

令和 2 年 5 月 15 日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00280

研究課題名(和文) デジタルペンを用いた三次元立体筆記の実用化及び次世代技術検討

研究課題名(英文) Practical Use of Digital Pens for Writing to 3D Objects and Next Technology Development

研究代表者

長谷川 誠 (Hasegawa, Makoto)

東京電機大学・工学部・教授

研究者番号：80303171

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：デジタルペンを用いて3次元立体模型に筆記する方法を検討した。3Dプリンタで出力した模型にドットパターンを印刷し、デジタルペンのカメラで撮影、筆跡をコンピュータに入力する方法を提案した。ドットパターンの設計、シミュレーションによる実現可能性を示した。実装には至らなかったため代替方法として、ドットパターンがスクリーンに印刷されたドットスクリーンを用いて3次元筆記する方法も提案した。応用について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

3次元立体模型に筆記する目的としては、例えば、医療現場において臓器(心臓など)の模型をつくり、医師が筆記しながら患者へ説明する応用が考えられる。また、ファッションデザインや自然災害把握・救出支援などにも活用される。この工学的基盤技術を提案した。また、本研究の実現可能性が示す3次元立体への筆記は、3Dプリンタを用いる目的として重要であり、3Dプリンタ普及に貢献する。

研究成果の概要(英文)：A method for writing on a three-dimensional model using a digital pen is proposed. Our dot pattern is printed on the model output by a 3D printer, photographed by a digital pen camera, and the handwriting is input to a computer. The design of the dot pattern and the feasibility of the simulation are shown. As an alternative method, a three-dimensional writing method using a dot screen with a dot pattern printed on the screen was also proposed. Applications were examined.

研究分野：情報学

キーワード：デジタルペン 3Dプリンタ 3次元筆記 ドットパターン ドットスクリーン 医療 ファッションデザイン 自然災害把握・救出支援

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

デジタルペンを用いて二次元用紙に筆記、筆跡をコンピュータに取り込む技術については、これまで種々の方法が提案され、既に実用化、製品が販売されている状況である。筆記方式としては、電磁誘導方式や超音波方式などがあるが、ここではドットパターン認識方式のデジタルペンを用いる。図1に示すように紙面に細かなドットを印刷し、このドットをペン先のカメラで撮影、認識することによって筆跡を算出、コンピュータに入力する製品である。この方式を応用し、申請者らは三次元のペーパーラフトに筆記する方法を提案、複数回の学会発表、そしてジャーナル論文で発表した。

石橋卓也, 岩田英三郎, 釜中博樹, 長谷川誠, “デジタルペンとペーパーラフトによる三次元立体への筆記,” 映像情報メディア学会誌, 70, 8, Aug. 2016.

これまでの検討において、図2に示すように心臓の三次元モデルを用いてペーパーラフトを作成し、デジタルペンで筆記、コンピュータグラフィックスに表示した。コンピュータグラフィックスのツールで筆記する方法と比較すると、①三次元模型に筆記する実体感、②コンピュータグラフィックスツールに不慣れな利用者でも筆記可能、③ペン単体で筆跡記録が可能であり、コンピュータがその場に無くても実現可能などの長所がある。

一方、コンピュータグラフィックスにおける筆跡が断線する障害や、用途に応じた最適なポリゴン数が未考察、三次元モデルの生成技術検討の必要性、性能評価が未実施など、その他多くの技術的課題が残されている。

### 2. 研究の目的

#### (1) 3Dプリンタで出力された模型に筆記する工学技術の確立

3Dプリンタで出力した模型の表面にドットパターンを印刷し、デジタルペンで筆記することが目的である。また、実現できない場合には、三次元CGにデジタルペンで筆記する代替手段を提案する。

#### (2) 医療、美容・理髪、ファッションデザイン、自然災害把握・救出支援への応用

応用を検討し、実用化に際しての技術的なノウハウを探ることが目的である。ポリゴンの細かさに基づいた解像度、滑らかな筆記を実現するための演算速度、作業するために必要となる処理、シミュレーションによってこれらの知見を得る。

### 3. 研究の方法

3Dプリンタで出力した模型の表面に印字するドットパターンの設計、シミュレーション実験と共に、実装に至らない場合を想定し、その代替手段も検討する。代替手段による応用についても検討する。

### 4. 研究成果

#### (1) 3Dプリンタ用ドットパターンの設計

3Dプリンタで出力した模型に印刷するドットパターンを設計した。

ペーパーラフトで実現する場合、ポリゴンを大きくしないと造形することはできず、一方、ポリゴン間で筆跡が断線することが稀に生じるが、複数ポリゴンを用いてペン先の位置を特定す

