

夜勤の老人ホーム職員支援ロボットの開発

The development of the nursing home staff support robot of night shift

江見 圭司, 小嶋 聡, 沼田 周, 植野 貴裕, 鷲田 晶一, トム 忍足, ネパル・アナンダ,
大西 健吾 (京都情報大学院大学)

Keiji Emi, Satoshi Kojima, Shu Numata, Takahiro Ueno, Akikazu Washida, Tom Oshidari,
Nepal Amanda and Kengo Onishi
(The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics)

Abstract

高齢化社会の到来に伴い老人ホームの勤務者数は不足する。老人ホームでは夜間時間でも特に早朝 3 時から 7 時に廊下で問題が発生しやすい。勤務者は入所者の居室で業務をこなすが、入所者は早起きであるため、勤務者が手薄な廊下をうろつくことになるが、居室との急激な温度差で倒れることが多い。プライバシー保護の観点から監視カメラも設置できないため、長い廊下を巡回するロボットを製作し、この問題の解決に当たることにした。

With the arrival of an aging society, the number of workers for seniors will be insufficient. In a nursing home it is easy to solve even at night time Early in the morning 3 o'clock to 7 o'clock in trouble in the corridor. The worker performs work in the resident's room, but since the residents are early risers, the workers will wander through the corridor which is weak, but they often collapse due to the sudden temperature difference with the room. Since it is not possible to set up surveillance cameras from the viewpoint of privacy protection, we decided to create a robot to circle a long corridor and to solve this problem.

1. はじめに

1.1. 日本の高齢化社会の現状

1.1.1 超高齢社会に突入した日本

日本は現在高齢化社会を迎えている。内閣府の高齢社会白書によると、平成 27 年 (2015 年) に日本の高齢化率 (総人口の内 65 歳以上の高齢者が占める割合) は 26% に達している [1]。これは、日本国民の 4 人に 1 人が 65 歳以上の高齢者という計算になる。

世界保健機構 (WHO) や国連の定義では、高齢化率が 7% を超えた社会を「高齢化社会」、14% を超えた社会を「高齢社会」、21% を超えた社会を「超高齢社会」と定義している [2]。高齢化率が 26% の日本はすでに超高齢社会に突入したことになる。また、図 1.1 のその後の将来推計を見ると、平成 47 年 (2035 年) に高齢化率は 33%、国民の 3 人に 1

人が 65 歳以上になると予想されており、今後ますます超高齢社会が進むと考えられる。

日本の超高齢社会に合わせて、年々一人暮らしの高齢者が増えている。[1] の統計によると平成 27 年の時点で一人暮らしをしている高齢者は男女合わせて 6 千万人にのぼるとされており、今後はさらに増加していくと予想されている [3]。

1.1.2 高齢者の介護

超高齢社会を迎えた日本で問題になるのは、高齢者の介護である。人によって差異があるが、多くの場合、人は年齢を重ねると身体が衰えていき、高齢を迎えると、視力・聴力の悪化、手足が不自由になる、寝たきりになる、認知症を患う等の問題を抱えることが多い。

症状が軽く生活に支障がない場合もあるが、症状

が重い場合は一人で生活できないため、他者に介護してもらわなければならない。この介護者は多くの場合高齢者の家族や親族となる。しかし、高齢者の介護のために介護者が仕事をやめなければならない、介護によるストレスによる介護うつ等、様々な負担が介護者に強いられてしまう。最悪の場合、介護者と高齢者が共倒れになったり、虐待につながってしまうというケースもある[4]。また、一人暮らしの高齢者が増えた結果、家族・親族がいなかったため介護を受けられず、高齢者が一人で孤独死していたというケースも存在している[5]。

1.2. 日本の老人ホーム

1.1.2 項で述べた介護者の負担や高齢者の孤独死を削減・回避する方法として、介護施設を利用するという方法がある。介護施設には様々な種類がある。その1つである老人ホームは、入所高齢者が24時間泊まり込みで暮らし、介護職員に移動や食事、入浴、排せつ等を介護してもらいながら生活する施設である。その老人ホームには以下のような種類[6]がある。

●介護保険施設

- ・特別養護老人ホーム 重介護の人を中心に受け入れ、サービスが手厚く人気が高い。待機者も多く入所条件が厳しい。
- ・介護老人保健施設 症状の安定した高齢者が自宅復帰を目指すためのリハビリ施設。
- ・介護療養型医療施設 長期治療が必要な高齢者のための医療施設。他施設と比べると医師、看護師の数が多く、医療サービスが充実。

●特定施設

- ・介護付き有料老人ホーム 職員から24時間介護を受ける「一般型」、要介護者のみ受け入れる「介護専用型」、自立から要介護まで入所できる「混合型」等がある。
- ・サービス付き高齢者向け住宅 特定施設の指定を受けた住居をはじめとする介護サービスを充実させた住宅。
- ・介護型ケアハウス 特定施設入所者生活介護サービスが利用できる介護付きケアハウス。

●グループホーム

認知症高齢者グループホーム 認知症高齢者が少人数による家庭的環境の中で共同生活するホーム。

老人ホームの他にも、昼間に高齢者が通って様々

なサービスを受ける「デイサービス」や、介護が少なくても済む高齢者が住む「シニア向け住宅」等の施設もある。

これらの介護施設でサービスを受けるには、高齢者が市役所等から要介護・要支援認定を受ける必要がある。この認定は、ケアマネジャーと相談し、高齢者の状態、家族の状態、住んでいる地域等を踏まえ認定される。要介護・要支援の目安については、以下[7]に記載する。要介護・要支援を受けた高齢者は、その区分に合わせて介護サービスを受けることができる。本プロジェクトでは、主に要介護3・4の高齢者が対象になる。

非該当；自立と判断され、介護保険サービスを受けられない状態。

要支援1：基本的な日常生活能力はあるが、身の回りの世話に一部介助が必要。

要支援2：立ち上がりや歩行がやや不安定で、排せつ、入浴等で一部介助が必要。

要介護1：立ち上がりや歩行が不安定。排せつ、入浴等で部分的な介助が必要。

要介護2：立ち上がりや歩行が自力では困難。排せつ、入浴、衣類の着脱等で介助が必要。

要介護3：立ち上がりや歩行が自分ではできない。排せつ、入浴、衣類の着脱等で全体的な介助が必要。認知症高齢者が該当。

要介護4：排せつ、入浴、衣類の着脱等の日常生活に全面的な介助が必要。認知症高齢者が該当。

要介護5：日常生活全般に全体的な介助が必要。問題行動等が見られ、意思の伝達が困難。寝たきり高齢者が該当。

1.3. 夜勤帯の老人ホームの問題点

本プロジェクトは、大槌悠記氏をリーダーとして老人ホームの問題を解決するために、老人ホーム勤務の鷺田晶一なども含めて行ったプロジェクトであり、詳細は大槌氏の課程修了プロジェクトのレポートに譲る[8]。

