

GP-HSMM を用いた 自動車の運転行動データのクラスタリング手法の検討

竹内 智哉†

柳原 大地†

橋本 幸二郎†

公立諏訪東京理科大学† 公立諏訪東京理科大学† 公立諏訪東京理科大学†

1. 背景

高齢ドライバーによる交通事故の主な要因は、加齢に伴う認知機能の低下によるものである。そのため、能力低下の早期発見技術が急務であり、ドライバーの認知機能を定量的に評価する研究が行われている。その多くはドライビングシミュレータを利用する。しかし、運転空間や自動車挙動に実際との乖離があるため、実際の運転行動を評価しているとは言い難い。そこで著者らは実際の運転行動データから認知機能を評価する技術の開発に取り組んでいる。

自動車に搭載されている Controller Area Network (CAN) と車載カメラを駆使することで、運転中の周囲の状況映像及びドライバーが実行する操作データを収集でき、この収集した運転行動データからドライバーの認知機能を評価できると考える。しかし、一連の運転行動データの中には、認知機能を評価できる場面とそうでない場面が混在する。そのため、ドライバーの認知機能評価を実現するためには、運転行動データから認知機能評価が可能な場面を検出する技術の確立が必要であると考えられる。

場面検出問題を機械学習のアプローチで解決する場合、学習データの準備が課題となる。すなわち、収集される運転行動データは膨大であり、人力で特定の認知場面を探し出すことは容易ではない。そこで、本稿では収集した運転行動データをクラスタリングする手法を検討する。ここでは、時系列データの自動分節化かつクラスタリング手法である Gaussian Process-Hidden Semi Markov Model (GP-HSMM) [1] を運転行動データに適用する。ただし、運転行動における認知は周囲の状況に対して実行される操作の精度と考へ、状況と操作間の共起パターンが重要とみなす。そこで、操作データと状況データの両者を GP-HSMM でクラスタリングし、かつ両クラス間の相関確率を求めることで、状況と操作間の共起パターンのクラスタリングを実現する。

Study on a Clustering Method of Driving Behavior data based on Coupled-GP-HSMM

† Suwa University of Science

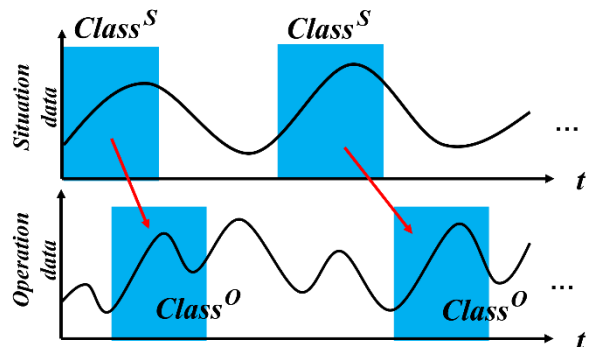


図 1: 運転行動データ内に存在する相関ルール

2. 提案手法

本稿では、アクセル量、ブレーキ量、ハンドル角が操作データとして収集され、車載カメラによる映像を状況データとして収集されるとし、両者を合わせたデータを運転行動データと呼ぶ。図 1 は、例として両データが 1 次元で表現される場合を示している。本手法では、両データに対して GP-HSMM を適用することで、自動分節化かつクラスタリングを行う。

ただし、GP-HSMM はガウス過程を時系列モデルとして用いる。ガウス過程は高次元時系列データに対して適用が困難とされており、車載カメラ映像に直接適用することはできない。そこで本手法では、Variational Auto Encoder (VAE) を用いて車載カメラ映像を低次元に圧縮する。こうして得られる低次元データが状況データとなる。

GP-HSMM 適用の結果得られる、分節化かつクラスタリングされた両時系列データに対して、状況クラスタ (C^S) が発生したときに操作クラスタ (C^O) が発生した確率 $P(C^O|C^S)$ を算出する。本稿ではこの確率を相関確率と呼ぶ。相関確率を高く算出した状況と操作クラスタのペアが表現する状況は、操作が誘発される状況と言える。すなわち、認知が要求される状況とみなすことができ、膨大な運転行動データの中から認知機能の評価可能な場面を選択する上での候補となると考えられる。

3. 評価実験

提案手法に基づくクラスタリング結果及び得られる状況と操作の共起パターンについて評価した。実験は、長野県茅野市にある本学周辺で設定した経路3周分の運転行動データを実験用データに用いた。状況データとする車載カメラ映像はVAEに基づき3次元時系列データに圧縮した。また、操作データにはブレーキデータのみを用いた。状況データの初期クラスタ数は20、操作データの初期クラスタ数は5に設定した。

