

ヒューマンインタフェースとしての視線測定技術とその応用

大野健彦[†] 武川 直樹[†] 吉川 厚^{†,‡}

[†] 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

[‡] 株式会社 NTT データ 開発本部 (現在)

An Eye Tracking Technique for Human-Computer Interaction and Its Application

Takehiko OHNO[†], Naoki MUKAWA[†], and Atsushi YOSHIKAWA^{†,‡}

[†] NTT Communication Science Laboratories, NTT Corporation

[‡] NTT DATA Research and Development Headquarters

Abstract In this paper, we describe a novel gaze tracking method which is designed for the use of gaze-based Human-Computer Interaction. Existing gaze tracking methods require complicated and bordersome calibration procedure for each use. To solve the problem, we introduce an eyeball model. Different from existing method, our method requires only two points for each individual calibration.

1. はじめに

コンピュータを操作している人の視線を測定して、コンピュータへの入力情報として利用するインタフェース(視線インタフェース)は、他のインタフェースにはない優れた特徴を持つ。マウスやキーボードに代表される入力デバイスは、必ず操作方法に関する知識を要求される。そのため使うことのできないユーザを生み出す要因となる。視線の場合は操作に関する知識が不要であり、このような問題が発生しにくい。また、人が注目している対象を識別することで、人の思考過程を推定できる可能性もある。

例えばまったくの初心者には、コンピュータを前にすると何をどのように操作して良いかがわからず、何も操作できない場合がある。このとき、画面を見るだけでメニューやアイコンを選択可能なインタフェース [2], [5] があれば、見ている箇所のもので選択されることさえ理解すれば操作可能である。また、人は文書を読んでも何を見ていたかをすぐに忘れてしまうが、視線から注目領域を検出、記録しておくことで(図 1)、人の記憶を支援することが可能である [3]。

このように様々な可能性を持つ視線インタフェースであるが、実際に使われるためには、視線測定技術が重要な鍵となる。現状では視線測定をおこなう前に複雑な調整作業(キャリブレーション)が必要であるため、日常的な利用には適していない。本稿ではキャリブレーションの問題に焦点を当て、問題の所在と我々の解決方法について述べる。

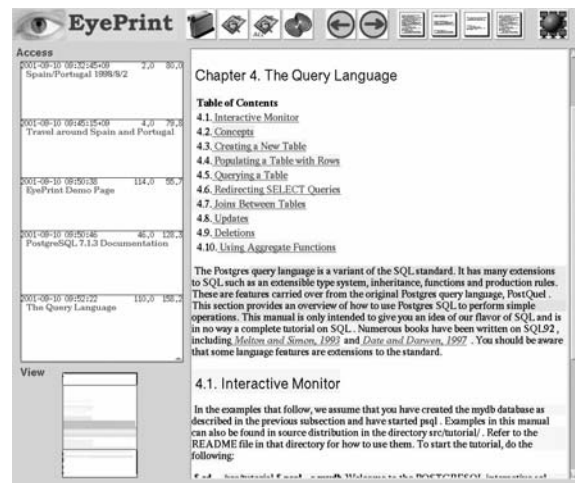


Fig. 1 Gaze-trace added document browser.

2. なぜ視線測定は面倒か

視線測定技術としてもっとも普及している角膜反射法においては、近赤外線を眼球に照射し、瞳孔およびプルキニエ像(角膜表面での反射像)を検出して、これらの位置から視線を算出する。例えばディスプレイを見ている人の注視点(視線の方向)を算出するには、まず眼球の3次元位置を計測し、次に瞳孔中心とプルキニエ像の相対位置関係から視線の方向(視線ベクトル)を算出する。このとき、視線ベクトルとディスプレイの交点が注視点である。視線測定は(1)眼球の3次元位置計測、および(2)視線ベクトルの算出の2種類の

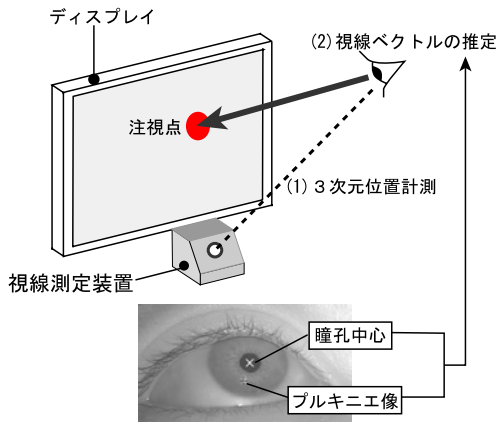


Fig. 2 An overview of gaze tacking procedure.



