

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2019

課題番号：26280070

研究課題名(和文) 感覚・コミュニケーションを支援するウェアラブル触覚インタフェースの実用化研究

研究課題名(英文) Practical research on wearable haptic interface to support sensory and communication disorders

研究代表者

伊福部 達 (IFUKUBE, Tohru)

東京大学・高齢社会総合研究機構・名誉教授

研究者番号：70002102

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,100,000円

研究成果の概要(和文)：視・聴覚やコミュニケーションの機能が衰えた人達のために、指先の触覚を介して情報の授受を支援するウェアラブルなハプティックディスプレイを開発した。このディスプレイは独自に開発した積層バイモルフ型圧電振動子を1.2mmおきに8行×8列に配列したものであり、振動パターンは本体に内蔵するマイクロコンピュータで制御される。本ディスプレイを備えた「触覚ゲーム」や「携帯電話インタフェース」を開発し、その評価実験の結果から本デバイスの有用性を実証した。また、技術的な成果をVRやロボットに活かすことで製品化への道を拓くとともに、マルチモーダル刺激の認識に関わる認知科学的な課題を提示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

開発した触覚デバイスは感覚・コミュニケーションの障害支援だけでなく、バーチャルリアリティやロボットの人工触覚、さらに一般ユーザが情報授受するためのハプティック機器に応用することができる。従って、汎用性のある製品へ発展させることができることから、本課題の社会・経済的な意義は高い。

本デバイスを用いて音声や画像と触覚情報を組み合わせたマルチモーダル刺激を提示したときに、それをヒトの感覚や脳がどこまで受容かつ認識できるのかを調べることができる。このような研究を通じて、触覚を付与した情報の脳内処理について認知科学的な新しいテーマを提供するので、本課題の学術的な意義も高い。

研究成果の概要(英文)：We have developed a wearable haptic display to support seeing, hearing, and speaking using the tactile sense of the fingertips for people with sensory/communication disorders.

In this display, multilayer-bimorph piezoelectric vibrators, which we have independently designed, are arranged every 1.2 mm in 8 rows and 8 columns, and the vibratory patterns can be controlled by a microcomputer built in the device. From the results of the evaluation tests by use of the "tactile game" and "cellular phone interface" equipped with this display, it was ascertained that the haptic device is useful for acquisition of spatial information as well as spoken languages.

As the haptic device can be applied to the artificial tactile sense of virtual reality and robots, its market will be widely opened. Furthermore, we have proposed some cognitive research themes of how the tactile information superimposed on the visual and/or auditory information is recognized by human.

研究分野：生体工学、音響工学、医療・福祉工学、バーチャルリアリティ、ロボット工学

キーワード：触覚情報 感覚代行 障害者 コミュニケーション バーチャルリアリティ ハプティック ロボティクス 人工触覚

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

1. 研究開始当初の背景

代表者は、過去40年以上にわたり、触覚と視覚や聴覚における共通点と脳における可塑性に着目して、音声や文字を皮膚感覚経路で伝達する聴覚障害者や視覚障害者の感覚代行機器を開発してきた。また、障害物などの環境情報を提示したり、盲ろう者の歌うのを支援したりする機器の開発も行ってきた。

その触覚パターンの認識過程から、脳の可塑性について多くを提言し、一方ではそして皮膚刺激の色々な方式がバーチャルリアリティやロボットなどの先端インタフェース技術に結びついていることを示してきた。また代表者らは、平成21年度採択の一般研究（A）の助成により本課題のニーズとシーズを明確にし、それを基に①低電圧駆動の圧電素子とそれを用いた触覚ディスプレイ、②小型の制御駆動デバイス、および③デバイス制御用のソフトウェアを開発している。

このような背景の下で、触覚デバイスを携帯電話と繋ぎ、ウェアラブルにすることで、使い勝手が良くなり、用途も拡大し、その実用化の道が拓けると考え、本課題を応募した。

2. 研究の目的

本課題の目的は、視覚・聴覚・発話などの機能が低下したり、失ったりした高齢者・障害者（以下、当事者）のために、画像・音響・材質などを触覚ディスプレイで当事者の手指の触覚に伝達する「携帯電話インタフェース」を実用化することにある。

期限内では、この試作器が感覚・コミュニケーションを支援する上でどこまで有用かを認知実験に基づいて評価しながら、当事者が利用できるように、ユーザビリティ・小型化・低廉化に関する改良を行う。同時に、バーチャルリアリティ（VR）におけるハプティック技術など汎用性の高いインタフェースへ展開する。

一方では、このインタラクティブな触覚情報通信で当事者がどこまでの情報を認知でき発信できるようになるのかを追及していく過程から、感覚や脳の可塑性、代償機能、潜在能力を浮き彫りにし、そこから脳科学へ新しい問題を提起したい。

3. 研究の方法

本インタフェースの要素技術である①触覚ディスプレイ、②制御駆動回路、③制御用ソフトウェアについて小型化、省電力化、低廉化を図るための研究を引き続き行う。同時に、ユーザ数を増やし、どのような障害に対してどこまで有用であるかを評価する。その結果に基づいて、触覚ディスプレイと情報変換ソフトウェアの改良化を行うとともに、VR分野におけるハプティック・デバイスなど一般ユーザのためのインタフェースとしてどこまで応用できるかを予測する。その循環を繰り返しながら、実用化のために小型化・低廉化を進めて製造ラインに乗せられるような設計・試作を行う。

