

# 須田研究室

## モーション・シミュレータを用いた研究

### ■ドライビングシミュレータを用いた複合現実感交通実験スペースの構築

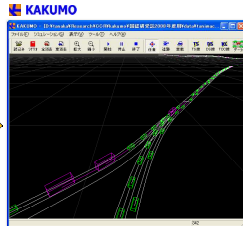
- 実交通環境を模擬した交通シミュレーション上をドライビングシミュレータで走行可能
- ヒューマンファクタの研究やITS応用研究に幅広く活用
- ITS施策の評価(実環境での社会実験に向けた安全性・効果などの事前評価)

アイシン・エイ・ダブリュ(株)、朝日航洋(株)、アジア航測(株)、社会システム(株)、(株)長大、(株)デンソー、(株)東芝、(株)トヨタマップマスター、(株)パナソニック、三菱重工(株) 三菱プレジジョン(株)

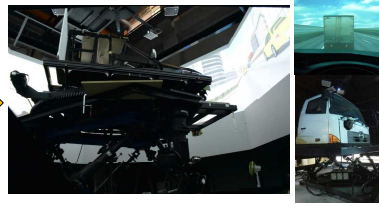
受託研究: 国土交通省国土技術政策総合研究所



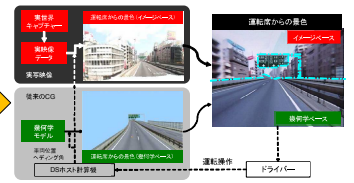
●交通シミュレータ(TS)  
交通量の発生・集中管理、  
渋滞などの交通状況を  
再現



●マイクロ交通シミュレータ  
(KAKUMO)  
TSとDSの時間・空間分  
解能の差異を解消する



●ドライビングシミュレータ(DS)  
6DOF+ターンの機構付き  
360度全方位スクリーン  
DSを活用した大型トラックシミュ  
レータの開発



●ビジュアルシステム(IMG)  
実写映像とCG映像の合成に  
よるリアルな映像の生成

### オプティカルドットの評価

- ドライバの心理作用による速度超過の抑制(スタジオ・ハン・デザイン、首都高速道路株式会社と共同研究)



首都高速道路5号線美女木JCT付近  
DS実験用CG映像

### ジレンマゾーンに関する 運転行動解析

- ジレンマゾーン(交差点で黄信号に直面したときドライバが停止または通過の判断に迷う領域)での運転行動をDSを用いて実験、解析(パナソニックと共同研究)



### 渋滞解消のための路面舗装検討

- 都市部交差点のレーンマーキング改良による渋滞解消効果の事前検討(高知工科大学、国土交通省土佐国道事務所と共同研究)



DS実験用CG映像(改善例)

### エコドライブ可能度とエコドライブ に対する意識状態推定

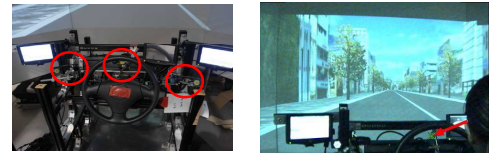
- ドライバのエコドライブ
- エコドライブ可能度の評価



DS実験 実車実験(千葉実験所)

### ドライバの視覚特性と車両の運動特性に関する研究

- DYCのOn/Offによる車両特性の変化がドライバの運転行動に与える影響を調査
- DYCによる操舵応答特性の改善が道路上の障害オブジェクトを「見た/見ていない」に及ぼす影響を解析(日産自動車株式会社と共同研究)



### ■鉄道車両の乗り心地評価

- ・モーションシミュレータの有効性の検証
- ・視覚と振動の関係に着目した乗り心地官能評価



モーションシミュレータ



乗客アイマーク計測実験



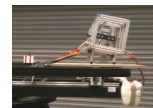
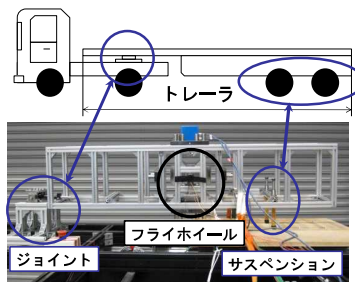
モーションシミュレータ実験

(JR東海・JR東日本と共同研究)

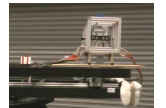
### ■模型車両実験プラットフォーム

- ・フライホイールバッテリーのジャイロ効果によるスタビライザ機能の活用
- ・トレーラー横転防止への適用のための模型実験走行模擬

(JTEKTと共同研究)



制御なし



制御あり

# 車載用フライホイールのジャイロ機能に関する研究 Gyro Function of Flywheel as Energy Storage System of Vehicles

### ジャイロによる車両運動制御の提案

**原理**

ジャイロモーメント  $T$   
 $\Omega$ : ジンバル角速度  
 $\Omega \times H = T$   
 $\Omega$ : ジンバル角速度  
 $H$ : フライホイールの角運動量

