

神奈川工科大学 研究推進機構

**先進自動車研究所**  
**令和3年度 研究報告資料**

**消費者視点からの自動運転／運転支援の定量評価法と  
車線内車両位置計測精度向上技術の開発に関する研究**

---

**先進自動車研究所 井上秀雄**

**先進自動車研究所 上原健一**

**トヨタテクニカルディベロップメント株式会社**

# 目次

---

1. 評価車両・評価コース
2. ヒト倫理審査
3. 計測・解析方法の改善
4. 評価結果
  - (1) 主観評価
  - (2) 直進安定性
  - (3) LDP性能
  - (4) オーバーライド性能
  - (5) コーナー性能
  - (6) 一般道走行結果
5. シーズ技術調査結果
  - (1) Eagleye
  - (2) LiDARとカメラの白線認識精度比較
6. まとめ

---

# 1. 評価車両・評価コース

---

# 評価車両

---

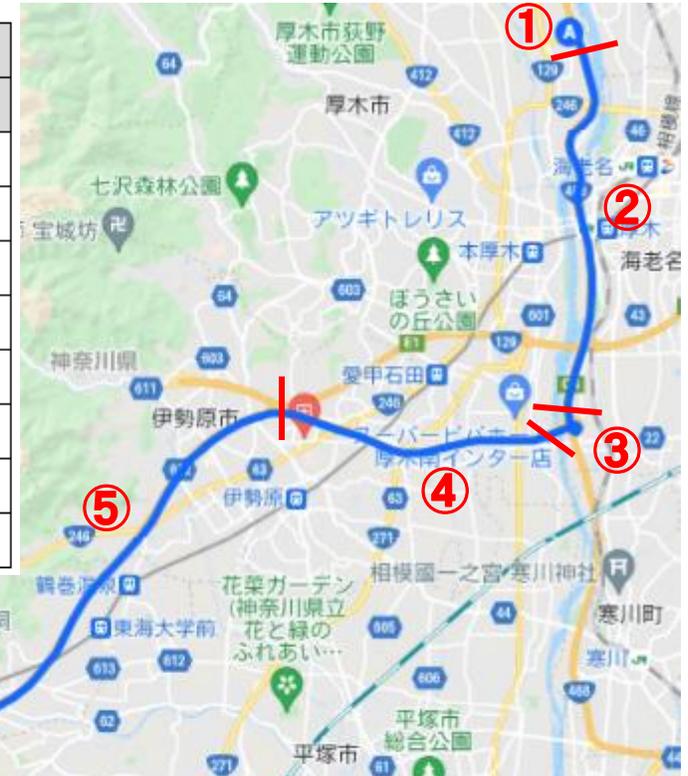
以下の6車両を対象に評価を実施した。

- 独F車
- 独G車
- 日H車
- 日I車
- 日J車
- 日K車

# 公道評価コース;①下り 圏央厚木～第2東名～東名足柄SA

高速下り (圏央道～新東名～東名)

区間	始点			終点		
	地点	緯度	経度	地点	緯度	経度
①	圏央厚木料金所	35.4786415	139.3718276	圏央道本線合流	35.4751979	139.3748352
②	圏央道本線合流	35.4751979	139.3748352	海老名南JCT分岐	35.4102739	139.3721051
③	海老名南JCT分岐	35.4102739	139.3721051	新東名合流	35.4088486	139.3724426
④	新東名合流	35.4088486	139.3724426	伊勢原JCT東名本線合流	35.4100476	139.3035347
⑤	伊勢原JCT東名本線合流	35.4100476	139.3035347	秦野中井IC	35.3533318	139.2372059
⑥	秦野中井IC	35.3533318	139.2372059	大井松田IC	35.3413676	139.1593266
⑦	大井松田IC	35.3413676	139.1593266	東名右ルート終点	35.3412897	138.978088
⑧	東名右ルート終点	35.3412897	138.978088	足柄PA	35.3176954	138.9695546



- ・大井松田～足柄SAまでの右ルート連続コーナー区間(⑦)を含めるようにコースを昨年度より延長
- ・交通量の少ない第2東名を追加してLDPを実施

# 公道評価コース;②上り 東名足柄SA～圏央厚木

高速上り (東名足柄PAor大井松田IC～圏央道)

区間	始点			終点		
	地点	緯度	経度	地点	緯度	経度
⑨	足柄PA	35.3183908	138.9698141	大井松田IC	35.341993	139.158668
⑩	大井松田料金所	35.3436856	139.1515666	大井松田IC	35.341993	139.158668
⑪	大井松田IC	35.341993	139.158668	秦野中井IC2km手前	35.351337	139.2102089
⑫	秦野中井IC2km手前	35.351337	139.2102089	伊勢原JCT	35.4106262	139.3049207
⑬	伊勢原JCT	35.4106262	139.3049207	海老名JCTまで1kmの標示	35.4248519	139.3444437
⑭	海老名JCTまで1kmの標示	35.4248519	139.3444437	圏央道本線合流	35.4290986	139.3768022
⑮	圏央道本線合流	35.4290986	139.3768022	圏央厚木出口分岐	35.4778905	139.3734357
⑯	圏央厚木出口分岐	35.4778905	139.3734357	圏央厚木料金所	35.4790568	139.3718478
⑰	秦野中井IC2km手前	35.351337	139.2102089	海老名JCTまで1kmの標示	35.4248519	139.3444437



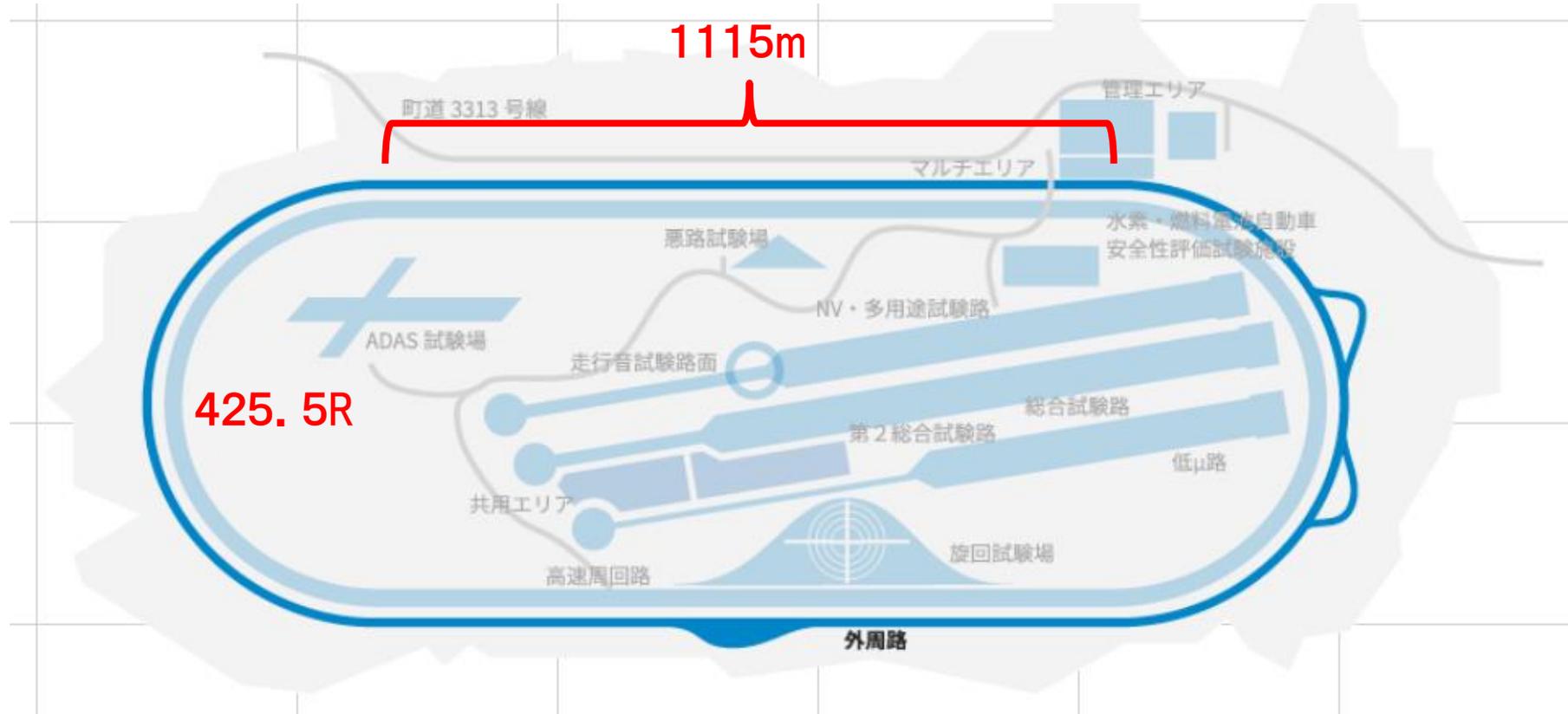
# 公道評価コース; ③一般道(国道246 道の駅ふじおやま～東名大井松田IC)

一般道 (国道246道の駅ふじおやま～東名大井松田)

区間	始点			終点		
	地点	緯度	経度	地点	緯度	経度
⑬	国道246号線 道の駅ふじおやま	35.3449744	138.949307	国道246号線 東名大井松田方面分岐点	35.3482986	139.1454255



# テストコース; JARI城里テストセンター外周路



出典: <https://www.jari.or.jp/test-courses/stc/test-path/perimeter-course/>

# 評価ドライバ

ドライバ	性別	年齢	運転歴	プロフィール
Driver 1	男性	60代	30年以上	自動車分野専門知識あり
Driver 2	男性	60代	30年以上	自動車分野専門知識あり
Driver 3	男性	30代	約20年	自動車分野専門知識あり
Driver 4	男性	20代	10年未満	一般ドライバ
Driver 5	女性	20代	10年未満	一般ドライバ
Driver 6	男性	40代	約30年	一般ドライバ

---

## 2. 人倫理審査

---



---

## 3. 計測・解析方法の改善

---

# インパネ動画を記録

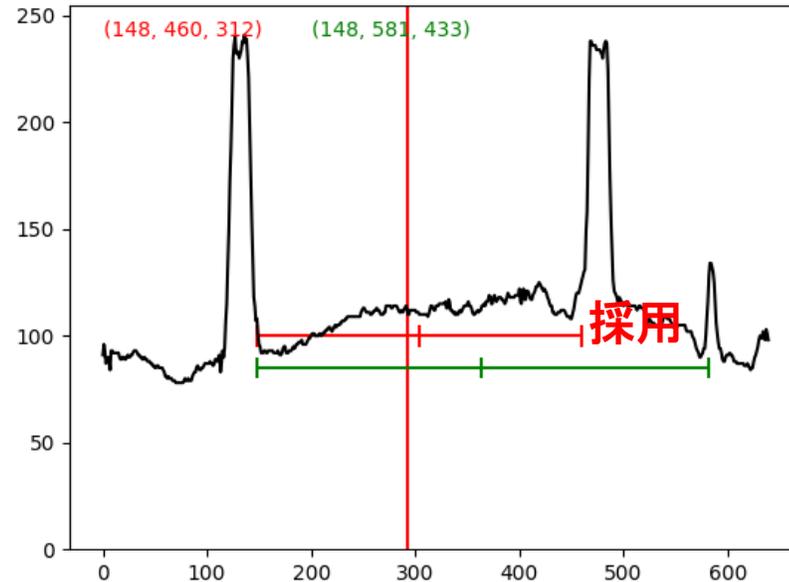


制御ON,OFFの確認に使用

# 白線認識ロジックの改善

雨天や夕方の白線認識精度向上のために以下を実施

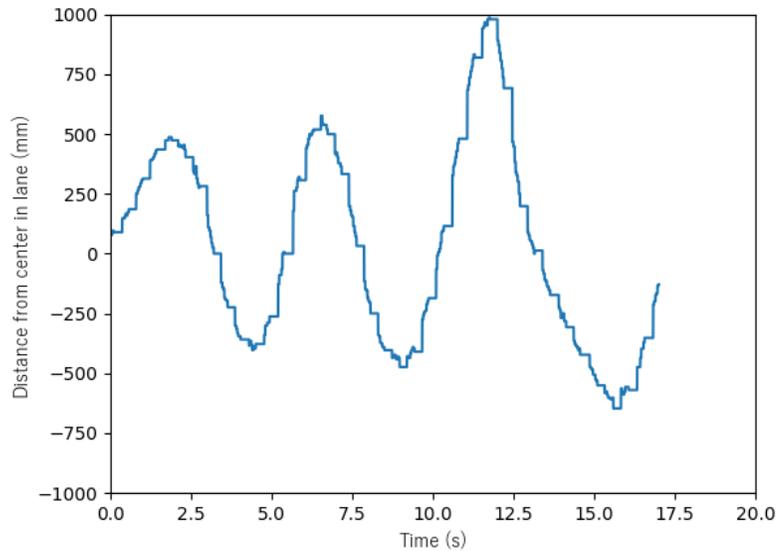
- 輝度レベル（明るい，普通，暗い）に応じて輝度上昇・下降判別閾値を変更
- 白線の立ち上がりを評価する幅を拡大
- 複数の白線候補を挙げて，最も車線幅に近いものを採用



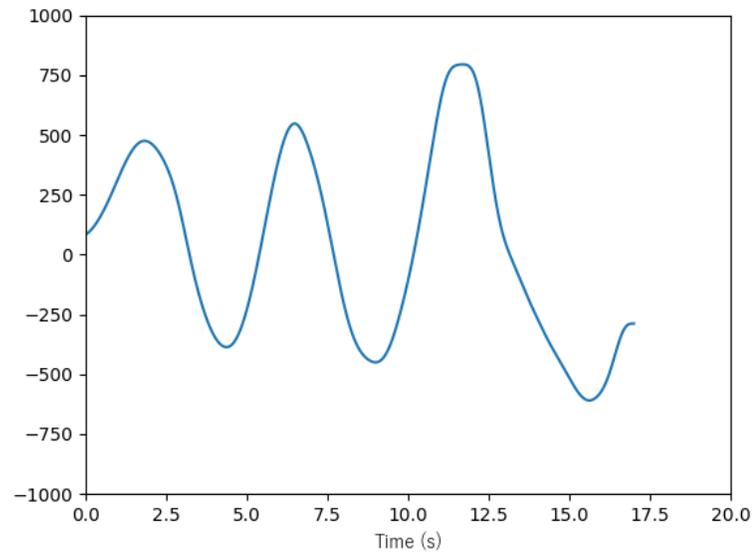
# フィルタリング処理

- 白線補間処理
- 外れ値除外処理
- フィルタリング処理 (Butterworth filter)

昨年度

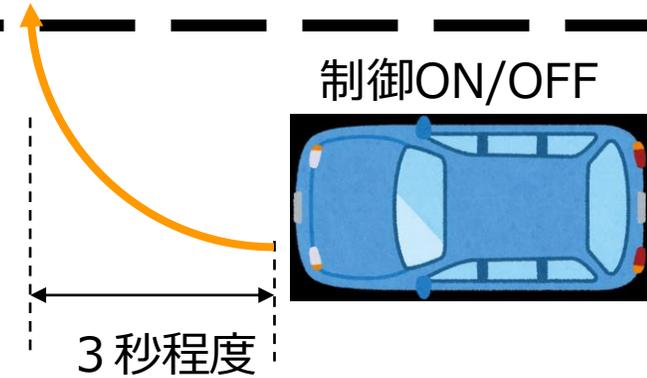


今年度

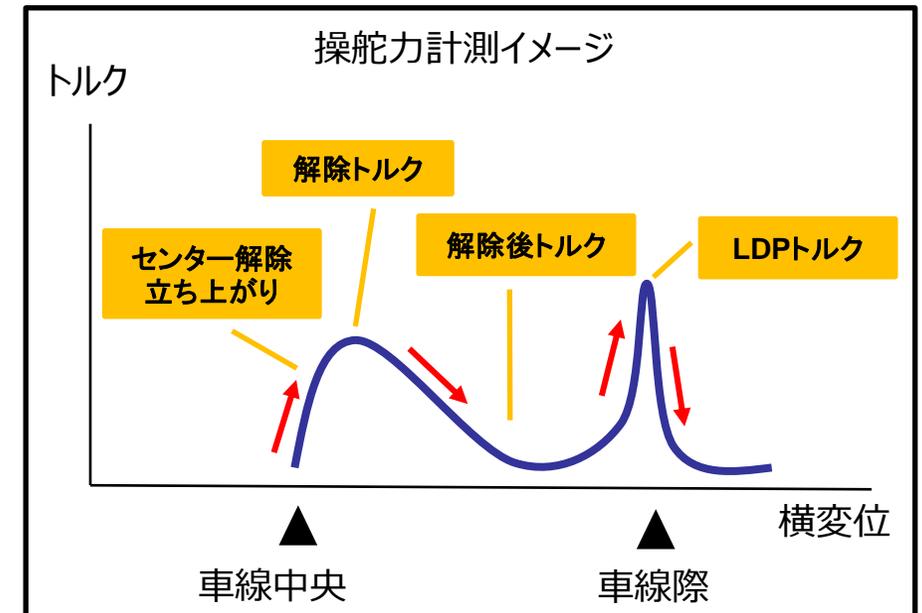


# テストコース走行方法の確立；オーバーライド操舵力計測方法

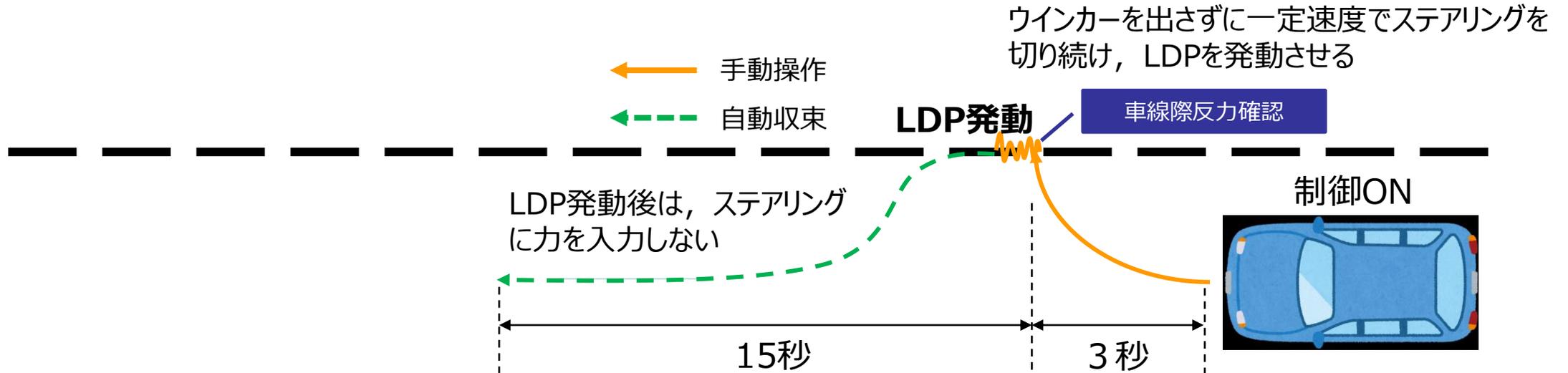
ウインカーを出さずに一定速度でステアリングを切り続け、車線をまたぐ  
(そのまま、隣の車線に移動し、続けて逆側を実施する)



- ✓ 車線中央からウインカーを出さずに一定速度（目安 3 秒間）でステアリングを切り続け、車線をまたぐ
- ✓ 操舵力 0 から開始できるように意識する
- ✓ 制御ON/OFF両方とも同じ動作で実施する
- ✓ 制御ON/OFFそれぞれ複数回実施する
- ✓ 左右方向複数回実施する
- ✓ 直線部で実施する

