

経常研究

樹脂 3D プリント 造形物の表面仕上げ技術の開発

高岩 徳寿* 内藤 恭平*

Development of Surface Finishing Technique for Resin 3D Printed Objects
TAKAIWA Norihisa and NAITO Kyohei

本研究では、熱溶解積層と光造形の2種類の樹脂 3D プリント 造形物について、造形姿勢や形状による表面粗さの違いを確認するとともに、複数の後加工による表面粗さの改善効果を調査した。その結果、それぞれの 3D プリント 造形物の板形状及び球形状での表面性状の特徴や、造形姿勢による表面粗さの傾向が分かった。また、板形状の試験片に後加工を実施し、それぞれの加工法での表面粗さの改善効果について把握することができた。

Key words: 3D プリント, 積層造形, 表面粗さ, 後加工, 研磨

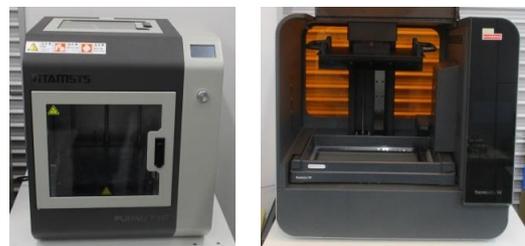
1 はじめに

近年、樹脂 3D プリントは、幅広い産業分野において試作開発サイクルの短縮やコスト削減のために盛んに活用されている。樹脂 3D プリント 造形物は、造形原理に由来する積層痕が存在し、造形物の表面性状や外観が悪化する要因となっている。また、ブリッジ形状やオーバーハング形状など、3D プリントが造形を苦手とする形状ではサポートを付与して造形する必要があり、サポートが付与される面も表面性状や外観が悪化する。表面性状や外観を改善する方法として、造形物の表面の研磨や薬液を用いて溶解する等の後加工をすることが提案されている^{1), 2)}。樹脂 3D プリント 造形物を効果的に活用するためには、造形物の表面性状を的確に把握し、目的に応じて加工することで品位を向上させることが必要となる。そこで本研究は、栃木県産業技術センターに導入した樹脂 3D プリント (図 1) について、造形物の姿勢や形状による表面性状の違いを確認し、複数の後加工による表面粗さの改善効果を調査することで、それぞれの方式や材料での表面仕上げ方法の特徴を調査した。

2 研究の方法

2.1 造形姿勢, 形状による表面性状の違い

図 1 に研究に用いた熱溶解積層 (INTAMSYS FUNMAT HT Enhanced) と光造形 (Formlabs Form 3L) の樹脂 3D プリントを示す。使用した材料は、熱溶解積層は Polymaker 社の PolyLite ABS, 光造形は Formlabs 社の Clear レジンを使用した。造形条件はそれぞれの材料に対応した、3D プリントメーカーの標準条件を使用した。



(a) 熱溶解積層 (b) 光造形

図 1 樹脂 3D プリント

表 1 に造形した試験片のサイズと造形姿勢を示す。熱溶解積層と光造形で同様の形状の試験片を作製したが、図 2 に示すようにラフト及び斜め姿勢でのサポートについては、装置毎にスライスソフトで自動生成し造形した。熱溶解積層の試験片はインフィル率を 20% に設定して造形した。また、積層方向の上向きの面を表面と定義した。

板形状の試験片は図 3 に示すとおり 3 姿勢を造形した。この時、斜め方向はプラットフォームから 45° の角度となるように造形した。球形状の試験片は、表面粗さの測定をしやすくするために、図 4 に示すように円筒形状の先端に球形状を作製し、図に示す方向を積層方向とした。

それぞれの形状、姿勢ごとに 12 個ずつ試験片を作製し、表面粗さ測定器 (テラーホブソン PGI840) を用いて表面性状を評価した。板形状の試験片については、JIS B 0632 に準拠し、粗さ曲線の算術平均粗さ (Ra) 及び最大高さ粗さ (Rz) を評価した。球形状の試験片については、粗さ測定器の測定レンジの制約により頂点を中心とした 20mm の範囲を測定したが、表面粗さを評価するには評価長さが不足するため、断面曲線の算

