

## 審査の結果の要旨

氏名 エナス ヨハン

本研究では、一定のアプリケーションにおいてヘッドマウンテッドディスプレイ(HMD)に替わる、映像投影技術による拡張現実感システムを構築した。拡張現実感技術は複雑な作業を行っている作業者をサポートとして非常に期待されている技術である。しかしながら、従来 HMD やウェアラブルコンピュータを毎日長時間装着することが必要であり、拡張現実感技術の普及の妨げになっていた。物体に情報を重畳する場合、拡張現実感の一般的な産業環境におけるアプリケーションでは、議論の対象となる物体に直接情報が投影する方法がしばしば用いられる。このようなシステムの最も大きな利点は、作業従事者が如何なる装置を身につけたり、手に持ったりすることなく対象物に対する重畳情報を目にするができる点である。したがって、作業従事者は拡張現実感システムに束縛されることなく作業を遂行することが可能である。さらに、作業従事者同士は、HMD で問題とされるアイコンタクトや、視線などのコミュニケーションチャンネルを隠すことがないため自然なノンバーバル・コミュニケーションをとることが可能である。

本研究の一方で、多くの先行研究ではビデオプロジェクターを正面の物体に直接投影する方法がとられており、それらのシステムは決められた投影面や投影視体積に利用が制限されている。本研究では、パン・チルト回転機構を有するビデオプロジェクターを利用することで、利用できる投影視体積を行う。制御可能なプロジェクターを利用する先行研究は存在するものの、本研究は静止した物体、動く物体の双方に対して情報を重畳するシステムとしてはさきがけたものである。さらに、ビデオトラッキング技術を磁気によるトラッキング技術に替えて採用することで、情報を投影する物体は自由に動かすことを可能としている。

情報重畳がなされる物体が一層遠い場所に位置していたとしても利用できるように、作業可能領域を拡張するため、映像投影方式による拡張現実感システムを複数のプロジェクターを用いたものに拡張した。システムのアーキテクチャとして、World Wide Web に匹敵する地球規模のスケールにまでシステムが成長可能するものと、その上でローカルなプロジェクターユニット間での高性能の協調を提供する二つの階層を構築した。地球規模のスケールでは、本システムはデジタルコンテンツを、物理的形狀を持つ雑誌や本、新聞と一緒に提供する利用法が考えられる。これらの印刷媒体に対しては、印刷時には掲載できなかった最新の情報を重畳表示することが可能である。ローカルなプロジェクターユニット間の協調動作は、投影情報の質を最適化するためにとっても重要である。開発した拡張現実感システムは、ランタイムにおいて個々の投影面に対し、どのプロジェクターユニットがその投影面に情報重畳を行うのに適しているのかを決定する。

どのプロジェクターユニットによる投影が最適か、定性的評価による決定を行うため、感性評価実験を実施し、投影距離と投影角度に従い被験者の知覚される投影映像の質を計算

する適当な評価関数を見積もった。

もう一つの重要な成果は、物体に映像を投影するアプリケーションの実装を比較的容易にする、アプリケーション・プログラミング・インタフェース(API)を開発したことである。API のフレームワークは、アプリケーション開発者に対して、プロジェクターユニットの制御に関するタスクを隠蔽するだけでなく、アプリケーションを異なるプロジェクターユニットの間でローミング可能とするために必要な機能を提供する。二番目のバージョンのAPIである‘Hydra Application’はさらに進んだ機能を提供する。このフレームワークを利用することで、アプリケーション開発者はいくつかのプロジェクターユニットを利用して物体の異なる面に対して情報重畳を行うことアプリケーションを容易に実装できるようになった。フレームワークがネットワークやマルチスレッドに関するタスク透過的に行うことで、開発者から隠蔽している。結果として、Hydra アプリケーションの開発は一つのユニットで動作するアプリケーションと同程度に簡単になった。さらに、アプリケーションに固有のデータ構造体(表示目的に使われる様々な表現データの代わりに関連する情報だけを持つ)がネットワーク転送されるため、追加のプロジェクターユニットを更新するのに要求されるネットワーク帯域は、通常、提示が一貫されていないといけない、OpenGL コマンドをネットワーク転送したり、複製されたシーングラフを利用したりするクラスターVR システムより低く抑えられている。

最終的に、映像投影技術による拡張現実感システムの潜在能力をデモンストレーションするいくつかのアプリケーション例が開発された。'Volume Experience'アプリケーションは実空間の中でボリュームデータを扱う新しい方法を示した。'Stereo Box'は映像投影技術による拡張現実感システムは 2D 情報を物体表面に提示するにとどまらないことを示した。結論として、HMD は何も無い空間、つまりは投影表面の存在しない空間に仮想物体を表示するアプリケーションにだけしか必要とならなくなった。

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。