

AI チャレンジ研究会(第 59 回)

Proceedings of the 59th Meeting of Special Interest Group on AI Challenges

CONTENTS

- 電子掲示板とデータベースを利用した Web サイトづくりでネットワークを学ぶ教材の制作 1
光永 法明⁺, 飯田 彩楓⁺, 岩井 俊也[#]
⁺大阪教育大学, ⁺株式会社ピロート, [#]松原市立松原中学校
- 円盤状ロボットに対する五特徴点を用いた向きの推定方法の提案と評価 8
張 赫, 田邊 稜汰, 藤井 穂尊, 白石 大河, 植村 涉
龍谷大学
- 高さ情報による点群内の立方体と壁の物体分離手法の提案と評価 12
白石 大河, 清水 大雅, 藤井 穂尊, 張 赫, 植村 涉
龍谷大学
- RoboCup の会場を案内するロボットコンシェルジュの提案 17
⁺坪倉 和哉, ⁺久保谷 空史, ⁺早苗 昭尚, ⁺小林 邦和
⁺愛知県立大学大学院 情報科学研究科, ⁺愛知県立大学 情報科学部

日時:2022年3月14日

場所: オンライン

Online, March 14th, 2022

一般社団法人 人工知能学会

Japanese Society for Artificial Intelligence

電子掲示板とデータベースを利用した Web サイトづくりで ネットワークを学ぶ教材の制作

光永 法明¹ 飯田 彩楓² 岩井 俊也³

Noriaki Mitsunaga¹, Sayaka Iida², Syun'ya Iwai³

¹ 大阪教育大学

¹ Osaka Kyoiku University

² 株式会社ピロート

² Pilot, Inc.

³ 松原市立松原中学校

³ Matsubara Junior High School

1 はじめに

日本の初等中等教育においてプログラミング教育が拡充され、それにもなつて中学校 技術・家庭科 技術分野における内容 D 情報に関する技術の取り扱いが改められている[1]。現在の内容 D では情報通信ネットワークの技術についてプログラミングを通して学ぶことが求められている。情報通信ネットワークについて学習指導要領・同解説では具体的な名称を挙げていないが、記述からはインターネットを想定していると考えられる。学習指導要領解説によると、そこで作成するプログラムについては、1) 人の操作に応じて表示等が変化するものであり、その「処理の過程にコンピュータ観の情報通信が含まれること」と、2) 文字、音声、静止画、動画などを複合して効果的に利用することを求めている。学習指導要領解説では学校紹介の Web ページに Q&A 式のクイズを追加する、簡易的なチャットシステムの再現を例として挙げている。プログラミング言語、ネットワーク環境、プロトコル、サーバとクライアントのいずれかなどは指定されていない。

プログラミング例としては、プログラミング言語ドリトルを使ってチャットシステムを作成する授業例が報告されている[2]。また開隆堂出版と東京書籍の教科書[3][4]ではチャット、伝言板、ネット対戦型タイピング練習、防災地図アプリ、ルート検索アプリ、発音チェックアプリ、施設予約、Q&A の自動応答を実習例としてあげている。通信には、プログラミング言語 Scratch やドリトル、Javascript のオブジェクト間通信やライブラリを使っている。また技術分野の教科書を発行している教育図書の資料[5]ではプログラミング言語なでしこを使ってチャットシ

ステムを作成している。これらではクライアントのプログラムあるいはサーバとクライアントのプログラムを作成する。クライアントのプログラムの作成では実運用されているウェブサービスへ接続するものがあるが、サーバの作成では普及しているウェブブラウザをクライアントとするサービスを提供することは考えられていないようである。

一方、ウェブサーバで用いられる CGI を作成し、ウェブサービスを作るプログラミング教材が提案されている[6]。プログラミング例としては西暦・和暦変換、じゃんけん、暗号化と復号、掲示板、投票サービスが示されている。この方法ではクライアントには普段利用しているウェブブラウザが利用できるため、自分の PC がサーバになる、インターネットのサービスは自分でも作れるといったことが分かりやすい教材になると考えられる。

そこで本研究では[6]を基にした枠組みにおいて学習や授業の補助となる資料を拡充すると共に、データベースを利用したサービスが提供できるようにしたので報告する。プログラミング言語に Python、プログラミング環境に Spyder、データベースに SQLite、OS に Windows を使用している。

2 HTML と CGI についての学習

2.1 学習指導計画と資料の作成

中学生を想定して HTML と CGI について学ぶ学習指導計画を立てた (表1)。1 時限は 50 分を想定している。まず【I】で Web ページに使われている HTML について知り、自己紹介の HTML ファイルを制作する (1 回)。次に【II】診断メーカーの制作を通して学ぶ。診断メーカーとは名前を入力すると

表1 HTMLとCGIについて学ぶ学習指導計画

時	制作物	学習活動・内容
1	【Ⅰ】 自己紹介の制作	① HTML について知る。 ② HTML ファイルを制作する。
2	【Ⅱ】 診断メーカーの制作	③ Python について知り、診断メーカーを作る。
3		④ ネットワークの構成、情報を伝える仕組みについて知る。
4		⑤ Web サーバを起動する。
5		⑥ HTML で出力する方法を知る。
6		⑦ フォームの作り方を知り、診断メーカーサーバを作る。
		⑧ 情報を処理する仕組みについて知る。

乱数を使って単語を組み合わせ「診断結果」の文を作成し出力するプログラムである。まず③で Python について簡単な説明をし、配列と乱数、print文を使った診断メーカーのサンプルプログラムをエディタに入力し、それを改変して自分の診断メーカーを作成する。そして④ネットワークの構成、情報を伝える仕組みについて知る。⑤ではコマンドプロンプトを開き、Pythonで書かれたWebサーバを起動し、自己紹介のHTMLを教室内でお互いに見る。そして⑥診断メーカーのCGIプログラムを実行し、プログラムでHTMLを動的に作成する方法を知る。⑦でCGIプログラムにパラメータを渡す方法とHTMLフォームを知り、自分の診断メーカーを制作する。そして⑧これまでの学習を振り返りコンピュータを使った情報処理について学ぶ。

これらの各時の学習指導案を準備し、教材として手元資料(A4, 10ページ)と説明に使うスライドとサンプルプログラムを制作した。

2.2 教材の検証方法と結果

用意した資料や説明スライド、サンプルプログラム等で授業実践が可能か確かめるため、HTMLの作成、Pythonプログラミングの経験がない大学生1名に対し3時間の授業実践を行った。

その結果、HTMLファイルの作成、診断メーカーの制作ができ、授業実践のスライド、説明に問題はなかった。英単語のスペルミス、全角半角の間違ひがあるものの特につまずくことなく制作し、Pythonでプログラムを書き実行できていた。

表2 電子掲示板作成を通して学ぶ学習指導計画

時	構成	学習活動・内容
7	【Ⅲ】 電子掲示板の制作	⑨ 電子掲示板を構想する。
8		⑩ 電子掲示板の基本形を制作する。
9		⑪ 電子掲示板を工夫する方法を知る。
10		⑫ 電子掲示板の見た目を考える。
11		⑬ ユニバーサルデザインについて知り、考える。
12		⑭ 情報モラルについて知り、考える。
13		⑮ 電子掲示板を見直し、修正、改善、追加する。
14		⑯ 制作した電子掲示板を評価する。

3 電子掲示板の制作

3.1 学習指導計画

【Ⅰ】【Ⅱ】に続き、作品として【Ⅲ】電子掲示板の制作をする学習指導計画を立てた(表2)。まず⑨電子掲示板とそれを応用した学級日誌がどのようなものか触れて、各時の電子掲示板を構想する。そしてテンプレートを基に⑩基本形を制作し、⑪ラジオボタンやチェックボタンなどについて学び、⑫CSSについて知る。そして⑬ユニバーサルデザイン、⑭情報モラルについて学び、⑮電子掲示板を改良して、⑯制作したものを評価する。

これらを学ぶための各時の学習指導案を準備し、教材として説明資料(A4, 52ページ、【Ⅰ】【Ⅱ】の再掲を含む)とサンプルプログラムを制作した。

3.2 教材の検証方法

HTMLの作成、Pythonプログラミングの経験があり、教育実習での実習経験がある大学生3名に対し、作成した資料、電子ファイル一式を渡し、各自のパソコンでPythonの開発環境を整えてもらった。1週間~10日を目安に電子掲示板の制作を行ってもらった。わからないことがあればLINE等で尋ねるように伝え、学ぶのにかかった時間を測っておくよう頼んだ。電子掲示板が完成した後、完成したファイルを提出してもらい用意した質問紙に答えてもらった。質問紙では、自身のプログラミング経験と理解度(選択肢)、電子掲示板の制作で楽しい、面白いと

思った点(自由記述)、電子掲示板の特徴、作成時間、中学校で授業実践すると仮定して、コンピュータ同士を接続する方法、ネットワークの構成など学習指導要領で指導が求められている内容が学べると考えるか(4件法)、全体を通しての感想・意見(自由記述)を尋ねた。

3.3 大学生の制作した電子掲示板

大学生3名は説明資料を使い、オリジナルの掲示板を制作できた。2名は掲示板サイトを1名はトレーニング日誌のサイトを作った。図1と図2のうち2名が作成したサイトを示す。図1を制作した大学生は制作に5時間、図2ともう1名の掲示板サイトを作成した大学生はそれぞれ7時間かかった。

3.4 質問紙によるアンケート結果

質問紙の「電子掲示板を作っている途中楽しい、おもしろいと思ったところはあったか」の質問に、「自分のイメージしたものが実際に作れるところ」「自由に電子掲示板を設計できるところ」「できない、わからなかったことが解決したとき」という回答を得た。全体を通しての感想、意見には次のような記述があった。

