

非球面角膜モデルを用いた視線計測手法の提案

岩本 由貴奈[†]菅野 隆一[†]長松 隆^{††}鎌原 淳三^{††}山本 倫也^{†††}神戸大学海事科学部[†]神戸大学大学院海事科学研究科^{††}関西学院大学理工学部^{†††}

1. はじめに

人間の視線は、操作対象や関心、意図などを反映する。両手が使えないような環境等、視線で操作できるインターフェースがあれば、このような環境でも機器を利用することができる。

本研究では、角膜反射を利用したビデオベースの視線計測について非球面角膜モデルに基づく手法を新たに提案する。

一般的に視線計測装置は、利用前に個人毎に画面を注視する校正作業を行うが、本研究では、1点のみで行う手法を対象とする。1点校正を行う従来の手法では、角膜を球面とモデル化しており、眼球が大きく傾いたとき、誤差が大きくなる問題があった¹⁾。

本研究では、非球面モデルを新たに提案し、カメラ2台と赤外線LEDを利用してプロトタイプシステムを開発した。

2. 眼球構造

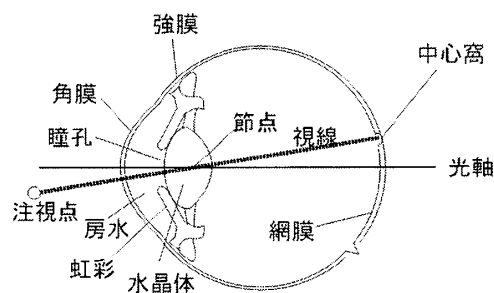


図1 眼球構造

図1に眼球構造を示す。人がある点を注視するとき、注視する物体からの光線が網膜内の最も解像度の高い領域である中心窩に到達する。このとき、人が注視している点を注視点、中心窩と注視点を結ぶ線を視線(眼球の視軸)と呼ぶこととする。

Proposal of a Gaze Estimation Method Based on an Aspherical Model of the Cornea

Yukina Iwamoto[†], Ryuichi Sugano[†], Takashi Nagamatsu^{††}
Jyunzo Kamahara^{††}, Michiya Yamamoto^{†††}

[†] Faculty of Maritime Sciences, Kobe University

^{††} Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University

^{†††} School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

また、眼球の幾何学的な中心軸を光軸と呼ぶこととする。

3. 非球面角膜モデルを用いた視線計測手法

従来の手法¹⁾では、角膜を球面とモデル化しているが、人間の眼球の角膜は本来非球面である。そこで本研究では、非球面(眼球の光軸を中心とした回転面)角膜モデルを提案する。

図2に、このモデルを用いて赤外線LEDを眼球に照射し、カメラ j で撮影する際の図を示す。角膜曲率中心 A 、瞳孔中心 B 、点光源 L_j 、カメラ中心 C_j 、イメージセンサ上にある点光源の反射像(第1プルキニエ像、以下プルキニエ像) P'_j 、及び瞳孔中心 B'_j を含む平面は式(1)により表せる。 j はカメラの番号を示し0,1である。カメラを2台利用するため、この平面は2つできる。この平面同士の交線が、光軸 d である。ただし、 L_j と C_j は同一位置にあるとし、事前にカメラキャリブレーションにより求めておく。

$$\{(C_j - B'_j) \times (P'_j - C_j)\} \cdot (X - C_j) = 0 \quad (1)$$

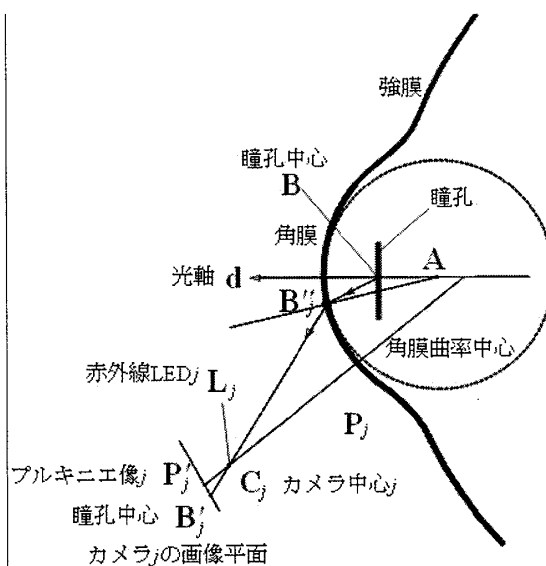


図2 非球面角膜モデル

それぞれのカメラに取り付けられた赤外線LEDを眼球に照射し、カメラで撮影した画像を図

3 に示す。周囲より暗い楕円領域を瞳孔とし、瞳孔中心 B'_j から最も近い 2 つの輝点をプルキニエ像と推定する。このうち、左側のカメラの場合は右側、右側のカメラの場合は左側のプルキニエ像が P'_j となる。これより、式(1)を用いて光軸を求める。光軸と視軸のずれは、2)の手法よりディスプレイ中央の 1 点をユーザに注視させて求める。角膜曲率中心は 4)の手法により求める。