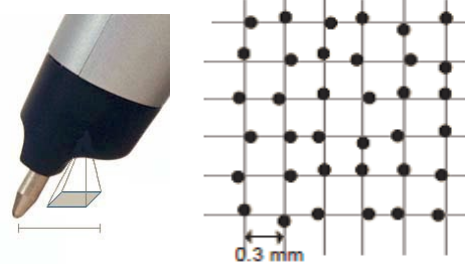


図1 ドットパターン認識デジタルペン (左) と紙面上のドット (右)

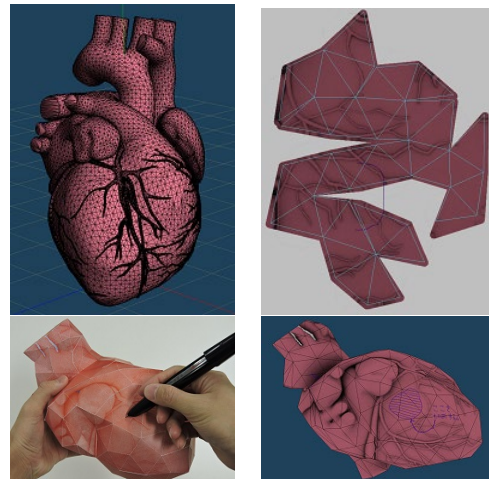


図2 心臓の三次元コンピュータグラフィックス (左上), ペーパーラフトのための展開図 (右上), デジタルペンを用いた筆記 (左下), 筆跡の三次元コンピュータグラフィックス表示 (右下)

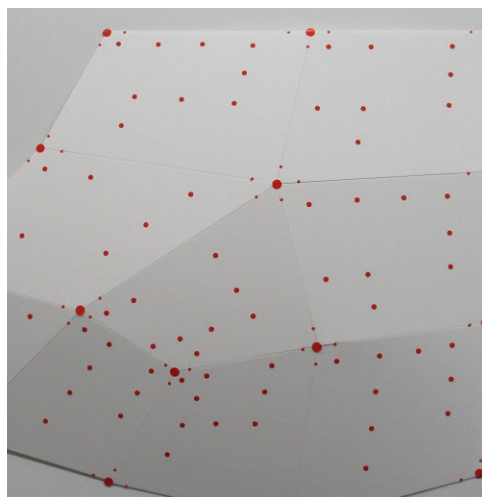


図3 3Dプリンタ用ドットパターン

ることが可能であった。また、ドットパターンは概ね格子状に配列することが可能である。しかし、ポリゴンを細かくし、高精細な3Dモデルを3Dプリンタで造形する場合、ペン先を含む単一のポリゴンでペン先位置を算出する必要がある。

そこで、図3に示すドットパターンを設計し、ペン先位置を算出する方法を検討した。4辺形とは限らない多角形ポリゴンに、大中小3種類のドットを配置する。ポリゴン頂点に大きなドットを置き、辺の方向を小さなドットで示す。ポリゴン内部の中ドットでポリゴンIDを表し、ペン先を含む単一のポリゴンでペン先位置を算出するアルゴリズムを提案した。数ポリゴンによる大きなモデルを生成し、設計したドットを記載し、ドットを内視鏡カメラで撮影することによってペン先の位置を算出できることをシミュレーションで明らかにした。

更にポリゴンを小型化し、3Dプリンタのドライバとして実用化することは簡単ではなく、今後の検討が必要である。

### (2)ドットスクリーンを用いた3D筆記

3Dプリンタで出力したモデルにドットパターンを印字することは簡単ではない。そこで、ドットスクリーンを用いる代替手段を提案した。ドットスクリーンとは、表面にドットパターンが印字されているスクリーンである。通常、2次元のドローツールなどをスクリーンに投影し、デジタルペンで筆記する機能を提供する。ここでは、図4に示すように3DCGツールをプロジェクターによってスクリーンに投影し、三次元表面に筆記する機能をシミュレーションした。3DCGの場合、複雑なカメラワーク（ズーム、トラック、タンブル）により、被写体をハンドリングしなくてはならない。この操作もデジタルペン1本で可能とする。3DCGツールの複雑な機能を簡素化したパレットを構築し、3DCGツールに熟練していない利用者の操作も可能とする。

3Dプリンタで出力したモデルを直接手にすることはできないが、被写体に直接筆記する感覚が得られる。また、筆記面が平面であるため、模型の凹凸がないので筆記しやすい長所がある。