- ・ プログラムを書く中で必要なタグとその役割について、エラーの内容がどのようなものなのかを学ぶ機会ができ良い体験になった。
- ・ それぞれの構文についての説明もあり、今何を作っているかを確認しながら作業することができた。
- ・ 資料以外にも様々なフォームやタグが存在すると思うので、機会があれば使ってみたいと思う。
- ・ 自分が作りたかったものができたときは、達成感を得ることができた。
- ・ 機会がないと Web ページ作成は自分からはしないので、とても良い経験ができた。

したがって、用意した説明資料は制作に役立ち、オリジナルの電子掲示板を作ることに関心を持って取り組んでくれたと考える。中学生にもこのような感想が出ることを期待したい。

中学校技術・家庭科技術分野の内容Dの授業実践で電子掲示板を制作すると仮定して、中学生が学び、あるいは考えることができると思うか9つの質問を4件法で尋ねた。回答は、はい、どちらかといえばはい、どちらかといえばいいえ、いいえの、該当する段階に○を付けてもらった。各質問と○をつけた人数を表3に示す。1)コンピュータ同士を接続する方法、2)情報通信ネットワークの構成、6)Webでの情報表現については学べると思うと回答している。7)ユ



図1 静的HTMLで書いた電子掲示板の入口ページ(上)とCGIで出力する電子掲示板(下)

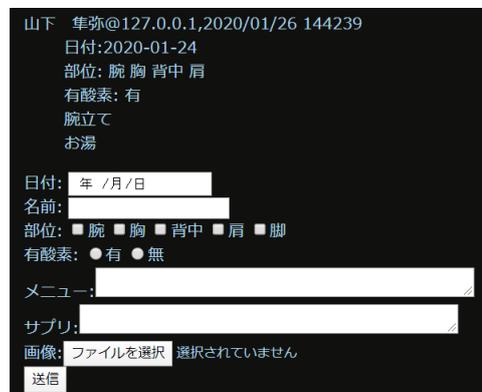
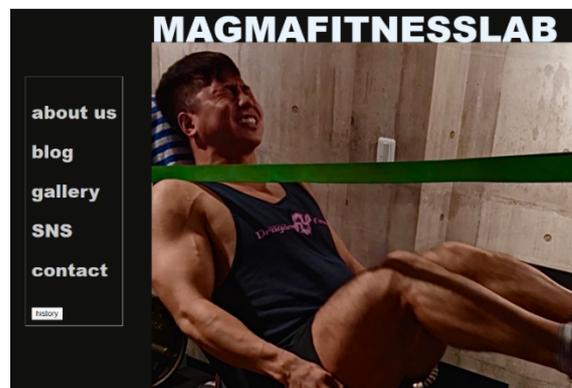


図2 静的HTMLで書いたトレーニング日誌の入口ページ(上)とCGIの出力するトレーニング日誌(下)

ユニバーサルデザイン、8)知的財産権、9)情報モラルについて考えることができると回答している。

しかし、4)ルータの働き、5)パケット通信については、制作している上で実感を持っていないようである。そのため、授業の内容や制作をさらに工夫しなければならないとわかった。3)サーバの働きに関しても学ばせ方に工夫が必要と考える。例えば、サーバが起動していないときに閲覧するとどうなるかについて知ること、自分が作ったもの、他の人が作ったものを見せ合う時間を制作途中に取るなどで学びやすくなると思う。

3.5 その他の気づき

大学生であっても慣れない英文字が見にくく、一人で解決できないことがあった。例えば、「name」と入力する部分で「nome」となっていた。つまりプログラミング経験が多少ある大学生であっても、誤字の修正、エラーへの対処についてどこが間違っているのかを自分で見つけられない、見つけにくいことがあった。また、渡された資料を読んでオリジナルの電子掲示板が完成するまでに、5時間あるいは7時間かかったことから、中学生の場合にはそれ以上の時間がかかると想定し、短く簡単に入力することができるようにライブラリやサンプルプログラムを改良するといった工夫と、授業時間外で制作できる環境を整える必要があると考える。

表3 アンケートの質問と各質問の選択肢毎の回答者の人数

質問	どちらかといえ はい		どちらかといえ いいえ	
	はい	いいえ	はい	いいえ
1) コンピュータ同士を接続する方法について学ぶことができると思いますか?	2	1		
2) 情報通信ネットワークの構成について学ぶことができると思	2	1		

ますか?			
3) サーバの働きについて学ぶことができると思いますか?	1	1	1
4) ルータの働きについて学ぶことができると思いますか?		1	2
5) パケット通信について学ぶことができると思いますか?		1	2
6) Webでの情報表現について学ぶことができると思いますか?	2	1	
7) 電子掲示板の文字の大きさ、文字の色やフォント、背景の色・画像、レイアウト、入力フォームを考えさせることで、ユニバーサルデザインについて考えることができますか?		3	
8) 制作を通し、著作権や肖像権などの知的財産権について考えることができますか?		3	
9) オリジナルの電子掲示板のルールを考えることによって、個人情報の保護や情報モラルについて考えることができますか?		3	

4 データベースを使用した Web サイトの制作

4.1 学習指導計画

【Ⅰ】【Ⅱ】に続き、作品としてデータベースを使用した Web サイトを制作する学習指導計画を立てた(表 4)。^⑰でデータベースについてスマートフォンの連絡帳を例に説明する。次に、データベース(SQLite3)を操作する方法を説明し、^⑱成績管理 Web サイトの制作を通して、Python のプログラムからデータベース(SQLite3)を操作する方法を説明する。

【Ⅴ】では、お小遣い帳サイト、Instagram 風、フリーマーケットサイトの 3 つのいずれかを基に自分の Web サイトを制作する。

これらの教材として【Ⅳ】【Ⅴ】の説明資料(A4, 70 ページ)と^⑰^⑱を説明するためのスライド、サンプルプログラムを制作した。説明資料ではお小遣い帳サイト、Instagram 風サイト、フリーマーケットサイトのいずれの説明だけを読んでもよいようにしている。そのため制作例の最初でデータベースの仕組みをどのように使っている Web サイトなのかを説明している。

例えば、お小遣い帳サイト(図 3)の場合は、フォームに日付、収支、金額、内容を入力すると、記録データとしてデータベースに追加し、データベースに追加した記録データを日付で検索して記録データを一覧表示したり、収支金額の合計を計算して表示できることを説明する。そしてプログラムを説明する(図 4)。まず、図 4 の^①記録欄と記録一覧表示欄の HTML を出力するプログラムを説明する(図 5)。そして図 4 の^②収支金額表示欄、図 4 の^③記録データ削除ボタン欄、図 4 の^④検索欄と検索結果ページの順に機能を追加していきながら制作する。

4.2 教材の検証方法

教材の検証のため大学生 3 人に協力してもらった。大学生 A は HTML、Python、B は HTML、C 言語、C は HTML、C++ 言語の記述経験がある。データベースについては 3 人とも知らなかった。まず【Ⅰ】【Ⅱ】【Ⅳ】の資料とスライドを使い、大学生 A、B、C 個別に授業形式で説明した。その後【Ⅳ】【Ⅴ】の説明資料とサンプルプログラム等を渡し、1 週間を目安に^⑲^⑳の制作活動を行うよう頼んだ。制作完了後質問紙で理解や感想を尋ねた。

表 4 データベースを使用した Web サイト制作の学習指導計画

時	構成	内容
7	【Ⅳ】 成績管理 Web サイトの制作	^⑰ データベースについて知り、SQL 文で SQLite3 操作する。
8		^⑱ Python のプログラムから SQLite3 を操作する方法について知り、簡単な Web サイトを制作する。
9		
10	【Ⅴ】 データベースを利用した Web サイトの制作	^⑲ データベースを使用した Web サイトの制作例を真似て Web サイトを制作する。
11		^⑳ 制作例を参考にデータベースを使用した Web サイトを構想し制作する。
12		
13		
14		
15		
16		

記録する フォーム

日付: yyyy/mm/dd 収支: 収入 金額: 入力

日付検索

day2 2021/01/15 日 ~ day3 2021/01/20 日 検索

日付	収支	金額	内容	
2021-01-14	収入	98000円	給料	削除
2021-01-15	支出	9000円	焼肉に行った	削除
2021-01-18	支出	3000円	服を買った	削除
2021-01-20	支出	12000円	靴を買った	削除
2021-01-23	収入	9000円	宝くじ当たった	削除

収入合計 107000円
支出合計 24000円
収支合計 83000円

一覧表示

図 3 お小遣い帳サイト

①: 記録欄

④: 検索欄

①: 記録一覧表示欄

②: 収支金額表示欄

③: 削除欄

④: 検索結果ページ

図 4 小遣い帳サイトの各機能

```

<select name="shusi">
  <option value="">-</option>
  <option value="収入">収入</option>
  <option value="支出">支出</option>
</select>
<br>
<input name="money">円

```

図5 プログラムとその説明

4.3 教材の検証結果

協力してくれた大学生の場合は【I】【II】の合計で約1時間半、【IV】についても約1時間30分で授業を進められた。授業内容について理解できたか尋ねると理解できたと全員から返答があった。一方、ファイルを保存するフォルダの位置の間違え、スペルミス、半角全角の間違い、インデントの間違いなどがみられた。

【V】のWebサイトの制作には約5時間かかった。大学生が制作したWebサイトを図6～図8に示す。3人とも小遣い帳サイトを基に制作していた。また、大学生Aはトレーニング検索欄、大学生Cはタイトル検索欄を、インスタグラム風サイトの例を参考に工夫している。

理解度と説明のわかりやすさなどについて4件法で尋ねた結果を表5に質問と共に示す。回答から全体を通して教材に大きな問題は見られなかったとわかる。また自由記述で回答を求めた「Webサイトを制作してみて楽しい、おもしろいと思った事があれば教えて下さい」という質問には

