

身体の二重的表現手法に基づく空間共有テーブル

上杉 繁^{*1} 片山智文^{*1} 三輪敬之^{*2}

^{*1} 早稲田大学大学院理工学研究科 ^{*2} 早稲田大学理工学部

wesugi@computer.org, katayama@moegi.waseda.jp, miwa@waseda.jp

概要

互いの間における信頼感や安心感の創出には、人と人が直接出会わないとうまくいかないことが指摘されており、このことがコミュニティ支援にコンピュータメディア技術を活用する際の大きな問題にもなっている。そこで著者らは、遠隔地間において互いが相手と同じ空間にいるという感覚(共存在感)の創出支援を目指し、共通の映像空間と自分が実在する場所をつなげる身体行為の二重的表現手法をこれまでに考案した。この手法に基づき、あたかも1つのテーブルを囲んでいるかのように、相手側の実体を移動させたり、相手と同じ場所にいるかのような感覚を強めたりしあうことが可能な空間共有テーブルシステムを開発した。

キーワード: 共存在, 身体的インタラクション, 空間的位置関係, 身体的つながり, タンジブルインタフェース, 中華テーブル

Virtually Shared “Lazy Susan” Based on Dual Embodied Interaction Design

Shigeru Wesugi^{*1} Tomofumi Katayama^{*1} Yoshiyuki Miwa^{*2}

^{*1} Graduate School of Science and Engineering, Waseda University

^{*2} Faculty of Science and Engineering, Waseda University

Abstract

In order to support a virtual community in the view of trust and secure feeling, a co-existing space where people sense as if they are co-located should be supported to create a communicable situation. For creating a virtual co-existing space between remote places, we develop a networked “Lazy Susan” communication system, which consists of bodily interaction system including a round, rotatable disk, the rotations of which are synchronized with the remote disk, and video projection system representing a remote participant and local self in one synthesized video image for sharing tabletop with each other. Our system can support to locate a remote participant and local self at the same shared tabletop at each site. And this virtually shared “Lazy Susan” is promising to enhance a sense of co-existence and to support for remote collaborative work.

Keywords: Co-existence, Embodied interaction, Spatial position, Bodily involvement, Tangible interface, Lazy Susan

1. はじめに

インターネットの普及に伴い、離れた場所においても人と人との必要な情報を共有できるようになってきた。しかし一方で、互いの間における信頼感や安心感の創出には、人と人が直接出会わないとうまくいかないことが指摘され

ており^[1]、このことがコミュニティ支援にコンピュータメディア技術を活用する際の大きな問題にもなっている^{[2][3]}。このような問題が発生する要因として次のことが挙げられる。すなわち、対面時のように同じ場所(空間)におけるコミュニケーションでは、互いの身体性(身体の動き)を介

して存在そのものが伝わることで、コミュニケーション可能な場が創出され、それによってコンテキストの共有が起きると考えられている^[4]。しかしながら、これまでのコンピュータメディア技術では、異なる空間において、そのような場を創出できるインタフェースの開発が遅れているといえよう。

そこで著者らは、この問題を解決する手がかりを得るために、離れた場所間において、互いの身体性を強め合うことが可能なインタフェースの設計手法についてこれまで提案してきた^{[5][6]}。その結果、共存在感の創出には、行為を介して自身と相手との関係を創りながら、互いを共通の空間に位置付けることが必要であることが分かってきた。また、これにより、相手との距離感や一体感なども創出されることが考えられる。以上のような観点から、共有仮想空間を互いの現場とつなげあうことで遠隔の相手の存在感創出を支援する手法として、身体の二重的表現手法を考案した^[6]。そしてこの手法に基づいたコミュニケーションシステムをこれまでに開発し、共存在感の創出に有効であることを示した^[6]。

本研究では、この設計手法を共有仮想空間のみならず、複数人が自由に出入りし、ドキュメントや模型など様々な実体によって絶えず変化する実在空間同士をつなぐことへの適用に取り組んだ。そして著者らが開発した空間共有テーブルシステムによって、あたかも1つのテーブルを囲

んでいるかのように、相手のテーブル上の実体を操作したり、相手と同じ場所にいるかのような感覚を強めたりしあうことを実現したので以下に報告する。

2. 身体の二重的表現手法

共存在感の創出支援のための、設計指針としての身体の二重的な表現手法の特徴は、相手と自分とが共有する映像空間を介し、各自が実在する場所同士を整合的につなぐことである。

図1(a),(b)に示すように、この手法において身体行為は2通りに表現される。一つは互いが共有する映像空間の表現であり、実在空間において各自が実体のテーブルとインタラクションする際の身体行為およびその実体とリンクして動く仮想テーブルを再現した現場共有仮想空間である。もう一つは、互いの現場に備え付けられ自由に回転させることが可能であり、かつ遠隔地間において互いに同期して回転するディスクの動きによる身体表現である。

このとき、自分の手で実際に操作している実体のディスクとのインタラクションが仮想ディスクとのインタラクションと同期することにより、以下の二重的な働きが創出すると考えている。

- (1) 自分が行為している実在空間と、相手の身体行為も表現された共有仮想空間とをつなぐ
- (2) それぞれのディスクが遠隔地間で同期して回転することで相手の空間と直接的、身体的につなぐ

