

# Behind You!: 湿度制御による弱感覚ディスプレイ

鋒山 健太<sup>1,a)</sup> 加藤 銀河<sup>1</sup> 黒田 嘉宏<sup>1</sup> 清川 清<sup>1</sup> 竹村 治雄<sup>1</sup>

**概要:** 従来のハプティックディスプレイは主に物体の形状や材質などの情報をユーザに明確に提示することを目的に開発されてきた。しかし、人の存在感などのあいまいな感覚(弱感覚)を提示するデバイスは確立されていない。これまでに本研究ではコミュニケーションを阻害せずに弱感覚を提示可能なハプティクスデバイスの開発を目的とし、熱よりも応答性のよい湿度を用いた方法を提案している。本発表では、弱感覚ディスプレイの応用として開発したバーチャルなキャラクターの気配を体験可能なバーチャルリアリティシステムの展示を行う。首の周りの湿度を制御することで、視覚、聴覚や明確な力触覚を用いずに、その方向にいるキャラクターの気配を提示する。

## Behind You!: A Vague Sense Display by Controlling Humidity

KENTA HOKOYAMA<sup>1,a)</sup> GINGA KATO<sup>1</sup> YOSHIHIRO KURODA<sup>1</sup> KIYOSHI KIYOKAWA<sup>1</sup>  
HARUO TAKEMURA<sup>1</sup>

**Abstract:** Conventional haptic devices have been developed to provide material information of an object, such as shape and texture, to users distinctly. However, such devices can't display a vague sensation like presence of human. Thus, in this study, we have proposed a novel haptic device to display a vague sensation. Specifically, we use controlling humidity, which is higher responsiveness compared to heat transfer. In this presentation, we demonstrate a system with an experience-based virtual reality game in which users can recognize the sign of virtual characters as an application of the proposed vague sensation display. By controlling the humidity around user's neck, the system displays the sign of characters without using sight, hearing and other distinct senses.

### 1. はじめに

近年、ヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display, HMD) など人工現実感の製品の品質向上と低価格化が進み、身近で高度なバーチャル体験が可能となってきた。さらに、振動による接触感や把持感覚など力触覚の応用も進みつつある。従来の力触覚提示装置(ハプティックデバイス)[1]は、物体の形状や材質など物質の情報をユーザに明確に提示することを目的として開発されてきた。例えばユーザが仮想物体にインタラクションした際、ハプティックデバイスがその物体が実世界に存在するかのように反力や振動、硬さを提示する。一方、おぼろげに感じる物体の存在や人の内面に生じる心理などのようなあいまいな感覚

(本研究では弱感覚と定義する)を提示するハプティックデバイスは確立されていない。弱感覚としては、例えば、我々が無意識の内に感じる人の存在感、会話中に共有される雰囲気、悪寒や恐怖感などが挙げられる。このような感覚は数値化しづらく、接触感や方向の情報を提示する従来のハプティックデバイスでは提示することが難しい。また、日常的な利用を考えると他者とのコミュニケーションを阻害しない感覚提示が望まれる。

本研究ではこれまでに、湿度制御を用いることでコミュニケーションを阻害せずに弱感覚を提示する今までにないハプティクスデバイスを提案した [2]。本発表では、弱感覚ディスプレイの応用として開発したバーチャルなキャラクターの気配を体験可能なバーチャルリアリティシステム *Behind You!*の展示を行う (図1参照)。以降は関連研究およびわれわれの提案手法について説明する。なお、*Behind You!*の詳細については5節で述べる。

<sup>1</sup> 大阪大学  
Osaka University

<sup>a)</sup> hokoyama.kenta@lab.ime.cmc.osaka-u.ac.jp

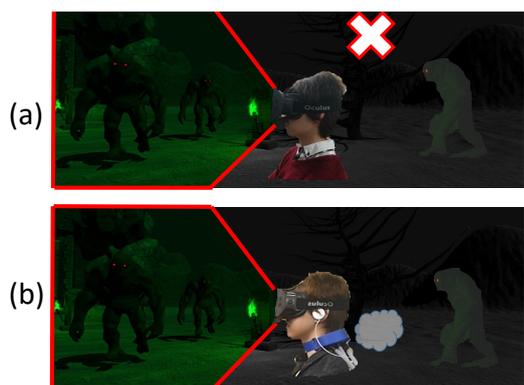


図 1 提案デバイスのアプリケーション: *Behind You!*  
Fig. 1 An application of our device: *Behind You!*

