

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 17 日現在

機関番号：12103

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12781

研究課題名(和文)筆位置を音色で確認できる視覚障害者用音響ペンの提案

研究課題名(英文) Proposal of an Acoustic Digital Pen for the Visually Impaired that will Allow them to Recognize Handwriting Position using Sound

研究代表者

巽 久行 (TATSUMI, Hisayuki)

筑波技術大学・保健科学部・教授

研究者番号：30188271

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：視覚障害者がペンを使って文字を書くのは難しい。単純に見えないからという理由だけでなく、ペンの軌跡(言い換えれば、書字の過程)が分からないからである。本研究はペンの移動が音色で分かるような、視覚障害者のための音響ペンの考察である。提案する音響ペンの定位感は電子ペンの筆位置情報をもとにPCのMIDI音源で擬似生成した音色であり、耳で聞く環境音などの聴覚情報を邪魔しないように、その擬似音は骨伝導ヘッドホンで聞くことを想定している。ペンの移動方向を音色で確認しながら書くことで、簡単な文字ならば訓練次第では、より短時間で上手に可読できる文字を書くことが期待できる。

研究成果の概要(英文)：It is difficult for visually impaired individuals to write characters using a pen. This is not only because their visual impairment prevents them from seeing the location of the pen-tip, but also because they are unable to confirm the movement of the pen-tip and their handwriting. In this research, we consider an acoustic digital pen for the visually impaired individuals that will allow them to recognize the movement of the pen by sound. Signals of proper positioning of the proposed pen are provided by the simulated sound's tone colors based on the pen-tip locations. They are produced by the MIDI sound generator in PC. The simulated sound is supposed to be heard with the bone conduction headphones. By enabling to hand-write while checking the direction of the pen movement with the tone color, a visually impaired individual can be expected to write readable characters easily in a shorter time, depending on the training if it is a simple character.

研究分野：福祉情報工学

キーワード：視覚障害 音響ペン 擬似音響 ペン先位置追跡 音の定位感 筆跡把握

## 1. 研究開始当初の背景

視覚障害者がペンを使って字を書くのが容易ではないのは、単に見えないことや字の形を知らないという理由だけではなく、筆跡（言い換えれば書字の過程）が掴めないからである。書字経験のある中途失明者は筆移動を身体で覚えているので、簡単な文字は書くことができる。一方、書字経験のない先天盲者は名前を（漢字は無理でも平仮名文字で）書けるように訓練されることが多いが、紙の上にペンを使って自由に墨字を書きたいと願う人は多い。

通常、墨字訓練は手のひら（筆移動を肌で感じる）やレーザーライタ（筆跡が盛り上がる特殊なセロファンで筆移動を触指できる）が使われている。レーザーライタに書かれた筆跡は傷状態になって消せないの、触覚ディスプレイ（ピンの上下運動で凸画を表示できる装置）で何度も書字ができる電子レーザーライタが開発された[\*]。この機器は入力ペンの筆移動をリアルタイムに触覚ディスプレイ上で触知できる。

欧米の全盲者が墨字で文字を書ける人が多い理由は、ラテン文字はストロークが離れることがないので（一筆書き状態）、筆移動が掴みやすいからである（日本語は、複雑な漢字だけでなく簡単な平仮名文字でもストロークが離れる）。

研究代表者等は、筆移動が音で分かるような視覚障害者用のペンがあれば、安価な投資で気軽に運筆（これは筆跡と運跡の動作からなる）を訓練できると考えた。さらに、習熟次第では、平仮名文字や簡単な漢字ならば、可読ができる筆記を行うことが期待できる。以上が、本研究開始での背景と動機である。

[\*] Makoto Kobayashi, Tetsuya Watanabe : “A Tactile Display System Equipped with a Pointing Device --- MIMIZU”, Springer, LNCS(Lecture Notes in Computer Science), Vol.2398, pp.527-534, 2002.

