

# デジタルペンとペーパークラフト による3DCGへの筆記

石橋 卓也<sup>†</sup>, 岩田 英三郎<sup>‡</sup>, 釜中 博樹<sup>‡</sup>,  
高橋 侑孝<sup>††</sup>, 長谷川 誠<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 東京電機大学, <sup>††</sup> アノト株式会社,  
<sup>‡</sup> ユニバーサルロボット株式会社

# 目次

## 1. デジタルペン(紙面への筆記)

1. 筆記のしくみ
2. 応用事例

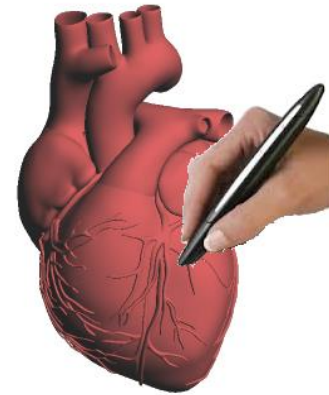
## 2. (提案)三次元立体への筆記

## 3. 筆記方法

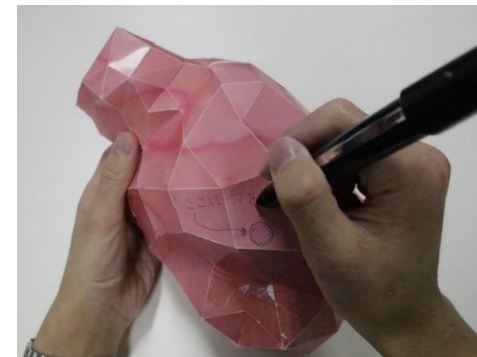
1. 焼き込みによるポリゴン削減
2. ペーパークラフト用展開図の作成
3. カッティングマシンによるペーパークラフト制作
4. デジタルペンによる筆記
5. UVマップと筆跡のCG表示

## 4. 実験

## 5. まとめ



三次元立体への筆記



デジタルペンを用いた筆記

# デジタルペン (紙面への筆記)

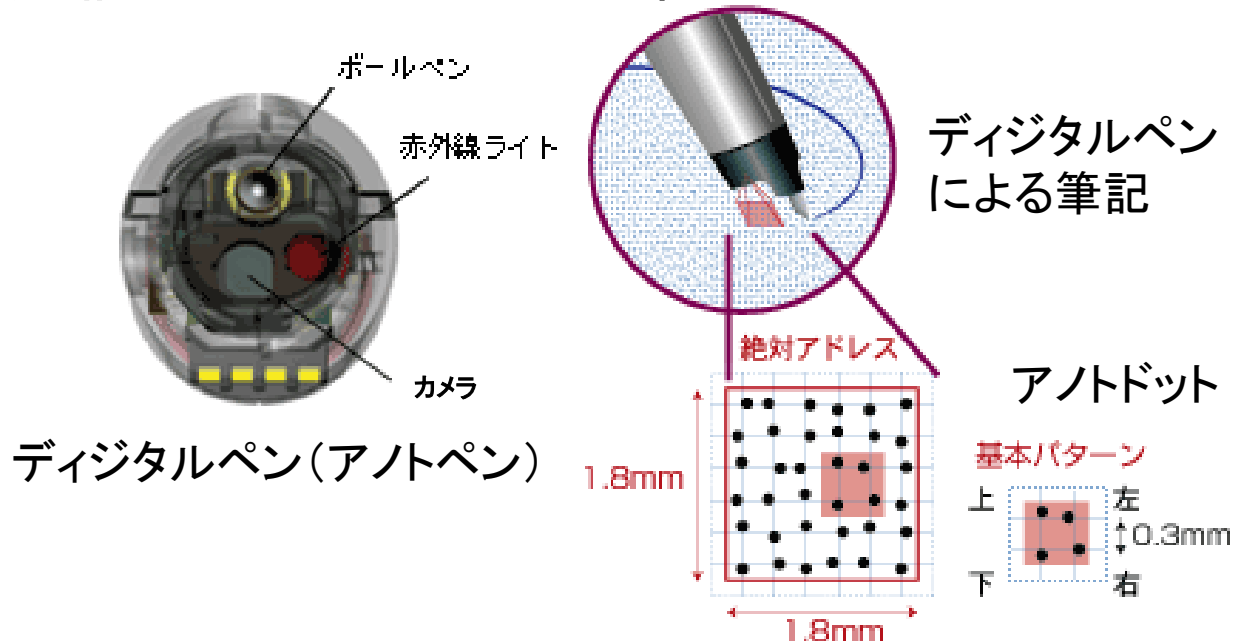
- 手書きの文字や図形を画像データとしてペンに記録・コンピュータに転送する筆記具
- 手書きデータのサーバによる処理・一元管理
- 記入時刻の把握・履歴管理
- 手書き文字認識・テキスト化
- PCがない環境での記録可能
- 複数のペンを用いた共同参加型コミュニケーションツール



