

# RemoteWalker：遠隔ユーザー間で対称に歩行体験を共有するシステム

矢崎 武瑠\*    Lei Tingfeng\*    稲見 昌彦\*

**概要.** 装着型テレプレゼンスシステムは、屋外活動を遠隔ユーザー同士で共有することを可能にしている。しかし、ユーザー同士の関係性が非対称であり、コミュニケーションの双方向性を実現しにくい。我々は遠隔ユーザー同士が対称に周囲環境を伝送しながら一緒に歩く体験を実現するコンセプトとシステムを提案する。このシステムでは、ユーザー自身と遠隔パートナーがHMDと360°カメラを装着し、360°映像と音声、及び歩行情報を伝送しあう。HMDのビデオシースルー機能によって表示されるユーザー自身の物理環境の上に、他ユーザーの360°映像がマッピングされた球体が重畳されている。この球体及び他ユーザーからの音声の位置は他ユーザーの歩行速度・方向に応じて変化する。これによって、ユーザーは視覚的にも聴覚的にも他ユーザーの移動や環境を認識しながら、自身の環境を歩くことが可能となる。

## 1 はじめに

物理的に離れている人々にとって、旅行や買い物、散歩などの屋外活動を共有することは制約を受け、場合によっては不可能になる。この問題に対して、装着型テレプレゼンスシステム [1] が開発されている。これらは、ロボットなどの大型機材を必要とするレイグジスタンスシステム [2] や屋内活動配信に特化した遠隔会議ツールとは異なり、ミニマルな機材によって、屋外でも離れたユーザー同士で映像やジェスチャなどを共有することが可能である。

これらのシステムにおいて、ユーザーの関係性は非対称になっており、カメラを装着して映像・音声をストリーミングする現地ユーザーと、端末を利用してそれを視聴し、その環境に没入する遠隔地ユーザーという役割に分かれている。そのため、一方通行の没入体験や指示、作業支援などへは有効な手段となるが、本来の人間同士のコミュニケーションが持つ双方向性は実現しにくい。

我々は、ユーザー同士が対称に歩行体験を共有しあうことに注目した。誰かと一緒に歩くという活動では、相互に歩く速度を合わせたり、そこから相互の意図をくみ取ったりすることで、スムーズにコミュニケーションできる。一方で、装着型テレプレゼンスシステムの多くは現地ユーザーの行動と、遠隔地ユーザーの行動が一致していない。すなわち現地ユーザーが歩きながら映像を伝送しても、遠隔地ユーザーはその映像を座って見ていたり、立ち止まって見ていたりする。我々は自身もパートナーも歩きながら、相互の映像を視聴し、存在感を双方向に認識しあうことで、「異なる屋外環境を一緒に歩いている感覚」を向上させることができると考えた。

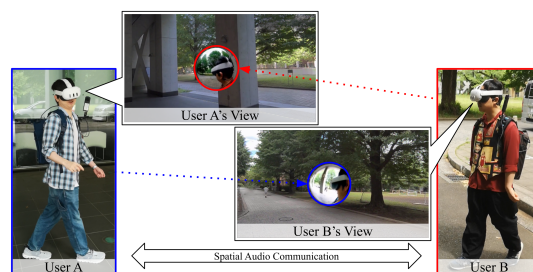


図 1. RemoteWalker システム

本稿では、対称型テレプレゼンスシステム RemoteWalker を提案する (図 1)。このシステムでは、遠隔ユーザー同士 (ユーザー自身とパートナー) が HMD (Head Mounted Display) と 360° カメラを装着し、360° 映像と音声、及び歩行情報を伝送しあう。HMD に表示される自身の物理環境の上に、他ユーザーの 360° 映像がマッピングされた球体が重畳されている。この球体及び他ユーザーからの音声の位置は他ユーザーの歩行速度・方向に応じて変化する。ユーザー自身はそのオブジェクトに入り込み、他ユーザーの環境に没入することもできる。これによって、ユーザーは視覚的にも聴覚的にも他ユーザーの存在感や環境を認識しながら、自身の環境を歩くことが可能となると考えられる。

## 2 提案手法

### 2.1 システム構成

図 2 に示すように、RemoteWalker ユーザーは、360° カメラ、HMD、ラップトップ PC、ネットワーク接続用のモバイルルーター 2 台、ワイヤレス骨伝導イヤホン、小型マイクからなるデバイスセットを装着する。ラップトップ PC はバックパックに収納され、USB ケーブルを介して 360° カメラに接続され

