ソファを介した「隣り合う」遠隔コミュニケーション

熊谷 真吾[†]　横山 牧[†]　佐藤 未知[†‡]
福嶋 政期[†‡]　梶本 裕之[††]

本研究は、遠隔コミュニケーションにおけるユーザ間の位置関係に着目し、ソファを介した「隣り合う」遠隔コミュニケーションの実現を目的とする。我々は過去の研究において、ソファの隣に人が座った際に知覚される触覚要素と聴覚要素の比較から、触覚要素がより容易に人が座ったことを伝えるという結果を得た。本稿ではこの結果から、アクチュエータを用いた座面変形により人がソファに座った際のへこみを提示するデバイスを製作した。デバイス評価では、被験者が座面変形のみから実際には存在しない「隣に座った人間との肩の触れ合い」を錯覚するケースが確認された。また、座面変形計測のために光学距離センサを採用し、人間がソファに座った際のクッションのへこみ量の計測、要求仕様としてのモータの回転速度とトルクの算出を行った。

“Adjacent” tele-communication through sofa

SHINGO KUMAGAI[†]　MAKI YOKOYAMA[†]　MICHI SATO[†‡]
SHOGO FUKUSHIMA[†‡]　HIROYUKI KAJIMOTO[††]

This study focuses on positional relation between the users in tele-communication and proposes the tele-communication that the users sit next to each other on a sofa. In previous work, a comparative efficacy of haptic component and auditory component while the other sit on an adjacent seat of the sofa showed that haptic sense is more dominant in the presence. In this paper, we produced the device that presents a dent when people sit down on a sofa by seat deformation of the sofa with an actuator. In the device evaluation, 2 of 14participants observed that a phantom shoulder contacted theirs. Furthermore, we employed optical distance sensor to measure we employed optical distance sensor to measure seat deformation and calculated required rotation speed and torque from measurement of seat deformation while participants sit on the sofa..

1. はじめに

本研究は、遠隔コミュニケーションにおけるユーザの位置関係に着目し、ソファを介することでユーザ同士が隣り合ってコミュニケーションをとることを目的とする。

対人コミュニケーションでは、人の位置関係によってコミュニケーション相手に与える印象がことなる 1)。Sommer は、構内のカフェテリアでの学生の座席位置と会話頻度に関係があることを報告している 2)。最も会話頻度が高い座席の位置は、テーブルの角 90 度を挟んだ位置、次いで横並びの位置、最も会話頻度が低かった位置は、テーブルを挟んで対面した位置であった。また、大里らは先に上げた 3 通りの座席位置において、知人同士と初対面の者同士で会話をする場合の心拍数を比較し、知人同士の会話では互いに心拍数が高くなり、体感時間も長くなることを報告した 3)。また、大里は、同論文において横並びで会話を行う場合、知人同士と初対面の者同士では、知人同士が会話を行う方が緊張しないことを述べている。一方、Chen らは、医師、医師の使用する PC、患者の位置関係について、患者が最も不安感等を抱かない位置が「両者が向い合ってその間に PC を置く」状態であるという最適解を示した 4)。この場合、先のように隣り合う位置関係では医師が PC 入力の際に患者から顔を逸らさなければならないため、患者は不安を感じやすいことが指摘されている。

これらの研究から、対人コミュニケーションにおける位置関係は、コミュニケーションを行う場面や状況によって最適解が異なることが示唆される。

そこで本研究では日常におけるコミュニケーションに着目し、ソファといった日常的に隣り合って使用する日用品を遠隔コミュニケーションツールとして用いることによって、通信者が隣り合った状態の遠隔コミ

† 電気通信大学
The University of Electro-Communications
‡ 日本学術振興会特別研究員
JSPS Research Fellow
†† 科学技術振興機構さきがけ
Japan Science and Technology Agency