デジタルペンによる筆記

# 筆記のしくみ

- ペン先に搭載されたカメラ
- 紙面に点列印刷(アノドット: 格子の上下左右)
- $6 \times 6$ , 36ドットを撮影; ペン先の位置(座標)が特定可能
- 筆跡の電子化・ペンに記録
- 無線通信(Bluetooth)による筆跡データのコンピュータ転送



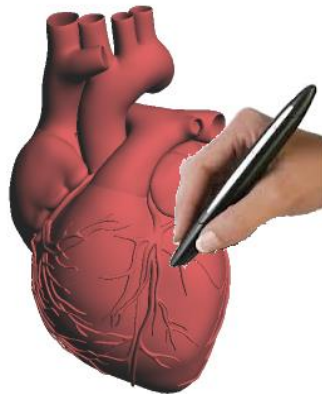
# (事例) デジタルペンの応用

- 学力テストの迅速な採点(教育)
- 小論文添削の完全データ化(教育)
- 全員参加型ゼミナール(教育)
- 設備点検業務の効率化(製造)
- カルテの電子化(医療)
- 災害時における治療優先順位の管理(医療)
- アンケート調査の電子化(販売)

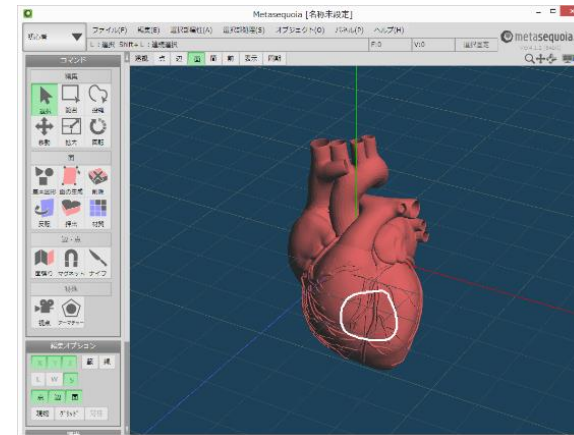
(提案) 三次元立体への筆記

# (提案) 三次元立体への筆記

1. CGによる三次元立体の設計
2. 3Dプリンタによる模型の出力
3. デジタルペンによる図形や文字の筆記
4. コンピュータ入力・記録・処理



三次元立体への筆記



CGへの筆跡表示

# 三次元立体筆記の応用

- 患者への病状説明や術前シミュレーション(医療)
- 製品開発における試作改良検討の効率化(製造)
- CG未習得者のペイントデザインへの参加(製造)
- 伝統工芸技術の記録(文化)
- ICT学校教育への応用(教育)

3Dプリンタ普及にも貢献  
(応用分野が開ければ普及する)



