

ジェスチャを用いた正確な家電制御を実現するための インタラクティブな家電操作インタフェースについて

齋藤 雄太^{†1} 金 鎔煥^{†1} 片山 喜章^{†1}

概要：一般家庭内には様々な家電が存在し、それらを操作するために従来のリモコンだけではなく、ジェスチャや音声などを用いた様々な操作インタフェースが開発されている。その中でも身体の動きを用いたジェスチャでのインタフェースは、言語に関わらず、家電との接触の必要がなく衛生面に優れているため、家電選択時（例えば、操作したい家電を指で差す。）の精度の向上など幅広く研究されている。しかしながら、操作対象家電がほかの複数の家電と密に配置されていたり、家電が利用者から遠く離れている場合には、利用者が非常に精密なジェスチャを行わないと正しく家電が選択されなくなる問題点がある。このような問題点はシステムの認識制度を向上させても、利用者がジェスチャを正確に行えない場合も考えられるため、完全に解決することは非常に難しいと考えられる。そこで本研究では、利用者が一度のジェスチャで正確に家電を選択できなかった場合に、利用者から選択された家電と正しく選択したい家電の位置関係をジェスチャで提供してもらうことで、直感的に変更が行えるインタラクティブな家電操作インタフェースを提案する。

A Study on an Interactive Interface to Realize Accurate Control of House-hold Appliance by Gesture

YUTA SAITO^{†1} YONGHWAN KIM^{†1} YOSHIKI KATAYAMA^{†1}

1. はじめに

現在、一般家庭には様々な家電が存在している。テレビやDVDデッキ、エアコン、扇風機といった機器にはリモートコントローラ（以後、リモコン）やボタンをインタフェースとした操作が要求される。ボタン操作ではユーザがボタンの位置まで移動して家電を操作することが基本であり、操作できるユーザの場所が限定されてしまう。またリモコンでの操作は、ボタンでの操作のように位置が限定されることなく遠隔操作を可能とするが、リモコンの位置が常に特定されるわけではないため、リモコンを探すために移動し操作するという二度手間が起こる可能性がある。そして、それらの家電を操作するインタフェースには対象のユーザにとって老若男女問わず直感的に操作でき

るということが常に要求される。そのため、新しいインタフェースの開発のために音声入力やジェスチャ入力を用いたさまざまなインタフェースの研究が行われてきた。

音声入力によるインタフェースでは、音声認識エンジンを利用して人物の発話内容を認識し、その結果に応じてシステムの入力を行う手法が存在する [1]。ただし、音声入力は言語の多様化や方言といった障害により、ユーザの発話内容が正しく認識されないといった問題点が存在する。

ジェスチャによる認識インタフェースには、スクリーンに投影したボタンをタッチすることで家電を操作する手法 [2] や、操作時にデバイスを用いてジェスチャを認識する手法 [3] が存在する。ただしこれらの手法では、投影したスクリーンの位置までユーザが移動して操作する必要があったり、操作時にデバイスを必要とするため、常にユーザがデバイスを所持していなければならないといった制限が存在する。また、これらのインタフェースは物理的な接触を必要としているため、ユーザが物理的な接触を避けた

^{†1} 現在、名古屋工業大学大学院
Presently with Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

い場合（手が濡れている，汚れているなど）に，一度物理的な接触が可能な状態に戻してから操作をする必要がある．そこで本研究では，方言や言語に左右されず，操作時に特別なデバイスを所持する必要がなく，非接触であり衛生面に優れ，遠隔的に操作が可能な身体のみを用いたジェスチャによるインタフェースの開発を行う．

指さし動作によるジェスチャは家電操作だけに限らず，ジェスチャによるロボット操作や直感的動作認識のためにも用いられる．そのため指差し動作の精度の向上や指差し位置の誤差修正に関する研究は，現在多く存在する [5], [6], [7], [8]．ただ，家電操作において操作対象の家電を指差し動作で選択し，操作する際に，大きさの大小が異なる複数の家電同士が隣り合って密接な状態で配置されている場合，もしくはユーザが操作対象家電から離れた位置に存在する場合に，以下のような課題が発生する．

課題 1 選択動作の認識制度をいくら向上させたとしても，ユーザには非常に精密な選択動作が要求される．

この課題は人間が選択動作を行う以上，100%正確な選択を行うことは不可能であると考えられる．また，ジェスチャによる家電選択には以下のような課題も存在する．

課題 2 ジェスチャによる家電選択において，ユーザの意図的な動作と非意図的な動作の区別が困難である．

ユーザの日常的な動作の中で，ユーザの動作を認識したシステムは，それが意図的な動作かそれとも非意図的な動作であるかを判別するのは非常に困難であると考えられる．システムが似たような非意図的な動作を認識して，家電選択動作とみなしてしまう場合も考えうる．この課題に関する研究も存在する ([9], [10]) が，100%正確な判別をすることは困難であり，どうしても意図的な動作と非意図的な動作の区別には非日常的な動作を用いざるを得ないと考えられる．精密かつ非日常的な動作を，システム上の家電選択が誤るたびにユーザに要求するのは，ユーザにとっても非常に負担になると考える．

