

状況依存表現を含む走行命令を実現する自律走行車椅子システムの提案

Development of an electronic wheelchair control system for using a context-dependent expression command

古谷 誠悟^{*1} 金井 祐輔^{*2} 今井 倫太^{*1}
 Seigo Furuya Yusuke Kanai Michita Imai

^{*1} 慶應義塾大学 ^{*2} 慶應義塾大学大学院

Context-dependent expression vary depending on the environment and the impressions of individuals. How to allow wheelchair operation using the context-dependent representation is to store data set as maps environment and trajectory, speed by user operation. Operation system implements that wheelchair can move along the impressions of individuals and the environment on the basis of the stored data sets. We verify whether it is possible to operations, including context-dependent representation by our system.

1. 序論

高齢化社会に伴い、高齢者の車椅子の使用台数は年々増加している。高齢者の中には、ジョイスティックによる手動での速度の調節が高齢になるに従って難しくなりまく扱えない人もいる。そのため、音声発話による行動命令で操作可能な車椅子が開発されている[1,2]。しかしながら、ユーザが車椅子の使用場面に応じて「右に曲がる」という命令ではなく、「大きく右に曲がりたい」といった、行動にオプションをつけて指示する可能性が考えられる。ここで指示される行動命令では、「大きく」といった状況依存表現を含む。状況依存表現はユーザの想定するイメージの違いや使用される環境に依存して水準が変化してしまうため走行経路が定まらない。

本稿では、状況依存表現を含んだ走行命令を実行可能な自律走行車椅子システムを開発の目指す。ここでいう状況依存表現とは、「大きく曲がる」や「速く進む」といった行動を修飾する表現と定義し、以下状況依存表現と呼ぶ。

車椅子の音声操作に関する研究は従来より行われている。前進、後進、停止、左右の回転に加え左右の曲がりに関して、2つの曲がるコマンドを用意することで、音声により車椅子の細かい動きが可能なシステムを実装した[Richard 2002]。詳細な命令は可能ではあるが、ユーザや環境により異なる「大きい」や「速い」といった状況依存表現の命令を実現することは出来ない。また自律走行する電動車椅子においてユーザにとって快適な経路を求める研究を行った[Yoichi 2013]。しかしながら、従来の研究では車椅子は状況依存表現を含んだ走行命令を実行出来ない。なぜなら、1つの状況依存表現に対して乗車するユーザのイメージ毎や周囲の環境により水準は異なり、一意に定まらないからである。状況依存表現を含んだ走行命令を実行するにあたり、ユーザ毎のイメージの違いを認識し環境が変化しても、その場にふさわしい走行を行うことが必要である。

本稿では使用する個人や使用される環境に応じて水準が変化する状況依存表現の命令に対し、車椅子が自律走行を実行するシステムを実装する。ユーザや環境によって水準が異なる状況依存表現をユーザのコントロールによって得られた軌跡、スピードの特徴を地図と共にデータベースに保存する。そして、未登

録の環境で参照に適した地図データを DP マッチングにより選択しデータをもとに軌跡、スピードを決定し自律走行を実行する。似ている環境で学習した行動軌跡を読み出すことで、環境に依存した形で状況依存表現が車椅子の自律走行として再現される。また、個人毎に学習データを集めることで、呼び出される走行命令は、そのユーザが想定する自律走行となるため、個人に適応的に走行できる。本研究で開発したシステムにより状況依存表現を含む命令の自律走行が可能か検証する。

2. 関連研究

車椅子のインターフェースに関する研究として、利用者の身体的負荷を低減するため車椅子の動作制御の研究が進んでいる。高齢者のなかには車椅子の操作をジョイスティックでの手動による速度調節や細かい動きを行えない場合もあるが、車椅子が目的地まで自律移動を行うことでユーザの操作の負担が減りジョイスティックなしに操作可能である。車椅子の操作において、音声によって車椅子を操作する研究も行われている[小宮 2001]。ユーザの音声により車椅子を操作する研究を行った。前進、後進、停止、左右の回転に加え左右の曲がりに関して、10度と20度の別々の曲がるコマンドを用意することで、音声により車椅子の細かい動きが可能となった[Richard 2002]。詳細な命令は可能ではあるが、ユーザや環境により異なる「大きい」や「速い」といった状況依存表現の命令を実現することは出来ない。

さらに、ユーザの心理に沿った制御の研究として車椅子を使用するユーザに関する研究も同時に行われている。Yoichiら[3]はユーザにとって快適となる電動車椅子の行動経路を決定する Human Comfortable Navigation を提案した。彼らは自律走行車椅子の快適さを走行する早さや経路、位置の変化の観点から検証し、検証の結果を Human Comfortable factor map としてまとめた。

