

自律走行車両構築に向けた制御アルゴリズムに関する研究

日大生産工(院) ○野口 卓宏 日大生産工 景山 一郎

1 緒言

現在に至るまで、交通事故や交通渋滞の削減など、自動車を原因とした交通諸問題の解決を目的として、ITS(高度道路交通システム)をはじめとした様々な運転支援システムの研究開発が行われてきた。近年においては特に自律走行車両に注目が集まり、道路交通の安全化、ドライバの負担軽減などを向上させるものとして、国内外での研究が活発化している⁽¹⁾。

しかし、現在研究開発が進められている自律走行車両は自律走行システムの精度向上に重きを置く傾向にあり、導入初期段階に想定される、人間が運転する車両との混在交通における周囲のドライバに与える影響や、自律走行車両の乗員快適性などへ踏み込んだ研究は少ない。これらの課題は人間の運転動作を模擬する制御アルゴリズムを構築することで解決できると考えられる。そこで本研究では、人間の運転動作を模擬する制御アルゴリズムの構築を目的とする。本報告ではその第1段階として、提案する人間の運転動作モデル²⁾(以下ドライバモデル)を用い、人間の実際の運転動作との比較検討を行う。なお、本研究は日本大学生産工学部「人を対象とする研究倫理審査委員会」の承認(承認番号 s2015-005)を得た。

2 実車走行実験

本研究は一般的なドライバの運転行動を基本として考えるため、比較的交通量の少ない一般道路を用いて実験を行った。道路形状を図1に示す。この図は車両の初期位置における車両前方(道路接線方向)をX軸として、RTK-GPSで計測した走行経路を示している。また、この道路は6~8m程度の幅を持つセンターラインのない道路となっている。実験は平均的な車両特性を持つことを確認した国産普通乗用車³⁾を使用し、インフォームドコンセントを得た3名のドライバにより行った。計測項目として、操舵角[deg]、前後・横速度[km/h]、3軸加速度[m/s²]、3軸角速度[deg/s]・角度[deg]、アクセル開度[%]、ブレーキ踏力[N]、また、アイマークレコーダを用いてドライバの前方注視位置[m]を計測した。実際の計測では、ドライバに数回の慣熟走行を行ってもらい、その上で数回の実験走行を行った。

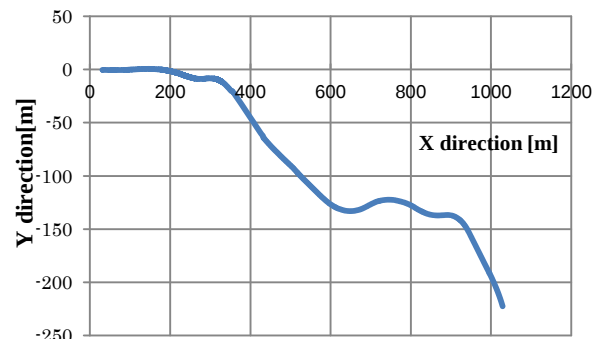


Fig.1 Experimental course

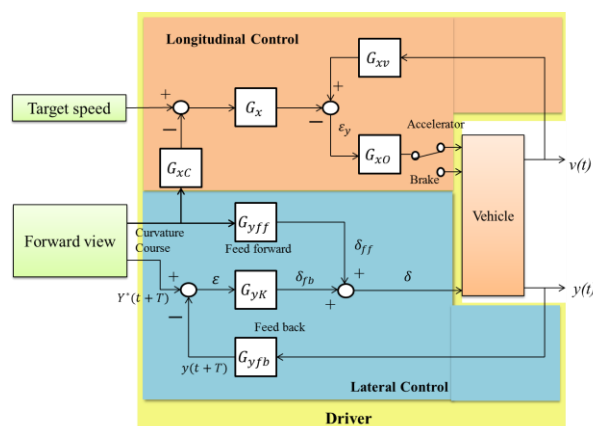


Fig.2 Driver model

実験中は前走車を配置し、前方の道路状況の安全を確認するなどの対策を行っている。また、前走車は実験車両のドライバへの影響がないように、実験車両からは視認できない距離で走行した。

3 ドライバの制御動作モデル

本研究で検討を行うドライバモデルを図2に示す²⁾。人間の運転行動は主に車両前方情報によって変化すると考えられる。そのため、今回用いるモデルでは、車両前方の道路曲率を前後方向制御と横方向制御のフィードフォワード項として採用している。また、横方向制御には加えて、目標コースと車両の横位置との偏差によるフィードバック項によって表現されている。また、横方向制御のフィードバック項として、重回帰分析を用いたPID制御モデルによる検討を行う。

4 ドライバモデルの検証

図2に示したドライバモデルの妥当性を検証するため、実験値とモデル値の比較を行う。ここでは主に前後方向制御のフィードフォワード項と、横方向制御について取り扱う。

4.1 前後方向制御

本報告で用いるモデルでは、前後方向制御のフィードフォワード項として、前後方向加速度と道路前方曲率との関係から算出している。実験値とフィードフォワード項の比較を図3に示す。図3より、実験値とモデル値は0.912の相関を持ち、比較的良好一致をしていることがわかる。前後方向加速度はドライバのアクセル及びブレーキ操作との関係性が強いので、車両前方曲率がこれらの操作に必要な情報であることがわかる。