本課題では、既開発済みの触覚デバイスをベースに、スマートホンなどの携帯端末と送受信できるシステムに拡張する。その上で、主に視覚障害者支援を想定して、A. 文字や図形のパターン認識がどこまでできるかを予備実験で行い、B. GPS情報と連動して使えるようにし、自分の向いている方向をどのように触覚パターンで呈示すればどこまで認識できるかを追究し、C. 音情報と触覚情報でコントロールできる「触覚ゲーム」を開発し、その有用性を評価した。以上の結果から、D. より多くの情報を伝達できる振動子マトリクスを開発するとともに、ウェアラブル触覚デバイスがどの分野でどこまで活かせるかを考察し、同時にビジネスモデルを検討する。

4. 研究成果

(1) ウェアラブル触覚デバイスの開発と文字認識による予備的評価

図4.1左図に示したように、駆動回路を容積2cm×5cm×10cm、重さ183gという軽量小型化にすることができ、本課題の目標である「ウェアラブル化」を実現できた。初年度は、背景と経緯で述べた触覚デバイス基に、実用に近づけるための改良とその評価を行った。図4.1の右上図に示したように、触覚ディスプレイの要素となる圧電素子を10V以下の低電圧で駆動できるようにし、それらを用いた32チャンネルの小型触覚ディスプレイを1cm²に収めることができた。ここで振動子間隔は2mmであり、正方形に近い配列とした。

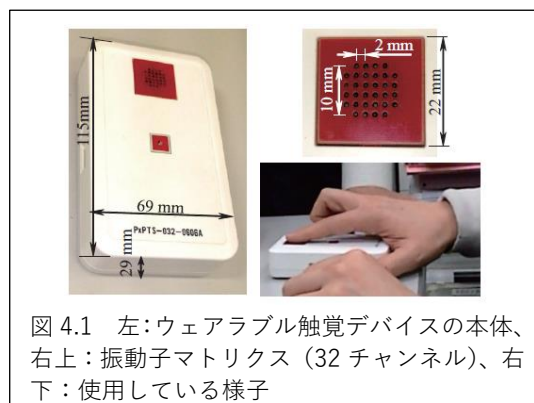


図4.1 左：ウェアラブル触覚デバイスの本体、右上：振動子マトリクス（32チャンネル）、右下：使用している様子

各種モード（視覚障害用、聴覚障害用、盲ろう者用）とパラメータ（振動強度・周波数、カメラ設定、フィルタ設定、触覚センサ機能設定）を行うための本デバイスとPCとのインタフェー

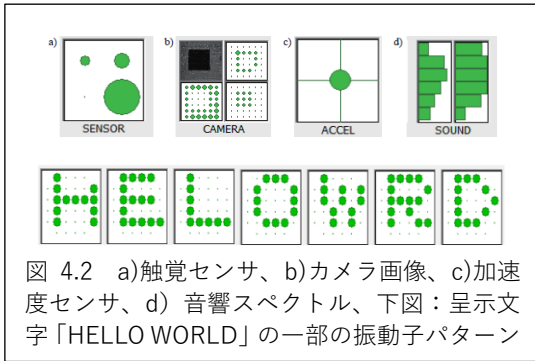


図 4.2 a) 触覚センサ、b) カメラ画像、c) 加速度センサ、d) 音響スペクトル、下図：呈示文字「HELLO WORLD」の一部の振動子パターン

を開発し終わった。図 4.2 の上図の a) は、送信器側の振動子マトリクスを触覚センサとして用いた場合、受信器側で受け取った振動パターンの振動部位とその大きさを表している。b) は内蔵小型カメラで撮った画像が振動パターンで表したものである。c) は内蔵する加速度センサの大きさとそのベクトル方向を振動強度で表したものである。d) は内蔵マイクロホンで捉えた音情報のスペクトル(縦軸: 周波数、横軸: 強度)を振動パターンで表示したものである。

これらのパターンを指先に呈示する場合、パターンがある速度で左から右へ電光掲示板のようにスワイプさせる方法を採用した。詳細は載りによる発表論文に譲るとして、以下のような結果が得られた。

予備実験として、まず、本デバイスを視覚障害者(後天盲、40 歳、男性)に使ってもらい、アルファベット文字を触覚によりどの程度認識できるかを調べた。その結果、例えば/HELLO WORLD/ のパターン(図 4.2 の下図)を、電光掲示板のように右から左に移動するように呈示したところ、訓練なしで/P,E,L,L,O,W,O,S,D/と認識したが、/H/を/P/に、/R/を/S/に誤認識した。また、/U/と/V/、/V/と/W/、および/O/と/D/の識別が難しいことが分かったが、5 分程度の訓練位より、それらの弁別も出来るようになった。この結果を踏まえて、日本語カナ文字を触覚ディスプレイに呈示した場合、どのようにすれば、どこまで認識させ得るかを考察し、デバイスの改良点について検討した。

(2) 携帯電話インタフェースの開発とそのナビゲーションへの応用

① 携帯電話インタフェースを備えたウェアラブル触覚デバイスの開発

2016-2017 年度は、触覚デバイスを携帯電話と Bluetooth で繋ぎ、触覚に与えた移動刺激パターンで、東西南北の「方向」がどこまで識別できるかを調べた。触覚モダリティを活用した携帯電話の機能として、電話やメールなど、どのような種類の情報が着信しているかを知らせる「バイブレート・モード」が定着している。しかし、一般に携帯電話そのものが振動する方式をとっており、多くは振動の長さやリズムの違いで着信情報を伝えている。

視覚障害者にとっても携帯電話は情報の授受において極めて有力な手段となっており、文字の音声化は言うまでもなく、GPS から得られる地図やナビゲーション情報を音声化して聞かせる機能は、情報格差を少なくする上で大きな役割を果たしている。しかし、地図情報で現在いる場所が分かっても、自身が東西南北の内でもどちらの方角に向かって立っているのが分からなければ、目的地に向かって歩き出すことが難しくなる。ここでは、本研究で開発された触覚デバイスを利用して、2 次元に移動する振動パターンを指先に与える方法で、方角をどこまで正確に弁別させ得るかを調べた。

