

研究報告書

「パーソナルインタラクションスペースの実現に向けた操作体系の構築」

研究期間：2018年10月～2020年3月
研究者番号：50205
研究者：久保 勇貴

1. 研究のねらい

情報端末を通じたユーザへの情報表示はある場面においてユーザの行動を決定するための指針を示す等、ユーザの行動を支援する。情報端末にはパブリックディスプレイ以外に、スマートフォンのようなモバイル端末も用いられているが、今後、これらの端末はスマートグラスおよびスマートコンタクトのようなウェアラブル端末へと形態を変化していくことが想定される。この形態変化により、ユーザの視界への情報の重畳表示が可能となる。すなわち、現実世界に情報を重畳してユーザへ表示できるようになるために、空間自体が情報表示領域となる。

これまで、場所に応じた情報表示には駅の案内板およびサイネージ等、各地に設置されたパブリックディスプレイ等が活用されてきたが、想定する未来においては、空間自体が情報表示領域となるために、ユーザが所有するウェアラブル端末を通じ、場所に応じた情報表示をユーザが所有するウェアラブル端末を用いて代替可能となり、各地への情報端末の設置を不要とできる。これに伴い、各地に存在した情報端末がユーザの所有する単一のウェアラブル端末に統合され、新たなコンピューティング環境が実現されることが想定される。また、ウェアラブル端末は、端末ごとに異なる情報を表示できるパーソナルな情報端末であるため、ユーザごとに異なる各ユーザに適した情報を表示できる。このような、各ユーザに適した内容に変更されたあらゆる情報およびそれら情報とユーザがインタラクションするパーソナルな情報表示空間を、本研究ではパーソナルインタラクションスペースと呼ぶ。

パーソナルインタラクションスペースにおいて表示された情報を扱うためには、情報を操作する入力手法が必要である。これまでの情報端末は、各地に存在する端末がそれぞれ情報を表示する出力装置および表示された情報を扱う入力装置から構成されている。一方、パーソナルインタラクションスペースでは、ユーザが備えた単一のウェアラブル端末が備えた同一の出力装置及び入力装置を用いる。したがって、パーソナルインタラクションスペースにおいては、ユーザはウェアラブル端末が備えた同一な入力装置を常に用いることが想定される。よって、本研究では、パーソナルインタラクションスペースの実現に必要な、表示情報を扱うための操作体系の構築を目標に、入力手法及びこれを実現するためのセンシング技術に関する研究を行う。

2. 研究成果

(1) 概要

本研究では、パーソナルインタラクションスペースの実現に必要な、表示情報を扱うための操作体系の構築を目標に研究を行う。パーソナルインタラクションスペースにおける、ユーザと表示情報とのインタラクションは主に2つの場面が存在する。1つ目に、情報のみを扱

う場面, 2 つ目に, ユーザの行動に合わせて情報の振る舞いに変容する場面である. 本研究課題では, これら 2 つの場面を想定した表示情報に対する操作手法をそれぞれ検討し, 操作体系の確立を目指す.

表示情報のみ扱う場面に対しては, 手指の詳細な形状を認識し, 認識した手指の状態をもとに表示情報を操作する, マイクロジェスチャを活用した操作手法を検討する(テーマ A). 手の状態を利用した操作(ハンドジェスチャ)を検討するにあたり課題となる点が, 腕を大きく動かす必要のあるジェスチャを用いる場合, ユーザの肉体的負担が大きい点である. よって, 本研究ではジェスチャの中でも, 手指の細かな状態を用いるマイクロジェスチャを活用する. マイクロジェスチャは操作に伴う手指の稼働動作がわずかであるために, 屋外において人の注目を集めにくいことに加え, ジェスチャを行うことに伴う疲労を軽減できることが期待される.

ユーザの行動に合わせて情報の振る舞いに変容する場面に対しては, ユーザの行動に伴い使用するオブジェクトを識別可能とする手法を検討する. そのために, 日常において使用される道具にセンサを装着しないことを特徴とする, 手指の状態から間接的に把持しているオブジェクトを識別可能とする手法を検討する(テーマ B). また, 対象とするオブジェクトが 3D プリンタによって生成されるようになる未来を想定し, オブジェクト生成過程においてオブジェクト内部に構成される内部構造の差異を活用した, オブジェクト識別手法の検討も行う(テーマ C).

