

平成 27 年度卒業論文
指向性スピーカを用いた
アミューズメント向け音響設備の開発

函館工業高等専門学校 情報工学科 5 年
東海林研究室 八木裕介

目次

1. 序論

1.1 英文アブストラクト	1
1.2 研究目的	1
1.3 研究背景	1
1.4 パラメトリックスピーカの仕組み	2

2. システム仕様

2.1 システム概要	3
2.2 開発環境	4
2.3 使用機器	4
2.4 コスト	8

3. 動作実験

3.1 動作環境	9
3.2 結果	10
3.3 考察	10

4. まとめ

11

参考文献	12
------	----

序論

1.1 英文アブストラクト

As one of the elements pleasing a user in amusement facilities, sound effects are required. Among them, the system using the parametric speaker is really used as the new expression method, and further development of the system is expected. However, small facilities and the general person people on general can't introduce the system because it is very expensive to introduce the system. So we develop an amusement sound system that is inexpensive and easy to introduce by using the parametric speaker. Finally, we check and evaluate the audible range.

Keyword: parametric speaker, cost, easy to introduce.

1.2 研究目的

より安価でより簡単に導入できる単一指向性スピーカの種類であるパラメトリックスピーカを使用したアミューズメント向け音響システムを開発する。

1.3 研究背景

遊園地などのアミューズメント施設でユーザを楽しませる要素の一つとして BGM や SE と呼ばれる音響効果の利用が必須なものとなっている。

その中で単一指向性スピーカは新たな表現方法として現在、美術館や遊園地などで実際に使われ、平面で直線的に反射する特性をもつため新たな活用場面の拡張やさらなる発展が望まれている[1]。

しかし単一指向性スピーカを用いたシステムを導入するには多大なコストがかかるため、小さな施設や一般の人がなかなか手を出すことのできないというのが現状となっている。

1.4 パラメトリックスピーカの仕組み

単一指向性スピーカは広範囲ではなく限られた範囲のみに聞こえる音声を流すスピーカである。今回の研究で用いるパラメトリックスピーカは単一指向性スピーカの一つであり、超音波の直進性を利用し音声により鋭い指向性を持たせている[2]。

2. システム仕様

2.1 システム概要

赤外線センサを使用し、人の集団が通過するタイミングで短い音声を流し、集団の先頭にいる人には音声が聞こえるが後続の人には流れている音声は聞こえないというシステムを作成した(図1)。このシステムはお化け屋敷などのアミューズメント施設で使用することを想定している。

スピーカと赤外線センサの制御には **Raspberry Pi** を、音声再生用装置には単一指向性スピーカを使用している。今回は比較的安価であり様々な場所での実験が比較的容易であること、さまざまな用途への応用が可能である点から制御用に **Raspberry Pi** を、そしてスピーカにはより可聴範囲を狭めるために単一指向性スピーカの一つであるパラメトリックスピーカを採用した。

このシステムは音声の内容を変更したり、**Raspberry Pi** の制御の内容を変更したり、スピーカの向きを変えたりする等の比較的簡単な操作で目的に応じた様々なシチュエーションで使用することが可能である。

