

口腔内動作を入出力とする触覚コミュニケーションデバイス

高橋 宣裕^{*1} 國安 裕生^{*2} 佐藤 未知^{*2*3} 福嶋 政期^{*2*3}
古川 正紘^{*4} 橋本 悠希^{*5} 梶本 裕之^{*2*6}

Kiss Interface for Intimate Communications

Nobuhiro Takahashi^{*1}, Yuki Kuniyasu^{*2}, Michi Sato^{*2*3}, Shogo Fukushima^{*2*3},
Masahiro Furukawa^{*4}, Yuki Hashimoto^{*5} and Hiroyuki Kajimoto^{*2*6}

Abstract – In this study, we propose a novel communication device for intimate users. We focus on kisses, since kisses are haptic communications that can express deep emotion. We considered that if we mutually present the haptic sensation to each mouth, we can convey the expression of emotion, deepen their relationship. We made a first prototype using water-balloons, and a second prototype using bended rods. We also conducted an experiment to evaluate the effect of the device to the relationship between users, by measuring frequencies of eye-contact and smiles, and confirmed the effectiveness of our device.

Keywords : Haptic, Intimacy, Kiss, Mouth, Telecommunication

1. はじめに

現在の遠隔地間のコミュニケーションは主に音声や映像を介しておこなわれる。携帯電話による音声通話やSkype等によるテレビ電話、近年ではtwitterなどのソーシャルネットワーキングサービスによって、人々は遠隔地間においても意思疎通をおこなうことが容易になった。

このような視覚や聴覚を用いた遠隔コミュニケーションの有効性・重要性が疑い得ない一方で、相手が間近にいる場合のコミュニケーションの手段は視覚や聴覚に限定されない。そのような状況では対象者との接触が可能となるため、握手、抱擁といった触覚を用いたコミュニケーションが加わり、視聴覚のみのコミュニケーションと比較して存在感や感情をより繊細に示すことができる。よって遠隔コミュニケーションにおいても、触覚を用いることで新たな価値を付加すること

ができると考えられる。

触覚コミュニケーションは初対面の握手から始まり、より親密な関係まで様々な間柄の者同士がおこなうが、夫婦や恋人等の親密な間柄にある者同士で特に頻繁におこなわれる。つまり触覚コミュニケーションを研究対象としたとき、この近しい間柄同士特有の触覚コミュニケーションを論ずることを避けることはできない。親密な間柄の者同士が日常的におこなう触覚コミュニケーションには手を繋ぐ、抱き締め合う、頭を撫でるなど様々な行為が考えられるが、本論文ではそのような行為の例として特に「接吻」を取り上げる。なお本稿における接吻という言葉は、対象者間で双方の舌を口腔内に侵入させ合う行為を指すこととする。

特に接吻を取り上げる理由は次の二つである。第一に接吻は特に深い愛情表現を示すことのできるコミュニケーション手段であると考えられること、第二にコミュニケーションツールとして実装する際、接吻と同様に親密度の高い抱擁等の行為とは異なり比較的小型のデバイスでの実現が見込まれ、その意味でユーザビリティに優れると考えられるためである。

以上の理由から我々は接吻の空間的な拡張を可能とすることを目的とした。図1に本研究が提案するコミュニケーションの想定図を示す。本稿では接吻という行為の特に触覚要素に着目し、空間的な感覚拡張の最初のステップとして、相手と対面した環境で口腔において双方向の触覚コミュニケーションがおこなえるデバイスを提案する。さらに被験者実験により、製作したデバイスが使用者間の親密度の向上に繋がり得るか検証をおこなった。

*1:電気通信大学大学院 情報システム学研究科 情報メディアシステム学専攻

*2:電気通信大学大学院 情報理工学研究科 総合情報学専攻

*3:日本学術振興会特別研究員

*4:慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科

*5:大阪大学大学院 情報科学研究科 バイオ情報工学専攻

*6:科学技術振興機構

*1:Department of Human Media Systems, Graduate school of Information Systems, The University of Electro-Communications

*2:Department of Informatics, Graduate school of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

*3:JSPS Research Fellow

*4:Graduate school of Media Design, Keio University

*5:Department of Bioinformatic Engineering, Graduate school of Information Science and Technology, Osaka University

*6:Japan Science and Technology Agency (JST)

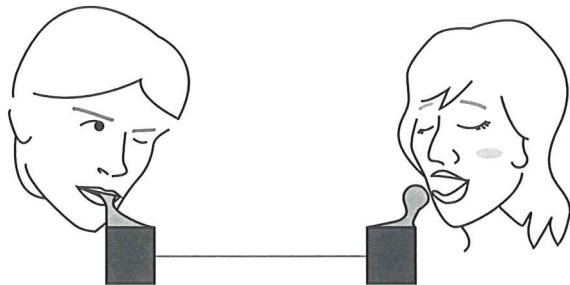


図1 提案するコミュニケーション手法の概略図

2. 関連研究および設計指針

本章では、遠隔地間における触覚コミュニケーションおよび口腔への触覚提示の先行研究を挙げ、本研究における設計指針を述べる。

2.1 遠隔地間での触覚コミュニケーション

遠隔地間での触覚コミュニケーション手法は数多く提案されているが、大別して遠隔にあるオブジェクトの操作を共有することで双方向の触覚提示を試みたものと、感覚の直接的な伝達を試みたものに分けることができる。