## 2. 研究の目的

本研究は、ペンの移動が音色で理解できるような、視覚障害者のための音響ペンの考察である。提案した音響ペンの定位感（ペン先がどの位置にあるかを書き手が感じる）は、音響ペンの筆位置情報をもとに PC の MIDI 音源で擬似生成した音色であり、耳で聞く環境音などの聴覚情報に邪魔されないように、その擬似音響は骨伝導ヘッドホンで聞くことを想定した。

ペンの移動方向を音色で確認をしながら書くことで、簡単な表記や平仮名文字ならば訓練次第では短時間で上手に可読できる文字を書くことが期待できる。この音響ペンは書画訓練シミュレータとしても利用できるので、書字訓練を教師なしで行うことや音色のパターンを字形の記憶学習に展開させるなどの可能性を秘めている。

## 3. 研究の方法

音の性質を決める三要素は、音量、周波数、周波数成分であり、考察した音響ペンが生成する擬似音は、音量は頭部中心からペン先までの距離で変化させ、周波数は頭部前方側の左右方向で変化させ、周波数成分は頭部前方側の上下方向で変化させるような、音響場の定位感を検討した。理論的には、ペン移動はファジィ制御等で、筆軌跡は空間表現手法の一つである距離場空間モデル等で、定位感を事前に推定することは可能であるが、実際は被験者の方向識別感覚や移動距離感覚には個人差があるので、多様な状況下でのデータをもとに機械学習プログラムで求めた閾値の設定が容易な推定値を採用した。

## (1) 2016 年度

研究期間の初年度に当たる 2016 年度は、筆移動と擬似音響との間のパラメータ設定の考察、および、筆移動に対する音の方向識別の検討、という 2 つを目標として設定した。提案した音響ペンの筆位置定位感は、ペンの位置情報をもとに PC の MIDI 音源で擬似生成した音色であり、筆位置測定は、プログラム開発段階では動作分析に向けて精度も得られる光学的手法（カメラを用いた筆先マーカーステレオ検出）を用いたが、最終的には、精度が得られないが安価で扱いも容易な、電子ペンで使用されている赤外線・超音波法の利用を想定した。

音響ペンが擬似生成する音は、耳で聞く音と重なり合わないように骨伝導ヘッドホンで聞くが（耳の近くの骨を振動させて聞く骨伝導音は、鼓膜で聞く軌道音と同時に聞くことができる）、骨伝導音の場合、擬似音響の定位感の生成は実音と比べて難しくなること、また、骨伝導音は軌道音より音圧の差異を調整するのが難しい。このため、生成した擬似音の定位感は、音圧を測定できるソフトウェアで検証しながら補正した。

## (2) 2017 年度

研究期間の最終年度に当たる 2017 年度は、前年度に開発した擬似音でペン位置を確認するプログラムの改良（内訳は筆移動推定と筆軌跡推定を行うプログラムで構成される）と評価・分析、このプログラムを用いて書画訓練シミュレータの基本設計を行った。最初に、円や三角形などの単純な図形軌跡音と平仮名文字や簡単な漢字などの文字軌跡音を、被験者の方向識別能力に合わせて生成するプログラムを作成した。次に、書跡判定プログラムを作成し、最後に、両者を併せて書画訓練シミュレータとした。書画訓練は被験者に音響デモで書画環境を把握させ、学習しやすいクイズ形式（音色によるあみだくじや迷路脱出など）も含む予定であったが、本報告書の作成時点では完成していない（開発に当たり、データマイニングやニューラルネットワークの手法で行うことを計画していた）。

#### 4. 研究成果

##### (1) システムの概要

研究代表者等は提案した音響ペンを PC 音源 (General MIDI) と電子ペンで構成した。図 1 に、システムの構成を示す。この構成は電子ペンの筆位置情報をもとに、PC 音源で筆位置感の音響を擬似生成し、それを骨伝導ヘッドホンで聞くものである (骨伝導音ならば、環境などから発生される軌道音と同時に聞くことができる)。



図 1 システムの構成

筆記とは、視覚のフィードバックと手指の運動機能が合わさった行為である。そのため、画面を指で触って操作する携帯情報端末でも書字訓練を行うことは可能であるが、視覚障害者の書字では運筆が重要であり、筆跡に現れない筆移動が字形を決める。そのため、音響ペンは生成する擬似音は、筆跡中 (筆記を伴う運筆状態) だけでなく運跡中 (筆記を伴わない運筆状態) の音も考慮した。その意味から、実際のペンに近い筆記道具でペン先の位置を取得できる電子ペンは有用である。

