

令和 3 年 6 月 25 日現在

機関番号：87114

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K10701

研究課題名（和文）障害当事者の安心のための遠隔通報システムの開発

研究課題名（英文）Development of a remote notification system for the peace of mind of persons with disabilities

研究代表者

寺師 良輝（Terashi, Yoshiteru）

独立行政法人労働者健康安全機構総合せき損センター（研究部）・独立行政法人労働者健康安全機構総合せき損センター（研究部）・研究員（移行）

研究者番号：90647728

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）： モバイルメッセージングアプリケーションLINE利用の双方向の遠隔通報システムを開発した。意思確認ができる、緊急性が確認できることで不安の解消になるとの高評価を得た。

機械学習を利用した非言語音を入力とするスイッチを開発した。唇振動音、舌打ち音を判別することができ、複数機能操作の入力スイッチとしての可能性を見いだせた。

アンケート調査から、呼び鈴が最も使用されている、急用には電話が使用されている、障害者用操作デバイスの種類が多いPCの所有率が高いことが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アンケート調査を通し、遠隔通報システムが双方向性と、緊急度に応じた通信手段を備えることで、安心と安全が高まることが示唆された。その選択肢となるSNSを利用した遠隔通報システムの具現化は、社会的意義がある。

機械学習を利用した非言語音入力スイッチの開発では、唇振動音、舌打ち音を判別することができ、入力スイッチとしての可能性を見いだせた。このことは、実用化へ向けた社会的意義、AIによる障害者支援の具現化を示す学術的意義がある。

研究成果の概要（英文）： We have developed a two-way remote notification system using the mobile messenger application LINE. It was highly evaluated that anxiety could be resolved by being able to confirm the intention and urgency.

We have developed a switch that uses machine learning to input non-verbal sounds. It was possible to distinguish between lip vibration sound and tongue tapping sound, and found the possibility as an input switch for multi-function operation.

Questionnaire surveys revealed that doorbells are the most used, telephones are used for urgent needs, and PC ownership is high. The high PC ownership rate is thought to be due to the large number of types of operation devices for persons with disabilities.

研究分野：福祉工学

キーワード：通報 LINE IoTデバイス 双方向 呼び鈴

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) 多数の見守り・安否確認システムが商品化されているが、見守り者の安心のためのシステムのみで、双方向通信が可能な障害当事者の安心のための遠隔通報システムは存在しない。

(2) 個人用緊急通報システム製品は、通報先が固定される。複数へ順次電話発信できる製品もあるが、登録順に発信し、応答があったらそこで通話ができる仕組みのため、留守番電話の場合には対応できない。その回避には、コールサービスセンター等との契約が必要である。

(3) 外部スイッチで操作可能な携帯電話が存在したが製造販売を終了しており、このモデルの買い替えニーズに応えるスマートフォンが存在しない。

(4) 連絡のためのインターネット利用環境が、メールから即時性のある SNS へと変化してきている。Twitter を通報に使用した開発事例では有効利用が報告されている。

2. 研究の目的

(1) 双方向通信の遠隔通報システムを開発し、障害当事者の安心のための支援、留守番を可能とすることで障害当事者および家族の生活支援、問題解決することを目的とする。

(2) 遠隔通報装置のスイッチを押せない場面での代替入力方法として、非言語音を入力とするスイッチを開発し、障害当事者の安心のための支援、問題解決することを目的とする。

(3) 障害当事者の機器使用によるコミュニケーションに関する調査を通し、望まれる遠隔通報装置、サービスを明らかにし、機器開発により問題解決することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 現存する見守りサービス、緊急通報システムについて調査し、必要機能を抽出し、使用する側のニーズと問題点とのマッチングから仕様を決定し、遠隔通報システムの開発を進める。

