

画像処理による3Dプリントされた多孔質構造の正確度の検証

北見工業大学 ○米原 翔太, 裡 しゃりふ, 久保 明彦
要旨

複雑な形状（多孔質構造）の製造には3Dプリンティング技術がよく利用されている。3Dプリンティング技術を用いて作製された多孔質構造の正確さを検証するためにその断面の特別な画像処理を行わなければならない。本研究ではこういった画像処理手法及びシステムを開発しその有効性を示す。今回開発した画像処理システムはフィラメントの影響を除去する機能を持ち、設計断面と製造断面を比較する。

1. はじめに

近年3Dプリンティングという製造法は様々な場面でものづくりに利用されている^{1,2,3}。特にこういった技術は複雑な形状の実現に貢献している。その中でも複雑な形状として多孔質構造が挙げられる。物体を多孔質にすることで物体の軽量化や、パーコレーションといった機能性を持たせることができる。しかし多孔質構造には Loose-shell や Thin-wall などの誤差原因が発生しやすいため、その製造の正確度を測る必要がある。その正確度の測定の一環として画像処理を用いることが考えられる。その画像処理によって設計断面と製造断面の比較を行い、正確度を定量化することが求められる。しかし図1に示すように製造断面には製造誤差だけではなく、製造の都合で出てくるフィラメントの影響などが表れる。こういった不都合な情報を削除しなければ正しい評価を行うことができない。本研究ではこういった不都合な情報を画像処理によって除去することができるシステム構築し、その有効性を示す。

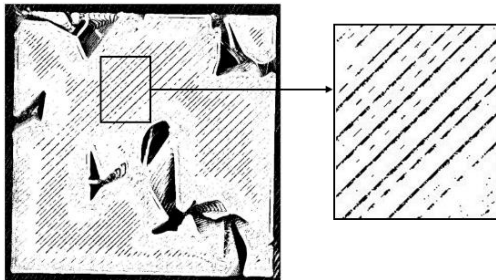


図1 実際の断面におけるフィラメントの影響

2. 方法論

図2に今回作成したシステムの概要を示す。今回の画像処理システムは Sub-Systems 1, ..., 3 で構成される。Sub-System 1 は製造断面をからとった原画像を処理し、二値化断面を作成する。Sub-System 2 は CAD データ (STL データ) から二値化した設計断面を作成する。Sub-System 3 は Sub-System 1 と Sub-System 2 の出力を比較し正確度の検証を行う。

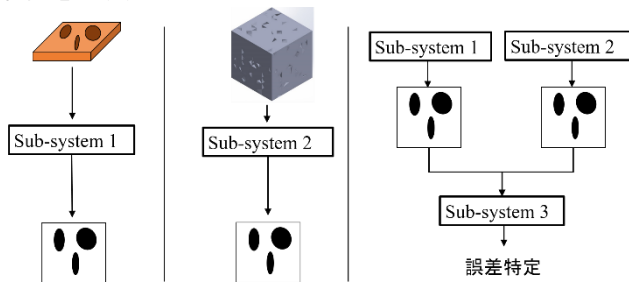


図2 システムの概要図

Sub-System 1 は Object Image Data Processing Module、Spot Removing Module、Masking Module の3つのモジュールで構成されており、それぞれ二値化、画像処理、マスク処理を行っている。Object Image Data Processing Module において、ユーザーは処理を行う原画像の入力とグレースケール化における RGB の比率を入力する。その後グレースケール画像に閾値を入力することで画像の二値化が完了する。この過程について次の図3に示す。画像(a)は入力する原画像、画像(b)はグレースケール画像、画像(c)は二値化画像を示している。

