り替えた場合について、ベクトルネットワークアナライザ (VNA, Keysight Technologies 製 E5061B) で供試装置 (EUT) 端子の L1-PE 間及び L2-PE 間のインピーダンスと電圧分割係数を測定した。

3 結果と考察

図 2 にリモート信号により測定相を切り替えた場合の EUT 端子 L1-PE 間のインピーダンスを示す。L1 相に切り替えた場合のように、0.5~30MHz の周波数で 50 Ω を大きく逸脱するのは故障である。また、表 1 にインピーダンス測定結果をまとめたものを示す。リモート信号で測定相を切り替えたとき、測定相ではない側 (AMN 内蔵終端器が接続される側) のインピーダンスが異常を示した。通常、外部校正ではフロントパネルの切替 SW で相を切り替えた場合の測定相のインピーダンスしか測定しないためこの故障は見つけれない。また、電圧分割係数は正常であったことから前述の始業前点検では故障が発見できない。この故障を発見できる方法として Nano VNA を用いたインピーダンス測定を推奨する。



※1 供試装置端子の L1-PE 間、L2-PE 間のインピーダンスを測定した。
 ※2 前面/リモート切替スイッチとリモートスイッチは、実際には、外部のリモート信号により動作する。

図 1 AMN の概念図

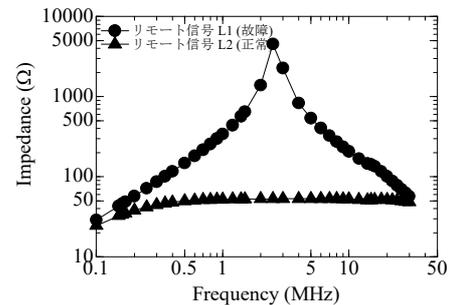


図 2 EUT L1-PE 間のインピーダンス

表 1 インピーダンス測定結果

測定	切替		リモート信号	
	前面パネル	L2	L1	L2
EUT L1-PE	正常	正常	正常	故障
EUT L2-PE	正常	正常	故障	正常

電波到来方向の簡易的推定技術の検討

機械電子科 上席研究員 上野貴康

1 目的

電波の到来方向推定技術は様々な分野で利用されている。重要施設侵入等トラブルが増加している移動体（ドローン等）を検知するシステムなどは、この技術を利用しているが、大規模で高額なため広く普及していない。電波到来方向推定技術は、推定範囲の限定や構成の簡素化により、およそその到来方向を推定するシステムとすることで、小規模・低コストでの作製が見込める。そこで、本研究では固定した2つのアンテナによる電波到来方向の簡易的推定技術について検討した。

2 方法

今回検討したのは、2つのアンテナの受信レベル差から電波の到来方向を推定するものである（図1）。アンテナで受信するデータが、2つのアンテナ間の角度でどのように変化するかを調べるため、表の測定環境にて電波の受信レベルの測定を行った。

表 測定環境

試験室	電波暗室
電波到来方向	$-90^{\circ} \sim 90^{\circ}$
2つのアンテナ間角度	$40^{\circ} \sim 160^{\circ}$
測定機器	EMI レシーバ
電波発信機	コムジェネレータ

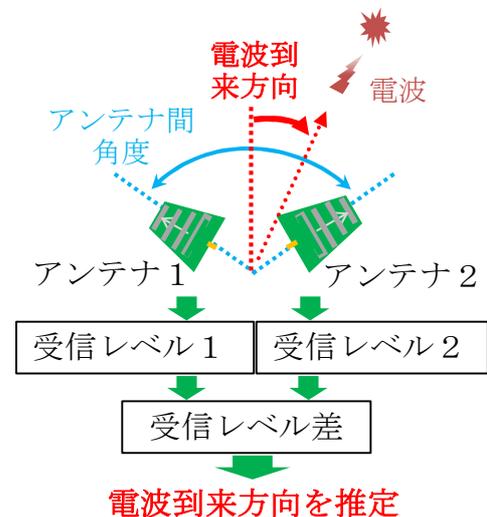


図1 電波到来方向推定の仕組み

3 結果と考察

電波到来方向と受信レベル差の関係について、アンテナ間角度を 40° から 160° まで 20° 毎に測定した（図2）。その結果、アンテナ間角度が広い程、推定可能な到来方向範囲が広く、受信レベル差が大きくなった。今回の測定条件では、アンテナ間角度を 160° とすることで、2つのアンテナの受信レベル差が最大となり、推定範囲が約 140° ($\pm 70^{\circ}$) と最も広くなることを把握した。