夜勤帯の老人ホームの問題点を解決することにある。実際に老人ホームで勤務してきた筆者（鷺田晶一）の体験をシステム要件と考えた。その結果、夜勤帯の老人ホームには、

『夜勤帯の特に午前3時～7時は人手が少なく見回りが難しい。廊下で入所者が倒れている等の異常

があっても気付けない。』という問題があることがわかった。

図1は夜勤帯の問題点のイメージ図である。平均的な老人ホームでは、午前・午後には十数人いる介護職員が、夜勤帯は3人しか勤務していないことが多い。その夜勤帯、特に午前3時～7時の間は入所高齢者が居室から出てトイレに行こうとしたり、廊下を徘徊したりする。その際、入所者が急病を患って倒れたりする場合がある。しかし、その時間帯、3人しかいない職員は各居室でオムツ替えなどの仕事に追われ、廊下で起きている異常に気付くことが難しい。老人ホームの現場ではこの問題を解決することが求められている。

1.4. 老人ホームの制約条件

1.3. 節の問題点と共に、老人ホームには以下の制

約条件が存在する。

1.4.1 廊下が広く、すぐ駆けつけられない

多くの入所者が寝泊まりする老人ホームは建物が広い場合が多い。図2は老人ホームの見取り図の例である。この老人ホームの場合は、廊下を1周すると約190mになり、時速4km(≒秒速約1m)で歩くと1周するのに約3分かかる。このように老人ホームの廊下は広い場合が多く、死角も多く、職員は廊下の巡回が大変な上に、異常があった際にすぐに駆けつけることは難しい。

1.4.2 プライバシー保護から室内監視カメラが設置できない

上記のように廊下が広く、見回りができないのであれば、室内監視カメラを設置するという方法もあ



図1 夜勤帯(午前3～7時)に廊下で異常が発生したイメージ図

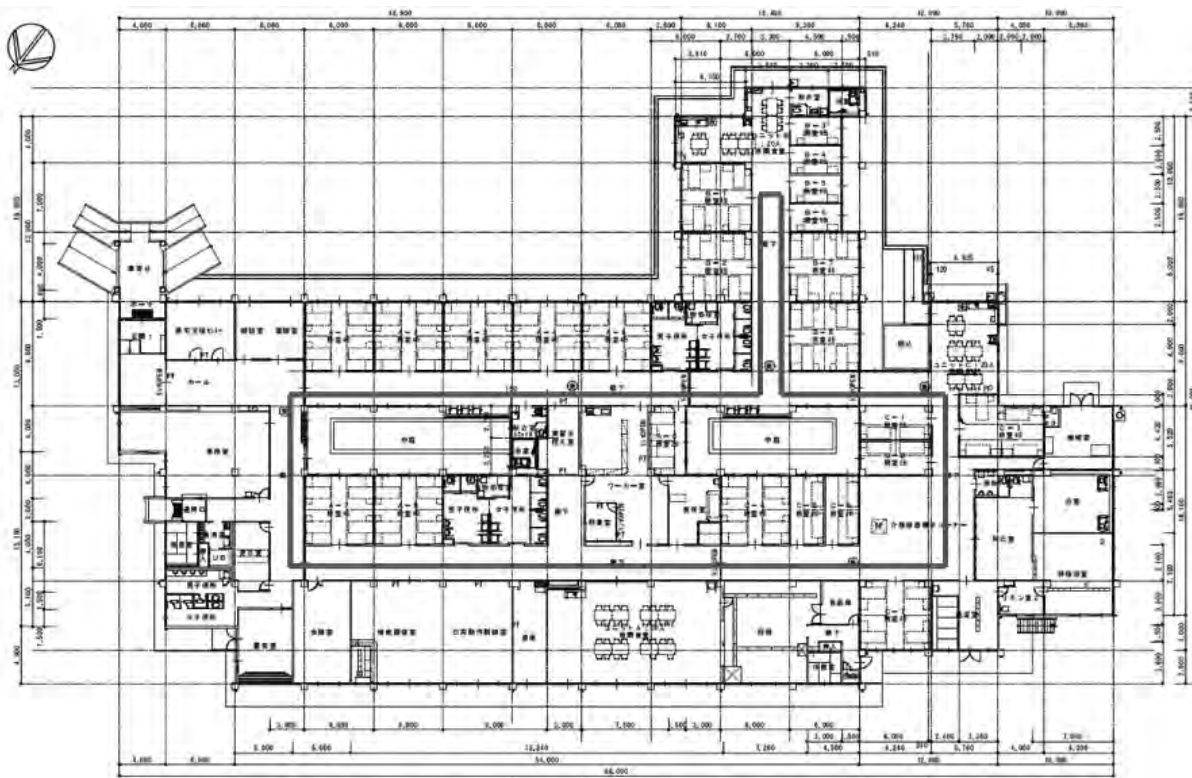


図2 平均的な老人ホームの見取り図例(鷺田による)。建築図面であるので、寸法はミリメートルで表現されている。なお、セキュリティを配慮して図面は見えにくく加工した。

る。しかし、入所者家族や全国老人福祉施設協議会より、入所者のプライバシー保護の観点から室内監視カメラを撤去するよう要請され、現在ではほとんどの老人ホームで監視カメラが撤去されている [9]。

1.4.3 居室の施錠・監禁は禁止

ある老人ホームでは、入所者が夜勤帯に起きても廊下に出られないよう、居室を施錠・監禁する事案が起きた。居室の施錠・監禁は虐待に当たる [10] ので、注意が必要である。

1.4.4 市販の介護ロボットが入所高齢者に壊されてしまう

老人ホームでは、見回りロボット、セラピー用ロボット等、様々な用途の介護ロボットが導入されている。しかし、これらのロボットは、認知症の入所者によって杖で叩き壊される、場合によっては破壊した勢いで怪我をしたりすることがある。ロボットの価格も安くなく、壊れても修理はほぼ不可能である。

1.5. ロボット導入失敗事例一覧

今回、老人ホーム巡回ロボットを製作する前に、鷺田が実際に行ったロボット導入の失敗事例を紹介する。

1.5.1 犬型ロボット” AIBO”

鷺田が働いていた老人ホームでは、過去に犬型ロボット” AIBO” [11] が導入された。この” AIBO” はバッテリーの消費が速かった関係から、食堂に導入された。” AIBO” 初期モデルの価格は 25 万円。

導入された” AIBO” は稼働中、杖を持った入所者に叩き壊されてしまった。破壊された理由として、認知症入所者が異形の物が動いていると認識したり、虫だと認識したことが原因であった。

1.5.2 アザラシ型ロボット “パロ”

“AIBO” と同じく食堂でのセラピー用としてアザラシ型ロボット “パロ” も導入された。価格は 1 年保証で 36 万円 [12][13]。

後日、認知症入所者に持ち去られ、自室に持って帰って一緒に寝ようとして抱きしめた時に肋骨が折れ、“パロ” も壊れてしまったという事故があった。

1.5.3 プラモデル改造巡回ロボット

市販ロボットを購入するだけでなく、鷺田が自作した巡回ロボットを導入した。

“ガンタンク” と呼ばれるバンダイ製プラモデル [14] のボディの下に、ミニ四駆の部品を取り付け、ラジコンで操作できるようにされていた。また、“ガンタンク” の腰より上を撤去してデジカメをゴムバンドで固定し、動画機能を使って巡回を行えるようにされていた。自作品につき価格は不明。

しかし、上半身のデジカメがトップヘビーだったため、転倒しやすいという欠点があった。こちらも最終的に入所者に杖で破壊された。転倒しやすいという欠点もあった。

1.5.4 まとめ

以上の失敗事例から課題となった点は、

- ・ロボットのバッテリーがもたない。
- ・認知症入所者にロボットが破壊される。
- ・ロボットが破壊された際、入所者が怪我をする場合がある。
- ・1 台の価格が高い、修理もできない。

