

令和6年度 研究発表会 要旨集

令和7年3月6日

静岡県工業技術研究所
浜松工業技術支援センター

この表紙は遠州織物をリサイクルした紙を使用しています

プログラム (タイムテーブル)

午前の部

9:00 開会挨拶				
9:03~10:20 デジタルものづくり・機械電子分野			ページ	ポスター-展示場所*
A1	機械電子科の研究開発・技術支援への取り組み	研究統括官 伊藤 芳典	-	-
キーノートスピーチ1 (20分) 3D スキャンとスキャンデータの活用		機械電子科 山口 智之	1	②
A2	アルミのバラを作る-X線CTによる形状取得、3D造形、形状評価-	機械電子科 太田 幸宏	2	②
A3	3Dスキャナを用いた非接触変位測定での測定位置による誤差の変化	機械電子科 長津 義之	3	③
A4	車載電子機器に求められているレーダーパルス試験の概要と当センターでの対応状況	機械電子科 山田 浩文	4	④
A5	簡易的な電波到来方向推定システムの開発	機械電子科 原口 卓也	5	⑤
10:20~10:25 休憩				
10:25~11:35 繊維高分子材料分野 / 企業セッション			ページ	ポスター-展示場所*
A6	繊維高分子材料科の研究開発・技術支援への取り組み	繊維高分子材料科長 木野 浩成	-	-
A7	海水中で分解速度を制御できる漁具用生分解性繊維の開発	繊維高分子材料科 大木 結以	6	⑧
A8	モノの色の見え方と色の数値化、光との関係性 -分光測色計を用いた染色評価の事例-	繊維高分子材料科 速水 優妃	7	⑨
A9	熱可塑性炭素繊維強化複合材料 (CFRTP) の循環利用	繊維高分子材料科長 木野 浩成	8	⑦
企業セッションの紹介		研究統括官 伊藤 芳典	-	-
企業セッション1 デンソーウェーブの提案するIoTシステム		株式会社デンソーウェーブ	-	-
企業セッション2 簡単・低コストEメール通報システム		株式会社特電	-	-
企業セッション3 画像処理を活用したモニタリングシステム		株式会社スカイロジック	-	-
企業セッション4 軽トラック用の着脱可能なキャビン「ナミレBOX」の最新モデル		ナミレ合同会社ナミレ	-	-
11:35~12:00 所内施設見学・ポスターセッション・企業展示				

午後の部

13:00~13:40 光分野			ページ	ポスター-展示場所*
P1	光科の研究開発・技術支援への取り組み	光科長 渥美 博安	-	-
キーノートスピーチ2 (20分) 光学シミュレーションを用いたマイクロプリズムアレイの設計と製品応用 -ラインパターン投影装置の高性能化事例-		光科 志智 亘	9	⑩
P2	転写用樹脂を用いた光学部品微細凹部の形状評価	光科 中野 雅晴	10	⑥
13:40~13:50 休憩				
13:50~15:30 金属3Dプリンタ・材料分野			ページ	ポスター-展示場所*
P3	材料科の研究開発・技術支援への取り組み	材料科長 菅野 尚子	-	-
キーノートスピーチ3 (20分) 金属3Dプリンタの活用と研究紹介		材料科 田光 伸也	11	⑫
P4	パウダーベッド方式の金属3Dプリンタでの造形姿勢がアルミニウム合金の機械的特性に及ぼす影響	材料科 植松 俊明	12	⑫
P5	パウダーベッド方式の金属3Dプリンタでの積層厚さがアルミニウム合金の緻密化と造形速度に及ぼす影響	材料科 望月 智文	13	⑫
P6	金属3Dプリンタで造形した樹脂金型用ステンレス材料の表面性状評価	機械電子科 大澤 洋文	14	⑫
P7	金属3Dプリンタのための設計手法を推進する連携授業 -ボールペンを対象としたデザイン事例紹介-	浜松未来総合専門学校 新聞 功輝	15	-
P8	フーリエ変換赤外分光光度計を用いた樹脂等に付着した異物分析	材料科 柳原 茉由	16	⑬
P9	成型シミュレーションの精度向上を目的とした高張力鋼板の材料特性データ取得 -パウシンガー効果の測定-	材料科 加用 敦也	17	⑭
15:30~16:00 所内施設見学・ポスターセッション・企業展示				

*発表時間:キーノートスピーチ20分(質疑応答を含む)、研究発表12分(質疑応答を含む)、各科取組、企業セッション5分
*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(19ページ)」を御参照ください。

施設公開・企業展示

午前の部 11:35～12:00 ・ 午後の部 15:30～16:00

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／浜松都田インキュベーションセンター (株) デンソーウェーブ、(株) 特電、(株) スカイロジック、合同会社ナミレ)	別紙	① 発表会場
多関節アーム型 3D スキャナ	20	② 精密加工試験室 (実験棟 1 階)
計測用 X 線 CT	21	
非接触三次元ひずみ・変形測定機	22	③ 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	23	
自動車部品用 EMC 試験装置 (放射電磁妨害波耐性(EMS)試験システム)	24	④ EMC 試験棟
電波暗室	25	⑤電波暗室 (実験棟 1 階)
ハイブリッドレーザー顕微鏡	26	⑥ 三次元精密測定室 (管理研究棟 1 階)
画像測定機	27	
促進耐候性試験機	28	⑦ 仕上加工試験室 (実験棟 2 階)
紡糸機	—	⑧ 製布準備室 (実験棟 1 階)
分光測色計	29	⑨ 繊維加工試験室 (管理研究棟 3 階)
促進耐光性試験機	30	
光学設計支援システム	31	⑩ 開放試験室 3 (開放棟 2 階)
2μm レーザー	32	⑪ 開放試験室 1 (開放棟 2 階)
金属 3D プリンタ	33	⑫ 金属加工試験室 (実験棟 1 階)
フーリエ変換赤外分光分析装置 (FT-IR)	34	⑬ 表面評価試験室 (管理研究棟 4 階)
精密万能材料試験機	35	⑭ 材料強度試験室 (実験棟 1 階)
油圧式材料試験機	36	
キャス試験機	37	⑮ 耐食性試験室 (実験棟 2 階)

※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(19ページ)」を御参照ください。

【3D スキャンとスキャンデータの活用】

機械電子科 主任研究員 山口 智之

1 目的

当センターに設置されている「デジタルものづくりセンター」では、今年度新しく多関節アーム型 3D スキャナ (FARO Arm Quantum S Max 3.5m xP) を導入し、この 3D スキャナを製造現場に持ち込んで測定を支援する『プッシュ型支援』を始めるなど、地域企業のデジタルものづくりの支援に取り組んでいる。本報告では、導入したスキャナの概要及び精度検証結果、並びに『プッシュ型支援』においてスキャンデータを活用してリバースエンジニアリングや CAE に取り組んだ事例について紹介する。

2 装置概要及び精度検証

本装置は、アームの先端に装着した非接触式 (レーザー式) と接触式のプローブを合わせた測定により、現有機器 (カメラ式) では測定が難しかった光沢の強い対象物や穴形状も精度良く測定できる。精度検証については、当センターの三次元測定機 (UPMC850CARAT (カールツァイス社製)) と多関節アーム型 3D スキャナ (タッチプローブとレーザープローブ) でゲージを測定し、データを比較した。三次元測定機は、測定長により誤差が大きくなるが、多関節アーム型 3D スキャナは、測定長よりも測定する際のアームの姿勢が誤差に影響する傾向を示した。データを取る際にはアームの姿勢が大きく変わらないように測定することで精度のよい測定ができると考えられる。

3 プッシュ型支援

センターに持ち込むことができない大きい又は重い対象物の測定事例として、①自動車用金属プレス加工の企業の支援 (金型の測定による設計値との比較と測定データの CAD 化 (図 1)) と②キャンピングカー用サンシェード等を製作する企業の支援 (車体の測定による 3D データ取得と CAE を使った設計) について紹介する。①の事例では、リバースエンジニアリングにより、製造過程で変化した金型データの履歴管理や金型破損時の早期復元等にスキャンデータが活用できることが確認できた。また、②の事例では、スキャンデータから CAE に応用することで実物による測定や試作の回数を減らすなど、設計効率を上げられる可能性があることが確認できた。3D スキャナの主な使用方法は、形状や寸法の測定であるが、デジタルものづくりセンターでは、スキャンデータをリバースエンジニアリングや CAE 等にも活用することで、幅広いデジタルものづくりを支援する。



図1 プッシュ型支援の事例
(上：製造現場での測定の様子
中：スキャンデータ
下：CAD データ化)