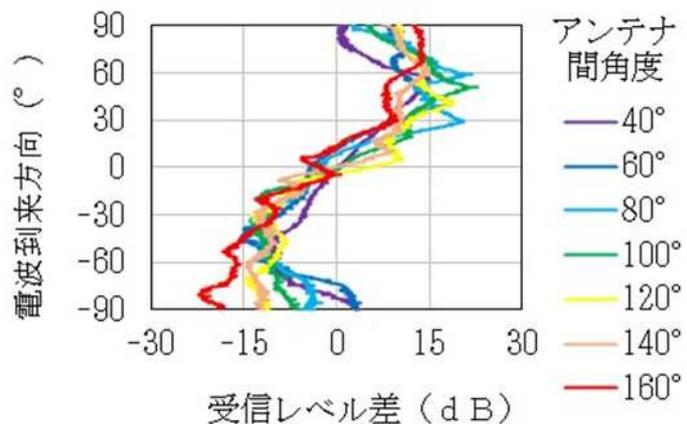


図2 2つのアンテナの受信レベル差

生分解性繊維の紡糸条件検討と分解性評価

繊維高分子材料科 研究員 大木結以

1 目的

自然界に流出した漁具が半永久的に水生生物を捕獲し続けるゴーストフィッシング現象は、生態系や漁業に深刻なダメージを与えている¹。漁具の環境負荷低減には海洋生分解性樹脂の活用が有効だが、既存の海洋生分解性樹脂は速やかに分解されるため、養殖や水産資源保護で要望される数か月～数年単位の耐久用途に適さない。海水中で1年程度形状や物性を維持する環境低負荷な漁具の開発を目的として、海水での分解が遅いポリブチレンサクシネート (PBS) と海洋生分解性に優れるポリカプロラクトン (PCL) を選定し、これらのブレンド樹脂からなるモノフィラメント糸を作製した。本発表では、得られた糸の機械的特性や生分解性の評価結果について報告する。

2 方法

市販の PBS と PCL のペレットを重量比 1 : 1 で混合し、二軸押出機により 200 °C で混練した。試験用溶融紡糸装置を用いて、得られた樹脂 (PBS50/PCL50) を直径 250 μm 程度のモノフィラメント糸に成形した。

得られた糸について、JIS L1013:2021 を参考に引張破断強度や結節強度、伸度を測定した。また、フィルム酵素分解試験²を参考に、河川や海洋に生息する細菌 *B. cepacia* が産出する酵素を用いた分解試験を行い、重量測定と表面観察を行った。

3 結果と考察

PBS50/PCL50 糸を延伸倍率 6.0～8.5 倍の 6 条件で作製したところ、延伸倍率 8.5 倍で最大の引張破断強度 5.46 cN/dtex が得られ、漁具に必要な強度を達成した。

また、酵素溶液に PBS 糸、PCL 糸、PBS50/PCL50 糸を最長 4 日間浸漬させたときの重量変化と糸の表面形態を図 1 に示す。PBS 糸では重量減少が生じなかったが、PCL 糸は 4 日間で約 17% の重量減少が確認された。他方、PBS50/PCL50 糸は、重量減少が 4 日間で約 2% しか生じなかった。表面形態からは、PBS50/PCL50 糸において糸表面の PBS 成分により PCL 成分の分解が抑制されている可能性が示唆された。

