

# 同期回転テーブルによる遠隔相席感の創出

## Synchronous Turntables Produce Feeling of Sharing a Table between Remote Places

耿 星<sup>\*1</sup>  
Geng Xing

田中 一晶<sup>\*1\*2</sup>  
Kazuaki Tanaka

中西 英之<sup>\*1</sup>  
Hideyuki Nakanishi

<sup>\*1</sup> 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

<sup>\*2</sup> 科学技術振興機構 CREST  
CREST, Japan Science and Technology Agency

In remote communication, the Mirror Display System which reproducing a situation in which talking through the same mirror with remote partner has been proposed. In this study, we developed synchronous turntables system and extended the Mirror Display System. We conducted an experiment to confirm creation of feeling of sharing a table with conversation partner in remote place by using synchronous turntables with Mirror Display System.

### 1. はじめに

遠いところにいる相手をより近く感じるため、ビデオ通話が盛んに行われてきている。しかし、ディスプレイに映っている会話相手の映像とディスプレイの周りの使用者のいる空間の差異等により、会話相手が遠くの違う空間にいることを自然に感じるため、会話相手の存在感が低下してしまう恐れがある。

この問題を解決するために、たくさんの研究が行われて来ている。映像に注目している研究として、使用者がディスプレイへの接近動作に合わせて遠隔地にあるカメラを前後移動させるシステムが提案されている[Nakanishi 09]。ズーム機能では発生できないが、このシステムの使用により、運動視差が生まれて遠隔地にいる相手の存在感を強化することが分かった。

しかし、このシステムでは使用者の前後移動を遠隔地で再現して体験するものであり、相手の存在を物理的に感じることはできない。これに対し、映像と遠隔地にいる会話相手の身体動作を提示できる機構の組み合わせたシステムの研究がなされている。通常のビデオ会話に遠隔握手ロボット手を追加して遠隔地間の握手インタラクションを実現し、身体接触を付与したことで、あたかもシステムを会話相手と認識して相手と握手しているような感覚を得られることが確認されている[Nakanishi 14]。遠隔カウンセリングシステム[Morikawa 06]では、遠隔地にいる会話相手に抱擁されている様子を鏡映像システムより提示しながら、抱擁されている感覚をアクチュエータの振動より再現する。

これらの研究は主にディスプレイの映像処理、もしくは映像と機構による身体性の表現の組み合わせに注目している。しかし、我々は周囲環境のたくさんの物と常にインタラクションを行っており、人の動作によるこれらの物体の動作を通しての身体性の延長の可能性や身体性の延長が人の遠隔存在感に対する影響の研究はまだ少ない。本研究では、遠隔地間で同期して回転するテーブルシステムを構築し、鏡映像システムに加えた。この組み合わせたシステムを用いて、身体動作をテーブルによって伝達することや動作と映像の連動で、相席感の錯覚は生まれるかについて検証する。

まず、映像を用いなく、遠隔地にいる人の動作による物体へ作用を遠隔地間で再現する研究はたくさんある。SyncDecor [Tsujita 08]という遠距離恋愛支援システムでは、身体動作による遠隔地間の家具等の動きを連動することだけで、離れた相手と一緒にいるような感覚を再現できると分かっている。ソファを介した隣り合う遠隔会話システム[熊谷 11]では、人がソファに座った際の座面変形のみを提示により、実際には存在しない隣に座った人間との肩の触れ合いを遠隔地間で錯覚できること確認されている。しかし、これらのシステムでは感じた相手のいる方向へ見ると相手がいないことがわかり、相手の存在感に対する違和感を生じる恐れがある。

