

身体的つながり感を強めあう 回転椅子コミュニケーションシステムの開発

上杉 繁^{*1} 宇野功一^{*2} 三輪敬之^{*2}

“Lazy Susan” Chair Enhancing a Sense of Embodied Connectedness

Shigeru Wesugi^{*1}, Kouichi Uno^{**2} and Yoshiyuki Miwa^{*2}

Abstract – Previous communications systems can support insufficiently to create a sense of co-existence and togetherness among remote people. However, a few communication systems have been proposed and received attention to support a sense of connectedness among remote people. In this paper, we describe our novel “Lazy Susan” Chair communication system, which can support to share each whole bodily action between remote places based on our design method to create a sense of co-existence among remote people by sharing embodied interactions with physical objects. Results of communication experiments indicate that sharing rotations of chairs can enhance a sense of embodied connectedness between remote communication partners in comparison to expressing rotations of disk through those of chair. Our communication system is promising to be available to investigate the mechanism to create a sense of connectedness between remote people by sharing bodily actions.

Keywords: Embodiment, Connectedness, Bodily interaction, Entrainment and 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が必要な情報を共有できるようになってきた。しかしながら、互いの間における信頼感や安心感の創出には、対面で直接出会わないとうまくいかないことが指摘され^[1]、人と人とのつながりやコミュニティ支援にコンピューター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]}。このような状況において、離れた家族間でのつながり感やみまもりの感覚など、人と人とのつながりを支援するシステムが提案され^{[4][5]}、長期的な実験によりその有効性などについて検証され始めている。しかしながら、つながりの感覚の創出メカニズムや、そのためのシステム的设计手法などについては、ほとんど明らかになっていない。

一方で、身体が同じ現場に居合わせることで他者と出会い、言葉によるコミュニケーションのみならず、表情や視線、身振りなどの身体を介した表現によって自身の感情を相手に意図的あるいは非意図的に伝え合うことができる。さらには、相手の困った状況や楽しそうな状況などの感情を伴った場面を身体を介して共有し、相手に共感することもできる。こうした共通の現場に身体が共に居合わせることで、身体を介してつながり合い、相互信頼感や共存在感、さらには安心感を創出することが可

能である^[6]。

著者らは以上に述べた身体のはたらきに着目し、遠隔の相手と共に居合わせている感覚を創出支援する技術についてこれまで研究を進めてきた。そして、双方の身体が存在し、行為している現場を統合するという立場から、離れた各人における実体の個物とのインタラクションを互いが共有するコミュニケーションシステム^{[7][8]}を開発した。その結果、自身が相手の空間に居合わせる感覚や、相手が自身の空間に居合わせる感覚を創出するのに有効であることを明らかにしてきた。

本研究では、離れた双方において行為を共有するというこれまでに考案した指針に基づき、さらには日常生活の場での利用を想定し、相手の行為を身体全体で感じるための表現システムとして、座る椅子の動きを共有するシステムを開発したので、以下に報告する。図1に本システムのイメージを示す。

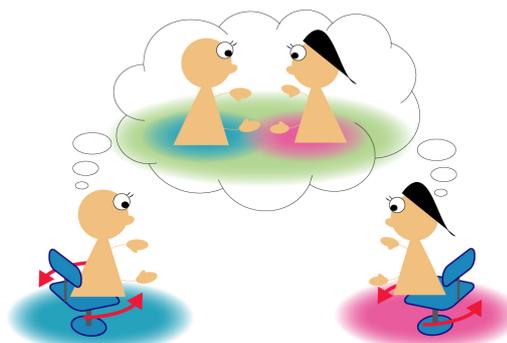


図1 回転椅子による遠隔コミュニケーション

Fig.1 A conceptual image of a remote communication with “Lazy Susan” Chair

*1: 早稲田大学 先端科学・健康医療融合研究機構

*1: Consolidated Research Institute for Advanced Science and Medical Care, Waseda University