研究ではこれらの課題に対する解決策として以下のようなアプローチを用いたシステムを提案する．

アプローチ ユーザの指さし動作による操作対象家電の選択時，システムで選択された家電を提示し，ユーザが本来操作したい家電とは誤った家電が選択された場合には，ユーザがそれら二つの家電の正しい位置関係をシステムに指示することで，正しい家電を再選択できる機能を実現する．これにより，正確かつ少ない選択動作で正しい操作対象家電を選択可能とする．(図 1)．ユーザが指さし動作で選択した際に，本来操作したい家電とは異なる家電を操作対象家電としてシステムが選択した場合に，その情報を受け取ったユーザは，再度同様に選択動作で操作対象家電を選択しなおすのではなく，それら二つの家電の位置関係をジェスチャで示してシステムに返すことで，システムとインタラクティブかつ正確に家電を選

択できる機能を追加する．これにより，ユーザは操作家電を選択する際に，システムが別の家電を選択した場合に精密な選択動作を複数回することなく，操作対象家電を選択できるようになると期待できる．

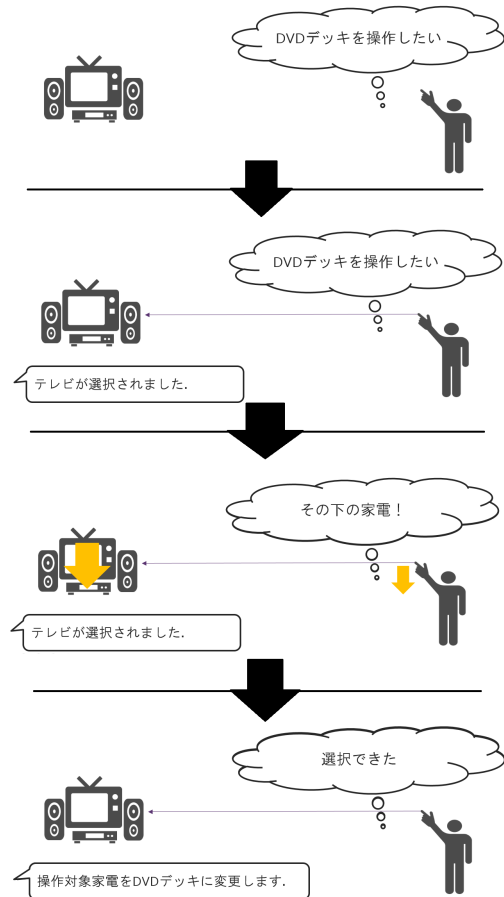


図 1: アプローチの流れ

1.1 提案システムの特徴

本論文では，ユーザが操作対象家電を指さしで選択した時に，システムが選択し提示した家電が本来ユーザの選択したい家電と異なる場合に，それら二つの家電の位置関係をユーザがシステムに指示することで，インタラクティブかつ正確に家電を選択できる機能を追加したシステムを提案する．このシステムを実現するために，ユーザがシステムに家電の位置関係を返すための動作として，指先で上下左右を表すことが可能な動作（以後，エアフリック動作）を導入する．こちらの動作は指先を空中で振ることによって上下左右を表すことのできる動作である．以下の図は，エアフリック動作の動作前（図 2(a)）と動作後の向き（図 2(b),(c),(d),(e)）の様子を表した図である．

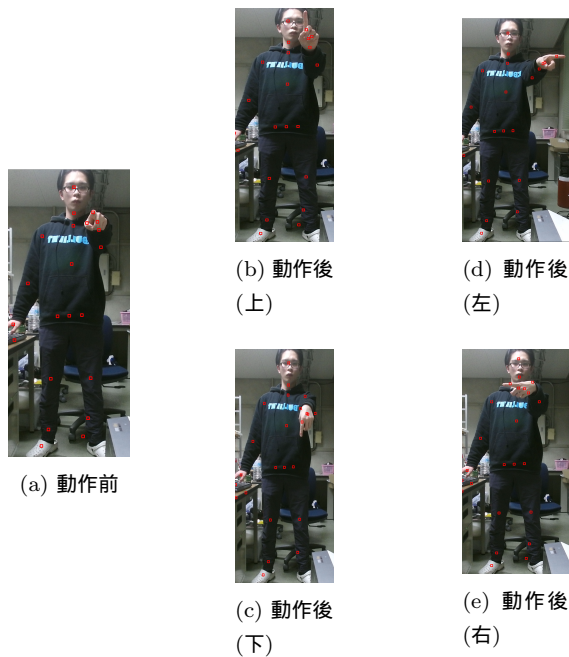


図 2: エアフリック動作の動作前と動作後の方向を示した様子

エアフリック動作を実際にシステムに導入するためには、以下の問題点が生じる。

問題点 1 小さな動作であるため同様の動作でも、一時的なセンサによる動作の誤認識やユーザによって動きに個人差が生じると正確にエアフリック動作を判別できない可能性がある。