アルミのバラを作る

— X線CTによる形状取得、3D造形、形状評価 —

機械電子科 上席研究員 太田幸宏

1 目的

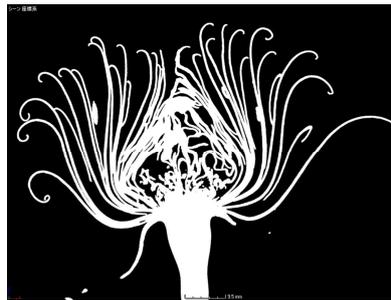
本報告では、浜松工業技術支援センターが浜名湖花博 2024 で展示したアルミのバラについて、それを作る工程：X線CT装置と金属3Dプリンタを用いた形状取得・3D造形・形状評価を紹介する。これは、設計データを実物を計測して作成するリバースエンジニアリング、また、金型を用いずに迅速に製造するラピッドプロトタイピングの事例である。

2 方法

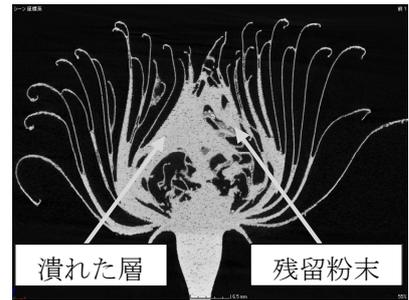
X線CT装置（FF35CT Metrology、エクスロン・インターナショナル社製）で生花のバラを計測して形状データを取得した（図1（a））。このデータを産業用X線CT向け解析ソフトウェア（VGSTUDIO MAX、ボリュウムグラフィックス社製）でSTL形式の形状データに変換した（図1（b））。形状データの欠損部分は、造形支援ソフトウェア（Materialise Magics、Materialise社製）で修正し、そのデータを基にして金属3Dプリンタ（SLM280（700W ファイバレーザ）、SLMソリューションズ社製）で、アルミニウム合金製のバラを造形した（図2）。造形したバラはX線CT装置で計測し、内部を含めた形状評価を行った（図1（c））。



(a) 形状データ



(b) 設計データ



(c) 造形したバラ

図1 各過程での断面画像

3 結果と考察

リバースエンジニアリング、ラピッドプロトタイピングの事例として、アルミのバラを作る工程：形状取得・3D造形・形状評価を紹介した。3DCADで設計が難しい複雑な形状データをX線CTで実物を計測することで取得できることを確認した。また、図1（c）から、センターに整備された3Dプリンタでは上下に層状に重なった花びらは造形するときのレーザの熱で形状が一体化されることを確認した。さらに、複雑な構造を持つ3Dプリンタの造形物内部に残留した金属粉末が可視化できるため、X線CT装置が3Dプリンティングの後工程の評価に役立つことを確認した。



図2 アルミのバラ

3Dスキャナを用いた非接触変位測定での測定位置による誤差の変化

機械電子科 上席研究員 長津 義之

1 目的

DIC(デジタル画像相関法)は、対象の表面に形成されたパターンの変化をカメラで認識することで、ひずみ・変位分布を測定する手法である。簡便な前処理を行うだけで非接触の測定が可能であり、当センターでは、材料や製品の強度試験等に加え、恒温槽内のガラス窓越しの熱変形測定に利用している。しかし、その測定精度の詳細、特にカメラ視野内の測定位置による誤差の変動についてはこれまで検討していなかった。本発表では、当センター保有のDIC装置について、恒温槽内も含めた変位測定精度の検証結果を報告する。

2 方法

DIC用カメラ視野中央及び視野端(視野の範囲限界)それぞれの位置(図1)で、3軸電動ステージ(各軸位置決め精度 $\pm 5.1 \mu\text{m}$)に貼付したマーカー5個を、各軸 ± 5 及び $\pm 10\text{mm}$ 移動させ、ステージ移動指令値とDICによるマーカーの変位測定値との差を求めた。それを、カメラとマーカーとの距離(Z軸方向)を変更して実施した。

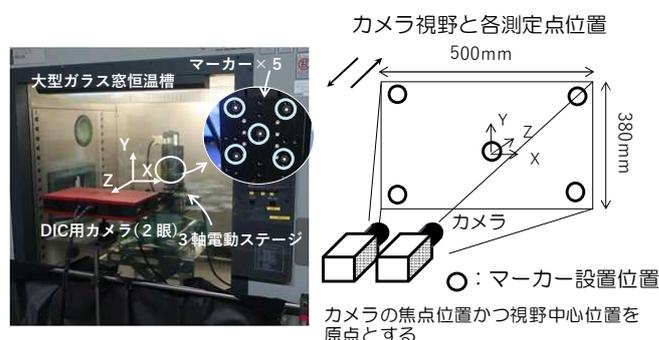
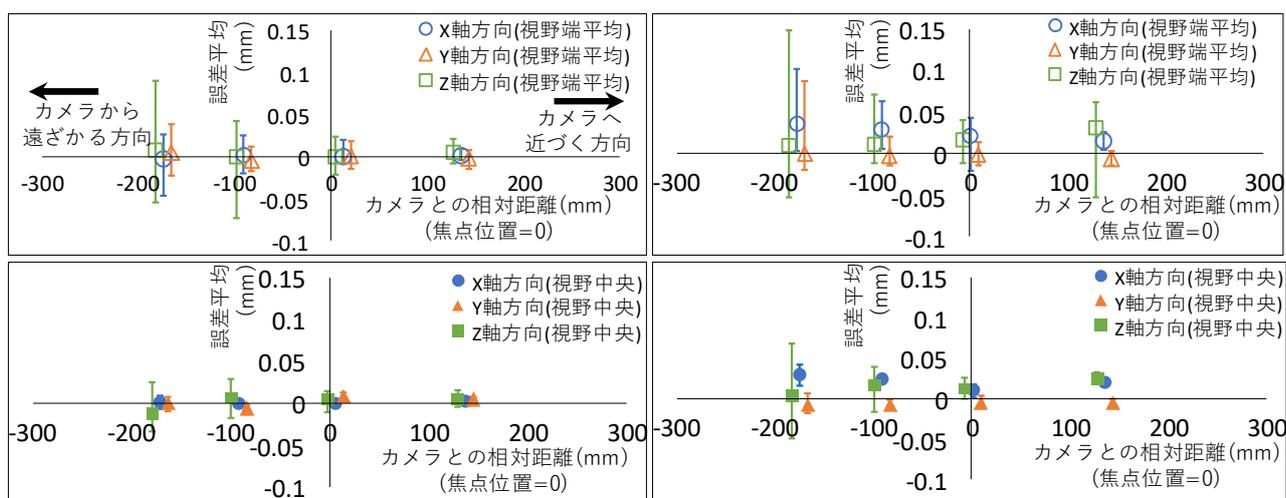


図1 カメラ視野と各測定位置

3 結果と考察

図2に、各軸方向に $+10\text{mm}$ マーカーを移動させた際の変位測定誤差を示す。恒温槽内の変位測定の最大誤差は $\pm 0.15\text{mm}$ であった(図2(2)上)。また、測定対象が、視野端(図2(1)及び(2)の上)、焦点位置から離れた位置(図2 カメラからの相対距離の絶対値増加)及びZ軸方向の変位(図2 □及び■)、では誤差が拡大することが明らかになった。



(1)通常測定

(上:視野端、下:視野中央)

(2)恒温槽内測定

(上:視野端、下:視野中央)

図2 DIC精度検証結果

車載電子機器に求められているレーダーパルス試験の概要と当センターでの対応状況

機械電子科 上席研究員 山田 浩文

1 目的

レーダーパルス試験は、航空路監視レーダーや空港監視レーダーから放射される電磁波（1,200MHz - 1,400MHz や 2,700MHz - 3,200MHz）の（パルス波での）影響を模擬する放射イミュニティ試験であり、四輪車メーカー各社から要求されている。試験では、比較的高い電界強度（600V/m）や特殊なパルス変調などの試験条件が要求される場合もある。本発表では試験の概要について解説するとともに、当センターでの対応状況について紹介する。

2 方法

一部の四輪車メーカーで要求されるより複雑なパルス変調波形（バースト波形、図1）に対応するため、システムにファンクションジェネレーターを挿入し、波形信号とトリガー信号を生成させるとともに、その信号を信号発生器とパワーメーターに送るよう構成を変更している（図2）。

