

# Emoballoon: ソーシャルタッチインタラクションのための 柔らかな風船型インタフェース

中島 康祐<sup>†1</sup>  
池田 和章<sup>†1</sup>

伊藤 雄一<sup>†1</sup>  
藤田 和之<sup>†1</sup>

林 勇介<sup>†1</sup>  
尾上 孝雄<sup>†1</sup>

人間は他者と交流する際に、抱擁や撫でる動作、あるいは殴打のような身体的な動作を用いてその感情や意図を伝達する。我々は、こうした人と人との交流に見られるソーシャルタッチインタラクションを認識する Emoballoon を提案する。提案するインタフェースは、風船のように内部に流体を密閉した弾性体と、その内部に封入された気圧センサーとマイクロフォンから構成される。風船の柔らかく、外部からの加圧を内気圧の変化で検出できる特性を活かした簡便な構成となっている。本稿ではこの構成に基づき、風船を用いて Emoballoon を実装し、その識別性能を評価した。その結果、予備実験により定義した7つの動作に対して83.5%の識別率を得た。また、提案手法の可能性や将来の応用例についても議論する。

## Emoballoon: a Balloon-shaped Interface Recognizing Social Touch Interactions

KOSUKE NAKAJIMA<sup>†1</sup> YUICHI ITOH<sup>†1</sup> YUSUKE HAYASHI<sup>†1</sup>  
KAZUAKI IKEDA<sup>†1</sup> KAZUYUKI FUJITA<sup>†1</sup> TAKAO ONOYE<sup>†1</sup>

People often communicate with others using social touch interactions including hugging, rubbing, and punching. We propose a soft social-touchable interface called “Emoballoon” that can recognize the types of social touch interactions. The proposed interface consists of a balloon and some sensors including a barometric pressure sensor inside of a balloon, and has a soft surface and ability to detect the force of the touch input. In this paper, we evaluate physical features of a balloon and its appropriateness as a form of interface to input social touch interactions. We construct the prototype of Emoballoon using a simple configuration based on the features of a balloon, and evaluate the implemented prototype. The evaluation indicates that our implementation can distinguish seven types of touch interactions with 83.5% accuracy. Finally, we discuss possibilities and future applications of the balloon-made interface.

### 1. はじめに

人と人との交流では、言語を用いたコミュニケーションに加えて、身体動作が用いられ、感情や意図の伝達に重要な役割を担っている。例えば親しみの挨拶には握手や抱擁が、怒りや不満を表すためには殴打などの動作が用いられる。こうした、人が他者と交流する際に見られるソーシャルタッチインタラクションは Human Computer Interaction においても意図や感情を入力する方法として利用されてきた。ロボットとのインタラクションではロボットを撫でたり叩いたりする動作が利用され[12]、セラピー目的でソーシャルタッチインタラクションを認識できるぬいぐるみが開発されている[17]。しかし、このようなソーシャルタッチインタラクションのコンピュータへの入力を実現するような汎用的なデバイスは存在せず、実現すればコンピュータにソーシャルタッチインタラクションを用いてユーザの感情や意図を知らせたり、遠隔地に存在する別のユーザに感情を伝えたりすることが可能となり、触覚を伴う遠隔コミュニケーション[1]もさらに拡張できる。

ソーシャルタッチインタラクションに伴う動作を入力す

るためには、硬い表面を持つインタフェースは不適切である。抱擁や握手のような強い力を伴う動作を硬いインタフェースに入力すれば、デバイスやユーザを傷つける可能性がある。こうした人と人の触れ合いを模したインタラクションのためには、柔らかく、その触れ合いの強さすなわちタッチの力の強さを検出できるインタフェースが求められる。力の検出は、抱擁や殴打などの動作の識別や動作の強弱を検出するために有効である。また、柔らかさは触り心地の良さだけでなく、抱擁や殴打のような強い力を伴う動作を入力してもユーザやデバイスを傷つけないために重要な特性である。



図1 Emoballoon

Figure 1 Emoballoon.

<sup>†1</sup> 大阪大学 大学院情報科学研究科  
Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

こうした特性を備えたインタフェースの実現に向けて、我々は風船のような内部に流体を密閉した弾性体に着目する。ゴムのように柔らかな素材を筐体に用いることで強い力を伴う動作でも快適に入力できる。また、密閉された内部の気圧を計測することで、その表面に加えられた力の大きさの検出が期待できる。加圧の強弱は身体的な表現の認識にあたって重要な特徴量となりうる。こうした点から、風船のような柔らかな表面をもつ物体が、ソーシャルタッチインタラクションの認識のために有効に利用できると思われる。さらに、これらの特性は風船の大小にかかわらず保持されるため、デバイス形状すなわち風船を様々な形状や大きさに変えても同様の特性を持ったインタフェースが構築できると考えられる。このことは、把持できる大きさから、壁やテーブル面のような大きさまで、幅広い設計での実装に寄与する。

そこで本研究では、柔らかな表面を持ち、ソーシャルタッチインタラクション認識を実現するインタフェースとして、Emoballoon を提案する。図 1 にその概念図を示す。Emoballoon は人と人との触れ合いにおいて見られる、撫でる、抱擁するなどのソーシャルタッチインタラクションを認識する風船型のデバイスであり、その柔らかな表面は抱擁をはじめとする強い力を伴う動作も安全・快適に入力可能である。本稿では基本的なソーシャルタッチインタラクション認識の実現とその評価を行い、人と人との触れ合いに見られるような動作でのインタラクションを利用する新しいインタフェースを提案する。