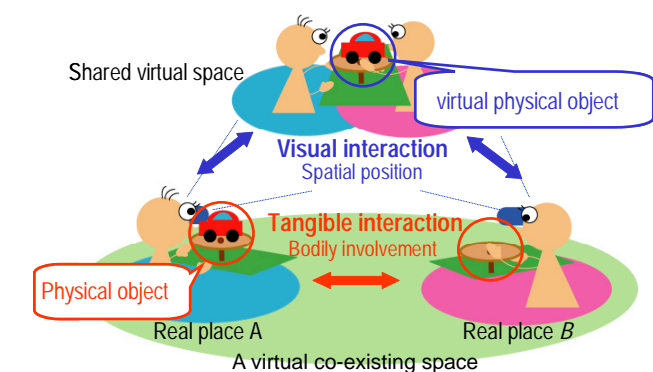
これによって、「自身と相手との空間的位置関係」と「互いの身体的つながり」が支援され、共存在感の創出が促されているものと考えられる。本研究ではこの設計指針に基づき、予め造り込まれた仮想空間のみならず、互いが実在する場所と場所とをつなげることを目指した空間共有テーブルを開発する。

3. ビデオ投影型テーブルシステム

3.1 システム構成

本システムの開発方針は、図1(b)に示す実際のテーブルを複数人が囲んでいる状況のように、装置を特に何も装着せず人が自由に参加することが可能であり、さらには実在空間におけるオブジェクトを互いに共有できることである。これを実現するためには、互いが同期して回転するディスクを共有することと、そのときのテーブル上の状況や互いの身体をテーブル上や周囲に表現することが課題となる。

自分が実在する空間に、コンピューターが生成した映像を統合する手法として、頭部搭載ディスプレイ内に映像を投影するARと呼ばれる技術がある^[7]。しかしながらこの手法では、映像装置の装着や取り外しが共有空間に自由に出入りする上での障害になること、複数人に対応するには



(a) 身体の二重的表現による共存在空間の創出



(b) 同期回転テーブルシステムと中華テーブル

図1 身体の二重的表現手法

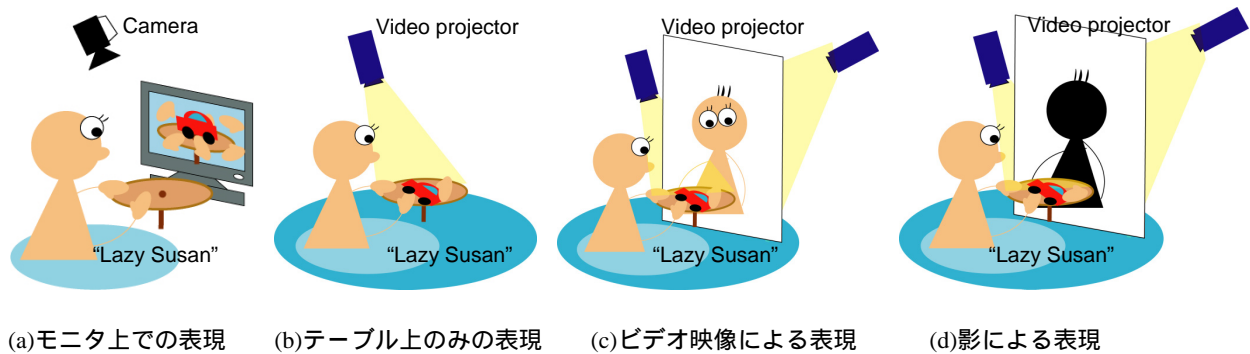


図2 共有空間の映像と実在空間をつなぐ表現

その数だけディスプレイを用意しなければならないこと、さらにはディスプレイによって視野が限定され拘束感を与えることなどの問題があげられる。以上の問題点を解決し、先に述べた開発方針を満足させるコミュニケーションシステムはこれまでほとんど見られない。そこで、著者らはこの解決方法としてテーブルシステムと映像空間を組み合わせる表現手法をまずは考案し、それをシステムとして実装することにした。この4つの映像表現手法を図2に示す。

図2(a)は映像空間と実在空間を間接的につなげる方法であり、自分の身体と相手の身体が1つのテーブルを囲んでいる統合された映像空間を、モニタを介して共有する手法である(以下、表現(a))。

図2(b)は映像空間と実在空間を直接つなげる方法であり、各自のテーブル上に、相手の手や相手のテーブル上のオブジェクトを映像で直接投影する手法である(以下、表現(b))。

図2(c)では表現(b)の手法に加えて、直接共有することが困難な相手のテーブルの周りの状況を映像によって互いの実在空間に表現する。すなわち相手の上半身を撮影した映像を互いの対面のスクリーンに投影する手法である(以下、表現(c))。

図2(d)は表現(b)の手法に加えて、相手のテーブルの周りの状況をそのままのビデオ映像ではなく、著者らのグループで提案している、相手の存在を喚起するメディアとしての影^[8]に着目した手法である。つまり相手の上半身の影を互いの対面のスクリーンに投影する手法である(以下、表現(d))。