表1にクラスタリング後に得られた相関確率の一部を示す。ブレーキ操作は回避行動であり、ブレーキを踏む状況が認知を要する状況とみなすことができる。そこで、操作クラスタが表す時系列データを確認した所、クラスタ4がブレーキを踏んでいる操作を表していた。表1から操作クラスタ4と関係性の高い状況クラスタは0, 4, 9であることがわかる。ここでは、状況クラスタと操作クラスタのペア(0, 4)、(4, 4)、(9, 4)をそれぞれ共起パターン1、2、3とする。

次に共起パターン1、2、3の妥当性を評価した。図2に各パターンが発生した位置情報及びVAEより生成される走行画像を示す。図から交差点でそれぞれのパターンが発生していることがわかる。すなわち、交差点で停止する際の状況を表現している。さらにパターン1と2は同じ場所で発生しているが、生成画像を見ると前方車両の有無でパターンが分かれていることがわかる。このことから、提案手法に基づき運転行動下で生じる状況と操作の共起パターンとしてクラスタリングされることを確認した。ただし、VAEの画像生成が不十分な箇所があった。例えば、図2に示すようにパターン2の画像が別の交差点走行時に生成される場合があった。現状、生画像を生成するようVAEを学習しているが、情報量が多く全ての走行画像を正確に生成することには限界がある。それ故、領域分割や物体検出等、データの抽象化処理が必要になると考える。

4. まとめ

本稿では、運転行動データのクラスタリング手法としてGP-HSMMの適用を検討した。実験結果から、状況と操作の関係を表すパターンとしてクラスタが得られていることを確認した。ただし、VAEによる低次元圧縮は有効であるが、生画像を扱うには情報量が多く、正確な状況再現には限界がある。そこで今後の課題として、提案手法を適用する前処理として、領域抽出や物体検出等のデータ抽象化の導入を検討する。

表1：相関確率の算出結果

		Operation cluster number			
		0	1	2	4
Situation cluster number	0	0.158	0.316	0.316	0.211
	1	0.000	0.405	0.548	0.048
	2	0.000	0.200	0.800	0.000
	3	0.000	0.200	0.800	0.000
	4	0.357	0.357	0.000	0.286
	5	0.240	0.400	0.600	0.000
	6	0.101	0.316	0.684	0.000
	7	0.234	0.400	0.600	0.000
	8	0.608	0.533	0.467	0.000
	9	0.000	0.333	0.417	0.250

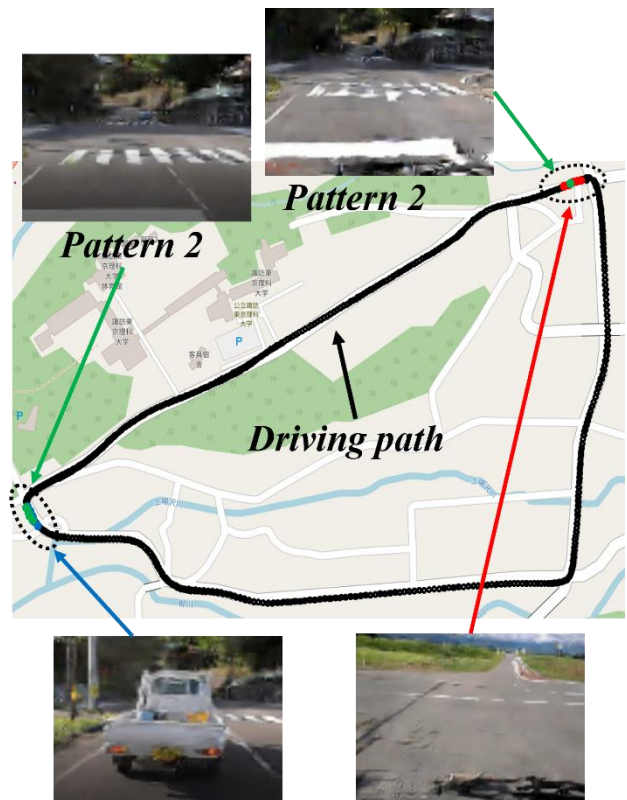


図2：共起パターンの発生箇所とVAEによる生成画像

謝辞

本研究はIPSPS 科研費20K20258の女性を受けたものである。ここに謝意を示す。

参考文献

- [1] 中村友昭、アッタミムハンマド、長井隆行、持橋大地、小林一郎、”ガウス過程の隠れマルコフモデルに基づく身体動作の分節化”、人工知能学会全国大会、103-5、2016。