

論文の内容の要旨

論文題目 身体動作に基づく投影型拡張現実感インタフェースの研究

氏名 吉田 匠

本論文では、情報世界のデータを現実世界に重畳表示し、現実世界の事物と同等に扱うことができる拡張現実感インタフェースを構築することを目指し、ユーザの身体動作に基づく投影型拡張現実感インタフェースを提案した。以下、各章で扱った内容を示す。

第1章 序論

本章では、現在のディスプレイ及びヒューマンインタフェースの課題として、実世界と情報世界との視覚的な隔たりによって、実世界にしながら情報世界のデータにアクセスすることの弊害を示す。また、この問題を打破し得る概念として投影型拡張現実感インタフェースを紹介し、従来手法における課題を明らかにする。

第2章 身体動作に基づく投影型拡張現実感インタフェース

本章では、まず、ユーザの身体動作として視点の動きと腕や手指の動作に着目し、投影型拡張現実感インタフェースにおいてこれらの動作に基づいて映像を提示することで得られる効果について考察する。

また、上記の身体動作に基づく投影型拡張現実感インタフェースとして、以下の手法を提案する。

1. 任意視点に対して遮蔽物を透過表示する死角情報提示システムとして、乗り物の操縦席における視野を拡張する **Transparent Cockpit** と、実世界を変換した画像を実世界に重畳して見ることのできる **ARScope**.
2. ユーザが手に持ったハンドヘルドプロジェクタを実世界にかざすことで、映像と実物体のインタラクションを行う **Twinkle**.
3. 多視点の裸眼 3D 映像を実空間中に投影し、直接触って映像とのインタラクションが可能な **RePro3D**.

それぞれの手法の詳細な原理, 実装, 及び結果については, 続く第 3 章から第 5 章で詳しく述べる.

さらに本章では, 各手法で共通して用いられる視点, プロジェクタ, カメラの光軸が一致した光学系について述べる.

第 3 章 頭部搭載型プロジェクタを用いた死角情報提示

本章では, 頭部搭載型プロジェクタを用いた死角情報提示システムを提案する. 死角情報提示システムとは, 物体に遮蔽されて死角となっている情報を遮蔽物に重畳して提示することで, 遮蔽物をバーチャルに透過させることのできるシステムである. 本研究では, 観察者の視点動作を『見回し動作』と『回り込み動作』の二つに分類し, それぞれに適した手法を提案する. さらに, 応用例として乗り物の死角を減らすことを目的とした **Transparent Cockpit** と, 実世界を自由に変換させて表示することができるインタフェース **ARScope** を構築し, その有効性を検証する.

第 4 章 ハンドヘルドプロジェクタを用いた実環境とのインタラクション

本章では, ハンドヘルドプロジェクタを用いて実環境と映像がインタラクション可能な投影型 AR インタフェース **Twinkle** を提案する. 本章で提案する投影型 AR インタフェースは, マーカレスでのユーザの動作推定と, 映像と実環境との幾何学的整合性の解決を目指すものである. 本章ではまず, 既存のハンドヘルドプロジェクタを用いたインタフェースにおける問題点を明確にし, 本研究の目的を示す. 次に提案する投影型 AR インタフェースの特徴と応用例を述べた後, 詳細な原理を解説する. 最後に, 実装したインタフェースを用いたアプリケーション例を示し, 提案手法の有効性を検証する.

第 5 章 高密度プロジェクタアレイ光学系を用いた多視点立体ディスプレイ

本章では, ユーザの自由視点に応じた投影型映像提示とユーザの身体動作に応じたインタラクションを実現する投影型 AR インタフェースとして, 再帰性投影技術を用いた実空間重畳型多視点立体ディスプレイ **RePro3D** を提案する. 本章ではまず, LCD とレンズアレイを用いた高密度プロジェクタアレイの基準光学系を導出し, フレネルレンズを用いた高解像度化が可能な改良光学系の検討を行う. 次に, 滑らかな運動視差提示

に重要である最適なレンズ間隔を実験的に求める。続いて光学シミュレータを作成し、これを用いて改良光学系の設計を行う。これらの結果をもとに、上下左右方向に 42 視点分の視差画像を裸眼で実空間に重畳提示可能なディスプレイを実装し、これに加えて、赤外カメラを用いてユーザの手と立体映像のインタラクションが可能な物体操作インタフェースを実装する。さらに、触覚提示デバイスを統合し、実空間に重畳された立体映像に直接触ってインタラクションすることができるシステムを構築する。

第 6 章 結論

本論文では、情報世界のデータを現実世界に重畳表示し、現実世界の事物と同等に扱うことができる拡張現実感インタフェースを構築することを目指し、ユーザの身体動作に基づく投影型拡張現実感インタフェースとして、Transparent Cockpit, ARScope, Twinkle, RePro3D を提案・実装し、その有効性を示した。