方角情報を伝えるために、片手で持ちやすくした触覚デバイス(図 4.3 上図)を開発し、携帯電話に内蔵する「コンパス」の情報を、Bluetooth を介して触覚デバイスに伝達するシステムを試作した(図 4.3 下図)。

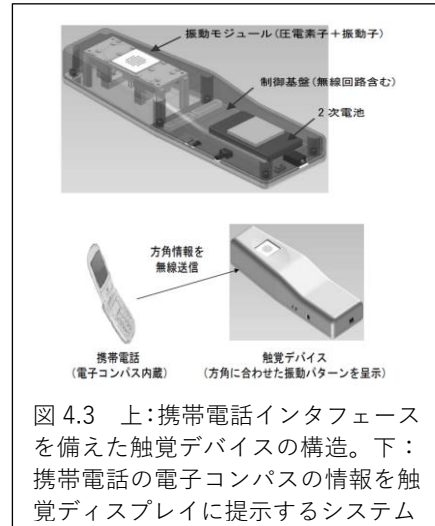


図 4.3 上: 携帯電話インタフェースを備えた触覚デバイスの構造。下: 携帯電話の電子コンパスの情報を触覚ディスプレイに提示するシステム

② 評価実験と結果

実験参加者は 22 - 35 歳(平均年齢 26.85)の視覚障害者 13 名(男性 6 名、助成 7 名、全盲)および盲ろう者 3 名(弾性 2 名、女性 1 名、33 - 66 歳、全盲ろう者 2 名、全盲重度難聴者 1 名)である(全ての参加者には研究の趣旨を説明し書面で参加の同意を得ている)。実験条件などの詳細は上田らによる発表論文(文献①)に譲ることとし、実験方法と結果の要点を示す。

自分の向いている方角がどちらであるかを認識させる方法としては 2 種類考えられる。一つは、触覚ディスプレイの先端が向いている方角(東西南北)を振動パターンで呈示する方法(パターン A)と北の方角がどちらであるかを呈示する方法(パターン B)である。図 4.4 に示したように、パターン A、B 共に、矢印の方向へ 1 列ずつピンを順番に振動させて方角を呈示した。参加者には指先がなぞられているように感じるが、この「なぞり」が最も明確に弁別できる移動速度とした。

実験では、参加者にヘッドホンを介してノイズを与え、環境音が聞こえないようにし、さらに参加者の座っている椅子を実験者が回転させ、方向感覚をリセットさせた。参加者には振動の流れにより自分の方角を判断してもらい、分かった時点で出来るだけ早く口頭で東西南北の何れかを答えてもらった。書く方向を2試行ずつ計8試行ランダムな順序で繰り返し、正答率と反応時間を記録した。

その結果、図 4.5 に示したように、パターン A の方がパターン B に比べて反応時間が速いことが分かる。正答率についても、パターン A では東 100%、西 95.8 (±14.4%)、南 91.7% (±28.8%)、北 100% と高い正答率であった。パターン B では、東 95.8% (14.4%)、西 91.7% (19.5%)、南 87.5% (±31.1%)、北 87.5% (±31.1%) であったが、パターン A より低い値となった。

なお、盲ろう者の内一名は A, B, 共に 100% であった (残りの 2 名は練習とした)。視覚障害者における平均反応時間はパターン B で反応時間が 6 秒以上であったが、その他は 3 - 4 秒付近であった。ここで、パターン A と B では、盲ろう者も含めて参加者全員で A の方が分かりやすいと答えた。

参加者の多くは、方角をイメージする時に「地図上の方角を思い浮かべると」コメントしていた。この結果を過去の類似する研究と比較し、なぜ、パターン A が良いのか、また先天と後天で違うのか、点字の使用歴との関係、などを認知科学的な観点から色々な問題が提起された。考察するとともに、もっと認識しやすい提示パターンを提案した。

なお、盲ろう者のための触覚情報の授受支援として、触覚デバイスを持ったユーザ (通話者 1、通話者 2) 触覚だけでコミュニケーションを行うための機能を試作した。この機能は触覚ディスプレイ上の 32 本の振動子を 2 次元触覚センサとして利用し、センサ上でタッチパッドを指先でなぞるような要領で、図形、文字などを描くと、同じ動きの振動パターンが相手が持つ触覚ディスプレイの上で再現されるものである。盲ろう者が支援者と離れた場所で危険を知らせたり、自分の要求を伝えるなどのコミュニケーションをとるのに利用することができる。実験結果の詳細は省略するが、盲ろう者からは支援者との簡単なコミュニケーションができ、日常生活の注意喚起や情報取得などの活用が有用であることを確認している。

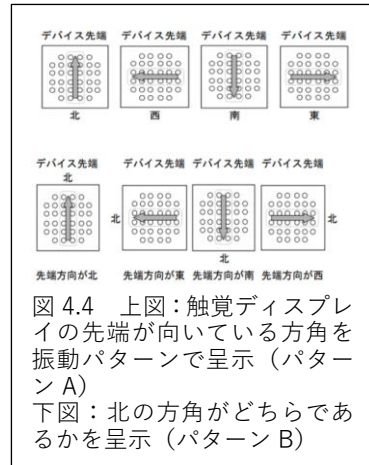


図 4.4 上図：触覚ディスプレイの先端が向いている方角を振動パターンで提示 (パターン A)
下図：北の方角がどちらであるかを提示 (パターン B)