*栃木県産業技術センター 機械電子技術部

術平均高さ (Pa) 及び最大高さ (Pz) を算出し表面性状を評価した。

表1 作製した試験片

形状	サイズ	姿勢
板状	100mmx20mmx5mm	水平, 斜め, 垂直
球状	Φ 30, 50, 70mm	図4に示す1姿勢

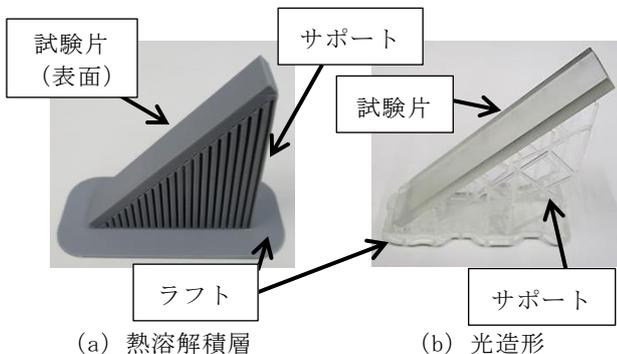


図2 斜め方向の試験片

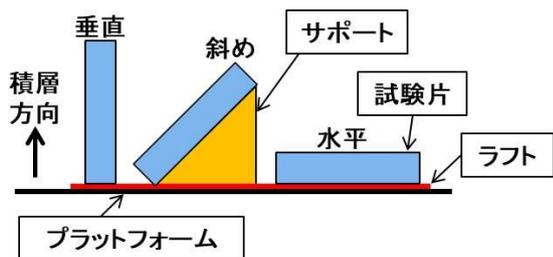


図3 板形状試験片の造形姿勢

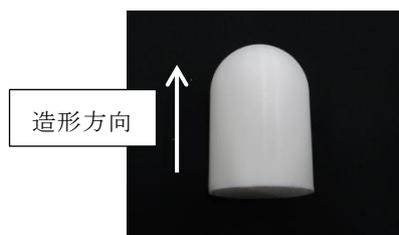


図4 球形状の試験片

2. 2 後加工による表面粗さの改善効果の検証

2. 1で作製した, 斜め方向の試験片について, 後加工の違いによる表面粗さの改善効果を調査した。後加工は, 耐水研磨紙を用いた手研磨, スプレーを用いた有機溶剤の噴霧, ガラスビーズを用いたブラスト処理の3種類を実施した。各々の方法で試験片を3個ずつ加工し, 斜め方向の表面及び裏面について表面粗さ測定器を用いて, 1つの試験片につき3か所測定した。

手研磨で使用した耐水研磨紙は, 120番手から1200番手の物を使用し, 目詰まりを防止するために試験片と研磨紙を水で濡らしながら研磨した。研磨時間は1

つの番手について1分とした。

スプレーによる有機溶剤の噴霧は, 有機溶剤用スプレー(フルプラ エクセレント500)を用いて, アセトンとIPAを噴霧した。試験片とスプレーの距離は50mm程度離し, 全体に有機溶剤が噴霧されるようにスプレーした。

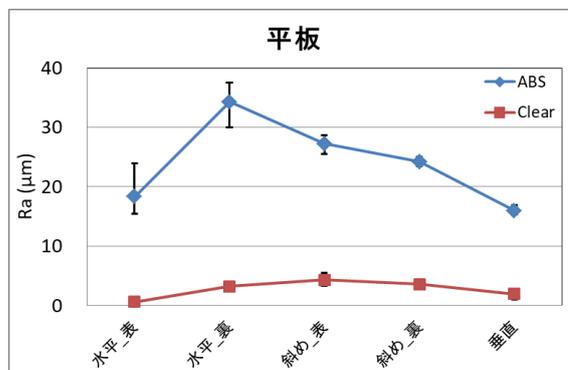
ブラスト処理は, ブラスト装置(河島勇商店 WET-007)で, 120番手のガラスビーズを用いて乾式で実施した。試験片とノズルの距離は50mm程度離し, 揺動させながら1つの面につき1分間ブラスト処理した。

最後に, 表面粗さの改善した加工法の試験片について, 加工による寸法変化を評価するために, 板厚(表面と裏面間の厚み)を, 1つの試験片につき3か所, マイクロメータで測定した。