*2: 早稲田大学理工学部

*2: Faculty of Science and Engineering, Waseda University

2. システムの設計

2.1 従来に関連研究

遠隔地間において、身体の動きや身体が操作する装置の動きを表現するシステムはこれまでにいくつか提案されている。例えば、人間の身体の一部を模擬する方針においては、遠隔の相手との腕相撲を支援する Telephonic Arm Wrestling^[9]や、遠隔の相手との握手を支援する Telehandshake Interface^[10]などが提案されている。また、自身の手で操作可能なオブジェクトの動きを共有する方針においては、著者らが先に開発したシステム^{[7][8]}以外にも、3本の木製ローラーの動きを共有する inTouch^[11]や、人形の腕や頭部の動きを共有する RobotPHONE^[12]などが提案されている。さらには、VR空間での力触覚ディスプレイとして利用されている PHANToM^[13]を利用することも可能であろう。しかしながら、身体全体を動かすようなシステムとして、モーションプラットフォームやモーションベンチ^[14]と呼ばれる装置を利用して飛行機や自動車に乗っている状態をシュミレーションすることや、同じ場所に居合わせる人同士において、ロッキングチェアの揺れを操作し合うシステム^[15]がこれまでに提案されているものの、遠隔地間において、身体全体の動きを互いに共有し合うことを支援するシステムはほとんど見られない。

2.2 モックアップの製作

互いが座っている椅子の動きを伝え合うことによるコミュニケーションへの効果についてまずは検討することにした。そこで、同じ場所にいる状況において、向かい合う椅子の回転を伝え合うために、2,3のモックアップを製作した。

図2にその1つを示すが、テレビを回転させるターンテーブルにギアを取り付けたスツールを作成し、2台の間をチェーンによってつないだ。これにより、自身が座るスツールを回転させると相手のスツールを回転させることができる。

このモックアップを利用して、互いにスツールを回転させながら対話したところ、相手とのつながりを感じやすいなどの好意的なコメントが得られたため、遠隔地間において椅子の動きを共有するシステムを開発することにした。

2.3 システムの設計要件

離れた2台のディスクの回転を互いに一致させるシ



図2 回転椅子コミュニケーションのモックアップ
Fig.2 A mock-up of “Lazy Susan” Chair

テムを先に開発しているが^{[7][8]}、あくまでも手で操作することを対象としていた。そこで、人を乗せての回転が可能なシステムをあらたに開発する必要があるため、設計要件について検討することにした。

椅子の回転数であるが、背中にマーカーを取り付けた人が椅子に座り、日常的に椅子座って回転させている状況をビデオカメラの映像分析によって計測したところ、最大で50[rpm]程度であることが分かった。

続いて、人を動かすために必要な椅子のトルクであるが、人間を質量80[kg]、半径150[mm]の円柱にモデル化し、それを50[rpm]で回転させる条件下において、およそ4.7[Nm]程度であることを算出した。

さらには、2脚の椅子の回転を同期させるためには、椅子の回転角度を互いに一致させるための制御が必要となる。

そして、これらの角度データを遠隔地間で送受信するための通信システムが必要であり、今回はインターネットを対象にしたIPネットワークを利用する。

最後に、これらのシステムを研究室のみならず、一般家庭で利用することを考慮すると、電源を接続し、スイッチを入れるだけで利用できるなどの簡便性が求められる。

これらの設計要件を満たすべく、回転椅子コミュニケーションシステムを開発した。

3. システムの開発

本システムは、人が座る椅子が回転する回転椅子機構部と、それを制御し、遠隔の装置との送受信を行う通信制御部から構成される。以下に、各部について説明する。

3.1 回転椅子機構部

先に示した設計条件を満たすべく、中型のモーター(最大トルク約0.70[Nm]、最大回転数約3020[rpm])を利用し、あらたにギア機構を組み込んだ装置(最大トルク約8[Nm]、最大回転数約47[rpm])を開発した。本装置を図3に示す。

