

音響ペンによる視覚障害者の書筆位置追跡の実験 Pen-point tracking experiment by visually impaired individuals using an acoustic digital-pen

異 久行⁽¹⁾ 村井 保之⁽²⁾ 関田 巖⁽¹⁾ 宮川 正弘⁽¹⁾
Hisayuki Tatsumi Yasuyuki Murai Iwao Sekita Masahiro Miyakawa

1. はじめに

視覚障害者が字を書くのが容易でないのは、単純に字の形を知らないという理由だけでなく、筆跡が掴めないからである。通常、墨字訓練は手のひら（筆移動が肌で感じる）やレーザーライタ（筆跡が盛り上がる特殊な用紙で筆移動が触知できる）が使われる。レーザーライタに書かれた筆跡は消せないで、触覚ディスプレイ（ピンの上下で凸状態を表示できる装置）で何度も字が書ける電子レーザーライタ[1]が開発された。この機器は入力ペンの筆移動を触覚ディスプレイ上で触知できる。

本報告は筆移動が音で分かるような視覚障害者のための音響ペンの研究[2]である。音色で筆の移動方向（ベクトル）を確認しながら書くことで、簡単な漢字や平仮名文字ならば短時間で可読できる筆記が行えることを目指している。また、音響ペンは音色による位置同定や上下左右の距離感覚も学習できるので、全盲者の書画訓練用シミュレータとしても期待できる。

2. システムの概要

我々は音響ペンを、PC音源（General MIDI）と電子ペン（例えば、Pentel社のAirpen [3]）で構成することを考えている。採用した方法は、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疑似生成して、それを骨伝導ヘッドホンで聞くものである（骨伝導とは耳の近くの骨を振動させて音を聞く手段で、鼓膜で聞く他者の声や周囲の音などと同時に聞くことができる）。図1に、システムの構成を示す。電子ペンについては既に著者等の研究で使用しており[4]、本報告でも音響ペンの筆位置測定に電子ペンで使われている赤外線・超音波法を利用している。



図1. システム構成

赤外線・超音波法を使用したプログラミングは、ソフトウェア開発用 SDK（β版はペガサス・テクノロジーズ社が公開[5]、但し現在は非公開）を用いると簡単に開発できる。本研究では、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（pegasusPen という）をフォームに貼り付けることで行える。例えば、筆位置の座標値は簡単に取得できる（これは引数 Pegasus.Library.PenEventArgs の e.Location の値で得られる）。

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）である。聴き手が、音源がどの位置にあるように感じるかということ的定位感と呼ぶが、図2は、我々が仮定する音響ペンの定位感マップであり、現在、この定位感マップに近づけるように MIDI プログラムの作成と実験を行っている。

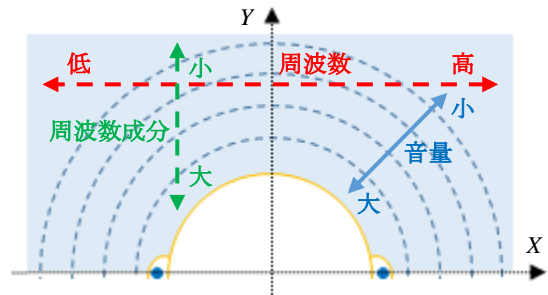


図2. 音響ペンで仮定する定位感マップ

3. 筆位置での音響生成

電子ペンでは高速で高精度な筆位置測定や運筆中のペン先位置の取得が難しいので、図3に示すように、筆位置の検出実験では動作追跡として高性能 CCD カラーカメラ（毎秒90フレーム）を2台使用した。これは、ペン先に貼付した赤色マーカーを追跡する光学的手法で筆位置移動の同定を行う。実験方法は、空間内で基準となる立方体の端点（図3内の青色立方体の8個の点、今回の実験では各辺の長さは30cm）を前もって測定（基準空間をキャリブレーション）しておき、この基準空間内の 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）に平仮名文字の“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。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（図3内の橙色の点）とペン先位置（図3内の赤色の点）を取得することにより、定位感を持つ仮想的な疑似音響の生成を PC 音源で行った。