まずオブジェクトの操作を共有する例を挙げる。Brave らによる inTouch^[1] は遠隔地間にある二台の回転する棒の位置を同期することにより、手掌を用いてあたかも繋がっている棒を共有しているかのように感じることができる。Fogg らによる HandJive^[2] は、空気バルーンやスティックの動作を同期することで遠隔地間のコミュニケーションを試みている。また、関口らによる RobotPHONE^[3] は手元のぬいぐるみ型デバイスが遠隔地にある同様のデバイスと姿勢同期されるものであり、双方がデバイスを保持することで手掌に相手がデバイスを動かす際の力を感じることができる。

次にオブジェクトの操作の共有とは異なり、振動刺激や温度感覚を用いてより直接的な伝達を試みた例を挙げる。Chang らの Comtouch^[4] は、五指それぞれにバイブルエタとスイッチを装着し、スイッチを押下することで、相手の同一箇所の指が振動するシステムである。中田らによる空気圧を利用した双方向触覚通信装置^[5] は2台のスピーカーを用い、スピーカーが出力する空気圧による双方向触覚提示をおこなっている。Chen らの Comslipper^[6] は、ユーザ双方のスリッパに圧力センサと振動モータを組み込むことで片方のスリッパの圧力変化によって他方のスリッパに振動を提示するものである。岩崎らの Affect Phone^[7] はスマートフォンに GSR センサ、ペルチェ素子を装着し、手元の端末を握る際の皮膚抵抗変化を遠隔の端末の温度変化に対応させるシステムである。

以上のように触覚を用いた双方向コミュニケーションの先行研究は数多い。しかしながら本研究の提案する口腔を用いた双方向触覚提示に関してはその効果を実証した例は存在しない。

2.2 口腔への触覚提示

口腔への触覚提示自体は、主に食事のバーチャルリアリティという文脈で提案してきた。上村らによる食感提示装置^[8] は、人間が食べ物を口に運ぶ際の咀嚼感に着目し、口腔へ「歯ごたえ」の提示を試みたものである。また橋本らによる SUI (Straw-like User Interface)^[9] は飲食物を「吸い込む」行為に着目し、吸引感覚を提示する手法を提案している。

舌への直接的な触覚提示もいくつか試みられている。Bach-y-Rita らはマトリクス状電極を用いた舌への電気刺激による視覚障害者用の触覚ディスプレイを開発している^[10]。また中村らは舌への電気触覚を、味覚の増強という文脈で利用することを提案している^[11]。

以上のように口腔への触覚提示はこれまで盛んにおこなわれているものの、コミュニケーションを目的とした口腔への触覚提示手法は提案されていない。

2.3 設計方針

2.2節で述べたように、従来の触覚コミュニケーション手法は大別してオブジェクトの操作を共有する手法と感覚を直接伝え合う二つの手法に分けることができる。口腔という器官の特性上、安全面への配慮から刺激提示部が舌に常時装着される状況は現実的ではない。装置としてはより簡便な、オブジェクトの操作を共有する手法を採用することが現実的であると思われる。実際、2.2節で述べた従来の口腔への触覚提示も、オブジェクトに対して舌を伸ばすという機構を採用している。

実際の接吻は舌や唇など口腔内の複雑な動作により実現されていることから、理想的な実装は、相手の舌および唇の形を再現するロボットであると考えられるが、多自由度の動作を実現するためには相応の複雑な機構が必要となる。しかし口腔への触覚提示という性質上、衛生面への配慮から刺激提示部が取り替え可能である必要があることから、極力単純な機構である必要があると考えられる。もし単純な刺激提示がコミュニケーションの質を高めることができるとならば、デバイスの小型化など今後のデバイス設計にとって大きな利点となる。

以上の考察により、本研究での設計指針としては(1)オブジェクトの操作を共有し、(2)1自由度の機構を用いた触覚提示をおこなうこととした。

口腔内動作を入出力とする触覚コミュニケーションデバイス

3. 第一試作

前章で示した方針に基づき第一試作を製作した。第一試作の概観を図2に示す。第一試作では水を満たしたバルーンによる膨張、収縮のみの1自由度の動作による刺激提示をおこなう。

3.1 システム構成

システム構成図を図3に示す。本システムは刺激提示バルーン、DCモータ（MAXON社製10W、エンコーダ付、ギア比5.4:1）、DA/ADボード（Interface社製、PCI-3523A）、エンコーダボード（Interface社製、PCI-6250C）、モータドライバ（Okatech社製、JW-143-2）およびPCから構成される。バルーンへの力の提示はDCモータに直動機械変換のためのアタッチメントを装着することで実現した。

3.2 動作原理

動作原理を図4に示す。図4(a)が定常状態である。この状態でユーザA、Bはバルーンを口に咥える。図4(b)はユーザAがバルーンを咥えた状態を表している。ユーザAがバルーンを圧迫するとその力に応じてバルーンの他端が膨張する。その際に、装置Aのバルーンの変位量に比例した力を装置Bに出力する。これにより、装置Bのバルーンが膨張し、ユーザBへの刺激提示をおこなう。ユーザBがバルーンを咥えた状態でも、同様の原理によりユーザAへの刺激提示