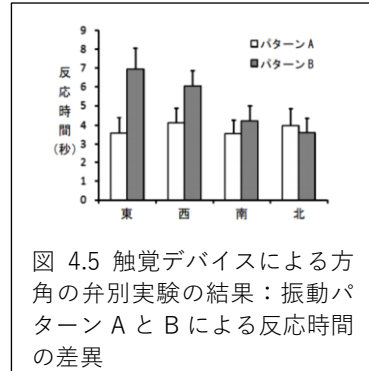


図 4.5 触覚デバイスによる方角の弁別実験の結果：振動パターン A と B による反応時間の差異

(3) 触覚提示機能付きゲーム用コントローラ TactCon の開発と評価



図 4.7 触覚提示機能付きゲーム用コントローラ：TactCon (Tactile game Controller)の外観

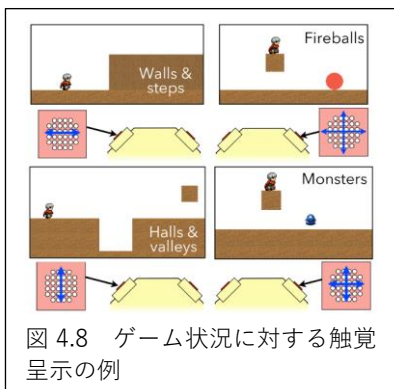


図 4.8 ゲーム状況に対する触覚提示の例

本研究では、市販のゲーム機をヘッドホンでステレオ提示される音と触覚ディスプレイの組み合わせで、どこまでゲームを楽しむことができるかを調べた。そのため触覚提示機能付きゲーム用コントローラ (TactCon : Tactile game Controller と呼ぶ) を新たに開発し、種々の音声提示方法を考案して、アクションゲーム内へ実装した。以下に、TactCon の概要とゲーム内における代行提示方法の実例について述べる。なお、本ゲームは約 2 ヶ月の展示イベント内で、多くの晴眼者と視覚障害者の双方に楽しんでもらったので、その際に寄せられた反響や評価についても述べる。

① 開発した触覚ゲーム (TactCon)

我々が開発した触覚提示機能付きゲーム用コントローラすなわち TactCon をインクルーシブアクションゲーム (Planet Saga) に導入し、種々の音声提示方法と合わせて触覚提示するよう実装した。研究分担者らが開発したゲーム Planet Saga は、晴眼者と視覚障害者がともにプレイできる 2D サイドスクロール型のアクションゲームである。その詳細は松尾らによる発表論文 (文献②) に譲ることとし、TactCon の外観と操作方法の概要を述べる。

本ゲーム機は、画面を視認しつつ遊ぶビジュアルプレイ、ヘッドホンからの音情報を頼りに遊ぶオーディオプレイ、触覚ディスプレイからの提示情報を頼りに遊ぶタッチプレイの 3 つのプレイスタイルに対応している。オーディオプレイは、ステ

レオスピーカ／ヘッドホンを接続することで、多彩な効果音エフェクトを用いて画面上の情報提示するものである。図 4.7 に示したように、市販のゲームコントローラと同様、右側の 4 つのボタンとスタート/セレクトボタンを含む 6 つのボタンに加え、L/R の方向ボタンと 2 本のアナログスティックが搭載されている。TactCon では、L/R ボタンの代わりに触覚ディスプレイが左右 1 機ずつ搭載されている。

コントローラを利用するプレイヤーは、両手親指でボタンやスティックを使った入力操作を行いながら、両手の人差し指で左右の触覚ディスプレイを触察する。なお、触覚ディスプレイ内部には複数の触覚提示パターンが登録されており、一定周波数で全ピンを同期振動するパターンや、上下または左右に流れるような振動パターン（スイープパターン）を利用できる。

② プレイヤーによる TactCon ゲームの評価

本ゲームは、晴眼者と視覚障害者の双方が楽しめるインクルーシブゲームとして、2018 年 6 月 30 日から 9 月 2 日までの約 2 か月間にわたって行われた鞆の津ミュージアム企画展『文体の練習』及び、『東京大学 柏キャンパス一般公開 2018』における高齢社会総合研究機構のブースにてデモ出展した。展示イベントでは、多くの晴眼者・視覚障害者の双方にゲームを体験して頂いた。参加者は、男性 125 名、女性 90 名、晴眼者 184 名、全盲視覚障害者 11 名、弱視者 5 名であった（ただし、未回答の者も含まれている）。

その結果、図 4.9 の左に晴眼者、弱視者、全盲者ごとに分けて示したように、障害の有無にかかわらず、ゲームのクリア率やゲーム内行動マルチモーダルプレイを行う前半は、殆どの人が（225 名中 196 名）がゴールに到達できた（クリア率 87.1%）。また、図 4.9 の右にプレイスタイルごとのクリア率を示したが、TactCon を用いたプレイが最もクリア率が高い結果となった（68.6%）。以上から、TactCon はゲームクリアの容易化に寄与できた可能性がある。したがって、開発したゲーム環境によって部分的ではあるがインクルーシブ性が実現できたと言える。

