

## 超小型視線検出モジュールによる目視確認サポート装置の開発（第4報）

# 5 キャリブレーションレスでの視線操作，及び福祉用途の検討

橋本晃司，古本浩章\*，後藤孝文，門藤至宏\*

Development of visual confirmation support system using small size eye-tracking-module (4th Report)

Examination of calibration-less gaze manipulation and welfare application

HASHIMOTO Koji, FURUMOTO Hiroaki, GOTOH Takafumi and MONDOH Munehiro

In recent years, eye tracking technology has been attracting the attention, as a means of warning the inattentive driving or detecting the customer's eyes that are turned on interesting products, for example. In severely disabled such as ALS (Amyotrophic lateral sclerosis) and quadriplegia, gaze manipulation is used for control device and communication. However, with existing gaze manipulation devices, it is a problem to perform calibration every time they are used. Also, in severely disabled, some patient can't calibration due to deterioration of visual function or involuntary movements. In this research, we examined calibration-less gaze manipulation, and worked on utilization in cars and welfare applications.

キーワード：視線操作，車載，キャリブレーションレス，福祉，アプリケーション

## 1 緒 言

人間の眼を小型カメラで撮像して視線方向を推定する技術（視線方向推定技術）が注目されている。すなわち自動車運転中の脇見の警告や，顧客がどの商品を注視しているかといったマーケティングでの活用が試みられており，頸髄損傷や四肢麻痺の患者での，環境制御や意思伝達にも視線操作が用いられている。

本研究ではこの視線方向推定技術を搭載したアイマウス<sup>1)</sup>について，自動車や家電，医療や工場現場等で利用するために小型・低コスト化し，これに必要なHMI（ヒューマン・マシン・インターフェース）を開発し，実用化の例として車載と福祉用途での活用を目指してきた。

本報では，車載用途におけるキャリブレーションレスでの視線操作について述べた後，福祉用途での活用事例について報告する。

## 2 車載用キャリブレーションレス視線操作

### 2.1 キャリブレーション設定における課題

操作者の対面に近赤外LEDとカメラを設置して瞳孔中心とプルキニエ像（角膜表面における反射光）を撮像し，この位置関係から視線方向を推定する方法を角膜反射法<sup>2)</sup>という。

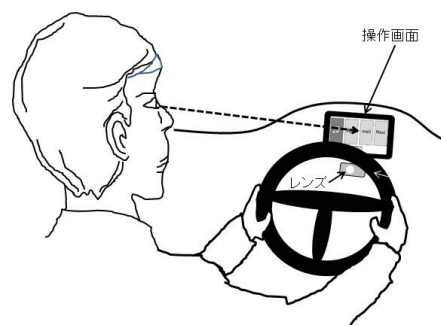
角膜反射法では視線操作を始める前に，画面上の複数

点を注視して視線方向推定結果を較正するキャリブレーションを行う必要があり，これにより操作者が注視した画面上の位置にマウスポインタを移動させることが可能となる<sup>3)</sup>。しかし，操作者の変更や体動により較正值に誤差が生じるため，その都度キャリブレーションが必要となり，視線操作装置の利用において課題となっている。

### 2.2 キャリブレーションレスの方法

キャリブレーションを不要とする方法（キャリブレーションレス方法）として，左右眼中点の先に操作画面とレンズの中心がくるように，画面とカメラを固定し（**図1**），画面の中心軸を起点に横方向への瞳孔移動量で画面操作する方法を検討した。ここでは，頭部が一定範囲でのみ移動することを前提条件としている。

**図1**の状態では，運転者が画面中央（レンズ方向）を見ると，**図2**の（ア）のようにプルキニエ像と瞳孔中心が



**図1** 左右眼中点の先に操作画面等を固定した状態

\*東部工業技術センター

垂直線上にある。この状態を中心軸（起点）とすると、ブルキニエ像を起点とした瞳孔中心のX方向への移動量は±0である。

左方向を見た際の瞳孔中心の移動量Xは（イ）のように正の値となり、右方向を見た際は（ウ）のように負の値をとる。

この際に、瞳孔中心はY方向にも動くが、X方向の移動量のみを瞳孔移動量として操作に用いる。そのため視線操作は横方向に限定されるが、距離や画面サイズが大きく変わらなければ、都度のキャリブレーションが不要で、頭部位置の若干の動揺に対しても眼が撮像範囲にあれば視線操作することができる。