(2) 詳細

研究テーマ A「アクティブ音響センシングを用いたマイクロジェスチャ認識手法」

情報機器の操作手段としての手の状態を利用した操作(ハンドジェスチャ)の中でも細かな動作のものはマイクロジェスチャと呼ばれ, ジェスチャに伴う手指の動作がわずかであるために, 屋外において人の注目を集めにくい, ジェスチャを行うことに伴う疲労が少ない, という特徴を有する. これまでにも, 親指をわずかに動かす, それぞれの指同士を合わせるジェスチャの認識を行うために, グローブ型もしくは指輪型のセンサを用いた手法が提案されている. しかし, これらの形態の場合, ユーザの作業中において手指の動作を妨げる場合がある. これらの研究に対して, 本研究では手の甲にセンサを貼り付ける形態をとることにより, 手指の詳細な状態を認識でき, かつ手指に動作を妨げない形態の新たな手法を提案する. 加えて, 本研究では多様なマイクロジェスチャが認識可能かについても検討を行う.

AudioTouch [4] は能動的音響計測に基づくマイクロジェスチャ認識手法である. AudioTouch は, 一組のスピーカとマイクとして機能する 2 つの piezo 素子をユーザの手の甲に貼付け, 手の甲の振動応答を取得する. この取得した振動応答より特徴量を生成し, これを入力とした機械学習によりマイクロハンドジェスチャを認識する. なお本手法が認識に用いるセンサは手の甲に貼付けられた piezo 素子のみであるため, 指輪型及びグローブ型センサを用いる手法と比べ, 指にセンサを装着しないために手指の動作を阻害しない. 本研究では図 1 に示す, 3 つのジェスチャセットがそれぞれどの程度の認識精度として認識可能か評価実験を行い, 提案手法の性能を評価した. そのほかにも, 3 つの評価実験を行い, 本手法のさらなる可能性を検討し外部発表において報告した. この成果に関して, ACM MobileHCI2019 に採択され, 口頭発表を行った [4].