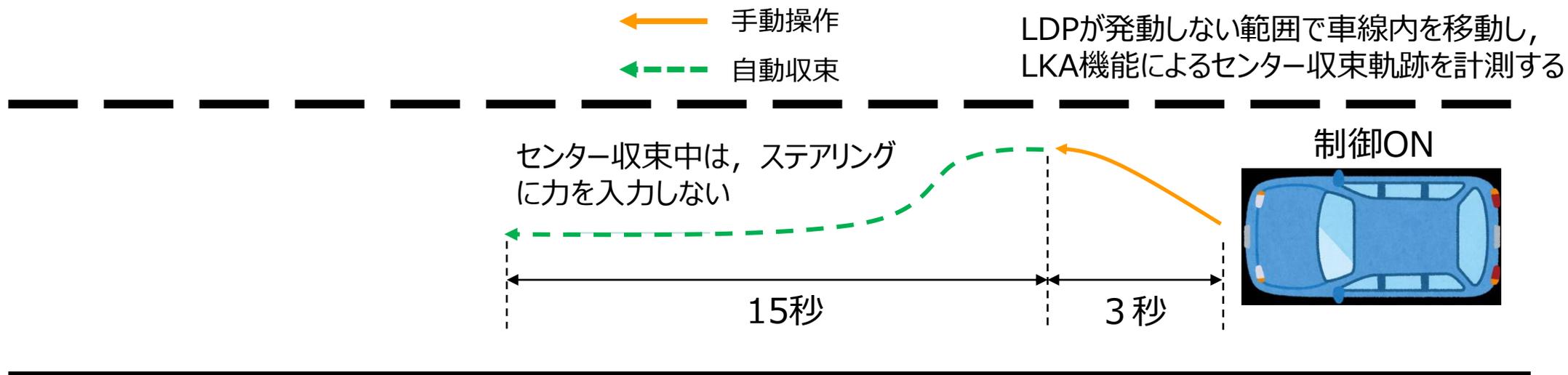


# テストコース走行方法の確立；LDP軌跡計測方法



- ✓ 車線中央からウインカーを出さずに一定速度（目安 3 秒間）でステアリングを切り続け、LDP発動と車線際反力を確認する
- ✓ LDP作動時は車線際で少し逆らい、反力を計測する
- ✓ 車両中央に戻る際はステアリングに力を入力しない（手を添えるだけ。自動収束に任せる）
- ✓ LDP発動後15秒程はステアリング操作せず収束軌跡を記録する
- ✓ 制御ONで計測する
- ✓ 左右共に複数回実施し、解析時に作動率、収束率を計算できるようにする
- ✓ 直線部で実施する

# テストコース走行方法の確立；LKA収束軌跡計測方法



- ✓ LDPが発動しない範囲で車線内を移動し、LKA機能によるセンター収束軌跡を計測する
- ✓ 車両中央に戻る際はステアリングに力を入力しない（手を添えるだけ、自動収束に任せる）
- ✓ 収束開始から15秒程はステアリング操作せず収束軌跡を記録する
- ✓ 制御ONで計測する
- ✓ 左右共に複数回実施する
- ✓ 直線部で実施する

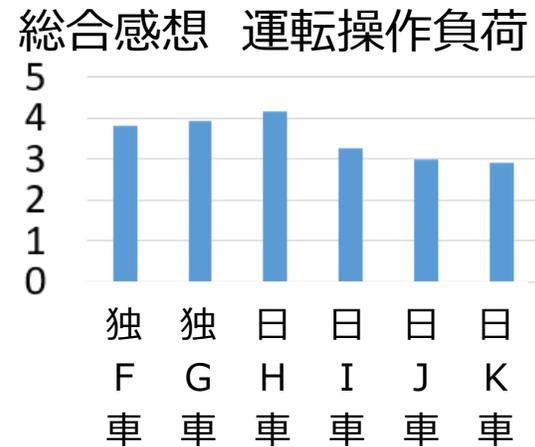
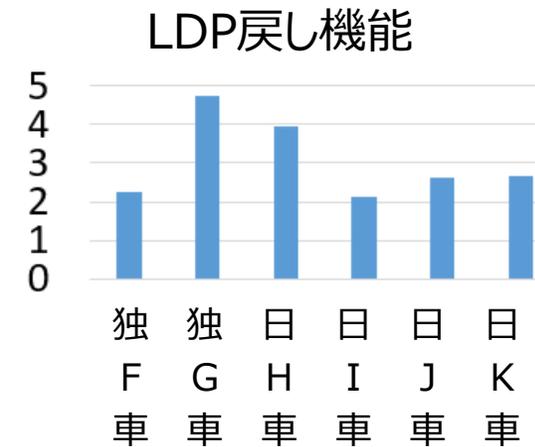
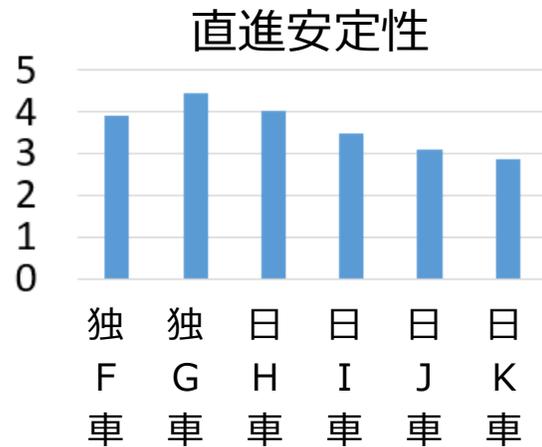
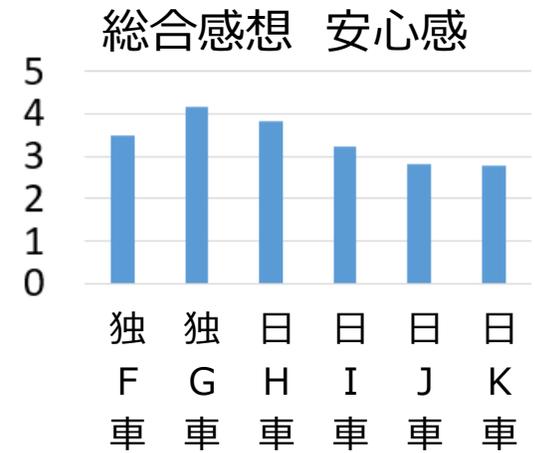
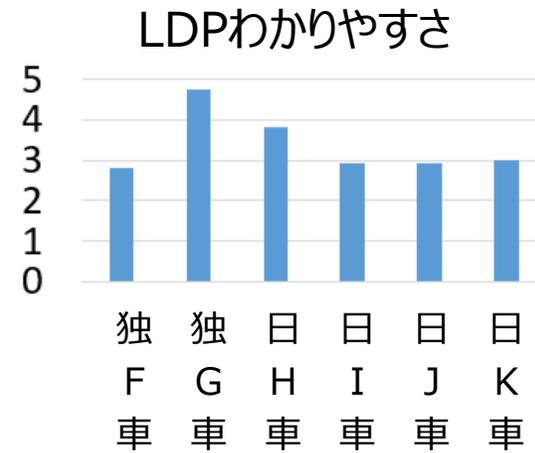
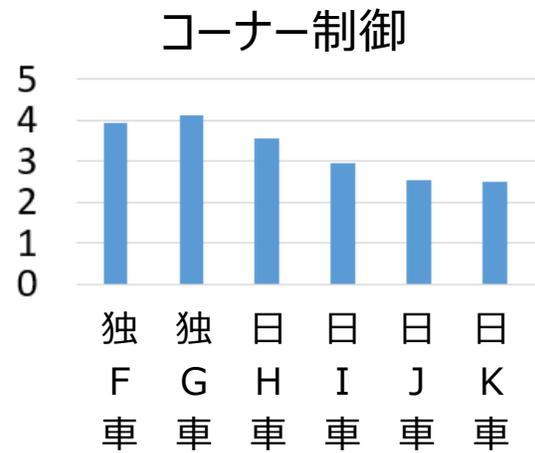
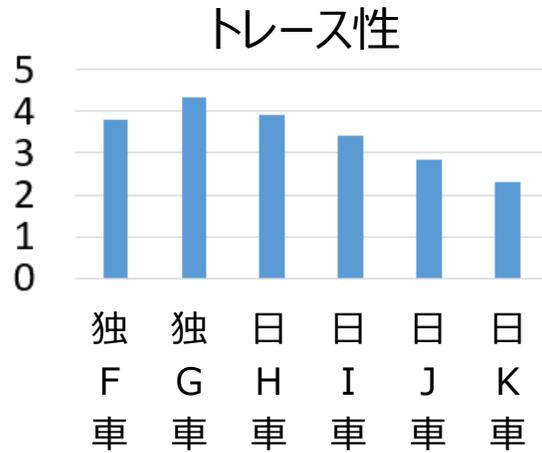
---

