

デジタル動画画像を用いた 視線計測システムに関する基礎的研究

北川悦司[†] 田中成典[‡] 古田均[‡] 杉町敏之[†] 遠藤篤[‡]

関西大学大学院[†] 関西大学総合情報学部[‡]

1. はじめに

近年，情報技術の発展に伴い様々な用途でコンピュータが利用されるようになった．その反面，コンピュータの操作が複雑化しており，ユーザが簡易に操作できる入力デバイスが望まれている．最近では，視線方向を用いた入力デバイスが注目を集めている．視線を検出する手法としては，画像処理[1]を用いる手法が着目されており，角膜表面での反射光を検出する角膜反射法[2]や赤外線による瞳孔とプルキニエ像の相対位置視線計測法[3][4]などがある．しかし，これらの手法では，赤外線といった特殊な装置を必要とするため，システムの汎用性がないという問題[2]がある．そこで，本研究では，市販されているデジタルビデオカメラで撮影した映像を用いて，安価で高精度に視線方向を計測できるシステムの開発を目指す．

2. システムの概要

本システムでは，デジタルビデオカメラで撮影した顔領域のビデオ映像を入力データとし，視線方向を計測する．本システムは，図1に示すように，1) 瞳領域矩形抽出機能，2) 瞳孔追尾機能，3) 視線方向判定機能の3つの機能により構成される．

2.1 瞳領域矩形抽出機能

本機能では，ビデオ映像の顔領域から視線を計測するために必要な瞳の位置を抽出する．まず，顔の移動や回転に対しても瞳領域が抽出できる手法[5]を利用して瞳領域を抽出し，瞳孔を推定する．次に，推定した瞳孔が重心となる矩形を処理範囲とする．矩形は，抽出した瞳領域の目頭，目尻，上瞼，下瞼の座標値を用いて，瞳領域より大きい範囲で作成する．

2.2 瞳孔追尾機能

本機能では，処理範囲となる瞳領域矩形をフ

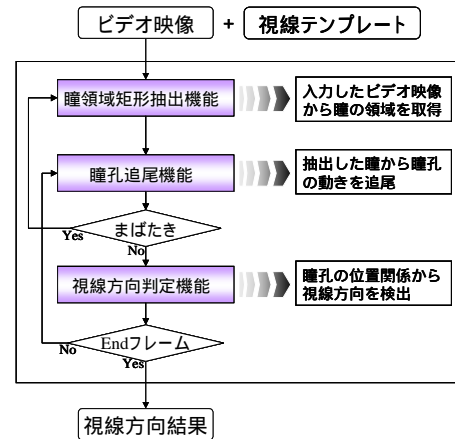


図1 システムの流れ

レーム毎に作成し，瞳孔を追尾する．まず，瞳領域矩形抽出機能により抽出した処理範囲に二値化処理と収縮・膨張処理を行い，角膜領域を抽出する．次に，抽出された角膜領域の重心を求め，その重心を瞳孔とする．最後に，推定した瞳孔が重心となる矩形を新しく作成し，次フレームの処理範囲とする．この処理を最終フレームまで繰り返すことにより瞳孔を追尾する．なお，まばたきにより瞳孔が隠れてしまい追尾が不可能になる場合，まばたきの平均時間が約0.2秒であり，ビデオカメラのフレームレートが30フレーム/秒であるため，瞳孔追尾が不可能であったフレームから6フレーム進める．そして，再び瞳領域矩形抽出機能を行い，瞳領域を抽出して追尾を再開する．

2.3 視線方向判定機能

本機能では，テンプレートマッチングを用いて，正面，上下左右，斜めの9方向の視線方向を計測する．まず，処理フレームの瞳領域における角膜の位置関係に対して，テンプレート画像とのマッチングを行う．この場合のテンプレート画像は，あらかじめ用意した視線方向の情報を持つテンプレート画像を利用する．9方向のテンプレート画像の例として，正面，左上，左，左下の4枚を図2に示す．次に，9方向のテンプレート画像から，最も近似している画像を決定し，視線方向を計測する．

A Fundamental Research on Eye-Gaze Calculation Using Video Camera

[†]Etsuji Kitagawa, Toshiyuki Sugimachi
Graduate School of Informatics, Kansai University, 2-1-1
Ryouzenji-cho Takatsuki-shi, Osaka 569-1095, Japan