## 2. 関連研究

### 2.1 把持や接触状況を認識するインタフェース

ソーシャルタッチインタラクションの認識は一種のジェスチャ認識技術といえる。近年は安価なジェスチャ入力技術として Kinect に代表されるデプスカメラを用いたハンズフリーのジェスチャ認識が普及してきた。こうした方法では単独のユーザで行う動作を入力しやすいが、ソーシャルタッチインタラクションのような相手を必要とする動作の入力には、パントマイムのように振る舞う必要があり、容易であるとはいえない。ソーシャルタッチインタラクションの認識には実物体に触れることによる入力が望ましいと考える。

実物体を媒介したジェスチャ認識技術として、デバイスの把持状態を認識する Graspable user interface がある[3, 4, 13]。モバイル端末の握り方を認識し、把持状態に応じて端末の機能を自動的に変化することで操作を簡単化しようとする目的で、多くの研究がなされている。Kim らは 64 個の静電容量センサと 1 つの 3 軸加速度センサによって小型端末の把持状態を認識する手法を提案している[8]。この手法では、8 つの把持状態を参加者間で 90 % の精度で認識する。同様に、Handsense [21] では静電容量センサを用いて、

左右の手の区別を含めた把持状態の認識を試みている。Graspables [19] では静的な把持に加え、動的な動作も含めたジェスチャ認識が検討され、72 個の静電容量センサと 1 つの 3 軸加速度センサを用いた実装により、5 つの把持状態を 13 名の参加者間で 80 %、参加者内で 95 % の精度で認識している。これらの把持認識では静的な把持や穏やかなジェスチャ操作が識別対象になってきたが、抱擁や殴打のような強い力を伴う動作への適正は不明である。本稿では強い力を伴う動作についても入力できるインタフェースとして Emoballoon を検討する。

Knight らは、セラピーのためのロボットとして、ソーシャルタッチインタラクションを認識するインタラクティブなぬいぐるみを実装している[10]。静電容量センサを用いた実装で 5 つのジェスチャ (tickle, pole, pet, hold, no touch) を認識することを試みている。それ以前の実装に基づく評価によれば、QTC センサ、温度センサ、電界センサを用いた実装において、8 つのジェスチャ (tickle, poke, scratch, pet, pat, rub, squeeze, contact) を 54.3 % の精度で識別している[17]。我々は構成をより簡便にししながら、さらに高精度な識別を実現する。

### 2.2 柔らかなインタフェース

ゴムのような素材によって柔らかな表面を持つデバイスを構成し、新しい入力手法を実現する研究も様々に行われてきた。ゴムシートなどの弾性体を利用することでタッチスクリーンに加圧を検出する機能を付加し、潰したり摘んだりする操作を認識する研究がある[7, 16]。これらはいずれも弾性体そのものにセンシングの機構を備えず、カメラをはじめとしたセンシングデバイスを配置した環境において、正確かつロバストに弾性体の変形を検出する。Harrison らはタッチスクリーンの柔軟性とボタンの凹凸形状との両立を目指し、ゴム素材のスクリーンを持ち、背面に封入された空間の気圧制御により形状制御が可能なタッチスクリーンを提案している[5]。表面が押し込まれた際に背面に封入された空間の気圧が上昇することを利用し、タッチ位置に加えて押した深さを認識している。またゴム膜の表面に視覚フィードバックを提示している。本稿でもこうしたゴム膜の種々の特性を利用し、入力の拡張や視覚フィードバックの提示を行う。

一方で、柔らかな素材や、風船のような弾性体を用いることでユーザの入力手段を拡張する、把持可能な大きさのデバイスも提案されてきた。FuwaFuwa [18] はクッション状の柔らかなインタフェースを実現する手法で、柔らかなデバイスの形状変化を内部に配置した赤外線センサモジュールによって検出する。繊維を封入した物体に適用でき、表面形状の変化を検出している。風船を用いるインタフェースとして、Voiflex [6] は複数の風船内の気体の量をピストン制御して様々な形状や任意の弾性力を提示するもので、風船のもつ形状の自由度を活用した例といえる。風船内部に

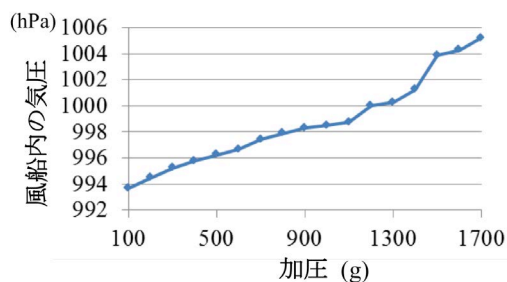


図 2 加圧時の風船内気圧の変化

Figure 2 Barometric pressure vs. force in the balloon.

