

コマンド空間を用いてジェスチャで家電を操作するシステムの HoloLens を用いた可視化と調整 Visualization and Control of Command Spaces for a Gesture-based Appliance Operation System via HoloLens

中央大学 ○望月 勇伸, 横田 雅恵, Sarthak Pathak, 梅田 和昇

Chuo University ○Yushin Mochizuki, Masae Yokota, Sarthak Pathak, Kazunori Umeda

1. 序論

近年、家電製品の高機能化・高性能化が進んでいる。それに伴い、操作ボタンの縮小化などによる操作の難化、複雑化という問題も生じている。そのため、ハンドジェスチャなどを用いて簡単に家電を遠隔操作できるシステムの研究が進められている[1]。

顔らは家電操作のコマンドを特定の空間（以降、コマンド空間と呼ぶ）に設定し、そこに手がざしをすることで家電の操作を可能にするインテリジェントルームのシステムを構築した[2]。しかし、この手法ではコマンド空間が特定の場所に固定して設置されるため、コマンド空間が設置されている場所に移動しなければならないという課題があった。これに対し、眞嶋らは人物に追従するコマンド空間を構築し、場所にとらわれずコマンド空間の操作を可能にするインテリジェントルームのシステムを構築した[3]。しかし、コマンド空間を操作者自身が任意の位置に変更することが不可能であることや、コマンド空間が不可視であるため操作に慣れるまでの時間を要するという課題があった。

そこで、本論文ではインテリジェントルームのシステムの習得を容易にし、操作者に合わせた変更を可能にすることを目的として、Microsoft 製の MR ゴーグルである HoloLens[4]を用いたコマンド空間の可視化と調整を可能にするシステムを提案する。コマンド空間の可視化は、従来のシステムでコマンド空間が配置されている座標と同じ位置に、HoloLens を用いて立体的に表示し、システムの仕組みを直観的に理解できるようにする。コマンド空間の調整は、操作者自身がコマンド空間を使用しやすい位置、大きさに変更可能にする。さらに、変更したデータを保存し、HoloLens を使用しない状態でも自分の設定したコマンド空間での家電の操作を可能にすることを旨とする。

2. 提案手法

2.1. 概要

提案手法の全体の概要を Fig. 1 に示す。

ここでは HoloLens 上でコマンド空間の操作をするシステムを HoloLens のシステム、HoloLens と通信するシステムをサーバーのシステム、ジェスチャで家電を操作するシステムをインテリジェントルームのシステムと呼ぶ。本システムでは以上の3つのシステムを動作させる。通信は TCP/IP を用いる。

まず、サーバーのシステムを待機状態にする。次に、起動した HoloLens のシステムをサーバーのシステムに接続し、その状態で操作者はコマンド空間を任意の配置、大きさに設定する。変更後、コマンド空間の頂点座標、中心座標を変更データとして取得し、送信する。受信した変更データをサーバーのシステムからテキスト形式で保存する。そして、テキストファイルを読み取り、読み取った座標にコマンド空間が設置されるように設定する。以上で、任意の位置にコマンド空間を設置し、かつサイズ変更を行うことができる。さらに、設定後は HoloLens を外してジェスチャのみで家電の操作を行う。