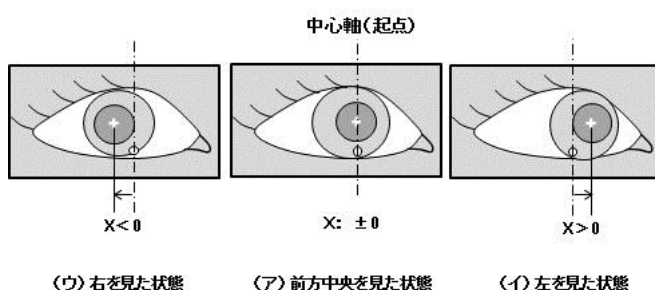


図2 X方向視線移動の検出

### 2.3 キャリブレーションレスでのGUIの検討

キャリブレーションレスの利点を活かしつつ、視線の横方向への移動のみによって操作可能なGUI（グラフィック・ユーザ・インタフェース）を検討した。一例として画面をB～Eの4つに分割し、「♪」、「A/C」、「mail」、「Navi」のボタンを配置する（図3）。

運転者が画面中央Aを見ている際の眼の撮像はA'である。この際の瞳孔移動量Xは±0である。

運転者が「A/C」ボタンを見ると瞳孔移動量はB'となる。Bの領域は予めB'近傍の領域に割当ててあり、「A/C」ボタンが選択できる。ボタンの決定方法は任意であり、手元のスイッチの押下または一定時間注視を想定している。

さらに左へ視線を移すと瞳孔移動量はC'となり、Cの領域はC'近傍に割当ててあり、「♪」ボタンを選択可能とする。運転者が右を見た際も同様の操作で「mail」「Navi」のボタンを決定にできる。

領域の分割数は増やすことも可能だが、ボタンを小さくして数を多くすることは、運転者に過多の情報から視線選択させることになり安全面で望ましくない。

そこで、ボタンを決定するとそれに関連する次のコマンドが表示されていく階層構造とし、画面上に一度に表示されるボタン数を抑えたインタフェースとした。これにより、短時間での画面注視・ボタン決定を可能とした。

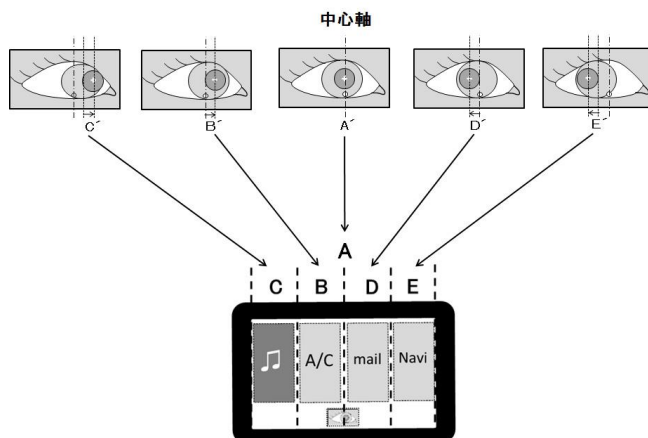


図3 瞳孔移動量と領域

### 2.4 車載用途の検討

提案したキャリブレーションレス GUI について車載方法を想定した実験を行った。

カメラと近赤外LED、及びタブレットPCの構成は、前報<sup>4)</sup>と同一である。カメラをメータフードやステアリングコラム上に固定し、また近赤外LEDやカメラ角度を調節可能とするためのスタンドを、3Dプリンタで試作した。

写真1（左）のようにルームミラーにカメラを組み込んだ車載用プロトタイプも試作し、写真1（右）のようにテストした。自動車メーカーへの提案も行ったが、視線操作の反応性や精度、また車載でのユーザメリットとそれに対するコストが課題である。



写真1 ルームミラーへの組み込み(左)とテスト(右)

### 3 福祉用途での活用

#### 3.1 福祉用途における要望

ALS（筋萎縮性側索硬化症）、頸髄損傷、四肢麻痺等により、手足が不自由で、視線操作や呼吸デバイスによる環境制御や意思伝達のための器具を必要とする患者は、国内に11万人以上とされている。

