# 多人数が自由に行動する実空間への身体性を有した テレイグジスタンス技術の研究開発(081703016)

Telexistence Surrogate Communication System to Participate in a Gathering

### 研究代表者

舘 暲 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 Susumu Tachi Graduate School of Media Design, Keio University

研究分担者

川上直樹† 新居英明サ。サヤ 満渕邦彦† 渡邊孝一サヤ

Naoki Kawakami<sup>†</sup> Hideaki Nii<sup>†,††</sup> Kunihiko Mabuchi<sup>†</sup> Kouichi Watanabe<sup>††</sup> <sup>†</sup>東京大学大学院情報理工学系研究科 <sup>††</sup>慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 <sup>†</sup>Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo <sup>††</sup>Graduate School of Media Design, Keio University

研究期間 平成 20 年度~平成 22 年度

#### 概要

本提案は実世界と情報世界の融合を図る超臨場感コミュニケーション技術の実装方法に関する研究開発である。この最 終目標は、パーティ会場などの多数の人が集まり自由に行動しながらコミュニケーションを行う場において、その場にい る参加者に加えて空間的に離れた参加者も、その場にいるかのように相手と触れるなどの身体性を伴ったコミュニケーシ ョンを実現することである。そこでテレイグジスタンス技術の核となる「代理ロボット」を開発し、超臨場感コミュニケ ーションを実現した。

## Abstract

Our aim is to afford a remote person the opportunity to virtually participate in a gathering or party by using a surrogate robot to communicate with local participants while moving around freely at the party venue. A mutual telexistence surrogate robot system was designed for achieving this aim. The prototype system was developed and its efficacy was verified through demonstration experiments.

## 1. まえがき

現在、遠隔会議システムは広く利用されつつあるが、従 来の実際に集まって行う会議に比べ、参加者の存在感が希 薄になる、議論が淡白になる、あるいはその逆に議論が白 熱すると必要以上に喧嘩腰になってしまう、などの運用し た上での問題点が浮上しつつあり、シビアな議題や重要な 議題に関しては実際に集うことが必要であるとされてい る。これは現在の遠隔会議システムには高度なコミュニケ ーションを実現するには「何か」が不足しているためであ る。その「何か」について、我々はテレイグジスタンス・ ロボットの開発研究やバーチャルリアリティの研究、相互 臨場感通信の研究などを積み重ねていくうちに(1)「視覚 的リアリティ」、(2)「身体性」、(3)「存在感」の3要素が キーファクタであるとの結論に至った。そこで本提案では、 これら3要素を満たすシステム、すなわち「視覚的リアリ ティ」のある「映像通信システム」を用いて、「身体性」 と「存在感」を実現するためテレイグジスタンスシステム を用いた「代理ロボット」によって相手とインタラクショ ンを行うことを目指す。

インタラクションのモデルケースとして、前述の3要素 が顕著に影響する状況であるパーティ会場を想定した。多 くの人が集合して行われる会議には、懇親会や二次会など のパーティが併設されることが多い。そして、この場にお いて会議自体よりも深い議論がなされることは多い。そこ で、多人数が自由に行動するパーティ会場のような環境に おいて、遠隔地からの参加者と実際の人同士が自由にイン タラクションを行うことを想定し、図1に示されるような 超臨場感テレイグジスタンス通信システムを構築する。



図1:実空間への身体性を有するテレイグジスタンス

#### 2 研究内容及び成果

#### 2.1. 全周囲裸眼立体映像による「視覚的リアリティ」

遠隔地の全周囲の立体映像を実時間で伝送し高い臨場 感を伝えることを目的として全周囲立体カメラ VORTEX を開発した。VORTEX は 8 組 16 台のカメラが放射状に 配置された撮像システムであり、8 対のステレオカメラは それぞれ人間の右眼、左眼の位置関係に基づいて配置され ている。得られた画像をつなぎ合わせることにより、解像 度 3168[pixel] x 600[pixel]、更新レート 30[Hz]の 360°両 眼立体映像を生成する。またカメラ上部のマイクロフォン アレイを用いて、映像と同時に全周囲の立体音響情報を取 得することもできる。全周囲立体カメラを屋外で使用する ことを考慮すると、全周囲映像を生成する際、各カメラが 撮像する領域ごとに照明環境が異なるために、特に明るい 部分あるいは暗い部分が生じ、画素の白飛び、黒潰れの問 題が生じる。そこで本研究では個々のカメラのパラメータ を変動させ全体として広いダイナミックレンジを持つ画 像を生成し、白飛びや黒潰れを回避する手法を構築した。 これにより、屋外の使用においても白飛びや黒潰れを回避 し、人間にとって見やすい全周囲立体映像を伝送すること が可能となった。



図2:全周囲立体カメラ VORTEX と伝送映像(片眼分)