繋がる気圧センサによってユーザが風船を一定以上の力で押し込むことを検出し、弾性力を提示する。Interactive Balloon [14]は風船の特性を利用したデバイスであるが、風船表面に貼り付けたピエゾフィルムによって音声の記録再生が可能なボイスレコーダであり、身体動作の認識を指向したものではない。また、Balloon Messenger [a]も風船型のボイスレコーダであるが、音声再生時に風船を掴む強さによって再生速度を速められるという機能を持つ。掴む以外の操作まで識別するものではないが、掴む強弱に連動した操作を気圧の検出によって実現している。Inflatable Mouse [9]は筐体を1つの風船で構成したマウスであり、風船内の気圧検出や気圧制御により、握る強さを入力として検出することや、膨張収縮による力覚フィードバックを可能としている。ここではWIMPでの操作体系に沿って気圧で認識できる操作の応用可能性が検討されている。これら風船を用いたインタフェースはその特性を利用して新たなインタラクションを実現しているが、ユーザの様々なタッチインタラクションを区別して認識することは試みられていない。我々は人と人の触れ合いに似たソーシャルタッチインタラクションを実現するために、柔らかな物体を用いたインタフェースによるインタラクションの認識を試みる。こうしたインタラクションは触覚伝送を伴う遠隔コミュニケーションを始めとして様々な応用に利用できると考えられる。

### 3. Emoballoon

#### 3.1 基礎検討 1: 風船による加圧検出

握手や抱擁、あるいは殴打といった入力の認識において、その接触の強さは重要な特徴量になりうる。風船のような内部に流体を封入した弾性体内部に気圧センサを配置し、風船に加わる外力を内気圧の変化として検出できるかを確認する。風船を様々な強さで外部から加圧し、この時の内気圧の変化を計測する。計測では、最大直径40cmまで膨張する風船と、SCP-1000気圧センサモジュール(秋月電子通商)を用いる。センサは風船内に挿入し、風船の口は円筒形の粘土を挿入して閉じる。風船は非膨張時から長辺が1.5倍になるまで膨張して用いた。なお、1.5倍は破裂の危険のない膨張率として設定した。図2に計測結果を示す。

a) Balloon Messenger, <http://projects.kumpf.cc/>

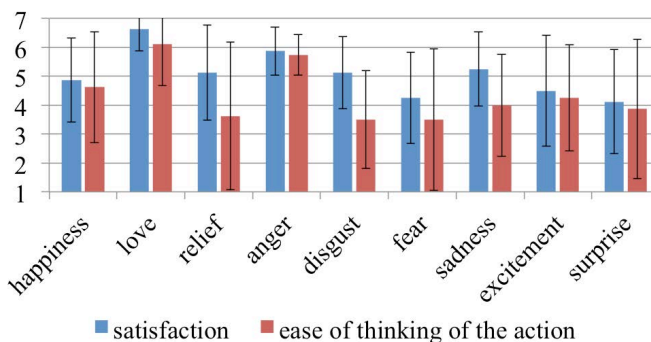


図 3 行った動作に対する納得感と思いつきやすさの平均

Figure 3 Average score of satisfaction with and ease of thinking of performed actions.

これによれば、風船内部の気圧は加圧の増加に連動しており、風船において、内気圧が外部からの加圧の強弱を測定するために利用できることが確認できた。

#### 3.2 基礎検討 2: 風船の入力対象としての適正

風船はソーシャルタッチインタラクションを入力する上で重要な、柔らかさや加圧の強弱を検出できる特性を持つ。その上で、風船がその入力対象として違和感が少ないことが一層望ましい。そこで参加者が風船に対してどのような動作を入力するかを観察する調査を行い、ソーシャルタッチインタラクションを入力する対象として、その触感や軽さ、押下時に押し返される力覚が生じる点などについて総合的に違和感を生じていないかについて検討する。入力対象としての自然さにその形状も大きな影響を持つと考えられるが、本稿では風船自体の基本的な特性を検討するために単純な球体の風船を用いる。また、風船に加えるソーシャルタッチインタラクションとして識別の必要性が高い動作を抽出し、識別動作の選定を行う。

実験では、まず実験参加者に風船に対してある感情を表現するように教示を与える。参加者に教示で与えた感情は、喜び、愛情、安心、怒り、悲しみ、嫌悪、恐れ、興奮、驚きの9つである。これらは、文化に関わらず共通して認識できる人間の感情を示したEkmanの6感情(怒り、嫌悪、恐れ、喜び、悲しみ、驚き)に対し、ポジティブな感情とネガティブな感情の数が拮抗するようにいくつかの感情(愛情、安心、興奮)を加えた集合となっている。参加者は教示された感情を表現するような動作を1分間の間に様々に試みてもらう。この間は参加者をひとりだけにし、風船に対して感情表現することを恥ずかしくないように配慮する。その後、その感情を最もうまく表現できていると思う行動を任意の数だけ選んで再度実演してもらう。その後、最も納得している動作について、次の2項目のアンケートに回答してもらう。

- 最終的に適切だと選択した動作に対して、どのくらい納得しているか(1: 納得していない, 7: 納得している)
- 最終的に選択した動作は、どれくらい思いつきが容易

であったか (1: 思いつきにくかった, 7: 思いつきやすかった)

このアンケートは各感情の試行が終わる度に、7段階で回答してもらった。この一連の様子はビデオに撮影し、実験後に観察する。実験には男女8名(男性7名, 女性1名, 平均23.0歳)が参加し、風船は最大で直径40cmまで膨張する白色の風船を25cmまで膨張させたものを用いた。

アンケート結果を図3に示す。愛情や怒りの表現は納得感が高く、思いつきやすかったと回答している。愛情では抱きしめる動作が7名の参加者に共通して見られ、同じく大半の参加者が怒りの表現として殴る動作を行った。これらの動作は風船に対して感情を表現する際の身体動作として典型的で、風船自体に違和感なくこうした動作を行ったものと考えられる。一方で、それ以外の感情については個人間で動作に大きな差異が見られた。そこで、各参加者の動作のうち、納得感が参加者自身の評点で5以上(中央の4より高い)の動作を、風船に対して自然に入力されやす

表1 観察された中で納得感の評点が4より高い動作

Table 1 Observed touch interactions whose satisfaction score is higher than four.