## 4. 評価結果

---

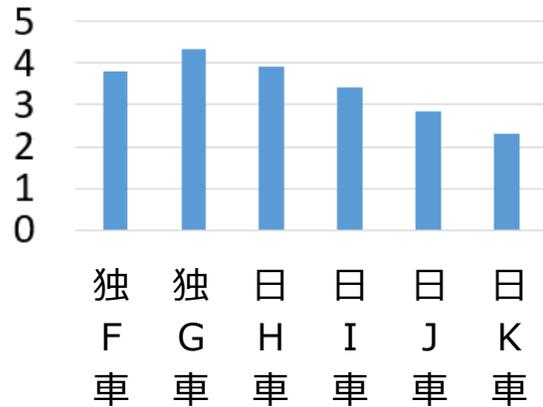
# (1) 主観評価

概ね 独G車 > 日H車 = 独F車 > 日I車 > 日J車 = 日K車 の順

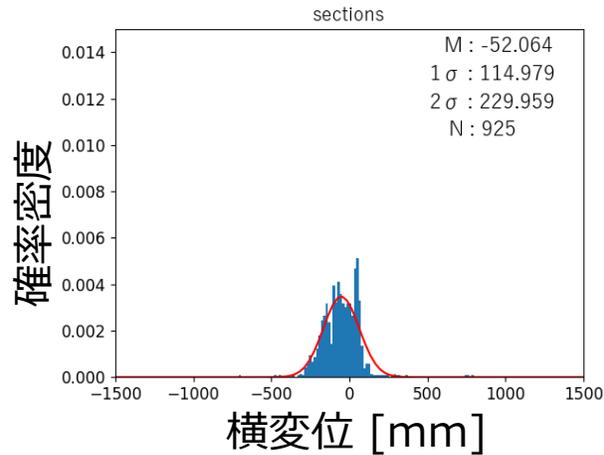


## (2) 直進安定性; 区間⑬東名上り伊勢原JCT～海老名JCT

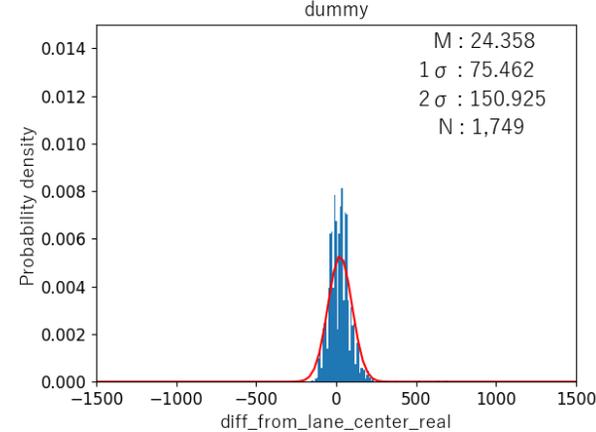
主観評価結果 トレース性



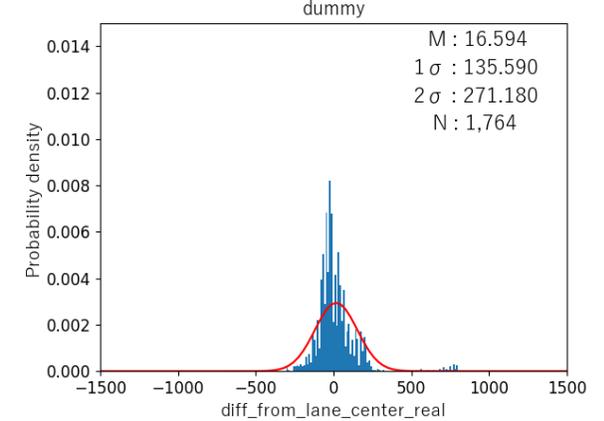
独F車 Driver4



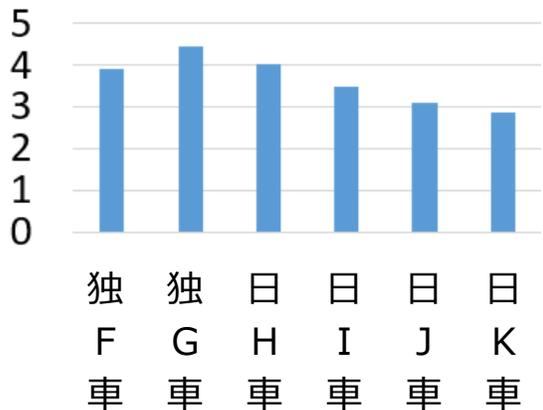
独G車 Driver3



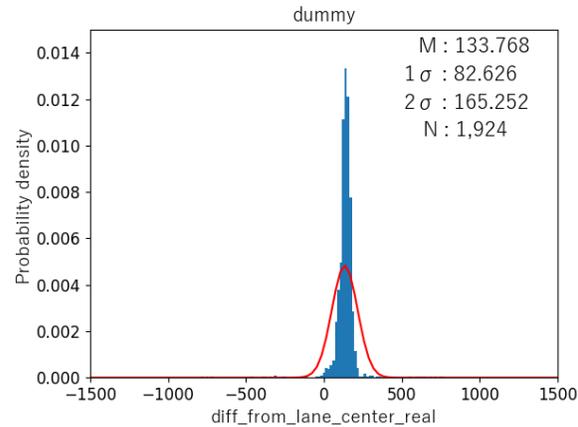
日H車 Driver3



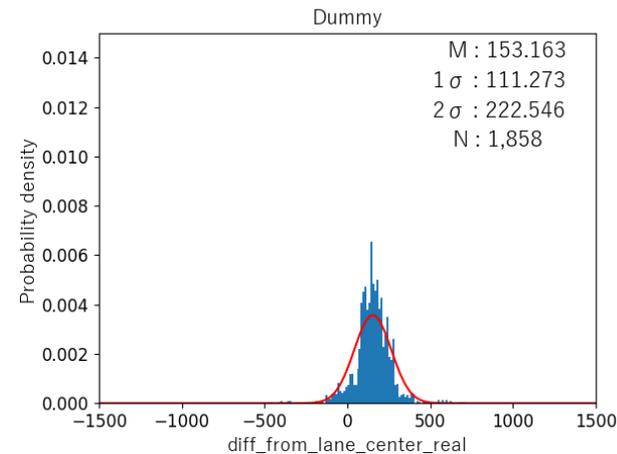
主観評価結果 直進安定性



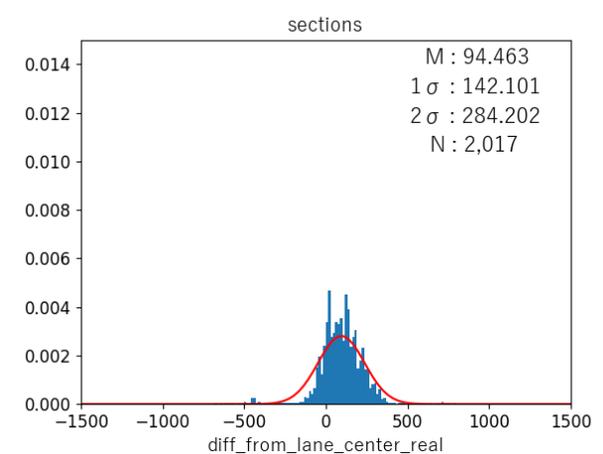
日I車 Driver3



日J車 Driver3



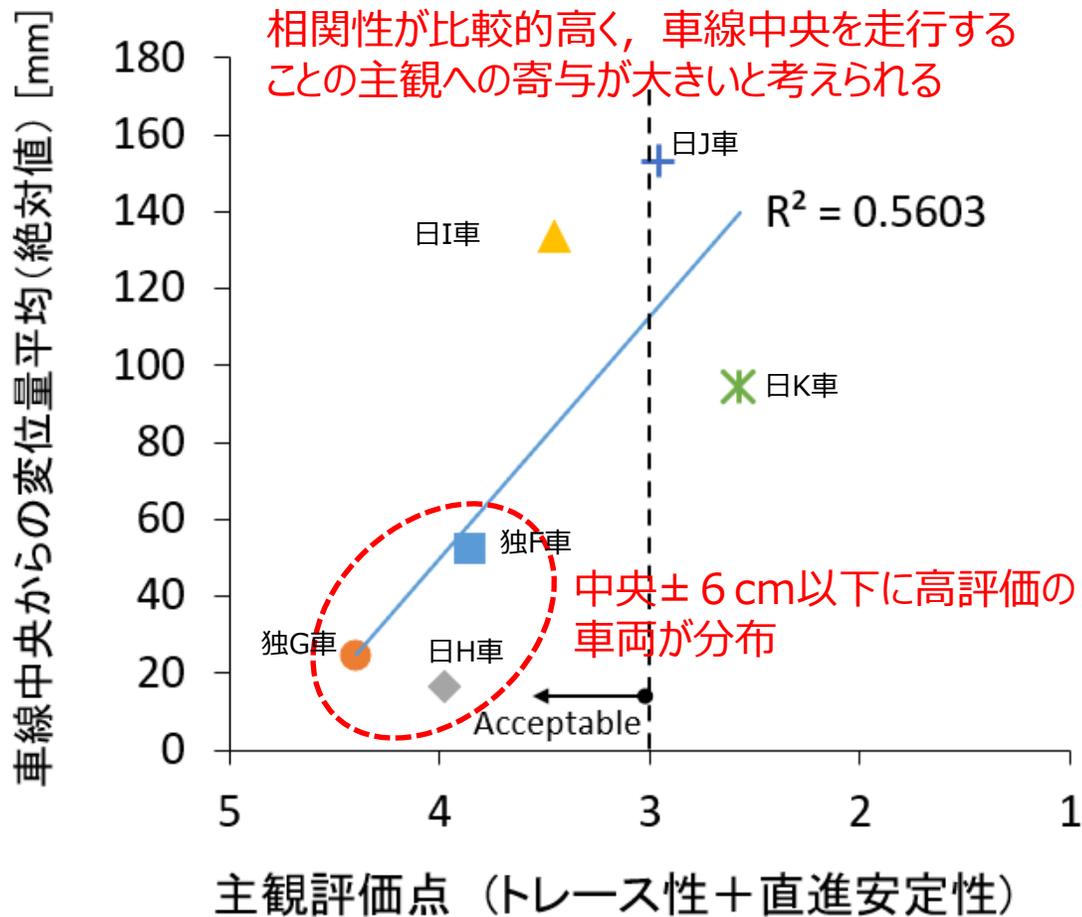
日K車 Driver4



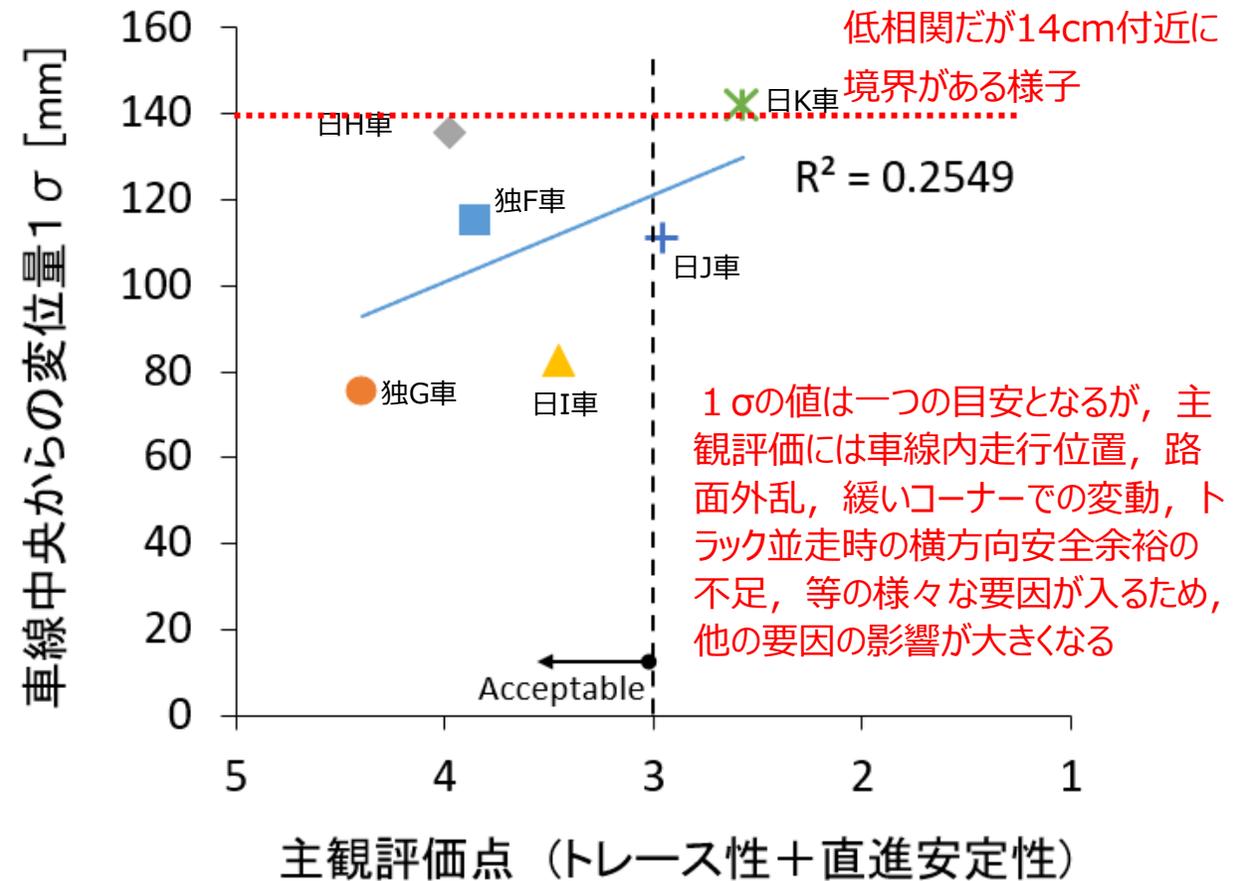
左白線 ▲ 車線中心 ▲ 右白線 ▲

## (2) 直進安定性; 区間⑬東名上り伊勢原JCT～海老名JCT

車線中央からの変位量の平均と主観評価の相関図

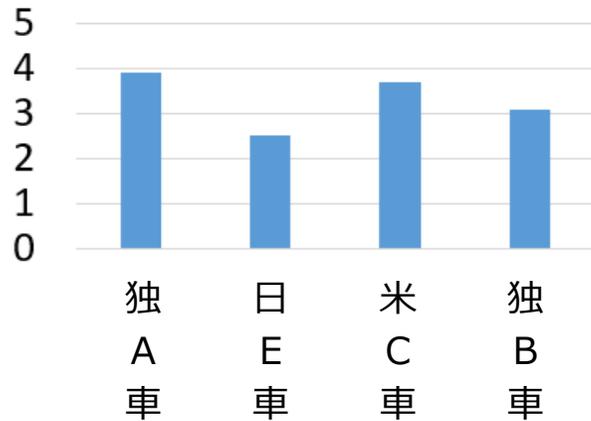


車線中央からの変位量の1σと主観評価の相関図

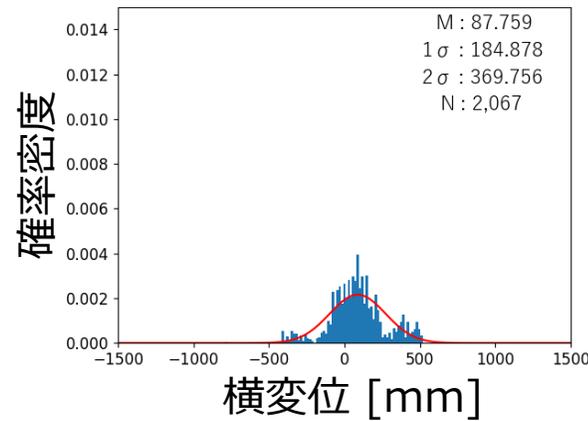


## (2) 直進安定性; 区間⑬東名上り伊勢原JCT～海老名JCT

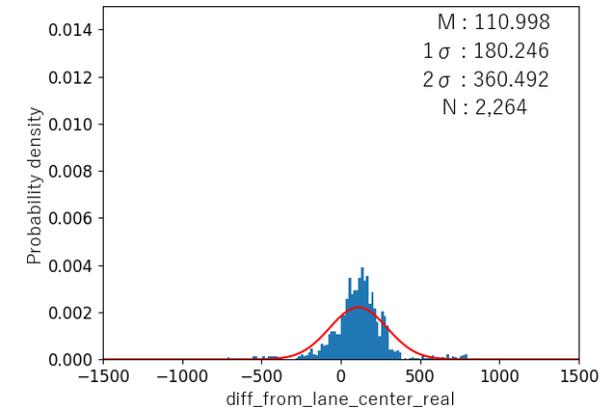
主観評価結果 トレース性



独A車 Driver4

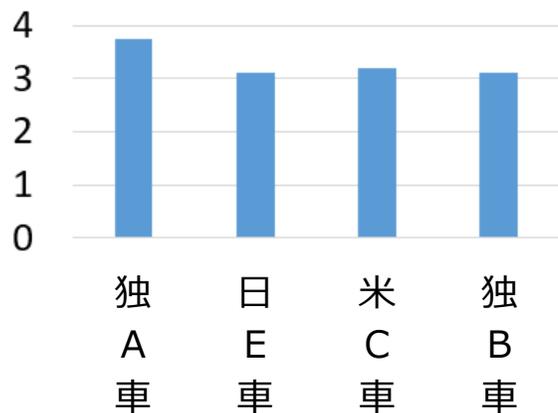


日E車 Driver3

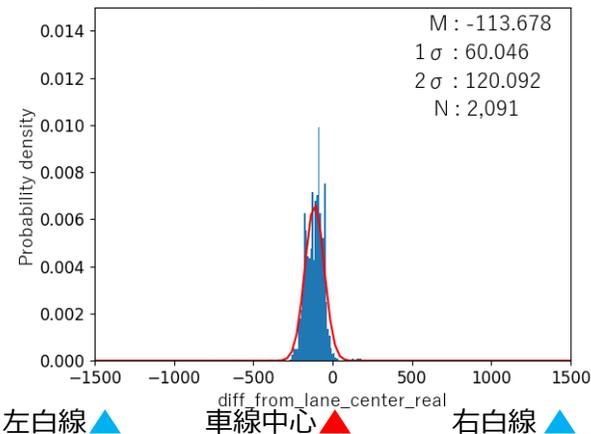


独A車はコーナーでアウトインアウトのコースをとっていることが、1σの数値によらず良好な主観評価に繋がっていると思われる。

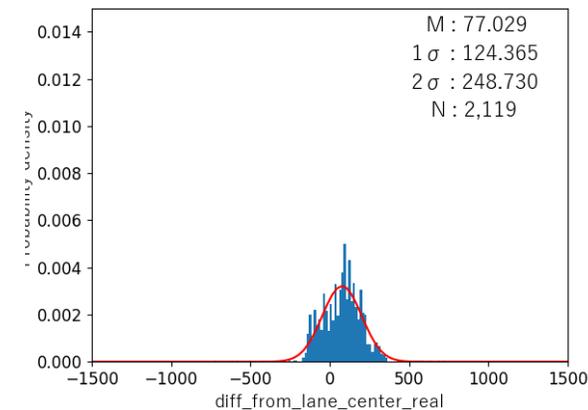
主観評価結果 直進安定性



米C車 Driver3

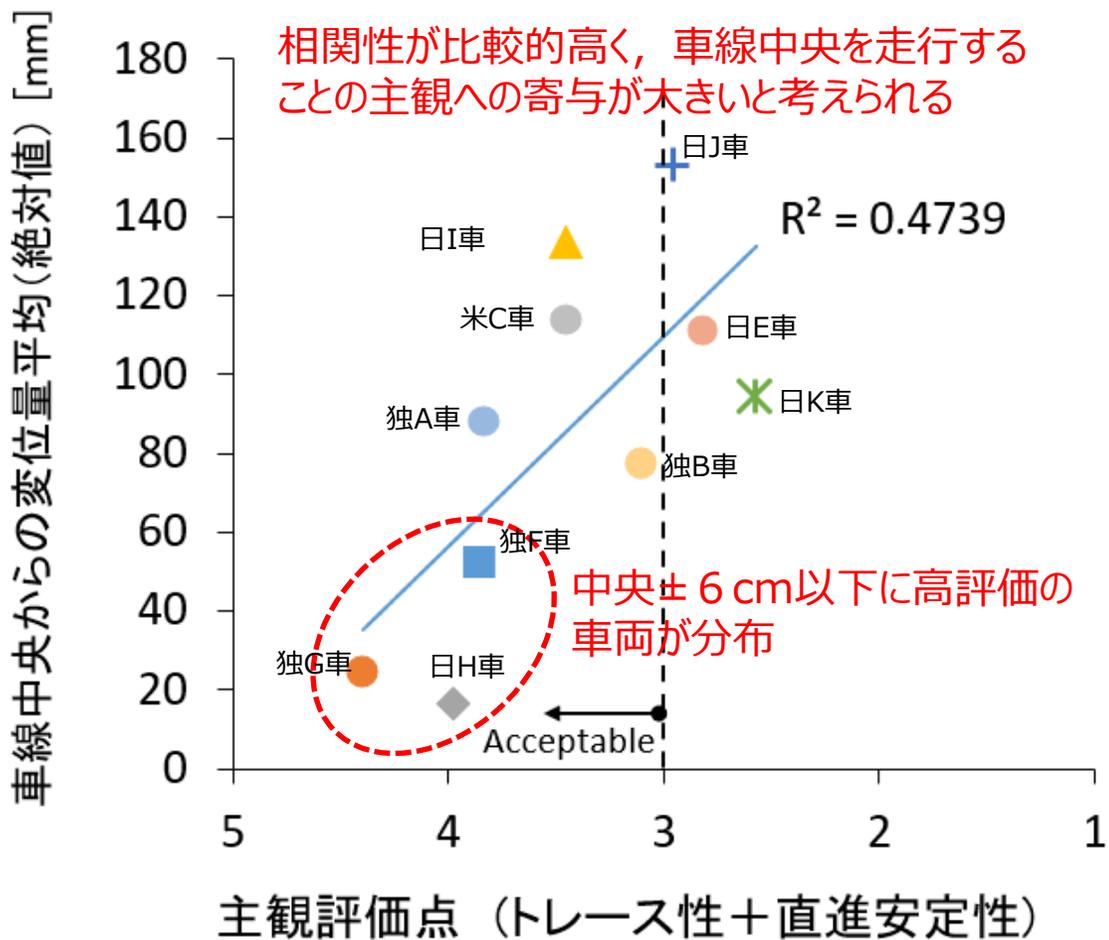


独B車 Driver4

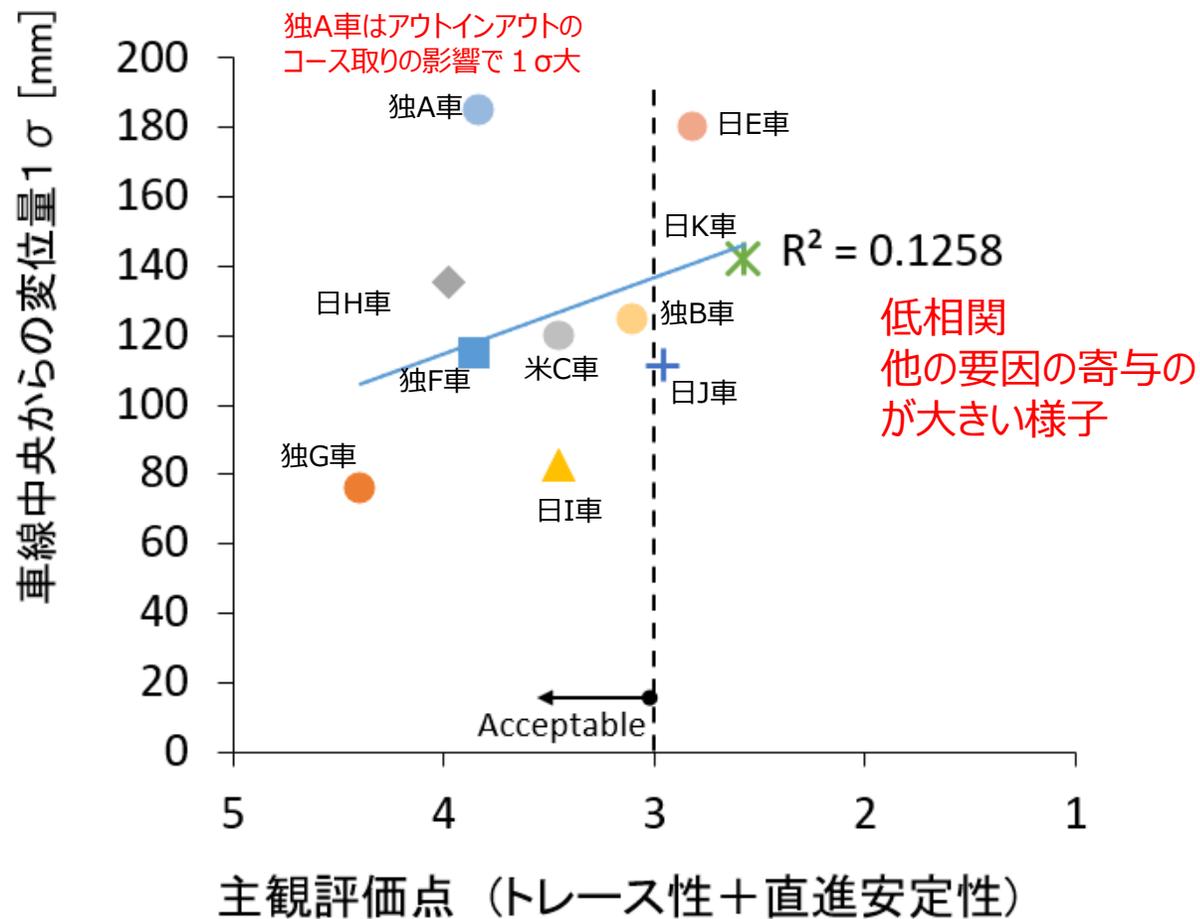


## (2) 直進安定性; 区間⑬ 東名上り伊勢原JCT～海老名JCT

車線中央からの変位量の平均と主観評価の相関図

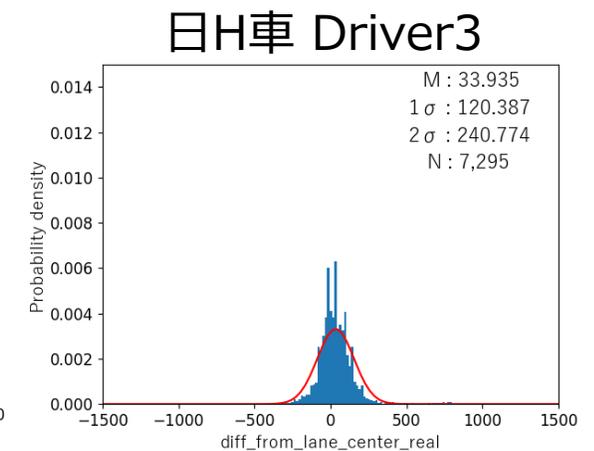
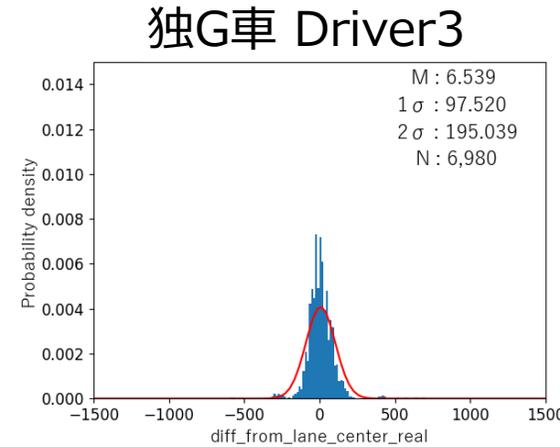
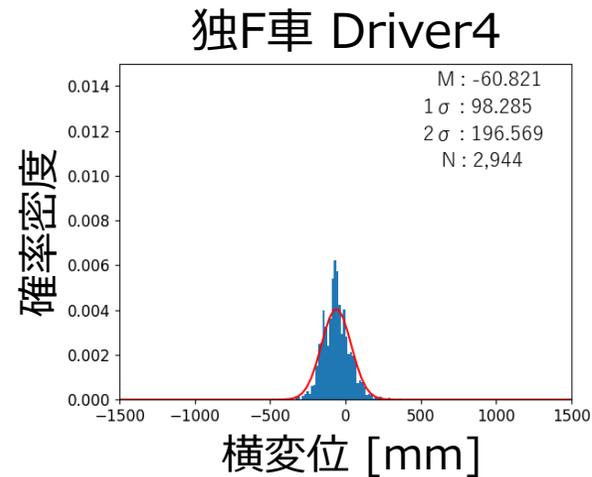
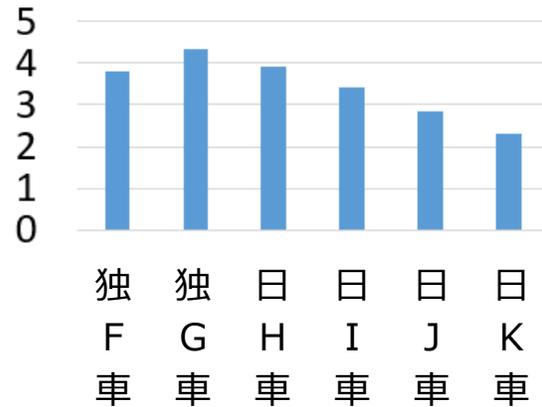


車線中央からの変位量の1σと主観評価の相関図

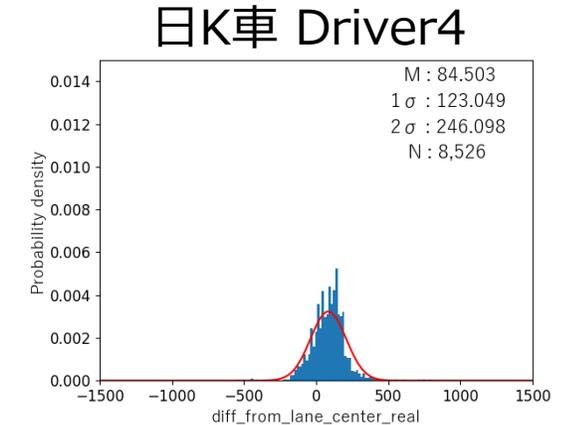
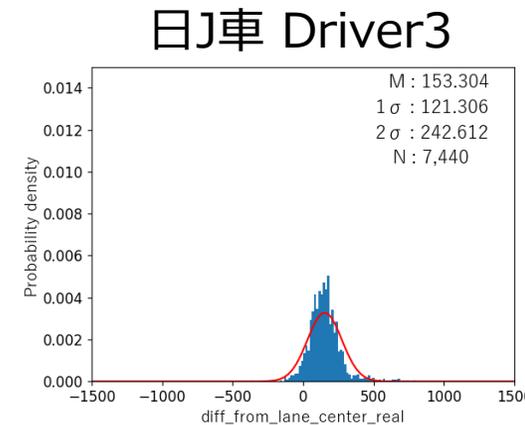
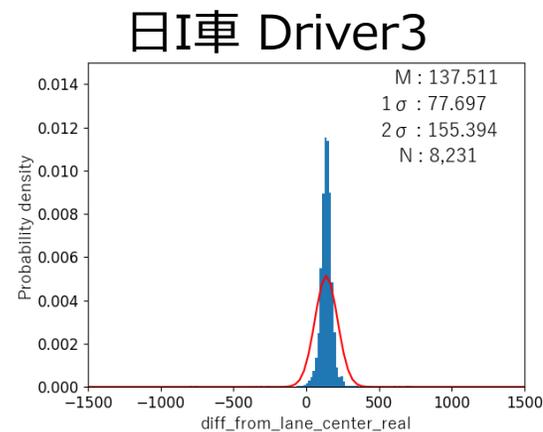
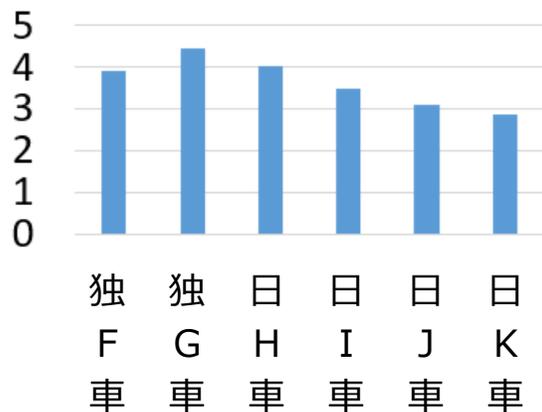