4.2 横方向制御

車両の横方向制御に用いる操舵角は、フィードフォワード制御とフィードバック制御によって推定を行う。フィードフォワード成分として過去、操舵角と前方道路曲率との相関が高いことが報告されており³⁾、本報告においても、両者の相関が高いことが確認できたため、道路曲率をフィードフォワード項として用いる。実験値とモデル値の比較を図4の二段目に示す。

また、ドライバは目標コースと自車位置との偏差から常に修正操舵を行っていることが考えられるため、操舵角の修正操舵分と車両相対横位置、相対ヨー角の各微分値・積分値を用いた重回帰式により、フィードバック成分を算出する⁴⁾。フィードフォワード成分とフィードバック成分を足し合わせ、実験値とモデル値を比較したものを図4に示す。これより、実験値とモデル値は比較的高い相関で一致しており、人間の運転行動をある程度表現できていることがわかる。

4.3 前方注視時間

道路曲率とアイマークレコーダにより計測したドライバの前方注視時間及び、前後方向・横方向制御における前方注視時間との比較を図5に示す。これより、ドライバは絶えず前方注視位置を変化させているのに対し、実際の制御に用いる部分では比較的落ち着いていることがわかる。また、道路曲率変化の大きい部分では注視時間を変化させている傾向がわかる。これは、ドライバは車両前方情報を早い段階で把握し、実際に車両がその場所へ近づいてから運転行動へ反映させるためであると考えられる。また、全体を通して前後方向制御に用いる注視時間が横方向制御に用いる注視時間より長いことがわかる。これは、操舵角よりも応答の遅い車両前後速の制御へ対応するためだと考えられる。

5. 結言

本報告は、人間の運転動作を模擬する自律走行車両の制御アルゴリズム構築をめざし、提案するドライバモデルと実車実験のデータを比較検討したものである。結果として、モデルが人間の運転行動を表現できていることが確認できた。

今後の課題として、車両の前後方向制御へのフィードバック制御の検討および、前方注視時間のモデルへの適応方法を検討する必要がある。

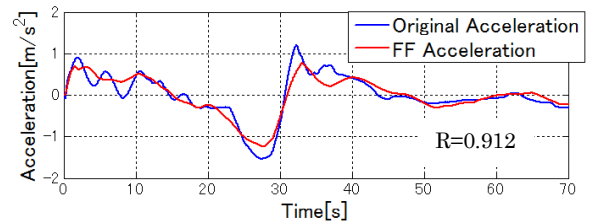


Fig.3 Experimental data and FF acceleration

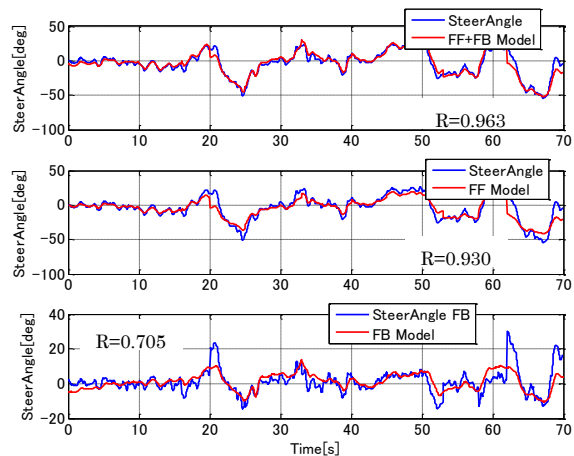


Fig.4 Model Result

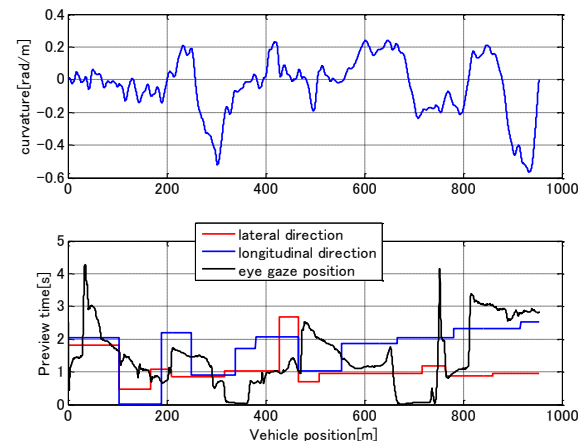


Fig.5 Road curvature and Preview time

「参考文献」

- 1) 津川定之, 自動車の自動運転システム, 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 4, (1999) p. 606-614.
- 2) I.Kageyama et.al, Fundamental Study on Driver Model for Lateral and Longitudinal Control to Advanced Driver Assistance Systems, AVEC'16, (2016), No.99033
- 3) 景山一郎ほか, 高度運転支援システムに向けたドライバモデル構築に関する研究, 自技会秋季大会前刷, (2015), p.1385-1390
- 4) 清水俊喜ほか, ドライバモデルを用いた運転特性推定に関する研究, 自技会秋季大会前刷, (2012), No.141-20125758