- 自分で書いたプログラムが思うように動いたところはおもしろい
 - 意外と簡単に検索機能があるWebサイトを制作できて楽しかった
- という回答があった。

しかし、「Webサイトを制作中に難しかった事、つまづいた事があれば教えて下さい」という質問には

- 1字のスペルミスでプログラムが正常に実行されないのが、間違えている箇所を探すのが大変だった
 - プログラムの説明は理解できたが、プログラムを真似して書いたつもりがエラーになってしまった
 - 英単語の文字が難しくて書き間違えた
- という回答があった。したがって、英単語のスペルミスを減らす工夫や教材のプログラムの説明を見やすく改良する必要があると考える。

5 まとめ

CGIの仕組みを利用した電子掲示板とデータベースを利用したWebサイトを制作するための教材として、学習指導計画を立て、指導案と教材として手元資料、スライドを作成した。大学生に対して、指導計画のうちスライドを作成した部分について講義を実施し、電子掲示板またはデータベースを利用したWebサイトの制作をしてもらった。その結果、教材が有用であることがわかった。一方で、プログラムの入力ミスが散見され、自分では発見できない場合



図6 大学生Aが制作した筋トレ管理帳サイト

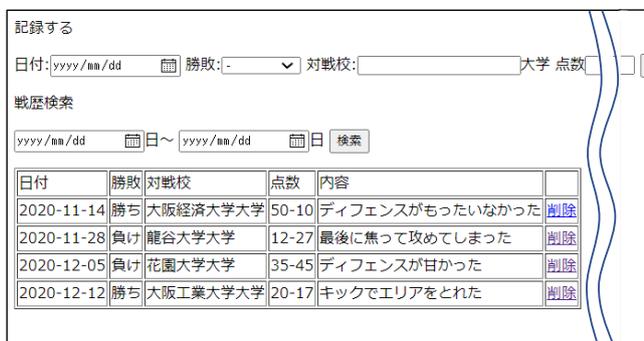


図7 大学生Bが制作した試合結果記録サイト



図8 大学生Cが制作したパスワード管理サイト

が見られたことから、そういったエラーを少なくなるような工夫が今後の課題である。

表 5 アンケートの質問と各質問の選択肢毎の回答者の人数

質問	回答者の人数			
	はい	どちらか といえ ばはい	どちらか といえ ばいい え	いい え
1) HTML の書き方が分かりましたか?	3			
2) 簡単な Python のプログラムが書けるようになりましたか?	2	1		
3) データベースの説明はわかりやすかったですか?	2	1		
4) データベースを使用した Web サイトの仕組みを理解できましたか?	2	1		
5) 制作例のプログラムの説明はわかりやすかったですか?	3			
6) 文書の制作例とそのプログラムの説明は Web サイトを構想するヒントになりましたか?	3			
7) プログラムのエラーに自分で気がついて修正できるようになりましたか?	2	1		

参考文献

- [1] 文部科学省: 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 技術・家庭編, 開隆堂出版株式会社, (2018)
- [2] 西ヶ谷浩史, 兼宗進, 紅林秀治: 中学校技術科におけるドリトルを利用した通信プログラムの実践, 情報処理学会 コンピュータと教育研究会第 134 回研究発表会, 情報処理学会研究報告, vol.2016-CE-134, no.18, pp.1-4, (2016)
- [3] 竹野英敏ほか: 技術・家庭 [技術分野], 開隆堂出版株式会社, (2021)
- [4] 田口浩継ほか: 新しい技術・家庭 技術分野 未来を創る Technology, 東京書籍株式会社, (2021)
- [5] 尾崎誠, クジラ飛行機(酒徳峰章): 「なでしこ」で安心プログラミング, 教育図書株式会社, <https://www.kyoiku-tosho.co.jp/questionary/nadeshiko.html> (2022 年 2 月 17 日閲覧)
- [6] 光永法明: CGI による動的なネットワークサービス提供体験ができるプログラミング教材の提案, 情報処理学会 コンピュータと教育研究会 153 回研究発表会, 情報処理学会研究報告, Vol.2020-CE-153, No.21, pp.1-4, (2020)

円盤状ロボットに対する五特徴点を用いた向きの推定方法 の提案と評価

Proposal and Evaluation of Orientation Estimation Method Using Five Feature Points for Disk-shaped Robots

張 赫 田邊 稜汰 藤井 穂尊 白石 大河 植村 渉

He Zhang , Ryota Tanabe , Hotaka Fujii , Taiga Shiraishi and Wataru Uemura

龍谷大学
Ryukoku University

Abstract: 現在, 少子高齢化が進み, 製造業, 医療現場など様々な分野で, 人手不足になるため, 自律移動ロボットの導入が期待されている. ロボットの導入により, 作業者の負担の軽減や作業コストの削減の利点もある. これらの現場では, 複数の移動ロボットが部品や製品の搬送を行っており, 特にその移動時の衝突回避技術が重要とされている.

自律移動ロボットは移動時に目的地までの経路を作成する. しかし, 作成した経路が他のロボットの経路と重複すると, 衝突する危険性がある. ここで, 他のロボットの経路を知ることができない場合は, ロボットの移動から予測することになる. すなわちロボットの位置の差分情報が必要となり予測までに時間がかかる. ある時間でのロボットの状態から進行方向を予測することができれば, 衝突回避を素早く行うことが期待できる.

本研究では, 衝突の危険を減らすために, 相手ロボットの進行方向を推定することを目的とする. 今回対象とするロボットは円盤状の形をしており全方位に移動可能なオムニホイールを搭載している. このロボットには半円状の制御基板部が搭載されており, 基板部が搭載されていない方向がロボットの設計上の正面となっている. まず, 競技大会の動画より, このロボットの進行方向の割合を確認する. 次に, 制御基板部をカメラ画像から抽出することでロボットの正面方向を推定し, 先ほどの進行方向の割合と合わせることで, 実際にロボットが進む方向を推定する方法を提案する. そして, 提案法の有効性を調べるため, ロボットの設置向きと推定向きの関係を調べる. 推定結果の正解率と検出率を分析し, 提案法の性能を考察する.

1 はじめに

近年, 労働力不足のため, 工業生産に対して効率的で低コストの作業が要求されている. 自律移動ロボットは生産の搬送フェーズに導入され, 搬送対象と作業環境に応じて様々なプロパティが要求されている. 特に, ロボットの移動の安定性と安全性は不可欠である.

RoboCup Logistics League(RCLL)では, 多品種少量生産に対応する工場環境を想定する. そのため, 頻繁に変化する環境下での無人搬送が求められており, 多数のロボットが走り回っている. 故に, 移動軌跡中ではロボット同士や作業者と衝突しないように正確で迅速な回避が重要である.

従来では, Laser Range Finder (LRF)から得られた点群データで障害物や動物体を検出して回避する. こ

の場合, 動物体の移動推定に時間がかかると, 衝突が起こる可能性がある.

RCLL の過去の試合の動画を見ると, ロボットの移動方向はロボットの向いている方向に関係することが分かる. よって, ロボットの向きを推定できれば, ロボットの移動方向の予測につながる. 本研究では画像認識を使用してロボットの5つの特徴点を検出し, 現在の向きを推定する. これにより, 移動方向を予測する目的を達成する. 第2章ではRoboCup Logistics League(RCLL)とRobotinoについて説明する. 第3章ではLRFを用いる衝突回避方法について述べる. 第4章では提案手法について紹介する. 第5章では提案法の実験評価と考察を述べる. 最後に, 第6章で本論文をまとめる.

2 RoboCup Logistics League (RCLL)

多品種少量生産に対応する柔軟なオートメーション化した工場での自律移動ロボットの技術を競う大会として、RoboCup Logistics League (RCLL)がある。この大会では、フィールドに設置された Modular Product System (MPS) と呼ばれる作業ラインに移動式ロボットが部品を運搬し、MPS が組み立てなどを行い、注文に応じた製品を仕上げることでスコアを競う。

自チームのロボットと協力して作業を行うだけでなく、相手チームのロボットとも同一フィールド上で競うため、衝突回避を行う場面も存在する。

2.1 Robotino

自律移動ロボットとは人間が操作しなくても、ロボット自身がセンサを使って、周囲の環境を把握し、単体で移動するロボットのことである。

RCLL では各チームはフェスト社製の移動式ロボットである円盤状の形をした Robotino を用いる。そこで本研究では Robotino を検知対象のロボットとして扱う。

Robotino には、3 輪のオムニホイールを搭載している。また、上部には制御基盤部とカメラやセンサを搭載しており、全方位への移動や周囲の観測ができる。

3 LRF を使った移動体の検知

本章では、移動式ロボットが周辺の動物体を検知する方法について紹介する。具体的には LRF を使って得た点群に対して、時間軸の差分を取ることで移動する方向を計算する方法である。

3.1 Laser Range Finder (LRF)

移動式ロボットでは、ロボット周辺の環境を把握する外界センサとして、測域センサの一種である Laser Range Finder (LRF) を用いることが多い。測域センサとは、走査型の光距離センサのことである。

LRF では、物体にレーザを照射し、反射にかかる時間や位相変化を測定することで距離を計測する距離センサである。モータを使って回転することで、周囲 360 度に対する距離測定が可能となり、角度と距離情報を返す。

3.2 動物体の検知と回避

環境中の動物体の位置は時間によって変わってい

るため、異なる時間に収集されたデータを比較すると動物体を検出できる。

LRF を使用して、一定の期間にわたって点群データを収集し、時刻 t から $t-n$ までのデータを用いて差分処理を行う [2]。これにより環境中の動物体のみを検出する。

ロボットは検出された動物体の移動方向と自ロボットの走行経路を比較し、衝突の可能性を判断する。衝突が予測されるとき、ロボットは減速して動物体の移動を優先したり、別の経路を考えたりして衝突を回避する [3]。衝突を成功に回避してから、予定走行軌跡に戻るか新しい経路計画を立つ。

3.3 従来法の問題点

衝突回避の際、選択した経路が、他のロボットの経路と重複してしまうことや、他のロボットの進行方向が予測と異なったときに衝突する恐れがある。

4 五特徴点を用いた Robotino の行進方向推定法

本章では Robotino に対する五特徴点を用いた向きの推定方法を提案する。行進方向と設計上の正面の関係を調べ、画像認識で検出した特徴点を用いてロボットの行進方向を推定する。