ュニケーションを提案する。通信者が隣り合うことで、緊張感を抱かず、より日常の対人コミュニケーションに近い状態でコミュニケーションをとることが出来ると考えられる

1.1 背景：遠隔コミュニケーション技術の事例

現在の遠隔コミュニケーションでは、電話だけでなく、テレビ電話や、ビデオ会議システムの普及がみられる。個人用途では Skype、ビジネス用途では POLYCOM 社製品などが一般的に用いられている遠隔会議システムとしてあげられるが、これらはユーザを撮影するカメラがディスプレイ側に設置されているため、必然的にユーザ間の位置関係は対面に固定される。

近年の遠隔コミュニケーション研究ではユーザの共同作業をより円滑にすることを目的としたものが数多く提案されている。小林らの Clear Board は遠隔地の人とガラス越しに座って、ホワイトボードを共有し、遠隔地の共同作業に用いる 5)。能登らの Tele-face も同様に遠隔地の人とガラス越しに座って共同作業を行うことを想定している 6)。また Tele-face では、臨場感を出すため、音像を前面に感じる構造になっている。これらの研究は、ユーザ同士が対面にいることを前提としており、前述のように長時間の使用に適さないことが考えられる。本田らの仮想オフィスは在宅勤務時におけるコミュニケーション不足を改善するために開発されたもので、3 次元立体のバーチャルなオフィスにユーザたちが着席することで、位置関係を内包したコミュニケーションが可能である 7)。中西らの Free Walk ではユーザのアバターが自由に仮想都市内を移動し、アバター同士の角度だけでなく距離も任意なコミュニケーションが可能である 8)。以上に上げた 2 つでは、3 次元立体の仮想空間を作ることで遠隔コミュニケーションにおける位置関係を自由にし、さらに複数人で使用出来るといった利点がある。一方で、仮想空間におけるコミュニケーションは身振りなどのコミュニケーションにおける身体性に制約が生ずる。本研究では遠隔コミュニケーションに触覚的チャンネルを付加し、ユーザの動作が互いに伝わることでこの身体性を確保したコミュニケーションを実現する。このような触覚的要素を付加した遠隔コミュニケーションの事例として、Brave らの inTouch はローラーの回転を遠隔地間で同期させ、離れた場所で同一のローラーを操作している感覚を実現している 9)。また、上杉は遠隔地の人と回転盆を共有することでコミュニケーションが円滑になることを示唆した 10)。ここではユーザの位置関係に対面、角を挟んだ 90 度の位置が存在する。これらは触覚的な遠隔コミュニケーションを可能にする一方、目的化した触覚インタラクションのために日常のコミュニケーションでは用いられないコミュニケーション様式を必要とする。以上から、本研究ではコミュニケーションにおける位置関係を考慮した空間性、身体性、および自然な様式をさせる形態としてソファに着目した。

1.2 提案手法：ソファを用いた遠隔コミュニケーション

複数人掛けのソファに腰掛けている状態では、隣に相手が座ったときの振動、座面の圧力変化や衣擦れの音などから相手が座ったことを知覚する。つまりソファでは言葉や表情などに限らず、相手の動きや仕草等を無意識に情報交換しあう、全身的なコミュニケーションが成立していると考えられる。

本研究ではこうしたソファの特徴に着目し、ソファを介した遠隔コミュニケーションの実現を目的とする。本研究で製作するシステムのイメージを図 1 に示す。離れた 2 地点にソファが設置され、それぞれにユーザが座る。ソファには振動、変形などの提示装置、および振動やクッションの変形等を計測するセンサが内蔵され、センサによってユーザの動きを検出し、遠隔地のソファの提示装置によってその動きを伝達する。ソファに複数人で座るという日常体験はほぼ全ての人が持っている体験であり、人が隣に座った感覚を理解しやすいものと期待される。

