

# 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 A Study on 3D Surface Drawing Using Paper Crafts and Digital Pens

新村 拓哉† 岩田 英三郎‡ 釜中 博樹‡ 高橋 侑孝†† 長谷川 誠†  
Takuya Niimura Eizaburo Iwata Hiroki Kamanaka Yutaka Takahashi Makoto Hasegawa

## 1. まえがき

三次元形状をコンピュータで扱う技術は、近年の三次元スキャナ、三次元プリンタの開発により、急激な発展を遂げている渦中にある。ここでは、コンピュータグラフィックスで表示されている三次元立体を、三次元プリンタなどで具現化し、デジタルペンを用いて三次元立体に筆記し、筆跡をコンピュータグラフィックスに表示する技術を検討する。例えば、医療現場において、患者の臓器を MRI で撮影し、医師が患者に病状を説明する際にコンピュータグラフィックスを用いることは現在でも行われているが、さらに臓器の模型を手にし、デジタルペンで筆記しながら説明することが可能となる(図 1)。また、コンピュータグラフィックスに知識のない者であっても、三次元ペイントデザインに参加することも可能となる。

ところで、2次元表面への筆記については、デジタルペン(アノトペン)が開発され、アノトペン専用の紙面に書かれた筆跡をコンピュータに入力・活用することが可能となっている[1]。アノトペンは、医療や教育現場など、紙とペンを使用する業務に広く活用されている。

ここでは、コンピュータグラフィックスで表示されている三次元立体をペーパクラフトで具現化し、デジタルペンを用いて表面に筆記、筆跡をコンピュータグラフィックスに表示することを検討する。ペーパクラフト用の展開図は、三谷が提案しているアルゴリズムを用いて生成し[2]、先に述べたアノトペン専用紙に印刷する。展開図を切断し、三次元立体模型を作成する。アノトペンを用いて三次元立体模型の表面に筆記すると、その筆跡は二次元画像としてコンピュータに取り込まれ、更に、UV マッピングによってコンピュータグラフィックスに表示される。

次の 2. では、アノトペンによる筆記について解説する。また、3. では三次元形状への筆記方法について検討する。ペーパクラフト展開図の生成方法、および、コンピュータグラフィックスへのマッピング方法について解説する。4. では、シミュレーションシステムを構築し、実現可能性を検証する。

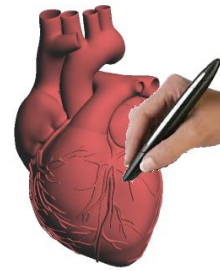
## 2. アノトペンによる筆記

アノトペンのペン先にはカメラが搭載されており、紙面に印刷された特殊な配列の微小なドット(アノトドット)を撮影する(図 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。 $4^{36}$ 通りの異なる

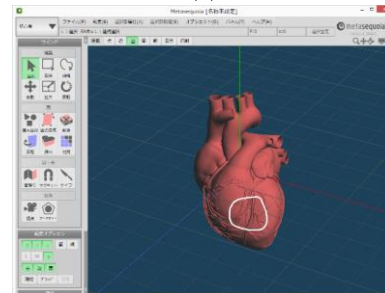
† 東京電機大学

‡ ユニバーサルロボット株式会社

†† アノト・マクセル株式会社



(a)

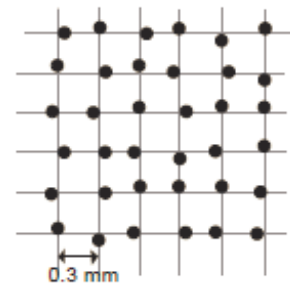


(b)

図 1 デジタルペンによる三次元立体への筆記(a)とコンピュータグラフィックスへの筆跡表示(b)



(a)



(b)

図 2 デジタルペン(a)とアノトドット(b)

膨大なパターンが得られ、紙面のどこを撮影しても唯一の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、筆跡を二次元画像に描写してコンピュータに取り込む。