(2) 障害当事者の発しやすい非言語音を調査、録音する。録音した非言語音データを基に機械学習を利用した非言語音を入力とするスイッチの開発を進める。

(3) 障害当事者の機器使用によるコミュニケーションに関する調査を聞き取り、アンケートにより実施する。

4. 研究成果

(1) 遠隔通報システムの開発

① スマートフォンとスイッチ中継器による構成

LINE によるスタンプ、メッセージでの双方向の意思伝達と、IP 電話による通話機能を併せ持つ遠隔通報システム（図 1）と入力分岐装置を開発した。本システムは、スマートフォン OS のアクセシビリティ機能とスイッチ中継器による入力補助とは異なり、遠隔通報に特化し、1~3 個のスイッチ操作で肯定、否定を表現する 2 種の LINE スタンプやメッセージ送信と、通話を可能とするものである。入力分岐装置は、スイッチ入力時間の長短により、肯定スタンプまたはメッセージ、否定スタンプまたはメッセージ、IP 電話と出力を分岐するものである。LINE スタンプ送信については、スイッチ、Bluetooth LE 接続のスイッチ中継器、スマートフォン、独自開発の通信アプリ、LINE ほか独自開発のサーバ、LINE Bot にて構成するシステムにて送受信を実現した。通報者側では LINE と通信するものの独自開発の通信アプリを使用するため、著作権フリーのスタンプを使用している。LINE メッセージについては、あらかじめ設定した 2 種の固定メッセージの送信を実現した。通話については、外部スイッチ入力によるシステム構成では LINE 無料通話の機能を使用できないことから、スイッチ、Bluetooth LE 接続のスイッチ中継器、スマートフォン、独自開発の通信アプリ、SkyWay (NTT コミュニケーションズ) ほか同時開発のサーバにて構成するシステムにて IP 電話を構築し、電話をかける、受ける、ハンドフリー通話を実現した。スマートフォンと Bluetooth LE 接続のスイッチ中継器の通信安定性に欠ける、IP 電話の発着信の遅延、機材が多く煩雑、といった課題が残る。

② LTE-M 通信内蔵の IoT デバイスによる構成

通報側でスマートフォンを必要とせず、LTE-M 通信内蔵の IoT デバイス単体でスイッチ入力による通報ができるシステムを開発した（図 2）。スイッチ、LTE-M 通信内蔵の IoT デバイス SORACOM LTE-M Button Plus、独自開発のサーバにて構成するシステムにて通信を実現した。SORACOM LTE-M Button Plus は接点端子を備え、外部スイッチの接続が可能であり、本体ボタンによるクリック入力に加え、外部スイッチアクションにあわせて 3 種類の出力情報を送信することが可能である。クリックに応じたアクションは、クラウド側で設定できる。単四電池駆動で、Wi-Fi 環境

