

踏力を利用した自動車操縦インタフェースの提案

樋口悠人[†] 村田嘉利[†] 鈴木彰真[†] 佐藤永欣[†]

岩手県立大学ソフトウェア情報学部[†]

1. はじめに

身体障害者が自立した生活を営む上で、移動手段の確保は必要不可欠である。しかし、障害内容によっては、介助者がいなければ行動範囲が制限されてしまうことがある。上肢障害者向けの自動車操縦インタフェースとして、自転車のペダルを漕ぐ要領でステアリング操作するフランチシステムがあるが、左右の動きを反射的に前後の動きに対応させることが難しい。そのため、慣れるまでに長期間の練習が必要と言われている。また、機械的機構のため、車両の改造に多額の費用が必要になる。近年全自動運転技術の開発が積極的に行われており、実用化されれば前述の問題は解決されるように思われる。しかし、日常生活で不自由しているが故に自分で自由に自動車を運転したいと考えている障がい者が大勢おり、全自動運転車が彼らの要望を満たす訳ではない。今回直感的に左右が認識できるよう、左右一組の加圧センサ(ロードセル)を用いた自動車操縦インタフェースを考案した。ドライビングシミュレータ上での走行実験を経て実車での走行実験を行った。本論文では、実車での走行実験の結果を中心に紹介する。

2. 先行研究

先行研究として、角度センサを手首や足首といった関節部に取り付けた自動車操縦インタフェース[1]に続いて手でロードセルを加圧する操縦インタフェース[2]の開発を行ってきた。どちらもサーボモータを制御し、角度センサの角度あるいは加圧力の大きさにタイヤの舵角を対応づけていた。角度センサを利用した方式では、最大でも90度程度の変化幅をハンドルのロックツーロック2回転半に対応づける必要があり、通常走行を優先するとヘアピンカーブでの操縦性能に問題があった。ロードセルへの加圧力をタイヤの舵角に対応づけた操縦インタフェースを用いた走行実験により、加圧力の変化幅の方が関節の角度の変化幅より大きくとれ、急角度のコーナーにも対応できることが分かった。しかし、市販車にサーボモータを付けることは現実的ではなく、パワーステアリングのモータを

利用することが現実的である。パワーステアリングの装置を調査した結果、モータに加える電圧により、左右に回転するハンドルの速度が変化することが分かった。そこで、本研究では、左右一組のロードセルへの踏力の大きさをを用いてハンドルの速度を制御し、シミュレータでの実験[3]と実車での走行実験を行った。

3. システム概要

本システムでは、東洋測器の Pedal Force Sensor (PFS) を取り付けたペダル型治具を左右一組使用する。PFS は一方向のみの圧力を計測し、電圧が変化するロードセルである。図1に示すように、PFS の出力電圧を Arduino に入力し、対応する電圧をパワーステアリングへ出力している。2つのセンサの統合方法は、各センサを+方向あるいは-方向への変化に割り当てており、同時に押された場合には出力が大きい PFS の信号を利用する。今回実車での運転方式として、あらかじめ左右3段階のハンドルを回すスピードの設定しその電圧値を利用する方式(段階方式)と踏む力とハンドルの回るスピードが比例関係になっている方式(連続方式)の2つの方式で評価を行った。どちらもハンドルを回すスピードの最大値は等しく設定している。

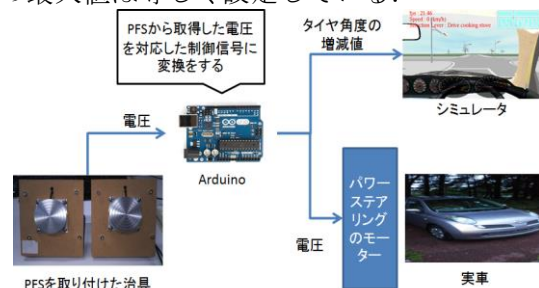


図1 システム概要



図2 実験コース

Proposal of Automobile Driving Interface Using Tread Force
[†]Y.Higuchi, Y.Murata, A.Suzuki and N.Sato (Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University)

