

# 音声出力を用いた自律走行型レスキューロボットの開発

コース 基盤科学コース

学籍番号 080540

氏名 西村圭右

指導教員 ルジェロ・ミケレット

Recently, Japanese Robot industry is growing rapidly. Rescue robot, entertainment robot, landmine search robot are active in various fields. Earthquake that occurred in 2011 in East, robot to patrol in the reactor building and debris removal was used; these are robots currently operating worldwide. We suggest here an autonomous robot system that searches and call for survivors in need of help in place where rescue team can't enter.

## 1. 研究背景と目的

日本のレスキューロボットは 1995 年 1 月 17 日の阪神淡路大震災をきっかけに研究が本格化した。最近でも、東日本大震災やトルコ地震、スマトラ沖地震の津波による災害など自然災害が頻繁に起こっている。また、福島やチェルノブイリの原子力発電所事故やニューヨークの世界貿易センタービル破壊テロなど人為的なミスも多く発生している。このような人が活動することが難しい災害現場において、人の代わりにロボットを導入することはこれからますます重要になってくる。そこで、本稿では、人が立ち入りできない場所に小型ロボット e-puck を送り込み、要救助者を探索できるシステムの提案をする。具体的には e-puck は以下の 3 つのことを遂行する。

- ① ロボットの自律走行によりすべてのエリアを探索
  - ② 被災地での要救助者に接近を知らせる音声の出力
  - ③ 要救助者の発する音声の録音・再生
- これらのアルゴリズムを統合し、要救助者の存在の有無を確認できるシステムの開発を提案する。

## 2. 実験方法

本研究では障害物を避けながら進むアルゴリズム開発の第一歩としてまず、e-puck が壁沿いに進むアルゴリズムの実験を行った。

## 3. 実験結果

以下の図は、e-puck の実機実験を行った環境とその移動軌跡を示したものである。

今回開発したアルゴリズムの特性から、通路が狭すぎると左側の壁をうまく検出することができず壁に衝突してしまうことがあった。そのため、さらに多くのセンサーを用いた汎用性の高いアルゴリズムを開発する必要がある。

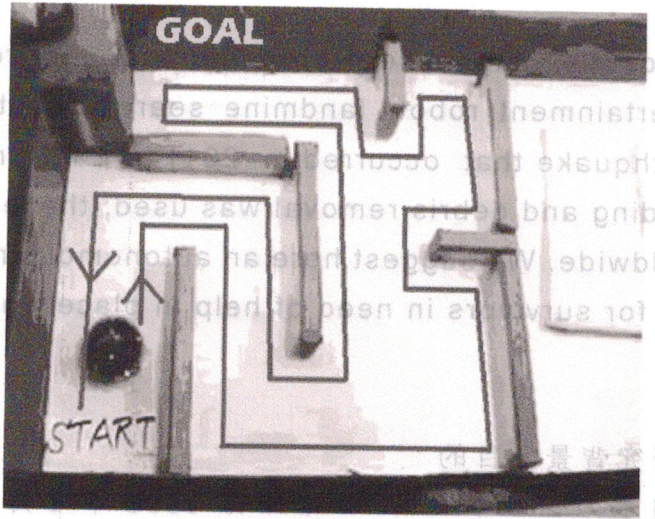


図 3-1 e-puck の移動軌跡

## 4. まとめ

本研究では、人が立ち入ることができない状況で要救助者の探索ができるレスキューロボット開発の第一歩として、壁沿いに進むアルゴリズムを開発することに成功した。しかし、IR センサー感知度が周囲の環境に左右されにくいアルゴリズムや 8 つの IR センサーを駆使し障害物を避けるアルゴリズムの必要性など、汎用性において多くの課題が残る。

また、要救助者を探索するためにはさらにほかの機能も必要になってくる。e-puck の機能を利用したものであれば、カメラで画像や動画を撮影し、その情報を Bluetooth で受信するシステムやマイクで要救助者の発する音声を録音して再生システムが有効であろう。そして、最終的にはロボットが自分で要救助者を発見し、救助活動に携わることが理想である。

