

仮想物体を効率的に操作するための調整手法の評価 An evaluation on adjustment methods for efficient manipulation of a virtual object

高 云[†] 梅澤 猛[†] 大澤 範高[†]
Yun Gao Takeshi Umezawa Noritaka Osawa

1. はじめに

マイクロソフトの Kinect などの低廉なモーションキャプチャ装置の普及により、学校での演習授業、博物館での展示イベント、医療現場において 3D 仮想空間とのインタラクションへの身体動作の活用が期待されている。

3D 仮想空間を有効活用するためには、身体動作によって仮想物体を思い通りに操作できる必要がある。手の動きを認識して仮想物体を操作する手法は、直感的で分かりやすく、特別な操作訓練や装置を必要としないため、システム特有の操作に習熟していないユーザでも利用しやすい。本稿では、仮想物体に両手で触れることで把持し、手の移動によって仮想物体を効率的に移動、解放できる手法を提案する。両手による仮想物体の操作は、(1)支持するものがない空中で正確に手を制御することが難しい、(2)離す際に仮想物体が動いてしまい目標位置からずれてしまう、の 2 つの理由により、高い精度で効率的に行うことが困難であった。本提案では、これらの問題の影響を低減する調整手法を提案し、被験者実験によりその効果を確かめる。

2. 関連研究

Cubic Mouse [5]は、仮想物体を実際に手に持っているように操作可能な 3D ポインタデバイスである。ほかにも、Silk Cursor、Go-Go Interaction [4]、Scaled Manipulation[3]など 3D インタラクション手法に関する研究は多いが、これらの手法はスタイラスやグローブのような手持ちデバイスを利用している。Silk Cursor は半透明表面を使った 3D 対象選択手法であり、Go-Go Interaction は仮想アームが離れた仮想物体に届くように操作する手法である。

手持ちでバイスを介した操作は、実世界とは操作感が異なるため、安定して操作するには手法に習熟する必要がある。そこで、本稿では、仮想物体を両手で挟むことで把持して移動させ、置きたいところで手を離して解放することで位置と方向を制御する操作手法を提案する。本稿ではこのような操作を両手による直接操作と呼ぶ。

3. 提案手法

ユーザにできる限り実世界に近い操作感を提供するために、システムは正確かつ高速な操作を支援するための自動調整を行う。ユーザは明示的にモデルを切り替えることなく、必要な調整を行うことができる。本稿では[1, 2]の調整手法を両手での操作に適用する。[1, 2]では、仮想物体の把持は、親指と人差し指と仮想物体の接触によって行われていたが、本稿では簡便なモーションキャプチャ装置による操作が可能になるように、両手と仮想物体の接触によって把持を行うものとする。

3.1 調整方法

提案する自動調整手法は、手の位置調整、仮想空間視点調整、解放位置調整の 3 つで構成される。手の位置調整ではユーザの手の実際の動きと仮想の手の動きの相対的倍率によって位置の調整を行う。視点調整では、細部がよくわからないために正確な位置決めができない問題を解消するために、視点を仮想物体に近づけることによって細部がわかるように拡大する調整を行う。解放位置調整では仮想物体の解放時に手が動くことによって正確な位置決めができない問題を解消するために、解放前の適切な位置を推定し、正しい解放位置に仮想物体を調整する。次に、この 3 つの調整方法を説明する。ここで、ユーザが正確な操作を意識している際には、手の動きが遅くなることを提案の前提としている。

3.1.1 手の位置調整

ユーザの手の速度が遅い時に、微細な位置調整をする手法である。手の位置調整は計測した手の移動ベクトルの相対位置係数 F_r 、および計測した手の位置と調整した手の位置のオフセットを回復するための係数 F_d を用いて仮想空間にある手の最新の位置を調整する。 P_a は調整した仮想の手の位置であり、次の式により調整を行う。

$$P_a = P_a' + F_d(P_m - P_a') + F_r(P_m - P_m') \quad (1)$$

ただし、 P_a' は前回に調整した仮想手の位置、 P_m は実際に計測した仮想手の位置、 P_m' は前回に計測した仮想手の位置である。式の関係を図 1 に示す。

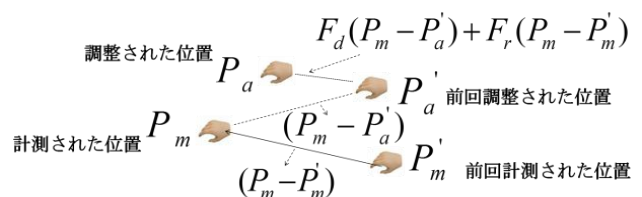
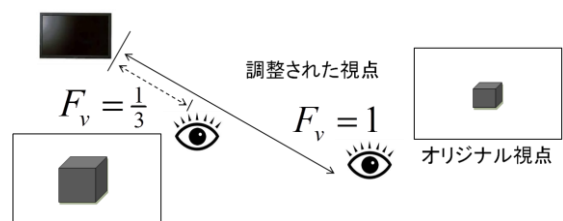


図 1 計測した位置と調整した位置の関係

3.1.2 仮想空間視点調整

微細な部分がわかるように、視点を仮想物体に近づけるように調整し、拡大表示を行う (図 2)。ここで F_v は視点調整係数であり、調整時にオブジェクトを焦点に $F_v = 1/3$ で視点調整する。調整を行わない時には $F_v = 1$ である。