[‡]Shigenori Tanaka, Hitoshi Furuta, Atsushi Endoh
Faculty of Informatics, Kansai University, 2-1-1 Ryouzenji-
cho Takatsuki-shi, Osaka 569-1095, Japan



図2 テンプレート画像の例

3. システムの実証実験と考察

実証実験では、本研究で考案した手法の有効性を確認するため、テンプレートマッチングによる視線計測の精度の検証を行った。

3.1 実証実験

本システムの実証実験の条件として、カメラレンズと被験者の距離を約 800mm とした。また、瞳領域の誤抽出を減少させるために背景を無地とし、正面からのみ撮影を行った。瞳領域矩形抽出機能で用いた手法[5]の被験者に対する条件として、前髪が瞳領域及び眉毛にかからないようにした。システムの実行例を図3に示し、システムの実行結果を表1に示す。本システムでは、図3に示すように、下部にビデオ映像の画像を表示し、上部には抽出した瞳領域矩形の二値化画像を表示する。

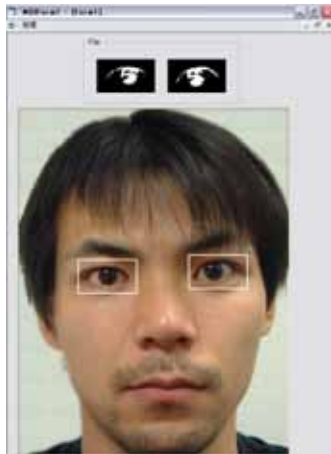


図3 システムの実行例

3.2 結果と考察

本システムの実験結果は、映像の総フレーム数に対して、約 77%の一致率であった。しかし、

まばたき補正処理によって省いたフレーム数を考慮した場合は、約 90%の一致率であった。この結果から、テンプレートマッチングを利用することで高精度に視線を検出することが可能であることがわかった。表1に示すように、A列は、ビデオ映像と視線方向の情報を持つテンプレート画像が一致し、視線方向を正しく計測したフレーム数とする。B列は、ビデオ映像の総フレーム数とする。D列は、まばたき補正処理によって省いたフレーム数とし、E列は、総フレーム数であるB列と視線計測を行わず省いたフレーム数であるD列の差とする。また、システムの有効性を検証するために求めた計算値のC列は、総フレーム数であるB列に対する一致率とし、F列は、視線計測を行ったフレーム数であるE列に対する一致率とする。

4. おわりに

本研究では、特殊な装置を用いず、視線方向を検出する手法を考案した。実証実験では、高精度の結果が得られ、本システムの有効性が実証できた。今後の課題として、斜めからの撮影やビデオカメラと被撮影者間の自由度に対応する必要がある。また、視線の点計測やリアルタイム処理の実現が考えられる。

参考文献

- [1]酒井幸市: Visual Basic & Visual C++によるデジタル画像処理入門, QR出版, 2002.10.
- [2]竹上健, 後藤敏行: 角膜反射像と虹彩輪郭情報を併用した視線検出法, 電子情報通信学会論文誌, 電子情報通信学会, Vol. J82-D-I, No.10, pp.1295-1303, 1999.10.
- [3]Takehiko Ohno, Naoki Mukawa, Atsushi Yoshikawa: FreeGaze: A Gaze Tracking System for Everyday Gaze Interaction, Proceedings of the Symposium on ETRA 2002, Eye Tracking Research & Applications Symposium, pp.125-132, 2002.7.
- [4]David S. Wooding, Mark D. Mugglestone, Kevin J. Purdy, Alastair G. Gale: Eye Movements of Large Populations: I. Implementation and Performance of an Autonomous Public Eye Tracker, Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, Psychonomic Society, Vol. 34, No. 4, pp. 509-517, 2002.11.
- [5]小林宏, 鈴木星子, 高橋久憲, 丹下明, 菊池耕生: 正面表情顔画像における顔器官輪郭の自動抽出, 日本機械学会論文集 C 編, 日本機械学会, Vol. 66, No. 648, pp. 2778-2783, 2000.8.

表1 システムの実行結果

	(A)	(B)	(C): A/B × 100	(D)	(E): B-D	(F): A/E × 100
	一致した フレーム数(枚)	映像の 総フレーム数(枚)	一致率(%)	省いた フレーム数(枚)	視線計測を行った フレーム数(枚)	一致率(%)
被験者A	295	397	74	66	331	89
被験者B	165	205	80	24	181	91
被験者C	183	233	78	30	203	90