

磁性材配合樹脂による 3D プリンター造形物内への情報記録における情報記録領域の体積の効果

Effect of Volume of Fine Domains for Recording Information Inside 3-D Printed Objects with Resin Blended with Magnetic Material

ピヤラット シラパスパコオンウォン¹, 鈴木 雅洋¹, 鳥井 秀幸¹, 上平 員丈¹

Piyarat Silapasuphakornwong¹, Masahiro Suzuki¹, Hideyuki Torii¹, Kazutake Uehira¹

¹ 神奈川工科大学

¹Kanagawa Institute of Technology

【要約】

磁性材配合樹脂により 3D プリンター造形物内に情報を記録する技術の評価した。テストサンプルの造形には、2ヘッド熱溶解積層式 3D プリンターを使用した。テストサンプル本体とテストサンプル内の微小領域とは、造形の 1 工程で同時に造形された。本体は、通常のポリ乳酸 (PLA) 樹脂で造形した。微小領域は、磁性材配合 PLA 樹脂で造形した。テストサンプル造形後、微小領域をネオジウム磁石で磁化し、磁化された微小領域の磁界をテスラメーターで測定した。結果は、磁界の強度が微小領域の体積に依存することを示し、本技術の実現可能性が実証された。

キーワード: 情報ハイディング, 書き換え可能記録, 非破壊読み出し, 磁性材

【Abstract】

This study evaluate the technique of recording information inside 3-D printed objects with resin blended with magnetic material. A two heads fused deposition modeling 3-D printer was used to fabricate test samples. The main bodies of test samples and the fine domains inside them were simultaneously fabricated with one sequence of fabrication. The main bodies were fabricated from pure polylactic acid (PLA) resin, and the fine domains were fabricated from PLA resin blended with iron powder. After fabricating the test samples, the fine domains were magnetized with neodymium magnet, and the magnetism of them was measured with a tesla meter. The results indicated that the magnitude of magnetism depended on the volume of fine domain, and this demonstrated the feasibility of the technique.

Keywords: information hiding, rewritable recording, nondestructive reading, magnetic material

1. 序論

近年, 3D プリンターの幅広い用途での利用が進み, 3D プリンター造形物の高付加価値化が求められている。筆者らの研究グループでは, 3D プリンター造形物内に不可視に情報を埋め込み, 非破壊で読み出すことにより, 3D プリンター造形物を高付加価値化する技術を検討してきた[1-5]。直近では, 書き換え可能に情報を埋め込む技術を検討している[6-8]。本技術では, 熱溶解積層式 2 ヘッド 3D プリンターを用い, 通常の樹脂で造形物本体を造形すると同時に, 磁性材配合樹脂で造形物内に微小領域を造形し, 造形後に造形物外から微小領域に磁界を印加することにより, 書き換え可能に情報を埋め込む。本研究では, 微小領域への情報埋め込みに微小領域の体積が及ぼす影響を検討する。

2. 磁性材配合樹脂による 3D プリンター造形物内への情報記録

本技術の原理の説明図を図 1 に示す。熱溶解積層式 2 ヘッド 3D プリンターを用い, 通常の樹脂で造形物本体を造形し, 磁性材配合樹脂で造形物内に微小領域を造形する(図 1A)。なお, 通常の樹脂も磁性材配合

樹脂も同様の温度で溶解するので, 熱溶解積層式 2 ヘッド 3D プリンターを用いることにより, 造形物本体を造形すると同時に造形物内の微小領域も同一の工程で造形できる。造形後に造形物外から微小領域に磁界を印加し, その極性で 2 進数を表現する(図 1B)。磁気センサーにより微小領域ごとの磁界の方向を検出し, 非破壊で情報を読み出す。極性を変えて微小領域への磁

