

J-035

HMDのための眼球運動を用いた非接触入力装置の開発 Development of Non-contact Input Device Using Eye Movement for HMD

兼松 真志十 高野 博史十 中村 清実十
Masashi Kanematsu Hironobu Takano Kiyomi Nakamura

1. まえがき

近年、無線 LAN の基地局の増加、SUICA などの IC カードの普及、携帯電話の高性能化により、ユビキタスな社会環境が整いつつある。一方、ウェアラブル機器の代表格としてヘッドマウントディスプレイ (HMD) が挙げられるが、ウェアラブル機器としての性能が十分に生かされておらず、幅広い普及に至っていない。HMD が普及しない要因の 1 つとして、操作性のよい入力装置がないことが挙げられる。そこで本研究では、画像処理を用いて瞳孔中心位置の変化を検出することにより眼球運動を計測し、その眼球運動の情報によってパソコンのマウスカーソルを制御する目入力装置を開発した。

2. HMD のための入力装置

過去にも目を用いて HMD のための入力装置の開発が行われてきた[1]。しかし、これらの研究は使用者が動かないことが前提であるため、光環境の変化に対応していない、目を全て覆っているため周囲の状況が把握できないといった問題がある。また、手のひらや指を用いて入力機能を実現した研究もあるが、これらは手を使うという意味ではキーボードやマウスと同様だといえる[2]。HMD のための使いやすい入力装置は数少ない。

一方、目の動きを検出する研究はこれまで数多く行われている。ただし、どの手法もカメラがある位置に設置されていることが前提であるため、HMD の入力機能を担うことは難しい。また、接触型で構成されたものもあり、使いやすいとはいえない。

そこで本研究では、HMD を室内・室外といった環境を問わず、なおかつ手などを使わず眼球運動のみで入力操作を行えるような装置の開発を試みた。なお、本手法もカメラを固定しているが、使用者の頭部に固定しているため、使用者の挙動の影響を受けにくいといえる。

3. 目入力装置の設計

3.1 システム構成

本研究で用いる目入力装置の構成を図 1 示す。単眼用 HMD を装着し、そこにパソコンの画面を映す。HMD を見る目は左右どちらの目でもかまわないが、ここでは右目とする。そして、HMD を装着した逆の目 (左目) の前に小型 CCD カメラを装着し、目の動きを検出する。ここで、検出した目の動きをパソコンのマウス動作に対応させ、HMD に表示されているパソコンのマウスカーソルを操作する。なお、HMD と CCD カメラはヘッドバンドを用いて

頭部に固定した。HMD は島津製作所製の単眼用 HMD 「DATA GLASS 3/A」を使用した。取得画像は 640×480 pixels、取り込み速度は約 30fps である。また、外乱光の影響を低減させるために近赤外照明を目周辺に照射した。

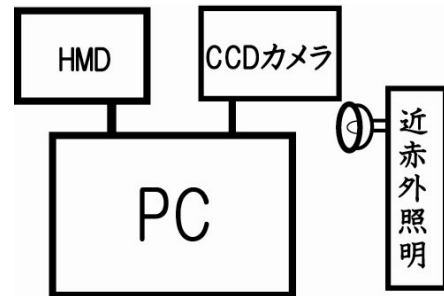


図 1. システムのブロック図

4. 瞳孔中心の検出

本システムでは、外乱光対策として近赤外照明と IR パスフィルタを用いているため、CCD カメラから得られる映像では瞳孔と虹彩を明瞭に区別できる。目の動きを検出する際、この瞳孔の中心位置の変化を用いることとした。

瞳孔中心位置の検出処理を以下に示す。まず、瞳孔と虹彩を区別するために 2 値化する。その後、画像の中心を基準に 400×200 pixels の領域で y 軸方向に黒画素の連続する場所を特定する。画像中央部ではほとんどノイズが存在しないため、一定以上の黒画素の連続は瞳孔しかないと判断できる。ただし、その黒画素列の中央が瞳孔中心とは限らない。そこで、正確な瞳孔中心を特定するため、ヒストグラムを用いた。

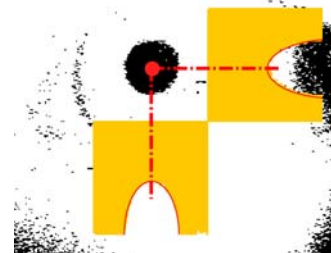


図 2. 瞳孔中心推定

5. マウスカーソルの制御法

パソコンのマウスカーソルを制御する手法の先行研究として、絶対位置モードとベクトルモードが提案されている[3]。ただし、この手法は外界にカメラが設置されており、カメラを非接触で使用するという条件下でのものであり、本研究に応用するに当たっては改良する必要がある。以下に絶対位置モードとベクトルモードについて述べる。