この回転椅子機構部上に人が座った状態で、設計要件の範囲で椅子が回転することを確認した。しかしながら、この回転椅子機構では回転時の騒音が大きく、対話コミュニケーションへの影響が懸念された。そこで、この問題を解決するために駆動部を減らした簡素な構造化を目指し、ギアードモータを使用したあらたな装置を開発す

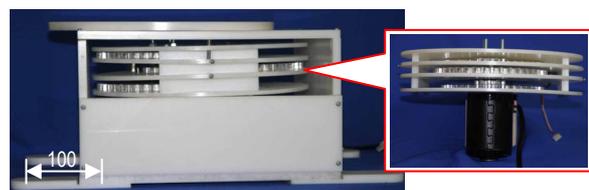


図3 試作した回転椅子機構部

Fig.3 Prototype drive mechanism of “Lazy Susan” Chair

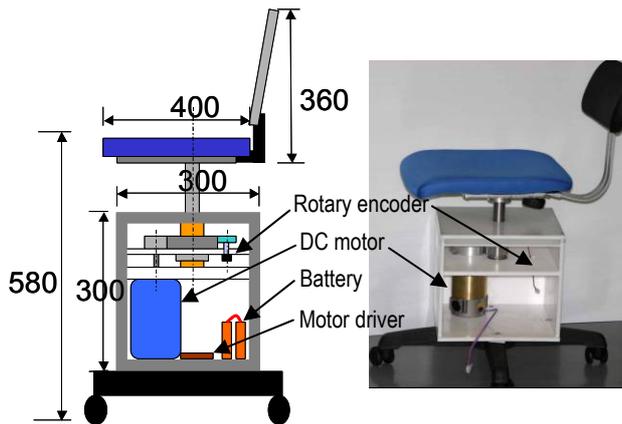


図4 回転椅子機構部

Fig.4 Drive mechanism of "Lazy Susan" Chair

ることとした。

中型のモーター(澤村電気工業株式会社製, SS60E3-L4-25, 24[V], 120[W], 定格トルク 7.8[Nm], 回転数 100[rpm])を利用し, ギヤ機構を組み合わせることで, 定格出力 15.6[Nm], 50[rpm]の機構部を開発した。そしてこの機構部を市販の OA チェアに組み込むことで, 日常的な生活の場に存在していても違和感がないようなデザインの椅子を製作した。この回転椅子機構の構造と全体の概観を図4に示す。

3.2 通信制御部

通信制御部は, 遠隔の装置とデータを送受信し合い, そのデータに基づき回転椅子を制御する。回転椅子の制御回路はモーター・ドライバ(iXs Research 社製, iMDs03, 定格: 24[V], 7[A])とモーター・コントローラー(iXs Research 社製, iMCs01)から構成される。モーター・コントローラーにはエンコーダを直接接続することが可能であり, PID 制御により PWM 出力を制御することができる。そして, USB 接続によって通信コントローラーへと接続する。

通信コントローラーは, PC 上での専用プログラムの起動などの面倒な操作を必要とせず, ネットワークに接続するだけでシステムを利用可能にするため, 小型の組み込み回路(AKI-H8/3069F フラッシュマイコン LAN ボード)を使用した。これにより, モーター・コントローラーと通信コントローラーを接続し, 電源を入れるだけで, 相手の通信コントローラーと IP ネットワークを介して自身の回転角度データを送り合い, そのデータに基づき相手の椅子の回転制御を行う。通信制御コントローラーの外観を図5に示す。

