

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：23201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01058

研究課題名(和文) 視覚障害生徒の学習支援を目的とした視覚情報のバリアを低減化する技術開発の研究

研究課題名(英文) Research on development of technologies to reduce the barrier of visual information for aimed to assist learning of visually impaired students

研究代表者

高木 昇 (Takagi, Noboru)

富山県立大学・工学部・教授

研究者番号：50236197

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,700,000円

研究成果の概要(和文)：一般に物理現象や関数などのイメージを構築するために図やグラフなどの視覚情報の利用が必須であるが、全盲の視覚障害者が視覚情報へアクセスするのは容易でない。そこで、本研究では次の課題に取り組んだ。課題 線図形のパターン認識：印刷物の線図形や手書き線図形から触図を自動生成するための要素技術として、線図形のパターン認識技術開発を行った。課題 スマートフォンを利用した音声ガイド付触図システムの開発を行った。課題 64個のスピーカを矩形上に配置したスピーカ・アレイを試作し、線図形や物体運動の移動音呈示がどの程度正確に認識できるかの基礎実験を行った。触覚と聴覚のマルチモーダルな視覚情報呈示手段の示唆を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

線図形のパターン認識では、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を応用した技術開発を行った。線図形は、CNNが良く応用される一般物体画像と異なり、無地の背景に疎な前景で構成されるため新しいCNNを構築した。更に、視覚障害者でも利用可能な新しいオブジェクト指向型図形図形記述言語を試作した。視覚障害者が視覚情報へアクセスするには、触図の利用がほとんどである。即ち、触覚のみで図へアクセスしなければならない。これに対し、我々は聴覚による視覚情報へのアクセスを検討し、その可能性を示した。以上が学術的意義の概要である。また、視覚障害者の支援を目的とした研究のため社会的意義は大きいと言える。

研究成果の概要(英文)：It is essential to use visual information when studying the STEM subjects in order to construct understanding physics phenomena etc., but it is difficult for blind people to access such visual information. Therefore, we have studied the following research issues. The first issue was the development of line drawing pattern recognition, in which we have developed a recognition method as an elementary technology for automatically generating tactile graphics from printed/handwritten drawings. Next, we have developed an audio assisted tactile graphics systems using smartphones, which enables blind people to access tactile graphics easily. Third, we have prototyped a speaker array system which consists of 64 loud speakers arranged on a rectangle. We have then conducted a basic experiment to clarify how accurately a moving sound of a line-drawing/object-movement could be recognized. The results suggest that blind people could be access visual information using both touch and audition.

研究分野：福祉情報工学

キーワード：福祉情報工学 アクセシビリティ 視覚障害者 学習支援 応用情報 パターン認識

1. 研究開始当初の背景

理数工学の学習では、一般に、物理現象や関数などのイメージを構築するために図やグラフなどの視覚情報の利用が必須であるが、全盲の視覚障害者が図やグラフにアクセスするための支援技術は十分整備されているとは言えない。視覚障害者が図やグラフなどの視覚情報へアクセスする一般的な手段は、紙などの台の表面に凹凸を付けて触察できるようにした触図の利用である。しかし、手指による触図の触察のみでは、触察訓練を十分に積んだ視覚障害者でも時には図の理解に困難を伴う。例えば、センター試験の問題に付随する触図を理解できず解答できなかった視覚障害生徒の事例が報告されている。OCR やスクリーンリーダーなど、言語情報へアクセスするための実用的な技術開発は進んでいる一方、視覚情報へアクセスするための支援技術は余り発展していない。その証左の一つが、センター入試で提示される図やグラフなどの視覚情報は古典的な触図に留まっていることである。即ち、視覚障害者が視覚情報へアクセスする支援技術を発展させることは、彼らが社会において多種多様な形態で活躍するためには重要な課題である。

2. 研究の目的

我々はこれまでに視覚障害生徒の学習支援を目的として視覚情報のバリアを低減するための研究を実施してきたが、これまでの経験で様々な触図の問題が明らかとなった。問題点は次の3つに要約される。