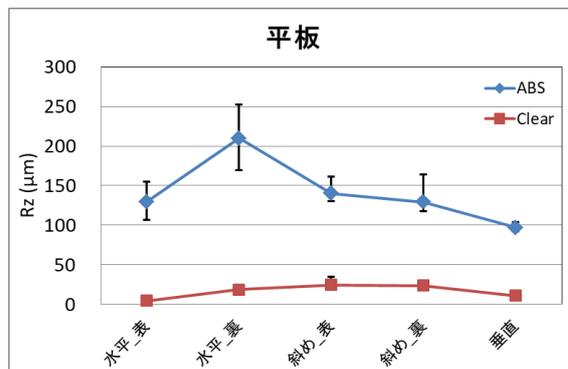
3 結果及び考察

3. 1 造形姿勢, 形状による表面性状の違い

図5に平板形状の試験片の造形姿勢ごとの表面粗さの測定結果を示す。ABSでは水平方向裏面が最も表面粗さが悪く, ばらつきも大きくなっている。ABSの造形ではラフトと造形物の密着性が良いため, ラフトが造形物からきれいに剥がれず, 表面粗さを悪化させていると考えられる。Clearでは, 造形姿勢による表面粗さの差はそれほど無いが, 斜め方向が若干悪くなっている。



(a) Ra



(b) Rz

図5 平板形状の造形姿勢ごとの表面粗さの測定結果

図6に球形状の試験片の断面曲線の測定結果を示す。造形方式によらずに、球径が大きくなると表面性状が悪化している。球形が大きくなると頂点付近で緩斜面となる領域が多くなるため、積層の段差が目立ちやすくなり表面性状が悪化していると考えられる。

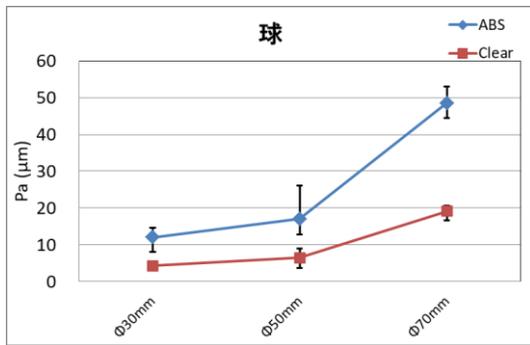
3.2 後加工による表面粗さの改善効果の検証

図7に耐水研磨紙による研磨加工後の表面粗さ測定の結果を示す。各番手で1分程度の研磨時間であるが、十分に表面粗さを改善できている。また、造形方式や材料が異なっても、同程度の表面粗さになっている。

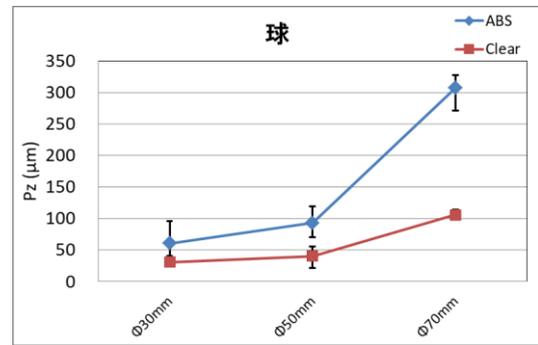
図8にアセトンを噴霧した造形物の表面粗さの結果を示す。ABSはアセトンによって表面が溶解し、回数を重ねると表面粗さが改善されている。Clearはアセトンを噴霧しても表面粗さは変化していない。アセトンによって溶解する材料であれば、噴霧するだけで同様の表面粗さの改善効果が見込めることが分かった。

図9にIPAを噴霧した造形物の表面粗さの結果を示す。ABS、Clear共にIPAの噴霧では表面粗さは改善されなかった。IPAは光造形の造形物の洗浄に使われ、洗浄後の造形物は若干柔らかくなるが、表面を溶解して表面粗さを改善するほどの効果はなかった。

図10に3回ブラスト処理した造形物の表面粗さの結果を示す。ABS、Clear共にブラスト加工をすることで若干の表面粗さの改善が見られた。また、回数を重ねていっても大きな改善効果はないことが分かった。