これらの手法を1つのシステムとして実現するため、図3に示すビデオ投影型テーブルシステムを開発した。このシステムは、表現(a)を実現する場所A側と表現(b),(c),(d)を実現する場所B側に分けられる。

場所A側においては、テーブルの真上に設置されたCCDカメラ1によって、参加者のテーブル上の手や腕を撮影する。そしてこの映像は、遠隔の相手側となる場所B側のテーブル上にビデオプロジェクタ2によって投影される。ま

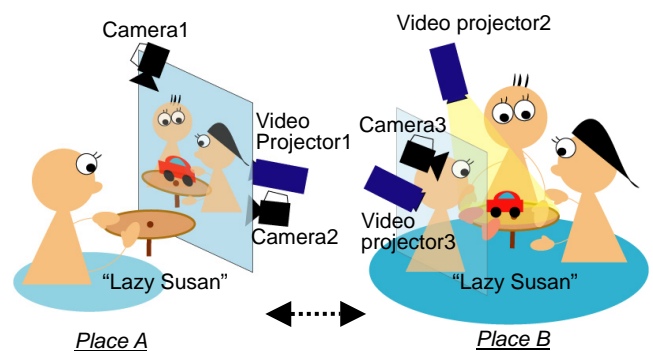


図3 ビデオ投影型テーブルシステムの構成

た、場所A側の参加者の正面にはCCDカメラ2を設置し、上半身を撮影する。この映像は、ビデオプロジェクタ3により、場所B側のテーブルと垂直に立てられたスクリーンに投影される。一方で、場所B側の固定視線位置のCCDカメラ映像3が取得した映像は、場所Aの参加者と向かい合ったスクリーンに投射される。

この手法によって場所A側の参加者は、ディスクの回転を介して遠隔の現場に参加すると同時に、自分の身体が投影された相手の空間を共有映像空間として見ることで、表現(a)を実現した。

場所B側は、自分が実際に操作することが可能なテーブル上に、遠隔の相手やそのテーブルの状況が投影されることで表現(b)が実現される。さらには、場所Aの参加者の上半身の映像を投影することで表現(c)を実現できる。あるいは場所Aにおいて参加者の後ろにブルースクリーンを設置し、撮影した映像に二値化処理、閾値処理を施すことで、参加者のみを切り出す。そして白黒の映像として投影することで、表現(d)として参加者の影をスクリーンに映すことが可能となる。図4に本システムを利用した4つの映像表現の様子を示す。

3.2 コミュニケーション実験

この空間共有システムでは、特殊な装置を装着せず共有空間に参加することが可能である。さらに、実在空間同士のつながりや、実在空間と映像空間のつながりなどについて調査するため、離れた場所間で対話をしながら互いにディスクを回しあうこと、テーブル上で積み木を使った造形作業をすること、回転するディスク上にホワイトボードを

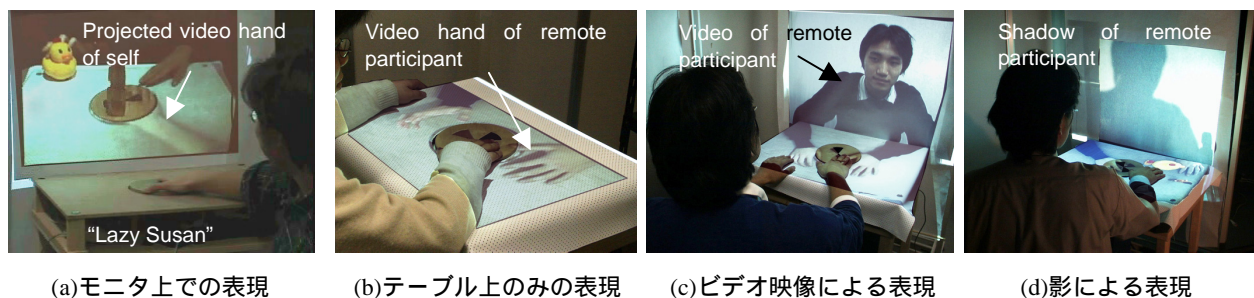


図4 共有空間と実在空間の映像

設置して共同描画することなどの共同作業を含むコミュニケーション実験を行った。その際、2人1組の3組において、場所B側の表現を変化させかつ場所Aと各自が交互に体験することで4種類の表現下においてコミュニケーションを行った。そして終了後には、自分の身体の拡張感覚や、各自の場所における相手の存在感の創出などに関するコメント調査を行った。その結果および、コミュニケーション実験を録画した映像において観察された現象について以下に報告する。

3.2.1 表現(a)における実験結果

まずは、表現(a)の結果についてまとめる。場所Aの参加者が、場所Bの参加者に積み木を使っての造形作業を指示する共同作業を行ってもらった。これによると、場所Aの参加者は、場所B側のテーブル上に投影されるビデオ映像の手によって、積み木に対して指で指示することなどが可能となった。また、自分の手だけではなく、自分の場所の積み木も投影することでその意図を正確に伝えていることが外部から観察された。このとき本システムの特長であるディスクを回すことで、テーブル上に置かれた積み木と自分の位置関係を自由に変えることができる。これにより、テーブルの周りを動き回って作業するかのような行為を擬似的に再現することを可能とした。