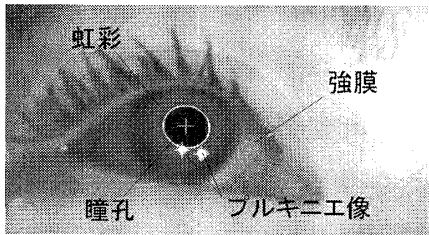


図 3 赤外線撮影した眼

4. 開発と評価

提案したモデルを用いてプロトタイプシステムを開発した。Windows パソコン (Windows XP)、35mm レンズの IEEE-1394 デジタルモノクロカメラ (752×480 ピクセル (CMOS)) を利用した。ディスプレイは 17 インチである。ディスプレイの下方に赤外線 LED を装着した 2 台のカメラを設置した (図 4)。ソフトウェアは OpenCV を用いて開発した。

次にプロトタイプシステムの評価を行った。ディスプレイから眼球までの距離を 500mm とし、ディスプレイに表示されるマーカ 25 点を注視して、データを記録した。その際、カメラと光源のセッティングが本手法と同じで、球面角膜モデルを利用した Chen らの手法による計算も同時に行い、本手法との比較を行った。

計測結果を図 5 に示す。座標はディスプレイ座標系を示している。格子点は注視するマーカを表示した位置である。その結果、著者らが開発した非球面角膜モデルは、球面角膜モデルに比べてディスプレイ左上端において、注視点を精度良く計測できていることがわかった。左上を注視した時の眼の様子を図 6 に示す。眼球が大きく傾くと、プルキニエ像が虹彩と強膜の境に達し、球面モデルでは計算に大きなずれが生じるため誤差が大きくなっている。

5. まとめ

本研究では、非球面モデルを新たに提案し、カメラ 2 台と赤外線 LED を利用してプロトタイプシステムを開発した結果、球面モデルに基づく手法と比較し、注視点を精度良く計測することが可能となった。



図 4 プロトタイプシステム

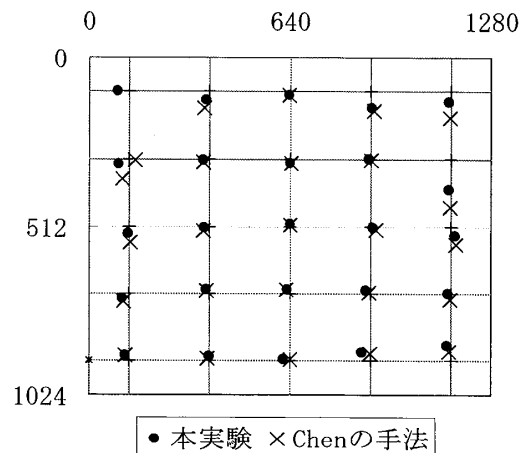


図 5 Chen との計測結果比較

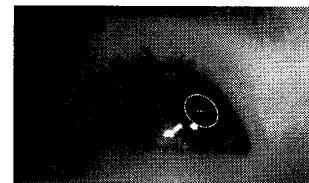


図 6 左上注視している眼

参考文献

- 1) Shih, S.-W., and Liu, J., : A novel approach to 3-D gaze tracking using stereo cameras, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B*, Vol.34, No.1, pp.234–245(2004)
- 2) Nagamatsu, T., Kamahara, J. and Tanaka, N. : 3D Gaze Tracking with Easy Calibration Using stereo Cameras for Robot and Human Communication, *In Proceedings of IEEE RO-MAN 2008*, pp. 59-64(2008)
- 3) Chen, J., Tong, Y., Gray, W., and Ji, Q. : A robust 3D eye gaze tracking system using noise reduction, *In Proceedings of the 2008 Symposium on Eye Tracking Research & Applications*, pp.189–196(2008)
- 4) Nagamatsu, T., Iwamoto, Y., Kamahara, J., Tanaka, N., and Yamamoto, M.: Gaze Estimation Method based on an Aspherical Model of the Cornea: Surface of Revolution about the Optical Axis of the Eye, *In Proceedings of the 2010 Symposium on Eye Tracking Research & Applications*(2010, to appear)