

2017 年度（平成 29 年度）

ECPⅢ

Final Report

クラウド連携する家庭用ロボットの新機能の開発

リエゾン ：株式会社講談社

チーフアドバイザー：金丸 隆志 准教授

サブアドバイザー：桂 晃洋 教授

チームメンバー

G1-14017	大竹	育実
G1-14019	大森	奈央子
G1-14028	桐生	篤志
G1-14040	高林	拳伍
G1-14041	滝澤	遼
G1-14057	檜垣	百花
G1-14067	町野	和輝
G1-12034	許	宗泰

目次

第 1 章	緒言（檜垣担当）	1
1.1	研究背景	1
1.1.1	研究テーマ	1
1.1.2	クラウドとは	2
1.1.3	アトムと Robi の比較	3
1.1.4	他の家庭用ロボットの比較	5
1.2	研究概要	8
1.2.1	新機能の決定	8
1.2.2	本研究で利用した 2 足歩行ロボットについて	10
1.2.3	研究の進行	14
第 2 章	音声認識と音声合成（桐生・許担当）	16
2.1	概要（許担当）	16
2.1.1	目的	16
2.1.2	必要機材・利用したソフトウェア	16
2.2	音声認識（許担当）	17
2.2.1	概要	17
2.2.2	音声認識プログラム	17
2.3	音声合成（許担当）	19
2.3.1	概要	19
2.3.2	音声合成プログラム	19
2.4	考察（許担当）	20
2.5	マイクの実験（桐生担当）	20
2.5.1	概要	20
2.5.2	原理	20
2.5.3	必要機材・制約条件	24
2.5.4	実験方法	25
2.5.5	実験結果	26
2.5.6	考察	29
2.5.7	結論	30
第 3 章	ジェスチャーゲーム機能（高林・町野・許担当）	31
3.1	概要（許担当）	31
3.1.1	目的	31
3.1.2	要求仕様	33
3.1.3	必要機材、必要技術	33

3.1.4	機能のフローチャート	34
3.2	メインプログラムについて（許担当）	35
3.2.1	コマンドのランダム生成.....	35
3.2.2	シリアル通信.....	36
3.2.3	解答比較と正解発表.....	37
3.3	モーター制御（高林・町野担当）	38
3.3.1	使用機材（町野担当）	38
3.3.2	開発環境の整備（高林担当）	39
3.3.3	プログラムの仕様（町野担当）	41
3.3.4	作成したモーションプログラム（町野担当）	43
3.3.5	考察（高林担当）	44
第4章	音声でのリモコン機能（滝澤担当）	45
4.1	概要	45
4.1.1	目的.....	45
4.1.2	要求仕様.....	46
4.1.3	機能のフロー.....	47
4.2	必要機材・使用したソフトウェア.....	48
4.2.1	赤外線リモコン受信モジュール.....	48
4.2.2	赤外線 LED を接続した赤外線送信機	49
4.2.4	LIRC（Linux Infrared Remote Control）	49
4.3	赤外線リモコンの信号の学習.....	50
4.3.1	概要.....	50
4.3.2	信号の学習	50
4.4	学習した信号の送信	53
4.4.1	概要.....	53
4.4.2	irsend コマンドによる信号の送信.....	53
4.5	音声認識による信号の送信	54
4.5.1	概要.....	54
4.5.2	Python プログラムの製作.....	54
4.5.3	音声認識による信号の送信	54
4.6	考察	55
第5章	タイマー付きの音声での家電操作機能（大竹・大森担当）	56
5.1	概要（大森担当）	56
5.1.1	目的.....	56
5.1.2	要求仕様.....	57
5.1.3	必要技術・必要機材.....	58

5.1.4	プログラムのフローチャート.....	59
	タイマーを使用したプログラムの起動（大竹・大森担当）	61
5.2.1	概要（大竹担当）	61
5.2.2	音声認識での時刻設定（大竹担当）	61
5.2.3	コマンドライン引数による設定時刻の受け渡し（大森担当）	62
5.2.4	設定時刻での指定したプログラム起動（大竹担当）	64
5.2	起動プログラムの作成（大竹・大森担当）	65
5.3.1	概要（大森担当）	65
5.3.2	「アラーム」のプログラム（大竹担当）	66
5.3.5	徐々に消灯する機能（大森担当）	68
5.3	考察（大森担当）	69
第 6 章	Rapiro に搭載した機材について（高林・町野担当）	70
6.1	概要（町野担当）	70
6.1.1	目的.....	70
6.1.2	要求機能.....	70
6.2	Rapiro 頭部内の機材の接続方法（高林担当）	71
6.3	完成状態（町野担当）	72
6.4	考察（高林担当）	75
第 7 章	結論（檜垣担当）	76
7.1	目標	76
7.2	目標への達成度	76
7.3	問題	78
7.3.1	問題点	78
7.3.2	解決法	78
7.4	総合評価.....	79
第 8 章	参考文献・URL.....	80
	謝辞	82
	付録	83

第1章 緒言（檜垣担当）

1.1 研究背景

1.1.1 研究テーマ

我々は、株式会社講談社様から提供された『クラウド連携する家庭用ロボットの新機能の開発』というテーマに取り組むことになった。

クラウド連携する家庭用ロボットとは、パートワーク形式で刊行される『週刊 鉄腕アトムを作ろう！』（図 1-1）で完成するロボットのことである。そのコンセプトは、自然に家族の一員になれるというもので、家族（最大 12 人）の顔を覚えてその人にあった情報を伝え、歌やダンスなどでユーザーを楽しませてくれる、などの機能がある。

そのアトムの既存の機能に加え、今回学生ならではの視点で新しい機能を考える。「こんなソフトウェアがあれば面白いのではないかな」といったものや、また他にも、「こんな動きをしたら面白いのでは？」「こんな会話や遊びができたなら楽しい」といった要素を含んだ新機能の提供を目指す。



図 1-1 『週刊 鉄腕アトムを作ろう！』 [1-1]

1.1.2 クラウドとは

本項では、1.1.1 で記述したテーマ内にある、『クラウド』という用語について説明する。

クラウドとは、インターネットを通じてあるサービスを必要な時に必要な分だけ利用するというシステムである。これを利用してできたサービスをクラウドサービスと呼び、そのサービスによってさまざまなことが可能になる。

代表的なものに、Google の Gmail がある。これは、パソコンにソフトウェアをインストールせずに、クラウドサービスのアカウントを所持していれば Google Chrome や Internet Explorer などのブラウザを通じてメールを利用できる、というシステムである。インターネットに接続している環境であれば、どの端末からでもいつでも使用が可能である。また、メールだけでなく、写真などのデータをクラウド上に保存することで、どの端末からでもそのアカウントからデータを確認することができるようになる。

1.1.3 アトムと Robi の比較

本項では、アトムと同じパートワーク形式で組み立てる DeAGOSTINI 社の Robi（図 1-2）をアトムと比較する。



図 1-2 Robi [1-2]

表 1-1 にそれぞれの仕様を示す。

表 1-1 アトムと Robi の比較表

	アトム	Robi
サイズ (身長×横幅×前後幅 cm)	44×14×11	34×16×12
体重 (kg)	1.4	1
Wi-Fi 接続	可能	不可能
クラウドサービス	あり	なし

本体のサイズに大きな違いはないが、表 1-1 のように、Robi はインターネット接続ができないのに対し、アトムは Wi-Fi によりインターネットに接続できるという違いがある。それにより、アトムは、クラウドサービスに接続することができ、既存の機能に加えて、様々な機能を使うことができる。

クラウドサービスによりアトムは、多くの情報を会話に含めることが可能になる。最新のニュースや天気や行楽情報を入手し、そのユーザーに合わせた情報を伝えることができる。さらに、アトムは会話を行う際、自然なコミュニケーションを司るフロントエンド AI（内蔵 AI）と、インターネット上で膨大な情報の検索や分析を行うクラウド AI の 2 種類の AI を利用することによって、バリエーション豊かな会話が可能になる。

一方、クラウドサービスがない Robi は、限られた約 200 の言葉を理解しコミュニケーションを取る。

1.1.4 他の家庭用ロボットの比較

本項では、前項で比較した Robi 以外の家庭用ロボットの機能をいくつか紹介する。さまざまな家庭用ロボットが世で売られる中、機能によって 3 つに分類した。まず 1 つ目は、面白さを主眼に製作されたものである。2 つ目は、便利さを主眼に製作されたものである。そして 3 つ目は、面白さと便利さを合わせ持ったものである。

以上 3 つの機能を主眼に製作された家庭用ロボットを 1 つずつ例に出し、それらがユーザーにどのように影響を与えるかを考察する。

面白さを主眼に製作されたロボットの例として、タカラトミー社の爆・笑太郎（図 1-3）が挙げられる。これは、1300 個のギャグが登録されており、さまざまな場面でユーザーを楽しませるロボットである。

ロボットの頭部のスイッチを押せば複数のギャグを言う。またこのロボットには電波時計が搭載されておりアラーム設定ができるため、指定した時刻に複数のギャグを連発することもできる。

『笑う』という行為は、人の健康状態に良い影響をあたえると言われている。よく笑う人と笑わない人とでは健康状態の自己評価に差が現れ、自己評価が低い高齢者では、寝たきりになる割合や死亡率が高い傾向がある。これらの傾向から、よく笑う人ほど健康であるという可能性が考えられる。

これらの面白いユーモラスな機能により、爆笑太郎は、ユーザーに楽しんでもらい、そして多くの笑いを提供することを目的としていると考えられる。



図 1-3 爆・笑太郎 [1-3]

便利さを主眼に製作されたロボットとしては、ユカイ工学社の BOCCO（図 1-4）が挙げられる。これは、スマートフォンのアプリと連動し、留守番中の子供の見守りや、離れた家族との気軽なメッセージのやりとりを行うロボットである。

例えば、家が留守状態時に帰宅した子供に、外出先の親がスマートフォンのアプリからメッセージを送ると、家にある BOCCO が子供に伝える。またその際に、子供が BOCCO に話しかけたメッセージをスマートフォンからも聞くことが出来る。また、同梱のセンサーを玄関ドアに設置することで、外出時でも子供の帰宅をスマートフォンのアプリを通じて知ることができる。

これらの機能は、離れた一人暮らしのご年配の方の見守りにも使用することが可能である。そのため BOCCO は、幼い子供やご年配の方にも使いこなせるよう、シンプルなデザインとなっており、簡単に使い方を覚えることができる。

これらの便利で使いやすい機能により、BOCCO は、子供からご年配の方まで使用できること、また家族間とのコミュニケーションをサポートすることを目的としていると考えられる。



図 1-4 BOCCO [1-4]

面白さと便利さを合わせ持ったロボットとして、DMM 社の Palmi (図 1-5) が挙げられる。これは、クラウドサービスを利用して、生活環境やコミュニケーションの内容で性格を変え、成長するロボットである。初めはぎこちない会話をするが、Palmi の様々な機能を使用することで、ユーザーとの会話を記憶し、徐々にそのユーザーにあった会話を行うようになる。

例えば、朝に最新のニュースを聞いた場合、Palmi はこの時の会話を記憶し、以後毎朝最新のニュースを提供するようになる。また、ユーザーが興味を持ちそうな話題を、それまでの会話から分析をし、その最新の情報が入れば自ら伝えるようになる。

また、ユーザーの表情や感情や雰囲気把握し、ダンスや歌、または楽しい話題の提供でユーザーを楽しませる。

これらの便利で実用的な機能やユーザーを楽しませる機能により、Palmi はおもちゃではなく、生活するうえでのパートナーとして存在することを目的としていると考えられる。



図 1-5 Palmi [1-5]

「面白さ」、「便利さ」という観点から 3 つのロボットを紹介したが、これらのロボットは下記の 3 点の特徴を持つことがわかった。

- ・ユーザーを楽しませることができること
- ・家族間のコミュニケーションをサポートできること
- ・ユーザーのパートナーとして存在することで、ユーザー生活の一部となることができること

これらを我々が新機能を考えるにあたってのヒントとした。

1.2 研究概要

1.2.1 新機能の決定

本項では、前節で考察した結果を踏まえて、「面白さ」を含んだ機能をユーモラスな機能、「便利さ」を含んだ機能を便利な機能とし、それぞれの新機能のコンセプトについて説明する。

今回、ユーモラスな機能として1つ、また便利な機能として2つ、計3つの新機能を提案する。

1.2.1.1 ユーモラスな機能

ユーモラスな機能として、前節で記述した家族間でのコミュニケーションやユーザーを楽しませる、というヒントをもとに機能を考えた。

その理由として、昨今の家族間のコミュニケーション不足やなどの問題を、少しでも解決させたいと思ったからである。マイボイスコム株式会社が「同居家族とのコミュニケーション度合」を約1万人にアンケート（第8章 [1-6]）したところ、十分コミュニケーションを取れていると答えた回答者は20%にも満たなかったという結果がある。

実際に家族間でのコミュニケーション不足を感じていても、それに対してどのような解決をしたらいいのか分からないという人に対し、コミュニケーションの手がかりとなれば良いと考えた。また、身内である家族ならわざわざ意識してコミュニケーションを取らなくてもわかり合うことができるだろう、という意識を持っている人に対しても役に立つだろう。

また、シチズンホールディングス株式会社が行った「スマートフォンの利用で生活に及ぼす影響」についての調査（第8章 [1-7]）では、家族とコミュニケーションを取る時間は、35年間で約3時間半減少した、とされている。家族間でコミュニケーションがなかなか取ることが出来ない理由として、学生が部屋にこもり、自分専用のパソコンやスマートフォンだけで一人の世界に入りがちであり、同じ家においても家族と顔を合わせる事が少なくなっているからなのではないか、と考えた。

そこで我々はリビングなどの家族が集まる場で、全員で楽しめる機能であれば家族のコミュニケーションのきっかけになると考えた。家族の輪を作ることで、昨今の家族間の問題を解決に導くきっかけになることが期待できる。

以下を実現するユーモラスな機能として、ジェスチャーゲームを選定した。

- ・家族全員で楽しむことができること
- ・家族とコミュニケーションを取りながら行うことができること
- ・気軽にできること

1.2.1.2 便利な機能

1.1.4 項で記した、ユーザーのパートナーとして存在することでユーザーの生活の一部となる、というヒントをもとに便利な機能を考えた。

ロボットを使用することによって、いつもの生活より楽になったと感じてもらい、またユーザーが長い期間、生活の一部として自然にロボットを使用するようになることを目指す。

例えば朝起きてテレビをつける動作や、暗くなったら電気をつける、そんな日常に起こる動作をロボットに手伝ってもらうことで、自然とユーザーの生活に入り込むことができるだろう。

家の照明やテレビの操作などの家電操作は、1 日の中で 1 回は行うだろう。それをリモコン操作で実現するかわりに音声で操作できれば、毎日必要とされる機能となるだろう。

また、指定した時刻に家電を操作できるような設定ができれば、さらに利便性が高くなると考えた。

以下を実現する便利な機能として、音声での家電操作を選定した。

- ・毎日使用できる機能であること
- ・利便性が高いものであること

さらに、音声での家電操作を「音声でのリモコン機能」と「タイマー付きの音声での家電操作機能」の 2 つの機能に分けた。

1.2.2 本研究で使用した 2 足歩行ロボットについて

1.2.2.1. 概要

本研究で提案する新機能を実現させるにあたって、機能を搭載するためのロボットが必要となった。

しかし、『週刊 鉄腕アトムを作ろう！』は、2018 年 9 月に完成予定のため、我々の研究期間内に完成状態のアトムを利用することができない。

そのため、機楽株式会社と株式会社ミヨシと株式会社スイッチサイエンスの計 3 社による合同プロジェクトで製品化された **Rapiro** (図 1-6) というロボットを使用して活動を行うことにした。



図 1-6 Rapiro

1.2.2.2. Rapiro の特徴と使用の決め手

今回使用した Rapiro には以下のような特徴がある。

- ・ 2 足歩行ロボットである
- ・ Rapiro のメイン基板が Arduino 互換である（図 1-7）ため、動作のカスタマイズが容易である
- ・ インターネット接続を可能にする Raspberry Pi 3（図 1-8）の搭載が可能である

これらについて、以下でより詳しく説明する。

稼働部位について

アトム の代替として用いるためには、Rapiro が 2 足歩行であることが必要な条件であった。ただし、アトム の稼働部位が 18 軸であるのに対し、Rapiro の稼働部位は 12 軸と足の関節の 6 軸分少ない。しかし、Rapiro も歩行が可能のため、研究の遂行に大きく影響しないと判断した。

動作のカスタマイズについて

ロボットの動作をカスタマイズできることも大切な点である。**Rapiro** に搭載されているメイン基板は **Arduino** というマイクロコンピュータと互換性があるため、**Arduino** と同様に使用ができる。それにより、**Arduino IDE** という開発環境を用いて動作のカスタマイズが可能である。

図 1-7 が **Rapiro** のメイン基板であり、その仕様を表 1-2 に示す。

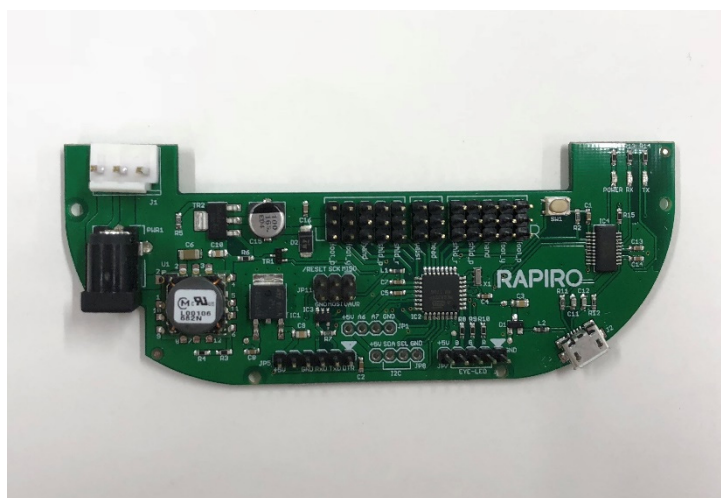


図 1-7 **Rapiro** のメイン基板

表 1-2 **Rapiro** のメイン基板の仕様表

マイコンチップ	ATmega328P
サーボ出力用ピン	16 本
センサー入力用ピン	2 本
Raspberry Pi 通信用ピン	あり
Flash メモリ	32KB

インターネット接続について

さらに、アトムには **Raspberry Pi 3** が搭載されているため、それを **Rapiro** にも搭載することができる点は重要である。**Rapiro** のメイン基板のみではインターネット接続はできない。インターネット接続が可能な **Raspberry Pi 3** を **Rapiro** に搭載することによって、クラウド連携をするロボットとして使用することが可能になる。

図 1-8 が今回使用した **Raspberry Pi 3** であり、その仕様を表 1-3 に示す。



図 1-8 Raspberry Pi 3

表 1-3 Raspberry Pi 3 の仕様表

CPU	Broadcom BCM2837 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 Cortex-A53
GPIO ピン	40 本
Bluetooth	Bluetooth®V4.1、 Bluetooth Low Energy (BLE)
無線 LAN	IEEE802.11b/g/n(2.4GHz)
長さ	86mm
幅	57mm
重さ	45g

1.2.3 研究の進行

我々は、前節で記述した機能を実現するにあたり、表 1-4 のような班に分かれた。

1 つ目の班は、音声認識・音声合成班である。音声認識・音声合成班の役割は以下の 3 点である。

1. 機能に対応し語句を認識させるための音声認識の実現。
2. 音声認識を行う際に用いるマイクの選定。
3. 会話が成り立つような返事をさせるための音声合成の実現。

2 つ目の班は、ジェスチャーゲーム機能班である。ジェスチャーゲーム機能班の役割は以下の 3 点である。

1. 複数のジェスチャーの製作（モーター制御）。
2. Raspberry Pi と Rapiro のメイン基板をつなぐシリアル通信の実現。
3. Raspberry Pi からのジェスチャーの選択の実現。

3 つ目の班は、音声でのリモコン機能班である。音声でのリモコン機能班の役割は以下の 2 点である。

1. Raspberry Pi を使用した赤外線信号の送信の実現。
2. 音声での赤外線信号の送信の実現。

4 つ目の班は、タイマー付きの音声での家電操作機能班である。タイマー付きの音声での家電操作機能班の役割は以下の 4 点である。

1. 音声再生のプログラム作成。
2. 一定時間間隔でライトの明るさを徐々に暗くするプログラムの作成。
3. 指定した時刻に他のプログラムを立ち上げる（タイマー）プログラムの作成。
4. 複数プログラムを同時に作動させるためのプログラムの作成。

5 つ目の班は、Rapiro の改造班である。Rapiro の改造班の役割は以下の 3 点である。

1. アンプ付きスピーカーの作成。
2. 赤外線 LED をユニバーサル基板上に実装した回路の作成。
3. スピーカー、マイク、赤外線 LED 付き回路、及び Raspberry Pi の Rapiro への搭載。

表 1-4 班構成表

班構成	メンバー	
音声認識 音声合成班	桐生 篤志	
	許 宗泰	
ジェスチャーゲーム 機能班	許 宗泰	◎檜垣 百花
	高林 拳伍	町野 和輝
音声での リモコン機能班	大森 奈央子	
	滝澤 遼	
タイマー付きの 音声での家電操作機能班	○大竹 育実	
	大森 奈央子	
Rapiroの改造班	高林 拳伍	◎檜垣 百花
	滝澤 遼	町野 和輝

◎：班長 ○：副班長

第2章 音声認識と音声合成（桐生・許担当）

2.1 概要（許担当）

2.1.1 目的

本章では音声認識と音声合成の手法について説明する。本研究で提案した機能を実現するにあたり、ユーザーと Rapiro の間で会話を成立させることが必要である。本研究では、Raspberry Pi 3 の Python 環境で音声認識と音声合成を実現することを目指すことにした。

2.1.2 必要機材・使用したソフトウェア

音声認識と音声合成を行うための開発環境とソフトウェアを解説する。

2.1.2.1 Python

プログラミング言語として Python を使用する。Python は多くのハードウェアと OS に対応しており、オブジェクト指向、命令型、手続き型、関数型などの様々な形式のプログラムを書くことができる。

2.1.2.2 Google Speech API

Google 社が提供しているクラウドサービスの音声認識システム Google Speech API を用いる。これは、インターネット環境が整っていればどこでも利用可能である。ただし、利用は開発用途限定で 1 日 50 認識という制限がある。

