

視線検出技術による パソコン操作のアシスト

Eye Tracking Technology to Assist PC Use

● 小暮貴史 ● 古謝伸之 ● 小田切淳一 ● 中島 哲

あらまし

近年、富士通はICT活用による「ヒューマンセントリック・インテリジェントソサエティ」を掲げ、従来のシステム中心から人間中心の考え方にシフトし、新たな情報ネットワーク社会の実現に取り組んでいる。ICTが人間の行動やニーズを理解し、先回りして必要な情報をさりげなく提供する仕組みに焦点を置いており、その一環として、富士通は「Sense YOU Technology」と称したユーザモニタリング技術を開発し、自社のパソコンに対して機能を提供してきた。人間の視線は人の思いや行動に通じていると言われており、富士通と富士通研究所は、人の状態をモニタリングする「視線検出技術」の開発に取り組んできた。これにより、安価かつ小型のカメラと近赤外LEDを用いてパソコンのデザイン性も損なうことなく内蔵することが可能となった。

本稿では、視線検出技術に関する要素技術と特徴、および適用例と今後の展望について紹介する。

Abstract

In recent years, with the vision of a Human Centric Intelligent Society using information and communications technology (ICT), Fujitsu has been shifting from conventional computer-centric ways of thinking to human-centric ways of thinking and working to realize a new information network society. As part of our focus on ICT systems which can comprehend users' actions and needs to proactively and subtly supply the required information, Fujitsu is developing a user-monitoring system called "Sense YOU Technology," which is installed on our computers. It is often said that our eyes are the window to our souls (thoughts and actions). Fujitsu and Fujitsu Laboratories have developed eye tracking technology which can monitor the user's state. Using a small, low-cost camera and near-infrared light emitting diode (LED), we have developed miniature eye tracking technology which can be embedded in the frame of a PC without detracting from its design. In this paper, we introduce the essential elements of eye tracking technology, its features, applications, and future scope.

ま え が き

近年、富士通はICT活用による「ヒューマンセントリック・インテリジェントソサエティ」を提唱している。クラウドやビッグデータ分析などの最新技術を駆使することで、従来のシステム中心から人間中心の考え方にシフトし、ICTが人間の行動やニーズを理解し、先回りして必要な情報をさりげなく提供する仕組みに焦点を置いている。その一環として、富士通は「Sense YOU Technology」と称したユーザモニタリング技術を開発し、自社のパソコンへ展開している。従来、パソコンの操作は、ユーザが操作方法を学習し、パソコンが分かるように指示するものであったが、ユーザモニタリング技術の概念は、パソコンがユーザのしたいことを理解し、先回りしてさりげなくサポート・アシストする形でユーザに近づくことで「人に優しく」を実現するものである。Sense YOU Technologyでは、ユーザの離席/着席を検知することで、画面の自動消灯/復帰や継続認証⁽¹⁾、⁽²⁾を応用して動画を自動再生や一時停止させる「おまかせポーズ機能」(図-1)、PCの長時間使用をお知らせしてくれる「休憩おすすめタイマー機能」を提供している。

「目は口ほどにものを言う」と言われるとおり、人の思いや行動は目の動きに通じていると言われている。⁽³⁾⁻⁽⁵⁾このことに焦点を当て、より人の状態や更には内面をモニタリングするべく、視線検出技術の開発に取り組んできた。本稿では、視線検出技術の概要と、ユーザの状態をモニタリングしてさりげなくアシストする応用例として、視線検出結果を応用したユーザインタフェースを紹介する。



図-1 おまかせポーズ機能

パソコン向け視線検出技術

● 開発の背景

ユーザの負担が少ない新しいインタフェースが期待されている。視線検出技術は、ユーザのしている場所を把握し、その視線の位置に応じてパソコンの操作をアシストする。例えば、ユーザが見ている場所に応じた画面の自動スクロールや表示の拡大(ズーム)などの操作が挙げられる。しかし、既存の視線検出装置はサイズが大きい専用のカメラとLED(視線光学系)が必要なことからコストも高く、また用途も限られるといった傾向にあり、一般のパソコンには普及していないのが現状であった。

