

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 環境都市工学部 建築学科

建築環境工学第 I 研究室

建 09-33 久保 卓慎

指導教官 豊田 政弘 助教

目次

1. 序論	2
1. 1 研究背景.....	2
1. 2 Kinect について.....	3
1. 3 既往研究.....	4
2. 研究目的	5
2. 1 最終目的.....	5
2. 2 既往研究との対応.....	5
2. 3 「音」を使う利点.....	5
3. 研究方法	6
3. 1 開発したシステムの概要.....	6
3. 2 評価方法.....	12
4. 実験結果・考察	13
4. 1 予備実験.....	13
4. 2 実験 1.....	18
4. 3 実験 2.....	19
4. 4 実験 3.....	20
4. 5 実験 4.....	21
5. 総括	22
5. 1 まとめ.....	22
5. 2 今後の展開.....	22
参考文献	23

1. 序論

1. 1 研究背景

近年、視覚障害者が自立して暮らせるように、盲導犬の活躍や、点字ブロックなどがいたる所に設置されている。それらは、視覚障害者にとって、なくてはならないものになっている。しかし、盲導犬は数が限られていたり、かなりの費用がかかる。また、点字ブロックは自転車などの障害物が置かれていたりなどの問題点がある。そこで、音によって障害物の距離や位置を知ることが出来れば、それらの問題点が解決できるのではないだろうか。

本研究では、Kinect と音響信号を用い、視覚障害者支援のためのデバイスを開発し、活用的であるかを検証する。

1. 2 Kinect について



写真1

深度センサー、カメラが内蔵された、主にコントローラーを使わないゲームで使用される機器。センサーの前に立つだけで、動きやジェスチャー、音声を認識する。

また、Kinect には赤外線を用いた距離センサーが搭載されている。

仕様

- ・解像度 640×480
- ・角度 横方向 58° 縦方向 45°
- ・距離計測範囲 50 cm～400 cm
- ・ガラスは判別できない。



写真2

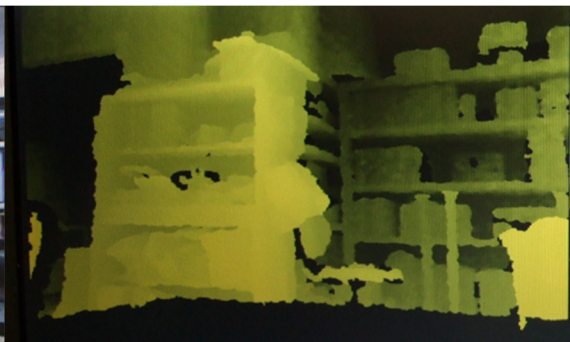


写真3

Kinect のカメラで得られた映像は、写真2のように平面で表され、赤外線により得られたデータを映像として表したものが、写真3である。

1. 3 既往研究

以下に、Kinect を用いた視覚障害者向け補助装置に関する既往研究を紹介する。

- ・ドイツの大学での研究[1]

ヘルメットに取り付けた Kinect によって、壁や障害物への距離を測定し、腰に巻きつけた振動装置で着用者に警告するというシステム。また、壁やドアに貼られたシンボルマークを検出し、距離などを音声で伝えることも可能。

- ・モスクワ研究所での研究[2]

腰に備え付けた Kinect により、赤外線を発し、前方に障害物があれば振動により回避することができる装置。腰にベルトのような感覚で装着するので、ヘルメットに比べると実用的である。

2. 研究目的

2. 1 最終目的

視覚障害者が、より直感的に、また正確に障害物の位置を判断するためのデバイスの開発を目的とする。

2. 2 既往研究との対応

これまでは主に振動装置によって研究が進められていたものに対し、Kinect と音響信号を用い、「音」を使って視覚障害者が物や人の位置を認識し、行動できるようになるためのデバイスを開発する。