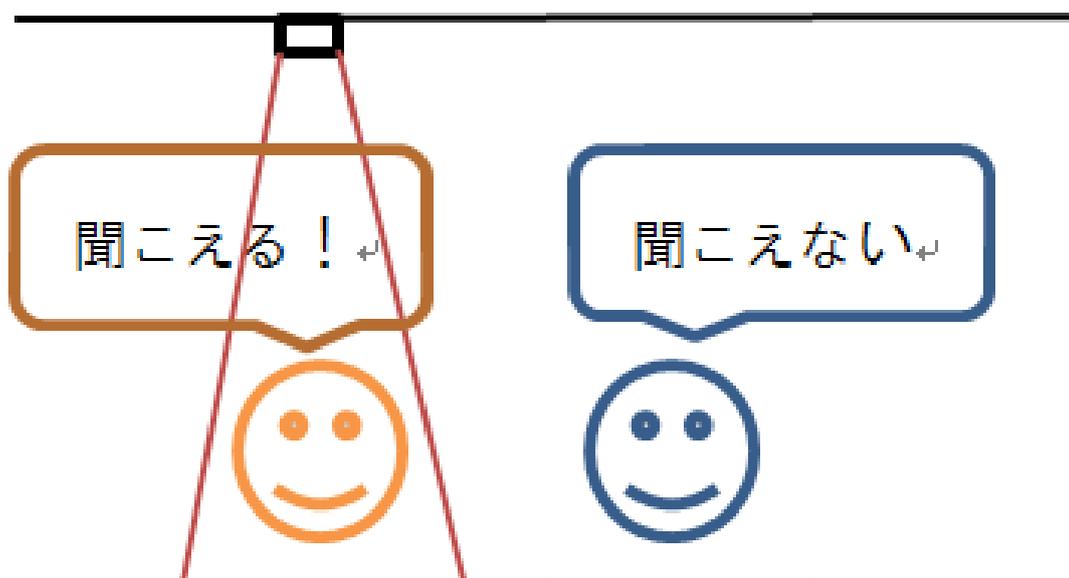


図1 システム簡略図

2.2 開発環境

センサ：焦電型赤外線センサーモジュール SB612A

スピーカ：パラメトリックスピーカ実験キット

有限会社トライステート(Tristate)社製

制御用機器：Raspberry Pi

使用 OS：Raspbian

2.3 使用機器

・Raspberry Pi

Raspberry Pi とは、CPU・メモリ・USB 端子・LAN 端子・HDMI などが搭載されている超小型コンピュータのことである。外観を図 2、スペックを表 1 に示す。

Raspberry Pi には GPIO と呼ばれる入出力端子があり、それぞれ 5V 端子、GND 端子、3.3V を出力する端子がある。これらのうち、プログラムで制御出来るのは 3.3V 出力端子である。GPIO ピンと回路とをつなぎ合わせ、プログラムを実行する[3][4][5]。

本研究では Raspberry Pi に、パラメトリックスピーカと赤外線センサを接続し使用している。



図 2 Raspberry Pi

表 1 Raspberry Pi 仕様

製品名	Raspberry Pi Model B
価格	35 ドル
サイズ	86×54×17(mm)
メモリ	512MB
SoC	Broadcom BCM2835
電源	700mA 3.5W
フラッシュメモリ	SD カード(4GB を使用)
OS	Raspbian

- ・パラメトリックスピーカ

仕組みについては前述のとおりであるため省略する。本実験ではコストが低いという理由から作成キットを採用した[6]。音質は劣化してしまうが本実験で想定している場面では音質は重要ではないため考慮していない。外観を図3、スペックを表2に示す。