本技術を、こうした福祉用具として活用頂くために、リハビリテーション施設や医療機関にて要望を調査した。その結果、キャリブレーションレスでの視線操作へのニーズが多く寄せられた。

また、既存の装置は100万円以上の価格帯にあり、公的な給付制度による導入軽減措置はあるものの、利用は全体の7%に止まっており、低コストでの導入が求められていることが分かった。

ALS患者は、画面の中心と4隅を注視するといったキャリブレーションが可能な場合が多いが、高齢による認知機能の低下や視覚機能の減衰によりキャリブレーション工程を完了できない場合がある。また、脳性麻痺は緊張や痙攣から不随意運動が起きてしまうことも多く、キャリブレーション工程が困難な患者も多い。そこで、キャリブレーションレスで動作し、簡素な操作で環境制御やコミュニケーション可能な装置が必要とされていることが分かった。

自立する生活支援全般を行えるものが理想ではあるが、日常行為の殆どは、介助による物理的なサポートを必要とする中で、限られた時間でも自分で出来ることを増やしたいというニーズは高い。

具体的な環境制御の例としては、テレビ番組の選択、WEBの閲覧、写真の閲覧、音楽を聴く等が挙げられた。

#### 3.2 アプリケーションソフトウェアの検討

福祉用途でのアプリケーションソフトウェアを検討した。起動時の基本画面を図4に示す。基本画面では、目の拡大画像を表示して、頭の位置ずれやプルキニエ像・瞳孔中心の検出状態を確認できるようにした。また、画面上部に配置した「視線検出レベルスライダ」により、視線が検出出来ているか、どの位置に視線があるかを利用者や介助者が確認できるように工夫した。

撮影した眼周辺のVGAサイズの画像が表示され、プルキニエ像と瞳孔中心が認識されると、各々が黄色と緑色でマーキングされる。現時点でのX方向への瞳孔移動量が「視線検出レベルスライダ」に表示される。

画面下部のボタンで「画像リーダ」と「スクロールでの意思伝達」のメニューを起動する。この時点では、介

助者とも一緒に使用するために、ボタントッチでの起動としているが、将来的にはユーザの視線操作で起動可能にしたい。次に、画像リーダと、スクロールでの意思伝達のアプリについて説明する。これらは、キャリブレーションを行うことなく操作を始めることができる。

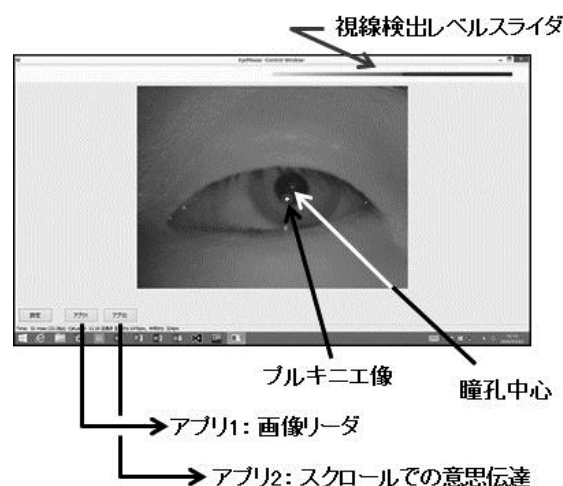


図4 基本画面

##### (1) 画像リーダ

画像リーダ活用の事例として、絵本のページリーディングを示す(図5)。

画面中央に絵本のページを表示し、使用者の視線が右の「すすむ」の領域に入ると、次のページに進み、左の「もどる」に入ると1ページ前に戻ることができる。左下の「絵本を選ぶ」ボタンにより登録した作品を選択できる。なお、中心画面には画像データを表示しているだけなので、写真等も表示可能である。



図5 画像リーダ

##### (2) スクロールでの意思伝達

図6で操作の一例を示す。使用者の視線が画面の中心軸から離れると、ボタンがスクロールしていき、視線が中心軸から遠ざかる程スクロールのスピードが

速くなる様に設計されている。ボタンには、日常生活支援のコマンドが割当てられている。

使用者が中心軸より右を見ることでボタンが右から左へスクロールし、表示されていなかったボタンが画面右端から出てくる。使用者が中央に視線を戻すと、スクロールが減速していき、中央付近に移動してきた所望のボタンをしばらく注視すると決定となる。本試作アプリでは決定した文字列に対応するデバイスに無線送信している。この例では「スタッフを呼ぶ」というコマンドが選択され、その内容をタブレット端末で受信した。