4.1 競技中 Robotino の進行方向

Robotino の設計上の正面に対して、実際の移動方向の割合を調べる。次に、ロボットの設計上の正面を検出するために制御基板部の両端を抽出することで、ロボットの向きを推定する。

RCLL の 2016 年と 2017 年の決勝戦の動画を参照し、Robotino の進行方向を調べた。表 1 はロボットがカメラやセンサが付いている方向に移動した時間の割合を示している。

表 1 進行方向の割合

	2016 年	2017 年
競技時間	20 分 27 秒	19 分 49 秒
カメラやセンサが付いている方向に移動した時間	16 分 10 秒	17 分 37 秒
カメラやセンサが付いていない方向に移動した時間	13 秒	12 秒

よって、カメラやセンサがついている方向を進行方向として扱っても問題ないことが分かる。

4.2 ロボットの正面方向の推定

Robotino のボディ部分は円形、制御基板部は半円である。したがって、ロボットの回転をある場所から撮影すると、画像内のボディ部分の長さは Robotino の直径であるため回転に関係なく一定であるが、制御基板部の両端の長さは回転に伴って変化する。具体的には、正面や後ろを向いているときは Robotino の直径に一致し、そこから 90 度回転して右や左を向いているときは両端が重なるため長さは 0 になる。

対象とするロボットの制御基板部の両端と、ロボットのボディ部分、そしてそのロボットに搭載しているカメラを、カメラ画像から検出して特徴点として扱うことで、基板部両端の見かけ上の長さ、ロボットの見かけ上の直径を計算できる。そして、カメラと基板部両端の相対位置、基板部両端の見かけ上の長さで見かけ上の直径の比率で向きの角度を算出する。この比率は、式(1)を満たす。

$$r_r \times \cos \theta = r_h \quad (1)$$

ここで、 r_r はロボットの直径、 r_h は基盤部の見かけの直径、 θ はカメラに対するロボットの向きである。これより、 r_r と r_h から θ を求めることができる。図1は各変数の関係を示している。図2はカメラ画像から検出する五つの特徴点のイメージ図である。

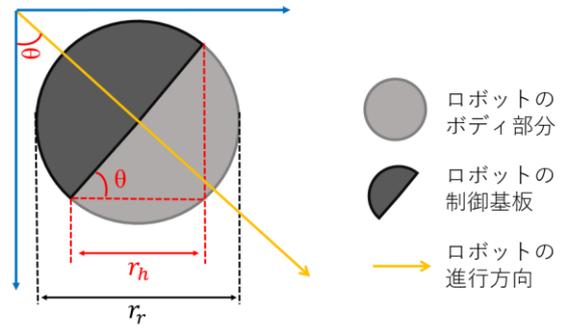


図 1 Robotino 上面図

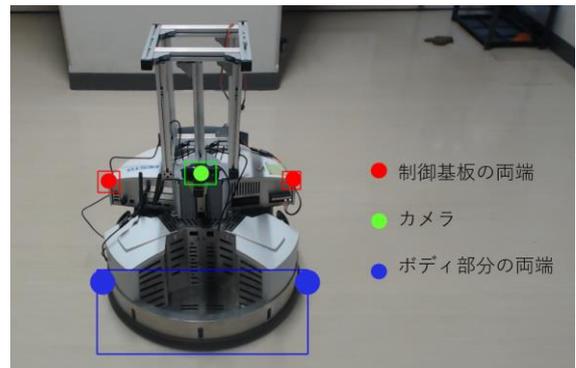


図 2 五特徴点のイメージ図

画像認識で取得した五特徴点の情報と(1)式からロボットの角度が算出できる。更に、カメラの位置と基盤部の中心の位置関係でロボット向きの左右を推定する。

5 提案手法の有効性の実験と評価

本章では、提案手法の性能を評価するために行った検証実験について述べる。評価指標は向きの異なるロボットに対する正面方向推定の正解率を使用する。また、正解率の低い場合は推定失敗の原因を考察する。

5.1 実験方法

本実験では、Robotino 制御基板上部が見えるように高さ 1m の位置にカメラを固定する。衝突回避の判断が必要だと想定された 1m から 2m の距離に Robotino を設置する。実際の競技では、格子状のマス目を走行することが多く、ロボットの移動角度は 45 度単位になることが多い。したがって、Robotino の角度を 45 度単位で設置する。この実験条件下で、ロボットの向きを推測する。推測したロボットの向きと実際の向きを比較して、正解率を調べる。移動

式ロボットとして Robotino4 を、カメラは Logicool C920 を使用した。表 2 に Logicool c920 のスペックを表す。また実験のイメージ図を図 3 に示す。

表 2 Logicool c920 のスペック

最大解像度:	1920×1080
カメラ画素数 (メガピクセル)	3
対角視野	78°

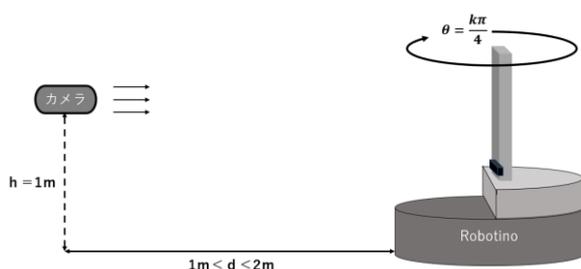


図 3 実験のイメージ図

本研究では, Imglab を使用し, ロボットの五つの特徴点を認識した。

Imglab とは, 物体検出や顔認証モデルにも適した無料の画像アノテーションツールである。dlib という C/C++ ベースのコンピュータビジョンライブラリに同梱されている画像アノテーションツールであり, 物体検出用の Bounding Box および, 姿勢推定等に使用可能な特徴点をプロット可能である。

5.2 実験結果

実験結果を図 3 に示す。ロボットが左の向きを 0° にして, 横軸を Robotino の実際角度, 縦軸を正解率とした。ただし, 実際角度との差が 22.5° 以内であれば正解として扱った。

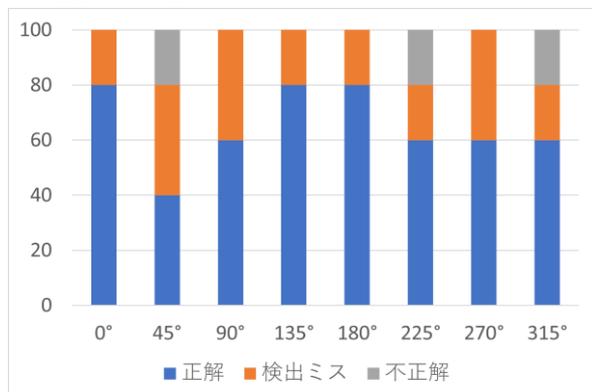


図 3 実験結果

5.4 考察

実験結果より, 提案法の検出ミスは約 27.5% となり, 全体的には 65% の正解率を持っている。検出できた場合, 正解率は約 90% になった。

図 3 より, 90° (真正面) と 270° (真裏) で正しく検出できないことが多い。これは, ボディ部が検出できたが, 実際の長さとは異なる長さで認識したために発生したミスと考えられる。また, 他の角度では, 支柱やカメラが基盤部の端に重なることで, 検出できず, 進行方向予測できないこともあった。

しかし, 5 つの特徴点を検出できればロボットが進む方向を推定できることがわかった。

6 おわりに

本研究ではロボット同士の衝突を防ぐため, 画像認識を用いて, ロボットの向きを取得し, 自ロボットに向かって進行してくる他のロボットの進行方向を予測する方法を提案した。進行方向予測を行ったところ, 支柱やカメラが基盤部の端に重なることで正しく検出できないことが原因により, 進行方向予測できない角度があった。今後, 学習のための写真を増やして精度の向上を試みたい。

参考文献

- [1] 津田諒太, 植村渉: 距離情報を用いた物体認識に関する一考察, 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会, pp. 1003-1004, (2016)
- [2] 岩科 進也, 山下 淳, 金子 透: LRF 搭載移動ロボットを用いた動的環境における 3-D SLAM, 第 26 回日本ロボット学会学術講演会 予稿集 (RSJ2008), RSJ2008AC2H2-03, pp. 1-4, 神戸, (2008)
- [3] 石田卓也, 山田大地, 岡村公望, 大矢晃久, 油田信一: 再利用性を考慮した移動ロボット用ソフトウェアモジュールの開発 — 目的地までの指定経路走行に適した障害物回避手法 —, 第 27 回日本ロボット学会学術講演会, 2Q2-01 (2009.9)

高さ情報による点群内の立方体と壁の物体分離手法の提案と評価

About recognizing walls and MPS using height information

for RoboCup Logistics League

白石 大河 清水 大雅 藤井 穂尊 張 赫 植村 渉

Taiga Shiraiishi, Taiga Shimizu, Hotaka Fujii, He Zhang, and Wataru Uemura

龍谷大学

Ryukoku University

Abstract: 近年、工場などの生産現場では、変種変量生産とそれに伴った作業の効率化を図った機械による生産の自動化を目指している。変種変量生産体制では多様なニーズに対応するため、生産ラインの入れ替えがしばしば発生する。そのため、ロボット自身がライン上の加工機器の位置を素早く正確に把握することが重要である。

そのようなラインの頻繁な変更を題材とした競技大会として、RoboCup Logistics League (RCLL)がある。自律移動型ロボットが8m×14mのフィールドにて、注文に応じて必要となる部品を加工機器であるModular Product System (MPS)に部品を運搬し、MPSがそれを加工し、再度移動ロボットがそれを次のMPSに運搬をして競技を進める。MPSの配置はロボットには未知である。そのため、MPSを検出する必要があり、Laser Range Finder (LRF)などのセンサを用いて、MPSの面と同じ長さの水平方向の直線を見つけることでMPSを検出している。また、フィールド外周に設置される壁は高さ50cmで、少なくとも50%から70%以下を囲むという規定がある。しかし、壁の前にMPSなどが重なるなどにより見える部分がMPSの長さと同様に見えるときに、壁をMPSと誤検知する場合がある。