2.1.2.3 Open JTalk

音声合成には Open JTalk を使用する。オープンソースの日本語音声合成システムである。

2.1.2.4 Julius

2.5 の実験の際に使用するオープンソースの音声認識エンジンである。単語辞書や音響及び言語モデルなどと組み合わせて用いる。

2.2 音声認識（許担当）

2.2.1 概要

本項では音声認識について説明する。まず、音声認識とは人の音声などをコンピューターが認識できるように文字列などのデータに変換する技術である。既に述べたように、本研究では音声認識に Google Speech API を使用する。さらに、入力に使用するマイクによって音声認識精度が変化するか実験を行い本研究で使用するマイクの選定を行う。

2.2.2 音声認識プログラム

次に作成した音声認識のプログラムについて解説する。

はじめに、音声認識プログラムを書く前準備として Google API キーをあらかじめ取得しておく。Google API キーとは Google 社が提供しているインターネット API を使うための認証キーのことである。

そして、インターネット API にデータを送りそこで得た結果を受け取るために、requests ライブラリを使用する。プログラム 2-1 はプログラムの例である。

```
import requests
r = requests.post(url,payload=data,headers)
```

プログラム 2-1 requests ライブラリの例

一行目は requests ライブラリのインポートを行っている。二行目の post() メソッドの中にサービスの URL とヘッダやペイロードなどサービスを利用するのに必要な情報を与える。これらは下記のような意味を持つ。

- url : Google speech API の URL。この中に以下の情報も含める。
 - lang : 使用する言語。日本語の場合、'lang=ja-JP'
 - key : Google API キー
- data : 音声データ
- headers : HTTP のヘッダ。この中に以下の情報も含める。
 - Content-Type : 音声データのフォーマットとサンプリングレート。

プログラム 2-1 を含み、実際に音声認識結果を得るのがプログラム 2-2 である。

```

import requests
GOOGLE_APIKEY = 'YOUR GOOGLE_APIKEY'
VOICE_REC_PATH = '/home/pi/ai/hello.flac'

def recognize():
    print('recognizing...')
    f = open(VOICE_REC_PATH, 'rb')
    voice = f.read()
    f.close()
    url='https://www.google.com/speech-
api/v2/recognize?xjerr=1&client=chromium&'¥
    'lang=ja-JP&maxresults=10&pfilter=0&xjerr=1&key='
GOOGLE_APIKEY
    hds = {'Content-type': 'audio/x-flac; rate=17000'}
    try:
        reply = requests.post(url, data=voice, headers=hds).text
    except IOError:
        return '#CONN_ERR'
    except:
        return '#ERROR'
    print 'results:', reply

```

プログラム 2-2 音声認識プログラム

2.3 音声合成（許担当）

2.3.1 概要

本項では音声合成について説明する。まず、音声合成とは人工的に人の声を合成する技術である。本研究では、Open JTalk を使用し Rapiro に音声合成機能を与える。

2.3.2 音声合成プログラム

ここからは音声合成を行うプログラム 2-3 について解説する。

まず、音声合成関数 `speak()` を定義する。その中で、辞書と音声データパスの定義、Open JTalk のコマンドライン作成、音声合成の実行命令、音声再生命令などを記述する。

```
VOICE_OUT_PATH = '/home/pi/tmp.wav'

def speak(message):
    print('speaking...' + message)
    JDIC_DIR='/var/lib/mecab/dic/open-jtalk/naist-jdic/'
    VOICE_DATA='/home/pi/ai/mei/mei_happy.htsvoice'

    cmdline = 'echo ' + message + ' | open_jtalk -x ' + JDIC_DIR + ¥
              ' -m ' + VOICE_DATA + ' -ow ' + VOICE_OUT_PATH + ¥
              ' -s 17000 -p 100 -a 0.03'
    print(commands.getoutput(cmdline))
    os.system('play ' + VOICE_OUT_PATH)
```

プログラム 2-3 音声合成プログラム

この `speak` 関数を実際に呼び出すのがプログラム 2-4 である。このプログラムはプログラム 2-3 で定義した関数 `speak` の引数 `message` に合成したい言葉を格納することで音声合成を行い、そして生成した音声を再生する。

```
message = 'こんにちは'
t0 = current_milli_time()
speak(message)
print 'speaked:' + str(current_milli_time() - t0) + 'ms'
```

プログラム 2-4 音声出力プログラム

2.4 考察（許担当）

音声認識機能・音声合成機能を完成させることができた。

2.5 マイクの実験（桐生担当）

2.5.1 概要

本項では、この研究をする上で我々が実現する機能に適切なマイクを選定する。そこで2種類のマイクを比較することにした。1つ目は、一般的に家庭用ロボットに搭載されていることが多い無指向性のマイクである。2つ目は、正面からの音の認識精度が高い単一指向性のマイクである。ここではこの2つのマイクを後述の制約条件のもとで実験する。

2.5.2 原理

無指向性マイクと単一指向性マイクの原理について解説する。

無指向性マイクとは、置かれた場所に集まった音すべてが振動板に届いて電気出力されるマイクのことである。図 2-1 は正面から音が振動板に届いている図である。

次に図 2-2 は真後ろで鳴った音が振動板に届くまでの図である。

最後に図 2-3 は無指向性のポーラパターンであり、無指向性マイクはすべての方向の音の大きさに対する感度が等しいことが図から読み取れる。

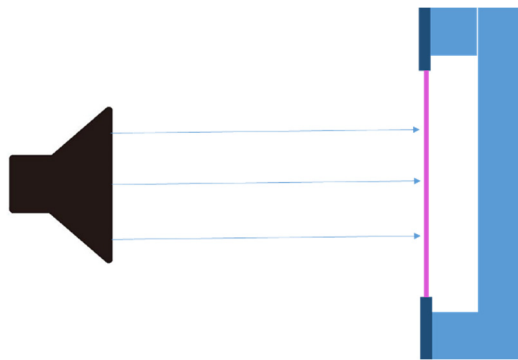


図 2-1 無指向性マイクでの正面からの音の進入経路

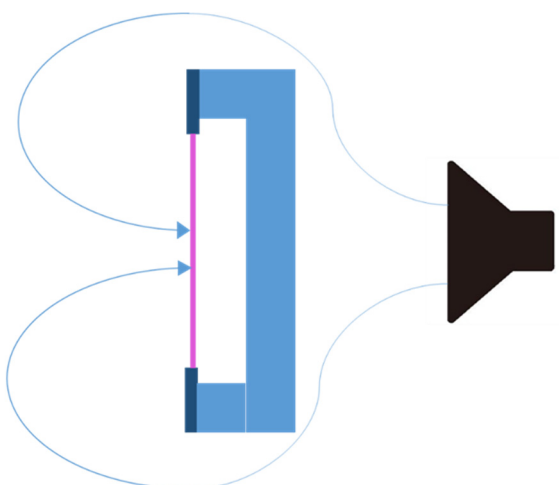


図 2-2 無指向性マイクでの背面からの音の進入経路

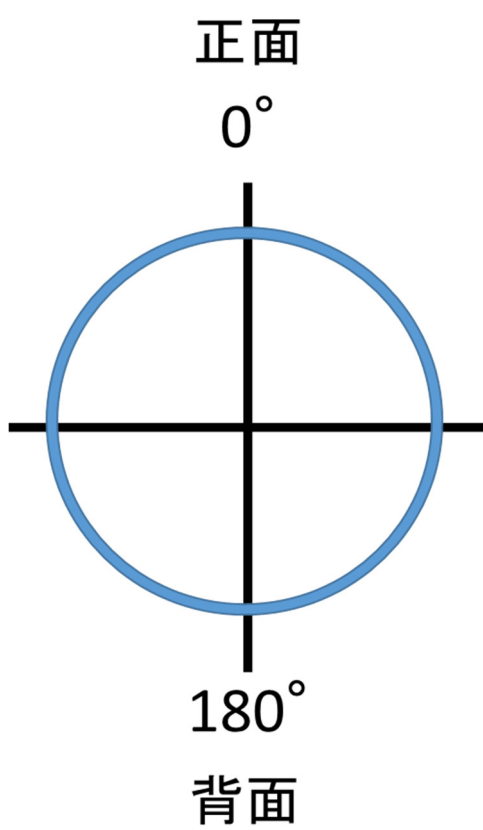


図 2-3 無指向性マイクのポーラパターン

次に単一指向性マイクの原理を解説する。

単一指向性のマイクは、特定の方向を認識しやすい性質を持っている。無指向性のマイクとの違いは、図 2-4 の振動板の後ろに音の通り道として穴や溝があることである。マイクの正面から声は振動板に直接伝わるので電気出力される。その後、音は裏側へ回り込むが、障害物によって到達が遅くなる。この間もエネルギーは相殺されず電気出力されている。

一方、後方で鳴った音は図 2-5 に示されたように、まずこの穴や溝に入って振動板の裏側に届く。これを間接音という。同じ音は回り込み、少し遅れて振動板の表側に届く。これを直接音という。間接音と直接音を同時に到達させるために、振動板の裏側までに障害物などを置いて間接音の速度を遅らせる。故にこの音は振動板の表と裏で同時に生じた同量のエネルギーとして相殺され電気出力されない。

最後に図 2-6 は単一指向性のポーラパターンである。マイク正面 0° での感度が 1 番高く、背面 180° では低くなっていることが図から読み取れる。

その結果、このマイクは前方への単一の指向性を持つ。

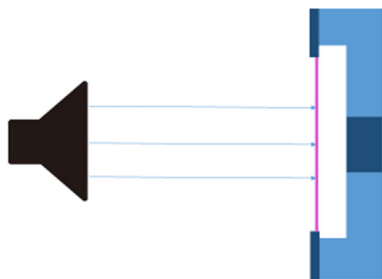


図 2-4 単一指向性マイクでの正面からの音の進入経路

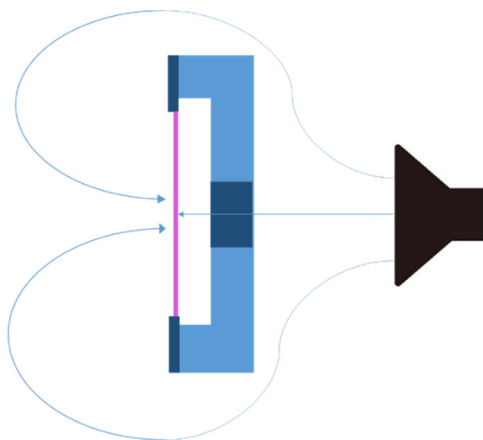


図 2-5 単一指向性マイクでの正面からの音の進入経路

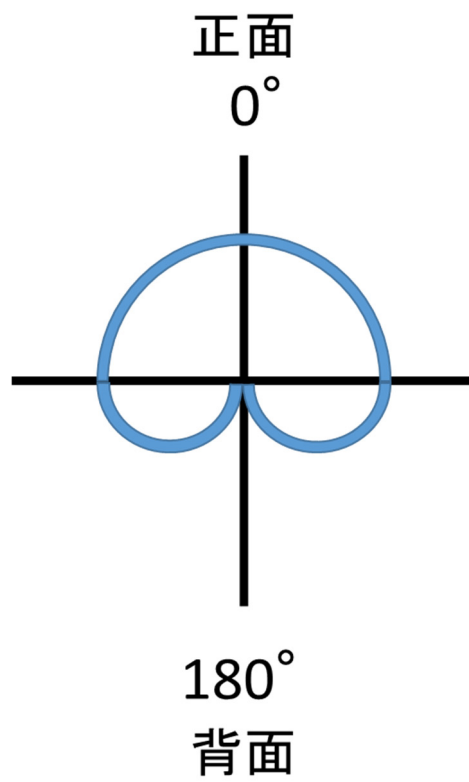


図 2-6 単一指向性マイクのポーラパターン

2.5.3 必要機材・制約条件

2.5.3.1 必要機材

本実験では、以下 8 点の機材及びソフトウェアを使用する。

1. 無指向性マイク
2. 単一指向性マイク
3. Raspberry Pi
4. Julius
5. 騒音計
6. メジャー
7. Rapiro
8. スピーカー

2.5.3.2 制約条件

本実験では、無指指向性マイクと単一向性マイクを用いた音声認識の精度を実験で比較する。

今回の実験をするにあたって注目したことは以下の 3 つである。

1. 音声の長さと言質について
2. 声の大きさ
3. Rapiro との距離

以上の 3 つについて調べる実験を行う。

初めに、実験で用いる音声の長さと言質について解説する。音声認識をする際に長い言葉、短い言葉、男性、女性などで精度が変わるか注目した。そこで、今回家電連携を行う時に使用する言葉から三種類を選定する。「長い言葉」として「チャンネルダウン」、「短い言葉」として「赤」、「数字」として「1 1」を用いることにした。

次に声の大きさについて解説する。実験者が声を発する時に声の大きさにばらつきが出てしまう。そこで発声された言葉を録音してスピーカーから流すことで声の大きさを一定にした。

最後に、Rapiro との距離について解説する。実際に Rapiro との会話をする時にどのくらいの距離までなら正しく音声認識できるかを調べることにした。

2.5.4 実験方法

我々の提案する機能は **Rapiro** の正面に向かって話すことを前提としているので、正面（0°）で実験を行った。実験は以下の手順で行う。

1. 実験予定の単語「赤」、「チャンネルダウン」、「11」の実験する音声を録音する。
2. 録音した音声を検証したいデシベル数に設定する。（今回は 80 デシベル、90 デシベル、100 デシベルに合わせ実験を行う）
3. **Rapiro** とスピーカーを検証したい距離だけ離して設置する。（0m から 2.5m まで、0.5m ずつ距離をかえて検証する）
4. 設定したデシベル数で音声を 5 回流し、正しく音声認識されているかを確認する。その時の騒音計に表示されているデシベル数を記録する。
5. 2.5m まで 0.5m ずつスピーカーの位置をかえてデータを取る。
6. 2.~5.を 80 デシベル、90 デシベル、100 デシベルに置き換えて繰り返す。

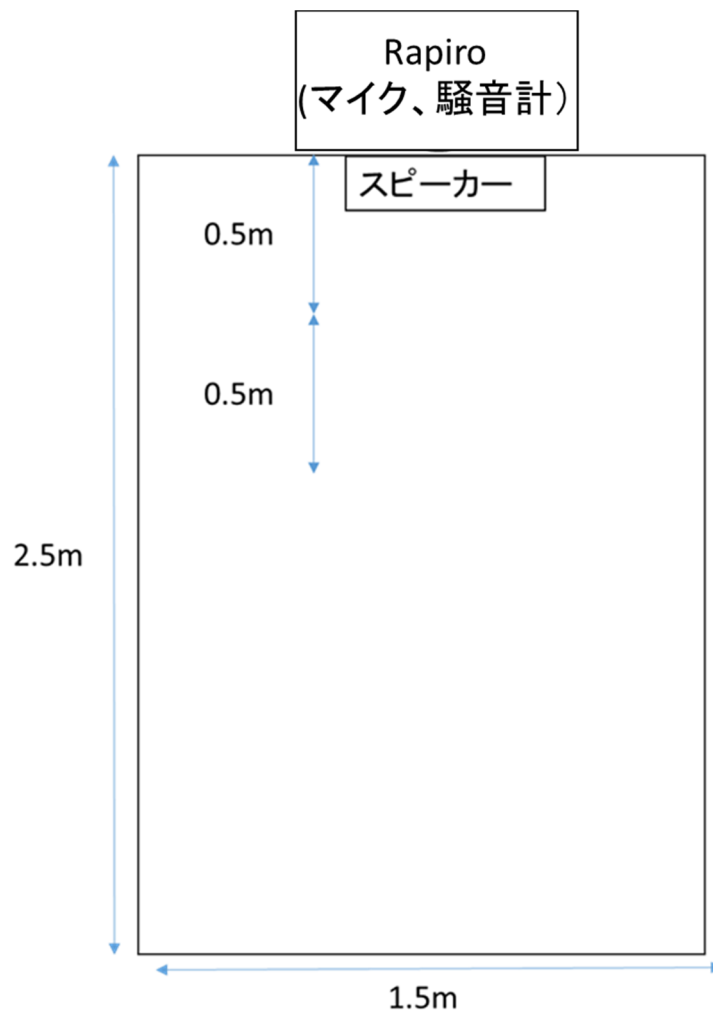


図 2-7 実験方法

2.5.5 実験結果

今回の実験の結果を示す。グラフ（図 2-8 から図 2-11）と表（表 2-1 から表 2-5）に実験結果を載せる。また実験結果に載せることができなかったデータは付録に記載する。

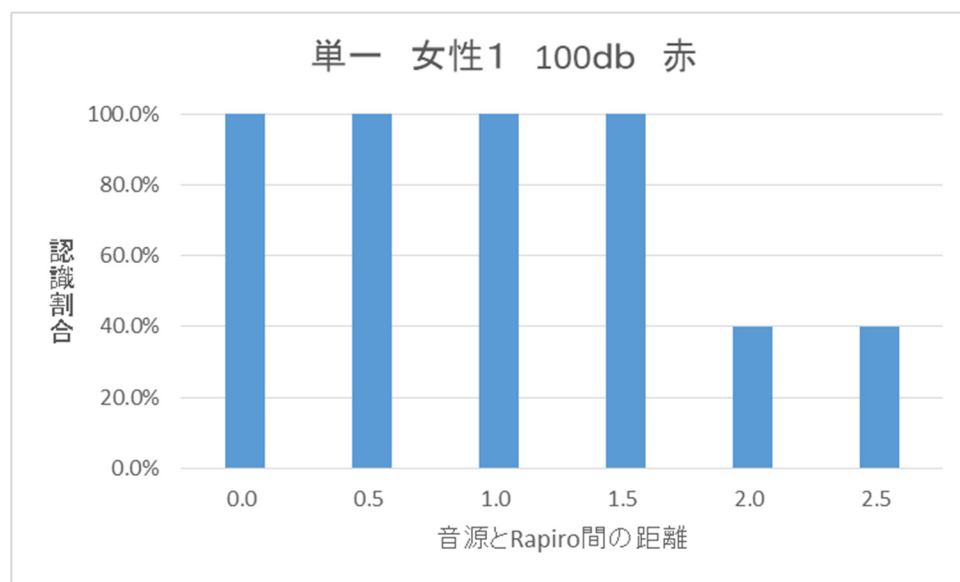


図 2-8 単一指向性マイク 100db での認識精度のグラフ

表 2-1 単一指向性マイク 100db での実験結果

女性1 100db 赤	0m		0.5m		1m		1.5m		2m		2.5m	
1回目	○	102.1db	○	91.5db	○	84.7db	○	83.6db	○	82db	○	83.1db
2回目	○	101.1db	○	91.4db	○	83db	○	81.4db	○	82db	○	81.2db
3回目	○	100.7db	○	91.4db	○	82.7db	○	81.3db	×	81.2db	×	81.6db
4回目	○	101.1db	○	90.8db	○	82.6db	○	81.3db	×	81.3db	×	81.1db
5回目	○	101.3db	○	90.9db	○	81.8db	○	81db	×	83.6db	×	80.8db

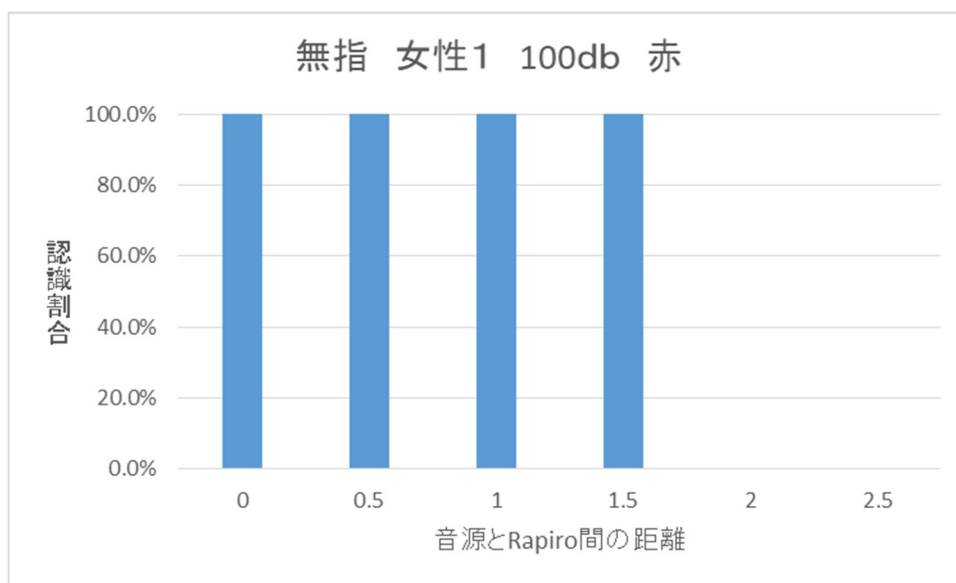


図 2-9 無指向性マイク 100db での認識精度のグラフ

表 2-2 無指向性マイク 100db での実験結果

女性1 100db 赤	0m		0.5m		1m		1.5m		2m		2.5m	
1回目	○	100.5db	○	92db	○	84.5db	○	81.8db	×	83.3db	×	81db
2回目	○	101.3db	○	93db	○	84.1db	○	82.8db	×	83db	×	81.2db
3回目	○	101.4db	○	93db	○	83.6db	○	82.9db	×	82.2db	×	81db
4回目	○	100.7db	○	97.8db	○	83.5db	○	83.9db	×	82.2db	×	81db
5回目	○	100.6db	○	97.8db	○	83.6db	○	84.5db	×	81.6db	×	81db