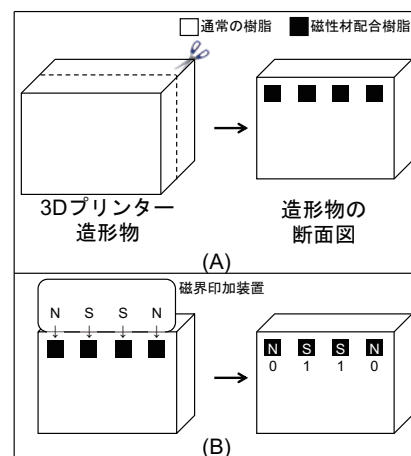


図 1. 本技術の原理の説明図

界の印加を再び行うことにより、造形物内に埋め込む情報を書き換える。

3. 評価

テストサンプルの造形には Mutoh 製 2 ヘッド熱溶解積層式 3D プリンター (3D MagiX MF-2200) を用いた。通常の PLA 樹脂でテストサンプルの本体を造形し、磁性材を配合した PLA 樹脂でテストサンプル内の微小領域を造形した。テストサンプルは 2 種あった (以下、テストサンプル A, B とする)。テストサンプル A は $35 \times 25 \times 10$ mm の直方体で、テストサンプル A 内に $4 \times 2 \times 1$ mm の直方体の微小領域と $2 \times 2 \times 2$ mm の微小領域とを造形した。どちらの領域も体積は 8 mm^3 であった。テストサンプル B は、 $40 \times 30 \times 10$ mm の直方体で、テストサンプル B 内に $4 \times 8 \times 1$ mm の直方体の微小領域と $4 \times 4 \times 2$ mm の微小領域とを造形した。どちらの領域も体積は 32 mm^3 であった。造形後にテストサンプル外からネオジム磁石により微小領域に磁界を印加し、磁気センサー (Lutron MG-3003SD AC/DC) により微小領域の磁界の極性と強さを測定した。

測定の結果を表 1 に示す。テストサンプル A, B どちらも意図した極性に磁界が印加された。また、磁界の強さは、微小領域の体積により異なり、微小領域の形状による違いは見られなかった。これらの結果から、微小領域に一定の体積 (本研究の結果からは、少なくとも 8 mm^3) を確保できれば、本技術を様々な形状に適用できるといえる。

表 1. 測定の結果

テスト サンプル	微小領域 (mm)	印加した 磁界の極性	測定された 磁界の極性	測定された 磁界の強度 (G)
A	$4 \times 2 \times 1$	N	N	1.8
		S	S	1.9
	$2 \times 2 \times 2$	N	N	1.7
		S	S	1.9
B	$4 \times 8 \times 1$	N	N	4.0
		S	S	3.9
	$4 \times 4 \times 2$	N	N	4.0
		S	S	3.7

4. 結論

本研究では、磁性材配合樹脂による 3D プリンター造形物内への情報記録における情報記録領域の体積の効果を検討した。本技術では、熱溶解積層式 2 ヘッド 3D プリンターを用い、通常の樹脂で造形物本体を造形すると同時に、磁性材配合樹脂で造形物内に微小領域を造形し、造形後に造形物外から微小領域に磁界を印加することにより、書き換え可能に情報を埋め込む。評価では、微小領域ごとに磁化でき、かつ極性と強度を非破壊で測定できて、強度が微小領域の形状には依存せず、微小領域の体積に依存することを確認した。情報記録領域に一定の体積を確保できれば、本技術を様々な形状に適用できることを実証した。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 19H04141 の助成を受けた。

参考文献

1. M. Suzuki, P. Silapasuphakornwong, H. Unno, K. Uehira, Y. Takashima, "Copyright protection for 3D printing by embedding information inside real fabricated objects," The International Conference on Computer Vision Theory and Applications, pp. 180-185 (2015).
2. K. Uehira, M. Suzuki, Y. Takashima, H. Torii, "Technique of information hiding for 3-D printed objects with transmission images of near-infrared rays," Proceedings of the International Conference on Computer Graphics, Visualization, Computer Vision and Image Processing 2017, Lisbon, Portugal, July 21-23, 2017, pp. 87-93 (2017).
3. M. Suzuki, P. Silapasuphakornwong, Y. Takashima, H. Torii, K. Uehira, "Number of detectable gradations in X-ray photographs of cavities inside 3-D printed objects," IEICE Transactions on Information and Systems, vol. E100-D, no. 6, pp. 1364-1367 (2017).
4. P. Silapasuphakornwong, M. Suzuki, Y. Takashima, H. Torii, K. Uehira, "New technique of embedding information inside 3-D printed objects," Journal of Imaging Science and Technology, vol. 63, no. 1, pp. 010501-1-010501-8 (2019).
5. H. Kasuga, P. Silapasuphakornwong, H. Torii, M. Suzuki, K. Uehira, "Technique to embed information in 3D printed objects using near infrared fluorescent dye," IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing, vol. 8, no. 1, pp. 2-9 (2020).
6. P. Silapasuphakornwong, M. Suzuki, H. Torii, K. Uehira, "Writing and reading information embedded inside 3-D printed objects by utilizing resin blended with magnetic material," Imaging Conference Japan 2019, 3DP1-01 (2019).
7. P. Silapasuphakornwong, H. Torii, M. Suzuki, K. Uehira, "3D printing technique that can record information inside an object as rewritable", NIP & Digital Fabrication Conference, Printing for Fabrication 2019, pp. 158-161 (2019).
8. ピヤラット シラパスパコオンウォン, 鈴木雅洋, 鳥井秀幸, 上平員丈, "磁性材配合樹脂による 3D プリンター造形物内への書き換え可能な情報記録," Conference on 4D and Functional Fabrication 2019: New Paradigm over 3D Technology, pp. 29-31 (2019).