

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K18103

研究課題名(和文) ダイナミクスモデルによるドライバ間の意思決定スキームの構築

研究課題名(英文) Construction of decision-making scheme among drivers using dynamics model

研究代表者

山口 拓真 (Yamaguchi, Takuma)

名古屋大学・工学研究科・特任助教

研究者番号：30745964

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、駐車車両付近のすれ違い行動をPWARXモデルと呼ばれるハイブリッドダイナミカルシステムを用いて解析を行った。対象としたすれ違い行動では、相手に道を譲る、あるいは先に道を進むという二種類の行動が考えられる。また、その際には相手の行動を考慮する必要があり、インタラクティブなタスクとなっている。そこで、この離散的な判断と連続的な運転行動を同時に表現する手法として、PWARXモデルを用いて運転行動における判断特性の解析をした。モデルによる予測速度と観測データの誤差を評価したところ、1.5割程度の誤差で予測できることが確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

車の運転は他の交通参加者を考慮してスムーズかつ安全に走行しなければならない。そのため、他の交通参加者がどう動くか、どのように判断するか考慮しながら行動する必要がある。運転支援や自動運転を実現するためには、このようなインタラクティブな運転行動をモデル化するため、判断と操作を同時に表現可能なPWARXモデルという手法を用いてモデル化を行った。

研究成果の概要(英文)：This work targeted passing driving behavior around a parked car, and it was modeled and analyzed with the PWARX (PieceWise Autoregressive exogenous) model, which is one of the hybrid dynamical systems. This target task involves a making decision, whether a driver gives way to an oncoming car or not. Besides, the decision needs to make taking into account other traffic participants, and this task is an interactive one. To achieve the goal, the driving behavior was modeled and analyzed with the PWARX model, and the model expressed the continuous driving behaviors and discrete decisions. This model can predicted the driving velocity with only 15% error.

研究分野：制御工学

キーワード：意思決定 インタラクション ハイブリッドダイナミカルシステム 運転知能

1. 研究開始当初の背景

計測技術や認識技術の向上により、先進運転支援システム(ADAS)や自動運転が注目されている。これらの技術は道路上に存在するリスクを適切に回避あるいは支援により、ドライバの負担を軽減し、安全性や快適性を向上させている。しかし、これらの運転支援技術の多くは、自車と周辺障害物のみを考慮した閉じた系を対象として設計されており、市街地走行などの交通参加者が多い場面では有効でないことも多い。

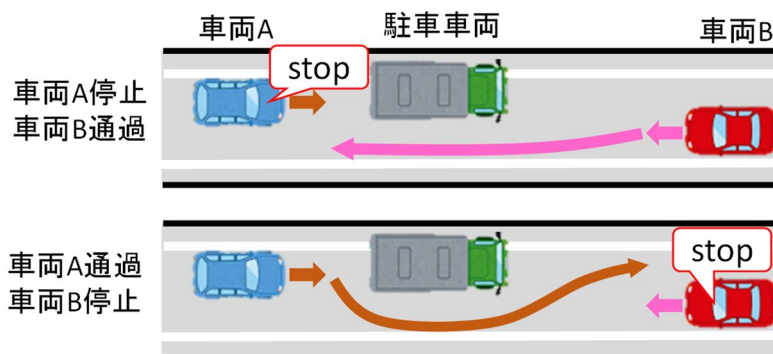


図1 駐車車両付近のすれ違い運転行動

一方で、自動車の運転は自車の操作だけではなく、他の交通参加者の行動を予測しながら、互いに安全に走行する協調タスクである。例として、図1の駐車車両付近のすれ違い運転行動を考える。このとき、車両A、Bはそれぞれ通過待ちのための停止、先に通過する行動を選択できる。図のように片方が停止、もう片方が通過を選択した場合は問題ないが、どちらも同じ選択をした場合には安全かつスムーズに走行できなくなってしまう。そのため、互いに意思疎通を図り、合意形成することは自動車の運転において重要となる。

2. 研究の目的

すれ違いのような協調運転タスクは各交通参加者間の意思決定問題としても表現でき、この意思決定問題のモデル化を目指す。このすれ違い運転では、先行あるいは停止という意図(離散変数)とステアリングやペダル操作(連続変数)により、実現される。そのため、すれ違い運転をモデル化するために、離散-連続ハイブリッドシステムの一つである、PWARXモデル(Piece-Wise ARX model)を利用してモデル化を行う。また、交通参加者間の意思決定問題をゲーム理論を利用してモデル化を目指す。