また、映像システムと人間の身体動作による物体の動作を伝達する機構の組み合わせたシステムはいくつか提案されている。Telematic Dinner Party[Baden 12]では、複数参加者の映像を丸いテーブルの平面に投影し、テーブル真ん中に置いてあるターンテーブルの同期動作より、遠隔地間でも同じパーティーを参加しているような感覚を得る試みをした。しかし、テーブルへの投影映像は平面であり、誰を映っているかはわかりづらい。我々の先行研究として、鏡映像システムと組み合わせて相手の着席と離席に同期してがたつきを伝達するベンチRicketyBench[加藤 14]が開発されており、そのがたつきより相手の気配を視覚的や触覚的に感じる事が確認されている。しかし、がたつきは使用者の体重や感度等より、完全に気づかないことがあった。

これらの研究を踏まえ、我々は遠隔地間で同期して回転できるターンテーブルを開発し、合成映像システムを拡張した。また、このシステムを用いて、使用者は遠隔地の会話相手と同一の空間で同一のテーブルを回しているような視聴感覚を明確に提示することで、遠隔地にいる人の存在感に対する影響の検証実験を行った。

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. 同期回転ターンテーブルシステム

本研究で提案するシステムの外観を図 4(a)のように示しており、構成が図 1 で示しているようになっている。使用者側は、遠隔地の相手が隣に座っている様子を提示する合成映像システムや隣に相手が座っている感覚を身体動作の延長として物理的に同期回転で再現するテーブルを組み合わせたものである。システムの提示する感覚と実際に隣に人がいないことにより、使用者に違和感を生じる恐れが先行研究 *RicketyBench*[加藤 14] で分かっているため、ここで高さ 160cm、幅 60cm、厚み 4cm の衝立を設置する。

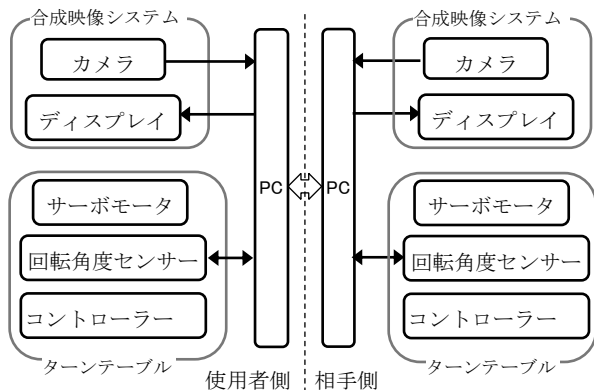


図 1 システム構成

### 2.1 合成映像システム

本来の合成映像システムでは、相手の人物領域だけを切り出しクロマキー合成により鏡映像を使用者に提示するが、クロマキーにより人物の輪郭が不自然に見えると考えられるため、本研究では、会話相手の映像と使用者の映像をウェブカメラ（解像度 1080×780、フレームレート 30fps）で撮影し、それぞれの映像を半分ずつとして画像合成して 50 インチのディスプレイ（解像度 640×380）で使用者に提示する。また、図 4(a)のように身体動作の延長としてのテーブルの動作をディスプレイで提示できるようにテーブルを配置した。

### 2.2 回転の同期できるターンテーブル

同じターンテーブルを使用する際に、隣の人がテーブルを回すと、もう一人はその回転の変化を見ること。本研究では、そのような現象を使用者と遠隔地の間で再現するターンテーブルを製作した。構成としては、図 1 のターンテーブルの部分に示しているようにテーブルにサーボモータ、センサーやコントローラーを装着してパソコンに接続する。また、実際にテーブルの画像を図 2 で示している。動きとしては、一つのテーブルが回転すると、センサーより回転データを取得してもう一つのテーブルも同じ角度で回転する。また、テーブルの高さを 70cm とし、テーブルの大きさを  $\Phi 500$ cm とした。

