

模型自動車を用いた遠隔型実車運転システム

高橋尚太郎

電気情報工学科 電気電子工学コース 5 年

2021 12/1

発表構成

- ① はじめに
- ② 遠隔型自動運転に関する制約
- ③ 提案
- ④ 目標設定
- ⑤ 実装
- ⑥ 実験
- ⑦ 結果
- ⑧ おわりに



Figure: A figure that is next to a certain explanation.

はじめに

自動運転技術

- 2020 年実用化に向けた法整備
- レベル 3 自動運転の解禁により遠隔型自動運転に注目

The five stages of autonomy



Sources: Evercore ISI, SAE International

Figure: Stages of Autonomy

遠隔化

- 自動運転レベル 3 以上に必須
- 異常時に遠隔操縦に切替
- 遠隔型自動運転：ドライバーが遠隔地から車側のリアルタイム映像を見ながら操縦
- 都市部から地方への移動サービス提供

遠隔型自動運転に関する制約

自動運転の補助にも免許が必須

- 法基準で自動車免許と遠隔運転用の特殊な訓練が義務付けられている。

自動運転の公道実証実験に係る道路使用許可基準

(3) 安全確保措置

ア 共通事項

ウ 監視・操作が困難な状態となり得ることを踏まえた安全対策が盛り込まれた実施計画であること

安全対策の例 他の監視・操作者となる者が速やかに監視・操作を後退できる体制をとる。

(5) 監視・操作者となる者

イ 実験車両に応じ、必要な運転免許

(仮運転免許を除く) を受けていること

複数人での管理が必須

- 東急バス実証実験 (2020/12/17～2020/12/25) 遠隔運転の特殊な訓練を受けた3人態勢で監視、操縦



提案

免許や法定の訓練が遠隔運転に必要



不要な実験環境があれば・・・

- 遠隔運転システム特性調査
 - システム開発
 - 実務への適性調査の環境
- として手軽に利用できる．



Figure: Ideal System

目標設定

研究目的

- 運転免許の所持不所持に関わらず，遠隔運転の実験に携わることが可能な練習及び研究のための環境を構築する．
- リアルタイム映像を見ながらハンドルとフットペダルで操作可能な RC カーの実現

研究の位置付け

- 実験プロトタイプの提案
- 実装と走行実験で目的にアプローチ

実装

操作視点の提供



カメラ映像の、
リアルタイム取得

操作の無線化



シリアル通信

模型自動車の動作



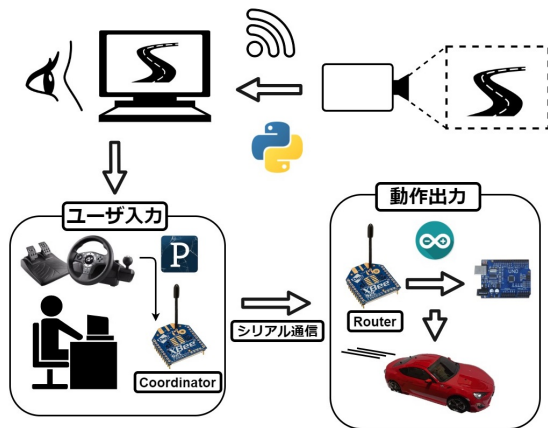
モータの回転制御

使用機材

Table: Using Equipment

機器	製品名
RC カー	TAMIYA 1/10 XB シリーズ TOYOTA 86
PC	Lenovo ThinkPad X240
ステアリングコントローラ	Logicool GT Force Pro
ゲームパッドコントローラ	Dualshock3
マイコン	Arduino
無線モジュールシールド	XBee Wireless Proto Shield
無線モジュール	XBee S2C
カメラ	GoPro MAX
USB WiFi アダプタ	BUFFALO-U2433DHP

