

## 安心感を与えるための自律走行車椅子用のインターフェースの提案

古谷誠悟<sup>†</sup> 金井祐輔<sup>‡</sup> 今井倫太<sup>†</sup>慶應義塾大学理工学部情報工学部<sup>†</sup> 慶應義塾大学理工学研究科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

人同士のインタラクションでは、お互いに相手の行動パターンを学習しつつ適した行動を計画・実行する様子が見られる。本研究ではこのような相互適応モデルを人—人工物間でも実現する学習アルゴリズムの設計を目指した。

人は相手の心的状況を読み取り、それに適した行動を繰り返すことで、円滑にコミュニケーションを行っていると考えられる。人と人工物との間においても、人同士で行われるような心的状態の推定に基づく適応的で持続的な関係性を実現するデザインを確立することが重要と考えている。小林らは[1]のなかで「人間とロボットとが共生するためには、人工物が（人に）合わせるだけでなく、人間も（人工物に）合えられる人工物を設計することが重要」と述べている。

車椅子利用者の操作面における負荷を低減する目的で自律走行する電動車椅子の研究が行われるほか、さらに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。アクセスインターナショナル社[2]では、小児向けの車椅子やスポーツ専用の車椅子の開発に取り組んでいる。例えば、子供の成長に応じて拡張出来る車椅子やトップアスリートと共同開発したテニス用車椅子などが開発された。また Yoichi ら[3]は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。しかしながら、インタラクティブデザインという観点で人との共生を目指した電動車椅子の設計法に関する研究は目下のところみられない。

本稿では車椅子のユーザ毎の「大きく」や「速く」といった程度表現の認識を学習するアルゴリズムの開発を目指した。ユーザが捉える程度表現の認識を車椅子が学習することで、ユーザ

の車椅子への動作命令時に、車椅子はユーザに合った行動を実行すると考えられる。一方で、車椅子の機械的制限によりユーザの程度表現の認識と車椅子の程度表現の学習結果に差が生じるが、ユーザが車椅子を繰り返し使用することでユーザが車椅子に伝える程度表現の認識を車椅子側に寄せるようになると考えられる。

## 2. 関連研究

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。

また、藤井ら[4]による研究では、ユーザが操作しやすい車椅子の研究を行った。彼らはユーザが車椅子を操作する際に負担となる要因を検証し、検証の結果からユーザのストレスを減らす操作インタフェースを開発した。

相互適応の研究としては、山田ら[5]は、HAI における人間とエージェントの相互適応について述べている。人間とエージェントの互いの適応現象が同一である適応干渉により、その定義を行った。

統計的に乗り心地のよい車椅子や性能の良い車椅子の研究は多くなされているが、個人毎にスピードや曲がり方など乗り方は異なるため、ユーザ間で車椅子の動きや速さに対する危険度の感じ方に差が生じ、事故に繋がる恐れがある。本研究では、個々のユーザの乗り方の違いを理解、学習する車椅子の開発を目的とする。

## 3. 相互適応システム

## 3.1 システム概要

本研究で開発したシステムは2段階のフェーズに分けられる。1段階目のフェーズはユーザのとらえる程度表現をユーザの操作情報から学習する「学習システム」であり、2段階目のフェーズでは学習した結果を未知の環境で反映する「再現システム」である。学習システムでは、ユーザの考える「大きく」「速く」といった程度表現をユーザのコントロールによって得られ

A reassuring design for electric powered wheelchairs

<sup>†</sup> Seigo Furuya, Michita Imai  
Faculty of Science and Technology, Keio University

<sup>‡</sup> Yusuke KANAI  
Graduate School of Science and Technology, Keio University

た軌跡の特徴から学習する。再現システムでは、学習システムで得られた程度表現に対する特徴をもとに未知の環境で学習結果に沿った軌跡を決定し自律走行を実行する。また、自律走行中はユーザによる直接の車いす操作が可能であり、修正を加えることで、ユーザの考える程度表現に近づく。