さらに、エアフリック動作を導入してユーザの返す方向情報を用いて操作対象家電を変更する際に、以下の問題点が生じる。

問題点 2 得られた方向の情報を元に家電を変更する際にユーザから見た家電の位置関係と実際の家電の位置関係をどのように対応させるか

これらの問題点を解決するために、提案システムに以下の特徴を持たせる。

特徴 1 動作の軌跡を小さい単位時間ごとに認識した点と点を結ぶ単位距離に分割して計算し、単位距離ごとに動作方向を判定することで、個人差によって生じる特有な動作による誤認識を防ぎ、より正確に方向を判別する機能を有する。(問題点 1 に対応)

特徴 2 データベースに登録されている家電の位置、大きさ、向きを用いてユーザの指定した方向に存在する家電を再検索し、ユーザに再提案する機能を有する。(問題点 2 に対応)

提案手法では、特徴 1 によりユーザのエアフリック動作を判定し方向情報を取得する。特徴 2 により取得した方向情報を元に、本来操作したいであろう操作対象家電を再提案することで、精密な選択動作を複数回行わなくとも家電を選択することが期待できる。

2. 関連研究

本論文に関連する 3 つの研究について述べる。本論文では、ユーザが操作対象家電を選択した際に、システム上で本来選択したい家電と異なる家電が選択されユーザに提示されたとき、エアフリック動作においてそれらの二つの家電の位置関係を返すことで、より少ない選択回数で家電を再選択することが可能なインタフェースの提案である。そのため、操作対象家電選択の選択に関する研究、エアフリック動作の応用に関する研究、家電の位置や大きさを登録するデータベースに関する研究について述べ、これらの関連研究と本研究の関係性について述べる。

2.1 操作対象家電選択に関連する研究

自らの研究 [11] では、部屋の大きさ、家電の大きさ、位置、家電名を登録したデータベースを持ち、Kinect で取得したユーザの指さし動作の骨格情報を元に、指さし指示方向のベクトルを計算する。(以後、指示ベクトル) データベースの情報をもとに指示ベクトルを延長した直線(以後、指示線)上に存在する家電を検索し、ユーザが選択したい家電を提案するシステムである。家電を検索する際に、センサの誤差やユーザの指さし方向のずれ、家電の大きさが小さすぎるなどの理由からなる選択の困難性に対し、連続的な空間ではなく、単位距離の立方体の集合からなる離散的な空間で仮想する家電マッピングデータを用いて、選択の困難性を排除するシステムである。

2.2 フリック動作の応用に関連する研究

NEC ソリューションイノベータの研究 [12] では、画像処理技術により、指先のジェスチャーに特化したシステムである。カメラから得た映像をもとに、指先と手の中心を画像認識により検出し、指の動作でジェスチャーを認識する。カメラの種類を選ばず、カメラを持ったデバイスであれば、同じ開発ツールで操作することが可能なシステムであるため、様々な状況に応じたインタフェースとして対応することが可能である。

2.3 家電の位置や大きさといった情報を登録するデータベースに関連する研究

猪飼瑞絵らの研究 [13] では、家電操作システム向けの空間データベースである。部屋の情報と家電の情報(家電の大きさ、位置、向き、名前、種類)を登録することで可能な空間データベースであり、仮想家電空間をデータベースに登録することができる。また、ベクトルの情報から空間関数を用いることでベクトル方向に存在する家電を円錐状に検索することが可能な機能を実装している。

3. 提案システムの設計と実装

3.1 提案システムの概要

提案システムは、ユーザが身体のみを用いたジェスチャのみで家電を選択し、操作する場合を想定する。ユーザが家電をジェスチャで操作する際に、対象とする家電をユーザが選択動作で決め、その後ジェスチャを用いて家電を操作する。その際にユーザの選択動作によってシステムが決定した家電を操作対象家電、ユーザが本来操作を希望する家電を操作希望家電と呼ぶ。提案システムは、選択動作を複数回行わずに操作対象家電が操作希望家電と一致することを目標とする。

提案システムでは、まずユーザが家電を操作する家電を指差し動作で選択し、システムは指差し動作を認識すると指差し動作の情報を元に計算し操作対象家電を決定する。システムは、操作対象家電の情報をユーザに提示し、それを確認したユーザは操作希望家電と相違がないかを確認する。もし相違がなかった場合、エアフリック動作を行わないことで提示した家電を操作対象家電としてシステムで決定する。もし相違があった場合、ユーザは操作希望家電と操作対象家電との正しい位置関係を（操作対象家電を基準に正面から見て上下左右の中で最も近い関係）を選択し、エアフリック動作でシステムに指示する。システムはエアフリック動作を認識すると、エアフリック動作を解析してユーザが上下左右のどの方向を選択したかを計算する。その方向をエアフリック方向と呼ぶ。

操作対象家電の位置情報を基準に、エアフリック方向に存在する家電を計算し、その中で最も操作対象家電の近くに配置されている家電を新たな操作対象家電としてユーザに提示する。それでも、操作対象家電が操作希望家電とは違った場合、更にその操作対象家電を基準として同様に、操作希望家電との位置関係をエアフリック動作でシステムに指示する。システムはその情報を受け取ると、同様の手順で操作対象家電を基準に、新たなエアフリック方向上に存在する家電を算出しユーザに提示する。これを繰り返すことで、ユーザは指差しによる選択動作を繰り返さずに、操作対象家電と操作希望家電を一致させる。