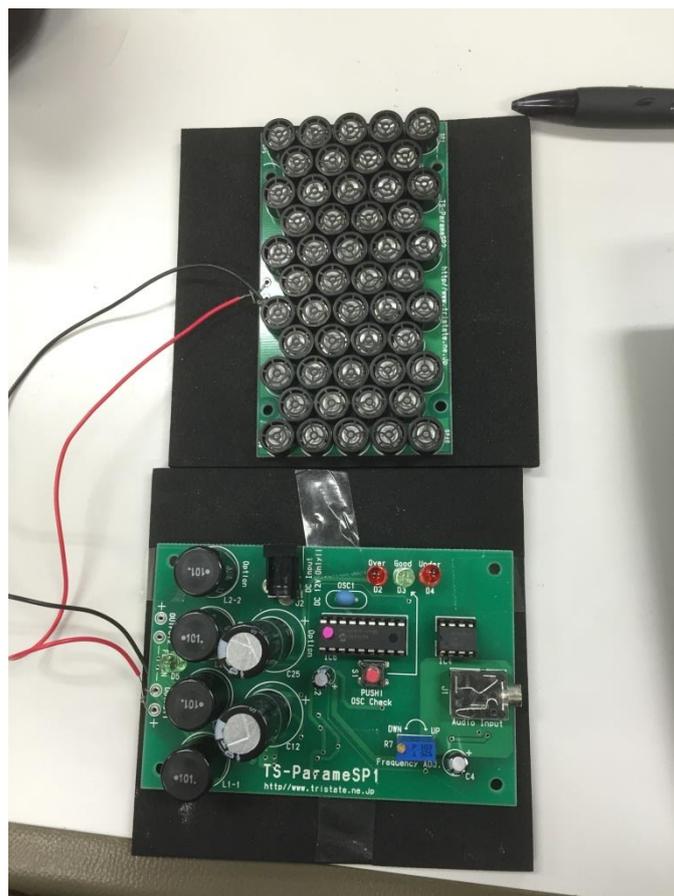


図3 パラメトリックスピーカ

表2 パラメトリックスピーカ仕様

製品名	パラメトリックスピーカ作成キット (有限会社トライステート社製)
超音波振動子数	50個
入力/出力	ステレオ/モノラル
中心周波数	40.0±1KHz
入力端子	3.5mm ステレオミニプラグ
電源	12VDC
サイズ	98×65(mm)

・ 赤外線センサ

強誘電体が赤外線を受けると、その熱エネルギーを吸収して、自発分極に変化を起し、その変化量に 比例して表面に電荷が励起される。この現象を焦電効果という。 焦電型赤外線センサは焦電効果を利用して人体などから発せられる僅かな赤外線を検知している[7]。本実験で使用したセンサの外観を図 4 に示す。



図 4 赤外線センサ

2.3 コスト

使用した装置の価格を表 3 に示す[8][9]。既存のシステムが 20 万円以上するのに対し本システムは十分の一以下となっている[10]。

表 3 装置価格一覧

製品名	価格
Raspberry Pi	\$35(約¥4000)
赤外線センサ	¥600
パラメトリックスピーカ作成キット	¥11800
その他(ケーブルなど)	約¥1000
合計	¥17400

3.動作実験

3.1 動作環境

本システムの設置を想定しているシーンは、アミューズメント施設、特にお化け屋敷などの施設内の人1人が通れる狭い通路である。センサは横向きに置いて人の通過を検知する。またスピーカは通過する人の耳に向かうように角度を調整する。研究室内で実験的に本システムを設置した様子を図5に示す。