3. 研究の方法

PWARXモデルは、ドライバの運転行動を簡単な動作モード(減速、停止、加速など)とモードごとにARX model(Autoregressive exogenous model)の組み合わせにより表現するモデルであり、このモデルの動作モードは運転行動ごとの判断とみなすことができる。例として図2の1入力1出力PWARXモデルを考える。この例では、3つの動作モードで駆動しており、動作モードはARXモデルの入力と再帰項に応じて切り替わる。このように、PWARXモデルでは運転行動をプリミティブな動作の組み合わせとして表現される。

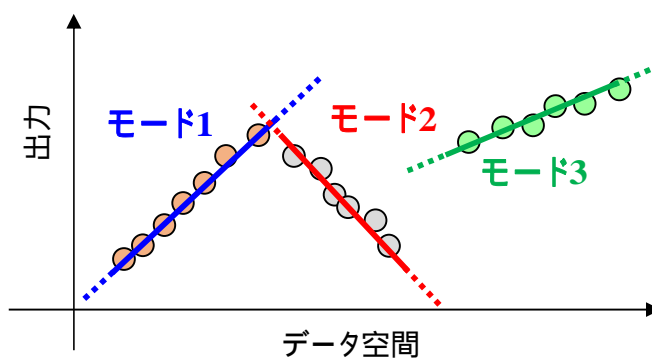


図2 1入力1出力PWARXモデル

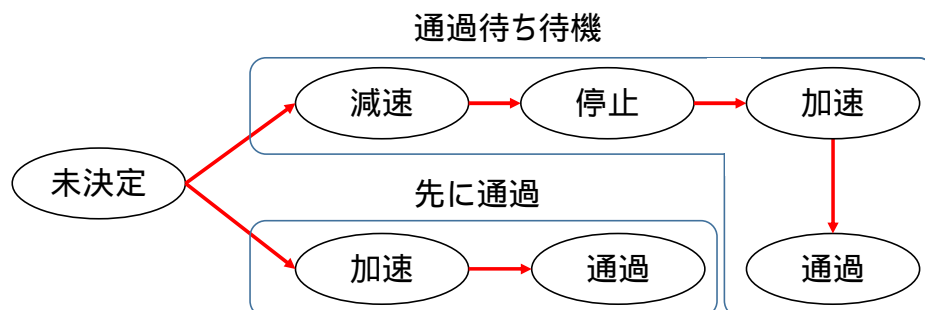


図3 車両Aの各意思決定の動作モードオートマトン

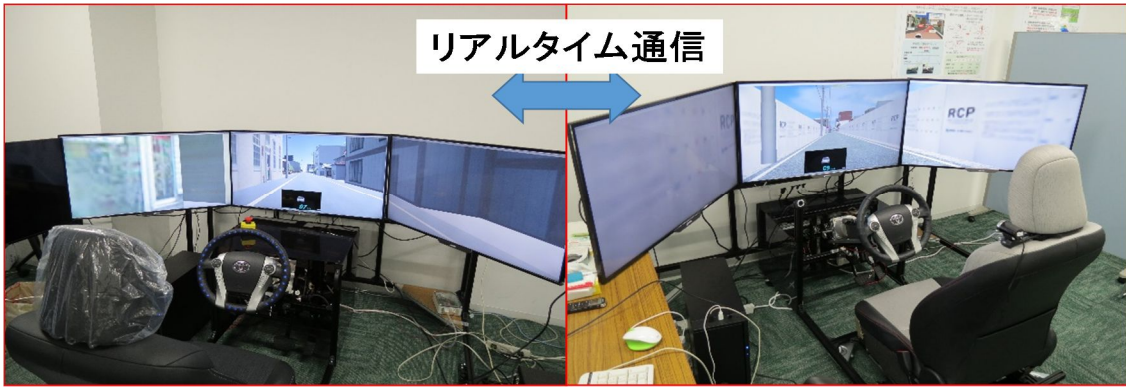


図4 作成したマルチプレイヤー型ドライビングシミュレータ

動作モードの遷移をオートマトンにより表現し、ドライバの意思を複数の動作モードの遷移（図3参照）として表現する。例として図1の場合を考える。車両Aが通過待ちの判断をした場合、PWARXの動作モードとして減速、停止、加速、通過モードの遷移が生じる。また、車両Aが先に通過する判断をした場合、加速から通過モードへ遷移する。このように、ドライバの意思決定ごとの動作をPWARXモデルにて表現する。