書字の際にペンが実音ではなく、筆位置の情報をもとに擬似音を生成するのは、筆空間の大きさと無関係に字形のみで音響を制御できるからである。実際、筆空間は眼の前で書字も小さいので、実音では両耳で感じる音圧差や時間差などが僅かで、字形を識別するのは困難である。この点、擬似音ならば作成次第で音像定位が可能となる。また、超指向型の耳元イヤホンならば、書字の擬似音と環境音を同時に聞けるので、音質の点で劣勢にある骨伝導音でなくても良い。

電子ペンは研究代表者等の他の研究で既に使用していたので、音響ペンの筆位置測定は電子ペンで使われている赤外線・超音波法 (ペン先から出る超音波と赤外線の到達時間の差で書字面の筆位置を同定する) を採用した。この赤外線・超音波法を用いたプログラミングは、ソフトウェア開発用 SDK に含まれるライブラリで簡単に作成できる。本課題では Windows の .NET SDK のサンプルをもとに C# 言語で開発しており、電子ペンの操作はすべてコンポーネントを開発環境のフォームに貼り付けることで行える (例えば、筆位置の 2 次元座標値は、コンポーネント内にある関数の引数で簡単に取得できる)。

音の性質を決める要因は、大きさ (音量)、高さ (周波数)、音色 (周波数成分) であり、音源がどの位置にあるかを聴き手が感じることを定位感と呼ぶが、この定位感の構築が音響ペンでは特に重要である。図 2 は本課題で仮定する擬似音響の定位感マップであり、この定位感を基にして MIDI プログラムの作成と実験を行った。同図において、音量は頭部からの距離で変化させ (但し、変化量が線形か非線形かは検討を要する)、周波数は前方の左右方向で変化させ (但し、音量と同様に変化量は検討を要する)、周波数成分は前方の上下方向で次数を変化させる (但し、倍音の次数や含有率は難しい問題で、倍音が基音の厳密な整数倍でない方が聞きやすいことや揺らぎの付加も検討を要する)。

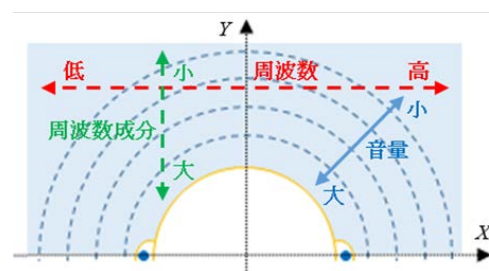


図 2 擬似音響の定位感マップ

##### (2) 擬似音の生成

赤外線・超音波法は高精度な筆位置測定に不向きなので、システム開発段階での筆位置取得実験では、図 3 に示すように、ペン先の動作追跡として CCD カラーカメラ (毎秒 90 フレーム) を複数使用した。これはペン先に貼付したカラーマーカーを追跡する光学的手法を用いた筆位置の同定である。実験方法は、眼の前に基準となる書字空間を設定して (同図内の立方体が書字空間であり、本実験では立方体の各辺の長さを 30cm でキャリブレーションしておく)。この書字空間内の XZ 平面上に用紙を置いて、視覚障害の被験者 (全盲者もしくはアイマスクをした弱視者) に平仮名文字 (例えば “あ”) を書いてもらい、そのペン先のマーカー位置を取得した。