3 結果と考察

図3に、アンテナに入力される信号電圧の波形の一例を示す。この波形は、アンプからの信号を、アンテナに代わり60dBの減衰器を介してオシロスコープ(Keysight DP07254)に直接入力して測定したものである。測定によりメーカーの要求するバースト波形が正しく生成していることが確認できた。当センターでは、レーダーパルス試験について、最高600V/mの電界強度を発生でき、1秒ごとに50パルスのみや5.5秒ごとに50パケットのみなど特殊な変調波形（バースト波形）にも対応する。また、パルス変調をかけたままの試験レベル調整にも対応する。

5.5 s ごとに 50 の連続したパケットの出力のみ

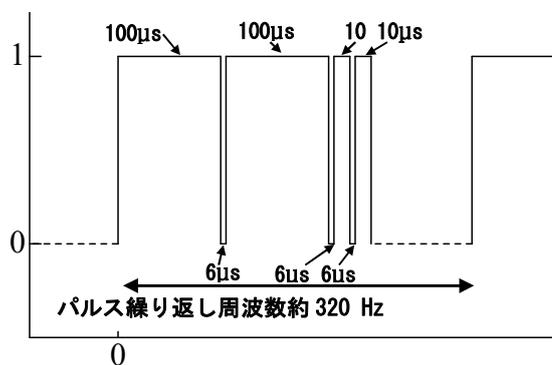


図1 メーカー要求波形の一例

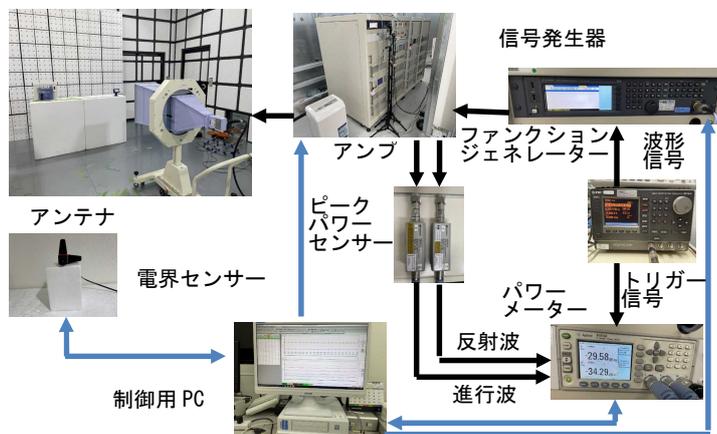


図2 レーダーパルス試験システム

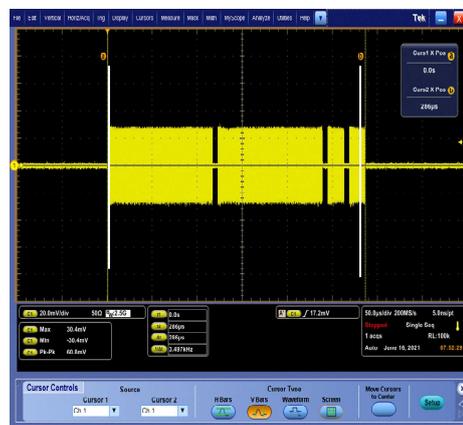


図3 アンテナ入力信号電圧波形（実測）

簡易的な電波到来方向推定システムの開発

機械電子科 主任研究員 原口 卓也

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が、大規模で高額なため広く普及していない。そこで、本研究では推定範囲を 180° (-90° から 90°) に限定し、おおよその範囲 (目標 $\pm 15^{\circ}$ の誤差) でドローンを検知できる小規模・低コストなシステムの開発を目指した。

2 方法

固定した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システムを試作し、その測定結果から「2つのアンテナの受信レベル差 \rightarrow 電波到来方向」の換算式を作成した。屋外においてドローンを 180° (-90° から 90°) 内の8箇所 (図2①~⑧の位置) で飛行させ、換算式から求められる推定位置と実際の位置を比較をした。

また、ドローンの通信に使われる2.4GHz帯の電波はWi-Fiルーター等の通信機器でも多く使用されるため、これらの電波との区別方法を検討した。

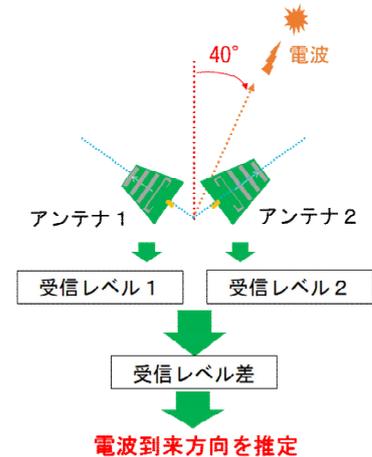


図1 電波到来方向推定原理

3 結果と考察

屋外で距離10m(高さ5m)で飛行中のドローンを、試作したシステムにより到来方向推定したところ、範囲約 90° (-45° から $+45^{\circ}$) において誤差約 $\pm 15^{\circ}$ で推定できることが分かった。なお、推定範囲 90° においてはS/N比から33m先まで検出可能であることを確認した。推定範囲が約 90° となったのは、検出システムの側面 (図2①、⑦、⑧) で電波の受信レベルが低下し、期待する受信レベル差が得られなかったためと考えられる。検出器における検出感度を上げることで推定範囲の改善が期待できる。高さ方向、測定距離についても同様に改善が期待できる。

また、ドローンとそれ以外の機器 (Wi-Fiルーター等) の発する2.4GHz帯の電波を測定したところ、電波の発せられる周期に違いが見られたため、測定周期を細かくし (10ms以下)、その平均値を比較することで区別できることが分かった (図3)。

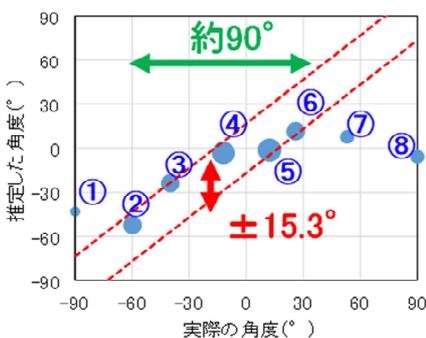


図2 電波到来方向推定結果

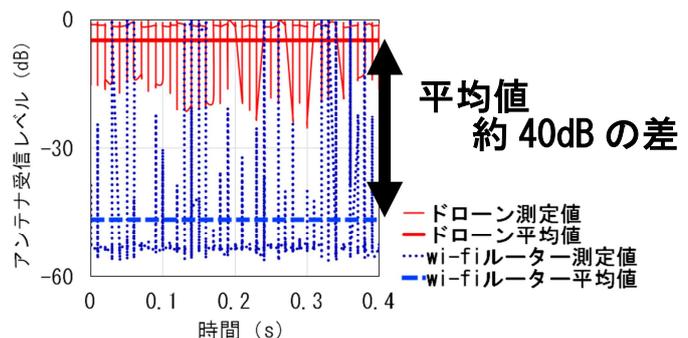


図3 ドローンとWi-Fiルーターの2.4GHz帯電波

海水中で分解速度を制御できる漁具用生分解性繊維の開発

繊維高分子材料科 主任研究員 大木 結以

1 目的

波浪等の自然災害により海洋に流失した漁具は、漁獲能力を維持したまま漂流するため、海生生物への影響が懸念されている。本研究では、漁具に要求される数か月から数年単位で海水中で形状や強度を維持する生分解性繊維の開発を目的とし、いずれも海洋生分解性が認証されている、ポリヒドロキシアルカン酸 (PHA) の一種 (Green Planet® (株)カネカ)) とポリプロラクトン (PCL) を混合した樹脂からなる糸 (PHA/PCL 糸) を作製し、微生物が産出する酵素による分解性や環境水中での耐久性を評価した。

2 方法

PHA と PCL を 3 種の混合比率 (PHA70/PHA30, PHA50/PCL50, PHA70/PCL30) でそれぞれ混練し、得られた混合樹脂をモノフィラメント糸 (PHA/PCL 糸) に成形した。生分解性樹脂フィルム分解性評価手法¹を参考に、直径と延伸倍率が同一である PHA 糸と PCL 糸、PHA/PCL 糸の計 5 種の糸について、海洋等の自然環境に幅広く存在する細菌 *B. cepacia* が産出して PCL のみを分解するリパーゼ溶液に最長 8 日間浸漬し、重量変化から酵素分解性を評価した。また水中での使用を想定して、浜名湖から採取した濾過水に最長 20 週間浸漬させたときの強度変化を調べるとともに、糸表面の分解形態を観察した。

