

# 仮想物体の位置と方向を手指の動作によって定める操作の検討

松井勇樹<sup>†</sup> 梅澤猛<sup>‡</sup> 大澤範高<sup>‡</sup>

千葉大学工学部<sup>†</sup> 千葉大学大学院融合科学研究科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

Kinect や Leap Motion などのモーションキャプチャ装置の普及により、仮想空間上の物体を操作する技術が実用化されている。モーションキャプチャ装置の認識精度が向上し、手指の細かな動きを取得することで、仮想物体をつまんで操作することが可能になった。つまみ操作で仮想物体を移動・回転させる手法は直感的で習熟しやすいため、システムに不慣れなユーザでも容易に操作ができる。しかし、つまみ操作は仮想物体の座標を指の位置変化に合わせて更新できるため物体の移動・回転を円滑に実行できる反面、仮想物体を解放する際には指の位置関係が変わることによる物体の位置にずれが生じるという課題がある。そこで、本研究では仮想物体に母指と示指が触れた状態を把持とみなし、2指を動かすことで物体を移動・回転させる手法において、仮想物体を解放するタイミングをジェスチャで決めたり位置調整を加えたりすることで、位置ずれを軽減して高い精度での操作を可能とする調整手法の有効性を評価する。

## 2. 関連研究

仮想物体の位置ずれを軽減する位置調整手法として、高らはユーザが意図する解放タイミングを推測し、手を素早く離すことを契機に、解放調整によってユーザが意図する位置に仮想物体を置けるようにした[1]。高らは両手による仮想物体の操作を対象としているのに対し、本研究では片手でのつまみ操作を対象とする。

仮想物体を手指の動きにより回転させる手法として、石田らは両手を用いた回転操作を提案した[2]。石田らは Kinect を用いて手全体の動きから回転角度を求めたのに対し、本研究では仮想物体の選択と回転を同時に行うことができる片手でのつまみ操作を対象とする。

## 3. 提案手法

### 3.1. 仮想物体の位置

母指と示指がともに仮想物体の内部に入ったときを操作可能なつまんだ状態とする。仮想物体の中心座標を2指の先端の midpoint とし、指の位置変化に合わせて物体位置を更新する。

A method for adjusting position and orientation of virtual object with finger tracking

<sup>†</sup>Yuki Matsui, Faculty of Engineering, Chiba University

<sup>‡</sup>Takeshi Umezawa, Noritaka Osawa, Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University

### 3.2. 仮想物体の方向

モーションキャプチャ装置で取得した手指の動きから XYZ 軸に対する回転角を計算する。

母指の先端から示指の先端へのベクトルを  $\mathbf{a}$ , 回転後  $\mathbf{a}'$  とする。X 軸回りの回転角度  $\theta_x$  はベクトル  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{a}'$  の yz 平面への射影を  $\mathbf{a}_{yz}$ ,  $\mathbf{a}'_{yz}$  とすると次式で求められる。

$$\cos \theta_x = \frac{\mathbf{a}_{yz} \cdot \mathbf{a}'_{yz}}{\|\mathbf{a}_{yz}\| \|\mathbf{a}'_{yz}\|}$$

Y 軸回りの回転角度  $\theta_y$  についても、ベクトル  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{a}'$  の xz 平面への射影ベクトル  $\mathbf{a}_{xz}$ ,  $\mathbf{a}'_{xz}$  の内積より求められる。

Z 軸回りの回転角度  $\theta_z$  は母指の付け根から先端へのベクトルを  $\mathbf{b}$ , 回転後  $\mathbf{b}'$  とすると、xz 平面への射影ベクトル  $\mathbf{b}_{xy}$ ,  $\mathbf{b}'_{xy}$  の内積より求められる。

### 3.3. 解放時の調整

つまんでいた仮想物体を解放する際の調整手法として、次の手法(i)から(vi)を検討した。

#### (i) 調整なし

解放時の調整を行わずに、仮想物体を解放する。

#### (ii) 座標制御

既存研究[1]に従って、素早く指を離すことを契機として、ユーザが意図する解放のタイミングを推定し、その時点の座標を解放位置とする。

#### (iii) 3指による移動

母指と示指で仮想物体をつまんで対象を選択し、中指を加えたときのみ操作可能とする。中指のみを離すことにより、他の2指の位置を固定したままで物体を解放できるため位置ずれを防ぐことが期待できる。

#### (iv) 小指を動かす解放

手を開いた状態で仮想物体をつまみ、小指を薬指に近づけると解放とし、位置ずれの発生を防ぐ。

#### (v) 視覚的フィードバック

つまんでいる指が仮想物体の内外の境界にあるときに色を変化させてユーザに注意を促し、解放する際の位置ずれを軽減する。

#### (vi) キーボード入力で解放

仮想物体を把持していない手によるキーボード入力で解放を行い、手ぶれ以外のずれの要因をなくすことで、ずれを最小にする手法として比較する。

## 4. 実験

### 4.1. 実験条件とタスク

3次元仮想空間内に辺長 50mm の制御立方体と目標立方体を配置した。制御立方体を移動・回転させ、目標立方体の位置と方向を一致させて解放する操作を手法(i)から(vi)について各 20 回ずつ行った。