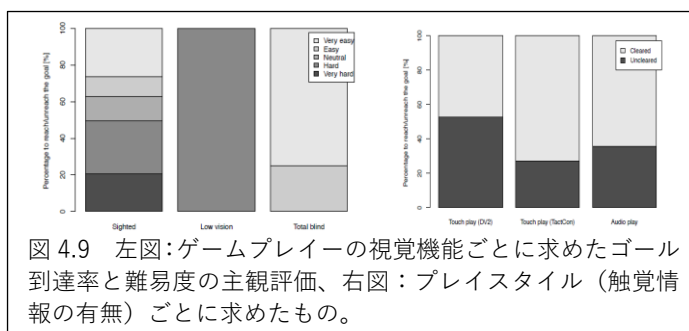


図 4.9 左図：ゲームプレイヤーの視覚機能ごとに求めたゴール到達率と難易度の主観評価、右図：プレイスタイル（触覚情報の有無）ごとに求めたもの。

(4) 高密度触覚ディスプレイの開発と今後の計画

以上、ウェアラブル触覚ディスプレイを多岐にわたって応用し、感覚・コミュニケーションを支援する触覚デバイスの最適なパラメータ設定を行い、実現可能性の高いものから実用化への道筋をつけた。本デバイスを手を持って動かしながら周囲の音響情報を探索・取得させる「ハプティック」機能を実現するのに有効な各種パラメータを検討した。その結果、振動子配列密度を 2 mm から 1 mm に高くすることによって、受容する触覚情報が良い幅に増加し、それに伴い用途も大きく広がることが予想された。

そこで、図 4.10 の左に示したように、振動子間隔を 1.2 mm にして、縦に 8 列、横に 8 行配列した高密度かつ小型の触覚ディスプレイを開発した。同時に、図 4.10 の右に示したように、音声ピッチパターンを呈示する「歌支援触覚デバイス」のために、1.2mm 間隔で 16 行 × 4 列の配列からなる触覚ディスプレイを開発した。今後は、この多点・高密度配列の触覚ディスプレイを用いて、本課題と同様の評価実験を進め、その有用性を確かめていきたい。同時に、他の支援方式と組み合わせることにより、マルチモーダル刺激をヒトの感覚や脳がどこまで有効に利用できるのかという認知科学研究への課題を提示していきたい。

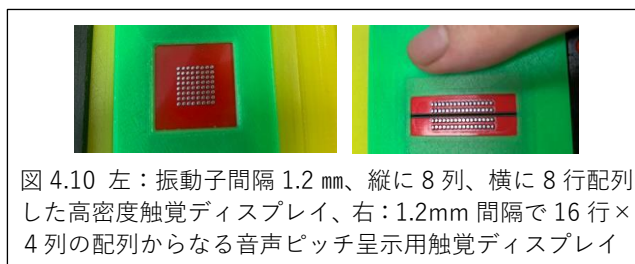


図 4.10 左：振動子間隔 1.2 mm、縦に 8 列、横に 8 行配列した高密度触覚ディスプレイ、右：1.2mm 間隔で 16 行 × 4 列の配列からなる音声ピッチ呈示用触覚ディスプレイ

なお、代表者は、試作した本触覚デバイスを広く利用してもらうことを目的として、触覚デバイスの原理や特性と用途について述べた 2 冊の単著（電子情報学会編教科書「福祉工学の基礎」（コロナ社、236 頁、2016 年 5 月）および“Sound-based Assistive Technology”（Springer、239 頁、2017 年 3 月））を著した。

