

氏名	くきもと のぶ ゆき 久木元 伸 如
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第2803号
学位授与の日付	平成19年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科電気工学専攻
学位論文題目	没入可視化空間における注釈を用いた遠隔協調環境に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 小山田耕二 教授 金澤正憲 教授 中村裕一

### 論文内容の要旨

Virtual Reality (以下, VR) による協調可視化向きユーザインタフェース技術, およびその技術を使った遠隔地間での知識伝達に関する研究成果を取りまとめたものであって, 6章から成り立っている。

第1章は序論であり, 本研究の背景, および, 目的について位置づけを明確にしている。

第2章においては, VRの技術動向と先行研究に関する概説と, 可視化結果で構成された可視化空間をネットワークによって共有し, 協調作業において思考を支援するための要素技術について述べた。VRは臨場感のある可視化を可能としているが, 遠隔の共同研究者と協調しながら思考作業を行う場合には, 三次元空間において重要な点や注目点に, 適切な追加情報を付与することが効果的であるという仮説を着想した。

第3章においては, VR環境において, 可視化画像の操作と手書き注釈付与を可能とする Portable Digital Assistant (以下, PDA) アプリケーションを提案し, 可視化システムへの実装を行った。実装された PDA アプリケーションを用いることによって, 作業中に VR 環境から離れずに, 手で可視化パラメータの変更が可能となる。PDA における GUI の操作性を評価するため, 3次元メニューとタスク達成時間の比較実験を行った。その結果, PDA による操作は3次元メニューの利用より速い時間で達成できることを示した。次に, 可視化空間への注釈付与として, PDA のタッチスクリーン上に描いたデータを可視化空間に再現する方法と, PDA 本体のボタンを押しながら PDA を動かして可視化空間に直接描画する2通りの方法を実装した。これらの方法を, 付与する注釈によって使い分けることによって, 文字や図形の注釈描画を容易に行うことが可能となることを示した。また, タッチスクリーンを用いた注釈の描画では, 操作を慣れることによって紙に書く場合と同程度の速さで注釈を作成できることを示した。

第4章においては, Collaborative Virtual Environment (以下, CVE) におけるコミュニケーション支援に向けた明瞭な音声で多地点間の双方向通話を実現する音声通話ライブラリを開発し, その概要について述べた。本ライブラリでは, VR 空間で発話者の位置情報によって水平方向旋回角度と音量を調整する機能があり, 左右の方向感と距離感の呈示が行えることを示した。また, 多地点を接続するためにハイブリッド P2P によるネットワークを構築し, ローカル環境での実験を行った結果, 遅延が発生する問題があるものの, 多地点間で明瞭な音声通話を実現することを確認した。

第5章においては, 注釈付与を可能とする遠隔協調可視化環境を構築し, 相互の知識を効果的に伝達できることを示した。三次元可視化データを共有した遠隔協調作業では, 議論の対象となる三次元領域を前提とした知識伝達が行われる傾向があり, 文字や図形の注釈描画機能の必要性は高い。本環境では, PDA アプリケーションを用いて没入可視化空間に付与された注釈は遠隔の協調作業者の空間にも転送され, 同じ注釈を参照することで, 可視化結果の理解や検討を促す。この注釈付与を用いることによって, 遠隔地間で問題解決や知的発見を行うための効果的な意図の伝達による知識の共有が可能となることが期待される。長距離ネットワーク網を介して2地点(福岡市の東和大学と京都市の京都大学)を接続した協調可視化環境において, 平板翼まわりの数値流体解析から得られた三次元可視化データを共有し, 適切な場所に付与された流れ方向

の矢印や文字などの注釈によって重要とされる論点が明確となり、相手の意図や可視化データを理解する上で本環境が有効であることが明らかになった。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、Virtual Reality（以下、VR）による協調可視化向きユーザインタフェース技術、およびその技術を用いた遠隔地間での知識伝達に関する研究成果を取りまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. VRによる可視化向けインタラクションとしては、作業を中断せずに手元でパラメータの変更や可視化手法の切り替えることが重要である。このような操作を実現するシステム基盤としてPDAを採用し、その実装を行った。可視化システムに対して、無線LANを経由してPDAから可視化パラメータ等のデータを送信することにより、従来の三次元メニューと比較し、その有効性を検証した。
2. PDAを用いて協調可視化空間に対する注釈付与を実現するシステムの開発を行った。協調可視化においては、可視化オブジェクトの着目点の三次元的位置やその説明を協調作業員間で共有することが重要とされる。可視化空間への注釈付与として、2種類の描画方法を実装した。ひとつはPDAのタッチスクリーン上に描いたデータを可視化空間に再現する方法で、もうひとつは、PDA本体のボタンを押しながらPDAを動かして可視化空間に直接描画する方法である。前者では、紙に注釈を書く場合と比較することにより、そして後者では、流線開始点指定等三次元空間内での注目領域指定に利用することにより、その有効性を検証した。
3. 福岡市の東和大学と京都市の京都大学の2拠点から構成される協調VR可視化空間において、PDAによる注釈付与の有効性を検証した。本検証では、2拠点で数値流体力学シミュレーション結果を共有し、平板翼上に発生する馬蹄形渦の構造についての知識伝達が注釈付与の有無によりどの程度差が出るのかを明らかにした。

本論文は、高度インタラクション技術が必要とされる協調VR可視化に対し、PDAによる新しいインタラクション技術を用いた問題解決についての新しい知見を与えており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。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。また、平成19年2月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。