ユーザの簡単な音声命令を実行出来る車椅子は設計されているが、「大きく曲がる」「速く進む」といったユーザ毎や周囲の環境により変化する1つの状況依存表現を含む具体的な命令は実行出来ない。なぜなら、1つの状況依存表現に対して乗車するユーザ毎や周囲の環境により水準は異なり、一意に定まらないからである。状況依存表現を含んだ走行命令を実行するにあたり、ユーザ毎のイメージの違いを認識し環境が変化しても、その場にふさわしい走行を行うことが必要である。

連絡先: 古谷 誠悟, 慶應義塾大学情報工学科 今井研究室,
 神奈川県横浜市港北区日吉3丁14-1, 電話:045-566-1454
 seigo@ayu.ics.keio.ac.jp

3. システム構成

3.1 システム概要

「大きく曲がる」や「速く進む」といった状況依存表現を用いた走行命令に対しても、電動車椅子が自律走行の経路設計を決定するシステムを実装した。「大きく」や「速く」などの状況依存表現はユーザの想定するイメージの違いや使用される環境に依存して度合いが変化してしまうため走行経路が定まらない。本研究では状況依存表現を含んだ走行命令に対して、車椅子の走行経路を決定するためにユーザのコントロールによって得られた軌跡、スピードの特徴を地図情報と共にデータベースに保存した。さらに、DP マッチングにより似ている環境の地図データを選び取り、データをもとに軌跡、スピードを決定し自律走行を実行した。

3.2 ハードウェア構成

図1にハードウェア構成を示す。センサ、コントローラ、デバイスの3つのユニットで構成される。センサ部分では、2つのエンコーダと2つのレーザーレンジファインダがあり、エンコーダ情報はEMC250用インターフェイス装置に送られ、PCにオドメトリとして送られる。レーザーレンジファインダからは車椅子付近の障害物の情報がPCに送られる。コントローラ部分では、センサからの情報をもとにユーザがPCを操作する。デバイス部分では、電動車椅子を使用しモータ、バッテリー、ジョイスティック、(PC/手動)操作切り替えスイッチを装備した電動車椅子を使用した。

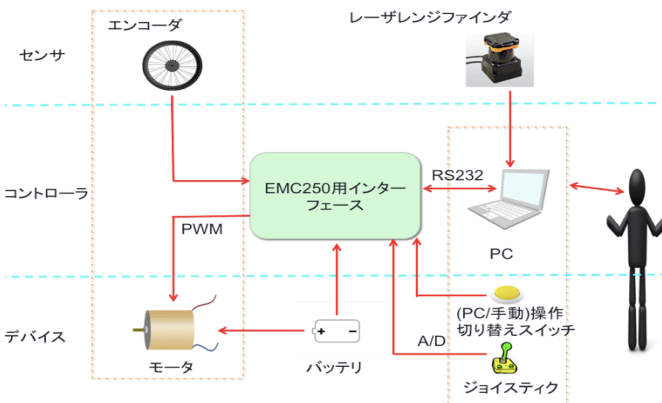


図1 ハードウェア構成

(1) 個人適応のためのアプローチ

ユーザ毎に直接操作した軌跡、スピードのデータを地図情報と共に集め別の環境で再現する。呼び出される車椅子の自律走行は、そのユーザが想定する車椅子の自律走行となるため、ユーザそれぞれの想定するイメージに当てはまる状況依存表現を含む走行命令が実行可能になり、このようなアプローチによって個人に適応した車椅子の自律走行を実現する。

(2) 環境適応のためのアプローチ

DP マッチングにより似ている環境の地図データを選び取り、似ている環境で学習した走行軌跡を読み出すことで、その環境に当てはまる状況依存表現を含む走行命令が実行可能となり、環境に適応した形で走行出来る。

4. 実験

開発した個人—環境適応システムの動作検証の実験を行った。個人や周囲の環境により水準が変化する状況依存表現を含む走行命令を開発したシステムを用いて実行した。本章ではシステムを実行した際の実験環境、実験目的について説明する。実験環境は慶應義塾大学矢上キャンパス 14 棟 4 階と 5 階、7 階である。図2に4階と5階、7階のSLAMで作成した地図を示す。