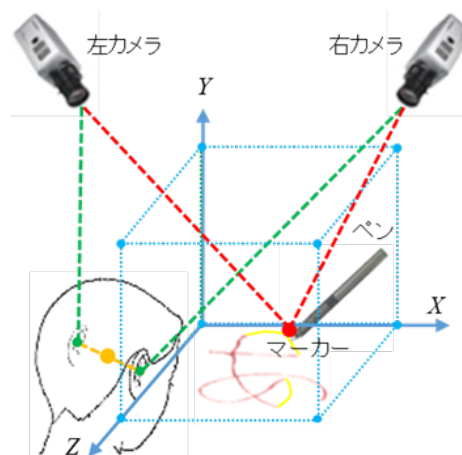


図 3 光学的手法による筆位置検出

また、被験者の両耳位置も同時に計測し、両耳間の頭部中央（同図の頭部内に示された点）と筆位置（同図のペン先マーカの点）から、定位感を持つ仮想的な擬似音響の生成を PC 音源で行った。即ち、書字空間 XYZ の原点を O、マーカを P とし、左耳を  $E_L$ 、右耳を  $E_R$ 、頭部中央を C とすると、擬似音源から左耳の距離は  $|E_L - P|$ 、右耳の距離は  $|E_R - P|$ 、頭部中央は  $C = (E_L + E_R) / 2$  であり、点 C での擬似音を分析した。

表 1 は、書字空間 XYZ の原点を (0, 0, 0) として、平仮名文字“あ”を書字した際の筆先位置を測定した結果の一例である（同表は、取得データの被験者が墨字を書ける弱視者であったので、アイマスク着用でも字を上手に書いていた）。同表における数値は左から順に、取得フレームの生成番号（シーン番号と呼ぶ）、シーン毎の経過時間（実験で使用した CCD カメラの撮像速度は毎秒 90 フレームなので、各シーンは 0.011 秒間隔である）、ペン先の空間座標 (x, y, z)、一つ前のシーンの座標から現在のシーンの座標との間の移動距離、そのときの速度および加速度を、それぞれ表している。

図 4 に、表 1 の筆位置データで描画した結果（ペン先に貼付したマーカの追跡は連続ベクトルで計算したので、生成した擬似音響は連続音に近い）を示す。

表 1 筆位置追跡の結果  
（文字“あ”の場合）

シーン	時間	X	Y	Z	移動距離	速度	加速度
1	0	19.103	0.495	21.59			
2	0.011	19.103	0.495	21.59	0	0	
3	0.022	19.105	0.507	21.62	0.033	2.935	264.192
4	0.033	19.103	0.495	21.59	0.065	2.935	0
5	0.044	19.095	0.494	21.606	0.084	1.649	-115.765
6	0.056	19.113	0.508	21.604	0.107	2.094	39.991
7	0.067	19.113	0.508	21.604	0.107	0	-188.418
8	0.078	19.108	0.483	21.588	0.137	2.69	242.101
9	0.089	19.129	0.499	21.58	0.164	2.492	-17.842
10	0.1	19.103	0.495	21.59	0.193	2.533	3.673
⋮		途中省略					
1151	12.778	7.055	0.372	11.707	83.07	9.216	370.891
1152	12.789	7.114	0.363	11.682	83.135	5.864	-301.697
1153	12.8	7.169	0.353	11.656	83.196	5.537	-29.367
1154	12.811	7.21	0.374	11.618	83.256	5.415	-11.026
1155	12.822	7.278	0.357	11.507	83.388	11.794	574.119



図 4 筆位置の描画例（文字“あ”）

MIDI 規格 (Musical Instrument Digital Interface の略語) とは、デジタル楽器やコンピュータなどで演奏する際に準拠するデータ転送の規格である。本課題では PC の標準

音源 (General MIDI) を使用している。MIDI プログラミング (再生は MIDI API) では、MIDI 音源へのメッセージ送信として、音色を切り替えるプログラムチェンジ (General MIDI では 128 種類の楽器から選択する) と、音に変化をつけるコントロールチェンジがある。図 4 において、筆跡状態 (赤色の線で描画、図 3 内の XZ 平面上での筆移動) と運跡状態 (青色の線で描画、図 3 内で  $Y > 0$  の書字空間での筆移動) では音色を変えている (例えば、ピアノとオルガンなど)。また、音色を構成する各音には、音の高さ (ノートナンバーと呼ばれる 0~127 の数値で、Note と記す)、音の強さ (ベロシティと呼ばれる 0~127 の数値で調節され、Vel と記す)、音の長さ (ゲートタイムと呼ばれる分解能値で、四分音符の長さを 480 とすると、ゲートタイムが 432 ならば  $432/480$  という時間で鍵盤が押されており、GT と記す) の、3 要素がある。これらの要素と、図 2 で仮定した定位感との対応は、音の高さ (Note) が周波数、音の強さ (Vel) が音量、音の長さ (GT) が周波数成分 (厳密には、周波数成分は音色に関連するが、筆位置推定に有効と判断した) である。しかしながら、図 5 に示すような、音の高さ (Note) と音の強さ (Vel) における定位感の関連性実験では、強さを一定値に固定して高さを聞き取る方が、一般に周波数変化 (音の高低) に対する正解率 (識別能力) が高くなる。そこで、MIDI による擬似音響の生成においては、MIDI の 3 要素をもとにした定位感マップを図 6 のように仮定した。