3 結果と考察

リパーゼ溶液中で反応させた糸の重量変化と分解形態を図 1 に示す。PCL 糸は 8 日間で約 20 % の重量減少が生じたのに対し、PHA 比率が 30% 以上である糸の重量減少は 8 日間で 2 % 未満であった (図 1 左)。また、PHA 比率が 30% 以上の糸表面には繊維方向に長い形状の分解痕や繊維質 (幅 1 μm 未満) が生じたが (図 1 右上段)、PCL 糸 (図 1 右下段) と比較して糸表面の分解が大きく抑制された。混合樹脂を糸に成形する際に形成される PHA からなる長い樹脂ドメイン (幅 1 μm 未満) が、糸表面における PCL の分解反応を抑制したと考えられる。海水に浸漬すると、PHA 糸や PCL 糸の強度は 1 週間で浸漬前の 30% 程度まで大きく低下し 20 週間以内に崩壊したのに対し、PHA/PCL 糸の強度は 1 週間で浸漬前の 70% 程度を維持しており、20 週間経過しても崩壊しなかった。

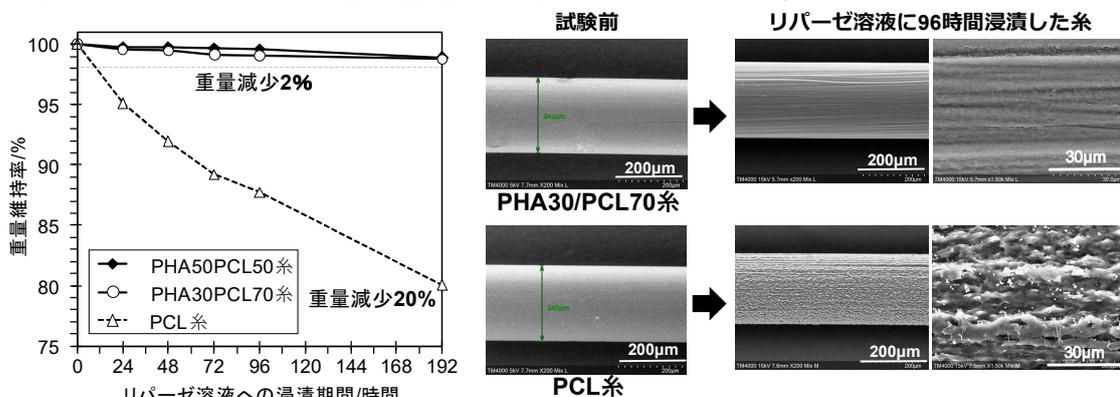


図1 リパーゼ溶液中で反応させた糸の重量変化(左)と分解形態(右)

引用文献 1 : I. F. Jeepery et al., *Polym. Degrad. Stab.* **2021**, 192, 109692.

モノの色の見え方と色の数値化、光との関係性
—分光測色計を用いた染色評価の事例—

繊維高分子材料 研究員 速水 優妃

1 目的

同じモノでも周囲の照明環境によって違った色に感じることがある。また、モノは時間の経過とともに劣化が進み、色にも変化が生じる場合がある。

本発表では、「光」と「色の比較」に着目し、2つの視点から色を数値的な評価を試みた。1つ目は、光が色の見え方に与える影響を確かめることを目的とし、分光反射率を用いて評価した。2つ目は、劣化による色の変化の定量化を目的とし、太陽光よりも強力な紫外線を照射して人工的に促進劣化させた染色試料について、退色の様子を数値比較したので報告する。

2 方法

シルク・綿・羊毛を緑と黄色に染色した6種類の試料に対し、以下の検討を行った。

光が色の見え方に与える影響について、定性的な色見え方の違いは照明装置 (Macbeth Lighting The Judge II) を使用して、分光分布が異なる4種類の光の下で評価し、定量的な評価は分光測色計 (CM-36dG) を使用して、光源による色度の変化を計測した (図1(a))。次に、劣化による色の変化について、ロングライフフェードメータ (スガ試験機製、図1(b)) を使用して、紫外線を染色試料に50時間ずつ最長200時間照射する耐光性試験を実施し、試験前後の色を分光測色計で測定した。

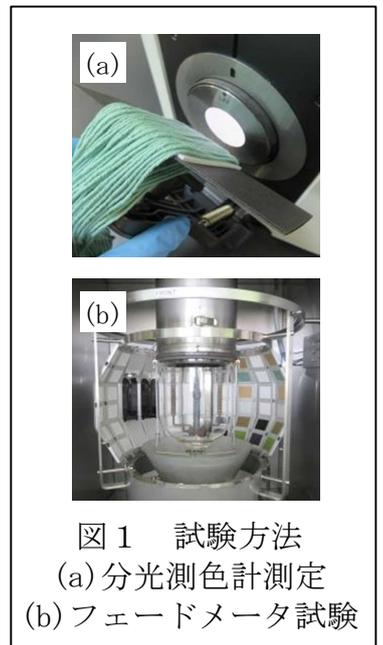


図1 試験方法
(a)分光測色計測定
(b)フェードメータ試験

3 結果と考察

分光分布が異なる光の下での色見え方は、光源によって試料の色と呼称や表記が変わってくる。一方で、測色時の光源を適切に設定することで、異なる光源下での色見え方の違いを色度 ($L^*a^*b^*$) で数値化できた (講演にて報告する)。

耐光性試験前後での色見えは変化し、退色の状態は色差 ΔE^*ab で定量的に評価した (図2)。試料 (緑) 綿は使用した染料の耐光性が低く、特に退色した。以上のように、分光測色計を適切に使うことで、異なる照明下での色見えや退色性は定量的に評価できる。

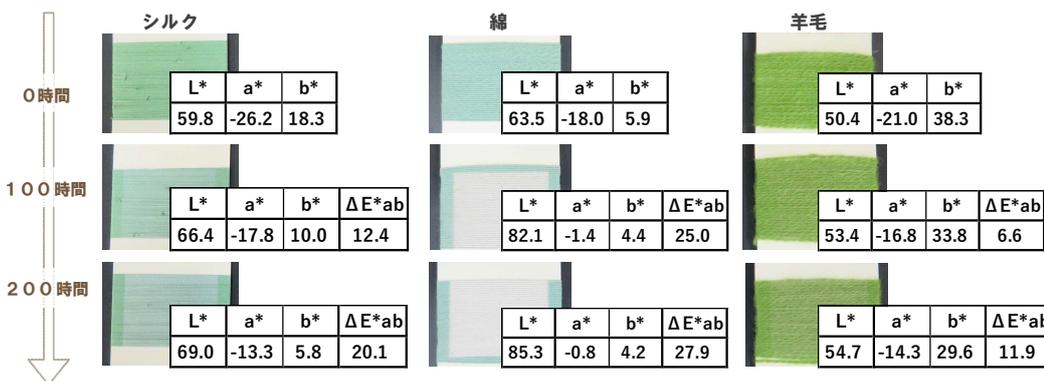


図2 フェードメータ試験結果 試料 (緑) の写真、色度・色差

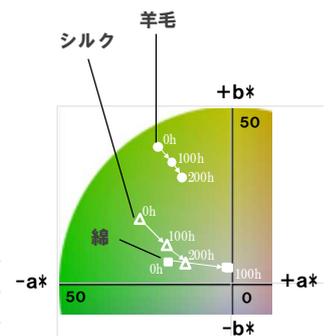


図3 色度図

熱可塑性炭素繊維強化複合材料 (CFRTP) の循環利用

繊維高分子材料科 科長 木野 浩成

1 目的

熱可塑性炭素繊維強化複合材料 (CFRP) の利用を進めるにあたり、SDGs およびプラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律 (プラスチック新法) 等に対応した循環モデルの構築が求められている。CFRP リサイクル技術には、熱分解法、化学分解法、機械分解法などがあり、リサイクル炭素繊維は、熱分解法によるリサイクルプロセスで作られることが多い。しかし、熱分解法では、分解時に CO_2 が発生するとともに、酸素・水蒸気等によって炭素繊維の物性が劣化するため、炭素繊維の水平リサイクルが望まれているなかで技術的課題となっている。今回 CFRTP リサイクル材を材料にトランスファ成形機を使用して、リサイクル時の成形性、物性等を評価したので報告する。

2 方法

開繊した炭素繊維をナイロン樹脂フィルムで挟み、超音波溶着してチョップド UD テープ (15mm 長) を作製した。チョップド UD テープを材料としてトランスファ成形機 (株式会社松田製作所) を使用し平板 (200mm \square ×2mm) を成形した。リサイクル性を検討するため、成形した平板を 4 分割し、トランスファ成形機で再成形回数を 1 回、2 回と変えて再成形した。平板を切断して試験片を作製し、精密万能材料試験機で 3 点曲げ試験を行い曲げ強度を測定した。リサイクル試験の流れを図 1 に示す。