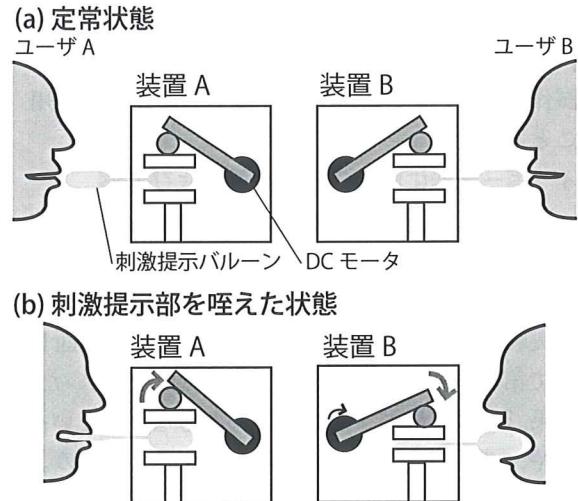


図4 第一試作動作原理

をおこなう。

これらの処理を双方向でおこなうことにより、二名のユーザはひとつのバルーンを咥え合うような感覚を得ることができる。

3.3 刺激提示バルーン

図5に刺激提示バルーンの概観を示す。バルーンの設計において、はじめに市販のシャーベットアイス用ポリ容器に水を8割程度満たし、熱で容器の周縁を溶接することで密閉したものを用いた。図5左のように容器の片側を押しこむことで、他方が膨張する。容器の先端をユーザが口に含んだ状態でこの膨張を起こすことで刺激提示を試みたが、容器の材質の固さから口腔内で知覚できるほどの体積変化を得ることができなかつた。

そこで、より大きな変位が得られるように図5右の塩化ビニル膜で溶接したバルーンを製作した。なお刺激提示の原理はシャーベットアイス用ポリ容器と同様である。また、膨張の際の変位をより大きくするために、第一試作では図5右のバルーンを2枚重ねて溶接したものを用いた。用いたバルーンでは、単端で最大約20mlの体積変化が得られ、その際の垂直方向変位は最大約4cmとなった。なお、刺激提示部が最も収縮した際は平らな状態となる。

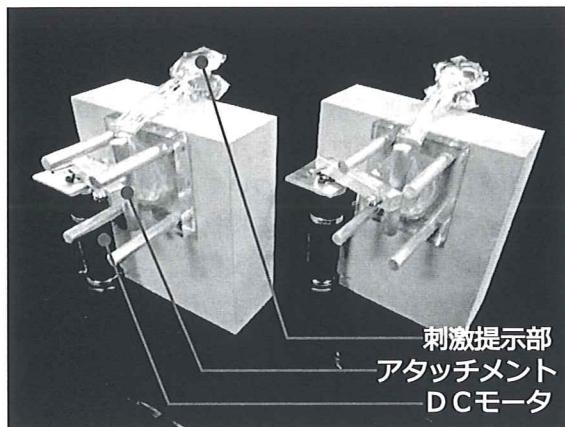


図2 第一試作概観

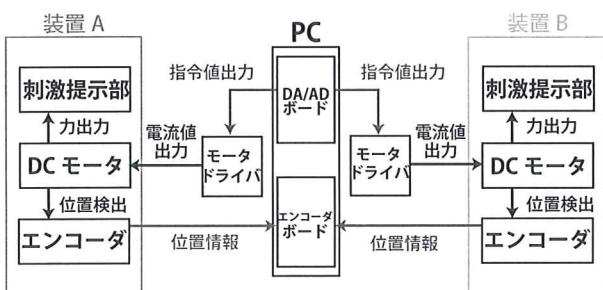


図3 第一試作システム構成

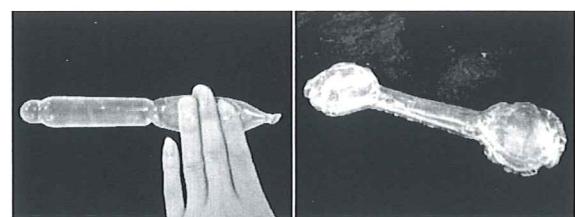


図5 刺激提示バルーン（左：市販シャーベット容器を用いたもの、右：製作したもの）

このバルーンを用いて口腔への刺激提示を試みたところ、刺激を十分に知覚することができた。よって、第一試作では、自作の塩化ビニル膜製のバルーンを用いることとした。

3.4 第一試作に関する予備実験および考察

第一試作では簡単な機構で液体の体積移動によるバルーンの膨張収縮を用いた双方向の刺激提示を試み、知覚可能な刺激を提示することができた。

予備実験として、2組の被験者に対し相手と対面した環境で第一試作を使用させたのち、感想を聞いた。その結果、「刺激が微弱すぎてよくわからない」といった意見や、「刺激を感じることはできるが、接吻のような感覚とは程遠い。使用による満足度は低い」、「コミュニケーションとして成り立っているかどうかは不明」、「手でデバイスを使用した方が刺激を鋭敏に感じられ、口腔でおこなうよりもコミュニケーションをおこなえていることがわかる」といったような感想を得た。

