

# 自動運転制御技術と RoboCarMVへの応用事例



第6回 ZMPフォーラム 2014.7.2



神戸大学 工学研究科  
深尾 隆則

# 本日の講演内容

---

## □ 自動運転・隊列走行における制御技術

- 車線維持制御
- 車間維持制御



## □ 障害物回避における制御技術

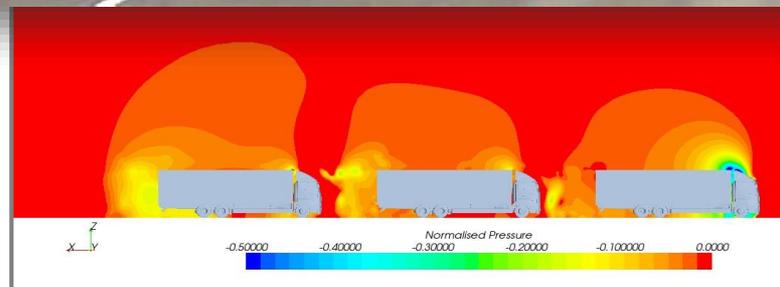
- 最適状態・経路
- 非線形経路追従制御



# 自動運転・隊列走行



- ・時速80km, 車間4m, 4台隊列
- ・車車間通信の利用
- ・車線維持性能(±15cm以下)



NEDO エネルギーITS 推進事  
業受託研究：2008～2012 年度

3

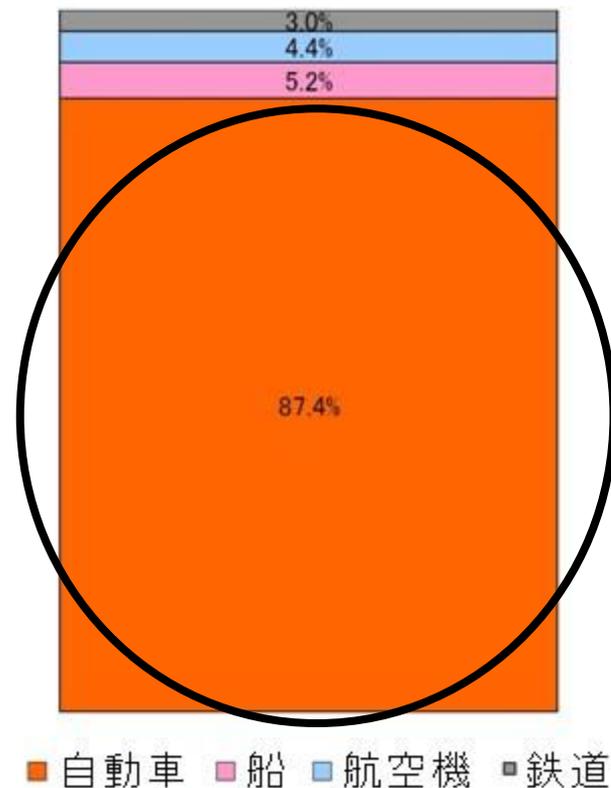
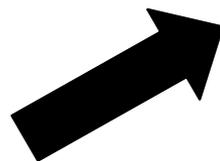
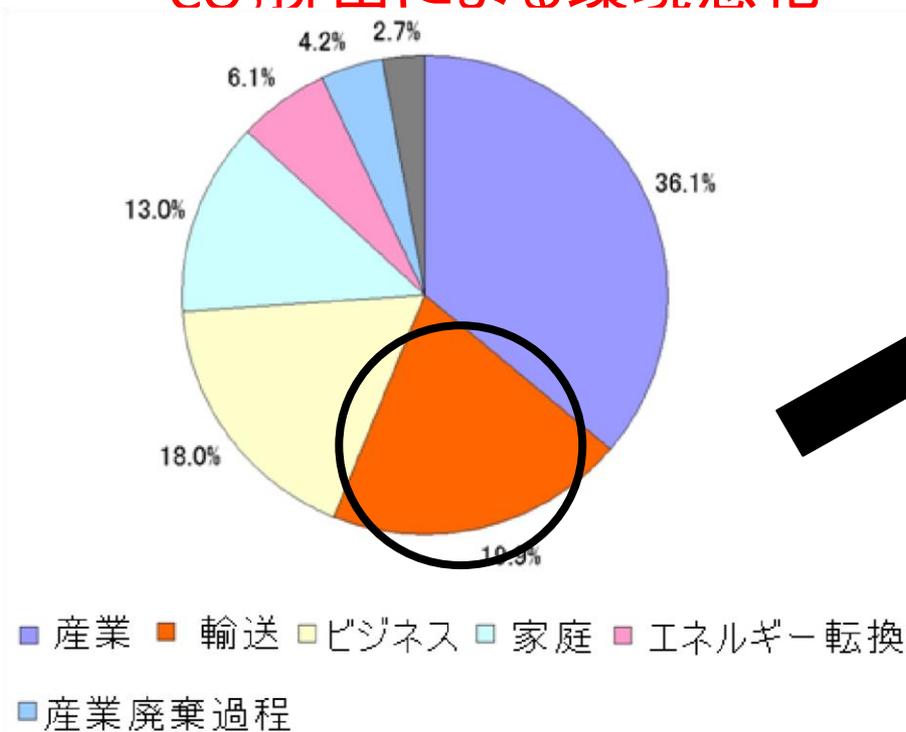