環境整備：触図を準備する環境が必ずしも十分に整備されていない。

触読困難：複雑な触図は、触察に長けた視覚障害者でも理解が難しい場合がある。

動きを伴う物理現象の体験：物体の速度や加速度を触図で呈示することはできない。

上述の問題点を踏まえ、本研究では以下の具体的な目的を定めた。

課題 (線図形のパターン認識): 数学グラフなど理数工学系科目の教科書等で用いられる多くの図は線図形で表現される。そこで、印刷物の線図形や手書き線図形のパターン認識技術の開発を行う。また、全盲の物理学教員や企業で活躍する全盲の技術者は、自ら図を編集できる環境を切望している。ここでは、線図形のパターン認識にと合わせて、全盲の視覚障害者でも独力で線図形の編集が可能な支援技術を検討する。これによって、全盲の視覚障害者でも印刷物の図を編集できる環境が整えられる。

課題 (音声ガイド付触図システムの開発): 触図を利用する際、触察している内容をリアルタイムで音声呈示することは、触図の理解を能率的にする。実用的な音声ガイド付触図システムは次の5つの条件を満たす必要があると考える：(1)専用デバイスを必要としない；(2)既存の触図を利用できる；(3)常に両手で触察できる；(4)可搬性が高い；(5)廉価である。これらの5つの条件を満たす音声ガイド付触図システムの開発を目指す。

課題 (物理現象の仮想実現システムの開発): 自然現象の仮想実現を触覚と聴覚で知覚できるようなマルチモーダルな物理現象の仮想実現システムの開発とその評価を行う。特に、複数のスピーカから連続的に提示される移動音がどの程度その軌跡や速度を知覚できるかの基礎的研究を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

上述した課題別に研究の方法を述べる。

課題 (線図形のパターン認識技術)

一般に触図は単純な線図形として表現されるので線図形のパターン認識技術の開発を行う。線図形は広く視覚障害者が利用可能にするために EPUB に準拠した電子書籍で扱えることが必要である。更に、全盲の物理学教員が自身の講義の補助資料作成のために自ら図を描画することを強く希望しているように、全盲の視覚障害者でも社会で晴眼者と同じように活躍するには独力での作図を必要とすることがある。このような背景の下、本課題では、線図形のパターン認識技術開発に加えて、全盲の視覚障害者でも線図形の編集を容易にすることを目的とした新しいオブジェクト指向型図形記述言語の開発を行う。

線図形のパターン認識技術開発では、近年広く実用化されている畳み込みニューラルネットワーク (CNN) の線図形認識への応用可能性を検証する。一般物体認識で一定の評価を得ている VGG16 を用いる。VGG16 の畳み込み層は通常の CNN と同じく 3×3 の空間フィルタを用いている。我々の認識対象は線図形のため、 3×3 の小さい空間フィルタでは精度良く認識するための特徴を十分に抽出できない恐れがある。このため、 7×7 の広い空間フィルタを畳み込み層に用いた CNN (Scene-Net) の適用を検討する。VGG16 と Scene-Net を並列に結合することで認識率の向上が期待できる。

全盲の視覚障害者が線図形を作図するためには、TikZ と呼ばれる LaTeX の描画パッケージや SVG (Scalable Vector Graphics) などのベクター・グラフィックスの利用が適している。しかし、TikZ や SVG では、線分や円などの基本図形の描画には、これら基本図形の端点や中心座標

などの特徴点を正確に指定する必要がある。更に、一度基本図形を描画すると、その後はその基本図形の編集（移動、回転、拡大・縮小など）は不可能であり、基本図形の特徴点を修正する以外に手段はない。我々は、線分や円などの基本図形をオブジェクトとしてメモリ上で管理し、PowerPoint の編集作業のように、一度描画したオブジェクトを移動、回転、拡大・縮小などの編集を可能とする新しいオブジェクト指向型図形記述言語を開発する。ここでは、この図形記述言語の字句解析器、構文解析器を開発し、その後、描画結果をビットマップ画像、TikZ コード、および SVG のコードとして出力するシステムを試作する。

課題（音声ガイド付触図システムの開発）

現在、多くの視覚障害者はスマートフォンを所有し、友人とのコミュニケーションなどで日常的に利用している。そこで、我々は先述した 5 つの条件を満たす音声ガイド付触図システムを、スマートフォンをデバイスとして開発している（専用デバイスが不要、可搬性）。音声ガイド付触図システムのデバイスはユーザとなる視覚障害者が所有しているため、提供すべきシステムは音声ガイド付触図システムを駆動するためのソフトウェアのみとなる（両手触察、廉価）。我々は既にスマートフォンを利用した音声ガイド付触図システムを試作しているが、本研究ではユーザビリティ向上のために、スマートフォンに登録された触図の自動検索技術を検討した（既存の触図利用）。ここでは、線図形である触図を頂点と辺から構成されるグラフとしてとらえ、グラフ編集距離を応用するところで目的となる触図を高速に検索する技術を検討し、その有効性を評価する。

