

(別紙 2)

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 石黒祥生

本研究は、視線情報に基づくウェアラブルコンピューティング及びそのヒューマンコンピュータインタラクションに関するものである。視線情報は、外界に関する利用者の興味を示し、利用者の行動、たとえば文字を読んでいるのか、他人とアイコンタクトがあるのか、などを示唆する情報源である。本研究では、日常作業で装着できる眼鏡型の視線入力装置を新規に考案・実現し、それに基づいた各種のインタフェース応用について論じている。以下に、本研究の新規性および研究貢献を列挙する。

(1) 赤外反射フィルタと可視光遮断フィルタによる構成で、小型カメラを用いることで、誤差 1.49 度(標準偏差 1.04)で 30Hz,装着部の重さが 36g という従来約半分ほどの重量の視線認識装置を実現した。従来視線認識装置は、あらかじめ準備された実験環境下では精度が高く複雑で詳細な眼球運動を計測することができた。しかし、これらの装置は日常生活での利用を考慮していなかった。行動支援を行うためには実際の生活の中での視線計測が必要だが、従来機器では日常生活に支障なく視線情報を収集することが困難であった。本研究では赤外センサを用いた視線計測装置と、赤外反射フィルタを装着したレンズ、可視光カットフィルタを装着した小型カメラを用いた計測装置 2 種類を作成し、比較検討をおこなった。その結果、カメラを用いた視線計測装置では、瞳孔検出アルゴリズムの改善によりノイズの影響を低減することで、36g 程度と従来装置と比べ軽量で持ち運び可能な視線認識装置を実現した。実際に食事やドライブなど様々な実世界環境で計測を行い精度評価実験を行った結果、誤差 1.49 度(標準偏差 1.04), 30Hz での視線情報推定が可能であることを確認した。

(2) 視線情報を用いた展示ガイドシステムを作成し、従来システムとの比較実験を行うことで視線情報利用によって見たものに基づく解説が可能となり、分かりやすさや操作性に影響することを明らかにした。実際に視線情報を基に、カメラ映像から注視した人の顔や物、文字などを実時間で抽出することに成功した。まず、複数の環境で計測した結果、頭部カメラの中心と興味の対象の関連性は個人差が大きく、また状況によって異なるという結果を得た。その結果、頭部搭載カメラで撮影した映像中のどこを見ているかを推定するためには視線情報が必要であることを確認した。実際に視線情報を用いた行動支援の事例として、展示ガイドシステムを作成し、視線情報を用いない従来方式と比較することで視線情報利用の有用性を明らかにした。従来システムでは操作の簡単さと展示に対する説明の分かりやすさを両立することが難しかったが、視線情報を用いることで、見ている対象に関する音声ガイドの再生を簡単な操作で実現した。さらに見ている対象に基づく解説が可能になるため、同じ解説内容で

も、解説が分かりやすいなどの利点を確認した。

(3) 瞬目を約 99% の精度で認識し、小型軽量ながら、瞳孔検出アルゴリズムを改善することでユーザの読み動作を眼球運動により約 90% の精度で認識し、さらに視線に基づくシーンの抽出により、ライフログデータの閲覧性を向上した。記録した長時間の視線情報を用いることで従来のライフログデータから特徴的なシーンを抽出した。これまで加速度や音などの情報が利用されてきたが、本研究では抽出したシーンの表示に視線情報を利用することで、大規模ライフログデータの閲覧を効率的に行う手法を提案した。評価実験により、時間のみを利用するだけでなく注視などの情報に基づいた表示方法が効率的な閲覧に有効であることを確認した。

(4) 中心視野と周辺視野という人間の視覚特性の違いを利用することで、視界を阻害しない情報提示を実現した。情報の提示技術として現実空間に仮想物体を重畳描画することで、空間的作業を容易にする拡張現実感 (Augmented Reality; AR) 技術は活発に研究されており、現実空間に基づく情報提示が可能である。幾何学的整合性の高い重畳描画することで、現実と提示情報間の乖離を埋めることができるため、屋外活動などにおける活動の支援に利用可能である。しかし、従来の AR を利用する場合、View Management 問題が発生する。本研究では周辺視野への情報提示手法、Peripheral Vision Annotation を提案した。これは、周辺視野では中心視野に比べ詳細な情報を知覚することはできないが、色や単純な形状を理解することができ、時間的変化にはむしろ敏感であるという人間の視覚特性を利用している。視線情報に基づき、情報の詳細度を切り替えて提示することで、注視対象の現実空間を塞がずに注視情報の存在を知覚することができること評価実験を通して確認した。

以上のように、本博士論文では、常用可能な視線認識装置を実現することで、日常生活における行動支援において視線情報を利用可能にした。これにより、実験環境に依存しない計測を可能にした。視線情報を利用することで、提示情報がより理解しやすいなどの利点を実験により確認するとともに、視線による身体動作以外のユーザのコンテキストの推定について検討を行った。さらに日常的に記録することで、ライフログデータに対するシーン抽出へ応用し、視線情報と視覚特性を利用することで行動を阻害しない情報提示を実現するなど、視線に基づく行動支援を提案、実現した。これらの研究成果は従来のヒューマンコンピュータインタラクション研究やウェアラブルコンピュータ研究に新たな知見を与えるものであり、本審査委員会は、本論文が博士 (学際情報学) の学位に相当するものと判断する。