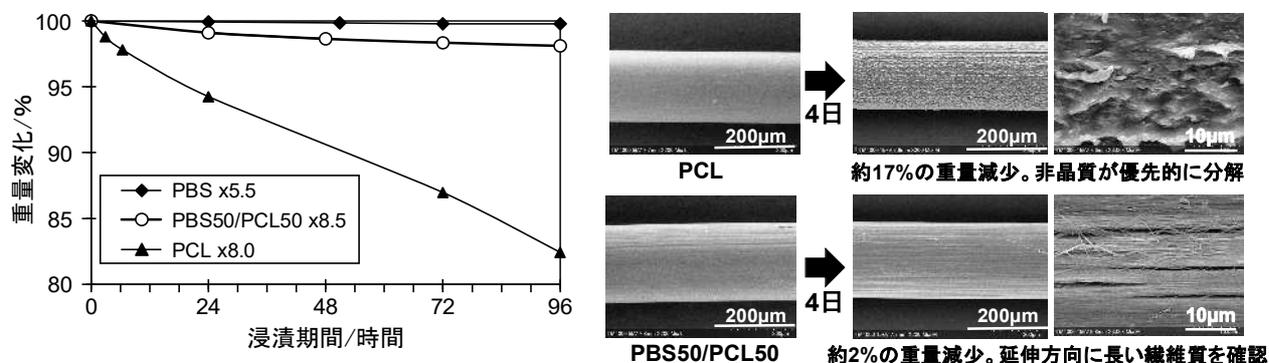


図 1 分解試験による重量変化 (左) と PCL、PBS50/PCL50 糸の表面形態 (右)

引用文献

1) J. A. Anderson et al., Mer Pollut Bull. 2014, 79, 261-267. や、D. M. Bilkovic et al., Mer Pollut Bull. 2014, 80, 114-123. 等, 2) I. F. Jeepery et al., Polym. Degrad. Stab. 2021, 192, 109692.

遠州織物を利用したリサイクル紙の開発とその活用方法

富士工業技術支援センター 製紙科 上席研究員 伊藤 彰
 浜松工業技術支援センター 繊維高分子材料科 科長 鈴木 重好

1 目的

近年、ファッション産業では、ファストファッションの台頭による短いサイクルでの大量生産、大量廃棄が行われており、二酸化炭素の大量排出などで環境に多大な負荷を与えていることから、環境負荷を考慮した持続可能なファッションへの取組である「サステナブルファッション」が急速に広まっている。

本研究では、廃棄繊維を有効活用する一つの手段として、遠州地区の織物工場の製造工程から排出される不要な端材などを紙の原料としてリサイクルするための研究開発を行った。開発したリサイクル紙は排出元の事業者を活用してもらうことで循環型社会のモデルケースを示し、サステナブルファッションの取組を推進することを目的とする。

2 方法

(1) 遠州地区における廃棄繊維の調査

遠州地区で廃棄繊維の調査を行ったところ、織物の耳や規格外の織物（写真1）が大量に廃棄されていることが分かった。また、廃棄されている繊維の素材は製紙用パルプと同様のセルロースを主成分とする綿、麻が多く、色については、生成り色、白色が多かった。その調査結果より、遠州地区では、紙に利用可能であると思われる繊維が多く排出されていたため、それらを利用したリサイクル紙の開発を行うこととした。

(2) リサイクル紙の開発に関する検討

リサイクル紙に繊維を配合すると紙の強度が低下することが分かっている。リサイクル紙を通常の印刷用紙と同様に使用できるようにするため、強度の向上に関して検討した。紙料調成による原料のフィブリル化や製紙薬品の調整を行うことで、市販の印刷用紙の強度に近づけることができた。実験での検討結果を基に、富士市内の工場で実機による試作を行い、繊維配合割合 30%、坪量 160g/m² のリサイクル紙の抄紙に成功した（写真2）。