# 研究背景

---

# • 自動車利用における社会的問題

- 交通事故件数の増加
- CO<sub>2</sub>排出による環境悪化

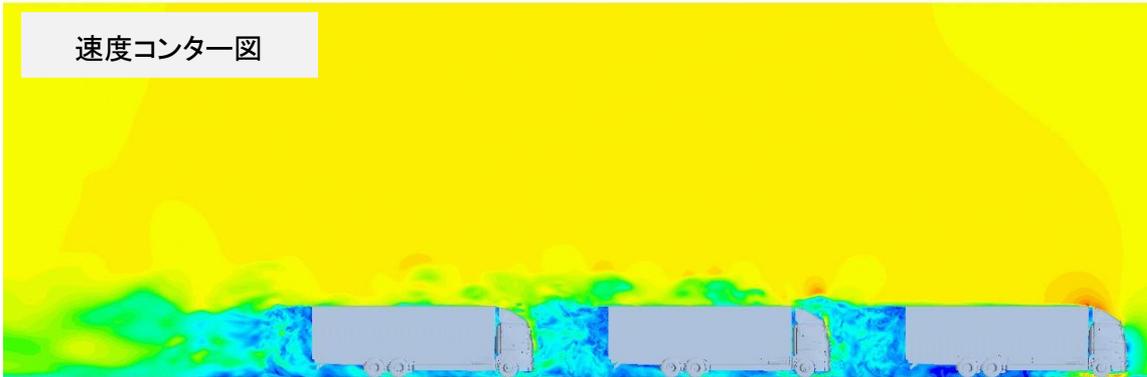


# 隊列走行による省燃費予測

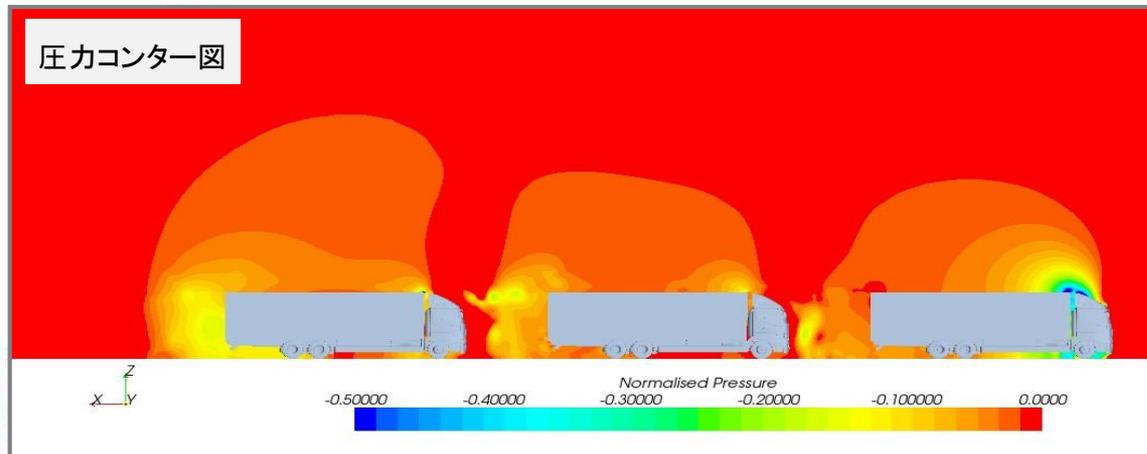
## 3台隊列の空気流体シミュレーション

シミュレーション条件 速度:80km/h, 隊列車間距離:4m-12m

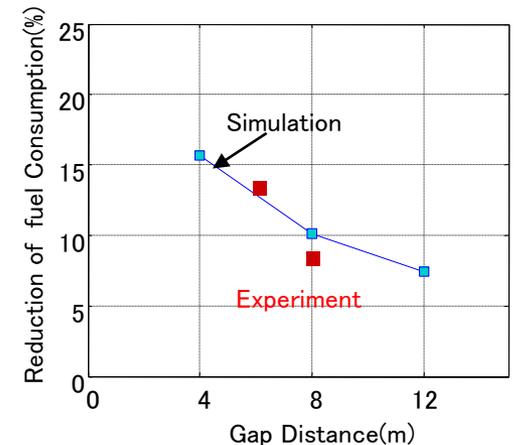
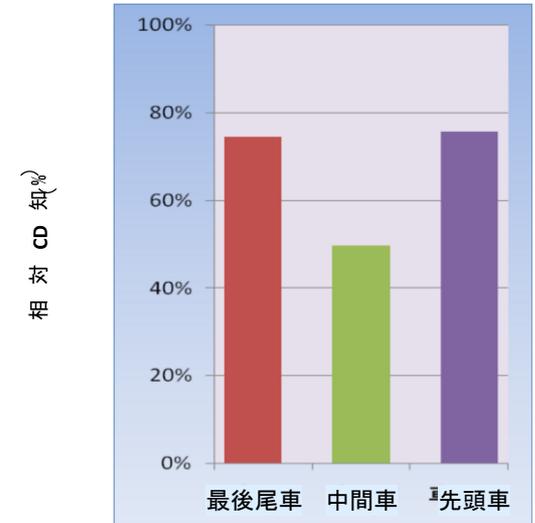
速度コンター図



圧力コンター図



CD 相対値  
(単独走行時CD: 100%)



CO2 低減予測

# 隊列走行の実用化

---

- センサの多重化:

- 白線検出: カメラ, レーザレンジファインダ, 高速カメラ
- 車間, 障害物: レーザレーダ, ミリ波レーダ, ステレオカメラ
- 速度: 車輪パルス, レーダ差分

- 車車間通信の多重化:

- 方式: 電波, 光

- **アクチュエータの多重化:**
    - 操舵: 2個の電動モータ
    - ブレーキ: EBS の並列化, 補助ブレーキ
  - **ECUの多重化, 並列化:** フェイルセーフECU開発
- ## 開発した走行制御技術の特徴 I
- 

