

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：20103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12661

研究課題名(和文)直感的に読み取り可能な指向性触覚サイン「DiGITS」の開発

研究課題名(英文)Development of Direction-Giving Intuitive Touch Sign DiGITS

研究代表者

安井 重哉 (Yasui, Shigeya)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号：80633908

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：DiGITSとは新たなコンセプトの触覚サインであり、本研究は、このDiGITSの「特性解明のための生理学的な探求」と「社会実装に向けた開発」を目的としてきた。

前者については、コロナ禍の影響を受けたものの、触運動と触感の関係を見出すための、Polhemus G4センサを用いた測定手法を確立するに至った。

後者については、「可倒フラップ型」とその発展型「順逆独立遊動フラップ型」「揺動ストッパー型」「引き込み式ストッパー型」など様々な方式を考案し、複数の特許を申請した。また、ユースケース研究として、「組み合わせパズル」「触覚誘導標識」のプロトタイプを開発し、イベント出展により研究成果の敷衍に努めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

DiGITSは、方向提示用途の情報保障を目的とする触覚サイン、すなわち触覚矢であり、利用者の視覚障害の有無や、国籍等の文化的背景に関わらず、簡単かつ直感的に方向が読み取れる特徴を持つ。また、複雑な部材や電源が不必要なため、安価で環境負荷が低く、様々な環境への導入が期待できる。

我々はDiGITSが人々の役に立つよう社会実装を推進することをミッションとして研究を推進してきた。そのため、DiGITSの特性の解明に向けた知見を、学会を通じて発信し、方式の拡充、応用事例の開発については、特許化やデザイン賞の受賞などを通じて、新たな触覚サインのコンセプトの社会へのアピールが実現できたと考える。

研究成果の概要(英文)："physiological exploration for characterization" and "development for social implementation"

For the former, we have established a measurement method using the Polhemus G4 sensor to find the relationship between tactile motion and tactile sensation, although it was affected by the Corona Disaster.

For the latter, he devised a variety of methods, including the "collapsible flap type" and its developmental types, the "forward-reverse independent swinging flap type," the "swinging stopper type," and the "retractable stopper type," and applied for several patents. In addition, as use case research, we developed prototypes of "combination puzzles" and "tactile guidance signs" and exhibited them at events to promote the results of our research.

研究分野：ユーザインタフェースデザイン

キーワード：触覚サイン 触知記号 ハプティックデザイン ユニバーサルデザイン

1. 研究開始当初の背景

一般的に、触覚サインとは、立体の形状パターンで触覚情報を構成したものであり、視覚障害者誘導用ブロック(以下、点字ブロック)・シャンプーとリンスを見分けるためのボトルのきざみ・牛乳パックであることを示す切欠きなど、すでに社会に普及しているものも多い。しかしながら、これら既存の触覚サインは、例えば、点字ブロックであれば、「線形状は『線に沿って進む』を意味する」「点形状は『注意を喚起する』を意味する」のように、あらかじめそれらを知識として持っていなければ、形状と意味の対応づけができない。また、点字ブロックの場合は、歩きながら白杖で点字ブロックの形状を識別するための技術的な習熟が必要である

このように、既存の触覚サインはユーザの学習と習熟を前提に成り立っており、これは、触覚サインがユニバーサルデザインとして成立するための障壁である。

この障壁の解消には、例えば、ハプティックデザインのようなアプローチが考えられる。これは、触覚呈示デバイスを用いて、触感を再現することや、意味のある触覚情報を生成することを目指すデザイン分野である。しかしながら、現在主流のハプティックデザイン研究では、デジタル技術に依存したシステムの複雑化を避けることができない。

それに対して、我々は、人間の知覚の能動性を活用することで、アナログ的アプローチのハプティックデザインによっても、よりシンプルな仕組みで、触覚サインの抱える障壁の解消を実現できると考える。その問いかけから生み出されたコンセプトがDiGITSである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、この障壁の解消のために、誰でも直感的に読み取ることのできる指向性触覚サイン「DiGITS (Direction-Giving Intuitive Touch Sign)」の社会実装を目指した開発を行うことである。

