

実空間共有型遠隔コミュニケーションシステム Remyの提案

Remy: A remote communication system that refers real world objects

藤村 亮太^{1*} 郭 斌¹ 大村 廉² 今井 倫太² 中臺 一博³
Ryota Fujimura¹ Guo Bin¹ Ren Ohmura² Michita Imai² Kazuhiro Nakadai³

¹ 慶應義塾大学 理工学研究科

¹ Graduate School of Science and Technology, Keio University

² 慶應義塾大学 理工学部

² Faculty of Science and Technology, Keio University

³(株) ホンダ・リサーチ・インスティテュート・ジャパン

³ Honda Research Institute Japan Co., Ltd.

Abstract: In this paper, we describe a remote communication system named "Remy". Remy aims to support to do communications that share other party's real world from remoteness. Existing remote communication systems have to use robot or wearable device to share other party's real world. So user may feel spatial and physical strain. Remy solves this problem by projecting two dimension avatar on real world.

1 はじめに

本研究は、遠隔地からコミュニケーションしている相手側の実空間を共有する遠隔コミュニケーションシステムの開発を目指す。人間同士のコミュニケーションは、話者や聞き手の周囲の環境を参照しながら行われるので、環境から得られる情報と切り離して扱うことができない [1]。例えば空間内のある物体を参照し相手に伝えたい場合、人間は物体に向かって指を差し「これ」と発話することで参照を行う。さらにその参照が相手に伝わっているかどうかを、相手、自分、物体との配置や相手の反応から判断する。よって、実空間を共有する遠隔コミュニケーションシステムは、離れた二者が円滑なコミュニケーションを行う上で有用である。今回は特に家庭といった生活空間における遠隔からの作業指示支援を想定する。以降、システムを使い遠隔から作業指示を与えるユーザを遠隔ユーザ、指示を受け作業を行うユーザをローカルユーザ、ローカルユーザが作業を行う空間を作業空間と呼ぶ。

近年、音声と共に映像情報を遠隔地に伝えるビデオ会議システムが発展してきている。ビデオ会議システムを使用する上でユーザはお互いに様々な情報を共有

できるが、多くのビデオ会議システムではユーザはコンピュータやディスプレイの前に位置取る必要がある。よってユーザの移動範囲はシステムの配置によって制限されてしまい、指差しといったジェスチャで実空間のオブジェクトを参照することが難しくなる。そのため、実空間のオブジェクトに対して直接的に参照を行えるシステムが必要になる。

実空間のオブジェクトを直接的に参照することが可能な遠隔コミュニケーションシステムとして、文献 [2, 4] が挙げられる。文献 [2] は GestureMan というロボットを作業空間に配置し、遠隔から GestureMan の操作を行うことで実空間のオブジェクトの参照を行う。GestureMan はレーザー光を照射でき、レーザー光による直接的な指示が可能となる。文献 [4] はレーザー光を照射可能なウェアラブルデバイスをローカルユーザに装着させる。指示者は遠隔からレーザー光の照射位置を制御することができ、レーザー光を実空間オブジェクトに照射させることで参照を行う。

上記の研究 [2, 4] を、日本家屋といった広さを期待できない生活環境（以後、家庭環境と呼ぶ）における作業指示に適用する上で、それぞれ問題がある。文献 [2] はロボットの移動に必要な空間を作業空間に用意せねばならず、家庭環境において使用することは難しいと言える。文献 [4] はレーザー光によるポインティングを

*慶應義塾大学理工学研究科開放環境科学専攻 安西・今井・大村研究室
〒223-0061 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1 25-412
E-Mail: fujimura@ayu.ics.keio.ac.jp

行うため、遠隔ユーザのジェスチャや表情をローカルユーザに伝えることができない。コミュニケーションを行う上で、相手のジェスチャや表情を表示することは非常に重要だと考える。また、ウェアラブルデバイスによる身体的負荷も問題であると言える。