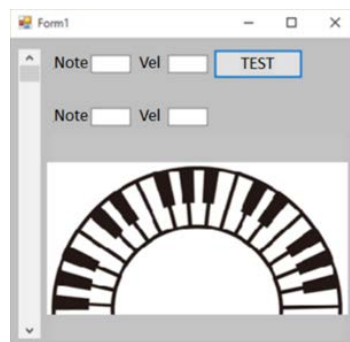


図 5 高さ (Note) と強さ (Vel) の関連性

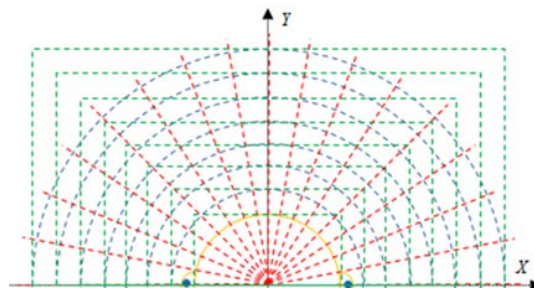


図 6 MIDI 音源での定位感マップ

図 6 において、音の高さ (Note) は聴き手の前方 180 度を 128 個に分割した設定 (同図内で頭部中央から放射状に描かれた赤色の

点線)であり、ピアノ鍵盤上の中央“ド”(Note値は60)がほぼ前方中央に位置する。音の強さ(Vel)は、頭部中央に近いほど強く、遠いほど弱い設定(同図内で同心半円で描かれた青色の点線)である。最後に、音の長さ(GT)は、四分音符の長さが480なので八分音符の長さは240、付点四分音符の長さは720になる。そこで、120, 196, 240, 480, …などの典型的な値を採ることで設定した値(同図で同心の半四角形で描かれた緑色の点線、但し、あまり細かい設定をしない方が聞きやすい)である。

### (3) 筆跡と運跡の分析

小学校入学の時点で約8割の子供が、平仮名文字の読み書きができると言われている。図7は、小学校1年生の教科書に載っている平仮名文字(例として“あ”)を正しく書字した際の、筆先位置の運筆データ(赤線は筆跡で、青線は運跡)である。字を書くには、始点(書き始めの点)や終点(書き終わりの点)が字形に影響を与えるが、この筆跡(図中の赤線)には3つの連続した(即ち運跡を含まない)部分ストローク(同図中で番号を記した1~3)で構成されている。よって、運跡中の擬似音と合わせると、欧米の全盲者が書字するラテン文字のように、ストロークが離れていないような連続した擬似音となる。また、各部分ストロークの始点への運筆誘導音(始点位置の把握が大切である)を聞くことで、平仮名文字や簡単な漢字ならば、可読できる綺麗な書字を行うことができた。

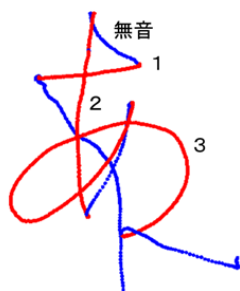


図7 連続したストローク提示

筆跡中と運跡中の音色を変えること、筆跡中において各部分ストロークが互いに交差する点や接する点などの情報を擬似音響に含ませることは有効である(例えば、図7において、ストローク1とストローク2の間には交差が1つあり、ストローク2とストローク3の間には交差が2つある。さらに、ストローク3は自身との交差が1つある)。

