角膜イメージング法による 視覚推定とその将来展望

中澤篤志

視線検出(アイトラッキング)とは

「目は口ほどものを言う」と言われるように、人の注視行動は、認識、意図や心の動きなど、様々な情報を含んでいる。このため、視線情報は学術的にも、商用的にも、多くの利用用途があり、近年注目されている生体情報である。

視線情報はコンピュータサイエンスのみならず、基礎科学分野でも急速に利用されるようになって来ている。近年では、特に心理学や医療での利用が盛んである。心理学では人の情動や認知、コミュニケーション理解、乳幼児の発達理解、日本で特に盛んである霊長類の理解などが挙げられる。医療利用としては、発達障害の診断や、手術中・診断中の医師の視線計測や情報提示などが挙げられる。

人の目の動きをとらえる技術は視線計測(Eye Gaze Tracking)と呼ばれ盛んに利用されているが問題点もある。現在広く用いられているPupil Center Corneal Reflection (PCCR) 法はシステム利用前に校正(キャリブレーション)が必要であり、また頭部装着型の場合、装置と頭部がズレると精度が落ちるドリフト現象もある。これらの問題が解決できれば、視線情報の更なる利用普及や適用範囲の拡大に貢献できる。

角膜イメージング法

これらの問題を解決するために我々が取り組んでいる方法が、角膜イメージング法による視覚推定法である^[1]。角膜イメージング法はNishinoらにより2006年に提案された概念であり、角膜の表面に写る反射像を撮影・解析することで、シーンの情報を獲得する^[2]。

人の目を撮影すると、周りの環境からの光が反射しているのが観察できる。これは、環境からの光が目(角膜)の表面で反射し、カメラに撮像する現象である。角膜イメージングの基本的アイデアは、画像解析により目の画像から3次元の眼球位置姿勢を求めることで、環境からの光が角膜表面でどのように反射し結像したかを逆追跡し、目の画像から環境の状況を観察する試みである。図1に目の反射画像と再構築された環境の画像(光線マップ)と対応するシー

図1 角膜イメージング法によって得られたシーンの光線マップ
左：角膜反射画像 中央：光線マップ 右：シーン画像

ン画像を示す。

角膜イメージング法による 注視点推定

この原理を利用すると、目の画像を撮影するだけで人が何を見ているかを求めることができる。図2に示すように、光の逆計算を行うと人の視線方向から来る光が眼球表面上のどこで反射するかが計算できる。この点をGaze

Reflection Point (GRP) と呼ぶ。すなわち、角膜表面画像上のGRPに対応する点が人の注視点であると推定できることになる。

この方法は従来法に比べ以下のようなメリットがある。まず、角膜表面反射像に写った像がそのまま注視点となるため、PCCR法で存在するパララックス誤差の問題が存在しない。次に、校正が無くても注視点を推定でき、ドリフト問題も生じない。これらの利点から、「装着すればすぐに使える」視線計測システムを構築できる

ため、モバイルシステムや機器を頭部に装着するのが難しい乳幼児の注視行動に適している。

視覚認識による人間力と 社会力の強化

視線に代表される人の視覚情報は、個人の能力（人間力）を強化するとともに、人と人との関係や人と環境との関係（社会力）も強化する

図2 角膜イメージング法での眼球表面反射モデルと注視点推定の原理
(本図では説明の簡略化のため視線は眼球光軸と一致するとしている)

図3 角膜イメージングカメラ。眼球の表面反射を近接から計測する。

強力なツールである。その例として、我々は現在開発している「モバイル角膜イメージングカメラ」を取り上げる（図3）^[3]。本システムは、従来は実験室環境などでのみ利用可能であった視線情報をモバイルデバイスとして実装し屋外環境で使用することで、コミュニケーションの促進や都市環境のデザインなどによりよい社会環境などの実現に役立てることを想定している。

従来の視線検出システムに比べ、角膜イメージング法を用いることでより多くの視覚情報を得ることができる。目に入射する全ての方向の光を捉えることが可能なため、人の注視「点」情報のみで無く、周辺視野も含めた情報を得ることができる。我々は、角膜表面での光の反射角を計算することで、人の目の画像から人が周辺視野の何度程度で環境中の物体を見ているかを計算できる。これにより、様々な環境で、容易かつ安価に周辺視野情報を提供することを可能にする。周辺視野の理解は、自閉症の理解や動物の視覚認知能力の調査にも役立つと考えられ、学術的にも、工学応用としても、発展性の高い技術である。

PROFILE

中澤篤志
(なかざわ あつし)
京都大学大学院情報学研究科准教授
専門: コンピュータビジョン、視線計測、
ロボティクス、コンピュータアニメーション

参考文献

- [1] Nakazawa, A.; Nitschke, C. Point of gaze estimation through corneal surface reflection in an active illumination environment. Proc. European Conference on Computer Vision (ECCV); Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, 2012; ECCV' 12, pp. 159-172.
- [2] Nishino, K.; Nayar, S.K. Corneal Imaging System: Environment from Eyes. Int. J. Comput. Vision 2006, 70, 23-40.
- [3] Nakazawa, A., Nitschke, C., Nishida T., Non-Calibrated and Real-Time Human View Estimation Using a Mobile Corneal Imaging Camera, First International Workshop on Wearable and Ego-vision Systems for Augmented Experience (WeSAX), 2015.