DiGITSの着想は、我々がルーバーのような斜めに傾いた羽板が連続的に並んでいる立体パターンを撫でる場合に、撫でる方向の違いによって物理的な引っかかりの有無による撫でやすさ、手触りの心地よさの差異、すなわち異方性触感から、ある特定の方向を容易に想起することができることにある。

DiGITSは、この立体の凹凸パターンが持つ性質を利用して、点字ブロックとは異なり、ユーザに技術的な習熟や事前の学習を要求せずに、方向を呈示する(図1)。このような着想の研究は、既存のハプティックデザインや、触覚サインにはないユニークなものである。

DiGITS研究の独自性と創造性は、

- ・ 異方性触感の応用という、全く新しい設計思想に基づいて、学習や技術的な習熟がなくとも誰もが直感的に意味を理解できる触覚サインの実現を試みていること
- ・ それを、人間の知覚の能動性を用いて、デジタル技術に頼らない仕組みで実現すること
- ・ 図記号のなかでも特に高い汎用性を持つ「矢印」に相当する意味を、触覚サインで表現しようとしていること

にあると考えられ、上記目的達成のために探索的アプローチで取り組むことにする。

3. 研究の方法

この目的の達成のために、研究者らは2つの柱を立て研究を進めた。1つは「DiGITSの実用化に向けた多面的な取り組み」であり、もう1つは「異方性触感による記号ならではの、特性に関する心理学的な探求」である。それぞれの柱について、以下のタスクを設定し、研究を推進した。

- ・ DiGITSの実用化に向けた多面的な取り組み
 - タスク1: DiGITSの構成方式の拡充
 - タスク2: 特定の用途への応用を想定したプロトタイプとその改良
- ・ 異方性触感による記号ならではの、特性に関する心理学的な探求
 - タスク3: 実験標本の仕様策定、および評価環境の整備による触覚印象評価手法の確立

(1) タスク1: DiGITSの構成方式の拡充

本研究課題取り組み以前に、概念実証モデルとして最も単純な構造のDiGITS(図2:加藤式DiGITS)が考案されていたが、DiGITSには、この方式以外に異方性触感を生成するための形状パターン・表面処理・機構・素材等の構成によって様々な方式が存在し得ると考えられる。DiGITSの方式



図1 DiGITSの方向を指し示す仕組み

に多様性があれば、実用設計時の選択肢を増やすことができる。このタスクでは、新たな方式の DiGITS を考案し、その動作原理確認用プロトタイプを試作する。それらの中で新規性と進歩性の認められるものについて、特許出願する。

(2) タスク 2 : 特定の用途への応用を想定したプロトタイプピングとその改良

このタスクでは、具体的な用途を想定し、プロトタイプピングを繰り返し実施する。

また、制作したプロトタイプを、イノベーションジャパンやおおた研究開発フェアのような技術展示会に出展することや、International Award of Universal Design のようなデザイン賞に応募することを通して、研究成果を社会へアピールしていく。

(3) タスク 3 : 実験標本の仕様策定、および評価環境の整備による触覚印象評価手法の確立
DiGITS の異方性触感が与える印象そのものを評価するために、行動科学的、感性評価の手法を用いて実験協力者に対し印象評価実験を行う。

4 . 研究成果

研究成果について、上記のタスクに基づいて説明する。

(1) タスク 1 : DiGITS の構成方式の拡充

このタスクでは、以下の 5 種類の構成方式を考案した。

- ・ 可倒フラップ型
- ・ 揺動ストッパー型
- ・ 改加藤式 DiGITS
- ・ 引き込み式ストッパー型
- ・ 順逆独立揺動フラップ型

以下に、それぞれの構成方式について説明する。

・ 可倒フラップ型

トーションスプリングを用いて羽板状のフラップをバネヒンジ構造にしたプロトタイプである(図3)。フラップは、順目方向に手を動かすと倒れこんで手の動きを阻害せず、逆目方向には傾かないようにストッパーがかかり手の動きを阻害する構造になっている。加藤式 DiGITS に比較すれば複雑な構造を持つという欠点はあるが、順目逆目の触感の差異が明確である。なお、強い力で逆目方向に手を動かした場合の、壊れにくさや、ユーザの身体を傷つけない安全性については、検討の余地が大きい。