教示した感情	観察された動作	参加者/納得感
愛情	抱きかかえながら撫でる	A/7, B/7, C/7, D/7, H/7
	抱きかかえる	E/7, G/7
喜び	抱きかかえながらキスをする	B/5
	抱きかかえながら撫でる	D/5
	頬ずりする	E/7
	抱きかかえる	G/6
安心	穏やかに平手で叩く	A/5
	抱きかかえる	C/5, G/7
	頭を押し付ける	E/7
	抱きかかえながら穏やかに手で叩く	H/5
怒り	殴打する	A/7, B/7, C/7, D/7
	10指で強く掴む	E/6, H/5
	平手で強く叩く	F/5, G/5
嫌悪	片手で強く掴む	C/5
	平手で強く叩く	E/7
	殴打する	H/7
悲しみ	抱きかかえながら頭を押し付ける	B/5
	抱きかかえる	C/7, E/6
	頭を押し付ける	D/5
興奮	平手で叩く	A/7, F/6

い動作とみなして抽出した(表1)。

表1から、納得感の高い動作では、抱擁や、撫でる動作、頬ずり(頬で撫でる)などの、人間や動物に対して行う表現が観察された。参加者に思いついた理由を問うと、「頭を撫でるイメージが思いついたから」、「赤ちゃんのイメージで抱きかかえた」などの回答が聞かれた。これらは人間や動物に対して行う身体動作を想起したことを示しており、この時、風船をソーシャルタッチインタラクションの入力対象として受け入れていたことを示唆している。感情によっては表現しにくかったことがアンケート結果からもわかるが、悲しみや恐れといった感情では、感情そのものが動作を想起しにくいものだったとも考えられ、風船自体にはソーシャルタッチインタラクションを入力する対象としての一定の適正があるものと考えられる。

次に表1で見られた動作から識別で用いる基本的な動作を抽出する。参加者に共通していない動作についても動作主自身の納得感が高いものは識別対象として含め、幅広い動作を対象に検討する。表1から、抱擁、殴打、撫でる、平手で叩く、掴む、押しこむ、の6つを基礎的な動作として抽出した。ただし、キスについては衛生面を考慮し今回の識別対象から除外している。

実際の動作では、これらの動作を組み合わせたり、その強弱を変えたりすることで異なる表現を行なっている。従って、ユーザの入力動作をより正確に認識するには、要素的な動作を認識することに加えて、それらの組み合わせや強弱の程度までを認識することが必要になると考えられる。風船においては特に形状の変形を伴う動作、例えば叩く、つまむ、押す、などの動作は強く入力するほど風船は大きく変形し、内部の気圧が大きく変化すると期待できる。こうした特性を利用すれば気圧の変化から動作の強弱を取得できる可能性がある。本稿では風船に対する基礎的な動作の識別に焦点をあてて検討する。要素的な動作を十分に識別できれば、その強弱や複合的な動作についても検討を進めていける。

### 3.3 システム構成

前節で述べた観察実験を通じて、風船とのインタラクションにおいてソーシャルタッチインタラクションとして自然に表現されやすい6つの基礎動作を抽出した。これらの識別のために必要なセンシングとして、風船の形状変化と形状変化を伴わない風船表面に対する撫でる動作の2つを検出することとした。風船の形状変化は抱擁や殴打のような強い力を伴う動作の認識に、表面への撫でる動作はより穏やかな接触動作の認識に有用であると考えられる。

これらの検出のため、気圧センサとマイクロフォンを密閉した風船内部に封入する。図5にシステム構成を示す。気圧センサはユーザが風船に対して接触した際に、接触位置に無関係に形状の変化の程度を検出する。3.1節でも確認したように、風船は外部からの加圧により形状が変化し



て内気圧が上昇する。これを利用し、気圧センサによって接触時の加圧の強弱を検出する。マイクロフォンは風船表面に手がこすれた時に生じる音を検出する。気圧センサでは検出できない風船の形状変化を伴わない撫でる動作の認識に特に有効と考えられる。システムは気圧センサのデータとマイクロフォンの音響データを元に、SVMによって入力動作を識別する。また、視覚フィードバックのために風船内にはフルカラーLEDを封入し、入力した動作に応じて様々に風船の色を変えて応答する。このように、Emoballoonでは風船という弾性体の密閉容器が保つ特性を活かし、加圧時の気圧の変動と表面で生じる音による簡便な構成によって入力動作の識別を試みる。

### 3.4 実装

実装する Emoballoon には、タッチインタラクション識別のため、風船内部に気圧センサとマイクを組み込む。風船の内部の気圧センサには、BMP085 (Bosch Sensortec) を、マイクロフォンにはダイナミックマイクである AT810F (Audio-Technica) を用いる。気圧センサは Arduino UNO を介してコンピュータに気圧のデータを送信し、マイクはコンピュータの音声入力端子に直接接続する。気圧を 25 Hz で測定し、マイクからの音声は 44,100 Hz でサンプリングする。音響データは 1,024 サンプル毎に平均化してフーリエ変換したものを識別に用いる。識別には LIBSVM [2] を用いる。内部には視覚フィードバックのためにフルカラーLEDも封入し、これも Arduino を介してコンピュータから制御する。今回の実装では風船内のデバイスは有線で接続しており、その配線は風船の口の部分で粘土に埋め込み、粘土を筒状にして口の密閉に利用している。

