

理想的ドライバモデルを目指した 時系列センサデータの確率モデルに基づく運転支援システムの検討

山川 達也[†] 鈴木 結香子^{††} 山口 晃広^{‡‡} 島田 秀輝[‡] 佐藤 健哉^{††}

[†]同志社大学理工学部情報システムデザイン学科 ^{††}同志社大学大学院理工学研究科情報工学専攻

[‡]同志社大学研究開発推進機構 ^{‡‡}名古屋大学大学院情報科学研究科附属組込みシステム研究センター

1 はじめに

近年, 自動車の制御に関する研究が数多く行われている. 車両制御は, 数多くの車載センサを用いて情報を取得し, 解析することで行われる. 車載センサから取得される情報の新たな利用法として, 運転データを用いて運転をモデル化し, 自動車を制御する手法の検討が行われている. 本研究は, 従来で行われている運転のモデル化手法を再検討し, 新たなモデル構築手法を提案する.

2 関連研究

2.1 概要

現在, 機械学習やデータマイニングの技術を用いて, 時系列車載センサデータからドライバモデルを作成し, リアルタイムに取得されるデータを適用することで自動運転を行う手法が提案されている. これらのシステムは, モデルの作成に用いた車載センサデータを反映した運転支援が可能となる. また, データからモデルを作成することで自動車を制御することが可能であるため, 従来のように, 制御のロジックを作りこむ必要がない.

2.2 個人の運転特性を考慮したドライバモデル

武田らは, GMM(Gaussian mixture model) を用いて, 個人の特性を考慮した追従走行を行うドライバモデルを考案した [1][2]. ドライバモデルを用いて 0.1 秒後のガスペダル, ブレーキペダル踏力を予測し, 車両の制御に用いることで, 追従走行をアシストすることが可能となる. ドライバモデルは, ガスペダル, ブレーキペダル踏力, 速度, 前車との相対距離と, それらのダイナミクスを直接用いて, GMM の確率モデルとしてあらかじめ生成しておく. 運転時にリアルタイムに取得される走行情報を入力として, 0.1 秒後のペダル踏力を予測する.

3 従来技術からの発展

武田らの研究では, 各ペダル踏力や速度, 前車との相対距離など, 自動車制御に関わる特徴量を用いて追従走行のモデル化を行った. これらの特徴量は, 自動車の制御と関係が深いので, 自動車の制御を行うのに適している. しかし, 従来の研究で用いた特徴ベクトルに新たな特徴量を付加した時の有用性について研究されていない. そこで, 本研究では, 従来で用いられた特徴量に加え, 新たな情報を付加した新しいドライバモデルが有用であるかを検証する.

新たな情報は, 運転の違いに関係があると予想される天候や信号機の状態を選択する. 例えば, 雨の日は, ブレーキが効きにくい, ハンドル操作が難しい, 視界が悪いといった特徴がある. 実際, 晴天時より雨天時の交通事故の件数が多い. 以上より, 天候や信号機の情報ドライバモデルに加えることで, より走行状況に適した運転が可能になると予想される.

また, 天候, 信号機の状態などの情報は, 車両制御との関係式を立てることが難しい. ドライバモデルに天候や信号機などによる走行の違いが現れるならば, 関係式を立てなくとも天候や信号機の状態に合わせた自動運転が可能となる.

しかし, 天候, 信号機の状態など, 制御とは直接関係のないそれぞれの特徴量がどの程度重要なのかは不明である. また, 運転の違いに関係があると考えられる特徴量をそのまま加えると, 特徴ベクトルが高次元になるため, メモリ使用量に制限のある車載組み込みシステムへの適用が難しい. さらに, GMM を構成する共分散行列や平均ベクトルのサイズが大きくなり, 計算負荷が増大する. 従って, これらの特徴量の取捨選択や重みづけを行うことが有効と考えられる.

4 提案システム

4.1 概要

本研究では, GMM(Gaussian mixture model) を用いてドライバーの運転をモデル化し, 0.1 秒後のガスペダル, ブレーキペダル踏力を予測する. 研究の概要を図 1 に示す. 予測の際, 従来研究で用いた, 車両制御に直接関係のある特徴量に加え, 天候・信号機等の情報を加えた特徴ベクトルを作成する. そして, 特徴

A Driver Assistance System Based on Probabilistic Model with Time Series Sensor Data for Ideal Driver Model

[†] Tatsuya YAMAKAWA, Yukako SUZUKIA, Hideki SHIMAD, Kenya SATO

^{††} Akihiro YAMAGUCHI
Doshisha University ([†])
Nagoya University (^{††})

