

3D プリント造形物への情報埋め込みとその非破壊読み出し技術

岡田 あゆみ 上平 員丈
神奈川工科大学 情報学部

1. はじめに

近年、3D プリントの普及に伴い、3D プリント用のデジタルコンテンツが WEB 上などで販売されている。今後、これらのコンテンツの著作権保護技術が必要になると予想されるが、電子透かしなどの従来のデジタルコンテンツ用著作権保護技術は、最終物として実物体が造形される 3D プリント用コンテンツには適用することはできない。

我々は、3D プリント用コンテンツの著作権保護技術として、造形物内部に情報を埋め込み、これをサーモグラフィで外部から非破壊に読み出す方法を提案した[1]。本稿では、本技術の汎用性検討の一環として、造形物の表面形状や色を変えたときの情報の可読性を評価する。

2. 3D プリント造形物への情報埋め込みと読み出し

これまで、造形物の内部に微小な空洞を形成し、この配置により情報を表現する方法(図 1)を検討してきた。造形物の表面を加熱して温度を上げると、表面から内部への熱流が生じるが、空洞があると熱流がブロックされるので、その上部の表面温度は周囲より高くなる。したがって、サーモグラフィにより表面の熱画像を撮像すれば空洞の配置がわかり、埋め込まれた情報を読み出すことができる。



図 1 造形物内部への空洞形成による 2 進情報の表現

3. 実験方法

熱溶解積層方式の 3D プリントで試料を造形した。下記に述べる 2 種類の実験を行ったが、両実験ともに空洞の配置、サイズ、表面から深さはそれぞれ図 2 に示す配置と表 1 に示す値を用いた。

3.1 実験 1 材質の色の違いによる影響を調べることを目的に、黒、白、青、黄および赤の樹脂で試料を造形した。試料は 50mm×50mm×10mm の大きさの直方体とし、PLA 樹脂および ABS 樹脂で造形した。

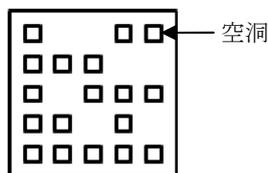


図 2 空洞の配置

表 1 空洞のサイズと表面からの深さ

サイズ	表面からの深さ
2x2x2 mm	1 mm
3x3x3 mm	

3.2 実験 2 造形物の表面が平坦でなく、曲面形状の場合でも情報読み出しが可能かを調べることを目的に、球面と円柱面をもつ試料を黒の ABS 樹脂で造形した。曲面の曲率半径は 20mm、25mm および 30mm とした。

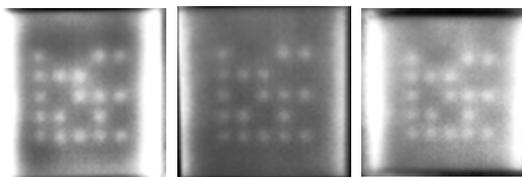
4. 実験結果

実験 1 で撮影された熱画像の例を図 3 に示す。白い部分が高温領域である。図 3 から、内部の空洞が熱画像に現れ、これより埋め込まれた情報の読み出しが可能であることがわかる。これらは、黄、赤、黒の PLA で形成した試料であるが、ABS 樹脂や PLA 樹脂の他の色でも、熱の吸収率の差のため空洞パターンが現れるまでの時間に差はあるものの、図3と同様のパターンが現れることがわかった。また、図3の試料の空洞サイズは 3x3x3mm であるが、2x2x2mm の場合も同様に熱画像にパターンが現れることを確認した。

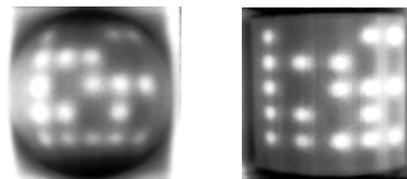
図 4 に実験 2 で曲率半径が 25mm、空洞サイズが 3x3x3mm の場合の熱画像例を示す。円柱面、球面の表面形状の試料で、表面熱画像において内部の空洞配置が正確に読み取れ、埋め込まれた情報の読み出しが可能であることがわかる。空洞サイズが 2x2x2mm の試料や他の曲率半径の試料でも同様の結果を得た。

5. むすび

本研究より、本技術は様々な色の造形物に適用できること、また表面が平坦でない造形物にも適用できることがわかった。今後はさらに様々な表面形状について適用性を明らかにしていく。



黄 青 赤
図 3 実験 1 の熱画像の例



球面 円柱面
図 4 実験 2 の熱画像の例

参考文献

[1] M. Suzuki, P. Silapasuphakornwong, et al., "Copyright Protection for 3D Printing by Embedding Information Inside Real Fabricated Objects," Proc. VISIGRAPP 2015, 1-6 (2015).