場所Aの遠隔からの参加者は、実際にディスクを回転させているときや、場所Bにいる相手が回転させているディスクに手を添えているときに、テーブルの上に置かれたオブジェクトが倒れるなどすると、思わず手で支えようとする感覚が創出されたとししばしば報告した。図5に映像中の倒れる積み木にあわせて手が動いている様子を示す。なお、自分の身体の映像が相手のテーブルに投影されない場合は、このような現象は観察されにくく、またコメントとしても身体が拡張するかのような感覚はほとんど報告されなかった。さらには、図6のように相手のディスク上にディスクよりも大きな木の棒を置いたとき、遠隔からディスクを回転させ、木の棒がディスクの周りのオブジェクトに接触すると、その感触が感じられるような錯覚的な感覚が創出することについても報告した。このように、自分の身体が遠隔のディスクへと延長したかのような興味深い現象が示された。これらの、相手側への自分の手による指示が可能なことや、相手の空間への身体の拡張感覚などは、共有映像空間が自分の実在空間と身体的につながってい

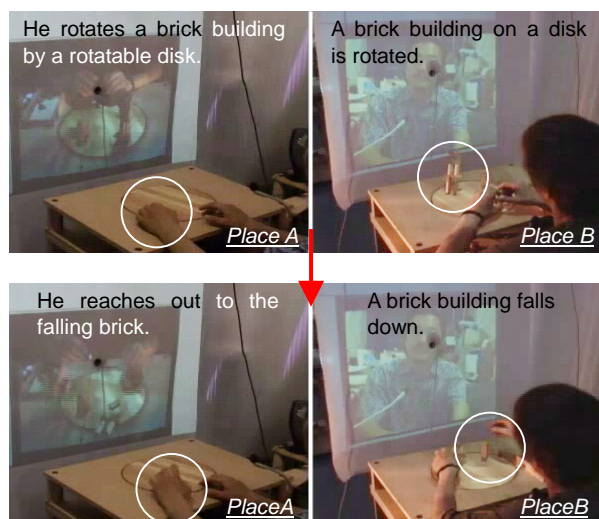


図5 共有空間内の実体に対する身体の拡張

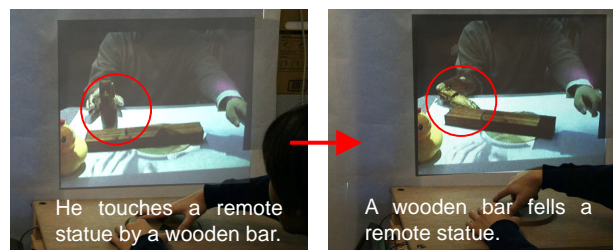


図6 遠隔のテーブル上のオブジェクトの操作による身体の拡張

ることを示唆しているものといえよう。

また図7に場所B側の共同描画作業時の様子を示す。このとき場所A側においては、実際に描画するのはテーブル上のボードであり、一方相手の映像と合成されたボードは正面のスクリーン上に表現されているように、描画場所と投影場所とが異なっているため、作業の違和感があると報告された。このような違和感は、造形作業中に自分の手でスクリーン上のオブジェクトを直接指し示そうとする行為などにおいても指摘され、スクリーンに投影された共有空間と自分の場所との整合性がうまくいかない場合があることも見出された。

3.2.2 表現(b)における実験結果

表現(b)は、相手のテーブルの上面のみを投影する手法で

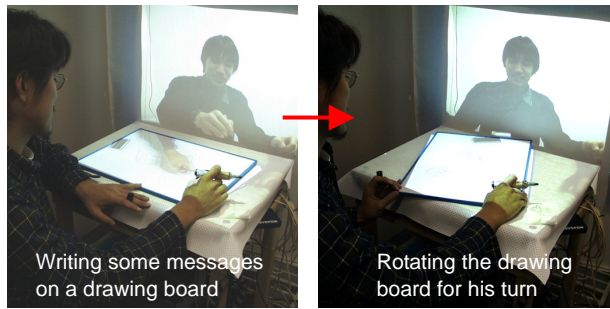


図7 共有テーブル上での共同描画

あり、テーブルの周りにスクリーンがないため、自由な方向からテーブルの周りに複数人が参加することが可能となった。そして、遠隔の相手の手が投影されたディスクを回しているときには、遠隔の相手と同じディスクを回している感覚や、映像の手がディスクを回転させている感覚が創出すると報告された。しかしながら、積み木を三次元的に積み上げる作業においては、遠隔の相手からの高さ方向の指示が困難であることが指摘された。また、図7に示すように互いのディスクの上にホワイトボードを設置し、描画しあうなどの作業を行ってもらった。ここにおいても表現(a)と同様に、ディスクを回すことで、あたかも同じテーブルの周りを自由に動き回って共同描画するかのような状況を再現することが可能となった。この表現(b)においても、相手の身体の実在空間と身体的につながっていることを示唆しているものといえよう。

3.2.3 表現(c)における実験結果

続いて表現(c)においては、テーブルに対して垂直に立てたスクリーンへ相手の身体全体を投影する映像表現と、作業するテーブル上に投影する表現から構成される。そのため、ディスク上に投影された相手の身体の効果については表現(b)と同様であった。