・ 揺動ストッパー型

揺動する機構のストッパーを用いたプロトタイプである(図4)。ストッパーは、順目方向に手を動かすと倒れこんで手の動きを阻害せず、逆目方向にはストッパーが手の動きを阻害する構造になっている。この方式も順目逆目の触感の差異が明確であるが、強い力で逆目方向に手を動かした場合の、壊れにくさや、ユーザの身体を傷つけない安全性については、検討の余地が大きい。

・ 改加藤式 DiGITS

従来型の加藤式 DiGITS は、構造が単純で制作しやすい反面、フラップの角度や弾性の経年変化のために制作時の触感を維持することが難しいことや、逆方向に強くなぞられた際に力を逃すことが難しいため使用感や破損しやすさに課題があった。

そこで改加藤式 DiGITS では、フラップとは別に用意したヘラ状の支持具「ベロ」によって維持するように構造を改良した(図5)。この改良設計により、従来型の構造が持つ課題が改良された。

- フラップの角度決めが正確になった。
- 制作時の触感を維持することが容易になった。
- 逆方向に強くなぞっても破損しにくくなった。

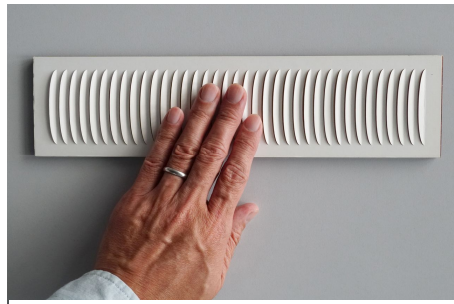


図2 加藤式 DiGITS



図3 可倒フラップ型

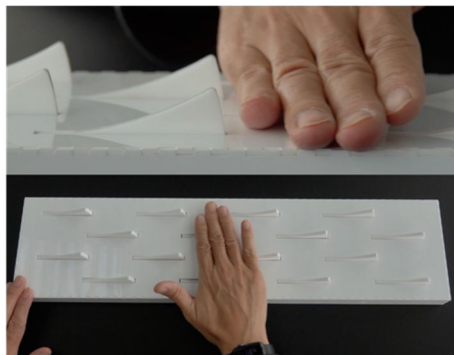


図4 揺動ストッパー型

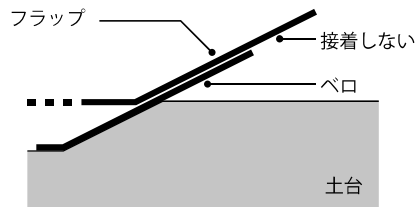


図5 フラップとベロの関係

- ・ 引き込み式ストッパー型

これは、異方性触感を提示する際の、なぞり動作の安全性に着目し考案したものである。このストッパーのはたらきは、正方向へのなぞり動作時にはストッパーが引き込まれることによる「手の動かしやすさ」(図6上)、逆方向にはストッパーが立ち上がったままであることによる「手の動かしにくさ」(図6下)という、抵抗覚の違いによる異方性触感を生成することである。ストッパーの形状は、正逆いずれの方向になぞったとしても手への衝撃を逃しやすいものとなっており、使用時の安全性向上と、壊れやすさ低減の両立を考慮している。