トルクの増幅効果

ロール軸 → スタビライザ → 横転防止制御システム  
 ヨー軸 → ダンパ → 鉄道車両の蛇行動現象の安定化  
 ロール軸 → アクチュエータ → ジャイロを用いた車体傾斜システム

### ジャイロを用いた車体傾斜システム

**鉄道における振り車両**

慣性による緩和曲線での振り遅れが課題 → 空気圧シリンダなどによるアクティブ制御

**ジャイロをアクチュエータとして利用**

マルチボディダイナミクスにより運動方程式、フィードフォワード制御量を算出

$$N = (J_{xx2} + J_{yy2})\ddot{\theta}_{2c} - J_{xx2}\dot{\theta}_{2c}^2 + J_{yy2}\dot{\theta}_{2c}^2 + J_{zz2}\ddot{\theta}_{2c} + J_{xx2}\dot{\theta}_{2c}\dot{\theta}_{2y} + J_{yy2}\dot{\theta}_{2c}\dot{\theta}_{2x}$$

$$m^*\ddot{\theta}_{2a} + c\dot{\theta}_{2a} + M\dot{\theta}_{2a} = \frac{Mg}{L}\theta_{2a} - J_{xx2}\dot{\theta}_{2c}\dot{\theta}_{2y}$$

$$J_{zz2}\ddot{\theta}_{2c}$$

出力トルク (ローラ)  
 入力トルク (ピッチ)  
 $J\dot{\Omega} = T$

フルバネ駆動の非フレキシブルジャイロモータを付加  
 ジャイロを用いて過渡特性の向上を図る

トルクの増幅効果  
 $N = \Omega \times J\dot{\Omega}$

共同研究: 株式会社ジェイテック

### 1/10スケール車両による車体傾斜システムの実証実験

フライホイール二つを搭載した模型車両

フライホイール仕様:  
 全質量: 約20kg 材料: スチール  
 直径: 150mm 駆動: 空圧 容量: 2.2Wh  
 運転回転数: 1000~7200rpm  
 \* 株式会社ジェイテックと共同で製作

全長23m  
 走行方向  
 定曲線  
 緩和曲線  
 曲線区間(下り勾配13%)  
 曲線半径3.3mの急急曲線

入口緩和曲線 定曲線 出口緩和曲線

速度1.0m/s  
 入口緩和曲線 定曲線区間 出口緩和曲線

自然振り式車両 → 目標傾斜角に対する遅れ発生  
 提案手法 → 目標傾斜角に対する遅れを抑制

### 鉄道車両の蛇行動現象の安定化

共同研究: 筑波大学 藪野研究室

- 車両進行方向に回転軸を有するジャイロを設置
- ジャイロによりヨーイングのスタビリティ向上を図る

理論領域: 不安定, 安定

1/10スケール実験装置

直線走行

制御付きダブル・ジャイロシステムを考案  
 ジャイロダンパとしての機能を実現

振り付きシングル・ジャイロシステムを考案し、バンプシステムを実現

主電動機をジャイロダンパとして利用

### 横転防止制御システム

ジャイロ効果によるトレーラの横転防止の有効性を検討

マルチボディ・ダイナミクス・プログラムであるADAMS

40t海上コンテナ用セミトレーラのモデルを構築 (28個の剛体)

制御なし  
 フライホイールに角運動量なし

制御あり  
 フライホイールに角運動量あり

シミュレーション条件  
 110km/h走行、トラクタ後輪突角44degのランプ入り(10s\*11s)  
 24tの40t海上コンテナ

横転を再現できる走行条件でシミュレーション (110km/h走行、トラクタ後輪突角44degのランプ入り)  
 110km/h走行、トラクタ後輪突角44degのランプ入り  
 110km/h走行、トラクタ後輪突角44degのランプ入り

ジャイロ効果による横転防止の有効性を検討  
 横転防止が可能なフライホイールのスペックについて検討

Flywheel

制御なし  
 フライホイール作動無し: 15秒付近において横転  
 フライホイール作動無し: 横転防止

24tの40t海上コンテナの横転防止には、約40000rpmの角運動量が必要

ジャイロ効果による横転防止の有効性を確認

### フライホイールによる横転防止効果の実験

安全かつ再現性を考慮した実験

台上試験装置 + 模型車両 → ジャイロ効果による横転防止の有効性

・セミトレーラ横転の主な原因となるレラー・コンテナ部を模倣して製作

フライホイールの回転数: 0rpm  
 フライホイールの回転数: 8000rpm

台上試験装置  
 模型車両

ロール姿勢角

### エネルギー貯蔵と車両運動

エネルギー貯蔵と横転防止制御の両立性

両立の条件  
 $J\dot{\Omega}_{min}$   
 フライホイールの下限回転数  
 使用回転領域  
 $\dot{\Omega}$   
 車両運動制御に必要な角運動量

