

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00269

研究課題名(和文) 学習型音声対話機能を持つ外観検査ロボットの開発

研究課題名(英文) Development of Visual Inspection Robot with Learnable Spoken Dialogue System

研究代表者

田口 亮 (Taguchi, Ryo)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：70508415

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、サービス遂行に必要な最低限の言語知識を持ったサービスロボットが、ユーザとの対話を柔軟に行うために、未知の単語の意味を学習・推論するための手法の開発を行った。サービスロボットの一例として、車両キズ検査ロボットを開発し、語彙の追加学習機能を実現した。また、HDP-HLMを応用した動作系列名の学習、およびタスク知識に基づいた意味推論手法の検討を行った。さらに、深層学習に基づいた汎用言語モデルを用いた場合のアプローチについても検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

開発されたシステムは現在カーシェアリングや中古車販売の現場で作業員が目視で行っている作業の一部をロボットで代替することが可能となる。また、前面の検査精度に課題が残っているが、将来的には、人件費の削減や作業の効率化、検査精度の安定化、トレーサビリティの確保に繋がることから、実用化が期待できる。

また、協働ロボットの多くは、熟練したオペレーターの操作を前提としているが、今後は専門知識を持たない作業員でもロボットを扱えるようにする必要がある。そのためには、学習に基づく柔軟な対話機能が不可欠であるため、社会的意義が大きいと言える。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a method for learning and inferring the meaning of unknown words so that a service robot with the minimum linguistic knowledge required to perform a service can interact flexibly with a user. As an example of a service robot, we developed a vehicle scratch inspection robot and implemented a function for learning additional vocabulary. In addition, we applied HDP-HLM to learn names of action sequences and infer the meaning of unknown words on the basis of task knowledge. Furthermore, we studied approaches for using a general language model based on deep learning.

研究分野：情報工学

キーワード：ヒューマンコンピュータインタラクション 言語獲得 シンボルグラウンディング サービスロボット
音声命令学習 自動検査 ユーザインタフェース

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

家庭やオフィスなどの日常環境で動作するロボットが、人の音声命令を理解するためには、未知の物や場所、動作等を表す単語をユーザとのインタラクションを通して学習できることが望まれる。先行研究では、人がロボットに物や動作を見せながら発話することで、単語や文法に関する事前知識を用いずに、単語の意味を学習させる手法が提案されている。しかし、先行研究では、単語や文法的事前知識を用いないため、学習には多くの音声教示を必要とするという問題がある。

2. 研究の目的

サービスロボットの運用場面を想定すると、サービス遂行に必要な最低限の言語知識は事前に与えられていると考えられる。未知の言い回しが発話された場合には、この事前知識を足がかりに利用すれば、学習の効率化が期待できる。また、タスクの知識に基づいて、次の動作の候補を予測できれば、未知の命令発話の意味を絞り込むことが可能になると考えられる。このようなタスクの知識を用いた効率的な語彙学習手法を研究するためには、実際のサービスロボットの開発と、語彙学習手法の開発を同時に進める必要がある。そこで、本研究では、これまで申請者らが研究を進めてきた車両外観検査を題材に、検査を自動化するための外観検査ロボットの開発と、その語彙学習機能の開発を行う。

3. 研究の方法

本研究では、(A)車両キズ検査ロボットの開発、(B)キズ検査タスクでの新規言い回しの学習手法の開発、(C)動作系列名の学習、およびタスク知識に基づいた意味推論手法の検討を行った。さらに、近年、深層学習に基づいた対話処理研究の発展が目覚ましい。我々が開発している手法と深層学習に基づいた手法の統合方法を模索するため、深層学習に基づいた手法の検討も平行に進めた。

4. 研究成果

(A) 車両キズ検査ロボット

開発した検査ロボットは、移動用台車、カメラ、照明、二つのソナーセンサ、制御用ノートPC、操作用タブレットPCから構成される。装置の概略を図1に示す。このシステムでは、車両外観を自動的に一周するために、ソナーセンサの値を元に検査対象のコーナー部への到達を検知し、自動的に回転する[1]。