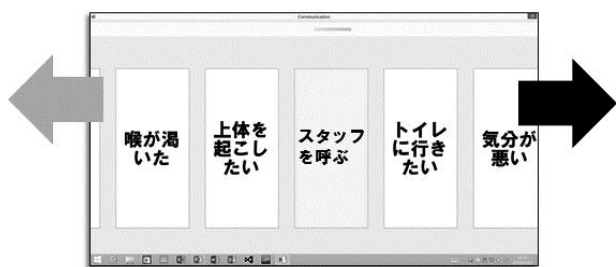


図6 スクロールでの意思伝達アプリ

### 3.3 試用実験のための構成の検討

操作画面は 15.6 型のマルチモード対応 PC (NEC(株) LaVie Hybrid Advance HA850/AAS) をタブレットモードで使用し、福祉用 PC スタンド (川端鉄工所(株) パソッテル) に固定した。カメラと近赤外 LED をパッケージ化した視線検出モジュールは 3Dプリンタで製作し、患者の撮像距離や角度によって、PC スタンドの様々な位置に磁石で固定可能とした (図7)。

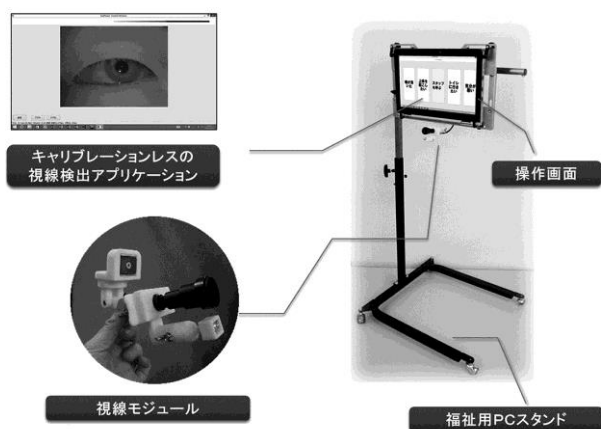


図7 試用実験のための構成

### 3.4 試用実験

構築した環境を用いて、試用実験を実施した。実験姿勢は車椅子着座とリクライニングベッド上での2種類とした (写真2)。

その後に、リハビリテーション施設での試用を行った。既存の視線操作機器でのキャリブレーションが困難な方に画像リーダを利用いただけること等が確認できたが、不随意運動により眼が撮像域から外れるため、撮像域を広角にすることや焦点調整等の課題が残った。

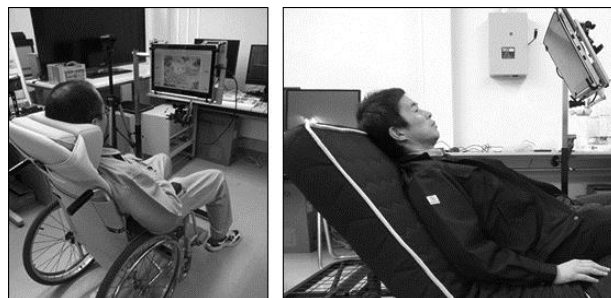


写真2 試用実験の状況

## 4 結 言

キャリブレーションレスでの視線操作法の開発を行い、以下のことが分かった。

- 1) キャリブレーションレスでの GUI を検討し、複数点を注視して較正するキャリブレーションを行わずに、ボタン数を抑えつつ、視線操作が可能な視線検出モジュールを開発した。視線操作の反応性や精度など、また車載でのユーザメリットとそれに対するコストに課題が残った。
- 2) 福祉用途において、横方向の視線移動で簡単に操作できるアプリケーションの開発や車椅子・リクライニングベッドの利用を想定した視線操作装置を試作した。実際にリハビリテーション施設で試用したところ、画像リーダを利用可能なこと等が確認できたが、不随意運動により目が撮像域から外れるため、その対応が課題として残った。

## 文 献

- 1) 武田他：広島県西部工技研究報告, 48(2005), 60
- 2) 大野他：情報処理学会論文誌, 44(2003) 4, 1136
- 3) 橋本他：広島県西部工技研究報告, 55(2012), 13
- 4) 橋本他：広島県西部工技研究報告, 57(2014), 21