横転防止制御システム  $L = 5620\text{Nms}$   
 車体傾斜システム  $L = 14000\text{Nms}$

フライホイール式エネルギー貯蔵装置

車面加速時(エネルギー供給) 車面減速時(エネルギー回生)

減少 増大

高エネルギー密度  
 高エネルギー密度  
 高エネルギー密度

車載用エネルギー貯蔵装置  
 試験車両 (ロケットダム)

車載用フライホイールのエネルギー貯蔵

### 車載用フライホイールのエネルギー貯蔵特性

LRT  
 架橋レスを想定したケーススタディ(札幌市)

一般的な鉄道  
 車体傾斜制御を考慮した急曲線通過の走行シミュレーション

直線: 800 m  
 緩和曲線: 180 m  
 定常曲線: 240 m  
 全長: 2000 m

質量(M): 28 t  $R_c = 29 \cdot M$  [N] 出発抵抗  
 歯数比: 6.42  $R_s = (2.4 + 0.022V + 0.0006V^2)Mg$  [N] 走行抵抗  
 輪径: 1660mm  $R_c = \mu \cdot \frac{Mg}{L}$  [N] 曲線抵抗

フライホイールの充電量変化(State of Charge)  
 再生効率 約55%

走行: 30.6 MJ  
 回生: 19.0 MJ

質量(M): 40 t  $R_c = 29 \cdot M$  [N]  
 $R_s = (2.3 + 0.021V + 0.0006V^2)Mg$  [N]  
 歯数比: 4.2  
 輪径: 860mm  $R_c = \mu \cdot \frac{Mg}{L}$  [N] 曲線抵抗

フライホイールの充電量変化(State of Charge)  
 再生効率 約60%

走行: 21.8 MJ  
 回生: 13 MJ

共同研究: 株式会社ジェイテック、CCM



東京大学生産技術研究所  
次世代モビリティ研究センター

# 試験用交通信号機

## 設置の目的と特徴

実際の道路交通状況下では困難な実車実験を行うため、実在の信号機と同形のものを設置して実際の道路環境を構築(信号機は千葉県警察本部の仕様に準拠)

## 本信号機の用途

### 産学官連携によるITSの実践的な研究

- 交差点における運転挙動の抽出(ジレンマゾーンでの挙動解析など)
- 新たな信号現示方法の提案とその評価
- 路車協調 (V2I,V2V,V2X, 次世代 PTPS,ITS Connect )による安全運転支援システム、交通円滑化に関する研究
- 複合現実感交通実験スペース(交通シミュレータと連携したドライビングシミュレータ)の有効性の評価
- 信号を考慮したエコドライブの評価に関する研究
- 交通安全教育
- 新・信号方式(車外・車内)

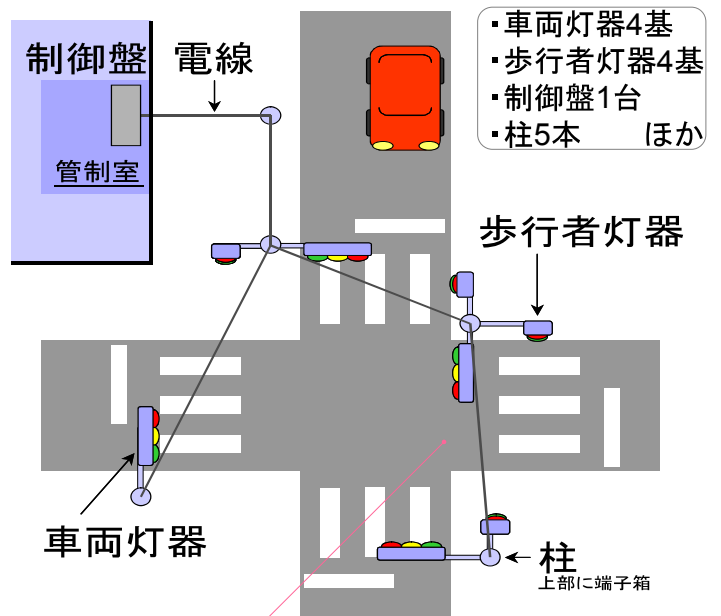


(図: ITS Connect 推進協議会)

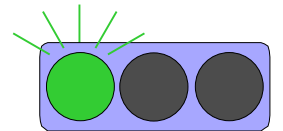
東京地区における  
対応交差点の凡例  
(2016年4月時点)

路車協調による安全運転支援システム

## 信号機の配置



青点滅など新たな現示方法の検討



2017年4月に西千葉地区(千葉市弥生町)から  
柏キャンパスに機能移転



試験用交通信号機 点灯式

2017年5月15日