写真1 遠州地区の廃棄繊維



写真2 工場実機による抄紙

3 結果と考察

工場実機により抄紙したリサイクル紙の物性を評価したところ、引張強さ、破裂強さなどにおいて市販の印刷用紙と同等以上の物性値であることを確認した。

現在、廃棄繊維の排出元である遠州の繊維関連事業者などとリサイクル紙の活用方法について打合せを行っている。今後、繊維循環のモデルケースを構築し、広く情報発信することでサステナブルファッションの取組を拡大していく予定である。

光学設計やシミュレーション技術による表面傷検出装置と図形投影光学素子の性能向上事例

光科 ○志智 亘 中野雅晴
工業技術研究所 照明音響科 豊田敏裕

1 目的

光線経路の可視化、光学素子の形状設計やその配置の最適化などができる光学設計ソフトウェアを活用した技術支援及び研究開発事例を紹介する。①レーザー光を用いたワイヤー表面の傷検出装置を開発する企業では、検査対象の材質により検出信号が変化する課題があった。これに対して、光学シミュレーションを活用して原因の探索と性能向上を図った。②コンパクトかつ単純な光学系で図形像を投影できるマイクロプリズムアレイ (MPA) の研究開発において、MPA の投影像質に影響を与える要素を光学設計技術を用いて明らかにし、MPA の投影性能を向上させた。

2 方法

- ① 傷検出装置はレーザー光をワイヤー表面に照射し、その反射光強度を測定することで表面の傷の有無を判定する。しかし、表面が樹脂材料のワイヤーは反射光が弱く、傷の判定が困難な場合があった。そこで、光学設計支援システム (Ansys Inc. 製 Ansys Zemax OpticStudio) を用いて装置の簡単な光学モデルを構築し (図 1)、レーザーの偏光を考慮した反射光強度の空間分布を解析した。
- ② MPA は微小なプリズムを 2 次元アレイ状に集積した光学素子である。MPA はプリズムの傾斜角度を個別に設定し、光の進行方向を制御することで、光源と MPA だけで図形を投影できる (図 2)。そこで、MPA 設計ソフトウェア (LightTrans International GmbH 製 VirtualLab Fusion) を用いて MPA で図形を投影する光学系を設計し、投影像の明るさむらと輪郭のぼけを評価した。

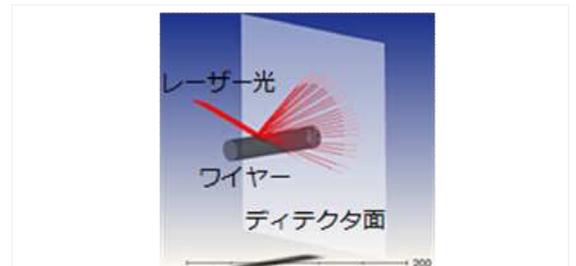


図 1 表面傷検出装置の光学モデル

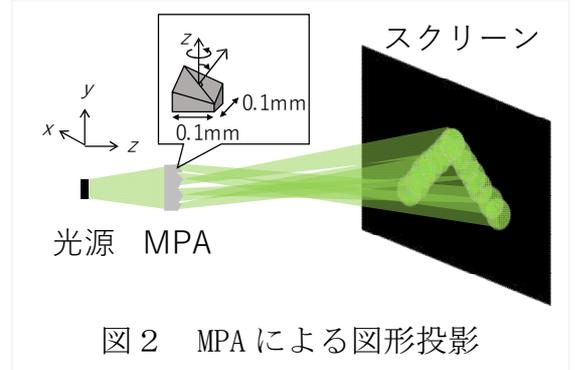


図 2 MPA による図形投影

3 結果と考察

- ① 解析により、反射光強度を最大にする入射光の偏光方向が明らかになった。結果に基づく改良により、幅 10 ミクロン程度の傷が従来よりも高感度に検出可能になった。
- ② MPA のプリズム数、光源との距離及び光源サイズに対する、投影像の明るさむら及び輪郭のぼけの関係が、定量的に予測可能になった。光学シミュレーションで予測した投影像は、試作した MPA の投影像と同等であることを確認した。