### 3.5 識別処理

風船に対して様々な動作を加えた時の、内部に封入したマイクが検出した音響のスペクトルと内気圧の変化をそれぞれ図6と図7に示す。これらは1人の参加者が先に抽出した動作群を入力した時のデータである。「掴む」、「押下」、「抱擁」では手が止まっておりほとんど音が生じないため、これらの音響スペクトルは図6からは省いている。図6から、「殴打」と「平手で打つ」の音響には幅広い周波数帯にまたがる鋭い立ち上がりが見られる一方で、「撫でる」では低い周波数領域に比較的集中している様子うかがえる。こうした音の違いは動作の識別に有効となる。また、大きな音を伴う「撫でる」、「殴打」、「平手で打つ」と「何もしない」の時の内気圧の変化を図7(a)に示した。「殴打」では短時間に急激に内気圧が上昇し、その後、急激に減少している。また、図7(b)には大きな音を伴わない、「掴む」、「抱擁」、「押下」と「何もしない」の時の内気圧の変化を示した。ここでは変形の程度に応じて内気圧が上昇していることが分かる。こうした大きな音を伴わない動作でも、内気圧の変化を検出することによって識別に有効な特徴量が得られるものと期待できる。



図4 風船を用いて実装した Emoballoon

Figure 4 Implementation of Emoballoon using a balloon.

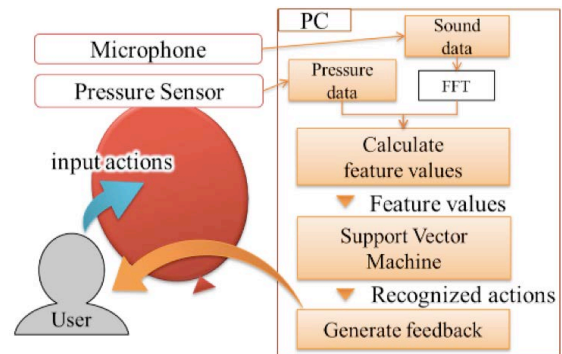


図5 システム構成

Figure 5 System configuration.

システムは気圧センサとマイクロフォンでセンシングしたデータから特徴量を算出し、SVMで入力動作を識別する。内気圧は、測定値から「何もしない」の時の内気圧を減算してから特徴量算出に用いる。これは、風船の膨張率の違いからくる影響を吸収するためである。このあと、データをウィンドウ幅 150 msec、重複率 33.3%で区切り、特徴量をウィンドウ毎に算出する。これらのウィンドウ幅と重複率は予備実験によって決定した。今回は内気圧や音の変化を参考に、次に示すような特徴量を入力することとした。

- ・音響スペクトルの分布
- ・気圧の平均値
- ・気圧の分散
- ・ウィンドウ内の気圧値の全組み合わせの各差分値

## 4. 評価

本手法による動作識別の精度を評価するため、実装した Emoballoon に対して先に定義した風船とのタッチインタラクションに見られる動作（抱擁、殴打、撫でる、平手で叩く、掴む、押しこむ、何もしない）を9名の参加者に入力してもらい、データを収集した。データの収集には、9名（男性8名、女性1名、21才から26才まで、平均年齢23.6歳）に参加してもらった。参加者には各動作を7秒ずつ継続してやってもらい、その間、音響と気圧のデータを記録する。各動作でこれを5回繰り返す。これらの収集したデータから特徴量を算出する。識別時には各参加者の各動作の各回のデータから50個の特徴量ベクトルをランダ

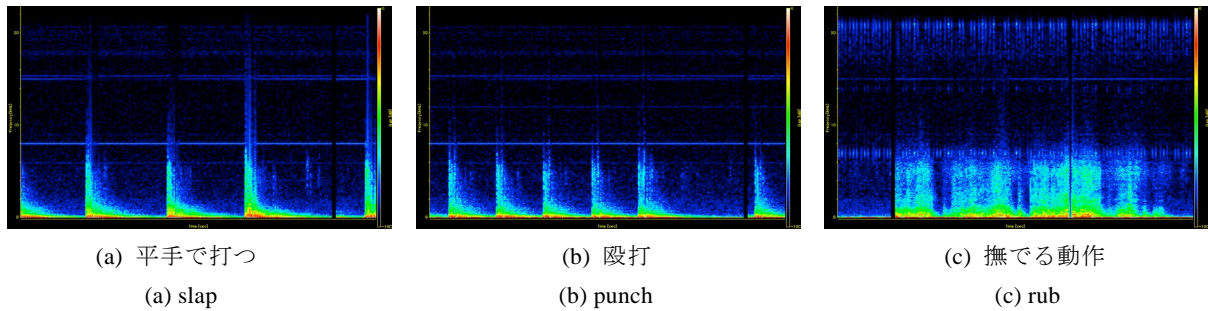


図6 音を伴う動作によって生じた音響のスペクトル分布

(1,024 サンプル毎のスペクトル. 青が低いパワー, 赤が高いパワーを表す.)

Figure 6 Frequency spectrums of audio signals in touch interactions with loud sound.

(The spectrum is calculated per 1,024 samples. Blue means low power, and red does high.)

