

## OpenCV を用いた Eye Glance 入力インタフェースの改良 Improvement of Eye glance Input interface with OpenCV

明比 宏太<sup>†</sup> 松野 省吾<sup>†</sup> 板倉 直明<sup>†</sup> 水野 統太<sup>†</sup> 水戸 和幸<sup>†</sup>  
Kota Akehi Shogo Matsuno Naoaki Itakura Tota Mizuno Kazuyuki Mito

### 1. はじめに

肢体障害者のコミュニケーションの手段やウェアラブル端末への応用として、視線入力インタフェースの研究が行われている。

従来の入力方法である注視入力<sup>[1]</sup>に対し、画面の四隅を一瞬だけ見ることで発生する視線の往復移動を入力動作として用いる Eye Glance 入力インタフェース<sup>[2]</sup>が提案された。この入力方法では、視線移動のおおまかな方向が検出できれば、どの四隅を見たかがわかるので、小さな画面でも高い測定精度を必要とせず、計測が容易である。以前は EOG を用いて計測されていたが、現在は、カメラで顔画像を取得し、その画像処理に OpenCV を用いることで、入力動作時に特徴的な波形を得ることができる非接触な Eye Glance 入力インタフェース<sup>[3]</sup>を研究している。この手法では、電極を必要とする等の従来の拘束性の問題を解決しつつ、計測に用いる機器も少なく安価になり、インタフェースとしての利便性が大幅に向上する。

そこで本研究では、EOG で用いたアルゴリズムを参考にして、OpenCV を用い、リアルタイムで Eye Glance 入力を判別し、結果を反映する具体的なアルゴリズムを実現し、入力判別実験を行った。そして構築したアルゴリズムに関する問題点の発見と改善法の提案を行った。

### 2. 視線移動計測

本研究では、入力動作の解析にオプティカルフローを用いている。黒目と白目の画素の濃淡の差から画像中の眼球移動をベクトルで表現し、視線移動を計測する。

眼球とその周辺の矩形領域を計測範囲として、計測範囲内にオプティカルフロー計測用の点を多数配置し、計測されたベクトルを平均化することで一つの評価値として扱っている(平均速度場と呼称する)。平均速度場を算出する際、すべてのベクトルを平均化に使用すると、視線移動時と非視線移動時の区別ができない波形になる。これは、計測領域内の眼球以外の部分のちょっとした動きやノイズなどが幅広い範囲で発生し、狭い範囲で発生する視線移動のベクトルが平均化によって打ち消されてしまっているためだと考えられる。そこで、素早い眼球の動きとそれ以外の動きの速度差を考慮し、水平方向について得られたベクトルの上位 5% を平均化することで、視線移動を抽出した。その結果、図 1 のような波形が得られた。

この波形は視線移動の往路と復路で正負逆となり、2 回の視線移動間にわずかな停留時間が見られるという、EOG で得られた波形と同じ特徴を持つ。

入力の判別方法として、波形の大きさが安定する水平方向について閾値を設け、閾値を超える波形が正負逆で一定時間内に連続して見られ、なおかつ垂直方向についても水平方向と同じタイミングで正負逆の波形が発生した場合に入力と判断する。

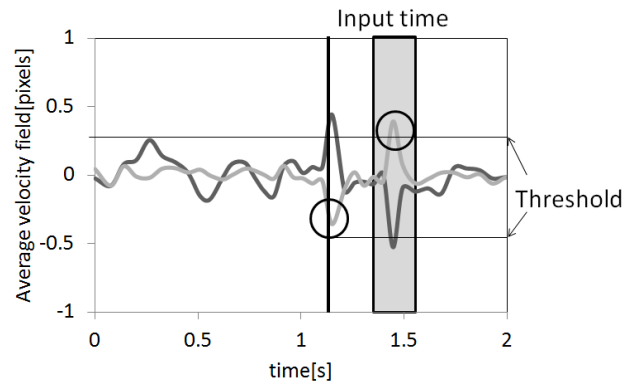


図 1 入力動作時に得られる波形

### 3. 実験

実験システムのハードウェアは眼球近傍の動画を撮影する USB 接続の Web カメラ 1 台、撮影された動画を記録し、画像への分割、および画像の解析を行うパソコン 1 台を使用した。Web カメラの画素数は 130 万画素であり、時間分解能は 30fps である。しかし、画像取得から次の画像取得までに計算を行っているため、実際の時間分解能は 20fps 程度である。また、実験は室内で行い、一般的な蛍光灯照明と自然光下で行った。図 3 に実験環境を示す。

計測時、被験者は上部に Web カメラを取り付けた 22 インチモニター正面から約 50cm 程度に設置された椅子に座った状態で実験を行った。本実験では、オプティカルフローの算出に使用する眼球近傍領域を固定して撮影を行っている。そのため、実験の際にはモニター画面中央に眼球近傍領域の矩形画像を顔領域から抽出してリアルタイムで表示し、被験者には、表示されている矩形領域から両目が出ないように指示した。

図 2 に実験画面を示す。最初に、入力判別を行うための閾値を決定するキャリブレーションとして、実験画面を提示し、右上と左下に対して Eye Glance を行った。

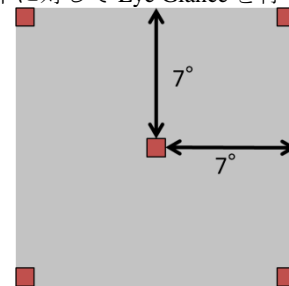


図 2 実験画面

次に、本実験を行った。任意時間の休憩を挟んだのちに、再び実験画面を提示し、3 秒間隔で四隅に 1 回ずつランダムに方向指示を行い、被験者は指示後にその方向に Eye

Glance を行った. 4 回の入力動作を 1 試行として, 休憩を挟みつつ 30 試行繰り返し, 合計 120 回分の入力動作から判別率等の検証を行った.

