

操作タイミングに着目した自動車の運転技量評価に関する研究

Study on the Driving Skill Evaluation based on Operation Timing

2161015



研究代表者

熊本高等専門学校

助教

橋本 幸二郎

[研究の目的]

高齢化社会を迎え、高齢ドライバーによる交通事故が多発している。ドライバーは加齢に伴い、身体能力や認知能力が低下し、この運転に必要な能力（以下、運転技量と記述）の低下が事故要因となっている。そこで2017年3月に道路交通法が改正され、高齢ドライバーに対して運転技量の検査を強化することになった。しかし、技量低下には個人差があり、単純に年齢だけで選抜することはできない。また、上記の再検査は一定の違反を起こした場合となっている。すなわち、違反を起こすまでは検査を受けることはない。

上記の問題に対して、どのドライバーに対しても普段の運転行動を常に監視し、技量評価を行う仕組みが必要であると考えられる。そこで本研究では、現在自動車に車載カメラ等の様々なセンサが搭載されていることに着目し、普段の運転行動データからドライバーの運転技量を評価する技術を開発する。具体的には、蓄積された運転行動データから運転技量を評価可能なドライバーの運転行動モデルを生成する方法を提案する。

運転技量といっても様々な場合が考えられる。本研究では、ドライバーの操作実行タイミングに着目することにした。操作実行タイミングとはドライバーが状況を認知し操作実行するまで

の時間情報であり、認知能力と身体能力の低下によりタイミングが遅くなる、ばらつきが大きくなる等の報告がある。また、この技量は自動車教習所の運転適性検査で行われている単純反応時間、選択反応時間の検査と同等と言える。そこで、この操作実行タイミングを評価するための運転行動モデル化手法及び評価方法を提案することを本研究の目的とする。

[研究の内容、成果]

本研究では、ドライバーの操作実行タイミングを評価するための運転行動モデル化手法と提案モデルに基づくタイミング情報の評価方法を提案する。ここでは、運転状況として図1に示すように前方車両の後方に自車を停止させる状況を考える。このとき、観測データとしてブレーキ信号と前方車両との距離が得られるものとする。ドライバーは前方車両との相対位置を認知した上で、ブレーキを踏むタイミングを決

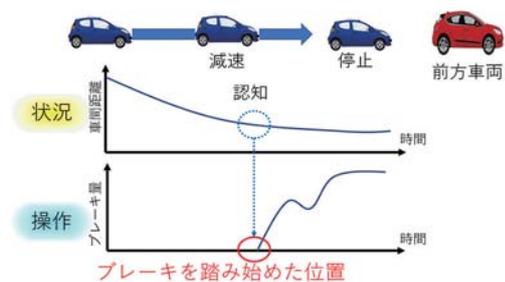


図1 モデル化する運転行動の状況

定する。このとき、認知力が低下した場合、相対位置や速度の認知が曖昧になるため、同じ状況にも関わらず操作を実行するタイミングにばらつきが出る。また身体能力が低下した場合、認知から操作実行までに時間がかかるため操作実行タイミングが遅れが出る。このように状況と操作実行時の関係をモデル化することができれば操作実行タイミングに対する技量評価を行うことができる。

次に提案したモデル化手法を述べる。まず図1に示す運転状況に対する車間距離とブレーキ信号を多数獲得する(図2(a))。得られた蓄積データに対して、ブレーキ信号が生じた時点进行操作実行時とみなし、操作実行時までの車間距離を隠れマルコフモデル(HMM)に基づきモデル化する(図2(b))。次にHMMの各状態に対してタイミング確率分布を学習させる(図2(c))。タイミング確率分布とは任意の状態から最終状態に遷移するまでにかかる時間に対する確率分布である。HMMのある状態の出力確率が部分的な車間距離を表し、最終状態は操作実

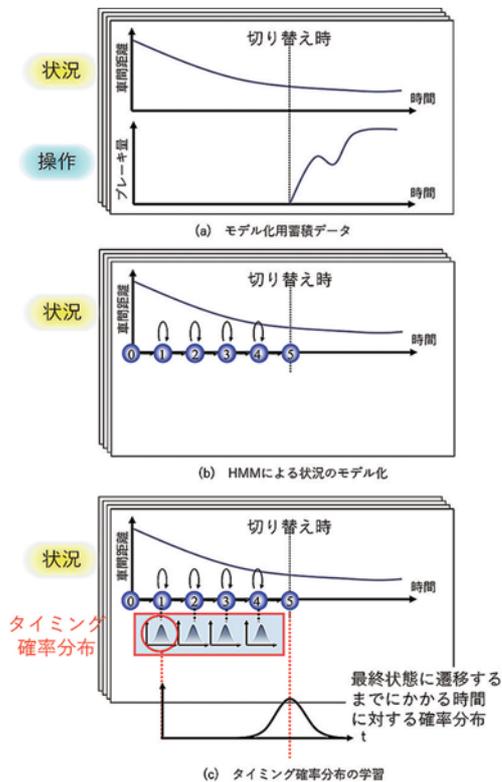


図2 運転行動モデル化手法の流れ

行時を表していることから、タイミング確率分布は現在の状況に対して操作が実行されるまでの時間を表すことになる。提案モデルでは、このタイミング確率により操作実行タイミング情報を保持していることになる。そして、次に述べる方法により操作実行タイミングの技量を評価する。