図8は、図4と図7の2つの平仮名文字“あ”を書字した際の、音響波形を観測した結果である(但し、運跡中の音響部分は無音とした)。同図から、同じ平仮名文字の音響波形は似た傾向にあることが分かる。

本実験の書字空間は、図3で示した1辺30cmの立方体XYZであり、そのXZ平面に

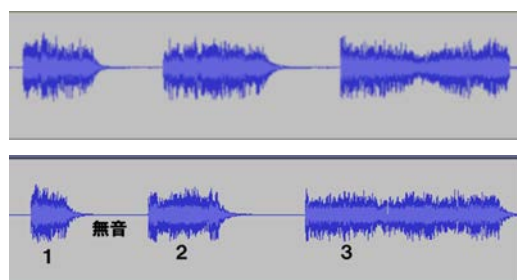


図8 波形比較(上:図4, 下:図7)

A4用紙を横に置いて書字したので1文字の縦横の大きさは12cm~15cmぐらいである。視覚障害者が書字を求められる状況で最も多いのが署名であり、その際に代筆ではなく自筆を要求される場合には、サインガイド(署名位置を分かりやすくする道具)を使用しながら書くが、一般に、小さな文字を書く必要がある。本研究において書字する文字の大小に不変な擬似音響の生成は重要な問題であり、大小不変な特徴量が求められていない現状では、音響波形の解析は検討する価値がある手段である(現在はPC内で動作するFFTスペクトラムアナライザソフトウェアで波形解析を行っている)。図9に音響波形解析の様子を示す。

空間表現方法の一つである距離場空間モデル(オブジェクトと参照点との間の位置的關係によるベクトル場)を用いれば、空間の密度(広さや狭さ)が推定できる。図10は、筆移動推定を距離場で表現したものである。同図において、右上の半円が筆位置で、距離場状態から筆移動先の範囲を推定したのが、筆位置から放射されている円弧である。同図より、音色(筆移動先の識別範囲)を外さなければ円の書画は書きやすいことが分かる。