3 結果と考察

UD テープから成形した平板をバージン材として、トランスファ成形機で 2 回目までの再成形を行った場合の曲げ試験の強度結果を図 2 に示す。強度は目標であるアルミダイカストの値よりも大きな値を示した。再成形回数が増加につれて、強度のバラツキが大きくなることがわかり、強度のバラツキの原因を検討する必要があることがわかった。リサイクル回数が増えるに連れて大きくなる理由は、炭素繊維の繊維長の減少、樹脂劣化による樹脂の強度低下が考えられており、検討を進めている。

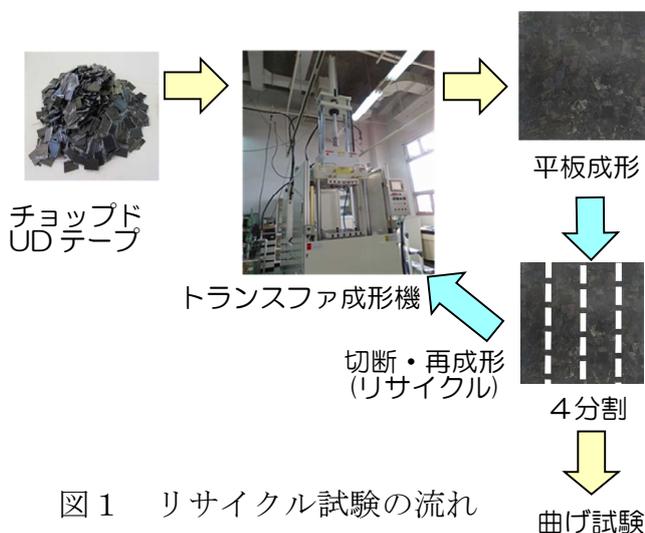


図 1 リサイクル試験の流れ

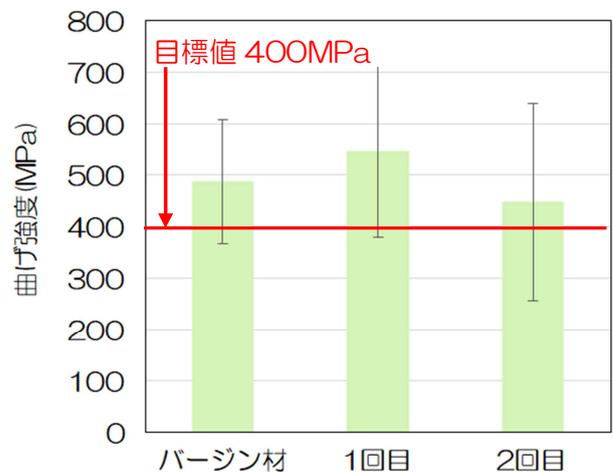


図 2 再成形回数による強度変化

光学シミュレーションを用いたマイクロプリズムアレイの設計と製品応用
—ラインパターン投影装置の高性能化事例—

光科 上席研究員 志智 亘

1 目的

浜松工業技術支援センターに整備されている光学設計ソフトウェア：Ansys Zemax OpticStudio（機器名：光学設計支援システム）は、光学装置のレンズやミラーの形状及び配置の最適化、並びに照度分布や迷光などの解析が可能で、製品の開発や不具合の解決に不可欠なソフトウェアである。本発表では、本ソフトウェアを活用して、パイフォニクス（株）と同社の特許技術製品であるラインパターン投影装置の改良を目的に、明るさを均一化するための微細光学素子（マイクロプリズムアレイ：MPA）の開発事例*について紹介する。また、切削加工面の表面での光散乱についての光学シミュレーション結果についても述べる。

2 方法

MPAは微細なプリズム群を集積した光学素子であり、プリズムの傾斜面の角度や向きを個別に調整することで、透過した光の進行方向を変えることができる。今回開発したMPAは、5mの距離に左右2.5mの均一なラインパターンを投影するようプリズム群の個数と傾斜角度を最適化した（図1）。設計したMPAは、約100mm角の亚克力材料に一次元のプリズム群を切削して製作した後、光源に装着して投影像の明るさ分布を評価した。

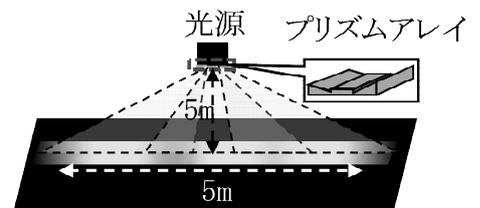


図1 ラインパターン照明

3 結果と考察

シミュレーションによる最適化の結果、約200個のプリズムで均一なラインパターンを実現できることが分かった。また、製造の容易さを考慮し、プリズム間に段差がないよう工夫して設計している（図2）。試作したMPAのラインパターンの投影像（図3）における水平方向の断面照度分布を図4の実線に示す。図4の点線は、改良前の照度分布である。MPAは改良前に比べて明るさが均一なラインパターンを投影できていることが分かる。発表では、MPAの加工精度が投影像に与える影響についても述べる。

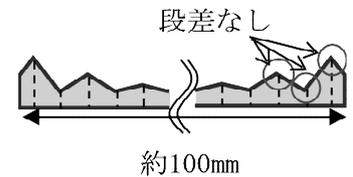


図2 設計したMPAの断面

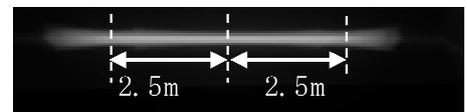


図3 MPAの投影像

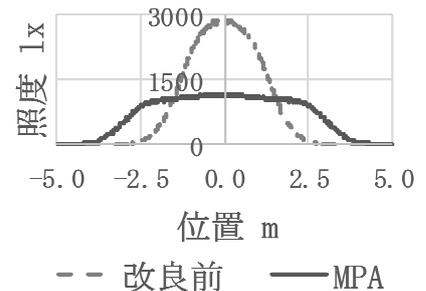


図4 投影像の断面照度分

光学シミュレーション技術を活用することで、複雑な形状を持つ光学素子の設計や光学解析が可能となり、付加価値の高い光学製品の開発を効率的に支援することができた。今後も本シミュレーション技術を用いて県内光産業の支援を行っていく。

* 公益財団法人浜松地域イノベーション推進機構フォトンバレーセンター第20期 A-SAP 産学官金連携イノベーション推進事業にて実施

転写用樹脂を用いた光学部品微細凹部の形状評価

光科 中野雅晴
工業技術研究所 照明音響科 柳原 亘

1 目的

光学部品をはじめとする微細な表面凹凸の形状評価では、非接触で三次元的な形状測定が可能な共焦点レーザー顕微鏡や白色干渉計が使われている。これらの機器では、光を試料の表面に点で集光し、その反射光強度から表面の位置を測定する。このため、鋸刃形状のような深い凹部を有する光学部品の形状測定では、凹部から十分な反射光強度が得られず、正確な測定が困難であった。

そこで、転写用樹脂を用いて凹部を凸形状に反転させて形状評価する方法について転写精度を評価し、光学部品の形状評価に有用かどうかを検討した。反転させた凸形状からは十分な反射光強度が得られるため、正確な形状測定が可能になる。また、本手法は、外に露出していない内壁や、大型部品の部分的な形状評価にも有用である。

2 方法

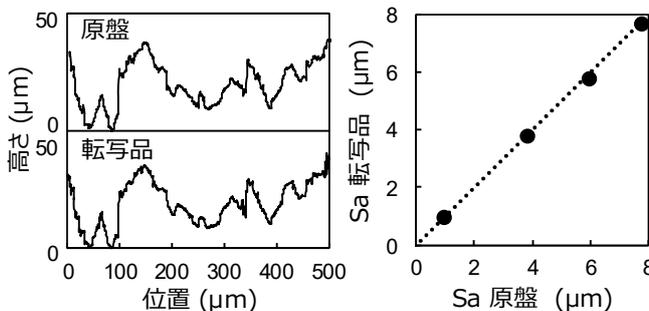
転写用樹脂には、シリコン樹脂 (Microset Products Ltd 製 Microset 202) を用いた (図1)。はじめに、シリコン樹脂の転写精度を評価するために、ショットブラスト加工面の粗さ比較見本板 (Rubert & Co Ltd 製 KB129) を用いて、転写品と原盤の同一領域における表面性状パラメータ (JIS B0681-2 : 2018) を共焦点レーザー顕微鏡で測定した。次に、表面が鋸刃形状の光学部品 (プリズムアレイ) の谷部を、シリコン樹脂で凸形状に反転させて同様に測定した。



