

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埋め込み

Rewritable Embedding of Information Into 3-D Printed Objects  
by Utilizing Resin Blended With Magnetic Material

ピヤラット シラパスパコンウォン<sup>†</sup> 鈴木 雅洋<sup>‡</sup> 鳥井 秀幸<sup>†</sup> 上平 員丈<sup>†</sup>  
Piyarat Silapasuphakornwong Masahiro Suzuki Hideyuki Torii Kazutake Uehira

### 1. はじめに

近年、3Dプリンターの小型化、低コスト化が進み、幅広い用途での利用が進んでおり、3Dプリンターで造形した造形物に付加価値を与えてその価値を高めることが求められつつある。筆者らの研究グループでは、3Dプリンター造形物の高付加価値化を目的として、これまで、樹脂による3Dプリンター造形物の内部に情報を埋め込む方法を検討してきた[1-11]。情報の埋め込みは、造形物を造形する工程の中で内部に微細なパターン群を形成して、このパターン群の配置形態が情報を表現するようにすることによりおこなった。また、内部パターンを近赤外線カメラやサーモグラフィなどで外部から解析することにより、埋め込んだ情報を非破壊で読み出せることを示した。このように、筆者らは、3Dプリンター造形物内部に情報を埋め込む技術により、3Dプリンター造形物の高付加価値化を実現してきた。

本報告では、3Dプリンター造形物の付加価値をさらに高める技術として、樹脂による造形物の内部に磁性材を配合した樹脂により微細領域を形成して、この領域を外部から磁化したり、磁化を検出したりすることにより3Dプリンター造形物内部に書き換え可能な情報を埋め込む方法を検討したので報告する。

### 2. 原理

本技術の原理の説明図を図1に示す。造形物本体は通常の樹脂で造形して、その内部に磁性材を配合した樹脂によ

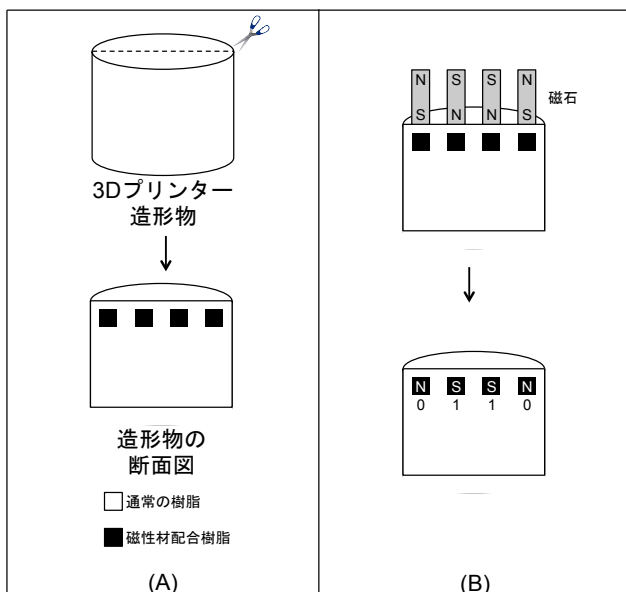


図1 本技術の原理の説明図

り微小領域を造形する(図1A)。なお、通常の樹脂も、磁性材を配合した樹脂も、どちらも同様の温度で溶解するので、2ヘッドの熱溶解積層式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内部の微小領域も同一の工程で造形することができる。造形後は、磁石を用いて造形物内部の微小領域を磁化して、その極性で2進数を表現する(図1B)。磁化後は、微小領域の磁界の方向をテスラメーターなどにより計測することにより、埋め込まれた情報を非破壊に読み出す。また、造形物の内部の微小領域を再磁化することにより埋め込み情報を書き換える。

### 3. 方法

熱溶解積層方式の2ノズル型3Dプリンターで試料を作成した。一方のノズルからPLA樹脂を噴出し、他方のノズルからは鉄粒子が配合されたPLA樹脂を噴出し、図2に示すようにPLA樹脂中に5×5の鉄粒子を含む情報記録領域を形成した。記録領域は厚さを2mmとし、サイズを1mm×1mm、隣接する領域間のスペースを2mmとした。

記録領域は鉄粒子を含むがPLA樹脂に配合されているため他の鉄粒子を含まない領域と同一温度で形成でき、このため、試料全体を連続した工程で形成した。上記構造について、情報書き込み、読み出しの可能性を評価した。各記録領域に磁化の方向により1ビットの情報を書き込むこととした。書き込みには直径1mmで長さ10mmの細い棒

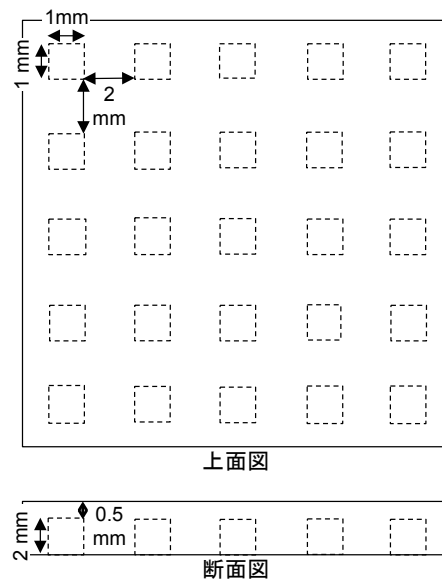


図2 試料の略図

<sup>†</sup> 神奈川工科大学 Kanagawa Institute of Technology

<sup>‡</sup> 常磐大学 Tokiwa University

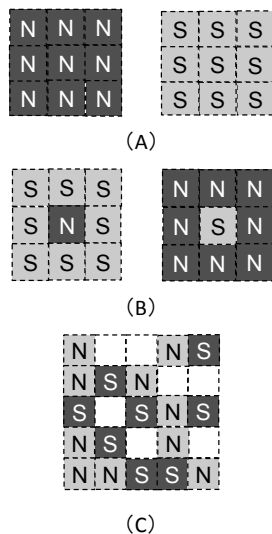


図3 磁化の方向

状の磁石（表面磁束密度：140 mT）を用いて各記録領域上部の造形物表面に接触させて記録領域を磁化した。情報読み出しの可能性を評価するためテスラメーターで各記録領域上部の表面の磁束密度を計測した。