本研究では壁メディア PROT[5]を使用した遠隔コミュニケーションシステム Remy を提案する。Remy では遠隔ユーザの映像の首から下に二次元の体を組み合わせたアバタを作成し、アバタを作業空間に直接投影する。アバタは作業空間を自由に動き回ることができ、指差しジェスチャと指示語によって作業空間のオブジェクトを参照する。アバタの投影には PROT を使用する。PROT は一本のポールに回転鏡とプロジェクタを装着したデバイスであり、回転鏡を回転させることでプロジェクタの映像を壁や床の任意の位置に投影することができる。また PROT には可動式カメラと超指向性スピーカが取り付けられており、PROT が投影した映像の周辺を撮影できると共に、投影した映像の位置から音声を鳴らすことも可能である。遠隔ユーザは、PROT のカメラから送信された映像を見ることができ、映像に映し出された作業空間の任意の位置をクリックすることで、クリックされた位置にアバタを移動できる。アバタは、PROT の可動範囲内で自由な方向に素早く提示可能であるので、ローカルユーザはシステムから移動範囲の制限を受けることなく、作業空間を自由に動き回りながら遠隔ユーザとコミュニケーションを行うことができる。

Remy は、デバイスによって身体的負荷、空間的負荷を受けてしまう問題、システムによってユーザの移動範囲が制限されてしまう問題、遠隔ユーザの表情、ジェスチャを伝えることが出来ない問題を解決する。

2 Remy の情報提示モデル

本章では従来研究の情報提示手法をモデル化し、従来手法に対する Remy の手法をモデル化して示す。

2.1 ビデオ会議システムの情報提示モデル

ビデオ会議システムの情報提示手法をモデル化した図を図 1 に示す。

ビデオ会議システムではユーザはディスプレイの前でしかコミュニケーションを行うことが出来ず、実空間のオブジェクトを参照したコミュニケーションを行うことが困難である。

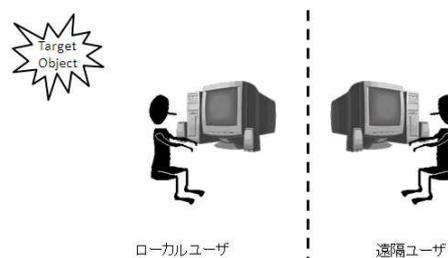


図 1: ビデオ会議システムの情報提示モデル

2.2 従来の実空間共有型システムの情報提示モデル

従来の実空間共有型システムの情報提示手法をモデル化した図を図 2 に示す。

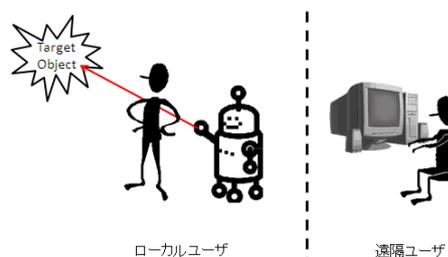


図 2: 従来の実空間共有型システムの情報提示モデル

ロボットやウェアラブルデバイスを用いることで実空間オブジェクトを参照したコミュニケーションを行うことが可能である。しかしローカルユーザが使用するデバイスによる負荷を受けてしまうといった問題、遠隔ユーザの表情、ジェスチャが伝わらないといった問題がある。例えばロボットを使用する場合、ロボットを配置する空間や移動する空間を用意せねばならず、ユーザは空間的負荷を受けてしまう。ウェアラブルデバイスを着用する場合は、デバイスの重さや着用感によってローカルユーザは身体的負荷を受けてしまう。またレーザー光をポインティングデバイスとして使用する場合は、遠隔ユーザの表情、ジェスチャを伝えることができない。

2.3 Remy の情報提示モデル

Remy の情報提示手法をモデル化した図を図 3 に示す。

遠隔ユーザのアバタをオブジェクトに直接投影することで、ローカルユーザは移動に制限を受けることなくコミュニケーションを行うことが出来る。アバタから遠隔ユーザの表情を読み取ることができ、モーショ