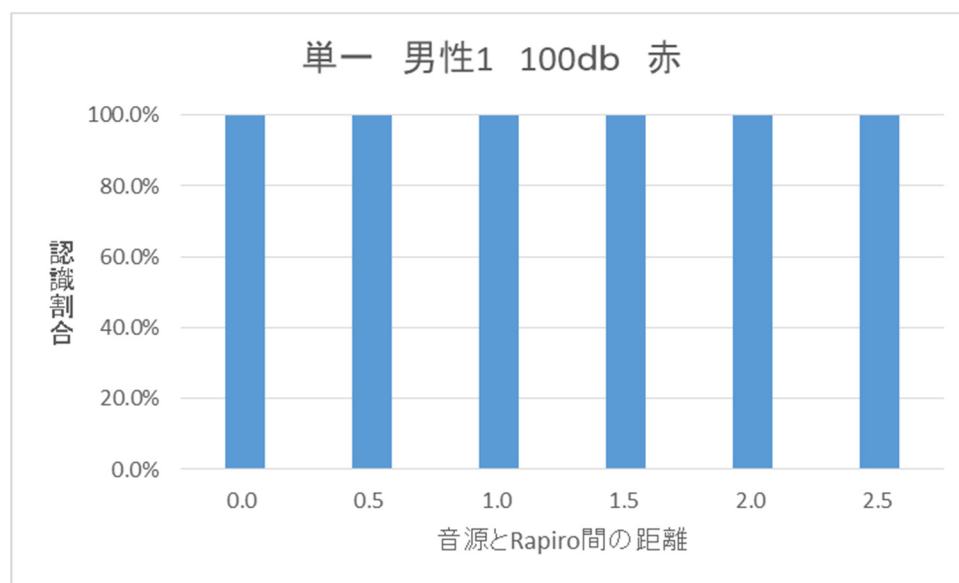


図 2-10 単一指向性マイク 100db での認識精度のグラフ

表 2-3 単一指向性マイク 100db での実験結果

男性1 100db 赤	0m		0.5m		1m		1.5m		2m		2.5m	
1回目	○	100.4db	○	94.7db	○	82.5db	○	81.4db	○	79.6db	○	80.8db
2回目	○	100.2db	○	94.7db	○	81.7db	○	81.1db	○	79.8db	○	79.4db
3回目	○	99.8db	○	94.5db	○	80.5db	○	80.3db	○	78.8db	○	77.7db
4回目	○	99.7db	○	94.6db	○	80.1db	○	79.8db	○	78.7db	○	77.8db
5回目	○	99.6db	○	94.6db	○	80db	○	79.9db	○	79db	○	77.4db

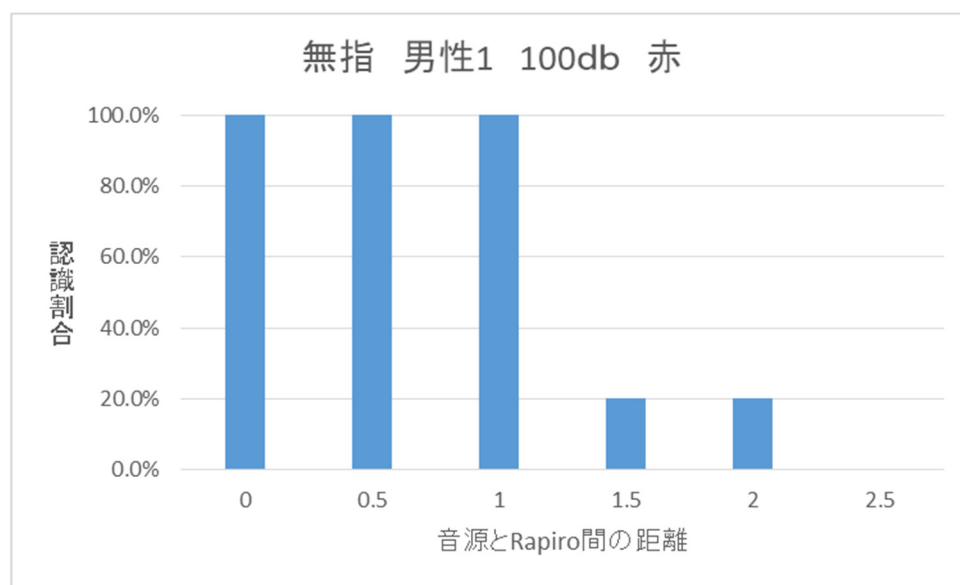


図 2-11 無指向性マイク 100db での認識精度のグラフ

表 2-4 無指向性マイク 100db での実験結果

男性1 100db 赤	0m		0.5m		1m		1.5m		2m		2.5m	
1回目	○	100.2db	○	94.7db	○	88.7db	○	80.7db	○	80.2db	×	79.4db
2回目	○	98.6db	○	94.3db	○	82.3db	×	78.9db	×	79db	×	78db
3回目	○	100.1db	○	94.5db	○	88.6db	×	78.9db	×	78.5db	×	78.2db
4回目	○	99.1db	○	93.1db	○	87.9db	×	79db	×	78.2db	×	77.7db
5回目	○	99.6db	○	94.5db	○	80.9db	×	78.9db	×	78db	×	78db

表 2-5 無指向性マイク 80db, 90db, 100db での実験結果

女性1 80db 11	0m		0.5m		1m		1.5m		2m		2.5m	
1回目	○	82.2db	×	68.6db	×	64.3db	×	61.3	×	61.0	×	57.9
2回目	○	80.2db	×	69.4db	×	66.6db	×	60.9	×	60.6	×	58.2
3回目	○	80.2db	×	68.4db	×	64.5db	×	61.9	×	62.6	×	58.9
4回目	○	80.2db	×	68.5db	×	64.4db	×	60.1	×	61.9	×	59.1
5回目	○	80.2db	×	68.4db	×	66.6db	×	61.7	×	60.0	×	58.7
女性1 90db 11	0m		0.5m		1m		1.5m		2m		2.5m	
1回目	○	90.7db	○	77.8	×	74.4	×	68.9	×	68.7	×	68.0
2回目	○	90.8db	○	77.8	×	74.4	×	69.4	×	68.3	×	67.1
3回目	○	90.8db	○	77.6	×	74.4	×	70.0	×	68.0	×	68.4
4回目	○	90.8db	○	77.6	×	73.3	×	70.1	×	68.0	×	68.7
5回目	○	90.8db	○	77.8	×	74.4	×	70.2	×	68.0	×	67.2
女性1 100db 11	0m		0.5m		1m		1.5m		2m		2.5m	
1回目	○	101.9db	×	90.6	○	86.9	○	80.9	○	80.6	1と反応	80.2
2回目	1と反応	102db	×	89.8	○	86.9	○	82.0	○	80.2	1と反応	79.9
3回目	1と反応	101.9db	×	91.3	1と反応	85.0	○	80.9	○	80.2	○	79.7
4回目	1と反応	102.4db	×	89.9	○	87.5	○	81.1	○	80.2	1と反応	79.6
5回目	1と反応	102db	×	90.4	○	86.6	○	81.1	○	80.2	1と反応	80.5

2.5.6 考察

今回の実験で得た結果から単一指向性のマイクが搭載するのに相応しいと分かった。理由は2つある。

まず1つ目は声の大きさである。男性と女性とで違いがあるか確認するため、認識可能になったデシベル数の平均値を求めた。

表 2-6 無指向性マイクが正しく認識したデシベル数の各平均

無指向性マイク	
女性の音声認識した平均	87.5db
男性の音声認識した平均	87db
全体の音声認識した平均	87.3db

表 2-7 単一指向性マイクが正しく認識したデシベル数の各平均

単一指向性マイク	
女性の音声認識した平均	85.8db
男性の音声認識した平均	86.2db
全体の音声認識した平均	86db

表 2-6 と表 2-7 から男性 1 と女性 1 で認識するデシベル数に差はないと考える。また単一指向性マイクと無指向性マイクを比較した結果から単一指向性マイクが全体の平均では 1.3 デシベル低い音声を認識できることが分かった。

2 つ目はマイクの認識する距離についてである。女性 1 の声を音源としている図 2-8 と図 2-9、男性 1 の声を音源としている図 2-10 と図 2-11 を比較すると、いずれも単一指向性のほうが認識できる距離が長いことがわかる。

最後に、言葉の長さや声質について考察する。実験中、5 回音声を流してデータを取っている時に認識可能になる音声のデシベル数に小さな差があった。なぜ差があるかは言葉の長さにあると考えた。例えば、「チャンネル」と「ダウン」、「10」と「1」のように 2 つの単語からできている言葉にはアクセントが 2 つあるためデシベル数に差が出ると考えられる。「11」を実験している際に、距離が離れていくごとに「11」という音声に対し「1」と認識されることがあった。故に長い言葉と、声のアクセントによって音声認識精度が変わると考えられる。

2.5.7 結論

Rapiro に正面から話したときに最も認識精度が高いマイクを選定することを目標に実験を行った。実験の結果を踏まえ、単一方向性マイクを搭載することに決定した。

第3章 ジェスチャーゲーム機能（高林・町野・許担当）

3.1 概要（許担当）

3.1.1 目的

本章では、本研究で提案するジェスチャーゲーム機能について解説する。この機能では、ロボットとユーザー間で楽しい時間を過ごすということ、また家族とのコミュニケーションをとるきっかけとなることを目標とする。

下の図 3-1 のような流れでゲームを進める。赤枠はユーザー、青枠はロボットの発言を示している。

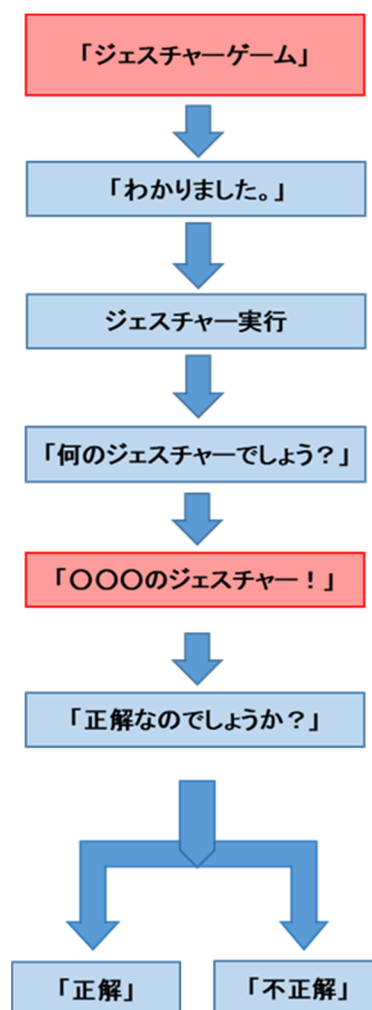


図 3-1 ゲームのフロー

ユーザーがロボットに「ジェスチャーゲーム」と話しかけると、複数のジェスチャーのレパートリーからランダムでジェスチャーが出題される。そして、そのジェスチャーをユーザーがみて、回答する。その回答に応じて、正解か不正解を伝える。また、不正解の際にその問題の正解を伝える。

ジェスチャーゲームの狙いは、『家族とのコミュニケーションをとるきっかけとしてこの機能を使ってもらおう』ことである。ジェスチャーのレパートリーを考える際、回答者だけでなく、家族全体で試行錯誤しながら回答導き出してほしいということを大切にしたい。

また、さまざまなジェスチャーの候補の中で、ロボットでも表現できるものでないと、回答者が理解ができないことが起こるだろう。さらに、ロボットの行うジェスチャーをみて、すぐに正解を導き出せるような難易度ではつまらないだろうと考えた。

以上をふまえて、回答者が複数人で意見を出し合いながら、このゲームを楽しんでもらえるような以下のジェスチャーを考えたい。

- ・ ばんざい
- ・ ペンギン
- ・ 鳥
- ・ 太鼓
- ・ ボクシング
- ・ 空手
- ・ モンキーダンス
- ・ 応援団
- ・ 歌う
- ・ タバコ
- ・ あくび

3.1.2 要求仕様

ジェスチャーゲーム機能を実現するための要求仕様を以下に示す。

- 1.音声認識機能と音声合成機能を使用し **Rapiro** とユーザーの間で会話が成立できるようにすること。
- 2.**Rapiro** に複数のジェスチャーのモーションを記憶させること。
- 3.**Rapiro** が行うジェスチャーをランダムに選択させ実行させること。

3.1.3 必要機材、必要技術

このジェスチャーゲーム機能を実現するにあたって、以下の技術が必要となった。

- ・音声認識
- ・音声合成
- ・シリアル通信
- ・モーター制御

ユーザーと **Rapiro** との会話を成立させるために、音声認識と音声合成の技術が必要である。それらに加え、**Raspberry Pi** 上で、ランダムで選んだ1つのジェスチャー番号を **Rapiro** のメイン基板に送るためのシリアル通信、そして各ジェスチャーを作成するためのモーター制御技術が必要となった。

また、このジェスチャーゲーム機能を実現するにあたって、以下の機材が必要となった。

- ・ **Rapiro**
- ・ **Arduino** の互換性をもった **Rapiro** のメイン基板
- ・ **Raspberry Pi**
- ・ マイク
- ・ アンプ付きスピーカー

3.1.4 機能のフローチャート

本項では作成する機能のフローチャート（図 3-2）について解説する。本章の機能は Raspberry Pi 3 上のメインプログラムと、Rapiro に搭載されている Arduino 互換基板上のサブプログラムで実現させる。まず、ジェスチャーゲームを実行させるためのキーワードを音声で入力する。本機能では「ジェスチャーゲーム」をキーワードに使用した。キーワードを認識するとジェスチャーゲームが開始される。その後、①の「コマンドのランダム生成」を行い②の「シリアル通信」を使用しコマンドがモーター制御プログラムに送信される。そして、受信したコマンドを元に③の「ジェスチャーゲーム実行」を行う。③が終わった後、Rapiro が何のジェスチャーだったか解答を求めてくる。ユーザーが解答すると④の「解答比較」を行い比較が終了すると⑤の「正解発表」を音声でユーザーに教えてくれる。なお、図 3-2 において、音声認識と音声合成を行う部分もメインプログラム内で実現されている。

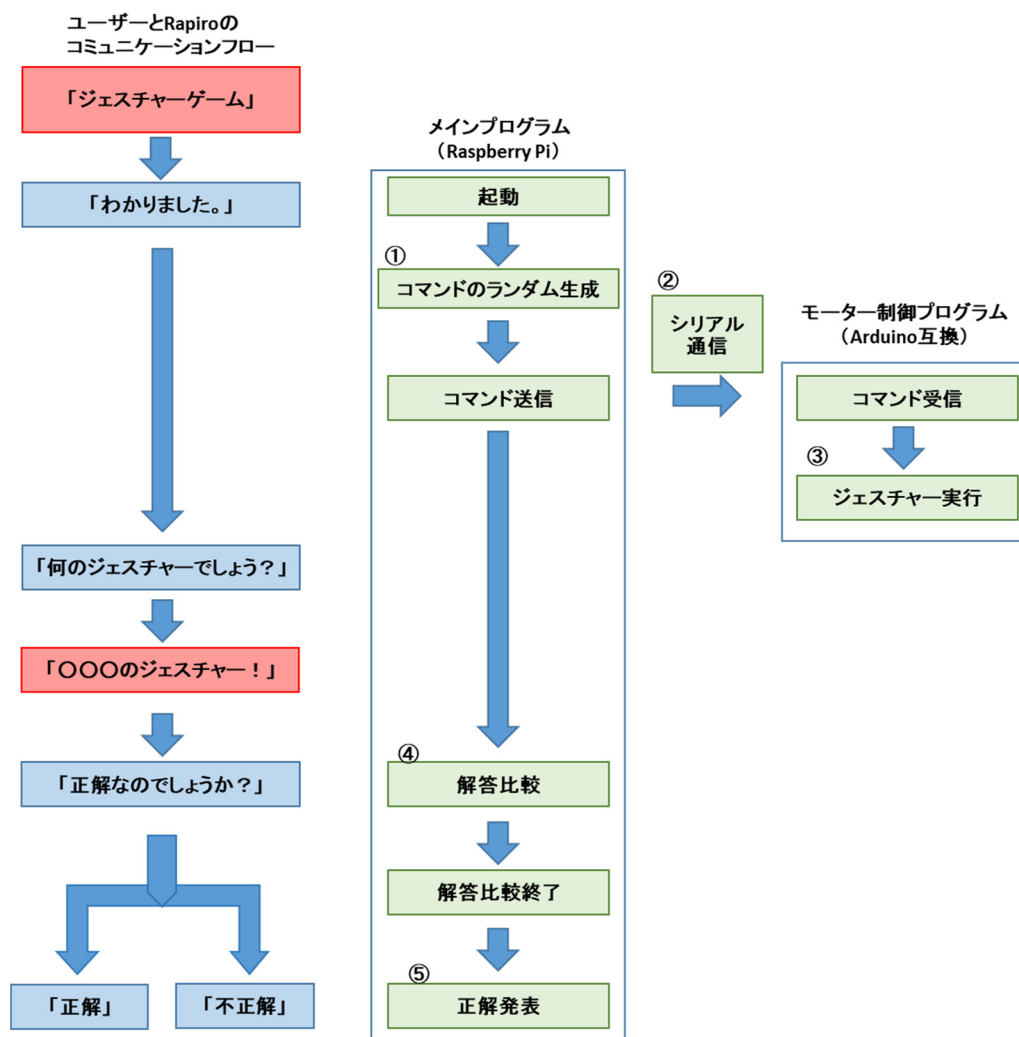


図 3-2 機能のフロー

3.2 メインプログラムについて（許担当）

本節では、Python で作成した Raspberry Pi 3 で動作するメインプログラムについて説明する。

メインプログラムには音声認識・音声合成・コマンドのランダム生成・シリアル通信・解答比較・正解発表の 6 つの機能が必要である。しかし、音声認識と音声合成に関しては第 2 章にて解説したため、ここでは解説を省き他の 4 つの機能について説明する。

3.2.1 コマンドのランダム生成

はじめにコマンドのランダム生成のプログラム作成について解説する。

このプログラムを作成するために `random` モジュールを使用して作成する。`random` モジュールとは Python でランダムな処理をさせるときに使用する標準モジュールである。これをプログラムの中で使用できるように `import` する（プログラム 3-1 参照）。

```
import random
```

プログラム 3-1 `import` 文

次にランダムなコマンド生成のプログラムを記載する（プログラム 3-2 参照）。

```
numbers = range(1,12)
j = int(random.choice(numbers))
v=str(j)
h='#M0'
o = '#M'
if(j == 1):
    y=(h+v)
                                (中略)
if(j == 11):
    p = (o+v)
```

プログラム 3-2 ランダムなコマンド生成のプログラム

上記の最初に記述した `numbers = range(1,12)` という命令は変数 `number` が 1 から 11 までの要素を持ったリストであると定義している。本研究では、ジェスチャーを 11 種類作成したので、要素を 1 から 11 までとした。

次の `j = (random.choice(numbers))` というのは `random.choice` 関数を使い先程の変数 `number` の要素からランダムで 1 つを取り出しそれを変数 `j` と定義するプログラムである。

そして、`v=str(j)` で `int` 型である変数 `j` を `str` 型の変数 `v` に変換する。そして、`h='#M0'` または `o = '#M'` と連結したものをコマンドとして Arduino に送信する。

3.2.2 シリアル通信

続いて、シリアル通信を行うプログラム作成について解説する。

このプログラムを作成するために `serial` モジュールというシリアル通信用の標準モジュールを用いる。これをプログラム 3-3 のように `import` する。

```
import serial
```

プログラム 3-3 import 文

次に、シリアル通信を使用しコマンドを送信するプログラムを記述する（プログラム 3-4 参照）。

```
t=y.encode('utf-8')
ser = serial.Serial('/dev/ttyAMA0', 57600)
ser.write(t)
ser.close()
```

プログラム 3-4 シリアル通信プログラム

まず、生成したコマンドを 1 行目の `t=y.encode('utf-8')` で UTF-8 という文字コードに変換する。

次に `ser = serial.Serial('/dev/ttyAMA0', 57600)` でシリアル通信に使うポートをオープンする。

そして、次の `ser.write(t)` でコマンドを送信し最後の `ser.close()` でポートを閉じる。

3.2.3 解答比較と正解発表

次に解答比較と正解発表のプログラムについて解説する。解答比較をする際には音声認識を、正解発表をする際には音声合成を使用する。この機能は `if` 文を用いてプログラム 3-5 のように作成した。

```
if(j==1):
    if(answer == 'バンザイ'):
        speak('正解、お見事！！')
    else:
        speak('残念..不正解')
        speak('正解は、バンザイでした。')
```

プログラム 3-5 解答比較と正解発表のプログラム

上記の `if(answer == 'バンザイ')` の変数 `answer` はユーザーが音声入力した解答をテキストに変換したものである。それと正解である「バンザイ」が一致した時、**Rapiro** が音声合成を使って「正解、お見事！！」と言い、それ以外では「残念..不正解」と言いその後、正解を教えてくれるよう作成した。

3.3 モーター制御（高林・町野担当）

3.3.1 使用機材（町野担当）

モーター制御に使用した機材は以下のものである。

- ・ Rapiro（図 3-3）
- ・ サーボモータ 12 個（Rapiro 内に搭載）（図 3-4）
- ・ Rapiro のメイン基板（Arduino 互換基板）（図 3-5）



図 3-3 Rapiro



図 3-4 サーボモータ（Rapiro 内に 12 個）

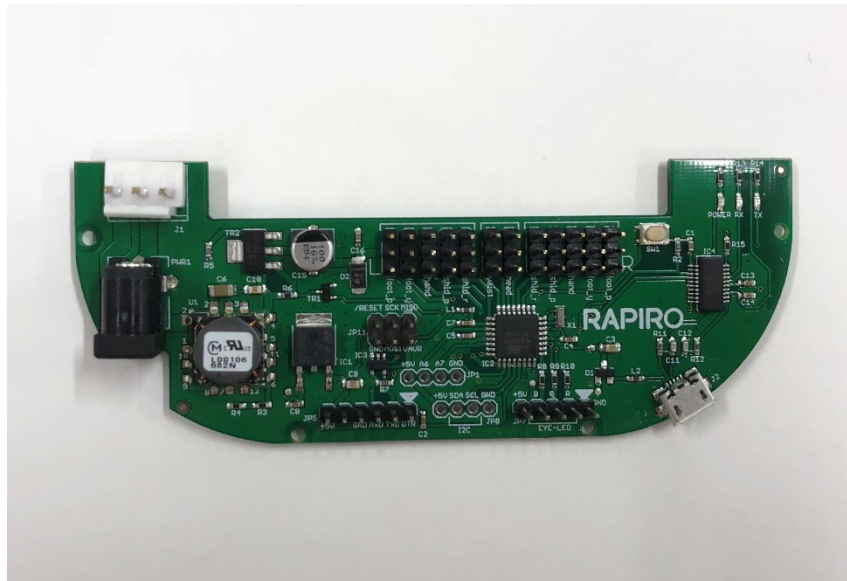


図 3-5 Rapiro のメイン基板

3.3.2 開発環境の整備（高林担当）

サーボモータの動きは Rapiro 用 Arduino 互換基板（メイン基板）によって制御される。Rapiro のメイン基板で動作するプログラムを書くためには、Windows PC に Arduino IDE（ソフトウェア開発環境）をインストールする必要がある。Arduino IDE で書かれたプログラムを Rapiro のメイン基板に書き込むことで Rapiro の四肢や頭を動作させ、目を点灯・消灯させることができる。