### (3)医療への応用

デジタルペンとドットスクリーンを用いて心臓の3DCGに筆記するシステムを構築した。図5に示すように、心臓の3DCGはドットスクリーンに投影され、デジタルペン1本で心臓モデルのカメラワークが可能である。3DCGへの筆記の他、活字付箋の添付機能を実装した。インターネットへのリンクを添付することによって、他の画像や映像などのマルチメディアデータとの連携も可能である。実寸の距離、面積、体積を計測する機能も実装した。医師はデジタルペン1本で簡単に3DCG操作が可能であり、CGツールの高度な操作を熟知する必要がない。

### (4)美容・理髪への応用

頭部の3DCGを生成し、美容・理髪で利用するシステムについて検討した。図6に示すように、

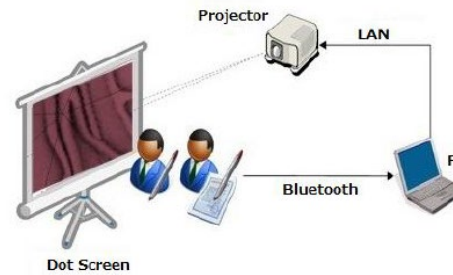


図4 ドットスクリーンを用いた3DCGへの筆記

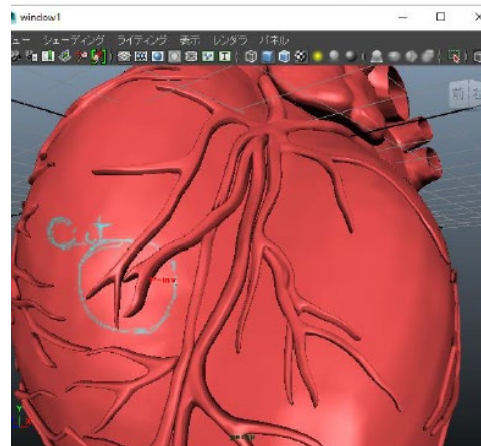
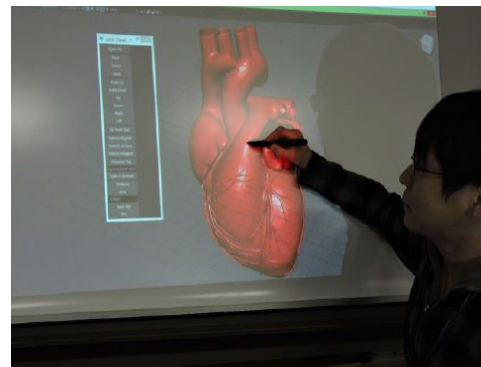


図5 デジタルペンとドットスクリーンを用いた心臓モデルへの筆記



図6 被験者の顔を3方向（前・右・左）から撮影；3枚の写真による3DCGの生成、及び、ペーパーラフトの作成；デジタルペンを用いた筆記と3DCGへの反映

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

被験者の顔を3方向(前・右・左)から撮影し、3枚の写真を用いて頭部の3DCGを生成する。3DCGのポリゴンを展開、ドットパターンと共に紙へ印刷、頭部のペーパークラフトを作成する。デジタルペンによってペーパークラフトへ筆記、筆跡を3DCGへ反映するシステムを構築してシミュレーションした。

顧客の頭部模型を実際に手にしてデジタルペンで筆記、コメントをつけることが可能となり、髪型の記録や美容師への指示を容易にする。また、化粧への応用や美容整形への展開が期待できる。

### (5) ファッションデザインへの応用

2DCGや3DCGを用いて衣服をデザインすることが常となってきたが、デザイナーはCGツールの高度な操作を熟知する必要がある。CGへの着色や筆記は可能であるが、マウスのみによる操作は簡単ではない。

ここでは、デジタルペンとドットスクリーンを用いた3DCGシステムを構築し、ファッションデザインをシミュレーションした。デザイナーはデジタルペン1本で操作が可能である。図7に赤線の筆記、活字の付箋添付を示す。

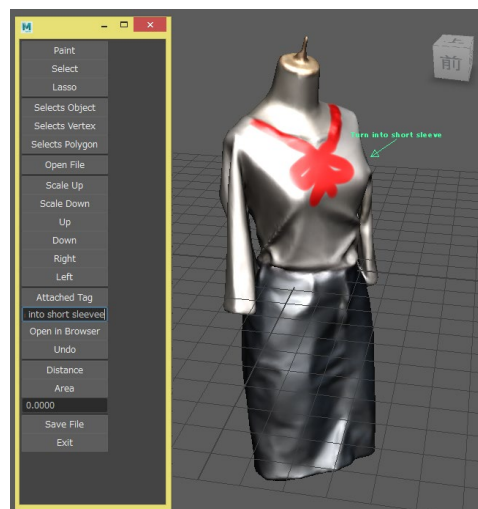
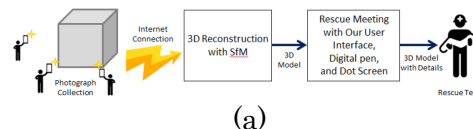


