

# 画像処理を利用した眼球運動検出スイッチの試作

## Eye movement detection switch using image processing

藤記 拓也<sup>1)</sup>・飯島 浩<sup>1)</sup>

Fujiki Takuya, Iijima Hiroshi

### 1. はじめに

ALSなどの進行性の難病において、手指などで1個のスイッチを操作して意志伝達を行うことがあるが、病状の進行とともにスイッチを操作できる部位が少なくなり、使用できるスイッチの種類も少なくなってくる。ALSなどでは、最終的に眼球の運動だけは残っていることが多いとされており、眼球運動を意思表示の手段として使っているケースも多い。

したがって、コミュニケーションエイドとして、眼球運動を利用するものが有効であろうと思われるが、眼球運動の検出は難しく、また、従来の製品は、使用者がどこを見ているかという視線を検出することを目的として、高い処理能力を備えたため、結果として高コストのものが多かった。

今回は、パーソナルコンピュータと小型カメラを用いて、視線の検出ではなく、簡易的なスイッチとして作成することにより、眼球運動を利用したローコストな意思表示インターフェースを試作したので報告する。

### 2. システムの概要

システムの全体図を図1に示す。パーソナルコンピュータに、画像取り込み用のインターフェースを取り付け、眼球を撮影する小型カメラからの映像を実時間で取り込みながら画像処理をして、眼球の動きを検出するものである。

1) 横浜市総合リハビリテーションセンター  
地域リハビリテーション部 研究開発課

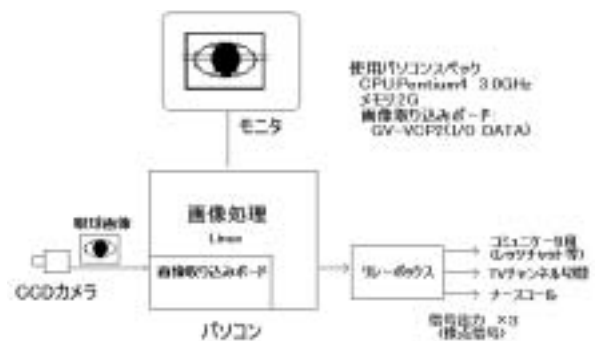


図1 眼球運動検出スイッチのシステム図

#### 2. 1 カメラとその設置方法

本来は、使用者の負担をできる限り減らすために、カメラを使用者の体に装着することは避けたかった。しかし、ベッドサイドなどの外部にカメラを設置して、眼球周辺を撮影するシステムを作り、実際に使用してみたところ、数分すると画像がずれてしまい、しばしば、眼球がカメラのフレームから外れてしまうことがわかった。原因としては、使用者の不随意運動、または、利用しているエアマットの動きに起因しているものと思われた。

このずれを補正するためには、

- 1) カメラの撮像範囲を広くとり、得られた画像に高度の画像処理を施して眼球を画像認識させ、位置を特定する
- 2) できるだけ「ずれ」が生じない位置にカメラをセットする。

という2つの方法が考えられた。本来は、1)の方法を採用することが望ましいのであるが、処理時間が長くなり、実時間動作をさせることが難しいか、あるいは、高価なシステムを使わざるを得なくなることが予想されたため、今回はまず2)の方法を試みた。

つまり、できる限り小型のカメラを眼鏡フレームに設置することで、画像のずれを補正することにした。この方法で、画像のずれはかなり小さくなり、簡易な画像処理での眼球運動検出が可能になった。

カメラは、MO-S588-4Fという小型のカメラで、大きさが8 mm×8 mm×20mm、重量が3 gである。これを眼鏡のフレームにもう1本フレーム(約6 g)を付けて設置し、眼球周辺を撮影するように調整した(図2)。つまり、もともとの眼鏡の重量約30gにさらに9 g重い眼鏡をかけることになるが、画像のずれは極めて小さいことが分かったため、この方法を採用することにした。