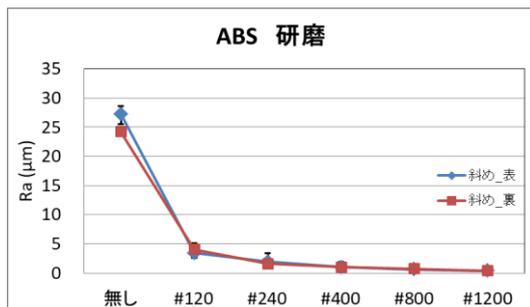


(a) Pa

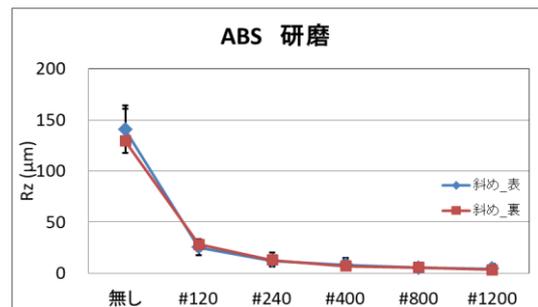


(b) Pz

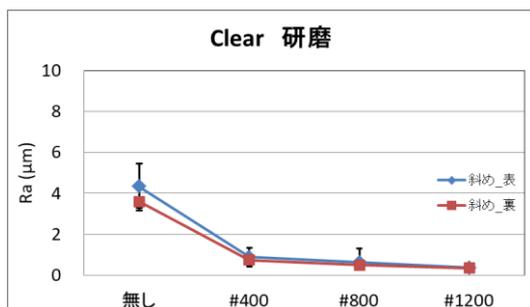
図6 球形状の断面曲線の測定結果



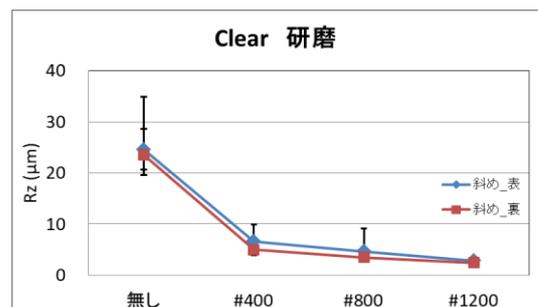
(a) ABS の Ra



(b) ABS の Rz

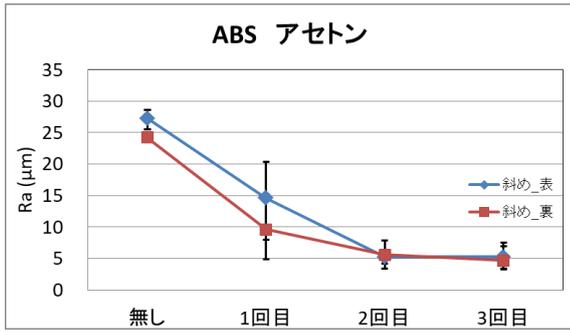


(c) Clear の Ra

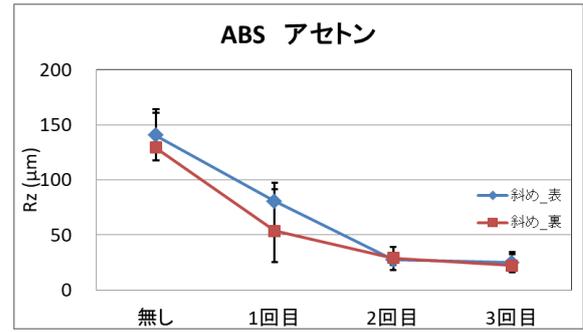


(d) Clear の Rz

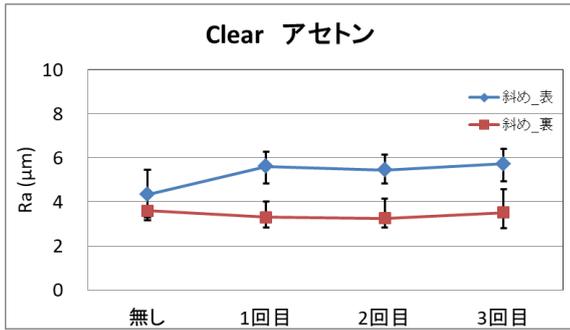
図7 研磨加工による表面粗さの推移



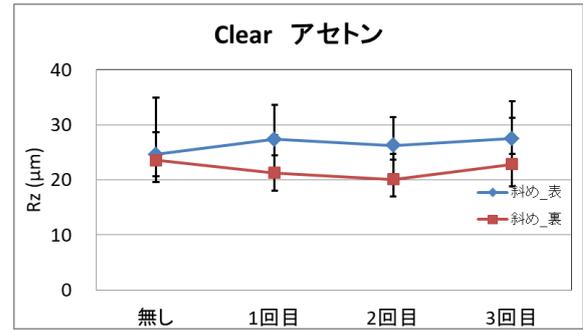
(a) ABS の Ra



(b) ABS の Rz

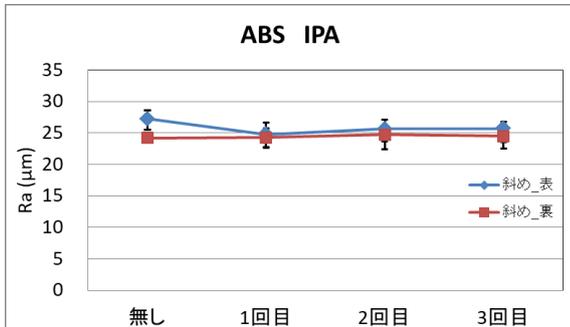


(c) Clear の Ra

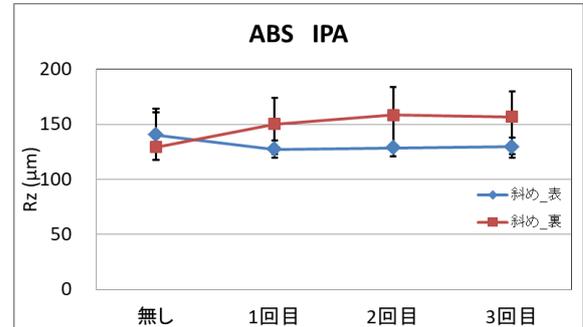


(d) Clear の Rz

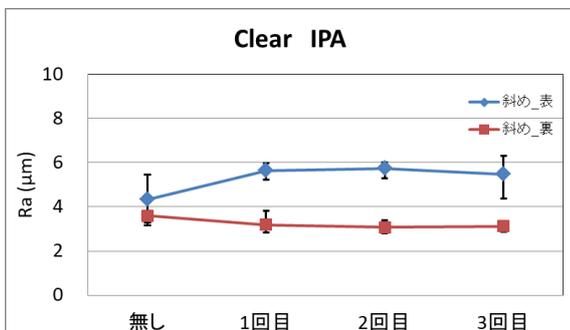
図8 アセトン噴霧による表面粗さの推移