予備的実験における第一試作に対するユーザからの感想が芳しくなかった原因として、次のような理由が考えられる。

1. 口腔へ提示される力が小さく、バルーンの変位も充分ではない。
2. 提示される刺激の変化速度が遅く、その結果触力覚のうち力覚のみの提示にとどまっている。
3. バルーンの変形を唇の変形として解釈すべきか舌の動きとして解釈すべきか不明確であり、その結果提示された感覚が相手のどのような状態を表しているかのイメージをもつことが難しい。

のことから単純に口腔において双方向の刺激提示をおこなうだけでは、豊かなコミュニケーションを実現ことはできないという結論が得られた。また衛生上の問題から、比較的製造工程の複雑なバルーンをユーザごとに取り替える必要があることも現実的問題として明らかとなった。

4. 第二試作

第二試作では第一試作の予備実験で得られた結果に基づき新たな設計をおこなった。

第二試作の概観を図6に示す。第二試作では接吻をおこなう際の舌の運動に着目した回転機構による双方向触覚提示をおこなう。筐体に装着された口腔刺激子の回転動作が遠隔地間でリアルタイムに同期される。これによってそれぞれのデバイスの口腔刺激子を2名のユーザが咥え合った状態で、舌で口腔刺激子を回転させることにより、その動作を相手の口腔内へ触覚刺激として伝達できる。また、口腔刺激子はシリコンチューブで覆うことによって触感や安全面の向上を図



図6 第二試作概観

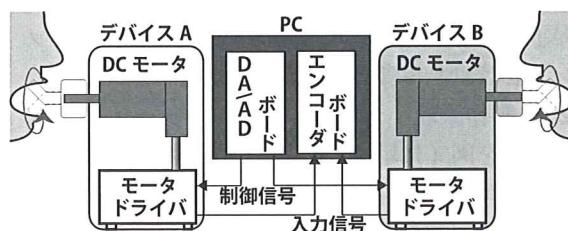


図7 第二試作システム構成

ると同時に、容易に交換できるため衛生面にも配慮した設計となっている。

1自由度の運動としては回転運動以外にも上下運動等も考えられるが、ここでは最も実現が容易な運動として回転を採用した。また口腔刺激子を屈曲した形状とすることで、舌による操作を容易にした。

第二試作では3.4節で第一試作の問題として挙げた3つの点についてそれぞれ次のように解決を図っている。3.4節の1, 2で挙げた点については、モータに取り付けた口腔刺激子に直接触れる機構を取ることにより、十分に知覚可能な力と変位を実現し、さらに触力覚の低周波成分から高周波成分までの伝達を可能としている。すなわち刺激子を互いに舌で押し合う形となれば主に反力を受けることから主に力覚が提示され、それ以外の場合には刺激子と舌との相対運動により主に触覚が提示される。

3.4節の3で挙げた点については、第一試作のバルーンが、唇、歯、舌のいずれによても変形させうるものであったことがかえって相手の状態をイメージする際の阻害要因となっていたと考えられる。これに対して屈曲させた口腔刺激子は舌のみで十分な力を伝達でき、また触力覚を感じる部位も舌に限定される。この限定により、口腔全体ではなく舌同士が押し合うという状況が明確化するものと考えられる。

システム構成を図7に示す。構成要素は第一試作システムと同様である。

口腔内動作を入出力とする触覚コミュニケーションデバイス



図 8 第二試作動作原理

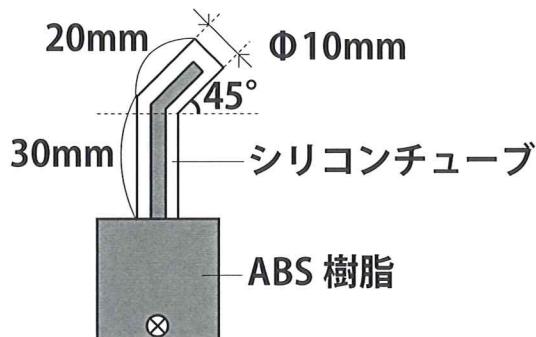


図 9 実装した口腔触覚刺激子の形状と寸法

4.1 動作原理

図 8 にデバイスの動作原理図を示す。対称型バイラテラル制御によって 2 台の口腔刺激子の動作を制御することで、ユーザ間で双方向の触覚提示が可能となる。

代表的なバイラテラル制御系として対称型、力逆送型、力帰還型の 3 つの構成が挙げられる^[12]。対称型は、位置情報のみの伝達による制御であるため、力センサを配置する必要がなく簡便な構成で安定性もある制御手法である。対称型の欠点としては系の慣性力、摩擦力のすべてがマスタに重畳されるため操作感が重くなるケースが多いことであるが、我々のシステムはそもそも小型のデバイスで構成されており非常に軽いため、簡便で安定性の高い対称型を用いることとした。

4.2 口腔刺激子

口腔刺激子の詳細を図 9 に示す。口腔刺激子の形状の検証にあたり、中間で屈折させたスティック状の刺激部位の全長を 50mm（屈折点までの長さはすべて 30mm）で統一し、屈折角の角度を 60°、45°、90° の 3 通り、シリコンチューブを被せた状態における刺激部位の外径を 6mm, 8mm, 10mm, 12mm の 4 通りとして、全 12 通りの組み合わせによる口腔刺激子を作製した。