### ■ **車線保持制御技術**の特徴

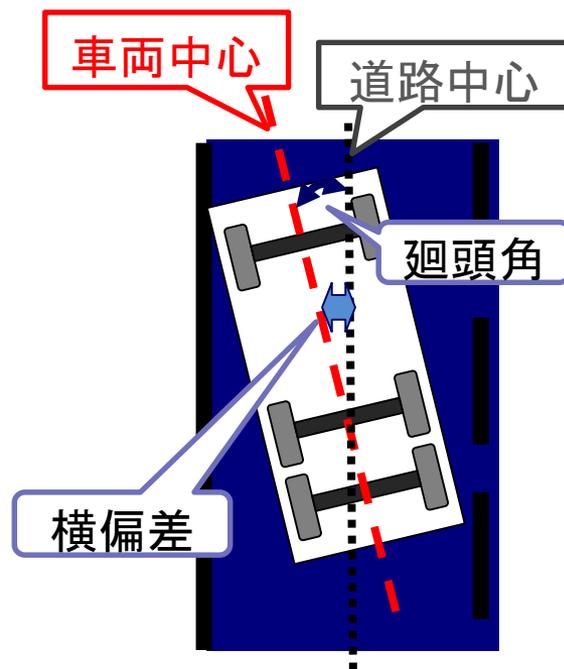
- 横偏差, 廻頭角を制御可能な非線形制御アルゴリズム開発

- 運動学モデル, 動力学モデル, アクチュエータモデルなどモデルに基づいた制御系設計

- ロバスト性検証試験

- ✓ カントや曲率を考慮した制御
- ✓ カントや曲率の推定と制御 MMAC
- ✓ 操舵系制御ゲインの自動チューニング
- ✓ 障害物回避, レーンチェンジ

## 車線保持制御





## • コンピュータビジョンと操舵制御の関係

### – センサの制約による制御方法の決定



#### □ 道路白線の検出が難しい

- ✓ 快晴時, 輝度変化が激しい
- ✓ 雨天後晴れ, 道路上の雨の反射
- ✓ トンネル内, 出入口



#### ➤ 鉛直下方を向けると...



# 鉛直下向きカメラからの画像

---



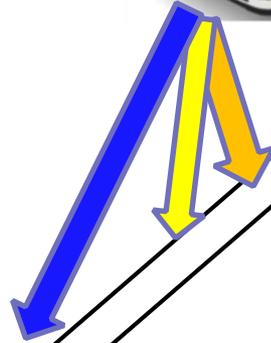
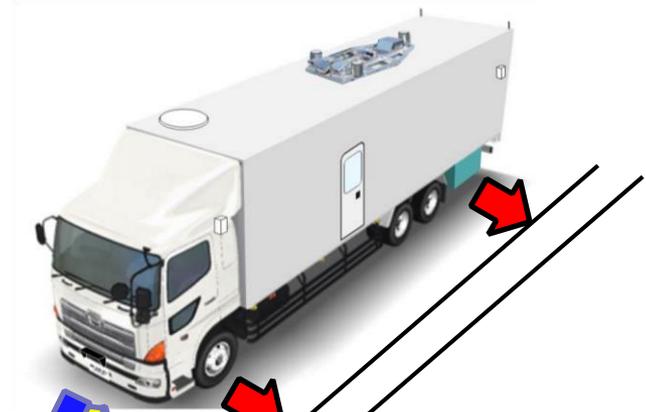
# 道路白線ベースの自動操舵