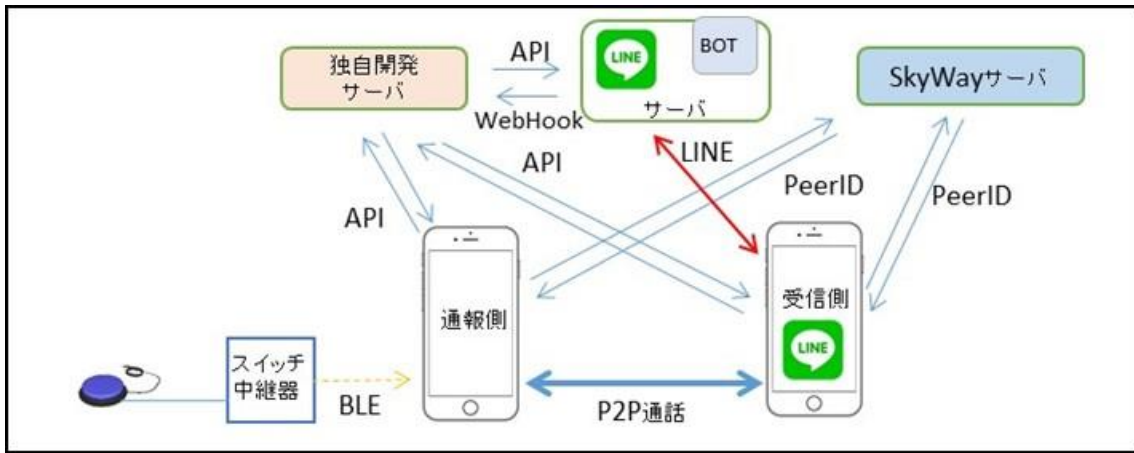


図1 スマートフォンとスイッチ中継器による構成

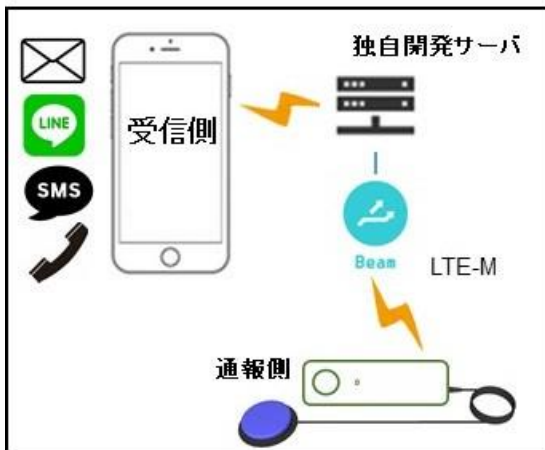


図2 LTE-M 通信内臓の IoT デバイスによる構成



図3 Wi-Fi 通信の IoT デバイスによる構成

に依存しないので、屋外でも利用できる。通報は、固定メッセージのメール、LINE、SMS と、固定音声メッセージの電話発信を選択することができる。本製品サービスは、E&I 社（福岡市）からテスト販売されている。

③ Wi-Fi 通信の IoT デバイスによる構成

通報側でスマートフォンを必要とせず、Wi-Fi 通信使用の IoT デバイス単体でスイッチ入力による双方向通報ができるシステムを開発した（図3）。通報側では、スイッチ、Wi-Fi 通信の IoT デバイス M5Stack、受信側ではスマートフォンにて構成するシステムにて双方向通信を実現した。M5Stack は、マイコン ESP32 搭載の Wi-Fi 通信、液晶ディスプレイ、入出力端子を備えた開発モジュールである。スマートフォンを所有していなくても Wi-Fi 通信使用で安価に使用できる利点がある。通報側は、M5Stack に接続したスイッチ操作により 2 種類の LINE メッセージを送信することができ、液晶ディスプレイで内容を確認できる。受信側は、スマートフォンの LINE メッセージで受信できる。受信側からは、IoT サービス Blynk で 2 種類のメッセージを通報側に返信することができる。返信メッセージは、着信音とともに IoT 端末の液晶ディスプレイに表示される。M5Stack はバッテリーを内蔵するが容量が少ないため、モバイルバッテリーか AC 電源での使用が現実的である。在宅障害者 2 名の試用では、双方向通信により意思確認ができる、緊急か否かが確認できることで不安の解消になると高評価を得ている。

(2) 非言語音スイッチ

障害当事者が遠隔通報装置のスイッチを押せない場面での入力方法として、機械学習を利用した非言語音を入力とするスイッチを開発した。非言語音スイッチは、唇振動音（ぶっ）、舌打ち音（ちっ）など非言語音の特徴量として抽出する MFCC（メル周波数ケプストラム係数）をシングルボードコンピュータ Raspberry Pi 上のプログラミング言語の Python の機械学習ライブラリである scikit-learn のモジュール SVM（サポートベクトルマシン）により判別し、接点出力を得るものである（図4）。Raspberry Pi を採用したのは、Python との親和性が高いこと、機械学習のプログラムを書く際の言語として Python が使われることが多いこと、入出力端子を備えており、動作状況を知らせるデバイスへの出力や接点出力を得やすいことによる。非言語音スイッチは、音声入力、分類器に入力するデータの準備、機械学習の実行、機械学習の結果の受け渡し、接点出力の流れで実現する。機械学習には時間を要するため、先に独立して学習モデルを生成する。非言語音スイッチとして実際に使用する際には、この学習モデルを読み出し使用することでリアルタイム出力を得ることができる。