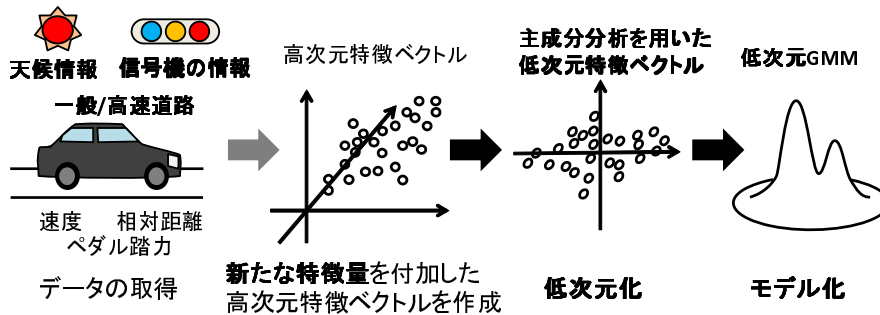


図 1: 提案システムの概要

ベクトルを主成分分析などの低次元化手法を用いて、各特徴量の取捨選択や重みづけを行う。その後、その低次元特徴ベクトルを用いて、低次元の GMM を構築する。これらの情報を付加したドライバモデルを用いて天候や信号機の情報に合わせた自動運転を実現することが可能であるかを検証する。本研究では、名古屋大学の武田らが作成したコーパスを用いた [3]。コーパスの時系列運転データは、0.1 秒ごとにリサンプリングして用いた。

4.2 運転のモデル化

見本となるドライバーの運転のモデル化手順を以下に示す。運転データは時間 t でのガスペダル、ブレーキペダル踏力、速度、前車との相対距離と、それぞれのダイナミクス、天候情報・信号機等の情報からなる多次元ベクトル x_t^T と、予測したいペダル踏力の時間 $t+1$ での値 c_{t+1} から成る特徴ベクトル y_t^T である。天候や信号機の情報は離散的な数字として定義される。例えば、天候の場合は、晴天時の運転を 0、雨天時の運転を 1 と定義してドライバモデルに付加する。ただし、ドライバモデルの GMM は連続値を変数とするため、離散値の変数に対しては分散が非常に小さい正規分布からサンプリングした値を用いる。従って、晴天時の運転の際の数値は、平均 0 と、限りなく 0 に近い分散を持つ正規分布に従う乱数を用いて、限りなく 0 に近い値を付加する。雨天時の運転の際に付加する 1 についても同様の処理を行う。

信号機の情報は、運転者から赤信号が見えている場合、青信号が見えているか信号が見えていない場合との 2 パターンの離散値を用いてドライバモデルに付加する。

従来手法では、生成した特徴ベクトルをそのまま用いて GMM を生成するが、本提案手法では、次元がさらに増えることもあるため、以下のように低次元化手法を用いる。

1. 高次元特徴ベクトル x_t^T に主成分分析を用いて、各固有値、固有ベクトルを求める。
2. 各固有値より、高次元特徴ベクトルの特徴量の寄与率を求める。

3. 寄与率をもとに、重要な軸を選びなおし、低次元特徴ベクトル x_t^T を生成する。
4. x_t^T に、予測したいペダル踏力 c_{t+1} を付加して、最終的な低次元特徴ベクトル y_t とする。

見本となるドライバモデルを実現する同時分布 $P(y_t|\Phi)$ は、低次元化した特徴ベクトルを用いて GMM でモデル化される。

$$P(y_t|\Phi) = \sum_{k=1}^4 k N(y_t | \mu_k^y, \Sigma_k^{yy}) \quad (1)$$

$N(y_t | \mu_k^y, \Sigma_k^{yy})$ は、平均ベクトル μ_k^y と分散共分散行列 Σ_k^{yy} を持つ正規分布である。 k は、各正規分布を重みづける重み係数である。 $\sum_{i=1}^4 k = 1$ である。

5 まとめ

本研究は、従来の制御に直接関係のある特徴量に加え、運転の違いに関係があると予想される特徴量を付加することで、新たなドライバモデルを構築する。従来は考慮されることのなかった天候や信号機の情報を付加することで、それらの状況に合わせた自動運転を実現する方法を提案した。また、提案手法では、新しい情報を付加することにより次元が増加するため、低次元化手法を用いて重要な軸を抽出する方法も含む。本研究は、定式化することが難しい走行に関わる情報を取り入れた運転支援システムの実現方法を提案し、有効性を評価するものである。

6 謝辞

本研究の一部は総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) の支援を受けている。

参考文献

- [1] Y. Nishiwaki, C. Miyajima, N. Kitaoka, K. Itou, and K. Takeda, "Generation of pedal operation patterns of individual drivers in car-following for personalized cruise control," in Intelligent Vehicles Symposium, 2007, pp. 823-827.
- [2] P. Angkitittrakul, C. Miyajima, and K. Takeda, "Modeling and adaptation of stochastic driver-behavior model with application to car following," in Intelligent Vehicles Symposium, 2011, pp. 814-819.
- [3] K. Takeda, J. H. L. Hansen, P. Boyraz, L. Malta, C. Miyajima, and H. Abut, "International large-scale vehicle corpora for research on driver behavior on the road." IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 12, no. 4, pp. 1609-1623, 2011.