なお, システム利用時のデータをリアルタイムで計測することも行うため, 小型の通信コントローラーのみならず, PC 上で利用可能な通信ソフトもあわせて開発した。

また, このコントローラーにおいて回転椅子制御に最適なチューニングした結果, 遅れ時間は 310[msec]程度で制御可能である。

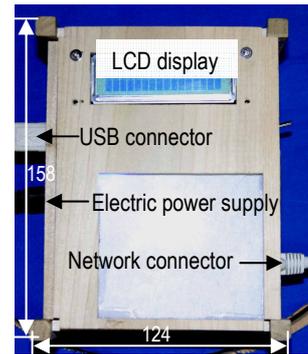


図5 通信制御コントローラー

Fig.5 Data communication controller

3.3 コミュニケーションシステム

以上に説明した回転椅子機構部と通信制御部とを組み合わせ, 次に示す2通りの表現方法を可能とする回転椅子コミュニケーションシステムを構築した。

1 つめは, 先に開発したテーブル上面に組み込んだディスク^{[7][8]}を一方が回転させることで, 相手側の椅子がそのディスクと同期して回転する方法である。すなわち, それぞれの場所のディスク同士, 椅子同士の動きを一致させるのではなく, 一方のディスクの動きを, 相手の椅子の動きとして一方向的に表現する方法である。

2 つめは, 互いが座っている椅子の動きを同期して回転させる方法である。すなわち自身が椅子を回すとそれに同期して相手の椅子が回転することで, 椅子の動きを双方で共有する表現手法である。

これらの方法を実現するために, 実際に開発したシステムについて下記に示す。

3.3.1 テーブル・椅子型コミュニケーションシステム

テーブル・椅子型コミュニケーションシステムの構成を図6に示す。まずは, ディスクに内蔵したロータリーエンコーダーによってその回転角度が計測され, 通信制御コントローラーに送信される。この角度データが TCP/IP ネットワークを介して, 遠隔の相手の通信制御コントローラーへと送信され, その角度を目標値として椅子の回転位置を制御する。この制御を双方のディスクと椅子の組み合わせにおいて行うことで, 一方のディスクの回転の動きをもう一方の椅子の回転の動きとして表現することが可能である。このシステムの外観を図7に示す。

3.3.2 椅子・椅子型コミュニケーションシステム

椅子・椅子型コミュニケーションシステムの構成を図8に示す。このシステムにおいては, 先に開発した同期運動テーブルシステム^{[7][8]}で採用した, 相手のディスクの回転角度を自身のディスクの回転角度の目標値として互いに位置制御する方法は, 励磁状態である回転機構を外力によって回転させるのは困難であるため適用できない。そこで, 座面と回転椅子機構の軸との間にトルクセンサ(タカス技研, SHLW-10M)を取り付け, トルク値を利用し