三次元プリンタ

# 術前シミュレーション(心臓の手術)

心臓→MRI→CG→3Dプリンタ→模型→筆記→コンピュータ



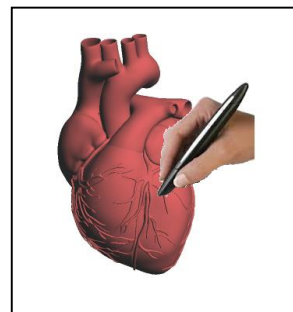
術前シミュレーション



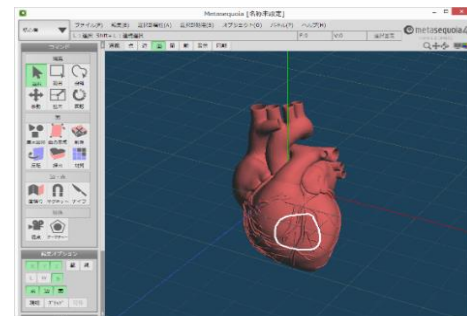
MRI



三次元プリンタ



心臓模型への筆記



筆跡のCG表示

<http://www.xcardio.com/products/standard.html>

<http://science.howstuffworks.com/mri.htm>



# 筆記方法

「デジタルペン」と「ペーパクラフト」による三次元立体  
筆記の提案; 3Dプリンタをペーパクラフトで代用

(長所) ペーパクラフトは3Dプリンタよりも安価で手頃

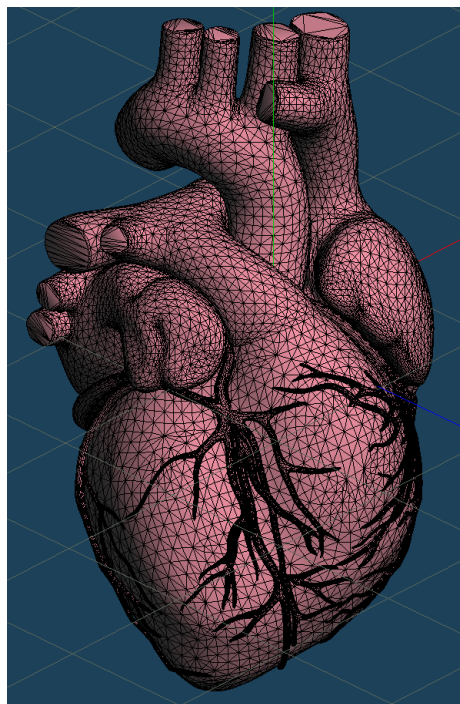
1. CGによる三次元立体の造形
2. ポリゴンの削減
3. ペーパクラフト用展開図の算出(三谷の方法)
4. アノドット紙への展開図印刷
5. ペーパクラフト制作
6. デジタルペンを用いた筆記
7. 筆跡データの電子化
8. UVマッピングと筆跡CG表示



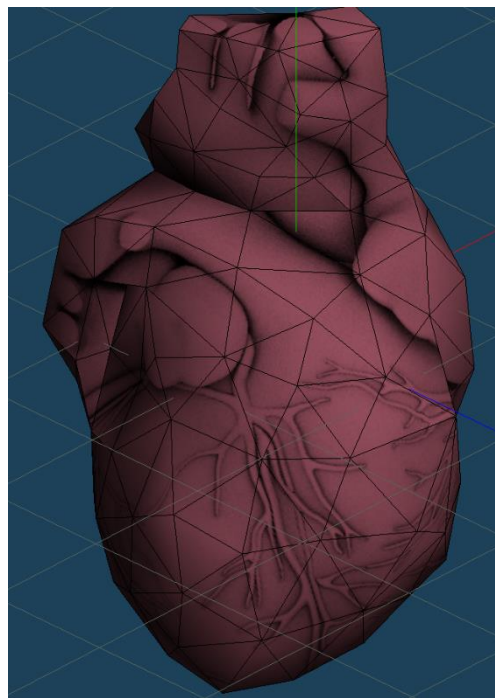
(提案) ペーパクラフトへの筆記

# 三次元立体の造形とポリゴン削減

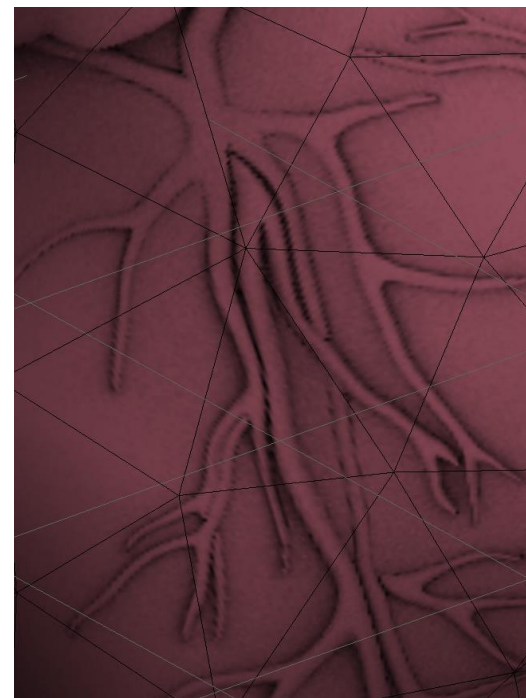
1. CGによる三次元立体の造形
2. 焼き込みによるポリゴン削減(細部の再現)