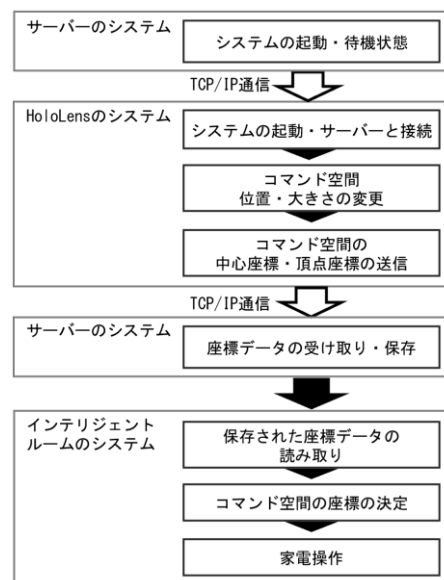


Fig. 1 システムの概要

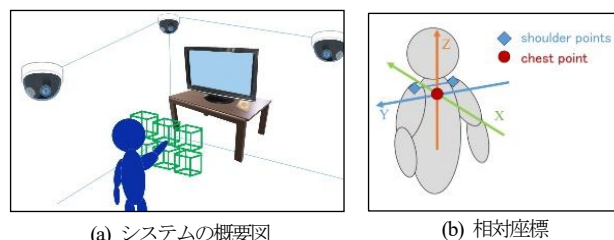


Fig. 2 インテリジェントルーム

2.2. インテリジェントルーム

本節では、コマンド空間を用いたインテリジェントルームのシステムについて説明する[3]。本システムでは Fig. 2(a) に示すように、部屋を模した空間の天井の4隅に設置したカメラから画像を取得する。取得した4つの画像すべてに、OpenPose[5]を適用して骨格点情報を取得する。複数の画像で得られた骨格点の二次元座標から、ステレオ視により三次元座標を求める。取得した三次元座標から Fig. 2(b) のように肩を結んだ線を Y 軸とした相対座標を構築し、相対座標の特定の位置にコマンド空間を配置する。操作者の手首骨格点がコマンド空間内にあるとき、コマンド空間ごとに紐づけられた操作を行うシステムとなっている。

2.3. HoloLens のシステムでのコマンド空間の可視化

コマンド空間は HoloLens の座標系で表示される。このとき、インテリジェントルームの座標系は肩を基準としているのに対し、HoloLens の座標系は目の位置を基準としているため、高さ方向に差が生じる。この差をあらかじめ計測し、補正することで座標系を合致させる。

また、従来のコマンド空間は立方体を使用していた。しかし、コマンド空間を自在に動かせるようにすると、回転させたときに表示されるコマンド空間と認識できる空間の大きさが異なってしまうという問題が生じた。そのため、コマンド空間を球に変更した。以上より、Fig. 3 に示すようにコマンド空間を可視化した。

2.4. コマンド空間の座標の調整と送信

初期状態であるコマンド空間の位置やサイズは、Fig. 4 に示す操作モードで変更できる。変更が完了されるとサーバーへ座標データが送信される。HoloLens を基準とした相対座標を用いてコマンド空間の座標を取得すると、Fig. 5 に示すように HoloLens の向いている方向に応じて座標が大きく変化してしまうという問題が生じた。そのため、Fig. 3 に示すように、HoloLens の正面に中心を示すマークを配置し、中心マークを基準とした相対座標を用いてコマンド空間の座標を取得できるようにした。さらに、中心マークと HoloLens との距離を一定にするため、立ち位置を示す台も設置した。以上の手法により、中心マークを基準とした座標に中心マークと HoloLens 間の距離を加算することで、常に正確な座標データを送ることを可能にした。

3. 実験

3.1. 実験概要

構築した HoloLens のシステムはインテリジェントルームのシステムの習得に有用であるかを検証するため、従来のシステムとの比較実験を行った。本システムの操作経験がない 7 名を被験者とした。各被験者がインテリジェントルームのシステムの操作を 3 回行い、その結果を比較した。まず、従来のシステムのまま操作(A)、次に HoloLens を装着してコマンド空間の位置、大きさを変更し、装着したまま操作(B)、その後 HoloLens を外して HoloLens がいない状態で操作(C)、以上の手順で実験を行った。実験終了後、操作感に関するアンケートを実施した。本来このシステムは家電に接続した状態で使用するが、家電の状態によって結果に誤差が生じるため、今回の実験では家電に接続せず、認識できたことが確認できる画像を表示した。この操作によって、操作完了までの時間と失敗回数を調べた。平均検出時間は、手をコマンド空間にかざして検出された時間を表す。20 秒以上反応しない場合と、誤ったコマンド空間が認識された場合は失敗回数を 1 として、1 個のコマンド空間での失敗回数が 3 以上になった場合、認識失敗とした。