● 視線検出技術の原理

ゴーグルなどを装着せずに非接触で高精度に視線方向の算出が可能な方法として、カメラとLEDからなる光学系を用いる角膜反射法が知られている(図-2)。⁽⁶⁾この方法では、目に見えない近赤外光をLEDから眼球に照射した上で、カメラで撮影した目の画像を解析することで視線方向の算出を行う。視線方向によって位置が変わる瞳孔と、前述の近赤外光照射により生じた眼球の表面(角膜)での反射を検出する。反射の位置は視線方向にはほぼ影響を受けないため、瞳孔と角膜反射の二つの位置関係から視線方向を算出することが可能となる(図-3)。

● パソコン搭載の課題

従来の視線検出装置は、明瞭な目の画像を得るために、高価でサイズが大きい高性能な視線光学系を使用しており、更に得られた画像から瞳孔や角膜反射を画像処理で検出するための専用チップ

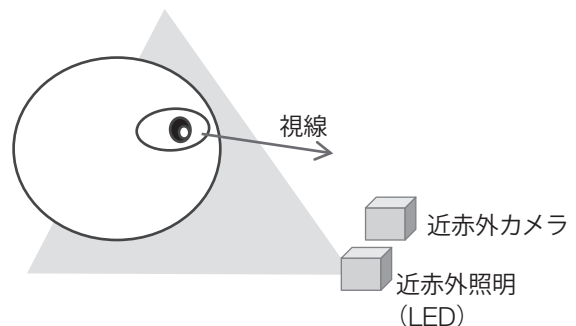


図-2 角膜反射法の光学系

が必要であった。コンシューマ向けパソコンなどに視線光学系を搭載し実用化するには、パソコン筐体のデザインを損なわないようにそれらを内蔵し、かつ低コストで実現することが必須要件となる。しかし、このような小型かつ低コストのカメラやLEDではカメラの感度やLEDの発光強度が弱くなり、目の中の瞳孔が不鮮明になり、また、角膜反射も微弱になるという問題点があった。このため、画像処理としては、このような画像からでも正確に瞳孔や角膜反射を検出して視線の位置を算出することが課題となった。

開発技術

● 視線光学系

視線光学系をパソコンの筐体に搭載するには、低コストの部品構成、および薄型化を実現する必要がある。このため、今回、パソコン用の内蔵カメラとして広く流通している汎用的な小型カメラとLEDを採用し視線光学系を構築した。この結果、

瞳孔と角膜反射の例

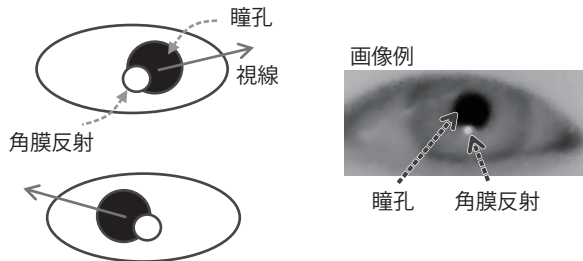


図-3 瞳孔・角膜反射と視線の関係

パソコンの筐体に搭載可能な、7 mmという厚さの小型視線検出用モジュールを実現することができた(図-4)。

また、カメラで撮影した画像からの視線検出処理はパソコンのCPUで演算(ソフトウェア処理)することでハードウェアの全体のコストを最小限に抑えている。

● 画像処理

前記のとおり、視線検出モジュールの低コスト化が実現できた反面、得られた画像が不鮮明になる場合があり、この結果、瞳孔や角膜反射の位置を正確に決定できなくなる場合が発生する。この課題に対して、瞳孔や角膜反射の候補を余さず抽出、それらの中から整合性を評価して最適なもの

