



## 装着型拡張手システムを用いた不可知情報の可知化

内田琢也<sup>1)</sup>, 渡邊あきら<sup>1)</sup>, 佐藤優志<sup>1)</sup>, 岩井大輔<sup>1)</sup>, 佐藤宏介<sup>1)</sup>

1) 大阪大学 大学院基礎工学研究科 (〒 560-8531 大阪府豊中市待兼山町 1-3,

{t.uchida, watanabe, y.sato}@sens.sys.es.osaka-u.ac.jp, {daisuke.iwai, sato}@sys.es.osaka-u.ac.jp)

**概要:** 身体拡張技術が注目されているなかで、投影型身体拡張インタフェースはバーチャルハンド（拡張手）を投影し手腕を拡張することで、ユーザに実環境への新たな働きかけの方法を実現している。一方、投影型身体拡張インタフェースにおいて、実環境からユーザへと働きかけることに着目した研究は少ない。本稿では、不可知情報によりユーザの操作とは不随意に拡張手を動作させることで、ユーザに不可知情報を陰に可知化させ実環境からユーザに働きかける手法を提案する。そして、提案手法を検証するためのシステムの実装を行った。

**キーワード:** 環世界, 身体拡張, 投影型複合現実感, 感覚・知覚

### 1. はじめに

内閣府が策定したムーンショット目標 1 に掲げられているように、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会の実現が重要視されている。そして、そのような社会を実現するために、人間の身体能力を拡張する研究が行われている。

身体能力拡張手法の一つに、投影型複合現実感技術を用いる手法がある。上田らが提案した ExtendedHand はユーザの手の動きをタッチパネルで測定し増幅することで、プロジェクトから投影されたバーチャルハンド（以後、拡張手）の動きへと反映する [1]。これより、日常場面において離れた対象をポインティングしたり、IoT 技術と組み合わせることで直感的に電化製品を制御するといった、ユーザから実環境への新たな働きかけ方が実現された。

これまでの投影型身体拡張インタフェースは、手腕の物理的伸長によるユーザから実環境への働きかけに注力していた。一方で、佐藤らは拡張手に視覚効果を与え、疑似触覚により物体触感をユーザに知覚させることで実環境からユーザに働かせる方法を提案した [2]。ここで、ユーザは拡張手を直感的かつ随意に操作することができる。そして、拡張手の操作に慣れてくると、ユーザは次第に拡張手に生じる微小な変化を敏感に感じ取れるようになって考えられる。その微小な変化として特定の情報を拡張手に付与することで、周囲の人間に気づかれることなく、ユーザのみを対象に特定の情報を知覚させることができる可能性がある。そこで、物体触感といった人間にとって可知な情報だけでなく、物体の温度や無臭ガス等の不可知な環境情報（以後、不可知情報）も、拡張手を介してユーザに知覚させられる可能性があると考えられる。

本研究では、ユーザ周囲の環境における不可知情報を拡張手を介してユーザに可知化させるための設計指針を得ることを目標とする。なお、本研究において不可知情報の可知化を考える際に以下の点を重視する。

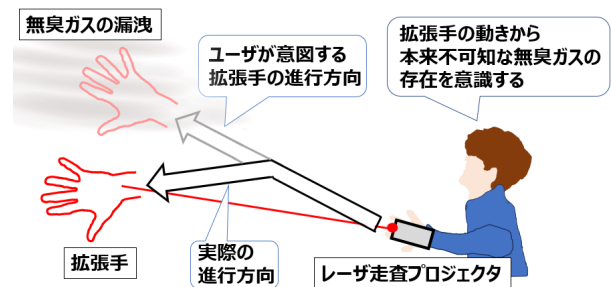


図 1: 拡張手インタフェースとその不随意動作による無臭ガスの可知化例

- 操作性: ポインティング等の拡張手の使用目的を損なわず、ユーザの拡張手に対する身体所有感、行為主体感を低下させないこと
- 個人性: 拡張手ユーザに対してのみ不可知情報が可知化され、他者には可知にならないこと

本稿では、小型のレーザー走査プロジェクトをユーザが装着し、そのプロジェクトから拡張手をユーザ周囲の環境に対して投影する、装着型拡張手システムを提案する。加えて、不可知情報をユーザに不随意な動作として混入させる機能を提案システムに組み込む。そして、提案システムを用いた不可知情報の可知化の検証方法について報告をする。

### 2. 提案手法

本研究における提案手法の概要の例を図 1 に示す。提案手法では、不可知情報をセンサの使用による工学的手法により取得し、ユーザが拡張手を操作している過程に不随意な動作として混入させることで、不可知な環境情報を陰に知覚させる。本来であれば、拡張手はユーザの操作に随意に動作をする。しかし、拡張手がユーザの操作に不随意に動作することで、ユーザは拡張手に不随意な動作を混入させた存在として不可知情報を知覚することが期待できる。