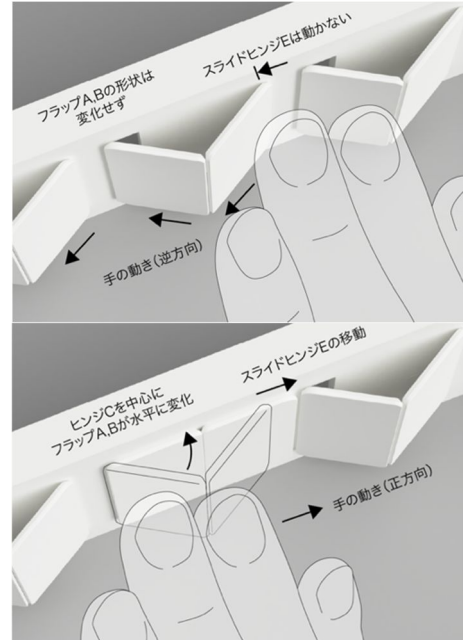


図6 ストッパーの動き

- ・ 順逆独立揺動フラップ型

従来の可倒フラップ方式 DiGITS は、逆目方向になぞった際に、フラップに衝撃を逃す構造がないため、操作手を逆目方向に勢いよく動かした場合に強い衝撃がかかり、安全性や耐久性に課題があった。

順逆独立遊動フラップ型 DiGITS は、この課題を解決するために、以下の改良を施した。

- フラップが、順目方向と逆目方向でそれぞれ独立して遊動する構造とする。(図7)
- 操作手が離れると、フラップは、待機状態に定位していた角度に復帰する。

これにより、順目方向についてはスムーズななぞり動作が可能で、逆目方向については、操作手に適度な抵抗感を残しながら、強い力でなぞった場合でも衝撃を斜め上方に逃すことができるようになった。

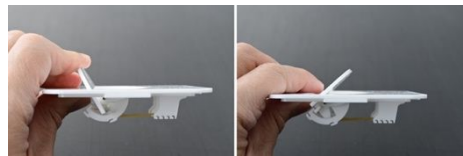


図7 順逆独立に遊動するフラップ

(2) タスク2：特定の用途への応用を想定したプロトタイピングとその改良

このタスクでは、以下の3件のプロトタイピングを実施した。

- ・ 組み合わせパズル遊具
- ・ 経路誘導用パネル型標識1型
- ・ 経路誘導用パネル型標識2型

以下、それぞれのプロトタイプについて記述する。

- ・ 組み合わせパズル遊具

これは、並びの異なる数種類の DiGITS を用いたピースを組み合わせることで、直線、円形、蛇行するものなど、指向性のある様々な経路を創作し触って楽しめる、組み合わせパズルである(図8)。様々な並びのピースをそれぞれ複数個用意することにより、創作する経路のバリエーションを拡充できるようになっている。

本パズルはルールが簡単で体験のハードルが低いこと、様々な経路を構成できる創造性を持つこと、ピースの種類やグリッド数の工夫によって難易度の調整ができること、複数の感覚刺激によって構成される触感体験のあることなどの、ユーザが能動的に体験を維持できるような利点を有している。いずれは、このパズルの特性を利用して、知育玩具やリハビリテーション機器、晴盲共遊玩具としての展開が考えられる。



図8 組み合わせパズルプロトタイプ

- ・ 経路誘導用パネル型標識1型

経路誘導用パネル型標識1型(図9)は、直線状の自動車道路のトンネルのような閉鎖環境で火災等の緊急事態が生じた場合の、触覚による経路誘導のための情報保証を目的としたものである。トンネルの側壁などに連続的に並べられた本品を、非難者が手探りで壁伝いにたどることで、近くの非常口などへ誘導し、避難行動を支援することを想定している。

本品は、触覚標識ならではの直感的な分かりやすさと使いやすさを考慮し、改加藤式 DiGITS に次の「土手」「法面」の設計要素を設けることになった。

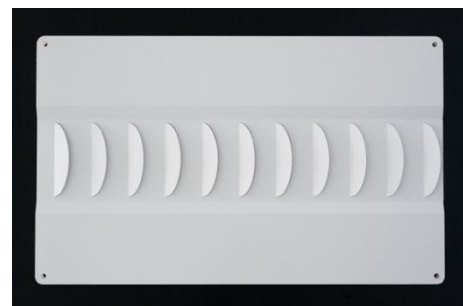


図9 経路誘導用パネル型標識1型

「土手」とは、DiGITS のフラップの並ぶエリアであるフラップ面より、一段高く設定した場所であり、以下の機能がある。

- フラップの破損を防止と、利用者の手指の保護。
- DiGITS の触覚情報を周囲の触覚的なノイズから隔離させるアイソレーションゾーンとしての役割。
- 触接時のパームレスト。