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

\* 東京大学先端科学技術研究センター

る。ネットワーク接続用のモバイルルーターも、ラップトップPCと同様にバックパックに収納される。

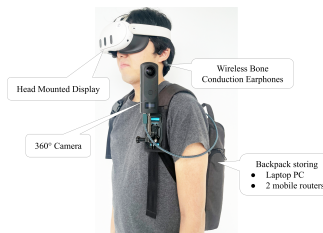


図 2. システム構成

## 2.2 ユーザーインターフェース

### 2.2.1 映像表示球体

RemoteWalker システムにおいて、パートナーから伝送される映像は球体として、ユーザーの視界に重畳される。つまり、パートナーの 360° 映像が球体の表面にマッピングされ、その球体がユーザーの視界内で浮遊している。球体はパートナーが移動すると、同じ速度、同じ向きに移動する。また、パートナーからの音声は球体を音源として、立体音響としてユーザーに提示される。これによって、ユーザーは視覚的にも聴覚的にも、相手の存在感や環境を認識することができる。ユーザーがシステムを起動、もしくはキャリブレーションすると、その時点のそれぞれのユーザーの位置がそれぞれの原点となる。ユーザーが移動・旋回すると、自身の原点に対する座標情報と回転情報がパートナーユーザーに伝送される。そして、その座標がそのままパートナーユーザーの座標系に反映され、その位置に球体が移動する。これによって、自身から見たパートナーの位置と、パートナーから見た自身の位置の関係性が正しく保たれる。

### 2.2.2 パートナー環境への没入

ユーザーは自身の物理環境を移動することで、パートナーの球体に近づいたり、遠ざかったりすることができる。特に、球体の内部に入り込んだ時に、ユーザーはパートナーの環境に没入することができる。ユーザーはパートナーの球体の移動に合わせて歩行する、すなわちパートナーと同じ速度で同じ方向に移動することで、まるでパートナーの環境に没入しながら、一緒に歩いているかのような体験ができる。ユーザーがパートナーの球体の内部にいる状態で、歩行を始めるとユーザーの進行方向に応じて、球体の一部が半透明になる。これによって、ユーザーはパートナーの環境に没入しながら、自身の物理環境を認識し、歩行することができる。

### 2.2.3 パートナー球体の位置調整

ユーザーは自身の操作によって、パートナー球体の位置を調整することができる。ユーザー同士は異なる物理環境を歩いているため、各々の環境の障害物が原因で、パートナー球体との距離を歩行によって調整できないことがある。そこで、ハンドジェスチャーによる球体の位置調整機能を実装した。ユーザーは右手をピンチしながら、右手を動かすことでパートナー球体を自身に近づけたり、遠ざけたりすることができる。ユーザーが右手をピンチすると、右手の指先と球体がピンク色の線によってつながる。その状態で、右手を球体から遠ざける、すなわち球体を引っ張るような動作をすると、右手の移動距離に応じて球体が自身に近づく。逆に右手を球体に近づける、すなわち球体を押すような動作をすると球体が自身から遠ざかる。ハンドジェスチャーによる位置調整が行われたとしても、ユーザー同士の相対位置が変化しないようにした。すなわち、パートナー球体を移動させたとき、パートナーから見た自分の位置も変化する。

## 2.3 ユーザー体験

上記のユーザーインターフェースによって、RemoteWalker ユーザーは、以下のような体験が可能となる。

- ユーザーは、パートナーの存在や位置を球体や立体音響として認識しながら、自身の物理環境を歩き回る。
- ユーザーは、自身の環境に障害物が存在する場合は、ハンドジェスチャーによって球体との距離を調整できる。
- ユーザーは、球体内部に入り込むことによって、相手の環境に没入する。
- ユーザーは、球体の動きに合わせて歩行することで、まるでパートナーと一緒に並んで歩いているかのようなコミュニケーションを行う。

## 3 おわりに

我々は、離れた場所にいる人同士がお互いの移動情報と周囲環境を対称に伝送・認識しながら歩行するコンセプトを提案し、HMDと360°カメラを用いたウェアラブルテレプレゼンスシステム RemoteWalkerを開発した。

屋内環境下における活動(会議や授業など)を遠隔で実現するツールは世の中に普及し、人々の暮らしを大きく変化させた。本研究によって人間が頻繁に行っている「屋外を歩く」という行為においても、遠隔で実現することが可能となり、人口の一極集中化軽減やグローバルしたコミュニティの文化醸成、QoLの向上につながると考えられる。

## 謝辞

本研究は、国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT) の委託研究 (No.06101) の成果の一部である。また、本研究の一部は公益財団法人セコム科学技術振興財団の支援を受けたものである。

## 参考文献

- [1] K. P. Pfeil, N. Chatlani, J. J. LaViola, and P. Wisniewski. Bridging the Socio-Technical Gaps in Body-worn Interpersonal Live-Streaming Telepresence through a Critical Review of the Literature. *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, 5(CSCW1), apr 2021.
- [2] S. Tachi, Y. Inoue, and F. Kato. TELESAR VI: Telexistence Surrogate Anthropomorphic Robot VI. *International Journal of Humanoid Robotics*, 17(05):2050019, 2020.