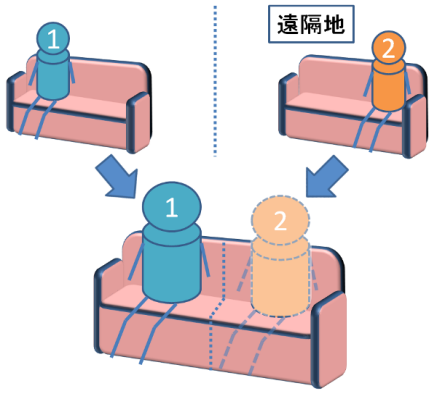

図1 提案手法イメージ図

我々は前報において、ソファを介して伝わる聴覚的要素と触覚的要素においてどちらの要素が、人が隣に座ったことを知覚し易いか比較実験を行った。比較実験の結果として、触覚的要素の方が人が隣に座ったことを知覚し易いという結果を得た 12)。この実験結果

をふまえ、本稿では、触覚刺激を提示するデバイス製作、デバイスの評価実験、今後の改良点について述べる。

2. ソファのへこみ提示デバイスの製作

前報の実験結果から、ソファの「へこみ」のみを提示した場合でも人が座った感覚が知覚されるという結果が得られた。よって、ここでは人が座った際のへこみを提示するデバイスを製作した。デバイスの外観とデバイスの駆動部をを図 2 、図 3 に示す。

図2 デバイスの外観

図3 デバイス駆動部

デバイスは、ソファ、アクリル板、DC モータ（オリエンタルモーター株式会社製，USM590-501W, 90W）、スピードコントローラー（オリエンタルモーター株式会社製、MSP-1W）、ワイヤー、マイクロコンピュータ（秋月電子製、H8/3048）から構成されている。図 4 にシステム構成を示す。

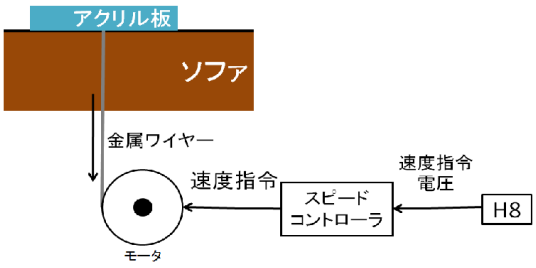

図4 システム構成

ソファ表面に人の臀部ほどの大きさのアクリル板を置き、ソファ下部に取り付けた DC モータで垂直方向に引っ張ることで、人が座った時に生じるソファのへこみを提示する。なお、モータは付属のスピードコントローラーに、H8 マイコンから速度指令電圧を与えることで制御している。

3. 実験 1：デバイス評価

製作したデバイスにより、人が隣に座った感覚を提示することができるか評価実験を行った。

3.1 実験手法

実験の様子を図 5 に示す。

図5 実験の様子

図 5 のように製作したデバイス全体にカバーをかけ、被験者からアクリル板が見えないようにした。被験者は閉眼状態で、ホワイトノイズの流れるヘッドホンを装着し、視聴覚を遮断した状態で実験を行った。被験者には「この実験は、視覚、聴覚刺激を遮断した状態で人が隣に座った場合、どういった刺激を感じて人が座った感覚を受け取っているかを調べる実験です。これから実際に私(実験者)自身が隣に座ります。」と伝えておく。実際には実験者はソファに座らず、デバイスを作動させてへこみを提示する。約 1 秒で座面の変形を回復させ、その後被験者に人が座った感覚があったかを口頭で回答させる。被験者数は男性 10 名、女性 4 名の計 14 名であり、一人あたりの試行回数は 1 回である。

3.2 実験結果

人が隣に座った感覚があったと回答した、つまり実際に隣に人が座ったと信じた被験者は、14 名中 11 名であった。また内観報告より、「実験中に隣に座った

実験者の肩が触れた」と回答した被験者が 2 名、「実験者が座った際の風を感じた」と回答した被験者が 1 名いた。

3.3 考察

ここでは、人が座った際の座面変形を提示するだけでも人が座った感覚を提示出来るかを検証した。

実験結果より、デバイスによりソファの座面を変形させるだけでも約 8 割の被験者が「人が隣に座った」と知覚した。このことより、少なくとも「人が座る」ということを体験者に事前教示した場合には、ソファの座面変形によって人が座った感覚を提示出来るという結果が得られた。