線図形の端点、交点、屈折点を頂点とすることで、線図形は離散数学のグラフで近似表現できる（図 1 参照）。この事実を利用して、触図の高速検索手法を次の手順で実行する：(1) 使用可能なすべての触図をグラフ表現に変換し、それらをスマートフォンに登録する；(2) 使用する触図の画像をスマートフォンで取得し、その触図をグラフで表現する；(3) その後、スマートフォンに登録済の触図のグラフ表現と類似する触図を検索することで、使用する触図の音声ガイドデータなど必要な情報をスマートフォンのメモリ上に読み込む。ここでは 2 つのグラフの類似度を算出する技術開発が必要である。我々は、2 つのグラフの類似性判定をするためにグラフ編集距離に着目した。しかし、グラフ編集距離の計算量は 2 つのグラフの頂点数に対して指数関数的に増加し、NP 困難な問題として知られている。そこで、割当問題を利用したグラフ編集距離の高速近似解法を提案し、その検索精度を計算機実験的に評価した。

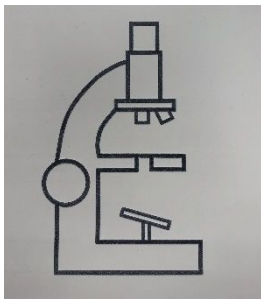


図 1 触図の元画像(右)とそのグラフ表現(左)

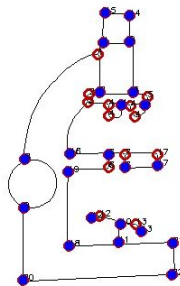


図 2 スピーカ・アレイの外観図

課題（物理現象の仮想実現システムの開発）

力覚デバイスと音響システムを併用するマルチモーダルな仮想現実システムの開発を目的として、8×8 個のラウドスピーカで構成されるスピーカ・アレイを開発した(図 2 参照)。

スピーカ・アレイの各ユニット（ラウドスピーカなど一式）は独立に音の ON/OFF を PC から制御可能に設計した。このため、あるユニットから音を出力し、その直後に隣接するユニットから音を出力させるなどの制御を柔軟にできる。隣接する一連のユニットから連続的に音を出力することによって、スピーカ・アレイから移動する音（移動音と名付ける）が呈示可能となる。ここで、例えば、アルファベット A の筆記順にしたがった移動音を呈示すれば、受聴する被験者はアルファベット A のパターンを認識できることが期待される。単純な線図形がどの程度正確に移動音によって認識できるか評価実験を実施する。

また、我々は移動音を制御することにより物体の速度や加速度を大雑把ではあるが呈示でき、視覚障害者はその移動音を受聴することで、ある程度速度や加速度を知覚できるのではないかと考えた。この仮説を検証するために基礎的な心理物理学の実験を実施した。まず、20 個のラウドスピーカを水平方向に配置し、時間的連続性が保存される移動音呈示方法、および空間的連続性が保存される移動音呈示方法について 3 つの指標（移動感、速度感、聴き取り易さ）に対する主観評価を実施した。更に、4 個のラウドスピーカを上下、左右、斜め方向に配置し、音像が等速直線運動および等加速度運動をするようにラウドスピーカを制御し、目隠しした被験者が各運動を知覚できるか否かの評価実験を実施した。

4. 研究成果

課題別に研究成果の一部を説明する．

課題 (線図形のパターン認識技術)

CNN 学習のためには線図形のデータセットが必須である．まず，Eitz らの作成した TU-Berlin のスケッチデータセットを利用する．TU-Berlin データセットの線画像の例を図 3 に示す．TU-Berlin データセットは，250 種類のオブジェクト(カテゴリ)を採用し，各カテゴリには 80 枚のスケッチ画像が保存されている．したがって，合計で，20,000 枚の画像が保存されている．我々は，この 20,000 枚の画像に加えて，シーンスケッチ画像を 1,554 枚独自に収集した．その例を図 4 に示す．これら，21,554 枚の画像セットを利用して，線図形のパターン認識に適した CNN として VGG16 と Scene-Net を並列に結合した CNN を提案した．提案した CNN の識別精度は約 88% であったことを計算機実験で確認した．これば，VGG16 や Sence-Net 単体より高い．



