

審査の結果の要旨

氏名 李庭豪

近年ウェアラブルな電子デバイスが普及し、特にフィールドにおける作業での活用が広がっている。本論文「Study on Application Systems using Smart Glasses Aimed at Field Service Assistance」（フィールドサービス支援を目指したスマートグラス応用システムに関する研究）は、そのようなウェアラブルデバイスの中でも、眼鏡型の装置に注目し、フィールド作業支援用のアプリケーションを開発に関する研究を行ったものである。

まず第 1 章においては、このようなウェアラブルデバイスの動向をサーベイし、特に眼鏡型の装置に関して、それをフィールドで利用したアプリケーションに関する研究やシステム開発について調査を行っている。それらに基づいて、本研究の目的を設定した。本論文は、大きく 2 種類のテーマを扱っている。一つは、視線検出できるアイトラッカーという眼鏡を用いた研究で、もう一つは AR (Augmented Reality) グラスあるいは HMD (Head Mount Display) と呼ばれ、コンピュータの画像をシースルーの眼鏡に重畳できるものである。前者については、例えば工事現場などのフィールドを想定し、作業員の視線を追跡して評価するためのシステムを開発した。このようなフィールド作業は熟練を要するものが多く、熟練者がどのような個所に注目しているかという視線情報を初心者が共有することは重要である。3 次元環境での視線を記録・評価できるアプリケーションの開発を目標とした。一方、AR グラスを用いたものとしては、作業者が計画されたとおりに物体を並べるのを支援するアプリケーションを開発した。空間における物体の配置は、3 次元の CAD (Computer Aided Design) システムで与え、それを AR で提示し、作業者はその指示位置に実際の物体を置くというものである。二つの典型的な眼鏡型のウェアラブル装置によるアプリケーションの開発を目標とした。

第 2 章では、視線追跡グラスによる 3 次元の視線位置の記録を実現する手法について述べている。視線追跡とその記録に関しては、2 次元画像上で実施するものについては商用化されたものがあり、広く利用されている。しかし、工事現場などの広いフィールドでは 3 次元での記録が有効である。提案手法では、まず視線追跡グラスに内蔵されている環境を撮影するカメラで得られる動画に、SfM (Structure from Motion) の手法を適用して環境の 3 次元モデルを再構築する。さらに、その動画の各フレームと視線位置のデータをマッチングすること

に依って、視線を表す 3 次元空間の直線を計算し、その直線と上記の 3 次元モデルとの交点を求めることに依って視線の 3 次元位置を求める方法を提案した。さらに、熟練者と初心者などの視線を比較するために、一人目のカメラ画像と二人目のカメラ画像をマッチングすることによって、一人目の 3 次元モデル上に二人目の視点を重畳させる方法や、視点の分布を分かり易く表示するために拡散によってヒートマップ状に可視化する方法を提案している。これによって、家具などの置かれた複雑な環境でも視線の記録と複数者の比較ができるようになった。

第 3 章では、Microsoft HoloLens 50 という HMD を用いた配置を支援システムを実現する手法について述べている。本研究では、HoloLens には、3 次元空間のモデルを再構成する機能を利用して、実空間の物体の位置を検出し、それと CAD 空間の位置を比較することに依って、それらの差異を計算し、作業者に物体を配置すべき場所に誘導する。HoloLens 50 は商用化されてから様々なアプリケーションに利用されているが、そのほとんどがルームスケールのもので、本研究のように机の上のような狭い空間（デスクトップ空間）に適用しようとすると、解決すべきいくつかの問題があった。特に、3 次元空間のモデルがデスクトップ空間に対しては解像度が大きすぎ、物体の位置検出精度が非常に低下する。そこで本研究では、再構成前の深度情報（depth map）を利用することにした。しかし、depth map には様々なアーチファクトが含まれていて、しかも物体の形状や環境の状況に複雑に変化するという問題があった。これを前提として、物体の depth map と CAD モデルからの depth map の距離を安定に精度よく評価する方法を提案した。この方法をベースとして、HoloLens 上で動作する配置支援システムを開発し、また、デスクトップ上の配置・組立や居室内における配置問題に適用して、その有効性を確認した。

以上を総括するに、本論文は 2 種類の眼鏡型のウェアラブル装置を用いて、それぞれをフィールドで作業支援に利用するアプリケーションを開発するための手法を提案し、さらにアプリケーションを実装することによって実験評価を行っている。また、これらを通じてフィールド作業支援における眼鏡型ウェアラブル装置利用のための様々な知見も得られている。これらは、今後の更なる普及が期待されているウェアラブルアプリケーションに対して有益な成果といえる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。