一方で、人が座ったと感じなかった被験者の内観報告から「無機質に何かがへこんだだけの感じがした」という回答が得られた。実験時はソファをへこませた直後に座面を戻していたため、指摘されたような無機質な印象が生じてしまったと考えられる。このことから、実装においては人が座った際の座面変形を再現することで無機質感の改善を図る。

4. 実験 2：座面変形量の計測

実際に人が座った状態を再現するために、着席座面計測装置を製作した。ここでは光学距離センサを用いて底面からソファの変形を計測した。また、実際に計測装置を用いて人が座った際の座面変形計測実験を行った。

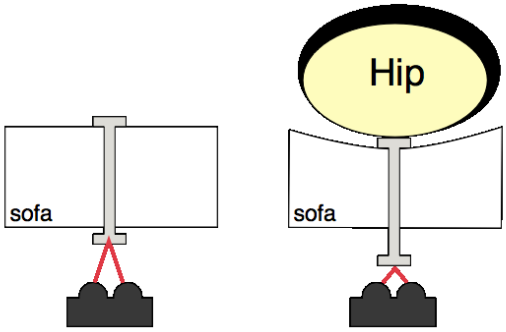

図6 計測実験の概略図

4.1 実験手法

図 6 に示したように、ソファの座面から裏面に直径 10mm のパイプを通し、棒下端の高さを光式距離センサ 2Y0A02(20-150cm)（SHARP 社製）を用いて計測することで、ソファ座面のへこみ量を計測した。なお、棒下端にはセンサ性能向上のため再帰性反射材を貼りつけた。被験者には普段椅子に座る時と同じように座るように教示した。被験者は体格の異なる男女 2 名であり、一人当たりの試行回数は 1 回である。

4.2 実験結果

実験の結果を表 1 に示す。表 1 より、身長約 20cm、体重約 20kg の差がある男女を比較した場合、へこみ高さ 1.25cm、へこむ速度は 5m/s の差がある結果となった。

表1 へこみ計測実験の結果

	被験者 A（男）	被験者 B（女）
身長(cm)	180	160
体重(kg)	75	48
へこんだ量(cm)	10	8.75
へこみきるのに要した時間(s)	0.25	0.25
へこむ速度(m/s)	40	35

4.3 考察

体格の異なる男女による結果からは、被験者の体重差に比して座面変形量や変形速度には大きな差が見られなかった。またこの結果から、人が座った際のへこみの模擬に必要なモータの回転速度とトルクを求めた。

今回の被験者 A（男）の身長及び体重は、日本人の成人男性の平均身長・体重（172.26cm、65.80kg）11) を上回っている。また、被験者 B（女）に関しても身長及び体重が平均的な日本人の成人女性とほぼ等しい（158.45cm、50.75kg）11)。

以上よりモータの要求仕様について検討する。男性被験者の場合のへこむ速度を最大と考えると、最大 40m/s でソファ座面を牽引出来る必要がある。座面を引っ張る糸を巻くボビンの半径を 1cm と仮定すると、必要なモータの回転速度は 6.7 回転/s となる。また、男性被験者の上半身の体重を約 50kg と仮定すると、モータに必要なトルクは 500mN*m となる。一方、現在使用している DC モータの回転速度は 1600 回転/s、およびトルクは 730mNm となる。使用しているモータでは、速度を補うため回転径を調節しても所望の回転速度の約 50%となり、現在のモータでは要件を満たさないという結果が得られた。表 2 に必要回転速度、必要トルクと現在使用しているモータの比較を示す。

表2 モータの比較

	必要要件	現在のモータ
回転速度（回転/s)	3960	1600
トルク (mN*m)	500	730

現在使用しているモータは要求に達していないが、今後はモータの変更ではなくモータの複数使用で対応し実装を行うこととする。例えばモータを 2 つ使用した場合、座面変形の角度が提示可能になる。そこから計測対象者の重心移動を再現し、貧乏ゆすりや足を組み替えるなどの体勢の変化も表現する（図 7 ）。