図 3 TU-Berlin データの例



図 4 シーンスケッチ画像の例

次に，全盲の視覚障害者が利用可能な新しいオブジェクト指向型図形記述言語について述べる．まず初めに，現在までに検討した文法の一部を説明する．次の基本図形を描画できる：(1)線分/矢印線分；(2)矩形；(3)円；(4)楕円；(5)円弧/楕円弧；(6)放物線；(7)ベジエ曲線．次の編集操作が可能である：(1)平行移動；(2)回転；(3)グループ化/解除；(4)消去．線分/矢印線分の書式を例に，文法の一部を以下に例示する．

書式: `line(start_point, end_point)[arrow_type=val1, rotation=val2, line_type=val3, thick=val4]`;
説明: line コマンドでは，始点が `start_point`，終点が `end_point` の線分または矢印付線分を生ずる．角括弧内のパラメータはオプションで省略可能．矢印付線分を描画する際は，オプション `arrow_type` を設定する必要がある．

メンバ変数: line オブジェクトには 3 つのメンバ変数が割り当てられる: `start_point`(線分の始点)；`end_point`(線分の終点)；`angle`(線分の角度)．メンバ変数は，オブジェクト名とメンバ変数名をピリオドで連結する識別名で参照できる．例えば，`line1.start_point` は定義済オブジェクト `line1` の始点を参照する．

メンバ関数: line オブジェクトには 1 つのメンバ関数 `get_point(val)` が割り当てられる．`val` は 0 以上 1 以下の数値で，始点から `val` の比で線分を内分する点を返す．参照はメンバ変数の参照方法に従う．

我々の言語を用いたサンプル・コードを以下に示す．

```
line1 = line((-20,0), (20,0))[arrow_type = ->];  
rect1 = rectangle((0,1), (4,3));  
contact(line1, rect1);  
shift(rect1, -7);  
line2 = line(rect1.east, +(60:10))[arrow_type = ->];  
line3 = line(rect1.east, (line2.start_point -| line2.end_point));  
arc1 = arc(rect1.east, 0, 60, 3);
```

上記サンプル・コードの出力結果を図 5 に示す．ここでは，上記サンプル・コードを構文解析し，SVG のコードへ自動翻訳した結果を示している．

課題 (音声ガイド付触図システムの開発)

ここでは，グラフ編集距離の近似解法とその精度について述べる．

元グラフと目標グラフのグラフ編集距離を求めるには，置換，挿入，削除の 3 つの基本的グラフ編集操作が適用される．各基本操作には，操作対象に応じたコストが割り当てられており，元グラフを目標グラフへ変換するためのグラフ編集操作のコストの総和の最小値をグラフ編集距離として定義する．元グラフから目標グラフへの一連の編集操作を割当問題に帰着させることで，グラフ編集距離の近似値を高速に求める．ここでは，Munkres のアルゴリズムを用いたので，計算量は $O((n+m)^3)$ となる．ここに， n は元グラフの頂点数， m は目標グラフの頂点数である．今，元グラフ $G1$ の頂点集合を $V1=\{u1, u2, \dots, un\}$ ，目標グラフ $G2$ の頂点集合を $V2=\{v1, v2, \dots, vm\}$ とするとき，図 6 に示すコスト表を設計する．ここに，左上の $n \times m$ 部分行列は頂

点 u_i を頂点 v_j に置換するコストを表現する．左下の $m \times m$ 部分行列は挿入操作のコスト，右上の $n \times n$ 部分行列は削除操作のコストをそれぞれ表す．右下の $m \times n$ 部分行列は対応する編集操作が無い場合、コストはすべてゼロとする．我々は、このコスト表に基づく割当問題を Munkres のアルゴリズムで解く方法を検討した．95%以上の検索精度を計算機実験で確認した．

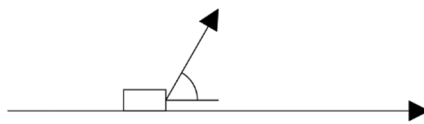


図5 サンプル・コードの出力結果

課題 (物理現象の仮想実現システムの開発)