4. 研究成果

図1のすれ違い運転をモデル化するために、図4のドライビングシミュレータを用いて検証実験を行った。この二台のシミュレータは同じ省の装置であり、Ethernetにより互いに通信し、お互いの車両挙動が他のシミュレータにもリアルタイムに反映される。20歳代の男性三名に実験に図1の車両AとBの車両を運転してもらった。

ドライビングシミュレータにより計測された車両AとBのデータを図5,6に示す。横軸は進行方向の位置、縦軸は車両横方向の位置を表し、中央の黒い線は駐車車両である。駐車車両が車両A側に置いてあるため、車両Aは道を譲る行動が誘発され、先行する判断と道を譲る判断

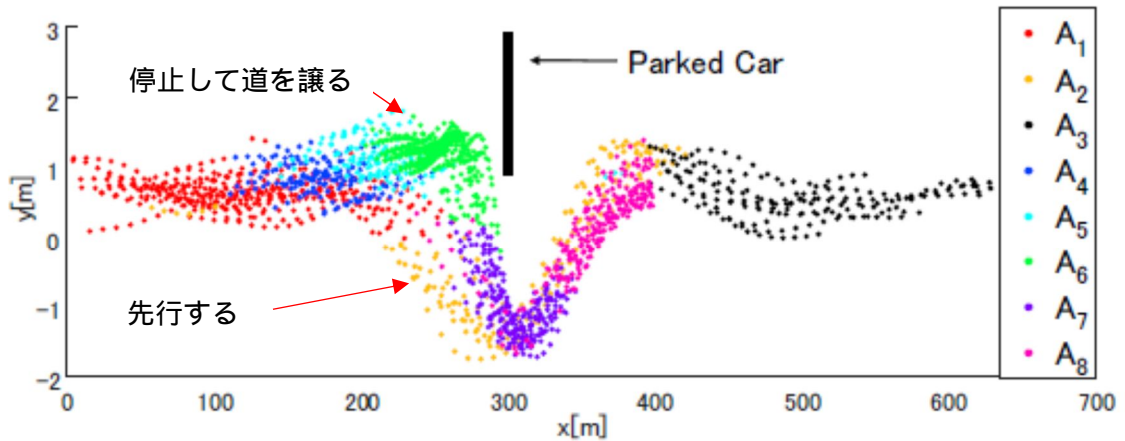


図5 車両Aの運転行動データとPWARXモデルにおける動作モード(A₁-A₈)

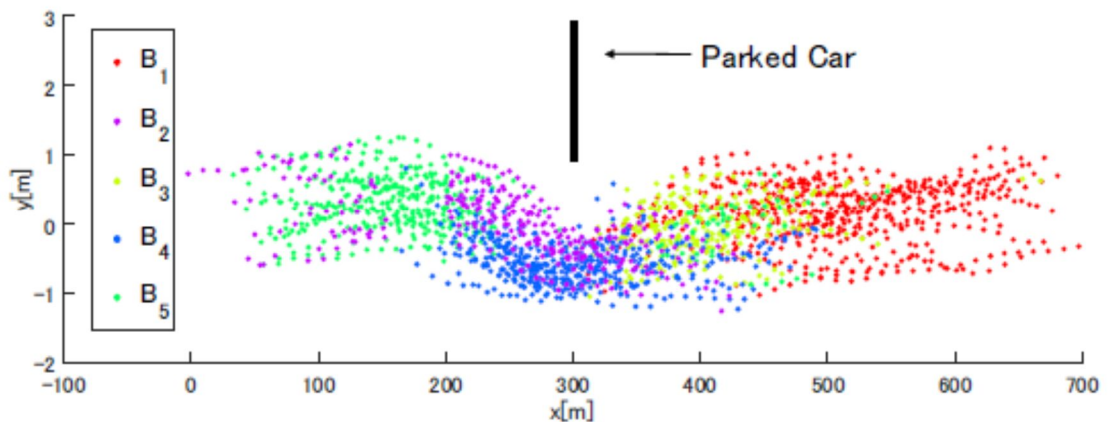


図6 車両Bの運転行動データとPWARXモデルにおける動作モード(B₁-B₅)