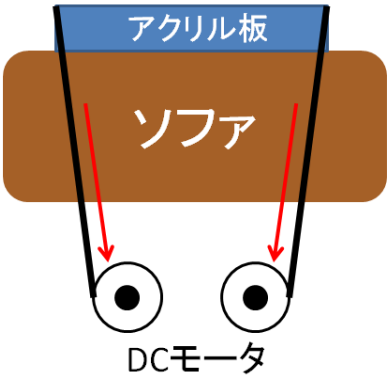

図7 モータを 2 つ用いた時の図

5. おわりに

本稿では遠隔コミュニケーションにおける通信者の位置関係に着目し、ソファを介した「隣り合う」コミュニケーションをすることによって、日常の対人コミュニケーションに近い遠隔コミュニケーションを実現することを提案した。

前報での触覚刺激と聴覚刺激について比較実験の結果、触覚刺激、すなわち人がソファに座った際に生じるへこみのみを提示した場合でも、人が座ったという感覚を提示することが可能であるという結果が得られた。この結果を元にソファの座面変形を提示するデバイスを製作し評価実験をしたところ、約 80%の被験者が座面変形のみで隣の人間の着席を知覚した。また、うち 2 名が座面変形のみから実際には存在しない「隣に座った人間との肩の触れ合い」を錯覚するという興味深いケースが見られた。

続いてソファの座面変形を計測するために、実際に人がソファに座った際のクッションのへこみ量とへこみ速度を計測した。この計測結果より、へこみの再現に必要なモータの回転速度とトルクを算出した。

今後はソファの垂直方向だけでなく重心移動を再現することで、よりリアルな「隣に人が座った感覚」を提示すると共に、ソファ同士で相互通信が可能なデバイスを製作する。

謝辞 本研究の一部は総務省 SCOPE によって実施された。

参 考 文 献

1) Sommer Robert: Personal spase:The behavioral basis of design: Englewood Cliffs, N.J.:Prentice-Hall(1969)
2) Sommer Robert: Studies in Personal space: Sosiometry, Vol. 22, pp. 247-260(1959)
3) 大里栄子:対人コミュニケーションと個人空間: 福岡国際大学紀要 No.13 21~27(2005)
4) Yunan Chen, Victor Ngo, Sidney Harrison, Victoria Duong: Unpacking Exam-Room Computing: Negotiating Computer-Use in Patient-Physician Interactions: CHI 2011(2011)
5) 小林稔、石井裕:ClearBoard-2 における共同作業と会話空間のシームレスな融合:情報処理学会研究会研究報告[グループウェア](1993)
6) 能登肇, 石井亮, 高田英明, 伊達宗和, 大谷佳光: 高臨場感対面遠隔コミュニケーションシステム:Tele-face: 電子情報学会技術研究報告, MVE, マルチメディア・仮想環境基礎 Vol. 109, No. 215, pp. 17-22(2009)
7) 本田新九郎, 富岡展也, 木村尚亮, 岡田謙一, 松下温: 在宅勤務の疎外感の解消を実現した位置アウェアネス・アウェアネススペースに基づく仮想オフィス環境: 情報処理学会論文誌, Vol. 38, No. 7, pp.1454-1464(1997)
8) Hideyuki Nakanishi, Toru Ishida: FreeWalk/Q: Social Interaction Platform in Virtual Space: ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, pp.97-104(2004)
9) Scott Brave, Andrew Dahley,: inTouch: A Medium for Haptic Interpersonal Communication: CHI`97 (1997)
10) 上杉繁, 三輪敬之: 異なる空間をつなぎ共存在感を支援する同期テーブル: ヒューマンインタフェース学会論文誌 Vol.5, No.2, pp.197-204(2003)
11) 文部科学省: http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/20/10/08092414.htm: (最終アクセス 2011/12/12)
12) 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: エンターテイメントコンピューティング 2011(2011)