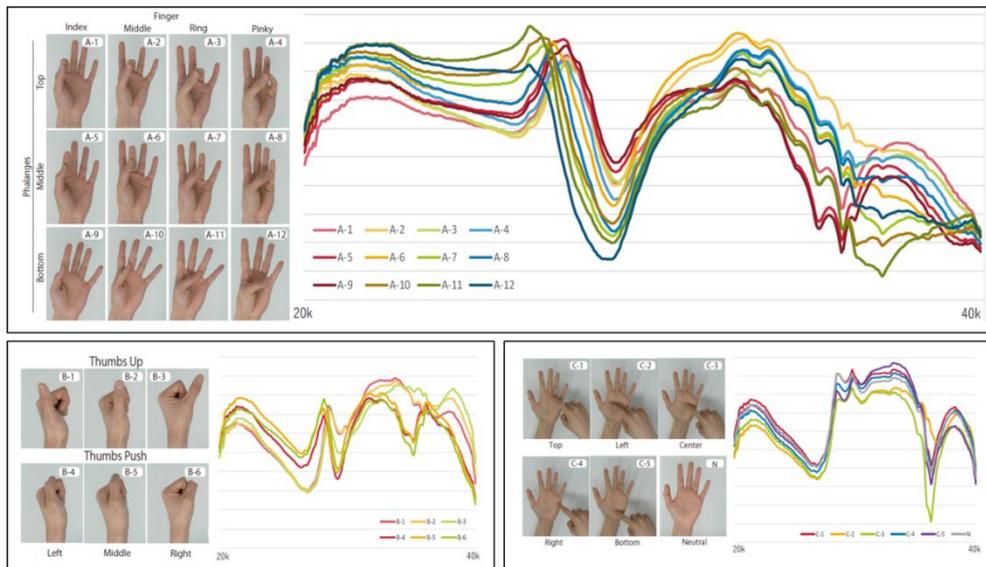


図 1: 認識対象としたジェスチャセットとその音響周波数特性例

研究テーマ B「詳細な把持姿勢推定手法を用いた把持オブジェクト推定」

ユーザ周辺の状況をセンシングする手段の 1 つとして、ユーザが手にするあらゆる対象に対してセンサを取り付けるアプローチが存在する。しかし、このアプローチにおいては、あらゆる対象に対してセンサを取り付ける必要が生じる。一方、ユーザの手形状認識技術の進展により、認識可能なユーザの状態の解像度が向上した。本研究では、この点に着目し、高度なウェアラブルセンシング技術を用いた環境へのセンサの設置を不要とする、ユーザの周辺状況をセンシングする技術を検討する。

本研究において、ユーザの把持姿勢推定に基づく把持オブジェクト推定技術を提案する(図 2, 特許 2)。本手法では、ユーザが把持するオブジェクトに応じて異なる把持姿勢を取することを前提とし、AudioTouch を用いて識別したユーザの把持姿勢に基づき、把持オブジェクトを間接的に認識する。提案手法の実現可能性検討のために、13 個のオブジェクトを対象とした実験を実施し、結果、約 80%の認識精度において各オブジェクトを認識可能であることを確認し、提案手法の実現可能性を示した。

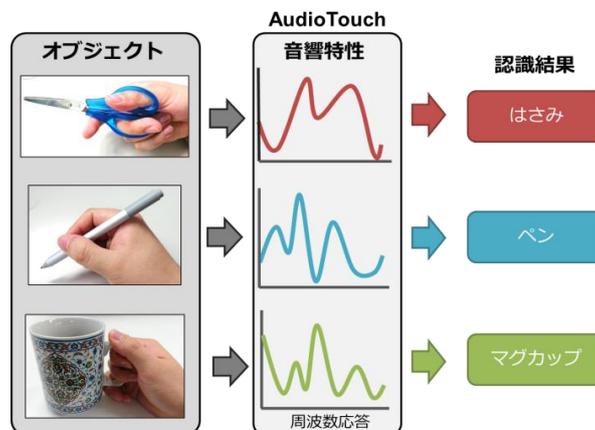


図 3: 詳細な把持姿勢推定手法を用いた把持オブジェクト推定

研究テーマ C「内部構造パターンの差異を利用した 3D プリントオブジェクト識別手法」

印刷オブジェクト内部の構造パターンの差異を利用した 3D プリントオブジェクト識別手法を提案した [1, 3, 5, 特許 1](図 4). 内部構造が異なると, 各オブジェクトが持つ振動特性が異なる. この特性の違いを識別し, 各オブジェクトの識別可能とする. この手法では, アクティブ音響センシングを用いて各オブジェクトの音響周波数応答を取得し, 機械学習を用いて各オブジェクトを識別する. 内部構造については, スライサーと呼ばれる 3D モデルデータを 3D プリントに出力可能なデータ形式に変換するソフトウェア上において内部パターン等の印刷条件を設定さえ行えば, 図 5 に示すような内部構造を割り当てるのが可能である. これにより, 内部構造のパターンを埋め込むために, 新たに 3D モデリングを行うことが不要となり, タグを埋め込む手間を削減可能とできる.

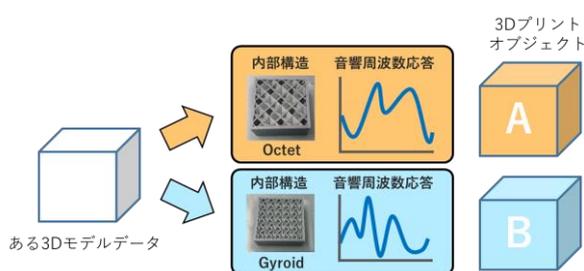


図 4: 内部構造を利用した 3D プリントオブジェクト識別手法

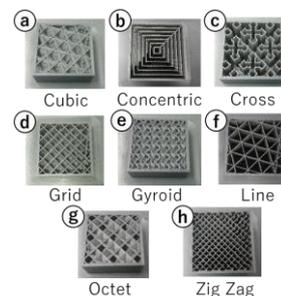


図 5: 内部構造の例

3. 今後の展開

本研究において述べたパーソナルインタラクションスペースを実現するためには, 本研究において実施した研究テーマ以外の技術に関しても検討を行う必要がある. 本研究においては想定する世界の端末における入力機器に着目した研究を主として実施したが, 今後の展開として, 想定する世界を実現に必要な他の技術要素に関しても研究を進めることが考えられる.