このような光学シミュレーション技術を活用することで、光学機器の性能向上や効率的な光学素子開発が実現できる。

光造形で作製した微細光学素子の形状評価

光科 中野雅晴 志智 亘
工業技術研究所 照明音響科 柳原 亘 豊田敏裕

1 目的

LEDで路面に図形を描画する微細光学素子を開発した。本光学素子は、底面の1辺が100 μ mで、高さが数十 μ mの微細なプリズム群で構成されるマイクロプリズムアレイであり、プリズムごとに傾斜面の角度と向きを変えて光の進行方向を制御することで遠方に図形を描画する(図1)。本方式は、装置構成が単純で小型化できる利点がある。一方、従来の切削加工技術では、このような微細光学素子を作製することが困難であった。そこで、我々は、フェムト秒レーザーを用いた2光子重合方式^{注)}の光造形技術に着目し、その有効性を検証した。本発表では、光造形で作製した光学素子の形状を評価した結果について報告する。

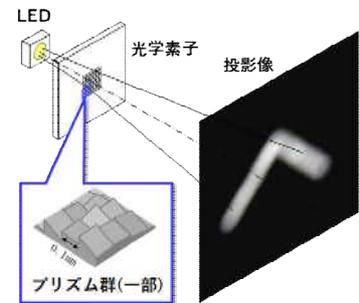


図1 開発した光学素子による図形投影の概略図

注) 光強度の2乗に比例して重合するため微小な造形が可能。

2 方法

1 m先にブーメラン形状(縦0.15m×横0.3m)を投影する光学素子(プリズム数:縦20個×横20個)を設計し、ガラス基板上に樹脂のプリズム群を2光子重合方式の光造形装置(MultiPhoton Optics GmbH製LithoProf3D-GS II)で作製した。材料は、光学特性に優れた透明な光硬化性樹脂(micro resist technology GmbH製OrmoComp)を用いた。作製した光学素子の形状は、共焦点顕微鏡(レーザーテック製OPTELICS HYBRID L7)で測定し、全プリズムについて傾斜面の角度誤差(実測値と設計値の差)を評価した。

3 結果と考察

作製した光学素子の傾斜面には、積層造形に起因した段差はなく、平滑であった(図2)。一方、エッジ部では丸みが生じた。傾斜面の角度誤差は、その角度の大小に依存せず、平均値0.34度、標準偏差0.49度の正規分布に従う傾向であった(図3)。なお、光学素子を繰り返し作製しても、角度誤差は同様な傾向であった。また、同程度の角度誤差であれば、投影像に顕著な影響を与えないことを光学シミュレーションで確認した。これらの結果から、2光子重合方式の光造形技術が、本光学素子の作製に有効であることを確認できた。

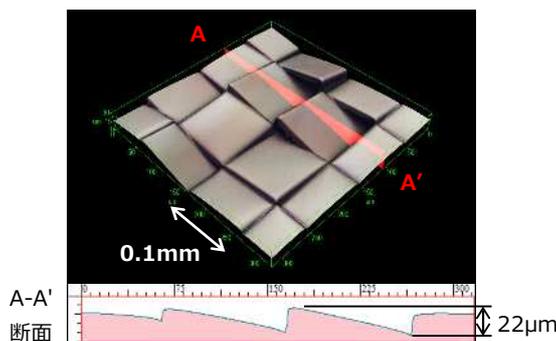


図2 作製した光学素子の外観形状(一部)

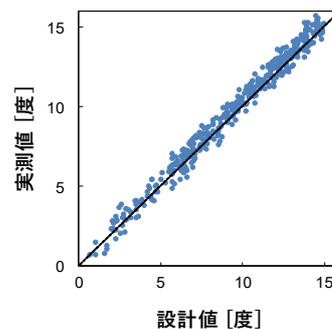


図3 傾斜面の角度誤差評価

発行：静岡県工業技術研究所
浜松工業技術支援センター
(浜松市浜名区新都田一丁目3-3)

発行日：令和6年(2024年)3月4日