本研究では、このような壁とMPSの長さが類似して誤検出する場合に対して、ステレオカメラによる高さ情報を用いて壁とMPSを区別する方法を提案する。ステレオカメラはLRFに対して視野角が狭いため、適用できる範囲が狭くなることが考えられる。そこで、カメラの前にMPSを1つ設置して、見える範囲と認識率の関係を調べた。

1 はじめに

近年、工場などの生産現場において、多様なニーズに合わせて色々な種類の製品を扱う変種変量生産体制が注目されている。変種変量生産の生産形態を取る工場では、生産ラインの頻繁な変更が想定される。そのため、ロボットは加工機器の位置の変更といった生産ラインの変化に柔軟に対応する必要がある。

頻繁に生産ラインが変化する工場で、ロボットが自律的に作業することを想定した競技大会としてRoboCup Logistics League (RCLL)がある。競技にはModular Production System (MPS)と呼ばれる加工機器を使用する。MPSは長辺70cm、短辺35cm、高さ70cmの立方体となっている。

RCLLにおいてフィールド上のMPSの位置を、ロボットが探索する課題が存在する。従来では、Laser Range Finder (LRF)を用いて得られた距離と角度の

情報から点群を作成し、点群中に長さ70cmの直線があった場合に、その直線をMPSの長辺として検出していた。しかし、同じような長さの壁がある場合や、それより長い壁を手前にあるMPSなどが遮ることでセンサ側から見たときに壁が70cmに見える場合など、誤検出の可能性はある。

そこで、本研究ではMPSと壁の高さが異なることに注目し、高さ情報からMPSと壁を区別する方法を提案する。高さ情報を取得するためにステレオカメラを用いる。ステレオカメラから取得した点群データからMPSと壁の分離を行う。実験では、MPSが壁に隣接する場合において提案手法が有効な範囲を調査し、範囲内での検出率、誤検出率を測定することを目的とする。

第2章ではRoboCup Logistics Leagueについて紹介する。第3章ではフィールド上に配置されているMPSの検出方法について紹介する。第4章ではステレオカメラを用いて壁とMPSを分離する方法を提

案する。第 5 章では実験と評価について述べる。第 6 章ではまとめについて述べる。

2 RoboCup Logistics League (RCLL)

本章では、RCLL と競技に使用する機器について述べる。RoboCup は、自律移動型ロボットを用いた国際的な競技会である。Logistics League はオートメーション化した工場を舞台とした RoboCup Industrial に含まれる。競技には 8m×14m のフィールドを使用し、周囲は 50%以上 70%以下を壁で囲っている。フィールドには MPS を計 14 台設置する。試合は Setup phase, Exploration phase, Production phase の 3 つに分けられる。Setup phase はロボットの準備や、MPS の設置など準備にかかるフェーズである。Exploration phase はフィールドにランダムに設置された MPS の位置や向き、種類を識別するフェーズである。Production phase は注文された製品を組み立て運搬し、納品までを行うフェーズである。

RCLL で使う機器として、MPS[1]と Robotino[2]がある。MPS は FESTO 社によって開発、販売される教育用機器である。これは作業内容に応じたカスタマイズが施されており、ベルトコンベアや部品を置く場所などがある。MPS の直方体部分は長辺 70cm×短辺 35cm×高さ 70cm の大きさとなっている。Robotino は Festo 社が開発している自律移動型ロボットで、教育目的のロボットである。

3 MPS の検出方法

本章では、RCLL で従来行われていた MPS の検出方法について述べる。RCLL の Exploration Phase では、フィールドに配置された MPS の位置、向き、そして種類を同定する必要がある、ロボットがフィールドを動き回って MPS を探す必要がある。

3.1 Laser Range Finder (LRF)

自律移動型ロボットが周囲の環境を把握するために使用する外界センサとして Laser Range Finder (LRF)が用いられることが多い。LRF とは、レーザを照射し、反射して返ってくるまでの時間から、物体までの距離を取得するセンサであり、センサそのもの、あるいはレーザを反射するミラーが回転することで、照射角度が変化し、周辺の状況を把握できる。

MPS の検知に LRF を使う場合がある。LRF よりレーザを照射し取得できた点群中に、MPS の長辺側と同じ長さである 70cm を描く直線が検出されたと

き、その直線を MPS の長辺側の直線として、検出することができる。

RCLL では競技フィールド内外を仕切るために壁を設置する。ここで RCLL のルールとして、周の少なくとも 50%から 70%以上を部分的に囲むこととなっている。また、壁の高さは 50cm となっている。しかし、壁の長さに関する規定はなく、MPS と同じような長さの壁がある場合や、それより長い壁を手前にある MPS などが遮る場合などに、壁を MPS として検出する可能性がある。

3.2 ステレオカメラ

ステレオカメラ[3]は 2 台のカメラを用いて、視差のズレを利用し三角測量の原理に基づき距離を計測している。アクティブ IR ステレオ法では、赤外線のパターンを対象に照射し、2 台のカメラで対象物に写った赤外線パターンを観測して、その視差から距離を計測している。

4 提案手法

本章では、MPS と壁の長さが類似して誤検出する場合に対して、高さ情報から MPS と壁を区別する方法について述べる。本研究では、高さ情報を取得するためにステレオカメラを用いる。

ステレオカメラから取得した点群に対して、ユークリッドクラスタリング手法[4]を用いる。ユークリッドクラスタリング手法は、点群間のユークリッド距離でクラスタリングするもので、あらかじめ設定した閾値よりも小さいとき同一のクラスタとするものである。RCLL ではフィールド内で MPS 同士など、物体が隣り合うような場面は少ないため、この手法を採用した。

クラスタリングした点群に対して、鉛直方向の長さを用いて MPS か壁かを判断する。クラスタの高さは、クラスタ内の z 軸値の最大と最小の差とする。MPS の高さは約 70cm であるため、クラスタの高さが 70 cm(± α)であったときを MPS とする。また、それ以外であったときを壁とする。

5 実験と評価

本章では、提案手法の有効性を確認するための実験と評価について述べる。実験ではステレオカメラの一種である RealSense D435i を用いた。また、カメラは地面から約 50 cm の位置に設置した。

点群から MPS を検知するにあたって不必要な点

群を除去するために、点群処理のオープンソースフレームワーク Point Cloud Library のフィルタを用いた。地面などの大きな平面ではクラス間が繋がってしまうことで検出に影響があるため、一定の範囲内にある点群のみを抽出することができる Passthrough フィルタを用いる。次に、大量の点群を扱うため動作が重くなりロボットの行動に影響が出るため、等間隔に点群をダウンサンプリングすることができる Voxel Grid フィルタを用いる。この2つのフィルタを用いることにより、MPS と壁が存在する高さの点群の各格子の重心位置に点を生成することで、ダウンサンプリングを行った。

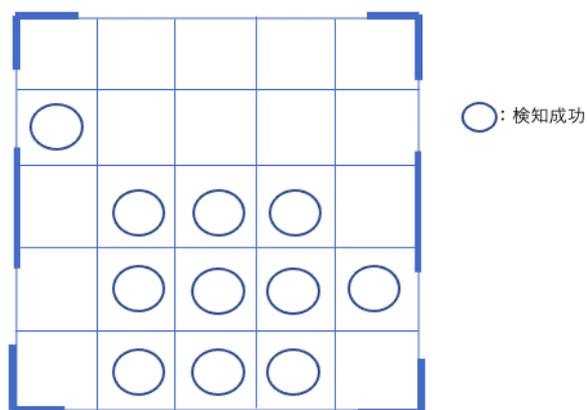


図 5.2 検出に成功した箇所

5.1 検出に有効な距離

ステレオカメラを用いて MPS の検出を行うが、距離が遠い場合ほど、ダウンサンプリングをして得られる点群の情報が少なくなるため、検出が難しくなる。そこで、提案手法の有効な距離を調べるため、図 5.1 のように周囲を部分的に囲った 5m×5m のフィールドを作成し実験を行った。1m×1m でフィールドを区切り、マスに MPS を 1 台置き、カメラを MPS のある方向へと向けて検出を試みることを全てのマスで行った。結果を図 5.2 に示す。

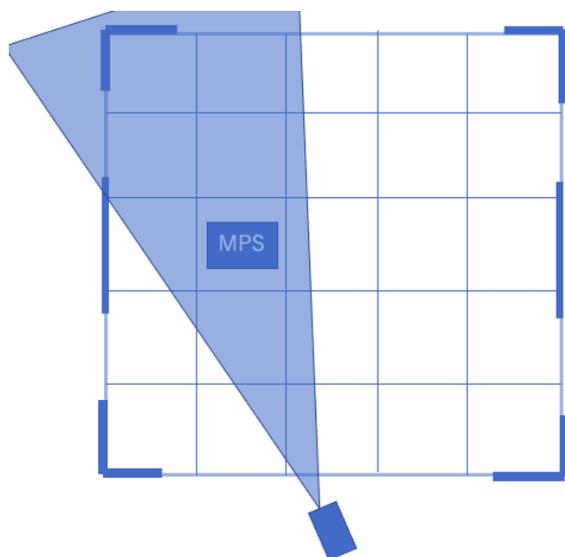


図 5.1 調査の概要図

図 5.2 より、カメラ前方 3m×3m のマスの範囲では検出に成功している事がわかる。それ以上に距離が離れたマスでは検出できなかった場合や壁の背後にある物体を MPS と誤検出していた。よって、提案手法の有効範囲は 3m 程度と考えられる。

