

眼球モデルに基づく視線測定システム FreeGaze *

大野 健彦¹ 武川 直樹² 吉川 厚^{3 †}

日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所

takehiko@bri.ntt.co.jp¹ mukawa@eye.bri.ntt.co.jp² yosikawa@rd.nttdata.co.jp³

1 はじめに

コンピュータは我々の日常生活に浸透し、日々の生活を送る上でかかせない道具となりつつある。しかしながらコンピュータの操作方法は複雑になる一方であり、コンピュータを使いたいと思いつつも使いこなせない多くのユーザを生んでいる。そのため複雑な知識を必要とせず、ユーザの意図通りに動作するインタフェースの登場が望まれている [1]。

視線を利用したインタフェース (視線インタフェース) は、そのようなインタフェースを実現する有力候補である。ところが視線インタフェースを実現するためには高精度な視線測定システムの利用が前提であるが、これまでの視線測定システムは測定前の複雑な事前調整 (キャリブレーション) が必要であり、誰もが簡単に利用できるシステムとは言い難いという問題があった。

我々は視線インタフェースへの利用を目的とする視線測定システム FreeGaze (図 1) を開発した [2, 3]。FreeGaze は眼球モデルに基づく視線測定アルゴリズムを搭載することにより、複雑な設定や調整を必要とせず、視野角にして 0.4~0.6 度程度の高精度の視線測定を実現した。

2 視線測定システム FreeGaze

FreeGaze は視線の算出において、カメラで撮影した眼球像から検出した瞳孔およびプルキニエ像 (角膜表面での反射光) を利用している (角膜反射法)。図 2 に検出された瞳孔およびプルキニエ像の例を示す。角膜反射法を利用して視線を測定する場合、算出された視線と実際にユーザが見ている位置にはずれがある。そのため従来は、視線測定に先立ち、補正量を算出するために画面上に表示された 5~20 点程度のマーカーを順次注視しながらマウスボタンやキーボードを押す、個人キャリブレーションと呼ぶ操作が必要であった。

FreeGaze は、ずれの発生要因を眼球モデルに基づく視線測定アルゴリズムを用いることにより大幅に軽減した。その結果、画面上の 2 点を注視するだけで個人



図 1: 視線測定システム FreeGaze

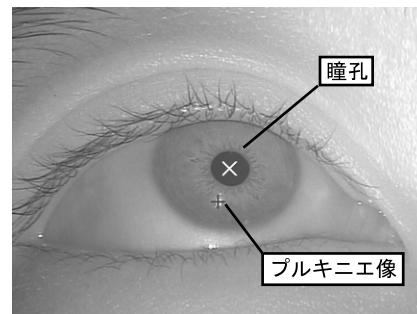


図 2: 検出された瞳孔およびプルキニエ像

キャリブレーションが完了する。また、個人キャリブレーションをおこなった結果を保存しておくことにより、次に同一ユーザが利用するときには個人キャリブレーションをおこなわずに視線を測定することが可能である。これらの特徴を備えることで、視線測定時に複雑な事前調整が不要となり、視線インタフェースを実現するのに適した視線測定システムとなっている。

2.1 眼球モデルに基づく視線算出アルゴリズム

以降では角膜曲率中心を基準点、角膜曲率中心および瞳孔中心を結ぶベクトルを視線ベクトルと定め、基準点を通る視線ベクトルを視線と定義する。FreeGaze は基準点をプルキニエ像の位置から、視線ベクトルを瞳孔およびプルキニエ像位置から算出している。

カメラで撮影した画像から視線を算出する場合、様々な要因から、算出された視線ベクトルと実際の視線ベクトルがずれるという問題が発生する。特に角膜表面

* An Eyeball Model Based Gaze Tracking System FreeGaze, Takehiko Ohno, Naoki Mukawa and Atsushi Yoshikawa, NTT Communication Science Laboratories, NTT Corporation.