図 3-6 が開発のイメージである。

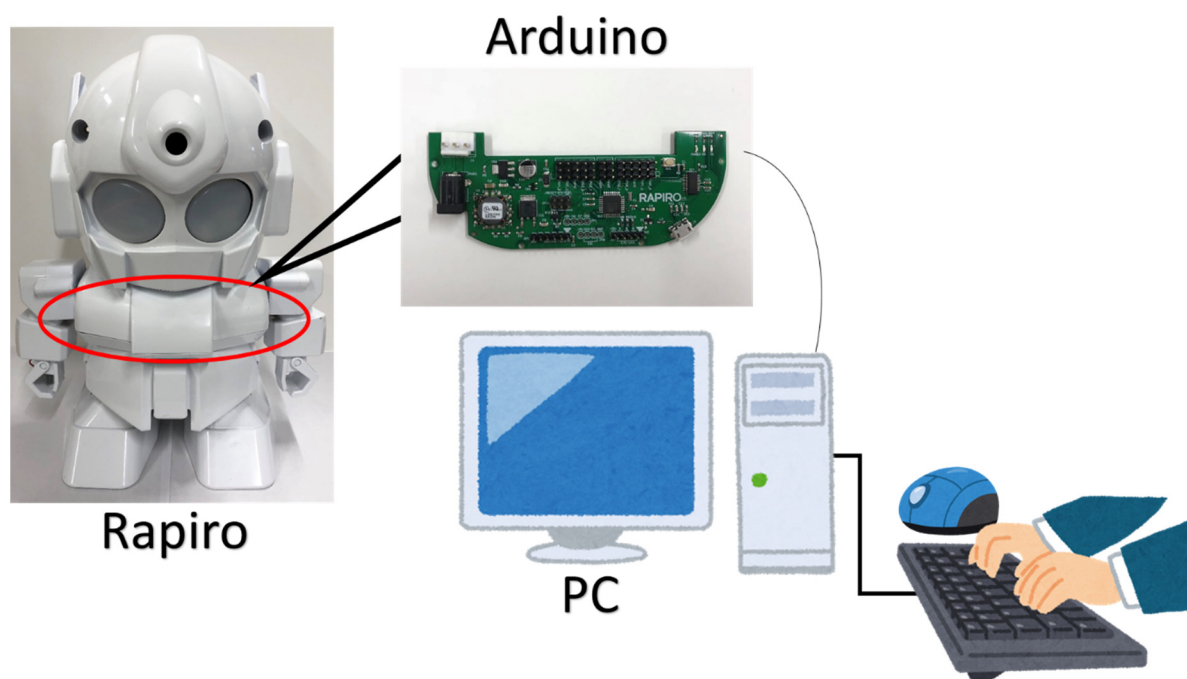


図 3-6 開発イメージ

3.3.3 プログラムの仕様（町野担当）

本項では、Arduino に書き込むプログラムのうち、特に重要な部分を取り上げ解説する。

プログラム 3-6 では、プログラムで用いる定数を設定している。

```
#include <Servo.h>
#include <avr/pgmspace.h>

#define SHIFT 7
#define R 0      // Red LED・・・1
#define G 1      // Green LED・・・2
#define B 2      // Blue LED・・・3
#define TIME 15  // Column of Time
#define MAXSN 12 // Max Number of Servos・・・4
#define MAXMN 30 // Max Number of Motions・・・5
#define MAXFN 25 // Max Number of Frames・・・6
#define POWER 17 // Servo power supply control pin
#define ERR -1   // Error
```

プログラム 3-6 プログラム 3-6 定数の設定

以上のプログラムより番号の振られている 6 つの定数の意味を表 3-1 で解説する。

表 3-1 いくつかの定数の定義と役割

付番	定義	役割
1	R	赤色 LED
2	G	緑色 LED
3	B	青色 LED
4	MAXSN 12	サーボモータの最大数
5	MAVMN 30	モーション設定の最大数
6	MAXFN 17	フレーム数の最大数

付番 1~3 については番号順に 赤緑青 LED の定義、また付番 4 はサーボモータの最大数を表しており、今回の研究で使用した Rapiro は、サーボモータを 12 個積んでいるため数値は 12 となっている。付番 5 はモーションの最大数であり、書き込めるモーションの上限数を表している。付番 6 はフレームの最大数であり 1 モーションのフレーム数の上限を示している。

以下のプログラム 3-7 がモーションの一例であり、ジェスチャーの 1 つの鳥のモーションを示している。オレンジ色の枠で囲まれた 1 行が 1 フレームとなり、このフレームを複数繋げたものがモーションである。

```
{ // 3 鳥
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 下
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 下
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 20}, //
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 下
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 下
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
},
```

プログラム 3-7 鳥のモーション

フレーム内の各数字の役割を示したのが図 3-7 である。

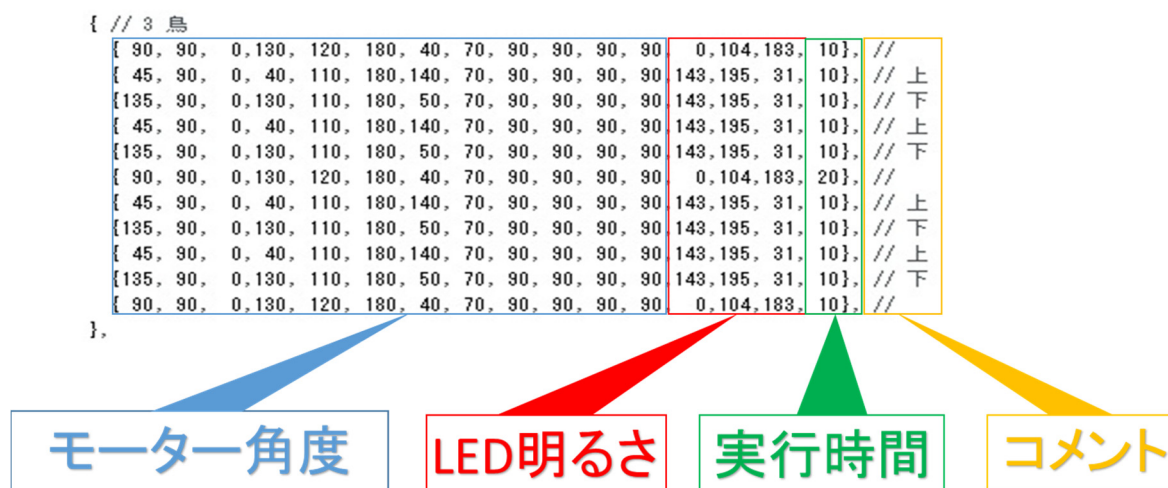


図 3-7 モーションの役割

左端から 12 列目までがモーターの角度、13 列目から 15 列目までが R、G、B の LED の明るさ、16 行目が実行時間である。モーターがモーター角度に対応する角度を目標角として制御される。それにより、1 フレームが Rapiro のある瞬間の姿勢を表すことになる。

3.3.4 作成したモーションプログラム（町野担当）

ジェスチャーゲーム機能では [A] デフォルトモーション（静止時）、[B] 問題用モーションと[C] 仕草用モーションの3種類がある。

問題用モーションは出題の際に行われるプログラムである。また、仕草用モーションは、挨拶、問題の出題時、回答の成否の発表などの動作である。

以下、[A] デフォルトモーション（静止時）と、[B] 問題用モーションの1つを例としてプログラム 3-8 とプログラム 3-9 に示す。その他のモーションは付録に掲載する。

```
{ // 0 Stop
  { 90, 90, 0, 130, 90, 180, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 230, 0, 18, 10},
  { 90, 90, 0, 130, 90, 180, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 230, 0, 18, 0},
  { 90, 90, 0, 130, 90, 180, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 230, 0, 18, 0},
  { 90, 90, 0, 130, 90, 180, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 230, 0, 18, 0},
  { 90, 90, 0, 130, 90, 180, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 230, 0, 18, 0},
  { 90, 90, 0, 130, 90, 180, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 230, 0, 18, 0},
  { 90, 90, 0, 130, 90, 180, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 230, 0, 18, 0},
  { 90, 90, 0, 130, 90, 180, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 230, 0, 18, 0},
},
```

プログラム 3-8 デフォルトモーション（静止時）

```
{ // 1 ばんざい
  { 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
  { 45, 90, 180, 120, 110, 0, 50, 70, 90, 100, 90, 100, 243, 152, 0, 10}, // 上
  {135, 90, 0, 120, 110, 180, 50, 70, 90, 80, 90, 80, 243, 152, 0, 5}, // 下
  { 45, 90, 180, 120, 110, 0, 50, 70, 90, 100, 90, 100, 243, 152, 0, 10}, // 上
  {135, 90, 0, 120, 110, 180, 50, 70, 90, 80, 90, 80, 243, 152, 0, 5}, // 下
  { 45, 90, 180, 120, 110, 0, 50, 70, 90, 100, 90, 100, 243, 152, 0, 10}, // 上
  {135, 90, 0, 120, 110, 180, 50, 70, 90, 80, 90, 80, 243, 152, 0, 5}, // 下
  { 90, 90, 0, 120, 120, 180, 50, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 20}, //
  { 45, 90, 180, 120, 110, 0, 50, 70, 90, 100, 90, 100, 243, 152, 0, 10}, // 上
  {135, 90, 0, 120, 110, 180, 50, 70, 90, 80, 90, 80, 243, 152, 0, 5}, // 下
  { 45, 90, 180, 120, 110, 0, 50, 70, 90, 100, 90, 100, 243, 152, 0, 10}, // 上
  {135, 90, 0, 120, 110, 180, 50, 70, 90, 80, 90, 80, 243, 152, 0, 5}, // 下
  { 45, 90, 180, 120, 110, 0, 50, 70, 90, 100, 90, 100, 243, 152, 0, 10}, // 上
  {135, 90, 0, 120, 110, 180, 50, 70, 90, 80, 90, 80, 243, 152, 0, 5}, // 下
  { 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
},
```

プログラム 3-9 問題用モーションのばんざい

3.3.5 考察（高林担当）

ジェスチャーゲーム機能を完成させることができた。この機能は 3.1.2 での要求仕様をすべて満たしている。

第4章 音声でのリモコン機能（滝澤担当）

4.1 概要

4.1.1 目的

本章では音声でのリモコン機能について解説する。本研究ではユーザーが **Rapiro** に話しかけることによって家電を操作することを目的の一つとしている。今回は赤外線通信を用いて **Raspberry Pi** と家電との連携を行う。連携対象として、赤外線リモコンを有するテレビ（図 4-1）・LED ライト（図 4-2）・ルンバ（図 4-3）の 3 種類を用いる。今回使用したテレビはアナログテレビであるため、実際に赤外線通信を行うのは外付けの地上デジタルチューナーとその赤外線リモコンである。



図 4-1 Panasonic 20V 型 液晶テレビ TH-20TA3 と、
BUFFALO 地上デジタルチューナー DTV-S110



図 4-2 YY Light RGB 16 色マルチカラー 5W LED 電球 (リモコン式)



図 4-3 iRobot ルンバ 622

4.1.2 要求仕様

音声でのリモコン機能を実現させるための要求仕様を以下に示す。

1. 連携させるそれぞれの家電の赤外線リモコンのボタンと同じ機能を Raspberry Pi で実現すること。
2. その機能を音声認識によって行えること。

4.1.3 機能のフロー

本章で製作する機能のフロー（図 4-4）について解説する。

まず、4.5.2 項で解説する Python プログラムを起動すると、2.1.2 項で解説した Google Speech API による音声認識が待機状態になる。

その状態でユーザーが Rapiro に特定の語句を話しかけると、Google Speech API がその音声を認識する。

特定の語句を認識できなかった場合は①に分岐し、また待機状態になる。特定の語句を認識できた場合は②に分岐し、家電にその特定の語句と関係づけた信号を送信し、家電を操作する。

信号の送信後は再び待機状態になる。

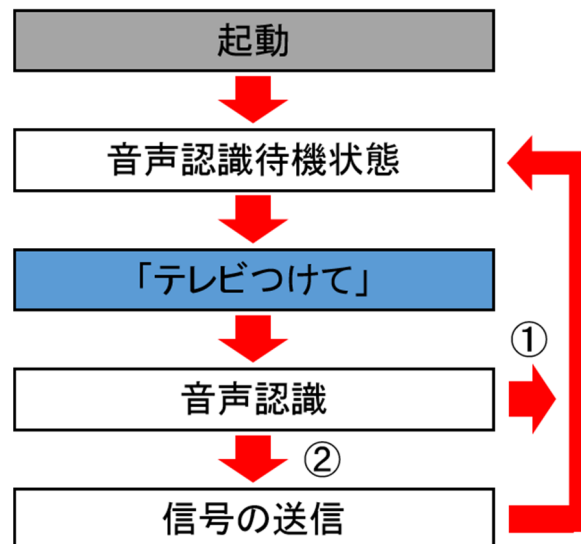


図 4-4 機能のフロー

4.2 必要機材・使用したソフトウェア

4.2.1 赤外線リモコン受信モジュール

赤外線リモコンの信号を Raspberry Pi に学習させる際に赤外線リモコン受信モジュール（図 4-5 の赤い○で囲った部分）を使用した。Raspberry Pi にこの赤外線リモコン受信モジュールを接続するため、ブレッドボード上に回路を製作した。

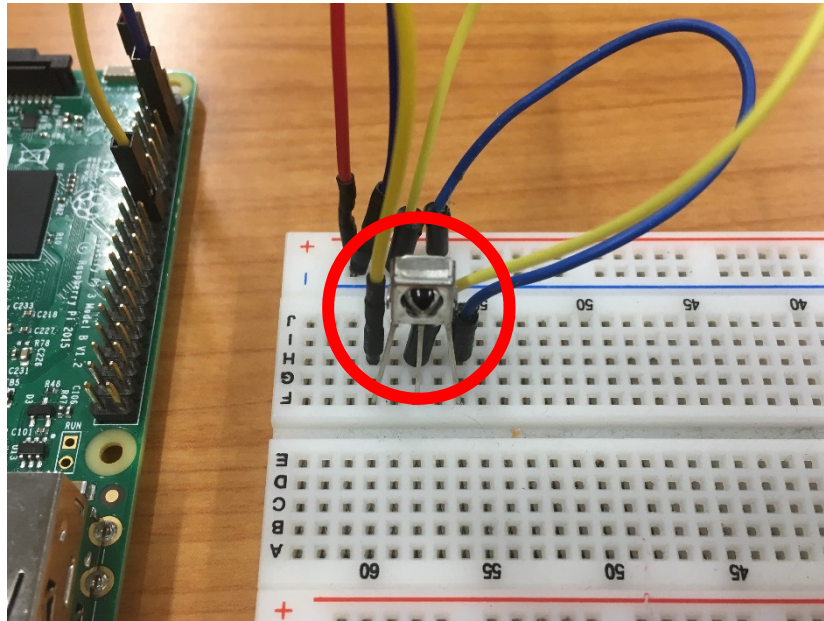
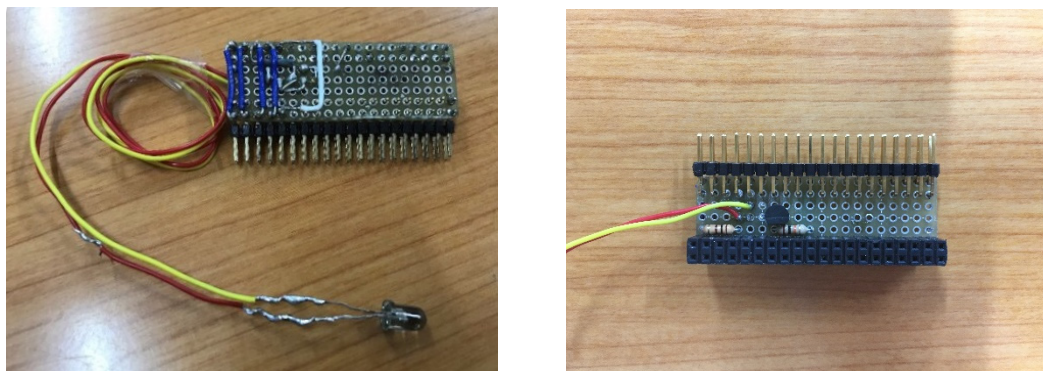


図 4-5 Raspberry Pi に接続した赤外線リモコン受信モジュール OSRB38C9AA

4.2.2 赤外線 LED を接続した赤外線送信機

Raspberry Pi に学習させた信号を実際に送信する際に赤外線 LED を使用した。Raspberry Pi にこの赤外線 LED を接続するため、ユニバーサル基板上に回路を製作した。これを赤外線送信機と呼ぶ。工夫した点は、必要な部品をより最小限のスペースでユニバーサル基板上にレイアウトしたこと、また、最終的に Rapiro のメイン基板へも同じ Raspberry Pi に接続できるようにピンヘッダを追加したことである。



4.2.3 図 4-6 赤外線 LED OSIR5113A を取り付けした赤外線送信機

4.2.4 LIRC (Linux Infrared Remote Control)

LIRC とは、Linux (Raspberry Pi で使用する OS) で赤外線リモコンの信号をデジタルデータに翻訳するアプリケーションで、今回家電の赤外線リモコンの信号を学習させる際、およびそれらを送信する際に使用した。

4.3 赤外線リモコンの信号の学習

4.3.1 概要

音声でのリモコン機能を実現させるには、それぞれの家電に付属している赤外線リモコンから発せられる信号と同じものを Raspberry Pi に学習させる必要がある。本節ではそれらの信号の学習方法について解説する。

4.3.2 信号の学習

4.2.1 項で解説した赤外線リモコン受信モジュールに向かって赤外線リモコンのボタンを一つずつ押していき、その発せられた信号を以下の `irrecord` というコマンドを用いて認識・学習させた。ここでは例として、テレビの内容を記載する。

```
irrecord -n -d /dev/lirc0 TV
```

上記の `TV` とは、これから読み取るテレビの赤外線リモコンの信号のグループにつける名前である。LED ライトは `LG`、ルンバは `RB` とした。そして、学習させたボタンの信号一つ一つに名前を付け、Raspberry Pi に保存した。この作業を赤外線リモコンごとに行った。ただし、ルンバの赤外線リモコンの信号を学習させる際は `mode2` というコマンドを用いた。その理由として、ルンバの赤外線リモコンは一つの信号でも様々なバリエーションがあり、上記の `irrecord` コマンドではそのような信号の学習には向いていないためである。

本研究ではテレビ・LED ライト・ルンバの 3 種類の赤外線リモコン（図 4-7）のうち、それぞれ以下の 15 個（表 4-1）、8 個（表 4-2）、3 個（表 4-3）のボタンを使用した。



図 4-7 左からテレビ・LED ライト・ルンバの赤外線リモコン

表 4-1 テレビの赤外線リモコンのボタンのうち、今回使用したもの

リモコン上のボタン	プログラム上の名称	リモコン上のボタン	プログラム上の名称	リモコン上のボタン	プログラム上の名称
電源	power	1	ch1	2	ch2
3	ch3	4	ch4	5	ch5
6	ch6	7	ch7	8	ch8
9	ch9	10	ch10	11	ch11
12	ch12	チャンネル+	cup	チャンネル-	cdown

表 4-2 LED ライトの赤外線リモコンのボタンのうち、今回使用したもの

リモコン上のボタン	プログラム上の名称	リモコン上のボタン	プログラム上の名称	リモコン上のボタン	プログラム上の名称
オン	on	オフ	off	ライト+	lup
ライト-	ldown	白	white	青	blue
緑	green	赤	red		

表 4-3 ルンバの赤外線リモコンのボタンのうち、今回使用したもの

リモコン上のボタン	プログラム上の名称	リモコン上のボタン	プログラム上の名称	リモコン上のボタン	プログラム上の名称
CLEAN	clean	SPOT	spot	・・・	dock

