

視覚障害者のための音響ペンの提案

Proposal of acoustic digital pen for the visually impaired

巽 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

視覚障害者が筆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、筆の軌跡が分からないからである。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。先天盲者は名前を(漢字は無理でも平仮名で)書けるように訓練されることが多いが、紙の上に筆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(筆移動が肌で感じる)やレーザーライタ(線が盛り上がる特殊な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いたモノは消せない(傷のような状態)、ピンディスプレイ(ピンの上下運動で凸画を表示)で何度も書ける電子レーザーライタが開発された[1]。これは触覚ディスプレイと入力ペンを合わせ持ったもので、右手の入力ペンで触覚ディスプレイに書いたモノが左手で触知できる。

欧米の全盲者は墨字を書ける人が多い。その理由は、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でもストロークが離れる)。

本研究は、筆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を提案する。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、簡単な表記や平仮名文字ならば、これまでよりも短時間で上手に、人も機械も可読できる筆記を行うことができる。また、このペンは全盲者の書画訓練用シミュレータとしても利用できる。本報告は音響ペンの提案であり、どの程度の音色の違いで筆移動を制御できるかは研究を進めないと分からないが、PC上のカーソル移動実験では、音色の違いによる位置同定や上下左右の距離感覚も、問題なく処理できることを確認した。

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 [2])で構成することを考えている。電子ペンについては既に、触地図をオンライン地図のような情報を引き出す利用形態にする(情報の共有化)研究で使用している[3]。本報告においても、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(図1を参照)を利用する。

同図において、筆位置が黒点 $P(x, y)$ にあるとする。ペン先から発信される赤外線と超音波の2種類の信号到達時間の差で距離 T_1 と T_2 (図中の赤点線) が推測できるので、三角法より位置が計算できる。即ち、図1内において、受信

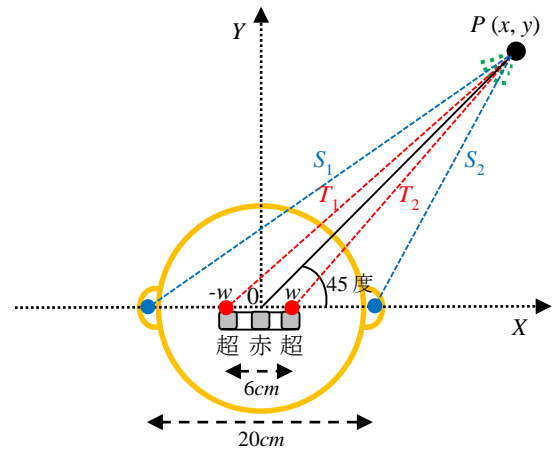


図1. 赤外線・超音波法

機の中央が赤外線センサ(赤と略記)の受信部、両端が超音波センサ(超と略記)の受信部である。筆圧がかかると電子ペンのスイッチが入り、ペン先から赤外線と超音波の2種類の信号が発信される。光速の赤外線を受信したら、両端の超音波センサを起動して、超音波の到達時間を測定する。両端の超音波センサまでの距離(図中の T_1 , T_2)は、到達時間×音速で計算できるので、筆位置 $P(x, y)$ は、超音波センサ間の長さを $2w$ (赤点間の距離で約 6cm) とすると、

$$\begin{cases} (x+w)^2 + y^2 = T_1^2 \\ (x-w)^2 + y^2 = T_2^2 \end{cases}$$

を解けばよい。

赤外線・超音波法は、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[4]、但し、現在は非公開)を用いると簡単にプログラム開発ができる。本研究では、Windowsの.NET SDKのサンプルをもとに、C#言語で開発している。基本的な電子ペンの操作はすべて、コンポーネント(pegasusPen)をフォームに貼り付けることで行える。例えば、筆位置 $P(x, y)$ の座標値は簡単に得られる(引数 Pegasus.Library.PenEventArgs の e.Location の値)。

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。例えば、図1において、聴き手の前方右45度に音源(音響ペンの筆位置)があるとして、黒点 $P(x, y)$ が音源、オレンジ円が聴き手の頭部(両端の青点は耳で、両耳間は約 20cm)、青点線は直接音の経路とする。ここで、聴き手の頭部の中心(両耳間の中心)と音源との距離を 50cm (黒点の座標は $P(50/\sqrt{2}, 50/\sqrt{2})$) とすると、音速を 340m/s とし、音源から左耳までの距離 S_1 は 57.5cm (到達時間は約 1.69ms)、右耳までの距離 S_2 は 43.5cm (到達時間は 1.28ms) である。また、聴き手の頭部の中心に届

