

RicketyBench: がたつきで人の気配を再現するベンチの開発

RicketyBench: Development of a Bench Which Reproduces a Sign of Human

加藤 良治^{*1}
Ryoji Kato

田中 一品^{*1*2}
Kazuaki Tanaka

中西 英之^{*1}
Hideyuki Nakanishi

^{*1} 大阪大学大学院工学研究科 知能・機能創成工学専攻
Department of Adaptive Machine Systems, Osaka University

^{*2} 科学技術振興機構 CREST
CREST, Japan Science and Technology Agency

An interaction between human beings makes you feel a sign of human. Our goal is reproducing a sign of human caused by human interaction artificially. In this study, we develop a remote communication system with combination of RicketyBench and Mirror Display System (MDS). RicketyBench reproduces a physical phenomenon caused by a remote person's motion. This bench changes the tilt of its seat when the remote person stands up or sits on it. MDS shows an image that is overlaid a remote person's image on a local image. We found a possibility that reproducing a physical phenomenon is felt as a sign of human by conducting experiments.

1. はじめに

人と人のインタラクションでは対話相手の気配を感じることができる。一方、近年盛んに行われているビデオチャットのような遠隔地間におけるインタラクションでは、インタラクションが同じ空間で行われなため、対話相手の気配を感じることができない。

遠隔地間のインタラクションにおいて、遠隔地の対話相手とあたかも対面している感覚の度合いを表すソーシャルテレプレゼンスを強化することでこのような問題の解決にアプローチしている研究がなされている[Nakanishi 14][塩崎 13]。遠隔握手用ロボットハンド[Nakanishi 14]では、通常のビデオチャットに握手用のロボットハンドを実装することで、遠隔地間のインタラクションに身体接触を付与した。この握手による身体接触の付与がソーシャルテレプレゼンスを強化することが分かっている。また、遠隔指相撲用ロボットハンド[塩崎 13]を実装したビデオチャットでは、身体接触に加えて物理的な身体動作を提示することでソーシャルテレプレゼンスが強化されることが報告されている。

さらに遠隔地間でも対話相手と同一空間にいる感覚を、画像処理技術を用いた鏡面映像システムで視覚的に再現するシステムが提案されている[Morikawa 98][Roussel 02]。その一つであるハイパーミラー[Morikawa 98]は遠隔地にいる対話相手の映像のうち、人物領域だけを切り出して使用者のいる空間の映像に合成するシステムである。このシステムにより、使用者は遠隔地の相手をあたかも鏡越しに見ているかのような状況で会話を行うことができる。また、Well[Roussel 02]というシステムでは、水平に設置したディスプレイを覗き込むと、遠隔地にいる対話相手と一緒に井戸の水面に顔が映っているような映像を見ながら会話することができる。しかし、これらの鏡面映像システムは対話相手が隣にいる様子を視覚的に再現するものであり、物理的に相手の気配を感じることはできない。そこで我々は、対話相手の身体動作による実世界の物理的な作用を遠隔地で再現する装置を鏡面映像と組み合わせたシステムを提案する。このシステムを用いることで遠隔地間でのインタラクションにおいて、人

がそこにいる感覚の度合いである気配を人工的に再現できるのではないかと考えた。

我々のアプローチと類似したシステムとして、鏡面映像を用いた遠隔カウンセリングシステム[Morikawa 06]が提案されている。このシステムでは相手に抱擁される様子を鏡面映像で提示し、それに合わせて抱擁の触感を振動子で再現している。しかし、実際の抱擁の感覚と振動刺激との乖離によって、抱擁されている感覚になるためには慣れが必要であることが指摘されている。したがって本研究では、相手の身体動作によって生じる物理的な現象を可能な限りそのまま再現するというアプローチをとる。

遠隔地にいる人の身体動作による物理的作用を再現する方法は多くの研究で提案されている[Wesugi 08][Baden 12][熊谷 11]。LAZY SUSAN[Wesugi 08]では遠隔地間に設置した回転椅子の回転を遠隔地間で同期させた。Telematic Dinner Party[Baden 12]では、異なる遠隔地に設置した複数のターンテーブルの回転を同期させることで、人がターンテーブルを回す動作を伝達した。また、人がソファに座った際の座面の歪みを遠隔地で再現するソファ[熊谷 11]も提案されている。しかし、これらのシステムでは対話相手が正面や隣にいることを想定しているため、その方向を見ると対話相手がいないことは明白である。この問題は鏡面映像システムと組み合わせることで解決できると考えられる。