## (2) 直進安定性; 区間①東名上り秦野中井IC～海老名JCT

### 主観評価結果 トレース性



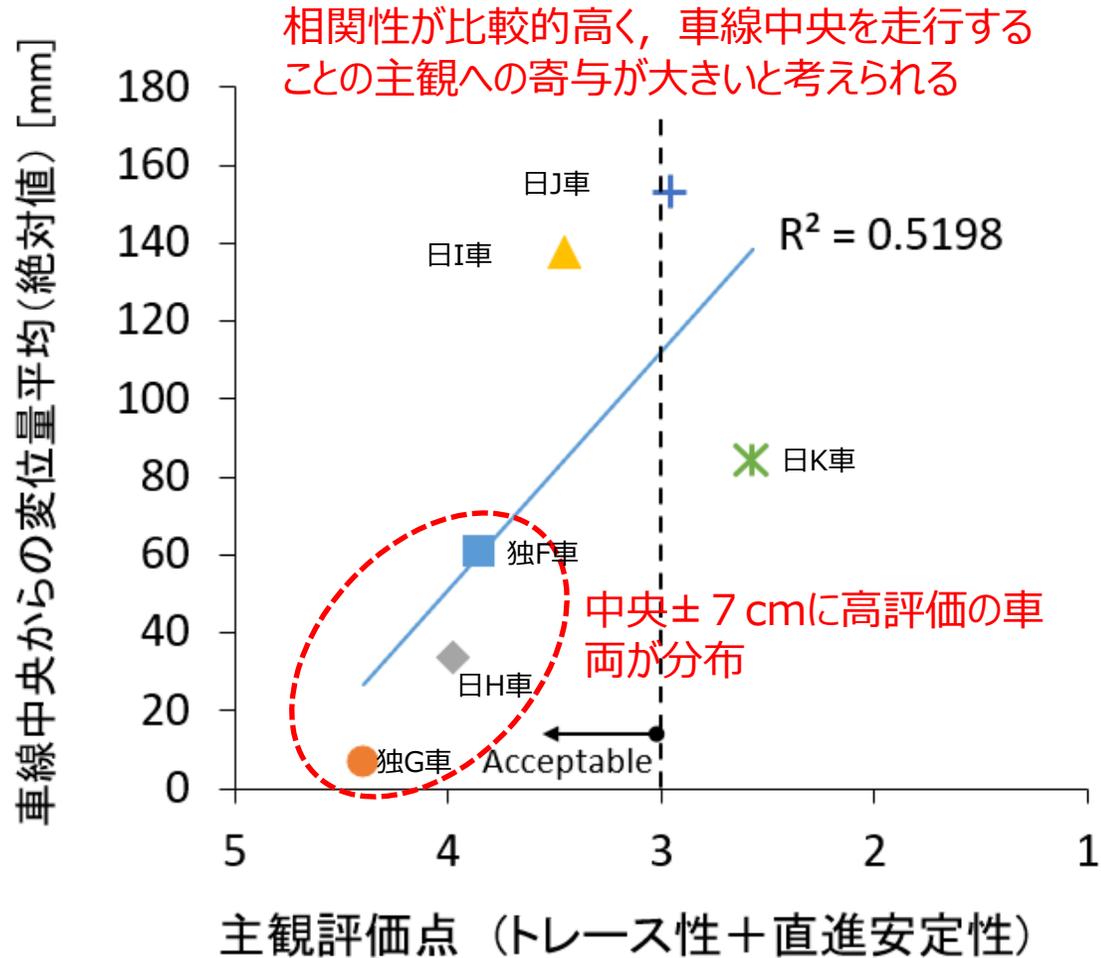
### 主観評価結果 直進安定性



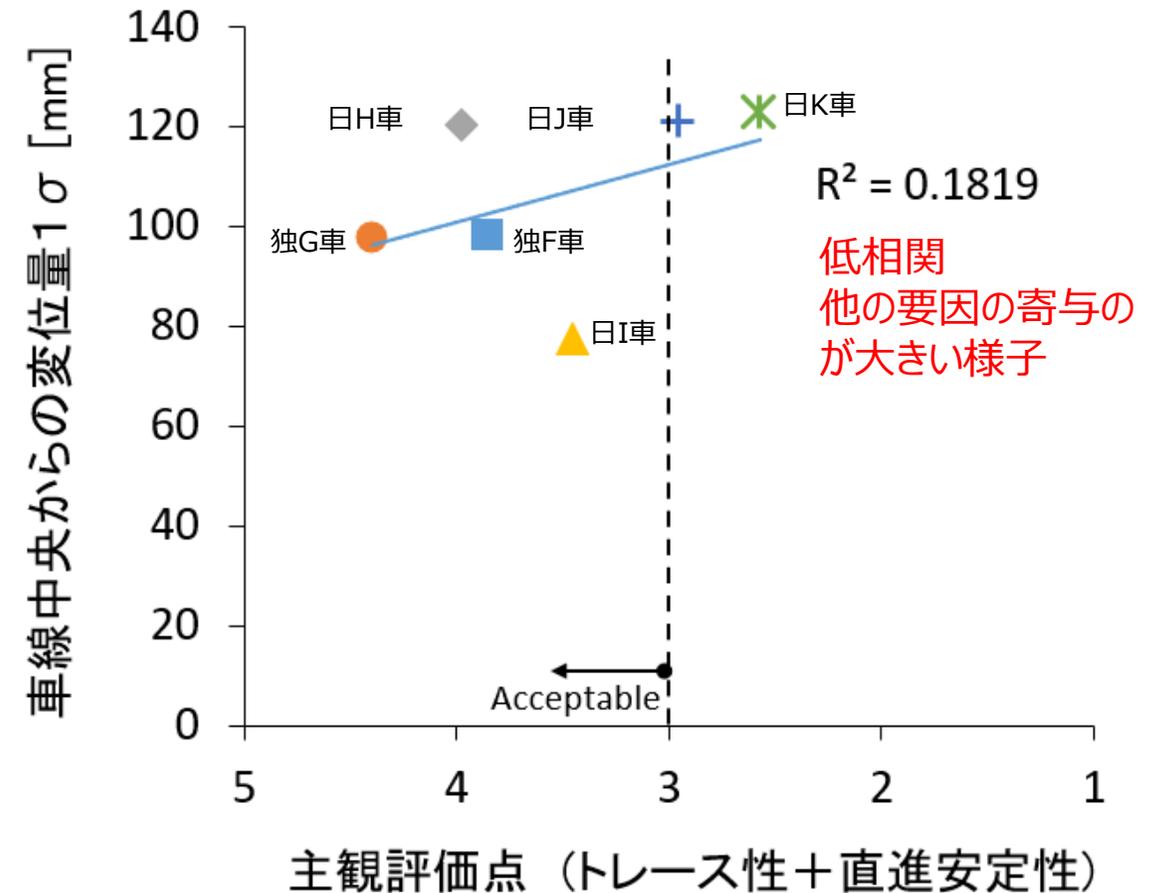
左白線 ▲ 車線中心 ▲ 右白線 ▲

## (2) 直進安定性; 区間⑰東名上り秦野中井IC～海老名JCT

車線中央からの変位量の平均と主観評価の相関図

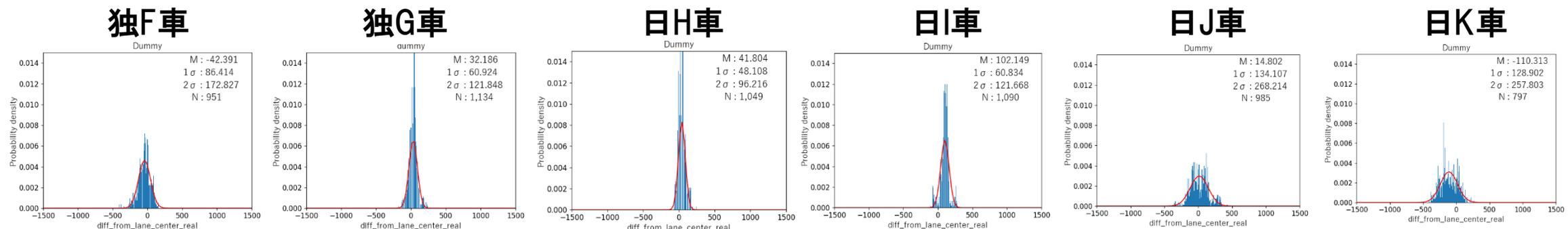


車線中央からの変位量の1σと主観評価の相関図



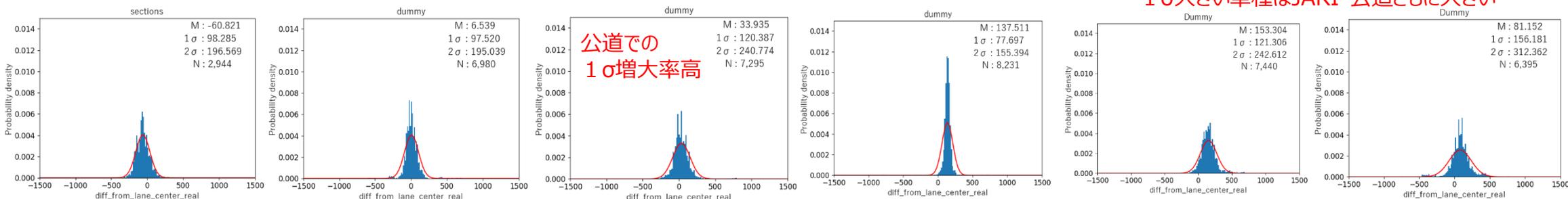
## (2) 直進安定性; JARI/バックストレート部

JARI  
バック  
ストレート



1σ大きい車種はJARI・公道ともに大きい

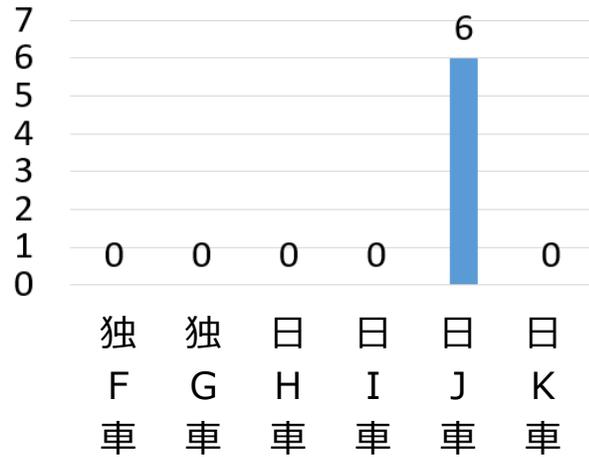
東名  
区間⑱



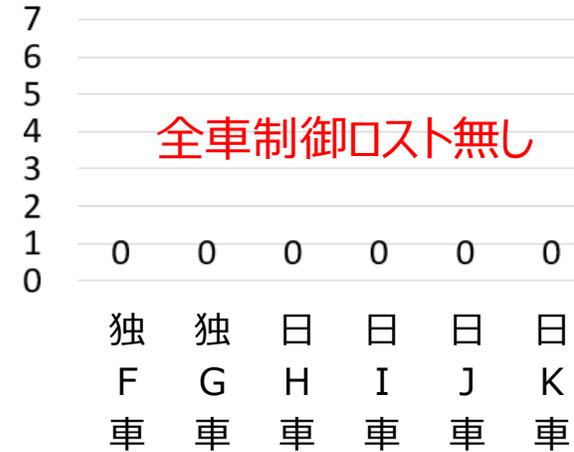
- ✓ 1σの大きさは、JARI走行のみでもある程度の傾向はうかがえる(小:独F車/独G車/日H車/日I車, 大:日J車/日K車)
- ✓ 1σの小さい車種は、車線中央からの変位量や、右/左寄りといった傾向が、JARIと公道でさほど変わらない
- ✓ 1σの大きい車種は、JARIと公道で車線中央からの変位量が大きく異なる。誤差の累積や制御の粗さが示唆される
- ✓ 日H車は東名での1σ増大率が高い。東名ではHDマップ利用できるはずだが、活かされていないかむしろ制御のバランスを崩している可能性がある

## (2) 直進安定性; 制御ロスト回数(区間⑫⑬東名上り秦野中井IC～海老名JCT)

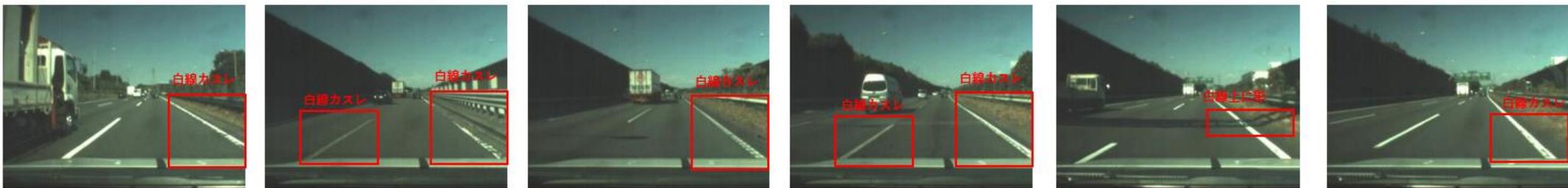
区間⑫制御ロスト回数



区間⑬制御ロスト回数



日J車の制御切れ原因：白線カスレ，白線上の影

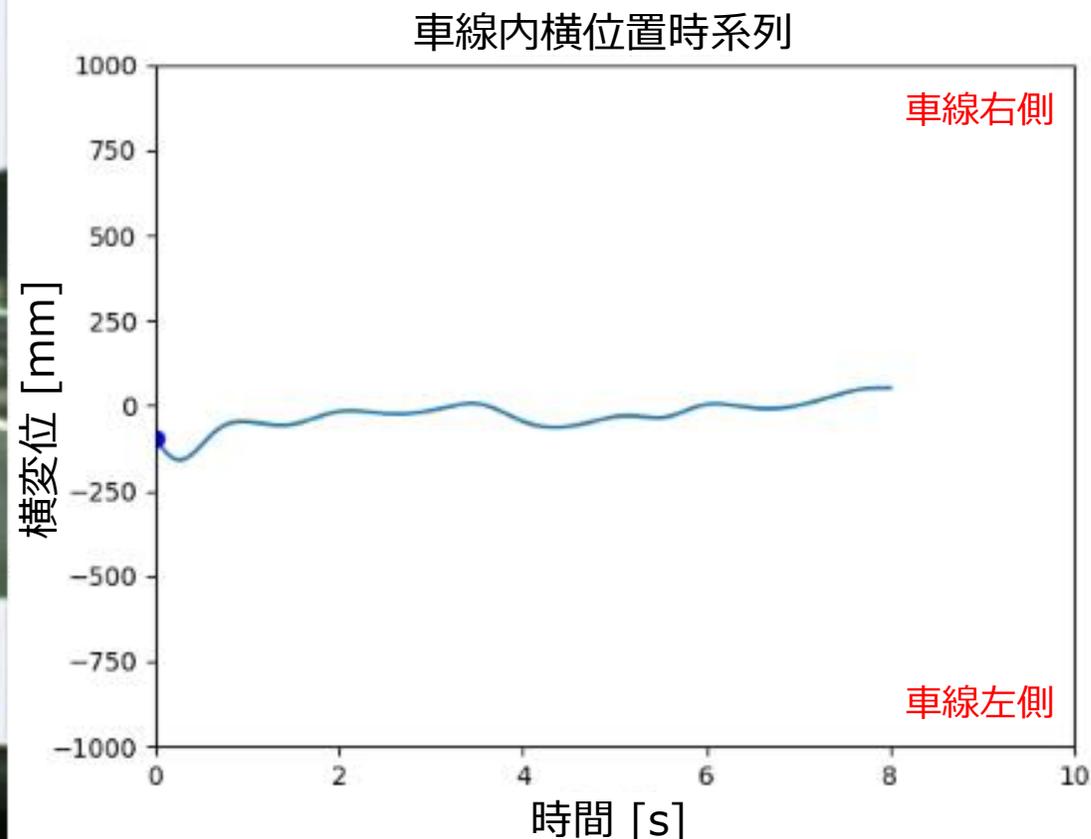
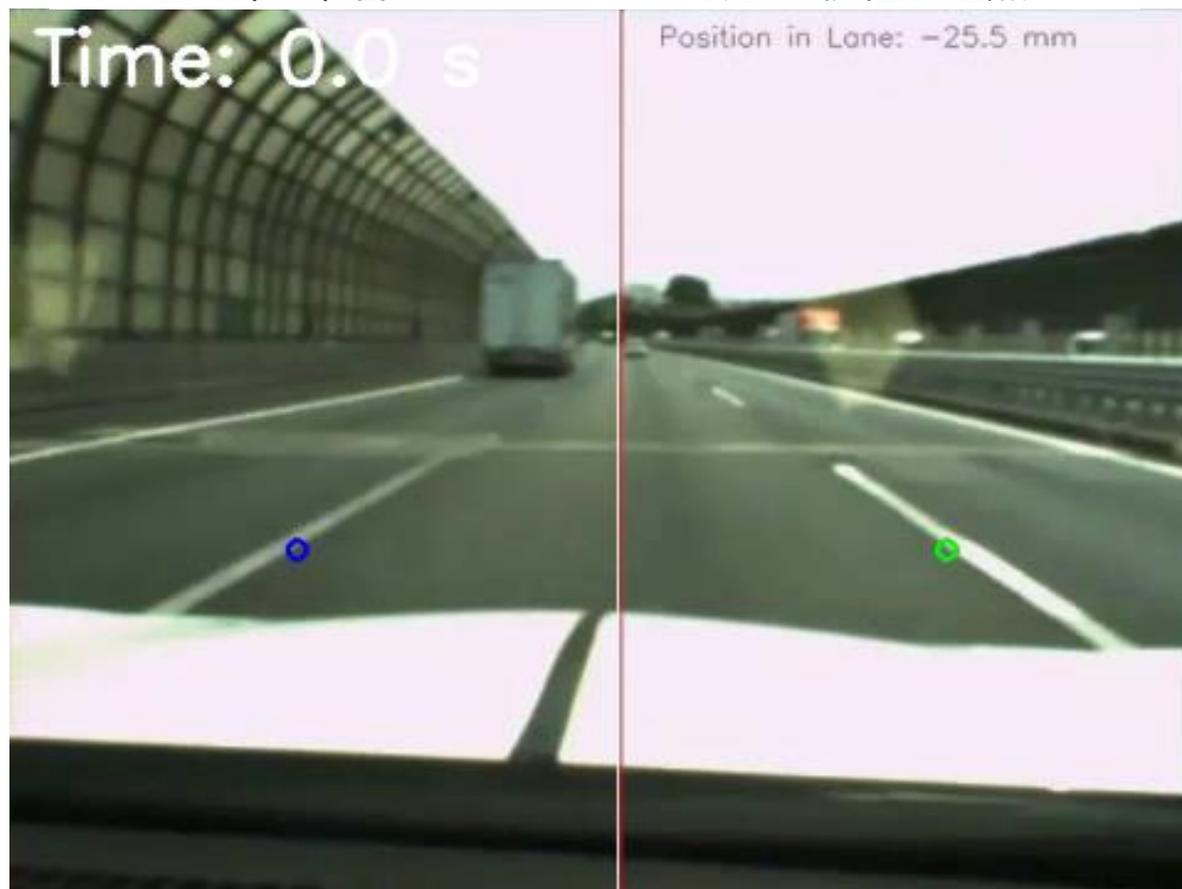


