

眼鏡型カメラを用いた頭部動作による家電制御方式の検討

津田 健太郎¹ 筒口 拳¹

概要: カメラ入力を用いた家電制御インタフェースを提案する。眼鏡型カメラでマーカーを見ることで操作対象を選択し、頭部の動作で家電の状態を制御する。手が使えなかったり音声による機器制御が困難な状況においても、本手法は有効に機能する可能性がある。IoT ライトである Philips 社 Hue を用いた実験システムを構築し、提案手法の機能を確認するとともに、聴覚障害者へのヒアリングおよび実験システムを用いた被験者実験を行ない、提案手法へのニーズや装置操作におけるユーザ受容性を確認することができた。

キーワード: インタフェース, 操作支援, 家電制御, IoT デバイス, 眼鏡型カメラ.

Appliance Control by Head Movement using Eyeglass Camera

Abstract: We propose a household appliance control interface using camera input. The user can select the target object by looking at the marker with the eyeglass type camera, and can control the state of the object by moving the head. Even in situations where hands cannot be used or controlling by voice is difficult, this method may work effectively. We constructed an experiment system using Philips Hue Light and confirmed the function of the proposed method. We interviewed a hearing-impaired person, and conducted subject experiments. Then we confirmed the needs and user acceptance of our system.

Keywords: interface, operation assist, appliance control, IoT devices, eyeglass camera.

1. はじめに

近年、家庭における家電制御方式は、機器をネットワークに接続する IoT と同時に提唱されたスマートホームの登場により、リモコンレスな操作方式が提案されている。

例えば音声入力を用いた操作方式やジェスチャーを用いる操作方式などであり、特に前者はいくつかの製品が販売され、一般にも使用されている。

これらの手法はリモコンを探す手間やリモコン数を減らすという便利さを達成する一方で、例えば、ケガや病気、障害などによって何らかのハンデを抱えている人が、通常のリモコンが扱えない状況でも家電製品を制御できるという機能も有しており、むしろそのような補助機能的側面こそがリモコンレス家電制御技術における大きな柱であると考えられる。しかし、発話や聴覚に障害を持つ方や、両手が使えない状況にある場合なども含め、既存手法では対応できない状況も存在する。

我々は、眼鏡に装着したカメラの映像のみを利用して家電製品を制御する方式を提案する。本方式は、眼鏡に装着したカメラを通じてマーカーを「見る」ことで動作対象となる家電製品を選択し、さらに眼鏡型カメラを装着したまま頭部を動かすことで、選択した家電製品（電球）の状態を変化させる。

本研究では特に聴覚障害者の方の利用を想定した実験システムを構築し、聴覚障害者の方へのヒアリングを行うとともに、動作の確認と被験者による評価実験を行なった。その結果、簡易かつ直感的な操作で電球を制御でき、また、ユーザ受容性があるということがわかった。

以下、2章でリモコンレスな家電制御方式に関する既存手法について述べ、3章で我々の提案手法とそれを実装した実験システムについて説明する。4章で実験システムに対する評価実験とその結果について述べ、5章でまとめる。

2. 関連手法

リモコンを使わず操作することを目的とする手法には、音声やジェスチャー、視線を用いるものが提案されている。

¹ 崇城大学
4-22-1, Ikeda, Nishi-Ku, Kumamoto-Shi, Kumamoto 860-0082, Japan

音声入力方式は、ことばで指示を行うという特性から、細かい指示が簡単に行えるという点、操作方法と操作結果とのイメージのズレが少ないというメリットがある。特に後者は操作のしやすさにも繋がり、「自然・直感的な操作」を実現していると言える。一方で「機械に話しかける」ことやそれを他人に聞かれることに対する心理的抵抗が大きいという課題があり、2017年のKDDIの調査でも、人前での音声操作に抵抗を感じる人が多数を占めるという結果が出ている [1]。

ジェスチャーによる入力は音声が必要ではないため、音声入力に比べて心理的抵抗が少ないというメリットがある。しかし、同種の命令であっても機器の違いでジェスチャーを使い分けなければならなかったり、動作の認識自体が難しい、といった課題がある。

視線検出を用いる手法もいくつか提案されている（例えば [2]）。外部カメラや赤外線による反射等を使用して視線を検出し、所定の範囲を注視することをトリガーとして機器の制御を行うものが多い。使用者の負担は減るが、トリガー動作の認識が難しい、制御のバリエーションが増やしていく、眼鏡などをかけているときへの対応が困難、といった課題がある。

