

PC活用支援のための自由視線入力システムの開発 A Study on Free Gaze Detection System for Usability Assistance

比嘉 岬[†]
Misaki Higa

長山 格[†]
Itaru Nagayama

1. はじめに

肢体障碍児や高機能四肢運動能力を喪失した傷病者にとって、通常のキーボードやマウスによるコンピュータ操作は非常に困難であるため、これまで様々なヒューマン・マシン・インターフェースおよび入力支援システムが研究されてきた [1][2][3]。特に、視線を用いたインターフェースは重度の運動機能障害であっても、眼球運動機能さえあれば活用することが可能であるため、身体センサ装着型や赤外線利用型など幅広く研究が進められている。しかし、これらのシステムの多くは専用ハードウェアを要するうえに比較的高価であり、特に装着型は身体的負担が掛かるなど導入と活用への敷居が高いという欠点がある。そのため、非身体装着型かつ自然光の下で一般的な可視光カメラを使用する視線入力の手法も研究されている [3][4]。

ところが、従来の視線入力支援システムは、ディスプレイ画面上に表示されたメニューエリアを選択する方式であり、画面以外のエリアは視線入力ゾーンの対象としていない。そのため、ディスプレイ画面上で、本来キーボードやマウスで行うべき操作に対応するメニューエリアを設計・設置する必要があり、画面設計やメニュー選択・利便性において制約が生じていた。従って、視線入力ゾーンをディスプレイだけでなくキーボードも含むよう拡張した拡張型視線入力支援システムを開発すれば、従来の制約を緩和した利便性の高いシステムを実現できる可能性がある。この様子を図1に示す。

我々はノート型PCとビルトインカメラを利用して、図1のように従来のディスプレイ画面エリアに加えてキーボードエリアへ視線入力ゾーンを拡張した視線入力支援システムの実現を試みている。本稿では、[4]で実施した従来の枠組みを利用して、新たにキーボードへの視線入力ゾーン拡張を実現するための基礎実験をおこない、重要な”Enter キー”と”Space キー”に相当する視線推定を実現可能であることを示す。

2. 視線入力ゾーンの拡張

2.1. ディスプレイ上の視線推定

本稿で開発中のシステムでは、ディスプレイ上とキーボード上の視線推定に異なるアプローチを採用した。ディスプレイ上の視線推定にはオープンソースのOpengazer[5]を使用した。Opengazerは汎用ウェブカメラを用いる低コストな視線推定ソフトウェアであり推定結果を自由に利用できる。ここで、Opengazerはディスプレイ上が適応範囲であるため、その範囲外（キーボード側）に視線が向いたと推定される状況を検知すると、キーボード上の視線推定システムへ切り替える。

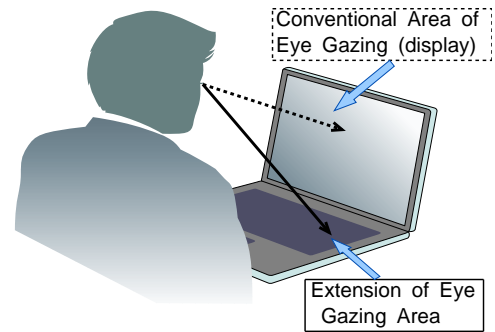


図1: 視線入力ゾーンのキーボードへの拡張

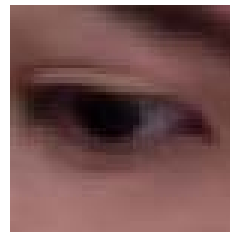


図2: 眼領域の検出例



図3: 矩形領域の検出例

2.2. キーボード上の視線推定

キーボード上の視線推定には阿部らによる強膜反射法 [3] を応用した。ただし、本システムでは顔領域と眼領域の検出処理に Haar-Like 識別器を用いており、顔領域と眼領域の高精度検出を行った後、眼球領域を抽出拡大して使用している。これを図2に示す。次いで、図3に示す矩形領域を取り出してグレースケール化した後に、矩形の中心を境に左右の領域 A と B に分け、それぞれの領域の画素値を積分する。この積分値の差が視線方向に対応した視線値と呼ばれる。すなわち、領域 A、領域 B の各画素の座標を (x, y) 、画素値を P_a, P_b とすると、左右判定に使用する視線値 V_{eg} を次式で得る。

$$V_{eg} = \sum_{areaA} P_a(x, y) - \sum_{areaB} P_b(x, y) \quad (1)$$

ここで、得られた視線値 V_{eg} の値が負であれば領域 A 側を、正であれば領域 B 側を見ていると判断することができる。すなわち、視線値 V_{eg} が高い領域には角膜が存在する面積が少ないと考えられるためである。

3. 実験

3.1. 視線入力ゾーンの拡張

図4にノートPCの外観を示す。正面から見てキーボードの右側に Enter キー、左側に Space キーがあり、

[†]琉球大学大学院理工学研究科情報工学専攻, Department of Information Engineering, University of the Ryukyus, 1 Senbaru Nishihara, Okinawa 903-0129

