

二輪車を操縦するロボットの構築について

— 人間が行う加減速制御に則ったシステム構築 —

日大生産工(院) ○木村 光晴
日大生産工 景山 一郎

1. 緒言

現在二輪車の開発時の車両特性は定量的な客観評価が困難であり、経験を積んだライダーの主観評価により行われている。二輪車の試験方法は JASO により規格化されているが試験条件の記載のみで、具体的な評価手法や評価指標に関しては十分に検討されていない。自動車技術会二輪車の運動特性部門委員会では、二輪車の運動特性を客観的に評価する目的からワーキンググループを立ち上げ活動を行っている⁽¹⁾

二輪車メーカーは開発期間短縮のため車両開発時に種々の解決すべき課題等を、短期間で解決することが重要視されている。しかし、二輪車の開発時において走行中危険となる振動モード等が発生する可能性があるため、テストライダーの乗車前に車両の安全性を検証することが望まれる。またライダーは身体特性、乗車姿勢、操縦動作などを変化させるため運動特性に違いが生じることに加え、ステアリング操作やニーグリップなど、同時に多入力を与えるため、入力1つ1つとオートバイの関係を見ることは非常に困難となる。

そこで本研究は、これら問題点を解決するためのツールとして、規定のアルゴリズムで二輪車を自動操縦するシステム(以下ライダーロボット)を構築することを目的とする。ライダーロボット構築の第1段階として本研究では縦方向制御に着目し、人間がどのようなアルゴリズムでアクセル開度を制御しているかを検証し、人間と同じようなアクセル操作が可能なライダーモデルの構築を行う。

2. 実車実験

ライダーの直進走行時の操縦動作を把握するために日本大学理工学部交通総合試験路を用いた実車実験を行った。試験路は全長 618m、幅員 30m、縦断勾配 0%、横断勾配 1.5% である。被験者は運転経験や普段乗っている車種が異なる 20 代男性 3 名とし、インフォームドコンセントを得てから実験を行った。被験者は二輪免許を取得して 1 か月未満、運転頻度が週 0 日の 1 名(被験者 A)と、二輪免許を取得して 2 年、1 年半の運転頻度が週 5 以上の 2 名(被験者 B,C)である。試験車両は国産 250cc の大型スクーターを用い、計測機器として光学式 2 軸車速計、慣性計測装置(3 軸角加速度・3 軸加速度計・3 軸角度計)、回転式ポテンシオメータを用いて計測を行った。図 1 に実験車両を示す。被験者には目標速度を指示しブレーキを掛けず、アクセル開度のみで速度調整をしてもらった。また目標速度に到達してから、その速度を維持し、その後停止してもらった。目標速度は 30km/h から 70km/h まで 10km/h 刻みの 5 条件とした。計測データは「アクセル開度」「前後方向速度」「前後方向加速度」の 3 項目とし加加速度(ジャーク)は加速度を微分した値とした。

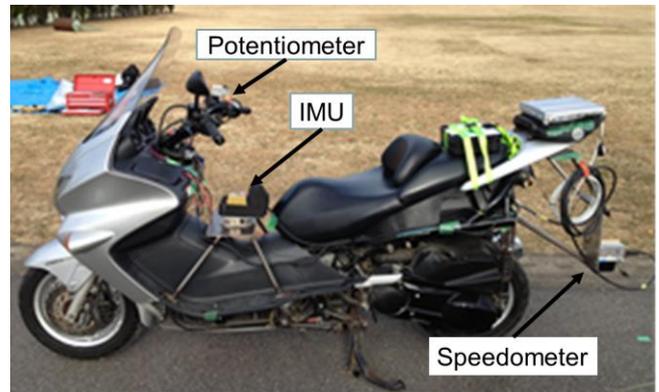


Fig.1 Experimental vehicle

3. ライダーモデル

ライダーは目標速度で走行する際に、自車両との相対情報である速度、加速度、加加速度(ジャーク)をフィードバック情報としてアクセル開度を制御していると仮定する。各フィードバック係数の算出を行うため、統計的手法である重回帰分析を用い線形領域にてモデルを構築した。目的変数であるアクセル開度と、説明変数として仮定した 3 つの相関係数を算出した。アクセル開度と加速度の相関は 0.9 以上と非常に高かったが、通常アクセル開度入力に対して出力は加速度となってしまう。確認のため、入力として仮定した加速度に相互相関関数を用いて、最大値における遅れ(進み)時間を算出した結果、進み時間が約 0.3 秒となったため説明変数から除外した。また、速度と加加速度も相関が低かったため説明変数から除外した。そこで、ライダーの相対情報として車両が動き出してからの目標速度と現在速度の偏差を PID 制御モデルで同定した。ライダーの出力であるアクセル開度と、車両からの応答である目標速度と現在速度の偏差、偏差加速度、偏差位置の関係に注目する。入出力関係を把握するため作成した散布図(被験者 A の目標速度 30km/h)を図 2 に示す。