- ✓ 日J車は他車に比べて白線認識能力のロバスト性が不足している様子
- ✓ 日H車や日I車は制御継続中でも制御モードのON/OFFがある。このようにモードが増えるのは利用者にとって混乱を招く

## (2) 直進安定性;トラック通過時の車線内横位置

トラック通過時にそのままの車線内横位置では怖く感じるケースがあり主観評価に影響を与えられられるが、今回評価対象とした車両ではトラック通過時に特に制御を変更している様子は伺えなかった。

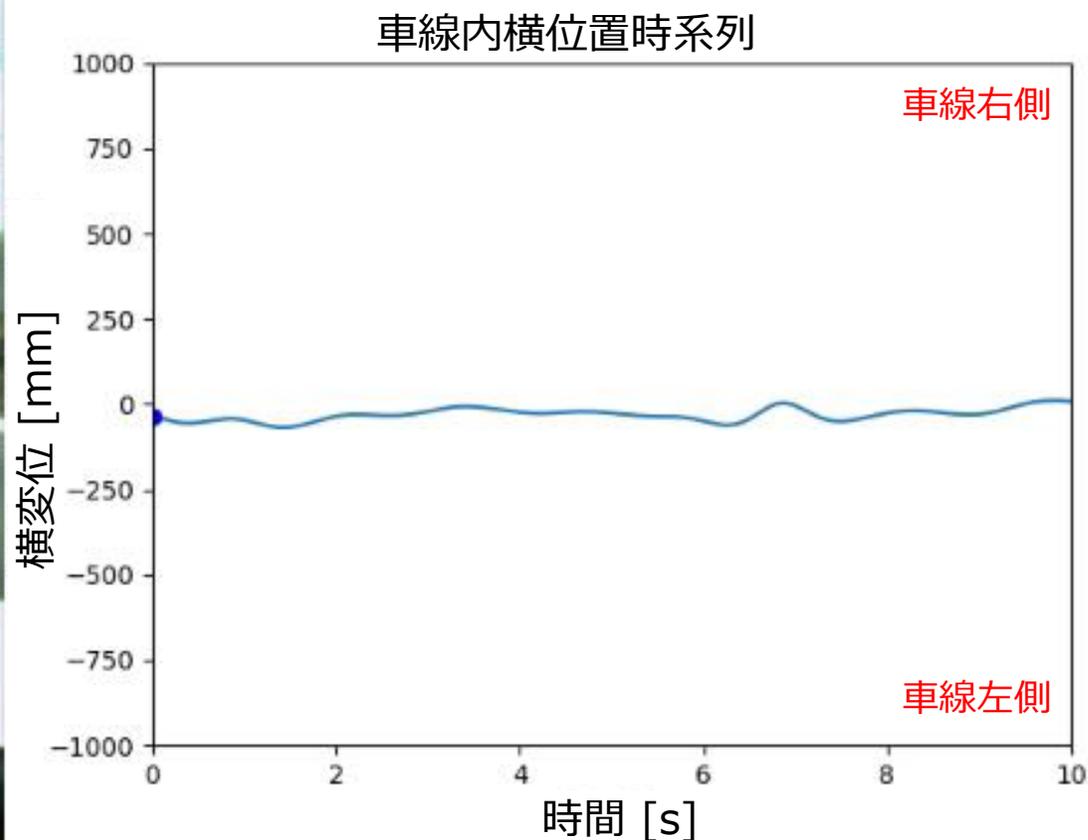
独G車 東名上り Driver1 10分41秒経過地点



## (2) 直進安定性;トラック通過時の車線内横位置

トラック通過時にそのままの車線内横位置では怖く感じるケースがあり主観評価に影響を与えられられるが、今回評価対象とした車両ではトラック通過時に特に制御を変更している様子は伺えなかった。

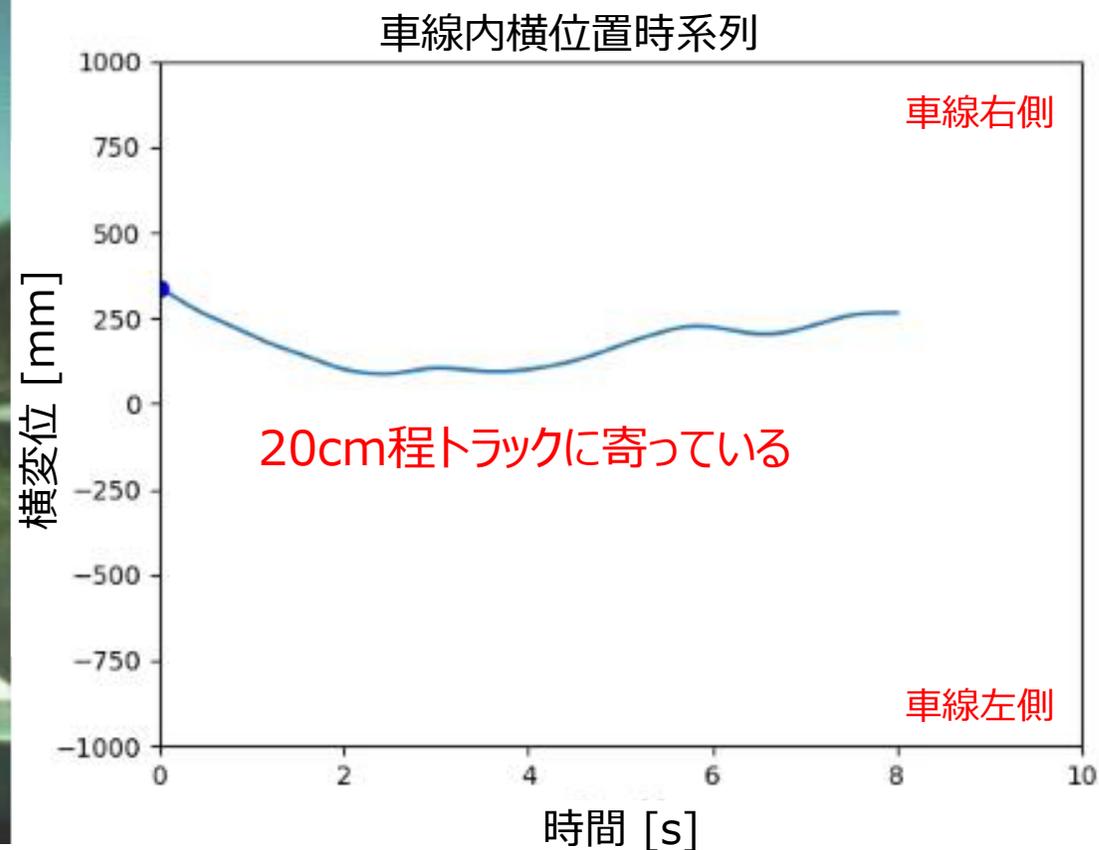
日I車 東名上り Driver1 19分52秒経過地点



## (2) 直進安定性;トラック通過時の車線内横位置

空力等の影響によりトラックに吸い寄せられるケースもあると思われる。以下の例ではトラックに寄っていく軌跡が確認できる。

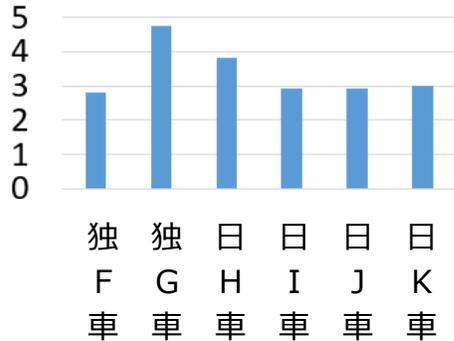
日J車 東名上り Driver3 6分18秒経過地点



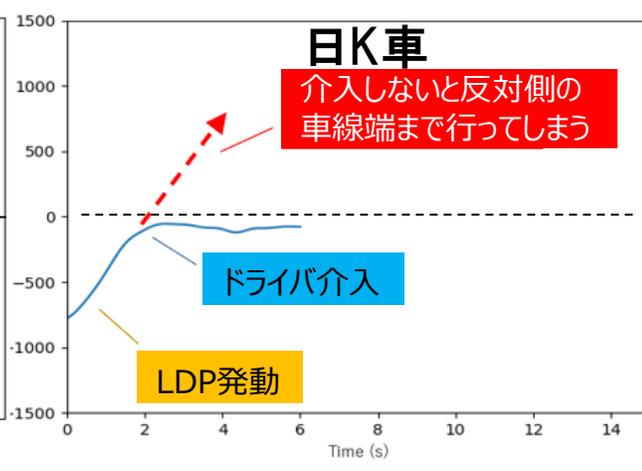
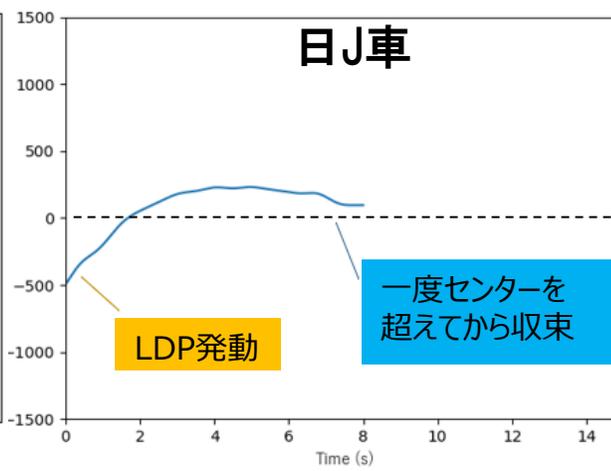
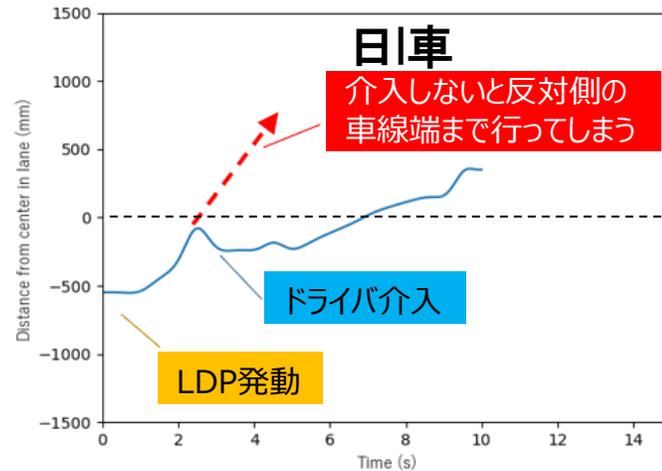
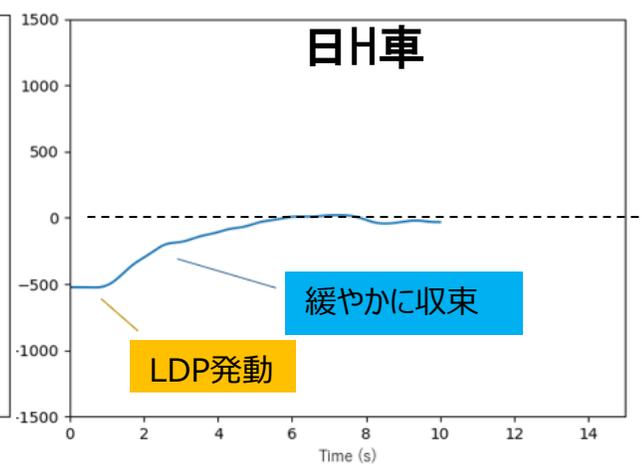
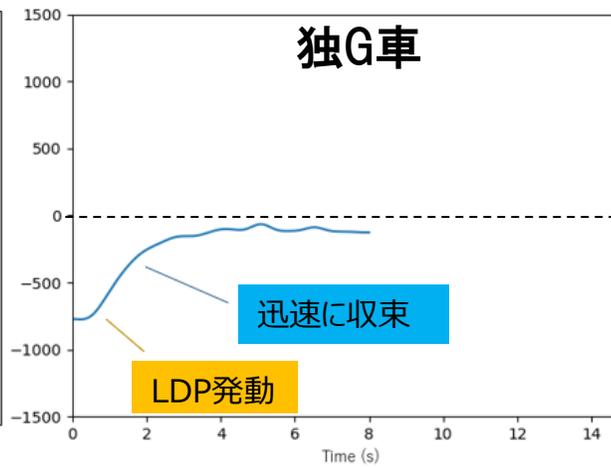
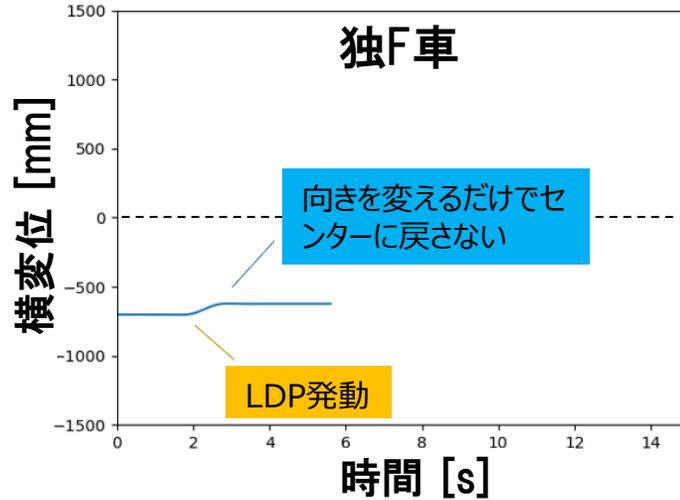
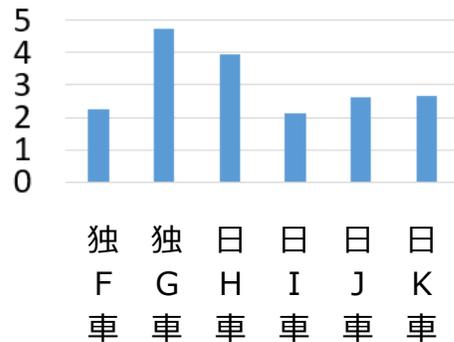
# (3) LDP性能; LDP軌跡

## LDP主観評価結果

### わかりやすさ



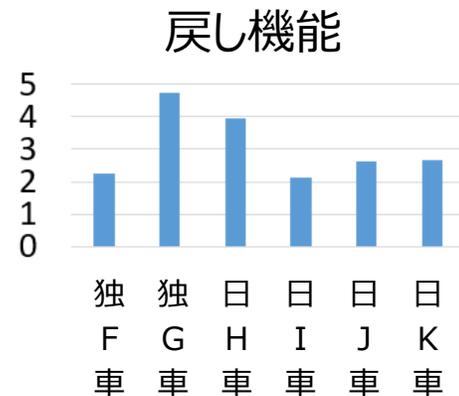
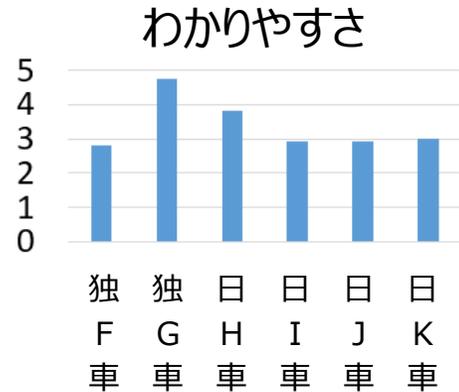
### 戻し機能



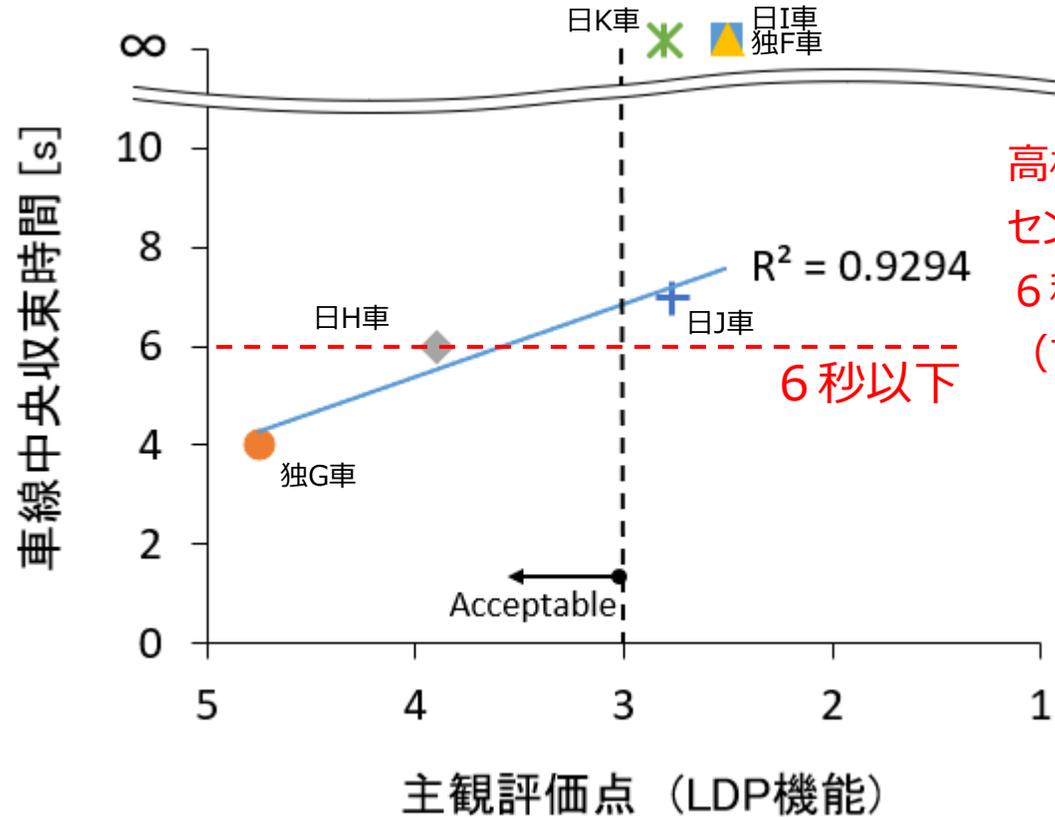
主観評価から、「迅速（4秒程度）」に「センターに収束する」ことがLDPに求められている

# (3) LDP性能; 収束時間

LDP主観評価結果



LDP収束時間と主観評価の相関図



高相関

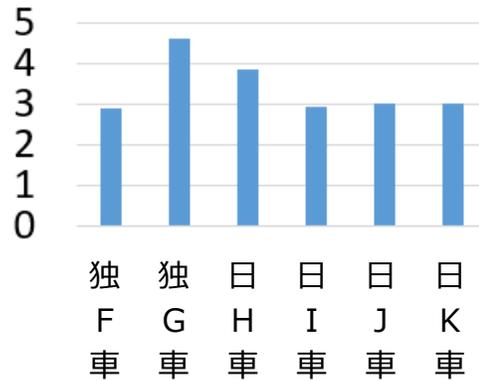
センターに収束しないものは論外で、  
6秒以内に収束することが望ましい  
(できれば4秒以内)