### 3.1.1 経路計画

自律移動の際の経路計画では、大域的にはダイクストラ法を用いてゴールまでの経路を求めた。また、局所的にはダイナミックウィンドウ法によって各地点での回転速度を決定した。

### 3.2 ハードウェア構成

使用した電動車椅子を図1に示す。車椅子後部にはレーザレンジファインダー（測離長30m、視野角270度）を設置し周囲の環境を読み取る。また電動車椅子と制御用PCのあいだには、EMC250用インターフェース装置が付属している。このインターフェース装置を通してPCにオドメトリ情報を送ることや、PCで直接車椅子を操作することが可能である。



図1 電動車椅子（今仙技術研究所）

### 3.3 学習システム

図2に学習システムの流れを示す。ユーザからの入力がジョイスティックで行われ、オドメトリ情報とレーザレンジファインダーと予め作成した地図（グローバルマップ）から自己位置推定を行う。ユーザの程度表現を地図の形状、ユーザの軌跡とともにローカルマップとして学習する。

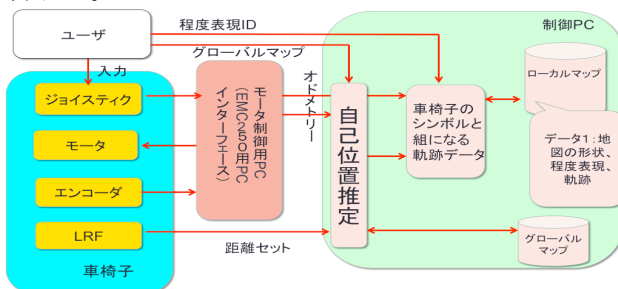


図2 学習システムの流れ

### 3.3.1 get waypoint モジュール

車いすの移動経路の軌跡や各地点での速度を記録する **get waypoint** モジュールを作成した。**get waypoint** モジュールは、スタート位置を原点として一定間隔で座標をとってファイルに書き込む。

### 3.4 再現システム

再現システムの流れを図3に示す。ローカルマップをもとに適応モジュールで修正を加え、ユーザが思い描く程度表現により近づけ実際に車椅子で再現する。

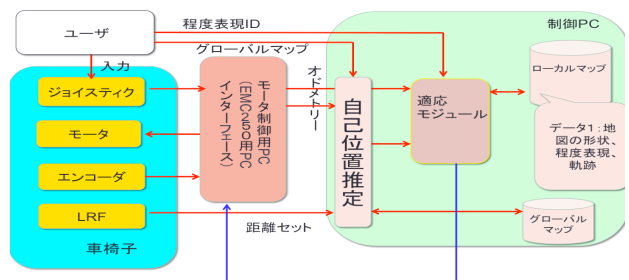


図3 再現システムの流れ

### 3.4.1 set waypoint モジュール

学習した移動経路を再現する **set waypoint** モジュールを作成した。**set waypoint** モジュールは、ファイルに書き込まれた座標をもとに移動経路を求め移動の再現を実行する。

### 4. 今後の課題

現段階では、ユーザが一度通った軌跡を学習し再現するシステムにとどまっている。今後はユーザの個々の程度表現の意味を学習する機能を実装し、さらに学習結果を未知の環境で反映する予定である。

### 5. まとめ

本稿では、ユーザとの共通の程度表現を認識、学習することで人と車椅子のインタラクションにおける相互適応現象を目指し、ユーザに安心感を与える車椅子のアルゴリズムの提案を行った。実装したシステムの動作実験を今後行う。

### 参考文献

[1] 山田 誠二: 人とロボットの「間」をデザインする, 東京電機大学出版局 (2010)  
 [2] アクセスインターナショナル社  
<http://www.accessint.co.jp/wheelchair.html>  
 [3] Yoichi Morales Human-Comfortable Navigation for an Autonomous Robotic Wheelchair IROS 2013  
 [4] 藤井文武 乗り手にやさしい電動車椅子の実現に関する研究 日本機械学会 2000  
 [5] 山田 誠二: 人間とエージェントの相互適応と適応ギャップ 人工知能学会 2006