

# 操作者がコマンド空間を設定可能な手振りによる家電操作システム

○顔 世荀 (中央大学), 池 勇勳 (中央大学), 梅田 和昇 (中央大学)

## Operating System of Home Appliances Based on User-definable Command Spaces by Hand Waving

○Shixun YAN (Chuo Univ.), Yonghoon JI (Chuo Univ.), and Kazunori UMEMA (Chuo Univ.)

Abstract: This paper proposes a novel system that operates home appliances at arbitrary positions in a room based on a command space in which the operation of the home appliance is associated. In this system, the home appliances can be operated by hand waving to generate the command space with pseudo relative coordinates in which the home appliance operation is associated.

### 1. 緒言

日常生活において欠かすことのできない家電製品は、多機能化、高性能化している。しかし、その一方で操作の複雑化という問題も生じている。近年、家電製品の様に人に身近な製品を、人のジェスチャを用いて直感的に操作することを目的とした研究が多くなされている[1]。

入江らは、室内に複数台のカメラを設置したインテリジェントルームを構築した[1]。このシステムは、特殊な機器を用いず、室内のどこからでもジェスチャで機器の操作が可能である。しかし、このシステムを操作するために、複数種類の複雑なジェスチャをすべて記憶せざるを得ない。浅野らは、家電操作のコマンドを関連づけた仮想の空間（以降、コマンド空間と呼ぶ）を室内に配置し、その空間で手振りを行うことで、任意の家電操作を行うことができるシステムを提案した[3]。しかし、このシステムではコマンド空間が固定されているため、操作位置が限定されてしまう。そこで、今村らは、操作者を基準とした相対座標系を設定し、操作者の周辺にコマンド空間を設置することで、室内のどこでも操作を可能にした[4]。さらに、鹿野らは、人の骨格情報を取得可能な RGB-D センサ 1 台を用いて相対座標系を設定する家電操作システムを構築した[5]。しかし、鹿野らのシステムでは、使用者がカメラの正面を向いて手振りを遂行しない限り、骨格情報抽出の精度が落ちるため自由な家電操作が困難である。

これらの問題を踏まえ、本論文では擬似相対座標系という概念を導入する。複数のカメラ画像から人の手振りを検出し、その位置で擬似相対座標系を展開することで部屋中任意の場所での家電操作を可能とする。

### 2. インテリジェントルームの概要

本研究で扱うインテリジェントルームとは、室内の

家電機器を人のジェスチャのみで操作を可能にした知能化された部屋を意味しており、リビングやオフィスなどでの使用を想定している。操作及び処理の手順としては、まず部屋の中に複数台のカメラを設置して操作者の手振りを検出し、その3次元座標の取得を行う。その後、取得した3次元座標に応じて、あらかじめ設定した家電操作を行う。インテリジェントルームの概念図を Fig. 1 に示す。

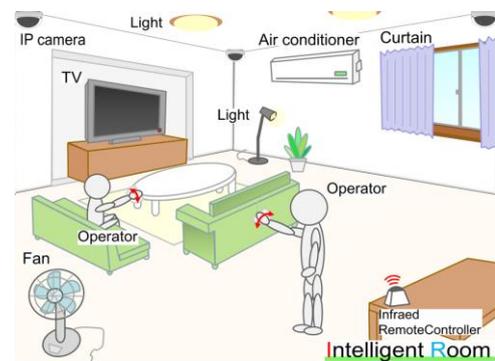


Fig. 1 The conceptual diagram of the intelligent room.

