



Shibaura Institute of Technology  
Human-Machine Systems Lab



発表番号19:

## 運転支援システムに向けた NARXドライバモデルに関する研究

芝浦工業大学

ヒューマンマシンシステム研究室

AB18103 勅使河原 大介

指導教員 廣瀬 敏也

Shibaura Institute of Technology

Human-Machine Systems Lab

AB18103 Daisuke TESHIGAWARA

Supervisor Toshiya HIROSE



## 研究背景・目的

- 運転支援システムの問題点
  - 一律な運転制御をする運転支援システムに違和感、不安感を覚えるドライバーが存在する\*1
  - ニューラルネットワークを用いた個人適合型ドライバモデルの構築
  - 個人適合した運転支援システムによる運転のしやすさや事故の軽減を考える
- 高精度なモデル構築できるNARXを使用した個人適合ドライバモデル
  - 高速道路での追従条件下での数秒先の車両挙動を推定・予測
  - 【推定】: ドライビングシミュレータで取得した個人の運転データを入力値  
数秒先までの運転行動の再現
  - 【予測】: 仮定条件下の一定の車両挙動の運転データを入力値  
数秒先の運転行動の予測 (アクセルペダルから足を離す)

\*1 小篠ら, 高速道路におけるACC搭載車両の利用実態および安全性・交通容量に及ぼす影響の考察, 第17回ITSシンポジウム (2019)

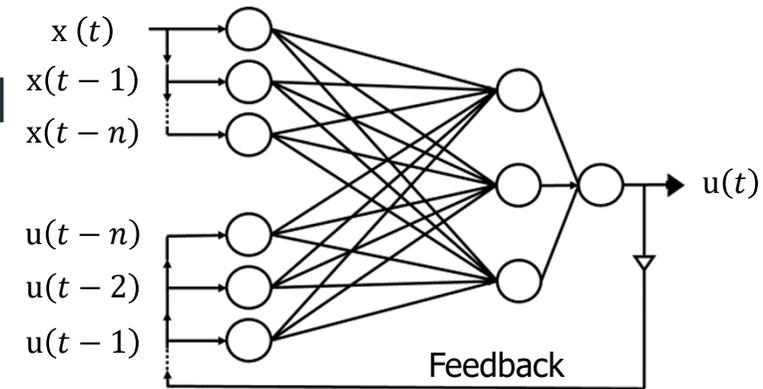
## 実験概要

- NARX [**N**onlinear **A**uto**R**egressive network with **E**xogenous]

- 数秒前の過去のデータをフィードバックして出力
- 時系列データの学習, 短時間で高精度の学習\*2

- 実験方法

1. 個人の高速道路での追従条件下のデータを取得
2. 高精度な推定パラメータを選定
3. モデル構築し運転データから車速を推定 <推定結果>
4. 想定作成入力値から予測減速タイミングを出力
5. 入力値に近い普段の運転データと予測を比較評価 <予測結果>



<NARXの構造>



<運転席から見た事故渋滞による追従状況>

\*2 長妻ら, NARXを用いた車両追従モデルに関する研究, (2020)

# 実験結果

### 推定結果

実験参加者1名の車速推定結果

(a) 橙線：車速推定結果  
青線：実際の車速 (真値)  
(b) 真値との誤差

2秒間は高精度に自車の車速を再現することができる

### 入出力値の検討

車間距離  
車間距離の自然対数  
相対速度

| Input value items                                   |       | Times [s] |        |        |        |               | Learning Times [s] |
|---|-------|-----------|--------|--------|--------|---------------|--------------------|
|   |       | 0.5       | 1.0    | 1.5    | 2.0    | 2.5           |                    |
| Distance<br>Relative speed                          | RMSE  | 0.0003    | 0.0022 | 0.0028 | 0.0026 | 0.0204        | 109                |
|   | $R^2$ | 0.9997    | 0.9997 | 0.9996 | 0.9907 | 0.8751        |                    |
| Logarithm of distance<br>Relative speed             | RMSE  | 0.0017    | 0.0014 | 0.0012 | 0.0095 | 0.1027        | 215                |
|   | $R^2$ | 0.9992    | 0.9987 | 0.9986 | 0.9466 | 0.5605        |                    |
| Distance<br>Logarithm of distance<br>Relative speed | RMSE  | 0.00005   | 0.001  | 0.0012 | 0.001  | <b>0.0041</b> | 83                 |
|   | $R^2$ | 0.9999    | 0.9996 | 0.9993 | 0.9989 | <b>0.9649</b> |                    |

### 推定精度

実験参加者5名の精度評価

|   |       | Time [s] |        |        |        |        |
|---|-------|----------|--------|--------|--------|--------|
|   |       | 0.5      | 1.0    | 1.5    | 2.0    | 2.5    |
| A | RMSE  | 0.00005  | 0.001  | 0.0012 | 0.001  | 0.0042 |
|   | $R^2$ | 0.9999   | 0.9996 | 0.9993 | 0.9989 | 0.9649 |
| B | RMSE  | 0.002    | 0.0031 | 0.0027 | 0.0027 | 0.0714 |
|   | $R^2$ | 0.9987   | 0.9975 | 0.9976 | 0.9904 | 0.5923 |
| C | RMSE  | 0.0006   | 0.0005 | 0.0016 | 0.0021 | 0.0179 |
|   | $R^2$ | 0.9991   | 0.9997 | 0.9996 | 0.9994 | 0.9692 |
| D | RMSE  | 0.0001   | 0.0002 | 0.0002 | 0.0004 | 0.0004 |
|   | $R^2$ | 0.9993   | 0.9996 | 0.9997 | 0.9985 | 0.8902 |
| E | RMSE  | 0.0002   | 0.0001 | 0.0003 | 0.0014 | 0.0104 |
|   | $R^2$ | 0.9971   | 0.9986 | 0.9991 | 0.9896 | 0.9272 |

[誤差評価]  
：平方平均二乗誤差(RMSE)  
[モデルの精度]  
：決定係数( $R^2$ )  
個人適合したモデルによってそれぞれ2秒間は高精度に車速を推定することができる

### 予測減速タイミング

予測を行う時刻での自車加速度に対して何秒後にアクセルペダルから足を離し減速に転じるかを対応してプロットした。  
○：ドライビング  
シミュレータで取得  
□,◇：予測結果

## まとめ・今後の課題

### まとめ

- ニューラルネットワークに用いる入力値の検討
  - 車間距離、車間距離の自然対数、相対速度の3入力によってモデルの高精度に構築
- NARXIによって高精度なモデル構築が行われる
  - 約2秒間は個人適合したモデルで車速を高精度に推定することができる
- 普段の運転と近い減速タイミングが予測できる
  - アクセルペダルから足を離すタイミングの予測

### 今後の課題

- 数秒先までの高精度な予測
- 速度超過警報システムや衝突防止警報システム