## 2. 関連研究

従来のハプティックデバイスの多くは明確な感覚提示を目的に開発されてきた。いくつかのデバイスは、ユーザが仮想物体とインタラクションした際に、振動 [3] や硬さ [4] を提示する。これらの手法ではユーザに提示部を接触させて機械的に刺激を与え明確な感覚の提示に適している。一方、風、音、熱はユーザに直接デバイスを接触させずに感覚を提示することが可能である。風を用いた手法 [5] では、ブローファンなどから生じる風をユーザに提示するが、風には向きがあるため、皮膚に接触した際にいずれかの方向の情報を持った圧を感じさせてしまう。物体を撫でた時などに皮膚表面にかかる圧力は、物体形状の明確な手がかりになる。このことから風による提示では明確な感覚を生じ、本研究における弱感覚提示に適さないと考える。音を用いて人の気配を提示する手法 [6] も提案されている。しかし、音は我々が日常的にコミュニケーションに用いる重要なモダリティである。このようにコミュニケーションに用いる重要なモダリティを我々は主要モダリティと呼び、日常的な利用のためには主要モダリティによる弱感覚の提示は望ましくないと考え。その点、熱は主要モダリティではないことが一般的である。本研究ではこのようなモダリティを付加的モダリティと呼び、付加的モダリティを用いた弱感覚の提示を目指す。しかし、熱ディスプレイは接触式が多く [7]、輻射熱を用いた非接触式もあるが肌表面への熱伝達と放熱に時間を要するため応答性が低いという問題がある。

湿潤感とは肌表面周囲の空気を循環させることで急速に状態を変化させることができるため、熱よりも応答性が良い付加的モダリティである。また、機械刺激ではなく方向などの情報を持たない。以上より、本研究では湿潤感を用いた弱感覚ディスプレイを開発した。

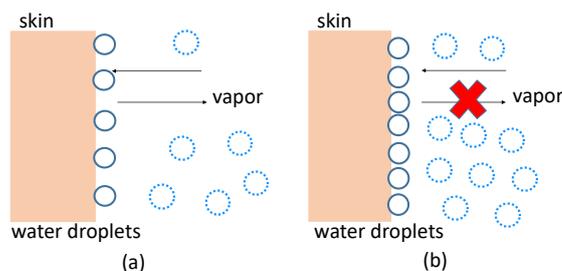
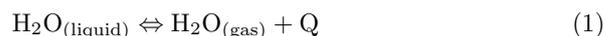


図 2 湿度変化と皮膚表面の関係図 (a):通常時, (b):高湿時  
Fig. 2 Water droplet on the skin surface and vapor in the air (a) in equilibrium, (b) in a high humidity state.

## 3. 提案手法の原理

空気の湿度変化に対する皮膚の変化について考察する。空気には水蒸気が含まれている。また、人の皮膚表面にも水分が液体として存在する。通常これらはある種の平衡状態にある。つまり、皮膚表面の水分が気化して空気中の水蒸気になる量と、逆に空気中の水蒸気が皮膚表面の水分に液化する量が等しくなる。平衡状態の様子を図 2(a) に、化学反応式を式 (1) に示す。



式 (1) の左辺は肌表面上の水分 (液体) を、右辺は空気中の水蒸気 (気体) を表す。Q は気化熱や蒸発熱と呼ばれ、式 (1) の場合、-44 kJ である。図 2(b) のように空気中の水蒸気を増加させた場合、ルシャトリエの原理により、平衡状態が上式で左に進む。つまり皮膚に液体となって水滴が現れる。そして通常気化していた皮膚表面上の水滴が気化できなくなるため、皮膚表面上の水滴の量が通常時の平衡状態よりも増加する。通常時と加湿時における皮膚状態の違いや化学反応の偏りにより、異なる皮膚感覚が得られると考えられる。本研究では、この湿度変化による皮膚感覚の違いを利用し、接触感を感じさせずにかつ高速で弱感覚を提示できるデバイスの開発を目的とした。

## 4. 提案システム

デバイスの設計として、我々は高湿度の空気を輸送する形式をとった。図 3 に提案する弱感覚ディスプレイの設計を示す。ユーザに感覚を提示する提示部は水蒸気生成部、排出部と管を通して接続されている。水蒸気生成部からの蒸気はその管を通して提示部、排出部へと流れていく。提示部には空洞があり、そこから高湿度の空気を漏れ出させることでユーザに感覚を提示する。排出部には DC ファンを用い、提示部から漏れ出る高湿度の空気の量を制御する。ファンの出力が高いときは、高湿度の空気は直接排出部に流れていくため湿度の感覚は提示されない。出力が低くなっていくにつれてより多くの高湿度の空気が提示部から漏れ出ていく。正確に湿度を制御するため、提示部に湿