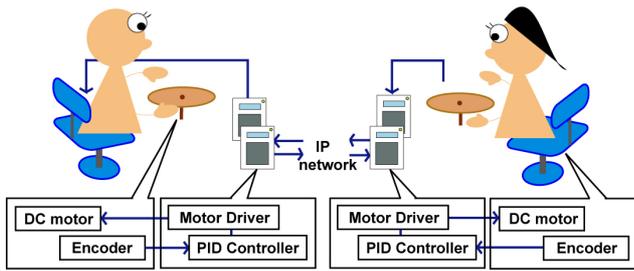


図6 テーブル・椅子型コミュニケーションシステムの構成

Fig.6 Schematic diagram of “Lazy Susan” table-chair communication system

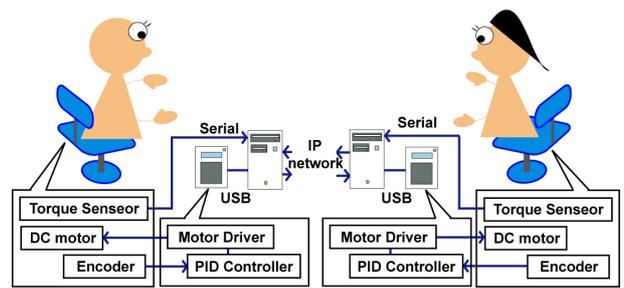


図8 椅子・椅子型コミュニケーションシステムの構成

Fig.8 Schematic diagram of “Lazy Susan” chair-chair communication system

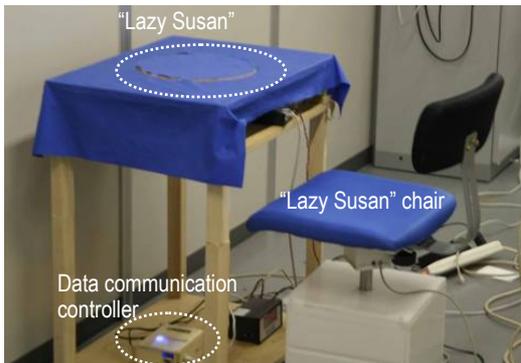


図7 テーブル・椅子型コミュニケーションシステム

Fig.7 “Lazy Susan” table-chair communication system

た制御手法を実装することにした。トルク値は、シリアル通信によってコンピューターへと送信され、さらに遠隔の相手のコンピューターへと TCP/IP ネットワークを介して送信される。そして、相手側の椅子のトルク値と自身の椅子のトルク値を差分し、その値を速度成分としてそれぞれの椅子の現在の回転角度に加えることで、椅子の回転制御を行った。

4. コミュニケーション実験

4.1 テーブル・椅子型コミュニケーションシステム

テーブル・椅子型コミュニケーションシステムの効果について検討するために、離れた2つの部屋にディスクや椅子を設置し、電話を利用した対話実験を行った。被験者3組を対象に、電話のみでの対話、本システムを利用しながらの対話を各4分程度行い、実験終了後にコメント調査を行った。システムを利用して対話しているときの様子を図9に示し、コメント結果を以下にまとめる。

- ・遠隔の相手とつながっていると解釈できる
- ・ディスクを操作している感覚がある
- ・一度ディスクの操作と自身の椅子の動きのタイミングが合うと楽しく対話できる
- ・自身のディスクの動きと椅子の動きが合わないと違和感がある
- ・会話がないうときにはディスクを回しすぎてしまうこ



図9 テーブル・椅子型コミュニケーションシステムを利用している様子

Fig.9 “Lazy Susan” table-chair communication system in use



とがある

- ・会話がないうときには、椅子が突然回転してしまうようで驚く

互いの椅子の回転角度の時間変化の一部を図10に示す。図10において、コメントで報告されているような、互いの椅子がほとんど関係なく回転している状況や、一方の椅子の回転角度に一致させようと追従して回転させている状況が確認できる。

4.2 椅子・椅子型コミュニケーションシステム

テーブル・椅子型コミュニケーションシステムと同様に、離れた2つの部屋に椅子を設置し、電話を利用した対話実験を行った。被験者3組を対象に、電話のみでの対話、本システムを利用しながらの対話を各4分程度行い、実験終了後にコメント調査を行った。システムを利用して対話しているときの様子と、椅子の回転角度の時間変化の一部をそれぞれ、図11と図12に示す。

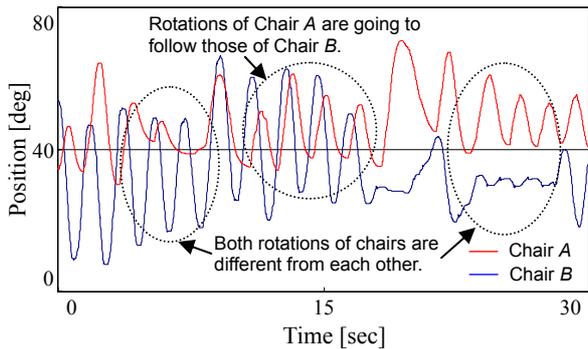


図 10 テーブル・椅子型コミュニケーションシステムにおいて会話をしながらディスクを操作しているときの2脚の椅子の回転角度の変移

Fig.10 Rotations of remote two chairs during conversation in “Lazy Susan” table-chair communication system