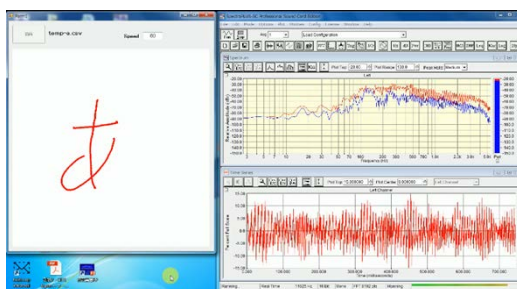


図9 音響波形解析の様子

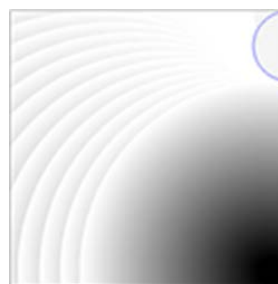


図10 距離場による筆移動推定

本研究は、筆移動が音色で分かるような音響ペンの作成と、擬似音響のフィードバックで視覚障害者自身が書字を習得できるかを探るものである。今後の課題としては、音響パターンと触力覚デバイスを組み合わせた形状理解への強化学習などが挙げられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① Yasuyuki Murai, Hisayuki Tatsumi, Masahiro Miyakawa : “Recording of Fingertip Position on Tactile Picture by the Visually Impaired and Analysis of Tactile Information”, Springer, Lecture Notes in Computer Science, ICCHP 2018 (Proc. of 16th Int. Conf. on Computers Helping People with Special Needs), 査読有, Accepted (March 25, 2018).
- ② Iwao Sekita, 他 11 名 (Hisayuki Tatsumi は最後の 12 番目) : “Moodle Contents of Learning Sighted Guide Techniques for Guide Dog User”, Proc. of 16th Int. Mobility Conf., 査読有, 頁番号無 (DVD 収録), June 2017.
- ③ Christian Delhomme, Masahiro Miyakawa, Maurice Pouzet, Ivo G. Rosenberg, Hisayuki Tatsumi : “Semirigid systems of three equivalence relations”, Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing, 査読有, Vol.28, No.4-5, pp.511-535, May 2017.
- ④ 巽久行, 村井保之, 関田巖, 宮川正弘 : “筆位置を音で確認できる視覚障害者のための音響ペンの提案”, 筑波技術大学テクノレポート, 査読無, Vol.24, No.2, pp.1-5, March 2017.  
<http://hdl.handle.net/10460/1553>
- ⑤ Yasuyuki Murai, Hisayuki Tatsumi, Iwao Sekita, Masahiro Miyakawa : “Touch Tracking Analysis for Graphics Image Acquisition by the Visually Impaired, --- Toward Understanding Graphical Image Creation by Touch-Sensing ---”, IEEE Proc. 2016 Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics, 査読有, DOI 10.1109/SMC.2016.1094, pp.367-372, Oct. 2016.
- ⑥ Yasuyuki Murai, Makoto Suzuki, Mitsuru Sugawara, Hisayuki Tatsumi, Masahiro Miyakawa : “Low Vision Aid through Laser Retina Imaging, --- Toward Building Eyesight-Aid ---”, IEEE Proc. 2017 Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics, 査読有, DOI 10.1109/SMC.2016.1093, pp.361-366, Oct. 2016.

[学会発表] (計 10 件)

- ① 巽久行 : “擬似音響を用いた書筆追跡による視覚障害者のための手書き支援”, 電子情報通信学会, 信学技報, Vol.117, No.502, pp.53-58, March 2018.
- ② 村井保之 : “触指位置追跡による図形イメージ獲得過程の理解”, 電子情報通信学会, 信学技報, Vol.117, No.502, pp.43-47, March 2018.
- ③ 巽久行 : “視覚障害者のための音響ペンによる手書き支援の考察”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017 (HIS2017), 講演論文集, No.7A1-5, pp.779-782, Sep. 2017.
- ④ 巽久行 : “視知や触知の向上による視覚障害者のオブジェクト認識支援”, ヒューマンインタフェースシンポジウム (HIS2017), 講演論文集, No.7A1-4, pp.775-778, Sep. 2017.
- ⑤ 村井保之 : “視覚障害者の触指位置追跡による図形イメージの分析”, ヒューマンインタフェースシンポジウム (HIS2017), 講演論文集, No.7A1-1, pp.757-760, Sep. 2017.
- ⑥ 村井保之 : “触図の触指位置記録と触知情報分析”, 第 16 回情報科学技術フォーラム (FIT2017), 講演論文集, Vol.3, No.K-017, pp.451-452, Sep. 2017.
- ⑦ 巽久行 : “音響ペンによる視覚障害者の書筆位置追跡の実験”, 第 16 回情報科学技術フォーラム (FIT2017), 講演論文集, Vol.3, No.K-016, pp.449-450, Sep. 2017.
- ⑧ 巽久行 : “視知や触知の向上による視覚障害者のオブジェクト認識意識の拡充”, 第 40 回多値論理フォーラム, 多値論理研究ノート, Vol.40, No.8, pp.8\_1-8\_6, Sep. 2017.
- ⑨ 巽久行 : “視覚障害者のための音響ペンの提案”, 第 15 回情報科学技術フォーラム (FIT2016), 講演論文集, Vol.3, No.K-053, pp.561-562, Sep. 2016.
- ⑩ 村井保之 : “視覚障害者の図形イメージ生成過程の分析”, 第 15 回情報科学技術フォーラム (FIT2016), 講演論文集, Vol.3, No.K-052, pp.559-560, Sep. 2016.

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

巽 久行 (TATSUMI, Hisayuki)  
筑波技術大学・保健科学部・教授  
研究者番号 : 3 0 1 8 8 2 7 1

##### (2) 研究分担者

宮川 正弘 (MIYAKAWA, Masahiro)  
筑波技術大学・名誉教授  
研究者番号 : 7 0 2 4 8 7 4 8

##### (3) 連携研究者

村井 保之 (MURAI, Yasuyuki)  
日本薬科大学・薬学部・准教授  
研究者番号 : 3 0 3 7 3 0 5 4