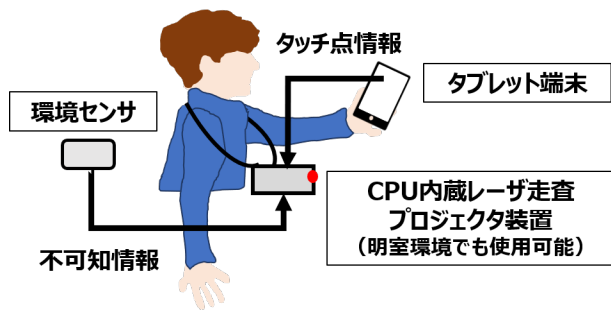


図 2: 明室向け装着型拡張手の検証システムの構成

### 3. システム実装

#### 3.1 システム概要

システム全体は、ユーザが拡張手を操作するためのタブレット端末、不可知情報を取得するための環境センサ、拡張手を投影するレーザ走査プロジェクタ装置から構成される(図 2)。タブレット端末では、ユーザのタッチ点情報を取得しレーザ走査プロジェクタ装置にタッチ点情報を送信する。環境センサでは、不可知情報を検出する。環境センサに接続されたマイクロコントローラによりセンサ検出値は処理され、タッチ点情報と同様にレーザ走査プロジェクタ装置に送信される。そして、タッチ点情報を基に拡張手を移動させ、環境センサからの不可知情報により不随意的な動作を与えた拡張手をレーザ走査プロジェクタ装置で投影する。ここで、ビデオプロジェクタによる拡張手の投影は輝度が低いので、環境証明により投影映像のコントラストが低下することから、明室環境での使用が困難であり使用場所に制限がある。本研究は日常場面を含む広域な環境での使用を想定する。そこで、渡邊らの手法 [3] を参考にし、高輝度投影可能で小型なレーザ走査プロジェクタを使用する。

#### 3.2 不可知情報(熱分布)を可視化させるシステム

前項で述べた構成を基に 2 節の提案手法を検証するため、本稿では物体表面の温度情報を検出し、拡張手の不随意的な動作を用いてユーザに知覚させる一例を設定し、高温物体を認知可能なシステムを実装した。(図 3)。本システムの使用により、高温物体に拡張手を近づけた際に拡張手がユーザの意図とは不随意に高温物体を避けることで、実手で触れることなく環境の見かけの視覚情報だけからでは気づくことができない高温物体を、ユーザに知覚させることが期待できる。

本稿において実装したシステムでは、環境センサとしてミニサーマルカメラユニット(M5Stack 社製, M5Stack 用ミニサーマルカメラユニット)を使用し、物体表面の温度を検出する。そしてマイクロコントローラ(M5Stack 社製, M5Stack Gray)で計測値を処理し計測値が事前に設定した閾値以上である場合に、レーザ走査プロジェクタ装置に組み込まれたマイクロコントローラ(M5Stack 社製, ATOM Lite)に信号を送信することで拡張手を不随意に動作させる。

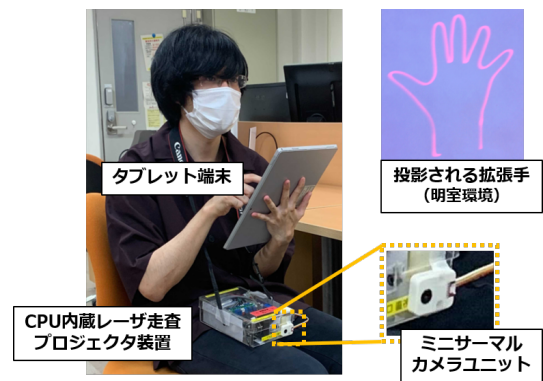


図 3: 検証システムの実装(サーマルカメラによる熱分布の可視化)

### 4. おわりに

本稿では、拡張手を介して不可知情報をユーザに陰に可視化させる提案手法について述べ、提案手法を検証するためのシステムを実装した。今後は提案手法の妥当性や、操作性、個人性といった 1 節で述べた本研究で重視する点を満たす拡張手の不随意的な動作を検証するために被験者実験を実施する。被験者実験では、ポテンシャル法 [4] を参考にし、不可知情報をポテンシャル場に置き換えてモデル化した仮想環境を構築することで、不可知情報による拡張手の不随意的な動作を表現する。構築した仮想環境を用いたビデオプロジェクタによる被験者実験の後、被験者実験の結果を 3 節で述べた実装システムに組み込み、実環境における拡張手によるユーザへの不可知情報の可視化について検証を行っていく。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 JP16H02859 の助成を受けたものです。

#### 参考文献

- [1] Yuta Ueda, Yuki Asai, Ryuichi Enomoto, Kai Wang, Daisuke Iwai, Kosuke Sato: Body cyberization by spatial augmented reality for reaching unreachable world, Augmented Human International Conference, pp. 1-9, 2017.
- [2] Yushi Sato, Takefumi Hiraki, Naruki Tanabe, Haruka Matsukura, Daisuke Iwai, Kosuke Sato: Modifying Texture Perception With Pseudo-Haptic Feedback for a Projected Virtual Hand Interface, IEEE Access, vol. 8, pp. 120473-120488, 2020.
- [3] 渡邊あきら, 稲垣理也, 平木剛史, 松倉悠, 岩井大輔, 佐藤宏介: レーザ走査プロジェクタによる拡張手の輪郭投影, 第 25 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 3D3-1:1-3, 2020.
- [4] 彌城祐亮, 江口和樹, 岩崎聡介: ポテンシャル法によるロボット製品の障害物回避技術の開発, 三菱重工技報, vol. 1, pp. 40-45, 2014.