三次元立体の造形



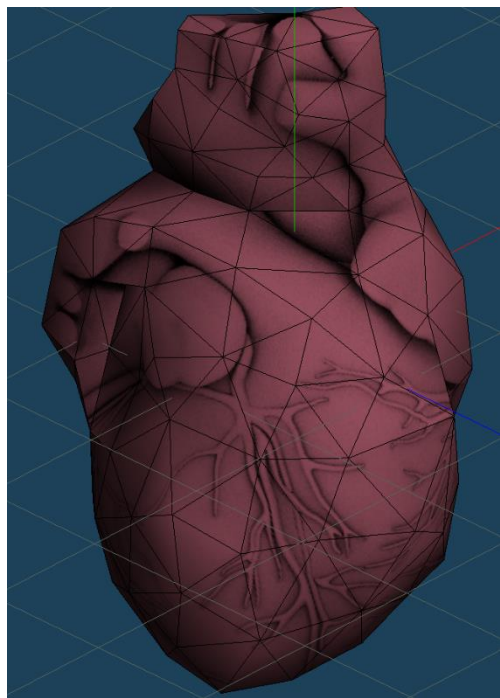
ポリゴン削減



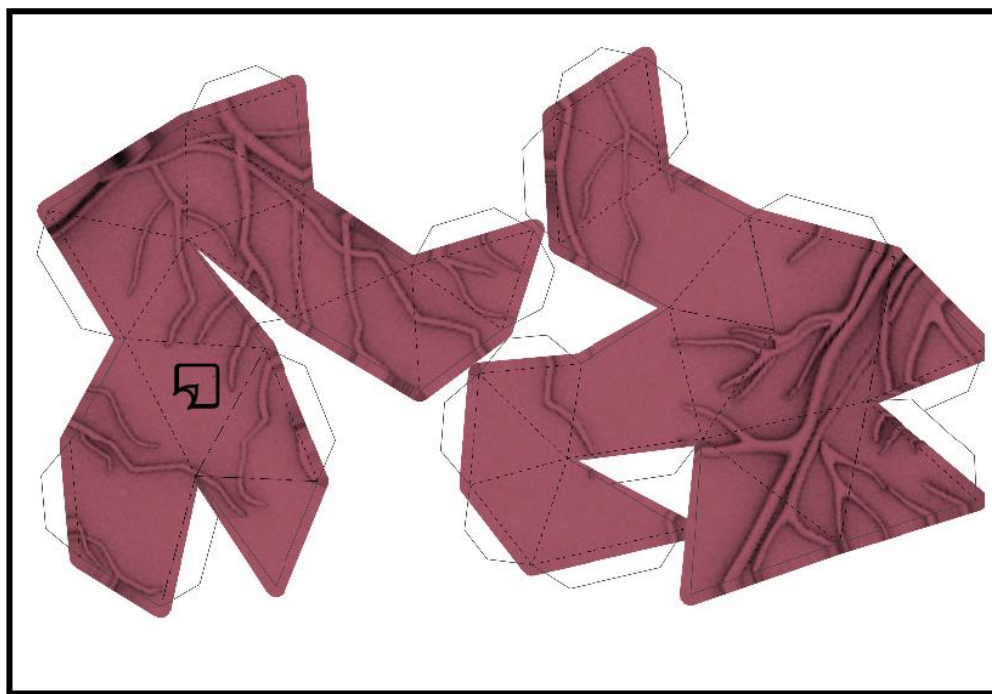
(拡大)