## 2.2.「身体性」を有する代理ロボットシステム

遠隔地において移動しながら映像情報や音響情報を得ることができる全方向移動車を開発し、全周囲立体カメラ VORTEX、空圧アームを搭載することで、代理ロボット システム TELESAR4 を構築した。実装した代理ロボット システムを屋外で運用し、半径 5m 程度の領域を自在に移 動可能な状況で数名の被験者にテレイグジスタンスの体 験を行わせたところ、従来の平面映像による通信に比べて、 遠隔地への没入感が強く得られ、人や景色がその場に存在 するように感じられたという感想を得た。



図3:代理ロボットシステム Telesar4

## 2.3.「存在感」提示システム

遠隔参加者の表情を代理ロボット上に投影するため、ウ ェアラブルかつユーザの目を覆わない遠隔参加者投影シ ステムを開発した。再帰性投影技術(RPT)を応用したハ ンドヘルド型とヘッドマウント型の2タイプの投影シス テムを開発し、代理ロボットシステムTELESAR4の頭部 に再帰性反射材による投影面を付加し、投影する遠隔参加 者の映像の取得には移動式ステレオカメラを利用した。多 人数が集まる環境下での利用を想定しているため、構築し た2つのRPTシステムを同時に利用し、それぞれ正しい 位置関係の映像が取得できるようにカメラの移動アルゴ リズムを設計し実装した。その結果複数のユーザが正しい 位置関係で遠隔参加者の表情を見られることを確認した。



図4:移動式ステレオカメラ/ヘッドマウント型 RPT システム/ハンドヘルド型 RPT システム



図5:RPTにより投影された遠隔参加者の表情

## 2.4. 統合システムの構築

本研究の目標である、パーティ会場などの多人数が自由 に行動する実空間への身体性を有したテレイグジスタン スによる超臨場感通信を実証するため、遠隔参加者が全周 囲立体映像提示装置を用いたコックピットに入り、右手・ 右腕を自在に動かすことで代理ロボットの右手・右腕を操 作し、左手でジョイスティックを操作することで代理ロボ ットを移動させることが出来るテレイグジスタンスシス テムを構築した。システムの総合的な評価を行うため、参 加者の目を見ながらの日常会話や握手、ジェスチャーなど の簡易な身体コミュニケーションや、参加者に近づきコッ プを受け取った後に別の参加者へ渡すような身体性を利 用したタスクを実施し、複数の参加者との高臨場感コミュ ニケーションが行えることを確認した。



図6:代理ロボットを介した遠隔コミュニケーション

## 3. むすび

本研究では「視覚的リアリティ」、「身体性」、「存在感」 の各研究要素において、実証システムを実装し実証実験を 繰り返す方法により、高度な要素技術を統合した超臨場感 コミュニケーションの実証システムの構築に成功し、パー ティ会場などの多人数が自由に行動する実空間への身体 性を有したテレイグジスタンスによる超臨場感コミュニ ケーションを実現した。代理ロボットを用いた身体性を有 するテレイグジスタンステムにより、従来の超臨場感 コミュニケーション技術に不足していた身体性・存在感を 提示する手法を確立しその有効性を実験的に実証したこ とは、今後の ICT 分野のイノベーションの礎となる先導 的な知見である。

### 【誌上発表リスト】

- [1] 渡邊孝一、川上直樹、舘暲、"テレイグジスタンス・マスタスレーブシステムにおける操縦者とスレーブロボットとの間の寸法不一致の影響"、日本 VR 学会論文誌 Vol.14 No.3 pp.391-394 (2009 年 9 月 30 日)
- [2] K. Sato、K. Kamiyama、N. Kawakami、S. Tachi、 "Finger-Shaped GelForce - Sensor for Measuring Surface Traction Fields for Robotic Hand"、IEEE Trans. on Haptics Vol.3 No.1 pp.37-47 (2010 年 3 月)
- [3] K. Watanabe、S. Tachi、"Verification of Out of Body Sensations, Attribution and Localization by Interaction with Oneself"、in Proc. IEEE ISVRI 2011 pp. 111-118 (2011 年 3 月 20 日)

#### 【申請特許リスト】

[1] 川上直樹、舘暲、佐藤克成、古明地秀治、南澤孝太、 入力インタフェース、日本、特願 2008-137521、2008 年5月27日

#### 【受賞リスト】

[1] 渡邊孝一、"日本バーチャルリアリティ学会 学術奨励 賞"、2011 年 3 月 30 日

#### 【報道発表リスト】

- [1] "リアルな映像体験が実現!世界初の立体ディスプレ イ登場"、BS JAPAN 世の中進歩堂、2009 年 6 月 21 日
- [2] "Popular Science's Future of Communication"、 Science Channel、2009年9月28日
- [3] "立体映像で相手と対話 慶大がシステム開発 眼鏡 なし、周囲ぐるり"、日本経済新聞、2011 年5月9日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】 http://tachilab.org/