一方で、垂直に立てられたスクリーンの映像によって、遠隔のカメラが撮影する相手の状況が伝えられ、誰が、どのように参加しているかを把握しやすいことが分かった。さらにはこの映像によって、相手の視線方向なども利用できるとも一部報告された。しかしながら一方では、このように表現された相手の映像空間に対しては、自分の場所とは分離的な感覚がすると一部指摘された。

3.2.4 表現(d)における実験結果

最後に表現(d)においては、基本構成は表現(b)で述べたようにテーブルに対して垂直に立てたスクリーンを用意するが、相手の映像をそのまま投影するのではなく、影を投影する。この表現により、表現(b)のように相手の身体映像をそのまま投影した場合と比較して、影の映像と自分の場所との分離感が軽減されたとの報告もなされた。さらに、スクリーンの後ろに相手がいる感覚が創出されること

なども指摘され、影により相手の存在が喚起されることが報告された。一方で、影表現では相手の視線や表情が分からないことによる不安感についても一部指摘された。

表現(c),(d)は、共有空間としてのテーブルに加えて、相手の実在空間を直接自分の場所に表現する試みである。しかしながら表現(c)で報告された分離感は、自分の場所との接続がうまくいかない場合を示している。このような相手側の背景映像と自分の空間の背景が異なることによる場所の分離感を減少させるための方法として、これまでのシステムでは、背景を除去する手法や、共通の背景映像となるように画像処理を施す手法が試みられた^[9]。一方で、著者らが考案した影の投影はこれまで提案された手法とは全く異なる視点で相手の空間の状況を表現できる手法である。

以上のコミュニケーション実験において、参加者数がまだ不十分ではあるが、少なくとも自分の身体が相手の空間に拡張したかのような感覚の創出や、相手の存在を喚起させたことは、自分の場所と共有空間のつながりが身体的レベルで行われたことを示唆するものであろう。

4. 空間共有テーブルシステム

4.1 システム構成

続いて、3章にて紹介した映像表現手法の結果を踏まえ、互いがそれぞれの実在空間にしながらも、あたかも1つのテーブルを共有することを実現するための空間共有テーブルシステムを考案した。その際、表現(c),(d)における相手の身体をテーブルに垂直なスクリーンに投影する手法はそのまま適用できるが、互いのテーブルトップを共有するための表現(b)における手法をそのまま利用することはできない。なぜならば、単にテーブル上部に取り付けたカメラにより取得したテーブルトップの映像をプロジェクタによって互いのテーブルに投影しあう手法では、撮影と投影をそれぞれの場所で無限に繰り返すため、映像が発散してしまう映像ループの問題が生じるからである。

この問題を解決するために、従来の研究ではいくつかの方法が提案されている。例えば、クリアボードにおいては、映像が投影される板に偏光フィルムを貼ることで投影映像の再撮影を防いでいる^[10]。また、投影された映像と実在のオブジェクトの違いを、スレッシュホールドを操作することで区別する方法もある^[11]。さらには、AGORAでは互いの現場で机上を撮影するカメラ同士の同期を取り、撮影のタイミングをずらす手法を提案している^[12]。

これらの手法を参考にし、まずは表現(b),(c),(d)を双方向で実現する図8に示すシステムを開発した。システム構成は図3で述べた場所B側のCCDカメラやビデオプロジェクタ、およびテーブルから構成されるシステムを、そのままもう一方の場所においても同様に設置したものである。そして、ビデオループの問題を解決するために、今回はスレ

ツッシュホルドの調整による手法を採用し、システムとして実装した。

このシステムを利用したコミュニケーション実験の結果は、3章での表現(b),(c),(d)による場合と同じように、映像の手の存在感がテーブルを回すことで強められることや、映像の手によって相手側のオブジェクトに対する作業の指示などを支援することを示した。

一方で、このような実空間に映像を投影する手法においては、自分の手の上に相手の手や物体が投影されたときの違和感や、表現(c)のように垂直のスクリーンに映された相手の映像と自分の場所との分離感が指摘された。前者の問題は、実空間に HMD を介して映像情報を重畳表現する技術分野においてもオクルージョンと呼ばれて取り上げられている^[7]。そこでこの視覚情報の不一致に関するこれらの問題を解決するために、表現(a)のように互いの身体を共有映像空間に表現し、その統合映像を表現(b)のように互いの実空間に投影する手法を考案し、図9、10に示すシステムを開発した。

このシステムの特徴は、自分の身体をそのまま視覚的に捉えるのではなく、同じ映像上に自分の身体と相手の身体を同時に表現することである。そのため、まずは自分の身体が直接見えないようにするため、それぞれのテーブルの

上に作業領域を確保したうえで、スクリーン板を設置する。このスクリーンの裏面には鏡を貼り、テーブル横に設置した CCD カメラ 1 によって、テーブル上の鏡による反射映像を撮影する。そして、それぞれの映像をビデオ合成器に入力し、クロマキー合成による映像合成を行う。この合成映像をビデオプロジェクタ 1 によって互いのテーブル上のスクリーンに投影する。投影する映像の大きさは、実体のテーブルと同じ大きさになるように調整した。このとき一方のテーブルには、青のシートを貼り付けることで容易なクロマキー合成を可能とした。そして、対面に CCD カメラ 2 を設置し、撮影した上半身の映像を、互いのテーブルと垂直に設置したスクリーンにビデオプロジェクタ 2 によって投影する。このとき 3 章で述べた表現(c),(d)のように、相手の人物をそのまま投影する方法と、画像処理によって人物の影として投影することが可能である。