である。老人ホーム支援ロボットを開発する上で、これらの問題を解決する必要がある。

1.6. 支援ロボットが必要な場所

老人ホームで入居者が就寝する居室には、何か異常があった時に職員を呼び出すナースコールと、ベッドから入所者が起き上がったことを検知するベッドセンサ ([15]) が備わっている。また、トイレにもナースコールが設置されており、入所者が倒れる等の異常に対応している。

しかし、廊下には何もなく、監視カメラも設置できないことから、廊下で異常があっても仕事に追われている職員が気付くことが難しい。よって、この廊下を職員に代わって巡回する支援ロボットの開発が求められる。

なお、図 3 は老人ホーム内の対応箇所を図にしたものである。結局、廊下の巡回を支援するロボットだけを開発すればよいという結論に至った。以下、第 2 章でロボット “イーグル 113” の開発の実際、第 3 章で走行実験結果、第 4 章でいろいろな方々からのフィードバックを述べることにする。

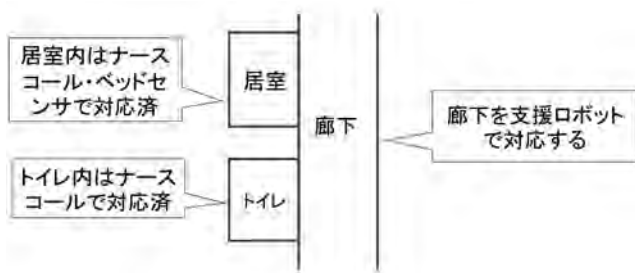


図3 老人ホーム支援ロボットの対応箇所

2. “イーグル 113” の開発

2.1. レゴロボットで老人ホーム職員支援ロボットを開発する利点

2.1.1 超高齢社会に突入した日本

前節 1.4.4 でも記述したように、ロボットが入所者に壊されてしまう事故は多く、ロボットを壊されないように常に見張ることは不可能である。また、壊された場合、職員が修理することも不可能である。これらの問題から、入所者に壊されても簡単に修理できるレゴロボット (LEGO MINDSTREAM EV3) [16] を用いて支援ロボットを開発するという考えに至った。

レゴロボットであれば、図4のように叩き壊されても各レゴブロックがバラバラになるだけで、入所者が怪我をすることも無い。レゴブロックでできているので、職員でも組み立て直すことができ、部品が壊れても新しい物を安く用意できる。

コンピュータ部分である EV3 ブロックが壊れても、約 34,000 円 [17] で購入しなおせるので、再び同じプログラムを入れて動かすことが可能である。



図4 壊されたレゴロボット例

以上の利点から、夜勤の老人ホーム職員支援ロボットをレゴロボットで開発することにした。

2.2. ライントレース実験機の製作

老人ホームの廊下で支援ロボットを巡回させる手段として、ライントレースを利用した。ライントレースとは、地面にひかれた線をカラーセンサが検知し、その線に沿ってロボットを走行させる方法である。この方法であれば、廊下に白色や黒色のカラーテープなどを貼るだけでロボットを自動で巡回させることができる。また、カラーテープを貼り替えれば、誰でも簡単に巡回コースを変更することもできる。

支援ロボットを開発するにあたって、まずレゴロボットでライントレースを行う実験機を作製した (図5)。インテリジェントブロック EV3 (コンピュータ部) 1 個、インタラクティブサーボモータ L 2 個、カラーセンサ 1 個、EV3 ケーブル 4 本、EV3 充電式バッテリー 1 個、タイヤ 2 個、ボールキャスター 1 個、各種レゴブロック 多数という構成で、はじめの実験ではタッチセンサは使わなかった。



図5 ライントレース実験機

図5のライントレース実験機の大きさは、D:21.6cm 22.4cm × W:14.7cm × H:12.4cm である。

ロボットの電源には、LEGO MINDSTREAM EV3 の拡張部品である、EV3 充電式バッテリーを使用した。この EV3 充電式バッテリーのフル充電時間は、約 4 時間 [18] である。EV3 は乾電池でも動かすことができるが、電池を入れ替える際にレゴロボットを分解しなくてはならない。しかし、EV3 充電式バッテリーであれば、専用の充電器を使うことでレゴロボットからバッテリーを取り外すことなく充電を行うことができる。これによって、職員はあまり手間をかけずにロボットを充電させることが可能となる。



図6 ジグザグライントレース

ライントレース実験機では、主にジグザグライントレース（ON-OFF ライントレース）と呼ばれるライントレースの実験を行った。カラーセンサは赤色反射光によって色を識別するセンサであり、地面が黒い所では赤色反射光の強度が弱く、逆に白い所では強度が強くなる特性がある。ジグザグライントレースはこの特性を利用、あらかじめ設定したカラーセンサの値を中心にロボットを左右に動かすようにし、図6のように、光強度が弱くなる黒い地面と光強度が強くなる白い地面を交互に識別、左右移動を繰り返すことでライン上をジグザグに移動する方法である[19]。この方法はカラーセンサの値を1つ決めるだけでライン上を走らせることができるため、簡単にライントレースを学ぶことができる。

ジグザグライントレースのプログラムについては、2.5.節で紹介する。

2.3. “イーグル 113” の製作

先述のライントレース実験機でライントレースの検証を行った後、夜勤の老人ホーム支援ロボット“イーグル 113”の製作を行った。作製した“イーグル 113”の外観を図7に、使用部品一覧は以下の通りである。インテリジェントブロック EV3(コンピュータ部) 1個、インタラクティブサーボモータ L 2個、カラーセンサ 1個、超音波センサ 1個、タッチセンサ 2個、EV3 ケーブル 6本、EV3 充電式バッテリー 1個、タイヤ 2個、ボールキャスター 1個、各種レゴブロック 多数、蛍光シール(黄色) 複数枚、タッチセンサ拡張用ピンポン玉 2個を用いて製作した。

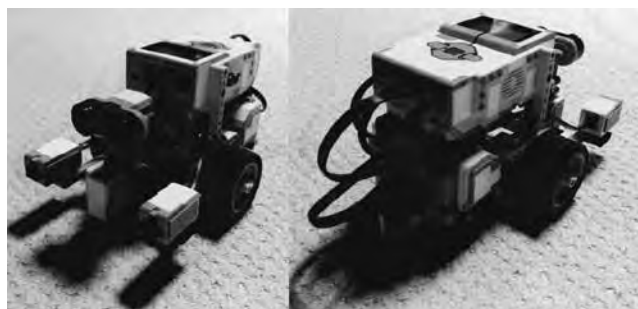


図7 “イーグル 113” (a) 左は前側, (b) 右は後側

図7の“イーグル 113”の大きさは、D:22.4cm × W:14.7cm × H:12.4cm である。また、図8のようにタッチセンサの先にピンポン玉を装着することで、タッチセンサの接触範囲を広げることができる。この時の大きさは、D:27.0cm × W:14.7cm × H:12.4cm となる。