### 3. 手振り検出手法

インテリジェントルーム内のカメラから取得した画像を低解像度化し、画素値の時系列変化に対して高速フーリエ変換 (FFT: fast Fourier transform) を行うことで、周期的な動作である手振りの検出を行う。手振り領域に対応する画素では、Fig. 2 に示すように濃淡値が変化する。この濃淡値の変化は、周期的な変化であるため、FFT を行うことで周波数の算出が可能である。この周波数が一定の閾値を超えた時手振りとして検出する。以上の手法を複数のカメラで行い、エピソード拘束を満たす画素を手振り画素として特定する。その後、ステレオ計測の原理により、手振りの3次元座標を求める。

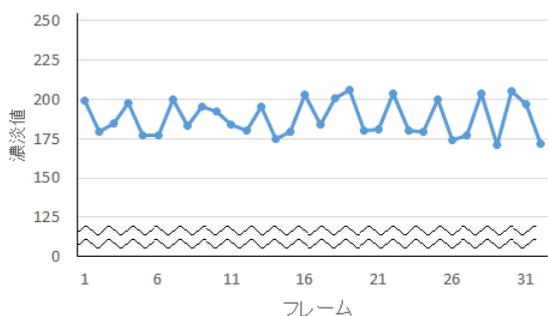


Fig. 2 Changes in pixel values corresponding to hand waving.

## 4. 擬似相対座標によるコマンド空間の設置

### 4.1 擬似相対座標系

擬似相対座標系とは、操作者が最初の1回目及び2回目の手振りにより定義される座標系を意味しており、その操作者が移動しても、最初の位置にそのまま固定される特性を持つ。人の手振りを検出した3次元座標から擬似相対座標系を展開し、その擬似相対座標系を基準にしてコマンド空間を設置することで部屋中任意の場所での家電操作が可能になる。すなわち、使用者は家電操作をする前に、複数回手振りを遂行して、そこから得られた3次元座標で擬似相対座標系を設定する。本論文では、1回目の手振りによる3次元座標を擬似相対座標系の原点とコマンド空間の中心とする。また、1回目と2回目の手振りによる3次元座標同士を結んだ軸を第2軸とし、高さ方向を第3軸、第2軸と第3軸の外積を第1軸とする。Fig. 3にその概略図を示す。

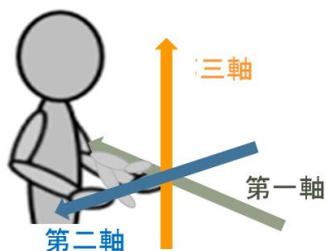


Fig. 3 Pseudo relative coordinate based on the position of hand waving.

### 4.2 擬似相対座標の計算

1回目の手振りによる3次元座標を  $O(x_1, y_1, z_1)$ 、2回目による座標を  $Q(x_2, y_2, z_2)$  とする。ここで、コマンド空間を水平に展開するため、 $z_2$  の値を  $z_1$  と等しくする。絶対座標  $(x, y, z)$  と擬似相対座標  $(x', y', z')$  の関係を Fig. 4 と次式に示す。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \mathbf{R} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} \frac{y_2 - y_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}} & \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}} & 0 \\ \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}} & \frac{y_2 - y_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで、 $\mathbf{R}$  は絶対座標系と擬似相対座標系間の回転行列である。

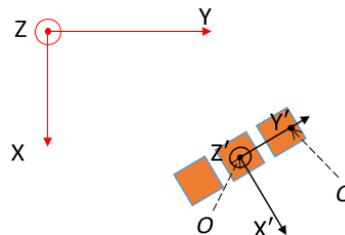


Fig. 4 Relationship between an absolute coordinate frame and a pseudo relative coordinate frame. Here, orange rectangles represent the command spaces.

### 4.3 手振りによる機器操作手法

家電操作を展開されたコマンド空間に関連付けることで、手振りのみを用いた家電操作が可能となる。新妻らが提案した空間に情報を埋め込んだ空間メモリ[6]の考え方をを用いて、家電操作における特定のコマンドをコマンド空間に関連付ける[3][4]。このコマンド空間で手振り動作を行うことで、関連付けられた家電の特定のコマンドを実行可能である。本研究におけるコマンド空間のイメージ図を Fig. 5 に示す。Fig. 5 のイメージ図では、中央にあるコマンド空間が TV の ON/OFF コマンドに関連付けられており、そのコマンド空間で手振りを行うことで、TV の ON/OFF の操作が可能である。

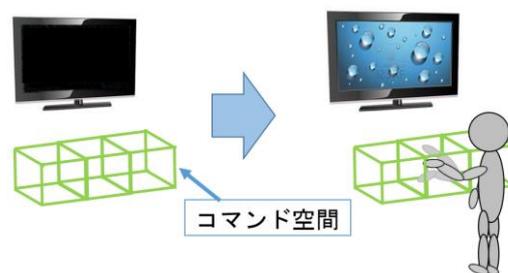


Fig. 5 Conceptual image of command space.

