

主論文審査の要旨

本論文は、カメラで撮影した目の画像から画像処理により視線方向を推定する手法および、それを応用した視線入力装置の開発について取り扱ったものである。現在、日常生活へのコンピュータの浸透を背景に、キーボードやマウスに代わる様々な入力装置の開発や研究が進められている。特に手が不自由なユーザに対しては視線による入力装置の開発が期待されている。すでに製品化されている視線入力装置も見受けられるが、高額であるために普及が進まず、健常者にとっても利用可能な実用的なシステムとはなっていないのが現状である。

本論文は、目に赤外線を照射せず安全で、簡易で低価格な、そして使いやすい視線入力装置の開発を目的としている。現在の製品化された装置の多くで採用されている赤外線方式では瞳孔が視線検出のための特徴として用いられるが、本論文で開発する入力装置では画像処理による検出が容易な虹彩輪郭を特徴として用い、虹彩中心の検出を行う。

本論文では、虹彩を検出するために原画像としてカラー画像を用い、カラーの HSI 空間中の S(彩度)と I(明度)の2つの空間上で閾値を設定し、虹彩候補領域を検出する色空間フィルタリングについて提案し、その有効性を示している。得られた領域からの虹彩輪郭と円形テンプレートとのパターンマッチングにより虹彩中心が求まるが、システムの実時間処理を図るためのパターンマッチングの高速化のための手法を提案している。虹彩中心の予測法およびパターンマッチングにおける階層的走査法の有効性を実験により明らかにし、リアルタイムの検出を実現している。

本論文では赤外線方式で用いられる瞳孔に比べて形状が大きな虹彩輪郭を利用するため、視線がディスプレイの周辺近傍に向けられた場合に、虹彩輪郭が目頭、目尻や睫毛の部分と同化(虹彩の目頭等への接近による検出領域の一体化)して検出される問題がある。虹彩輪郭検出方式によるシステムの普及のためには、その問題の解決が重要である。この問題を解決するために虹彩の直径の情報をを用いた切り出しを行う手法を提案し、実験によりその有効性を示した。

同化の問題を解決するための別のアプローチとして、視線方向に応じてパターンマッチングを行う円形テンプレートの区分領域を定め、その領域内でのみ虹彩輪郭とパターンマッチングを行う分割円形テンプレートによる手法を提案している。先に示した虹彩の直径の情報を用いた切り出しと分割円形テンプレートによるパターンマッチングの2つの手法の組み合わせから検出精度の比較実験を行い、特に虹彩の直径の情報をを用いた切り出しを行う手法が、同化に対して頑健性があることを明らかにし、水平方向の検出精度が 0.6 度、垂直方向が 1.3 度の検出システムを実現した。

視線入力装置の実現にあたっては、使いやすさの観点から、精度のみではなく、眼球運動の特性に配慮したマウスカーソルの制御が不可欠であり、カーソルの動きの安定化手法や瞬きへの対処方法を提案している。移動平均によるカーソルの動きの安定化のための最適な使用フレーム数、カーソル制御において外乱となる瞬きの影響の軽減のための瞬き検出機構とカーソルの動揺の抑制方法について、ユーザの課題遂行に要する時間やカーソルのぶれの観点から評価実験を行い、操作性の向上を実現した。

以上のように、本論文で開発した視線入力装置は赤外線のような特殊な装置を必要とせず、画像処理による虹彩輪郭の情報を用いた視線検出を可能としている。健常者における通常の利用環境であるディスプレイまでの距離 60 cm においても、一般的なアイコンと同程度のサイズである 60×60 画素の指標を十分に視線により指定できる精度を達成している。虹彩輪郭を視線検出の特徴として用いる方式では、同化の問題が生じるが、提案手法によるこの問題の解決は、装置の頑健性の実現のみでなく、将来の大画面ディスプレイの利用も可能にするものとして有効性が高い。小型ビデオカメラ、キャプチャーボード、パソコンという簡易な構成ながら、画像処理と信号処理の手法を用いて精度の高い視線入力インタフェースを実現しており、学術的および工学的に高く評価でき、学位を授与するに十分値すると認められる。

審査委員	情報電気電子工学専攻人間環境情報講座担当教授	内村 圭一
審査委員	情報電気電子工学専攻人間環境情報講座担当教授	井上 高宏
審査委員	情報電気電子工学専攻先端情報通信講座担当教授	趙 華安
審査委員	情報電気電子工学専攻人間環境情報講座担当准教授	緒方 公一