独F車は低評価となったが総合感想では上位になっている。LDPは常時作動する機能ではないため、主観評価への寄与率がそれほど高くないと思われる。

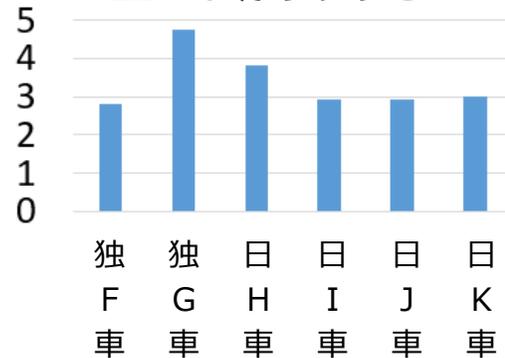
### (3) LDP性能; LDP作動率 (JARI外周路)

#### 主観評価結果

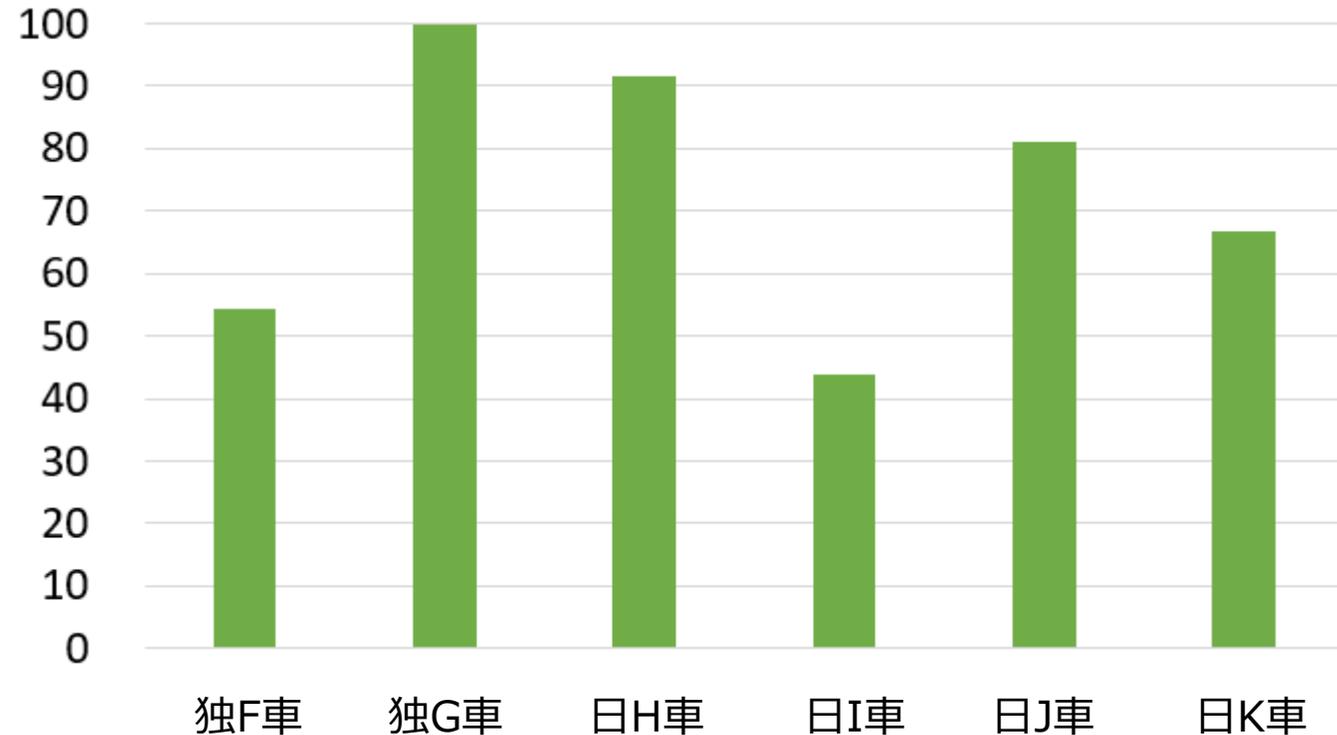
##### 機能ダウン頻度(LDP)



##### LDPわかりやすさ



##### LDP作動率 (%)

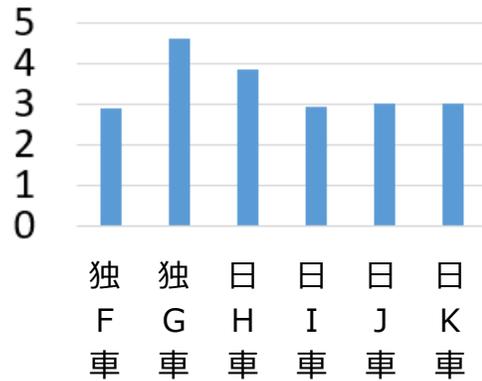


安全に関わる機能であるので、独G車のように100%明確に作動しないと安心感を得られない。

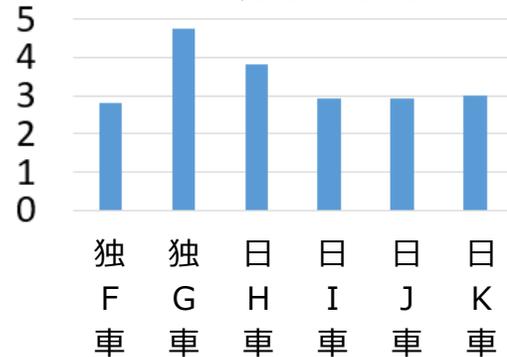
### (3) LDP性能; LDPセンター収束成功率(JARI外周路)

#### 主観評価結果

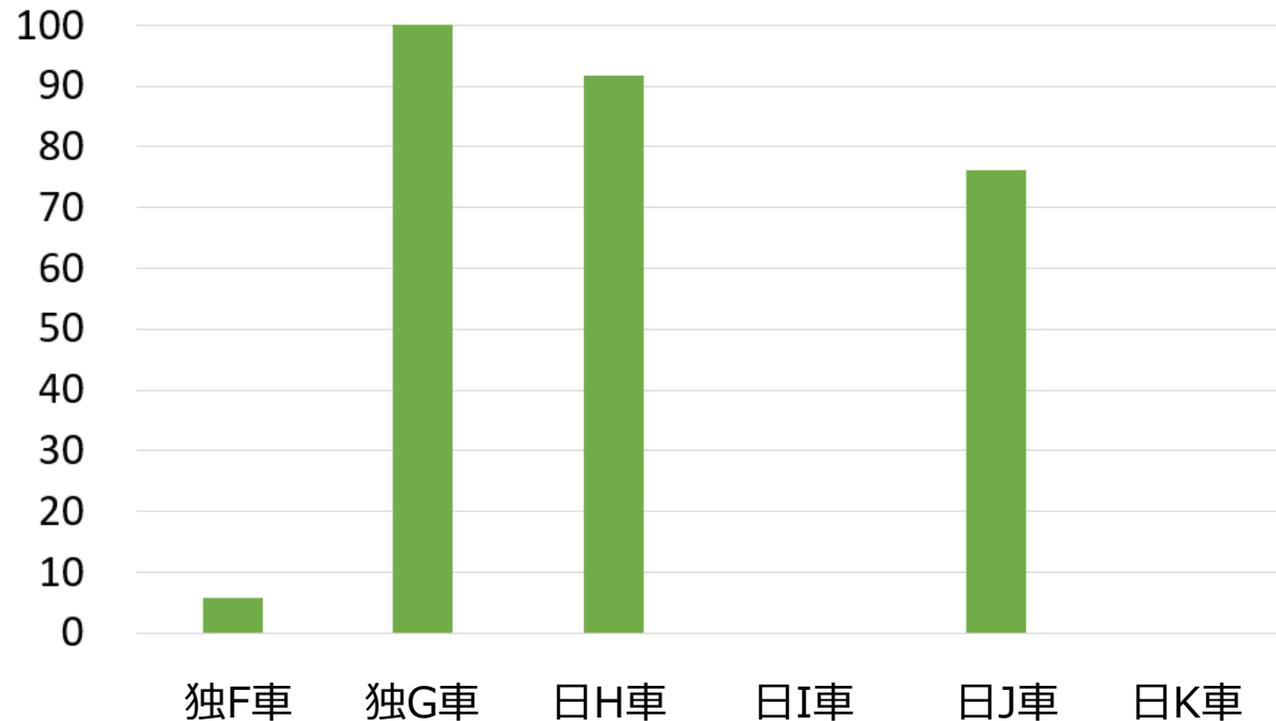
##### 機能ダウン頻度(LDP)



##### LDPわかりやすさ



##### LDP収束成功率 (%)

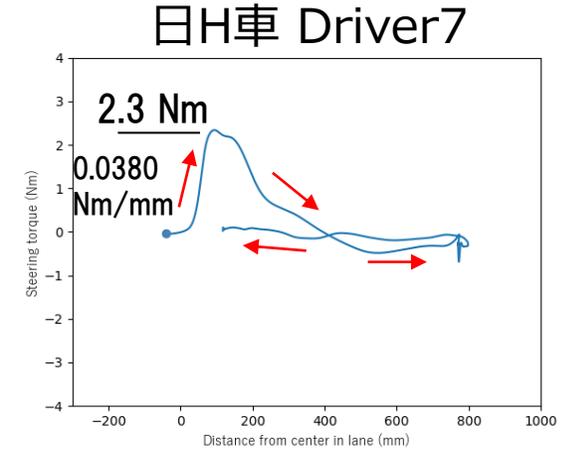
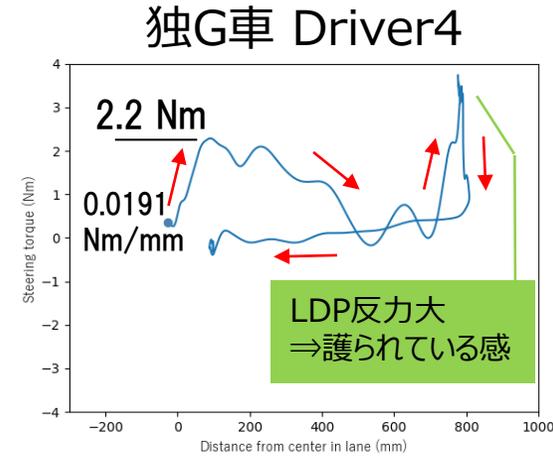
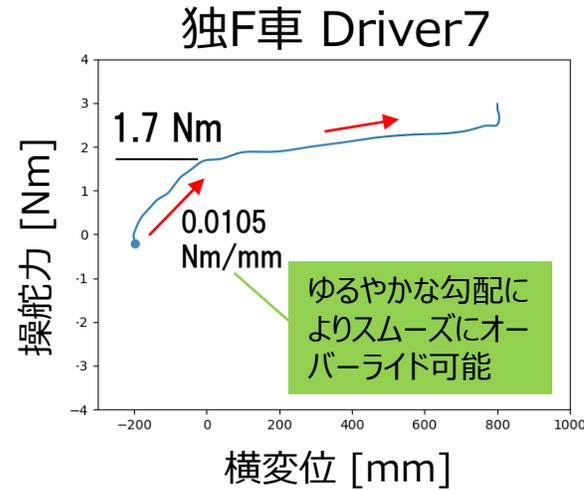
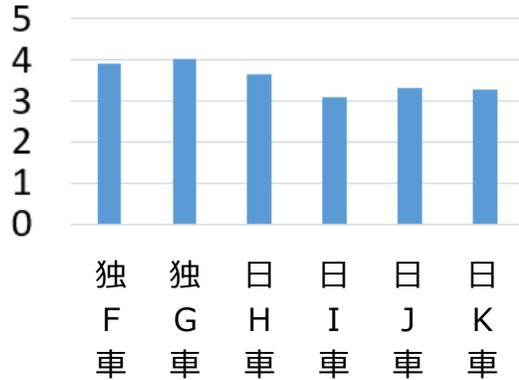


独G車のように100%明確に収束することが望ましい。

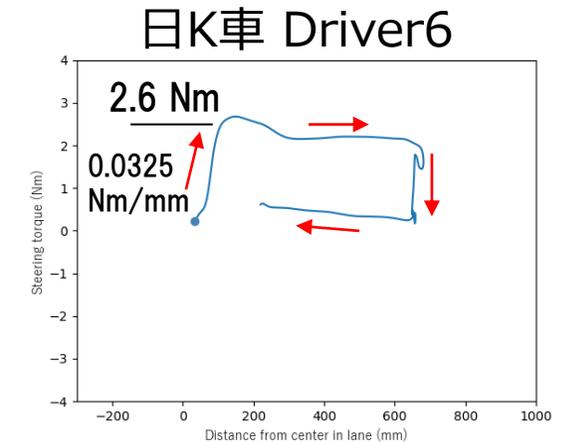
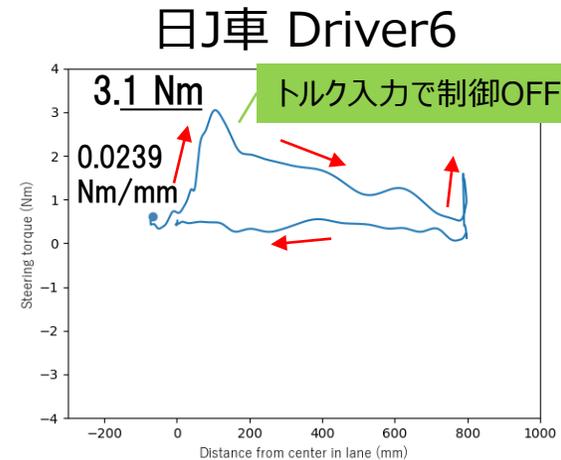
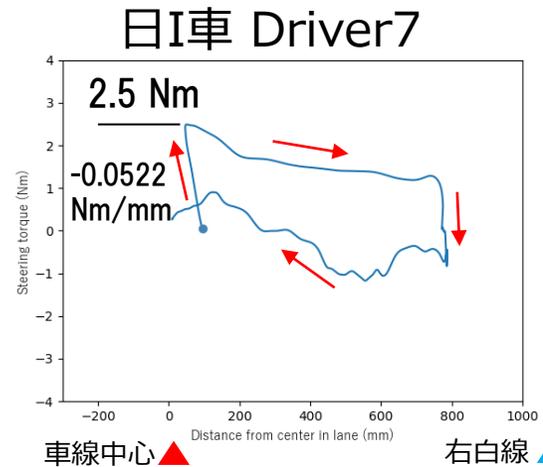
独F車はほぼ収束しない。(LKAに引き継がれて収束するケースがある程度)

# (4) オーバーライド性能; オーバーライドトルク

主観評価結果  
人間との干渉

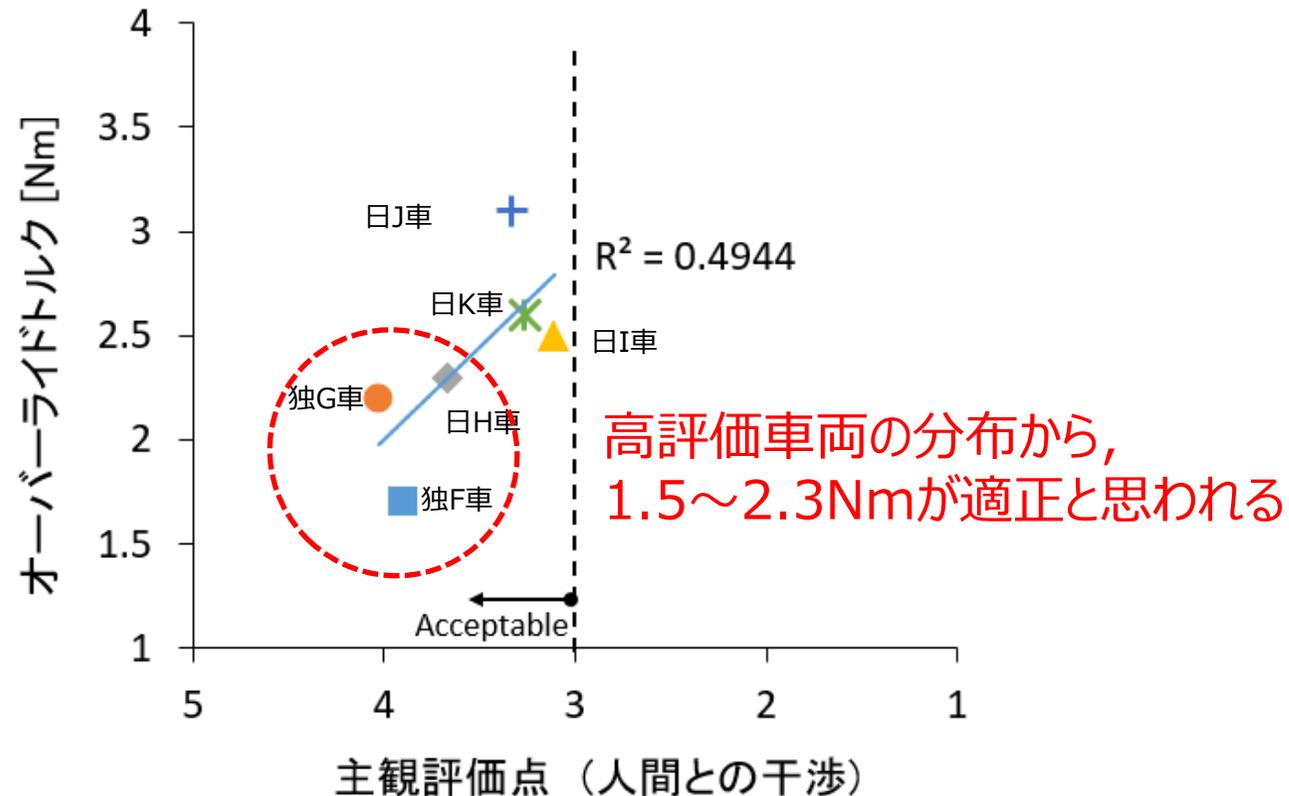


- ✓ オーバーライドトルクが低いほど高評価傾向
- ✓ 独F車の主観コメントではオーバーライドが快適との意見があった。切り出し時の勾配がゆるやかであることが評価に繋がっていると思われる。⇒ 今後は勾配も評価する必要がある。