線図形の静止画を移動音でどの程度正確に認識できるかの実験を行った．その一部を述べる．まず、基本図形としては円形、三角形、四角形で合計7つの基本図形を選択した．ここでは、基本図形を移動音で呈示する際、角の認識に関する基礎実験結果を示す．移動音を呈示する際、あるラウドスピーカから次のラウドスピーカで音を呈示する時間間隔を 0 [sec] に設定すると、角がほとんど認識されないことが事前の予備実験で明らかとなった．そこで、角の際には隣接する2つのラウドスピーカの時間間隔にある一定時間を挿入した場合、どのように認識されるのかを検証することを目的とした実験を実施した．

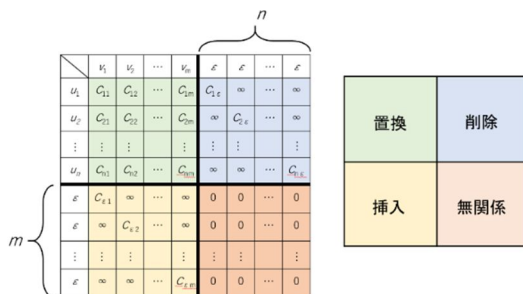


図6 コスト表

上記の設定条件に対して、角を強調する音呈示では角に対応する際に 120[ms]の音呈示の後に 500[ms]の無音インターバルを挿入する．上記の実験設定に対して、8名の被験者(晴眼の学生4名、および大学教員4名(内、1名は全盲の視覚障害者))で実験を実施したところ、無音インターバル無しで約 30%、有りで約 80%の正答率であった．

我々は移動音を制御することにより物体の速度や加速度を大雑把ではあるが呈示でき、視覚障害者はその移動音を受聴することで、ある程度速度や加速度を知覚できるのではないかと考えた．この仮説を検証するために基礎的な心理物理学の実験を実施した．20個のラウドスピーカを水平方向に配置し、時間的連続性が保存される移動音呈示方法、および空間的連続性が保存される移動音呈示方法について3つの指標(移動感、速度感、聞き取り易さ)に対する主観評価を実施した．

時間的連続性を検証する実験では、水平に移動する異なる2つの移動音(AとB)を呈示し、被験者の移動音に対する時間的連続性の主観評価を行った．なお、移動音Aは隣接するスピーカの時間間隔は 0[ms]とした．移動音Bでは、無音時間 50[ms]を設定した．なお、各スピーカの音呈示時間は移動音Aでは 150[ms]、移動音Bでは 100[ms]に設定し、移動音全体の呈示時間をA、B共に同一の時間に設定した．他方、空間的連続性を検証するでも水平に移動する異なる2つの移動音(AとC)を呈示し、被験者の移動音に対する空間的連続性の主観評価を行った．移動音Aは時間的連続性の実験と同条件である．移動音Cではラウドスピーカを一つ飛ばしに音を出力することで移動音Cを呈示する．スピーカ1つ当たりの音呈示時間は 300[ms]とし、したがって全体の音呈示時間は移動音Aも移動音Cも同じである．時間的連続性に対する被験者の主観評価を図7に、空間的連続性に対する結果を図8に示す．