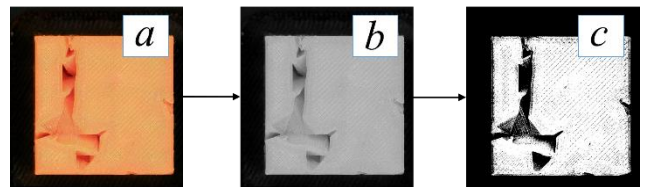


図3 二値化の流れについて

Spot Removing Module では、フィラメントの影響を除去することを目的としている。Object Image Data Processing Module で出力された画像を入力し、白と黒どちらの色を除去するかを選択する。その時画像にラスタ走査を行い、ラベリングによって選択した色が領域ごとに分類される。この時に領域の pixel 数や最大幅、角度などといった情報が領域ごとに記憶される。その後ユーザーが消去する領域の角度 θ_{max} と θ_{min} 、pixel 数 p_c と削除されないための領域の最低幅 w_c の4項目を入力する。領域の角度と幅、pixel 数について図4に示す。

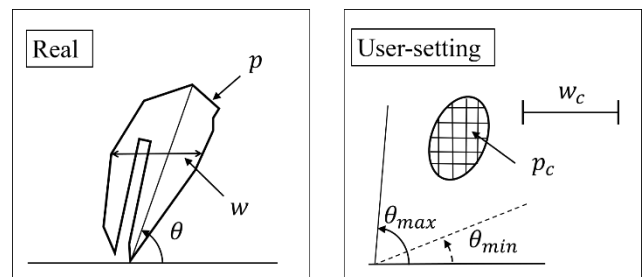


図4 画像処理設定図

この入力から以下の条件(1)(2)いずれかを満たした場合に領域の除去を行う。

$$(w < w_c) \text{ AND } (\theta_{min} < \theta < \theta_{max}) \quad (1)$$

$$(w < w_c) \text{ AND } (p < p_c) \quad (2)$$

Masking Module ではまず画像を入力する。そして画像の中の断面の左端と上端をクリックすることでマスク処理を行う左上の始点を決定する。その後 1pixel の大きさと作成した製品の断面の縦と横の長さを入力し、その値から断面が何 pixel であるか計算を行う。そうして断面の大きさに左上の始点からマスク処理を行う。こうして実際の断面から比較に必要な断面画像が得られた。その処理の流れについて図 5 に示す。

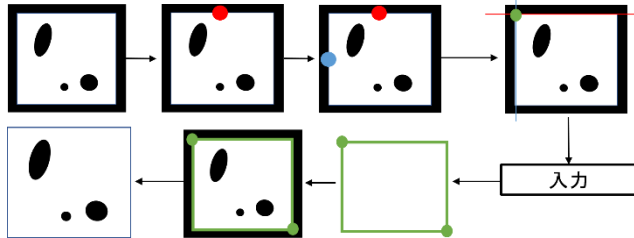


図 5 マスク処理概要図

Sub-System 2 ではまず求める断面高さとその断面を区切るグリッド数を入力する。このグリッド数は先ほど行ったマスク処理の断面の pixel 数に合わせる。STL データのファセットの情報から入力した断面高さに projection を行い、各グリッドの中心点とファセットの位置関係を全て計算することでマスク処理した断面と同じ大きさの設計断面画像を獲得する。Sub-System 2 の概要を図 6 に示す。

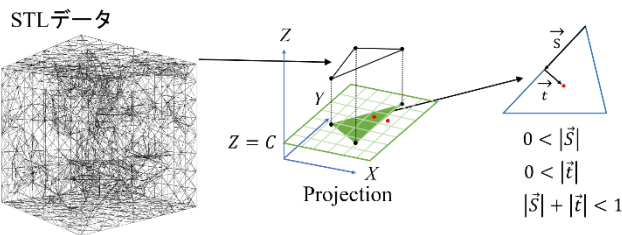


図 6 Sub-System2 概要図

Sub-System 3 では Sub-System 1 と Sub-System 2 それぞれから得た画像の色を 1pixel ごとに比較する。同じ位置の pixel をすべて比較した後、全体の pixel 数に対してどの程度色が合っていない pixel が存在したのかを割合で示すことで、3D プリンターで製造された製造物の定量的な評価を可能にする。