今後は実用化に向けそのさまざまな環境に適応でき、ほかの機能を兼ね備えたシステムの開発をする必要がある。

# < 卒業論文 >

目次

はじめに 第1章

2.1.1 ヲノクニノシテ

## 音声出力を用いた自律走行型レスキューロボットの開発

2.3 IRセンサーの仕組み

2.4 音声を用いた自律走行型レスキューロボットの開発

2.5 結果と考察

3.1 音声を用いた自律走行型レスキューロボットの開発

3.1.1 結果と考察

3.1.1.1 結果と考察

3.1.1.2 結果と考察

3.1.1.3 結果と考察

おわりに 第2章

参考文献

横浜市立大学 国際総合科学部 国際総合学科

基盤科学コース ミケレット研究室 080540 西村圭右 執筆

第1章 はじめに

第2章 e-puck の仕組み

2.1 マイクロコントローラ

2.2 走行機構

2.3 IR センサーの仕組み

2.4 接近を知らせる音声出力と音声の記録・再生システム

2.5 組み込みの手順

第3章 要救助者を探索するシステムの開発

3.1 壁沿いに進むアルゴリズムの実験

3.1.1 実験方法

3.1.2 結果

3.1.3 考察

第4章 まとめ

参考文献

謝辞

日本のレスキューロボットは1995年1月17日の阪神淡路大震災をきっかけに研究が本格化した。最近でも、東日本大震災やトルコ地震、スマトラ沖地震の津波による災害など自然災害が頻繁に起こっている。また、福島やチェルノブイリの原子力発電所事故など人為的なミスも多く発生している。このような人が活動することが難しい災害現場において、人の代わりにロボットを導入することはこれからますます重要になってくると思われる。さらに、地雷探査ロボットやエンターテインメントなどさまざまなロボットが開発され、今やロボットは我々の生活になくてはならない存在となってきている。

日本のレスキューロボットの開発における主要なテーマは阪神淡路大震災における主な人的被害の原因であった建物倒壊であり、人命救助のための情報収集や瓦礫の除去などに集中して研究開発が行われた。特に安全・迅速・正確に任務を遂行する情報収集のためのレスキューロボットの開発が積極的にすすめられており、それらの開発においては、以下の3つの点が重視された。

- 1) 危険な仕事を救助隊員に代わって行い、隊員の二次被害を防止すること。
- 2) 人間では不可能な仕事を遂行すること。
- 3) 迅速で確実な仕事を支援すること。

このような背景を踏まえ、本稿では、人命救助の一助として、教育用小型ロボットのe-puck<sup>1</sup>を用いた、人が立ち入りできない場所での要救助者の探索可能なシステムの手法を提案する。例えば、地震などの災害が発生し、人が入れないような多くの瓦礫が散乱している現場で救助活動を行うのは困難を極める。そこで、本実験

---

<sup>1</sup> e-puck: <http://www.e-puck.org>

では、人が入れない場所において小型ロボットを送り込み、以下の3つのことを遂行する。

1. ロボットの自律走行によりすべてのエリアを探ることができる
2. 被災地での要救助者に接近を知らせる音声の出力
3. 要救助者の発する音声の録音・再生

これらのアルゴリズムを統合し、要救助者の存在の有無を確認できるシステムの開発を提案する。

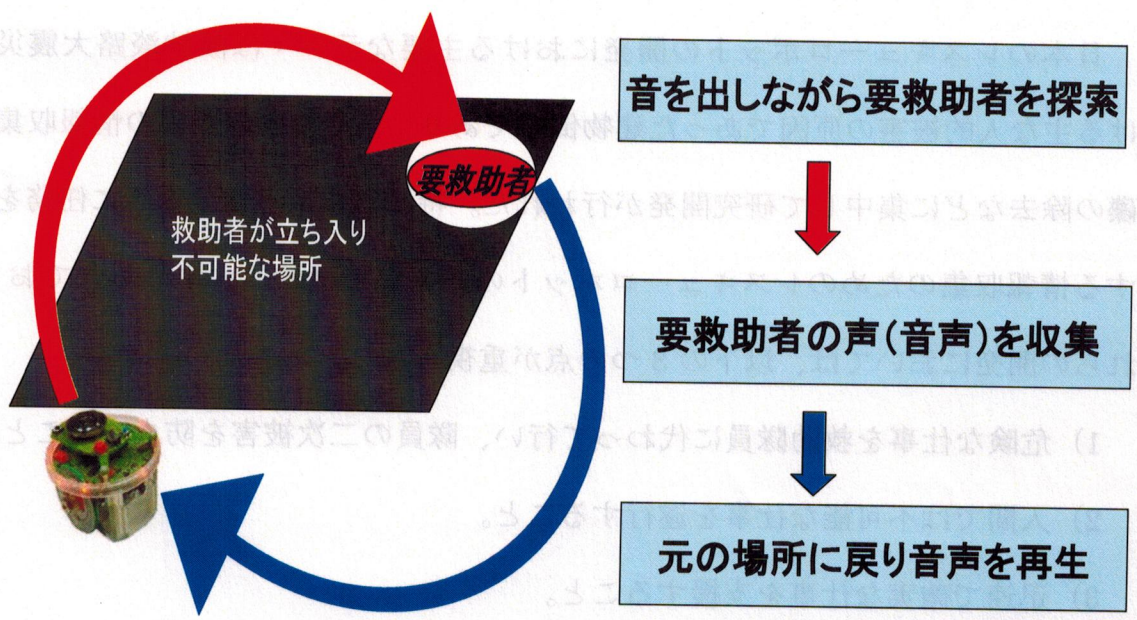


図 1-1 実現予想図

## 第2章 e-puck の仕組み

e-puck はスイス連邦工科大学ローザンヌ校の自律システム研究所、郡知能システム研究グループ、知能システム研究所の共同プロジェクトとして開発された机上自律走行ロボットである。