それぞれの口腔刺激子を用いた第二試作システムを使用したところ、屈折角度 45°、チューブ外径 10mm の口腔刺激子が舌で回転させるのが最も容易であり、かつ口腔内へ最も刺激が鋭敏に伝わると判断し、図 9 の寸法の口腔刺激子を第二試作に実装した。

4.3 デバイス評価実験

第二試作において、マスタ側のデバイスの口腔刺激子を回転させることで、スレーブ側のデバイスの口腔刺激子にどの程度の力が输出されるか測定をおこなった。

4.3.1 実験手順

実験環境を図 10 に示す。スレーブ側の口腔刺激子の下にフィルム状力センサ (INTERLINK ELECTRONICS 社製、406 FSR) を上面に取り付けたブロックを配置した。マスタ側の口腔刺激子をスレーブ側のセンサに口腔刺激子からの力が加わる方向に 10° 間隔で回転させ、マスタ側の入力角 ϕ に対して出力されるスレーブ側の力 F を測定した。

4.3.2 実験結果

図 11 に実験結果を示す。マスタ側の口腔刺激子の回転角がおよそ 200° に達するまではスレーブ側の口腔刺激子に出力される力はほぼ比例して増加することがわかる。しかし、マスタ側の口腔刺激子の回転角が 200° を超えた時点で、出力される力は一定となり、およそ 250gf が伝わる力の最大値となった。

実験結果から、第二試作ではマスタ側の口腔刺激子をどれだけの力で回転させても、スレーブに出力される力は 250gf 以下に抑えられることが示された。

Posen らは舌が出力できる力の最大値を被験者実験により計測しており、18 歳の男女では共に平均約 2000gf であるという結果を報告している^[13]。このこ

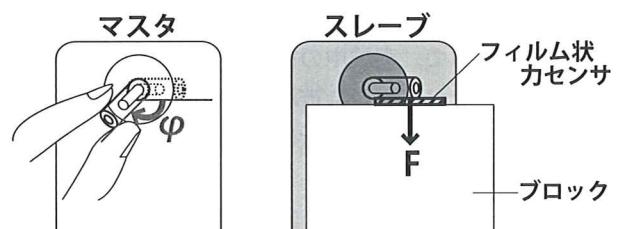


図 10 デバイス評価実験の環境

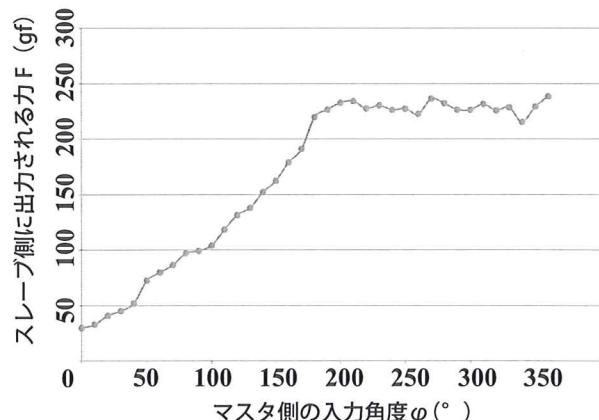


図 11 マスタの回転角とスレーブの出力の関係

とからユーザが舌で口腔刺激子に過度な力をかけた場合、その力の大きさがそのままスレープに再現されると、約 2000gf もの力が相手の口腔に加わることになり痛覚を生じさせてしまうことも考えられる。これに対して第二試作では、ユーザが口腔刺激子に過度な力を掛けてしまった場合でも、相手の口腔に伝わる力が 250gf に抑えられることが実験結果から示されたことで、相手の口腔に過度な力が加わる危険性を回避できることが示された。

5. 親密度変化の検証

提案デバイスの有効性を実験によって検証した。本研究の目的はデバイスを介した口腔による触覚コミュニケーションが親密なコミュニケーションを補助するために有効であることを示すことである。よって提案デバイスの有効性の検証は、伝達される情報量の測定ではなく、結果としての人間関係の変化の測定によっておこなわれることが望ましいと考えられる。本章では対面環境で被験者に第二試作デバイスを使用させ、被験者の行動観察によって検証をおこなう。

人間は親密である相手に対しては、アイコンタクトや笑顔を示す頻度が高いという報告がある^[14]。この知見に基づき我々は、アイコンタクトや笑顔を指標として、試作デバイスを使用することがユーザ同士の親密度向上に寄与するか検証する実験をおこなった。

5.1 実験概要

実験は 20 代の知人同士の男女 5 組の被験者に対しておこなった。実験を実施した部屋に隠しカメラを設置することによって、実験中の被験者の行動の一部始終を記録した。なお実験後に被験者には隠しカメラを設置していたことを告げ、解析にのみ用いることを了承してもらった。