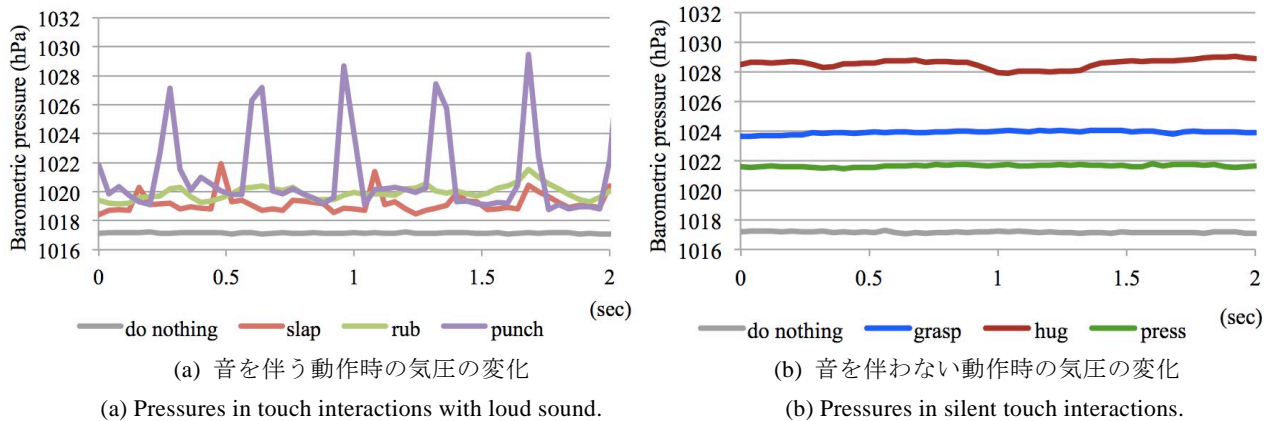


図7 各入力動作時の気圧の変化

Figure 7 Barometric pressures in fundamental touch interactions.

ムに抽出し, 合計で 15,750 ベクトル (=50 ベクトル×9 名×7 動作×5 回) を評価に用いる. これらを用いて 10-fold 交差検定で識別率を求めた. SVM のカーネルは RBF, 予備実験から RBF のパラメタ C には  $2^{15}$  を,  $\gamma$  には  $2^{-5}$  を用いる. なお, 予備実験では 5-fold 交差検定のもと, C には  $2^{-5}, 2^{-3}, \dots, 2^{15}$  を,  $\gamma$  には  $2^{-5}, 2^{-3}, \dots, 2^7$  をそれぞれ組み合わせて試行し, 最も識別率が高いパラメタを本評価に適用した.

表 2 に参加者内識別率の平均を示す. 参加者内での平均識別率は 83.5 % であった. 一方で, 参加者間での識別率は平均 74.7 % となった. この結果から, 気圧の変化と音響に基づく識別が, 抽出した風船とのタッチインタラクションに見られる基礎動作の認識に有効であることがわかる.

## 5. 考察

### 5.1 ソーシャルタッチインタラクションの認識

風船の特性を利用した簡便な構成により実装した Emoballoon において, 「何もしない」を含む 7 つの動作を参加者内で平均 83.5 % の精度で認識できることが確認できた. 一方で, 表 2 からは誤識別の傾向が確認できる. 特に, 「掴む」と「押下」, 「殴打」と「平手で打つ」の間で相互に誤識別が生じている. これらを正確に識別するためには,

表 2 参加者内識別の平均識別率対照表

(セル内の色が濃いほど識別率が高いことを意味する)

Table 2 Average recognition rates within participants.

(green color density of cells means degree of recognition rate.)

	識別率 (%)						
	なし	掴む	抱く	殴打	押下	撫で	平手
なし	94	0	1	0	3	1	0
掴む	0	85	1	0	13	0	0
抱く	1	1	97	0	1	0	0
殴打	0	0	0	74	0	8	18
押下	3	12	0	0	83	1	0
撫で	2	0	1	9	1	83	4
平手	0	0	0	21	0	6	72

それぞれの間で手とデバイス表面との接触面積が異なることから, タッチ位置の検出やタッチ領域の広さの検出を組み合わせることが有効であると考えられる. 特にタッチ位置の認識については, タッチ位置を検出可能なフレキシブルセンサ[11, 15]の提案がなされ, 曲面でもタッチ位置の検出が可能になりつつあり, 大きく形状が変化するゴム膜のような表面への適用可能性は明らかではないが, こうした技術を用いることで識別性能を高めることが今後可能にな

ると期待できる。「押下」、「平手で打つ」を除いた5つの動作の識別では、参加者内で平均93.7%、参加者間でも88.1%の高い識別率が得られている。現在の実装でもこうした5つの動作について高い精度で識別可能であると確認している。気圧センサとマイクロフォンを組み合わせた簡便な構成によって、ソーシャルタッチインタラクションの識別に有効な特徴量を捉えられていることを示唆できた。また、この識別率はウインドウに区切ったデータ毎に識別した結果であり、実際には連続的に得られる識別結果に対して平滑化などのフィルタリングを行えば、より正確で安定した結果を得られるものと期待できる。

現在の実装では、気圧センサは動作の認識のために用いているが、それだけでなく、タッチ時の力の強さを検出することにも利用できる。タッチインタラクションの種類を識別することに加えて、その動作がどの程度の強さで入力されているかを同時に認識できる可能性がある。これを実現できれば、穏やかな抱擁と力強い抱擁とを区別したり、軽く小突いたことと殴打したことを区別したりできる。Huggable では各動作の穏やかな場合と強い場合を混ぜて1つのクラスとして扱い識別率を評価しているが、識別率は54.3%と高くない[17]。一方で、風船のように流体を密閉した弾性体が備える、内圧で加圧の強弱を検出できる特性は、動作の種類と動作の強弱を同時に認識する上でも利用可能と考えられ、こうした入力認識を実現することが今後の課題である。