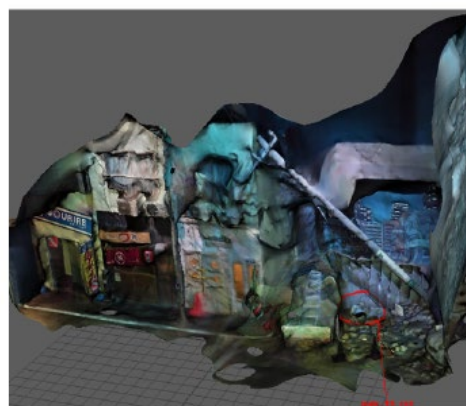
図7 ファッションデザインへの応用



(a)



(b)



(c)



(d)

図8 (a) 自然災害把握・救出支援システム, (b)被災者が撮影した写真, (c) 3DCGとデジタルペンによる筆記, (d) ドットスクリーンを用いた複数名による検討

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 石橋卓也, 続木由布子, 長谷川誠, 岩田英三郎, 釜中博樹	4. 巻 1
2. 論文標題 デジタルペンとペーパーラフトによる3次元立体筆記システムの提案	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 画像ラボ	6. 最初と最後の頁 62-66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件／うち国際学会 5件）

1. 発表者名 石塚まどか, 石橋卓也, 岩田英三郎, 長谷川誠
2. 発表標題 頭部三面撮影とデジタルペンによるペーパーヘッドへの筆記検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石橋卓也, 石原聖司, 岩田英三郎, 鈴木和雄, 長谷川誠
2. 発表標題 デジタルペンとドットスクリーンを用いた三次元物体筆記による会議システムの検討
3. 学会等名 映像情報メディア学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Ishibashi, S. Ishihara, E. Iwata, K. Suzuki and M. Hasegawa
2. 発表標題 A Study for Conference System with 3DCG Using Digital Pen and Dot Screen
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT2018) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 丸山華江, 岡芳樹, 岩田英三郎, 鈴木和雄, 長谷川誠
2. 発表標題 デジタルペンとドットスクリーンによる三次元CG筆記の顔美容における検討
3. 学会等名 第21回 Visual Computing (VC 2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Tsuzuki, T. Furukawa, E. Iwata, K. Suzuki, and M. Hasegawa
2. 発表標題 A Study on Fashion Design Support System Based 3DCG Using Digital Pen and Dot Screen
3. 学会等名 International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 W. Chen, S. Oono, S. Ishihara and M. Hasegawa
2. 発表標題 A Study on Rescue Operation Support Systems Using 3D Reconstruction of Disaster Scenes with Human Cooperation via Digital Pen and Dot Screen
3. 学会等名 Joint International Workshop on Advanced Image Technology and International Forum on Medical Imaging in Asia (IWAIT-IFMIA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 続木由布子, 増田修, 長谷川誠
2. 発表標題 デジタルペンを用いた3次元筆記のためのドットパターンの検討
3. 学会等名 映像表現・芸術科学フォーラム2019 (Expressive Japan 2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Ihara, W. C. Chen, T. Niimura, M. Takamatsu, E. Iwata, and M. Hasegawa
2. 発表標題 A Study on 3DCG Generation for Disaster Scenes Based on SfM and GPS
3. 学会等名 International Conference on Optical and Photonic Engineering (icOPEN 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Tsuzuki, O. Masuda, and M. Hasegawa
2. 発表標題 A Proposal of Dot Pattern Design for 3D Drawing Using A Digital Pen
3. 学会等名 International Conference on Image Electronics and Visual Computing (IEVC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 W. Chen, S. Ihara, and M. Hasegawa
2. 発表標題 Proposal of a Rescue Operation Support System based on 3D Reconstruction, GPS, and Digital Pen
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT2020)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	岡 芳樹  (Oka Yoshiki)  (30751797)	鈴鹿工業高等専門学校・その他部局等・講師    (54101)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	石原 聖司  (Ishihara Seiji)  (50351656)	東京電機大学・理工学部・教授    (32657)	
研究 分担者	古川 貴雄  (Furukawa Takao)  (70262699)	共立女子大学・家政学部・教授    (32608)	
研究 分担者	増田 修  (Masuda Osamu)  (90775967)	新潟医療福祉大学・医療技術学部・教授    (33111)	
研究 協力者	岩田 英三郎  (Iwata Eizaburo)		
研究 協力者	石橋 卓也  (Ishibashi Takuya)		