3.2 使用機器

ユーザのジェスチャを検出するための機器として、Microsoft社のKinect v2[4]（以後、Kinect）を使用する。図3はKinectの外観を示している。Kinectはユーザと電子機器の自然なインタラクションを実現するデバイスである。PCと接続し内蔵されたセンサから、深度データを取得できる。また、得られたデータからユーザの検出および全身の関節位置を、25個の関節情報（図4参照）により推定が可能。ボートラッキング技術を使用することができ、セ

ンサ機器を身体に装着することなくモーションキャプチャによるジェスチャ認識が可能となる。



図 3: Kinect v2 の外観



図 4: 関節情報

3.3 提案システムの構成

提案システムは図5のように、家電情報データベースと操作対象家電探索機能、操作対象家電情報保管機能、エアフリック動作判定機能、変更家電特定機能、から構成されている。

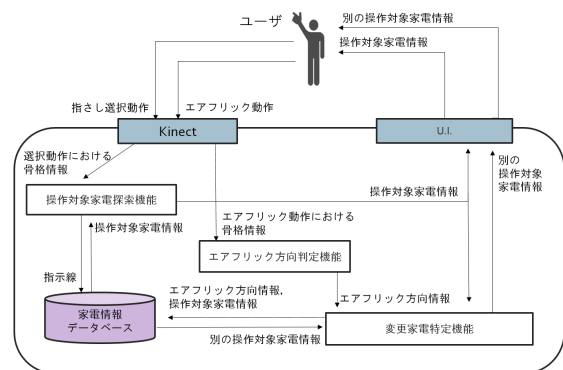


図 5: 提案システムの構成図

3.3.1 家電情報データベース

提案システムにおいて、部屋の大きさ、家電の情報（大きさ、位置、向き、種類、名前）、Kinectの情報（位置、向き）を格納するデータベースである。部屋の床の一つの角を原点として、天井方向にZ軸、床面に沿ってX軸、Y軸をもつ右手系座標系を用いて考えた仮想空間（以後、連続仮想空間）に、実際に部屋に配置されている家電の位置、大きさ、向き、家電の種類、家電の固有名を登録する。単位はcmとする。

家電の大きさは、連続仮想空間に登録する際に家電を内包できる大きさの直方体に近似し（図6(a)）、仮想化して登録する。家電を正面から見て近似した直方体の手前の長方形の面を家電の正面（以後、基準面）として捉え、その長方形を正面から見たときに左下に当たる点を基準点と呼ぶ（図6(b)）。家電の大きさは図6(a)のように基準点を含む家電の底面のうち基準面を構成する辺を横、もう一方の

辺を縦, 基準面を構成する残りの辺を高さとして登録する.

家電の向きは, 登録した各家電の横が X 軸と, 縦が Y 軸と, 高さが Z 軸と平行な状態を基準にそれぞれ X 軸, Y 軸, Z 軸の軸周り右ねじの方向に $\theta_x^\circ, \theta_y^\circ, \theta_z^\circ$ 回転させた向きを家電の向きとして登録する.

家電の位置は, 実際の部屋を連続仮想空間に見立てたときに, 実際の家電の位置に存在する家電を仮想化した際の基準点を登録する.

家電の種類とは, 家電の種類 (テレビ, エアコン, 扇風機など) を表し, 家電の名前は商品名企業名を用いてや家電固有の名前を登録する. Kinect の情報は, ほかの家電と同様の内容を登録する.

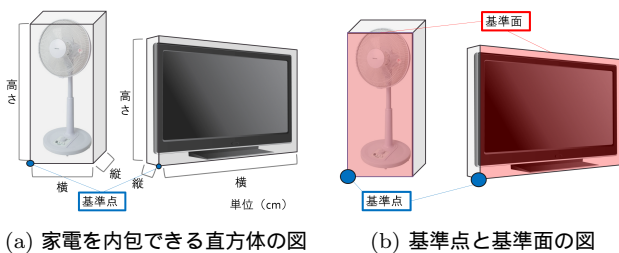


図 6: 家電の仮想化の図

3.3.2 操作対象家電探索機能

当機能は, Kinect を用いてユーザが指さし動作を行った場合に, ユーザの骨格情報を元にユーザの指示方向を算出しユーザに提案する機能である. Kinect を中心にして Kinect より構築される座標系をセンサ座標系と呼ぶ. Kinect からの情報は家電情報データベースに格納されている Kinect の位置と向きの情報を用いて, 連続仮想家電空間に変換する. 当機能は指さし動作を認識すると骨格情報の中で, ユーザの頭部を始点と指先を終点とした骨格情報を結んだベクトルを算出する. これを指示ベクトルと呼ぶ. 指示ベクトルを終点方向に半直線上に延長したものを指示線と呼び, 家電情報データベースの情報をもとに指示線上に存在する家電を検索する. 検索した家電の中でユーザの位置に最も近く, 登録されている家電の中心座標が最も指示線に近い家電をユーザの操作対象家電としてユーザに提示する.