また、視線を使って機器の選択を行い、音声認識リモコンをより使いやすくしようとする融合的な手法 [3] や、タッチパネル式の端末を機器に向けることで画面にその機器の操作画面を表示させる方法 [4] など、操作の簡易性を向上させる多くの先事例が存在する。

我々は特に、

- ・音声による入力が困難である
- ・両手が使えない状況にある

ということを想定し、視線に近い方向を撮影しているカメラからの入力画像により機器を制御する手法を用いる。

3. 眼鏡型カメラによる制御インターフェース

本研究では、頭部に装着した眼鏡型カメラと、対象物を識別するためのマーカーを用いて機器を制御する。インターフェースの使用者はマーカーにカメラを合わせて（＝マーカーを見て）操作対象を選択し、その後の頭部の動きで操作を行う。図 1 に提案手法の概念を示す。

本手法では、マーカーを使って機器選択に指向性を持たせることで、複数の機器の操作を行うことができる。対象機器そのものを認識させる手法や視線検出を用いる方法も考えられるが、認識精度や処理速度、安定性や設置コストの面で本手法が有利であると考えられる。

3.1 頭部の動きと対象機器との対応

本研究では、上下左右の4種類の頭部の動きで機器を操作することとした。また、操作対象の機器は状態制御のフィードバックが得やすいことから、Philips 社製の照明型

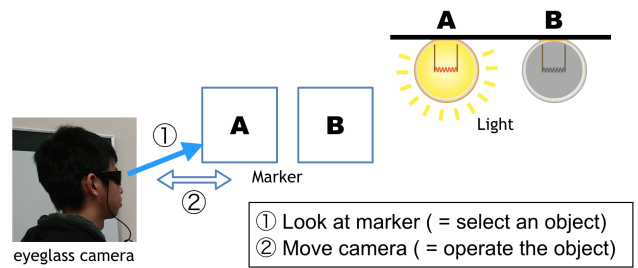


図 1 提案手法の概念。

Fig. 1 The concept of our proposed method.

IoT デバイスである Hue[5] を用いることとした。具体的な動きと機器制御との対応づけを図 2 に示す。例えば「上」を入力する場合、はじめにマーカーを注視し、そのまま頭部を少し上に向ける（上方向を見る）。そして頭部を下げ、元の姿勢に戻ると、「上」が入力される。

3.2 システム概要

● 眼鏡型カメラ

カメラ位置として、視線と近いことが望ましいと考え、眼鏡の眉間の位置にある製品（市販品）を選定した。実際に使用したところ、カメラの撮影軸がメガネ本体の正面軸に比べて9度ほど左にずれていたため、プログラムではこれに補正をかけて動かしている。

● 操作対象機器：Philips Hue[5]

Hue は Philips 社製の照明型 IoT デバイスで、ネットワーク経由で照明のオン・オフや色の変更などができる。Hue への命令は付属の Hue ブリッジに JSON リクエストを送るだけで完結するためシステムに組み込みやすいこと、そして動作結果が色として一目でわかるという理由から、操作対象機器として選定した。現時点でのシステムは入力が4種類であるため、上下に ON/OFF、左右に赤/青の命令を割り当てている。

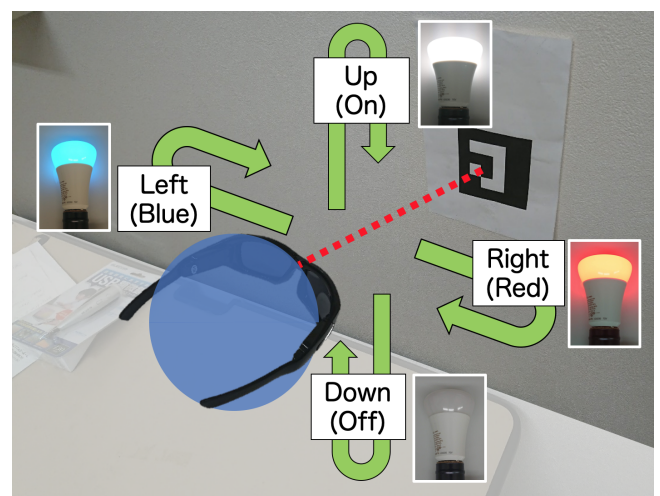


図 2 頭部の動きとオペレーションとの対応。

Fig. 2 The motion of head and corresponding operation.