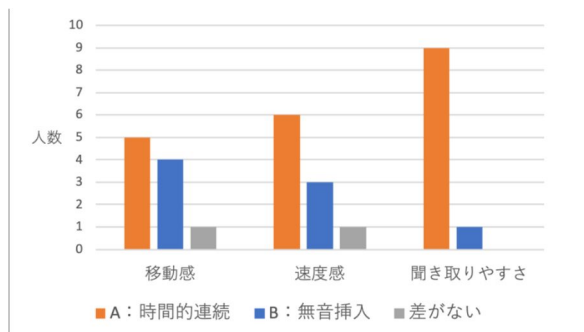


図7 時間的連続性の実験結果

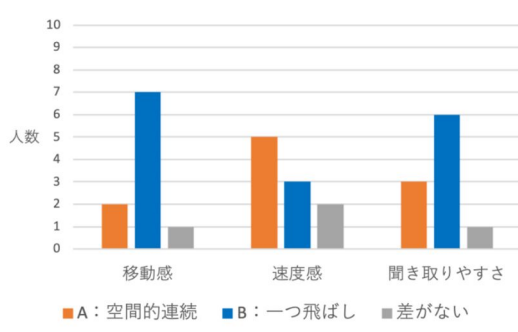


図8 空間的連続性の実験結果

図7の時間的連続性の実験結果から、角などの特殊な条件以外では無音のインターバルを挿入することは、移動感や速度感、および聞き取り易さに大きな影響のあることが示唆された．また、図8の空間的連続性の実験結果からは、密にラウドスピーカを配置することは、移動感と速度感にトレードオフのあることが示唆される．今後、移動音の呈示で移動物体の速度や加速度を呈示する手法への良い知見となった．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Kiri Tateno and Noboru Takagi
2. 発表標題 Image Retrieval Method Executable on Smartphones Using ORB Local Features and Binary Decision Tree
3. 学会等名 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuo Motoyoshi and Noboru Takagi
2. 発表標題 The Presentation of a Sightseeing Area Information by a Shape Presentation System Using Linear Actuators
3. 学会等名 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 立野貴梨, 高木昇, 本吉達郎, 増田寛之, 澤井圭
2. 発表標題 視覚障害者のための触図触察支援システムのユーザインタフェース検討
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会主催第29回インテリジェント・システム・シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 立野貴梨, 高木昇, 本吉達郎, 増田寛之, 澤井圭
2. 発表標題 視覚障害者のための音声による触図触察支援システムのユーザインタフェース評価
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会第35回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高木昇, 鈴木貴, 荒木智行
2. 発表標題 視覚障がい者が利用可能なオブジェクト指向図形描画記述言語の開発について
3. 学会等名 情報アクセシビリティをめぐる諸問題に関する研究集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大嶋健悟, 高木昇, 本吉達郎, 増田寛之, 澤井圭
2. 発表標題 深層学習を用いたスケッチ画像の識別率向上の検討
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会第27回北信越支部シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本吉達郎, 大山才貴, 澤井圭, 増田寛之, 高木昇
2. 発表標題 RFIDシステムを用いたタンジブルなプログラミングツールを共有する学びのプロセス
3. 学会等名 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大山才貴, 本吉達郎, 澤井圭, 増田寛之, 高木昇
2. 発表標題 RFIDシステムを用いたタンジブルなプログラミングツールを共有する学びのプロセス
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuta Hashimoto and Noboru Takagi
2. 発表標題 Development of Audio Tactile Graphics System Using iPhone and Efficiency Evaluation
3. 学会等名 Proceedings of International Forum on Multimedia and Image Processing, World Automation Congress (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Noboru Takagi and Yuichiro Mori
2. 発表標題 High Speed Image Retrieval Method Executable on Smartphones: Toward Vision Assistance for Blind People
3. 学会等名 Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuta Hashimoto and Noboru Takagi
2. 発表標題 Development of Audio-Tactile Graphic System Aimed at Facilitating Access to Visual Information for Blind People
3. 学会等名 Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Noboru Takagi and Yuichiro Mori
2. 発表標題 Finger Movements in Blind Individuals While Touching Tactile Graphics
3. 学会等名 Proceedings of Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuta Hashimoto and Noboru Takagi
2. 発表標題 Development of Audio Tactile Graphics System Using iPhone and Efficacy Evaluation
3. 学会等名 Proceedings of Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Noboru Takagi
2. 発表標題 Assistive Technology for the Visually Impaired Based on Image Processing
3. 学会等名 World Automation Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Noboru Takagi
2. 発表標題 Vison Assistance for Blind People Based on Smartphones
3. 学会等名 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 張放, 高木昇
2. 発表標題 視覚障害者の作図を支援するシステム開発の研究
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会 第34回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋本勇太, 高木昇
2. 発表標題 触図触察動作解析と能率的な触図触察に関する研究
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会 第34回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 立野貴梨, 高木昇
2. 発表標題 音声による触図触察支援システムのUI検討
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会 第27回北信越支部 & 第25回人間共生システム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒木智行, 鈴木貴, 高木昇
2. 発表標題 視覚障がい児童生徒に投げたボールの運動を仮想触覚体験させるひとつの試み
3. 学会等名 日本学術振興会平成30年度科学研究費補助金等による研究集会, 情報アクセシビリティをめぐる諸問題に関する研究集会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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	荒木 智行 (Araki Tomoyuki) (20257413)	広島工業大学・工学部・教授 (35403)	

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	鈴木 貴 (Suzuki Takashi) (40289260)	広島工業大学・工学部・教授 (35403)	

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