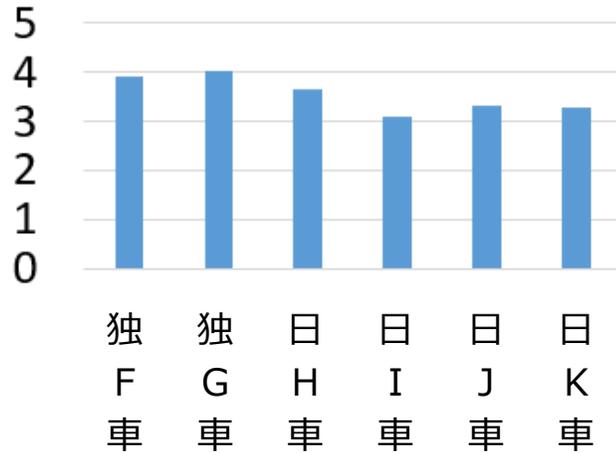
## (4) オーバーライド性能; オーバーライドトルク

オーバーライドトルクと  
人間との干渉主観評価の相関図



# (4) オーバーライド性能; 操舵力・仕事率 (独F車; 制御OFF/ONの比較)

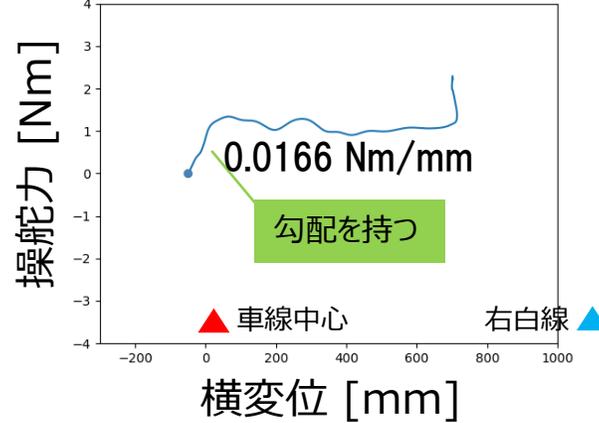
主観評価結果  
人間との干渉



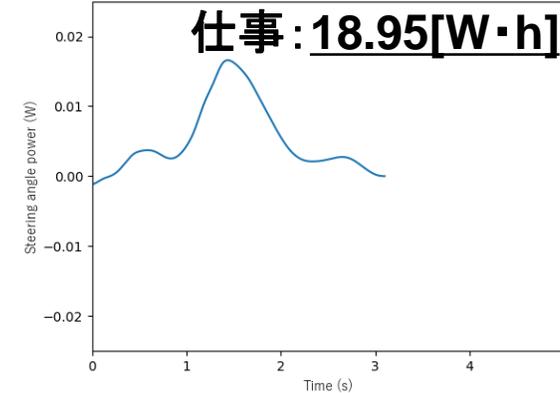
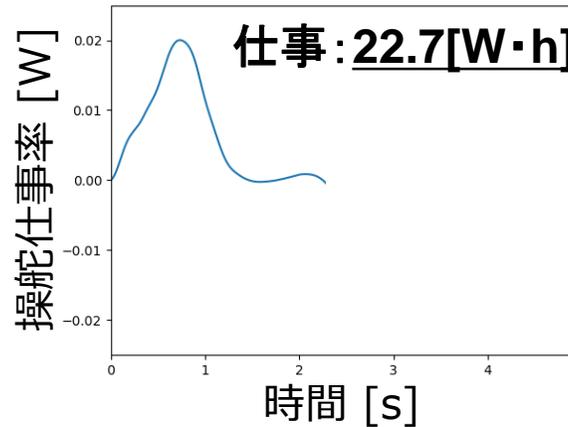
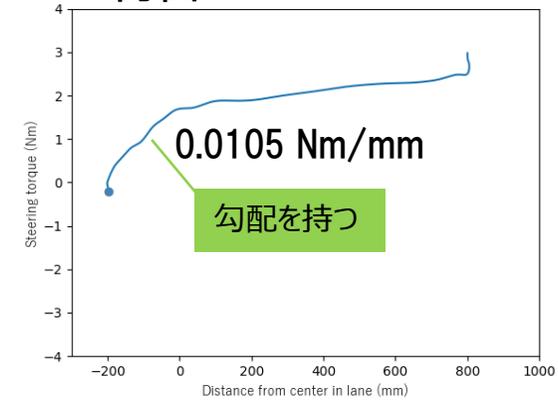
独F車の主観コメントに「制御ON状態でドライバも運転に参加した方が快適」との意見があった。独F車はドライバ協調を重視して制御ON, OFFで切り出し時に同様の勾配を持たせている可能性がある。

(制御ON, OFFで仕事量に大きな差は見受けられないこともそれを示唆しているようにも思えるが、このデータのみで断定は困難)

制御OFF Driver7

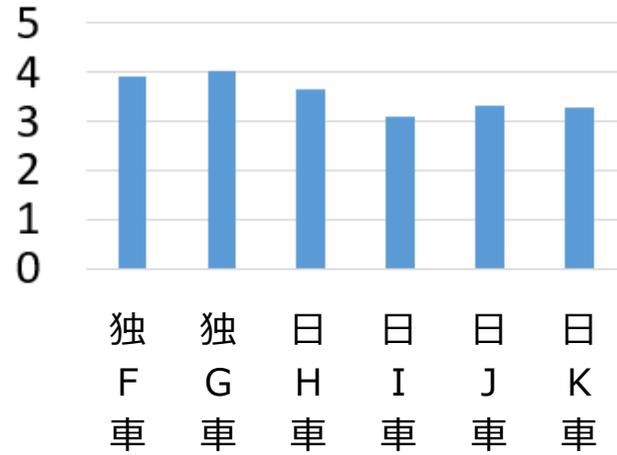


制御ON Driver7



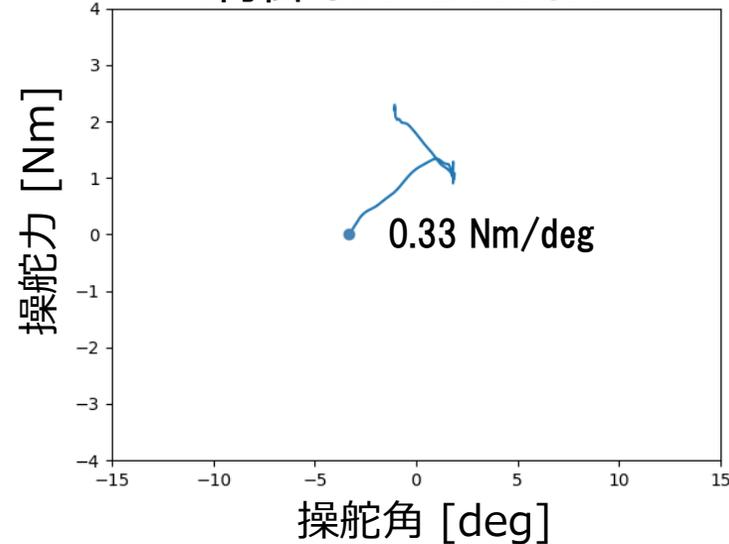
## (4) オーバーライド性能; 操舵角／力 (独F車; 制御OFF／ONの比較)

主観評価結果  
人間との干渉

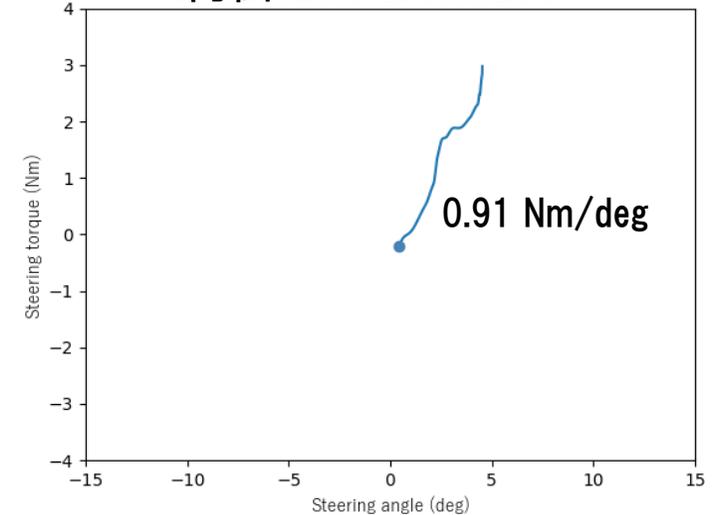


独F車の操舵角－操舵力のリサーチによると  
オーバーライド時の勾配は制御OFFで0.33 Nm/deg,  
制御ONで0.91Nm/degであった。オフセットを付けずに  
勾配を持って立ち上がっているため制御ONでEPSでゲイン  
を変えている可能性がある。反面、日I車は横変位－操  
舵力の傾向から、オフセットをつけているといった違いある  
可能性がある。

制御OFF Driver7

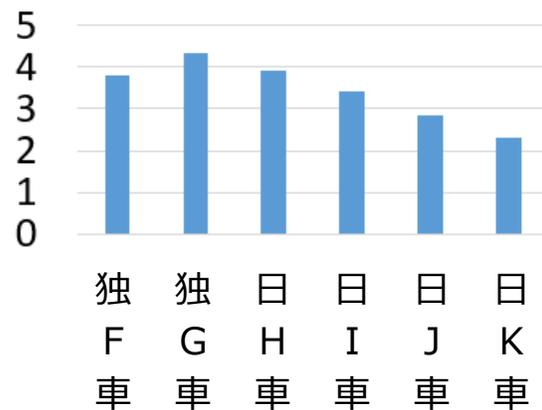


制御ON Driver7



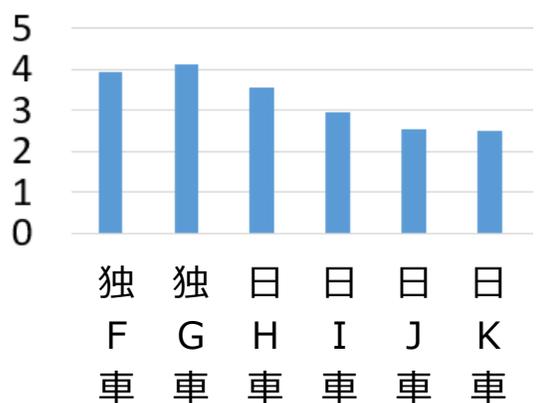
## (5) コーナー性能; 高速本線各車限界Rまとめ

主観評価結果 トレース性



	独F車	独G車	日H車	日I車	日J車	日K車
350R (東名下り右ルート)	○	○	△	△	△	△
500R (圏央道上り)	○	○	○	○	○	○

主観評価結果 コーナー制御

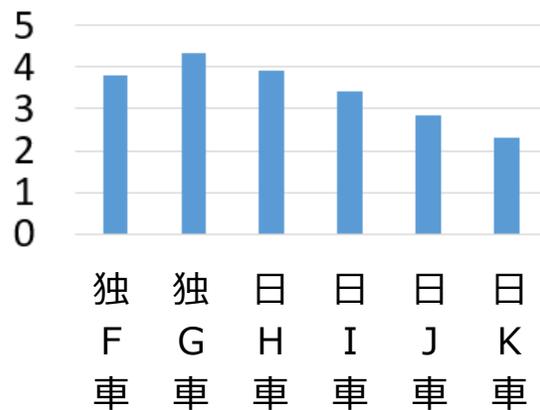


○ : 安定的に制御できる  
△ : 制御できるが, ロストする可能性がある

外車勢が100%制御するのに対して, 国産車は不安定な傾向。

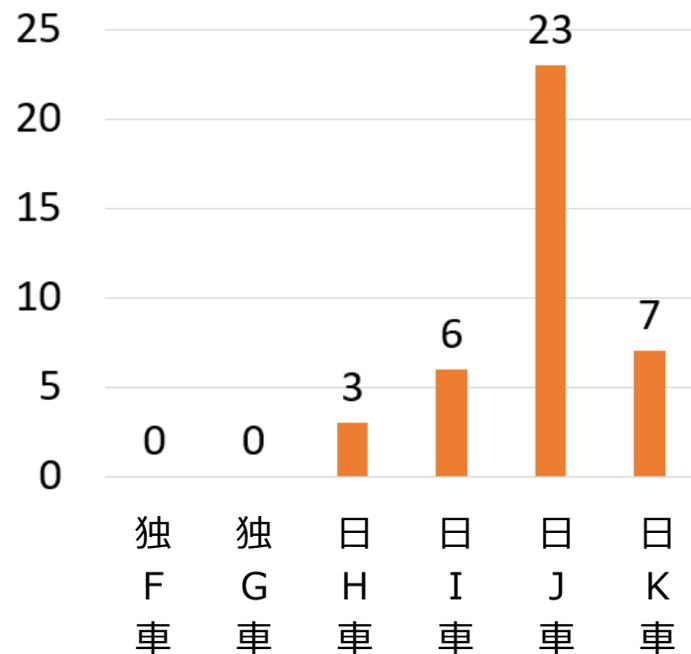
## (5) コーナー性能; 高速本線コーナー部(区間⑦)制御ロス回数と制御ON走行率

主観評価結果 トレース性

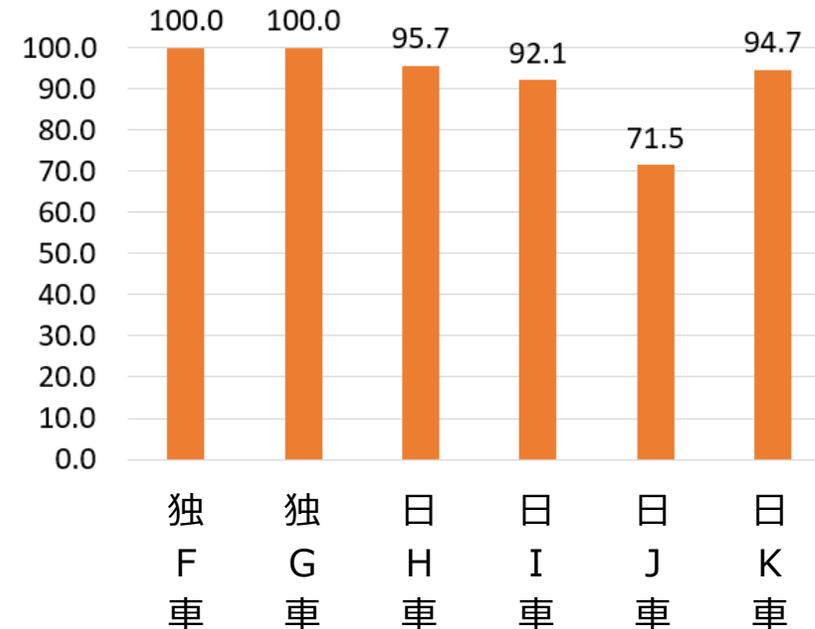


区間⑦(東名下り 大井松田IC~東名右ルート終点; 約20km)について、インパネ動画を目視することで制御ロス回数と走行率を計測(同一ドライバー 1 走行の結果)

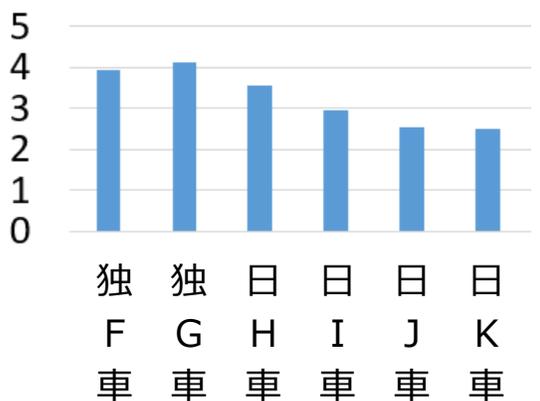
制御ロス回数



制御ON走行率 (距離ベース)