<引用文献>

- ① 上田 一貴、大河内 直之、伊藤 篤、平松 裕子、伊福部 達、「見る」「聴く」「話す」のを助ける触覚デバイスの開発と評価、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、2016、21 巻、2 号、313-322
- ② 松尾 政輝、三浦 貴大、藪 謙一郎、片桐 淳、坂尻 正次、大西 淳児、蔵田 武志、伊福部 達、リアルタイム多感覚提示を行うインクルーシブアクションゲーム：触覚提示付きゲームコントローラ (TactCon) を導入したゲームの開発と利用時の評価、SIGAAC 研究会、研究報告アクセシビリティ(AAC)、2019-AAC-10 巻、15 号、1-7.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 藪謙一郎	4. 巻 74
2. 論文標題 障害者が必要としている音声技術	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本音響学会誌	6. 最初と最後の頁 136-143
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 Takahiro Miura, Ken-ichiro Yabu, Kazutaka Ueda, Kenichi Tanaka, Tohru Ifukube	4. 巻 -
2. 論文標題 Visuospatial working memory game and measured memory performances at various ages	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ITE Transactions on Media Technology and Applications (MTA)	6. 最初と最後の頁 8-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3169/mta.5.8	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 Matsuo M, Miura T, Sakajiri M, Onishi J, Ono T	4. 巻 10516
2. 論文標題 Inclusive side-scrolling action game securing accessibility for visually impaired people	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 16th IFIP TC 13 International Conference on Human-Computer Interaction INTERACT 2017	6. 最初と最後の頁 410-414
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Sakai T, Handa T, Sakajiri M, Shimizu T, Hiruma N, Onishi J	4. 巻 21(1)
2. 論文標題 Developmen of Tactile-Proprioceptive display and effect evaluation of local area vibration presentation method	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 87-99
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 三浦貴大, 藪謙一郎, 坂尻正次, 上田麻里, 檜山敦, 廣瀬通孝, 伊福部達	4. 巻 Vol. 21, No. 2
2. 論文標題 身体障害者のためのバリアフリー情報の共有: 実地アセスメントとクラウドソーシングによる入力情報の分析	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 283-294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 藪謙一郎, 伊福部達	4. 巻 Vol. 21, No. 2
2. 論文標題 拡声器能を備えたウェアラブル電気式人工喉頭の設計	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会誌	6. 最初と最後の頁 295-301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 上田一貴, 大河内直之, 伊藤篤, 平松裕子, 伊福部達	4. 巻 Vol. 21, No. 2
2. 論文標題 「見る」「聴く」「話す」のを助ける触覚デバイスの開発と評価	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会誌	6. 最初と最後の頁 313-322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Takahiro Miura, Takashi Ohashi, Masatsugu Sakajiri, Junji Onishi, Tsukasa Ono	4. 巻 4
2. 論文標題 Accessible Button Arrangements of Touchscreen Interfaces for Visually Impaired Users	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal on Technology & Persons with Disabilities	6. 最初と最後の頁 55-68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10211.3/180130	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 Takahiro Miura, Junya Suzuki, Ken-ichiro Yabu, Kazutaka Ueda, Tohru Ifukube	4. 巻 -
2. 論文標題 Diagram presentation using loudspeaker matrix for visually impaired people: Sounds characteristics for their pattern recognition	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. Augmented Human 2016	6. 最初と最後の頁 Article No. 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/2875194.2875215	査読の有無 無
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 Takahiro Miura, Ken-ichiro Yabu, Kazutaka Ueda, Tohru Ifukube	4. 巻 -
2. 論文標題 Visuospatial working memory game and measured memory performances at various ages	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. IEEE SMC 2016	6. 最初と最後の頁 4538-4542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Matsuo M, Miura T, Sakajiri M, Onishi J, Ono T	4. 巻 -
2. 論文標題 Experience report of blind gamer to develop the accessible action RPG	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal on Technology and Persons with Disabilities, CSUN Assistive Technology Conference 2017	6. 最初と最後の頁 171-188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Onishi J, Sakai T, Sakajiri M, Ogata A, Miura T, Handa T, Hiruma N, Shimizu T, Ono T	4. 巻 -
2. 論文標題 Auto-Assisting figure presentation system for inclusion education	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics	6. 最初と最後の頁 176-181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Matsuo M, Miura T, Sakajiri M, Onishi J, Ono T	4. 巻 -
2. 論文標題 ShadowRine: Accessible game for blind users, and accessible action RPG for visually impaired gamers	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics	6. 最初と最後の頁 2826-2827
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Onishi J, Sakai T, Sakajiri M, Ogata A, Miura T, Handa T, Hiruma N, Shimizu T, Ono T	4. 巻 -
2. 論文標題 Experimenting with tactile sense and kinesthetic sense assiting system for blind education	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Computers Helping People with Special Needs Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 92-99,9759
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Onishi J, Sakai T, Sakajiri M, Ogata A, Miura T, Handa T, Hiruma N, Shimizu T, Ono T	4. 巻 -
2. 論文標題 Audible mapper & ShadowRine: Development of map editor using only sound in accessible game for blind users, and accessible action RPG for visually impaired gamers	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Computers Helping People with Special Needs Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 537-544,9759
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Ohashi T, Miura T, Sakajiri M, Onishi J, Ono T	4. 巻 -
2. 論文標題 Can visually impaired smartphone users correctly manipulate tiny screen keyboards under a screen reader condition?	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Computers Helping People with Special Needs Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 157-164,9759
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Yabu K, Sakajiri M, Onishi J, Ifukube T	4. 巻 14
2. 論文標題 Evaluation Pattern Editing Tool for Visually Impaired Students: Developing Application Software	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 NTUT Education of Disabilities	6. 最初と最後の頁 7-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 藪 謙一郎, 伊福部 達	4. 巻 Vol.21, No.2
2. 論文標題 拡声器能を備えたウェアラブル電気式人工喉頭の設計	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 --
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Sakajiri M, Miyoshi S, Onishi J, Ono T, Ifukube T	4. 巻 14
2. 論文標題 Singing Accuracy of Hearing Persons Using a Tactile Voice Pitch Feedback System	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 NTUT Education of Disabilities	6. 最初と最後の頁 13-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Ueda K., Nagai A	4. 巻 DETC2015
2. 論文標題 Expectation design based on user's cognitive process	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Proceedings of the ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference.	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DETC2015-46973	査読の有無 無
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 YABU Ken-ichiro, SAKAJIRI Masatsugu, IFUKUBE Tohru	4. 巻 13
2. 論文標題 Development of a Wearable Haptic Tactile Interface as an Aid for the Hearing and/or Visually Impaired	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 筑波技術大学 紀要	6. 最初と最後の頁 5-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 藪謙一郎, 伊福部達	4. 巻 2-4-5