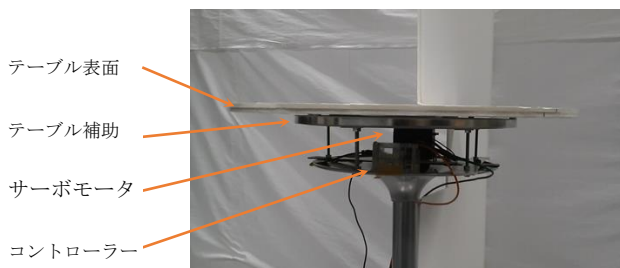


図 2 ターンテーブル

## 3. 実験

合成映像システムと相手の身体動作の延長としての物体同期回転の視覚情報の組み合わせたシステムが相手の遠隔存在感に与える影響を調べるため、被験者実験を行う。

### 3.1 仮説

先行研究では、合成映像システムを用いたベンチシステムを使用する際に、相手の動きに同期した身体動作を提示するベンチのがたつきで相手の遠隔存在感が向上するということが分かった。しかし、その際にベンチの動き自体が使用者が気づかない時もあった。物体の動作を視覚的に見えないことが考えられるため、物理的な動きを感じることや確実に視覚的に見せることで、相手の存在感がより向上できるのではないかと考えた。したがって以下の仮説を立てた。

仮説 1: 合成映像システムを用い、遠隔地にいる人の操作からターンテーブルの同期回転による物体の転送は、テーブルが回転させない時より物体の共有感が強化される。

また、テーブルの回転方法として自動と手動の 2 種類が考えられる。自動的にテーブルが回転すると、機械的なイメージが出る恐れもあるため、もっと自然的な動きとしては、手でターンテーブルを回すことが考えられる。このことから以下の仮説を立てた。

仮説 2: 合成映像システムを用い、ターンテーブルの手動の同期回転の動きをディスプレイ映像と連動して使用者に視覚的に見せることで、相手の遠隔存在感が静止と自動回転の時より向上する。

### 3.2 実験環境

実験環境を図 3 のように示す。図 3(a) は使用者側となり、図 3(b) は遠隔地側となっている。本来のシステムは使用者と遠隔地側の両方が同じ実験装置を設置するが、実験を便利に行う上、図 3(b) のように実験に影響しないように遠隔地側の装置を簡略化した。使用者側では使用者がディスプレイに向かって左に座り、使用者の右には衝立と回転テーブル、スピーカー等が置かれている。使用者の右には人がいないが、相手の操作よりテーブルの同期回転動作と映像の連動することにより、隣に人がいるような状況を再現する。18 歳から 30 歳までの日本人の平均座高の 85~92cm を参照し、ウェブカメラの高さを 135cm に設定し、椅子の高さを 40cm とした。また、使用者座っている時に、隣を見えないように衝立を高さ 160cm、幅 60cm と設定した。ウェブカメラの 75 度の視野角を考慮して、使用者とカメラの距離を 140cm とし、テーブルの中心とカメラの距離を 115cm とした。両側のテーブルそれぞれ半分の映像を合成して 1 つのテーブルの見えるように、遠隔地側のカメラと椅子等の設置は使用者側と同じにした。

### 3.3 実験方法

仮説を調べるため、同期回転ターンテーブルの回転を要因として、図 4 のように実験条件を以下の 3 条件と設定した。

テーブル静止条件(図 4(a)): 遠隔地間でテーブルを半分ずつ鏡映像により提示する回転なしの統制条件;

テーブル自動回転条件(図 4(b)): 相手が壁に付けてあるボタンを押すことより両テーブルが同期して自動で相手側から使用者側へ回転させる条件;