小型化と柔軟性を重視してデザインされ、このような小さい機械の中でも複雑なシステムが詰め込まれている。大量生産型であり、また、安価な部品を使用しているためコストは非常に低い。ほかのロボットと比較し、学生も扱いやすく教育用に最適である。

e-puck の主な機能としては以下のものがある。

- ・ 音声や視覚、物体との距離、重量などを感知できる多様なセンサー
- ・ 10[Hz]から 10[MHz]の異なる帯域幅をもつ入力デバイス
- ・ 環境に応じてさまざまな行動ができる作動装置
- ・ 有線でも無線でも通信が可能
- ・ 一般的な目的で使われるプロセッサと DSP の 2 種類のプロセッサ搭載



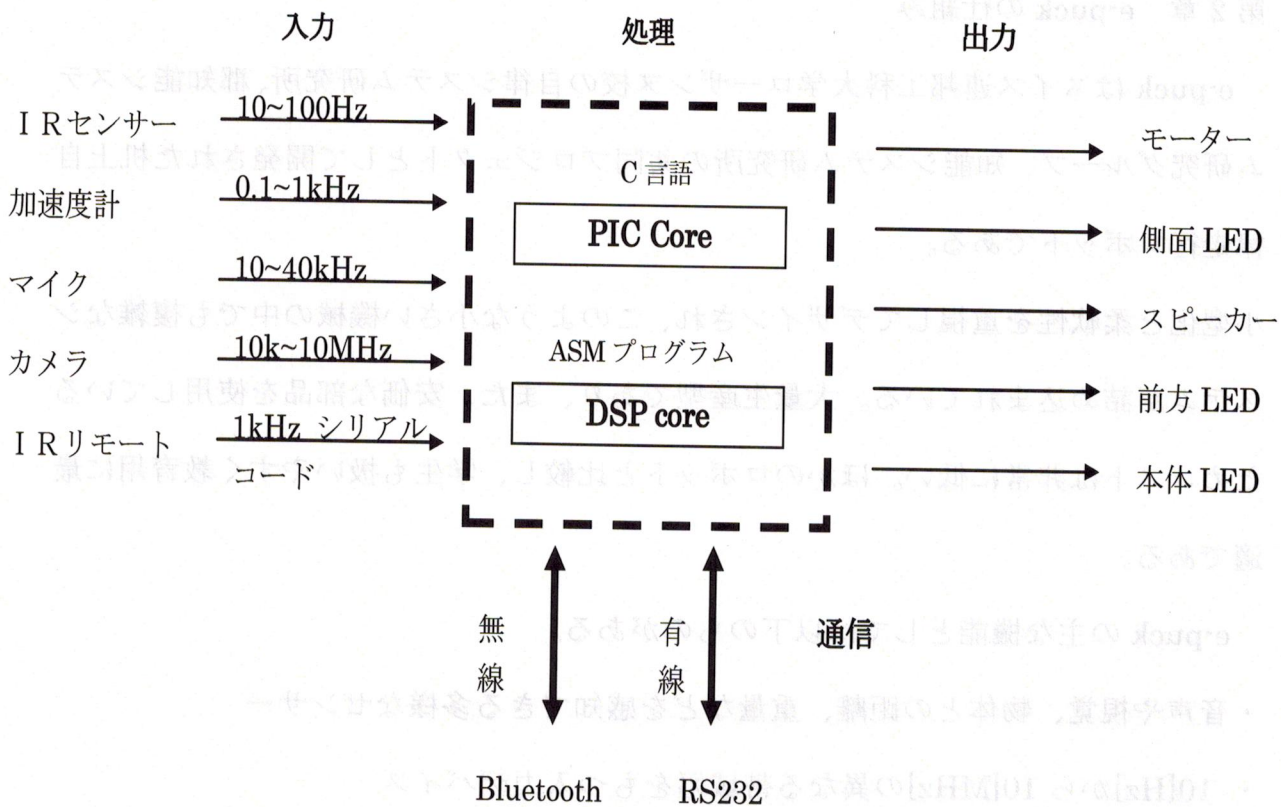


図 2-2 e-puck の信号処理の流れ

## 2.1 マイクロコントローラー

e-puck の電子回路構造はマイクロチップ dsPIC マイクロコントローラーを中心に構築されている。このマイクロコントローラーは 16 個のレジスタファイルを入力可能な 16 ビットのプロセッサとデジタルシグナルプロセッサ (DSP) が組み込んであるため、教育用として自由自在にコンパイルすることができる。この CPU は 64MHz で作動し、処理力は最大 16MIP である。このプロセッサは GCC C コンパイラーの複合版によって支えられている。また、e-puck はプログラムを格納するフラッシュメモリを持っており、電源が入ったままでプログラムを書き換えることが可能である。



## 2.2 走行機構

e-puck は左右二つのステッピングモーターで走行する。ステッピングモーターはパルスを入力すると決まった角度で動く電気モーターである。パルスの数でモーターの回転角度が変わり、パルスを入力する周期で回転速度を変えることができる。左右二つのモーターの動作速度を変えることで旋回もできる。ステッピングモーターへ入力するパルスはマイクロコントローラーから出力 (Mortar) されモーターのドライバ回路で増幅され、ステッピングモーターへ入力する。