そうすることで完成した設定ファイルの内容が以下の（図 4-8）である。ここでは例として、テレビの内容を記載する。

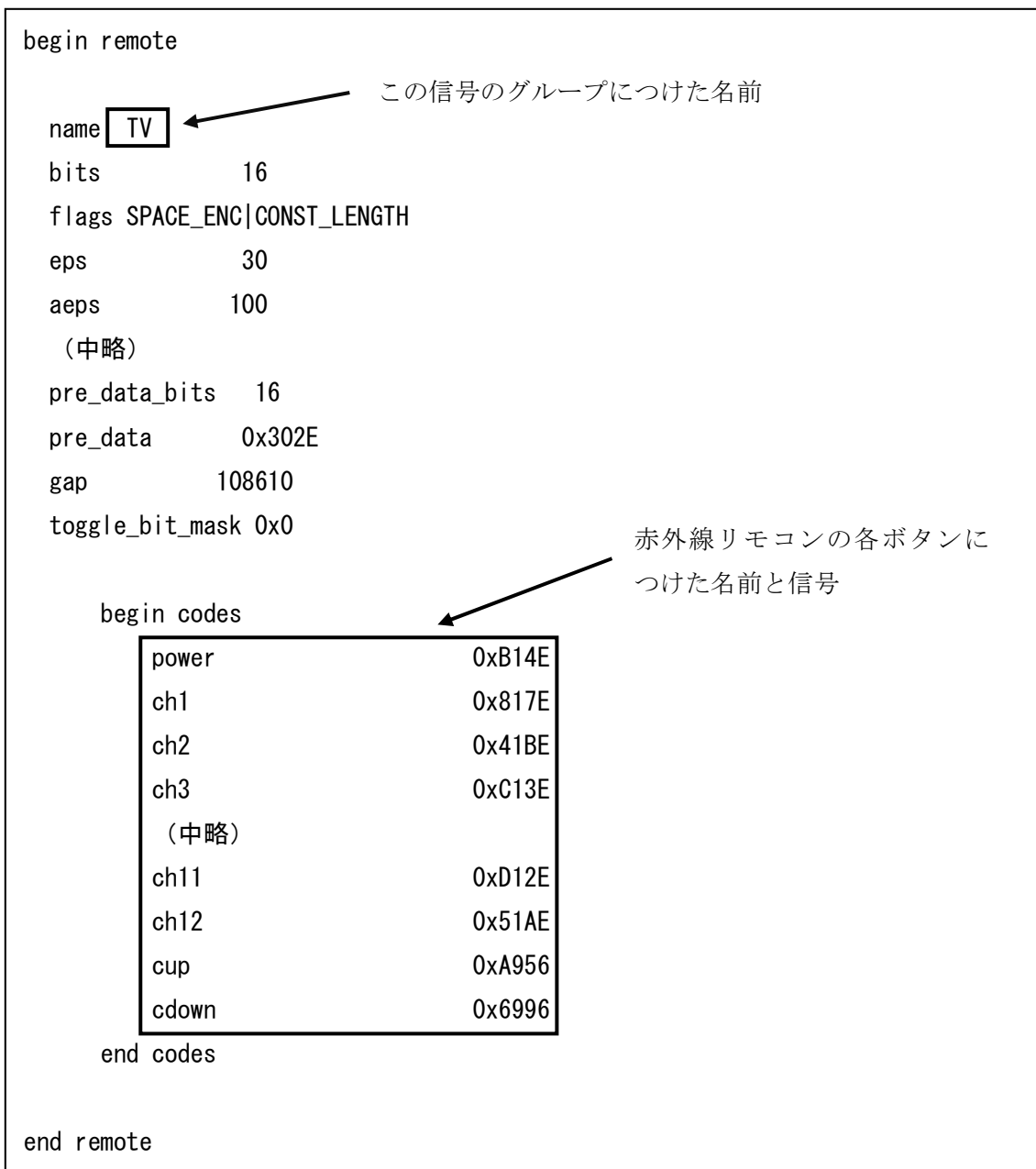


図 4-8 完成したテレビの設定ファイル

4.4 学習した信号の送信

4.4.1 概要

前節で Raspberry Pi にテレビ・LED ライト・ルンバの 3 種類の赤外線リモコンのボタンの信号を学習させた。本節ではそれらの信号を実際にそれぞれの家電に向けて送信する方法について解説する。

4.4.2 irsend コマンドによる信号の送信

irsend コマンドによる、Raspberry Pi を通した赤外線リモコンの信号の送信方法について解説する。まず初めに、Raspberry Pi に接続した赤外線 LED の頂点が、操作したい家電の受光面を向くように位置を調節する。その後、Raspberry Pi 上でターミナルを起動し、以下の irsend コマンドを実行する。ここでは例として、テレビの内容を記載する。

```
irsend SEND_ONCE TV power
```

上記の命令は、TV という設定ファイルの中にある power という信号を送信する、という命令である。すなわち、テレビの赤外線リモコンの電源ボタンを押した際に発せられる信号と同じものを、Raspberry Pi に接続した赤外線 LED から送信する、という命令である。この TV や power を他の設定ファイルやボタンに書き換えることで、様々な命令を送ることができる。

4.5 音声認識による信号の送信

4.5.1 概要

前節ではターミナル上での `irsend` コマンドによる信号の送信方法について解説した。本節では Google Speech API での音声認識による信号の送信方法について解説する。

4.5.2 Python プログラムの製作

以下に、製作した Python プログラムの重要な部分（プログラム 4-1）とその解説を記載する。ここでは例として、テレビの内容を記載する。

```
if (message=='電源'):  
    print 'OK'  
    args = ('irsend', '-#', '1', 'SEND_ONCE', 'TV', 'power')  
    try:  
        subprocess.call(args)  
    except OSError:  
        print('command not found.')
```

プログラム 4-1 テレビの Python プログラムの一部

上記のプログラムは一つの命令を表している。if (message=='電源')は、「電源という音声認識した時」という意味を表していて、args = ('irsend', '-#', '1', 'SEND_ONCE', 'TV', 'power')は、「TV という設定ファイルの中にある power という信号を送信する」という意味を表している。すなわち、電源という音声認識した時、4.4.2 項で解説したのと同じ `irsend` コマンドを実行する、という命令である。この電源や TV、power を他の語句や設定ファイル、ボタンに書き換えることで、様々な命令を送ることができる。

4.5.3 音声認識による信号の送信

前述した Python プログラムを実行し、そのプログラム内の命令ごとに設定した語句（前述した例では'電源'）を Raspberry Pi に接続したマイクに向かって話しかけることによって、それに対応した信号が赤外線 LED から送信される。以上で、音声認識による信号の送信が可能となった。

4.6 考察

予定通り音声でのリモコン機能を完成させることができた。この機能は 4.1.2 項の要求仕様をすべて満たしている。

第5章 タイマー付きの音声での家電操作機能（大竹・大森担当）

5.1 概要（大森担当）

5.1.1 目的

タイマー付きの音声での家電操作機能では、ロボットがユーザーの生活の一部となることで、ロボットがユーザーのパートナーとなることを目指す。

下の図 5-1 のような流れでこの機能を使用する。今回は起床時に使用する機能を『おはよう機能』、就寝時に使用する機能を『おやすみ機能』とした。また赤枠がユーザー、青枠がロボット、が行うことを示す。

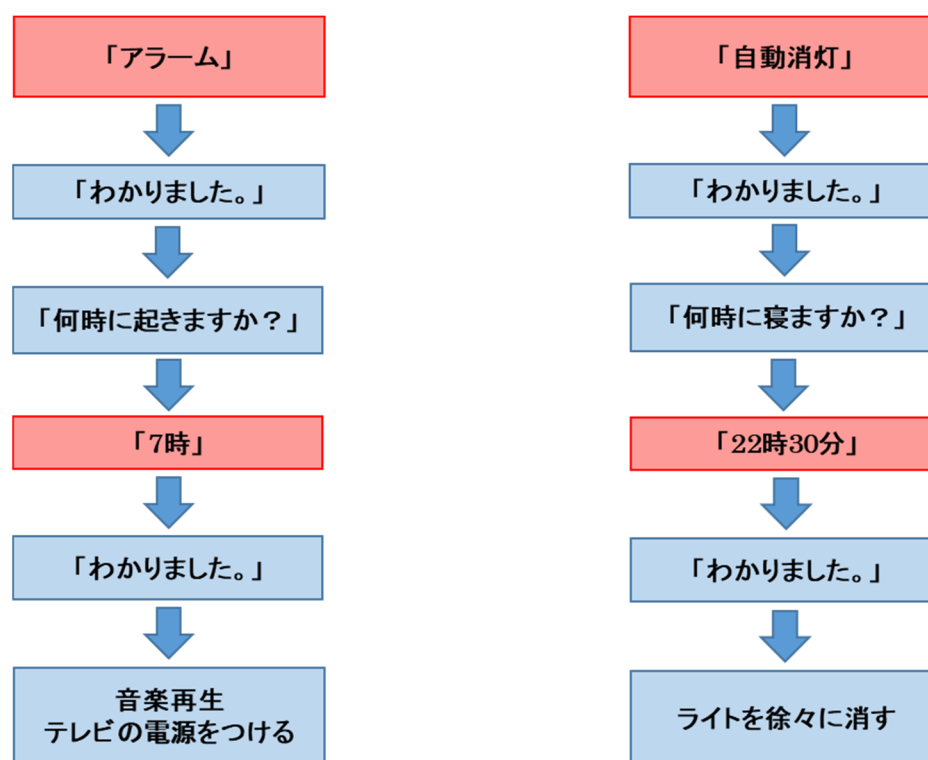


図 5-1 「おはよう機能」と「おやすみ機能」のフロー

『おはよう機能』は寝る前にユーザーがロボットに明日何時に起きるかを伝え、その設定時刻になると、ロボットからアラーム音が流れ、それと同時にテレビの電源をつける、という機能である。アラーム音が止まってもテレビがついていることにより、より目を覚ましやすくすることを目指す。

また『おやすみ機能』は、寝る前にユーザーがロボットに何時に寝るかを伝え、その設定時刻になると徐々に部屋の電気を消す、という機能である。電気を 1 度に消灯させるのではなく、徐々に消すことで、ユーザーに眠気を誘いながら就寝してもらうことを目指す。

5.1.2 要求仕様

本機能の要求仕様は以下の 4 つである。

1. RaspberryPi の時間をタイマーの基準として使用すること
2. ユーザーが **Rapiro** と会話することで家電操作と起動時刻を設定できるようにすること
3. 設定時刻が過ぎると自動的にプログラムが起動すること
4. 設定した時間から設定時間になりプログラムが終了するまでの時間も常に **Rapiro** を使用できるようにすること

5.1.3 必要技術・必要機材

このタイマーを使用した音声でのリモコン機能を実現するにあたって、以下の技術が必要となった。

- ・音声認識
- ・音声合成
- ・赤外線信号の送受信
- ・複数プログラムの同時起動
- ・タイマー
- ・音楽再生

音声認識・音声合成は、ユーザーと **Rapiro** との会話を成立させるために必要な技術とである。タイマーと赤外線通信の技術は、操作対象であるテレビやライトを指定した時刻に操作するために必要な技術である。

また、このタイマー付きの音声での家電操作機能を実現するにあたって、以下の機材が必要となった。

- ・4章「音声でのリモコン機能」で用いた機材

5.1.4 プログラムのフローチャート

本項では、作成するプログラムのフローについて説明する。本章の機能は3つのプログラムを順に起動させて行う。

「おはよう機能」と「おやすみ機能」を音声で起動する際、それぞれ簡略化させた名前を使用する。「おはよう機能」を「アラーム」、「おやすみ機能」を「自動消灯」とした。

起動されたプログラムは図 5-2 に従って処理を進める。

まず、ユーザーが機能の簡略名を **Rapiro** に言うと、**Rapiro** に機能を使用する時間を聞かれ、時刻を答えると①の「時刻設定」が完了する。機能使用のためのユーザーと **Rapiro** の会話はここで終わりになる。

次に、ユーザーの回答で得られた設定時刻は②のように、タイマーを処理するプログラム 2 に送られる。プログラム 2 は設定時刻を受け取ると③の「時刻比較」を行う。もし、設定時刻に達していたら、④のように指定した機能のプログラム 3 が起動される。それにより、⑤で音楽再生やテレビの電源をつけるための赤外線信号の送信が行われる。

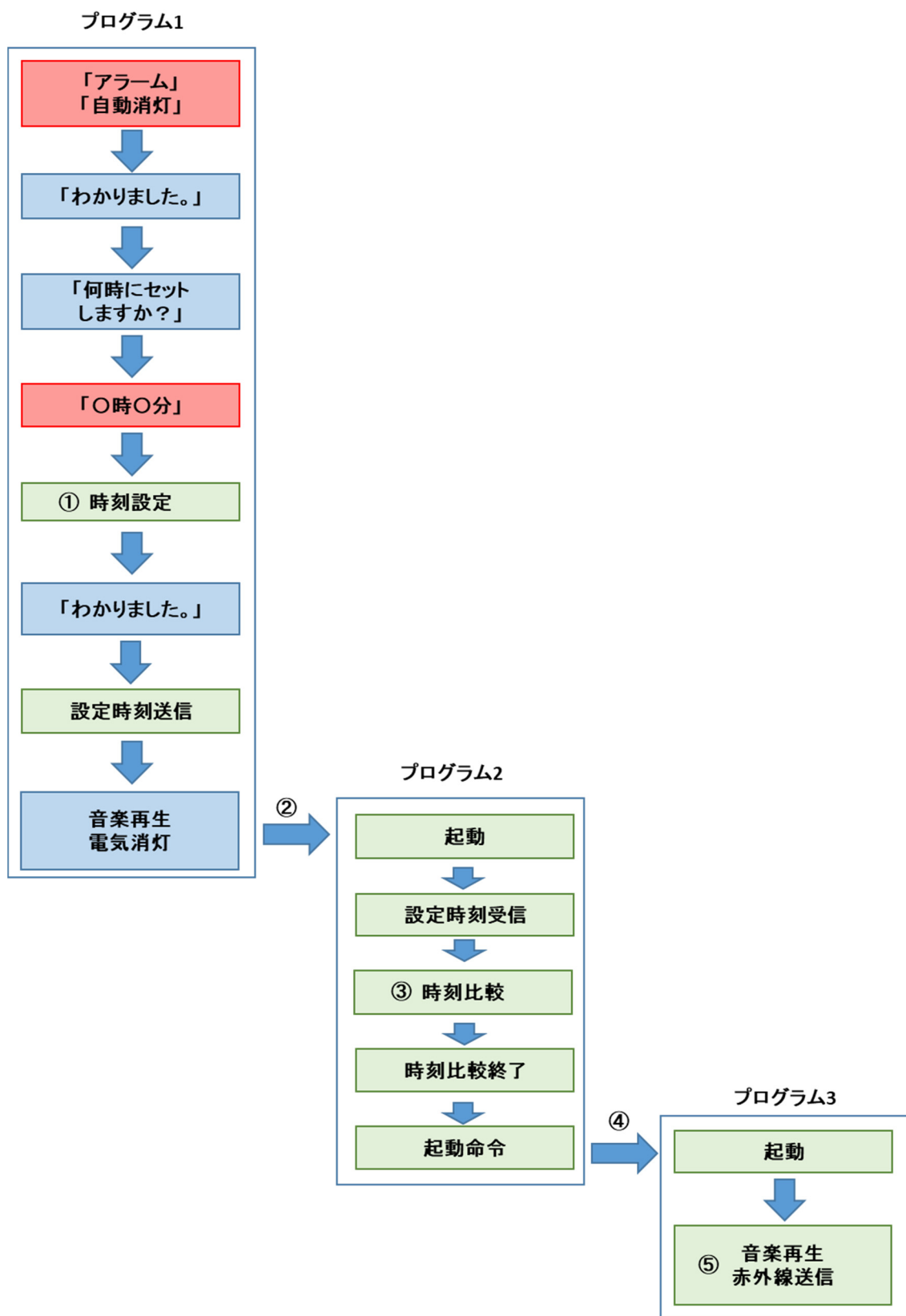


図 5-2 機能のフロー

タイマーを使用したプログラムの起動（大竹・大森担当）

5.2.1 概要（大竹担当）

本項ではユーザーが指定した時刻にそれぞれの機能のプログラムを起動させるプログラム 1、プログラム 2 の説明を記述する。ここでは、実際にアラームの時刻を設定するために作成したプログラムを例に説明する。

5.2.2 音声認識での時刻設定（大竹担当）

ユーザーが指定した時刻を設定する際、音声認識を使用する。プログラム 5-1 のようにユーザーが「アラーム」と言うと **Rapiro** が「何時にセットしますか？」と応答する。ユーザーが「〇時〇分」と言うと、**Rapiro** が「わかりました〇時〇分にアラームをセットします。」と応答する。このようにして、ユーザーが求める時刻を取得できる。

```
if (message=='アラーム'):                                #会話での時刻設定開始
    print '何時にセットしますか?'
    speak ('何時にセットしますか?')

    ~中略~

    if(message):                                          #時刻の設定
        speak ('わかりました！')
        time.sleep(2)
        speak (message + 'にアラームをセットします')
        time.sleep(5)
```

プログラム 5-1 会話での時刻設定

5.2.3 コマンドライン引数による設定時刻の受け渡し（大森担当）

続いて、プログラム 2 に、プログラム 1 から設定時刻を渡す必要がある。

そのためにコマンドライン引数を使用した。コマンドライン引数を使用するには、設定時刻を送るプログラム 1、設定時刻を受け取るプログラム 2 とが連携する必要がある。以下がコマンドライン引数を渡してプログラム 1 から、プログラム 2 を起動する命令である。

```
args = ['python', 'ongaku.py', set_alarm]
proc = subprocess.Popen(args)
```

プログラム 5-2 プログラム 1 設定時刻を送る

```
set_alarm = sys.argv[1]
```

プログラム 5-3 プログラム 2 設定時刻を受け取る

プログラム 5-2 の 1 行目['python', 'ongaku.py', set_alarm]は、プログラム 2 の起動コマンドを指定している。ongaku.py はプログラム 2 の名称であり、set_alarm は音声により設定された時刻を指す。2 行目では、1 行目のコマンドを実行している。プログラム 5-3 はプログラム 5-2 から渡された set_alarm（設定時刻）を受け取る命令である。

上記のプログラム 5-2 を挿入したプログラム 1 がプログラム 5-4 である。

```

if (set_alarm == 'アラーム'):                                     #会話での時刻設定開始
    print '何時にセットしますか?'
    speak ('何時にセットしますか?')
    time.sleep(3)
    t0 = current_milli_time()
    set_alarm = recognize().encode('utf-8')
    print 'recognized:' + str(current_milli_time() - t0) + 'ms'

    if(set_alarm):                                               #時刻の設定
        speak ('わかりました！')
        time.sleep(2)
        speak (set_alarm + 'にアラームをセットします')
        time.sleep(5)

    args = ['python', 'ongaku.py', set_alarm] #設定時刻をサブプログラムに送る
    proc = subprocess.Popen(args)
    continue

```

プログラム 5-4 プログラム 1 から抜粋

5.2.4 設定時刻での指定したプログラム起動（大竹担当）

プログラム 2 において、プログラム 5-3 で指定した時刻にプログラムを作動させるには、使用している Raspberry Pi 内の時刻と設定時刻の 2 つが必要となる。

日本語の 24 時間表記の設定時刻を「〇時〇分」と表記する。続いて、Raspberry Pi 内の時刻を「〇時〇分」と 5 秒ごとに比較する。そして、設定時刻と同時刻、もしくは設定時刻を過ぎたら指定したプログラムを起動させる（プログラム 5-5）。起動させるプログラムは次項で説明する。

```
d = datetime.datetime.today()
dead = '%s 時%s 分' % (d.hour, d.minute,)

set_alarm = sys.argv[1]

print(set_alarm)

while True:
    #print dead
    print(set_alarm)
    sleep(5)
    d = datetime.datetime.today()
    dead = '%s 時%s 分' % (d.hour, d.minute,)

    if dead >= set_alarm :           #時刻比較
        import cqcq                 #起動させるプログラム
        import TV_power             #起動させるプログラム
        break
```

プログラム 5-5 時刻比較

5.2 起動プログラムの作成（大竹・大森担当）

5.3.1 概要（大森担当）

5.2.4 で起動したプログラムが図 5-2 のプログラム 3 である。今回、タイマーを使用して起動させるプログラム 3 を 2 種類用意した。

1 つ目は、おはよう機能の「アラーム」である。「アラーム」は音楽再生と TV の電源を入れる赤外線信号の送信とを行う。

2 つ目は、おやすみ機能の「自動消灯」である。「自動消灯」では徐々に LED ライトを消すプログラムである。

5.3.2 「アラーム」のプログラム（大竹担当）

「アラーム」プログラムは、音楽再生と TV の電源を入れる赤外線信号の送信とを行う。

はじめに音楽再生プログラムを解説する。まず再生したい音楽ファイルを用意する。今回は、`cqcq.mp3` という名称の音楽ファイルを使用するものとする。そして、音楽ファイルを再生させる `pygame.mixer` というモジュールと、音楽ファイルを再生する時間を設定する `time` モジュールを `import` する（プログラム 5-6）。

```
import pygame.mixer
import time
```

プログラム 5-6 import 文

```
pygame.mixer.init(frequency = 44100)
pygame.mixer.music.load("cqcq.mp3")
pygame.mixer.music.play(1)
time.sleep(100)
pygame.mixer.music.stop()
```

プログラム 5-7 音楽ファイル再生プログラム

次に、音楽ファイルの再生から停止までをプログラム 5-7 で実現する。

プログラム 5-プログラム 5-の 2 行目の `pygame.mixer.music.load("cqcq.mp3")` という命令により、`cqcq.mp3` という音楽ファイルが読み込まれる。

3 行目の `pygame.mixer.music.play(1)` により、先程読み込んだ音楽ファイルが再生される。(1)の数値の部分は、この音楽ファイルを何回再生するかを設定する数値になる。この数値が 2 なら 2 回、3 なら 3 回音楽が流れる仕組みである。

4 行目の `time.sleep(100)` は、音楽ファイルを 100 秒だけ流すための待ち時間を定めるスリープ命令である。(100)の数値の部分は、音楽ファイルを流したい秒数である。先程と同様に数値を変えることによって、その数値の秒数だけ再生することが可能となる。

最後の `pygame.mixer.music.stop()` は、再生していた音楽ファイルを停止させる命令である。この命令がないと、音楽ファイルが再生されている状態が続いてしまう。

次に、TV を起動させる赤外線信号の送信のプログラムを解説する。

TV の電源を入れるにあたり、第 4 章で学習した赤外線の利用する信号は TV の電源を入れる「power」である（プログラム 5-8）。

```
args1 = ('irsend', '-', '1', 'SEND_ONCE', 'TV', 'power')
```

プログラム 5-8 TV を起動する信号

次に信号の送信部を解説する。第 4 章では認識した語句が家電操作の語句と一致すると、その語句と関連づけた信号を送信するプログラムを作成した。ここでは、起動するだけで信号を送信するプログラムを作成した（プログラム 5-9）。

```
try:
    args1 = ('irsend', '-', '1', 'SEND_ONCE', 'TV', 'power')
    try:
        subprocess.call(args1)
except KeyboardInterrupt:
    pass
```

プログラム 5-9 TV の起動信号送信プログラム

5.3.4 徐々に消灯する機能（大森担当）

続いて、「おやすみ機能」で必要な、徐々に LED ライトを消すプログラムについて説明する。

LED ライトを消灯するにあたって、第 4 章で学習した赤外線の利用する。

まず、使用する信号は調光を落とす「ldown」と電源を落とす「off」の 2 つである（プログラム 5-10）。

```
args1 = ('irsend', '-', '1', 'SEND_ONCE', 'LG', 'ldown')
args2 = ('irsend', '-', '1', 'SEND_ONCE', 'LG', 'off')
```

プログラム 5-10 自動消灯信号

次に信号の送信プログラムを作成する。今回使用した LED ライトの調光は 4 段階であった。そのため 4 回調光を落として電源を落とす必要がある。また、調光を連続して落としてしまうと、すぐに LED ライトが消えてしまうので、就寝を促すことができないと考え、調光に間隔を空けることとした。今回は、10 分後に完全に消灯するものとする。以上のことを踏まえて以下のプログラムを作成した（プログラム 5-11）。

```
try:
    subprocess.call(args1)          #調光を落とす
    sleep(150)                      #150 秒待機
    subprocess.call(args1)
    sleep(150)
    subprocess.call(args1)
    sleep(150)
    subprocess.call(args1)
    sleep(150)
    subprocess.call(args2)          #電源オフ
```

