

デジタルペンとペーパークラフトによる 3DCG への筆記

Handwriting on 3DCG Using A Digital Pen and Paper Crafts

石橋 卓也[†] 岩田 英三郎^{††} 釜中 博樹^{††} 高橋 侑孝[‡] 長谷川 誠[†]
Takuya ISHIBASHI[†], Eizaburo IWATA^{††}, Hiroki KAMANAKA^{††}, Yutaka TAKAHASHI[‡],
and Makoto HASEGAWA[†]

[†] 東京電機大学工学部情報通信工学科 ^{††} ユニバーサルロボット株式会社 [‡] アノト株式会社
[†] School of Engineering, Tokyo Denki University ^{††} Universal Robot co, ltd. [‡] Anoto K.K.

Abstract A method for handwriting on three-dimensional computer graphics using a digital pen and paper crafts is proposed. We create paper crafts modeled on three-dimensional computer graphics and write on them using a digital pen for two-dimensional drawing on papers; our handwriting is displayed on the computer graphics. Since the paper craft creation of three-dimensional complex objects composed of large numbers of polygons is difficult, the small polygons are reduced, and the small polygons are projected into the large polygons by picture mapping. We also use a cutting machine on the paper crafts creation, so that the handwriting on three-dimensional complex objects can be realized.

1. はじめに

3D プリンタの登場により、三次元 CG を実際に造形することが可能となり、種々の応用が検討されている。しかし、その多くは 3D プリンタで出力された実物を手にし、形状を確認する程度の応用に留まっている。この応用技術を発展させるため、筆者らは 3D プリンタで出力された実体に筆記し、筆跡を CG に反映させる方法について検討している。これまで、筆者らは二次元紙面用のデジタルペン（アノトペン）を用いて立体に筆記する方法について検討してきた。三次元 CG をペーパークラフトで造形し、筆跡をコンピュータグラフィックスに表示する方法を提案し、二十面体等の簡単な立体を用いたシミュレーションを報告した[1]。

ここでは、ポリゴン数の多い複雑な CG をペーパークラフトで造形し、デジタルペンで筆記する方法を提案する。例えば、図 1 に示すように、医師どうしが心臓のペーパークラフトに筆記しながら、手術をシミュレーションすることが可能となる。ポリゴン数の多い複雑な CG のペーパークラフト化は難しいため、細かなポリゴンを削減する。削減されたポリゴンによる細部は粗いポリゴンに焼き込む。ポリゴンが多いほど複雑な形状の造形は可能であるが、人手によるペーパークラフト制作には限界がある。そこで、カッティングマシンを用いることによって、300 ポリゴン程度の造形を可能にする。

2. アノトペンによる筆記

アノトペンは、二次元紙面用のデジタルペンである[2]。ペン先にはカメラが搭載されており、紙面に印刷された微小なドット（アノトドット）を撮影する（図

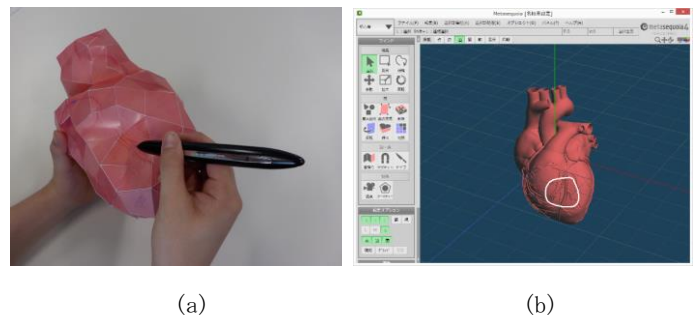


図 1 (a)デジタルペンによるペーパークラフト（心臓）への筆記と (b)CG での筆跡表示

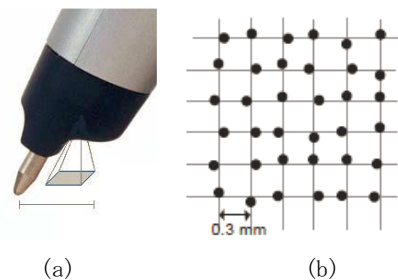


図 2 (a)デジタルペンと (b)アノトドット

2). このドットは直交する格子の上下左右いずれかに位置し、内蔵カメラは縦 6 ドット×横 6 ドット、計 36 ドットを読みとる。これは 4^{36} 通りの異なるパターンにすることが可能である。紙面のどこを撮影しても唯一なパターンになるようにドットを配置する。ドットパターンからペン先の位置を算出してコンピュータに取り込む。