実験の様子を図 12 に示す。まず部屋に被験者を呼び寄せ、設置されたテーブルに両者が身体を向き合わす形で座らせた。ここで、「実験に関する準備をおこなうので、このまま自由にしてお待ちください」という指示を与え、3 分間そのままの状態で待機させた。3 分経過後、同様に 3 分間の時間を設けデバイスを用いて口腔でコミュニケーションをおこなわせ、デバイスの刺激知覚に関する簡単なアンケートを用紙で回答させた。このアンケートはあくまでも被験者の行動観察をおこなっていることを察知されないように用意したダミーアンケートである。アンケート用紙を回収した後、「アンケートに関する集計をおこなう必要があるので、このまま自由にしてお待ちください」という指示を与え、再び 3 分間そのままの状態で待機させた。

この実験過程を記録したビデオ映像で、デバイス使用前の 3 分間とデバイス使用後の 3 分間のうち被験



図 12 実験の様子

者間でおこなわれるアイコンタクトの継続時間の総和と、笑顔を浮かべる継続時間の総和を測定した。これにより、デバイスの使用前と使用後で被験者間の親密度の変化を検証した。

5.2 実験結果

図 13 にデバイス使用前と使用後それぞれの 3 分間における被験者全体のアイコンタクトの継続時間の総和の平均を示す。同様に図 14 は被験者全体の笑顔の継続時間の総和の平均を示し、図 15、図 16 はそれぞれ男女別に笑顔の継続時間の総和の平均を示している。なおエラーバーは標準偏差を表す。

図 13 から、アイコンタクト継続時間の総和の被験者全体の平均はデバイス使用前でおよそ 18(s) であるのに対し、デバイス使用後ではおよそ 26(s) と継続時間の向上が観測された。デバイス使用前後のアイコンタクト継続時間の平均に有意差があるか検証するため t 検定をおこなったところ、有意差があることが認められた ($p < 0.05$)。

図 14 から、笑顔の継続時間の被験者全体の平均はデバイス使用前でおよそ 32(s) であるのに対し、デバイス使用後ではおよそ 49(s) とこちらも大きな向上が観測された。しかしながら同様に t 検定をおこなったところ、デバイス使用前後の継続時間に有意差が認められるには至らなかった ($p > 0.05$)。また図 15、図 16 が示すように男女共に笑顔の継続時間がデバイス使用前後で向上するという結果が得られ、特に女性の被験者でその傾向は顕著であった。しかしながら、同様に t 検定をおこなったところ男女共にデバイス使用前後の継続時間に優位差を認めるには至らなかった ($p > 0.05$)。

5.3 被験者の感想

被験者の感想として「回転の強さや向きが逆になるとすぐに分かるので、相手が回しているときは楽しい」、「相手と回す方向が逆になると、押し合いになり疲れたが、押し返されても痛みはなかった」、「自分が上手にできていたのかどうか分からなかった」といったような意見が聞かれた。また「舌では回しにくい」、