「法面」とは、土手とフラップ面を繋ぐ傾斜面であり、以下の機能がある。

- 土手とフラップ面との段差にあるエッジを弱めることで、角の立たない触り心地にする。
- 操作指のフラップへの誘導性を高める。
- 法面がガイドレールのような役割を果たすことで、DiGITS のルートの明示性を高める。

なお、このプロトタイプは「IAUD International Award 2021」に応募し、Silver Prize を受賞した。

・ 経路誘導用パネル型標識 2 型

経路誘導用パネル型標識 2 型(図 10)は、経路誘導用パネル型標識 1 型をベースに、タスク 1 で考案した引き込み式ストッパー型を導入して制作したものである。引き込み式ストッパー型には、耐久性や、安全性への懸念、逆方向時の印象の薄さに実用上の課題があった。それに対して、本品には以下の改良を施す。

- 指のふれる部分を軟質の発泡性素材(EVA)のシートで覆い、可動部でヒンジの機能を兼用する。
- 既提案方式のヒンジ部分を改良し、EVA シートによる「ひれ」(図 11)を設ける。

これによって以下の効果を生み出す。

- 硬質素材の鋭角部をなくし、安全性を向上する。
- 制作の容易性と耐久性を向上する。
- 逆方向時の手指の引っかかる触感を強調し、順逆の判別性を高める。

このプロトタイプを「第 12 回おおた研究・開発フェア」に出展した。来場者の反応から概ね想定した機能を発揮した様子が窺え、改良は妥当であったと考えられる。

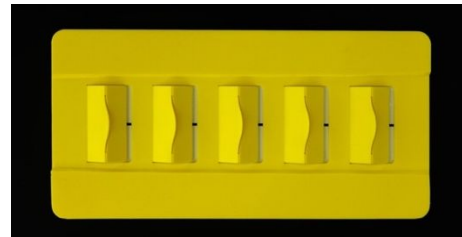


図 10 経路誘導用パネル型標識 2 型

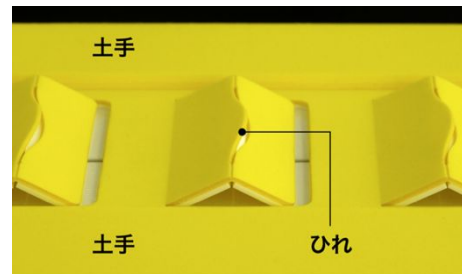


図 11 「ひれ」の詳細

(3) タスク 3 : 実験標本の仕様策定、および評価環境の整備による触覚印象評価手法の確立

DiGITS の触運動は、鉛直方向と水平方向に大きく二分できる。そして、鉛直方向の DiGITS フラップの動きは素材の弾性力に依存する。水平方向の動きは DiGITS のピッチに依存する。そこでこのタスクでは、「実験 : 鉛直方向の手指運動と DiGITS の動きの関係」と「実験 : 水平方向の手指運動と DiGITS のピッチの関係」の 2 つを実施した。

実験 では弾性力が異なる DiGITS を用いて、鉛直方向の手の動きに対する DiGITS の動きを測定し、触運動と DiGITS の運動の関係を検討した。具体的には、右手第二指末節骨側面と、DiGITS のフラップ先端部裏面に、高精度磁気記録装置(Polhemus 社製, G4)のセンサーを取り付け、手指の運動とそれに伴うフラップの運動を同時に記録した。計測状況を図 12 に示す。その結果、実験 では鉛直方向の手指運動に対して DiGITS のフラップの応答がどの程度遅延するか、及び、DiGITS のフラップの反発力が弾性力によりどのように変化するかを検討した結果、フラップの挙動は反発力の大きさにより変化が認められることがわかった。これらの変化を定量化するには、今後、相互非線形定量化分析(CRQA)を行う必要があると考えられる。