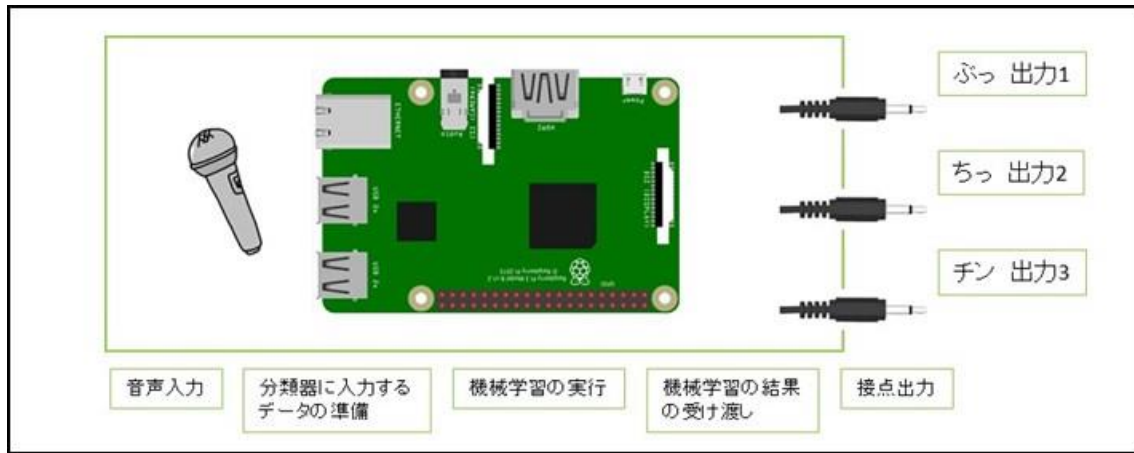


図4 機械学習による非言語音声スイッチ

非言語スイッチ開発では、非言語音である唇振動音（ぶっ）、舌打ち音（ちっ）と、インターネット上に公開されている鈴音（チン）を判別出力対象とした。3つの原音にインターネット上に公開されている15種類の環境音を入手し、19種類の音量で音を重ね、それぞれ285個の学習データを増産した。生成した学習データから特徴量である12次元のMFCCを抽出し、scikit-learnのモジュール、SVMを用いて学習させ、学習モデルを保存した。この学習モデルを使用し、判別出力を試みた。ノイズ無し原音をスピーカから発音させたテストでは、スピーカ～マイク間距離0.5m程度で大音量であれば十分な判別が可能であった。実際の使用場面であるベッドサイド配置でのスピーカ～マイク間距離1.5m程度では大音量でも十分な判別結果は得られていないが、学習データの増量で改善できるものと考えている。音入力のナースコール製品、スイッチ製品は、障害のある方への適用事例はあるものの、オンオフの入力に限られていたが、機械学習の利用による複数の非言語音の判別で、複数の機器や機能の操作の可能性が見いだせた。

(3) 情報端末の使用状況に関する調査

① 聞き取り調査

遠隔コミュニケーションおよび生活状況について、4名の高位頸髄損傷者（重度四肢麻痺）に対し、自宅への直接訪問による聞き取り調査を行った（図5）。

妻子3人家族で僻地に住む40代男性（A氏）は日中、電動車いすに乗りオーバーベッドテーブル上のノートPCとスマートフォンを使用している。マウススティックで外付けのキーボードをタイプして文字入力、PCの右に配置されたトラックボールを右手掌部で操作してカーソル移動を実現させている。スマートフォンはトラックボール横に配し、必要時には同様に手掌部で操作している。仕事上の連絡はPCの電子メールを多用している。友人や知人とはスマートフォンのLINEでやりとりしている。離れて暮らす高齢の両親との連絡や緊急時はスマートフォンの電話機能を使っている。ベッド上ではPC等の利用は無い。

家族4人で地方都市に住む30代の女性（B氏）は日中、ベッドで過ごすことが多いが、大学へ講義を受ける日は夕刻から数時間程度、介助用車いすに乗る。ベッド上ではディスプレイ一体型PC、学校ではノートPCをナチュラルポイント社のポインティングデバイス「スマートナビ」を利用し操作している。これは、反射シールを下顎に張り、スマートナビのカメラがそのシールの動きを検出し、マウス操作を実現させる障害者用ツールである。AndroidのスマートフォンをPCの画面へミラーリングさせることにより、PC上でスマートフォンを操作している。電話の発信・応答もPCを経由してスマートフォンで実現させている。