実装の詳細



カメラ映像の
リアルタイム取得

- OpenCV gopro-py

シリアル通信

- Processing, Arduino, XBee

モータの回転制御

- Arduino

Figure: Function

操作方法

ハンドル

- 左右旋回

アクセルペダル

- 前進

ブレーキペダル

- 減速 (1 回踏む)
- 後退 (2 回踏んで踏み続ける)

操作の仕組み (ハンドル)

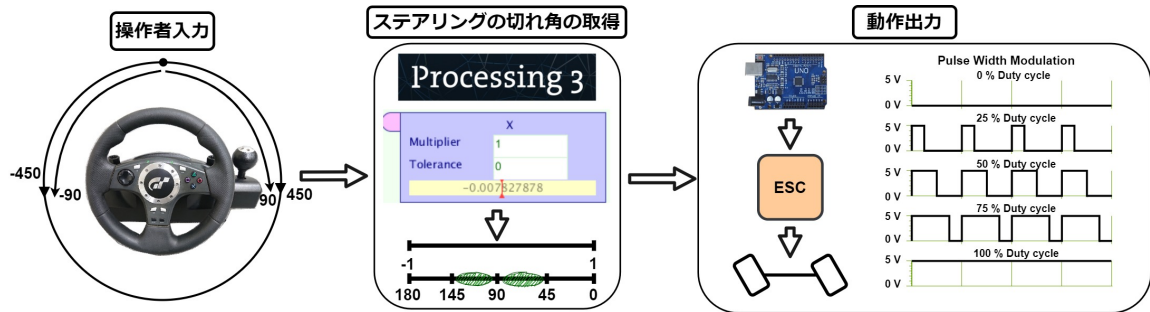


Figure: Steering Function

操作の仕組み (スロットル)