3.3.3 エアフリック動作判定機能

当機能は, ユーザが操作対象家電をエアフリック動作で変更することができる機能である. 操作対象家電探索機能によってユーザに操作対象家電を提案したのちに, 一定時間エアフリック動作を認識する時間を設ける. この時間をエアフリック動作入力受付時間と呼ぶ. 時間内に指先の骨格情報が一定の速度 (以後, エアフリック最小速度) 以上で一定距離 (以後, エアフリック認識距離) 進んだことを認識した場合, ユーザがエアフリック動作をしたと認識する. その場合, Kinect を用いて取得したユーザの指先の骨

格情報をもとに計算し, 上下左右のどれかをエアフリック方向として出力する. もし, エアフリック動作を認識しなかった場合は操作対象家電が操作希望家電と一致したとみなし, 操作対象家電として最終決定する.

3.3.4 変更家電特定機能

当機能は, エアフリック動作判定機能において算出した上下左右の方向をもとに, 変更する家電を計算しユーザに再提案する機能である. エアフリック動作判定機能で算出したエアフリック方向と操作対象家電の情報を元に, 操作対象家電を正面から見た時のエアフリック方向に存在する家電をデータベースを参照して, 算出した家電を新しい操作対象家電としてユーザに提示する. 提示したら再びエアフリック判定機能に戻ることでシステムはエアフリック動作を待機する.

3.4 エアフリック方向判定機能の実装

エアフリック方向判定機能は Kinect を用いて, ユーザがエアフリック動作を行っているかを判定し, エアフリック動作を認識した場合は, その動作中のユーザの指先の骨格情報からエアフリック方向を求め出力する. はじめに, ユーザが選択動作を行ったと認識すると, エアフリック動作入力受付時間を設ける. その入力時間中を設けると同時に, ユーザの指先の骨格情報を取得する. 入力受付時間内にユーザの指先の骨格情報がエアフリック動作最小速度でエアフリック認識距離以上を移動した場合, ユーザがエアフリック動作をしたと認識する. エアフリック動作を認識したら, 動作の始点から終点までの軌跡の, 一定時間ごと (以後, 方向判定単位時間) に認識した指先と手首の骨格座標を元にベクトルの計算を用いて, 方向を算出する (図 7(a)). 算出した方向の中で, 最も多く判定された方向をエアフリック方向とする (図 7(b)). Kinect による座標の認識のずれが方向判定の計算に大きく反映されてしまう可能性があるため, 判定単位時間ごとに認識した点を用いる.

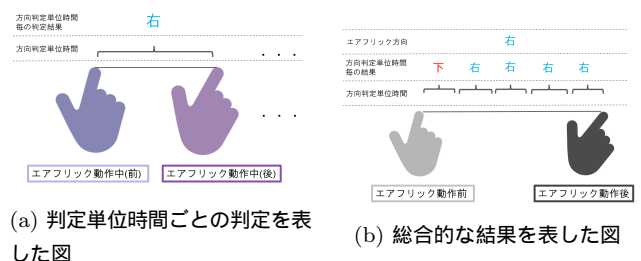


図 7: エアフリック方向判定機能の流れ

方向判定単位時間ごとに認識した指先と手首の骨格座標を用いてベクトルを定義する. センサ座標系における, 判定最小時間ごとに認識したエアフリック動作の始点から終点までの指先の骨格座標を $T_n(t_x(n), t_y(n), t_z(n))$, 動作中の手首の骨格座標を原点 $O_n(o_x(n), o_y(n), o_z(n))$ (ただし, n は自然数)

とし、原点 O から床上垂直方向に点 $U_n(u_x(n), u_y(n), u_z(n))$ をとる．動作中の指先の座標を $T_n(t_x(n), t_y(n), t_z(n))$ とすると、 \vec{T}_n (以後、 n -指先ベクトル) と \vec{U}_n (以後、床上垂直ベクトル) の外積 $\vec{T}_n \times \vec{U}_n$ を求めることができる．このベクトルを \vec{R}_n とする (図 8(a))． O_n から指先の骨格座標 $T_{n+1}(t_x(n+1), t_y(n+1), t_z(n+1))$ までのベクトル \vec{T}_{n+1} (以後、 $(n+1)$ -指先ベクトル) とベクトル \vec{T}_n の外積 $\vec{T}_n \times \vec{T}_{n+1}$ を求め、このベクトルを \vec{L}_n とする (図 8(b))．