5.2 有効範囲内での検出率

誤検出の発生を調べるため、3m×3m のフィールドを作成した。実験には MPS を 1 台、壁は高さ 50cm、長さ 70cm のものを 1 枚と、2 枚の 70cm の壁で構成された L 字型の壁を用いた。本大会では、壁の長さが 70cm の壁は一回も出てきていない。そのため、実験は本大会よりも MPS と壁が誤検知しやすい条件下での実験である。カメラの位置は固定し、フィールドを 1m×1m のマスに分けて A-1~3, B-1~3, C-1~3 とする。図 5.3 にフィールドの概要図を示す。

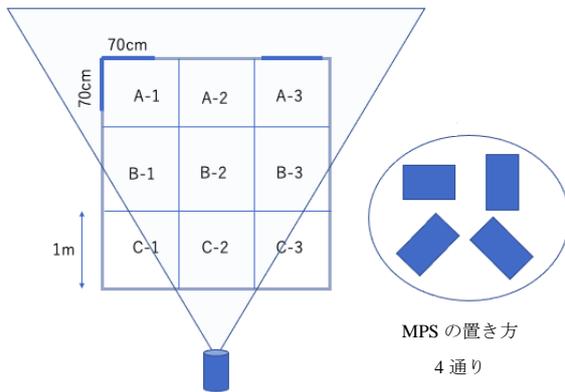


図 5.3 フィールド概要図

MPS と壁の配置する組合せについて考える。MPS の向きは 4 種類あり、マスは 9 マスあるため 36 通りある。しかし、カメラの視野角の問題から C-1 と C-3 のマスは MPS と壁の検出はできないため配置しない。よって、MPS は 28 通りの設置方法がある。また、壁は大会のフィールドで起こりえるパターンから 10 通り選んだ

5.3 実験結果

図 5.4 に検出成功、検出失敗の数を示す。また、表 5.1 に各マスにおける認識率を示す。

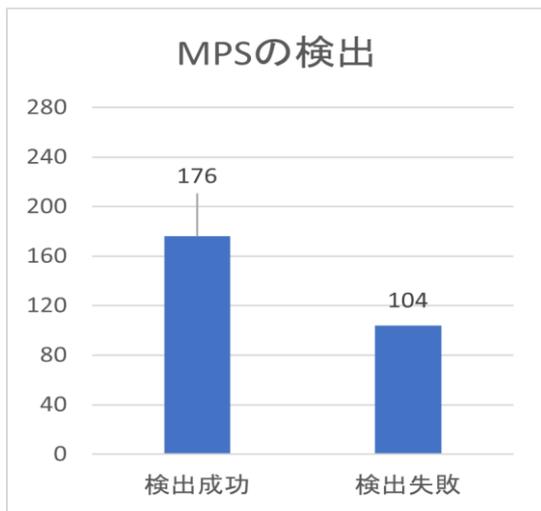


図 9 実験結果

表 1 マスごとの認識率

40%	48%	38%
60%	100%	63%
-	93%	-

5.4 考察

3m×3m の範囲で、提案法での検出失敗が 104/280 で約 37%となった。表 1 より、検出できなかった MPS のほとんどは A の列にあり距離が離れているものだった。これは対象までの距離が大きくなることで、点群が粗になるためだと考えられる。また、誤検出は MPS が長辺側をカメラに向けていて、隣に壁が存在したとき、MPS と壁の点群と繋がることで誤検出していた。これは、図 5.5 に示すように点群が後方に流れる外れ値が原因と考えられる。

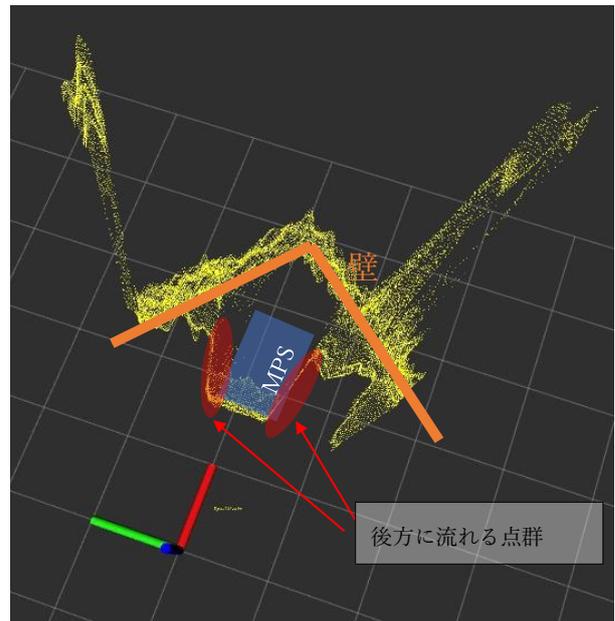


図 5.5 点群の外れ値

6 まとめ

RCLL において MPS を水平方向の長さから MPS を検出する際に、壁を MPS として誤検出する場面があった。本研究では、ステレオカメラから取得した

点群の高さ情報を用いた MPS と壁の分離を提案した。その有効な距離を調査したうえで、範囲内の認識率を調べた。

参考文献

- [1] Yuki Suzuki and Wataru Uemura. A Novel Algorithm Checking for the Line Layout in a Factory. In IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2020), pp.617 -- 619, (2020).
- [2] 鈴木勇貴, 植村渉. タグマーカを用いた自律移動ロボット間の自己位置推定に関する一考察. 人工知能学会第 57 回 SIG-Challenge 研究会, pp. 118 -- 120, (2020).
- [3] 山崎雅起, 岩田将, 徐剛. ステレオカメラと位相シフト方による鏡面と透明物体の 3 次元復元. 情報処理学会論文誌コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM) Vol. 49, pp. 79 – 88, (2008)
- [4] Radu Bogdan Rusu, "Semantic 3D Object Maps for Everyday Manipulation in Human Living Environments," Technische Universität München, PhD dissertation, 2009.

RoboCupの会場を案内するロボットコンシェルジュの提案

A Proposal for a Robot Concierge to Guide the Venue of RoboCup

坪倉和哉¹ 久保谷空史¹ 早苗昭尚² 小林邦和^{2*}
Kazuya TSUBOKURA¹, Takashi KUBOYA¹, Akihisa SANAE², Kunikazu KOBAYASHI²

¹ 愛知県立大学大学院 情報科学研究科

¹ Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

² 愛知県立大学 情報科学部

² School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

Abstract: 本研究では、RoboCupの会場を案内するロボットコンシェルジュ『ロボカップコンシェルジュ』を構築するために、アンケート調査を行い、ロボカップコンシェルジュシステムの提案を行った。アンケートでは、51名の回答者からロボカップコンシェルジュに必要なだと考える情報とロボカップコンシェルジュに聞いてみたいことについて調査を行った。その結果、Webサイトやパンフレットでは得られにくい「試合の見どころ」についてロボカップコンシェルジュに聞いてみたいとの回答が多く得られた。また、アンケートをもとにロボカップコンシェルジュのシステムの提案を行った。

1 はじめに

RoboCupは、西暦2050年「サッカー世界チャンピオンチームに勝てる、自律型ロボットのチームを作る」という夢に向かって人工知能やロボット工学などの研究を推進し、様々な分野の基礎技術として波及させることを目的としたランドマーク・プロジェクトである[1]。毎年世界大会が開催され、日本でも国内大会が全国各地で開催されている¹。2017年に世界大会が、2021年にはロボカップアジアパシフィック2021が日本で開催され、多くの観客を集めている。

RoboCupは関連研究の推進や技術の波及だけではなく、アウトリーチとしての側面も持つと考える。一般の観客にロボットや人工知能技術を目近に触れてもらい、技術に親んでもらう効果が期待できる。また、来場者の中には子どもも多く、次世代を担う世代に対してロボットや人工知能に興味を持ってもらうきっかけともなり得る。そのため、RoboCup ジャパンオープンやロボカップアジアパシフィック2021ではサイドイベントとして、小中高生向けのプログラミング教室が開催されており、たくさん子どもたちが参加している。

RoboCupのサイドイベントでは、RoboCupに関連する技術を子どもたちに触れてもらう機会を提供できるが、RoboCupのメインイベントであるロボットによ

る競技においては、未だ競技者と観客との間に距離があるのではないだろうか。RoboCupにはたくさんのリーグがあり、リーグ毎にルールやタスクが細かく設定されている。そのため、観客が試合を観戦していても、試合の面白みや試合の状況が分かりにくい状態となっている。

そこで本研究では、来場者にRoboCupのイベントをより楽しんでもらえるようにするため、RoboCupの会場を案内するロボットコンシェルジュ『ロボカップコンシェルジュ』を提案する。ロボカップコンシェルジュは会場を単に案内するだけでなく、RoboCupの見どころや各リーグの説明を行うことで、観客がより試合を楽しめるようになることを目指す。これにより、RoboCupの観客と競技者との距離を縮め、観客のRoboCupへの興味を高めることで、観客数や競技人口を増やすことに繋がることを目標とする。

本研究では、ロボカップコンシェルジュ構築の第一歩として、RoboCupの来場者がどういった情報をロボットコンシェルジュに求めるのかアンケート調査を行った(2章)。アンケートをもとに、ロボカップコンシェルジュの対話戦略を設計し、ロボカップコンシェルジュ全体のシステムを提案する(3章)。

*連絡先：愛知県立大学 情報科学部
〒480-1342 愛知県長久手市茨ケ廻間1522-3
E-mail: kobayashi@ist.aichi-pu.ac.jp

¹新型コロナウイルスの影響により、近年はオンライン開催やハイブリッド開催となっている。

2 ロボカップコンシェルジュ構築のためのアンケート調査

ロボカップコンシェルジュを構築するにあたり、ロボカップコンシェルジュにユーザがどういった情報を求めるかアンケート調査を行った。

2.1 アンケートの項目

ロボカップコンシェルジュにユーザがどういった情報を求めるかを調査するため、以下の項目をアンケートで収集した。

- 回答者の属性（年代、性別）
- 「ロボカップ（RoboCup）」を知っているか
- ロボットがロボカップのイベント会場を案内する上で必要だと考える情報
- ロボカップコンシェルジュに聞いてみたいこと