コントローラーからの出力パルスは関数で提供されており、速度を指定すると、指定速度に応じたパルスが出力されるように、ヘッダファイルとライブラリで定義されている。

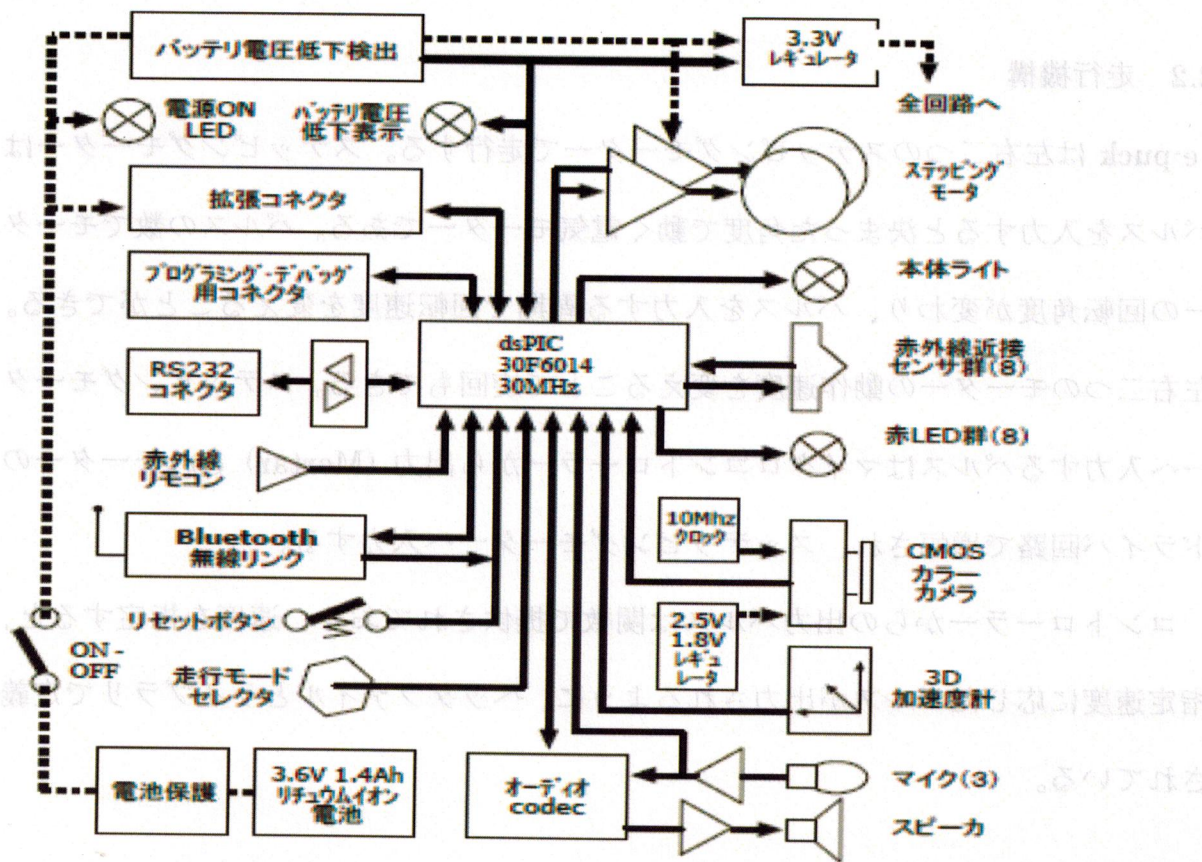


図 2-3 e-puck のシステムブロック図

### 2.3 IR センサーについて

e-puck の周辺には全部で 8 つの IR センサーが搭載されている。IR センサーは均等ではなく、ロボットの前面にはより多いセンサーが配置されている。各センサーは 3~4 センチ有効の赤外線近接センサーおよび光センサーの機能をもっており、物体までの距離と光の強さを感知することができる。