夜間に働く老人ホーム職員に“イーグル 113”が見えやすいように、機体の周りに蛍光シールを貼った。これによって、職員が“イーグル 113”を発見しやすくなった。



図8 タッチセンサにピンポン玉を装着

2.4. “イーグル 113” のシステム

2.4.1 “イーグル 113” のシステム概略

図9は“イーグル 113”のシステム概略である。廊下にひいたカラーテープをカラーセンサで認識、ライントレースを行う。入所高齢者が倒れている等の異常は超音波センサとタッチセンサによって検知する。

職員に異常を連絡する方法は2種類ある。1つは、Wi-Fiを経由し、スマートフォンから職員に連絡する方法である。この方法はWi-Fi・インターネット環境が整っている施設向けの連絡手段である。もう1つは、EV3 ブロックから直接アラームを鳴らして職員に連絡する方法である。Wi-Fi・インターネット環境が整っていない施設はいまだ多く、この方法はそのような施設向けの連絡手段として有効である。

2.4.2 “イーグル 113” の動作

“イーグル 113”のライントレースは、2.2.節で紹介したジグザグライントレースとは異なる方法で行っている。

まず巡回させたい廊下にカラーテープを貼る。この時、“イーグル 113”の進行方向に対して、左側に白テープを、右側に黒テープを両隣にして貼る。

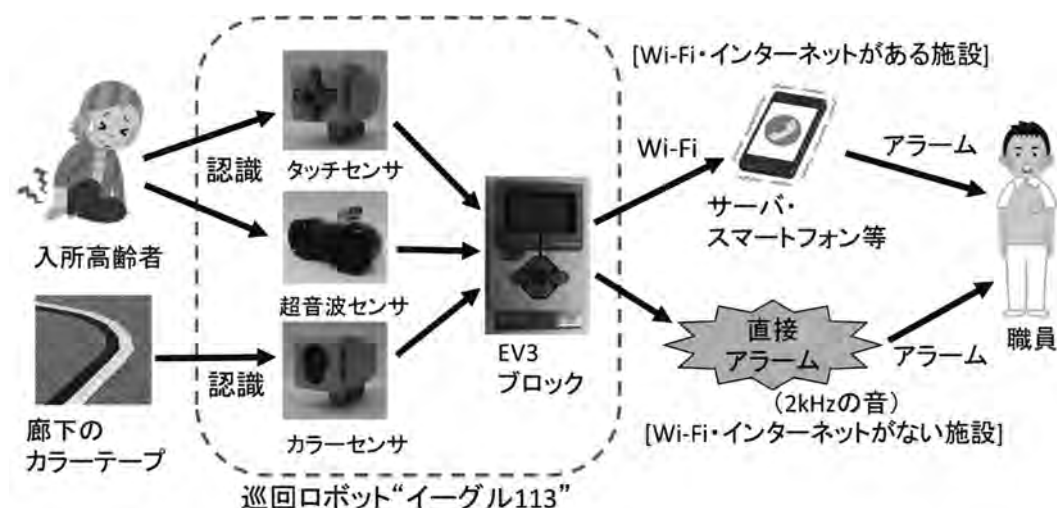


図9 “イーグル 113” のシステム概略

これは廊下の色が老人ホームによって異なることと、職員が“イーグル 113”の設置方向を間違えないようにするためである。夜勤帯でも老人ホームの廊下は電気がついているため、カラーセンサが地面のカラーテープを見落とすことはない。

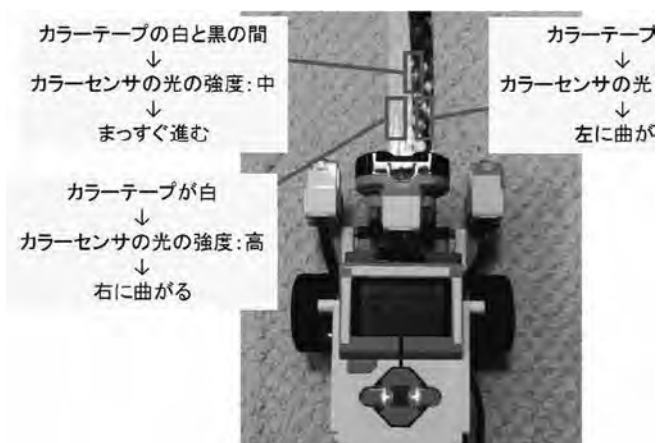


図10 廊下のカラーテープ識別方法

“イーグル 113”は図10のように、カラーテープの白と黒の間では直進、カラーテープが黒の時は左に曲がる、カラーテープが白の時は右に曲がるといった形でライントレースを行う。

速度に関しては、速くするとモータの騒音が大きくなり就寝中の入所者が起きてしまう恐れがあることと、速すぎると入所者に衝突して怪我をする可能性もあることから、遅く設定している。具体的な速度の選定については3章にて記載する。



図11 超音波センサとタッチセンサの検知方法, (a) 左図は超音波センサ, (b) 右図はタッチセンサ

廊下で倒れている入所者の検知には、図11のように超音波センサとタッチセンサの2つを用意している。まず図11(a)のように超音波センサで検知し、万一超音波センサが反応しなかった場合は、そのまま入所者にぶつかることで図11(b)タッチセンサを押し検知する。なお、超音波センサは前方30cm以内に物体を検知すると反応するように設定している。

超音波センサが30cm以内に入所者を検知、あるいは“イーグル 113”が入所者にぶつかってタッチセンサが押されると、“イーグル 113”はその場で停止する。そのまま入所者が動かず5秒経った場合は、入所者に異常があるとして職員に連絡する。

5秒以内に入所者が超音波センサの検知範囲外に移動、もしくはタッチセンサから離れた場合は、再度カラーテープ上を巡回する。



図12 “イーグル 113” が持ち去られる・破壊される例 (a) 左図は持ち去り, (b) 右図は杖で叩き飛ばし。

1.4.4 項でも紹介したように、ロボットが入所者に持ち去られる・破壊されるといった事例があり、“イーグル 113” も持ち去られたり、破壊される可能性がある。“イーグル 113” を開発する上で、これらの対策も行った。

“イーグル 113” を持ち上げたり、叩き飛ばして横転させたりすると、カラーセンサが地面から離れる。この時、カラーセンサ受光部に赤色反射光が入らず、光の強度が 0 になる。この特性を利用し、図 12 のように“イーグル 113” が持ち去られたり、杖で叩き飛ばされ、カラーセンサが地面から離れて光強度が 0 になった時には、即座に職員に連絡するようにした。

ここまでの“イーグル 113” の動作の流れは図 13 に示す。

2.4.1 項でも記述したように、異常を検知した際の職員への連絡手段として、スマートフォンを利用

する方法と、EV3 ブロックから直接アラームを鳴らす方法の 2 種類用意している。しかし、EV3 ブロックから直接アラームを鳴らす方法は、アラームが鳴った際に他の就寝中の入所者を起こしてしまう可能性がある。そこで、ただアラームを鳴らすのではなく、高齢者が聞き取りにくい周波数の高い音を鳴らすことにした。

文献 [20] には、男性・女性の年代別聴力レベルがある。(高齢社会に対応する建築の聴 (音声領域) 空間の設計および評価に関する研究, 平成 1, 2, 3 年度科学研究費補助金研究成果報告書, 1992)。男性・女性共に 60 代以上は 2kHz 以上の音が聞き取りにくくなっていることがわかる。このことから、EV3 ブロックから出すアラームは 2kHz (2093Hz) の音を出すことにした。なお、音量は適宜変更可能である。

