

論文内容の要旨

博士論文題目

共有仮想空間における仮想物体の操作補助手法の研究
— 協調型仮想物体モデラ VLEGO II の開発を通して —

氏 名 清川 清

(論文内容の要旨)

人工現実感とは、目で観察される物体に手を伸ばして操作するという直感的な作業空間を提供でき、直接操作による3次元形状モデリングなどの様々な応用が期待されている。しかし、力覚や触覚のない仮想空間では仮想物体の直接操作は困難であり、この問題が多くの人工現実感アプリケーションの実用化を妨げている。そこで、本研究では簡易に正確な仮想物体の操作を可能とする操作補助手法を提案している。現在の人工現実感アプリケーションでは、両手操作を取り入れるものやネットワークで接続された複数の計算機で仮想空間を共有しての共同作業を可能とするものが増えていることから、本研究では、複数の仮想物体が同時に操作される環境下で効率良く仮想物体の操作補助が行なえることを目指している。提案した操作補助手法の有効性を実験的に検証するとともに、提案手法を導入した操作性に優れた人工現実感アプリケーションの具体例として複数人で仮想空間を共有して3次元形状を生成できる協調型仮想物体モデラ VLEGO II を構築している。本論文は以下の5章から構成されている。

第1章では、人工現実感研究を概観し、本研究の背景と目的及び具体的なアプローチについて述べている。

第2章では、仮想物体の操作を困難にしている要因として、幾何的整合性、時間的整合性、生理的制約の問題を指摘し、最も必要性の高い生理的制約を克服するための操作補助手法として、仮想物体に対する離散的配置制約、物体間の干渉回避、物体操作時の動的自由度制御の各手法を提案している。

第3章では、まず、仮想空間での両手操作の有効性を検証し、次に、前章で提案した操作補助手法の干渉回避と動的自由度制御の有効性を、実験タスクの実行を通じた客観評価と主観評価によって検証している。また、この実験結果から、離散的配置制約の効果的な利用法について検討し、干渉回避と離散的配置制約の最適な組み合わせを導出している。これにより、仮想物体の接合作業に要する時間を60%程度短縮できることが示された。

第4章では、提案した操作補助手法を導入して複数人で仮想空間を共有して3次元形状を生成できる協調型仮想物体モデラ VLEGO II を構築している。VLEGO II は、共有仮想空間の各利用者が、ブロック玩具のように両手で基本形状プリミティブを操作し、組立てや拡大縮小、彩色などを繰り返すことで、操作に熟練を要せずにモデリングが行なえる環境を提供している。いくつかのデザイン例を通して、実際に VLEGO II を用いて簡単に形状生成が可能であることを確認している。

最後に第5章では、本研究の総括として、得られた成果に対する考察と今後の展望について述べている。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、人工現実感分野における重要課題である仮想物体の操作補助手法について述べている。人工現実感とは、仮想環境に没入した直感的な作業空間を提供でき、直接操作による3次元形状モデリングなどの様々な応用が期待されているが、力覚や触覚のない仮想空間では仮想物体の直接操作は困難であるという問題を抱えていた。この問題を解決するために、本研究では簡易に正確な仮想物体の操作を可能とするソフトウェアによる操作補助手法を開発している。本論文の成果は以下の3点に要約される。

1. 仮想物体の直接操作を困難にしている最も大きな要因に、人間は力覚や触覚の助け無しには正確かつ安定に3次元的な位置決め・位置合わせを行なうことができないという問題がある。この問題をソフトウェア的に解決するために、(1) 把持した物体の取り得る位置と姿勢を離散的に制限する離散的配置制約、(2) 複数物体間の衝突を検出して仮想物体の位置を補正する干渉回避、(3) 作業モードに応じて物体の操作自由度を自動的に切替える動的自由度制御、の3つの基本的な操作補助手法を提案している。

2. 仮想物体操作における基本的な作業タスクを用いた実験を通して、作業効率、操作性等に関する客観評価と主観評価によって提案した仮想物体操作補助手法の有効性を検証している。また、この実験結果から、離散的配置制約の効果的な利用法について検討し、干渉回避と離散的配置制約の最適な組み合わせを導出している。これにより、操作補助のない場合に比べて仮想物体の接合作業に要する時間を60%程度短縮できることが示された。

3. 提案した操作補助手法を導入して複数人で仮想空間を共有して3次元形状を生成できる協調型仮想物体モデラを構築し、建築構造物や各種物体の概要設計への人工現実感技術の応用の可能性を示した。

以上述べたように、本論文では、人工現実感システムにおける基本的な問題である仮想物体の直接操作を容易にする具体的な操作補助手法を提案し、その有効性を実験的に検証している。本研究は、「仮想空間での両手を用いた複数物体操作」に対するソフトウェア的な支援手法に関する先駆的な研究として評価でき、人工現実感分野において、学術、実用の両面での貢献を認めることができる。なお、本論文の主要部分に相当する内容は、学会論文誌2件、査読付国際会議4件として公表されている。また、本論文内容の一部の発表に対して電子情報通信学会学術奨励賞等を授与されている。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。