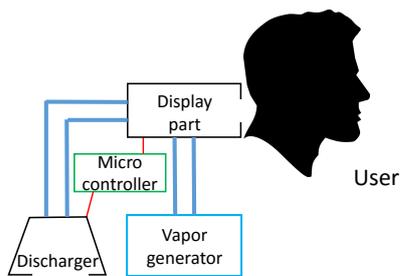


図 3 提案するディスプレイの設計

Fig. 3 Design of the proposed vague sense display

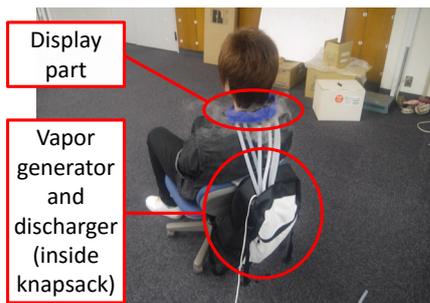


図 4 試作システム

Fig. 4 Prototype system

度センサを設置する。計測信号はセンサ内でアナログ信号に変換され、マイコンのデジタル信号入力端子を介してリアルタイムで湿度を取得する。サンプリング周波数は 3 Hz である。この設計をもとに作成した試作システムを図 4 に示す。ユーザは椅子に座り、首筋に装着したデバイスから感覚を提示する。今回我々は水蒸気生成部として市販の加湿器 (PRISMATE 製 Ms. mist ver. 3) を用いた。デバイスを椅子に固定することで、ユーザの体の向きに対して一定の方向に感覚を提示できるようにした。

## 5. Behind You!

現実世界では、人が近づいてきた場合、その方向を見ることなく気づくことができる。これは気配と呼ばれている。このような感覚はあいまいであり、注意を払うことなく無意識的に感じている。弱感覚の例として、気配を提示することを考える。ただし、湿潤感のみを提示しても必ずしも気配と感ずることはできないため、適切な映像やコンテキストを用意することで気配の提示を目指す。

本研究では、提案デバイスの応用の一つとしてバーチャルなキャラクターの気配を提示する体験型のバーチャルリアリティゲーム *Behind You!* を開発した。図 1 にあるように、ユーザは HMD を装着し、バーチャル空間を体験する。通常、図 1(a) のように映像や音のみを体験しているが、後方から近づいてくるキャラクターの存在を認知することは難しい。現実世界では気配として認識できるが、バーチャルなキャラクターは現実には存在しないため認識できない。そこで図 1(b) のようにキャラクターの気配を提案システムを用い

て提示することで、後方の気配を認識可能とする。ゲーム内容としては、襲い掛かってくるモンスターを銃で撃退するシューティングゲームとし、ユーザは全方位から襲ってくるモンスターに向かって銃を放つ。しかし、モンスターは全方位から襲ってくるため、HMD の画面のみではすべてのモンスターを認識し撃退することは難しい。そこで、本システムから提示される気配を頼りに、画面外のモンスターの存在を認識し、背後のモンスターを撃退する。これによって、ユーザはこれまでに無い気配という新たな感覚をもとにした対話的な体験が可能となる。

## 6. おわりに

本研究では人の存在感や気配などを弱感覚と定義した。従来のハプティクスデバイスでは提示が困難な弱感覚に対して、我々はこれまでに湿度制御による弱感覚ディスプレイを開発した。その応用の一つとして HMD を用いた体験型バーチャルリアリティシステム *Behind You!* を開発した。本システムによって、ユーザは従来のシステムでは感じる事ができなかったキャラクターの気配を感ずるという、新たな体験を可能とした。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP15K12082, JP15K12083 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] Vincent H., Oliver R. A., Manuel C., Danny G. and Gabriel R.: *Haptic interfaces and devices*, Sensor Review, Vol.24, No.1, pp.16-29 (2004).
- [2] 鋒山健太, 加藤銀河, 黒田嘉宏, 清川清, 竹村治雄: 湿度制御による弱存在感ディスプレイ, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2016 論文集, pp.391-396 (2016).
- [3] Paolo T., Oscar S., Alessandro F., Emanuele R., Carlo Alberto A. and Massimo B.: *Human forces in hands free interaction: a new paradigm for immersive virtual environments*, Proceedings of IEEE RO-MAN 2009, pp.1179-1185 (2009).
- [4] Bianchi M. and Serio A.: *Design and Characterization of a Fabric-Based Softness Display*, IEEE Transactions on Haptics, Vol.8, No.2, pp.152-163 (2015).
- [5] 小坂崇之, 宮下芳明, 服部進実: 没入型三次元風覚ディスプレイの開発と評価, インタラクション 2007 論文集, pp.105-112 (2007).
- [6] 松尾佳菜子, 岡野裕, 橋本悠希, 梶本裕之: 音響的な影の呈示による気配感覚の増強, 日本バーチャルリアリティ学会第 12 回大会論文集, Vol.12, 3C1-3 (2007).
- [7] 藤田英徳, 西本一志: *Lovelet: 離れている親しい人同士のためのぬくもりコミュニケーションメディア*, インタラクション 2004 論文集, pp.221-222 (2004).