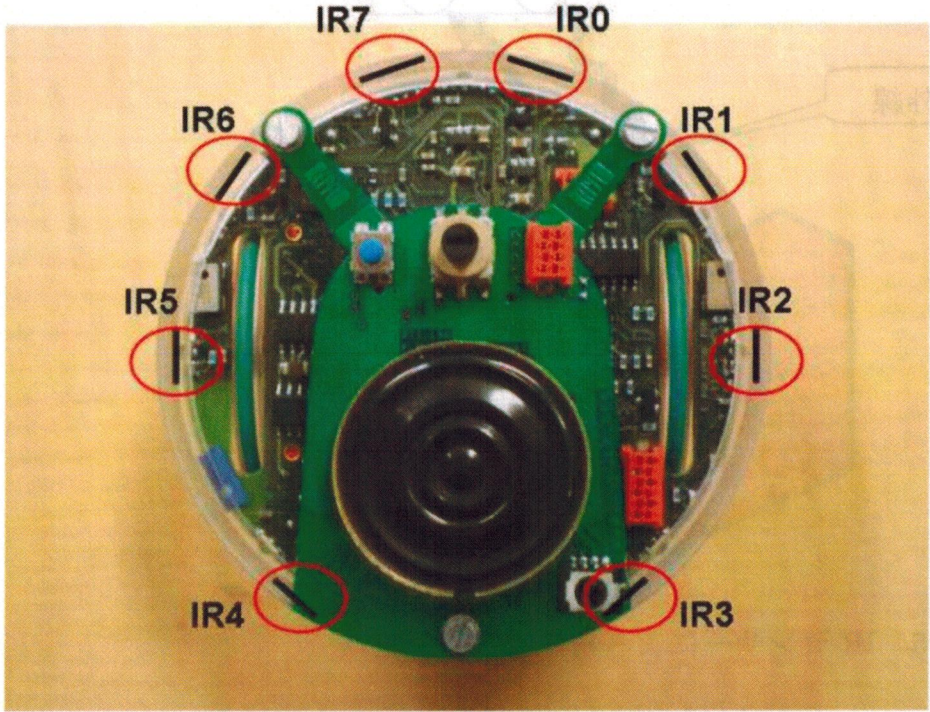


図 2-4 e-puck における IR センサーの位置 (上から見た図)

IR センサーは赤外線を発射し、物体反射してきた赤外線を受光する。時間で距離を算出している。

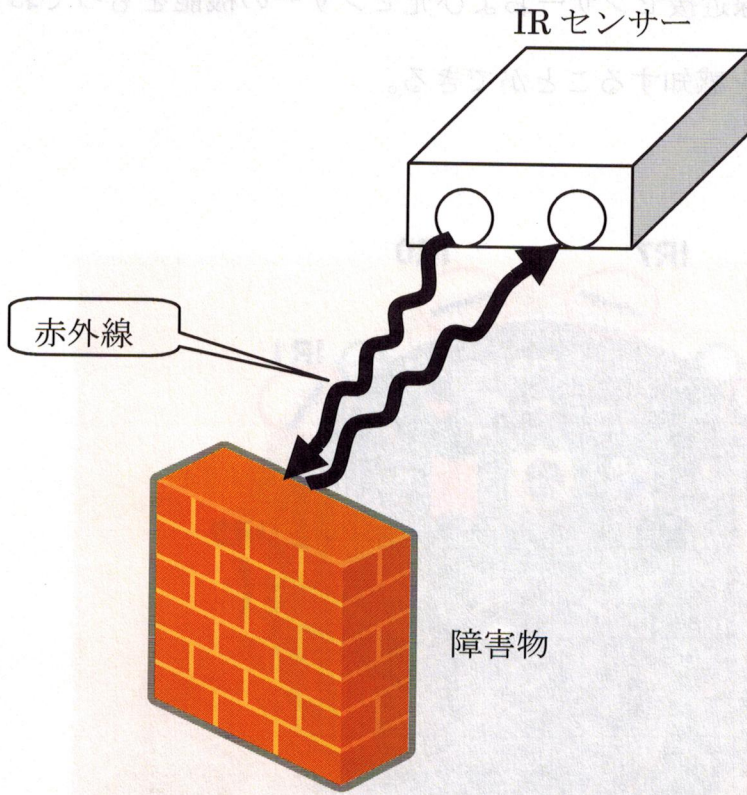


図 2-5 IR センサーによる物体感知の仕組み

## 2.4 接近を知らせる音声出力と音声の記録・再生システム

以下の図と図はそれぞれ音声出力と音声録音・再生のファンクションである。これを壁沿いに進むアルゴリズムと合わせ、接近を知らせる音声を出力し、収集した音声を録音・再生システムの開発を目指す。

```
void e_play_sound(int sound_nbr, int sound_length)
{
    __asm__ volatile ("setm    _e_dci_unavailable"); // set DCI as used
    __asm__ volatile ("clr    _e_stop_flag");

    e_sub_dci_kickoff(sound_nbr, sound_length);
}
```

図 2-6 音声出力のファンクション

```
for (i=0; i<3; i++) // for all three mics
{
    for (k = 0; k < MIC_SAMP_NB; k++) // for the whole signal
    {
        e_mic_scan[i][k] -= mean[i]; // shift the signal down to around 0
        if (e_mic_scan[i][k] < 0) // take the absolute value
            e_mic_scan[i][k] = -e_mic_scan[i][k]; // --> gives better values in the cross-correlat
    }
}
```

図 2-7 音声録音・再生のファンクション

## 2.5 組み込みの手順

e-puckはMPLAB<sup>2</sup>を用いてプログラムを組み込む。用いる言語は主にアセンブラ言語あるいはC言語である。

C言語のプログラムは複数のCプログラムファイルやヘッダファイル、ライブラリファイルを組み合わせてマイクロコントローラーに書き込んでひとつのプログラムに仕上げる。MPLABはプログラムを作成するために必要な複数のファイルを管理や、コンパイルのパソコンプログラムを実行するなどの重要なソフトウェアである。