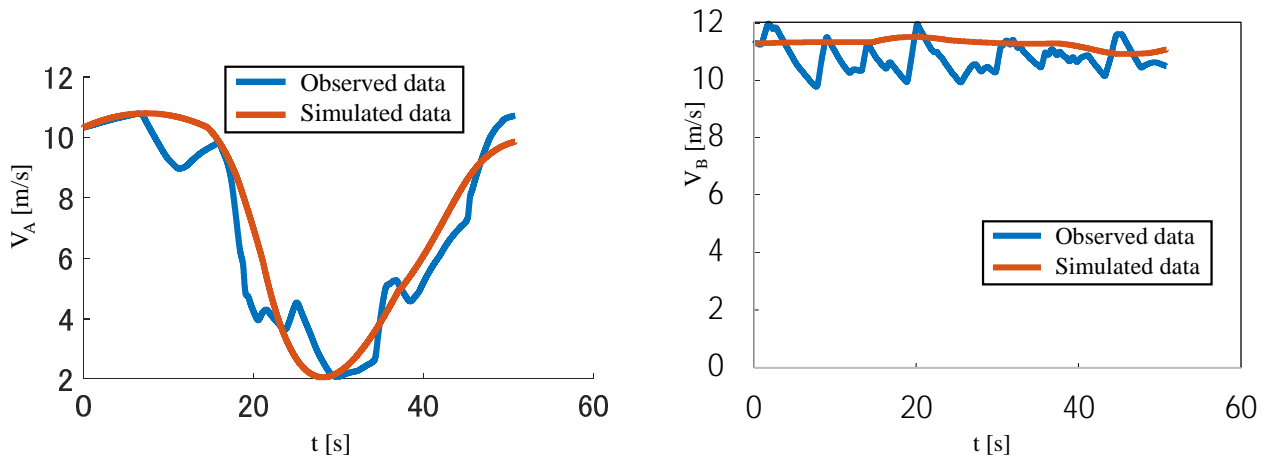


図7 観測された車両速度とモデルによる予測速度（右図車両A，左図車両B）

の二種類の行動が観測された．一方で，車両Bは交通の優先度が高いため，先行する判断がされやすかった．また，道を譲る判断がなされた場合でも，道路の端に寄ることはせず，減速して道を譲る行動となった（軌跡の変化は少なかったため，図6では変化は確認できない）．

PWARXモデルのモードを文献のクラスタリング手法を用いて同定したところ，車両Aの運転データは A_1 - A_8 の8モードに，車両Bは B_1 - B_5 の5モードに分割された．車両Aは交通優先度が低く，先行する場合と道を譲る場合で行動を変えていたため，モード数が増えたと考えられる．このように，観測された運転データに対して各判断に応じたPWARXモデルを獲得できた．

獲得されたPWARXモデルを評価するため，観測された車両速度とモデルから推定された車両速度の比較を行った．その結果を図7に示す（横軸は経過時間，縦軸は車両速度を表す）．車両Aは道を譲るために大きく減速を行っており，その行動に合わせて車両速度を予測で来ていることがわかる．また，車両Bの速度はあまり変化することはない，その運転行動もモデルとして獲得することができた．全体の推定性能を評価するため，推定誤差の割合を計算したところ，0.15であった．これは平均の推定誤差が15%であることを示しており，研究代表者は正しいモデルが獲得できたと結論付けた．なお，それぞれの車両は人間が操作しているため，観測データは試行ごとにぶれが存在し（図7の青色の線の変動），これが推定誤差の主要因であった．

このように，すれ違い運転をPWARXモデルにより表現することができた．また，すれ違い運転における判断をPWARXモデルのモードとして獲得することができた．ただ，本研究期間内では，ゲーム理論を用いた意思決定問題まで取り組むことができなかったため，PWARXモデルとゲーム理論による意思決定問題の定式化は今後の課題とする．

<引用文献>

T.Akita, T.Suzuki, S.Hayakawa, S.Inagaki, "Analysis and Synthesis of Driving Behavior Based on Mode Segmentation", Proc. of International Conference on Control, Automation and Systems, pp.2884-2889, 2008.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Keji Chen, Takuma Yamaguchi, Hiroyuki Okuda, Tatsuya Suzuki, Xuexun Guo	4. 巻 0
2. 論文標題 Realization and Evaluation of an Instructor-Like Assistance System for Collision Avoidance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	6. 最初と最後の頁 1 - 10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TITS.2020.2974495	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 YAMAGUCHI Takuma, OKUDA Hiroyuki, SUZUKI Tatsuya	4. 巻 32
2. 論文標題 Modeling and Analysis of Interactive Driving Behavior Based on Piecewise ARX Model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 713 ~ 721
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3156/jssoft.32.3_713	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------