

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

橋本 幸二郎†

道木 慎二††

道木 加絵†††

†熊本高等専門学校

††名古屋大学

†††愛知工業大学

1 はじめに

現在、高齢ドライバーによる交通事故が多発している。ドライバーは年齢を重ねるにつれ判断力が低下し、操作を実行するタイミングのばらつきが大きくなる傾向がある [1]。このため、操作実行のタイミングを提示することは高齢ドライバーにとって有効な支援となる。

しかし、操作を実行するタイミングには個人差があり、ドライバー個人に適応したタイミング提示を実現するためには、ドライバーの操作モデルを構築する必要がある。これまでに運転行動モデル生成に関する研究は様々実施されているものの [2][3]、操作実行のタイミングをモデル化する手法は検討されていない。そこで本稿では、操作実行タイミングモデルの生成手法について検討する。

具体的には、ラジコンの操作をモデル化対象とし、ラジコン操作データが取得できる実験環境を構築した。本稿では、実験環境より得られる履歴データより操作者の操作実行タイミングをモデル化する手法及び操作実行タイミングを予測する手法を提案し、実行タイミング予測実験より提案手法の有効性を検証する。

2 実験環境

図 1 に実験環境を示す。被験者は図 1(a) に示すコース上でラジコンを操作する。この時、図 1(b) に示すコントローラの前進 (F)、右折 (R)、左折 (L) のいずれかの操作信号が観測される。また、図 1(c) に示すラジコンから壁までの 3 方向距離の情報が同時に観測される。本研究では、この実験環境より得られる操作履歴データを用いて操作実行タイミングのモデル化を行う。

3 操作実行タイミングのモデル化

自動車の運転行動のように、外部の環境に影響され決定するタイミングは他律的タイミングと呼ばれ、この他律的タイミングは外部環境の今後の変化を予測し決定される。すなわち、操作者は図 2 に示すように、周囲の状況を捉え、ある時点で次の操作を決定する。さ

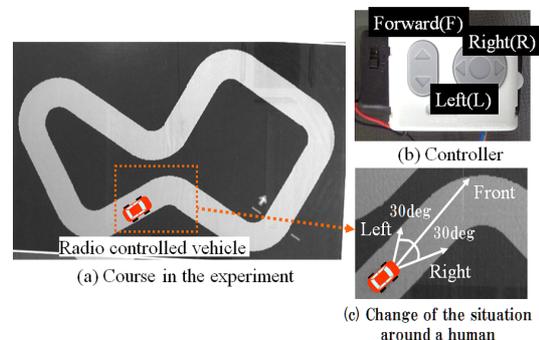


図 1: Experimental setup

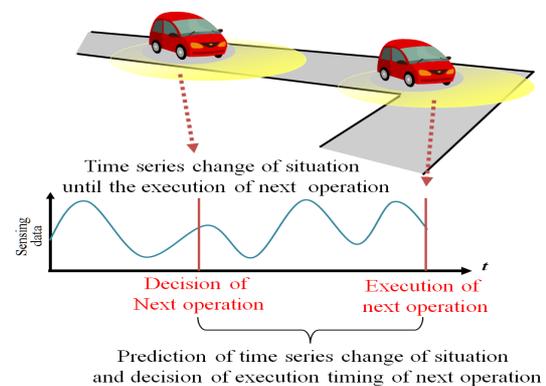


図 2: Relationship between execution timing of operation and situation around a person

らに、その後の状況変化を予測し、タイミングを決定していると考えられる。

上記の考えに基づけば、操作変更時までの周囲の状況について履歴データを獲得することで、現在捉えている周囲の状況から操作が変更するまでの時間を学習することができる。本研究では、現時刻から操作が変更するまでの時間をタイミングとし、このタイミング情報をモデル化する確率モデル *HMMTI: Hidden Markov Model with Timing Information* を提案する。

図 3 に *HMMTI* のモデル構造を示す。*HMMTI* は *HMM* の各状態 i に対して、既存の出力確率に加え、タイミング出力確率 $c_i(v, k)$ を追加する。タイミング出力確率は、時間情報 v とタイミング k の二次元混合正規分布で表現する。ここで、時間情報 v は *HMMTI* の初期状態から状態 i に遷移するまでの時間を、タイミング k は現在の遷移状態 i から次の操作が実行するまでの時間を指す。この確率分布の各パラメータは履歴データを用いて最尤法に基づき推定する。

Study on a modeling and prediction methods of execution timing of operation based on the historical data