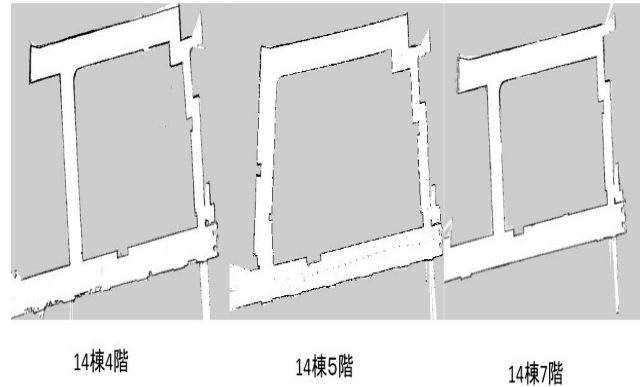


図2 実験環境

4.1 似ている環境下での検証実験

似ている環境下において、システムの検証実験を行った。実験環境は慶應義塾大学矢上キャンパス 14 棟 4 階と 14 棟 7 階である 4 階の T 字路でユーザのコントロールを学習し4階と7階 T 字路で車椅子が状況依存表現を含む走行命令を実行した。似ている環境下で、開発したシステムが、軌跡の学習結果からその環境に当てはまる状況依存表現を含む走行命令が実行可能かを検証する。実験環境の地図が酷似しているため、正確に再現出来ると予想した。学習した状況依存表現は、「普通のスピードで前進する」「大きく右に曲がる」「普通に右に曲がる」「小さく右に曲がる」「大きく左に曲がる」「普通に左に曲がる」「小さく左に曲がる」を使用した。

4.2 ユーザの違いによる検証実験

異なるユーザの学習した結果を再現した。14 棟 4 階で2人のユーザの直接のコントロールを学習し、それぞれ 14 棟 7 階で状況依存表現を含む走行命令を実行した。ユーザが想定するイメージに沿った状況依存表現を含む走行命令が実行可能かを検証する。ユーザにより状況依存表現の水準は変化するので、軌跡に違いが出ると予想した。学習した状況依存表現は、「大きく右に曲がる」「普通に右に曲がる」「小さく右に曲がる」を使用した。

4.3 異なる環境下での検証実験

異なる環境下での実験として、T 字路で学習した状況依存表現を L 字路で再現出来るかを検証した。14 棟 4 階の T 字路でユーザの直接のコントロールを学習し、14 棟 5 階の L 字路で状況依存表現を含む走行命令を実行した。T 字路と L 字路は地図の形状が異なるので「小さく曲がる」と「大きく曲がる」の再現は難しいと予想した。学習した状況依存表現は、「大きく右に曲がる」「普通に右に曲がる」「小さく右に曲がる」を使用した。

5. 結果と考察

5.1 似ている環境下での実験結果と考察異なる環境下での検証実験

学習した状況依存表現を含む命令を実行し実際に車椅子が走行した軌跡を地図上に示した。図3に14棟4階で学習結果を再現し走行した軌跡、図4に14棟7階で学習結果を再現し走行した軌跡を示す。速度は、すべて普通で行った。4階と7階は環境として酷似しているため、ユーザの直接のコントロールにより学習した結果を再現すると非常に精度よく再現出来た。

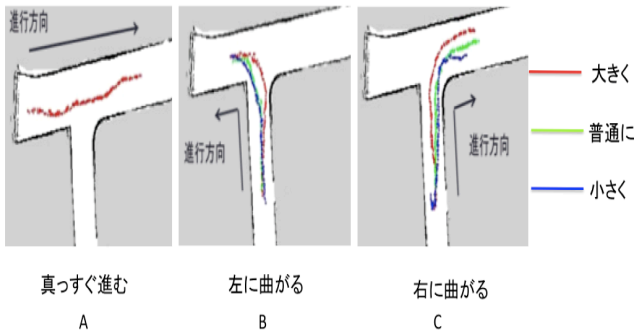


図3 14棟4階の自律走行軌跡

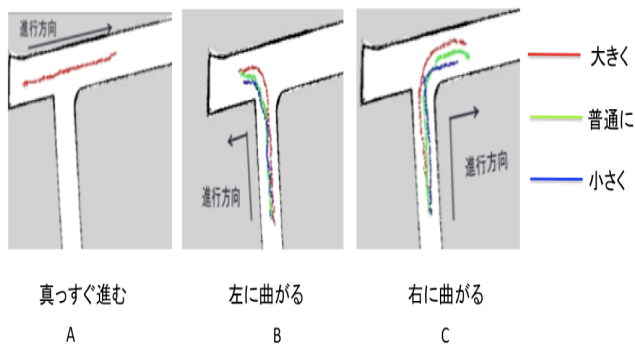


図4 14棟7階の自律走行軌跡

酷似している環境においては、学習結果からその環境に当てはまる状況依存表現を含む走行命令が実行可能となり、環境に適応した形で走行出来るといえる。

また、BとCの間において青い軌跡の「小さく」と緑の軌跡の「普通に」の状況依存表現を含む走行の軌跡にあまり差が見られなかった。理由としては、廊下の幅が大きくはなく差がでにくいと考えられる。さらに、壁際近くを走行することに人間は不快さを感じる[3]ことも考えられる。廊下の幅の大きい環境では走行軌跡に大きな差が生じ、逆に幅の狭い環境においてはより差が生まれないことが予想される。