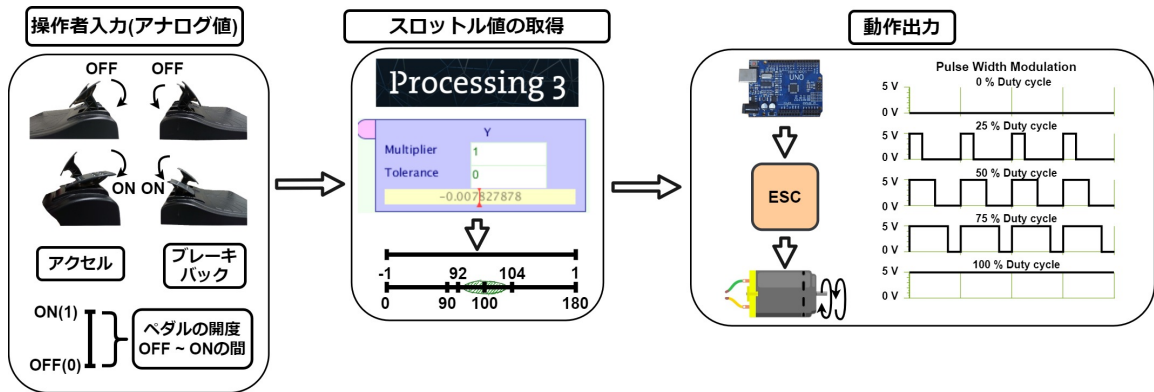


Figure: Throttle Function

ハードウェア

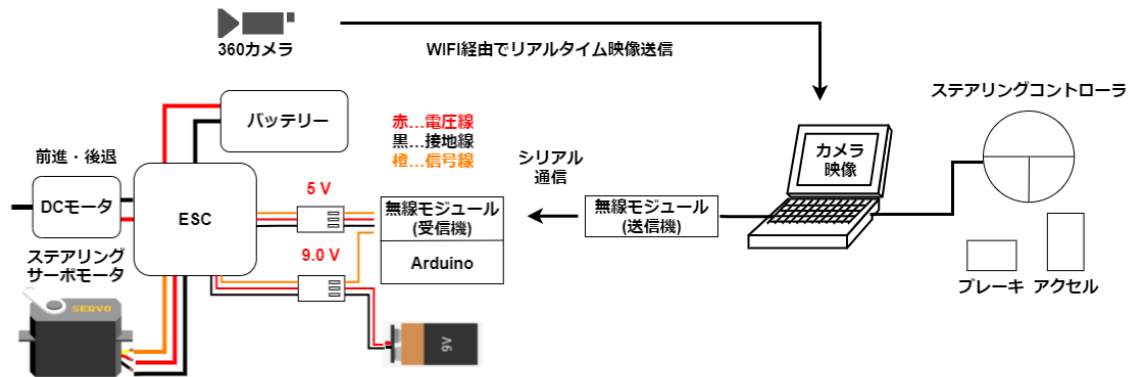


Figure: Hardware Specification

実験

期待されるデータ

- インターフェース操作の機敏性と正確性に関する比較結果

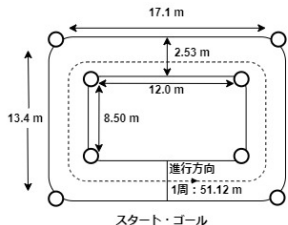
方法

- 被験者によるコース周回走行
- ① ラップタイム測定 (機敏性)
- ② 操作中の壁面等接触回数の記録 (正確性)
- ③ アンケート (被験者の体感情報: 操作感覚等)

条件

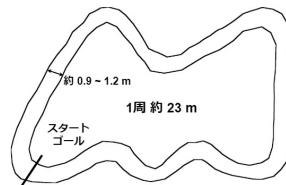
- ① 被験者の実車運転経験: 有, 無
- ② 走行するコースの環境: 操作自由度の高, 低
- ③ インターフェース: ハンドル・ペダル / プロポ / ゲームパッド

条件について



操作自由度が高い環境

- 壁面なし
- 被験者 5 人 (内 1 名 2 回) 6 パターン
- ラップタイム測定 (3 周: 1 セット / 被験者)



操作自由度が低い環境

- 壁面あり
- 被験者 3 人 3 パターン
- ラップタイム測定 (3 周: 2 セット / 被験者)
- アンケート (被験者主観)



高橋尚太郎 (明石高専)



Figure: The direct view (third person)



実験結果

ラップタイムの比較

- ① 実車運転経験：差異なし
- ② 操作自由度：高い環境が優
- ③ インターフェース：ゲームパッドが約 10%優
- ④ 操作視点：目視 約 10%優

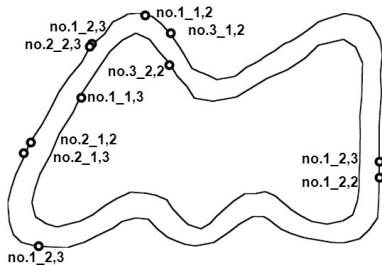
接触回数等の比較

- ① 実車運転経験：有経験者が 50%以上少
- ② インターフェース：ゲームパッドが約 10~23%優

アンケート

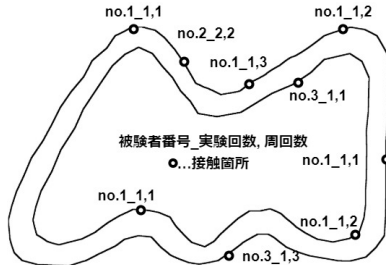
- ① 実車運転経験：優経験者の方が慎重な運転の傾向
- ② 操作自由度：低い環境だと操作難化⇒映像遅延
- ③ インターフェース：ゲームパッドが最適
- ④ 操作視点：カメラより目視の方が良い