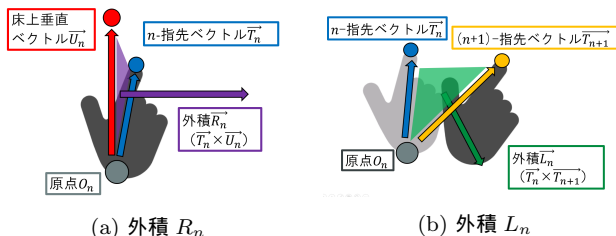


図 8: それぞれの外積を表した図

$O_n T_n$ を軸に、ベクトル \vec{R}_n を反時計回りに 45° 回転させたベクトルを判定基準マイナスベクトル ($\vec{R}_n(-)$) と呼び、時計回りに 45° 回転させたベクトルを判定基準プラスベクトル ($\vec{R}_n(+)$) と呼ぶ．エアフリック動作の方向判定には、 $\vec{R}_n(-)$ と $\vec{R}_n(+)$ と \vec{L}_n の 3 本のベクトルを用いる． \vec{L}_n と $\vec{R}_n(-)$ のなす角を α とし、 \vec{L}_n と $\vec{R}_n(+)$ のなす角を β とすると、 $\cos \alpha$ と $\cos \beta$ を求めることができる． $\cos \alpha$ と $\cos \beta$ の組み合わせによってユーザーのエアフリック動作の上下方向を決定する．

- 上 $\cos \alpha > 0$ かつ $\cos \beta > 0$ のとき
- 下 $\cos \alpha < 0$ かつ $\cos \beta < 0$ のとき
- 左 $\cos \alpha > 0$ かつ $\cos \beta < 0$ のとき
- 右 $\cos \alpha < 0$ かつ $\cos \beta > 0$ のとき

この計算をすべての n に対して行い、最も多く判定された方向をエアフリック方向として決定し出力する．

3.5 変更家電特定機能の実装

変更家電特定機能は、操作対象家電情報とエアフリック方向を元に、家電情報データベースにアクセスし、操作対象家電を正面から見た時のエアフリック方向に存在する家電を計算し、算出した新たな操作対象家電を出力し、ユーザーに提示する．この機能の実現のために以下のステップをおこなう．

- Step1 操作対象家電の情報を元に、点集合 P を計算する．
- Step2 点集合 P の中で、指さし動作による指示線と距離が近い点 p を算出する．
- Step3 その点を始点とし、基準面を正面に見たときのエアフリック方向のベクトルを計算する．
- Step4 そのベクトルの情報を元に、家電情報データベースから新たな操作対象家電を算出しユーザーに再提案する．

操作対象家電の大きさと基準点の情報を元に、操作対象家電の中心座標を計算する．中心座標を求めたら、中心座標を通り基準面に平行な断面図を考える．断面図の向かい合う各辺の N 等点をどうしを結んでできた格子点上のうち、最も外側にある点 (ただし、返上の点は除く) の点集合 P を取り (図 9(a))、点集合 P のうち指示線と最も距離の近い点を点 p とする．断面図を正面からみて、点 p からエアフリック方向に存在する辺に垂直で、断面と並行な点 p を始点とするからベクトル \vec{p} を定義する．このベクトル \vec{p} をもとに点 p から円錐状 [13] に家電を検索し、家電情報データベースから最も円錐の中心線に近い家電を新たな操作対象家電とし出力する．このように計算することで、操作対象家電と隣接する家電が複数並んでいた場合に、ユーザーの操作希望家電の位置により近い家電を検索することができ (図 9(b))、エアフリック動作による変更の回数を減らすことが期待できる．

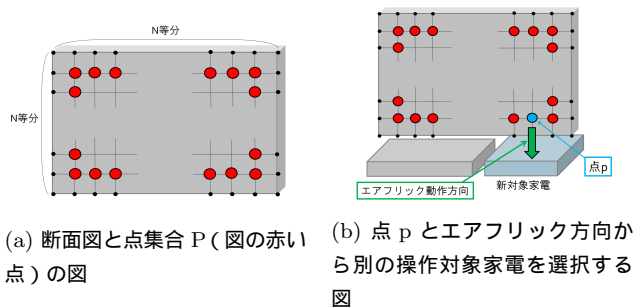


図 9: 変更家電特定機能の図

操作対象家電がユーザーの操作希望家電と異なる場合、提示した後に同様に位置関係を再度エアフリック動作をユーザーに指示してもらう．一度前に検索した家電の中に含まれる家電であり、かつ、新しい操作対象家電の中心座標から新しいエアフリック方向に円錐上に検索をかけて算出した家電の中で、もっとも円錐の中心線に近い家電を操作対象家電として、ユーザーに再提示する．

4. 提案システムの動作及び検証実験

4.1 実験の目的

提案システムについての実験は、動作実験と検証実験の二通りをそれぞれ以下の目的を達成するために行う．

動作実験の目的 提案システムで実装したエアフリック動作の上下左右の方向の判定の精度の確認．

検証実験の目的 提案システムと、従来の指さしだけによる家電選択のシステムのどちらがより少ない選択動作で家電を選択できるかの比較と評価．

4.2 検証実験の評価方法

家電に見立てた対象物をいくつか配置した一室の環境において、複数の被験者に従来のシステムと提案システムで

それぞれ対象物を選択してもらい、選択に必要なとなった動作の回数を比較する。従来のシステムを用いた場合には指さし動作を1回とカウントし、対象物が選択できるまで指さし動作のみで選択を行ってもらい、その合計回数を選択に必要な動作回数とする。提案システムを用いた場合には最初の指さし動作を1回、それ以降のフリック動作を1回とカウントすることで、指さし動作とフリック動作の合計回数を選択に必要な動作回数とする。被験者に選択してもらった対象物ごとの平均の選択動作回数を、従来のシステムと提案システムのそれぞれを用いた場合で比較し、平均の選択動作回数がより少ない選択できた方が有用であると定義する。