# 三次元立体のペーパクラフト用 展開図の作成

3. ペーパクラフト用展開図の算出(三谷の方法)
4. アノドット紙への印刷

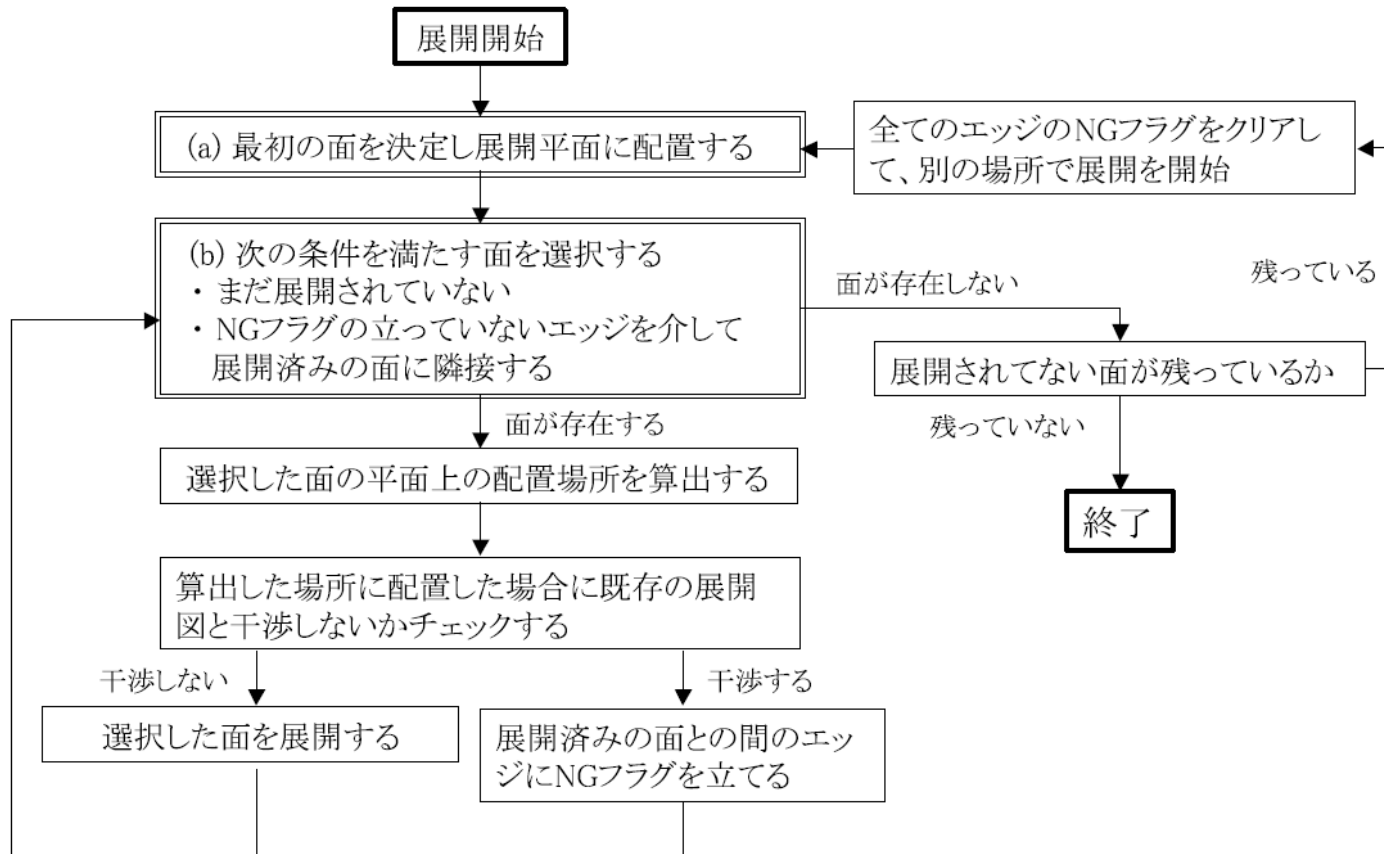


心臓の3DCG



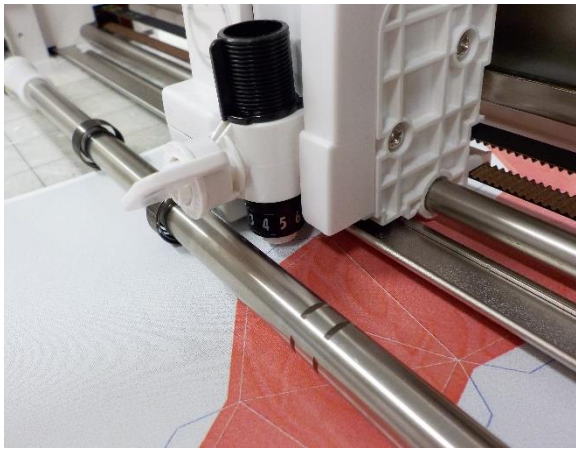
展開図のアノドット紙への印刷

## (参考)ペーパクラフト用展開図の算出

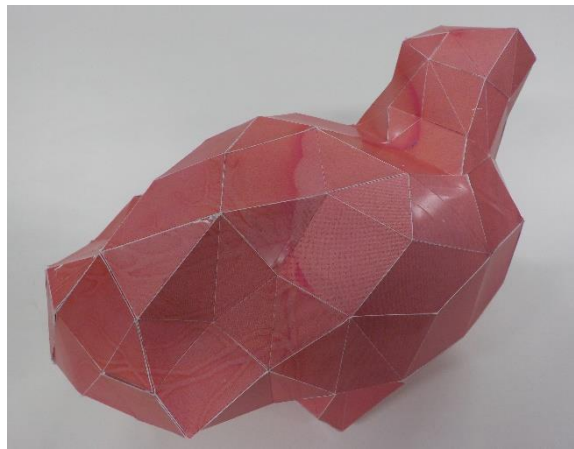


# ペーパクラフト制作と筆記

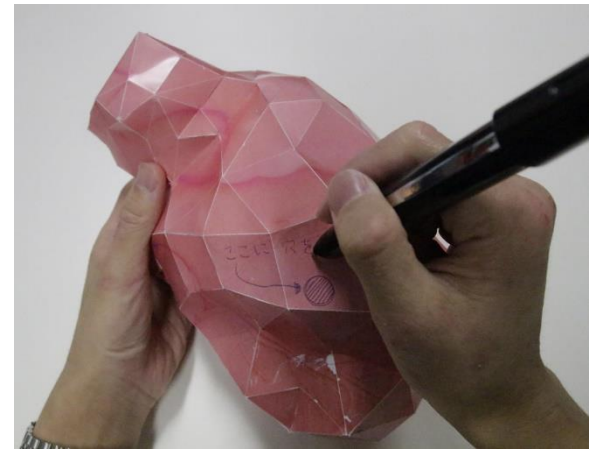
5. カッティングマシンによるペーパクラフト制作(裁断・折り目づけ)
6. デジタルペンで図形や文字を筆記