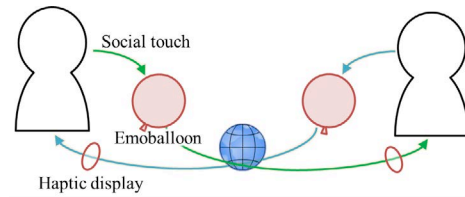
## 5.2 柔らかさと安全性

提案した Emoballoon では風船を用いることで柔らかな表面を持った入力デバイスを実現した。ソーシャルタッチインタラクションの認識においては様々な動作を快適に入力するために、こうした柔らかなデバイスが重要となる。評価実験の参加者からも、「殴打などの強い動作を入力する時でも柔らかく快適だった」とのコメントがあり、柔らかさが入力に重要であると考えられる。また、装置全体が柔らかいため、例えばぬいぐるみのような別の柔らかな物体の中に挿入したとしても、ぬいぐるみ本来の柔らかさを損ねること無く、センシングすることが可能となる。

本稿では実装において一般的な風船を用い、柔らかな入力デバイスを実現したが、風船には破裂の恐れがある。すべての実験を通じて十分な厚みを残すように膨張率を調整し、一度も破裂させずに実験を行った。しかし、参加者の中には殴打などの動作を行う際に破裂を心配した者もあった。実際には本手法は風船に限らず様々な弾性体に適用可能と考えており、例えばビニール製のボールのような耐久性を十分に備えたもので実装できれば、破裂や損傷の心配の少ない、より安心して入力できるデバイスを実現できる。

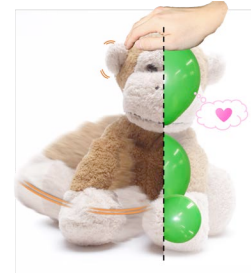
## 6. アプリケーション

実装した Emoballoon では、殴打や抱擁などの動作を入力



(a) ソーシャルタッチインタラクションを用いた遠隔コミュニケーションの概念図

(a) Conceptual image of haptic telecommunication system using social touch recognition techniques.



(b) インタラクティブなぬいぐるみの概念図

(b) Conceptual image of an interactive stuffed toy containing sensor modules using balloons.

図8 アプリケーション例

Figure 8 Future applications.

できる。これを用いれば、人と人の触れ合いを模擬した直感的な方法でユーザの感情を表現できる、新しいゲームコントローラを実現できる。例えばコントローラをキャラクターに見立て、ソーシャルタッチインタラクションで交流し、そのキャラクターの内部状態がコントローラの色フィードバックで表現されるようなことが考えられる。キャラクターに対してより感情移入できるインタラクションとなる可能性がある。

また、今後のアプリケーションとして、Emoballoonによりユーザの感情をコンピュータに入力しやすくすることが考えられる。Emoballoonを用いれば、ユーザはコンピュータの出力に対する満足不満足、例えば抱擁や撫でる動作で満足の意思を、あるいは殴打によって不満足の意思を、簡単に表現し、入力できる。こうして入力された満足不満足は、出力結果に対する評価としてコンピュータの学習に利用でき、Web検索や、テキスト入力時のオートコンプリート、eコマースにおける商品推薦などユーザに合わせた学習を必要とするアプリケーションにおいて、有用なデータとなりうる。身体動作は感情が発露する時の典型的な表現例であり、これを認識できる提案手法によってユーザの満足不満足の情報を得やすくなると期待できる。

また、Emoballoonを用いた入力は、遠隔コミュニケーションにも活用できる。inTouch[1]ではローラー型のデバイスの回転を相互に伝達し合うことにより触覚コミュニケーションを実現していた。こうした触覚的なコミュニケーション



ョンでも、握手や抱擁のようなソーシャルタッチインタラクションでの交流が可能となれば、親しみや感情を伝えやすくなると期待できる。図 8(a)に Emoballoon を用いた触覚を伴う遠隔コミュニケーションの概念図を示す。ユーザは Emoballoon を介して動作を入力し、相手には触覚ディスプレイを介してその動作で生じる触覚が知覚される。現在も動作の種類を識別した結果を伝送することができるが、今後、動作の種類と強度をそれぞれ認識できればユーザにさらに豊かな表現で交流する手段を提供できる。

この他にも、アバターの身体として、また、インタラクティブなぬいぐるみのためのデバイスとしての応用も考えられる。風船そのものを用いたアバター[20]も提案されているが、こうしたアバターにユーザからのタッチ動作を認識する機能を付加することに利用できる。また、Emoballoon の柔らかさを活かし、ぬいぐるみの内部にこれを挿入することで、触り心地を維持しながら、撫でる動作や抱擁などの動作を検出し、それらに反応するインタラクティブなぬいぐるみを構築できる可能性もある。図 8(b)にこれを適用したぬいぐるみのコンセプトを示す。ぬいぐるみの各身体部位に Emoballoon を挿入し、ユーザがどの部位にどのような触れ方をしたかを検出し、入力に応じて反応するものである。こうしたぬいぐるみはセラピーやエンタテインメントなどの分野で利用できると考えられる。

