

# シェアードコントロールのドライバモデル

Driver Model for Shared Control

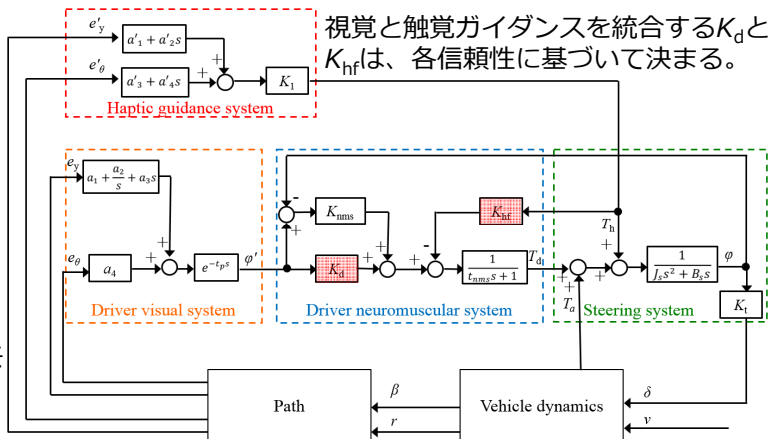
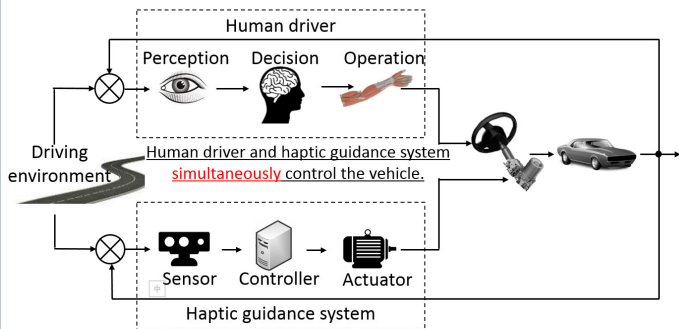
Partner: JTEKT Corporation

Fund: Grant-in-Aid for Scientific Research

## 概要 Introduction

シェアードコントロールシステム（力覚操舵支援）の設計と評価にとって、モデリングに基づく運転者の行動の理解はとて重要である。シェアードコントロールを行っている際の視覚と力覚ガイダンスを統合したドライバのモデルを提案し、その妥当性をドライビングシミュレータ実験で示すことを目的とする。

## シェアードコントロール Driver-automation shared control



視覚と触覚ガイダンスを統合する $K_d$ と $K_{hf}$ は、各信頼性に基づいて決まる。

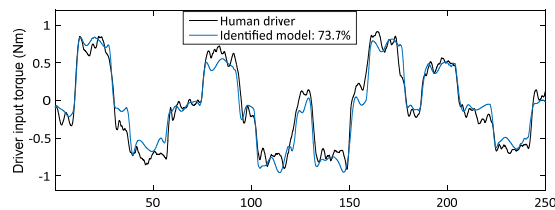
車線追従の場合、シェアードコントロールのドライバモデルは視覚系と神経筋システムで構成されている。

## モデルの同定と妥当性

Model identification and validation

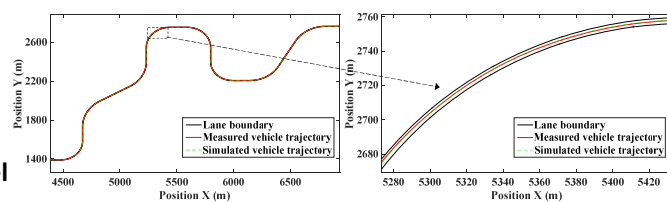
ドライバモデル同定のため、実験協力者14名のドライビングシミュレータ実験データ（車両軌跡、 $T_h$ 、 $T_d$ 、 $\phi$ ）を用いた。

提案モデルと実験の運転者操舵トルク $T_d$ の値の適合性は、参加者の中で、平均69%である。



Example of driver torque  $T_d$  fitting under shared control.

運転軌跡は計算値と実験値で良く一致した。



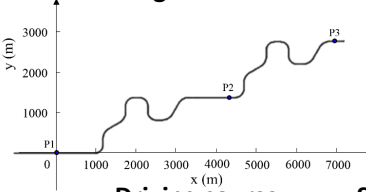
Example of comparison in vehicle trajectory



インプット:  $e_y, e_\theta, \phi, T_h$   
アウトプット:  $T_d, \phi'$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 0 & 0 \\ a_2 & t_p & -2 & 0 \\ -a_2 & K_d + K_{nms} & 2(K_d + K_{nms}) & -1 \\ -a_2 & t_{nms} & t_{nms} & -t_{nms} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

Driving environment



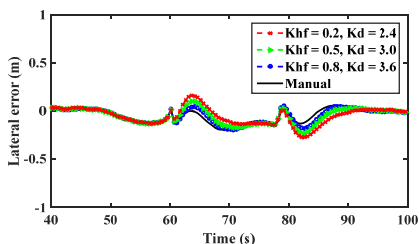
Driving course

$$\begin{bmatrix} T_d \\ \phi' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_1 & t_p & a_4 & t_p & 0 & 0 \\ -a_1 & K_d + K_{nms} & -a_4 & K_d + K_{nms} & -K_{nms} & -K_{hf} \\ -a_1 & t_{nms} & t_{nms} & t_{nms} & t_{nms} & t_{nms} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_y \\ e_\theta \\ \phi \\ T_h \end{bmatrix}$$

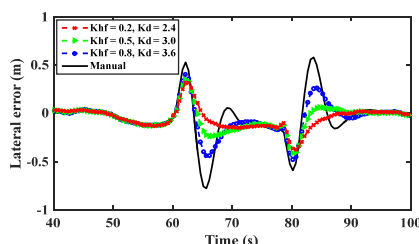
State-space realization of driver model

## ケーススタディ Case study

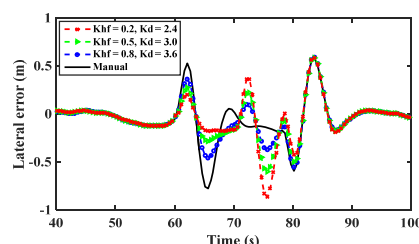
パラメータ $K_{hf}$ と $K_d$ を用いたドライバモデルは、運転への集中度が欠けている時とシステム障害が起きた時のドライバの行動を予測することができている。



$t_p = 0.1$ , without system failure



$t_p = 0.5$ , without system failure



$t_p = 0.5$ , with system failure

## Publications

Zheng Wang, Tsutomu Kaizuka, and Kimihiko Nakano, "Effect of Haptic Guidance Steering on Lane Following Performance by Taking Account of Driver Reliance on the Assistance System". *Proc. IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics*, Miyazaki, Japan, Oct. 2018, pp. 2717-2723.

Zheng Wang, Rencheng Zheng, Tsutomu Kaizuka, and Kimihiko Nakano, "Relationship between Gaze Behavior and Steering Performance for Driver-Automation Shared Control: A Driving Simulator Study," *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, vol.4, no. 1, pp. 154-166, Mar. 2019.