(1) 筑波技術大学, Tsukuba University of Technology

(2) 日本薬科大学, Nihon Pharmaceutical University

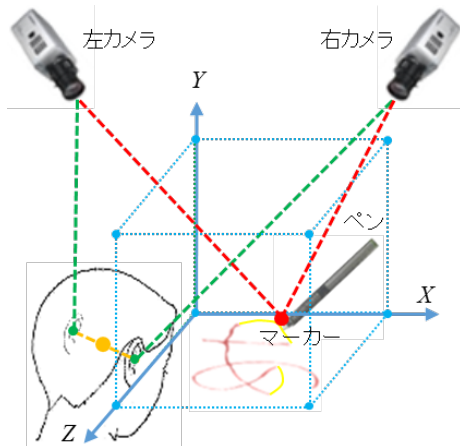


図3. 光学的手法による筆位置検出実験

表1. 筆位置結果の例 (平仮名文字“あ”)

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

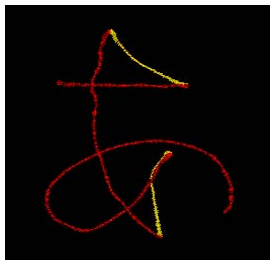


図4. 筆位置の描画例 (平仮名文字“あ”)

表1は、筆先位置を測定した結果の一例であり、左から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(カメラは毎秒90フレームなので各シーン間は0.011秒)、ペン先の空間座標(x, y, z)、一つ前の座標から現在の座標までの移動距離、そのときの速度および加速度である。図4に、表1のデータで描画した結果(マーカーの追跡は連続ベクトルで計算したので、疑似音響の生成は連続音に近い)を示す。

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種類の楽器がある)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(赤色で描画、図3内のXZ平面上での筆移動)と運筆状態(黄色で描画、図3内で $Y > \text{閾値}$)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符には、音の変化(音符情報、MIDI用語ではノート)として、音の高さ、音の長さ、音の強さ(ベロシティ)の、三要素がある。ノートと定位感(図2参照)との対応は、高さが周波数、強さが音量、長さが周波数成分(但し、周波数成分は音色に関連するが、筆位置の推定に有効と判断した)である。図4に示す筆跡の被験者は、墨字が書ける弱視者であったので、アイマスク着用でも上手に書いている。定位感マップによる音生成は改良すべき点があるものの、筆位置の仮想音響で書字の誘導を行うことは有効であった。本システムで採用した骨伝導音は気導音(鼓膜を振動させて聞く音)に比べ音質がかなり劣るので、気導音を聴く必要がない環境では通常のヘッドホンを使用した方がよい。

我々は既に、力覚を用いた視覚障害者の書字訓練システム[6]や、クロックポジションによる視覚障害者の腕の誘導システム[7]などを研究してきたが、本研究成果と合わせることで、これらのシステムの向上が期待できる。

4. まとめ

本研究は筆移動が音色で分かるような音響ペンを用いて、視覚障害者自身が可読できる筆記を、音色のみのフィードバックで習得できるか否かを探るものであり、書字訓練を教師なしで行うことや、音色のパターンを字の記憶学習に展開させるなどの可能性を秘めている。

謝辞: 本研究は、平成29年度科研費(挑戦的萌芽研究、16K12781, “筆位置を音色で確認できる視覚障害者用音響ペンの研究”)の助成を受けて行われている。ここに深く謝意を表す。

参考文献

- [1] Kobayashi M., Watanabe T.: “A Tactile Display System Equipped with a Pointing Device —MIMIZU—”, Lecture Notes in Computer Science, Vol.2398, Springer, pp.527-534, 2002.
- [2] 巽, 村井, 関田, 宮川: “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), Vol.3, No. K-053, pp.561-562, 2016.
- [3] <http://www.airpen.jp/mechanics/> (2017-6-28).
- [4] 巽, 村井, 関田, 徳増, 宮川: “視覚障がい者のためのオンライン地図情報を利用した触地図移動”, 第13回情報科学技術フォーラム(FIT2014), Vol.3, No.K-021, pp.423-424, 2014.
- [5] <http://www.pegatech.com/?CategoryID=232> (2008/12/10).
- [6] Murai Y., Kawahara M., Tatsumi H., Miyakawa M.: “Kanji Writing Training with Haptic Interface for the Visually Impaired”, Proc. 2010 World Automation Congress, No.IFMIP-534, 2010.
- [7] Murai Y., Kawahara M., Tatsumi H., Araki T., Miyakawa M.: “Congestion Recognition for Arm Navigation, —Aids for the Visually Impaired—”, IEEE Proc. 2010 Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics, No.539, pp.1530-1535, 2010.