ここでは、ドライバーの操作実行タイミングのばらつきの大きさを定量的に評価する方法を述べる。各状態が保持するタイミング確率において0フレーム時の累積確率値は現時刻(ここでは状態が表す車間距離時)までに実行されている確率を表す。この累積確率値を操作実行確率と呼ぶ。この操作実行確率を各状態で算出することにより、図3に示すような特定の車間距離時で値が1に近づく確率系列が得られる。このとき、値が0から1に変化するまでの幅の大きさが操作実行タイミングのばらつきの大きさを表すことになる。そこで、得られる累積確率系列を4係数ロジスティック回帰モデルで近似し、その傾きに相当するパラメータ α をタイミングのばらつきの評価指標とする。

次に提案モデルの挙動を確認するための実験結果について述べる。図4に実験時の運転状況を示す。ドライバーは自車を発進させ(図4(a))、前方に停止させている車両の後方に自車を停止させる(図4(c))。この時のブレーキ信号と前方車両との距離を蓄積データとして観測する。また、図4(b)に示すように停止車両付近には合図を送る人がおり、ドライバーには合図者が手を挙げたらブレーキペダルを踏むよう指示した。

実験内容として、ここでは2種類の運転行動

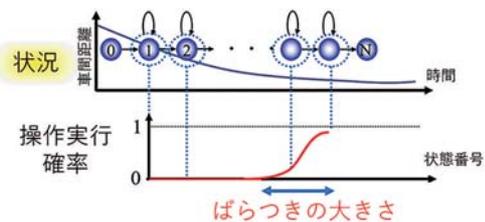


図3 操作実行確率系列の算出



図4 実験時の運転状況

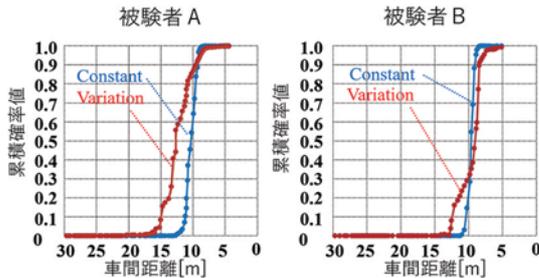


図5 操作実行確率系列算出結果

モデルを生成することにした。一つは、同じタイミングで合図を送ることにより、操作実行のタイミングが一致する場合の運転行動モデルを生成した。もう一方は、異なるタイミングで合図を送ることにより、操作実行のタイミングのばらつきが大きくなる運転行動モデルを生成した。前者を Constant モデル、後者を Variation モデルと呼ぶ。実験では、この2種類の運転行動モデルを比較することにより、タイミング情報の差異をモデルパラメータに基づき評価できるかを検証した。そしてこの結果から、提案した運転行動モデル化手法及び技量の評価方法の有効性を確認した。

図5に実験結果を示す。ここでは2人の被験者に対して運転行動モデルを生成した。図のグラフは車間距離に対する操作実行確率系列を示している。横軸は車間距離、縦軸は累積確率値である。青色のグラフは Constant モデル、赤色のグラフは Variation モデルを示す。グラフからわかるように、どちらの被験者も Constant モデルでは累積確率値が急激に1に近づいており、Variation モデルでは緩やかに1に近づいていることが確認できる。以上からモデルパラメータによりタイミングのばらつきの差

表1 各モデルに対する α の値

モデル	被験者 A	被験者 B
Constant	22.50	36.01
Variation	13.02	9.98

異が表現できていることが確認できる。

また、累積確率値が0.5の時点は平均的な操作実行時とみなすことができ、被験者 A では Constant モデルより Variation モデルの方がブレーキを踏むタイミングが早いことが確認できる。一方で、被験者 B では Constant モデルと Variation モデルとも同じタイミングでブレーキが踏まれていることが確認できる。これは、運転行動データを取得時の合図者に対して合図の送り方を変えるよう指示しておいたためである。具体的には、被験者 A に対しては Constant モデルのデータ取得時より早く合図を送るよう指示しており、被験者 B に対しては Constant モデルのデータ取得時の前後で合図を送るよう指示している。以上から操作実行時のタイミングの違いもモデルより表現できていることが確認できる。

次に図5のグラフを4係数ロジスティック回帰モデルで近似し、傾きに相当するパラメータ α を推定した結果を表1に示す。両被験者とも Constant モデルに比べ Variation モデルのパラメータ α の方が大きくなっており、違いが定量的に評価できることが確認できる。パラメータ α の値はばらつきが小さいほど大きな値を算出する。ここで、操作実行時の車間距離が $\pm 2\text{m}$ (車1台分) の場合、 α の値は15付近の値を算出する。すなわち、両被験者とも Constant モデルでは α の値が15以上となってお

り、ばらつきが非常に小さいことが確認できる。一方で、Variation モデルでは α の値が15以下となっており、車1台分以上のばらつきを持っていることが確認できる。

[今後の研究の方向, 課題]

本研究の成果により、提案モデルを用いることにより、ドライバーの操作実行タイミングとそのばらつきを定量的に評価できることを示唆した。

この成果は、センサを自動車に搭載することにより、普段の運転行動データからドライバーのタイミングに対する技量を自動評価できることを意味する。

今後は自動車学校と協力し、若年層から高齢層までの運転行動データに対して本手法を適用し、各年齢層に対する操作実行タイミングを検証する。そして、高齢講習会等で実施される運転適性検査で得られた結果と比較することにより、提案モデルによる評価値の妥当性を評価する。

[成果の発表, 論文等]

- ・橋本幸二郎, 道木加絵, 道木慎二: 操作実行タイミング確率分布に基づく操作切り替え判断の曖昧さの定量的評価, 電子情報通信学会総合大会, H-2-17, 2017.
- ・国際会議 IECON2017 に投稿中.