2. 3 「音」を使う利点

振動を用いると、振動を提示するためのアクチュエータが多数必要になるが、音を用いることで、両耳への信号だけで、上下左右を判断できる。

3. 研究方法

3. 1 開発したシステムの概要

Kinect のドライバ、MATLAB、Pure data、音の出力ドライバを用い、以下に示す処理を行った後、装着者に音を提示する。

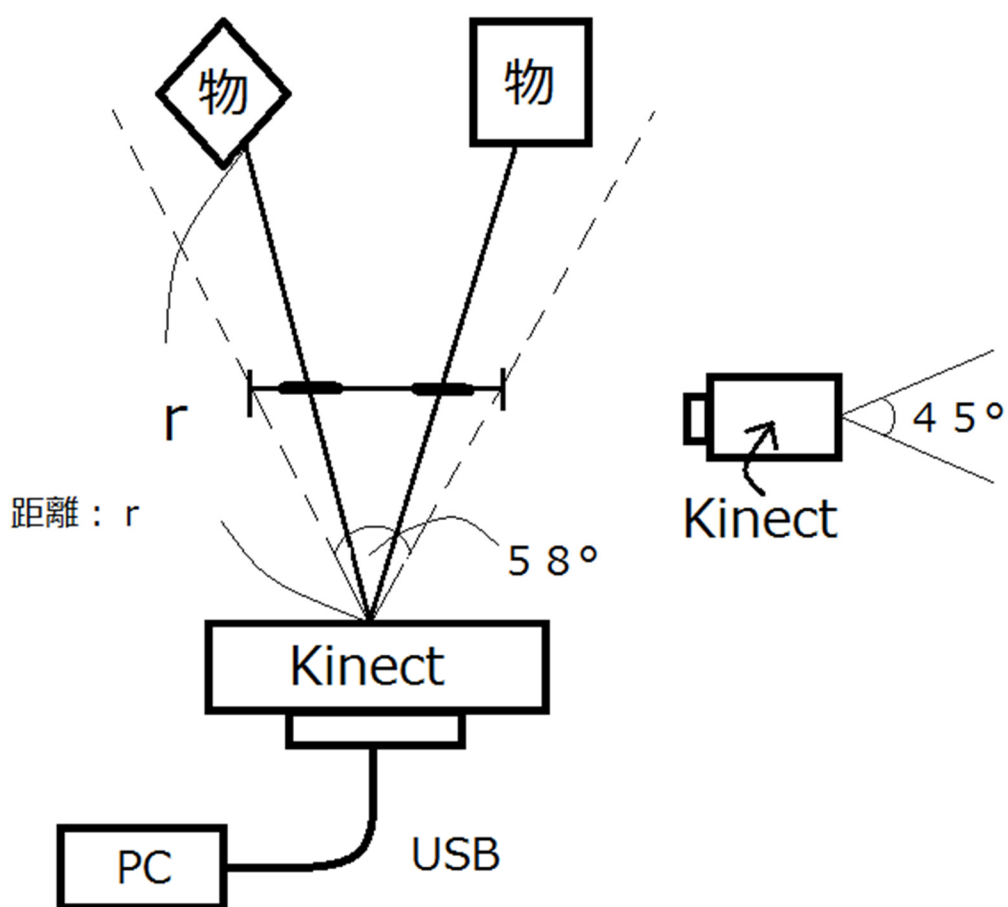


図1 上から見たシステム図

図2 横から見たシステム図

(MATLAB)

- 640×480 の深度データを取得する。
 - 深度データを 8×6 のサブセットに分割する。
 - それぞれのサブセット内での最も手前の深度を検出する。
 - すべてのサブセットで手前深度を比較する。
- どのサブセットが、すべてのサブセットで最も手前の深度を持っているかを検出する。
- サブセットのインデックス（番号）と最手前の深度を OSC プロトコルで Pure data に送信する。

(Pure data)

- MATLAB からサブセットのインデックスと深度データを受け取る。
- そのサブセットの中心点から両耳までの HRTF（頭部伝達関数）を別途用意したデータベースから取得する。
- サブセットの高さに応じて音源の周波数を変調する。
- 深度に応じて音源を作成。
- 音源信号と HRTF を畳み込み。
- 音のデータをサウンドドライバに送信する。
- 骨伝導ヘッドフォンで提示する。

