

平成 29 年 5 月 11 日現在

機関番号：57403

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2015～2016

課題番号：15H06819

研究課題名(和文) 確率統計論に基づく技量評価を可能とする自動車運転行動のモデル化に関する研究

研究課題名(英文) Study on a modeling method of driving behavior to estimate driver's skills based on stochastic method

研究代表者

橋本 幸二郎 (Hashimoto, Kohjiro)

熊本高等専門学校・制御情報システム工学科・助教

研究者番号：00756588

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000 円

研究成果の概要(和文)：本研究は、高齢ドライバー、認知症ドライバーの運転技量を評価するための指標を確立することを目的としている。研究成果として、ドライバーの状況予測能力を定量化する手法を確立した。

運転行動は認知・判断・操作のサイクルに基づき実行されると言われるが、この認知から操作実行までの間に状況予測が行われる。この状況予測能力が低下すると操作ミスや実行タイミングにばらつきが生じる。本研究では、このドライバーの状況予測能力を定量的評価可能な運転行動モデル化手法を提案した。

そして実験により、運転技量が異なる場合において提案モデルに基づき運転技量の違いを定量的に評価可能であることを示した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is proposing index to evaluate driver's driving skill for elderly or dementia driver.

Driving behavior has a cycle, recognition, judgment, operation. Then, driver executes the prediction of situation change around him under above cycle. If this prediction accuracy is low, operation errors is occurred. Therefore, we focus on the prediction accuracy of situation around a driver as driving skill, and proposed a modeling method of driving behavior to evaluate the skill of situation prediction around him.

As the results of this study, we confirmed that it is possible to evaluate the different of driving skill quantitatively.

研究分野：機械学習

キーワード：確率モデリング 機械学習 人間機械系

1. 研究開始当初の背景

高齢化社会を迎える日本では、高齢ドライバーによる交通事故が増加傾向にある。ドライバーは加齢に伴い身体能力や認知能力が低下し認知症を患う場合もある。この運転に必要な能力（以下、運転技量と記述）の低下が交通事故の主な要因とされている。

日本では、高齢ドライバーに対して定期的な運転適性検査を実施している。しかし、現状の検査は机上で行うものとシミュレータで行うものが主であり、実際の運転行動との乖離が見られる。教官による実車を用いた検査も行われているが、この検査は自動車学校のコースを数周するのみの評価となり、教官の個人差、シミュレータ検査時との評価の違いが問題として取り上げられている。このように、現在はドライバーの運転技量を適切に評価する指標が確立されていない。

2. 研究の目的

上記の問題に対して、本研究では普段の運転行動に基づき運転技量を評価する方法論の確立を目的とする。具体的には、車両に搭載されたセンサより得られるドライバーの運転行動データに基づき運転行動モデルを生成する。この運転行動モデルにはドライバーの癖やパターン等の個人に特化した情報が含まれている。すなわち、自動的に運転行動モデルを生成する方法論及び運転行動モデル解析方法を確立することで、定期的な運転行動モデル生成及び定期的な運転技量が評価可能となる。

本研究ではドライバーの状況予測能力に着目する。運転行動は、認知・判断・操作のサイクルに基づき実行されると言われるが、認知から操作実行までの間にドライバーは状況変化の予測を行う。このとき、状況予測精度が悪い場合、適切なタイミングで操作を切り替えることができず、操作ミスもしくは操作に再現性がない等が発生する。本研究では、この状況予測能力を運転技量とし、この運転技量を評価可能な運転行動モデル化手法を提案する。

3. 研究の方法

(1)モデル環境上での提案手法の検討

まずは提案モデルの挙動を評価するために、モデル実験環境を構築し、その環境下で提案手法の有効性を検証する。実験環境として、ラジコン機を用いた環境を構築する。用意したコースを走行する際のコントローラ操作情報を走行環境情報の取得可能なシステムを構築する。被験者には、コース上を複数回走行させ、得られる運転行動データに基づき運転行動モデル化手法を検討する。

