

## 距離センサと音を用いた視覚障害者支援デバイスの開発

著者	豊田 政弘, 大谷 真
雑誌名	理工学と技術 : 関西大学理工学会誌 = Engineering & technology
巻	22
ページ	37-40
発行年	2015-11-20
その他のタイトル	Development of visual support device using distance sensor and sound
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10112/9480">http://hdl.handle.net/10112/9480</a>

## 距離センサと音を用いた視覚障害者支援デバイスの開発

豊田 政弘\* 大谷 真\*\*

### Development of visual support device using distance sensor and sound

Masahiro Toyoda and Makoto Otani

#### 1. はじめに

視覚障害者への歩行サポートとして、地面や床面には案内用のブロック（点字ブロック）が敷設されているが、道路交通法では、視覚障害者が道路を通行する際には、周囲を触擦するための杖（白杖）を使用するか、もしくは、盲導犬を連れていかなければならないと規定されている。しかしながら、これらを利用する場合、片手は常に塞がった状態とならざるをえない。白杖や盲導犬の機能を代替でき、かつ、両手が空いた状態で歩行することができるような支援デバイスが開発されれば、これまで以上に行動の幅を広げることができるものと思われる。

本報では、上記実現のために開発を行っている視覚支援デバイスを紹介する<sup>[1,2]</sup>。本デバイスは、距離センサによって前方の障害物を検出し、図1に示すように、その位置を音で知らせるものであり、これにより、両手が空いた状態での歩行を実現しようとするもので

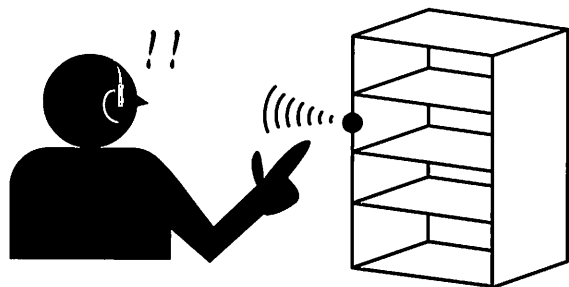


図1 デバイスのイメージ図

ある。このデバイスの基本的な性能と問題点を明らかにするため、ここでは、距離センサとして Microsoft 社の Kinect<sup>[3]</sup> を、また、音の提示装置として TEAC 社の骨導ヘッドフォン Filltune (HP-F200)<sup>[4]</sup> を採用する。Kinect は比較的安価にも関わらず、広範囲の距離データを高速に取得することができる。また、Filltune は耳を塞ぐことなく、十分な音量で音を提示可能である。次節以降、このシステムの概要といくつかの検討事項について述べる。

#### 2. システムの概要

図2に提案するデバイスのシステム構成を示す。Kinect は左右 $\pm 29^\circ$ 、上下 $\pm 22.5^\circ$ の範囲の色、及び、距離を $640 \times 480$  pixelsの平面情報として毎秒30フレーム取得することができる（ただし、距離センサそのものの解像度は $320 \times 240$  pixels）。腰位置に装着した Kinect から得られる $640 \times 480$  pixelsの距離情報を Mathwork 社の MATLAB<sup>[5]</sup> を用いて、 $80 \times 80$  pixelsを単位とする $8 \times 6$ の小領域に分割し、最小の距離を持つ pixel が属する小領域を検出する。その小領域のインデックス（領域の位置情報）と最小距離を MATLAB から PureData<sup>[6]</sup> に OSC プロトコルを用いて送信する。PureData でその情報を受信し、小領域の中央位置から Kinect 位置までの距離と方向を算出し、それに対応した頭部伝達関数（Head Related Transfer Function: HRTF）<sup>[7]</sup> を別途用意したデータベースから取得する。一方、距離に応じて音源信号の振幅、及び、提示間隔を決定し（距離が近いほど振幅が大きく、提示間隔が短い）、また、小領域の鉛直位置に応じて音源信号の周波数を変調する（位置が高いほど周波数が高い）。この音源信号と HRTF を畳み込