以上の方法により、互いのテーブルトップを双方向につなげる空間共有テーブルシステムを構築した。

4.2 コミュニケーション実験

2人1組の3組を対象に、遠隔の相手の映像をそのまま投影する表現、遠隔の相手の影を投影する表現の2条件下において、離れた場所間でのコミュニケーション実験を行い、終了後コメント調査を行った。その結果および、コミュニケーション実験を録画した映像において観察された現象について以下に報告する。図11に身体映像を投影したとき、図12には相手の影を投影したときの様子を示す。

まずは本システムの特長である、互いのテーブルトップが視覚的に同一で表現されることによる効果についてまとめる。離れた場所のテーブルの映像をそのまま自分のテーブル上に投影する手法と比較して、テーブル上に手を置き、ひとつの映像中に同時に自分の身体と相手の身体が表現されたときには、相手と同じ場所にいるという感覚が強まるとのコメントがほとんどの参加者から報告された。こ

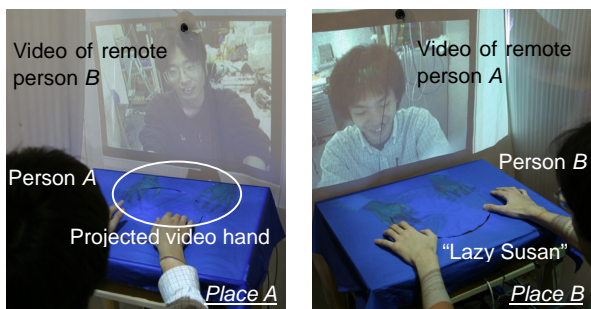


図8 映像投影型テーブル共有システム

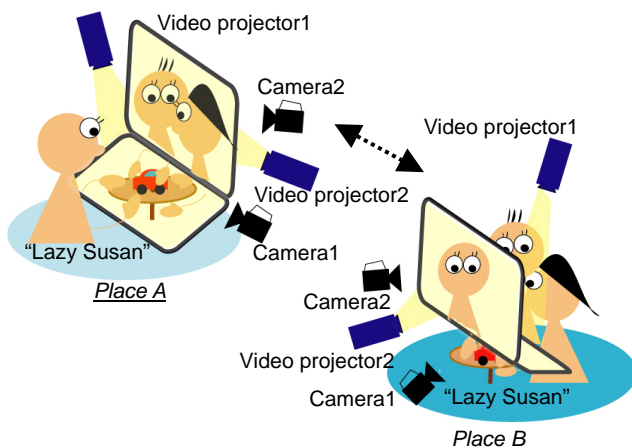


図9 空間共有テーブルシステムの構成

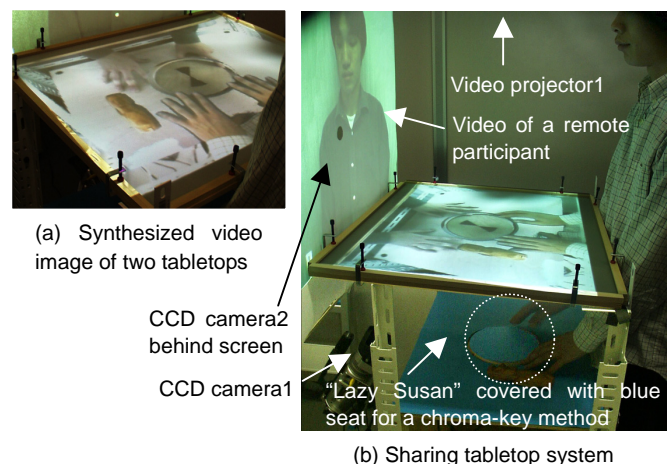


図10 共有映像のテーブル上への投影

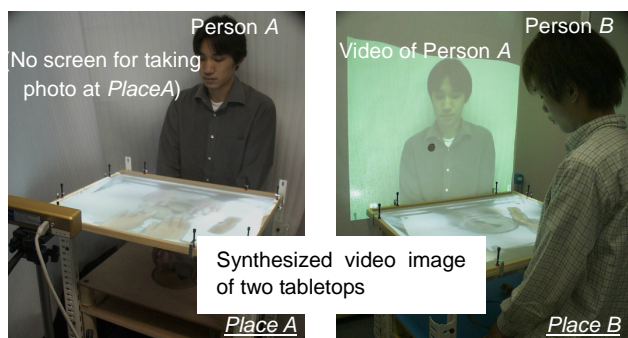


図 11 ビデオ映像による相手の表現

のとき、視覚的には相手の机上と自分の机上のオブジェクトの違いが生じないことから、相手のテーブル上に置かれた積み木がテーブルから転がり落ちようとする時には、それを止めようと手を出す行為がしばしば観察された。また、この手法では自分の手に映像が直接投影されることがなくなり、相手の手やオブジェクトとの重なりが明確に表現されることから、手に投影されるような違和感はあまり報告されなかった。しかしながら、この合成手法では一方の映像が常に上に被さるように表示されてしまう。つまり、テーブルに対して、自分の手の位置と相手の手の位置の高さが入れ替わっても重なりかたが常に固定されてしまっている。そのため、相手の空間との間にガラス板があるかのような感覚がすると指摘された。