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

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

く音波 (1kHz のサイン波とする) と比べたときの、左右の耳に聞こえる音量 (音圧: デシベル SPL) は、左耳が -1.22db で右耳が $+1.21\text{db}$, その差は 2.43db となる。一般に、音量の差は距離に近いほど大きくなる。

3. 筆位置の定位感

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。前節より、聴き手から音響ペンまでの遠近距離は音量の大小差を採用する。また、我々は PC 上のカーソル移動が Beep 音の周波数変化 (時間は任意に設定) に対応する位置同定テストを行っている。図 2 において、左端のスクロールバーは周波数域の値設定 (Beep 関数の最小値: 37Hz ~ テスト用上限値: $12,000\text{Hz}$) で、各グリッド (10×10) は、右方向移動で 20Hz 増加, 下方向移動で 200Hz 増加する。例えば、左上隅 (No.0) が 300Hz , 右下隅 (No.99) が $2,280\text{Hz}$ というような 1 次元配列になっている。実験は、周波数を聞いてグリッドを同定することや、周波数の変化を聞いてカーソル移動を推定するなど、正しく識別することを確認した。

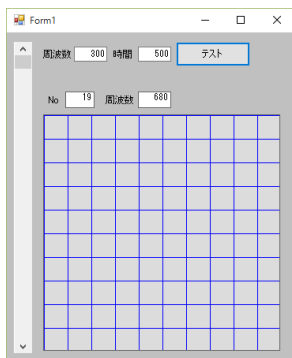


図 2. 周波数による位置同定テスト

以上より、図 3 のような音響ペンの定位感マップ (案) を仮定して、現在、プログラミングと実験を行っている。同図において、音量は頭部からの距離で変化させ (但し、変化量が線形か対数かは考察中), 周波数は前方左右方向で変化させ (但し、音量と同様に変化量は考察中), 周波数成分は前方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考察中。また、倍音が基音の厳密な整数倍でない方が聞きやすく、揺らぎの付加も考察中)。

視覚障害者に物の位置を示す場合、クロックポジション (時計の針位置) で方向を説明する。我々は既に、音によるクロックポジション誘導の研究を行ったが[5], その際の方向指示は 30 度単位 (時計針数字) であった。離散的な音による方向識別能力は物と手との間の距離や手の移動速度に依存するが、その識別限界は約 15 度程度である (約 12 度という結果もある)。本研究の音響ペンは連続的な音色であり、筆記は複雑な軌跡を描くので (曲がり, はね, そり, 等), 音色を構成する音量や周波数の設定は注意する必要がある。

空間表現手法の一つである距離場空間モデルを用いれば、空間の密度 (広さや狭さ) が推定できる[5]。そこで、現状

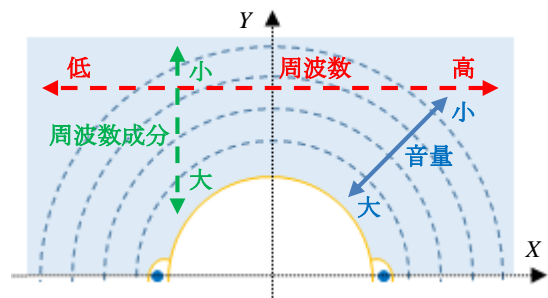


図 3. 音響ペンの定位感マップ (案)

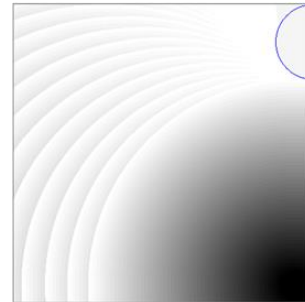


図 4. 円の筆移動推定

の距離場状態から、筆移動先の識別範囲が推定できる可能性がある。例えば書画が円ならば、筆移動中の音色は理解しやすい。このときの筆移動推定を距離場で表現したものを図 4 に示す。これより、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。

4. まとめ

本報告は、筆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を提案した。この研究は、可読できる筆記を、視覚障害者が音色のみのフィードバックで書け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 28 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] <http://www.airpen.jp/mechanics/> (2016/6/26).
- [3] 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.
- [4] <http://www.pegatech.com/?CategoryID=232> (2016/6/26).
- [5] 村井, 巽, 宮川: “ニューラルネットによる混雑認識を用いた視覚障がいの腕の誘導”, 第 8 回情報科学技術フォーラム (FIT2009), Vol.3, No.K-016, pp.559-560, 2009.