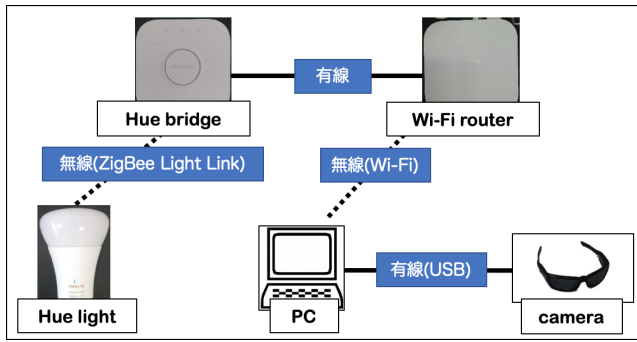


図 3 システム構成.
Fig. 3 Our experiment system.

● 制御プログラム

本研究では Java 言語を用い、マーカーの処理やカメラからの入力処理に OpenCV ライブラリを使用した。

● 機器接続

以上を踏まえたシステム構成図を図 3 に示す。制御プログラムを収める PC はカメラと USB で繋がっており、Hue ブリッジとはルータと Wi-Fi 接続を介して繋がっている。動作の流れとしては、カメラからの映像を元に PC 内のプログラムで判定を行い、ルータ経由で Hue ブリッジに JSON リクエストを送る。Hue ブリッジは JSON リクエストの内容にあわせてライトを変化させ、フィードバック情報を PC に JSON 形式で返信する。

3.3 処理の流れ

(1) マーカーの認識

マーカーの認識および ID 識別は、OpenCV-contrib 内の aruco モジュールを用いて実装した。

同じ ID のマーカーが、連続する画像フレームの指定範囲内に認識された場合、マーカーを一定の時間だけ「意識して注視した」と判定し、マーカー情報（すなわち機器選定情報）を保存する。

(2) 頭部動作の認識

(1) でマーカー情報が保存されると、頭部動作の認識を開始する。カメラから入力された画像から特徴点の抽出を行い、オプティカルフロー推定により特徴点の移動ベクトルを求める。求めた移動ベクトルのうち、大きさが小さ過ぎるものや大き過ぎるものを除外し、多数決を用いて向きを判定を行う。同じ方向に連続で規定のフレーム数だけ動いたと判定されれば、「動き」として記憶するが、本手法では連続する 2 種類の「動き」を記憶する。すなわち、「第 1 の動き」が記憶されていない場合検出した動きを「第 1 の動き」（以下、動き 1）として記憶し、そうでなければ「第 2 の動き」（以下、動き 2）として設定する。

動き 2 が記憶された段階で、動き 1 との組み合わせにより操作対象機器に対応する命令を送信し、マーカー情報・動き情報を全てリセットして開始状態に戻る。

本手法においては、動き 1 検出のためにはマーカーによる機器選定情報を記憶していることが必要であり、動き 2 検出のためには動き 1 を記憶していることが必要である、という条件を課している。

(3) 制御の許容時間

誤動作を避けるため、マーカー情報保存から第 1 の動きを保存するまでの時間と、動き 1 記憶から動き 2 記憶までの時間に上限（許容時間）を設ける。各段階の判定において、許容時間を超えていたら、その前の段階の開始状態に戻る。例えば、マーカー情報の記憶から動き 1・動き 2 の組み合わせ成立までの許容時間を超えていた場合は、動き情報およびマーカー情報をリセットし、動き 1 と動き 2 の間が許容時間を超えていた場合は、動き情報だけをリセットする。

4. 実験

4.1 動作検証

実装した実験システムの動作を確認するため、検証を行った。検証の様子を図 4 に示す。マーカーは 80.0 × 80.0 (mm) サイズとし、3m 程度の距離までであれば安定して検出できた。オプティカルフロー推定におけるノイズ判定処理により、大き過ぎる動きに関しては精度が上がらないようであったが、比較的小さい動きだけで操作できれば、主観的ではあるが比較的高い精度で機器を操作できた。

現段階では、前節で述べたマーカー認識における画像内の範囲や動作間の許容時間、オプティカルフロー推定後の動きベクトルでのノイズ判定閾値などは試行錯誤により調整している段階である。