2.5. 巡回ロボットを制御するためのソフトウェア

2.5.1 制御のためのソフトウェア設計

アクティビティ図を図 14 に示す。その考え方は図 13 に示している。

2.5.2 LabVIEW LEGO MINDSTORMS を用いたプログラミング

本プロジェクトでは、レゴロボットをプログラムするソフトウェアとして、「LabVIEW LEGO

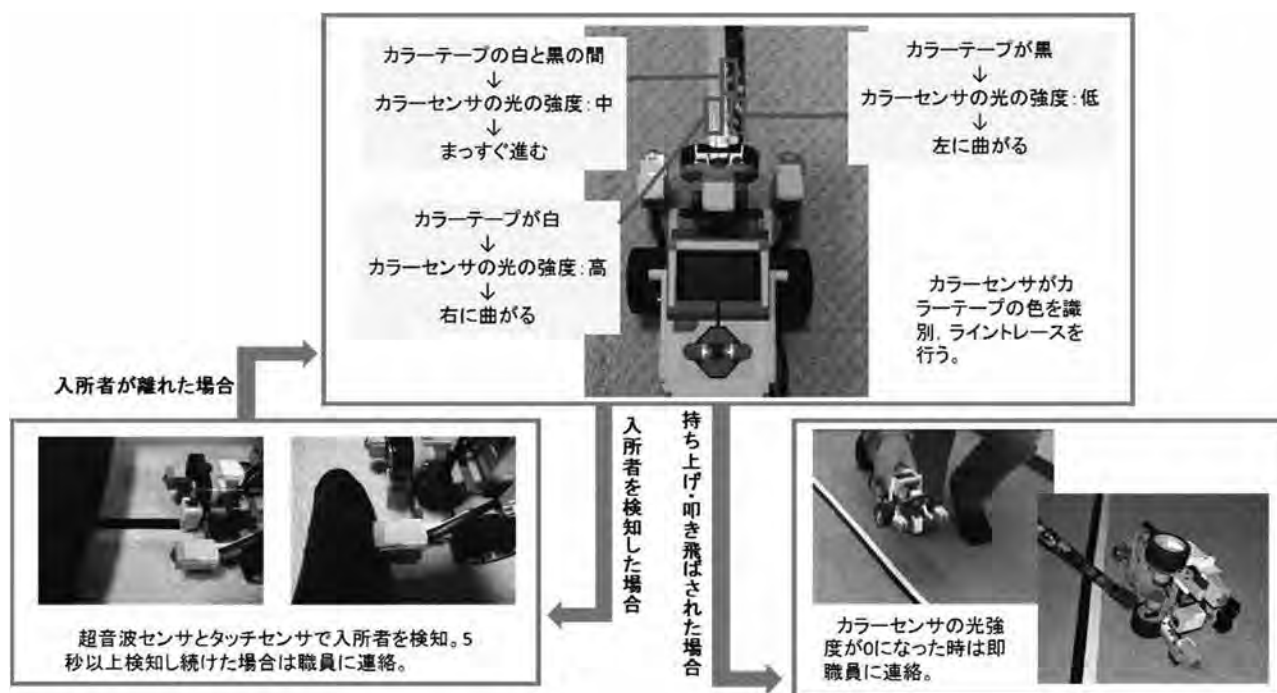


図13 “イーグル 113” の動作の流れ

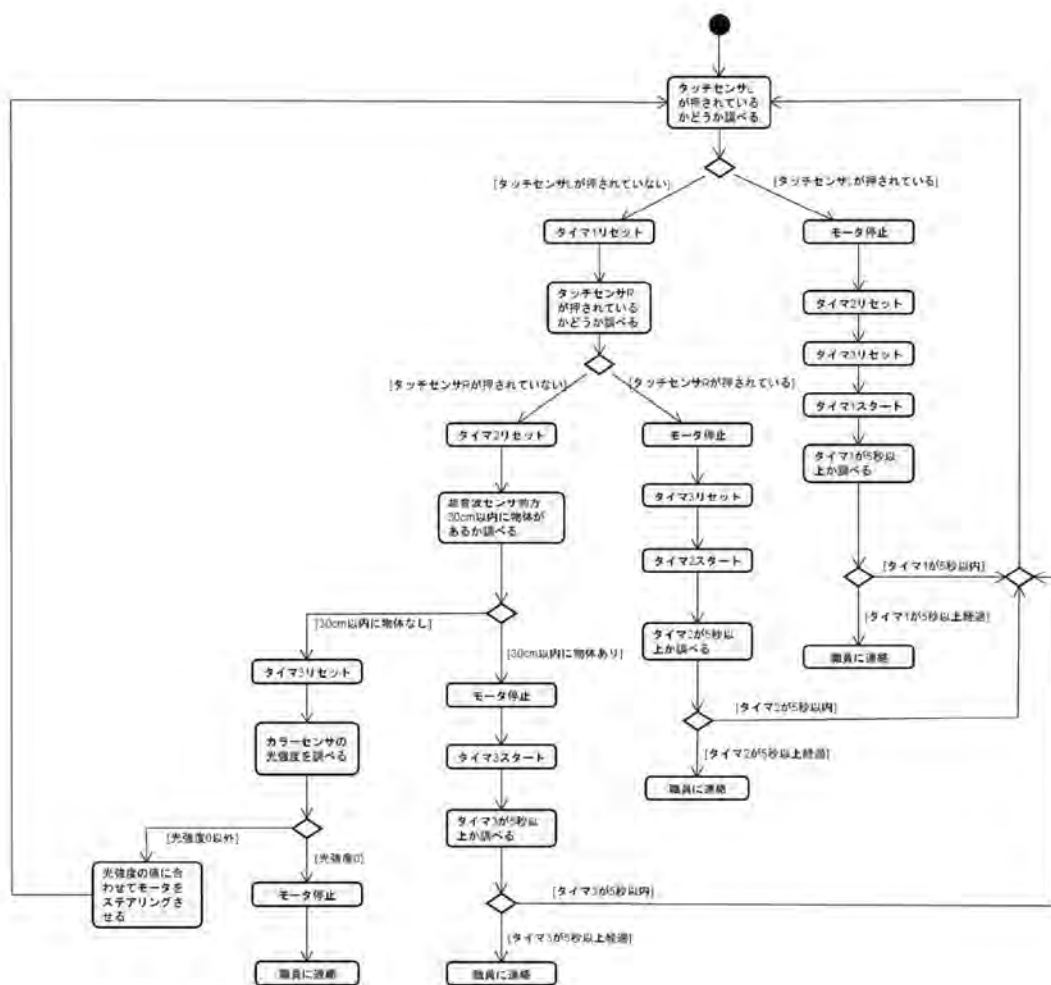


図 14 “イーグル 113” のアクティビティ図

MINDSTORMS EV3 Home Edition」[21]を使用した。

LabVIEWとは、“Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench”の略で、他のテキストベース構文と異なり、システムの視覚化、構築、コード化を簡素化したグラフィカルプログラミング構文である[22]。このLabVIEWの利点は、機能や入出力関係、データフローを直感的に把握することができるため、プログラムに問題があれば介護職員でも修正しやすいという点にある。