次に、相手の上半身の映像をそのままテーブルと垂直に立てられたスクリーンに投影することに関しては、テーブル上に相手の身体を直接投影した場合（図 8 のシステム）と比較して、自分の場所との接続の違和感が減少されたと一部で報告された。

一方、相手の影を表現する手法においても、垂直のスクリーンの向こう側に相手が存在し、そのスクリーンの下からテーブルの上に手を伸ばしているかのような感覚がすると報告された。

最後に共同作業支援についてまとめる。テーブル上で積み木を使って共同で形を作るなどの作業に関しては、3 章に述べた手法と同様に、自分の手でオブジェクトの指示やその移動の仕方などの教示が直接可能である。さらに、自分で直接ディスクを回すことで、相手のオブジェクトの向きを変え、指示がしやすくなるなどの効果も報告された。一方で高さのあるオブジェクトや高さ方向の指示を含んだ作業に関しては、鏡のスクリーンによる動かし方の制約や、三次元的な作業が分かりにくいなどの問題点が指摘された。

以上のコミュニケーション実験において、テーブルに手を置くことで相手が自分の場所にいる感覚が強まることや、相手のオブジェクトに自然と手を伸ばしてしまうことなどの結果から、相手の場所と自分の場所とを共有の映像

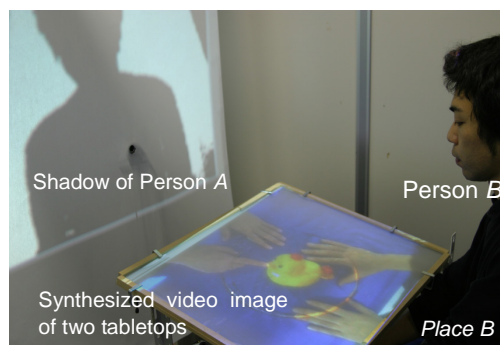
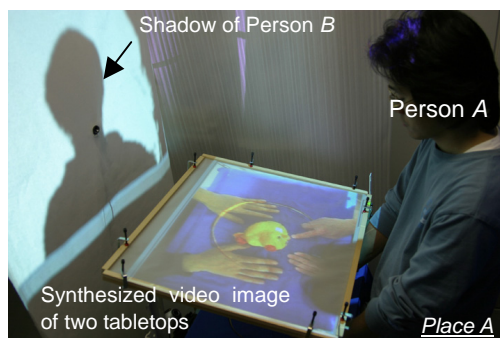


図 12 影による相手の表現

として合成表現する手法が、視覚的な分離感を減少させ、互いのテーブルを双方につなぐことに有効であることが示唆された。

5. 考察

本システムの特長は、相手と自分とが共有する映像空間を介し、各自が実在する場所同士を整合的につなぐ、身体の二重的表現手法に基づいて開発された点である。一方、遠隔地間での共同作業支援という分野では、これまで様々なシステムが提案されてきた。それらは共有空間と自分の場所との関係から、主に以下の3つの場合に分類される。

- (1) 共有の場所と自分の場所との間に全くつながりがない場合
- (2) 共有の場所が一方の実在の場所とつながる場合
- (3) 共有の場所と自分の場所がつながる場合
(本システム)

まずは(1)の場合においては、互いの身体をアバターとして共有仮想空間に表現するなどの研究^[13]が多数行われてきた。しかしながら、仮想空間への没入感という言葉が示すように、実在の空間との切断に基づくこれらの研究は、我々の方向とは全く異なるものである。

これに対して(2)の場合は、(1)の場合のように仮想空間に閉じてしまうのではなく、少なくとも一方は自分の場所と共有空間が接合されている。例えば、遠隔の指導者が頭部搭載型のディスプレイに登場することで現場の作業を指示したり^[14]、あるいは遠隔操作可能なロボットの指示器を利用することで教示したりなどの研究^[15]も行われている。しかしながらこれらの研究は、空間的作業における遠隔教示の支援手法であり、遠隔から参加する側は自分の場所と

