

四輪福祉車両の知的自動運転システムの開発

安信 誠二、佐々木 良太
筑波大学大学院システム情報工学研究科
yasunobu@iit.tsukuba.ac.jp

Abstract—A four-wheeled electric vehicle is used as transportation for senior citizens and physically handicapped persons. However, driving operations are difficult for user because of the dynamic characteristic of the four-wheeled vehicle. Therefore, an auto-driving system is effective to support them. Such the system should be able to treat at ease without an unpleasantness for user. In this paper, we propose and develop an auto-driving system that drives flexibly to user's destination by predictive fuzzy controller using human's operation knowledge of a four-wheeled vehicle. The result of experiments shows the effectiveness of the system.

I. はじめに

高齢者や身体障害者の移動手段として電動四輪車が市販されており、その販売台数は年々増加している。しかし、電動四輪車の運転には四輪車の持つ非ホロノミックな動特性 [1] を考慮した運転技術が必要とされることや、身体能力の衰えたユーザにとって長時間の運転操作は大きな負担となるという問題点がある。そこで、人間の運転操作を代行する自動運転システムは、ユーザの運転操作の負担を軽減するのに有効であると考えられる。このような自動運転システムは、人間が搭乗することを考慮し、目的地へ到達する過程においてユーザに不快感を与えることなく安心して利用されなければならない。

一方で、我々は四輪車の操作知識をコンピュータに組み込み、与えられた目標に対し、柔軟に自動運転を行う知的自動運転システム [2] の研究を行ってきた。このシステムは熟練運転者の知識を用いることで、様々な状況に柔軟に対応することができ、またシステムの挙動が人間にとって理解しやすいという特徴を持つ。

本研究では、上記のシステムを市販の電動四輪車に実装し、実機実験によりシステムがユーザの運転操作の負担の軽減に有効であることを検証する。

II. システム構成

Fig.1 に知的自動運転システムの構成を示す。本システムは2台のPC(知的制御器とユーザインターフェイス)と外界センサ(カメラ)、ユーザインターフェイス用の装置(タッチパネル)で構成されている。

A. 知的制御器

知的制御器は人間の運転アルゴリズムに基づいた階層型ファジィコントローラである。このコントローラは状況監視部、目標設定部、自動運転部により構成される。

1) 状況監視部: 状況監視部は、絶えず目標への到達と障害物との接触を監視する。目標に到達したとき、または目標に到達できそうにないときは新たに目標を設定し直すように目標設定指令を目標設定部へ出力する。

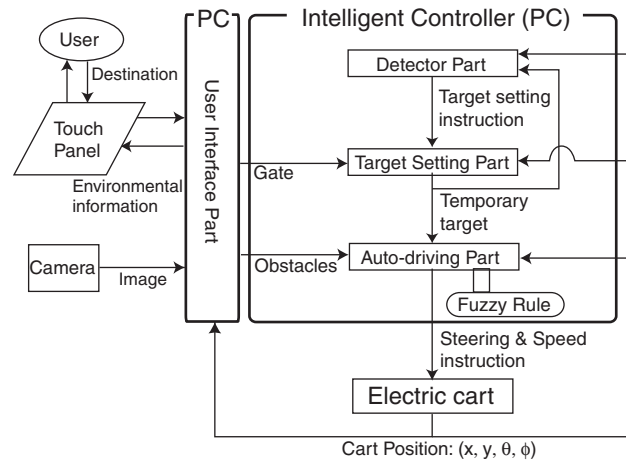


Fig. 1. システム構成

2) 目標設定部: 目標設定部は、状況監視部からの目標設定指令を入力とし、ユーザインターフェイス部より与えられたゲート(サブゴール)に到達するための途中目標を四輪車の動特性を考慮しながら設定し、自動運転部へ出力する。

3) 自動走行部: 自動走行部は、目標設定部より与えられた途中目標を入力とし、予見ファジィ制御 [3] を用いて車両の制御指令を決定し、電動四輪車に出力する。操舵角の決定は予見ファジィ制御を用いている。まず現在状態から、目標設定部で設定された途中目標までの絶対距離を速度で割ることで到達予想時間 $t(s)$ を求め、実行可能な操舵角候補 $C_i(i=1\cdots n)$ に対し、その操作を t 秒間実行させた時の将来状態を車両の順モデル用いて数値積分にすることにより予見する。そして、それぞれの将来状態の途中目標への到達度(距離偏差と角度偏差)や障害物との距離といった複数の制御目的に対し、ファジィ推論により多目的評価 (Fig.2) を行い、最も評価の高い操作候補を制御指令として出力する。

B. ユーザインターフェイス部

ユーザインターフェイス部はユーザの指定した目的地に対し、そこへ到達できるようなゲート(サブゴール)を設定し、知的制御器へ送る。ゲートの情報は目的地に応じて予め与えられているが [4]、ユーザはタッチパネルを用いて直接基門の座標を与えることもできる。