図2 眼鏡フレームにセットしたカメラ

## 2.2 画像処理部

画像処理部は、パーソナルコンピュータであり、処理速度が要求されると予想されたため、高速なCPUを搭載しやすいデスクトップ型とした。CPUはPentium4の3.0GHzモデルを使用し、メモリを2 Gバイト搭載している。ただ、システムとしてあまり大きいものは在宅などで使用するには不便であることから、筐体はコンパクトなもの(キューブ型: W200mm×D300mm×H200mm)を採用した。OSは開発のしやすさ、CPUへの負荷の軽さ、コスト面などからLinuxを用い、C言語で開発を行った。画像取り込み用に、I/O DATA社のGV-VCP2というボードを用いた。検出結果は、パラレルポートから出力するが、現在は3ビットの出力を出しており、外部にリレーユニットを設置して、接点出力として使用している。

## 2.3 ソフトウェア

眼球運動の検出を行うためには、本来、撮影した

画像から眼球を認識して、眼球の位置を検出することが望ましい。しかし、画像処理速度と開発時間を短縮する目的もあり、今回は、カメラが常に眼球周辺を撮影しているという条件から、撮影された画像内の黒色部分の重心位置を計算し、その重心位置の動きを眼球運動とみなすことにした。眼球運動を検出している処理画面を図3に示す。



図3 眼球検出中の画面

眼鏡フレームにカメラを付けていても、不随意運動などにより若干の画像のずれは出るので、意図的な眼球運動として、ある程度の速度及び変位以上のものを検出することにし、それ以下のものは何らかのずれと考慮して無視するようなソフトウェアとした。

できれば何種類かの意思を表示できるように、スイッチの長押し動作と同様に、意図的な眼球運動と判断された後、元に戻るまでの時間により、3種類の出力が出せるようにプログラムした。

以上のシステムにおいて、ハードウェアのコストは約8万円、ソフトウェアについては、OSとしてLinuxを使ったため無料であり、アプリケーションは自力で作成した。非侵襲・非接触のセンサとしては、ローコストで作成できたと考えている。また、ハードウェアコストの大半は、パーソナルコンピュータのコストであり、今後の技術発達によりさらにローコスト化が期待できる。

## 3. 実際の使用場面

試作したシステムを実際に使用していただく機会を得た。使用者は、ロックトイン症候群(女性、

33才)で、有効な意思表示方法が、眼球を上方に動かすことしかなく、この部位を機械で検出して意志表示を行いたいという要望があった。

そこで、今回のシステムを使用し、上方への眼球運動を検出して、意思表示を行うことを試みた。懸念材料であった眼鏡の重さについても、問題ないという話であった。ただ、長時間眼鏡を装着することにより、皮膚への影響が心配されたため、ノーズパッドと鼻の接触部分には、ガーゼを挟みこんだ。

設置後、数回判定パラメータを調整するなどして、かなり実用的な使用に近づいている。眼鏡にカメラを設置する方式についても、位置合わせが楽であると、周囲の介助者からは好評を得ている。反面、コンパクトなものを採用したとはいえ、デスクトップパソコンを利用したシステムであり、モニタなどがあるためベッドサイドの空間にはやや大きいという意見もある。

現在、このシステムの出力により、レッツチャット、テレビのチャンネル変更、ナースコール、の3種類の制御を行っている。レッツチャットでは、簡単な手紙を書けるほどになり、ナースコールも実用的に使用できているとの報告を得ている。

#### 4. 今後の課題

今回開発したシステムにより、簡易的にはあるが、眼球の運動を検出できる装置として使用できるめどはついたと言える。しかし、メガネを装着する必要があることや、検出できる眼球運動も上下方向に限られているなど、改善すべき点も多い。

今後の課題としては、より高度な画像認識技術を用いて、センサがメガネや人体に非装着な状態で眼球運動を検出できるようなシステムを目指すこと、よりローコスト化するとともに、設置も簡単にすることを目的として、研究開発を進めていきたい。

[ 第24回リハ工学カンファレンス

( 2009年8月26日~28日、埼玉県所沢市)にて発表]