本研究では、人間の身体動作に起因したオブジェクトの物理的な作用を遠隔地に伝達するオブジェクトとして、対話相手の起立・着席に同期してがたつきを遠隔地に伝達するベンチである RicketyBench を開発した。また、このベンチと鏡面映像システムとを組み合わせたシステムが遠隔地間におけるインタラクションで、対話相手の気配を人工的に再現できるかを検証する実験を行った。

2. システムの開発

本研究で提案するシステムは、遠隔地の相手が隣に座っている様子を提示する鏡面映像と、隣に相手が座っている感覚を座面の傾きで再現するベンチを組み合わせたものである。対話相手側にはカメラとセンサが設置されている。

連絡先: 中西英之, 大阪大学大学院工学研究科, 知能・機能創成工学専攻, nakanishi@ams.eng.osaka-u.ac.jp

2.1 鏡面映像システム

本研究で用いる鏡面映像は、クロマキー合成によって遠隔地の対話相手の人物領域を、使用者のいる空間に合成した映像を提示する(図1)。鏡面映像は50インチのディスプレイに1280×720ピクセルの解像度で表示した。実験では被験者にこのディスプレイを鏡として認識してもらいやすくするため、ディスプレイの枠を白い板で隠している。このディスプレイの枠に開けた25mm×30mmの穴から被験者のいる空間をウェブカメラを用いて表示している。

2.2 衝立の設置

鏡面映像を使用したインタラクションにおいて、使用者が隣を見ると実際に対話相手が隣にいないことが分かってしまうため、本研究では、衝立を設置して隣の様子が直接見えないようにしている。衝立はベンチの中央部に布をかけることで設置した。しかし、予備実験における実験後のインタビューによると、「衝立があることで空間が分断されている感覚になり、対話相手と同一空間にいる感じがしない」という意見があった。したがって衝立のデザインとして、空間になじんで同一空間であることを損なわせないことが重要であると考え、図2のように衝立のデザインを変更した。改良した衝立は背面の壁に模様をつけ、その壁と同じ模様を有しているため、衝立としての存在感を極力抑え、壁の



図1 鏡面映像システム



図2 衝立のデザイン

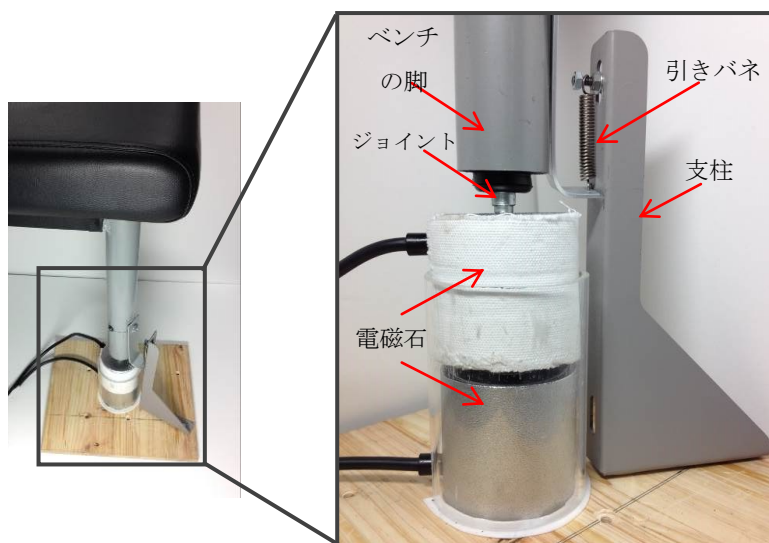


図3 ベンチの駆動機構

一部と思わせるようなデザインである。また、壁に対して直角に突き出しているのではなく、壁に向かって斜めに開いている。これによって鏡面映像に映った衝立が鏡面映像内で空間を分離している感覚を減少させる可能性がある。

2.3 ベンチのがたつきの再現機構

4本の脚の長さにはばらつきのあるベンチに座っているとき、隣に人が座ると座面の傾斜の変化を感じる。本研究では、この現象を遠隔地間で再現するベンチを製作した。ベンチの傾斜を再現する機構は、電磁石の吸引と反発を利用している(図3)。ベンチの脚の1本がこの機構を備えており、電磁石に流れる電流の向きを変えることで対向する電磁石との距離を変化させている。この距離の変化に応じて座面の傾斜も変化する。映像内の相手の着席・起立に同期して変化する座面の傾斜によって、あたかも対話相手が隣にいる感覚が得られることが期待できる。しかし、電磁石の反発時、ベンチには被験者の体重もかかっているため吸着時に比べて座面の傾斜の変化量が少ないことがあった。この問題は支柱によって取り付けられた引きバネにより、鉛直上向き方向の力をアシストすることで解決した。実験に用いた電磁石の吸着力は約1100Nである。