(2)実車による環境上での提案手法の検討

実車による実験環境を構築し、前者と同様提案手法の有効性を検証する。また、運転技量に変化した場合において、提案モデルに基

づき技量の変化を定量的に評価できるかを検証する。実験環境として、操作情報の取得可能な電気自動車 RoboCar2(ZMP 社)にステレオカメラを搭載し、操作情報と走行映像を取得可能な環境を構築する。実験では、障害物体験用ゴーグルをドライバーに装着させた場合と通常の場合の2種類の運転行動モデルを生成し、両者のモデルパラメータを比較することにより運転技量の違いを検証する。

4. 研究成果

(1)モデル環境上での検証

図1に構築したモデル環境を示す。この環境では、ラジコン操作時の操作データ(コントローラの前進、右折、左折ボタンの電気信号)と、状況データ(ラジコンからコース外までの3方向の距離)が観測される。被験者にコース上を複数回走行してもらい、その時観測された操作データと状況データの蓄積データに基づき運転行動モデルを生成する。ここで、ラジコンの速度が異なると状況変化の速度も変わるため、操作技量にも違いが見られる。そこで低速(0.20[m/s])、中速(0.30[m/s])、高速(0.45[m/s])の3種類のラジコンの速度を用意し、速度の違いに応じた操作技量の違いを評価することを目的とした。

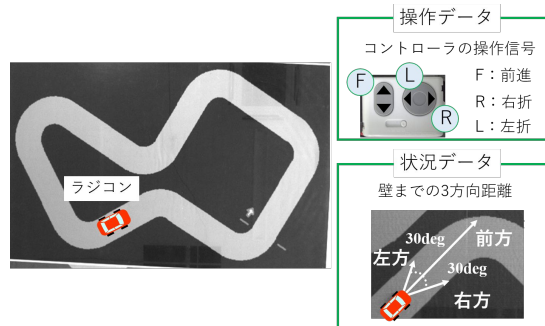


図1：構築したモデル環境

次に提案手法について述べる。図2に提案モデルの内部構造を示す。本モデルでは、状況データを隠れマルコフモデルにより表現することにより、ある運転状況に対して操作が実行するまでの状況変化をモデル化する。このとき、隠れマルコフモデルの各状態が保持する出力確率を参照することにより、どの状態でもどの状況データを表現しているかを分析することができる。さらに本研究では、この隠れマルコフモデルに対して状況変化の時間情報を付加する。具体的には、次の操作が実行するまでの時間情報を2次元混合正規分布として保持させる。ここではこの確率分布を状況予測分布と呼ぶ。この確率分布を分析することにより最終状態が遷移するタイミングのばらつきが定量的に評価できる。この最終状態への遷移時は次の操作が実行されるタイミングと等価であることから、この確率分布に基づきドライバーの状況予測能力を定量的に評価することができる。