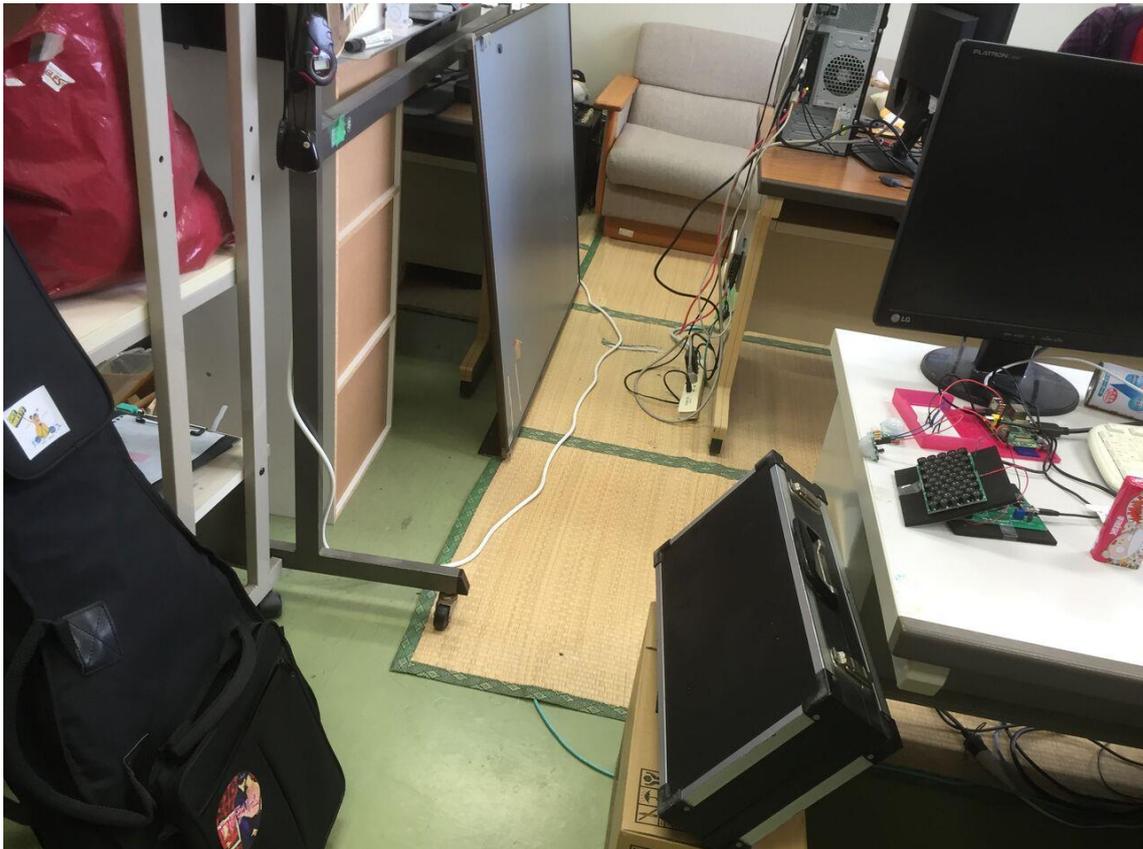


図5 実際に設置した様子

実験方法は2人1組のグループを編成し、グループの先頭にセンサを横切ってもらい、先頭には音声を認識できたかと音量はどうか、後続には音声を認識できたかを尋ねた。これを、先頭を入れ替えて4回行った。なお今回は音声として2秒程度の短い音声を用いた。また室内にはBGMなどを流さずに静かな環境で実験を行った。

3.2 結果

アンケート結果を表4に示す。表4内の数字は人数である。アンケートの結果から音声を認識することには問題がないと考えられる。しかし聞こえた音声の音量が大きく、後続の人でも音声を認識することができてしまっている。

表4 アンケート結果

先頭		
音声を認識できたか		
できた	できない	
4	0	
音量はどうか		
小さい	普通	大きい
0	1	3
後続		
音声を認識できたか		
できた	できない	
2	2	

3.3 考察

静かな環境で音声を流したときにその他の人にも音声が聞こえてしまった原因として音声が天井などからの反射してしまったことやキットを作成する際、超音波振動子のはんだ付けが完全に平坦にならなかったことなどが考えられる。対応策としては音量やスピーカの角度の調整などが考えられる。また室内でBGMを流しながら実行した場合については自分の想定していた通りの結果(先頭には音が聞こえるが後続には聞こえない)となった。

3. まとめ

本研究の目的である、より安価でより簡単に導入できる単一指向性スピーカを使用したアミューズメント向け音響システムの開発はおおむね達成することができた。それに加え多少知識のあるものであれば簡単な内容の変更で様々なシーンでバリエーションに富んだ活用方法もできるためいろいろな応用方法が期待できる。

一方、このシステムの問題点としては、安価な作成キットを採用しているので再生時の音質が劣化してしまうこと、超音波のもつ特性上人やモノに当たった場合に反射してしまうため完全に狙った対象のみだけでなく近くの人にも少量ながらも聞こえてしまうことなどがあげられる。

そこで今後の課題として安価であっても音質の劣化しない再生方法を模索すること、音があたっても反射のしにくい環境を構築することなどがあげられる。

」

参考文献

- [1] Jun Yanga, Woon-Seng Gan, Khim-Sia Tan, Meng-Hwa Er :
Sensors and Actuators A: Physical, 125 ,91 (2005)
- [2] 超指向性スピーカの理論
<http://star.web.nitech.ac.jp/pdf/120324doc.pdf>
- [3] ツールラボ
<https://tool-lab.com/2013/12/raspi-gpio-controlling-command-2/>
- [4] SWITCHSCIENCE
<https://www.switch-science.com/catalog/1268>
- [5] ものづくりエクスペリメント
<http://denshikousaku.net/raspberry-pi-gpio-layout>
- [6] 世界初! パラメトリック・スピーカ実験キット
<http://www.tristate.ne.jp/parame.htm>
- [7] 焦電型赤外線センサ
http://www.realchance.com.tw/ch/pdf/CdS_Led/pir_nc_.pdf
- [8] 焦電型赤外線センサーモジュール (焦電人感センサ) S B 6 1 2 A
<http://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-08767/>
- [9] パラメトリック・スピーカ実験キット
<http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-02617/>
- [10] ハイパーソニックサウンド
<http://item.rakuten.co.jp/prowell/hypersonic/>