テーブル手動回転条件(図 4(c)): 相手のテーブルの手動回転操作により使用者側のテーブルが同期して相手側から使用者側へ回転する条件。

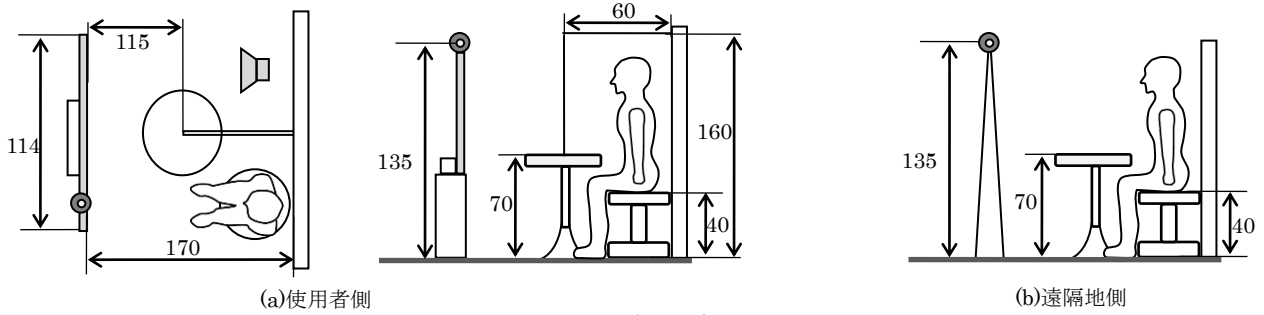


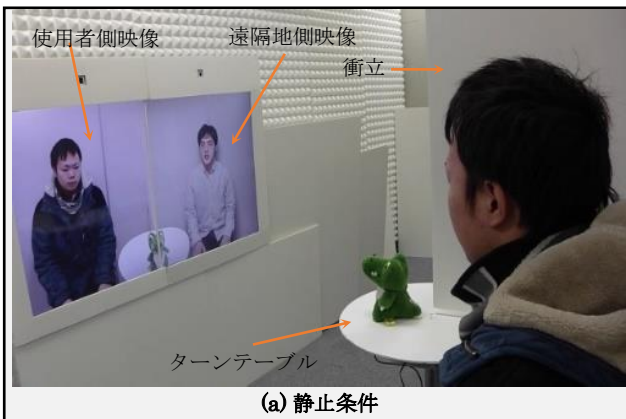
図3 実験環境

実験には我々の大学の近辺に住む大学生 12 人(男:6 名, 女:6 名)に対して被験者内実験を実施した。この時実験の3条件の順序効果が起こらないようにカウンターバランスで対処した。実験タスクとしては、ターンテーブルの周りに座っている場面を想定し、被験者が合成映像システムを介して、実験者からワニぬいぐるみについての説明を受けるというタスクを設定した。実験後、仮説を検証するために、被験者にアンケートによる 3 回のタスクの主観評価を行わせた。最後に、インタビューも行った。

#### 4. 結果及び考察

アンケートでは、被験者が実験に関して抱いた印象の度合いについて質問した。全 7 段階のリッカート尺度を用い、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:非常にあてはまる、の選択肢に対応させた。アンケートの項目としては、音声はきれいだと感じた、映像はきれいだと感じた、説明はわかりやすかった、同じぬいぐるみを見ている感じがした、隣に人がいるとだと感じたとした。

アンケートで回収したデータの一要因分散分析と Bonferroni の多重比較を行い、実験結果を図 5 に示す。棒グラフは各項目のスコアの平均値を表し、エラーバーは標準誤差を表す。その結果、同じぬいぐるみを見ている感じがした項目は有意差が認められた( $F(2, 11)=10.688, p<0.01$ )。多重比較をした結果、テーブル自動回転条件及び手動回転条件は静止条件よりもぬ