3. 結果

今回点群と外形から多孔質構造を作成するシステムによって試験片となる多孔質構造を作成した⁴⁾。一辺の長さが 30mm の正方形を特定の高さまで製造し、その試験片を顕微鏡で写真を撮った後 Sub-System 1 で画像を処理した。マスク処理に関して、pixel のサイズを顕微鏡から得た 5mm のスケールに対しての pixel 数から計算した。その後 Sub-System 2 に作成した試験片の STL データ (ASCII 形式) を入力し、作成した断面高さの二値化された設計断面を得た。それぞれ得た断面について図 7 に示す。画像(a)は Spot Removing Module 不使用の製造断面を示し、画像(b)は使用した製造断面を表す。そして画像(c)はその断面高さの設計断面である。画像を見比べると画像(b)は画像(a)に対してフィラメントの影響が減少していることがわかる。

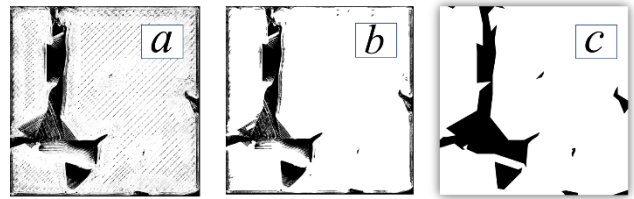


図 7 System から得た断面

画像(a)と(c)、画像(b)と(c)をそれぞれ Sub-System 3 で比較することで誤差率を測定した。次の表 1 に今回 Spot Removing Module で使用した設定と処理前後の誤差率をまとめた。

表 1 Spot Removing Module の設定とその有無による誤差率の違い

Spot Removing Module	不使用	使用
$\theta_{max}(^{\circ})$		20
$\theta_{min}(^{\circ})$		60
$p_c(\text{pixels})$		300
$w_c(\text{pixels})$		50
誤差率(%)	12.407	8.550

Spot Removing Module 不使用に比べて使用した方が、誤差率が減っていた。この結果からフィラメントの影響の除去により設計断面に近づいたと言える。

4. 結言

本研究では多孔質構造の正確度の検証に有効な画像処理システムの概要と、実際にシステムを適用した際とそうでない場合の画像の比較結果について述べた。多孔質構造の正確度の測定として画像処理を用いる場合、フィラメントの影響を取り除く必要がある。今回のシステムではこの不都合な情報の除去を重要視した。画像にラベリングを行い領域ごとに角度や大きさ、幅などの情報をまとめ、ユーザーが入力した条件を満たした場合に除去される。実際に多孔質構造試験片を作成し、フィラメントの影響除去を行った場合と行っていない場合の製造断面画像をそれぞれ設計断面と比較したとき、画像処理を行った方が誤差率は減少した。つまり 3D プリントされた多孔質構造の正確度の測定において本システムの画像処理は有効であると考えられる。

5. 参考文献

1. W. You, L.J. Liu, H.X. Chen, J.Y. Xiong, D.M. Wang, J.H. Huang, J.L. Ding, and D.P. Wang. Application of 3D printing technology on the treatment of complex proximal humeral fractures (Neer3-part and 4-part) in old people. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 102(7), pp. 897-903, 2016.
2. Y. Takeuchi. 3D Printable Hydroponics: A Digital Fabrication Pipeline for Soilless Plant Cultivation. *IEEE Access*, 7, pp. 35863-35873. 2019.
3. A. S. Ullah, D. M. D'Addona, Y. Seto, S. Yonehara, and A. Kubo. Utilizing Fractals for Modeling and 3D Printing of Porous Structures. *Fractal and Fractional*, 5(2), Article Number 40, 2021.
4. A.M.M. Sharif Ullah, Hiroki Kiuno, Akihiko Kubo, Dorian Marilena D'Addona. A system for designing and 3D printing of porous structures. *CIRP Annals*, 69(1), pp. 113-116, 2020.