T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	映像コミュニケーションの対面感向上に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	木村真治
Author(English)	Shinji Kimura
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11677号, 授与年月日:2020年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 雅浩,中山 実,金子 寛彦,長谷川 晶一,渡辺 義浩,武川 直樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11677号, Conferred date:2020/12/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	情報通信 系 情報通信 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 （ 工学 ） Doctor of
学生氏名： Student's Name	木村 真治	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	山口 雅浩
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

デバイス進化，ネットワーク高速化，PC・スマホ等の普及により，ビデオチャットやビデオ会議等の遠隔地間での映像を介したコミュニケーション(以下，ビデオ通話)を行うことは一般的になった．一方，ビデオ通話がface-to-face(f2f)の対面コミュニケーションに完全に取って代わるものとはなっていない．会話のコンテキストが重要であるほど f2f が好まれる傾向もあり，ビデオ通話における対面感(目の前に相手がいて会話をしている感覚)は f2f に比べて低い，と言える．視覚面におけるビデオ通話の対面感低下の要因は，通話相手が目の前にいるように感じない点(実在感の不足)や，視線・身振り等のノンバーバル情報が正確に伝わらない，等の課題が指摘されている．これらの課題解決を通してビデオ通話の対面感を高めることが本研究の目的であり，これによってテレワークや遠隔診療の活用促進等，様々な社会課題解決に繋がると期待される．

ビデオ通話における対面感向上には，映像の解像度を高くする/映像の表示サイズを大きくする等，様々な要素が寄与することが既存研究において認められている．しかし，これら要素は多岐に渡り，技術面・コスト面で全ての要素を満たすことは困難である．そこで，優先すべき要素を見極め，重点的に改善のアプローチを取ることが求められる．本論文では，解像度/投影サイズ/人物表示スケール/視線ズレの 4 要素に着目し，各要素のスペックを変動させた計 56 条件のビデオ通話映像から受ける対面感について主観評価を実施した．この主観評価結果に対して重回帰分析を行い，各要素スペックを説明変数として対面感を定量的に記述する新たなモデル式を導出した．また，同モデル式から各要素の寄与率を求めた．この結果から，「人物表示スケールを等身大に近づける」事と「視線ズレを減らす（≒アイコンタクトを実現する）」事が，今回の評価実験で設定したスペック変動範囲において，ビデオ通話の対面感を高めるために優先して満たすべき要素である事を見出した．

上記結果を踏まえ，システム構築を検討した．システム形態としては，ビデオ通話として主流の据置型と，今後の普及が見込まれるグラス型を対象とした．また，虚像表示光学系によって等身大の人物映像表示時の実在感向上が期待できる点と，視線ズレを減らすために利用者の正面撮像が必要である点を考慮し，虚像表示と正面撮像を同時に実現することをシステム構築における要件とした．

据置型においては，ホログラフィックビデオ通話システムを新たに提案した．ハーフミラーを用いた従来手法は設置に必要な奥行きスペースが大きいという課題があったため，本提案では虚像投影・正面撮像を実現しつつ，システム薄型化を目指した．薄型化にはユーザ眼前に設置される光学系を正立させる必要があるため，柔軟な光学設計が可能で透明性の高いホログラフィック光学素子(HOE)を用いた．HOE はオフアクシスの反射特性を持つ反射型回折格子として用いているが，回折時の波長分散による虚像のボケ対策やフルカラー化等の課題がある．そこで，前者については別の回折格子を用いた波長分散補償系を提案し，後者については HOE の回折効率向上によって解決を図った．最終的に，ユーザ正面には HOE 1 枚のみが存在する薄型のシステム構成で，投影と撮像の光路を分離することで，虚像投影・正面撮像を同時に実現できることを実証した．

グラス型においては，ハンズフリービデオ通話システムを新たに提案した．グラス型端末に搭載されるディスプレイは虚像，且つ，立体表示が一般的であり，通話相手の実在感を高めることは比較的容易である．一方で，自分自身の映像を撮影することは考慮されておらず，別カメラを使う方法や，アバターを利用する方法など様々なアプローチが取られているものの，ハンズフリーでの利用/メガネに近いフォームファクタの実現/写実的な正面像の生成 を実現する最適解は存在しない．そこで，グラス型端末上に複数魚眼カメラを搭載し，装着者の擬似的な正面像を合成する手法を提案した．まずは，標準顔モデルを用いたシミュレーションによって魚眼カメラの設置位置に関する基準を明らかにし，同シミュレーション結果に基づいたプロトタイプを構築した．プロトタイプでは，ベースとなるユーザの CG モデルに対し，魚眼カメラ映像を用いた正面顔へのテクスチャマッピングや背景合成を行い，更に，3DoF のセンサ情報や音声から推定された母音に基づいて頭部や口の動きを反映することで，装着者の正面像をリアルタイム合成した．

本論文にて構築した据置型/グラス型システムのいずれにおいても，ユーザ正面像の更なる品質向上が必要であるものの，新たなアプローチにて虚像表示と正面像撮影/合成を実現できた．これは，遠隔地間での映像コミュニケーションを f2f の対面感に近づけることに繋がる，大きな一歩であるといえる．

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	情報通信 系 情報通信 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of （ 工学 ）
学生氏名： Student's Name	木村 真治	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	山口 雅浩
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

Video-mediated communication (VMC) is widely used between people in distant locations. However, a sense of social telepresence of VMC is still inferior to that of face-to-face communication. To enhancing the sense, it is required to show the remote participant with a sense of reality and capture a frontal image of the user for eye contact.

First, we established a new method to formulate the sense of social telepresence with specifications of different VMC system components based on subjective evaluations. The evaluation results revealed that reducing the gap angle of the eye gaze for eye contact and implementing life-size scaling have a large influence on enhancing the sense in our defined fluctuation range. Thus, we set the requirements of our system proposal as realizing virtual image projection with life-size scaling and capturing/synthesizing the frontal image of the user for eye contact.

For a stationary system, we proposed a holographic video communication system. Conventional systems were thick and need much space for installation. Thus, we have proposed a new configuration of the system using a holographic optical element(HOE) set up upright. The HOE, a transparent off-axis mirror, contributed to thin the system. We established a proof of concept system with dispersion compensation optics and verified the feasibility of full-colored virtual image projection and frontal image capturing.

For an eyeglass system, we focused on synthesizing a frontal image of the wearer by cameras and sensors mounted on the frame with keeping the form factor as eyeglasses. Simulations confirmed that fish-eye cameras mounted near hinges of eyeglasses can capture a large part of the frontal face. Thus, we developed a prototype with 6 fish-eye cameras for capturing the wearer's face and 1 camera for capturing the wearer's background. The captured images were fused to synthesize a frontal image of the user for VMC.

We still have issues for the quality of the frontal images in both the stationary system and the eyeglass system. However, our proposals could realize virtual image projection and frontal image capture/synthesis simultaneously and we believe those lead to provide the higher sense of social telepresence in VMC.