3. 実験

開発したシステムを用いて鏡面映像と身体動作による物理的な作用の提示を組み合わせたシステムが人間の気配を再現できるかどうかを調べるため、被験者実験を行う。本研究で提案するシステムは鏡面映像と身体動作による物理的な作用を併せて提示するため、被験者はこの二つの情報から対話相手の気配を感じることができる。したがって、以下の仮説を立てた。**仮説1:**鏡面映像を用いたシステムで対話相手の身体動作による物理的な作用を提示することで、対話相手の気配を感じることができる。

また、鏡面映像を用いたインタラクションにおいて、被験者が隣を見た際に、対話相手がいないという違和感が生じると考えられる。これを解消するために衝立を設置すればよいと考えたことから、以下の仮説を立てた。

仮説2:鏡面映像を用いたシステムにおいて、衝立により視界を遮ると、対話相手の気配を感じることができる。



図 4 実験条件

3.1 実験条件

仮説を検証するために、ベンチのがたつきによる振動の有無と衝立の有無に要因を分け、4つの条件を用意した(図4)。以下がその4条件である。鏡面映像を用いたインタラクションは全条件で行う。

振動あり・衝立なし条件: 鏡面映像に映っている実験者が起立・着席するとベンチががたつく。また、被験者の隣に衝立を設置しない。

振動あり・衝立あり条件: 鏡面映像に映っている実験者が起立・着席するとベンチががたつく。また、被験者の隣に衝立を設置する。

振動なし・衝立なし条件: 鏡面映像に映っている実験者が起立・着席してもベンチはがたつかない。また、被験者の隣に衝立を設置しない。

振動なし・衝立あり条件: 鏡面映像に映っている実験者が起立・着席してもベンチはがたつかない。また、被験者の隣に衝立を設置する。

3.2 実験タスク

仮説を検証するための実験タスクとして、実験者が身体動作を数回繰り返すことと、鏡越しで行える自然なインタラクションが適していると考えた。したがって本研究では、洋服の説明というタスクを設定した。タスクの開始時、実験者は鏡面映像に映っておらず、被験者のいる部屋に入室することを思わせるような形で鏡面映像に映り込む。その後、鏡面映像内の実験者はベンチに着席し、挨拶の後洋服の説明を開始する。説明する洋服は被験者の視界に入らない画面外に置いておく。実験者が説明のために洋服を取るときには、ベンチから腰を上げることで画

面外から洋服を取る。説明が終了したら、実験者はベンチから起立し、被験者のいる部屋から退室するように鏡面映像から出ていく。実験中において、被験者は実験者が着席したりベンチから腰を上げたり様子を見ることができ、振動あり条件ではそれに同期した振動が被験者に提示される。一回のタスクで「入室後ベンチに着席する/洋服を取る/ベンチに戻る/ベンチから起立し退室する」を行うので、被験者には一回のタスクにつき合計で4回、ベンチのがたつきによる振動が提示される。

3.3 アンケート

実験後被験者には7段階のリッカート尺度のアンケートに回答してもらった。全7段階を、1:全くあてはまらない、2:あてはまらない、3:ややあてはまらない、4:どちらともいえない、5:ややあてはまる、6:あてはまる、7:非常によくあてはまる、に対応させた。アンケートの項目は以下の通りである。

- 実際に相手を鏡越しで見ている感じがした。
- 実際に相手が隣に座っている感じがした。

これらの質問で、人がそこにいる感覚の度合い、すなわち実験者の気配を感じたかを調べた。

3.4 実験結果および考察

実験は被験者内実験とした。大学の近くに住む大学生を対象にし、合計10名の被験者に実験に参加してもらった。図5に実験の結果を示す。鏡面映像内の対話相手の動きに同期したベンチのがたつきによる振動の有無の要因と、衝立の有無の要因を、それぞれ振動要因、衝立要因とし、2要因分散分析を行った。

振動要因において、鏡越しに相手を見ている感じ($F(1,9)=3.008, p<0.1$)、相手が隣に座っている感じ($F(1,9)=2.938, p<0.1$)の2項目で主効果が有意傾向であった。この結果は、鏡

面映像内の対話相手の身体動作による物理的な作用を提示しないよりも提示している方が、対話相手の気配を感じていることを示しており、仮説 1 を概ね支持している。実験後のインタビューによると、被験者は鏡面映像を見ており正面を向いているため、その隣でベンチががたつくと対話相手が隣にいると想像できたことが理由として挙げられる。