口腔内動作を入出力とする触覚コミュニケーションデバイス

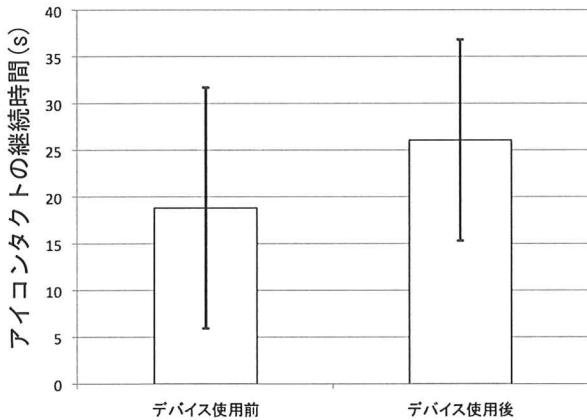


図 13 アイコンタクト時間の変化（被験者全体）

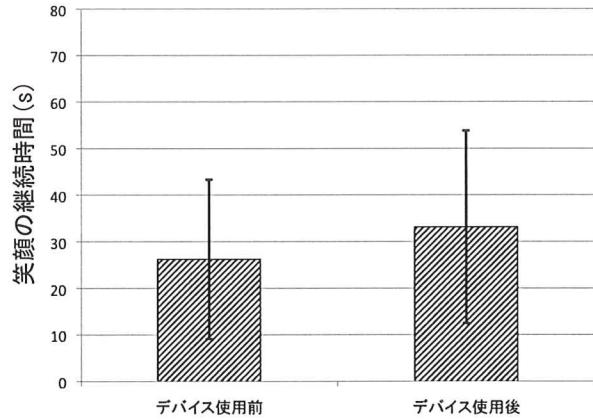


図 15 笑顔時間の変化（男性被験者）

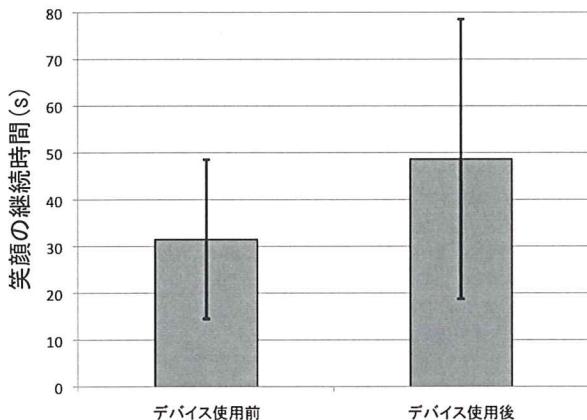


図 14 笑顔時間の変化（被験者全体）

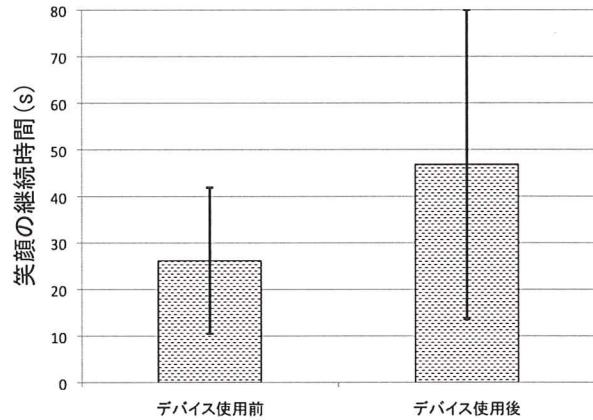


図 16 笑顔時間の変化（女性被験者）

「動きが少ないので退屈だ」、「気持ち悪さを感じた」といった否定的な感想を述べる被験者もいた。

また実験中の被験者の行動としてデバイスを使用しながら相手と顔を合わせた際、途端に笑顔になったり、赤面したりといった恥ずかしさを表す行動が観察された。このことは、本デバイスは相手の顔を見ながら使用することで心理面により大きな影響を及ぼすことを意味すると考えられる。また、実際の接吻では顔と顔を接近させた状態でおこなうため相手の顔全体を見るすることはできないと考えられるが、実験の状況では相手の表情を観察しながら口腔でコミュニケーションができるところから、被験者間で外部からは見えない秘密を共有しあっているように感じられ、情動が喚起されたのではないかと考えられる。

5.4 考察

本実験によりデバイスの使用前と比較してデバイス使用後の方がアイコンタクトの継続時間が向上することが確認できた。また有意差を認めるには至らなかつたものの笑顔の継続時間も向上傾向にあった。以上により提案したデバイスの使用によってユーザ同士の親

密度が向上することが示され、本デバイスによるコミュニケーションの有効性が示唆されたと考えられる。

実験は対面環境でおこなっているため、遠隔使用を想定した場合の評価にはそのままでは適用できない。今後視聴覚を含めた遠隔地環境での評価が必要である。一方で、一般的に親密な者同士特有の行為である口腔内でのコミュニケーションが特に親密でない知人同士でおこなわれた際に親密度向上を示す行動が観察されたことは本デバイスが一種のアイスブレーキング用ツールとして応用できる可能性も示したと言える。

笑顔の継続時間において有意差を認めるに至らなかつた理由としては、被験者によって本デバイスの使用による多少の不快感を抱くことがあったことが挙げられる。笑顔は親密度と共に快不快の情動そのものも反映してしまうためである^[15]。

6. おわりに

本稿では恋人や夫婦といった親密な間柄の者同士がおこなう深い愛情表現を示すことができる接吻という行為に着目し、口腔を用いる触覚コミュニケーション

デバイスの開発を試みた。

第一試作では、バルーンの膨張収縮によって口腔へ知覚可能な刺激を提示できるシステムを構築したものの、バルーンの膨張収縮による刺激提示のみでは刺激強度、時間的応答性、さらに相手の行動をイメージし難いという問題が明らかとなった。

第二試作ではモータに取り付けた口腔刺激子に直接舌が触れる構成を取ることで刺激強度と時間的応答性の問題を解消し、さらに舌でしか動かせないよう屈曲した口腔刺激の回転運動を用いることであえて舌に限定したデバイス設計をおこない、評価をおこなった。デバイス評価実験では舌の動きによって出力される力が他方のデバイスに充分な強度を保って伝達されることを確認した。また、口腔刺激子を取り替え容易なシリコンチューブで覆うことにより、安全性や利便性の向上を図ると共に、衛生面に対する問題も解決した。

第二試作による被験者実験から、ユーザ同士の親密度を評価する尺度としてのアイコンタクトの頻度が有意に向上した。このことにより、提案したデバイスを介する口腔を用いた触覚コミュニケーションが親密なコミュニケーションを支援するために有効である可能性が示された。

今後の課題としては被験者実験により示されたアイスブレーキングツール用ツールとしての有用性を追求するため、性別の組合せ、被験者間の関係などのパラメータも導入した実験をおこなうことである。また実際にネットワーク経由で遠隔地間にて本デバイスを使用できる環境を構築した上で、日常的に接吻をおこなう恋人や夫婦といったような親密な者同士を対象として長期間使用させ、親密度の変化や使用頻度の観測をおこないたい。それらの結果を元に本デバイスのコミュニケーション手段としての有効性をより詳細に分析してゆく所存である。

謝辞

本研究の一部は総務省SCOPEの支援によって実施された。

参考文献

- [1] Brave, S., Dahley, A.: *inTouch: A Medium for Haptic Interpersonal Communication*; Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI '97), ACM Press, pp. 363-364 (1997).
- [2] Fogg, B.J., Cutler, L., Arnold, P., and Eisback, C.: HandJive: a device for interpersonal haptic entertainment; Proceedings of CHI '98, pp. 57-64, ACM Press (1998).
- [3] Sekiguchi, D., Inami, M., Tachi, S.: Robot-PHONE: RUI for Interpersonal Communication; Extended Abstracts on Human Factors in Com-