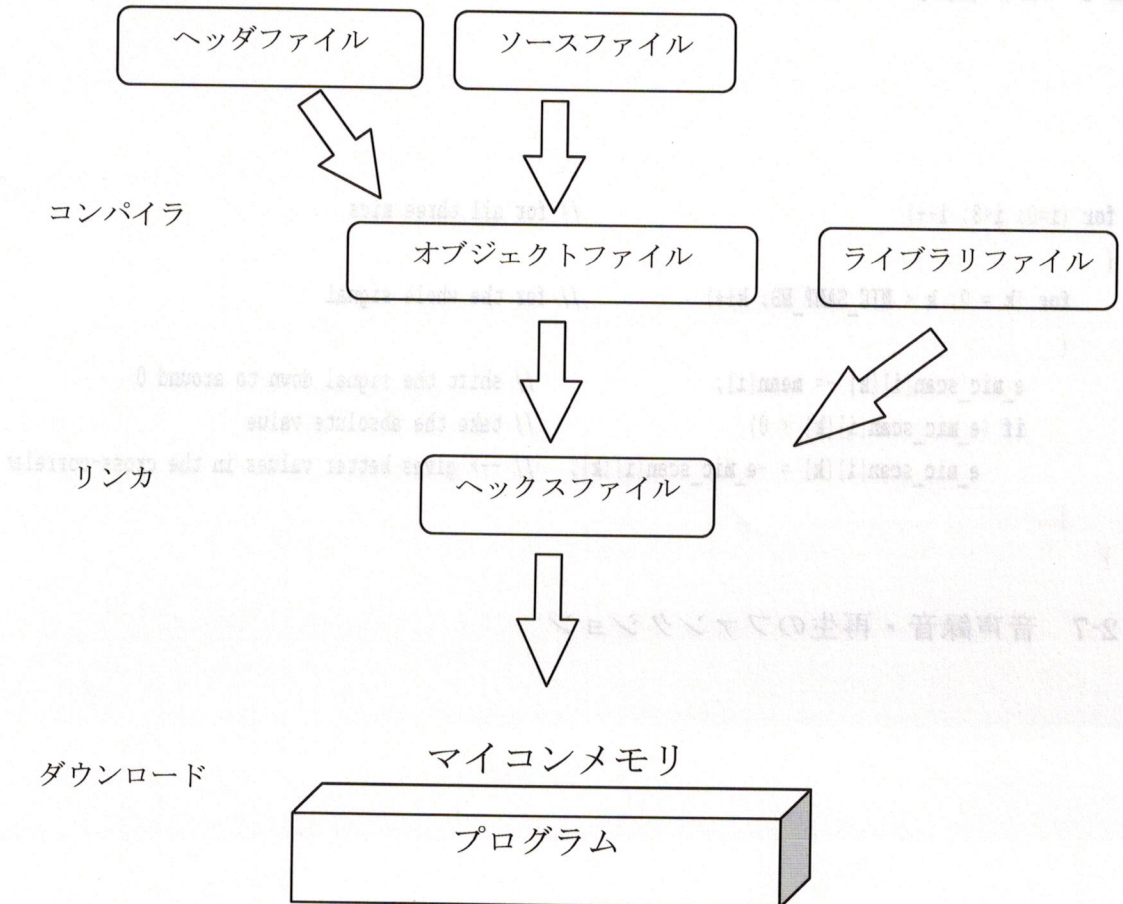


図 2-8- プログラムからダウンロードまで

<sup>2</sup> MPLAB: <http://www.microchip.com>

### 3.1 壁沿いに進むアルゴリズムの実験

#### 3.1.1 実験方法

瓦礫があるところを進むためには障害物を避け、進んでいかなければならない。本研究では障害物を避けながら進むアルゴリズム開発の第一歩としてまず、e-puckが壁沿いに進みなおかつ、障害物を避けるアルゴリズムの実験を行った。図に実機実験を行った迷路をのせる。まず、障害物のある迷路のような環境を作成し、その環境で壁沿いに進むことができるアルゴリズムを研究した。



