

審査の結果の要旨

氏 名 金 ハンヨウル

本論文は「Optical Design of Geometrically Superimposing Layered Mid-air Images onto Physical Objects for Glasses-Free Mixed Reality Interactions (裸眼複合現実感インタラクションのための多層空中像の幾何学的重畳を可能にする光学系の設計)」と題し、裸眼で立体視することができる空中像を多層化して実物体に重畳提示する複合現実感システムについて論じたものであり、全体で6章からなり、英文で記述されている。具体的には、空中像を閲覧可能な視域 (Viewing Zone) の数に着目することで複数人に対する同時提示の問題を取り上げ、空中像の提示方法を虚像と実像に分けることで直接的な操作性の問題を取り上げている。このような観点から、4つの視域に虚像による間接的操作を可能にするMRsionCase, 1つの視域に実像による直接的操作を可能にするMARIO, 2つの視域に対して実像による直接的操作を可能にするHoVerTableの3つのシステムを提案・実装し、その光学設計について論じている。

第1章は「Introduction (序論)」であり、裸眼複合現実感システムにおける問題意識として、実物体に対する直接的操作性と視域の数に着目し、本論文の背景と目的を明らかにしている。

第2章は「Related Work (関連研究)」であり、複合現実感システムの関連研究と、空中像を結像する光学デバイスの関連研究をそれぞれまとめ、直接的操作性 (Showcase/Interface) と視域数 (Single User/Surrounding Users) の観点から研究動向を俯瞰し、本論文の位置づけを明らかにしている。

第3章は「MRsionCase: Multi-directionally Viewable MR Showcase (MRsionCase: 複数方向から鑑賞可能な複合現実感ショーケース)」と題し、ミュージアムなどにおける展示用のショーケースとして、展示物の前と後ろに虚像による映像を重畳提示する仕組みを4つの方向に対して実現する光学設計について論じている。さまざまなスケールでの実装可能性を論じるための理論的検討に基づき、254mm幅の展示物を対象としたシステムを実装した。実験の結果、展示物の3次元的な位置に空中像による重畳提示が可能であることが確認された。また、展示物に対して前後左右の4方向から異なる情報を見ることができると知った鑑賞者の80%以上が、3方向以上の方向から展示物を閲覧するという行動が観察された。ミュージアムにおいて鑑賞者の興味を引き出し、位置ずれのない情報の重畳提示が可能なシステムとしての有用性が確認された。

第4章は「MARIO: Mid-air Augmented Reality Interaction with Objects (MARIO: 空中における実物体との拡張現実感インタラクション)」と題し、ユーザが手に持った実物体の上を空中像が飛び回ることによって映像と実物体が混在したディスプレイの可能性を示す例として、日本科学委来館に半年間展示されたシステムの光学設計について論じている。前後に250mmの奥行き範囲を大きく動き回る空中像を提示するために、結像位置に線形性を有するAI Plate (Aerial Imaging Plate) を導入し、アクチュエータで前後の動きを実現している。また、空中像キャラクタの影を実物体の上に別途プロジェクタで映像投影することで、両者の関係性を表現し、リアリティの向上を図っている。実験の結果、ユーザが手に握んだブロックや手の平の上に、ヒヨコ (空中像キャラクタ) が影を落としながら前後に大きく移動しつつ

飛び回ることが確認された。半年間の展示において、子どもから大人までさまざまな国の人々が列を作って体験する様子が確認された。また、システムを体験した子どもが「バイバイ」と言って手を振る姿や、手の平に飛んできたヒヨコに驚いて慌てて手を引っ込める姿が観察された。映像と実物体が混在したリアリティの高いディスプレイの可能性が確認された。

第5章は「HoVerTable: Combining Dual-sided Vertical Mid-air Images with a Horizontal Tabletop Display (HovVerTable: 両面垂直空中像と水平テーブルトップディスプレイの連携)」と題し、水平映像と垂直空中像を連携させるための光学設計について論じている。これは、従来のテーブルトップディスプレイに対して、実物体をテーブル上に配置した際に3次元的に位置のあった場所に直立した空中像で付加情報を提示することを可能にしたものである。さらに、直立した空中像の表面と裏面に異なる映像を提示できるようにして、対面する2人のユーザに対してそれぞれ読み易い方向に文字情報を提示することを可能にしている。実験の結果、垂直空中像と水平映像の両者をバランスよく見ることができる視域が確保されていることを確認し、テーブル面におけるスクリーンの拡散性を考慮した光学設計によって空中像のぼけ方を抑えられることを確認した。また、このシステムを用いた場合の文字の可読性を検証して、その有効性を明らかにした。

第6章は「Conclusion」であり、本論文の主たる貢献をまとめ、今後の課題と展望について述べている。

以上を要するに、本論文は、裸眼で立体視することができる空中像を実物体に重畳提示するディスプレイシステムにおいて、空中像に対する直接的操作性と空中像を閲覧可能な視域の数の観点から、論じたものであって、複合現実感や3次元映像ディスプレイなど、電子情報学の各分野の今後の進展に寄与するところが少なくない。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。