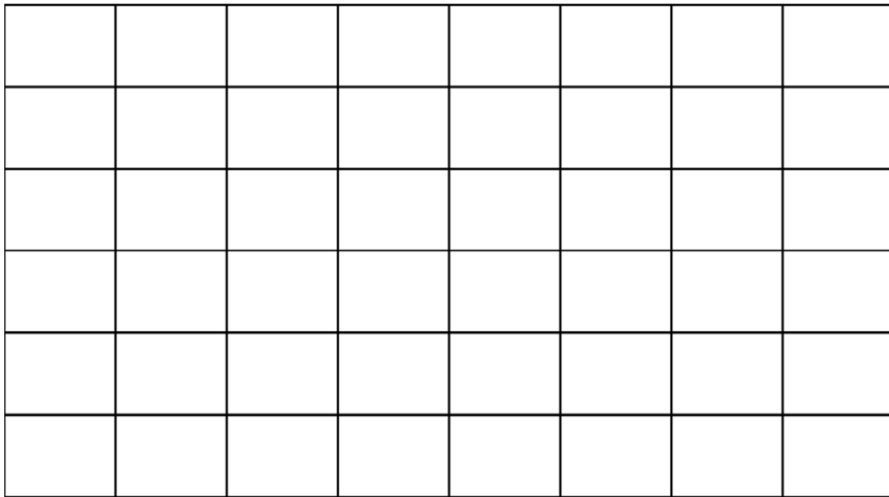


図3 縦6、横8に48分割

赤外線映像(写真3)を48分割し、Kinectから障害物までの距離で、一番近くにある点が発見され、その点から最も近いサブセットの中央に音源がある場合をシミュレートした音が鳴る。

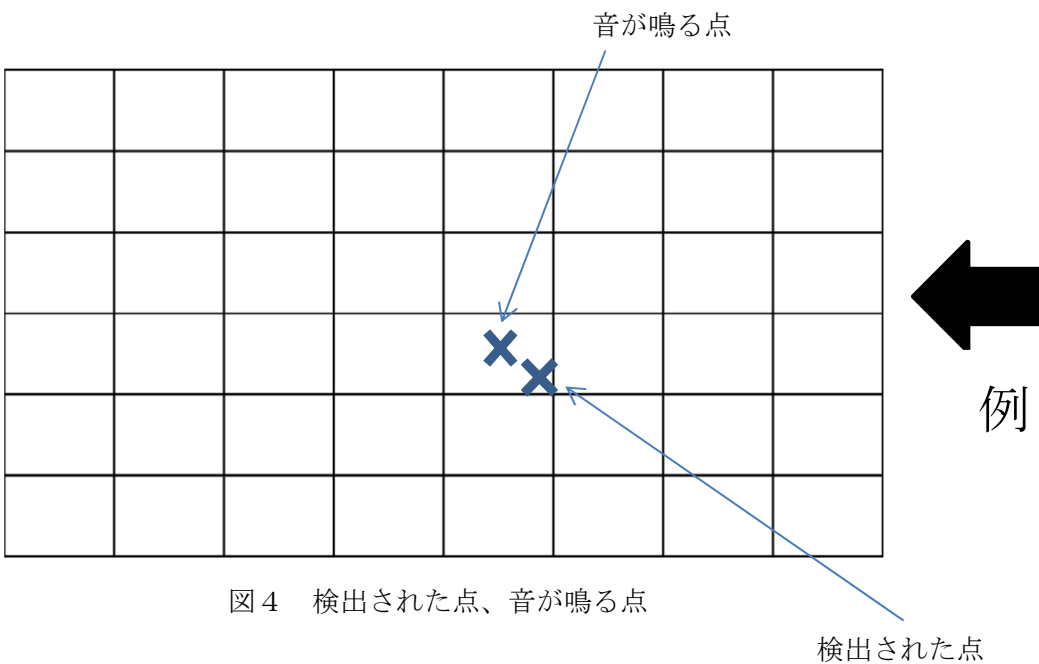


図4 検出された点、音が鳴る点

実際に一般生活で Kinect を用いる際、どこにどのように装着すればよいかという課題がある。既往研究では、ヘルメットをかぶり、頭に装着する方法がとられていたが、あまり実用的であるとは言えないため、腰に装着する方法を考える。腰に装着する際、ポーチを用意し、そのなかに Kinect を入れるのが良いと思われたが、Kinect が納まるサイズのポーチがなかなか見つからず、また、ポーチに入っても、固定することが困難という結果になった。よって、Kinect を分解し、使える部材だけを取り出して、シャープにすることはできないかと考えた。