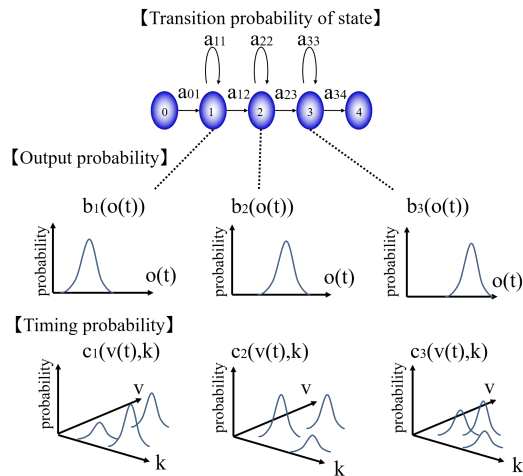


図 2：提案モデルの内部構造

次に提案手法の有効性を評価する実験について述べる．図 1 で示した実験環境において，コース 900 周分(低速 300 周，中速 300 周，高速 300 周)のデータを用いて運転行動モデルを生成した．得られた運転行動データに対して，操作変更の種類毎，また状況データの時系列データに対して DP 法に基づくクラスタリングを行い状況の種類毎に分類した後，それぞれのデータを用いて図 2 に示す運転行動モデルを生成した．図 3 はその中の 1 つである前進 右折時の運転行動モデルの状況予測分布が保持する標準偏差を示す．横軸は隠れマルコフモデルの状態番号であり，縦軸は各状態が持つ状況予測分布の標準偏差である．なお，状況予測確率分布の混合数は 5 と設定したが，速度が 3 種類であったことから，各分布の標準偏差の値が重なり，大きく 3 つの系列になった．そのため，ここでは 3 つの分布を選択し，高速，中速，低速を表現する標準偏差として図示している．また，ここでは図に示す判定状態以降の状態について考察する．判定状態以降の状態は，モデルに基づき次操作予測精度を評価した際，精度が高くモデルの妥当性に有意とみなせた状態である．図に示すように，各速度に応じて標準偏差を最小にする状態が存在することが確認できる．最小の標準偏差を持つ状態は，次操作予測精度を最も高める状態であり，操作者の操作判断に用いている状況と捉えることができる．この状態を判断用状態と呼ぶ．図からラジコンの速度が速くなるほど前方の状態が判断用状態となることが確認できる．これは，状況を認知してから操作を行う際の身体的動作時間は変わらないため，ラジコンの速度が速くなり，状況の変化速度が速くなるほど，より事前の状況時に操作の判断を下し，動作を開始する必要があるためである．このように，速度に応じた操作判断の状況の違いを提案モデルに基づき読み取ることができる．また，標準偏差はその状態が表現する状況データのばらつきを表してお

り，これは操作者の操作判断の曖昧さ，すなわち状況予測精度の大きさとして定量的に評価できる．例として，図では中速，低速に比べ，高速の方が判断用状態の標準偏差の値が大きい．これはラジコンの速度が速く状況変化が速いため，認知と操作が追いつかず操作者の操作切り替え判断にばらつきが出たものと捉えることができる．

以上，提案モデルに基づき操作者が操作の判断に用いている状況及び操作判断の曖昧さを定量的に評価できることを確認した．

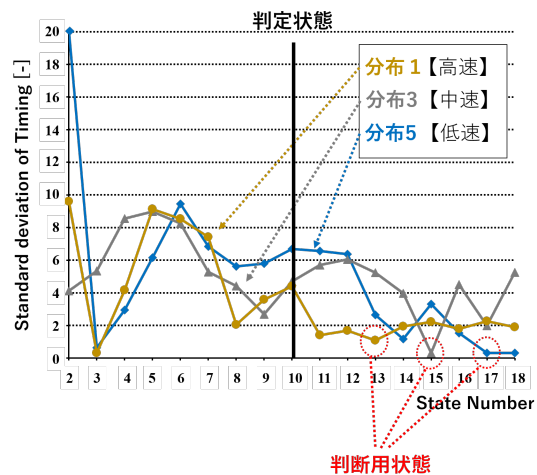


図 3：前進 右折時の運転行動モデルが持つ状況予測分布の各状態における標準偏差

(2) 実車による環境上での検証

次に，実車を用いて運転技量評価の可能性を検証した．ここでは運転技量に変化が生じた場合に，その変化を運転行動モデルより読み取れるかどうかを検証した．

まず，図 4 に構築した実験環境を示す．実車として ZMP 社の RoboCarMV2 を使用した．この電気自動車はアクセル量，ブレーキ量，ハンドル角のデータを取得可能な車両である．また，ZMP 社の RoboVision2 を搭載し，走行映像が取得可能となるよう整備した．



図 4：実車による実験環境

実験では、前方車両の後方に自車を停止させる際のブレーキ操作をモデル化した。ここでは、前方車両を画像認識により検出し、検出された前方車両の面積とブレーキ信号を運転行動データとして観測した。図5に観測されるデータを示す。図5(a)がスタート地点であり、図5(b)がブレーキ操作により停止した地点である。このデータの中で、ブレーキを踏み始める地点までのデータをモデル化した。また、被験者に対して操作負荷を与える場合と与えない場合を設定し、2種類のモデルを生成した。負荷を与える場合では、市販されている障害者体験用ゴーグルを装着し、得られた運転行動データをモデル化することにした。ここでは負荷を与えない場合のモデルを通常モデル、負荷を与えた場合のモデルを負荷モデルと呼ぶことにする。