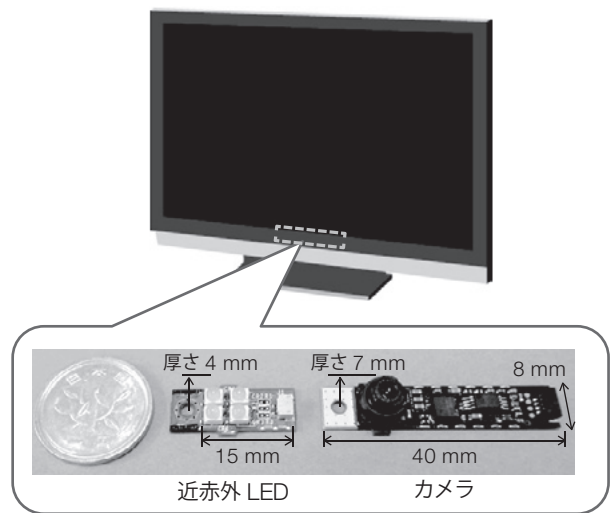


図-4 開発した視線光学系

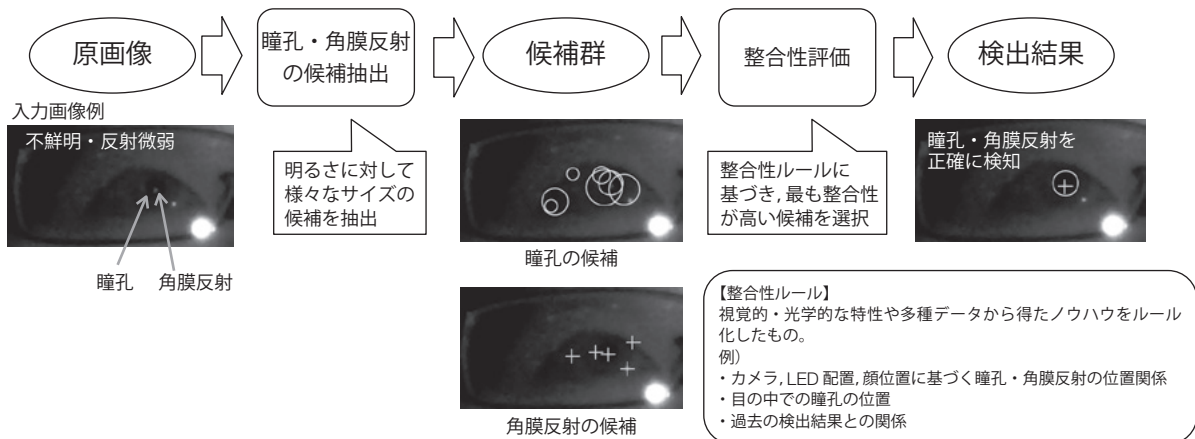


図-5 瞳孔・角膜反射の候補抽出と整合性評価

を選出，といった二つのステップによって解決した(図-5)。これらを以下に詳しく記載する。

(1) 瞳孔・角膜反射の候補抽出

まず，取得画像から各種手法で目領域を特定後⁽⁷⁾，この目領域内から瞳孔・角膜反射の候補を抽出する。この際に，近赤外光の波長領域では瞳孔は目の中で他部分に比べて暗いこと，角膜反射は逆に他部分に比べて明るいことなどの条件を設定し，目領域の中から条件に見合った候補を抽出する。瞳孔は周囲の明るさによってサイズが変動するため，それも考慮して様々なサイズの候補を抽出し，検出漏れを防ぐ。

(2) 正しい候補の絞り込み(整合性評価)

抽出した候補の中から，カメラ・LED・顔位置との関係や直前の瞳孔サイズなどから定めた整合性のルールを適用し，最も整合性が高い候補へ絞り込む。例えば，瞳孔サイズは前後のフレーム間で急激に大きくサイズが変わることは通常ないため，直前のフレームと最新のフレームで瞳孔サイズの差が大き過ぎないということが一つのルールとなる。こういったルールの適用により，正確に瞳孔と角膜反射を検知し，それらの位置関係から視線方向を算出する。

このように，低コストかつ小型の視線検出モジュールと瞳孔・角膜反射検出技術をはじめとした独自の画像処理技術を組み合わせることで，パソコンに搭載可能な視線検出技術を完成させることができた。

アプリケーション

開発した視線検出技術は，2012年10月に視線の動きで画面の操作をアシストすることができる「視線アシスト機能」として，FMV ESPRIMO FH98/

JD⁽⁸⁾に搭載した(図-6)。

このアシスト機能としては，以下のようなものがある(図-7)。

(1) Windows 8のチャーム表示

Windows 8では新たに「チャーム」といった機能が搭載されている。この機能は，通常は画面には表示されていないメニューを，何通りかのユーザ操作(例えばマウスカーソルを画面右端の上下に移動する，画面の右端を内側にフリックするなど)によってポップアップで表示するものである。この機能も新たに追加されたものであり，タッチパネルの場合，キーボードやマウスの場合などそれぞれ操作方法が異なっている。ユーザはそれぞれの操作方法を知り，覚えなくてはならないが，視線検出技術を応用し，画面に表示される位置を一定時間注視することで，自動的にチャームを表示させる。これにより，ユーザは，画面のある位置を見るだけといった自然な仕草でメニューを表示することができるため，操作の負担を軽減できる。