#### 4. 結果

入力指示回数に対して正しい方向に入力判別が行われた回数の比率を判別率として, 表 1 に 5 人の被験者の方向別判別率を示す.

全体での判別率の平均は 76.2% となった. 左右方向で大きな差は見られなかったが, 上下方向を比べてみると, 上方向に対して下方向の判別率はやや低下している. これは人間の眼球が下を向くのが苦手な構造をしているためだと考えられる. 先行研究でも同様の結果が得られており, これに対応するため, 上下での視角や閾値の変更等で対応する必要がある.

表 1 方向別判別率

Subject	Upper right	Lower right	Upper left	Lower left	Average
A	83.3	70.0	83.3	86.7	80.8
B	80.0	66.7	73.3	63.3	70.
C	93.3	90.0	93.3	83.3	90.0
D	93.3	86.7	83.3	66.7	82.5
E	53.3	56.7	60.0	56.7	56.7

また, 誤検出についても考察する. 実験中に入力動作を行っていないのに入力と判定された回数は一人あたり平均で約 6 回となった. 誤検出が発生した時の波形を調べたところ, 瞬きが入力動作として認識されるケースが多く見られた. そのため, 瞬きの際に得られる波形を調べ, 波形の特徴を利用して影響を除去することを試みた.

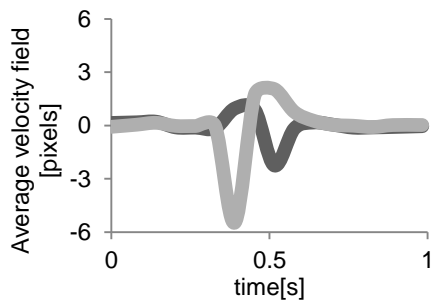


図 3 瞬きで得られる波形

図 3 に瞬きの際に得られる波形例を示す. 全ての被験者で共通して得られた特徴として, まぶたが降りる動作の時に, 垂直下方向に視線移動よりも明らかに大きな波形が発生することがわかった. これを考慮し, それぞれの被験者が瞬きのみを行った波形からまぶたが降りる動作で発生するベクトルを調べて閾値を設け, 閾値を超えた波形が計測された場合に 200ms の間入力判定を停止させるという手法を提案した. この手法を用いてオフラインで適用したところ, 既存の入力判定に影響を与えることなく瞬きによる誤検出を 90% 減少させることができた. また, 意図した瞬きと意図しない瞬きの波形の大きさに差が見られることも判

明した. このことから, 瞬きの際に得られる特徴的な波形を入力に用いることができる可能性が示唆された.

次に 10 回の入力回数毎の判別率を表 2 に示す. 被験者 B は特に試行回数が増加するにつれて判別率が向上した. これは慣れない入力動作を何度も行うことで学習効果が表れたためだと考えられる. 目を動かすことで入力を行うシステムは他に見られないもので, 利用者によっては独特な入力動作に慣れが必要となる可能性がある. 今後は Eye Glance 入力を行ったことがない被験者がどの程度練習すれば違和感なく Eye Glance 入力を利用できるようになるのか等を検証する必要がある.

表 2 回数別判別率

Subject	1~10	11~20	21~30	Average
A	83.0	75.0	82.3	80.8
B	57.5	65.0	90.0	70.
C	92.5	87.5	90.0	90.0
D	87.5	72.5	87.5	82.5
E	62.5	47.5	60.0	56.7

被験者 E は他の被験者に比べて判定率が大幅に低くなった. 視線移動時の波形を調べると, 視線移動時に小さな波形しか計測されない場合があった. 他の被験者にも僅かながらこの傾向が見られたので, 平均速度場の計測範囲を現在の上位 5% に固定するのではなく, 被験者毎に適した条件を設定する必要がある.

これらの結果を参考にし, タブレットで実験プログラムを動作させたところ, カメラに対する頭部の位置が PC と大きく異なるため, PC での実験とは異なる数値が得られた. 携帯端末に実装する際には, カメラと頭部の位置を考慮し, それぞれのデバイスで入力動作の際に得られる波形を調べ, 閾値などの条件を検討し直す必要があると考えられる.

#### 5. まとめ

本研究では, OpenCV を用いて Eye Glance 入力をリアルタイムで判別し, 結果を反映する具体的なアルゴリズムを構築し, 入力判別実験を行った. その結果, アルゴリズムの問題点を発見でき, その改善の提案を行うことができた.

今後は精度向上を中心に, 計測範囲の動的変更や PC 以外のデバイスへの導入条件も検討する.

#### 参考文献

- [1] 佐藤寛修, 阿部清彦, 大山実, 大井尚一, “視線入力による重度肢体不自由者向けコンピュータ操作支援システム”, 信学技報, Vol.105(2006)
- [2] 伊藤雄太, 板倉直明, 水戸和幸, 水野統太, “Eye Glance 入力インタフェースにおける判定アルゴリズム”, 電気学会論文誌 C, Vol.134, No.7 (2014).
- [3] 明比宏太, 板倉直明, 水野統太, 水戸和幸, “Open Computer Vision Library を用いたオプティカルフローによる Eye Glance の検出”, 電気学会 電子・情報・システム部門大会講演論文集, OS13-4 (2013).