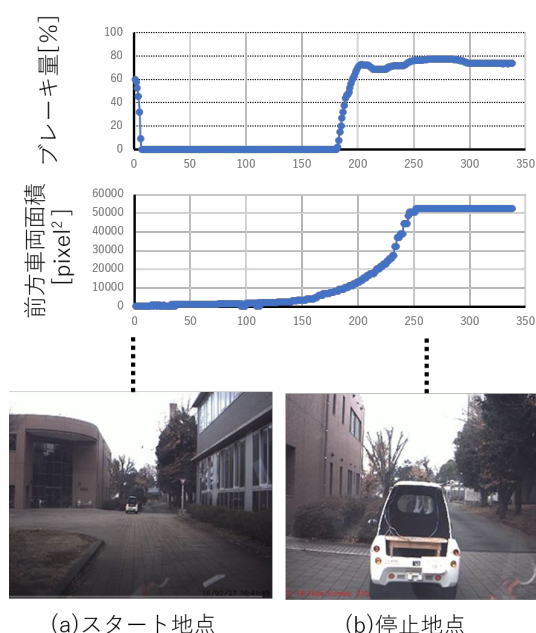


図5：実験環境より取得した運転行動データ

図6に通常モデルと負荷モデルが表現する前方車両面積と状況予測分布の標準偏差の関係を示す。前方車両面積が大きくなるほど前方車両に近づいていることを意味し、負荷モデルの方がブレーキを踏み始めるタイミングが遅いことが確認できる。また、負荷モデルの方が標準偏差は小さい。これは、ドライバーに負荷を与えたことにより、前方車両の見え方と距離変化の認知が変化し、これによりブレーキを踏むタイミングが変化したものと考えられる。さらに、ドライバーは慎重に運転するようになったため、ブレーキを踏むタイミングに再現性が得られ、標準偏差が小さくなったと考えられる。

以上より、提案モデルに基づき運転技量の変化を定量的に評価することが可能であると言える。

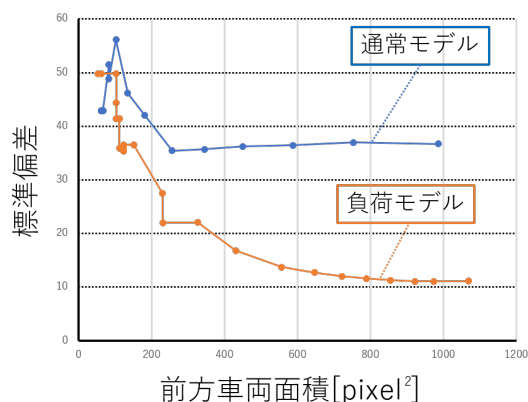


図6：通常モデルと負荷モデルの違い

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 4 件)

Kohjiro Hashimoto, Shinji Doki, Kae Doki, Modeling Method of Execution Timing of Operation to analyze the Reaction Time from Judgment to Execution of Operation, The 42th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2016年10月26日, Palazzo dei Congressi, Florence, Italy.

橋本幸二郎, 道木加絵, 道木慎二, 操作切り替えタイミング解析のための機器操作モデルの生成手法, 電気学会電子情報システム部門大会, pp.311-316, TC10-3, 2016年9月1日, 神戸大学(神戸市, 兵庫県)。

橋本幸二郎, 道木加絵, 道木慎二, 履歴データに基づく機器操作実行タイミングのモデル化と操作予測手法の提案, 情報処理学会第78回全国大会, 5D-02, 2016年3月11日, 慶應義塾大学(横浜市, 神奈川県)。

Kohjiro Hashimoto, Shinji Doki, Kae Doki, Estimation of Next Human Action and its Timing based on the Human Action Model with Timing Probabilistic Distribution, The 41th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2015年11月10日, パシフィコ横浜(横浜市, 日本)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 幸二郎 (HASHIMOTO, Kohjiro)

熊本高等専門学校・制御情報システム工学科・助教

研究者番号：00756588