図 3-1 実験環境

(1) 使用したセンサー数

今回の実験で提案したアルゴリズムは前方・右斜め前・右真横の3つのセンサーを用いた。次の図は、今回の実験のプログラムをフローチャートにしたものである。

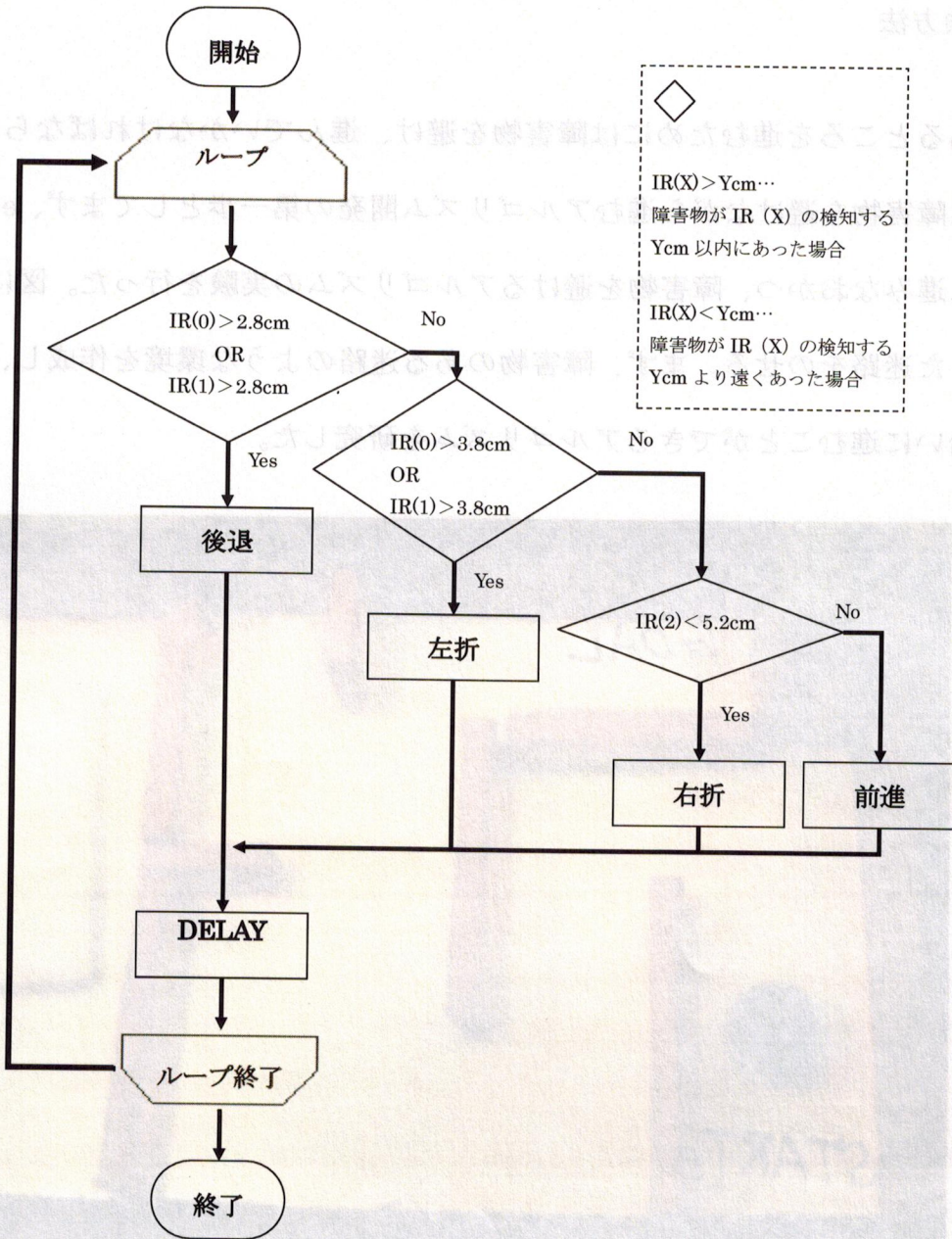


図 3-2 図 3-3 のプログラムのフローチャート



この実験に用いたプログラムを以下の図に示す。

```
C:\...\follow_0922_1448_1c.c*

#include "p30f6014A.h"
#include "e_epuck_ports.h"
#include "e_init_port.h"
#include "e_ad_conv.h"
#include "e_prox.h"
#include "e_motors.h"

#define DELAY 50000

int main()
{
    long timer = 0;

    //system initialization
    e_init_port();           // configure port pins
    e_init_ad_scan(ALL_ADC); // configure Analog-to-Digital Converter Module

    while (1)
    {
        A if ((e_get_prox(0)>100)||e_get_prox(1)>100)) //前か右斜めのセンサーが100より近い場合
        {
            e_set_speed_left(-200); //後退
            e_set_speed_right(-200);
        }
        else
        {
            B if ((e_get_prox(0)>80)||e_get_prox(1)>80)) //前か右斜めのセンサーが80より近い場合
            {
                e_set_speed_left(-100); //左折
                e_set_speed_right(300);
            }
            else
            {
                C if(e_get_prox(2)<50) //真横のセンサーが50より近い場合
                {
                    e_set_speed_left(300); //右折
                    e_set_speed_right(100);
                }
                else
                {
                    e_set_speed_left(300); //直進
                    e_set_speed_right(300);
                }
            }
        }

        //wait a little to let the robot move
        for(timer = 0; timer < DELAY; timer++);
    }
}
```

図 3-3 プログラム

## A

- IR センサー (0) もしくは (1) が 2.8cm 以内に物体を検出した場合  
→後退
- それ以外の場合  
→B へ

## B

- IR センサー (0) もしくは (1) が 3.8cm 以内に物体を検出した場合  
→左折
- それ以外の場合  
→C へ

## C

- IR センサー (2) が 5.2cm 以内に物体を検出しなかった場合  
→右折
- それ以外の場合  
→直進

### 3.1.2 実験結果

以下の図は、e-puck の移動軌跡を示したものである。

今回開発したアルゴリズムの特性から、通路が狭すぎると左側の壁をうまく検出することができず壁に衝突してしまうことがあった。そのため、さらに多くのセンサーを用いた汎用性の高いアルゴリズムを開発する必要がある。