また、衝立要因においては、どの項目にも有意な差は見られなかった。その理由として、衝立のデザインがまだ適切でなかったことが挙げられる。被験者は鏡面映像を見るために正面を向いているが、実際に隣に対話相手が座っていると、衝立があっても周辺視野に対話相手の脚が見えるはずである。現状では衝立がベンチから前に飛び出している長さが 10cm であり、衝立が周辺視野に映る対話相手の脚を隠しきれずリアリティが低下していると考えられる。衝立の存在感を上げずに空間になじませつつ、被験者の周辺視野に映る対話相手の脚を隠すことが衝立の今後の改良点に求められる要素である。この要素を満たした衝立を用いて実験を行えば、被験者は対話相手が隣にいるという想像を、リアリティを損なわずにできると考えられる。

4. おわりに

本研究では、人間同士のインタラクションにおいて感じることでできる人の気配を再現するシステムとして、鏡面映像システムとがたつきを提示するベンチを組み合わせたシステムを開発した。このシステムでは鏡面映像を用いたインタラクションにおいて、隣を見ると対話相手がいないという違和感を解消するために衝立を設置し、隣の様子が直接見えないようにした。

また、このシステムが提示する対話相手の身体動作による物理的な作用の伝達と、衝立によって視界を制限することの効果を検証する実験を行った。その結果、対話相手の身体動作による物理的な作用の再現が気配として感じられる可能性があることを確認した。また、衝立の効果は現状では得られなかったが、衝立のデザインとしてより適切なものにしていけば効果が得られると考えられる。

謝辞

実験に協力していただいた大西裕也氏に深く感謝する。本研究は、JST CREST「人の存在を伝達する携帯型遠隔操作アンドロイドの研究開発(研究領域:共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築)」からの支援を受けた。

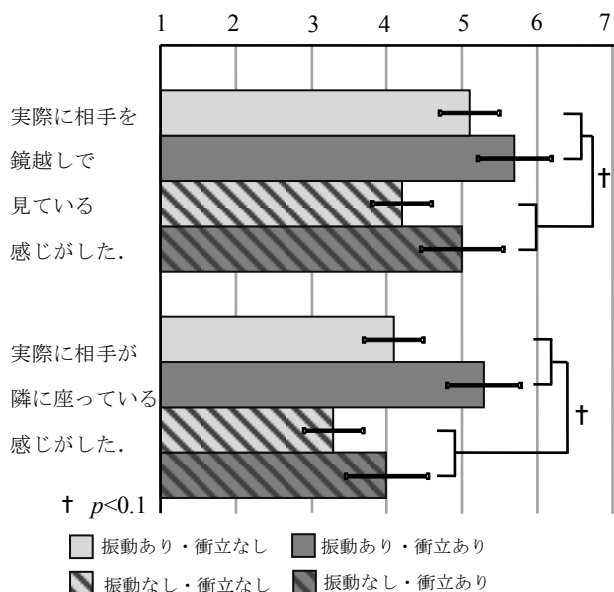


図 5 アンケート結果

参考文献

- [Nakanish 14] Nakanishi, H., Tanaka, K., and Wada, Y.: Remote Handshaking: Touch Enhances Video-Mediated Social Telepresence, in *Proceedings of CHI2014*, (2014).
- [塩崎 13] 塩崎恭平, 田中一晶, 中西英之: ビデオチャットを指相撲ロボットハンドによって拡張したシステムのデザインがソーシャルテレプレゼンスに与える影響, 第 27 回人工知能学会全国大会, 1G5-2in, (2013).
- [Morikawa 98] Morikawa, O., and Maesako, T.: HyperMirror: Toward Pleasant-to-use Video Mediated Communication System, in *Proceedings of CSCW1998*, pp.149- 158 (1998).
- [Roussel 02] Roussel, N.: Experiences in the Design of the Well, a Group Communication Device for Teleconviviality, in *Proceedings of Multimedia 2002*, pp.146-152 (2002).
- [Morikawa 06] Morikawa, O., Hashimoto, S., Munakata, T., and Okunaka, J.: Embrace System for Remote Counseling, in *Proceedings of ICM12006*, pp.318-325 (2006).
- [Wesugi 08] Wesugi, S., and Miwa, Y.: "LAZY SUSAN" Chair Communication System for Remote Whole-body Interaction and Connectedness, in *Proceedings of the Third IASTED International Conference Human-Computer Interaction*, pp.93-99 (2006).
- [Baden 12] Baden, P., Comber, R., Green, D., Jacson, D., Ladha C., Bartindale, T., Bryan-Kinns, N., Stockman, T., and Oliver, P.: Telematic Dinner Party: Designing for Togetherness through Play and Performance, in *Proceedings of DIS 2012*, pp.38-47 (2012).
- [熊谷 11] 熊谷真吾, 横山牧, 佐藤未知, 福嶋政期, 梶本裕之: ソファを介した遠隔コミュニケーション, エンターテインメントコンピューティング 2011, (2011).