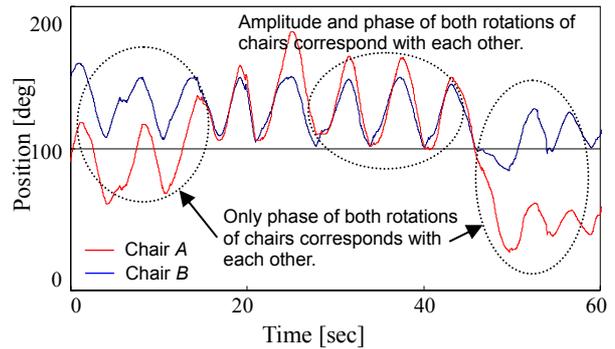


図 12 椅子・椅子型コミュニケーションシステムにおいて会話をしながら椅子を操作し合っているときの2脚の椅子の回転角度の変移

Fig.12 Rotations of remote connected chairs during conversation in “Lazy Susan” chair-chair communication system



図 11 椅子・椅子型コミュニケーションシステムを利用している様子

Fig.11 “Lazy Susan” chair-chair communication system in use

また、コメント結果を以下にまとめる。

- ・ディスクを操作する場合よりも身体全体でつながっている感覚が生じる
- ・自然と相手の椅子の動きとタイミングを合わせてしまう
- ・相手の反応が分かりやすい
- ・話しやすい

図 12 において、コメント調査の結果からも、相手の椅子

の動きに対するタイミングの一致が指摘されているように、互いの椅子の動きの振幅は異なるが位相は一致している状況や、振幅も位相もほぼ一致している状況などが見られる。

5. 考察

本研究では、離れた双方の身体行為を共有する方針の下に、手でディスクを操作することで相手の椅子を動かす方法（以下、ディスク・椅子表現）と、自身が座る椅子の動きをそのまま相手の椅子の動きに反映する方法（以下、椅子・椅子表現）を試みた。

ディスク・椅子表現の特徴は、自身が操作するディスクの回転角度が一方向的に相手の椅子の回転角度に一致するように制御している点である。そのため、双方の椅子の動きを一致させるには、相手が動かした結果に対して、自身が合わせなければならない。したがって互いの操作が遅れてしまい、その動きを一致させることが原理的に困難である。言い換えれば、相手が次にどのように動かそうとしているのかが、椅子の動きの中からは推測できないため、互いの回転位置を一致させることが難しいといえよう。

一方、椅子・椅子表現の特徴は、相手が操作する椅子に加わるトルクと、自身が操作する椅子に加わるトルクの差を利用して自身が座っている回転椅子を制御している点である。そのため、相手と同じ方向に回転させようとするれば、少ない抵抗感で回転させることができ、また逆方向に回転させようとするればより大きな抵抗を感じながら回転させることになる。すなわち、ディスク・椅子表現のように一方的に自身の行為を送り合うのではなく、互いが操作する椅子にかかるトルクの差が表現されているため、自身と相手の行為の関係を双方で共有している

とすることができよう。

つまり、椅子・椅子表現は、ディスク・椅子表現と比較し、椅子を動かそうとしている行為の過程を共有しているため、少なくとも椅子の動きを一致させるという行為の同調を引き起こしやすいシステムになっていると考えられる。

また、対面時において円滑なコミュニケーションが生じているときには、傾きや手振りなどの身体行為が無意識的に同調する現象であるエントレインメントが観察される^{[16][17]}。こうした身体同調という行為的な関係生によって、相手との一体感が創出していると考えられている^[18]。

以上を踏まえると、椅子・椅子表現システムは、互いの椅子の動きを同調させやすい仕組みであるため、身体行為の同調現象が生じやすく、こうしたはたらきによってエントレインメントが支援され、相手とのつながり感が強まったのではないかと考えられよう。

一方で、本コミュニケーションシステムにおいて身体全体の動きを共有している状況は、対面時の対話に当てはめて考えると、非日常的であるとも言えよう。しかしながら、少なくとも今回の実験の参加者からは、強制的に身体を操作されている感覚や、相手に動かされていることに関する強い不快感や嫌悪感はずしも指摘されていない。その原因として、対話実験の時間が数分程度と短いことや、見知った相手との対話であることなどの影響が考えられるが、さらに検討する必要がある。