図1 転写作業の様子

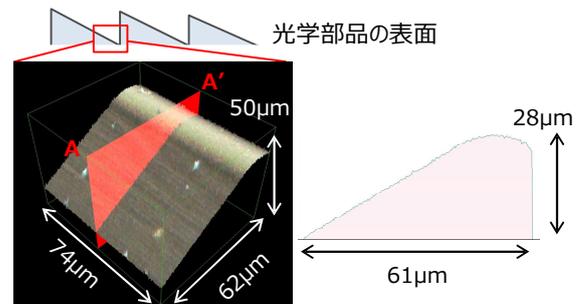
3 結果と考察

粗さ比較見本板の転写品は原盤の形状をよく再現しており、算術平均高さ S_a も原盤と同等であった (図2)。このことから、シリコン樹脂は表面性状の評価が可能な転写精度を有していることがわかった。続いて、鋸刃形状の谷部をシリコン樹脂で反転させて形状を測定した (図3)。転写品からは十分な反射光強度があり、谷底形状 (図3の山部先端) や傾斜面の表面性状 (高さ数十 nm) の鮮明な形状が得られた。これらの結果から、転写用樹脂を用いた測定は、光学部品微細凹部の形状評価に有用であることがわかった。



(a) 断面プロファイルの比較 (b) 算術平均高さ S_a の比較

図2 転写精度の評価



(a) 転写した谷部の形状 (b) A-A'断面

図3 光学部品凹部の形状

金属 3D プリンタの活用と研究紹介

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。当所では産業界からの要望を元に、現在主流の造形方式であるパウダーベッド (PBF) 方式の金属 3D プリンタを 2023 年に導入した。しかし、金属 3D プリンタには「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、活用を妨げる要因となっている。本発表では、これらを解決するために当センターで取り組んでいる研究内容に加え、PBF 方式の金属 3D プリンタを活用するためのポイント (様々な造形方式、造形物完成までの工程、データ作成の注意点など) を紹介する。

2 研究内容

当センターで取り組む研究「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 (R5~7)」は、産業界からの要望を踏まえた 4 つの課題から構成されている (表 1)。課題の詳細はプログラム P-4~7 で報告する。

表 1 各課題の狙いと概要

課題	狙い	概要
1	造形物品質や物性情報に関する不足への対応	汎用アルミ合金及び金型用ステンレス鋼を対象に、レーザ条件を変えた時の造形物の品質情報等を取得する。
2	材料と造形コストが高い問題の解決	安価なアルミ合金粉末の開発と、積層厚さを増して高速化した「低コスト造形技術」を確立する。
3	設計通りに作ることが難しい問題の解決	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。
4	実証課題として課題 1~3 を応用	企業と共同で製品開発/試作に取り組み、展示会、ワークショップやセミナー等で成果普及を図る。

3 研究成果と活用のポイント

本年度は、アルミ合金 AlSi10Mg 造形物の機械的特性と造形姿勢の関係解明 (材料選定や CAE で活用可能・課題 1)、アルミ合金における積層厚さ 120 μ m とした高速造形技術の開発 (試作時間の短縮等に活用可能・課題 2)、表面性状を指標とした造形条件最適化とステンレス鋼 LTX420 製樹脂用金型の試作 (造形物の品質管理等に活用可能・課題 3)、製品開発/試作/データ作成支援及び浜松未来総合専門学校との連携授業 (課題 4) 等の研究成果を得られた。これらの成果についてセミナー、展示会等で参加者と情報交換を行い (図 1)、企業が金属 3D プリンタの造形技術や活用先に高い関心を持つことを確認するとともに、造形物の粗さ改善や冷却水管の内面加工などポストプロセスへの関心も高まっていることが分かった。

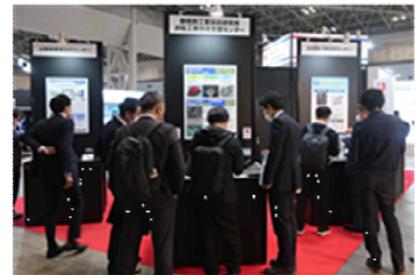


図 1 TCT Japan 2025 への出展

パウダーベッド方式の金属 3D プリントでの造形姿勢が アルミニウム合金の機械的特性に及ぼす影響

材料科 上席研究員 植松 俊明

1 目的

パウダーベッド方式の金属 3D プリントは、金属粉末をレーザーによって局所的に熔融・凝固し、数十 μm ずつ積層することで従来の加工方法では不可能な複雑な形状を造形できる。しかし、造形物には局所加熱によって鱗状で積層方向に依存した異方性を有する特徴的な金属組織が現出する。金属組織の異方性は、造形物の機械的特性にも影響を及ぼすことが知られており、使用する造形条件における造形物の異方性を把握することは構造物として使用する上で重要である。本研究では、造形物を積層方向に対して複数の角度に傾けて造形し、造形物の造形姿勢がアルミニウム合金の機械的特性に及ぼす影響を明らかにする。

2 方法

金属粉末は市販のアルミニウム合金粉末 AlSi10Mg (SI10MG40B 東洋アルミニウム(株)製) を用いた。造形はパウダーベッド方式の金属 3D プリント SLM280 (Nikon SLM Solutions AG) を使用し、過去の研究で相対密度が 99.9%程度になった条件 (積層厚さ 0.06mm、レーザー出力 650W、走査速度 1850mm/s、レーザー間隔 0.17mm、ベースプレート温度 150 $^{\circ}\text{C}$) で行った。造形姿勢は造形物がベースプレートの上面に対して 0 $^{\circ}$ 、45 $^{\circ}$ 、90 $^{\circ}$ とした。造形物は JIS Z 2241 (2022) の 14A 号引張試験片に削り代を 0.5mm 付与した形状で、造形後に切削加工で試験片の寸法に仕上げた。引張試験は精密万能材料試験機 AG-250kNXplus (株島津製作所) を用い、クロスヘッド速度 1mm/min で荷重を加えて、引張強さ、耐力、破断点伸びを求めた。

3 結果と考察

造形姿勢の異なる試験片の引張強さ、耐力、破断点伸びを図 1 に示す。試験片の引張強さと耐力は造形姿勢によらず、420MPa 程度、250MPa 程度で造形姿勢の違いによる影響は小さかった。破断点伸びは最低 4%程度を有するが、造形姿勢 0 $^{\circ}$ 、45 $^{\circ}$ 、90 $^{\circ}$ の順に低下する傾向で異方性が強く現れた。得られた機械的特性は使用したアルミニウム合金粉末と元素組成が近い、鋳造用アルミニウム合金 AC4CH-F (JIS H 5202 (2010) 引張強さ 160MPa 以上、伸び 3%以上) と比較して引張強さ、破断伸びともに高い値を示した。

造形物の金属組織は熔融・凝固が非常に短い時間で行われたことで数 μm 程度の微細な組織となり、メルトプールの境界部近傍には熱影響層が確認できた。これらのことから造形物の引張強さと耐力に及ぼす造形姿勢の影響は金属組織が微細化したことで小さくなったものの、破断点伸びは熱影響層に荷重を負荷する方向によって亀裂が進展する経路が異なり、異方性が現れたと考えられる。

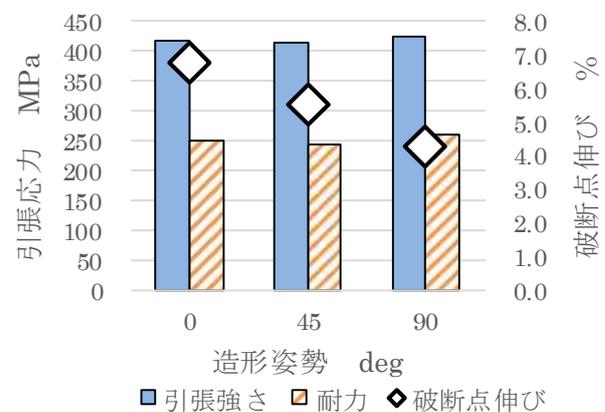


図 1 引張特性

パウダーベッド方式の金属 3D プリントでの積層厚さが アルミニウム合金の緻密化と造形速度に及ぼす影響

材料科 主任研究員 望月 智文

1 目的

レーザパウダーベッド方式の金属 3D プリント普及拡大のためには、「造形コストが高い」という課題がある。造形コストの低減には造形時間の短縮、すなわち造形速度を上げることが有効である。造形速度は、積層厚さ、レーザ走査速度、レーザ走査間隔で決定され、これらの値を大きくすれば造形速度は上昇する。しかし、造形速度が上昇するにつれ、造形中の熔融凝固現象が不安定となり内部欠陥が発生し、高密度体を得ることが困難になる。そこで本研究では、造形時の積層厚さに注目し、積層厚さを標準条件より厚い条件で造形したアルミニウム合金積層造形物の相対密度と造形速度の関係を調査した。