キズ検査のアルゴリズムは次の通りである。照射されたLED照明の反射光をカメラで撮影する。その撮影画像から照明反射領域を検出し、その領域内の輝度の統計量からキズを検出する[2]。

さらに、より高度な命令発話の理解や、細かな動作制御を実現するためには、車両とロボットの相対位置情報が必要となる。しかし、ロボットで広く用いられるレーザレンジファインダでは、車体との距離が近くなると、鏡面反射の影響で距離精度が低下するという問題がある。そこで、(1)畳み込みニューラルネットワークを用いて、カメラ画像から相対位置を推定する手法[3]、および、(2)深層学習のYolo[4]による物体認識と、3次元点群の位置合わせ手法を統合することで、車両位置の推定精度を向上させる手法[5]を開発した。

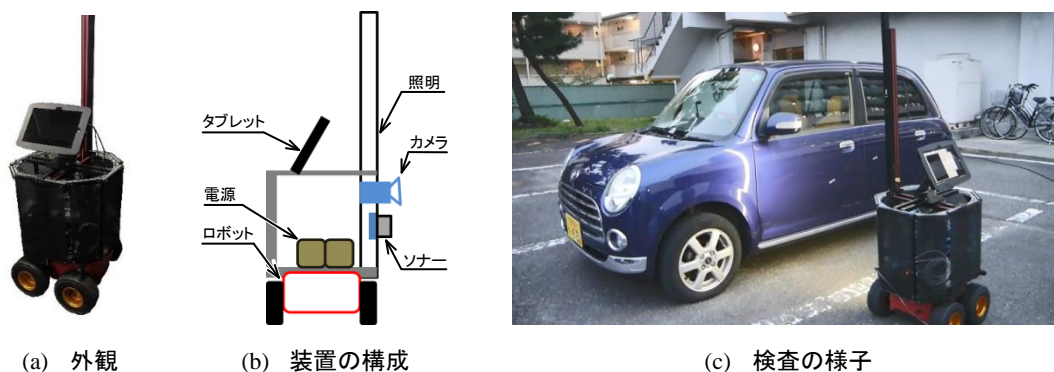


図1 車両外観検査ロボット

(B) キズ検査タスクでの新規言い回しの学習手法

我々が開発した新規言い回しの学習手法の概略を図2に示す。このロボットは「まえ」や「いって」という単語は事前に登録されているが、「進んで」は登録されていない。そのため「前進んで」のような未知の単語を含む発話が入力されると、ロボットはユーザに対し「他の言葉で教えてください」と言い換えを要求する。そして、ユーザが既知の単語のみを使用して発話を行う

と、その発話の意味と、1つ前の未知単語を含む発話の意味が同一であると過程し、単語の切り出しと意味の学習を行う。この手法は2016年に開発した手法[6]を元に行っているが、初期の単語切り出しの方法を改良することにより、従来80.3%であった音素認識精度を、87.4%に向上した[7]。