また、身体行為の同調を促すためにはどのような情報を共有する必要があるのかという問題や、対話における本システムの影響などについても今後検討していきたい。

6. まとめ

情報技術の発達に伴い、離れた人と人との間で情報を送信し合うことがたやすくなったものの、相手との一体感や安心感を創出できるようなメディア・コミュニケーションに関する研究は必ずしも充分に行われていない。このような状況において、離れた家族とのつながりやみまもりの感覚などを支援する技術が期待されている。本研究では、これまでに著者らが考案した、遠隔地間で実体とのインタラクションを共有することによって相手と共に居合わせる感覚を強める手法に基づき、身体全体の動きを共有することが可能な回転椅子コミュニケーションシステムを開発した。手で操作するディスクの動きと、椅子に座って操作する椅子の動きとを、遠隔の相手の椅子の動きとしてそれぞれ表現する方法において比較実験したところ、後者の表現の方が相手との身体的つながり感が強まるという結果が示唆された。

身体行為の同調現象と、相手との身体的つながり感や一体感の創出に関するメカニズムは充分に分かっておらず、本システムを実験装置として活用することで、同調

を促すための行為の表現手法の問題などから、今後さらに検討していきたい。

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、システムの構築にあたり、本学学生伊與田正晃の協力を得た。ここに謝意を表す。

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] 宮島, 伊藤, 伊東, 渡邊: つながり感通信: 人間関係の維持・構築を目的としたコミュニケーション環境の設計と家族成員間における検証; ヒューマンインタフェース学会誌・論文誌, Vol.5, No.2, pp.171-180 (2003).
- [5] 例えば, みまもりほっとライン: <http://www.mimamori.net/index.html> など
- [6] 清水, 久米, 三輪, 三宅: 場と共創; NTT 出版(2000).
- [7] 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).
- [8] 上杉, 三輪: 身体の映像表現と実体ツールとのインタラクションによる共存在的コミュニケーションシステム, ヒューマンインタフェース学会誌・論文誌, Vol.6, No.3, pp.295-305 (2004).
- [9] White,N. Back,D.: Telephonic Arm Wrestling; <http://www.normill.ca/artpage.html> (1986).
- [10] Manorotkul,S., Kunii,Y., Hashimoto,H.: Tele-handshake Interface Based on Teleoperation with Time Delay; *PEMC'96*, Vol.3, pp.337-341 (1996).
- [11] Brave, S., Ishii, H. and Dahley, A.: Tangible Interfaces for Remote Collaboration and Communication; *Proc. of CSCW'98*, ACM Press, pp.169-178 (1998).
- [12] Sekiguchi, D., Inami, M., Kawakami, N. Maeda, T., Yanagida,Y., and Tachi, S.: RobotPHONE: RUI for Interpersonal Communication, *ACM SIGGRAPH 2000 Conference Abstracts and Applications*, pp.134 (2000).
- [13] Massie,T.H., Salisbury, J. K.: The phantom haptic interface: A device for probing virtual objects; *Proc. of the ASME Winter Annual Meeting, Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*, pp. 295-299 (1994).
- [14] 例えば, 館: バーチャルリアリティ入門; ちくま新書 (2002).
- [15] Fujimura, N.: Remote Furniture; <http://www.andrew.cmu.edu/user/noriyuki/artworks/remotefurniture/index.html> (1999).
- [16] Condon,W.S., Sander,L.: Neonate movement is synchronized with adult speech; *Science*, No.183, pp.99-101 (1974).
- [17] Watanabe,T., et al.:Evaluation of the Entrainment Between a Speaker's Burst-Pause of Speech and Respiration and a Listener's Respiration in Face-to-Face Communication; *Proc. of ROMAN*, pp.392-397 (1997).
- [18] Hall, E.T.: *Beyond Culture*; Anchor Books (1977).