図 3-4 e-puck の移動軌跡

### 3.1.3 考察

実験結果より、軌跡 1 (図) では実験開始直後にある右側の壁に沿って進んだのは問題なかったが、U ターンした直後、今度は右側の壁を検出しなくなってしまいこのような軌跡をたどってしまった。軌跡 2 (図) と比較した結果最初の壁を曲がった後図 4-4 の C の動作ができず、左側の壁に衝突してしまった。その原因として、前方から右真横までの  $90^\circ$  しか検出できない 3 つの IR センサーのみを使用したアルゴリズムであったことが考えられる。そのため、ロボットの周囲  $360^\circ$  検出ができるよう、8 つすべての IR センサーを駆使した障害物を避けるアルゴリズムを開発する必要がある。

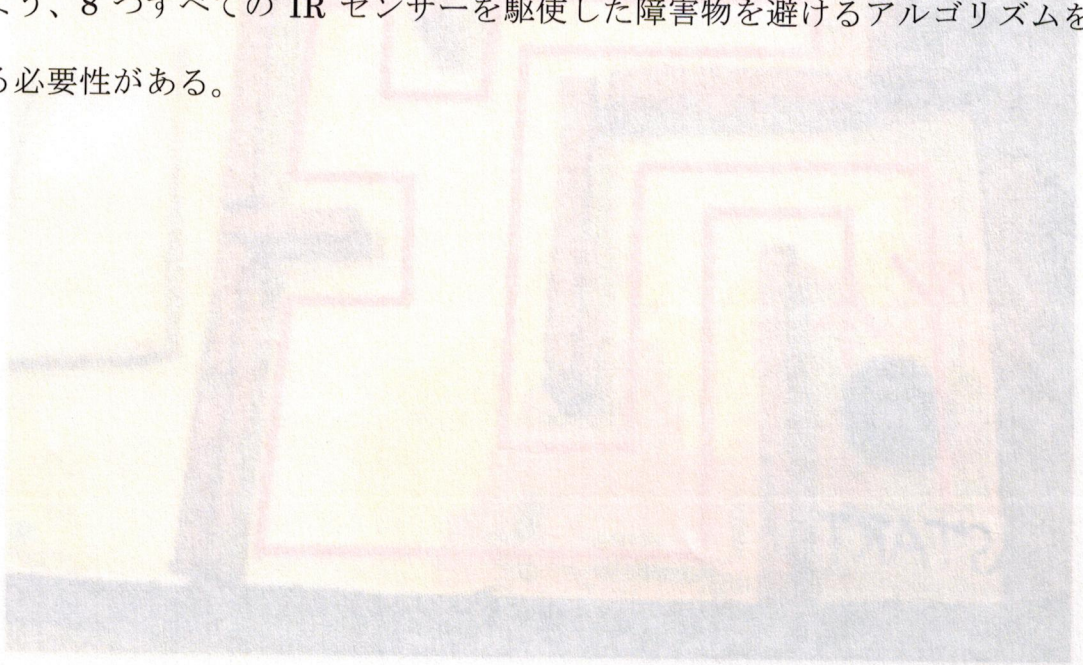


図 3-4 e-buck の移動軌跡

本研究では、人が立ち入ることができない状況で要救助者の探索ができるレスキューロボット開発の第一歩として、壁沿いに進むアルゴリズムを開発することに成功した。しかし、IR センサー感知度が周囲の環境に左右されにくいアルゴリズムや8つのIR センサーを駆使し障害物を避けるアルゴリズムの必要性など、汎用性において多くの課題が残る。

また、要救助者を探索するためにはさらにほかの機能も必要になってくる。e-puck の機能を利用したものであれば、カメラで画像や動画を撮影し、その情報をBluetooth で受信するシステムやマイクで要救助者の発する音声を録音して再生システムが有効であろう、そして、最終的にはロボットが自分で要救助者を発見し、救助活動に携われることが理想である。

今後は実用化に向けそのさまざまな環境に適応でき、ほかの機能を兼ね備えたシステムの開発をする必要がある。

- [1] アグネ社 「レスキュー用ロボットの現状と将来展望」『金属』 Vol.77 No.5  
P447, 1945
- [2] 浅田稔 「ロボットイノベーション：動き・かたちと思考のサイエンス」  
日経サイエンス p25, 2011
- [3] 浅田稔 「ロボットという思想：脳と知能の謎に挑む / 浅田稔著 (NHK ブックス)」 日本放送出版協会 pp10-25, 2010
- [4] 「物体移動タスクにおける繰り返し予測に基づく行動生成」  
板舛尚樹 本多透 岡夏樹 pp1-4, 2009
- [5] 「The e-puck, a Robot Dsigned for Education in Engineering」  
Francesco Mondada, Michael Bonani, Xavier Raemy, James Pugh,  
Christopher Cianci, Adam Klaptoz, Stephane Magnenat, Jean-Christophe  
Zufferey, Dario Floreano, Alcherio Martinoil pp1-8, 2008
- [6] 「レスキューロボットシステム開発最前線とレスキュー隊員による想定訓練」  
松野文俊 田所 諭 pp2-17, 2007

## 謝辞

本研究を進めるにあたって、指導教員であるルジェロ・ミケレット准教授には、大変なご指導をいただきました。心から感謝いたします。ありがとうございました。