† 現在: NTT データ 開発本部 (current: NTT Data Research and Development Headquarters)

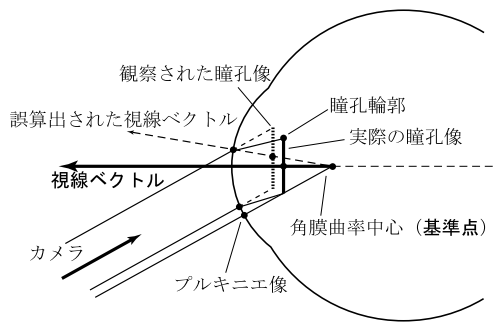


図 3: 眼球モデルに基づく視線の算出

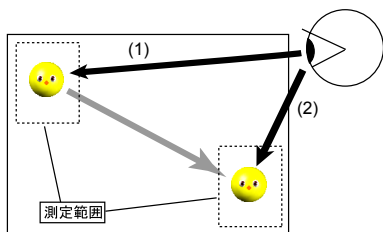


図 4: 視線を誘引する個人キャリブレーション

で光の屈折が発生するため、観察された瞳孔は実際の瞳孔と位置が異なり、その結果算出された視線ベクトルの方向にもずれが生じていた。本視線算出アルゴリズムは、3次元の眼球形状モデルを与えることで観察された瞳孔から実際の瞳孔位置を推定し、推定した瞳孔に基づき視線ベクトルを算出している(図3)。

2.2 個人キャリブレーション

次に、個人キャリブレーションによって視線ベクトルの方向を補正する。まず画面上に2点以上のマーカを表示し、ユーザが注視した時の視線ベクトルと実際の視線ベクトルから補正量を算出する。一度算出した補正量は保存しておくことで、次にFreeGazeを利用するとき再利用可能である。この場合、測定開始前の個人キャリブレーションは不要である。

FreeGazeは、個人キャリブレーションをおこなう前の段階でも視線ベクトルから大まかな視線を算出することが可能である。そのため特にボタンやキーを押す必要のない個人キャリブレーションが実現可能である。実装例を図4に示す。まず画面左上に細かく振動する顔が現れ、ユーザの視線を誘引する(図4(1))。ユーザの視線が測定範囲内に入った場合に注視したと判断して、顔の位置は画面右下に移動する。再びユーザの視線が測定範囲内に入ると(図4(2))、個人キャリブレーションは終了する。本方式を用いることで、ボタン等の入力デバイスを利用せずに短時間で個人キャリブレーション

を完了することが可能となり、FreeGazeの利用範囲は少数のユーザが利用するパーソナルユースにとどまらず、街角の情報提示端末など、不特定多数のユーザが視線のみで操作することを想定した用途への適用も可能である。

2.3 実装

試作したシステムは近赤外線カメラおよびLEDアレイから構成されている(図1)。カメラで撮影された画像はOSとしてWindows2000を搭載したPC/AT互換機(CPU:PentiumIII 933MHz)でキャプチャされ、瞳孔およびブルキニエ像の検出をおこなった上で視線を算出する。画像のキャプチャにはフレームグラバMatrox MeteorIIを利用しており、毎秒30フレームで640×480ピクセルの画像を処理している。

試作システムで評価実験をおこなった結果、視野角でX座標0.45度、Y座標0.60度程度の精度を確認した(裸眼、メガネ、ハードコンタクトレンズ装着者9名)。顔からディスプレイまでの距離が600mmの時、視野角0.5度は画面上で5.2mmに相当する。この程度の測定精度であれば、画面上のアイコン等を選択することが可能である。

3 まとめと今後の課題

本論文では視線測定システムFreeGazeについて述べた。FreeGazeは眼球モデルに基づく視線算出アルゴリズムを備えることで、簡単な設定のみで高精度な視線測定を実現しており、視線インタフェースへの利用に適している。現在はハードウェアの制約から、撮影可能な頭部位置が4cm四方程度と限定されているため、今後の課題として頭部位置に関する制約の解消が挙げられる。

謝辞

本研究をご支援頂くNTTコミュニケーション科学基礎研究所の石井健一郎所長、同研究所メディア情報研究部の村瀬洋部長および萩田紀博前部長に感謝します。

参考文献

- [1] Dam, A. V.: User Interfaces: Disappearing, Dissolving, and Evolving, *Communications of The ACM*, Vol. 44, No. 3, 2001.
- [2] 大野健彦, 武川直樹, 吉川厚: 眼球形状モデルに基づく視線測定システム—視線入力デバイスの実現に向けて—, *情処研報* 2001-HI-93, Vol. 2001, No. 38, pp. 47–54, 2001.
- [3] Ohno, T., Mukawa, N. and Yoshikawa, A.: FreeGaze: A Gaze Tracking System for Everyday Gaze Interaction, *Proceedings of Eye Tracking Research & Application (ETRA2002)*, 2002 (to appear).