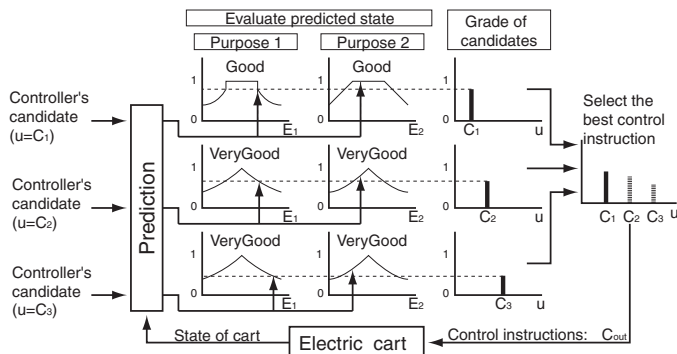


Fig. 2. 予見ファジィ制御における多目的評価の例

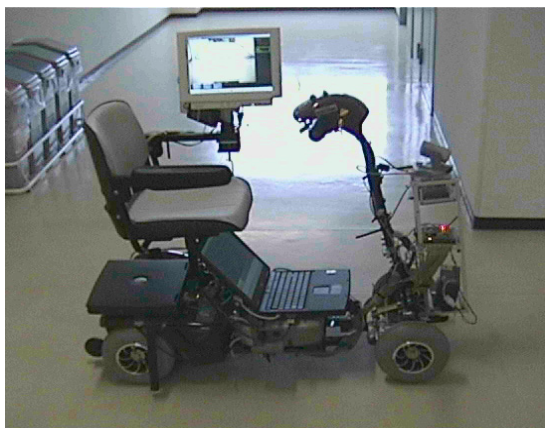


Fig. 3. 実験装置

III. 実験

A. 実験装置

実験装置は、市販の電動四輪車を基にPC、外界センサとしてのカメラ、ユーザインターフェイス用のタッチパネル、自己位置推定のために車輪の回転速度を検知するエンコーダと操舵角を検知するポテンシオメータを搭載している。Fig.3に実験車両の概観を示す。

B. 実験内容

実験内容は Fig.4 に示す環境下における地点 A(-4m,0m,0deg) から地点 B(-3m,-5m,0deg) までの自動走行である。図中及び Table 2 に示されるゲート1、ゲート2、ゲート3は、自動運転中にユーザがタッチパネルを用いて設定したサブゴールである。

TABLE I

実験で設定されたゲートの座標

Gate 1	(0.0m,-1.8m,-87deg)
Gate 2	(-0.9m,-4.3m,-91deg)
Gate 3	(-2.2m,-5.6m,9deg)

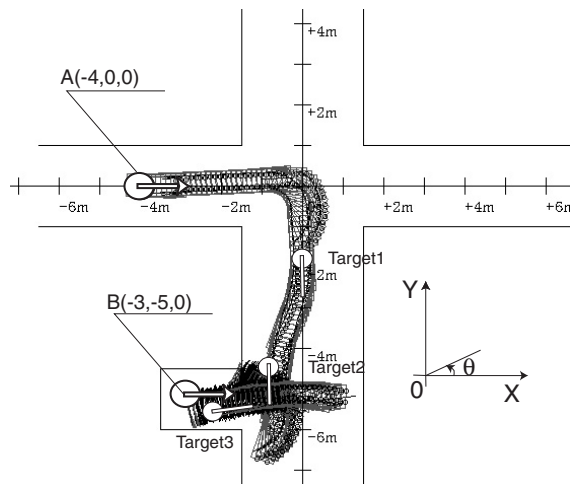


Fig. 4. 実験環境及び実験結果

C. 実験結果

Fig.4 に自動運転の走行軌跡を示す。開始地点 A(-4m,0m,0deg) において、システムはユーザに設定されたゲート1に向かって自動運転を行った。同様にゲート2、ゲート3に向かい自動運転を行い、目的地である地点 B(-3m,-5m,0deg) に到達した。特に、ゲート2からゲート3への自動運転において、システムは障害物を認識し、後退では目標に到達できないと判断し、一度前進して切り返しを行ってから再度後退して目標へ到達している。本実験では、ゲートの情報は自動走行時にユーザが逐次設定しているが、目的地に対するゲートの組を一度に与えることも可能である。

IV. おわりに

本論文では、我々は高齢者や身体障害者の移動手段として用いられている電動四輪車に対し、搭乗者の運転操作の負担を軽減し安心して利用可能な自動運転システムの実現を目的として、熟練運転者の四輪車に対する操作知識を組み込んだ予見ファジィ制御による知的自動運転システムを構築した。実機実験により、1)システムがユーザの設定した目標に対し四輪車の特性を考慮しながら切り返しなどの操作により柔軟に目標へ到達できること、2)人間の知識を用いることでシステムの挙動が理解しやすくユーザが安心して利用できる自動運転を実現していること、を確認した。そして、ユーザの運転操作の負担を軽減するために本システムが有効であることを示した。

REFERENCES

- [1] Richard M. Murray and S. Shanker Sastry, Nonholonomic Motion Planning: Steering using Sinusoids, IEEE Trans. Automat. Control, vol.38, no.5, pp. 700-716, 1993.
- [2] Seiji Yasunobu and Masaki Inoue, Intelligent Driving System for an Electric Four-wheeled Cart, Proceedings of SICE Annual Conference 2002 in Osaka, pp. 2947-2949, 2002.
- [3] Seiji Yasunobu, fuzzy Engineering, Syokodo, 1991.
- [4] Seiji Yasunobu and Ryota Sasaki, An Auto-Driving System by Interactive Driving Knowledge Acquisition, Proceedings of SICE Annual Conference 2003 in Fukui, pp. 2053-2056, 2003.