両親と3人で地方都市に住む40代の男性（C氏）は日中、電動車いすに乗っている。デスクトップPCは本体をデスク上に、モニターを専用スタンドに、キーボードとトラックボールをオーバーベッドテーブルに配している。トラックボールはクリックボタンを外部スイッチで操作できるように改造している。キーボードは手に装具を装着し操作する。同テーブル上にハンドフリーで通話できる電話機（固定電話）もある。別のオーバーベッドテーブルにはタブレット端末（iPad）があり、こちらは手につけた装具で直接画面をタッチして操作する。外出時にはスマートフォンでは無い携帯電話を所持し、手指の突起部で操作している。

母親と2人で地方都市に住む20代の女性（D氏）は日中、介助用車いすに乗っている。オーバーベッドテーブルに固定アームを設置しタブレット端末（iPad）をマウススティックで直接画面をタッチして操作している。ベッド上でも車いす上でもテーブルの高さを変更して対応している。スマートフォンも所有しており、同様にマウススティックで操作しており、外部からの着信は自動応答にしている。発信は音声操作で実現させている。ノートPCも所有しているが現在はほとんど使用していない。スマートスピーカー（LINE社のクローバー）を発売当初から利用しているが、テレビ操作とLINEでの呼び出し機能しか実現できず、他機種に買い換えを考えている。

全員がPC・タブレット・スマートフォンなど、複数の情報端末を目的や使用場面、連絡する



図5 訪問聞き取り調査を行った4名の高位頸髄損傷者（左からA氏、B氏、C氏、D氏）

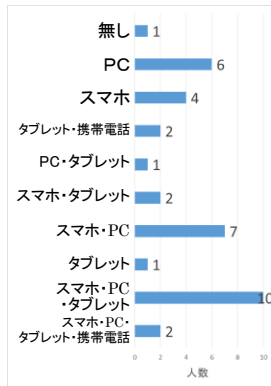


図6 所有する端末

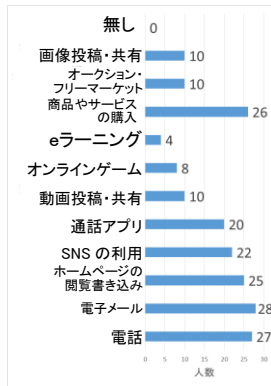


図7 利用の機能

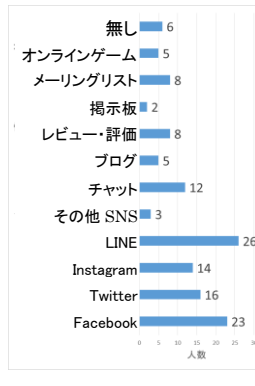


図8 利用のSNS

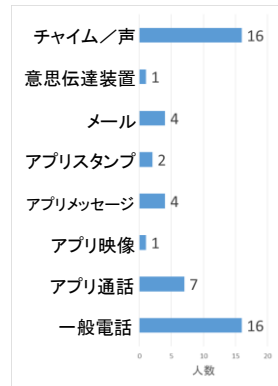


図9 緊急時伝える方法

相手によって使いわけている。障害者でも健常者と同様に、情報のやり取りは1機種、1方法のように限定的では無く、状況や目的に応じて使いわけていることが明らかになった。一方で、緊急時や急を要する要件の伝達時は、電話を使用することが多い。確実性や即時性に優れており、相手方が携帯電話あるいは固定電話は必ず有しているためと考えられる。緊急時という状況はめったに発生しないが、いざという時のために手段を確保している。ただし、発声もできない状況や災害などで停電になった場合など、完全な「安心」を得るには至っていない。

② アンケート調査

あわせて、PC やタブレット、スマートフォンなどの情報端末の操作に支障のある方（上肢障害者）を対象に、郵送によるアンケート調査を行った。46 人に依頼し得られた有効回答は、小学生～70 代の男女 36 名である。電話回線やインターネットを利用した他者との意思の疎通や情報伝達の使用状況について回答選択型の設問と自由記述の設問で構成した。