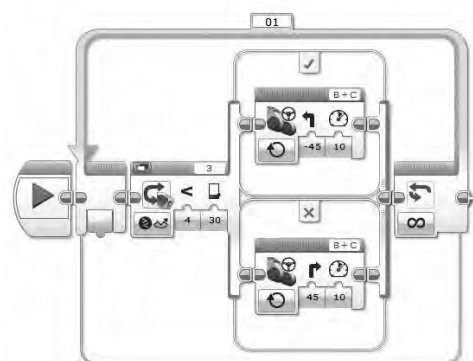


図 15 ジグザグライントレースのプログラム

図 15 はライントレース実験機で使したジグザグライントレースのプログラムである。カラーセンサの値を 30 に設定し、光強度が 30 以下（地面が黒色）であれば左に、光強度が 31 以上（地面が白色）であれば右に動くようになっている。これによってジグザグライントレースを実現した。

2.4.1 項と同様に、LabVIEW にて “イーグル

113” から直接アラームを鳴らす場合のプログラムを記述した。そのプログラムを図 2.18 に示す。

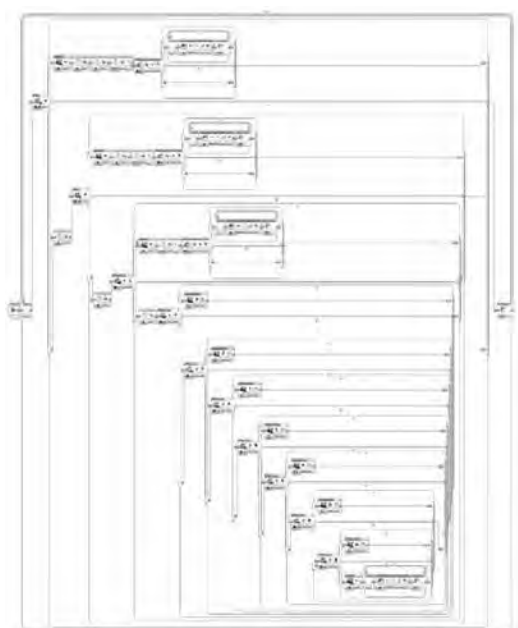


図 16 “イーグル 113” 直接アラームのプログラム。プログラムのイメージはわかる程度に表示している。

2.5.3 “イーグル 113” のプログラム

筆者（小嶋, 沼田）は, Microsoft Azure を用いて, 異常を検知した際に Windows Phone に連絡を送る C# のプログラムを実装した “イーグル 113” 2 号機も作製した。2 号機も連絡手段以外は全て同様の動作を行う。こちらに関しては将来の製品化を考えて, 後述するように Imagine Cup 2017 日本大会に出場した。

3. 稼働実験の結果と考察

3.1. 異常検知に関する考察

図 17 は “イーグル 113” が廊下を巡回・異常検知する概略図である。一級建築士である筆者（大西 健吾）の経験から, 老人ホームも含めて日本の標準的な建物の廊下幅は 1.8m として設計することが多い。このことから, 図 17 のように壁から 0.5m 離れた位置にカラーテープを貼り, “イーグル 113” を巡回させることにした。

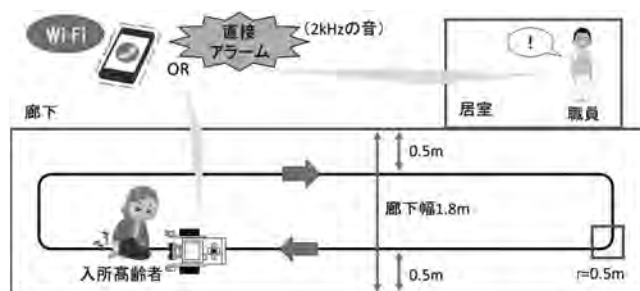


図 17 廊下の巡回・異常検知

入所者は壁沿いを移動することが多いので, この方法であれば図 18 のように倒れている入所者を十分に検知することが可能である。

また, 万一脱線したとしても, そのまま回り続けて元のラインに戻るか, 壁を検知して異常検知として職員に知らせるため, 脱線し続けたまま放置されることはない。



図 18 倒れている入所者を検知



図 19 起こり得ない倒れ方



図 20 廊下でへたり込んだ倒れ方

図 19 のカラーテープとカラーテープの間に人が倒れた場合, 検知できなくなるといった心配もある

が、筆者（鷺田晶一）の経験では廊下で異常をきたし倒れた入所者が図 19 のようにまっすぐ倒れることはまず起こり得ないと判断している。図 20 のようにカラーテープの上に腕や足がかかるような倒れ方をするので、図 17 の巡回コースで十分異常を検知できると想定した。

3.2. 短距離電池持続時間確認

EV3 充電式バッテリーの電池持続時間を調べるため、2.2. 節で記載したライントレース実験機を使って電池耐久テストを行った。

周 2m の黒ラインを用意し、夜勤帯の老人ホームの廊下と同じく灯りをつけたまま、電池が切れるまでライントレース実験機でジグザグライントレースをさせ続ける。

まず初めに、モータのパワー値を 30 に設定して耐久テストを行うと、次のような結果となった。1 周にかかる時間 47 秒、速度（秒速） $42.6 \times 10^{-3}\text{m/秒}$ 、電池持続時間 7 時間 8 分、総走行距離 1072m、そして稼働中の脱線はなかった。

以上の事から、電池持続時間が 7 時間 8 分あることがわかり、夜勤帯午前 3 時から 7 時までの 4 時間を十分にカバーできることがわかった。しかし、モータの騒音が大きく、モータの騒音で就寝中の入所者が起きてしまう可能性があった。そこで、モータのパワー値を 10 に設定して耐久テストを行うと、次のような結果となった。1 周にかかる時間 76 秒、速度（秒速） $26.3 \times 10^{-3}\text{m/秒}$ 、電池持続時間 7 時間 50 分、総走行距離 742m、そして、稼働中の脱線はなかった。

以上の事から、電池持続時間が 7 時間 50 分あることがわかり、パワー値 10 でも夜勤帯午前 3 時から 7 時までの 4 時間をカバーできることがわかった。また、モータの騒音が人間の歩行音よりも小さくなり、モータの騒音で就寝中の入所者が起きる心配もなくなった。これらから、“イーグル 113”を走行させる際にはモータのパワー値を 10 に設定することが適切であると判断し、“イーグル 113”ではモータのパワー値を 10 で固定することとした。

パワー値を 30 から 10 に減らしても一般的な廊下のスロープは上れるが、速度が遅くなってしまった。そのため、“イーグル 113”を開発する際には、ライントレースの方法をジグザグライントレースから、2.4. 節の図 10 で紹介したライントレースの方式に変更することにした。

3.3. 長距離電池持続時間確認

3.2. 節の実験結果から、EV3 充電式バッテリーで夜勤帯午前 3 時から 7 時までの時間をカバーできることが判明したが、2m 以上の長距離を巡回させることがなかった。



図 21 京都情報大学院大学百万遍校舎の 2 階の廊下、1 周 60m の白黒ライン

そこで、図 21 のように京都情報大学院大学百万遍校舎 2 階の廊下に 1 周 60m の白黒ラインをひき、実際に老人ホームで走行させるのと同じような条件となる深夜に灯りをつけたまま“イーグル 113”を巡回させて、電池持続時間や、脱線をしないかなどの確認を行った。