原稿受付 平成27年7月24日

\*環境都市工学部 建築学科 准教授

\*\*京都大学 工学研究科 建築学専攻 准教授

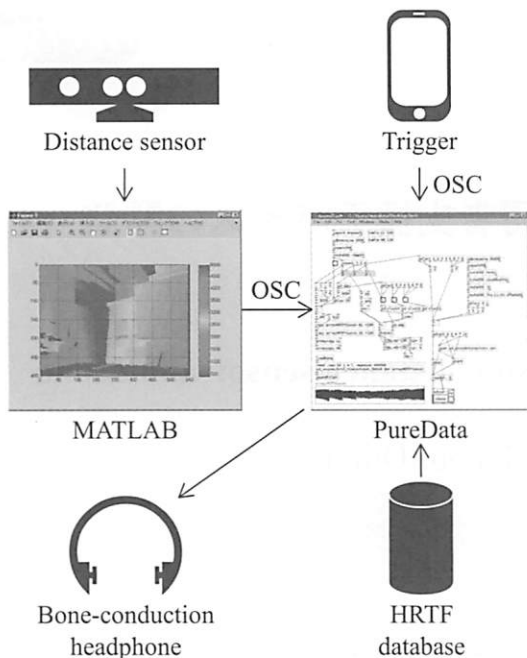


図2 システム構成

んだ信号を作成し、小領域中央位置から音が鳴っている状況を模擬した音情報をFilltuneを介して提示する。なお、図2のTrigger（本報ではスマートフォンを利用したが簡易なスイッチでよい）からはon/offの情報のみをPureDataにOSCプロトコルで送信している。この情報の利用方法は後述する。

### 3. 検討事項

ここでは、本デバイスのシステム構築に関わるいくつかの検討事項について述べる。

#### 3.1. 音源信号の選択

本デバイスで提示する音はどのような音が良いかを検討するため、ホワイトノイズ（「ザーザー」）・トーンバースト（「ピッピッ」）・アラーム（「ブーブー」）の3種の音源信号を用い、実験を行った。正常な聴力を有する4人の被験者に、ランダムに選んだ12ヶ所の小領域から上記3種類の音を提示する。被験者は、目の前に想像した横8つ、縦6つで区切られた小領域のどこから音が聞こえたかを紙面上に描かれた図内に回答する。被験者の回答位置と提示位置との紙面上での距離（mm単位で計測）を、3種類の音源信号ごとに算出し、算術平均をとる。この平均距離により、どの音源信号が障害物位置を最も正確に提示できるかを評価する。

結果を表1に示す。ホワイトノイズの距離が一番小さく、続いて僅差でアラーム、少し開いてトーンバーストという結果になった。ホワイトノイズやアラーム

表1 音源信号実験結果

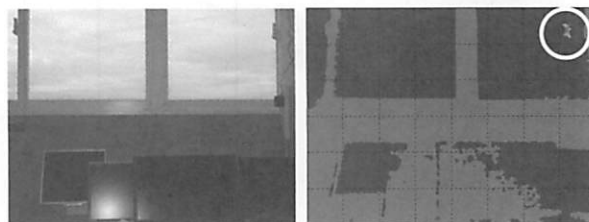
White noise	Tone burst	Alarm
52	62	54

は広い周波数成分を含むため、狭い周波数成分しか持たないトーンバーストよりも上下方向の定位がしやすかったためだと考えられる<sup>[7]</sup>。しかしながら、相対的な差はそれほど大きくなく、聴き心地という意味では、トーンバーストが最も負担が少ないと思われるため、トーンバーストを音源として使用することとした。

#### 3.2. 乱反射面に対する処理

図3(a)のようなガラスやモニタにKinectを向けた際、図3(b)に丸で囲んで示すように正確に距離を測定できない部分が生じる場合がある。Kinectから照射する赤外線がガラスやモニタの表面で乱反射されることや、ガラス外側から透過してくる太陽光などが原因として考えられるが、距離センサとしてKinectを採用する以上、この現象を避けることは難しい。ここでは、この現象が本デバイスの用途を妨げないような処理方法を検討する。

図3(b)に見られる測定不能部分は、様々に色（距離）を変えながら、すばやく点滅する場合が多い。これは、非常に速い速度で運動している物体を観測していることと同じ状態であると考えられる。そこで、感知する必要がないほど速く動く物体を処理対象から除外する処理を加えた。本デバイスの装着者は徒歩で移動するものと想定している。本デバイスからの提示音を聞いた後に反応することを考えれば、自転車や車などの速さに対応することは難しいであろう。そこで、ジョギング程度の速度（毎秒2.68m）よりも速く移動するものを処理対象から除外する。具体的には、距離情報の取得速度を0.05秒/フレーム（＝毎秒20フレーム）とし、音は0.5秒間隔で提示することとする。次の音を提示するまでの各小領域の10フレーム分の距離データから、最大距離と最小距離を算出し、その差が1.34mを超えた場合には、その小領域は検出対象から除外する。



(a) カメラ画像

(b) 距離画像

図3 乱反射面の距離測定

また、上述した測定不能部分はガラスなどの全面で生じるわけではなく、ある限られた部分でのみ生じるようであり、その範囲は1つの小領域内に収まることが多い。そこで、各小領域内の最小深度を検出した後、それぞれの小領域の周囲の小領域の最小深度と比較し、周囲すべてについて差が2 m以上ある場合には、その小領域は検出対象から除外する処理を加えた。

