

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 董 国卿(Guoqing Dong)

本論文は「Study on Construction Method of Augmented Reality Environment (オーグメンティド・リアリティ環境構成法の研究)」と題し、6章からなる。バーチャルリアリティ(Virtual Reality: VR)特にバーチャル・リアリティ・プロトタイピング(VR Prototyping: VRP)において、従来のバーチャル空間は主にコンピュータグラフィックス(CG)のプリミティブを組み上げて構成されている。このため、リアリスティックなモデルを作成するには特殊な技能と膨大な時間を必要とし、開発コストが高くなるという問題があった。また、開発コストをかけてもなお、モデルの質感が低く、実空間との合成も困難であった。近年 VRP のこのような問題点を克服する一つの方法として、実空間の情報をバーチャル空間に取り込んで利用する所謂オーグメンティド・リアリティ(Augmented Reality: AR)が注目されている。また、実空間の3次元距離データの測定手段が急速に普及し、数多くの計測用デバイスが開発されているため、実物体のバーチャル空間内での再現と合成は一つの手段として提供されつつあるが、VRP に適合した方法はいまだ確立していない。本論文では、同一視点から採取した距離データとカラー画像データを利用し、画像の特徴を用いて距離データの特定部分を特徴化して切り出して、かつそれを変形可能な自由曲面として表現する方法を提案するとともに、実環境と VR 環境とを遮蔽矛盾なく実時間のビデオ信号レベルで混合する方法を提案して、併せて、実物体の距離情報を有効に利用して実画像を用いながら、それを自由に変形することが可能なシステムを提案している。また、それが VRP など利用可能な新しい方式となりうることを実際のシステムを構築して実証し、その有効性を示すことにより応用への道を拓いている。

第1章「Introduction(序)」は緒言で、実写映像の質を確保しつつ、それを変形操作しうるバーチャルな物体操作という観点から従来のモデル・ベース・レンダリング法やイメージ・ベース・レンダリング法の問題点を明らかにし、距離データと画像データを有効利用することにより、両者の長所を生かした方式を志向するという本研究の目的と立場と意義を明らかにしている。

第2章は、「Detection of Feature Range Data Based on Image Segmentation(画像領域分割に基づく特徴距離データの検出)」と題し、提案する方式のうち、画像処理により変形したい特定領域のみの距離データを取り出す方法について、その設計指針を論じている。すなわち、まずレーザー・レンジ・ファインダとテレビカメラを組み合わせ同一視点からの実物のカラーデータと距離データを得て、三次元カラーデータとする。次に特別に変形したい領域については、予め特定の色を塗布したりして差別化するか、カラー画像のエッジ抽出を行って領域を切り出し、特徴領域の距離データを限定する。このような手続きを行うことで既に実用化されている二次元の画像処理の手法を用いて距離データのクラスタの中から特定の距離データ群を三次元データとして取り出せることを述べている。実際に、これに適した画像処理の具体的な方法も提案し、その有効性を実例をもって示して、提案方式の有効性を実証している。

第3章は「Transformation of Range Data(距離データの変換)」と題し、第2章で得られた距離データを変形可能なモデルデータに変換する方法を述べている。すなわち、実物体における変形したい特定特

特徴距離データだけを変更可能とするために、特徴距離データ群を CAD (Computer Aided Design) で多用される NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) 曲面を利用してモデル化することを提案し、その具体的な方法を明らかにしている。この利点は、NURBS 曲面が制御点によって定義される凸包に完全に含まれ、かつ制御端点を通るので、NURBS 曲面データと距離データが連結口で合わせられ、データのオーバーラップが避けられることにあるとしている。一旦作成した NURBS 曲面は制御点と重みの修正により形状を変更することができるので、画像分割と NURBS 曲面の結合応用により、実物体の特徴距離データの抽出と変更を行うことができ、モデルの部分変形が可能となる。変形したモデルにはもとの実際の実写画像あるいは、別に用意した実写画像をマッピングすれば、実写画像を有した変形可能なモデルを作成できることを示している。

第4章は「Construction of Augmented Reality by Use of Video Signal (映像信号を用いるオーグメンテッド・リアリティの構成)」と題し、AR システムにおける、NTSC ビデオ信号を実空間とバーチャル空間の合成に用いることで正しい遮蔽関係を有する空間を実時間で合成する方法を提案している。すなわち、実空間とバーチャル空間のカラー情報と距離情報を予めビデオ信号に変換しておき、距離情報信号の比較によりカラー信号のどちらを提示するかを決める。この手段の利点としては、空間合成を物理的な NTSC 信号のレベルで行うため、合成過程そのものに起因するフレームレート低下や遅延が発生しない、すなわち、毎秒 30 フレームでの実時間性能を単純なデバイスで実現できることが特色である。

第5章は「Example of Application (応用例)」と題し、実環境と変形可能な VR 環境を実時間で比較し遮蔽矛盾なく提示するシステムを構成している。すなわち、実環境内の可動物体の顔の部分だけを切り出し、その部分を変形可能なモデルとしつつ、モデルである VR 環境と実環境を遮蔽矛盾なく実時間に提示するシステムである。試作したシステムを用い実験を行ない本論文で提案した方式により実写映像を観測しながら、特定の領域のみは、自由に変形可能な AR 環境の構成が実時間で効果的に実現できることを示している。

第6章「Conclusion (結論)」は結論で、本論文の結論をまとめ、今後を展望している。

以上これを要するに、本論文では、実用化されている装置を利用して実物体のカラーデータと距離データが同一視点から得られることに着眼して、実物体の特定部分を変形可能なバーチャルなモデルに置き換え、それと実物体とを実時間に遮蔽矛盾なく提示しながら、モデル部分については自由に変形可能なシステムを構成する法を提案している。モデルの生成と加工には既に実用になっている二次元の画像処理法と CAD で多用される NURBS 曲面のアルゴリズムが効果的に利用可能であることを示して、提案法が容易に実用化できることを示唆し、またビデオ信号レベルでの実環境と VR 環境の実時間合成法を提案し実現している。すなわち、本研究では、AR 環境の構築のうち、実物体を AR 環境内に変形可能なモデルとして混在させるためのモデリング法と加工法、および実空間とバーチャル空間のビデオ信号レベルでの合成法の二つの新しい方法を提案し、実験によりこれらの方法の実用性と有効性を示して、AR 環境の構築に対して有力な手段を提供しつつ応用への道を拓いたものであって、計測工学及び人工現実感工学に貢献するところが大きい。

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。