まず初めに、2.4.2 項で紹介した LabVIEW でプログラムした“イーグル 113”1 号機で持久テストを行うと、以下の通りになった。

廊下 1 周の長さ 60m、1 周にかかる時間 1260 秒、速度（秒速） $47.6 \times 10^{-3}\text{m/秒}$ 、稼働開始時刻 0 時 35 分、稼働終了時刻 6 時 41 分、稼働時間 6 時間 6 分、稼働中の脱線はなかった

以上の事から、稼働時間は 6 時間 6 分と夜勤帯午前 3 時から 7 時までの 4 時間をカバーできることがわかり、稼働中の脱線もなかった。

次に、C# でプログラムした“イーグル 113”2 号機で持久テストを行うと、次のような結果となった。廊下 1 周の長さ 60m、1 周にかかる時間 2040 秒、速度（秒速） $29.4 \times 10^{-3}\text{m/秒}$ 、稼働開始時刻 5 時 13 分、稼働終了時刻 9 時 49 分、稼働時間 4 時間 36 分、稼働中の脱線はなかった。

以上の事から、稼働時間は 4 時間 36 分と、こちらも夜勤帯午前 3 時から 7 時までの 4 時間をカバーできることがわかり、稼働中の脱線もなかった。

太陽が昇り廊下の明るさが変化しても、“イーグル 113”は脱線しないことは確認した。これは、“イーグル 113”の速度が速くなく、カラーセンサがしっかりと地面の色を識別できるためであると考えられる。

またこの実験から、60mを1周するのに21分～34分かかっていることがわかった。このことから60mのコースであれば、“イーグル 113”を2台走らせれば、1台約10分～17分で廊下を巡回することができる。2台走らせれば、もし1台が動かなくなったとしても、後からやって来る機体で動かなくなった機体を検知することが可能である。よって、実際に老人ホームの廊下で走らせる際にも、1つのコースにつき2台の“イーグル 113”を巡回させるべきであると考ええる。

4. 各種コンテストへ参加してからのフィードバック

4.1. ET ロボコン 2016 での発表

開発した“イーグル 113”を用いて、2016年9月19日開催のETロボコン関西地区大会 イノベーター部門[23]、2016年11月16日開催のETロボコンチャンピオンシップ大会 イノベーター部門[24]に参加した。

ETロボコンとは、組込み技術エンジニアの育成を目的とし、分析・設計モデリング開発、製品サービスの企画開発にチャンレジする機会を提供するロボットコンテストである。ETロボコンにはデベロッパー部門とイノベーター部門の2部門がある。イノベーター部門は、何かを生み出すことの出来る次世代の技術者育成を目指した部門で、ロボット、ソースコード、システム等を全て自由に使い、開発したロボットシステムのパフォーマンス発表を行う部門である。審査は、製品企画、実現するための技術、企画のプレゼンテーション力の3点から行われる[25]。

筆者ら（小嶋，沼田，鷺田）と大槁悠記氏と共にチーム「お助け老人ホーム」を結成してイノベーター部門に参加した。



図 22 ET ロボコン 2016 の発表で使用したコース

関西地区大会、チャンピオンシップ大会共に、図 3.4 の簡易コースを用いてパフォーマンスを行った。廊下で倒れている入所高齢者役として、関西地区大会ではダンボール箱を、チャンピオンシップ大会ではペンギンの人形をコースに設置して“イーグル 113”が検知、アラームを鳴らして職員が駆けつけるところを実演した。また、“イーグル 113”を蹴り飛ばし、吹き飛ばした“イーグル 113”がアラームを鳴らして職員が駆けつけるところも実演した。

両大会共、ステージ上の照明による強い光で“イーグル 113”が脱線することはなかった。

パフォーマンス後、特別審査員の方から「老人ホームで起こっている問題の解決に向けてよく考えられており、詳細性のある企画だ。」等の評価を頂いた。

関西地区大会では、イノベーター部門総合優勝と近畿経済産業局長賞の2つの賞を頂き、チャンピオンシップ大会の出場権を得ることができた[26]。なお、ETロボコン 2016 関西地区大会、チャンピオンシップ大会で使用したコンセプトシート、モデル図などは大槁氏の課程修了プロジェクトレポート[8]を参照してほしい。

4.2. KCG Awards 2017 での発表

リーダーの大槁悠記氏は「夜勤の老人ホーム職員支援ロボットの開発」というタイトルで、2017年度の大学院の最優秀プロジェクトに選ばれて、KCG AWARDS 2017[27]に2017年2月26日に出場した。「夜勤帯の老人ホーム内の廊下を巡回し、深夜徘徊やトイレに行こうとしていた入所高齢者が倒れているなどの異常を発見した場合、アラームを鳴らして職員に連絡する巡回レゴロボット“イーグル 113”のシステムを開発する。」という内容で発表して、審査員からその必要性を認識してもらうことができた。

4.3. Imagine Cup 2017 での発表

続いて国際大会の日本予選大会である Imagine Cup 2017に出場することができた。忍足，植野，ネパール・アナンダの三人が参加し、忍足が代表して、老人ホーム自動巡回ロボットについて発表した。本プロジェクトはレゴブロックで作ることに一つのオリジナリティがあると捉えていたが、審査員からそこを評価されず、残念であった[28]。

5. おわりに

本プロジェクトは、夜勤帯の老人ホーム内の廊下を巡回し、深夜徘徊やトイレに行こうとしていた入所高齢者が倒れている等の異常を発見した場合、スマートフォンやロボットからアラームを鳴らして職員に連絡する巡回レゴロボット“イーグル 113”のシステム開発を目的としている。実際に老人ホームで勤務している KCGI 修了生、鷺田からの話・要望を聞いた末、入所者に壊されても簡単に修理できるロボットを開発・製作することになった。

完成した“イーグル 113”は、ライントレースを使って廊下を巡回し、廊下で入所者が倒れている等の異常を検知した場合、スマートフォンやロボットからアラームを鳴らすことで職員に異常を知らせることが可能となっている。電池持続時間も4時間以上と午前3時から7時までの間を走り続けることが可能で、朝方の日光の変化による外乱で“イーグル 113”が白黒ラインから脱線することはなかった。これらの機能は鷺田が十分に満足するものであった。また、“イーグル 113”を用いて ET ロボコン 2016 関西地区大会・チャンピオンシップ大会のイノベーター部門に参加、パフォーマンス発表を行い、関西地区大会では部門優勝と近畿経済産業局長賞を受賞した。

しかし、“イーグル 113”とスマートフォン(Windows Phone)間の通信機能に再現性がなく、職員への連絡方法としては不安定なものとなってしまった。また、実験協力許可が取れなかったため、老人ホームで実際に“イーグル 113”を稼働させてテストを行うことができなかった。今後の課題としては、“イーグル 113”とスマートフォン間の再現性がある確実な通信手段を構築すること、県・市役所や全国老人福祉施設協議会と交渉を行い、“イーグル 113”の稼働実験に協力してもらえ施設を探すことが挙げられる。

今後日本は更なる高齢化を迎え、介護業界は変革を求められていくことになると思われる。今回の“イーグル 113”の開発を進め、介護職員にとっても入所高齢者にとっても便利で安心な社会になることを切に願う。

謝辞

本プロジェクトのリーダーである大橋悠記氏の並々な熱意に感謝する。そして、同氏の作成した京都情報大学院大学修士課程のプロジェクトレポートを参考に本稿にすることを助言してくれたこ