4. 実車によるステアリング性能評価

PFS を用いた操縦インタフェースの操縦性能を評価するため、直線、周回、右左折の観点から評価実験を行った。各評価実験は、図 2 に示す岩手県立大学構内の道路を使用している。なお実験の被験者はすべて普通自動車運転免許を取得している健常者で行っている。

4.1. 評価実験環境

本実験では、日産自動車のマーチに図 3 に示すように PFS を取り付けて使用している。車体の寸法は 3695×1660[mm]であり、各実験コースとして利用している大学構内の道路幅は 2.6m である。図 4 に示す位置にビデオカメラを取り付け、車体とセンターラインとの距離を測定することで標準偏差を算出し、ふらつきの評価値としている。



図 3 センサ取付け状況

図 4 カメラ取付け状況

4.2. 直線コースと周回コースにおける評価実験

実験の流れとしては、各方式で 2 回練習を行った後ハンドルでふらつきを計測した。各方式の計測を行う前に再度 1 回練習を行ってから計測をいた。被験者にはステアリング操作に集中してもらうため、アクセルとブレーキの操作は助手席に乗った補助者が行うこととした。走行時の速度が 20km/h 程度になるようにコントロールした。PFS 制御方式の順序は被験者によって入れ替えており、一方の方式だけが習熟の度合いに差が生まれないようにしている。直線コースでは被験者 5 名、周回コースでは被験者 6 名に対して実験を行った。各被験者のふらつきの平均を表 1 に示す。直線コース、周回コースともに段階方式の方が連続方式よりも精度が良い結果となった。被験者の感想としては、方式の好みにばらつきが発生したが、直線コース、周回コースともに段階方式よりも連続方式の精度が良かったものが 1 名しかおらず、短時間での練習では段階方式の方が習熟しやすいといえる。段階方式でハンドルと比較した場合差が 1.5 cm 程度とハンドルと比べてもふらつきの差があまりないということが分かった。多くの被験者が練習を重ねるにつれて、本運転方式に対する違和感が薄くなっていったと感じていたため、時間をかければより精度が向上するものと思われる。

表 1 直線コースと周回コースにおける操縦性能

コース	インタフェース	ふらつき [cm]
直線	ハンドル	3.7
	段階方式	5.0
	連続方式	6.2
周回	ハンドル	8.7
	段階方式	10.2
	連続方式	10.6

4.3. 右左折コースにおける評価実験

T 字路にラインマーカで図 5、図 6 に示すようにライン継ぎ足した。評価方法として車体の両側に判定員を一名ずつ配置し、右左折時にラインがタイヤの幅を超え車体内部に入り込んでいないか(脱輪していないか)で評価した。実験は、各方式に対して右左折の練習を 2 回行い、その後ハンドルで 3 回右左折の評価を行った。各方式での評価を行う前には再度 1 回練習を行った後、3 回評価した。習熟度に差が出ないよう被験者によって PFS 制御方式の順序を入れ替えている。被験者数は 5 名である。結果として、ハンドル、各方式ともにタイヤがラインと接触する事はあったが、脱輪は見られなかった。このことから右左折の操作において各方式を利用した場合でも、ハンドルとほぼ遜色のない走行ができることが分かった。



図 5 右折



図 6 左折

5. おわりに

今回、PFS を利用した自動車操縦インタフェースに対して直線、周回、右左折の観点から操縦性能評価を行った。ハンドルを回すスピードを制御することによっても、ハンドルを直接操作する時に近い操縦性能であることが確認できた。

参考文献

- [1] 湊崇文, 他, 「角度センサを用いた障害者向け自動車操縦インタフェースの開発」情報処理学会 コンシューマ・デバイス&システム Vol.6 No.1 11-21(2016)
- [2] 阿部貴也, 他, 「ユニバーサルドライビングインターフェースの提案」第 79 回情報処理全国大会, 2ZB-06(2017)
- [3] 樋口悠人, 他, 「ロードセルを用いた踏力によるステアリング操作」第 32 回情報処理シンポジウム, P-7(2017)