カッティングマシンによる裁断



ペーパクラフト制作

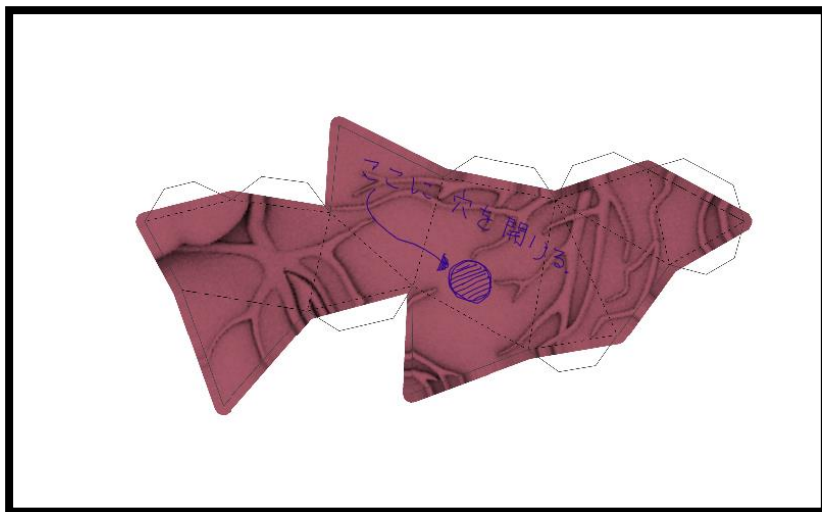


デジタルペンを用いた筆記

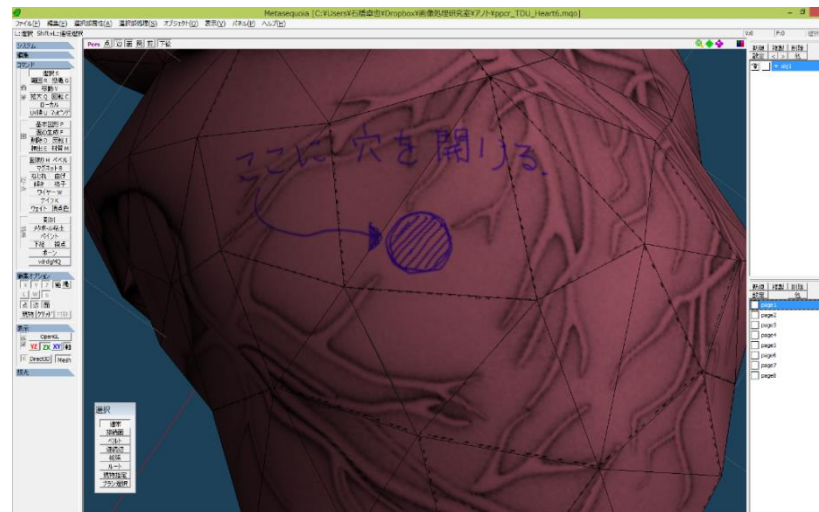


# UVマッピングと筆跡のCG表示

6. アノ紙面への記入（ペーパクラフトに筆記することは）
7. 筆跡データの電子化・コンピュータ転送
8. 筆跡のUVマッピング・CG表示



筆跡を含む展開図



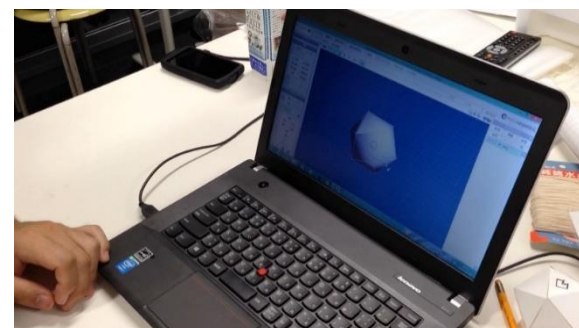
UVマッピングと筆跡のCG表示

# (実験) 立体への筆記時間と誤入力

(課題) 正二十面体の特定面(マークしてある面の裏面)に○を記入

- 被験者: 大学生20名
- 記入完了時間の計測
- CGツールによる筆記との比較

方法	平均時間(秒)	誤入力回数
本方法	16.4	0
CGツール (従来法)	(未習得者) 55.0	2
	(習得者) 17.0	4



評価試験の様子

CGツールによる筆記よりも高速簡単・少ない誤入力

