

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	A Study of 360-Degree I/O System by Integrating Spherical Display with Omnidirectional Camera For Panoramic Video Communication
著者(和文)	LiZhengQing
Author(English)	Zhengqing Li
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11621号, 授与年月日:2020年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小池 英樹,徳永 健伸,篠田 浩一,下坂 正倫,伊藤 勇太
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11621号, Conferred date:2020/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		Li Zhengqing	
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	小池英樹	教授	審査員	伊藤勇太	助教
	審査員	徳永健伸	教授			
		篠田浩一	教授			
下坂正倫		准教授				

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文では、「A Study of 360-Degree I/O System by Integrating Spherical Display with Omnidirectional Camera For Panoramic Video Communication」と題し、全天周カメラと球体ディスプレイを組み合わせた球体型 360 度映像入出力装置の提案と実装、およびその評価について述べている。本論文は英文 8 章からなる。

第 1 章「Introduction」では、本論文の背景としてビデオ通信システムの視野の狭さに関する問題を述べると同時に、近年注目を集めている全天周カメラについて述べている。続いて、これまでのビデオ通信システムが、カメラとディスプレイ両者の発展にともない、そのデバイス形状とコミュニケーションの品質が変化していることを指摘している。そして、全天周カメラとその映像を適正に表示することのできる 360 度映像出力装置を組み合わせることによって、新しい通信装置の開発が可能になることを述べている。

第 2 章では「Related Work」と題し、ビデオ通信システムと球体ディスプレイの 2 つの視点から 360 度ビデオ通信システムの関連研究を考察した上で、これまでの研究の問題点について述べている。

第 3 章では「Research Proposal」と題し、全天周カメラと球体ディスプレイを組み合わせた 360 度入出力デバイスの概念を提案している。その概念を具現化するものとして、複数台の外部プロジェクタによる外部プロジェクションを用いた球体ディスプレイを試作し、これに全天周カメラを埋め込んだプロトタイプを試作した。また、本プロトタイプを 2 台接続した双方向通信を実際に行うことで、外部プロジェクションの問題点、プロジェクタ光の眩しさ、ユーザによるプロジェクタ光の遮断、複数台プロジェクタ光の重なり部分の処理、輝度不足を指摘している。

第 4 章では「OmniEyeball: A Hemispherical 360° I/O System to Study Impact of Display Shapes on Video Communication」と題し、半球カメラと内部プロジェクション型半球ディスプレイを組み合わせた OmniEyeball の実装、2 台の OmniEyeball を用いたビデオ通信実験について述べている。内部プロジェクションを用いることで第 3 章のプロトタイプで指摘した問題点が解決されている。一方、360 度カメラ映像を球体ディスプレイに表示する場合、東西南北が反転する現象が生じることを示している。次に、被験者 40 人(4 人 x10 グループ)による実験を行い、遠隔地ユーザ同士でのパターン画像照合タスクにおいて 360 度カメラ映像を平面ディスプレイに表示した場合と球体ディスプレイに表示

した場合を比較し、5 Likert スケールによる評価で、球体ディスプレイを用いた本システムの方が被験者に好まれたことを示している。これは、画質が良い（歪みが少ない）ことと、三次元空間・方向関係・テレプレゼンスの感覚が優れていることが理由であると述べている。一方、問題点として、カメラとディスプレイが半球にしか対応していないため遠隔地の半分の映像情報が欠落していること、本システムの表示フレームレートが遅い(5fps)ことを述べている。

第5章では「OmniEyeball2: A Full Spherical Interactive I/O System For Symmetric 360° Video Communication」と題し、全天球カメラと内部プロジェクションを用いた全天球ディスプレイを組み合わせた OmniEyeball2 の実装、2 台の OmniEyeball2 を用いたビデオ通信実験について述べている。全天球カメラと全天球ディスプレイの組み合わせにより、第4章 OmniEyeball における半球映像通信の視野不足問題を解決し、真の全天球ビデオ通信を実現している。操作性の向上性のために、(1)俯瞰映像の表示機能、(2)ディスプレイの物理的回転機能、(3)指によるタッチ検出機能、(4)遠方画像の部分的拡大機能などの対話機能を実現している。次に、被験者 24 名(2 名 x12 グループ)による実験を行い、遠隔でのもの探しタスクにおいて、上記対話機能ありの場合となしの場合を比較した。実験の結果、タスク遂行時間には有意な差は見られなかったが、気づきやすさや認知負荷といったコミュニケーション品質において、対話型の場合が好成績を収めたことを述べている。他方、問題点として、ディスプレイの解像度不足、実装した対話機能の一貫性不足などを指摘している。

第6章では「OmniEyeballVR: A Collaborative 360° Video Communication Application for VR Design」と題し、OmniEyeball システムの遠隔ビデオ通信以外への適用例として、仮想現実感(VR)空間デザインへの応用を述べている。従来、設計者による VR 空間の設計と、Head Mounted Display(HM)を装着したユーザによる体験は個別に行われることが多かったが、本システムでは、ユーザの存在する VR 空間全体と、ユーザおよびユーザの視野などが OmniEyeball 上に表示され、設計者はユーザの VR 空間における挙動を俯瞰しながら、VR 空間設計の評価を行うことが可能である。視野の提供方法としては、一人称視点と三人称視点を実現している。また、VR 空間内のユーザには、OmniEyeball を観察している設計者が VR 空間上空に実時間映像として重畳表示され、ユーザと設計者の VR 空間内でのコミュニケーションを可能としている。被験者 12 名による実験の結果、特に一人称視点の評価が高かったと述べている。

第7章では「Discussion」と題し、全天球カメラと球体ディスプレイを組み合わせた 360 度入出力装置について再度考察を行い、本論文の提案が遠隔ビデオ通信において人と人のコミュニケーションの質を高めることと結論づけている。また、実用化にともない考慮しなければいけない問題点として、空間の反転問題やプライバシー問題についても言及している。そして、今後の技術発達にともなう本システムの発展について将来像を提示している。

第8章は「Conclusion」と題し、結論を述べている。

以上、本論文では、既存の遠隔ビデオ通信システムの問題点を明確にし、全天球カメラと球体ディスプレイを組み合わせた新しい遠隔ビデオ入出力システムの問題点を提案、実装、評価を行い、その有効性を確認している点で工学的に高い貢献がある。よって、本論文は博士(工学)の学位として十分価値があると認められる。