とにも感謝する。また実験環境を提供してくれた京都情報大学院大学百万遍校舎の方々にも感謝する。

参考文献

- [1] 高齢化の現状と将来像 | 平成 28 年度版高齢社会白書 (全体版) - 内閣府
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/html/zenbun/s1_1_1.html (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [2] 日本は世界でも類を見ない「超高齢社会」…急速に進む高齢化の現状とは? | 介護ぱと
<https://p-kaigo.jp/news/10725.html> (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [3] 高齢者の家族と世帯 | 平成 28 年度版高齢社会白書 (全体版) - 内閣府
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/html/zenbun/s1_2_1.html (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [4] 高室 成幸 (監修), 伊藤 滋 (発行), もう限界!! 施設介護を考えるとときに読む本, p.16-p.19, 株式会社自由国民社, 2016.
- [5] 高齢者の孤独死はなぜ増える!? 高齢化に独居老人…日本が抱える社会問題から見える孤独死の真実とは!? | みんなの介護ニュース
<http://www.minnanokaigo.com/news/N23198352/> (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [6] 高室 成幸 (監修), 伊藤 滋 (発行), もう限界!! 施設介護を考えるとときに読む本, p.50-p.51, p.92, 株式会社自由国民社, 2016.
- [7] 高室 成幸 (監修), 伊藤 滋 (発行), もう限界!! 施設介護を考えるとときに読む本, p.21, 株式会社自由国民社, 2016.
- [8] 大橋悠記, 課程修了プロジェクトレポート, (2017, 京都情報大学院大学)
- [9] 有料老人ホームは安全なのか, 防犯体制について | ウチシルベ
<http://www.osumai-soudan.jp/column/column608.html> (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [10] 田中 元 (著), 伊藤 滋 (発行), 安心して納得できる 老後の住まい・施設の選び方, p.42-p.43, 株式会社自由国民社, 2016.
- [11] AIBO Official Site [製品情報]
http://www.sony.jp/products/Consumer/aibo/products/successive/s_body.html (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [12] Sony Japan | プレスリリース | エンターテインメントロボット” AIBO(アイボ)”『ERS-111』受注販売のお知らせ
https://www.sony.co.jp/SonyInfo/News/Press_Archive/200001/00-002/ (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [13] パロとは? | 商品について | パロ | ロボット事業 | 法人のお客様 (生活環境ソリューション) | 大和ハウス工業
<http://www.daiwahouse.co.jp/robot/paro/products/about.html> (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [14] Amazon | MG 1/100 RX-75 ガンタンク (機動戦士ガンダム) | プラモデル 通販
<https://www.amazon.co.jp/MG-100-RX-75-%E3%82%AC%E3%83%B3%E3%82%BF%E3%83%B3%E3%82>

- %AF-%E6%A9%9F%E5%8B%95%E6%88%A6%E5%A3%AB%E3%82%AC%E3%83%B3%E3%83%80%E3%83%A0/dp/B002K74NUY (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [15] 【楽天市場】 キューオキ コードレス徘徊マッドセンサ KQ42453 | 価格比較 - 商品価格ナビ
http://product.rakuten.co.jp/product/-/90437976c1e146989e53b6b7cbca29e4/?sc2id=gmc_214962_90437976c1e146989e53b6b7cbca29e4&scid=s_kwa_pla (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [16] ホーム - レゴ® マインドストーム LEGO.com
<https://www.lego.com/ja-jp/mindstorms> (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [17] インテリジェントブロック EV3 | 教育版レゴ® マインドストーム® EV3, 個別商品・パーツ | | 教育版 LEGO MINDSTORMS 正規代理店 アフレル
<http://afrel-shop.com/shop/shopdetail.html?brandcode=000000000340&search=EVP45500&sort=> (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [18] EV3 充電式バッテリー | 教育版レゴ® マインドストーム® EV3, 個別商品・パーツ | | 教育版 LEGO MINDSTORMS 正規代理店 アフレル
<http://afrel-shop.com/shop/shopdetail.html?brandcode=000000000214&search=EVP45501&sort=> (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [19] 藤吉 弘亘・鈴木 裕利・石井 成郎・藤井 隆司 (著), 実践ロボットプログラミング LEGO Mindstorms NXT で目指せロボコン!, p.59-p.60, 株式会社近代科学社, 2014.
- [20] 高齢者の見え方・聞こえ方・1. 加齢性難聴の 4 つの特徴【MY 介護の広場】、「高齢社会に対応する建築の聴 (音声領域) 空間の設計および評価に関する研究, 平成 1, 2, 3 年度科学研究費補助金研究成果報告書, 1992」
<http://www.my-kaigo.com/pub/individual/chiebukuro/taiken/choukaku/0010.html#tokuchou01> (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [21] ソフトウェアをダウンロード - ダウンロード - レゴ® マインドストーム LEGO.com
<https://www.lego.com/ja-jp/mindstorms/downloads/download-software> (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [22] LabVIEW システム開発ソフトウェア - National Instruments
<http://www.ni.com/labview/ja/> (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [23] Home - ET ロボコン 2016 関西地区公式サイト - 組込みソフトウェア技術教育をテーマとした「ET ロボコン」開催のご案内
<http://kansai.etrobo.jp/2016/> (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [24] ET ロボコン 2016 大会詳細 | チャンピオンシップ大会【ET ロボコン 2016 公式サイト】
<http://www.etrobo.jp/2016/taikai/championsip.php> (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [25] ET ロボコン概要【ET ロボコン 2016 公式サイト】
<http://www.etrobo.jp/2016/gaiyou/intro.php> (2018 年 12 月 3 日閲覧)
- [26] ET ロボコン 2016 関西地区大会で KCGI チームが部門優勝しました | 2016 年のニュース | 学校紹介 | 京都

情報大学院大学

http://www.kcg.edu/school_info/news2016/2016-09-21.html

[27] KCG Awards 2017

<https://kcg.edu/awards/2017/nominated.html> (2018 年 12 月 3 日閲覧)

◆著者紹介

江見 圭司 Keiji Emi

京都情報大学院大学准教授

京都大学大学院博士課程修了 (人間・環境学専攻), 人間・環境学博士

元金沢工業大学専任講師

ET ロボコン関西地区実行委員長, 情報処理学会「コンピュータと教育」研究会運営委員

小島 聡 Satoshi Kojima

京都情報大学院大学応用情報技術研究科修了, 情報技術修士 (専門職)

沼田 周 Shu Numata

京都情報大学院大学応用情報技術研究科修了, 情報技術修士 (専門職)

植野 貴裕 Takahiro Ueno

京都情報大学院大学応用情報技術研究科修了, 情報技術修士 (専門職)

鷲田 晶一 Akikazu Washida

京都情報大学院大学応用情報技術研究科修了, 情報技術修士 (専門職)

現在は社会福祉法人勤務。

トム 忍足 Tom Oshidari

京都情報大学院大学応用情報技術研究科修了, 情報技術修士 (専門職)

ネパール アナンダ Nepal Ananda

(インド) Sikkim Manipal Univ 卒業

京都情報大学院大学応用情報技術研究科修了, 情報技術修士 (専門職)

大西 健吾 Kengo Onishi

京都情報大学院大学准教授。関西大学工学部建築学科卒。一級建築士。