

アノテーション付き手指輪郭線画像を生成するための

3DCG カラーグローブ

A 3DCG Colored Glove for Generating Hand Finger Contour Images with Annotation Data

藤嶋 教彰[†] 弓場 友之助[†]
Noriaki Fujishijma Yunosuke Yumiba

1. はじめに

手形状推定技術が発展すると、手作業を伴う職業の訓練に使用する AR 教育ツールの自由度および充実度が増す。他にもジェスチャインタフェースの実現など、情報空間と実空間をつなぐ技術に成長する可能性がある。特に、単眼カメラを用いる手法が注目されている。

推定技術の核は深層学習時に使用するアノテーションである。手画像の場合、非接触での情報取得が困難であることから 3DCG が活用される。

藤嶋らは屈曲指の輪郭線を含む手指の輪郭線画像（手指輪郭線画像）の活用に着目している。そして、エッジ画像から手形状識別する場合において、モデルの訓練時に手指輪郭線画像をエッジ画像とともに学習させたほうがエッジ画像だけで学習させた場合より識別精度の高い識別器を生成できることを明らかにしている[1]。手指輪郭線の位置情報に関する意図的な教示は屈曲指位置の推定精度向上に有効な可能性があり、手形状推定への応用も期待できる。

手指輪郭線画像は装着物の無い手画像から生成する技術がなく、藤嶋らのカラーグローブ[1]が必要となる。ゆえに、アノテーション情報と関連づいた手指輪郭線画像を作るためには 3DCG カラーグローブモデルが必要となる。藤嶋らはその方針のもと、布製カラーグローブと同じ配色の 3DCG モデルを作成している[2]。

しかし、ポリゴンの性質により問題が生じていた。よって本研究では色領域と生成アルゴリズムを見直して問題を解消することで手指輪郭線画像生成成功率の改善を試みた。本稿では問題と解消法の提案、および提案法の効果を報告する。なお、視認性確保のため、提示する図は本来の輪郭線を 1 ピクセル増やした 2 ピクセルとする。

2. 開発環境

3DCG ソフトはイーフロンティア製の POSER11_PRO を用いる。手のモデルはライアン_カジュアルである。3DCG カラーグローブ画像から手指輪郭線画像を生成する過程では C++ 言語および OpenCV3.0.0 を使用する。

3. 手指輪郭線画像生成手法の概要

カラーグローブは指で 5 色、手の甲および手のひらで白の 1 色、指と手の甲および手のひらの境界でオレンジとマゼンタの 2 色を持つ。エッジ抽出で得られる輪郭線から(1)白色または拇指隣接のオレンジ領域に触れていない指領域とマゼンタ領域の境界線、(2)白領域とマゼンタまたはオレンジ領域の境界線、および(3)拇指を除く 4 指隣接のオレンジ領域と他の領域の境界線、を除去すると得られる。

[†] 松江工業高等専門学校
National Institute of Technology, Matsue College

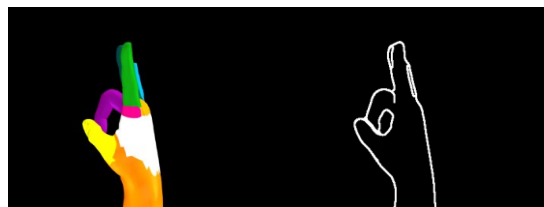


図 1 輪郭線抽出の典型的な失敗例 1



図 2 輪郭線抽出の典型的な失敗例 2

4. 3DCG 化による問題点と改善法

図 1 と図 2 に先行研究[2]のグローブで生じる典型的な失敗例を示す。図 1 は前腕回旋角度 10° で親指と中指の 2 本を屈曲させた手形状である。角度は掌が正面にある状態を -90° 、手の甲が正面となる状態を 90° と定義している。中指と示指の境界線が全て抽出されなければならないが、示指の根本付近に欠損がある。これが最も発生頻度の高い失敗である。図 2 は前腕回旋角度 -90° で親指、中指、小指の 3 本を屈曲させた手形状である。中指の輪郭線が全て抽出されていなければならないが、根本付近の輪郭線に欠損がある。これらは抽出されなかったのではなく、除去アルゴリズムによって除去されて起きる問題である。そして、布製カラーグローブの使用では生じにくい現象である。

3DCG 化によって問題が生じた原因は手と着色グローブの間にゆとりがないためである。3DCG カラーグローブは肌テクスチャのポリゴンに直接着色している。すなわち布製グローブに生じる若干のたるみや屈曲してからグローブがつかれて動くまでの遊びが 3DCG グローブにはない。図 1 のケースは布製グローブでは屈曲指領域と白色領域が接するが、3DCG では接触しないために生じる。図 2 のケースは背面にあるオレンジ色の肌領域が屈曲指につられて前面に移動することによって生じる。

図 3 と図 4 に示す 2 つの着色変更、および 1 つのアルゴリズム変更により、これらの問題は解消できる。なお、図 3 と図 4 には視認性確保のため、変更領域の境界部に手書きで別色の輪郭線を描いている。

まず図 3 に示すように、示指周辺のマゼンタ領域を赤色領域に変更した。これに伴い、示指領域と背景領域を除く

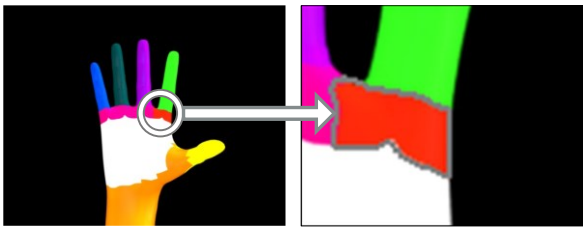


図3 改良したグローブ (手のひら側)