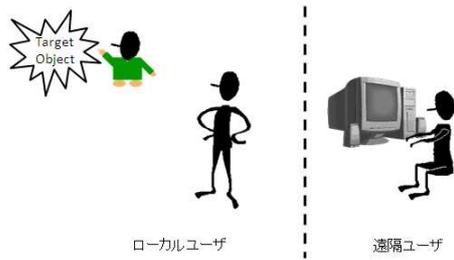


図 3: Remy の情報提示モデル

ンを実装することで遠隔ユーザのジェスチャを伝えることも出来る。またローカルユーザは特殊なデバイスを着用する必要が無く、身体的負荷を受けない。アバタを投影するデバイスを小型にすることでユーザは空間的負荷も受けずに済む。

3 Remy の設計と実装

3.1 Remy 概要

Remy の動作イメージを図 4 に示す。



図 4: Remy 動作イメージ

Remy を動作させる上で、遠隔ユーザはカメラとマイクを取り付けた PC のみを使用し、作業空間には部屋の隅に PROT と PROT 制御用 PC、マイクを設置する。遠隔ユーザは作業空間の映像をクリックすることで遠隔ユーザのアバタの投影位置の操作とオブジェクトに対する指差しを行う。ローカルユーザは移動範囲の制限を受けることなく、遠隔ユーザのアバタとコミュニケーションを行う。

3.2 壁上メディア PROT

Remy では実空間を移動するアバタを実装するために PROT を使用する。PROT の外観を図 5 に示す。PROT は回転鏡付きプロジェクタ、超指向性スピーカ、カメラを一本のポールに装着したデバイスである。ポールは床と天井で固定するタイプであり、一人でも容易に設

置できる。回転鏡、超指向性スピーカはそれぞれサーボモータで取り付けられており、各サーボモータは 0.3 度間隔で制御することができる。プロジェクタが投影する映像を回転鏡で反射させることにより、壁や床に映像を投影し移動させることが可能となる。



図 5: PROT 外観

PROT は音声を投射するデバイスとして超指向性スピーカ [3] を用いている。超指向性スピーカは、可聴音を超音波に変換し特定の方向へ向けて発射する。発射された超音波は物体に反射することで減衰し、元の可聴音域の音声へと変化する。よって超指向性スピーカから出力した超音波を壁や床、オブジェクトに当てることで、人間には当てた対象そのものから音声が出力されているように感じさせることができる。回転鏡付きプロジェクタと超指向性スピーカを組み合わせることで、投影した映像から音声聞こえてくるようなコンテンツを作成可能である。また、スピーカ上部にカメラを取り付けることで、映像と音声を投射している周辺の映像を撮影することができる。