[†] 千葉大学大学院融合科学研究科, Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University

図 2 空間視点調整イメージ

3.1.3 解放位置調整

両手を離す動作によって仮想物体を解放する。この動作からユーザが意図していた位置（解放タイミング）を推測する。ここでは、ユーザは解放の際には手を意図的に素早く動かすと仮定して推測を行う。両手が素早く離れる際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する。

3.1.4 制御方法

調整を機能させる条件は、位置調整と視点調整の場合はユーザの手の平均速度によって決まり、制御される。

解放調整は、ヒステリシスをもった段階モデル[2]を使用し、両手の相対速度によって制御される。微細調整段階と通常段階の 2 つの調整状態段階を設け、前者で位置と視点を調整する。後者では位置と視点の調整は行わない。

微細調整段階で調整の係数は $F_d = 0$, $F_r = 1/3$, $F_v = 1/3$ である。一方に通常段階で $F_d = 1$, $F_r = 0$, $F_v = 1$ である。

4. 予備実験

4.1 実験装置

モーションキャプチャ装置には、Microsoft Kinect を用いた。実験システムを Dell OptiPlex 960 (デュアル 3.20GHz の Intel Core i5 プロセッサ) 上で実行した。実験ソフトウェアはプログラミング言語 C++、Direct X9 ライブラリと Kinect SDK v1.0 によって構築した。

4.2 被験者

Kinect を使った仮想空間操作に習熟していない 2 人の学生を被験者として予備実験を行った。

4.3 タスク

実験のタスクは制御立方体を目標立方体内に入れて離すことである。制御立方体の辺長は 95mm である。被験者は一定の試行時間内にタスクを繰り返す。本実験では 1 回の試行時間を 2 分間とした。実験では、両手で仮想物体（制御立方体）を把持している時間を試行時間として計測した。

4.4 調整方法の組み合わせ

以前の研究[1]に従って主な調整方法の組み合わせを決めた。本稿では何も調整を行わないものを direct と呼び、解放位置調整を rel と呼ぶ。手の位置調整を pos、空間視点調整を view と呼ぶ。実験は (1)direct、(2)rel、(3)pos+rel、(4)view+rel、(5)pos+view、(6) pos+view+rel の 6 つの組み合わせで行った。

4.5 実験手順

2 人の被験者はそれぞれ各組み合わせに対して 2 種類の目標サイズ（目標立方体の辺長 = 110mm ; 辺長 = 100mm）によるタスクを 2 回繰り返した。各組み合わせの各サイズは合計 4 回の pos+view+rel が行われる。

5. 実験結果

5.1 タスク完了回数

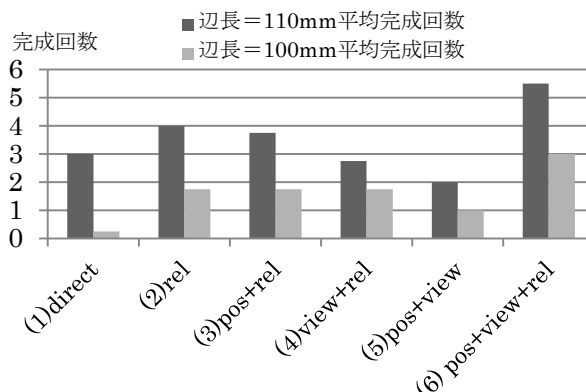


図 3 平均タスク完了回数

5.2 考察

図 3 に各組み合わせの平均タスク完了回数を示した。(1)direct に比べて(2)rel のタスク完了回数が多い、特に辺長 = 100mm と目標立方体が小さい、難しいタスクの場合に改善効果大きいことがわかる。さらに、(6) pos+view+rel が最もタスク完成回数を向上させたことがわかる。(4)view+rel 組み合わせの完成回数は(2)rel より少ない。

6. 結論および今後の課題

予備実験において、親指と人差し指による仮想物体の把持の場合だけではなく、両手による把持の場合においても直接操作が難しい場合に提案されている調整手法が役立つことが示唆された。今後、指による把持と両手による把持による特徴を明確にするため実験を継続する予定である。

位置だけではなく、回転操作の効率的な調整方法も検討すると共にユーザに合わせた各調整係数の自動調整方法も検討していきたい。

参考文献

- [1] N. Osawa: Enhanced Hand Manipulation for Efficient and Precise Positioning and Release. In: Proceedings of 9th Int. Workshop on Immersive Projection Technology, 11th Eurographics Workshop on Virtual Environments, Eurographics, pp.221–222 (2005).
- [2] N. Osawa: Automatic adjustments for efficient and precise positioning and release of virtual objects. In: Proceedings of ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications (VRCIA 2006), pp.121–128 (2006).
- [3] S. Frees, G.D. Kessler: Precise and Rapid Interaction through Scaled Manipulation in Immersive Virtual Environments. In: Proc. of IEEE Virtual Reality 2005, pp.99–106 (2005).
- [4] I. Poupyrev, M. Billinghurst, S. Weghorst, T. Ichikawa: Go-Go Interaction Technique: Non-Linear Mapping for Direct Manipulation in VR. In: ACM UIST 1996, Seattle, WA, pp.79–80 (1996).
- [5] B. Fröhlich, J. Plate: The cubic mouse: a new device for three-dimensional input. In: Proc. of the CHI 2000 Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.526–531 (2000).