## 3. 三次元立体への筆記

コンピュータグラフィックスで表示されている三次元立体(図 3(a))のポリゴンを三谷が提案しているアルゴリズムを用いて展開し[1]、ペーパクラフト用展開図を生

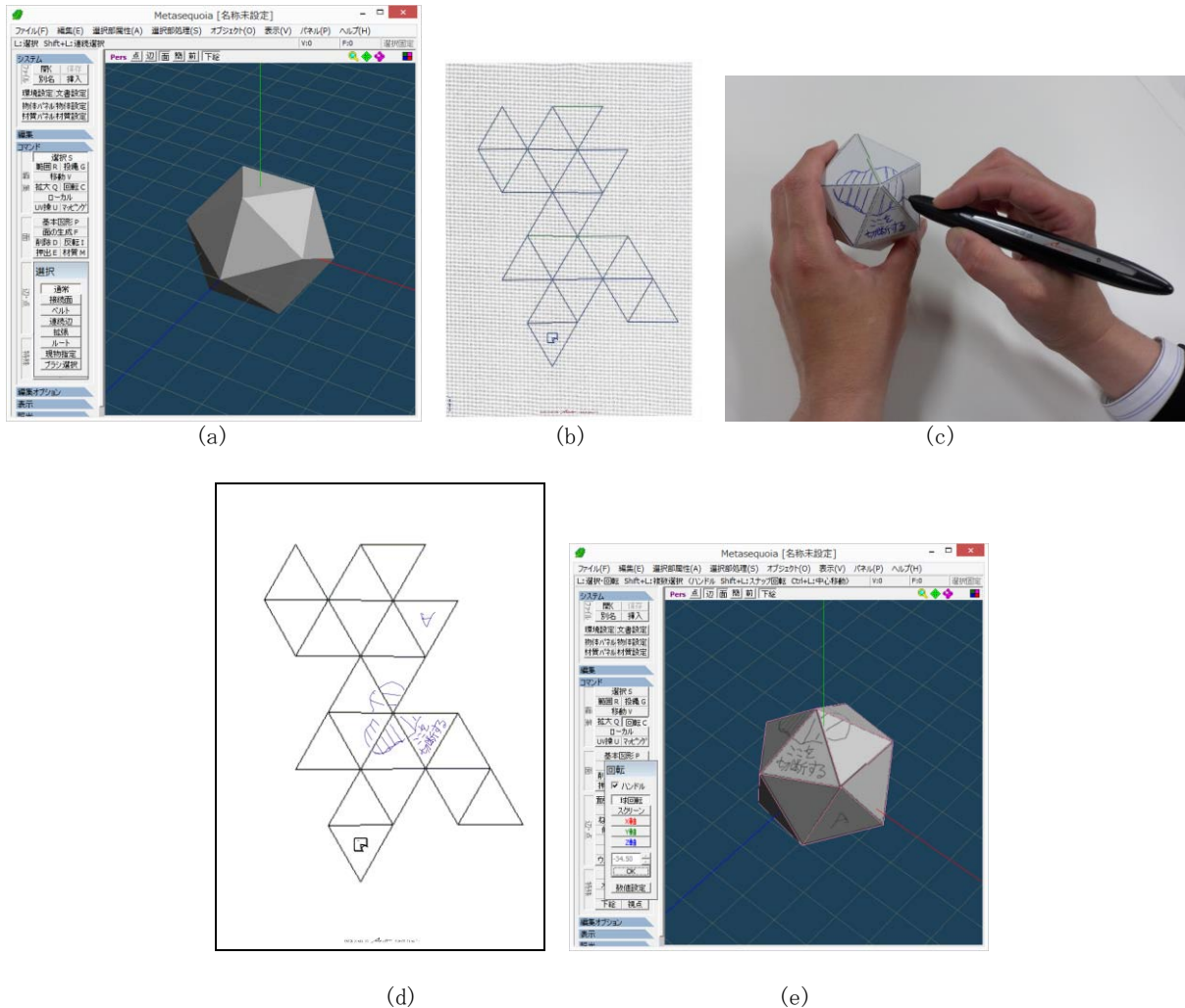


図3 三次元立体のコンピュータグラフィックス表示(a), アノトドット紙面への展開図の生成, ペーパーラフトへの筆記(c), 筆跡の2次元画像への描画(d), コンピュータグラフィックスへの筆跡表示(e)

成する. この展開図をアノトペンシステムに入力し, アノトドットと共に印刷する(図3(b)). 展開図を切断し, 三次元立体模型を組み立てる. そして, アノトペンを用いて三次元立体の表面に筆記する. 筆跡は図3(c)に示すように二次元画像としてコンピュータに取り込まれる. 筆跡をコンピュータグラフィックスにUVマッピングして表示する.

#### 4. 実験

シミュレーションシステムを構築する. 図3に示す正20面体のペーパーラフト模型を作成し, 複数の被験者に筆記させ, 筆記速度を計測した. また, コンピュータグラフィックスソフトウェア「Metasequoia」を用いて直接筆記させる場合と比較する. ここでは, 被験者10名の筆記速度を計測したところ, 本方法の場合は平均20.7秒であった. また, コンピュータグラフィックスソフトウェアで直接筆記させた場合は55.0秒である. なお, 被験者全員が, このソフトに熟練している. 本方法の筆記速

度は速く, コンピュータグラフィックスソフトウェアで筆記する場合よりも容易であることがわかる.

#### 5. むすび

コンピュータグラフィックスで表示されている三次元立体の模型をペーパーラフトで具現化し, アノトペンで筆記, コンピュータグラフィックスに表示させる方法について検討した. コンピュータグラフィックスツールを用いて筆記する場合より, ペーパーラフト模型に筆記する方が高速であり, 容易であることが明らかとなった.

現在, 三次元プリンタで出力した立体にアノトドットを直接印刷し, アノトペンで筆記する方法について検討している.

#### 参考文献

- [1] “Penit Navigator ユーザガイド,” PND003.09, アノト・マクセル.
- [2] 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.