プログラム 5-11 LED ライト消灯信号送信プログラム

作成プログラムを起動すると、起動後 10 分後に LED ライトは消灯した。このプログラムは、待機させる時間を変えることで消灯までの時間を変えることができる。その為、ユーザーに合わせた消灯時間を作成することもできる。

5.3 考察（大森担当）

完成したタイマー付きの音声での家電操作機能は、5.1.2 で述べた要求仕様をすべて満たすことができた。

第6章 Rapiro に搭載した機材について（高林・町野担当）

6.1 概要（町野担当）

6.1.1 目的

本章では、各機能の実現に必要な音声認識、音声合成、赤外線送信を実現するために Rapiro に搭載した機材について説明する。

6.1.2 要求機能

1. 機材を搭載した状態で音声認識・音声合成を行えること
2. 機材を搭載した状態で赤外線送信を行えること

6.2 Rapiro 頭部内の機材の接続方法（高林担当）

本節では、Rapiro 頭部内の機材の接続方法について説明する。

以下の図 6-1 が Rapiro 頭部内の機材全体の構成である。

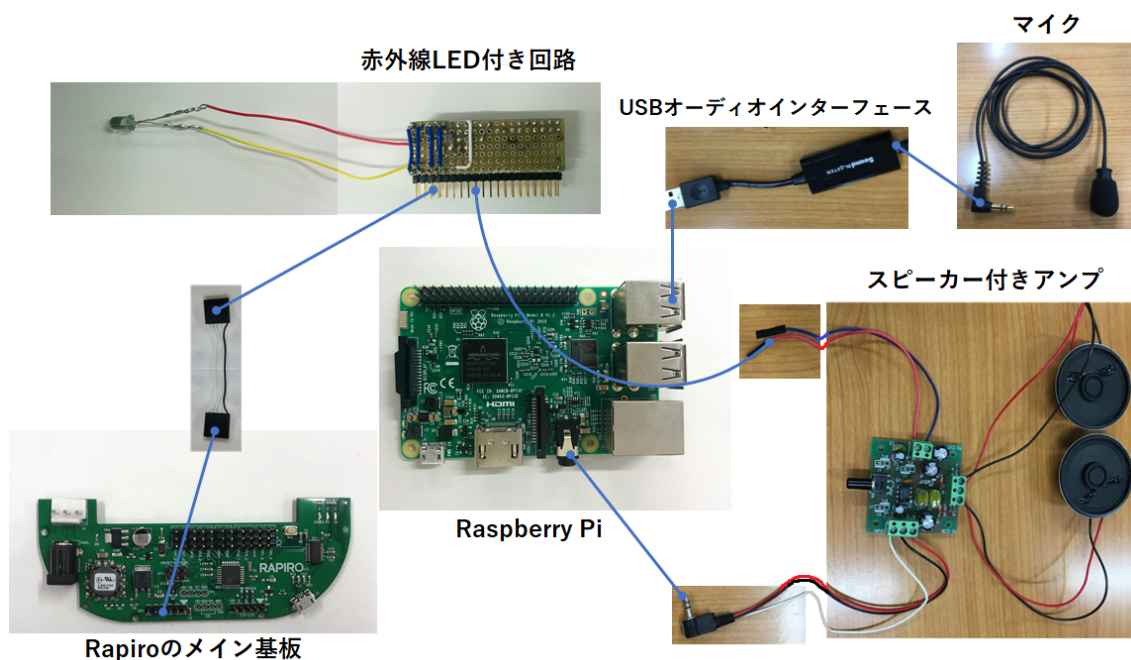


図 6-1 Rapiro 頭部内機材の構成

接続方法としては、まず、「スピーカー付きアンプのミニプラグ」を「Raspberry Pi のイヤホンジャック」に接続する。次に、「スピーカー付きアンプのメスジャンパーケーブル」を、配線を上に向けた時の「赤外線 LED 付き回路のヘッダーピン」の左から 9 番目と 10 番目のピンに接続する。これらのピンは、Raspberry Pi 本体の 3.3V と GND のピンに接続されている。次に、「マイクのミニプラグ」を「USB のオーディオインターフェース」に接続し、それを「Raspberry Pi の USB 端子」に接続する。次に、「赤外線 LED 付き回路のメスピン」を「Raspberry Pi のピンヘッダー」に接続する。最後に、「Rapiro のメイン基板のメスジャンパーケーブル」を「赤外線 LED 付き回路のヘッダーピン」に接続する。

以上が Rapiro 頭部内の機材の接続方法である。

6.3 完成状態（町野担当）

Rapiro の初期状態を図 6-2 に、完成状態を 図 6-3 に示した。



図 6-2 Rapiro 頭部 初期状態

スピーカーを両耳のくぼみへ貼り付け、マイクはコードが嵩張る為 Rapiro 頭部内面上部へテープで固定した。Rapiro 頭部内中央窪み下段にアンプ、上段に Raspberry Pi を設置した。また回路は Raspberry Pi に直接接続している。

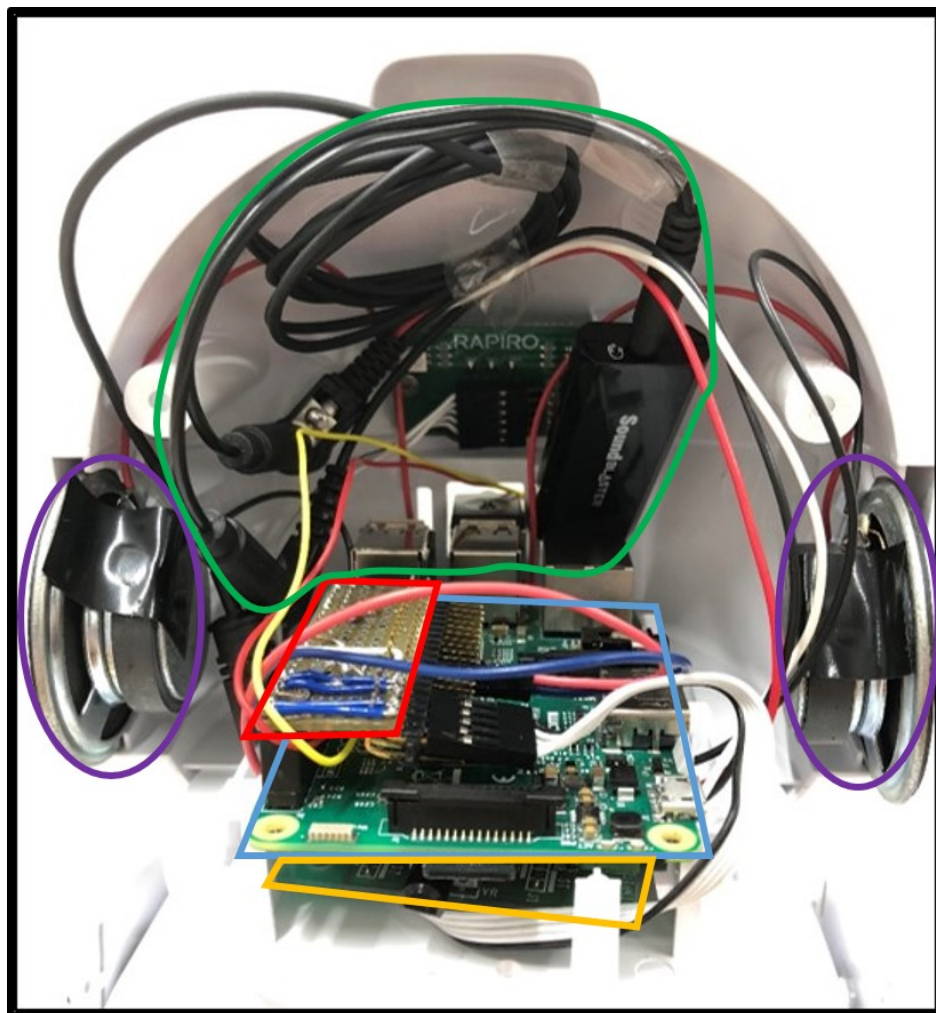


図 6-3 Rapiro 頭部 機材搭載後

図 6-4 は、Rapiro の腕に赤外線 LED を取り付けた様子である。赤外線 LED は Rapiro の右腕の甲に穴を空け、はめ込んで搭載した。



図 6-4 Rapiro 右腕甲 赤外線 LED 装着後

図 6-3 および図 6-4 のそれぞれの機材に対応する色枠および搭載位置を以下の表 6-1 に整理する。

表 6-1 機材搭載位置

図 6-3 の搭載機材	色枠	搭載位置
スピーカー	紫枠	頭部内両耳窪み
アンプ	橙枠	頭部内中央窪み内
マイク	緑枠	頭部内上面
Raspberry Pi	青枠	頭部内中央アンプの上
赤外線 LED 付きユニバーサル基板	赤枠	Raspberry Pi 上 (接続)
図 6-4 の搭載機材	色枠	搭載位置
赤外線 LED	赤枠	Rapiro 右腕甲

6.4 考察（高林担当）

これまで説明してきた機材を **Rapiro** 頭部内に搭載した結果、音声認識・音声合成ともに問題なく行うことができた。赤外線送信に関しても、問題なく行うことができた。

第7章 結論（檜垣担当）

7.1 目標

我々が考案した新機能は3つある。1つ目はユーモラスな機能であり、**Rapiro** がするジェスチャーをみてそれが何かを当てるというジェスチャーゲーム機能である。2つ目は便利な機能であり、音声で家電を操作できるという音声でのリモコン機能である。3つ目も便利な機能であり、2つ目の機能に加え、時間を指定して設定時刻に家電操作できるタイマー付きの音声での家電操作機能である。**Rapiro** を使用してユーザーに「面白さ」と「便利さ」を感じてもらえるような以上3つの新機能を実現することが目標であった。

7.2 目標への達成度

我々は目標を達成させるために必要な条件をこなすべく研究を行った。以下の表において、○が達成、△が一部達成、×が未達成を表している。

Google Speech API を使用した音声認識	○
Open JTalk を使用した音声合成	○
複数のジェスチャーからランダムで出題するジェスチャー選択	○
Rapiro のメイン基板と Raspberry Pi のシリアル通信	○
モーターの制御	○
音声での赤外線送信	○
音声での時間指定	○
時間指定でのプログラム起動	○
複数プログラムの同時作動	○
アンプ付きスピーカーの製作	△
赤外線 LED 付き赤外線送信機の製作	○

音声認識・音声合成班では、オンライン上で行う Google Speech API で音声認識を行うことができた。また Open JTalk で音声合成を組み合わせることで、Rapiro と会話することができた。

ジェスチャーゲーム機能班では、Rapiro のメイン基板に用意した複数のジェスチャーの中から、Raspberry Pi からのシリアル通信を通じてランダムでジェスチャーを選ぶことができた。出題された問題に対する回答があっているか判定し、その結果を音声でユーザーに伝えることができた。また、出題するジェスチャーは、簡単なものから、複数人と相談して考えるような難易度のものまでを作成することができた。それによって、コンセプトであるコミュニケーションのきっかけとしてのジェスチャーゲーム機能を実現することができたと言える。

音声でのリモコン機能班では、テレビ・LED ライト・ルンバを音声で操作することができた。それによって、コンセプトであるユーザーのパートナーとしてのロボットの必要性を高めることができた。よって、音声でのリモコン機能を実現することができたと言える。

タイマー付きの音声での家電操作機能では、指定した時刻に赤外線送信プログラムや音楽再生のプログラムを起動させることができた。また、複数プログラムの同時起動のプログラムを作成することによって、指定した時刻まで待機している間でも他のプログラムを起動させられるようになった。それによってコンセプトであるロボットがユーザーの生活の一部となることを実現できた。よって、タイマー付きの音声での家電操作機能を実現することができたと言える。

Rapiro の改造班では、Rapiro に不足していたアンプ付きスピーカーと赤外線 LED 付き赤外線送信機を製作し、それぞれ動作することを確認できた。それらに加え、マイクと Raspberry Pi を Rapiro の頭部などに搭載でき、今回の 3 つの新機能に対応した Rapiro に改造することができた。しかし、精度の低いスピーカーの使用により、音質が少し悪くなったしまった。このことから、スピーカーの質を上げることが必要であると考えられる。

7.3 問題

前節で述べたように各班が目標を達成したが、実現した機能にはいくつかの問題点もあった。本節では、問題点とその解決法について記述する。

7.3.1 問題点

新機能を実際に使用した際の問題点は、以下の2点である。

問題 1. 音質が悪く、うまく聞き取れないことがある。

精度の低いスピーカーを使用したためである。

問題 2. 音声認識のタイミングをディスプレイなしで合わせる 것이 難しい。

本研究で使用した Google Speech API では、マイクでの音声読み取り部を使用者自身でプログラムしなければならないためである。

7.3.2 解決法

前項の問題点に対して考えられる解決法はそれぞれ以下の通りである。

問題 1 の解決法

精度の高いスピーカーに替えることで、音質が良くなるのではないかと考えられる。また、スピーカーを図 6-1 の USB オーディオインターフェースに接続することでも音質の向上が見込める。

問題 2 の解決法

プログラム上でマイクでの音声読み取り頻度を上げるように変更することで、音声を拾いやすくなるのではないかと考える。

7.4 総合評価

我々が実現させた機能を実際に使用してみたところ、最初にイメージしていた機能として使用できることが確認できた。しかし、音声の誤認識や家電が反応しないことがあった。これらは、音声の認識精度を上げることや、高性能の赤外線送信モジュールを使用することで解決すると考える。今回の研究では、ユーザーに「面白さ」と「便利さ」を感じてもらうような新機能を実現したことにより、目標を達成できたと考える。

第8章 参考文献・URL

[1-1] 週刊 鉄腕アトムを作ろう！ | 公式サイト 講談社

<http://atom2020.jp/>

[1-2] Robi (ロビ) 組み立て代行バージョン | DMM.make ROBOTS

<http://robots.dmm.com/robot/robi>

[1-3] 爆・笑太郎 | Amazon

<https://www.amazon.co.jp/%E3%82%BF%E3%82%AB%E3%83%A9%E3%83%88%E3%83%9F%E3%83%BC-Omnibot-%E7%88%86%E3%83%BB%E7%AC%91%E5%A4%AA%E9%83%8E/dp/B01GNLPTRS>

[1-4] BOCCO | Amazon

<https://www.amazon.co.jp/%E3%83%A6%E3%82%AB%E3%82%A4%E5%B7%A5%E5%AD%A6-BOCCO-%E3%83%9C%E3%83%83%E3%82%B3/dp/B015SQSYCQ>

[1-5] Palmi | 楽天

<http://e-mononavi.com/wp-content/uploads/2015/07/Palmi-01.jpg>

[1-6] 家族とのコミュニケーションに関するアンケート調査 | MyEL

https://myel.myvoice.jp/products/detail.php?product_id=22915

[1-7] 『ビジネスマンの生活時間』35年の推移 | シチズンホールディングス株式会社

<http://www.citizen.co.jp/research/time/20150528/02.html>

[3-1] 【Python ステップアップ】random モジュールの使い方まとめ

<https://www.sejuku.net/blog/20915>

[3-2] 実践力を身につける Python の教科書

著者 クジラ飛行机 / マイナビ

[3-3] 二足歩行ロボット 工作&プログラミング

著者 江崎徳秀・石井モルナ / リックテレコム

第9章 [3-4] トコトンやさしいロボットの本 B&T ブックス 今日からモノ知りシリーズ

第10章 監修 日刊工業新聞社／ 日本ロボット工業会

謝辞

最後に、この場をお借りして本研究を進めるにあたり、研究テーマの提供のご支援いただいた株式会社講談社、並びに、2年間ご指導ご鞭撻を頂きました金丸隆志准教授、桂晃洋教授、研究において親身になり多くの助言を頂いた修士の先輩方、協力していただいた皆様に心より感謝致します。これをもって謝辞とさせていただきます。

付録

第2章 2.5.5 実験結果

無指向性マイク（女性 1,2/男性 1,2）

						(単位:db)
女性1 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.1	67.8	62.3	64.1	63.6	62.7
2回目	81.0	68.8	63.5	62.1	64.7	63.7
3回目	80.7	68.2	64.8	64.4	64.0	63.5
4回目	81.5	68.8	63.8	64.1	63.6	63.8
5回目	81.4	68.7	65.7	64.7	63.0	63.1
						(単位:db)
女性1 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.4	76.2	72.0	69.9	70.4	69.2
2回目	90.4	76.3	71.9	71.3	70.4	69.2
3回目	90.4	76.3	71.9	71.6	70.4	69.2
4回目	88.3	76.3	70.9	71.6	70.5	69.1
5回目	89.5	76.3	71.9	71.6	70.5	69.1
						(単位:db)
女性1 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	100.5	92.0	84.5	81.8	83.3	81.0
2回目	101.3	93.0	84.1	82.8	83.0	81.2
3回目	101.4	93.0	83.6	82.9	82.2	81.0
4回目	100.7	97.8	83.5	83.9	82.2	81.0
5回目	100.6	97.8	83.6	84.5	81.6	81.0

						(認識の有無)
女性1 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性1 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性1 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	○	×	×
2回目	○	○	○	○	×	×
3回目	○	○	○	○	×	×
4回目	○	○	○	○	×	×
5回目	○	○	○	○	×	×

						(単位: db)
女性1 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.4	69.1	66.2	63.7	63.0	61.0
2回目	80.3	69.2	66.6	63.7	63.1	62.3
3回目	80.3	70.3	66.2	63.4	62.4	61.0
4回目	80.3	69.1	66.3	64.9	63.6	60.4
5回目	80.3	70.6	65.8	66.1	63.1	60.4
						(単位: db)
女性1 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.9	79.5	72.8	72.3	72.0	70.5
2回目	91.0	79.3	72.9	72.7	72.8	70.1
3回目	91.1	79.2	72.8	72.7	71.8	70.1
4回目	91.5	79.3	72.9	72.7	72.9	70.2
5回目	91.6	79.3	72.9	72.7	72.9	70.7
						(単位: db)
女性1 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	101.3	92.1	89.2	82.8	83.7	81.0
2回目	101.2	91.5	87.9	82.3	82.0	79.0
3回目	100.5	91.2	85.1	81.1	81.1	79.4
4回目	100.4	91.7	88.6	80.6	81.3	78.6
5回目	100.6	91.7	87.9	80.4	83.0	79.3

						(認識の有無)
女性1 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性1 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性1 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	×	×	×	×
2回目	○	○	×	×	×	×
3回目	○	○	×	×	×	×
4回目	○	○	×	×	×	×
5回目	○	○	×	×	×	×

						(単位: db)
女性1 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.9	67.4	62.4	58.5	57.7	57.3
2回目	80.9	67.7	66.6	58.8	57.4	57.4
3回目	79.2	68.8	62.4	59.0	57.1	57.2
4回目	80.9	68.1	64.1	58.0	57.2	56.8
5回目	80.9	67.4	64.0	57.8	57.8	57.7
						(単位: db)
女性1 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.4	76.7	72.5	67.4	68.0	66.5
2回目	90.1	76.8	71.3	67.9	68.0	67.1
3回目	90.2	76.7	72.4	67.9	67.9	67.2
4回目	90.0	76.9	72.5	67.9	68.0	66.5
5回目	90.3	76.7	71.7	67.7	67.9	67.0
						(単位: db)
女性1 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	100.9	87.3	84.2	79.6	78.5	77.6
2回目	100.9	87.2	84.0	79.7	78.6	77.5
3回目	100.9	87.7	84.0	79.6	78.5	76.9
4回目	100.9	87.8	84.0	79.5	78.6	77.0
5回目	100.9	87.8	84.0	79.6	78.7	77.3

						(認識の有無)
女性1 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性1 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性1 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	×	×	×
2回目	○	○	○	×	×	×
3回目	○	○	○	×	×	×
4回目	○	○	○	×	×	×
5回目	○	○	○	×	×	×

						(単位: db)
女性2 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.9	68.4	63.8	62.4	63.8	58.9
2回目	80.8	67.1	62.3	65.3	62.5	60.2
3回目	80.8	67.0	62.1	61.9	64.0	58.3
4回目	80.8	68.4	64.9	62.5	64.1	63.6
5回目	80.8	67.1	65.2	62.9	64.2	61.4
						(単位: db)
女性2 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	89.9	78.9	73.0	72.0	70.4	69.7
2回目	90.8	78.5	73.1	71.8	70.8	70.5
3回目	90.6	78.5	73.0	72.0	70.6	69.7
4回目	90.6	79.6	73.0	71.4	70.8	70.2
5回目	90.6	78.5	73.0	71.9	70.1	70.4
						(単位: db)
女性2 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	100.6	92.8	83.7	82.2	79.4	80.4
2回目	100.4	92.2	83.6	82.1	81.0	80.4
3回目	100.8	93.7	83.5	82.1	81.0	80.4
4回目	100.4	93.1	83.7	82.1	79.4	80.7
5回目	100.8	93.4	83.1	82.0	81.0	80.7

						(認識の有無)
女性2 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性2 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性2 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	×	×	×
2回目	○	○	○	×	×	×
3回目	○	○	○	×	×	×
4回目	○	○	○	×	×	×
5回目	○	○	○	×	×	×

						(単位: db)
女性2 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.8	69.6	63.5	61.4	57.5	59.5
2回目	80.7	68.5	64.3	61.5	58.7	58.0
3回目	80.6	69.6	63.5	61.8	58.1	59.1
4回目	80.7	68.9	63.7	60.5	59.2	59.1
5回目	80.6	68.6	63.7	61.6	59.2	59.3
						(単位: db)
女性2 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.6	77.9	71.7	71.5	69.2	68.8
2回目	93.3	78.8	72.7	71.0	69.3	68.8
3回目	90.4	77.5	72.8	70.8	71.0	69.2
4回目	93.3	77.6	72.9	71.2	69.3	68.8
5回目	92.4	77.5	73.0	71.1	70.1	68.8
						(単位: db)
女性2 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	100.4	87.4	81.2	80.7	78.9	79.0
2回目	100.4	87.4	81.2	80.8	79.8	79.0
3回目	100.4	87.3	82.1	80.8	79.8	78.9
4回目	100.4	88.7	81.2	80.8	79.9	79.0
5回目	100.4	87.4	80.9	80.7	79.0	79.1