また, 本研究の提案手法の社会実装を目指すためには, ユースケース及びアプリケーションを明確とし, 各ユースケースに用いることに必要な技術的要件を満たすための技術も検討する必要がある. ユースケース及びアプリケーション, 社会実装に必要な追加の技術事項も検討することが, 今後の展開として考えられる.

4. 自己評価

・研究目的の達成状況

当初想定していた複数の要素技術からなる挑戦的な研究目標を達成するまでに至ることはできなかったが、目標を実現するために必要となる要素技術については、複数の外部発表及び特許出願を行う成果を挙げたため、一定以上の目標をおおよそ達成することができたと考える。

・研究の進め方

共同研究者との打ち合わせ、領域会議やサイトビジットでの研究議論を行い、研究を滞りなく進めることができた。また、研究予算執行に関しては、適切かつ有効に執行することができた。

・研究成果の科学技術及び学術・産業・社会・文化への波及効果

本研究の成果は、複数の外部発表を上げることができたため、一定の学術的な波及があったと考える。加えて、3件の特許出願を行ったため、一定の産業的貢献も見込めると考える。また、マイクロジェスチャ認識手法については、グローブでもなく指輪型でもない、手指の動きを妨げない形態の認識手法を用いて、手だけでなく指の状態まで認識を可能としたために、一定の波及効果があると考えられる。

・研究課題の独創性・挑戦性

手指の動作を妨げない手形状認識技術、手形状から間接的に把持物体を推定する技術、内部構造を利用した3D印刷物識別技術を新たに提案し、本研究において独創性を有する研究を複数提案し検証した点は評価できる。また、手指の動作を妨げない手形状認識技術に関しては、装着型センサを用いた際の手指の認識解像度の向上を目指した挑戦的な研究であったと考える。また、手形状から間接的に把持物体を推定する技術においても、あらゆる場所にセンサがあることを想定しない環境において、どのようにしてこれまで以上にユーザの詳細な状態を取得可能とするか検討した挑戦的な研究であると考えられる。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

該当なし

(2) 特許出願

研究期間累積件数: 3件

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

1. **Yuki Kubo**, Kana Eguchi, Ryosuke Aoki, Shigekuni Kondo, Shozo Azuma, Takuya Indo. FabAuth: Printed Objects Identification Using Resonant Properties of Their Inner Structures. In Proceedings of Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA'19), 6 pages, May 2019, ACM.
2. **久保 勇貴**, パーソナルインタラクションスペースの実現に向けた操作体系の構築. 第 18 回情報科学技術フォーラム(FIT2019) イベント企画「若手研究者が描く未来予想図」(招待講演), 2019 年 9 月 3 日.
3. **久保 勇貴**, 江口 佳那, 青木 良輔, 近藤 重邦, 東 正造, 犬童 拓也. 内部構造パターンの差異を利用した 3D プリントオブジェクト識別手法. 第 27 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集(WISS2019), 2019 年 9 月, pp. 43-48, 日本ソフトウェア科学会.
4. **Yuki Kubo**, Yuto Koguchi, Buntarou Shizuki, Shin Takahashi, Otmar Hilliges. AudioTouch: Minimally Invasive Sensing of Micro-Gestures via Active Bio-Acoustic Sensing. In Proceedings of the 21st International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '19), Article No. 36, 13 pages, Oct. 2019. ACM.
5. **Yuki Kubo**, Kana Eguchi, Ryosuke Aoki. 3D-Printed Object Identification Method using Inner Structure Patterns Configured by Slicer Software. In Proceedings of Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA'20), 7 pages, Apr. 2020, ACM. (to appear)