

手指のジェスチャ入力による 3D オブジェクトの操作に関する研究

小柳 翔太† 盛川 浩志‡ 小宮山 撰‡
青山学院大学大学院理工学研究科† 青山学院大学理工学部‡

1. 研究背景

コンピュータ画面上に 3D-CG で描かれたオブジェクトの姿勢や仮想カメラの視点位置と向きは自由度が最大で 6 ある。一方入力デバイスとして代表的なキーボードやマウスは自由度 2 の入力しかできないため、オブジェクトの移動や回転の操作に適しているとは言えない。また、3D マウスや磁気センサー等を用いた 3 次元入力デバイスは存在するが、器具を空中で把持しなければならないなど不便な点が多い。

一方、近年、センサーやマーカーを身に着けない身振りインタフェースがさまざまなアプローチで研究が行われている。このタイプは実世界における人間と物とのかかわりに近いインタフェースの構築が容易である点が大きな長所と言える。しかし、例えば 3D-CG の回転や移動操作にどのようなジェスチャを割り当てるのが最適であるかについては不明な点が多い[1]。

そこで本研究では手指に何も装着することなく、両手指関節位置を認識可能な Leap Motion を用いて、身振りと 3D オブジェクトの座標変換の対応付けを、操作の容易さ、慣れなどの観点から評価する。

2. 提案手法

まず実世界で人間はどのように物を回転させるのかを観察した(図 1)。5 名の被験者について一辺 6 cm の立方体を片手で持たせ回転操作を行わせたところ、以下の特徴が比較的良好に観察された。

- ① 手のひらの法線方向を軸に指先で回転させる行為
- ② 手首を軸に手指を一体にして回転させる行為
- ③ 指先だけでころがすように回転させる行為



図 1 実世界での手による立方体の回転

3D-CG によるオブジェクトをジェスチャで回転させる際にも、上記のような現実世界での手指の動きを模倣することが操作感において有効であると考えられることから、上記を模倣したジェスチャと、Leap Motion が標準で提供しているジェスチャの中から、以下の 4 種類の方法について回転操作の操作性について実験を行う。

方法 1 (手のひらを軸)

手のひらの法線方向を回転軸とし、親指と手のひらで構成されるベクトルから手のひらの法線ベクトルに降ろした垂線ベクトルの回転量を回転角度とする方法

方法 2 (手首を軸)

手首を回転軸とし、親指と肘から構成されるベクトルから手首から伸びるベクトルに降ろした垂線ベクトルの回転量を回転角度とする方法

方法 3 (手の向き world 座標系)

手全体の総合的な向きの frame 間の変化を world 座標系におけるオブジェクトの回転変化とする方法

方法 4 (手の向き local 座標系)

上の方法をオブジェクトの local 座標系におけるオブジェクトの回転変化とする方法[2]

3. 実験

3.1 実験方法

背面に上矢印が記されている立方体(初期状態)を画面上に提示し、ハンドジェスチャーのみで回転動作を行う。次の 4 種類のタスクにつきタスク終了までの経過時間を計測する。

タスク A : 矢印が上を向いた状態で正面になるよ

A study on manipulation of 3D virtual objects with finger gesture

†Shota Koyanagi, Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

‡Hiroyuki Morikawa and Setsu Komiyama, College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

うに回転。

タスク B：矢印が右に向けた状態で正面になるように回転。

タスク C：矢印が左に向けた状態で正面になるように回転。

タスク D：矢印が下に向けた状態で正面になるように回転。



図2 実験装置(上)と実験の様子(下)

被験者は 20 代 1 名を用い、各タスクを 20 回ずつ反復させる。

3.2 実験結果

図 3 に各タスクの所要時間の平均と標準偏差を示す。図 4 に各手法での回数毎の所要時間平均値の変化を示す。

図 3 からタスク A とタスク D では手のひらを軸にする手法がタスク終了までにかかる時間が短いという結果になった。それ以外でのタスクではそれぞれの手法でほとんど大差は見られなかった。

図 4 から回数を重ねるごとにユーザーの慣れが見られた。

また、手のひらを軸にする手法では近くで動かしているようで、手首を軸にする手法では遠くで動かしているようだという感想がみられた。手の向き(world 座標)を利用した手法では 1 番物を持っている感覚があり、微調整がしやすいとの感想もあった。

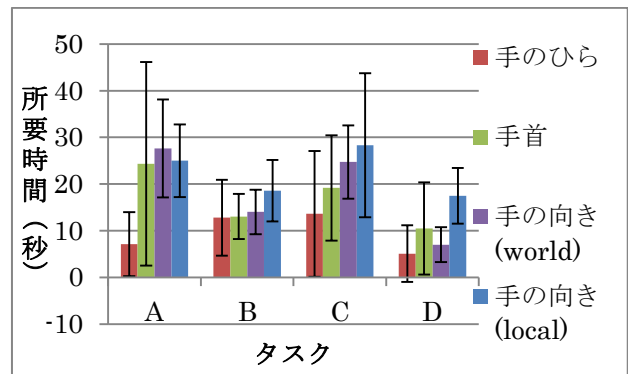


図3 各手法での回転動作の平均所要時間

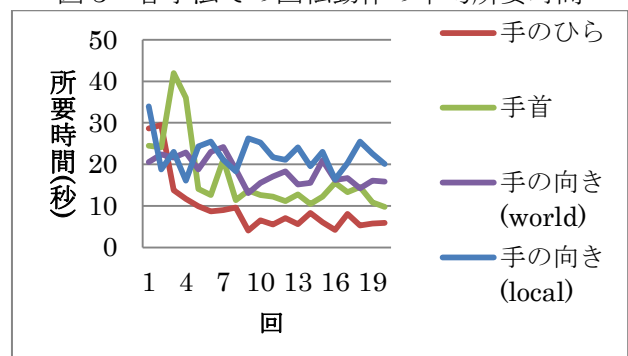


図4 各手法での試行回ごとの所要時間の変化

4. 考察

手のひらの法線方向を軸にした手法が全体的に最も所要時間が短い結果となった。しかし、横に回転させることでタスク終了状態に近くできるタスク A と D と比較すると、縦の回転が有効なタスク B と C は時間を要している。このことから、この手法は横の回転には適しているが、縦の回転で不安定さがあると考えられる。

手の向きを利用した回転は、1 番物を持っている感覚に近いという感想があったが、タスク終了時間はそれほど速い結果にならなかった。人間の手の向きの可動域の限界のため、やや無理な姿勢をとらざるを得ないことが影響していると思われる。さらに、手のひらと手首を軸にした手法では繰り返しによる所要時間の減少が観察されたが、手の向きを利用した手法では顕著な減少が見られなかった。従って、手の可動領域に限界がある手法は慣れによって所要時間を短縮させることが難しいと言える。

より自然な操作感を得るためには複数の手法の組合せを検討する必要がある。

参考文献

- [1] 石田安明、高橋裕樹：“回転操作のためのハンドジェスチャインタフェース”、映像情報メディア学会技術報告、Vol.37, No.17, AIT2013 33-119, (Mar.2013)
- [2] 中村 薫：Leap Motion プログラミングガイド、pp147-155, 工学社