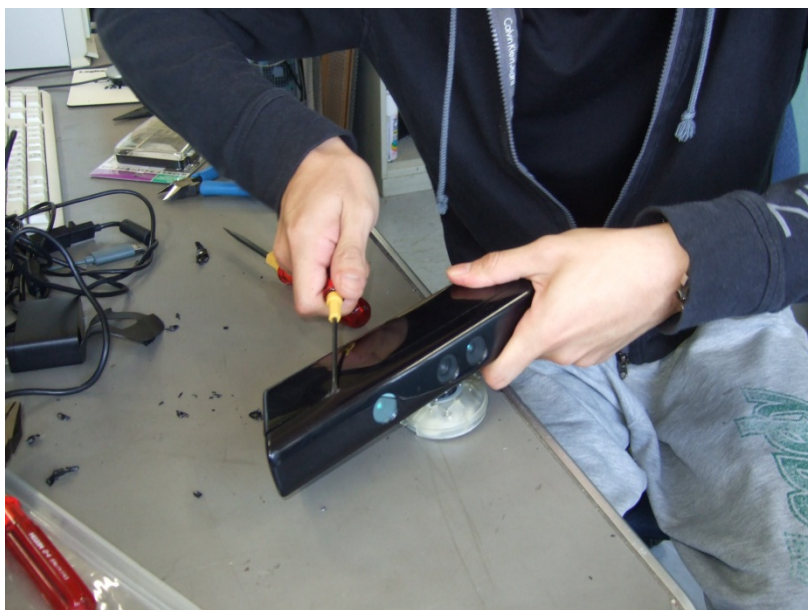


写真4

かなり丈夫に造られており、完全に分解するのに30分ほどかかった。

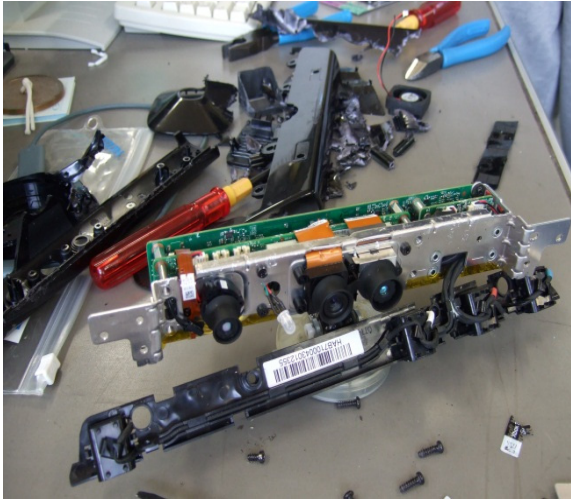


写真5



写真6



写真7



写真8

分解すると、中身は上の写真のようになっているのだが、作りが複雑で、使える部分だけを抜き出すことは困難という結論になった。よって Kinect はそのまま、マジックテープでベルトに固定する方法をとる。



写真 9

装着するまでに少し時間がかかるが、マジックテープなので固定する強さなど人それぞれで調整できる。

3. 2 評価方法

開発したシステムを装着し、下記の実験から活用性を評価する。

予備実験 仮想的な音を提示し、その音がどこから鳴ったか答える実験。

実験1. 目を瞑り、先にあるホワイトボードに向かって前進し、接触する前に止まる実験。

実験2. アイマスクを着け、角を曲がる実験。

実験3. 無響室で、出来るだけ周りの音が聞こえない状況で、直進し、左右で障害物のない方に曲がる実験。

実験4. ランダムに道を作ってもらい、アイマスクを着けて、進む実験。

4. 実験結果・考察

4. 1 予備実験

3種類（ノイズ・ピッピッ・アラーム）の音で、どの音が有効か見極めるために、下記に示す予備実験を行った。

- Kinect をパソコンと繋ぎ、ランダムに選んだ1 2か所から3種類（ノイズ・ピッピッ・アラーム）の音ができるようにプログラムする。
- 被験者にヘッドホンを付けてもらい、目の前に縦6つ、横8つで区切られたディスプレイを想像してもらう。