“「ロボカップ（RoboCup）」を知っているか”の項目については、以下の4項目から選択することとした。

- ロボカップの競技に参加したことがある
- 過去にイベントに観客として参加したことがある
- 参加したことはないが、聞いたことはある
- 知らない／聞いたことがない

また、“ロボットがロボカップのイベント会場を案内する上で必要だと考える情報”と“ロボカップコンシェルジュに聞いてみたいこと”については以下の7つの項目から複数選択することとし、自由記述の項目も追加した。

- ロボカップについて
- 試合の見どころ
- 試合のスケジュール
- イベントのスケジュール
- 会場の案内
- 飲食店の案内
- トイレの案内

2.2 アンケートの収集

アンケートはSNSを通じて回答を募集した。募集期間は2022年2月15日から2022年2月21日である。本来は、RoboCupの大会期間中に実施する方が望ましいが、今回は大会期間外に収集を行った。回答数は51であった。回答者の年代構成を図1に示す。また、“「ロボカップ（RoboCup）」を知っているか”の内訳を図2示す。

図1より、20歳代の回答が半数以上を占めるものの、幅広い年代からのアンケートを収集できていることがわかる。図2より、RoboCupについて聞いたことがある人を中心に、RoboCup競技者や過去のイベント参加者、RoboCupを知らない人からアンケートを収集できた。

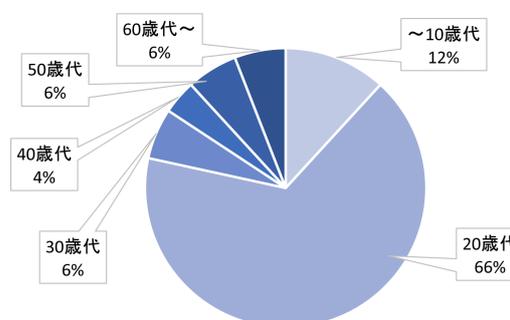


図1: アンケート回答者の年代構成

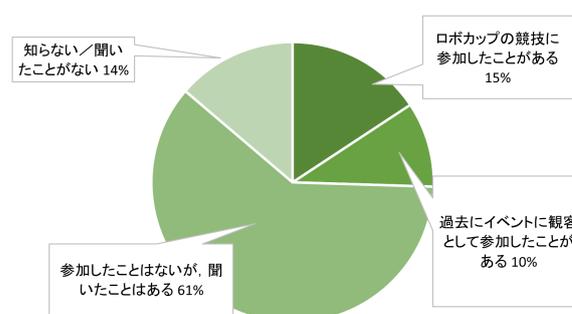


図2: “「ロボカップ（RoboCup）」を知っているか”の内訳

2.3 アンケートの分析

2.3.1 選択式アンケート

“ロボットがロボカップのイベント会場を案内する上で必要だと考える情報”と“ロボカップコンシェルジュ

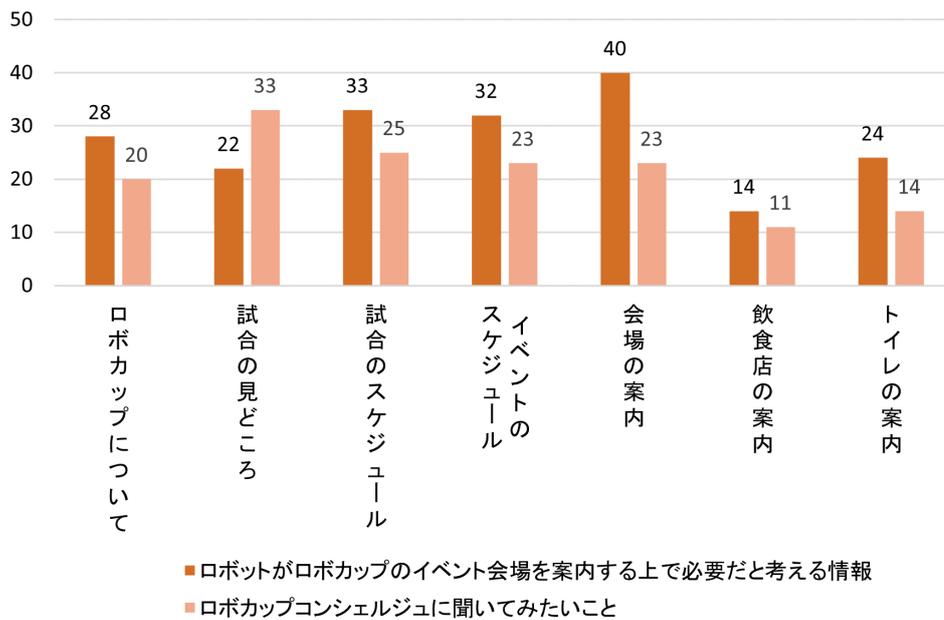


図 3: ロボカップコンシェルジュに必要とされる情報とロボカップコンシェルジュに聞いてみたいこと

に聞いてみたいこと”の集計結果を図3に示す。「ロボットがロボカップのイベント会場を案内する上で必要だと考える情報」は、ロボカップコンシェルジュに必要とされる情報を、「ロボカップコンシェルジュに聞いてみたいこと」は、ユーザが実際にロボカップコンシェルジュに聞いてみたいこととし、2項目を観察することで、来場者がロボットコンシェルジュに求める情報について考察する。

「ロボットがロボカップのイベント会場を案内する上で必要だと考える情報」では、「会場の案内」が40(78.4%)となり、来場者が最も必要だと考える情報とされた。これは質問項目が「会場を案内する上で必要だと考える情報」であるため当然の結果といえる。一方で、実際にロボカップコンシェルジュに聞いてみたいこととしては、「会場の案内」は23(45.1%)となり、ロボカップコンシェルジュに必要とされる情報と比べ、3割以上も回答が減少している。このことから、「会場の案内」はロボットコンシェルジュに必要とされるほど実際には聞かれない項目であることがわかる。しかしながら、約5割の回答者が聞いてみたいこととしているため、ロボットコンシェルジュには必要な項目である。

「ロボカップについて」は、28(54.9%)は必要とされる情報としている一方、聞いてみたいとした回答者は20(39.2%)と4割以下となった。これは、アンケート回答者の約1/4がRoboCup競技者または、過去にイベントに参加したことがある人であることから、RoboCupのイベントにすでに参加しており、「ロボカッ

プについて」ロボカップコンシェルジュに聞いてみたいと回答しなかった影響が考えられる。

「試合の見どころ」は、7つのアンケート項目の中で唯一、必要とされる情報と聞いてみたいことの回答数が逆転している項目である。「試合の見どころ」はロボカップコンシェルジュに必要とされる情報とした回答者は22(43.1%)であったのに対し、聞いてみたいとした回答者は33(64.7%)であり、2割以上回答が増加している。「ロボカップについて」やスケジュールに関する項目、案内に関する項目は静的な情報であり、Webサイトやパンフレットなどでも入手できる情報である。これらの情報は、ロボカップコンシェルジュに必要とされる情報とされても、実際聞いてみたいとされる回答数は減少する傾向が見られた。一方、「試合の見どころ」は試合の雰囲気や注目すべき点など主観的な要素も関わる項目であるから、Webサイトやパンフレットでは伝えきれない部分も多く、それらの媒体では得られない情報をロボットに聞いてみたいとする回答者が多く得られたと考えられる。以上のことから、Webサイトやパンフレットで得られる情報をロボットコンシェルジュに持たせることはもちろんのこと、試合の見どころなどのWebサイトやパンフレットでは得られない情報も持たせることが必要である。

「飲食店の案内」や「トイレの案内」はRoboCup会場を案内する上で必要な情報であると考えられたが、必要だと考えた回答者は半数以下であり、またロボカップコンシェルジュに聞いてみたい情報としても3割以下の回答となった。アンケート調査が大会期間中に実

際に会場に足を運んだ観客を対象としていないことから、これらの情報については必要だと考える回答が少なかつたと考えられる。

2.3.2 自由記述

自由記述では、“ロボットがロボカップのイベント会場を案内する上で必要だと考える情報”として、「会場地図」や「イベント参加の当日予約と受付」といったイベント全体の案内や「RoboCupの細かいルール」や「出場チームの紹介」といった競技に関する情報が必要であると回答があった。「RoboCupの細かいルール」や「出場チームの紹介」については、現状のRoboCupイベントのWebサイトやパンフレットには記載されていない情報であり、会場でも得られにくい情報である。しかしながら、試合を観戦する上で試合のルールやどの大学・団体のチームは試合をしているかといった情報があることで、試合をより楽しむことができると考える。そのため、これらの情報を来場者に提供することは、RoboCupのエンターテインメント性向上のためには必要である。

また、子ども向けに「子どもを楽しませる要素」や「小中学生向けの競技の説明」が必要であるという意見もあった。子どもを楽しませる工夫としてRoboCupやロボット・人工知能技術に関するクイズを用意してロボットとゲームできるようにしたり、子ども向けに分かりやすくRoboCupの競技を説明することが必要である。

“ロボカップコンシェルジュに聞いてみたいこと”としては、「当日イベントの空き状況」、「会場の混雑状況」、「迷子の情報」といった当日のイベント会場の情報や「RoboCupの歴史」、「出場チームの紹介」といったRoboCupに関する情報を聞いてみたいと回答があった。また、「ロボットの調整などの裏話、蘊蓄、開発秘話」や「ロボットがどうやって動いているのか」といった技術部分について触れる回答も得られた。現状はRoboCupイベントに併催して研究会やシンポジウムが開催されており、講演や研究発表がされているが、子どもを含む一般の方が気軽にRoboCupの競技ロボットの仕組みなどを学べる機会があると、RoboCupをより楽しむことができるのではないだろうか。各リーグのロボットの技術動向を集約することで、ロボカップコンシェルジュにはこれらの情報を持たせることは可能である。