						(認識の有無)
女性2 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性2 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性2 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	×	×	×	×
2回目	○	○	×	×	×	×
3回目	○	○	×	×	×	×
4回目	○	○	×	×	×	×
5回目	○	○	×	×	×	×

						(単位: db)
女性2 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.8	69.6	63.5	61.4	57.5	59.5
2回目	80.7	68.5	64.3	61.5	58.7	58.0
3回目	80.6	69.6	63.5	61.8	58.1	59.1
4回目	80.7	68.9	63.7	60.5	59.2	59.1
5回目	80.6	68.6	63.7	61.6	59.2	59.3
						(単位: db)
女性2 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.6	77.9	71.7	71.5	69.2	68.8
2回目	93.3	78.8	72.7	71.0	69.3	68.8
3回目	90.4	77.5	72.8	70.8	71.0	69.2
4回目	93.3	77.6	72.9	71.2	69.3	68.8
5回目	92.4	77.5	73.0	71.1	70.1	68.8
						(単位: db)
女性2 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	100.4	87.4	81.2	80.7	78.9	79.0
2回目	100.4	87.4	81.2	80.8	79.8	79.0
3回目	100.4	87.3	82.1	80.8	79.8	78.9
4回目	100.4	88.7	81.2	80.8	79.9	79.0
5回目	100.4	87.4	80.9	80.7	79.0	79.1

						(認識の有無)
女性2 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性2 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性2 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	×	×	×	×
2回目	○	○	×	×	×	×
3回目	○	○	×	×	×	×
4回目	○	○	×	×	×	×
5回目	○	○	×	×	×	×

						(単位: db)
男性1 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.5	67.8	65.7	61.8	63.9	64.7
2回目	80.4	66.5	66.7	64.8	62.7	63.8
3回目	80.4	66.5	61.8	647.0	63.6	64.2
4回目	80.4	66.5	66.4	64.6	63.6	63.3
5回目	80.4	66.1	66.9	64.8	64.6	61.7
						(単位: db)
男性1 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.5	72.7	75.5	73.3	71.7	71.5
2回目	90.5	76.6	75.4	70.5	71.3	71.4
3回目	90.5	76.5	75.4	73.3	71.4	71.4
4回目	90.5	76.5	75.7	73.3	71.3	71.4
5回目	90.5	74.5	75.2	73.3	71.2	71.4
						(単位: db)
男性1 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	100.2	94.7	88.7	80.7	80.2	79.4
2回目	98.6	94.3	82.3	78.9	79.0	78.0
3回目	100.1	94.5	88.6	78.9	78.5	78.2
4回目	99.1	93.1	87.9	79.0	78.2	77.7
5回目	99.6	94.5	80.9	78.9	78.0	78.0

						(認識の有無)
男性1 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性1 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性1 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	○	○	×
2回目	○	○	○	×	×	×
3回目	○	○	○	×	×	×
4回目	○	○	○	×	×	×
5回目	○	○	○	×	×	×

						(単位: db)
男性1 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.1	69.1	64.9	64.3	61.5	59.4
2回目	81.1	66.3	66.5	64.4	60.2	61.6
3回目	80.2	66.5	64.2	64.1	60.1	59.7
4回目	80.2	69.0	64.7	64.8	60.2	58.7
5回目	81.1	69.7	64.6	63.9	60.0	58.9
						(単位: db)
男性1 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.2	79.8	72.8	72.0	71.7	70.3
2回目	90.2	78.8	72.9	71.9	70.7	69.7
3回目	90.1	79.8	72.7	72.0	71.5	69.8
4回目	94.5	77.8	72.8	72.3	71.1	69.8
5回目	94.5	78.8	72.9	71.9	70.8	70.0
						(単位: db)
男性1 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	101.2	89.7	83.2	83.3	80.9	79.3
2回目	100.6	89.8	82.7	82.0	80.0	78.2
3回目	99.7	89.0	82.9	82.1	80.0	78.3
4回目	100.7	88.3	82.6	81.9	79.9	78.1
5回目	100.6	89.3	82.8	81.9	80.2	78.2

						(認識の有無)
男性1 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性1 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性1 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	×	×	×
2回目	○	○	×	×	×	×
3回目	○	○	×	×	×	×
4回目	○	○	○	×	×	×
5回目	○	○	○	×	×	×

						(単位: db)
男性1 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.4	70.1	63.8	63.1	59.7	57.2
2回目	80.4	70.0	64.3	63.1	59.8	58.2
3回目	80.4	69.9	63.9	63.3	59.8	57.8
4回目	80.4	69.7	64.3	62.3	59.9	58.0
5回目	80.4	69.9	63.7	63.6	60.1	58.1
						(単位: db)
男性1 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.2	78.5	72.3	71.1	69.3	67.5
2回目	90.2	78.8	72.2	71.2	69.8	67.5
3回目	90.2	78.5	72.1	70.5	69.5	67.8
4回目	90.1	78.4	72.1	70.3	69.7	67.3
5回目	90.3	78.5	72.1	72.1	69.9	67.5
						(単位: db)
男性1 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	100.7	88.7	83.2	80.5	79.8	77.5
2回目	100.1	88.7	83.1	80.4	79.7	77.8
3回目	100.9	88.6	83.2	80.5	79.7	77.8
4回目	100.1	89.1	83.1	80.6	79.6	77.5
5回目	100.3	89.1	83.1	80.5	79.7	77.7

						(認識の有無)
男性1 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	×	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	×	×	×	×	×	×
5回目	×	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性1 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性1 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	×	○	×	×	×	×
2回目	×	○	×	×	×	×
3回目	×	×	×	×	×	×
4回目	×	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×

						(単位: db)
男性2 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.2	65.5	65.8	61.4	62.2	60.8
2回目	80.2	65.7	65.8	62.8	62.8	60.4
3回目	78.7	65.5	65.4	62.7	62.4	60.6
4回目	80.2	65.3	65.7	62.6	62.7	60.6
5回目	78.7	65.4	66.4	63.9	62.5	60.7
						(単位: db)
男性2 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.9	76.4	74.1	72.0	70.8	70.9
2回目	90.9	76.7	74.2	72.0	71.5	71.0
3回目	90.8	76.6	74.2	71.9	71.4	70.9
4回目	90.8	76.8	74.1	71.9	71.4	70.8
5回目	90.9	76.8	74.2	71.9	71.4	70.9
						(単位: db)
男性2 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	99.9	85.3	84.5	82.8	81.7	80.7
2回目	100.7	84.4	83.5	81.1	80.0	79.5
3回目	99.4	84.4	82.5	81.0	79.9	79.5
4回目	100.6	84.6	82.5	81.0	80.0	79.5
5回目	99.0	84.6	83.0	81.2	79.9	79.6

						(認識の有無)
男性2 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性2 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性2 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	×	×	×
2回目	○	○	○	×	×	×
3回目	○	○	○	×	×	×
4回目	○	○	○	×	×	×
5回目	○	○	○	×	×	×

						(単位:db)
男性2 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	81.1	70.1	65.7	63.6	64.1	61.2
2回目	81.1	69.6	67.8	63.5	65.5	62.4
3回目	81.1	70.1	66.5	63.5	65.5	62.2
4回目	81.1	69.3	67.5	63.5	63.2	62.8
5回目	81.1	69.7	66.9	63.7	64.7	62.5
						(単位:db)
男性2 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.2	78.1	74.7	71.2	73.2	71.1
2回目	90.9	78.3	74.6	71.2	72.9	70.6
3回目	91.0	78.2	75.0	71.0	72.7	70.7
4回目	91.0	78.3	74.9	72.9	72.8	69.5
5回目	90.3	78.3	74.6	71.0	72.7	69.7
						(単位:db)
男性2 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	101.4	80.0	80.9	79.3	76.4	77.6
2回目	100.8	83.6	80.6	78.7	77.4	75.2
3回目	99.9	83.7	80.3	78.2	77.1	75.6
4回目	100.1	84.5	81.0	78.0	77.2	75.0
5回目	98.3	83.5	79.6	77.6	76.7	74.4

男性2 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性2 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性2 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	×	×	×	×
2回目	○	○	×	×	×	×
3回目	○	○	×	×	×	×
4回目	○	○	×	×	×	×
5回目	○	○	×	×	×	×

						(単位: db)
男性2 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.3	71.7	67.3	63.1	58.1	51.4
2回目	80.2	71.4	67.3	60.9	58.0	57.2
3回目	80.3	71.4	68.7	60.9	57.2	57.2
4回目	80.2	71.4	67.2	63.1	58.1	57.8
5回目	80.3	71.6	68.1	60.1	58.2	53.2
						(単位: db)
男性2 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.1	78.1	70.9	71.0	70.8	69.0
2回目	89.9	78.2	70.9	68.0	65.4	67.0
3回目	89.8	78.1	72.5	67.3	65.2	69.1
4回目	90.3	78.1	71.7	71.0	71.4	66.3
5回目	90.2	78.1	72.5	71.2	70.9	65.2
						(単位: db)
男性2 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	101.6	91.0	83.8	83.4	79.7	77.7
2回目	100.8	91.2	84.7	83.1	79.5	78.2
3回目	100.1	95.0	85.0	82.7	79.1	77.9
4回目	100.6	92.8	84.1	82.8	79.5	77.7
5回目	100.4	90.6	84.2	82.6	79.4	77.6

						(認識の有無)
男性2 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性2 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	△(1に反応)	×	×	×	×
2回目	○	△(1に反応)	×	×	×	×
3回目	○	△(1に反応)	×	×	×	×
4回目	○	△(1に反応)	×	×	×	×
5回目	○	△(1に反応)	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性2 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	○	△(12と反応)	×
2回目	○	○	○	△(12と反応)	△(12と反応)	×
3回目	○	○	○	△(12と反応)	△(12と反応)	×
4回目	○	○	○	△(12と反応)	△(12と反応)	×
5回目	○	○	○	△(12と反応)	△(12と反応)	×

単一指向性マイク（女性 1,2/男性 1,2）

						(単位: db)
女性1 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.2	67.2	63.3	63.7	59.1	57.8
2回目	80.1	67.4	64.4	63.9	61.3	57.9
3回目	80.1	66.5	64.2	62.3	62.0	59.9
4回目	80.1	67.7	63.8	63.5	61.7	59.1
5回目	80.1	67.0	63.3	61.2	63.0	57.0
						(単位: db)
女性1 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.5	77.3	75.3	72.9	73.9	72.1
2回目	90.6	76.1	75.3	74.8	73.9	71.2
3回目	90.6	76.1	75.2	74.9	74.0	72.3
4回目	90.6	77.2	75.3	75.0	72.3	72.4
5回目	90.6	76.1	75.3	75.0	74.0	71.0
						(単位: db)
女性1 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	102.1	91.5	84.7	83.6	82.0	83.1
2回目	101.1	91.4	83.0	81.4	82.0	81.2
3回目	100.7	91.4	82.7	81.3	81.2	81.6
4回目	101.1	90.8	82.6	81.3	81.3	81.1
5回目	101.3	90.9	81.8	81.0	83.6	80.8

						(認識の有無)
女性1 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性1 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性1 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	○	○	○
2回目	○	○	○	○	○	○
3回目	○	○	○	○	×	×
4回目	○	○	○	○	×	×
5回目	○	○	○	○	×	×

						(単位:db)
女性1 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.6	68.6	65.9	60.2	63.5	60.2
2回目	80.5	69.6	65.7	60.8	59.7	60.3
3回目	80.5	69.4	64.3	63.5	63.5	60.2
4回目	80.4	69.8	66.2	60.5	61.3	63.6
5回目	80.5	68.5	66.1	62.1	61.6	64.6
						(単位:db)
女性1 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	92.9	78.2	71.7	70.6	70.0	71.0
2回目	91.2	78.0	71.6	71.0	69.9	70.8
3回目	91.6	79.5	71.6	70.9	70.2	70.6
4回目	90.4	78.3	72.2	70.8	70.8	70.8
5回目	90.4	78.1	71.7	70.7	69.8	71.2
						(単位:db)
女性1 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	100.5	89.0	82.6	81.4	80.5	78.4
2回目	100.4	88.7	81.6	81.0	81.5	78.6
3回目	100.4	88.5	82.4	80.7	81.1	79.0
4回目	100.9	88.5	82.3	81.1	81.2	78.8
5回目	100.9	88.3	82.3	80.4	80.2	79.0

						(認識の有無)
女性1 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性1 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	×	×	×	×
2回目	○	○	×	×	×	×
3回目	○	○	×	×	×	×
4回目	○	○	×	×	×	×
5回目	○	○	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性1 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	○	○	○
2回目	○	○	○	○	○	○
3回目	○	○	○	○	○	○
4回目	○	○	○	○	○	○
5回目	×	○	○	○	○	○

						(単位: db)
女性1 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	82.2	68.6	64.3	61.3	61.0	57.9
2回目	80.2	69.4	66.6	60.9	60.6	58.2
3回目	80.2	68.4	64.5	61.9	62.6	58.9
4回目	80.2	68.5	64.4	60.1	61.9	59.1
5回目	80.2	68.4	66.6	61.7	60.0	58.7
						(単位: db)
女性1 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.7	77.8	74.4	68.9	68.7	68.0
2回目	90.8	77.8	74.4	69.4	68.3	67.1
3回目	90.8	77.6	74.4	70.0	68.0	68.4
4回目	90.8	77.6	73.3	70.1	68.0	68.7
5回目	90.8	77.8	74.4	70.2	68.0	67.2
						(単位: db)
女性1 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	101.9	90.6	86.9	80.9	80.6	80.2
2回目	102.0	89.8	86.9	82.0	80.2	79.9
3回目	101.9	91.3	85.8	80.9	80.2	79.7
4回目	102.4	89.9	87.5	81.1	80.2	79.6
5回目	102.0	90.4	86.6	81.1	80.2	80.5

						(認識の有無)
女性1 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性1 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	×	×	×	×
2回目	○	○	×	×	×	×
3回目	○	○	×	×	×	×
4回目	○	○	×	×	×	×
5回目	○	○	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性1 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	○	○	○	1と反応
2回目	1と反応	×	○	○	○	1と反応
3回目	1と反応	×	1と反応	○	○	○
4回目	1と反応	×	○	○	○	1と反応
5回目	1と反応	×	○	○	○	1と反応

						(単位: db)
女性2 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.7	69.7	65.6	62.1	63.2	61.4
2回目	82.9	69.5	65.4	65.7	65.0	64.2
3回目	82.9	69.2	65.8	65.7	65.0	63.7
4回目	82.9	69.6	63.0	65.4	63.2	63.1
5回目	82.9	69.6	66.0	65.3	62.8	60.3
						(単位: db)
女性2 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.2	78.6	73.0	71.0	69.9	69.1
2回目	90.4	78.9	70.9	70.1	70.5	67.3
3回目	92.4	78.9	70.6	71.1	69.9	68.8
4回目	90.8	78.9	72.6	71.1	68.7	70.0
5回目	90.8	78.9	72.8	71.1	69.7	68.9
						(単位: db)
女性2 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	103.3	90.7	85.5	84.2	83.8	82.5
2回目	101.5	91.3	83.2	83.0	82.2	81.3
3回目	101.2	90.2	82.2	83.0	84.1	80.3
4回目	101.0	91.3	83.1	82.8	81.7	80.4
5回目	101.0	90.5	83.4	83.1	81.4	82.3

						(認識の有無)
女性2 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性2 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性2 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	×	×	×
2回目	○	○	○	×	×	×
3回目	○	○	○	×	×	×
4回目	○	○	○	×	×	×
5回目	○	○	○	×	×	×

						(単位: db)
女性2 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.4	68.2	61.6	63.7	57.8	58.1
2回目	80.4	68.4	61.7	63.8	58.0	57.6
3回目	80.9	68.7	61.5	59.2	59.4	57.9
4回目	80.5	68.4	61.6	59.2	60.2	58.0
5回目	80.9	68.4	63.2	63.3	57.4	58.2
						(単位: db)
女性2 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.3	76.9	70.1	69.8	68.4	67.5
2回目	88.8	76.7	70.3	69.6	69.5	67.4
3回目	88.8	74.9	70.6	69.7	69.5	67.1
4回目	88.7	74.9	70.3	69.6	69.5	67.5
5回目	90.3	75.0	70.3	69.4	69.5	67.6
						(単位: db)
女性2 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	99.7	86.0	81.2	81.7	78.4	78.3
2回目	100.7	86.0	81.1	81.8	78.1	77.4
3回目	100.1	85.9	81.2	81.6	78.1	78.0
4回目	100.9	86.0	81.2	79.6	79.5	77.3
5回目	99.9	86.0	81.1	79.7	79.5	77.9

						(認識の有無)
女性2 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性2 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性2 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	×	×	×
2回目	○	○	○	×	×	×
3回目	○	○	○	×	×	×
4回目	○	○	○	×	×	×
5回目	○	○	CUP	×	×	×

						(単位: db)
女性2 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.0	66.4	63.8	60.1	56.4	56.1
2回目	80.0	65.7	63.7	59.5	55.8	56.1
3回目	80.0	65.7	63.9	59.1	55.9	56.3
4回目	80.1	64.0	64.7	59.6	55.5	54.4
5回目	80.1	65.7	63.9	59.8	55.5	56.2
						(単位: db)
女性2 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.2	73.4	70.3	68.8	65.5	66.8
2回目	89.9	73.5	70.6	68.0	66.0	66.4
3回目	90.3	73.2	71.7	68.7	64.1	66.7
4回目	90.0	73.2	70.5	68.6	65.5	66.6
5回目	90.4	73.2	70.1	68.4	65.7	66.7
						(単位: db)
女性2 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	100.4	84.3	81.8	78.3	75.4	73.5
2回目	100.3	84.4	82.3	78.6	75.7	73.5
3回目	98.8	80.5	82.3	78.2	75.2	73.5
4回目	98.2	84.8	82.4	78.3	75.3	73.5
5回目	98.8	84.5	82.4	78.5	75.3	73.6

						(認識の有無)
女性2 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性2 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
女性2 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	×	×	×
2回目	○	○	○	×	×	×
3回目	○	○	○	×	×	×
4回目	○	○	○	×	×	×
5回目	○	○	○	×	×	×

						(単位:db)
男性1 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	81.2	66.4	64.3	64.8	62.4	59.5
2回目	81.2	67.0	64.6	65.2	61.9	58.2
3回目	81.4	67.3	64.4	62.1	64.3	60.6
4回目	81.3	66.7	64.0	63.2	62.1	63.2
5回目	81.3	67.2	63.6	65.8	62.3	63.6
						(単位:db)
男性1 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	91.7	77.9	74.0	73.1	70.3	72.0
2回目	91.6	78.0	70.5	73.5	71.9	71.5
3回目	91.6	77.7	74.2	72.6	70.3	71.3
4回目	91.6	78.3	74.2	72.8	72.1	71.3
5回目	91.6	78.0	74.2	73.1	72.2	71.4
						(単位:db)
男性1 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	100.4	94.7	82.5	81.4	79.6	80.8
2回目	100.2	94.7	81.7	81.1	79.8	79.4
3回目	99.8	94.5	80.5	80.3	78.8	77.7
4回目	99.7	94.6	80.1	79.8	78.7	77.8
5回目	99.6	94.6	80.0	79.9	79.0	77.4

						(認識の有無)
男性1 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性1 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	×	×	×	×
2回目	○	○	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	○	×	×	×	×
5回目	○	○	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性1 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	○	○	○
2回目	○	○	○	○	○	○
3回目	○	○	○	○	○	○
4回目	○	○	○	○	○	○
5回目	○	○	○	○	○	○

						(単位: db)
男性1 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	81.8	70.9	66.5	64.3	64.6	60.5
2回目	81.9	69.3	66.5	64.5	65.2	58.1
3回目	81.9	70.3	65.6	64.1	64.2	58.9
4回目	81.9	70.7	64.7	64.7	65.4	59.7
5回目	80.5	70.0	65.4	66.4	65.4	59.7
						(単位: db)
男性1 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	91.1	79.0	69.7	70.2	70.4	69.5
2回目	92.0	76.4	72.8	69.5	70.2	69.4
3回目	90.5	78.8	73.9	72.3	69.9	69.3
4回目	93.2	78.8	74.7	71.9	69.4	70.0
5回目	93.4	78.7	73.6	70.5	70.5	70.0
						(単位: db)
男性1 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	103.0	92.9	84.5	86.0	84.9	81.5
2回目	101.1	92.6	83.9	84.7	84.1	80.4
3回目	100.8	90.3	84.1	84.6	82.7	79.6
4回目	100.9	91.9	84.0	84.3	82.7	79.7
5回目	100.4	91.8	84.2	84.2	82.6	79.6

0						(認識の有無)
男性1 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性1 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	×	×	×	×
2回目	○	○	×	×	×	×
3回目	○	○	×	×	×	×
4回目	○	○	×	×	×	×
5回目	○	○	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性1 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	○	×	×
2回目	○	○	○	○	×	×
3回目	○	○	○	○	×	×
4回目	○	○	○	○	×	×
5回目	○	○	○	○	×	×

						(単位: db)
男性1 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.2	68.6	63.2	59.2	59.7	57.5
2回目	80.2	68.8	64.9	59.7	67.8	57.3
3回目	80.2	68.6	65.6	59.9	57.2	57.7
4回目	80.1	68.9	65.7	59.5	58.3	58.3
5回目	80.1	68.9	63.5	59.8	58.1	57.5
						(単位: db)
男性1 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	93.4	78.2	74.1	71.0	68.7	67.8
2回目	90.9	78.6	73.8	71.2	68.5	66.6
3回目	93.6	78.5	73.9	71.1	68.6	68.0
4回目	90.8	78.6	73.8	71.0	68.4	67.9
5回目	90.9	78.4	73.8	71.2	68.5	67.6
						(単位: db)
男性1 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	101.3	91.9	84.6	83.6	81.7	78.7
2回目	100.2	92.1	83.4	82.4	80.9	78.0
3回目	99.8	92.0	83.0	81.4	80.5	77.8
4回目	99.7	92.2	82.8	81.4	80.4	77.9
5回目	99.7	92.0	82.7	81.5	80.1	77.7