全 15 問中、特徴的な結果を抽出した。図 6～9 に示す。図 6 のいずれも所有していないという回答者は 40 代の男性であった。また、複数種の情報端末を所有している者が多い。機種別に見ると、PC が 26 名、タブレット端末が 18 名、スマートフォンが 25 名であり、タブレット端末よりもスマートフォンや PC を利用している者が多い。図 7 を見ると使用している機能は電子メールが 28 名、電話が 27 名と多数を占め、商品やサービスの購入の利用も多い。図 8 を見ると、使用している SNS は LINE が最も多い。次いで Facebook や Twitter も多数である。図 9 の緊急時の伝達方法は、回答を 2 つ選択できる設問である。遠隔地への伝達に限ると一般電話の利用が 16 名と多い。回答者ほぼ全員が何らかの情報端末を使って情報や意思の送受信を行っており、PC とスマートフォンなど複数の端末を活用していること、急を要する案件については電話回線を、さほど重要度の高くない案件については電子メールや通話アプリ、メッセージング等を利用しており、目的や場面に応じて複数の方法を使いわけていることが明らかになった。このアンケート結果を総務省が発行した令和元年度版情報通信白書と比較してみる。同白書の第 3 章第 2 節「ICT サービスの利用動向」の「主な情報通信機器の保有状況」の結果では、スマートフォンが 79.2%、PC が 74.0%の保有率であるのに対し、本アンケート図 6 をパーセンテージに換算するとスマートフォンが 69.4%、PC が 72.2%と、PC の保有率の方が高い。アンケート対象人数の差が大きいので単純な比較はできないが、障害者用の操作ツールが充実しているのはパソコンの方なので、障害者を対象とした本アンケートの結果としては理解できる。白書の「インターネットの利用目的」と本アンケート図 7 を比較すると、「電子メールの送受信」、「無料通話アプリやボイスチャット」、「商品・サービスの購入取引」が多く利用されている点は同様であるが、「ホームページやブログの閲覧書き込み」は、本アンケートでは比較的多い結果となっている。他の同様の障害を持つ者との情報交換に活用しているようである。

調査およびアンケートから、日常的には SNS が使用され、緊急時には呼び鈴や一般電話が使用される傾向が明らかになり、遠隔通報システムが双方向性と、緊急度に応じた通信手段を備えることで、安心と安全が高まることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 0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 寺師良輝, 小林博光, 林哲生	4. 巻 -
2. 論文標題 SNS利用の遠隔通報システムの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第34回リハ工学カンファレンス論文集	6. 最初と最後の頁 192-193
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 寺師良輝, 小林博光, 林哲生	4. 巻 Vol. 22 No. 8
2. 論文標題 機械学習による非言語音入力スイッチの開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会研究報告集	6. 最初と最後の頁 23-26
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 小林博光, 寺師良輝, 林哲生	4. 巻 Vol. 22 No. 8
2. 論文標題 障害当事者の安心のための遠隔コミュニケーション支援	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会研究報告集	6. 最初と最後の頁 27-32
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3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 寺師良輝, 小林博光, 林哲生
2. 発表標題 SNS利用の遠隔通報システムの開発
3. 学会等名 日本リハビリテーション工学協会 第34回リハ工学カンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺師良輝, 小林博光, 林哲生
2. 発表標題 機械学習による非言語音入力スイッチの開発
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース学会第180回研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林博光, 寺師良輝, 林哲生
2. 発表標題 障害当事者の安心のための遠隔コミュニケーション支援
3. 学会等名 ヒューマンインタフェース学会第180回研究会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>[研究成果物（スイッチテレコール）の出版] 計5件 第53回日本作業療法学会（福岡）2019年9月 第46回国際福祉機器展（東京）2019年9月 第67回日本職業・災害医学会（東京）2019年11月 第54回日本作業療法学会（Web開催）2020年9月 第47回国際福祉機器展（Web開催）2020年10月</p> <p>[研究成果物（スイッチテレコール）のテスト販売開始] 計1件 株式会社E&I（福岡）2019年7月</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	小林 博光 (Kobayashi Hiromitsu) (00647729)	独立行政法人労働者健康安全機構総合せき損センター（研究部）・独立行政法人労働者健康安全機構総合せき損センター（研究部）・研究員（移行） (87114)	

6. 研究組織（つづき）

	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	林 哲生 (Hayashi Tetsuo) (00769680)	独立行政法人労働者健康安全機構総合せき損センター（研究部）・独立行政法人労働者健康安全機構総合せき損センター（研究部）・研究員（移行） (87114)	

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