接触箇所



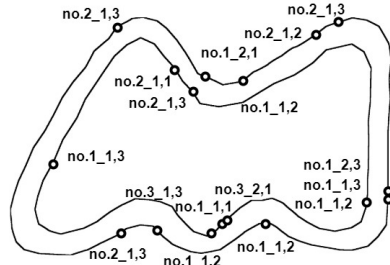
ゲームパッド操作

- 特定の箇所に集中



ハンドルペダル操作

- コース全体に均一



プロポ操作

- 接触回数が最も多い

接触回数の遷移

1 セット目

- ハンドル：8 回
- プロポ：15 回
- パッド：5 回



2 セット目

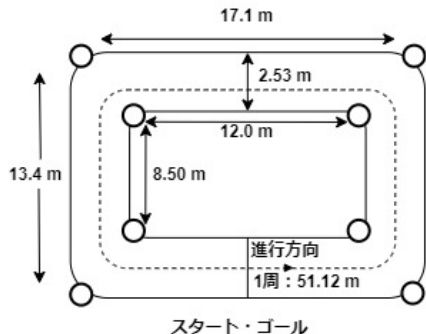
- ハンドル：1 回
- プロポ：9 回
- パッド：18 回

2 セット目/1 セット目 (%)

- ① ハンドル：12.5%
- ② プロポ：60%
- ③ パッド：360%

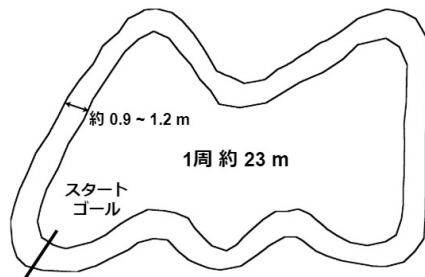
ハンドルフットペダルが
最も習熟しやすい
インターフェース

走行速度



操作自由度が高い環境

- 実速度：約 5 ～ 8 km/h
- スケールスピード：
約 16 ～ 25 km/h



操作自由度が低い環境

- 実測度：約 2 ～ 3 km/h
- スケールスピード：
約 6 ～ 10 km/h

アンケート結果

Table: Questionnaire Result

設問	解答
実車運転経験	あり:1 なし:2
操作感覚が実車に似ている	どちらとも言えない:1
実車より運転が簡単	やや当てはまる:1
運転に対する苦手意識	ない:2 ある:1
具体的な苦手意識	"他の物体との接触"
遠隔運転後、苦手意識の変化	変化なし:1
実車意外の運転経験	ゲームあるいは実車運転シミュレーション:3
免許講習意外で実車を使う前に 遠隔運転環境を使いたい または用いると便利か	とても思う:1 そう思う:1 どちらとも言えない:1
操作時の視点の快適さ	カメラ映像を見る:2 RC カーを直接見る:2
操作性が快適だと思った 操作機器の順位付け	1 位ハンドル:3 2 位プロポ:3

考察

操作自由度の高いコース

- 1人1セット走行：被験者を変えて実施
 - 周回タイムはどの機器でも一定



操作自由度の低いコース

- 1人2セット走行：被験者を変えず実施
 - 機器操作の頻度を増加



結果

- ハンドルペダル操作の場合接触回数が **12.5%** に減少

結論

遠隔運転の練習は運転免許の有無によらず可能

- 条件：5 km/h 以下，道幅 4 台，壁無
- ただし，カメラ映像遅延の影響が無視できない

実車経験・未経験両方にメリットあり

- ハンドルに慣れやすい (未経験者)
- 苦手意識の軽減 (経験者)
- 楽しい (両方)

実験を行う事で得られた新たな知見

- 経験者：実車より簡単 (ハンドル・ペダル)
- ハンドルペダル：習熟によって操作精度が向上
- ゲームパッド・プロポ：周回増えると接触頻度増加

おわりに

まとめ

- 遠隔型実車運転システム→ RC カーへの実装を提案
- 運転免許無でも遠隔運転の練習を体験できるシステムの構築
- システム操作による効果の報告
 - 実験結果, 新たな知見
- 自由度高: RC カーの最高速度, 遅延→操作性に影響 (タイム)
- 自由度低: 被験者の操作機器への習熟感覚, 遅延→操作性に影響 (タイム, 接触)

今後の課題

- カメラ映像の低遅延化
- 高精度な車速制御機能の実装 (e.x. ドライブアシスト機能)