4.2 評価実験

システムの有効性を確認するため、被験者による実験とアンケートを実施した。著者らによるインストラクションの後、実験システムを実際に使用してもらい、アンケートに記入してもらった。

実験においては、80.0 × 80.0 (mm) サイズの正方形のマーカーから約 1.5 m の距離、かつ体の正面がマーカーに

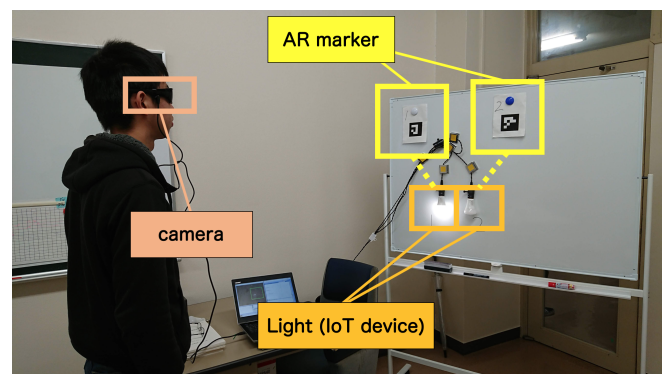


図 4 実験システムの動作の様子.
Fig. 4 Operation scene using our experiment system.

表 1 アンケート内容
 Table 1 Questionnaire.

(選択)	(a) 操作は簡単でしたか？
(選択)	(b) 操作方法は電球の変化のイメージと合致していたと思いますか？
(選択)	(c) 装置はスムーズに動作していたと思いますか？
(自由)	あなたは、ボタン操作によらない家電操作デバイス (スマートスピーカー等) を利用していますか？また、それはなぜですか？
(自由)	この装置を実際に利用したいと思いますか？また、それはなぜですか？
(自由)	この装置は、どのような場面で利用できると思いますか？

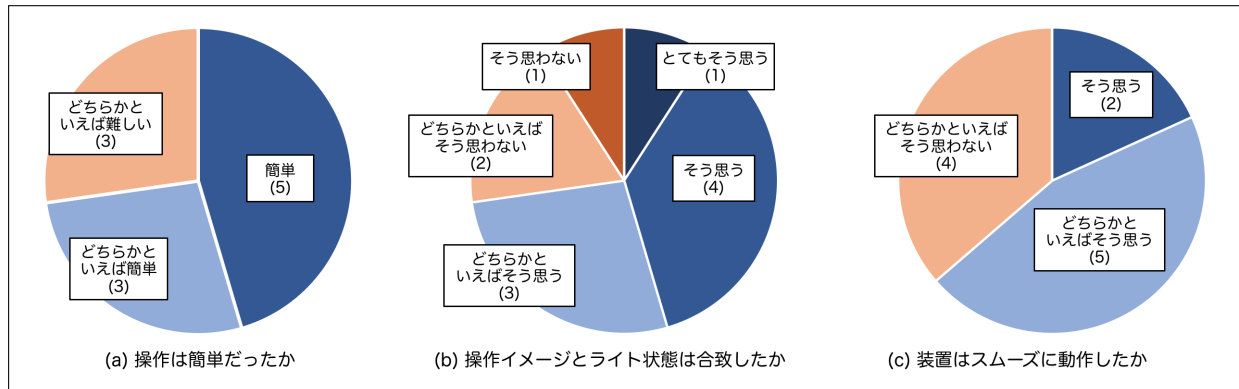


図 5 アンケート結果.
 Fig. 5 The results of the questionnaire.

向かっているという共通の条件を指定し、機器を選定して上下左右に頭部を動かすことで、ライトの状態を制御してもらった。被験者は 20 代の男性 9 名、女性 2 名の合計 11 名であった。

アンケート内容を表 1 の通りである：アンケートは主に「操作の簡易性」「操作イメージと機器の動作イメージとの合致」「システム安定性」の 3 つの評価観点から、6 段階の選択方式 (例：非常にそう思う・そう思う・どちらかといえばそう思う・どちらかといえばそう思わない・そう思わない・全くそう思わない) とした。さらに、技術の利用シーン等について自由形式で意見を書いてもらった。

4.2.1 評価結果

アンケートの結果のうち、選択式の結果を図 5 に示す。

図 5 において、項目 (a) は操作性に関するものであり、8 名が「簡単だった」「どちらかといえば簡単だった」と答えたことから、このシステムの操作難易度は難しいものではなかったと言える。