図5 被験者に渡すプリント

- 被験者に、図5の長方形がプリントされた紙を渡し、どの辺りから音が聴こえたか、印を書いてもらう。
- それぞれの被験者に書いてもらった印と、実際に音を出していた場所との距離を、3種類の音ごとに測り、その平均をとる。
- どの種類の音が誤差が少なかったか、多かったか、どの位置の音が誤差が少なかったか、多かったか、を調べる。

ランダムに鳴らした 12 か所と、被験者が書いた印との距離を測り、その平均値を出したところ、ノイズの誤差が一番小さく、続いて僅差でアラーム、約 1 cm 開いてピッピッという結果になった。その結果を次の表に示す。

被験者数 4

	A	B	C	D
ノイズ	5.325 cm	5.317 cm	6.408 cm	3.775 cm
ピッピッ	9.142 cm	5.958 cm	5.608 cm	4.288 cm
アラーム	3.775 cm	6.317 cm	6.942 cm	4.392 cm

表 1 実験結果 1

ノイズ平均 5.206 cm
 ピッピッ平均 6.249 cm
 アラーム平均 5.357 cm

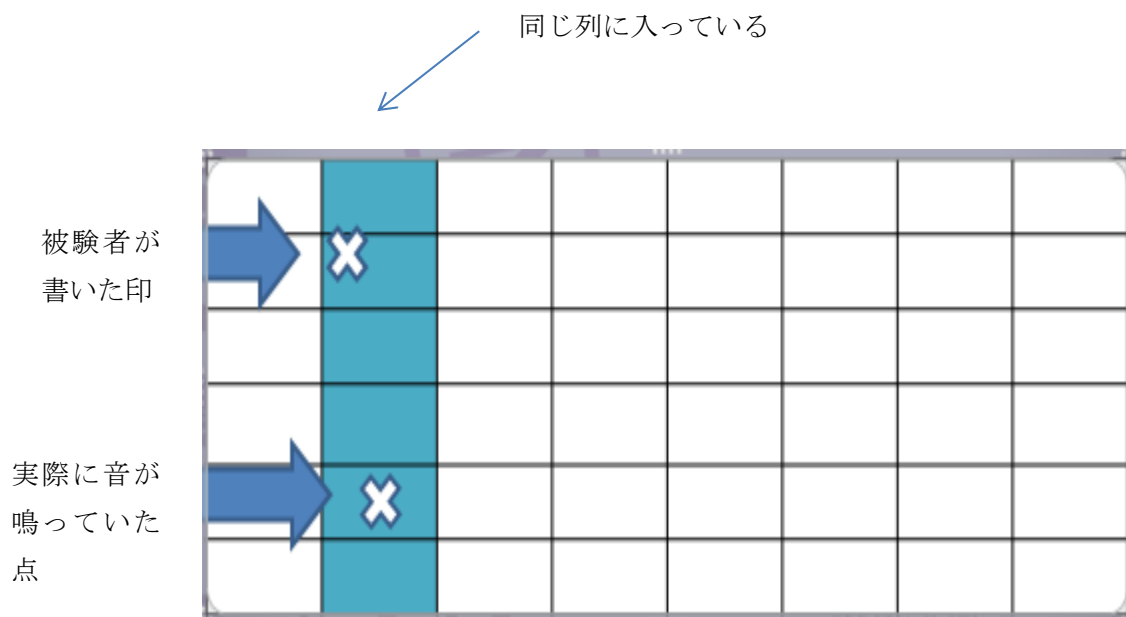


図6 列で見た時の検証

上下方向の正解率はかなり低く、左右方向の正解率は比較的高かった。縦8列で同じ列内に、被験者の印と、実際に音が鳴っていた点が入っていた回答数を数えてみた結果、次の表に示す結果になった。

被験者数 4

	A	B	C	D
ノイズ	5	5	5	5
ピッピッ	5	4	3	6
アラーム	7	6	5	6

表2 実験結果2

全12回中

ノイズ平均 5個

ピッピッ平均 4.5個

アラーム平均 6個

一方、縦に分けた6行の横のラインで見たときの結果は次のようになった。

	A	B	C	D
ノイズ	1	3	2	2
ピッピッ	1	1	3	5
アラーム	1	1	2	2

表3 実験結果3

全12回中

ノイズ平均 2個

ピッピッ平均 2.5個

アラーム平均 1.5個

左右はだいたい判別できる半面、上下が全く分からない、真ん中辺りの聞き分けが困難、後ろから聴こえてくる感じがするなど、改善すべき点がいくつもある。

今回用いた3つの音源では、ノイズもしくはアラームがピッピッよりも有効であるという結果であったが、ノイズやアラームが耳元で鳴り続けると、不快に感じるため、以後ピッピッを使用する。上下方向の判別の改善には、ピッピッの周波数を変化させることで対応する。