2 方法

アルミニウム合金粉末を原料とし、金属 3D プリント (SLM280、Nikon SLM Solutions AG 製) を用いて、一辺 10 mm の立方体を窒素雰囲気中で造形した。造形条件は、レーザ走査間隔 0.17 mm とし、積層厚さ (60 (標準条件)、120、180 μm)、レーザ出力 (500~670 W)、レーザ走査速度 (350~2,150 mm/s) を変化させ、エネルギー密度が 10~70 J/mm^3 となるよう調整した。造形物の評価は、断面に対し画像解析による相対密度測定を行った。

3 結果と考察

図 1 にエネルギー密度と造形物の相対密度の関係を示す。造形物の相対密度は積層厚さによらず、エネルギー密度の増加によって造形物内部の溶け残りに起因する欠陥が減少することで上昇する領域、相対密度が 99% 以上の高密度で安定する領域、エネルギー密度の増加によって過入熱に起因する欠陥が発生し低下する領域に分けることができた。また、高密度で安定する領域は、積層厚さの増加につれて狭くなった。造形速度と相対密度は、図 2 中の実線のとおり相反する関係となった。一方、積層厚さを 60 μm から 120 μm に設定し造形条件を調整すれば、得られる造形物は、高相対密度 (99.5% 以上) を維持したまま造形速度を約 70 cc/h から 100 cc/h 付近へ 45% 上昇可能であることが分かった。

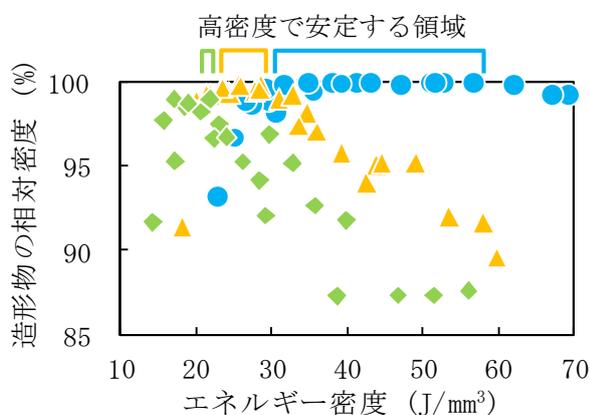


図 1 エネルギー密度と造形物の相対密度の関係

● 積層厚さ : 60 μm ▲ 積層厚さ : 120 μm
◆ 積層厚さ : 180 μm

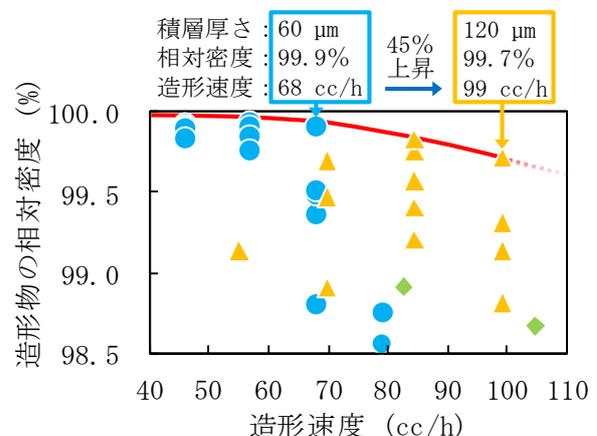


図 2 造形速度と造形物の相対密度の関係

● 積層厚さ : 60 μm ▲ 積層厚さ : 120 μm
◆ 積層厚さ : 180 μm

金属3Dプリンタで造形した樹脂金型用ステンレス材料の表面性状評価

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内部に複雑構造をもった部品を製造できることから、冷却効率を高めるように水管を配置した金型への活用が期待されている。しかし、パウダーベッド方式の金属3Dプリンタは、レーザーの熱源によって選択的に金属を熔融、凝固させ、それを積み重ねて目的の形状を造形するため、熔融が不十分であったり過熔融となる造形条件では内部に欠陥が発生し、仕上げ加工後に内部欠陥が露出して表面品質の低下につながるという課題がある。また、内部欠陥の発生は、積層面の表面性状が影響するといわれている¹⁾。そこで今回、造形条件が異なる樹脂金型用ステンレス材料の積層造形物を作製し、造形物上面の表面粗さに及ぼす影響を確認した。

2 方法

図1に示す櫛歯試験片を、樹脂金型用ステンレス粉末LTX420（大同特殊鋼株）を材料として金属3DプリンタSLM280（Nikon SLM Solutions AG製）で造形した。造形条件は、高密度の造形物が得られる条件として、レーザー出力を300、375、450、525（W）の4水準、走査速度を700、800、900（mm/s）の3水準とした（表1）。造形した試験片の上面を表面粗さ測定機フォーラムタリサーフM112-4581（アメテック株製）を用いて計測し、最大粗さ高さRzを評価した。

表1 造形条件

レーザー出力	300、375、450、525W
レーザー走査速度	700、800、900mm/s
レーザー走査間隔	0.13mm
積層厚さ	50 μ m
ベースプレート温度	150 $^{\circ}$ C
雰囲気	窒素

3 結果と考察

各試験片における最大粗さ高さRzを図2に示す。表面粗さは、レーザー走査速度が遅いほど小さく、700mm/sでは最大粗さ高さRzが約90 μ mであった。レーザー出力の影響は小さかった。これは、300W～525Wのレーザー出力では造形に十分な熔融池が形成されるが、レーザー走査速度が早くなるとレーザー照射時間が短くなるため、熔融池が安定する前に凝固することで表面の高さに偏りができたためと考えられる。

4 参考文献

- 1) 京極秀樹：レーザー金属積層造形技術に関する基礎的研究と応用技術の開発，粉体および粉末冶金，71，602-609（2024）。

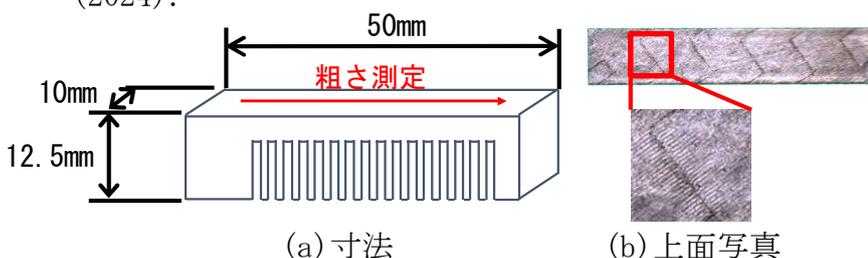


図1 試験片

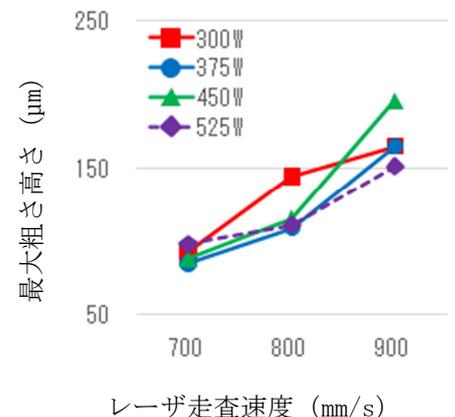


図2 試験片上面の表面粗さ

金属 3D プリンタのための設計手法を推進する連携授業 ーボールペンを対象としたデザイン事例紹介ー

浜松未来総合専門学校 CAD デザイン科 教諭 新聞 功輝
学生 郡山 涼介、杉浦 生磨、山下 晃靖

1 目的

浜松未来総合専門学校 CAD デザイン科では、開発・設計に携わりモノづくりに貢献する技術とセンスを身につけるため、2年間のカリキュラム(1年次：ものづくり基礎の学習、2年次：技術と経験の習得)で教育を行っている。当校では、外部機関と連携して取り組む授業を「連携授業」と呼んでおり、本年度、1年次の実習として金属 3D プリンタを利用した連携授業を実施した。金属 3D プリンタは、デジタルものづくりの実現手段として活用され始めているが、従来とは異なる設計手法が必要である。本報告では、金属 3D プリンタ活用の手がかりとなるようなサンプルの作製を通じ、学生が AM (Additive Manufacturing：積層造形) を利用したものづくりを体験することでデジタルものづくりに対する理解を深め、将来的に活躍の場を広げることを目的として取組んだ連携授業について紹介する。