また、ロボットのパーソナルな情報として「誕生日」や「特技」を聞いてみたいという回答もあった。パーソナルな情報を予め設定しておき、それを回答することができれば、ロボカップコンシェルジュに親しみを持ってもらうことが可能であると考えられる。

3 ロボカップコンシェルジュの設計

本章では、ロボカップコンシェルジュの設計について述べる。ロボカップコンシェルジュは、ユーザの音声発話やユーザの顔画像を受け取る「入力部」、ユーザ発話に対応する応答を生成する「対話管理部」、対話管理部で生成された応答を出力する「出力部」から構成される(図4)。

対話ロボットとしては、ソフトバンクロボティクス社のNAOを用いる。NAOはRoboCupSoccerの標準プラットフォームリーグで採用されているヒューマノイドロボットであり、介護や教育の分野でも用いられる親しみやすい設計のロボットである。加えて、NAOの隣にディスプレイを設置し、会場の地図や競技の様子などの視覚情報を表示することで、NAOの発話を補助する。

以下、ロボカップコンシェルジュの各部について詳述する。

3.1 入力部

入力部では、ユーザの音声発話やユーザの顔画像を受け取る。マイクによりユーザの発話音声を取得し、Google CloudのSpeech-to-Text API²を用いて、発話テキストを得る。発話テキストは対話管理部に送られる。また、カメラからユーザの顔画像を取得し、Microsoft AzureのFace API³を用いてユーザの年齢を推定する。推定したユーザの年齢情報は後述する出力部の合成音声生成の話速設定の際に用いる。

3.2 対話管理部

対話管理部では、発話テキストに対応する応答文を生成する。前章のアンケート調査の結果を踏まえ、RoboCupに関連する質問に対してはルールベースで返答を行う。アンケートの結果から、試合の見どころやスケジュールに関する質問など、約100のルールを人手により作成した。

しかしながら、作成したルールでは全てのユーザ発話に対応することは困難であり、またユーザはRoboCupに関する質問のみを行うとは限らない。そこで、ルールにマッチしないユーザ発話に関しては生成ベースの雑談対話システムを用いて返答を行う。具体的には、日本語を対象とした雑談対話システムのコンペティションである「対話システムライブコンペティション3」[2]のオープントラック部門優秀賞チームであるILYS aoba

²<https://cloud.google.com/speech-to-text/>

³<https://docs.microsoft.com/ja-jp/azure/cognitive-services/face/>

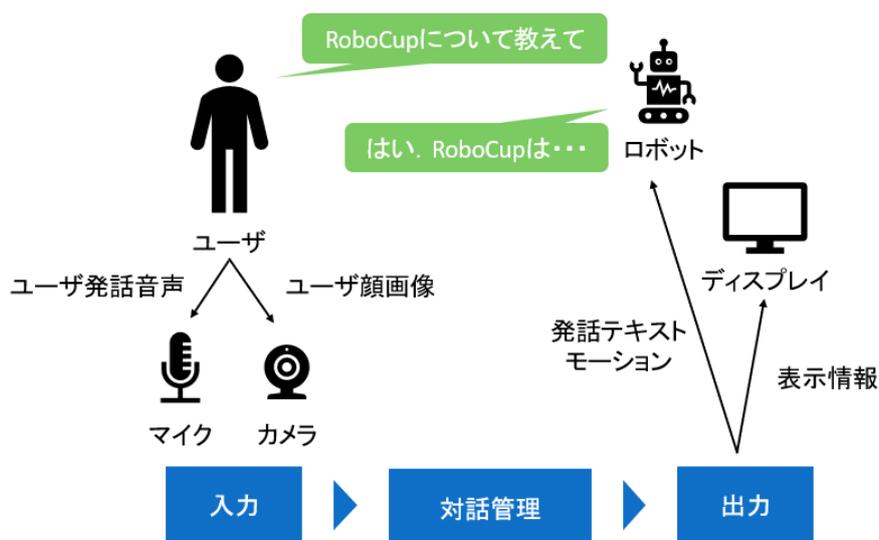


図 4: ロボカップコンシェルジュのシステムの概要図

bot[3]⁴の系列変換応答生成モジュールを用いる。ILSY aoba bot の系列変換応答生成モジュールは、Transformer[5]を大規模な擬似対話データ（Twitter の日本語ツイート-リプライペア）で事前学習し、少量の高品質なデータセット（対話破綻検出チャレンジデータと話題転換対話データ）で Fine-tuning を行っている。これにより、RoboCup とは関係しない雑談などの会話にも返答可能となる。

3.3 出力部

対話管理部によって生成された応答文を音声合成し、NAO のマイクから出力する。音声合成は NAOqi API の ALTextToSpeech を用いる。この API では、合成音声の話速を調整できるため、入力部で推定したユーザーの年齢に応じて話速を調整する。具体的には、若者（10 歳代～30 歳代）の場合は話速を 1.1 倍に設定し、高齢者（65 歳以上）の場合は 0.9 倍に、それ以外の年齢については 1.0 倍に設定することで、ユーザーの年齢に応じた聞き取りやすい合成音声を作成する。また、会場の案内や各リーグの説明、クイズを行う場合には NAO の隣に設置したディスプレイに会場地図やロボットの画像などの視覚情報を表示することで、NAO の説明を補助する。

また、ユーザーとのインタラクション終了時に「ありがとう」などの感謝の言葉を掛けられた場合は、NAOqi API の ALAnimatedSpeech を用いて、発話に喜びの感情を表現するボディランゲージを付与する。逆に、人とロボットとのインタラクションにおいては、ロボッ

トが罵倒されたり、叩かれたりする「ロボットいじめ」が発生することがあり [4]、もしユーザーから罵倒された場合は、悲しみの感情を表現するボディランゲージを付与して発話を行う。

4 おわりに

本研究では、RoboCup の会場を案内するロボットコンシェルジュを構築するために、アンケート調査を行い、ロボカップコンシェルジュのシステムを提案した。

アンケート調査では、ロボカップコンシェルジュに必要なとされる情報とロボカップコンシェルジュに聞いてみたいことを収集した。Web サイトやパンフレットなどの媒体では得られにくい情報である「試合の見どころ」について、実際にコンシェルジュに聞いてみたいとする回答が多く得た。また、ロボットの開発秘話などについても聞いてみたいとの回答が得られたため、今後は RoboCup 競技者にアンケートを行い、各リーグの見どころやロボット開発の裏話などについて情報を収集する。

本研究では、ロボカップコンシェルジュシステムの提案までとなっているため、今後は RoboCup のイベント会場で実証実験を行い、提案したシステムの評価を行う。また、「子どもを楽しませる要素」として、クイズなどのゲームも実装する予定である。

参考文献

- [1] 野田 五十樹, 南方 英明, 小林 邦和, 杉浦 藤虎, 武村 泰範, 秋山 英久, 岡田 浩之, ロボカップ西暦

⁴<https://github.com/cl-tohoku/ILYS-aoba-chatbot>

2050年を目指して(その1), 知能と情報, Vol.29,
No.1, pp.2-13 (2017).

- [2] 東中 竜一郎, 船越 孝太郎, 高橋 哲朗, 稲葉 通
将, 角森 唯子, 赤間 怜奈, 宇佐美 まゆみ, 川端
良子, 水上 雅博, 小室 允人, ドルサ テヨルス,
対話システムライブコンペティション3, 第90回
人工知能学会 言語・音声理解と対話処理研究会,
SIG-SLUD-C002-23, pp.96-103 (2020).
- [3] 藤原 吏生, 岸波 洋介, 今野 颯人, 佐藤 志貴, 佐
藤 汰亮, 宮脇 峻平, 加藤 拓真, 鈴木 潤, 乾 健太
郎, ILYS aoba bot:大規模ニューラル応答生成モ
デルとルールベースを統合した雑談対話システム
第90回人工知能学会言語・音声理解と対話処理研
究会, SIG-SLUD-C002-25, pp.110-115 (2020).
- [4] 城所 宏行, 末廣 芳隆, ブルシュチッチ ドラジェ
ン, 神田 崇行, 子供たちの引き起こす「ロボットい
じめ行動」の回避, 情報処理学会論文誌, Vol.56,
No.4, pp.1203-1216 (2015).
- [5] Vaswani, Ashish; Shazeer, Noam; Parmar, Niki;
Uszkoreit, Jakob; Jones, Llion; Gomez, Aidan N.;
Kaiser, Lukasz; Polosukhin, Illia, Attention Is All
You Need. arXiv:1706.03762 (2017).

© 2022 Special Interest Group on AI Challenges
Japanese Society for Artificial Intelligence
一般社団法人 人工知能学会 AI チャレンジ研究会

〒162 東京都新宿区津久戸町 4-7 OS ビル 402 号室 03-5261-3401 Fax: 03-5261-3402

(本研究会についてのお問い合わせは下記にお願いします.)

AI チャレンジ研究会

主査

鈴木 麗璽

名古屋大学 大学院情報学研究科 複雑系科学専攻

Executive Committee Chair

Reiji Suzuki

Department of Complex Systems Science,
Graduate School of Informatics,
Nagoya University

主幹事 / 担当幹事

光永 法明

大阪教育大学 理数情報教育系

Secretary

Noriaki Mitsunaga

Division of Math, Sciences, and Informa-
tion Technology in Education
Osaka Kyoiku University

担当幹事

植村 渉

龍谷大学 先端理工学部 電子情報通信課程

Wataru Uemura

Electronics, Information and Communica-
tion Engineering Course,
Ryukoku University

幹事

干場 功太郎

東京工業大学 工学院 機械系

Kotaro Hoshiba

Department of Mechanical Engineering,
Tokyo Institute of Technology

中臺 一博

(株) ホンダ・リサーチ・インスティテュート・
ジャパン / 東京工業大学 工学院
システム制御系

Kazuhiro Nakadai

Honda Research Institute Japan Co., Ltd.
/ Department of Systems and Control
Engineering, School of Engineering,
Tokyo Institute of Technology

SIG-AI-Challenges web page; <http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~challeng/>