3.3 Remy システム構成

Remy のシステム構成を図 6 に示す。

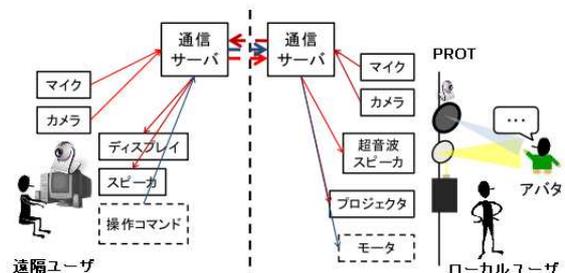


図 6: Remy システム構成

遠隔ユーザとローカルユーザは互いにカメラの映像と音声を送受信する。遠隔ユーザはマウスジェスチャによ

るコマンドを送信することができ、コマンドを PROT のモータに伝えることでアバタの投影位置を操作する。

3.4 遠隔ユーザアバタ

Remy は遠隔ユーザの映像をそのまま投影するのではなく、二次元画像を合成したアバタとして投影する。

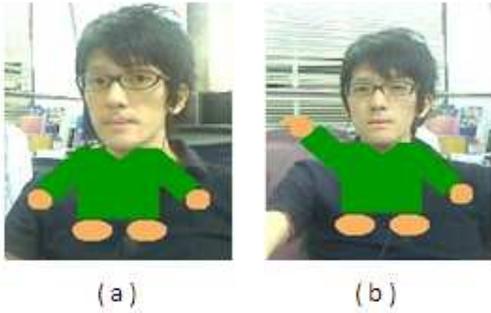


図 7: 遠隔ユーザアバタ

Remy で実装したアバタを図 7 に示す。遠隔ユーザの顔を認識し、首から下に二次元画像を合成する。アバタには二種類のモーションを用意した。実空間を移動する際は図 7(a) のように手を下ろした状態で移動するが、止まった際に図 7(b) のように指差しジェスチャを行う。アバタが指差しジェスチャを行うことによって、遠隔ユーザは自身が指差しを行う必要がなくなり操作が簡単になる。またアバタの指差しにより、ローカルユーザは遠隔ユーザがどのオブジェクトを参照しているのかを直感的に理解することができる。

3.5 Remy 操作インターフェース

Remy の操作画面を図 8 に示す。



図 8: Remy 操作画面

操作画面は、PROT 上のカメラで撮影された作業空間の映像が表示されるだけのシンプルなものである。操作画面の中央には作業空間に投影されたアバタの映像が映り込む。

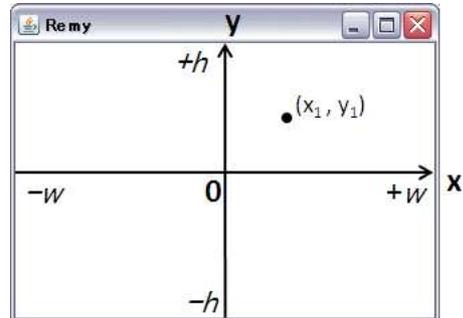


図 9: 操作画面座標系

操作画面の座標系を図 9 に示す。Remy ではカメラの画角と解像度、操作画面のクリックされた座標からモータの回転量を計算し、アバタの移動を行う。クリックした座標を (x_1, y_1) とし、カメラの解像度を $2w * 2h$ としたとき、PROT のモータの水平方向の回転量 θ_{x_1} 、垂直方向の回転量 θ_{y_1} は次式¹で求められる。

$$\theta_{x_1} = (\tan^{-1} \frac{2x_1}{5w}) [rad] \quad (1)$$

$$\theta_{y_1} = (\tan^{-1} \frac{3y_1}{10h}) [rad] \quad (2)$$

(1), (2) 式によって、クリックした位置に操作画面の中心が移動するように PROT のモータの回転量が計算される。

Remy の操作例を図 10, 図 11 に示す。図 10 の丸で囲んだ部分をクリックすると、図 11 のようにクリックした位置を指さすようにアバタが移動する。



図 10: 操作例：クリック前

¹定数の部分 $\frac{2}{5}, \frac{3}{10}$ は使用するカメラの画角によって異なる。



図 11: 操作例：クリック後



図 13: コミュニケーション例 1-1

4 Remy の使用

本章では、実際に Remy を用いて行った遠隔ユーザとローカルユーザのコミュニケーション例を紹介する。

4.1 作業空間

PROT を設置した作業空間の様子を図 12 に示す。PROT が作業空間に対して占有している物理的空間が十分に小さいことが見て取れる。



図 12: PROT 設置例



図 14: コミュニケーション例 1-2

遠隔ユーザはローカルユーザの発言を聞き、少し考えた後「この棚にあるよ」という発言と共にアバタの位置を移動させた。(図 14)

4.2 遠隔ユーザ

遠隔ユーザはノート PC 中央に出ている操作画面で Remy の操作を行う。操作画面のサイズは自由に変更可能である。

4.3 コミュニケーション例

大学生二人に Remy を使った遠隔コミュニケーションを行ってもらった。以下にコミュニケーションの流れを示す。

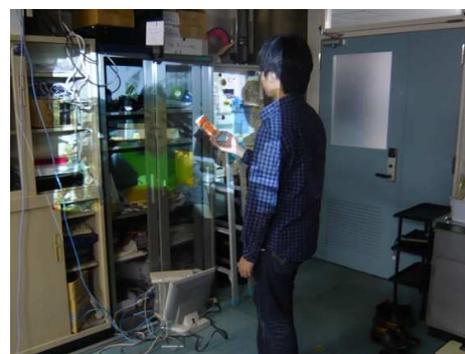


図 15: コミュニケーション例 1-3

ローカルユーザは遠隔ユーザの発言とアバタの指差しに従って棚の二段目を探索し、粘着テープを見つけ

出すことに成功した。(図 15)

