

研究主論文抄録

論文題目 画像処理を用いた虹彩中心検出による視線入力装置の開発に関する研究
(A Study on Development of Eye-Gaze Input System Using Iris Center Detection Based on Image Processing)

熊本大学大学院自然科学研究科 システム情報科学専攻 知能情報工学講座
(主任指導 緒方 公一准教授)

論文提出者 米沢 徹也
(by Tetsuya Yonezawa)

主論文要旨

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が見受けられるが、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た、虹彩中心検出による視線入力装置について取り扱ったものである。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、本視線入力装置では赤外線を目に照射しないために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る。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を検出し、その結果に基づいて、被験者前方のディスプレイ上に視線位置を推定し、マウスカーソルを移動するものとなっている。本論文では、虹彩候補領域を検出する色空間フィルタリング、実時間処理を図るためのパターンマッチングの高速化手法を提案している。また、ディスプレイ周辺に視線が向けられた場合に発生する、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に対しての解決法を提案している。更に、ユーザが視線によりマウスカーソルをコントロールする際の操作性の向上のために、移動平均によるマウスカーソルの平滑化、瞬き時のマウスカーソルの制御、意識的閉眼によるマウスクリック操作を実現し、それらの有効性を実験により検証している。

第1章では、研究の背景や本システム開発の重要性について述べている。次に、代表的な市販システムの価格と赤外線照射を行っているかどうかについて述べ、本研究の目的について述べている。

第2章では、視線位置検出処理のアルゴリズムについて述べている。本章では、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2値化することで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ている。I空間のみを用いた2値化処理に比べ、SとIの2つの空間を用いた2値化処理により虹彩候補領域の検出が良好となることを示している。2値化処理により得られた虹彩画像から虹彩以外の目頭、目尻、睫毛等を取り除くために水平方向、垂直方向の周辺分布の閾値処理を行う。閾値処理により得ら

れた虹彩画像から水平方向の虹彩輪郭を検出し、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得られる円形テンプレートの中心位置を虹彩中心として求める。また、本章では、実時間処理を図るためにパターンマッチングの高速化のための2つの手法を提案し、その有効性を実験により示している。キャリブレーションでは、ディスプレイ上に表示する5個の指標を用いて、円形パターンマッチングにより求まる虹彩中心の位置とディスプレイ上の視線位置との対応関係を求めている。キャリブレーション後の25個の指標における検出精度評価実験の結果、平均誤差が水平方向で1.78度、垂直方向で1.82度が得られ先行研究の結果とほぼ同程度の精度で検出できることを示している。

第3章では、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して検出される問題に対して、虹彩検出時における虹彩の直径による切り出しを行う手法を提案している。赤外線方式で用いられる瞳孔に比べ形状が大きな虹彩輪郭を利用する本装置の方式では、同化の問題の解決が装置の普及のためにも重要である。25個の指標における検出精度評価実験では、1名の被験者に対しての実験結果であるが、水平方向で23画素、垂直方向で14画素の誤差軽減効果があることを示し、その有効性を述べている。

第4章では、同化の問題を解決するための別のアプローチとして新しいパターンマッチングの手法について提案している。この手法は分割円形テンプレートによるパターンマッチング手法で、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分割領域を決め、決められた分割領域内でのみ虹彩輪郭とパターンマッチングを行うものである。虹彩の直径による切り出しを行う手法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4通りのパターンマッチングの手法を考えることができるので、本章では、これら4通りのパターンマッチング手法について検出精度の比較実験を5名の被験者に対して行っている。その結果、虹彩の直径による切り出しを行った後に、虹彩輪郭の全周にわたって円形テンプレートとのパターンマッチングを行う手法が、誤差軽減に最も効果があり、5名の平均値で水平方向が0.6度、垂直方向では1.3度の検出精度が得られることを示している。

第5章ではマウスカーソルのコントロールについて述べている。本視線入力装置では、カメラ座標とスクリーン座標の解像度の関係から視線のわずかな動きがディスプレイ上では大きな動きとして表れる問題や、瞬き時に虹彩中心の誤検出によりマウスカーソルが被験者の意思とは異なる位置に移動する問題があり、操作性悪化の要因となっていた。本章では、マウスカーソルの動きの問題に対しては移動平均を用いることによりマウスカーソルの動きがスムーズとなり操作性が向上することを実験により示している。瞬き時の虹彩中心の誤検出の問題に対しては、目の開き方による瞬き検出処理を行い、瞬き中にはマウスカーソルを瞬き直前の位置に静止する機能の実現により解決している。また、意識的閉眼によるマウスクリック機能を加え、マウスクリック直後にもマウスカーソルを静止させる機能によりマウスカーソルの動きの安定化を図っている。健常者の通常の使用環境であるディスプレイとの距離60cmにおいて、アイコンと同程度のサイズである60×60画素の指標を用いて、視線によりマウスカーソルを移動しクリックする実験によりこれらの機能の有効性を示している。

第6章の結論では、本システムの操作方法、各章の総括、今後の展望および課題について述べている。