5.2 ユーザの違いによる実験結果と考察

図5に異なるユーザA,Bによる学習結果を14棟7階で再現し走行した軌跡を示す。

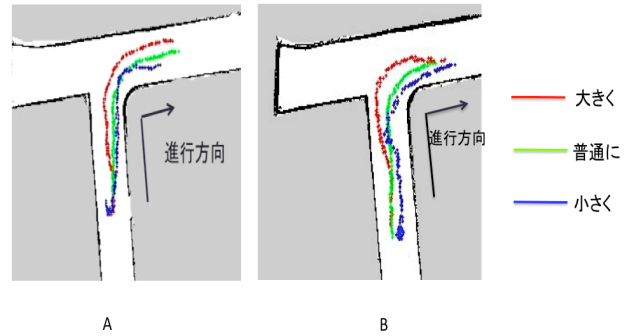


図5 異なるユーザの自律走行軌跡

状況依存表現はユーザによって想定するイメージが異なり、水準が変化する。

3つの軌跡のうち、「小さく曲がる」という走行命令では壁に沿って曲がるのが2人のユーザに明確にイメージされており、差はあまり見られない。しかしながら、「大きく曲がる」という走行命令では大きくイメージが異なる。図5のAでは、「小さい」や「普通に」と同様に曲がる前までは真っすぐ進み、曲がり始めてから膨らむ傾向があるのに対し、Bはスタートから真っすぐには進まず曲がる前に徐々に膨らんで行き曲がって行った。ユーザが変化することで想定するイメージが異なり状況依存表現の水準が変化し走行軌跡も変化した。

本システムでは、ユーザが想定する車椅子の自律走行となるため、ユーザそれぞれの想定するイメージに当てはまる状況依存表現を含む走行命令が実行可能になり、個人に適応的に走行出来る。

5.3 異なる環境下での実験結果と考察検証実験

図6に14棟4階のT字路でユーザの直接のコントロールを学習し、14棟5階のL字路で状況依存表現を含む走行命令を実行した結果を示す。赤い軌跡が状況依存表現の「大きく」を表し緑の軌跡は「普通に」を、青い軌跡は「小さく」を表している。

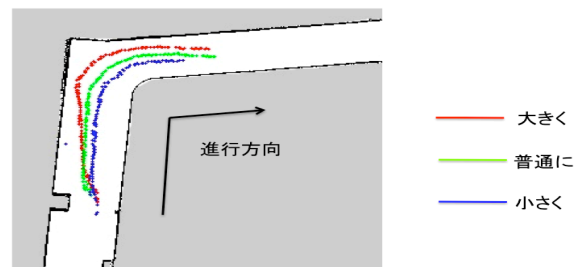


図6 異なる環境下での結果

図6と図3のC、図4のCの比較から14棟4階の学習結果を、14棟4階と7階のT字路さらには、5階のL字路の3種類の軌跡を異なる環境下でも状況依存表現を含む走行命令が可能であることを示した。しかしながら、DPマッチングから似ている環境の地図が選択されない場合や、RIPOCにより画像の回転角、スケールが適合しない場合は再現出来なかった。本システムは、酷似しているまたは似ている特徴を持つ環境において学習結果からその環境に当てはまる状況依存表現を含む走行命令が実行可能であると言える。

参考文献

- [Richard 2002] Richard C.Simpson, Simon P.Levine: Voice Control of a Powered Wheelchair, IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL SYSTEMS AND REHABILITATION ENGINEERING,VOL.10,NO.2,JUNE 2002 .
- [小宮 2001] 小宮 加容子,守田 圭,景川 耕宇,黒須 颯二: 音声指令による電動車いすの走行—その 11 音声入力方式と各種入力方式との比較—, 信学技報 TECHNICAL REPORT OF IEICE, R2001-24[2001・10].
- [Yoichi 2013] Yoichi Morales, Nagasrikanth Kallakuri, Kazuhiro Shinozawa, Takahiro Miyashita, Norihiro Hagita: Human-Comfortable Navigation for an Autonomous Robotic Wheelchair, 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)2737 - 2743.