- puting Systems (CHI 2001), ACM Press, pp.277-278 (2001).
- [4] Chang ,A., O ' Modhrain, S., Jacob, R., Gunther, E., Ishii, H.: ComTouch: design of a vibrotactile communication device; Proceedings of the conference on designing interactive systems (DIS 2002) (2002).
 - [5] 中田, 橋本, 梶本: 空気圧を利用した双方向触覚通信装置; インタラクション 2010 論文集 (2010).
 - [6] Chen, C.-Y., Forlizzi, J., Jennings. P.: ComSlipper: An expressive design to support awareness and availability; Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI 2006), ACM Press, pp.369-380 (2006).
 - [7] Iwasaki, K., Miyaki, T., Rekimoto, J.: Affect-Phone: A Handset Device to Present User's Emotional State with Warmth/Coolness; B-Interface Workshop at BIOSTEC2010 (International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies) (2010).
 - [8] 上村, 森谷, 矢野, 岩田: 食感表示装置の開発; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.8, No.4, pp.399-406 (2003).
 - [9] 橋本, 大瀧, 小島, 永谷, 三谷, 宮島, 山本, 稲見: Straw-like User Interface : 吸引感覚提示装置; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.11, No.2, pp.347-356 (2006).
 - [10] P. Bach-y-Rita, K.A. Kaczmarek, M.E. Tyler, and J. Garcia-Lara: Form perception with a 49-point electrotactile stimulus array on the tongue; J. Rehabilitation Research Development, vol. 35, pp. 427-430 (1998).
 - [11] 中村, 宮下: 電気味覚を活用した味覚の増幅と拡張; インタラクション 2011 論文集 (2011).
 - [12] 横小路: 操縦型ロボットシステムの特徴; 新版 ロボット工学ハンドブック, pp.705-711, コロナ社 (2005).
 - [13] R Posen, A. L.: The influence of maximum perioral and tongue force on the incisor teeth; Angle Orthod, Vol.42, No.4, pp.285-309 (1972).
 - [14] McAdams, D. P., Jackson, J., Kirshnit, C.: Looking, laughing, and smiling in dyads as a function of intimacy motivation and reciprocity; Journal of Personality, vol.52, pp.261-273 (1984).
 - [15] 有田: 笑い (1); Clinical Neuroscience, Vol.22, No.10, pp.1122-1123, 中外医学社 (2004).

(2011年5月10日受付, 9月5日再受付)

著者紹介

高橋 宣裕



2011年3月電気通信大学電気通信学部人間コミュニケーション学科卒業。現在同大学大学院情報システム学研究科情報メディアシステム学専攻博士前期課程在学中。ヒューマンインターフェース、インタラクティブアートに関する研究に従事。日本バーチャルリアリティ学会会員。

口腔内動作を入出力とする触覚コミュニケーションデバイス

國安 裕生



2010年3月電気通信大学人間コミュニケーション学科卒業。現在同大学院博士前期課程在学中。触覚ディスプレイの研究に従事。日本バーチャルリアリティ学会会員。

佐藤 未知



2011年3月電気通信大学大学院人間コミュニケーション学専攻博士前期課程修了。現在同大学院博士後期課程在学中。2011年4月日本学術振興会特別研究員(DC1)。触覚ディスプレイの研究に従事。日本バーチャルリアリティ学会会員。

福嶋 政期



2008年3月電気通信大学人間コミュニケーション学科卒業。2010年3月電気通信大学大学院人間コミュニケーション学専攻博士前期課程修了。現在同大学院博士後期課程在学中。2011年4月日本学術振興会特別研究員(DC2)。ヒトの情動表出を利用したヒューマンインターフェースの研究に従事。日本バーチャルリアリティ学会会員。

古川 正紘 (正会員)



2010年電気通信大学大学院知能機械工学専攻博士後期課程修了。2010年3月同博士後期課程修了。博士(工学)。2009年4月日本学術振興会特別研究員(DC2)。2010年4月同PD、電気通信大学大学院博士研究員。現在慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科特任助教。ヒューマンインターフェース・テレイグジスタンスの研究に従事。ヒューマンインターフェース学会、日本バーチャルリアリティ学会会員。

橋本 悠希



2007年3月電気通信大学大学院知能機械工学専攻博士前期課程修了。2010年3月同大学大学院人間コミュニケーション学専攻博士後期課程終了。博士(工学)。2007年日本学術振興会特別研究員(DC1)。現在、大阪大学大学院情報科学研究科特任研究員。触覚ディスプレイ及び触覚コンテンツに関する研究に従事。日本バーチャルリアリティ学会会員。

梶本 裕之 (正会員)



1998年3月東京大学工学部計数工学科卒業。2003年3月同大学大学院情報理工学研究科システム情報学専攻博士課程退学。博士(情報理工学)。2001年4月日本学術振興会特別研究員(DC1)。2003年4月東京大学助手。2006年9月電気通信大学助教授。2007年4月同准教授。触覚ディスプレイ、触覚センサ、バーチャルリアリティシステムなどの研究開発に従事。日本バーチャルリアリティ学会、日本ロボット学会、計測自動制御学会各委員。