図 5 項目 (b) は操作イメージに関するものであり、8 名が操作と結果のイメージが合致していると回答していることから、概ね提案する手法の操作イメージは直感的であったことがわかる。

図 5 項目 (c) は操作の安定性に関するものであり、スムーズに動作していたかという問いに対し、7 名が「そう思う」「どちらかといえばそう思う」と答えたものの、4 名は否定的な回答だったことから、安定性に関しては十分ではないことが伺える。

その他、自由形式の回答では、

- ・ 手が空いていないときに使えるのは便利そう
 - ・ スイッチを押す動作を減らせるのは楽
 - ・ 離れた距離から操作できる
- といった肯定的な意見から、
- ・ リモコンで十分
 - ・ 必要性を感じない
 - ・ 普段使いを考えると動作が遅い
- といった意見も頂戴した。また、利用シーンとしては、
- ・ 体の不自由な人が利用できる
 - ・ 病院や介護施設 (ナースコール等)
 - ・ 手が使えない時 (料理中)
 - ・ 車から思い荷物を下ろした後の鍵の開閉
 - ・ 操作対象が遠くにある・手元がない時
 - ・ 宅配業者 (荷物を持ったままドアの開閉・インターホン)
- といった意見があった。

また、本システムを利用したいかどうかについては、7 名が肯定的な回答をしており、ある程度のユーザ受容性があったと考えられる。

4.3 聴覚障害者へのヒアリング

聴覚障害者 (1 級・男性・1 名) に実験システムについてヒアリングを実施した。聴覚障害者はもともと「ながら作業」に対する要望が強い。また、音声による制御が困難であるため、ジェスチャー (手話) 認識によるシステムにも関心が高い。本システムに対しても、何らかの動作中に有効に利用できるのではないかと、とのご意見を頂戴し、ニーズがあることを確認できた。

4.4 考察

アンケートについては、被験者数が十分ではないことと、回答者が同じ組織内の学生が多かったため、肯定的な意見がそのまま一般化されるとは言い難い。しかし、ボタン操作によらないリモコンの利用者が被験者の中に非常に少なく、あまりそれらの機器の必要性を感じていないにもかかわらず、肯定的な意見が多かったため、ある程度の受容性があると考えられる。今後、被験者数を増やし、また実際に何らかの身体的な問題を抱えている方にもご利用いただき、さらに改善をはかっていきたい。

システムとしては、まだ精度が十分ではないと考えている。今回実装した実験システムには、利用者がどこを見ているか（カメラが何を撮影しているか）を利用者に提示する手段がなかったため、マーカーによる検出のフィードバックが得にくい、という課題が抽出された。将来的には、スマートグラスのようなものでフィードバックを提示することが考えられる。操作と対応づける動作が4種類と少ないことも大きな課題である。

また、今回の評価実験には含めていないが、マーカーが景観を損ねる可能性がある、という問題もある。これに対しては、マーカーの代替手段として電子透かしを用いることなどが考えられ、今後の改良のための検討課題としたい。

5. おわりに

本研究では、眼鏡型カメラでの入力を用いた家電制御システムの提案と、実装した実験システムを用いた評価実験を行った。その結果、ユーザ受容性および聴覚障害者からのニーズを確認することができた。

しかし、システム上の安定性や操作の多様性への対応、制度やユーザへのフィードバック手段など課題も多く、さらなる評価実験も含め、今後改善をはかっていきたい。

謝辞 本システムの構成および評価にあたり、有益なコメントを頂いたNTTクラリティ株式会社 太田吉裕氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] KDDI: “「日本人の音声操作に対する意識調査 2017」を発表”,
<https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2017/10/05/2726.html>
- [2] 藪木登他: “視線インタフェースを用いた家電製品の制御に関する研究”, 津山高専紀要第52号, pp.27-34, 2010.
- [3] 荒木恭平他: “直感的に操作可能な音声認識リモコンの研究”, 情報処理学会第78回全国大会, 1-81, 2016.
- [4] 米田純他: “高精度屋内位置情報を利用した直感的な家電操作手法の提案”, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム, Vol.5, No.1, pp.30-37, 2015.
- [5] “Philips hue Developer Program”,
<https://www.developers.meethue.com/>