2. 論文標題 指の位置と動きで操作するスマートフォン向け音声生成アプリの応用例の考察	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 日本音響学会2015年春季講演論文集	6. 最初と最後の頁 1299-1302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 藪謙一郎, 橋場参生, 高瀬雅由, 須貝保徳, 伊福部達	4. 巻 3-3-1
2. 論文標題 指の位置と動きで操作するスマートフォン向け音声生成アプリの応用例の考察	5. 発行年 2014年
3. 雑誌名 日本音響学会2014年秋季講演論文集	6. 最初と最後の頁 1475-1478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 伊福部達	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 超高齢社会を支える情報通信技術	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 電子情報通信学会誌	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計41件（うち招待講演 12件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Takahiro Miura, Sho Aita, Tadahiro Sakai, Toshihiro Shimizu, Takuya Handa, Masatsugu Sakajiri, Junji Onishi
2. 発表標題 Hold-through: Run-through of the holds on the bouldering wall through haptic/tactile guides for blind climbers
3. 学会等名 IEEE World Haptics Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro Miura, Atsushi Katagiri, Ken-ichiro Yabu, Masaki Matsuo, Masatsugu Sakajiri, Tohru Ifukube
2. 発表標題 Tactule: Tactile display modules utilizing multilayer-bimorph piezoelectric vibrators -Their applications in tactile game controllers (TactCon)-
3. 学会等名 IEEE World Haptics Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾 政輝, 三浦 貴大, 藪 謙一郎, 片桐 淳, 坂尻 正次, 大西 淳児, 蔵田 武志, 伊福部 達
2. 発表標題 リアルタイム多感覚提示を行うインクルーシブアクションゲーム:触覚提示付きゲームコントローラ (TactCon) を導入したゲームの開発と利用時の評価
3. 学会等名 情報処理学会 アクセシビリティ研究会 (SIGAAC研究会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ito Kenichiro, Miura Takahiro, Yabu Ken-ichiro, Mori Taketoshi, Ifukube Tohru, Okata Junichiro, Maki Atsushi, Ando Masahiko, Fukuda Nobuhiro, Hiroike Atsushi, Kotani Masanao, Asa Yasuhiro, Komatsu Yuto
2. 発表標題 Home Automation Platform Using Interaction-Based Sensing
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藪 謙一郎, 伊福部 達
2. 発表標題 構音障害を支援するウェアラブルな音声補完システムの簡易声質維持機能の試作
3. 学会等名 日本音響学会 2019年秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂尻 正次, 中田 一紀, 大西 淳児, 三浦 貴大, 伊福部 達
2. 発表標題 盲ろう者の障害特性と歌唱支援のための触覚フィードバックによる音声ピッチ制御
3. 学会等名 電気学会 知覚情報研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊福部 達, 藪 謙一郎
2. 発表標題 FMコウモリをモデルとする物体の位置・材質の認識センサの開発
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藪 謙一郎, 伊福部 達
2. 発表標題 FM超音波によるプライベート空間における見守りセンサの試作と評価
3. 学会等名 日本音響学会 2019年春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊福部 達
2. 発表標題 進化し続ける福祉技術 その行方と社会実装の方法
3. 学会等名 LIFE2018, 第18回日本生活支援工学会大会, 日本機械学会 福祉工学シンポジウム2018, 第34回ライフサポート学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藪 謙一郎, 伊福部 達
2. 発表標題 構音障害の支援を目的とするウェアラブルな音声補完システムの要素検討と機能試作
3. 学会等名 日本音響学会 2018年秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊福部 達
2. 発表標題 福祉工学が導く超高齢社会のパラダイムシフト
3. 学会等名 第57回日本生体医工学大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊福部達
2. 発表標題 ヒトを助ける音響VR
3. 学会等名 電気/応用音響研究会、日本音響学会 電気音響研究委員会・電子情報通信学会 応用音響研究専門委員会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊福部達
2. 発表標題 福祉工学が導く超高齢社会のパラダイムシフト
3. 学会等名 超高齢社会の課題を解決する“福祉工学”とは、やまぐち介護・福祉機器研究会、介護・福祉機器開発セミナー、山口県産業技術センター（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊福部達
2. 発表標題 人工知能システムを地域高齢社会に生かす
3. 学会等名 西日本政経懇話会11月筑豊例会、西日本新聞社（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊福部達
2. 発表標題 聴覚・発話障害者の支援研究 50年前に考えたこと,今思うこと
3. 学会等名 日本音響学会2018年春季研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藪 謙一郎, 伊福部 達
2. 発表標題 ユーザの多様性を考慮したウェアラブル人工喉頭の改良と実用機試作
3. 学会等名 日本音響学会2018年春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藪 謙一郎, 伊福部 達
2. 発表標題 構音障害者支援を目的とするリアルタイム原音推定を用いた音声生成器の検討
3. 学会等名 日本音響学会2017年秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松尾 政輝, 三浦 貴大, 坂尻 正次, 大西 淳児, 小野 束
2. 発表標題 視覚障害者のアクセシビリティに配慮したサイドスクロールアクションゲームの開発とゲーム内における聴触覚提示方法
3. 学会等名 第43 回(2017 年)感覚代行シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂井忠裕, 坂尻正次, 半田拓也, 清水俊宏, 大西淳児, 緒方昭広
2. 発表標題 視覚障がい教育の授業応用を目指した遠隔力覚誘導提示システムの開発と評価
3. 学会等名 WIT2017-41
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂尻正次, 三浦 貴大, 三好茂樹, 大西淳児, 曾我 晋平, 松尾 政輝, 小野束
2. 発表標題 ゴーストボールにおける投球音の定位能力を訓練するアプリケーションの開発
3. 学会等名 日本音響学会2017年秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂尻正次, 三浦 貴大, 三好茂樹, 大西淳児, 小野 束, 伊福部達
2. 発表標題 2次元触覚ディスプレイを用いた盲ろう者の歌唱支援のための触覚フィードバックによる音声ピッチ制御
3. 学会等名 LIFE2017講演論文集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松尾 政輝, 三浦 貴大, 坂尻 正次, 大西 淳児, 小野 束
2. 発表標題 全盲者のアクセシビリティに配慮した音で作図するタッチスクリーン端末用地図エディタ
3. 学会等名 LIFE2017講演論文集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大西 淳児, 杉崎 伸清, 松尾 政輝, 坂尻 正次, 三浦 貴大, 小野 束
2. 発表標題 盲ろう学生のための遠隔要約筆記伝達支援ソフトウェアの試作
3. 学会等名 LIFE2017講演論文集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三浦 貴大, 坂尻 正次, 大西 淳児, 松尾 政輝, 小野 束
2. 発表標題 全盲者のためのスマートフォン向け小型ソフトウェアキーボードの試作
3. 学会等名 LIFE2017講演論文集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ueda K., Takahashi T., Noda T., Yanagisawa H., & Murakami T
2. 発表標題 Neural correlates of aesthetic sensibility to product appearance
3. 学会等名 7th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 伊福部達
2. 発表標題 高齢社会を豊かにする人間サポート技術
3. 学会等名 東京大学柏キャンパス一般公開2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 伊福部達
2. 発表標題 ヒトの潜在能力を生かすモノづくり 福祉工学への招待
3. 学会等名 KKE Vision2016, 構造計画研究所:主催(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 伊福部達
2. 発表標題 『見る』、『聴く』、『話す』を助ける情報技術がもたらすもの
3. 学会等名 平成28年度研究推進に関する講演会、筑波技術大学 主催(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 三浦 貴大, 大橋 隆, 松尾 政輝, 坂尻 正次, 大西 淳児, 小野 束
2. 発表標題 視覚障害者のスマートフォン利用におけるアクセシブルなボタン配置に関する検討
3. 学会等名 感覚代行シンポジウム2016, 4 pages
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大西 淳児, 大橋 隆, 松尾 政輝, 坂尻 正次, 三浦 貴大, 小野 束
2. 発表標題 視覚障害者のための遠隔個別教育支援システムの試作
3. 学会等名 LIFE 2016, pp:55-56
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 松尾 政輝, 三浦 貴大, 坂尻 正次, 大西 淳児, 小野 束
2. 発表標題 全盲者のアクセシビリティに配慮した音だけで作図する地図エディタの評価
3. 学会等名 LIFE 2016, pp:53-54
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大西 淳児, 松尾政輝, 大橋隆, 三浦貴大, 坂尻正次, 小野束
2. 発表標題 視覚障害者のための遠隔教育支援システムの試作
3. 学会等名 FIT 2016:443-444
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 松尾政輝, 三浦貴大, 坂尻正次, 大西 淳児, 小野 束
2. 発表標題 視覚障害者のアクセシビリティに配慮したアクションRPG のユーザニーズに基づく改善
3. 学会等名 FIT 2016:563-564
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 藪 謙一郎, 伊福部 達
2. 発表標題 発話障害者のための指の位置と動きで操作する音声生成器における声質再現手法
3. 学会等名 日本音響学会2015年秋季研究発表会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 坂尻正次, 三好茂樹, 大西淳児, 小野束, 伊福部達
2. 発表標題 盲ろう者のための触覚フィードバックによる音声ピッチ制御システムの歌唱の正確性
3. 学会等名 LIFE2015(第15回日本生活支援工学会大会, 福祉工学シンポジウム2015, 第31回ライフサポート学会大会の共同開催)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Ueda K., Hikichi R., Nakao M., & Noda T.
2. 発表標題 Neural correlates of creative thinking
3. 学会等名 Neuroscience 2015
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 伊福部達
2. 発表標題 福祉IT機器のこれから - 地域に根ざしたニッチなモノづくり -
3. 学会等名 平成27年度北海道医療福祉産業研究会セミナー,北海道医療福祉産業研究会 主催(招待講演)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 伊福部達
2. 発表標題 人を生かすモノづくり - 福祉工学への招待 -
3. 学会等名 広島県福山市立大学公開セミナー(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masatsugu Sakajiri, Shigeki Miyoshi, Junji Onishi and Tsukasa Ono, Tohru Ifukube
2. 発表標題 Tactile pitch feedback system for deafblind or hearing impaired persons
3. 学会等名 IEEE SSCI 2014
4. 発表年 2014年