## 5. 実験

### 5.1 実験環境

提案する家電操作システムは、Fig. 6 に示すような部屋に構築される、4隅に設置したカメラにより操作者の手振りを認識し、コマンド空間を展開した。使用したカメラの画角は  $55.8^\circ \times 43.3^\circ$ 、画像の解像度は  $640 \times 480$ 、低解像度化した画像の解像度は  $80 \times 60$  であった。

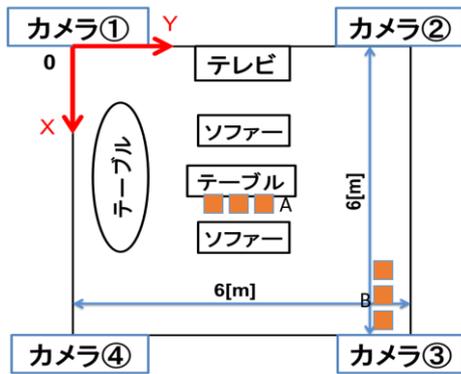


Fig. 6 Schematic diagram of home appliance operation system.

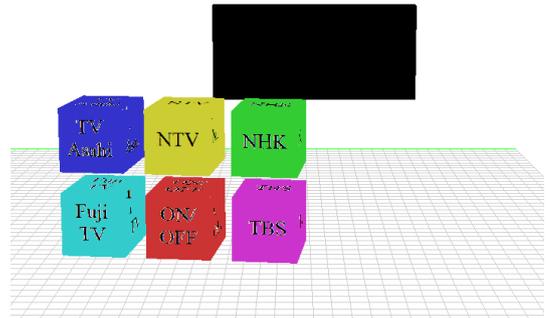


Fig. 9 The command space display.

## 5.2 コマンド空間の配置

本研究で定義したコマンド空間は Fig. 7 に示すように、横に 3 個並べた各空間を上下 2 段、計 6 個配置した。1 回目の手振りによるコマンド空間の原点  $O$  は Fig. 8 (正面図) に示すように全空間の中心位置である。また、Fig. 8 の点  $Q$  は、2 回目の手振りによる位置を示す。

展開されたコマンド空間の相対位置を使用者が直観的に分かりやすく提示する方法として、本研究では Fig. 9 に示すように画面を別途のディスプレイやプロジェクタで投影する。ここで、黒い長方形は操作対象の家電を示す。

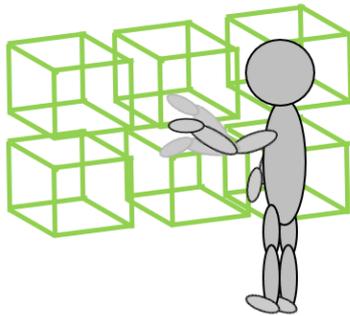


Fig. 7 Arrangement of the command spaces.

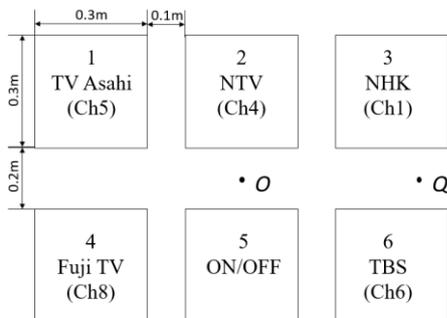


Fig. 8 The front view of the command spaces.

