

氏名(本籍)	佐藤 秀昭 (宮城県)				
学位の種類	博士 (工学)				
学位記番号	博 乙 第 2669 号				
学位授与年月日	平成 25 年 11 月 30 日				
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当				
審査研究科	システム情報工学研究科				
学位論文題目	鏡像を用いた仮想世界と現実世界の重畳提示				
主査	筑波大学	准教授	博士 (工学)	北原 格	
副査	筑波大学	教授	工学博士	大田 友一	
副査	筑波大学	教授	博士 (工学)	葛岡 英明	
副査	筑波大学	准教授	博士 (工学)	亀田 能成	
副査	筑波大学	准教授	博士 (工学)	掛谷 英紀	

論 文 の 要 旨

本論文では、鏡像世界において、幾何的整合性や時間的整合性（実時間処理）が実現された状態で、実世界に仮想世界を重畳提示する複合現実型鏡像提示方式“MR-Mirror”を提案し、提示映像によってもたらされる 3次元情報知覚の特性について論じている。

第 1 章において、本論文で提案する提示方式の基盤となる鏡像を用いた映像提示の特性や、複合現実感と鏡像提示を融合することによって実現される次世代鏡像提示インタフェースへの応用について概観した後、鏡像提示の長所を損なわないためには、「自由に視点を移動させながらの観察が可能であること」、「鏡像内の物体同士の 3 次元的な位置関係の把握が可能であること」が重要であることを主張している。

第 2 章では、これまでに研究開発されている鏡像提示手法を、複合現実感提示の観点から整理し、幾何的整合性と時間的整合性（実時間処理）を同時に実現可能な提示方式が存在しないことを指摘し、本論文で提案する鏡像提示方式の優位性について論じている。また、鏡像提示において、運動視差と観察者が知覚する物体の前後判断に関する研究が、これまで十分に行われていないことを述べ、それらに関する評価実験の必要性、および、複合現実型鏡像提示にまで実験対象を拡張することの重要性を説いている。

第 3 章では、「自由に視点を移動させながらの観察」の実現を目的として、鏡の幾何的整合性と運動視差の実時間提示を同時に実現する複合現実型鏡像提示手法の構築について述べている。ハーフミラーを介して仮想鏡像と実鏡像を重畳することにより、簡易な計算によって計算機内部に仮想鏡像世界を構築する手法について述べている。この仮想鏡像を、自然現象である鏡面反射によって実時間生成される実鏡像と重畳することにより、幾何的整合性を満たした複合現実型鏡像の実時間生成を実現する。構築した提示方式を用いた実証実験と考察を通じ、幾何的整合性、実時間処理の実現を確認し、さらに鏡像の幾何的整合性が身体動作の理解に与える影響について検討を行っている。

第 4 章では、「鏡像内の物体同士の 3 次元的な位置関係の把握」に関する検証実験を行っている。複合現実型鏡像空間における 3次元情報の把握に影響を与えると考えられる項目として、(1) 鏡像の運動視差が前後関係の把握精度に与える影響、(2) 仮想鏡像の提示遅延が運動視差による前後関

係の把握精度に与える影響、そして、(3) 運動視差の不連続性が前後関係の把握精度に与える影響の三つの要素に着目し、MR-Mirror を用いた主観評価実験により、それらを明らかにすることを試みている。その結果、(1) 鏡像の運動視差が前後関係の把握精度に与える影響については、実鏡像空間においても、複合現実型鏡像空間においても運動視差の再現が前後関係の把握精度の向上に貢献することを確認している。ただし、複合現実型鏡像空間においては、仮想物体の映像品質が前後関係の把握精度に影響を与えることがわかった。(2) 仮想鏡像の提示遅延が運動視差による前後関係の把握精度に与える影響については、実鏡像と仮想鏡像の間の提示遅延が、大きな影響を与えないことを明らかにし、提案する MR-Mirror が実用に足ることを示している。(3) 運動視差の不連続性が前後関係の把握精度に与える影響については、MR-Mirror では、自己像や複合現実空間を注意深く観察する場合には、日常的に鏡を用いるのと同様、観察者が頭をゆっくり動かすため、前後関係の把握精度の維持が可能であることが検証された。以上の検討により、提案方式によって物体同士の 3 次元的な位置関係の把握が可能な鏡像提示が実現可能であることを論じている。

第 5 章は、結論として論文全体のまとめと、今後検討すべき課題、提案方式を活用した応用例の考察が述べられている。

審 査 の 要 旨

【批評】

複合現実感提示において重要な課題とされている、幾何的整合性、時間的整合性（実時間処理）を同時に実現した複合現実型鏡像提示は、これまでに例がなく新規性がある。発案した手法の有効性を示すために必要な 3 次元知覚特性に関する主観評価実験を実施するためには、完成度の高い提示システムの構築、多数の被験者を集めた長時間に渡る評価実験が必要となるが、著者は、着実な取り組みにより、提案手法の優位性を示すことに成功しており、この点は高く評価できる。複合現実感における重要課題の一つである光学的整合性の再現に関する検討や、論文冒頭で紹介している応用システムの実現に基づく提案手法の有効性の検証について、踏み込んだ議論が不足している印象は否めないが、博士論文として十分な水準にあると認められる。

【学力の確認】

平成 25 年 9 月 28 日、システム情報工学研究科において論文審査委員全員出席のもと、著者の論文について説明を求め関連事項について質疑応答を行った。その結果、国立大学法人筑波大学学位規程第 2 条第 4 項の「大学院の行なう博士論文の審査に合格し、かつ、大学院の博士課程を修了した者と同等以上の学力を有すること」を論文審査委員全員によって確認し、合格と判定された。

【結論】

上記の論文審査ならびに学力の確認結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。