†Kohjiro Hashimoto, National Institute of Technology, Kumamoto College

††Shinji Doki, Nagoya University

†††Kae Doki, Aichi Institute of Technology

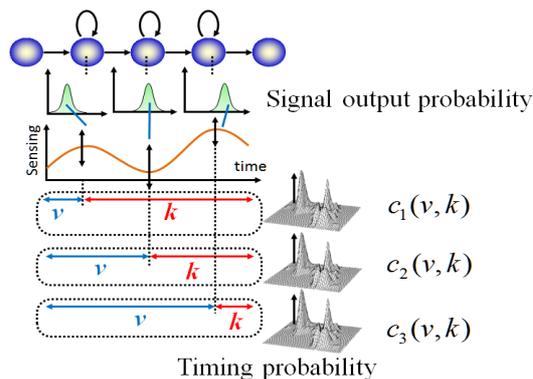


図 3: Structure of Hidden Markov Model with Timing Information

本手法では、上記のタイミング情報を持つ *HMMTI* と操作変更の関係を以下の If-Then ルール形式 (以降、操作ルールと呼ぶ) で表現し、この操作ルール群を操作モデルと呼ぶ。

IF $\{o_{if}, HMMTI(T_n)\}$ **THEN** $\{o_{then}\}$

ここで、 $O = \{o_1, o_2, \dots, o_M\}$ は操作の種類を表し、*HMMTI*(T_n) は次の操作 o_{then} が実行されるまでの周囲の状況を表す時系列データとタイミング情報のモデルを表す。

4 次の操作及び実行タイミングの予測手法

操作者がラジコンを操作している間、現在の操作信号と周囲の状況を表す時系列データが観測され、操作モデルへ入力されているとする。このとき、まずは現在の操作と同じ操作を前件部に持つ操作ルールを選択し、選択した操作ルールの *HMMTI* と入力された状況を表す時系列データとの類似性を評価し、最尤なルールを選択する。ここでは、類似性評価には、*HMMTI* の任意の状態までが表す部分時系列データとの類似性評価を行うため、連続 Viterbi アルゴリズムを用いる。こうして、選択された最尤ルールの後件部に当たる操作を次の操作の予測結果とする。さらに、最尤ルールが保持する *HMMTI* の現在の遷移状態が保持するタイミング確率分布に基づき確率値を最大にする k を実行タイミングの予測結果とする。

5 実験

2章の実験環境において、コース 900 周分のデータをモデル学習用データに用いる。さらに 900 周分のデータを用意し、操作モデルへ入力することにより、提案モデルの次の操作実行タイミングの予測精度を検証した。ここでは、既存モデルである文献 [4] の操作モデルを用意し、予測精度の比較を行った。この既存モデルは、*HMM* より構成されており、タイミング情報を保持していないモデルである。図 4 にその結果を示す。

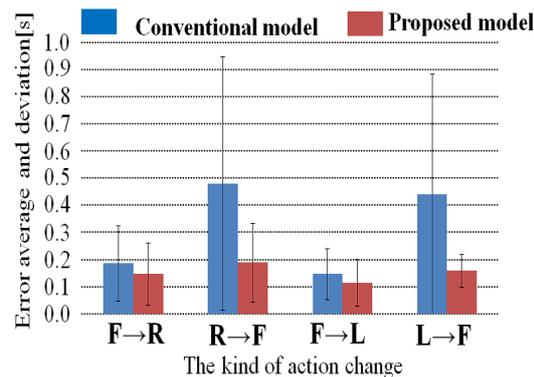


図 4: Estimation result of execution timing of human next operation

ここでは、操作モデルより出力された予測結果と実際のタイミングとの平均誤差と標準偏差を図示している。図より、既存モデルに比べ、提案モデルの方が精度が高いことが確認できる。以上より、提案手法の有効性を確認した。

6 まとめ

本稿では、操作実行タイミングのモデル化手法及び、次の操作の予測手法を提案し、実験よりその有効性を確認した。提案モデルはタイミング情報を確率分布により表現していることから、操作のばらつきをこの確率分布より評価することが可能となる。そこで、今後はタイミング確率分布を解析することにより、提示支援を必要とする周囲の状況の特定し、その状況時のみタイミング提示を行う方法を検討する。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15H06819 の助成を受けたものである。ここに謝意を示す。

参考文献

- [1] 蜂須賀研二, "高次脳機能障害者の自動車運転再開とリハビリテーション 1", 金芳堂.
- [2] 岡本雅之, 森本茂, 大橋正貴, 内田健康, "Jusi-In-Time モデリングによるドライバ挙動を包含した自動車変速制御", 計測自動制御学会産業論文集, Vol.10, No.3, pp.17-26, 2011.
- [3] 鈴木達也, 奥田裕之, "ハイブリッド動的システムモデルに基づく運転行動の解析・モデル化・支援", 電子情報通信学会誌, Vol.94, No.4, pp.282-287, 2011.
- [4] 橋本幸二郎, 道木加絵, 道木慎二, 大熊繁, 鳥井昭宏, "状況と行動の因果関係に着目した人間の行動のモデル化手法-多次元時系列信号で表現された状況と離散事象で表現された行動の場合-", 電気学会論文誌 C, Vol.131, No.3, pp.635-653.