## 5.3 操作精度の検証

Fig. 6 に示した A, B の 2 つの場所でコマンド空間を展開し、精度検証実験を行った。場所 A の位置はすべてのカメラから手振りの検出が可能な一方、場所 B はカメラ 2, 3 による手振りの検出が困難な位置である。各場所で手振りによる 20 回のコマンド空間展開を実施し、そのうち正確な位置と向きでコマンド空間が設置された比率 (以降、設置率と呼ぶ) を評価した。また、正確な位置と向きで展開された各コマンド空間で 20 回ずつ手振りを行い、その認識率も評価した。実験の様子を Fig. 10 に示す。

Table 1 に提案手法のコマンド空間の設置率を示す。また、Table 2 に提案手法のコマンド空間の認識率を示す。認識率は 6 つのコマンド空間それぞれの認識率と平均認識率である。コマンド空間の設置率は場所 A で 80 %、場所 B で 65 % であり平均認識率は場所 A で 92.5 %、場所 B で 95 % であった。設置率で場所 B が場所 A より 15 % 低くなる原因は、場所 B では手振りを認識できるカメラが 2 台しか存在しないため、3 次元座標計算における精度が低下し、誤検出が生じるためである。

平均認識率は、場所 A、場所 B とも 90 % 以上であったため、コマンド空間が正しく展開されれば、各コマンドの位置で手振りを行うことにより正しい家電操作が可能であったと言える。また、TV Asahi と Fuji TV における認識率がほかのコマンドより低いのは、コマンド空間展開時の 2 回目の手振りによる位置に対して、反対側に存在するため、正しい位置が他のコマンド空間より相対的に把握しづらかったのが原因であると考えられる。また、下側のコマンド空間での操作認識率が上側のコマンド空間より高いのは、上側で手振りを行う時、肘などが下側のコマンド空間で反応してしまうなど、誤検出が生じるためである。



Fig. 10 Experimental situation.

Table 1 Installation position

	A	B
設置率	80 %	65 %

Table 2 Recognition rate for each position

	A	B
TV Asahi	75 %	100 %
NTV	95 %	90 %
NHK	95 %	95 %
Fuji TV	90 %	85 %
ON/OFF	100 %	100 %
TBS	100 %	95 %
平均	92.5 %	95.0 %

## 6. 結言

本研究では、擬似相対座標系を導入し、コマンド空間の展開位置に対する制限の少ない手振りによる家電操作システムを提案した。2箇所でのコマンド空間の展開による実験結果により、提案システムの有効性を検証した。

今後は、設置率及び認識率の向上を目指す。そのため、操作時に各コマンド空間の位置をより判断しやすくシステムの改良を行う。また、肘などによる誤検出を防ぐようにシステムの改善に取り組む。

## 参考文献

- [1] 森武俊, 佐藤知正, “ロボティックルーム1・2・3の開発,” 電子情報通信学会誌, Vol. 91, No. 5, pp. 402-410, 2008.
- [2] 入江耕太, 若林直弘, 梅田和昇, “ジェスチャ認識に基づくインテリジェントルームの構築,” 日本機械学会論文集C編, Vol.73-725, pp.258-265, 2007.
- [3] 浅野秀胤, 永易武, 織茂達也, 寺林賢司, 太田陸, 梅田和昇, “フーリエ変換を用いた指振り検出と機器操作への応用,” 精密工学会誌, Vol.79-6, pp.565-570, 2013.
- [4] 今村勇也, 永易武, 浅野秀胤, 寺林賢司, 梅田和昇,

“コマンド空間を用いた家電操作システムの改良と実験による認識率の検証,” 第31回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2D2-03, 2013.

- [5] 鹿野巧, 顔世荀, 梅田和昇, “RGB-Dセンサを用いた簡易に構築可能な手振りによる家電操作システム,” 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'18講演論文集, 2A2-E08, 2018.
- [6] Mihoko Niitsuma, Hiromu Kobayashi, and Ayumu Shiraishi, “Enhancement of Spatial Memory for Applying to Sequential Activity,” *Journal of Advanced Sciences*, Vol.9, No. 1, pp. 121-137, 2012.