†富山県立大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Toyama Prefectural University

5.1 絶対位置法

絶対位置法とは、ディスプレイ上のマウスカーソルの位置とカメラ画像中の眼の位置を対応付けるマウス制御法である。PC 使用者の目が動ける領域は一定範囲に限定されるため、その一定領域内の目位置を PC のデスクトップ上のマウスカーソル位置に相對させる。わかりやすい制御法であるが、目が動ける領域よりもパソコンのデスクトップの画面サイズが大きい場合、目位置の計測誤差がマウスカーソルの位置ずれに大きく影響してしまうという問題がある。

5.2 ベクトル移動法

PC 使用者が画面の中心を注視したとき、目の位置はほぼ一定の位置にある。この位置を基準点と定め、基準点から現在の目位置を結んだものを目位置ベクトルと定義する。目位置ベクトルの方向をマウスカーソル移動方向として、目位置ベクトルの長さを移動速度に換算して制御する制御法がベクトル移動法である。ここで、目位置が基準点から離れている限りマウスカーソルは移動し続ける。図 3 にベクトル移動法の概要を示す。

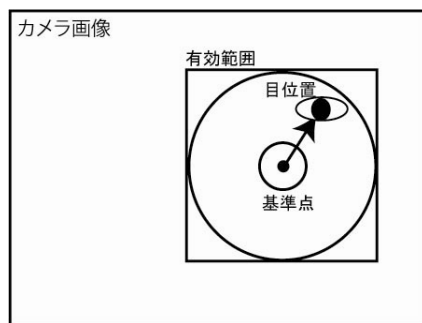


図 3. ベクトル移動法の制御方法

5.3 本研究におけるマウスカーソル制御法

本研究では、先行研究として挙げられたベクトル移動法を基準として新しいマウスカーソル制御法を考案した。絶対位置法を採用しなかった理由として、本システムでは視線を動かしたときの瞳孔位置の移動範囲が狭いため、計測誤差の影響が大きくなるためである。以下にベクトル移動法の改良点を述べる。

従来のベクトル移動法では、マウスカーソルを停止させるためには基準点に目を戻す必要があった。しかし、マウスカーソルを停止させるために基準点に目を戻してしまうとカーソル停止位置を確認できない。この状態では使い勝手が悪いので、改良する余地がある。本論文では目位置ベクトルの大きさおよび向きの変化率という 2 つのパラメータを用いて停止動作を定義する。この手法では、目位置ベクトルが特定方向に一定速度変化すれば停止するため、停止時に注視点とマウスカーソル位置がずれないということを極力なくすることが可能である。

目位置ベクトルの大きさと向きをそのまま用いているため目位置の変化をすばやく正確に反映できる反面、滑らかな制御ができていない。目は常にある程度動いており、本人が注視点を一定にさせていると意識しても目はわずかな

動きが生じている。現在の制御法ではこの目のわずかな動きの影響を受ける。そこで使用者の使いやすさを極力落とさずに、使用者の意図しない目の動きの影響をなくすることが重要である。このためには、目位置ベクトルの角度変化をマウスカーソルの移動に反映させるといった制御法などが考えられる。

6. 今後の予定と展望

本研究では、ウェアラブルコンピューティングの代表格である HMD の入力操作方法として瞳孔中心の位置変化を用いることを提案した。小型の CCD カメラを用いて目の動きを捉え、その動きをマウスカーソルの動きに対応させることでパソコンのマウスカーソルを制御できた。目によるマウスカーソル制御法としては、目の初期位置（基準点）と移動後の目位置から作られる目位置ベクトルを基にして行った。

今後の予定としては、より正確な瞳孔位置の推定、停止動作のための最適な変化ベクトルのパラメータ設定、停止後の基準点移動のタイミングと移動場所を決定すること、瞳孔中心の位置変化ではなく、視線入力を行うことが挙げられる。特に視線方向を変えたときに発生するノイズが瞳孔検出の精度を低下させる問題の解決が重要と考えられる。ヒストグラムの形状を用いてノイズを除去する方法も検討する。また、多くの被験者を用いてユーザビリティの評価を行う必要がある。

7. 参考文献

- [1] 近藤泰志ほか, 視線入力 HMD 装置の開発, 島津評論, Vol.55, pp.215-220, 1997.
- [2] 佐々木博史, 『てのひらめにゆう』: ウェアラブルコンピュータ用入力インタフェース, 奈良先端技術大学院大学修士論文, 2000.
- [3] 高野博史, 中村清実, 黒川正博, コンピュータ入力方法と装置, 特許 4088282, 2008.