						(認識の有無)
男性1 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性1 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性1 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	×	×	×
2回目	○	○	○	×	×	×
3回目	○	○	○	×	×	×
4回目	○	○	○	×	×	×
5回目	○	○	○	×	×	×

						(単位:db)
男性2 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	81.2	68.1	65.0	62.3	64.8	64.2
2回目	81.1	68.0	66.2	63.5	64.8	61.6
3回目	81.2	68.3	65.6	66.1	65.5	61.8
4回目	81.2	68.2	66.5	65.6	64.7	61.7
5回目	81.2	68.2	65.0	65.2	64.8	61.8
						(単位:db)
男性2 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	90.9	75.8	72.3	71.5	70.0	70.0
2回目	90.8	77.5	73.9	71.2	70.6	69.4
3回目	90.8	77.4	73.8	70.9	70.3	70.5
4回目	90.7	77.4	71.9	70.9	70.5	70.5
5回目	90.7	75.8	71.9	70.9	70.5	70.9
						(単位:db)
男性2 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	100.6	90.5	84.4	81.9	82.2	80.9
2回目	99.6	85.0	83.7	81.9	81.1	80.9
3回目	99.4	85.6	83.5	81.5	81.2	79.7
4回目	99.3	85.8	82.9	81.6	81.2	79.7
5回目	99.5	85.6	82.9	81.3	81.2	79.4

						(認識の有無)
男性2 80db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性2 90db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	×	×	×
2回目	○	○	○	×	×	×
3回目	○	○	○	×	×	×
4回目	○	○	○	×	×	×
5回目	○	○	○	×	×	×
						(認識の有無)
男性2 100db 赤	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	○	×	×
2回目	○	○	○	○	×	×
3回目	○	○	○	○	×	×
4回目	○	○	○	○	×	×
5回目	○	○	○	○	×	×

						(単位: db)
男性2 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	81.5	68.2	66.4	64.2	62.0	60.5
2回目	81.6	68.5	64.3	61.6	62.3	62.4
3回目	81.5	68.1	65.0	62.3	61.2	60.8
4回目	80.2	68.3	64.6	61.3	61.9	61.5
5回目	81.6	68.1	64.6	61.7	62.3	61.8
						(単位: db)
男性2 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	92.0	78.5	73.8	72.6	72.3	70.2
2回目	92.0	78.5	74.0	70.8	71.7	71.1
3回目	91.1	78.5	73.9	71.0	72.4	71.3
4回目	93.6	78.4	74.0	71.1	71.7	71.3
5回目	91.1	78.4	74.0	71.0	72.2	70.0
						(単位: db)
男性2 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	101.9	96.0	89.0	86.0	83.6	80.4
2回目	101.8	92.3	89.2	84.0	82.4	79.0
3回目	101.5	91.8	85.1	83.9	82.4	79.2
4回目	101.9	93.5	89.6	83.7	82.1	79.1
5回目	101.8	92.5	88.2	83.6	82.0	79.2

						(認識の有無)
男性2 80db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性2 90db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	×	×	×
2回目	○	○	×	×	×	×
3回目	○	○	×	×	×	×
4回目	○	○	×	×	×	×
5回目	○	○	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性2 100db チャンネルダウン	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	×	×	×
2回目	○	○	○	×	×	×
3回目	○	○	○	×	×	×
4回目	○	○	○	×	×	×
5回目	○	○	○	×	×	×

						(単位: db)
男性2 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	80.0	70.7	67.2	62.6	62.5	61.2
2回目	80.2	70.7	66.8	63.1	62.8	61.8
3回目	80.2	70.8	67.0	62.7	62.6	61.0
4回目	80.1	70.7	65.2	63.3	63.2	62.2
5回目	80.2	70.8	66.8	62.8	62.5	61.2
						(単位: db)
男性2 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	91.9	75.5	74.3	68.1	72.1	70.5
2回目	90.8	78.8	74.2	67.0	71.5	69.9
3回目	90.7	75.5	72.6	71.5	71.5	69.7
4回目	90.6	79.0	74.2	71.4	72.2	69.8
5回目	90.8	75.6	72.5	71.7	72.1	70.0
						(単位: db)
男性2 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	101.6	93.8	88.6	85.0	81.8	79.8
2回目	101.0	91.9	86.3	84.8	81.1	78.4
3回目	100.7	90.9	85.6	83.0	78.9	78.6
4回目	100.2	90.9	85.8	83.1	79.4	78.4
5回目	100.0	90.5	85.5	83.0	80.0	80.0

						(認識の有無)
男性2 80db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性2 90db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	×	×	×	×	×
2回目	○	×	×	×	×	×
3回目	○	×	×	×	×	×
4回目	○	×	×	×	×	×
5回目	○	×	×	×	×	×
						(認識の有無)
男性2 100db 11	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
1回目	○	○	○	×	×	×
2回目	○	○	○	×	×	×
3回目	○	○	○	×	×	×
4回目	○	○	○	×	×	×
5回目	○	○	○	×	×	×

第3章 3.3.4 作成したモーションプログラム

[B] 問題用モーション

```
{ // 2 ペンギン
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 105, 90, 115, 255, 251, 0, 5}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 65, 90, 75, 255, 251, 0, 5}, // 下
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 105, 90, 115, 255, 251, 0, 5}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 65, 90, 75, 255, 251, 0, 5}, // 下
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 105, 90, 115, 255, 251, 0, 5}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 65, 90, 75, 255, 251, 0, 5}, // 下
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 105, 90, 115, 255, 251, 0, 5}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 65, 90, 75, 255, 251, 0, 5}, // 下
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 20}, //
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 105, 90, 115, 255, 251, 0, 5}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 65, 90, 75, 255, 251, 0, 5}, // 下
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 105, 90, 115, 255, 251, 0, 5}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 65, 90, 75, 255, 251, 0, 5}, // 下
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 105, 90, 115, 255, 251, 0, 5}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 65, 90, 75, 255, 251, 0, 5}, // 下
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 105, 90, 115, 255, 251, 0, 5}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 65, 90, 75, 255, 251, 0, 5}, // 下
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
},
```

```
{ // 3 鳥
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 下
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 下
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 20}, //
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 下
{ 45, 90, 0, 40, 110, 180, 140, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 上
{135, 90, 0, 130, 110, 180, 50, 70, 90, 90, 90, 90, 143, 195, 31, 10}, // 下
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
},
```

```
{ // 4 太鼓たたき
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
{130, 90, 0, 130, 50, 0, 50, 130, 90, 65, 90, 75, 0, 153, 68, 10}, //
{ 45, 90, 180, 130, 50, 180, 50, 130, 90, 105, 90, 115, 0, 153, 68, 10}, //
{135, 90, 0, 130, 50, 0, 50, 130, 90, 65, 90, 75, 0, 153, 68, 10}, //
{ 45, 90, 180, 130, 50, 180, 50, 130, 90, 105, 90, 115, 0, 153, 68, 10}, //
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 20}, //
{135, 90, 0, 130, 50, 0, 50, 130, 90, 65, 90, 75, 0, 153, 68, 10}, //
{ 45, 90, 180, 130, 50, 180, 50, 130, 90, 105, 90, 115, 0, 153, 68, 10}, //
{135, 90, 0, 130, 50, 0, 50, 130, 90, 65, 90, 75, 0, 153, 68, 10}, //
{ 45, 90, 180, 130, 50, 180, 50, 130, 90, 105, 90, 115, 0, 153, 68, 10}, //
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
},
```

```
{ // 5 ボクシング
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
{135, 45, 90, 130, 70, 90, 50, 110, 135, 120, 45, 90, 0, 158, 150, 10}, // 右足引き
{135, 45, 90, 70, 50, 90, 50, 130, 135, 120, 45, 90, 0, 158, 150, 15}, // 右手構え
{ 90, 135, 90, 130, 50, 135, 80, 130, 135, 120, 45, 90, 0, 158, 150, 15}, // 右パンチ
{ 45, 135, 90, 130, 50, 45, 110, 130, 135, 120, 45, 90, 0, 158, 150, 15}, // 左手構え
{135, 45, 45, 100, 50, 90, 50, 130, 90, 120, 45, 90, 0, 158, 150, 15}, // 左パンチ
{135, 45, 135, 70, 50, 90, 50, 130, 135, 120, 45, 90, 0, 158, 150, 15}, // 右手構え
{ 90, 135, 90, 130, 50, 135, 80, 130, 135, 120, 45, 90, 0, 158, 150, 15}, // 右パンチ
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
},
```

```

{ // 6 空手の技
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
{120, 30, 180, 130, 90, 90, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{120, 30, 180, 130, 90, 90, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{ 0, 180, 180, 40, 90, 90, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{ 0, 180, 180, 40, 90, 90, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{ 30, 150, 90, 130, 90, 0, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{ 30, 150, 90, 130, 90, 0, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{180, 0, 90, 130, 90, 0, 140, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{180, 0, 90, 130, 90, 0, 140, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 20}, //
{120, 30, 180, 130, 90, 90, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{120, 30, 180, 130, 90, 90, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{ 0, 180, 180, 40, 90, 90, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{ 0, 180, 180, 40, 90, 90, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{ 30, 150, 90, 130, 90, 0, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{ 30, 150, 90, 130, 90, 0, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{180, 0, 90, 130, 90, 0, 140, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{180, 0, 90, 130, 90, 0, 140, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 160, 233, 5},
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
},

```

```

{ // 7 モンキーダンス
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
{ 90, 110, 120, 130, 90, 120, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 150, 60, 130, 90, 60, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 110, 120, 130, 90, 120, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 70, 60, 130, 90, 60, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 30, 120, 130, 90, 120, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 70, 60, 130, 90, 60, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 110, 120, 130, 90, 120, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 150, 60, 130, 90, 60, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 20}, //
{ 90, 110, 120, 130, 90, 120, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 150, 60, 130, 90, 60, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 110, 120, 130, 90, 120, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 70, 60, 130, 90, 60, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 30, 120, 130, 90, 120, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 70, 60, 130, 90, 60, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 110, 120, 130, 90, 120, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 150, 60, 130, 90, 60, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 5},
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
},

```

```
{ // 8 応援団
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
{ 90, 90, 180, 40, 90, 180, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 20},
{ 90, 90, 180, 40, 90, 0, 140, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 20},
{ 90, 90, 180, 130, 90, 0, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 10},
{ 90, 90, 90, 40, 90, 90, 140, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 10},
{ 90, 90, 180, 130, 90, 0, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 10},
{ 90, 90, 90, 130, 90, 90, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 10},
{ 90, 90, 180, 130, 90, 0, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 10},
{ 90, 90, 90, 40, 90, 90, 140, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 10},
{ 90, 90, 180, 130, 90, 0, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 10},
{ 90, 90, 90, 130, 90, 90, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 10},
{ 90, 90, 180, 130, 90, 0, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 10},
{ 90, 90, 90, 40, 90, 90, 140, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 10},
{ 90, 90, 180, 130, 90, 0, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 10},
{ 90, 90, 90, 130, 90, 90, 50, 90, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 10},
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 20},
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 29, 32, 136, 20},
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 0, 104, 183, 10}, //
},
```

```
{ // 9 歌う
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 146, 7, 131, 10}, //
{ 90, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 146, 7, 131, 20}, //
{ 90, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 146, 7, 131, 10},
{ 90, 45, 95, 130, 70, 180, 100, 70, 90, 90, 90, 90, 146, 7, 131, 10}, //
{ 90, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 146, 7, 131, 10}, //
{ 90, 135, 95, 130, 70, 180, 100, 70, 90, 90, 90, 90, 146, 7, 131, 10}, //
{ 90, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 146, 7, 131, 10}, //
{ 90, 45, 95, 130, 70, 180, 100, 70, 90, 90, 90, 90, 146, 7, 131, 10}, //
{ 90, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 146, 7, 131, 10}, //
{ 90, 135, 95, 130, 70, 180, 100, 70, 90, 90, 90, 90, 146, 7, 131, 10}, //
{ 90, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 146, 7, 131, 10}, //
{ 90, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 146, 7, 131, 10},
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 146, 7, 131, 10}, //
},
```

```
{ // 10 喫煙
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 10}, //
{ 60, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 20}, //
{ 60, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 10},
{ 60, 90, 95, 130, 70, 90, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 20}, //
{ 60, 90, 95, 130, 70, 90, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 10},
{ 60, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 20}, //
{ 60, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 10},
{ 90, 90, 95, 70, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 5}, //
{ 90, 90, 95, 70, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 5},
{ 60, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 5}, //
{ 60, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 5},
{ 90, 90, 95, 70, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 5}, //
{ 90, 90, 95, 70, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 5},
{ 60, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 5}, //
{ 60, 90, 95, 130, 70, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 5},
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 228, 0, 127, 10}, //
},
```

```
{ // 11 あくび
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10}, //
{ 90, 90, 160, 115, 120, 20, 85, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 20},
{ 90, 90, 160, 115, 120, 20, 85, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 30},
{ 90, 90, 130, 115, 120, 20, 85, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 20}, //
{ 90, 90, 130, 115, 120, 20, 85, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10},
{ 90, 90, 130, 95, 120, 20, 85, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 20}, //
{ 90, 90, 130, 95, 120, 20, 85, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10},
{ 90, 90, 130, 115, 120, 20, 85, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 20}, //
{ 90, 90, 130, 115, 120, 20, 85, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10},
{ 90, 90, 130, 95, 120, 20, 85, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 20}, //
{ 90, 90, 130, 95, 120, 20, 85, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10},
{ 90, 90, 130, 115, 120, 20, 85, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 20}, //
{ 90, 90, 130, 115, 120, 20, 85, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10},
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10} //
},
```

[C] 仕草用モーション

```
{ // 12 こんにちは、Rapiroです！
  { 90, 90, 170, 110, 120, 10, 60, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, // こんにちは
  { 90, 90, 170, 95, 120, 10, 75, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, // Rapiroです！
  { 90, 90, 170, 110, 120, 10, 60, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 3}, //
  { 90, 90, 170, 95, 120, 10, 75, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
  { 90, 90, 170, 110, 120, 10, 60, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 3}, //
  { 90, 90, 170, 110, 120, 10, 60, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
  { 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10}, //
},
```

```
{ // 13 分かった、それじゃ、問題です！
  { 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
  { 90, 90, 0, 100, 120, 180, 70, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, // わかった (直立)
  { 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
  { 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
  { 90, 90, 0, 80, 120, 180, 90, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, // それでは
  { 90, 90, 0, 80, 120, 180, 90, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
  { 90, 90, 0, 80, 120, 180, 90, 70, 90, 115, 90, 140, 229, 0, 79, 5}, // いくよ
  { 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 115, 90, 140, 229, 0, 79, 5}, //
  { 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 115, 90, 140, 229, 0, 79, 5}, //
  { 90, 90, 0, 130, 120, 100, 40, 70, 90, 115, 90, 140, 229, 0, 79, 5}, // 問題！
  { 90, 90, 0, 130, 120, 100, 40, 70, 90, 115, 90, 140, 229, 0, 79, 5},
  { 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
},
```

```
{ // 14 何をしていたでしょうか？ (直立)
  { 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 30}, //
},
```

```
{ // 15 さあ、あっているでしょうか！？
  { 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
  { 90, 90, 100, 130, 120, 80, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10}, //
  { 90, 90, 100, 130, 120, 80, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10}, //
},
```



```
{ // 18 ドラム音、ジャン！
{ 90, 90, 100, 130, 120, 80, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, // ドラムロール
{ 70, 90, 100, 130, 120, 150, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
{ 90, 90, 30, 130, 120, 80, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
{110, 90, 100, 130, 120, 150, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
{ 90, 90, 30, 130, 120, 80, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
{ 90, 90, 140, 130, 120, 40, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, // ジャン！
{ 90, 90, 140, 130, 120, 40, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
},
```

```
{ // 18 残念、不正解。。。
{ 90, 90, 20, 90, 120, 160, 80, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, // ざんねん。。
{ 90, 90, 20, 90, 120, 160, 80, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10}, //
{ 90, 90, 20, 130, 120, 160, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, // 不正解
{ 70, 90, 20, 90, 120, 160, 80, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
{ 90, 90, 20, 130, 120, 160, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
{110, 90, 20, 90, 120, 160, 80, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
{ 90, 90, 20, 130, 120, 160, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
},
```

```
{ // 19 正解は〇〇でした！！
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10}, // 正解は
{ 90, 90, 0, 130, 120, 180, 40, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10}, //
{ 90, 90, 120, 90, 120, 60, 80, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 30}, // 〇〇でした
{ 90, 90, 120, 90, 120, 60, 80, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10}, //
},
```

```
{ // 20 もう一回やる？
{ 90, 90, 120, 90, 120, 180, 70, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10}, // もう一回
{ 90, 90, 120, 90, 120, 180, 70, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
{ 90, 90, 120, 110, 120, 180, 80, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10}, // やる？
{ 90, 90, 120, 110, 120, 180, 80, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10}, //
},
```

```
{ // 21 また遊ぼうね！
{ 90, 90, 170, 90, 120, 180, 70, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 10}, //
{ 90, 90, 170, 120, 120, 180, 70, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
{ 90, 90, 170, 90, 120, 180, 70, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
{ 90, 90, 170, 120, 120, 180, 70, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
{ 90, 90, 170, 90, 120, 180, 70, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
{ 90, 90, 170, 120, 120, 180, 70, 70, 90, 90, 90, 90, 229, 0, 79, 5}, //
},
```

クラウド連携する家庭用ロボットの新機能の開発

指導教員 金丸隆志 准教授

G1-14017 大竹 育実 G1-14019 大森 奈央子 G1-14028 桐生 篤志 G1-14040 高林 拳伍
G1-14041 滝澤 遼 G1-14057 檜垣 百花 G1-14067 町野 和輝 G1-12034 許 宗泰

1. 緒言

今回、株式会社 K 様から提供された「クラウド連携する家庭用ロボットの新たな機能」に取り組むこととなった。

2. 決定案

今回新機能を考案するにあたって、ユーザーに楽しんでもらうユーモラスな要素と便利と感じてもらう実用的な要素を含んだ機能をそれぞれ考えた。2 つの要素を踏まえ、実現させる案は次の 3 つの機能に決定した。ユーモラスな要素を含む機能の案として、ジェスチャーゲーム、便利な要素を含む機能の案として、音声でのリモコン機能とタイマーを使用した音声操作機能である。

3. 決定案の実現

以上の機能を実現するにあたって、今回の研究では 2 足歩行ロボットの Rapiro を使用した。Rapiro の制御には以下の 2 つのマイコンボードを使用した。まず、各部位のサーボモーターを制御するために Arduino の互換性基板を使用する。また、高い処理性能を持ち、インターネットに接続することが可能な Raspberry Pi を合わせて使用する。

3.1 ジェスチャーゲームの実現

ジェスチャーゲームを実現するために図 1 のような流れのプログラムを作成した。まず、Raspberry Pi で Google Speech API を使用し、音声認識を行う。音声認識により、プログラムが起動される。起動されたプログラムは、ランダムに問題を選択する。選択された問題は、シリアル通信で

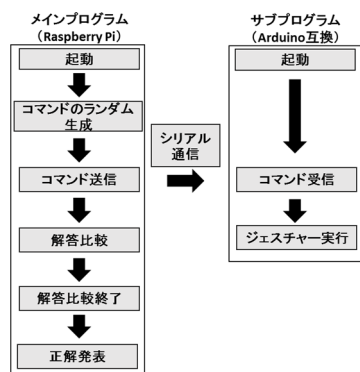


図 1 ゲームのフロー

Arduino へ送られる。Arduino は各部位のサーボモーターを制御することで、選択された問題のジェスチャーを Rapiro に行わせる。さらに、Rapiro のジェスチャーへのユーザーの回答を音声認識し、正解か不正解かを、音声合成によりユーザーへ伝える。

3.2 音声でのリモコン機能の実現

リモコン機能はユーザーがロボットに話しかけることによって家電を操作することを目的とする。今回は赤外線通信を用いて Raspberry Pi と家電との連携を

行う。連携対象である赤外線リモコンを有する家電として、テレビ・LED ライト・ルンバを用いることにした。

この機能を実現するために図 2 のような流れのプログラムを作成した。音声認識した語句と家電操作のための命令が一致すると、その語句と関係づけられた赤外線信号を送信し、家電を操作する。

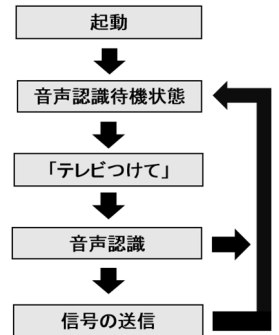


図 2 家電操作のフロー

3.3 タイマーを使用した音声操作機能の実現

最後に、3.2 で作成した機能とタイマー機能を組み合わせて以下の機能を作成した。まず、起床時のアラームと同時にテレビをつけることでユーザーの起床を促す機能である。もう一つは就寝時刻を設定し、設定時刻になると LED ライトが徐々に暗くなり就寝を促す機能である。

これらを実現するために図 3 のようなプログラムを作成した。まず音声認識を使用してプログラム 1 を起動し、機能を使用する時間を設定する。次に、音声認識で得られた設定時刻は、タイマーを主として処理するプログラム 2 に送られ、そこで設定時刻を受け取ると時刻比較を行う。設定時刻になると、指定した機能のプログラム 3 が起動され、音楽再生や赤外線信号の送信が行われる。

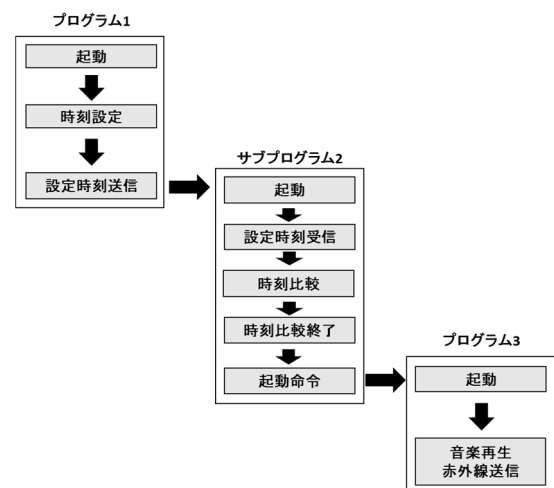


図 3 タイマーを使用した音声操作のフロー

5. 結言

- (1) ジェスチャーゲームを実現できた
- (2) 音声でのリモコン機能を実現できた
- (3) タイマーを使用した音声操作機能を実現できた