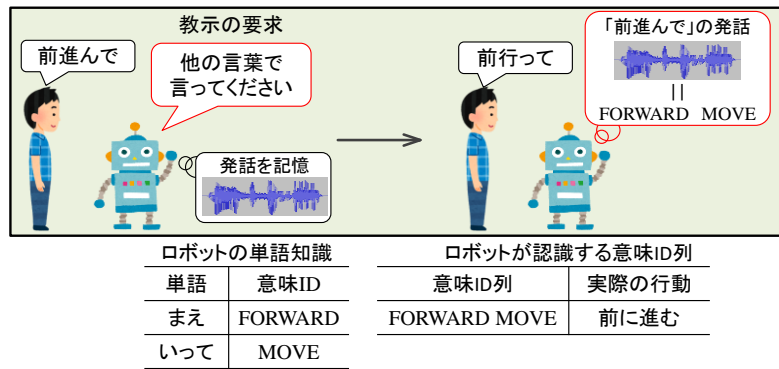


図2 言い回しの学習手法の概要

(C) 動作系列名の学習およびタスク知識に基づいた意味推論手法の検討

ロボットが実際のタスクのなかで動作系列名を学習するためには、時系列データを分節化する必要がある。従来の動作学習では、人が操作した動作と単語の共起データを用い、学習する必要があった。しかし、人の命令は動作と同時にではなく、動作の直前に与えられるため従来手法では学習できない。立命館大学の谷口らは、データの二重分節構造を利用し、時系列データを自動的に分節化し、頻出するパターンを学習できるHDP-HLM[8]を提案している。

この手法を応用することで、頻出する動作系列を、一つの動作カテゴリとして自動抽出することが可能になる。さらに、得られた動作カテゴリとユーザの発話の共起から、新規の動作系列名が学習可能になると考えられる。また、動作系列の学習結果を用いれば、未来の動作の予測も可能になり、未知の命令が入力された場合に、その意味の候補を動作の予測に基づいて絞り込むことができるようになる。しかし、HDP-HLMでは、学習結果を用いた予測手法は確立されていない。そこで本研究では、HDP-HLMで得られた確率モデルを利用し、未観測データの予測が可能な手法の開発を行った。実験の結果、図3のように、検査固有の動作パターンは獲得できたが、予測については十分な性能が得られなかった[9]。これは、学習データおよび使用した特徴量が不足していたことが原因と考えている。学習データおよび特徴量の拡充が今後の課題である。

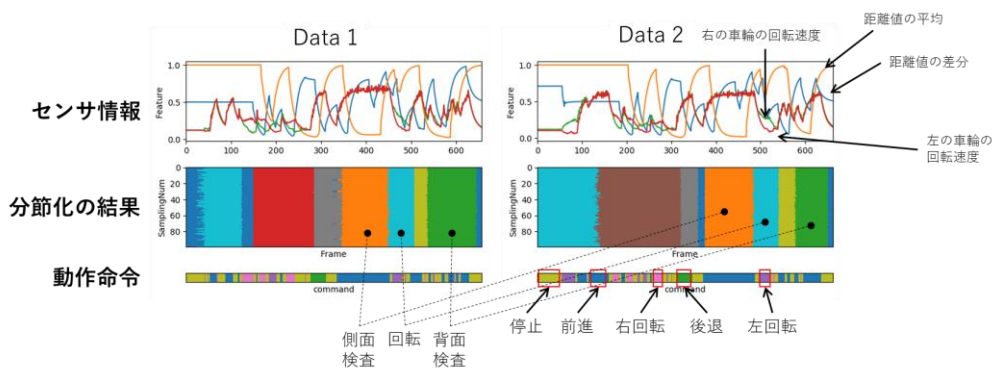


図3 センサ・モータ情報の分節結果

(側面検査、回転、背面検査の箇所が共通的分節化のパターンとして獲得された)

(D) 深層学習に基づいた汎用言語モデルを用いた手法の検討

我々が開発している手法と深層学習に基づいた手法の統合方法を模索するため、まず、深層学習に基づいたQAシステムの開発を行った。提案したシステムは、入力された質問に対し、指定した発話行為(質問に対し情報を提示する、質問に対し質問で返す等)に応じた応答が生成できる[10]。次に、深層学習に基づいた汎用言語モデルのBERT[11]を用いて、未知語を含む命令発話の認識実験を実施した。その結果、音声に未知語や不要語が含まれていても、8割程度の正解率で意味が正しく推論できることを確認した。しかし、一方で、「車の後ろに行って」を「トランクの前に行って」と言い換えた場合などに誤りが生じやすいことも確認された[12]。このような、対象に関する知識を我々の手法で追加学習することができれば、より実用性の高いシステムが実現できると考えられる。