図-6 視線アシスト機能を搭載した FMV ESPRIMO FH98/JD

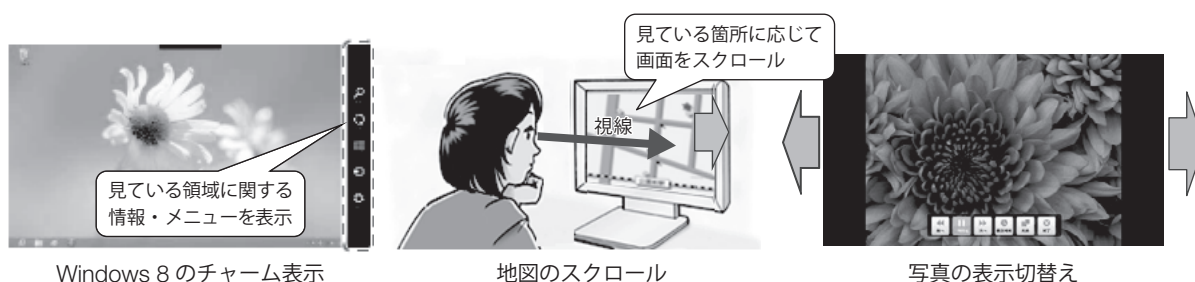


図-7 製品搭載された各種アプリ

(2) 地図アプリでのスクロール

Windows 8では、地図アプリが標準で搭載されている。地図アプリでは、表示エリアのスクロールや表示の拡大や縮小がよく行われる操作である。通常、スクロールはマウスの移動やタッチパネルで指をスワイプするといった操作で行われる。視線検出技術を応用すると、ユーザが見たいと思っている方向に画面をスクロールさせることができる。

(3) 写真閲覧アプリでの写真の表示切替え

一般的に表示されている写真の切替えは、画面に設置されているボタンで操作するか、タッチパネルの場合は指を使って払う操作（タップやフリック）が必要となる。視線検出技術を応用すると、ユーザは左右の端を見ることで自動的に前後の写真の表示を切り替えることが可能となる。

む す び

今回開発した視線検出技術によって、パソコンがユーザの行動や状態を理解し、操作を先回りしてアシストすることや、複雑な操作をサポートすることを実現した。

今後も既存の機能の強化を進めるとともに、ユーザの興味や関心を捉えて、ユーザにとって優しいインタフェースを搭載したパソコンを提供していきたい。

参考文献

- (1) K. Niinuma et al. : Continuous user authentication using temporal information. Proc. SPIE, Vol.7667, 2010, p.76670L1-11.
- (2) K. Niinuma et al. : Soft Biometric Traits For Continuous User Authentication. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security (TIFS)*, Vol.5, No.4, p.771-780 (2010).
- (3) S. Martinez-Conde et al. : Windows on the Mind. *SCIENTIFIC AMERICAN*, Vol.297, No.2, August 2007, p.56-63.
- (4) 荻阪良二ほか：眼球運動の実験心理学。名古屋大学出版会，1993。
- (5) 阪田真己子：眼は口ほどにモノを言う — 眼球運動計測の研究事例。神戸大学表現文化研究会（2006）。
<http://www.lib.kobe-u.ac.jp/repository/81002872.pdf>
- (6) A. Duchowski : Eye Tracking Methodology. Springer, 2007.
- (7) S. Picard et al. : Eye Corner Detector Robust to Shape and Illumination Changes. *IUI'13 Companion*, ACM, 2013, p.79-80.
- (8) 富士通：Windows 8搭載の個人向けパソコン、タブレット製品を新発売。
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2012/10/19-1.html>

著者紹介



小暮貴史 (こぐれ たかし)

パーソナルビジネス本部プラットフォーム開発統括部 所属
現在、パソコンの次世代UI開発に従事。



小田切淳一 (おだぎり じゅんいち)

メディア処理システム研究所イメージコンピューティング研究部 所属
現在、視線検出技術関連の研究開発に従事。



古謝伸之 (こしゃ のぶゆき)

パーソナルビジネス本部第二PC事業部 所属
現在、液晶一体型パソコンの開発に従事。



中島 哲 (なかしま さとし)

メディア処理システム研究所イメージコンピューティング研究部 所属
現在、視線検出技術関連の研究開発に従事。