4.3 実験環境

20代男性被験者5人に以下の図10のような室内環境(原点からX軸方向に360[cm], Y軸方向に580[cm], Z軸方向に250[cm]の大きさの部屋)で座標(180,130,0)の位置に配置した椅子に座ってもらう。被験者には、正面方向に

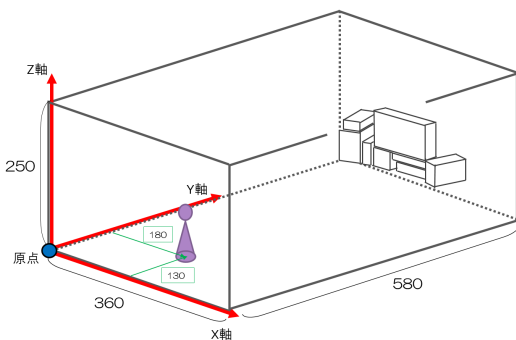


図 10: 実験環境図 (単位は [cm])

ある対象物8つ(図11)にはそれぞれ1から8までの番号が振り分けられていて、図の赤い点を基準点、黄色い面を基準面として、大きさ(縦[cm], 横[cm], 高さ[cm]), 位置(基準点の座標(x [cm], y [cm], z [cm])), 向き(それぞれの軸周りに θ° 回転させる)の値の詳細はそれぞれ表1に記載している。(センサは、大きさを持つ必要がないため、縦, 横, 高さの値は0で登録する。)

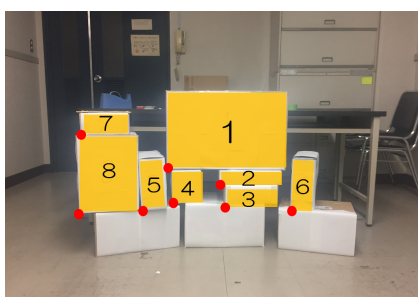


図 11: 対象物を正面から見た図

名	縦	横	高さ	x	y	z	θ_x	θ_y	θ_z
1	10	70	40	153	527	38	0	0	0
2	25	35	6	180	527	38	0	0	0
3	23	28	12	183	527	20	0	0	0
4	10	15	18	155	527	20	0	0	0
5	33	13	25	143	517	20	0	0	20
6	33	13	25	227	517	20	0	0	340
7	30	22	10	114	520	60	0	0	20
8	30	29	40	115	520	20	0	0	20
センサ	0	0	0	153	527	80	0	0	0

表 1: 対象物とセンサの詳細情報

4.4 動作実験の手順と結果

手順 被験者には実験環境下でエアフリック動作を右手行ってもらい、上下左右のそれぞれの方向を20回ずつ順番に連続的におこなってもらい、方向の判定精度を測る。

以下が動作実験結果である(表2)。

被験者 \ エアフリック方向	上	下	左	右
A	90%	95%	95%	85%
B	100%	90%	95%	95%
C	90%	90%	85%	85%
D	90%	95%	95%	85%
E	95%	95%	90%	90%
平均判定成功率	93%	93%	92%	88%

表 2: 動作実験結果

4.5 動作実験の考察

動作実験用のプロトタイプシステムには、エアフリック動作を一動作ずつ丁寧に認識するためにエアフリック動作に用いた骨格座標をリセットし、次のエアフリック動作に備えてユーザの骨格を再認識するために、一時的にエアフリック動作を受け付けない時間を設けている。本来はこの時間が終わってからシステムがユーザに対して、再度エアフリック動作をしてくださいという合図を行うのだが、実験を観察していると被験者がこの合図を待たずに、次のエアフリック動作を行ってしまい、入力受付時間内に認識した動作が本来のエアフリック動作とは異なる動作として認識され、エアフリック動作の認識率の低下につながったのだと考えられる。また、右手で動かす動作のため右を判定する際にフリック認識距離に足らず、戻す動作を行った被験者の動作をエアフリック動作として認識してしまい、右の判定率が下がったのだと考えられる。

4.6 検証実験の手順と結果

手順 1 被験者はまず、従来のシステムである指さしのみによる選択動作によって対象物を小さい番号から指定

し選択してもらう。この際、指定の対象物が選択できるまで連続的に選択動作を行ってもらいすべての対象物に対して、選択動作が完了するまで行ってもらう。手順 2 次に、提案システムを用いて、まず、指さし動作による家電選択動作を行ってもらい、フリック動作による家電変更を用いて同様に対象物を小さい番号から指定し、すべての対象物に対する選択動作が完了するまで選択してもらう。