光学式モーションキャプチャ装置には Leap Motion を用いて、仮想空間操作に習熟していない 3 人の学生を被験者として実験を行った。

### 4.2. 評価方法

制御立方体と目標立方体との中心間の距離と、制御立方体の解放前と解放後の中心間の距離の 2 項目を位置のずれとして評価した。また、制御立方体と目標立方体の方向ベクトルのなす角を方向のずれとし、解放前と解放後の方向のずれも同様に求めた。

実験後に操作感に関する質問紙調査を行い、各手法において 3 項目(操作が簡単だった, 操作をすぐに覚えられた, 操作の負担が軽かった)を 5 段階評価してもらった。

## 5. 実験結果

位置と方向のずれを測定した結果を図 1(a), (b)に示す。

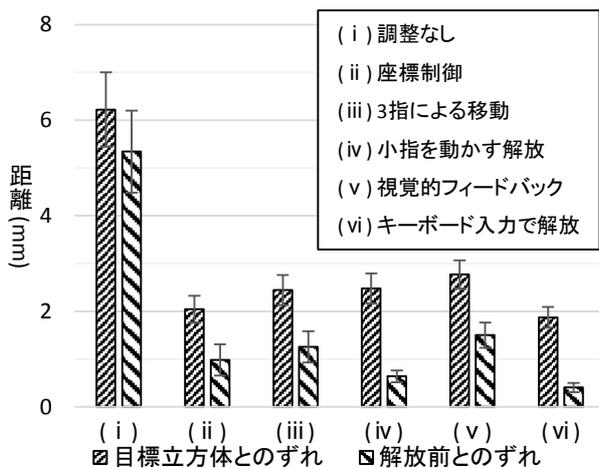


図 1 - (a) 位置ずれの大きさ

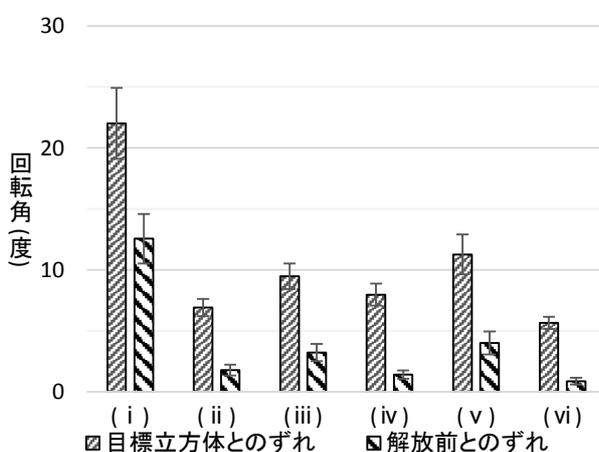


図 1 - (b) 方向ずれの大きさ

操作感に関する質問紙調査の結果を図 2 に示す。

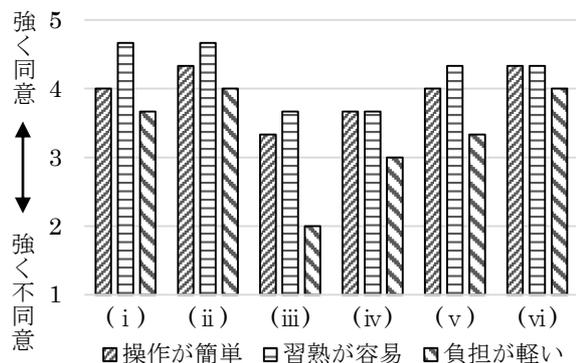


図 2 操作感評価

## 6. 考察

仮想物体の解放時のずれを計測した結果、全ての手法において位置と方向のずれの軽減効果が得られた。目標立方体とのずれが大きくなってしまった原因として、z 方向のずれが大きかったことから奥行き距離が把握できなかったことが挙げられる。

光学式モーションキャプチャ装置を用いて片手でのつまみ操作を行った場合、仮想物体解放時に座標を制御する手法(ii)は有効であり、操作の習熟も容易であることがわかる。小指を動かす解放動作(iv)は座標を制御する手法(ii)と同様にずれの軽減の有効性が示唆されたが、ジェスチャを伴う解放動作は、質問紙調査の結果から操作の負担が重くなることが示唆された。3指を利用する手法(iii)はセルフオクルージョンの影響により、指が認識できなくなる問題もあり操作が簡単とは言えなかった。今回、制御立方体の辺長を固定しており、ユーザが母指と示指を辺長の大きさで把持することに慣れたため、視覚的フィードバックを与える手法(v)は操作が簡単であったと考えられる。

## 7. おわりに

実験において、座標を制御する手法(ii)と小指のジェスチャを用いる手法(iv)が解放時の位置と方向のずれの軽減に有効であることが示唆された。今後、手ぶれによるずれの軽減と奥行き方向の認識を支援する機能の検討を行う予定である。また、手の向きを変えると、セルフオクルージョンにより指が他指や手の甲に隠れ、指の動きを認識できなくなる問題を解決する必要がある。

### 参考文献

- [1] 高云, 梅澤猛, 大澤範高, "仮想物体を効率的に操作するための調整手法の評価", 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.11, No.3, pp. 511-512(2012)
- [2] 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, pp.151-152(2013)