1. 発表者名 伊福部達
2. 発表標題 福祉機器工学への招待-ヒトの潜在能力を生かすモノづくり-
3. 学会等名 奈良高専技術フォーラム(招待講演)
4. 発表年 2014年

1. 発表者名 伊福部達
2. 発表標題 福祉IT機器の捉え方-ヒトの潜在能力を生かす-
3. 学会等名 フレキシブル医療IT研究会(招待講演)
4. 発表年 2014年

〔図書〕 計8件

1. 著者名 伊福部 達,他	4. 発行年 2017年
2. 出版社 羊土社	5. 総ページ数 7
3. 書名 実験医学増刊号、総力戦で挑む、老化・寿命研究	

1. 著者名 暦本 純一, 藪 謙一郎, 伊福部 達, 他58名.	4. 発行年 2018年
2. 出版社 株式会社エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 223-228
3. 書名 オーグメンテッド・ヒューマン Augmented Human AIと人体科学の融合による人機一体、究極のIFが創る未来	

1. 著者名 伊福部 達	4. 発行年 2016年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 236
3. 書名 福祉工学の基礎, 電子情報通信レクチャーシリーズ D-25	

1. 著者名 Tohru Ifukube	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Springer International Publishing	5. 総ページ数 239
3. 書名 Sound-Based Assistive Technology: Support to Hearing, Speaking and Seeing	

1. 著者名 藪 謙一郎	4. 発行年 2016年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 pp.362 - 363
3. 書名 「発話障害者のための支援機器」、音響キーワードブック 日本音響学会（編）	

1. 著者名 Ueda K	4. 発行年 2015年
2. 出版社 Springer International Publishing	5. 総ページ数 105-116
3. 書名 A psychophysiological approach towards understanding emotions. In Emotional Engineering (Vol. 3)	

1. 著者名 伊福部 達	4. 発行年 2015年
2. 出版社 株式会社エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 3 - 5
3. 書名 序論 超音声コミュニケーション時代の幕開け” , 進化するヒトと機械の音声コミュニケーション	

1. 著者名 伊福部 達	4. 発行年 2014年
2. 出版社 ミネルヴァ書房	5. 総ページ数 252
3. 書名 福祉工学への招待	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	上田 一貴 (UEDA Kazutaka) (10403594)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・講師 (12601)	
研究分担者	坂尻 正次 (SAKAJIRI Masatsugu) (70412963)	筑波技術大学・保健科学部・教授 (12103)	
研究協力者	三浦 貴大 (Miura Takahiro) (80637075)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究員 (82626)	