## 7. おわりに

本稿ではソーシャルタッチインタラクションを認識するための風船型のインタフェース Emoballoon を提案し、これを評価した。風船の特性の調査や、識別対象とするべき動作の抽出のために予備実験を行い、7 つの基礎動作を定義した上で、ソーシャルタッチインタラクションの認識に重要なデバイスの柔らかさ、そして加圧の検出を考慮して、風船のような流体を密閉した弾性体を用いたシステム構成を提案した。気圧センサとマイクロフォンを用いた簡便な構成のもと、風船を用いてシステムを実装した。実装システムにて入力動作の識別率を評価したところ、7 つの入力を参加者内で 83.5 % の精度で識別できた。提案した構成は風船に限らず、衝撃に対して堅牢な物体にも適用可能と考えており、より安心して利用できる実装を実現していくことが今後の課題である。また動作の種類とその強さをそれぞれ同時に認識する手法についても検討していく。

**謝辞** 本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)によるものである。

## 参考文献

- 1) Brave, S. and Dahley, A., inTouch: a medium for haptic interpersonal communication. *Extended abstracts on CHI 1997*, pp. 363-364 (1997).
- 2) Chang, C. and Lin, C., LIBSVM: a library for support vector

machines. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, Vol. 2, pp. 27:1-27:27 (2011).

- 3) Fitzmaurice, G. W. and Buxton, W., An empirical evaluation of graspable user interfaces: towards specialized, space-multiplexed input. In *Proc. CHI 1997*, pp. 43-50 (1997).
- 4) Fitzmaurice, G. W., Ishii, H., and Buxton, W. A. S., Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces. In *Proc. CHI 1995*, pp. 442-449 (1995).
- 5) Harrison, C. and Hudson, S. E., Providing dynamically changeable physical buttons on a visual display. In *Proc. CHI 2009*, pp. 299-308 (2009).
- 6) Iwata, H., Yano, H., and Ono, N., Volflex. *ACM SIGGRAPH 2005 Emerging technologies* (2005).
- 7) Kakehi, Y., Jo, K., Sato, K., Minamizawa, K., Nii, H., Kawakami, N., Naemura, T., and Tachi, S., ForceTile: tabletop tangible interface with vision-based force distribution sensing. *ACM SIGGRAPH 2008 new tech demos*, pp. 17:1-17:1 (2008).
- 8) Kim, K.-E., Chang, W., Cho, S.-J., Shim, J., Lee, H., Park, J., Lee, Y., and Kim, S., Hand grip pattern recognition for mobile user interfaces. In *Proc. IAAI 2006 - Volume 2*, pp. 1789-1794 (2006).
- 9) Kim, S., Kim, H., Lee, B., Nam, T.-J., and Lee, W., Inflatable mouse: volume-adjustable mouse with air-pressure-sensitive input and haptic feedback. In *Proc. CHI 2008*, pp. 211-224 (2008).
- 10) Knight, H., Toscano, R., Stiehl, W. D., Chang, A., Wang, Y., Breazeal, C., Real-time social touch gesture recognition for sense robots. In *Proc. IROS 2009*, pp. 3715-3720 (2009).
- 11) Liu, S., and Guimbretiere, F., FlexAura: a flexible near-surface range sensor. In *Proc. UIST 2012*, pp. 327-330 (2012).
- 12) Mitsunaga, N., Miyashita, T., Yoshikawa, Y., Ishiguro, H., Kogure, K., and Hagita, N., Robovie-IV: a robot enhances co-experience. In *Proc. the Workshop on Ubiquitous Experience Media at ISWC'05*, pp. 17-23 (2005).
- 13) Pai, D., VanDerLoo, E., Sadhukhan, S., and Kry, P., The Tango: a tangible tangoreceptive whole-hand human interface. In *Proc. World Haptics (Joint Eurohaptics Conference and IEEE Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems)*, pp. 141-147 (2005).
- 14) Paradiso, J. A., The interactive balloon: Sensing, actuation and behavior in a common object. *IBM Systems Journal*, Vol. 35, No. 3.4, pp. 473-487 (1996).
- 15) Rendl, C., Greindl, P., Haller, M., Zirkel, M., Stadlober, B., and Hartmann, P., PyzoFlex: printed piezoelectric pressure sensing foil. In *Proc. UIST 2012*, pp. 509-518 (2012).
- 16) Sato, T., Mamiya, H., Koike, H., and Fukuchi, K., PhotoelasticTouch: transparent rubbery tangible interface using an LCD and photoelasticity. In *Proc. UIST 2009*, pp. 43-50 (2009).
- 17) Stiehl, W. and Breazeal, C., Affective Touch for Robotic Companions. *Affective Computing and Intelligent Interaction*, pp. 747-754 (2005).
- 18) Sugiura, Y., Kakehi, G., Withana, A., Lee, C., Sakamoto, D., Sugimoto, M., Inami, M., and Igarashi, T., Detecting shape deformation of soft objects using directional photorefectivity measurement. In *Proc. UIST 2011*, pp. 509-516 (2011).
- 19) Taylor, B. T. and Bove, Jr., V. M., Graspables: grasp-recognition as a user interface. In *Proc. CHI 2009*, pp. 917-926 (2009).
- 20) Tobita, H., Maruyama, S., and Kuji, T., Floating avatar: blimp-based telepresence system for communication and entertainment. *ACM SIGGRAPH 2011 Emerging Technologies*, pp. 4:1-4:1 (2011).
- 21) Wimmer, R. and Boring, S., HandSense: discriminating different ways of grasping and holding a tangible user interface. In *Proc. TEI 2009*, pp. 359-362 (2009).