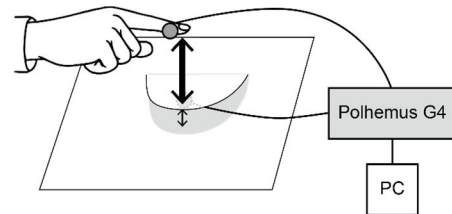


図 12 実験 の計測状況

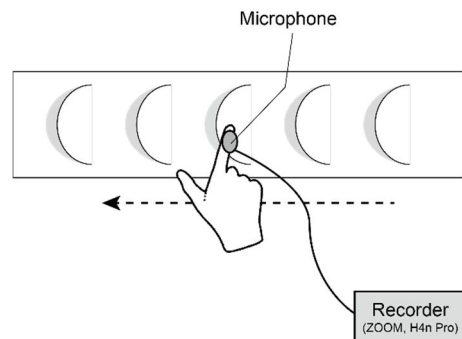


図 13 実験 の計測状況

実験 では水平方向の動きはピッチが異なる DiGITS を作製し、水平方向の触運動と DiGITS のピッチの広さとの関係を検討した。具体的には、右手の手指に小型マイクロフォンを装着し、心地よいと思う速度と圧でフラップを水平方向になぞることを求め、手指運動中に手指とフラップが接触する際に生じる音を録音した。録音には ZOOM 社製のハンディレコーダー H4n Pro を用いた。録音された音から振幅ピークを求め、その回数と時間から手指と DiGITS フラップとの接触周期を求めた。計測状況を図 13 に示す。その結果、単位時間当たりの振幅のピークの数から、心地よい感触が生じる手指運動の周期を求めることが可能であることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 安井重哉, 伊藤精英, 加藤頌健	4. 巻 25(1)
2. 論文標題 DiGITS:直観的な指向性触覚サイン	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 デザイン学研究作品集	6. 最初と最後の頁 1_24-1_29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11247/adrjssd.25.1_1_24	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 安井重哉, 伊藤精英, 加藤頌健	4. 巻 66
2. 論文標題 指向性触覚サインDiGITSの組み合わせパズルへの応用について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本デザイン学会研究発表大会概要集 66(0), 100, 2019	6. 最初と最後の頁 100-101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11247/jssd.66.0_100	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 加藤頌健, 安井重哉, 伊藤精英	4. 巻 66
2. 論文標題 指向性触覚サインDiGITSの誘導効果の検証	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本デザイン学会研究発表大会概要集 66(0), 98, 2019	6. 最初と最後の頁 98-99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11247/jssd.66.0_98	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 安井重哉
2. 発表標題 触覚矢印-DiGITS:引き込み式ストッパーによる異方性触感生成部材
3. 学会等名 日本デザイン学会第68回研究発表大会概要集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安井重哉, 伊藤精英, 加藤頌健
2. 発表標題 指向性触覚サインDiGITSの組み合わせパズルへの応用について
3. 学会等名 日本デザイン学会第66回春季研究発表大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤頌健, 安井重哉, 伊藤精英
2. 発表標題 指向性触覚サインDiGITSの誘導効果の検証
3. 学会等名 日本デザイン学会第66回春季研究発表大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 方向指示具	発明者 安井重哉	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-199241	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 引き込み式ストッパーによる触誘導部材	発明者 安井重哉	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、公知日未定	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 方向指示具	発明者 安井重哉, 加藤頌健	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-031786	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>【デザイン賞受賞実績】 IAUD国際デザイン賞2021 (International Award of Universal Design 2021) において銀賞 (Silver Prize) を受賞。(作品名「触覚矢印『DiGITS』-経路誘導用パネル型プロトタイプ」)</p> <p>【展示会等出展実績】 イノベーションジャパン2019: 出展名「直感的な指向性触覚サイン「DiGITS」(2019) 第9回おおた研究・開発フェア(2019) JST 農商工連携につながる 新技術説明会: 出展名「触覚矢印『DiGITS』」(2019) 第12回おおた研究・開発フェア(2022)</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	伊藤 精英 (Ito Kiyohide) (90325895)	公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授 (20103)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------