Fig. 3 A gaze tracking system "FreeGaze".

ステップにより構成される (図 2) (注1)。前者はステレオカメラの視差, カメラのフォーカス値などを利用することで測定可能である。一方, 後者については眼球形状の個人差, 眼鏡装着者の場合は眼鏡表面における屈折の影響等, 外界から測定困難な各種要素に起因する誤差のため, キャリブレーションが必要となる。従来は画面上に表示された 5 から 20 点のマーカを順次注視し, マーカ位置と算出した注視点のずれに基づき視線ベクトルの補正をおこなっていた。

視線インタフェースを現実的なものとするためには, キャリブレーションに要する手間の軽減がもっとも重要な課題であった。

3. 眼球モデルに基づく視線測定法

我々は視線測定の手間を極力軽減することを目標として, 2 点のみのキャリブレーションで視線ベクトルを推定する視線測定法を考案した。ユーザは利用時に画面上の 2 点を順次見るだけで良い。また, キャリブレーション結果はファイルに保存可能であり, この場合は次からキャリブレーションが不要である。

本手法は眼球の 3 次元形状モデルを用いて視線ベクトルの推定を極力正確におこない, その後のキャリブレーション

における視線ベクトルの補正を簡略化している。視線ベクトルの算出手順は, ブルキニエ像の位置に基づく角膜曲率中心の算出, 瞳孔輪郭に基づく瞳孔中心の算出などから構成される (詳細は [4] 参照)。このとき, カメラ中心と近赤外線光源の位置ずれ補正, 角膜表面における屈折の補正などをおこなっている。従来の視線測定法では, これらの要素はキャリブレーションによって補正される。そのため補正処理が複雑になり, 必要なパラメータを取得するために多数のマーカを注視する必要がある。本手法はキャリブレーションにおいて視線ベクトルの方向に関する一次補正のみをおこなっており, キャリブレーションに用いるマーカは 2 点でよい。

考案した視線測定法に基づき試作したシステム "FreeGaze" を図 3 に示す。FreeGaze は近赤外線カメラおよび近赤外線 LED から構成されており, Windows 2000 を搭載した PC に接続されている。サンプリングレートは 30 フレーム/秒, 視線測定精度は視角 0.8deg 程度である。

4. 今後の課題と展望

本稿では, 視線インタフェースへの利用を前提として考案した, 2 点のキャリブレーションのみで視線測定が可能な視線測定法について述べた。

試作した FreeGaze はカメラの方向およびフォーカスが固定であるため, 撮影可能範囲が上下左右に 4cm, 前後に 2cm 程度であり, 頭部位置に関する制約が厳しい。この点については, 改良を検討している。

FreeGaze の利用範囲は視線インタフェースだけではなく, これまで視線測定が困難であった, 対話場面における視線測定 [1] 等も含む。今後, 様々な場面の視線測定に活用し, 視線測定の可能性を一層追求していく予定である。

謝 辞

視線に関する一連の研究をご支援頂く 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および同研究所メディア情報研究部の村瀬洋部長に感謝します。

文 献

- [1] 深山篤, 大野健彦, 武川直樹: 視線測定による遠隔地映像対話の解析, 信学技報 HIP(2002/12 掲載予定) (2002).
- [2] Jacob, R. J. K.: What You Look At Is What You Get: Eye Movement-Based Interaction Techniques, *Conference Proceedings on Human Factors in Computing Systems (CHI '90)*, ACM Press, pp. 11-18 (1990).
- [3] 大野健彦: IMPACT: 視線情報の再利用に基づくブラウジング支援法, *インタラクティブシステムとソフトウェア WISS 2000* (暦本純一 (編)), 近代科学社, pp. 137-146 (2000).
- [4] Ohno, T., Mukawa, N. and Yoshikawa, A.: FreeGaze: A Gaze Tracking System for Everyday Gaze Interaction, *Proceedings of Eye Tracking Research & Application (ETRA2002)*, pp. 125-132 (2002).
- [5] Salvucci, D. D. and Anderson, J. R.: Automated Eye-Movement Protocol Analysis, *Human-Computer Interaction*, Vol. 16, pp. 39-86 (2001).

(注1): 眼球の 3 次元位置を利用しない手法もあるが, 眼球位置が変化した場合に対応できない。