3.2. 実験結果と考察

実験結果を Table 1 に示す。この結果より、操作完了までの平均時間は HoloLens を装着後の B、C の方が短くなっている。これはコマンド空間を可視化することによって操作者がコマンド空間の位置を把握でき、手をかざす位置の迷いなくなったためだと考えられる。しかし、失敗回数の平均と認識失敗となった割合は増加している。この原因は、体のひねりによる相対座標のズレであると考えられる。HoloLens を装着したまま操作したときは、コマンド空間に触れようとする意図が強く働き、操作者が無意識に体をひねってしまっている様子が多くみられた。HoloLens を外した後の操作も、装着しているときのイメージが残っているため、多くの操作者が同じような姿勢で操作を行っていた。一方、従来のインテリジェントルームの操作では特定の位置に手をかざすという指示であったため、体をひねる操作者はいなかった。

アンケートの結果を Table 2 に示す。質問 1 では従来のシステム(A)と HoloLens を外した後の操作(B)を比較して後者(B)の方がやりやすくなったと感じるか、質問 2 では一連の実験を通してインテリジェントルームのシステムを理解できたかを聞いた。この結果より、どちらの質問でも「そう思う」以上の回答数が「あまりそう思わない」以下の回答数よりも多かった。そのため、本研究はインテリジェントルームのシステムの操作方法の習得のために有用であるといえる。

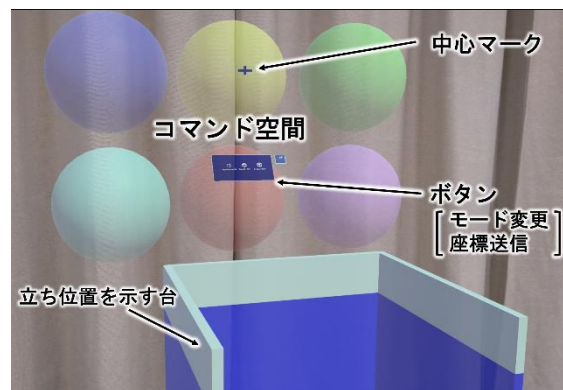


Fig. 3 HoloLens に表示するコマンド空間



Fig. 4 操作モード

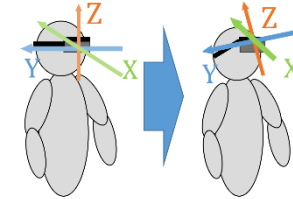


Fig. 5 顔の向きによる座標のずれ

Table 1 実験結果

	平均検出時間	平均失敗回数	認識失敗の割合
A : 従来のシステム	6.26 s	0.57 回	11 %
B : HoloLens をかけたまま操作	4.00 s	1.02 回	26 %
C : HoloLens を外して操作	4.66 s	1.14 回	26 %

Table 2 アンケート結果

	とてもそう思う	そう思う	どちらでもない	あまりそう思わない	そう思わない
質問 1	0	4	2	1	0
質問 2	4	3	0	0	0

4. 結論と今後の展望

本論文では、従来のインテリジェントルームのシステムに MR ゴーグルによるコマンド空間の可視化のシステムを導入することが、インテリジェントルームの操作方法の習得に有用であることを示した。一方、HoloLens の設定変更後の操作の精度が不十分であることも明らかとなった。

今後は体のひねりによらずコマンド空間を操作できるようにすることで改善を目指す。また、操作する家電を選択できるようにするシステムの実装も検討する。

参考文献

- [1] Harshitaa A, Hansini P and P. Asha, "Gesture based Home appliance control system for Disabled People," 2021 Second International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC), Coimbatore, India, pp.1501-1505, 2021.
- [2] 顔世荷, 池勇勲, 梅田和昇, "任意の位置での簡単なジェスチャによる家電操作システム," 日本機械学会論文集, 87-898 (2020) p. 20-00310
- [3] 眞嶋宗一郎, 横田雅恵, Sarthak Pathak, 梅田和昇, "個人のコマンド空間に基づく複数人が操作可能な家電操作システム," ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2023
- [4] Microsoft, HoloLens2, MRGoggle, 2019. url:<https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens> (Accessed on 11/15/2023)
- [5] Z. Cao, G. Hidalgo, T. Simon, S. -E. Wei and Y. Sheikh, "OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields," in IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 43, no. 1, pp. 172-186, 1 Jan. 2021.