以上を踏まえ、**Pure data** でサブセットの高さに応じて音源の周波数を変調し、深度に応じて音源を作成した。

位置	高い→周波数	高	近い→ピ°ピ°ピ°ピ°	(音量大)	
	中→周波数	中	普通→ピ°	ピ°	ピ° (音量中)
	低い→周波数	小	遠い→ピ°	ピ° (音量小)	

4. 2

実験1. 目を瞑り、先にあるホワイトボードに向かって前進し、接触する前に止まる実験



写真10



写真11

広いところからのスタートだったので、最初全く音は聞こえていなかった。Kinect の測定範囲が 50 cm からなので、あまり速く歩きすぎると音を鳴らすタイミングとの兼ね合いから、反応せず、ホワイトボードに衝突してしまう。しかし、ゆっくり歩けば十分間に合うタイミングで音が鳴るので、余裕をもって止まることができた。

4. 3

実験2. アイマスクを着け、角を曲がる実験



写真 1 2



写真 1 3

最初のスタート地点で、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、多少音が鳴っていた。しかし、左右からの反応であることが分かっていたので、前進することができた。ぎりぎりまで前進したが、前方の棚がガラスであったため、なかなか Kinect が反応せず、接触しそうになった。

4. 4

実験3. 無響室で、出来るだけ外部からの音が聞こえない状況で、直進し、左右で障害物のない方に曲がる実験



写真14



写真15

これまでの実験と違い、無響室での実験なので、外部からの音は何も聞こえない環境で実験を行った。左右からの小さい音が、これまで以上に大きく聞こえるように感じたが、前方の壁の音もこれまでより大きく聞こえたので、接触する前に止まることができた。曲がる時は、左右どちらかに障害物があるというのは分かっている状態なので、比較的簡単に正解できた。

また、6名の被験者にもアイマスクをしてもらい、同様の実験を行った。なにも練習せず、すぐに実験をしてもらう人3名と、ある程度感覚を掴むまで練習してもらってから、実験してもらう人3名との2つのグループで実験をした結果、すぐに実験を行った人は、慣れていないため、曲がれずに実験を終える人がいた。しかし、練習してから実験を行った人は、スムーズに曲がれていた。

このことから、練習すれば簡単な障害物であれば、回避することができるといえる。

4. 5

実験4. ランダムに道を作ってもらい、アイマスクを着けて進む実験



写真16

写真17



写真18

これまでの実験は、どこに何があり、どう曲がるかなどがあらかじめ知らされていたが、この実験は全く分からない状態での試みだったので、かなり難しく、時間がかかった。曲がる時に、コーナーに入ってしまうと、どこから音が鳴っているか分からなくなり、また、その状態で進んでしまうと、障害物と Kinect の距離が 50 cm 未満になってしまい、音が鳴らなくなってしまう。前方、左右をゆっくり確認しながら進む必要があった。

5. 総括

5. 1 まとめ

Kinect を用いた視覚障害者支援デバイスには、音響信号を用いた既往研究がなく、評価基準すら設定されていない状況の中で研究を進めざるを得なかったため、一般生活で使用できるほど実用性の高いシステムは構築できなかった。しかしながら、既往研究の例よりも Kinect の装着感を改善し、また、音響信号を利用したシステムでも大体の障害物は回避することができ、簡単な通路であれば接触せずに進めることがわかった。

5. 2 今後の展開

腰への装着はベルトに固定するものとしたが、ベルトをしていない時にどのようにして腰に取り付けるのか。また、音が途切れ、何も聞こえなくなる時があるので、それらをどう改善するかが今後の課題である。

参考文献

- [1]Game Spark URL(<http://gs.inside-games.jp/news/271/27138.html>)
- [2]Kinect Memo URL(<http://kinect.pro-mame.com/>)