図 2 で得た関係性より入力を偏差速度、出力をアクセル開度とした。目標速度と車両速度との速度偏差、偏差加速度、偏差位置を説明変数に、アクセル開度を目的変数として重回帰分析を行った。また実験データよりライダーは目標速度で走行をする際に、滑らかなアクセル操作を行っており、FFT で周波数解析した結果 1Hz 以下でアクセル操作をしていたため、説明変数の遮断周波数を 1Hz とした。また、重回帰分析を行う際、多重共線性を考慮するためステップワイズ法を用いて説明変数の選定を行った結果、速度偏差、偏差加速度の 2 つの説明変数が残った。構築したライダーモデルを図 3 に示す。ここで入力速度偏差に対し、出力のアクセル開度間に

Study on Construction of Rider Robot for Motorcycle

— Acceleration/deceleration Control System in Imitation of Human Operation Movement —

Mitsuharu KIMURA, Ichiro KAGEYAMA

遅れ時間があると仮定し、アクセル開度に対して車両が応答するまでの車両遅れを考慮した相互相関関数を用いて、最大値におけるアクセル開度の遅れ時間を算出した。この結果、遅れ時間は約 0.2 秒となった。遅れ時間と相互相関係数の関係を図 4 に示す。この遅れ時間を考慮したライダーモデルの出力結果を図 5 に示す。図 5 より実験値とモデル値の重相関係数は 0.9 以上と高い相関を示していることから、本モデルがライダーの操縦動作を表現出来ていると考えられる。

4. フィードバック係数の検討

構築したモデルより、ライダーがどのフィードバック係数を重視しているかを検証するため、重回帰分析より求めた偏回帰係数を比較する。偏回帰係数を相対的に比較するため標準化を行い、標準偏回帰係数の全体を 100[%]として表示したものを図 6 に示す。図 6 よりライダーは運転経験に関わらず、偏差加速度を重視している傾向がみられる。しかし、目標速度が増加していくと偏差速度のフィードバック係数が上昇する傾向にある。この結果より速度条件ごとにフィードバック係数を変更する必要があると考えられる。

5. 結言

本研究では、直進走行時の操縦動作を把握するため実験を行い、実験結果よりライダーの操縦動作のパラメータの同定及び検討を行い、PD コントローラを用いたライダーモデルを構築した。構築したライダーモデルと実験結果の重相関係数よりモデルの妥当性を確認した。

今後は構築したライダーモデルを実際の車両に搭載し確認する必要がある。またライダーロボットでの試験の汎用性を持たせるため単独走行以外の場面や横方向制御の場面も考えた、ライダーモデルを構築していく必要がある。

参考文献

- (1) 景山一郎：二輪車の運動特性とその評価指標に関する研究－第 1 報 定常円旋回時の基礎特性について－，自動車技術会 学術講演会前刷集 No.150-07, p.13-18(2007)

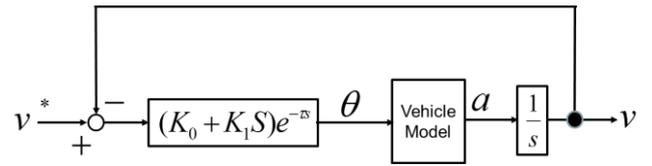


Fig.3 Rider Model

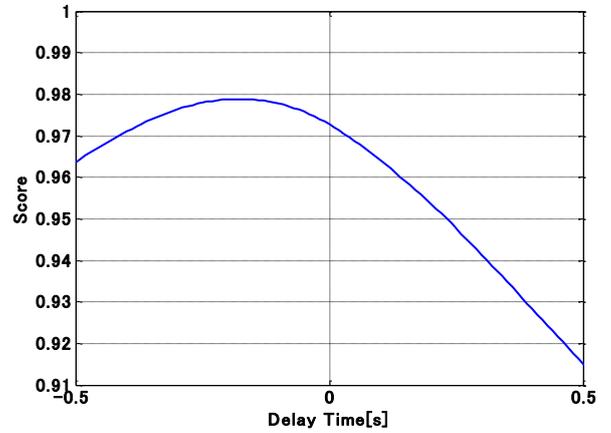


Fig.4 Result of FB Time Delay (ParticipantA-30km/h)