2 連携事業のスケジュール

浜松工業技術支援センターと取組んだ連携授業のスケジュールを表 1 に示す。取組み概要の説明時に、金属 3D プリンタ及びその造形物の特徴を確認した(図 1)。その後、軽量化、3D プリンタならではの形状を備えることなどの設定条件に従い、個々の学生がボールペン筐体のデザインに取組んだ。



図 1 造形物の特徴を確認

表 1 連携授業スケジュール

日程	内容
2024 年 9 月	取組み概要、デザイン条件の説明 各学生による取組み開始 (3DCAD によるボールペン筐体データ作成)
10 月末	中間チェック (デザインにおける造形可否の確認、質疑応答 等)
11 月末	データ提出期限
12 月末	ボールペン筐体試作、代表案選定、データ修正
2025 年 1 月	ボールペン筐体造形
2 月	後加工、パッケージング
3 月	浜松工業技術支援センター研究発表会で連携授業の取組み発表

3 連携授業の成果

CAD デザイン科 1 年次の学生により、3 点のデザインを代表として選出した。選定デザインについて、造形時の配置方法などを相談し各 40 本のボールペン筐体を作製した(図 2)。デザインに込めた思いや工夫については、デザイン作成者の学生から報告する。



図 2 作製したボールペン筐体

1 はじめに

身の周りにはプラスチック、ゴム、繊維、食品、油などの有機物が多くある。これらの有機物は、赤外光(2.5~25 μ m)を照射したときに特定の波長を吸収する性質がある。フーリエ変換赤外分光光度計(FT-IR)は、この性質を利用して、赤外光の各波長に対する吸収度合いを波形として表した赤外吸収スペクトルを得ることにより、試料がどのような化学種をどの程度有しているかを同定することができる装置である。製造や検査の工程等で異物が発見されたとき、それが有機物であれば、FT-IRで測定することでその異物を構成する化学種を推定できるため、再発防止のための対策をとることが可能である。

2 測定・事例

一般的な測定の流れは以下のとおりである。まず技術相談で発生状況や異物の候補など、異物の同定の参考になる情報の聞き取りをする。次に、顕微鏡による観察、採取が必要な場合は数十 μ m以上の小片の採取を行い、FT-IRを用いて測定を行う。得られたスペクトルから特性吸収帯の確認やデータベース検索を行うことで、異物の同定を行う。

以下に特徴的な事例を示す。

1) 差スペクトルを用いる場合

シミなど採取が難しい場合は、正常部位と異常部位をそれぞれ測定した後、「差スペクトル」というスペクトル分離処理を行うことで、隠れていたシミの原因となる異物を特定できることがある。この機能はシミだけでなく、異物が混合物の場合や、広範囲に表面に付着しているが採取できない極小異物の測定にも有効である。

2) データベース検索でヒットしない場合

異物を測定後、装置付属のデータベースで検索を行っても該当するスペクトルが見当たらない場合、異物のスペクトルにある特徴的なピークから構造の一部を推定することや、外部機関の公開データベース(産総研DB等)でピーク位置を入力し、似たスペクトルを探索する。それでも見つからない場合は、部材の特徴と異物のスペクトルから推定される構造を持つ候補となる物質を洗い出し、再度公開データベースで検索を行うことで、異物を同定できることがある。

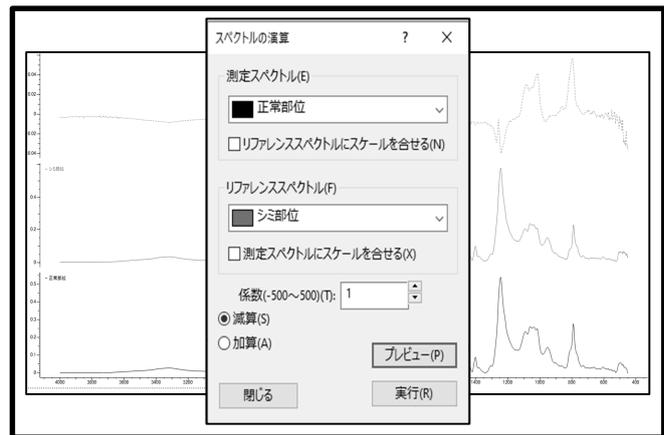


図1 差スペクトルの演算画面

3 まとめ

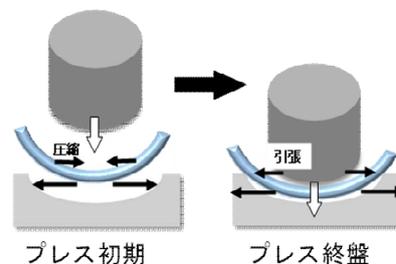
異物分析において、採取が難しい場合や、そのまま測定しても同定できないことがある。その場合は採取方法の再検討や、FT-IRのデータ処理・解析機能の利用、外部データベースの活用により、異物の同定に近づけるための手法を駆使し、原因究明につなげていく。

成形シミュレーションの精度向上を目的とした高張力鋼板の材料特性データ取得 —バウシinger効果の測定—

材料科 研究員 加用敦也

1 目的

近年、自動車産業では軽量化が求められ、板厚を減らしても強度を確保できる高張力鋼板(ハイテン)の利用が増加している。しかし、ハイテンは高強度・低延性であるため、プレス加工を行うと形状戻り(スプリングバック)が発生し、設計通りの形状を得ることが難しい。そのため、ハイテンのプレス加工では金型製作時に、プレス後の形状を予測するために成形シミュレーションの活用が進められている。成形シミュレーションを高い精度で行うためには、引張強さ、伸び、耐力等の材料特性値だけでなく、図1に示すプレス加工時に生じる圧縮後に引っ張られた時の材料特性値の変化(バウシinger効果)を把握することが重要である。そこで本研究では各種ハイテンにおいて、成形シミュレーションの精度向上のために必要な材料特性の取得を目指した。



プレス加工時、内面は圧縮後に引張が生じる
(バウシinger効果が生じる) →誤差の原因

図1 プレス時に生じる応力

2 方法

供試材には、4種類のハイテン(引張強さ590MPa、780MPa、980MPa、1180MPa級)を用いた。バウシinger効果は、精密万能材料試験機(AG-250kNXplus、(株)島津製作所)にバウシinger効果測定ユニットを取り付け測定した。試験片形状は、JIS Z 2241:2022の5号試験片とした。得られたデータは、解析ソフト(Mat Para、(株)CEM研究所)を用いて、シミュレーション用の材料パラメータに変換した。得られた材料パラメータを用いて、はままつ超ハイテン研究会の会員企業の協力のもと成形シミュレーションを行った。

3 結果と考察

図2に980MPa級ハイテンのバウシinger効果測定結果を示す。無ひずみの状態から引張応力を加えたときの0.2%耐力は700MPa(図中黒丸)を示したが、ひずみ量2%で応力を圧縮方向に反転させたことで0.2%耐力は-350MPa(図中白丸)まで減少した。さらに反転回数が増加するとともに、引張側、圧縮側の0.2%耐力は低下した。また、4種類のハイテンは高強度材ほど負荷荷重反転後の0.2%耐力も高く、塑性変形に必要な応力が大きいことが分かった。0.2%耐力が高い場合には弾性変形での戻り量が多くなるためにスプリングバックが生じやすくなると考えられる。次に、解析ソフトを用いてバウシinger効果を数値化するための材料パラメータを算出しシミュレーションを実施すると、スプリングバックを再現することができた。今後はシミュレーション結果と実部品の形状を比較し、検証を進めていく予定である。

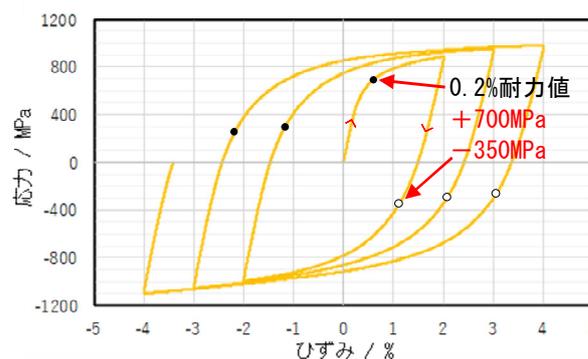


図2 980MPa級ハイテンの
バウシinger効果測定結果

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7年(2025年)3月6日