<引用文献>

- [1] 山本 敦彦, 田口 亮, 服部 公央亮, 保黒 政大, 梅崎 太造, 「移動ロボットを用いた車両外観検査システムの改良」, 第 35 回 日本ロボット学会学術講演会, 2E2-06, 2017.
- [2] 浅井 航太, 田口 亮, 服部 公央亮, 保黒 政大, 梅崎 太造, 「車両全周検査のためのキズ検査手法の開発」, 第 36 回 日本ロボット学会学術講演会, 3J3-08, 2018.
- [3] 林子昂, 田口亮, 「CRNN を用いた車両外観検査ロボットの制御システムの改良」, 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会, GS02-11, 2019.
- [4] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi: “You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection,” ArXiv preprint arXiv:1506.02640, 2015.
- [5] 史智文, 田口亮, 「深層学習による物体認識と VSLAM を併用した屋外環境での駐車車両位置推定」, 第 37 回 日本ロボット学会学術講演会, 2K2-05, 2020.
- [6] 藤本智也, 渡邊祐太, 呉比, 田口亮, 服部公央亮, 保黒政大, 梅崎太造, 「キズ検査ロボットによる音声インタラクションを通じた語彙の拡張」, 2016 年度人工知能学会全国大会, 104-0S-22a-5, 2016.
- [7] 村松 優樹, 「サービスロボットのための語彙拡張手法の改善と評価」, 2018 年度 名古屋工業大学 卒業研究論文, 2019.
- [8] Tadahiro Taniguchi, Shogo Nagasaka, Ryo Nakashima:” Nonparametric Bayesian Double Articulation Analyzer for Direct Language Acquisition From Continuous Speech Signals”, IEEE TRANSACTIONS ON COGNITIVE AND DEVELOPMENTAL SYSTEMS, Vol.8, No.3, SEPTEMBER, 2016.
- [9] 村松 優樹, 「二重分節解析器を用いたサービスロボットのための動作予測手法の開発」, 2020 年度 名古屋工業大学 修士論文, 2021.
- [10] 林益, 田口亮, 「対話行為を導入した GPT による対話システムの構築」, 言語処理学会第 26 回年次大会, C1-2, 2020.
- [11] Devlin, Chang, et al. , “BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding” ,arXiv:1810.04805, 2018.
- [12] ZHU HAO, 田口亮, 「BERT を用いたサービスロボットの命令発話理解」, 電子情報通信学会総合大会, 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Hao Zhu, 田口 亮
2. 発表標題 BERTを用いたサービスロボットの命令発話理解
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 史 智文, 田口 亮
2. 発表標題 深層学習による物体認識とVSLAMを併用した屋外環境での駐車車両位置推定
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林益, 田口亮
2. 発表標題 対話行為を導入したGPTによる対話システムの構築
3. 学会等名 言語処理学会第26回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林子昂, 田口亮
2. 発表標題 CRNNを用いた車両外観検査ロボットの制御システムの改良
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林子昂, 田口亮
2. 発表標題 車両外観検査ロボットのための画像認識を用いた制御システムの開発
3. 学会等名 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林益, 田口亮
2. 発表標題 雑談が可能なFAQ システムの構築
3. 学会等名 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅井 航太, 田口 亮, 服部 公央亮, 保黒 政大, 梅崎 太造
2. 発表標題 車両全周検査のためのキズ検査手法の開発
3. 学会等名 第36回 日本ロボット学会学術講演会, 3J3-08
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 敦彦, 田口 亮, 服部 公央亮, 保黒 政大, 梅崎 太造
2. 発表標題 移動ロボットを用いた車両外観検査システムの改良
3. 学会等名 日本ロボット学会学術講演会, 2E2-06, 2017
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

申請者の研究紹介Webページ
<http://taguchi-lab.com/>
申請者の研究紹介Webページ
<http://taguchi-lab.com/index.php/project/248>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------