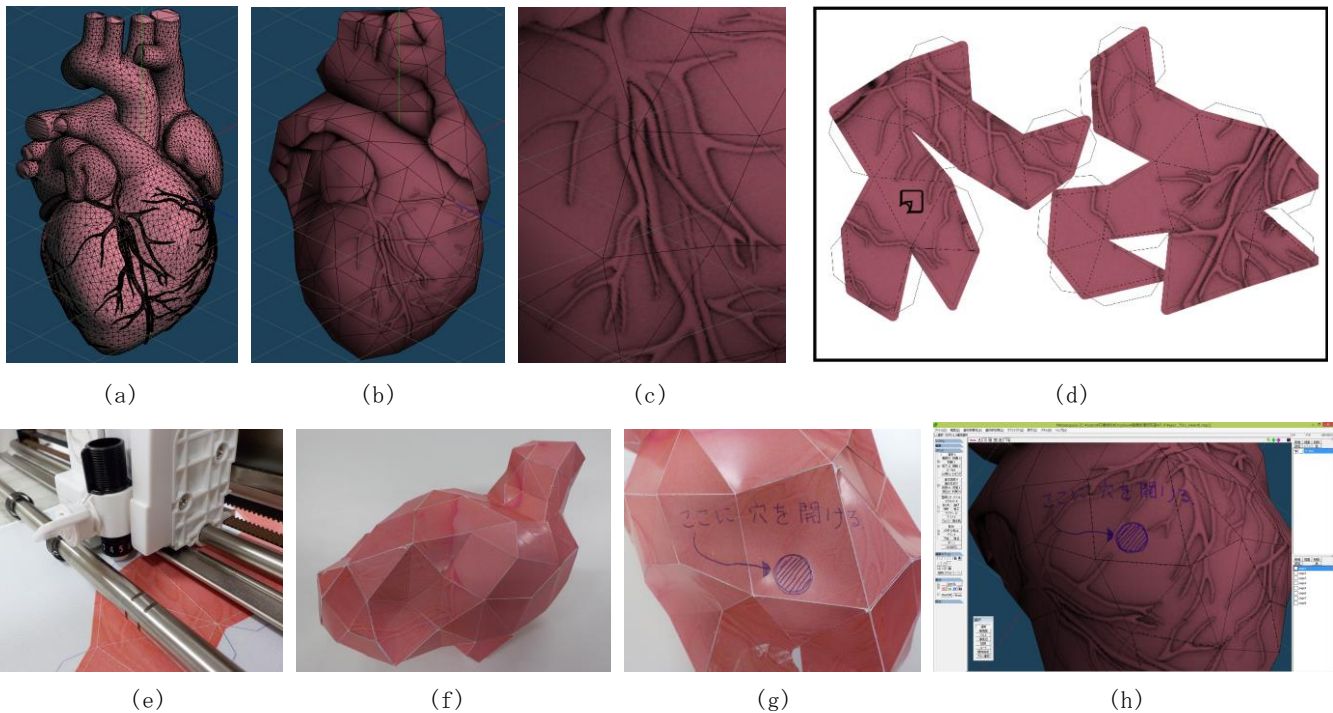


図3 (a)心臓のCGモデル, (b)ポリゴン削減結果, (c)ポリゴン削減結果(拡大), (d)ペーパクラフト用展開図(一部), (e)カッティングマシンによる展開図の切断, (f)ペーパクラフト, (g)ペーパクラフトへの筆記, (h)筆跡のCG表示

3. ポリゴン削減とペーパクラフト生成

アノットドット紙を用いたペーパクラフトによって、三次元立体への筆記を可能とする。なお、ポリゴン数の多い複雑なCGをペーパクラフト化することは難しい。そこで、ポリゴンの削減について検討する。ポリゴンを単純に削減すると細部が欠落するので、細かなポリゴンを大きなポリゴンに焼き込み、マッピングする。図3(a)に示す心臓のCGモデルは82549のポリゴンで構成される。図3(b)に示すようにポリゴン数を288に削減する。図3(c)に示すように血管等のポリゴンは削減されるが、これらの細部はマッピングで表示される。

ポリゴンを三谷が提案しているアルゴリズムによって展開し[3], アノットドット紙に印刷する(図3(d))。展開図を切断して組み立てる。なお、図3(c)のペーパクラフトを著者が手作業で制作したところ、印刷、カッターによる切断、折り込み、組み立てに6時間50分要した。そこで、カッティングマシンを用いて切断と折り込みの跡づけをおこなったところ、作業時間は4時間10分に短縮された(図3(e))。ペーパクラフトの形状は粗いが、心臓血管等の細部は再現され、実用的な3次元モデルである(図3(f))。

4. ペーパクラフトへの筆記とCG表示

アノットペンを用いてペーパクラフトに筆記する(図

3(g))。筆跡はペーパクラフト用展開図(二次元画像)に表示され、コンピュータに取り込まれる。このペーパクラフト用展開図をCGにマッピングし、筆跡を表示する(図3(h))。

医師どうしが心臓のペーパクラフトに筆記しながら、手術をシミュレーションする場面を考えよう。医師が心臓のペーパクラフトを手に取り、切断箇所を記入する。切断箇所はCGに反映される。CGツールを用いて筆記することも可能ではあるが、ペーパクラフトに筆記の方が容易である。また、CGは記録することが可能であり、更に通信を用いた打ち合わせも可能である。

文 献

- [1] 新村拓哉, 岩田英三郎, 釜中博樹, 高橋侑孝, 長谷川誠, “ペーパクラフトとデジタルペンによる三次元立体への筆記検討,” 第13回情報科学技術フォーラム(FIT2014), 3, pp.171-172, Sept 2014.
- [2] “Penit Navigator ユーザガイド,” PND003.09, アノット・マクセル.
- [3] 三谷純, “計算機による立体模型の設計支援に関する研究,” 東京大学大学院工学系研究科博士論文, 2003.

† 東京電機大学 工学部 情報通信工学科

〒120-8551 東京都足立区千住旭町5番

TEL: 03-5284-5507 E-mail: 12ec018@ms.dendai.ac.jp