これらの処理により、ガラス窓が存在する場所でも、最も近い障害物を検出できるかどうかを検討した。まず、Kinectを窓に向けた状態で固定する。次に、窓とKinectの間に障害物を置き、理想的には常に同じ小領域が最小距離の小領域として検出されるようにする。太陽光が差し込む時間帯を含めた11時～18時の1時間おきに1分間デバイスを作動し、理想的な小領域以外が検出された誤動作の割合を算出する。表2にその結果を示す。表中、beforeは最大距離と最小距離の差による除外をしなかった場合、afterは除外をした場合である。すべての時間帯でafterのほうが正しく障害物を検出していることがわかる。11～14時まで、及び、18時においては、距離測定不能部分は生じず、before、after共に誤動作率は0%であった。15～17時の日没前の時間帯で太陽光が直射したため誤動作が生じたが、すばやく点滅するような測定不能部分については、この処理によって誤動作を減らすことができた。しかしながら、すべての誤動作を排除できたわけではなく、最大で30%近い誤動作が確認された。今後、赤外線以外を用いた距離測定を行うなど、改善策を検討したい。

### 3.3. 両側障害物に対する処理

本デバイスを用いて障害物の正確な位置を判断しようとする場合、体の向きを変えた時に提示音が聞こえる方向の変化で判断することになる。例えば、図4(a)のように、右のみに障害物がある場合、左を向くと途中で提示音が聞こえなくなるため、右側に障害物があったと判断できる。しかしながら、図4(b)のように左右に障害物がある場合、右に障害物があるからといって、左を向いてもやはり提示音が鳴り続けることになるため、正面方向が空いていたとしても前方全体に障害物があると判断する可能性がある。そこで、障害物が正面にあるかないかのみを判断、すなわち、直進可能かどうかを判断する処理を追加する。

表2 誤動作率

o'clock	11-14	15	16	17	18
Before	0%	48%	66%	57%	0%
After	0%	11%	27%	8%	0%

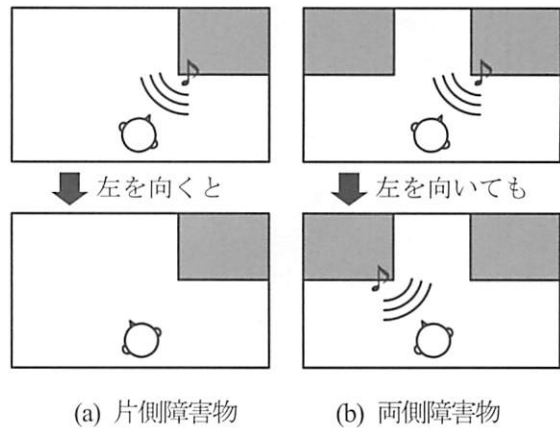


図4 両側障害物に対する反応

図2に示したTriggerからonの情報を受け取った際に、正面方向(8×6の小領域のうち、左右方向中央の2列内)に最小距離の小領域が含まれる場合には直進不可と判断し、何も処理を行わないが、正面方向に最小距離の小領域が含まれない場合には直進可能と判断し、障害物の位置を示す音とは別の音を提示する。この音はHRTFの畳み込み、周波数変調、音量変化などの処理を行わない音である。なお、ここでは、Triggerとして、スマートフォンを採用し、Mrmr OSC controller<sup>[8]</sup>というアプリを用いることでPureDataにOSCプロトコルによるon/off信号を送信することとした。実用デバイスではスマートフォンなどのタブレット端末を採用する必要はなく、簡易なスイッチで代用できるものと思われる。

## 4. 実用性能の検証

本デバイスを装着した際にどの程度の障害物判断が可能であるかを調査するため、いくつかの検証を行った。ここでは、1名の検証者によるヒアリング結果を含めた検証結果を紹介する。

### 4.1. 検証1

アイマスクを装着した状態で、先にあるホワイトボードに向かって前進し、接触する前に止まれるかどうかを検証した(図5)。付近に障害物が無い状態から始めたため、最初は全く提示音が聞こえていなかった。Kinectの距離測定の最小値が約50 cmであるため、速く歩きすぎると音を鳴らすタイミング(0.5秒間隔)との兼ね合いから、提示音が間に合わず、ホワイトボードに接触してしまった。しかしながら、ゆっくりと歩行した場合にはホワイトボードとの距離に応じて提示音に変化し、接触する前に止まることができた。