図3は記録時の各領域の磁化の方向を示す。隣接する記録領域の磁化方向の影響を調べるため、図3A、Bに示すように5×5の領域の中の3×3の領域を選び、中心と周辺の磁化の向きを変えて各領域上部の表面の磁束密度を測定した。また、図3Cに示すように5×5領域をランダムな方向で磁化した場合のそれぞれの領域上部の表面の磁束密度を測定した。図で空白のマスはいずれの方向にも磁化をしなかった領域を示す。

#### 4. 結果と考察

図4に各磁化領域上部の表面における磁束密度と磁界の方向の測定結果を示す。いずれの場合も期待通りの磁界の方向が検出され、本実験での条件で各領域への情報記録と読み出しが可能であることが確認できた。

#### 5. おわりに

3Dプリンタ造形物内部に磁性材を配合した微細領域を形成することにより、造形物内部に書き換え可能に情報を埋め込むことが可能であることを確認できた。

#### 謝辞

本研究はJSPS 科研費 19H04141 の助成を受けた。

#### 参考文献

- [1] Masahiro Suzuki, Piyarat Silapasuphakornwong, Hiroshi Unno, Kazutake Uehira, Youichi 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] Ayumi Okada, Piyarat Silapasuphakornwong, Masahiro Suzuki, Hideyuki Torii, Youichi Takashima, Kazutake Uehira, "Non-destructively reading out information embedded inside real objects by using far-infrared light," Proceedings of SPIE 9599: Applications of Digital Image Processing XXXVIII, pp. 95992V-1–95992V-7 (2015).
- [3] Piyarat Silapasuphakornwong, Masahiro Suzuki, Hiroshi Unno, Hideyuki Torii, Kazutake Uehira, Youichi Takashima, "Nondestructive readout of copyright information embedded in

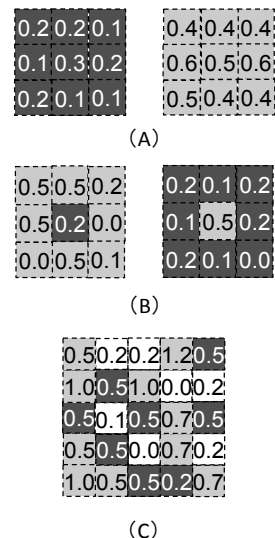


図4 磁束密度と磁界の方向の測定結果

objects fabricated with 3-D printers," Digital-forensics and Watermarking: 14th International Workshop, IWDW 2015, Tokyo, Japan, October 7–10, 2015, Revised Selected Papers (Lecture Notes in Computer Science, 9569), pp. 232–238 (2016).

- [4] Masahiro Suzuki, Piyarat Silapasuphakornwong, Youichi Takashima, Hideyuki Torii, Hiroshi Unno, Kazutake Uehira, "Technique for protecting copyrights of digital data for 3-D printing, and its application to low infill density objects," MMEDIA 2016: The Eighth International Conferences on Advances in Multimedia February 21–25, 2016, Lisbon, Portugal, pp. 56–59 (2016).
- [5] Kazutake Uehira, Masahiro Suzuki, Piyarat Silapasuphakornwong, Hideyuki Torii, Youichi Takashima, "Copyright protection for 3D printing by embedding information inside 3D-printed objects," Digital Forensics and Watermarking: 15th International Workshop, IWDW 2016 Beijing, China, September 17–19, 2016 Revised Selected Papers (Lecture Notes in Computer Science, 10082), pp. 370–378 (2017).
- [6] Masahiro Suzuki, Pailin Dechrueng, Soravit Techavichian, Piyarat Silapasuphakornwong, Hideyuki Torii, Kazutake Uehira, "Embedding information into objects fabricated with 3-D printers by forming fine cavities inside them," Electronic Imaging: Volume 2017: Media Watermarking, Security, and Forensics 2017, pp. 6–9 (2017).
- [7] Kazutake Uehira, Masahiro Suzuki, Youichi Takashima, Hideyuki 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).
- [8] Masahiro Suzuki, Tomohisa Matsumoto, Youichi Takashima, Hideyuki Torii, Kazutake Uehira, "Information hiding inside 3-D printed objects by forming high reflectance projections," ICVIP 2017: Proceedings of 2017 International Conference on Video and Image Processing, December 27–29, 2017, Singapore, pp. 146–150 (2017).
- [9] Masahiro Suzuki, Piyarat Silapasuphakornwong, Youichi Takashima, Hideyuki Torii, Kazutake 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 (2017).
- [10] Piyarat Silapasuphakornwong, Masahiro Suzuki, Youichi Takashima, Hideyuki Torii, Kazutake Uehira, "New technique of embedding information inside 3-D printed objects," Journal of Imaging Science and Technology, vol. 63, no. 1 (2019).
- [11] Piyarat Silapasuphakornwong, Masahiro Silapasuphakornwong, Hideyuki Torii, Kazutake Uehira, "Technique for embedding information in objects produced with 3D printer using near infrared fluorescent dye," MMEDIA 2019: The Eleventh International Conference on Advances in Multimedia, March 24–28, 2019, Valencia, Spain, pp. 55–58 (2019).