(a) 静止条件



(b) 自動回転条件



(c) 手動回転条件

図4 実験条件

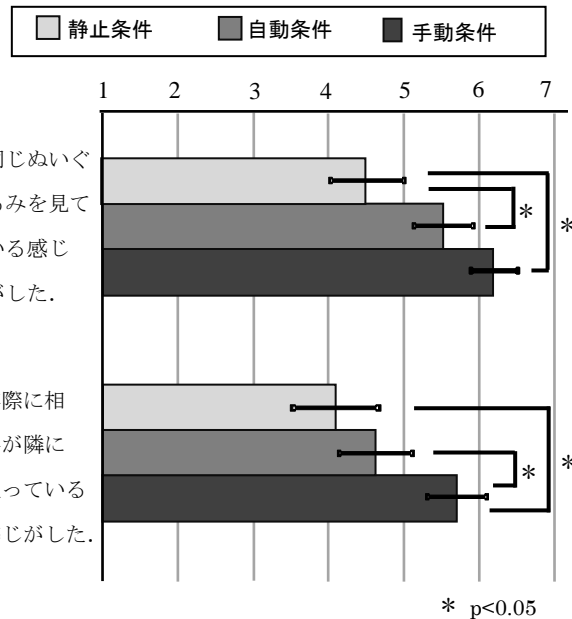


図5 アンケート結果

いぐるみを共有している感覚が高いことが分かった(両方とも  $p < 0.05$ ). この結果は仮説 1 を支持する. また, 隣に人がいる感じがした項目も有意な差が認められた( $F(2, 11) = 8.402, p < 0.01$ ). 多重比較の結果, テーブル手動回転条件は静止条件よりもぬいぐるみを共有している感覚が高いことが分かったが ( $p < 0.05$ ), 自動回転条件と静止条件の有意差が認められなかった. しかも, 手動回転条件は自動回転条件よりも隣に人がいる感覚が高いことが分かった ( $p < 0.05$ ). この結果は概ね仮説 2 の手動条件が静止条件より優位であることを支持するが, 予測した自動条件の優位性は認められなかった. 原因として, 遠隔地にいる人がボタンを押すことでテーブルを操作したが, 動作自体が遠隔操作と思わせことやテーブルに触れないことより身体性の延長がないことで, 相手の存在感が低下することが考えられる. 他のアンケート項目の映像がきれいだと感じた, 音声はきれいだと感じた及び説明はわかりやすかったに対して, 条件間の差は認められなかった. 映像と同期ターンテーブルシステムを用いて, テーブルの同期動作はこれらの項目に影響しないことが考えられる.

## 5. おわりに

本研究では, 遠隔地間で同期して回転できるターンテーブルを開発し, 合成映像システムを拡張した. また, このシステムを用いて, テーブルの同期回転が遠隔地にいる人の存在感を使用者側での再現に与える影響を実験より初歩的に調べた. その結果, 合成映像システムを介しての会話において, テーブルの同期回転とそれらを画像合成で鏡映像の連動することで, あたかも遠隔地にいる相手と相席しているような感覚が得られることが分かった. また, テーブルの同期回転より映像の連動により, テーブル上に設置した 1 セットのぬいぐるみに対する共有感が生まれることは分かった.

また, 今回の実験では遠隔地にいる人だけがテーブルを操作しており, 使用者のテーブルの操作や双方向のインタラクションが存在感や物体の共有感に対する影響はまだ分からないが, これらの効果についての検証も進めている.

## 謝辞

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」, 基盤研究(B)「ソーシャルテレプレゼンスのためのロボットエンハンスドディスプレイ」, SCOPE「遠隔身体インタラクションインタフェースの研究開発」からの支援を受けた.

## 参考文献

- [Nakanishi 09] Hideyuki Nakanishi, Yuki Murakami and Kei Kato.: Movable Cameras Enhance Social Telepresence in Media Spaces, International Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI2009), pp. 433-442.(2009).
- [Nakanishi 14] Nakanishi, H., Tanaka, K., and Wada, Y.: Remote Handshaking: Touch Enhances Video-Mediated Social Telepresence, in Proceedings of CHI2014(2014).
- [Morikawa 06] Morikawa, O., Hashimoto, S., Munakata, T., and Okunaka, J.: Embrace System for Remote Counseling, in Proceedings of ICM2006, pp.318-325 (2006).
- [Tsujita 08] Tsujita, H. ; Dept. of Comput. Sci., Ochanomizu Univ., Tokyo ; Tsukada, K. ; Siio, I: SyncDecor: Communication Appliances for Couples Separated by

Distance Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, pp.279-286(2008).

- [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).
- [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).
- [加藤 14] 加藤良治, 田中一晶, 中西英之: RicketyBench: 遠隔地の人が隣に座る感覚を再現する長椅子型遠隔会議システム, 情報処理学会研究報告. HCI, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告, 2014-HCI-160(7), 1-5(2014).