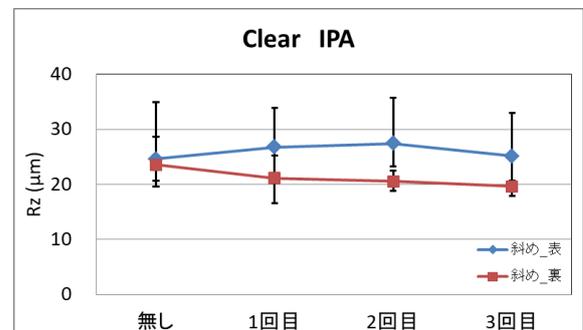
(a) ABS の Ra



(b) ABS の Rz



(c) Clear の Ra



(d) Clear の Rz

図9 IPA噴霧による表面粗さの推移

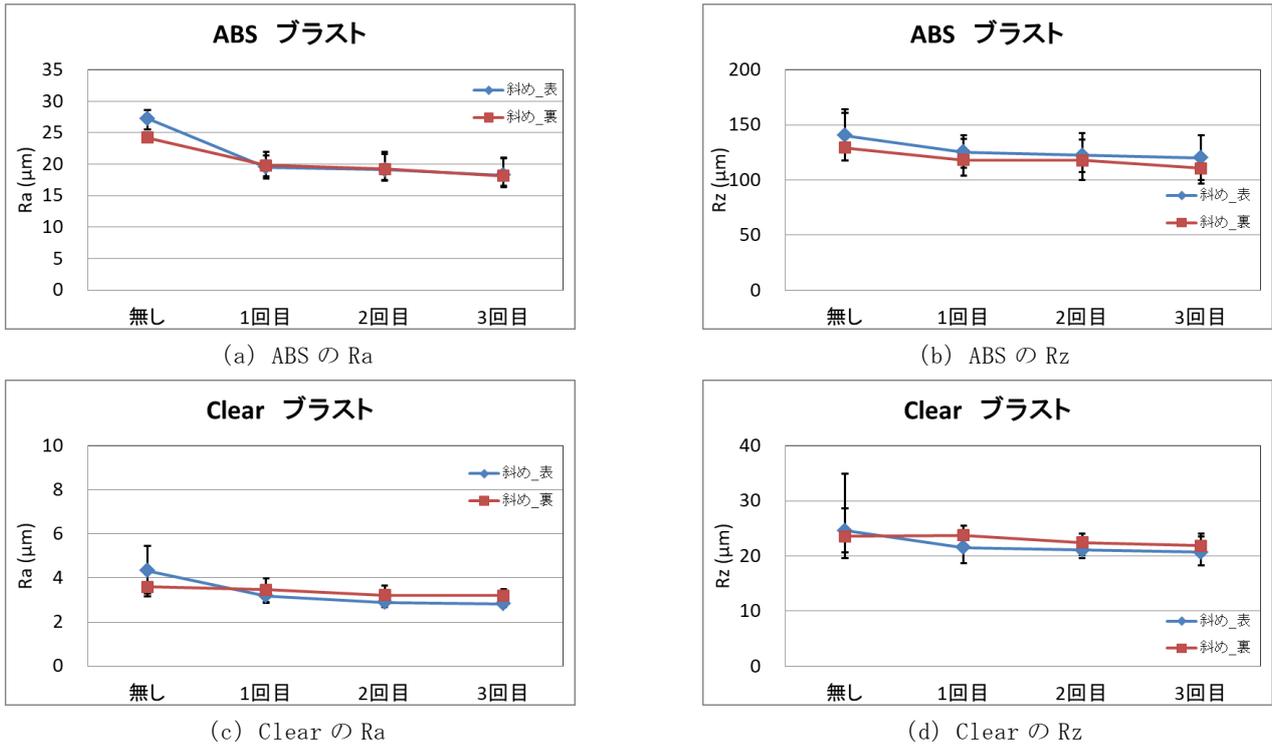
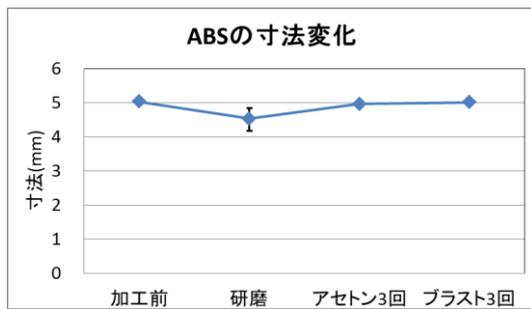
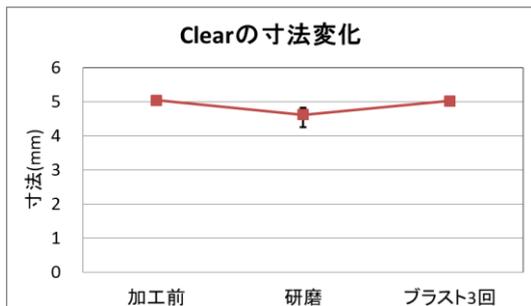


図 10 ブラスト処理による表面粗さの推移

図 1 1 に表面粗さが改善した加工法について、試験片の板厚を測定した結果を示す。研磨では板厚が大きく減っており、ばらつきも大きくなっている。手研磨では均一に力をかけることが難しいため、ばらつきが大きくなると考えられる。有機溶剤噴霧とブラストでは寸法変化はほとんど起こらないことが分かった。



(a) ABS の寸法変化



(b) Clear の寸法変化

図 1 1 加工後の板厚の寸法変化

4 おわりに

樹脂 3D プリント造形物の造形姿勢や形状、後加工による表面粗さの違いを評価し、次の結論が得られた。

- (1) 板形状では、ABS の造形物はラフトとの密着性の問題により、水平方向裏面の表面粗さが悪化している。Clear では造形姿勢による表面粗さの違いはほとんど無いが、斜め方向が若干悪化している。