結果は以下のとおりである(表 3, 4)。被験者 5 人(A~E)が対応した番号の対象物に対する選択動作の回数を表にしてまとめたものである。

被験者 \ 対象物	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	4	2	3	2	1	2	1
B	1	4	1	5	2	1	2	1
C	1	3	1	1	2	1	1	1
D	1	4	1	1	3	1	1	1
E	1	3	1	1	1	1	1	1
平均回数	1	3.6	1.2	2.2	2	1	1.4	1

表 3: 従来のシステムの選択動作回数

被験者 \ 対象物	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	2	1	2	2	1	1	1
B	1	2	1	2	2	2	2	1
C	1	2	1	2	1	1	1	1
D	1	2	1	2	1	1	1	1
E	1	2	1	1	1	1	1	1
平均回数	1	2	1	1.8	1.4	1.2	1.2	1

表 4: 提案システムの選択動作回数

4.7 考察と今後の課題

表 3 と表 4 から対象物 2 に対する選択動作の平均回数は従来のシステムの 3.6 回から 2.0 回まで、減らすことができた。また、すべての被験者の平均回数を見ると、大幅な差はないが、従来のシステムでは被験者によって同じ家電を選択しようとするのに 3 回以上の選択動作が必要であった場合が存在するのに対し、提案システムを用いた場合、今回の環境下では確実に 2 回以内の選択動作でユーザが操作希望家電を選択できている。このことから、提案システムは従来のシステムに比べて有用ではないかと考えられる。また、今後の課題として、同様の対象物の配置やユーザの位置を変更したり、対象物自体を変更するなどさまざまなパターンで検証実験を行い、評価を行っていくことが考えられる。

5. まとめ

ジェスチャのみを用いた家電操作インタフェースにおいて、ユーザが操作対象家電から離れた位置に存在している、家電が密に配置されている、操作対象家電が小さすぎることによる選択の困難性が生じる際に、選択動作を複数回行わなくても正しい家電を再選択できる手法を提案した。提案手法は、ユーザの指先だけで上下左右を表現可能なエアフリック動作を導入し、システム上で決定された操作対象家電とユーザが本来操作したい家電の位置関係をエアフリック動作でシステムに指示することで、家電をより少ない動作で再選択することが可能な手法である。

参考文献

- [1] 小木理紗子, 小暮悟, 小西達裕, 伊藤幸宏: "複数家電用音声インタフェースのユーザビリティの向上", 情報処理学会研究報告, IPSJ SIG Technical Report, Vol 2010-SLP-80 No.17 (2010)
- [2] 土屋大二, 山澤一誠, 横矢直和: "家電操作のための投影型リモコンシステムの検討", 2010 年映像情報メディア学会冬季大会・J-STAGE, 2010 巻, 2010-03-12 (2010)
- [3] 飯村伊智郎, 藤木拓郎, 中山茂: "家庭用ゲーム機の入力デバイスを用いた階層型ニューラルネットワークによるジェスチャ認識", 情報処理学会論文誌 Vol.51 No.1 pp199-203 (Jan. 2010)
- [4] 中村薫, 杉浦司, 高田智広, 上田智章: "KINECT for Windows SDK プログラミング Kinect for Windows v2 センサー対応版" (2015 第一版第一刷)
- [5] 餅川穂, 山下晃弘: "指差し動作認識による移動ロボットの操作", Human-Agent Interaction Symposium 2014 G-6 (pp.36-40) (2014)
- [6] 表允哲, 長谷川勉, 辻徳生, 諸岡健一, 倉爪亮: "ジェスチャによる移動ロボットへの動作目標指示と誤差修正", 第 29 回日本ロボット学会学術講演会 RSJ2011AC3O1-7 (Sep. 2011)
- [7] 吉村拓哉, 橋本剛: "機械学習を用いたジェスチャー認識精度向上方法の研究", ゲームプログラミングワークショップ 2012 論文集 情報処理学会
- [8] 森健広, 久野義徳: "人の指さし動作の分析とその指示物体への認識", ICS-05-322 修士論文 埼玉大学 (Feb. 2004)
- [9] 飯田直也, 戸澤慶昭, 中村明生: "ジェスチャ認識を用いた家電機器操作インタフェースの検討: 操作開始合図としての手振り動作認識及び操作機器特定のための指差し方向推定", 映像情報メディア学会技術報告, 33,34 巻 (2009)
- [10] 岩下淳一, 戸澤慶昭, 中村明生: "日常生活での機器操作を目指した動作認識システムの開発", ViEW ビジョン技術の実利用ワークショップ講演論文集, 2008 巻, pp117-122 (Dec. 2008)
- [11] 齋藤雄太, 片山喜章, 高橋直久, 山本大介, 立岩佑一郎, 金鎔煥: "Kinect による家電制御システム向け指示方向検出機能に関する研究", 平成 27 年度卒業論文 名古屋工業大学
- [12] NEC ソリューションイノベータ: "フィンガージェスチャ" <http://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sl/finger/>
- [13] 猪飼瑞絵, 片山喜章, 高橋直久, 金鎔煥: "家電操作システム向け空間データベースの設計と実装に関する研究", 電子情報通信学会総合大会, D-4-6, pp22, (Mar.2017)