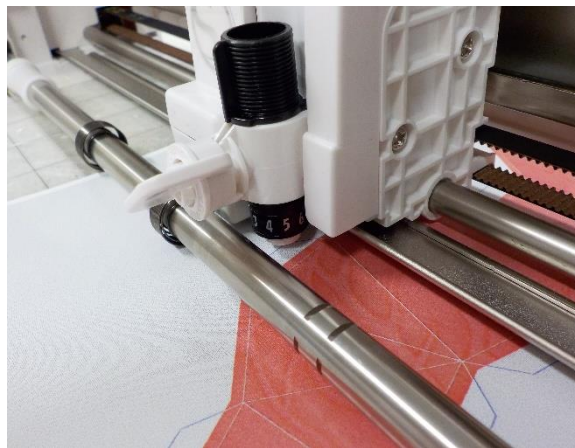
# (実験)カッティングマシンによる ペーパクラフト制作時間の短縮

印刷→**裁断**→**折り目づけ**→組み立て

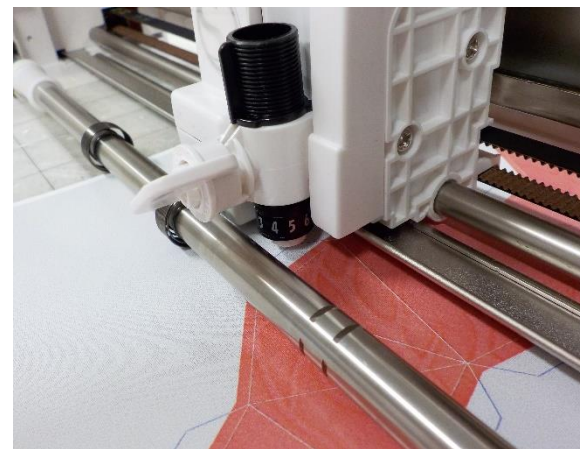
**裁断**と**折り目づけ**にカッティングマシンを使用

ペーパクラフト制作方法	時間
カッティングマシン使用	4時間10分
手作業	6時間50分

**3時間40分の短縮**



カッティングマシンによる裁断



手作業による裁断



# まとめ

- 「デジタルペン」と「ペーパーパクラフト」による三次元立体筆記の提案

1. 展開図の算出
2. ポリゴン削減
3. ペーパーパクラフトの作成
4. デジタルペンによる筆記
5. 筆跡のUVマップ・CG表示

(長所)ペーパーパクラフトは3Dプリンタよりも安価で手頃

- シミュレーションおよび評価

CGツールを用いた筆記よりも高速簡単・少ない誤入力  
カッティングマシンによるペーパーパクラフト制作の時間短縮

(今後の課題)

3Dプリンタ出力への筆記方法検討