5 考察

5.1 Remy の有効性

4 章の結果より、ローカルユーザと遠隔ユーザは互いに作業空間内を自由に移動し、指示語と指差しジェスチャによるコミュニケーションを行うことができた。Remy を用いることで作業空間内のオブジェクトを共有したコミュニケーションを行うことができたと言える。またローカルユーザは体に特殊なデバイスを身につける必要がなく、PROT が作業空間中に占有している空間は十分に小さいため、ローカルユーザに負荷を与えてしまう問題も解決している。

5.2 Remy の問題点

Remy にはいくつかの問題点が見つかった。

視線の不一致

Remy には遠隔ユーザとローカルユーザ間で視線の共有をできない問題がある。遠隔ユーザの視点は PROT に取り付けられたカメラであるため、コミュニケーション中にローカルユーザの顔を見ることができない。また、遠隔ユーザはコンピュータの画面を見ながらアバタの操作を行うため、作業空間に投影される遠隔ユーザの視線は常に下を向いてしまう。遠隔ユーザの視線が常に下を向いていることにより、ローカルユーザが違和感を感じてしまう可能性がある。

投影位置によるアバタの視認性

アバタを投影する位置によって、視認性に大きく差が出てしまう。例えば何も無い壁に対して投影するとアバタの映像は綺麗に見ることが出来るが、物が詰められた棚に対して投影すると、アバタの映像が崩れて見えてしまう。アバタの映像が崩れて見えることがどの程度コミュニケーションに影響を及ぼすのかを調べる必要がある。

6 今後の課題

今回は一組のユーザに Remy を使用してもらったが、さらに多くのユーザに使用してもらい、Remy の評価を行う必要がある。問題点コミュニケーションにもたらす影響の度合いや、従来研究との比較、特にレーザー光によるポインティングとアバタによるポインティングの差を評価し、評価結果に従ってシステムの改良を行っていくつもりである。

7 まとめ

本稿では遠隔地からコミュニケーション相手側の実空間を共有する遠隔コミュニケーションシステム Remy を提案した。

Remy は、二次元アバタを実空間のオブジェクトへ直接投影することで、遠隔地から実空間を共有する。二次元アバタを使用することでローカルユーザは空間的負荷や身体的負荷を受けることなく実空間を共有したコミュニケーションを行うことができる。コミュニケーションを行う際、ローカルユーザはシステムの配置によって移動範囲を制限されることが無い。また、アバタを用いることで遠隔ユーザの表情、ジェスチャをローカルユーザに伝えることが可能である。

参考文献

- [1] Christian Heath, Paul Luff, Hideaki Kuzuoka, Keiichi Yamazaki, and Shinya Oyama.: Creating coherent environments for collaboration; In Proc. of ECSCW2001, pp.119-138, 2001.
- [2] Kuzuoka, H., Oyama, S., Yamazaki, K., Suzuki, K., Mitsuishi, M.: GestureMan: A Mobile Robot that Embodies a Remote Instructor's Actions; in Proc. of CSCW2000, pp.155-162, 2000.
- [3] Nakadai, K., Tsujino, H.: Towards New Human-Humanoid Communication: Listening During Speaker by Using Ultrasonic Directional Speaker; Proc. of ICRA, pp.1495-1500, 2005.
- [4] 酒田 信親, 加藤 大和, 興梠 正克, 葛岡 英明, 蔵田 武志: レーザ搭載型ウェアラブルアクティブカメラによる遠隔コミュニケーション支援; 信学技報・第 12 回複合現実感研究会, PRMU2002-172, pp.19-24
- [5] 佐原 昭慶, 石井 健太郎, 川島 英之, 今井 倫太: 壁上を移動可能な映像・音声の投射システム; 情報処理学会シンポジウムシリーズ, Vol.2006, No.4, pp.231-232, 2006.