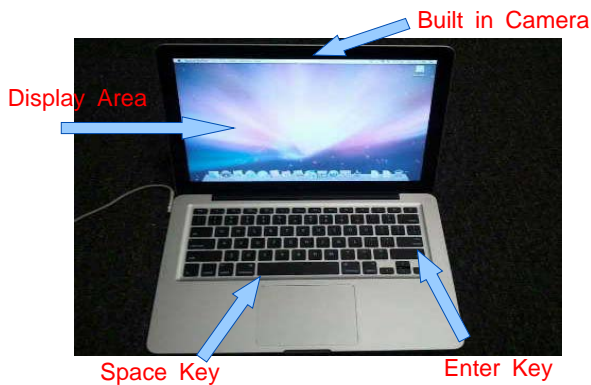


図4: ノート PC の画面と重要キーの配置

表1: 左側注視時

眼	フレーム数	視線値 V_{eg} の平均	正解率
右眼	479	5090.6	440/479 (91.9%)
左眼	479	9842.3	473/479 (98.7%)

表2: 右側注視時

眼	フレーム数	視線値 V_{eg} の平均	正解率
右眼	318	1864.9	243/318 (76.4%)
左眼	318	9842.3	80/318 (25.1%)

被験者を撮影するカメラをディスプレイ上部に備えた汎用ノート型 PC であり、Opengazer はディスプレイ上の領域に対する視線推定を実行する。視線がディスプレイ領域から外れるとキーボード視線推定システムに制御が渡されるので、キーボード上の Enter キー周辺(右側)または Space キー周辺(左側)を注視すると、視線位置を検知して Enter キーの入力または Space キーの入力であると判断する。

上記の処理に基づいて、実験では被験者がキーボード上の Enter キー周辺(右側)または Space キー周辺(左側)をそれぞれ約 10~15 秒ずつ注視することにより、視線を推定するとともに正しく推定できたフレーム数を算出する。

4. 実験結果

4.1. キャリブレーション無しの場合

左側 (Space キー) と右側 (Enter キー) を注視した場合の視線値 V_{eg} の平均と正解率を、それぞれ表 1, 表 2 に示す。左右注視の正解率の平均は 73 % 程度である。特に表 2 の左眼の正解率 25.1 % と低いが、これは個人差により右方向 (Enter キー) を見ている際の左目角膜の移動量が少なかったためと考えられる。

4.2. キャリブレーション有りの場合

眼球の動きの個人差を縮小するために、左側 (Space キー) または右側 (Enter キー) を見ている時の視線値の平均を求めることでキャリブレーションを行う。例えば、表 1, 表 2 の平均値をとり、左右それぞれの眼の

表3: 両方向を見た時の視線値 V_{eg} の平均

眼	視線値の平均
右眼	3477.7
左眼	6083.7

表4: 左側注視時

眼	正解率
右眼	75.8%
左眼	83.5%

表5: 右側注視時

眼	正解率
右眼	92.5%
左眼	84.0%

固有の閾値とする。表 3 はその閾値となる視線値の平均を表す。この閾値を使用して左右判定を行った結果を表 4, 表 5 に示す。

正解率の平均は約 84 % で、キャリブレーション無しの場合に比べて約 11 % 向上した。特に、表 2 の左眼の正解率のように極端に精度が低下するということがなくなった。この事から、キャリブレーションで得た結果を再利用することが有効であるといえる。

5. まとめと今後の課題

汎用ノート PC とビルトインカメラを使用してキーボード上での視線推定を行い、平均 80 % を越える精度で Enter キー周辺(右側)または Space キー周辺(左側)を判定することができた。すなわち、従来は画面上のみであった視線推定ゾーンのキーボードエリアへの拡張により、視線入力システムの操作性向上の可能性を示した。一方、ノート PC のカメラは通常、ディスプレイ上部にあるため、まぶたによる眼球遮蔽が生じる影響でキーボードに対する高精度な視線推定が容易ではない。今後、より精密なキーボード上の視線推定のための方策を検討していく方針である。

参考文献

- [1] T. E. Hutchinson, K. P. White, W. N. Martin, K. C. Reichert and L. A. Frey: "Human-Computer Interaction Using Eye-Gaze Input", IEEE Trans. SMC, vol. 19, No. 7, pp. 1527-1534 (1989)
- [2] 村田厚生, 三宅貴士, 森若誠: "視線入力システムによるメニュー選択方法の有効性: 若年者と高齢者の比較", 人間工学, vol. 47(1), pp. 20-30 (2011)
- [3] 阿部 清彦, 大内 幹夫, 大井 尚一, 大山 実: "画像解析による強膜反射法を用いた視線入力システム", 映像情報メディア学会論文誌, vol. 57(10), pp. 1354-1360, (2003)
- [4] M. Higa and I. Nagayama: "A Study on Simple Gaze Tracking Interface for Laptop PC", ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, FB3-1, (2013)
- [5] Opengazer: Open Source Gaze Tracker for Ordinary Webcams, <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/opengazer>, (2014年6月26日アクセス)