- (2) 球形状では、直径が大きくなるにつれて、頂点付近が緩斜面となるため、積層段差が目立つようになり表面粗さが悪化する。
- (3) 手研磨では、材料によらずに番手を上げるごとに表面粗さが良くなっていく。
- (4) 有機溶剤噴霧では、ABS はアセトンを噴霧することで表面粗さが改善される。
- (5) ブラスト処理では、材料によらずに若干、表面粗さが改善する。

(6) 加工による寸法変化は、研磨では大きく板厚が薄くなりばらつきも大きくなる。有機溶剤の噴霧やブラスト処理では、大きな寸法変化は起きない。後加工による表面粗さの改善は、方法や対象とする材料により効果や寸法変化量等が異なるため、特徴を把握し造形物の用途に応じて適切な方法を選択することが重要であることが分かった。

参考文献

- 1) 山口.” 3D プリント造形物の表面仕上げに最適な研磨” . 研磨ラボ HP. 更新日 2022-08-31.
<https://www.mipox.co.jp/media/archives/4#3d-> ,
(参照日 2024-03-12)
- 2) N. Jayanth, P. Senthil, C. Prakash, ” Effect of chemical treatment on tensile strength and surface roughness of 3D-printed ABS using the FDM process” : Virtual and Physical Prototyping, vol.13 155-163 (2018)