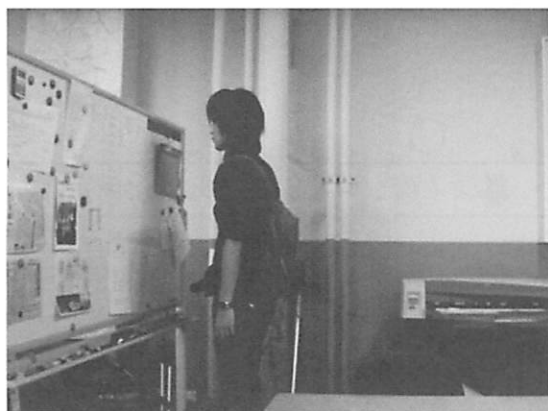


図5 正面障害物に対する検証

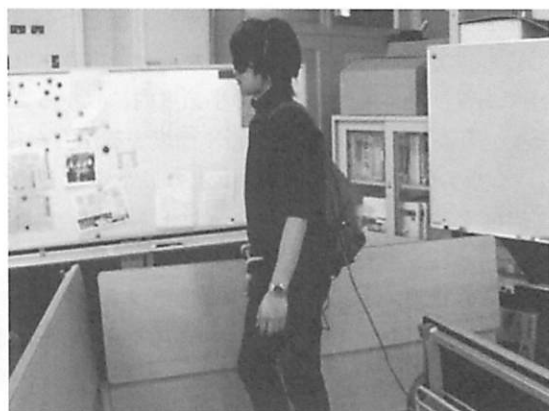


図7 通路に対する検証

#### 4.2. 検証2

アイマスクを装着した状態で、角を曲がれるかどうかを検証した(図6)。最初の地点で、左側にホワイトボード、右側に机と段ボールがあったため、若干の提示音が鳴っていた。しかしながら、提示音から左右の障害物による提示であることが判断できたので、前進することができた。前方の棚がガラス扉であったため、若干不規則な提示音が聞こえ、棚に接触しそうになったが、体の向きを変え、提示音の変化を聞き取ることで、曲がれる方向を探索することができ、接触することなく角を曲がることができた。

#### 4.3. 検証3

アイマスクを装着した状態で、机を並べて作った通路を机に接触することなく通過することができるかどうかを検証した(図7)。机の配置に関する情報を一切与えずに行った検証であり、かなりの時間を要したが、時折体の向きを変えながら障害物の位置を認識することで、接触することなく通過することができた。しかしながら、角で体の向きを変えた際に、向きを変えた先の障害物が50cm未満の位置にある場合があり、Kinectがその距離を測定できなかったため、提示音

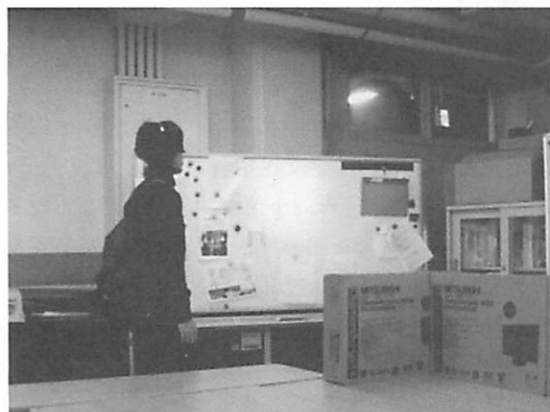


図6 角に対する検証

が鳴らず、机に接触しそうになる状況が生じた。接触なく通過するためには十分にゆっくり歩行し、かつ、かなりの頻度で方向を変えた提示音を聞きとらねばならないことが示唆された。

#### 5. おわりに

本報では、視覚障害者への歩行サポートとなるよう開発中のデバイスについて紹介した。距離センサと音を用いた本デバイスのシステム概要を示すとともに、いくつかの検討事項について述べ、その実用性能を検証した。音の提示に要する時間と距離センサの性能限界から、ゆっくりと歩行した場合にはある程度有効に機能することが示唆されたが、まだサポートデバイスとして十分な性能を提供できるとは言いがたい。距離センサの変更や音の提示間隔の調整など、今後も引き続き改善を進める必要がある。

#### 参考文献

- [1] 久保卓慎, “Kinectと音響信号を用いた視覚障害者支援デバイスの開発”, 関西大学卒業論文, 2013.
- [2] 古川晃司, “kinectと音響信号を用いた視覚障害者支援デバイスの性能向上”, 関西大学卒業論文, 2014.
- [3] Kinect for Windows, <https://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>, 2015.7現在.
- [4] HP-F200 | TEAC, <http://teac.jp/product/hp-f200/>, 2015.7現在.
- [5] MATLAB, <http://jp.mathworks.com/products/matlab/>, 2015.7現在.
- [6] Pure Data - PD Community Site, <https://puredata.info/>, 2015.7現在.
- [7] 飯田一博, 森本政之, “空間音響学”, コロナ社, 2010.
- [8] IDMI research projects, <http://poly.share.dj/projects/#mrmr>, 2015.7現在.