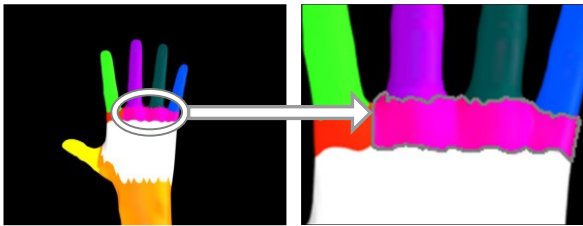


図4 改良したグローブ (手の甲側)

他の領域との境界線については、黄緑色の示指領域と赤色領域が接触した場合のみ削除するアルゴリズムに変更した。これにより中指はマゼンタ領域と接触しなくなり、図1の問題が解消する。

次に、図4に示すように手の甲側の拇指を除く4指に隣接するオレンジ領域をマゼンタ領域に変更する。手のひら側の境界領域と同じ色にすることで、手の甲側の境界領域が前面に現れても影響がなくなり図2の問題が解消する。布製グローブにおいて手のひら側と手の甲側で色を分けている理由は手の甲側の指の根本に現れる境界線は構造上全て除去してよく、条件分岐を不要とするオレンジ色領域を使用したほうが高速処理できるためである。このグローブは装着型のインタフェース用途も想定しているため、リアルタイム処理を考えてこのような色分けを採用している。しかし、3DCGグローブの場合はリアルタイム処理を必要としない。ゆえに、マゼンタ色に変更することによる処理速度の低下は問題がない。

5. 評価実験

布製グローブを用いる手法[1]および3DCGグローブを用いる従来手法[2]との生成成功率を比較した。被験者は3名である。実験環境は表1に示す通りとした。3DCGモデルは被験者と同じ手の見えとなるようにモデルを作成した。

前腕回旋角度 -90° から 90° まで 10° 刻みで手指輪郭線生成成功率を求めた。被験者あたり右手2回、左手2回の合計4回行った。手形状パターンは指の曲げ方が曲げ切りのみで、かつ指が1本以上曲がっている、という条件のもとの全パターンである31種類とした。屈曲の際には、第2関節が 90° 以上曲がっている状態で前腕回旋角度 -90° の時に第1関節が白領域に触れるよう設定した。屈曲指が2本以上で親指が他の指と重なる場合は親指を上とした。1回の試行あたり、各角度で1つの手形状につき20枚ずつ生成した。3DCGについては、関節角度の各パラメータについて $\pm 0.1^\circ$ の範囲で手の関節角度を微小変化させた。

手指輪郭線画像生成成功の判定基準は(1) 不要な輪郭線を4ピクセル以上残さず除去していること、および(2) 必要な輪郭線が1ピクセルも途切れず残していること、とした。

表1 実験環境

	World	Real	Virtual
Glove's material		Cloth	3DCG skin texture
Coloring method		Dyeing white cloth with 7 kinds of magic markers	Changing colors of skin textures' polygons
Lighting		5000 Kelvin color temperature LEDs on the ceiling	5 pointlights (Placements for not creating shadows on the hands)
Camera Placement		35 cm above the desk	Location where the image can be taken in the same hand size of real images

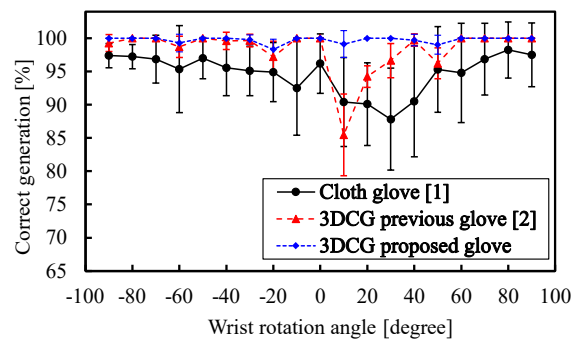


図5 前腕回旋角度と生成成功率の関係

手指輪郭線画像生成成功率を図5に示す。提案法が最も高い成功率となり、標準偏差が小さい。平均生成成功率は99.1%であった。前腕回旋角度 10° に着目すると、先行研究[2]の3DCGグローブを利用すると生じる急激な精度低下を起さずに高い成功率が維持され、さらには布製グローブ[1]よりも安定生成可能とわかる。その他の角度でも精度改善が見られ、最も安定して手指輪郭線画像の生成が実現できることがわかる。

6. おわりに

高い安定性で手指輪郭線画像を生成することができ、かつアノテーションを同時に取得できるようになった。なお、本研究で改良した3DCGカラーグローブはマゼンタ、およびオレンジ色の境界領域に厚みがあるため、屈曲が浅い指の輪郭線が正しく取れない。元々この厚みは布製グローブを使う際、背景ノイズ除去のためにかける強いオープニング処理で領域が消失しないためにある。3DCGの場合、照明が安定するためノイズ除去のフィルタは弱くて済む。すなわち、厚みが必要ない。よって、実際には改良したグローブの境界領域を薄くする調整をして使用する。

謝辞

本研究はJSPS科研費21K17867の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 藤嶋 教彰, 北尾 樹, 高橋 歩武, 堀内 匡, “カラーグローブを用いた手指輪郭線画像の生成とその手形状パターン認識への応用, 電気学会論文誌(C), Vol.140, No.1 (2020).
- [2] 藤嶋 教彰, 岩崎 健, “関節角度と手指輪郭線の情報をつなぐ3DCGカラーグローブモデルの作成”, 高専シンポジウム in KOBE (2017).