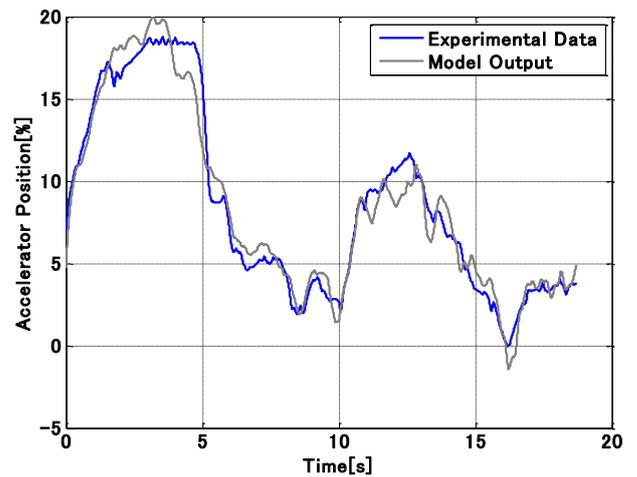


Fig.5 Result of Rider Model (ParticipantA-30km/h)

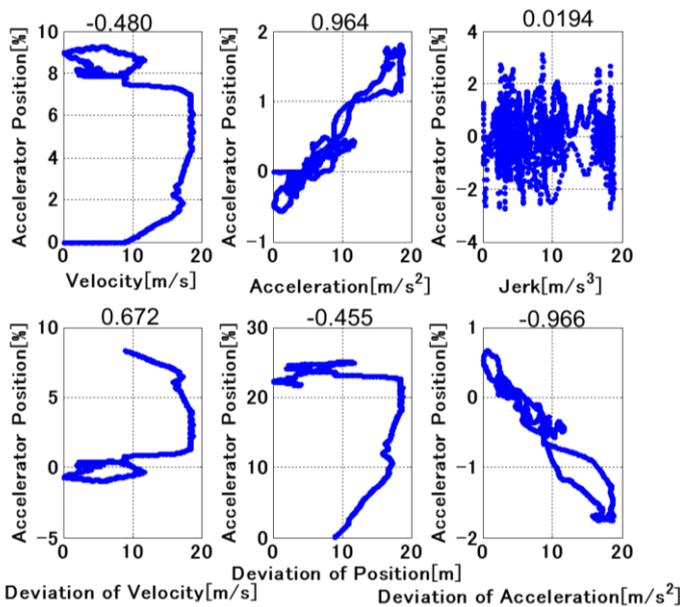


Fig.2 Scatter chart of Relation between Accelerator Position and Each Information (ParticipantA-30km/h)

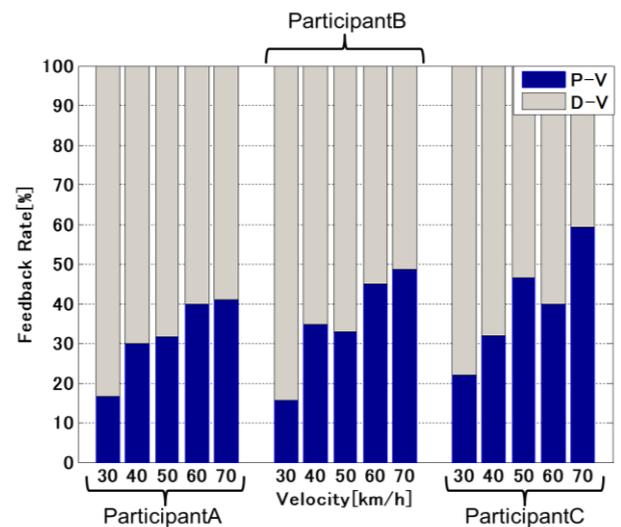


Fig.6 Feedback Rate