は切断されてしまうため、各自が実在する場所同士を整合的につないでいるとはいえない。

最後に本システムが提案する(3)の場合においては、1つのテーブルを囲むメタファに基づくシステムがいくつか提案されてきた。例えば3箇所間において、各テーブルの周りに残りの2箇所の相手の映像を投影するMAJIC^[9]があげられる。他には、2箇所間において互いに机上の映像を投影し、周りに人物を映す映像の配置手法がAGORA^[11]によって提案されている。さらには、2箇所間でのみ描画活動を支援する手法としては、ガラスの板を挟んで向かい合っている状況を設定したクリアボードがある^[10]。これらのシステムは、映像配置や投影手法の工夫により、視線や身体行為の表現を支援する遠隔共同作業の場所を提供しているが、「自身と相手との空間的位置関係」のみしか支援していない。それに対して著者らのシステムは、共有映像やテーブルへの投影映像による「自身と相手との空間的位置関係」の支援だけではなく、互いの実体のディスクが同期して回転することで、場所と場所とが直接つながり、ディスクを介した「互いの身体的つながり」も実現した。これによって、自分の身体が相手の空間にまで拡張したかのような感覚や、遠隔の相手があたかも自分と同じ場所にいるかのような感覚の創出が支援されたと考えられる。さらに本システムは、ディスク上に置かれた遠隔の相手のドキュメントや模型などを実際に動かすことを実現し、あたかも1つのテーブルを自由に動き回って作業することなどの支援も可能である。このように、本空間共有テーブルは双方向に互いの現場をつなぐ可能性を示した初めてのシステムであると考えられる。

6. おわりに

本研究では、これまでに提案した身体の二重的表現手法に基づき、互いの現場と現場をつなげるシステムの開発に取り組んだ。身体映像を相手の実在空間のテーブルに投影するシステムでは、ディスクを回転させることで自分の身体が拡張したかのような感覚の創出や、相手の身体が存在が強まるなどの結果により、身体的に空間が接続されることが示された。また、自分と相手のテーブルを共通の映像空間に合成し、これを互いのテーブル上のスクリーンに投影するシステムでは、自分と相手のテーブルの視覚的な違いをなくすことで、互いが同じ場所にいる感覚が強まることを示唆された。このとき、相手の身体を影の映像として表現することで、背景映像の違いによる互いの空間をつなぐ際の違和感を取り除く手法を考案した。本研究は身体の二重的表現手法により、このような双方に互いの現場をつなげあう空間共有システムの可能性を示した。

今後の課題として、脳科学の分野における身体イメージの拡張に関する知見をも参考にすることで、空間共有インタフェースの設計手法の構築やその評価などに取り組む。

さらには、テーブル上で積み木作業をするなどの三次元的な共同作業支援アプリケーションの提案などについてもあわせて検討したい。

謝辞

本研究の一部は、岐阜県からの委託である WABOT-HOUSE プロジェクトにより行われた。また、本研究の実験システムの構築、コミュニケーション実験にあたり、修士学生石川一暁君、学部生伊與田正晃君らの協力を得た。ここに謝意を表する。

参考文献

- [1] Rocco, E.: Trust breaks down in electronic contexts but can be repaired by some initial face-to-face contact; *Proc. of CHI'98*, ACM Press, pp.496-502 (1998).
- [2] ドレイファス, H.: インターネットについて 哲学的考察 Thinking in action; 産業図書(2002)。
- [3] 三輪: 共創的コミュニケーションにおける場の技術; システム/制御/情報, 45-11, pp.638-644(2001)。
- [4] 清水, 久米, 三輪, 三宅: 場と共創; NTT 出版(2000)。
- [5] 上杉, 三輪: 行為的コミュニケーションを目指した積み木インタフェース; ヒューマンインタフェース学会誌・論文誌, Vol.5, No.1, pp. 143-151 (2003)。
- [6] 上杉, 三輪: 異なる空間をつなぎ共存在感を支援する同期運動テーブル; ヒューマンインタフェース学会誌・論文誌, Vol.5, No.2, pp.197-204(2003)。
- [7] Azuma, R.: A survey of Augmented Reality, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol.6, no.4, pp. 355-385 (1997)。 など
- [8] Miwa, Y., Ishibiki, C., Watanabe, T., Itai, S.: Design of Co-existing space by Shoji interface showing Shadow, *Human-Computer Interaction Theory and Practice*, Vol.2, HCI2003, LEA, pp.557-562(2003)。
- [9] Ishikawa, Y., Okada, K., Jeong, G., Tanaka, S., Matsushita, Y.: MAJIC Videoconferencing System: Experiments, Evaluation and Improvements. *Proc. of ECSCW1995*, pp. 279-293(1995)。
- [10] Ishii, H., Kobayashi, M., Grudin, J., Integration of Interpersonal Space and Shared Workspace: ClearBoard Design and Experiments; *ACM Transactions on Information Systems*, ACM Press, Vol. 11, No. 4. pp. 349-375 (1993)。
- [11] Wellner, P.: Interacting with Paper on the DigitalDesk; *Communications of the ACM*, 36(7), pp.86-96(1993)。
- [12] Yamashita, J., Kuzuoka, H., Yamazaki, K., Yamazaki, A.: Agora: Supporting Multi-participant Telecollaboration; *Proc. of HCI International 1999*, Vol.2, pp. 543-547 (1999)。
- [13] Churchill, E.F., Snowdon, D.N., Munro, A.J.: Collaborative Virtual Environments Digital Places and Spaces for Interaction: Springer(2001)。
- [14] Feiner, S., MacIntyre, B., Seligmann, D.: Knowledge-based augmented reality; *Communications of the ACM*, Vol.36, No.7, pp.52-62 (1993)。
- [15] Kuzuoka, H., Oyama, S., Yamazaki, K., Suzuki, K., Mitsuishi, M.: GestureMan: A Mobile Robot that Embodies a Remote Instructor's Actions; *Proc. of CSCW2000*, pp. 155-162 (2000)。