---

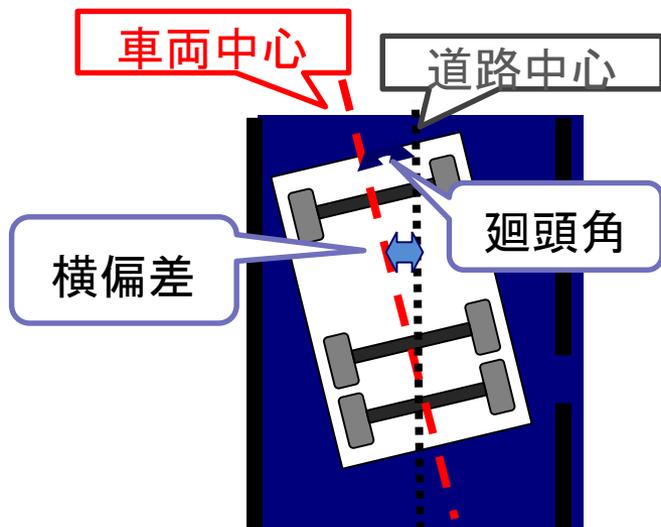
従来: 前方注視モデルに基づく制御

- 速度に依存するが, 前方注視距離が小さくなるとシステムは不安定になる





新しい制御手法の開発

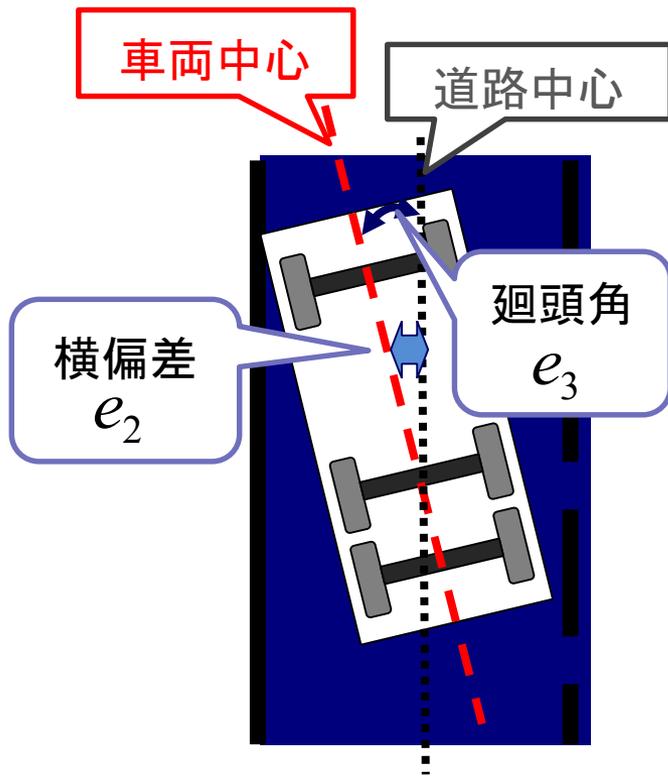


## 車線維持制御

---

# トラックのダイナミクス(動力学)を考慮した制御

## 線形等価モデル(動力学モデル)



$$\begin{aligned}
 & \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} u
 \end{aligned}$$

## 前輪舵角 (フィードバック制御)

$$\delta_c = \frac{K_f l_f + K_r l_r}{K_s v} \delta_c + \frac{Mv}{K_s l_f} \dot{\delta}_c$$

望ましい  
角速度

日本大学が構築した車両モデル  
を近似的に組み込み

# カント・曲線路における定常当て舵





\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

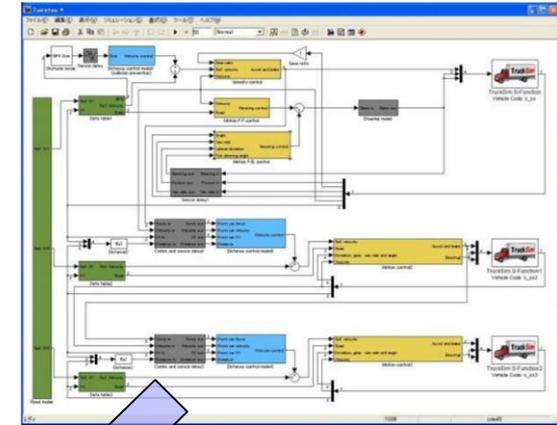
# 操舵系装置



カメラ  
レーザレーダ

ヨーレートセンサ  
車輪速センサ  
(車間距離センサ)

プログラム



dSPACE Autobox /  
Fail-Safe ECU



制御指令値

ステアリング部モータ