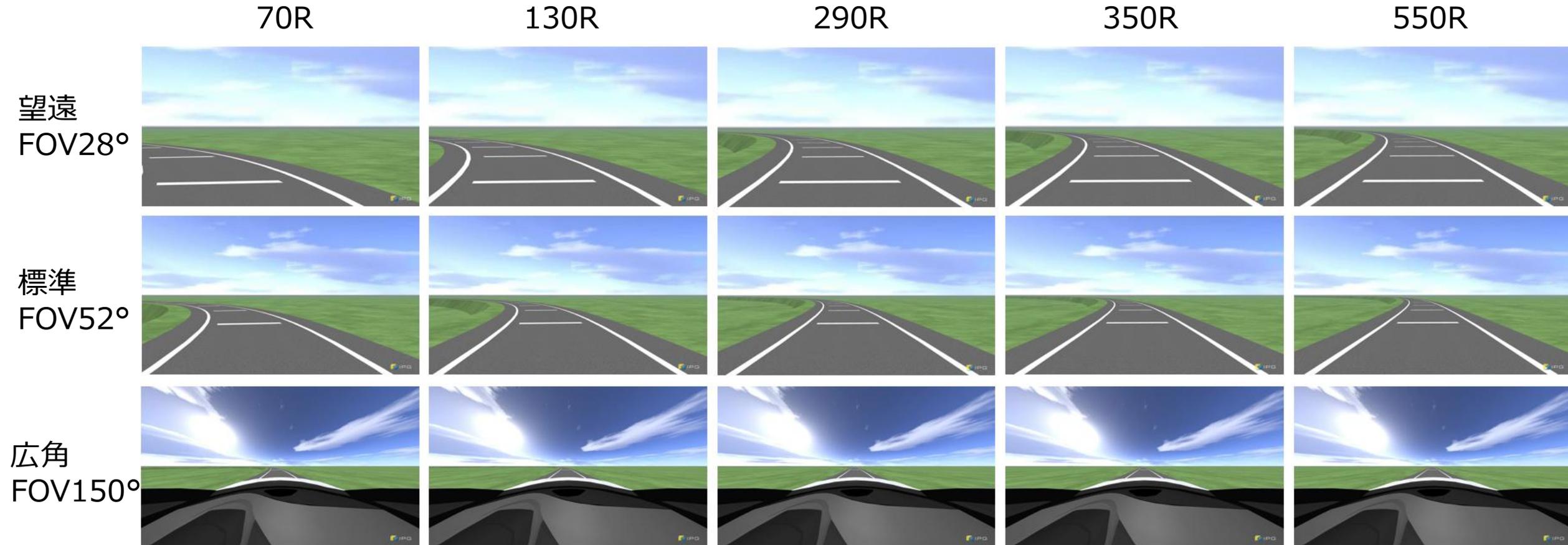


主観評価結果 コーナー制御



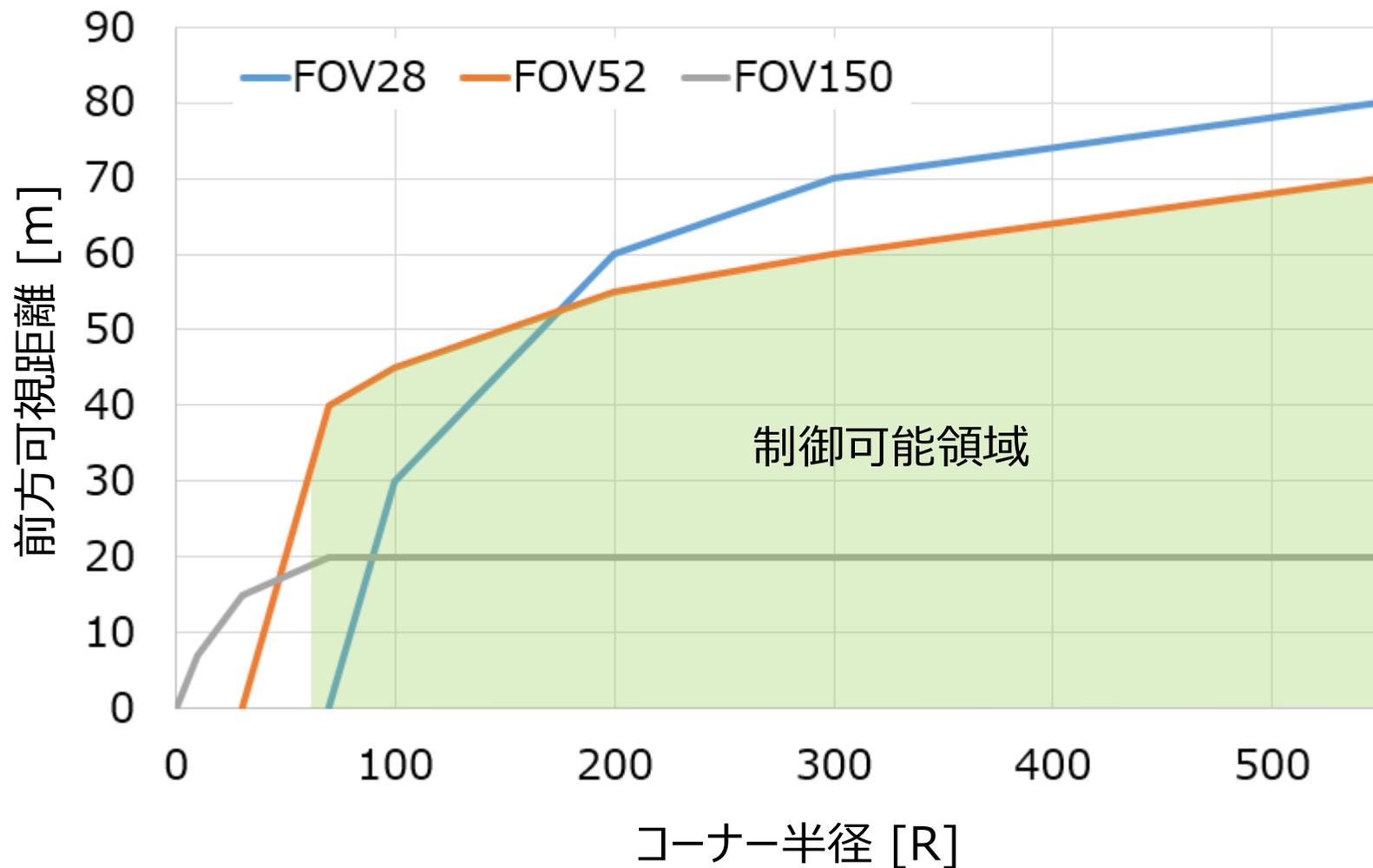
外車勢が100%制御するのに対して、国産車は100%制御できない。

## (5) コーナー性能;カメラFOV別コーナーRと視野



3カメラ ZF社 Tri-Cam (望遠28°/標準52°/広角150°) を想定し, CarMakerでコーナーR毎の視野をシミュレートした

## (5) コーナー性能;カメラFOV別コーナーRと前方可視距離の関係

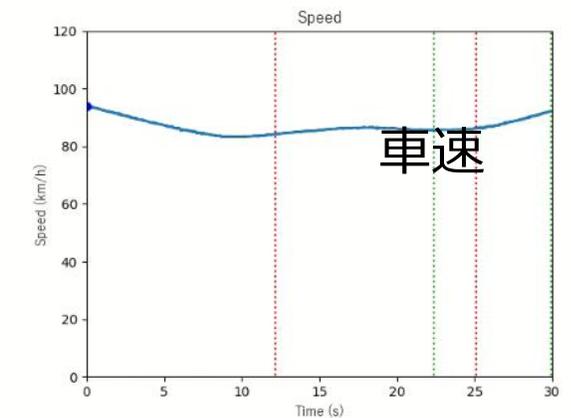
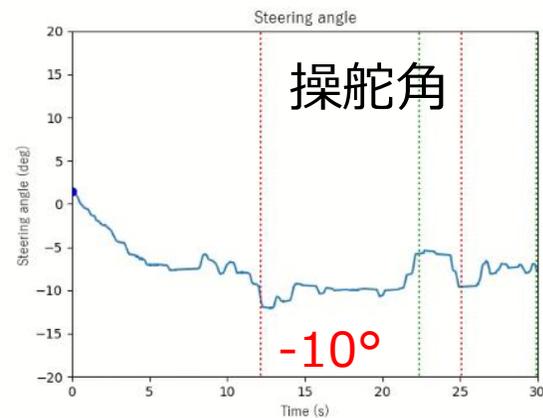
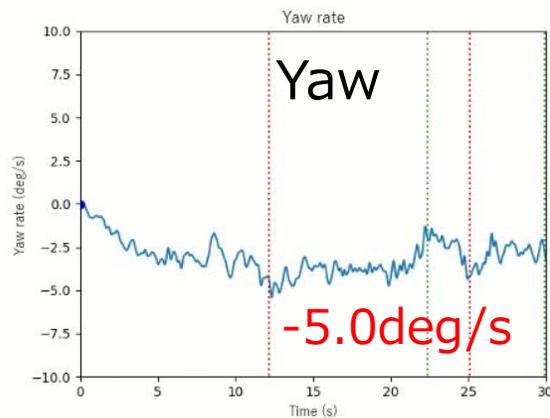
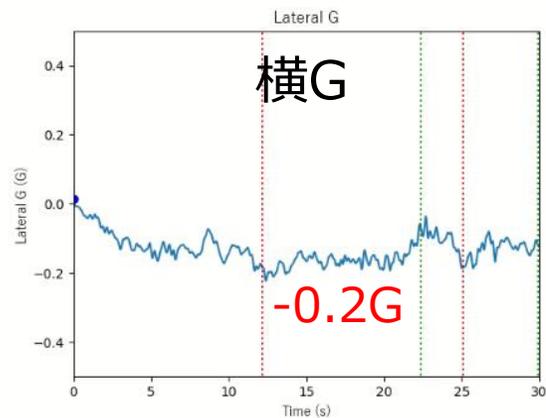
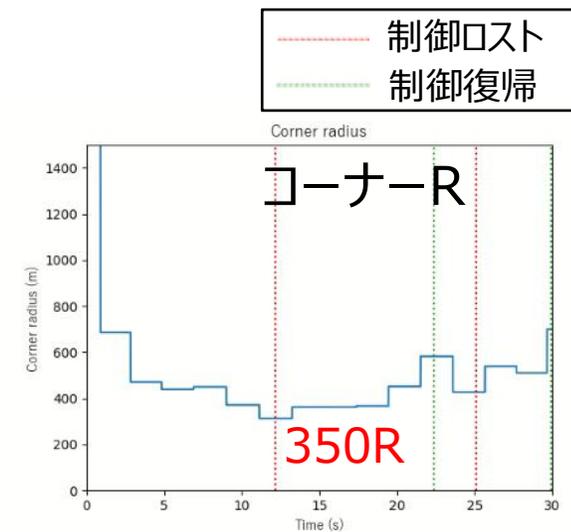
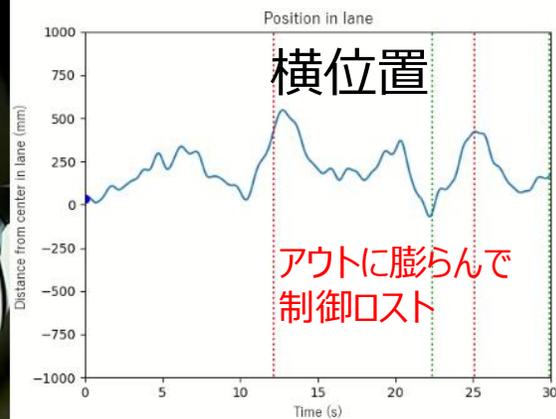
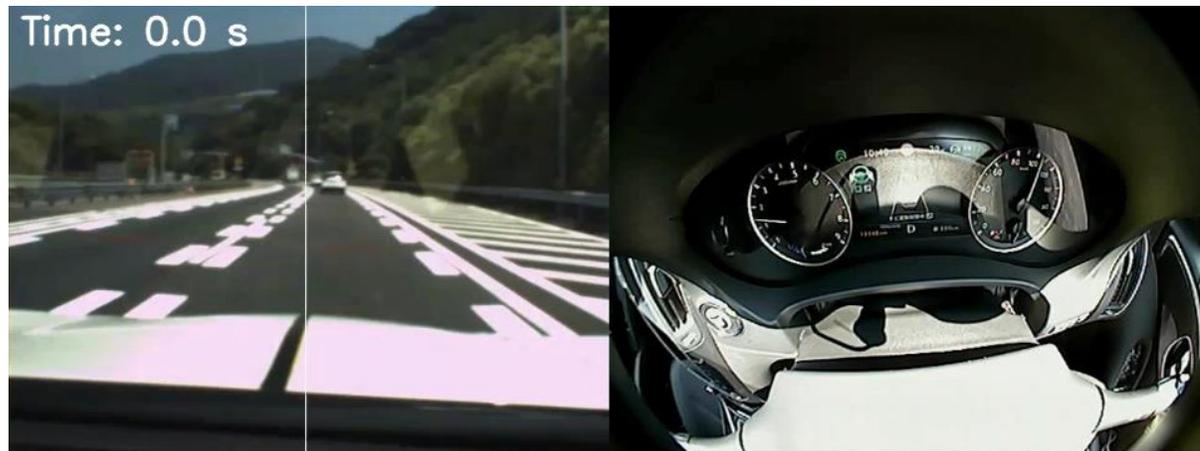


FOV52で前方可視距離30mを制御限界と想定すると、視野的には70R程度まで制御可能と想定できる。従って、350R程度で制御をロストしているのは別の原因によるものと思われる。

## (5) コーナー性能; 日I車 東名下り 右ルート 350R 制御ロストシーン

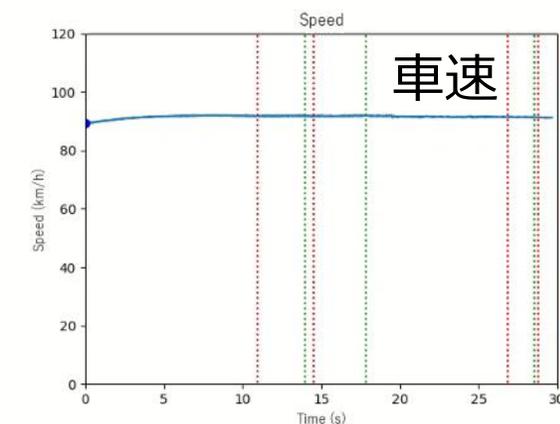
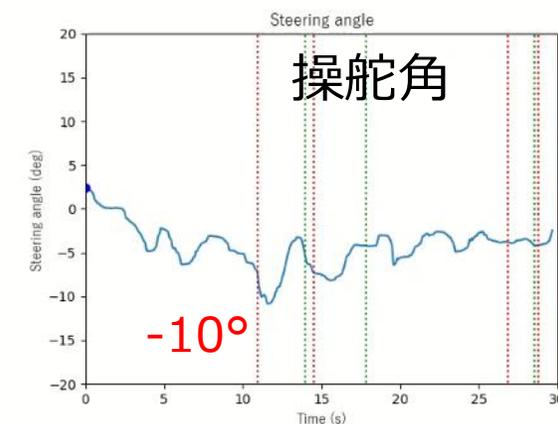
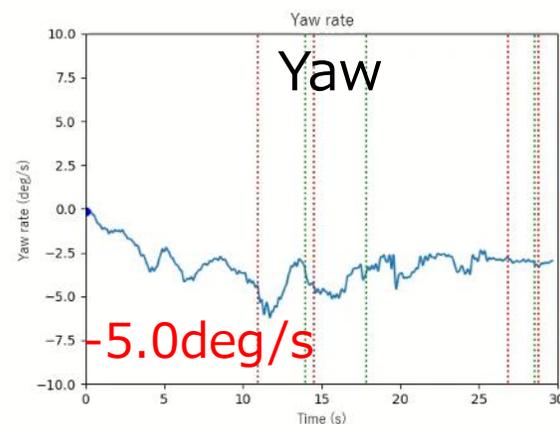
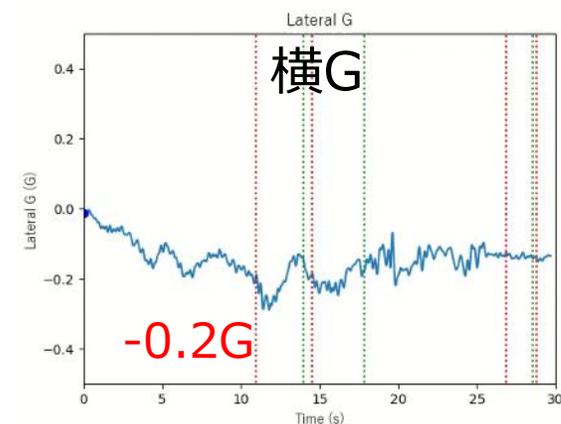
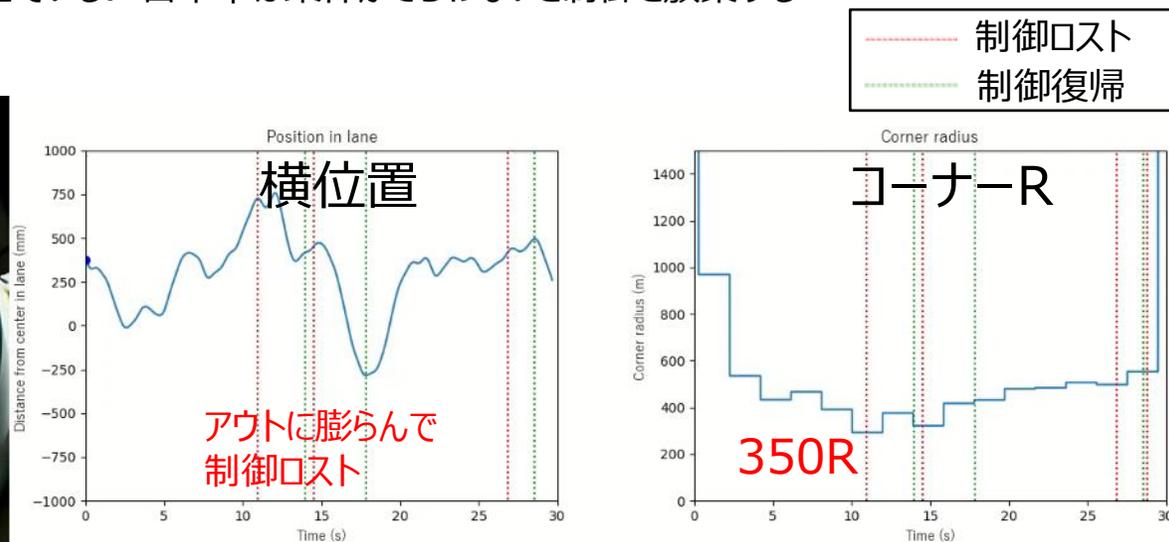
アウトに膨らんで制御ロスト. 同じカメラ数の独G車は同コーナーを安定的に制御できている.

日本車は条件がそろわないと制御を放棄する傾向にあり, ユーザ視点で違和感を感じる.



## (5) コーナー性能; 日J車 東名下り 右ルート 350R 制御ロスシーン

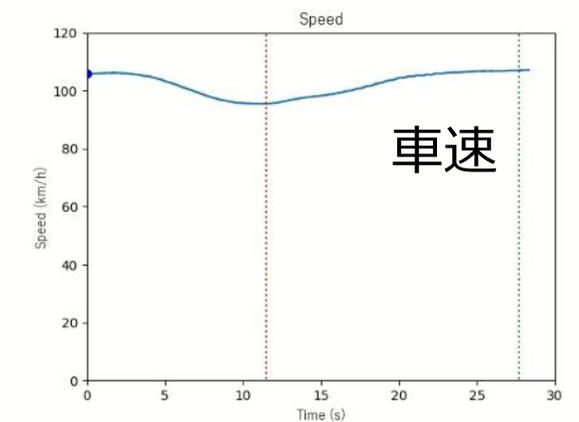
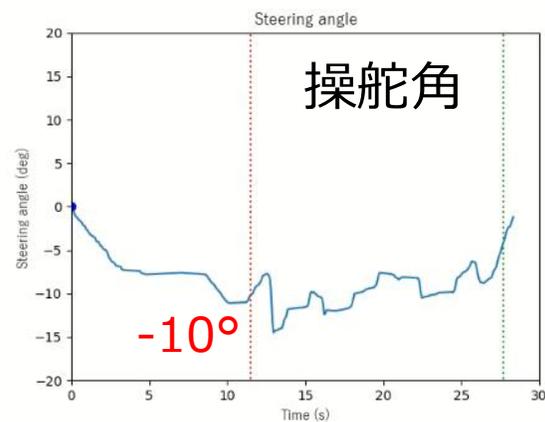
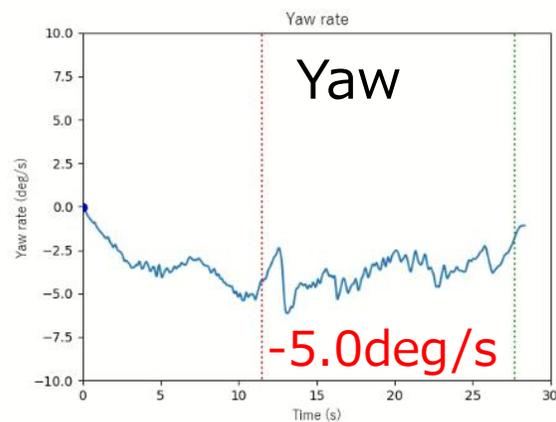
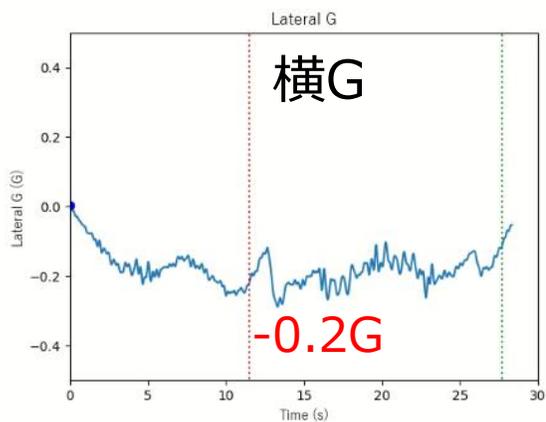
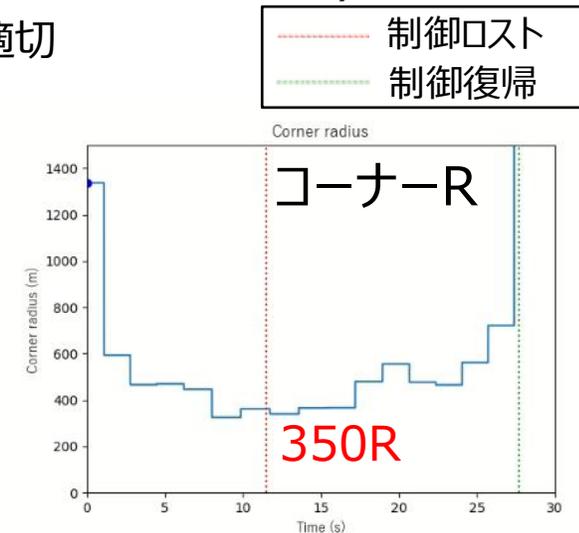
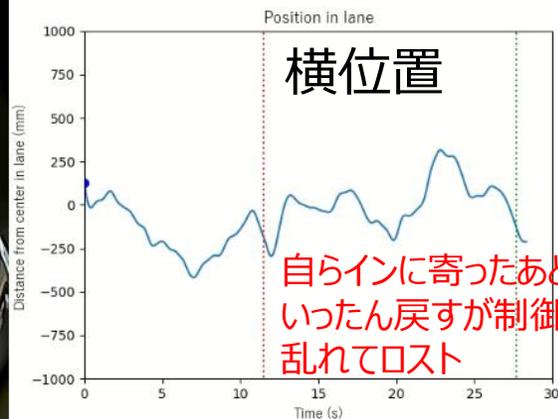
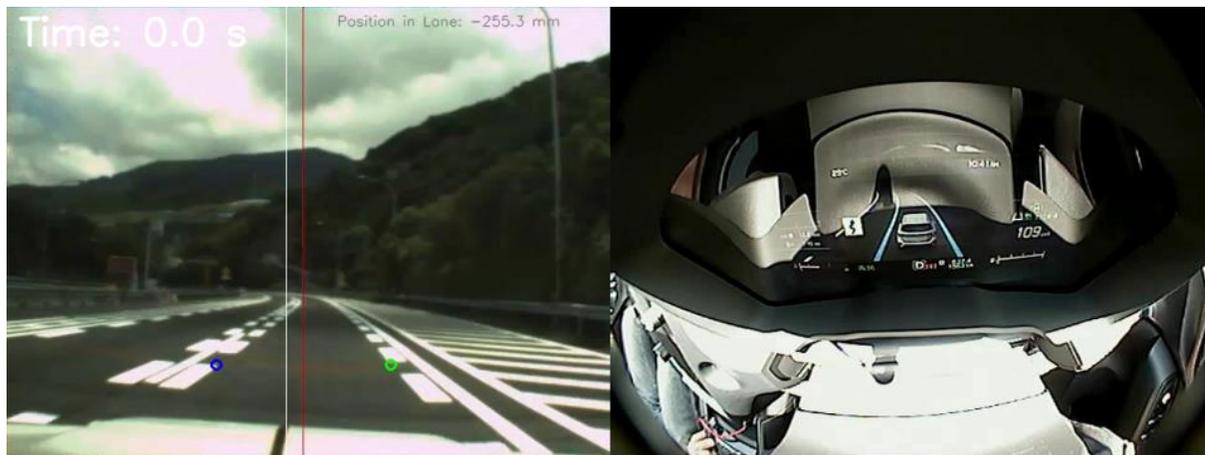
アウトに膨らんで制御ロス。同じカメラ数の独F車は同コーナーを安定的に制御できている。日本車は条件がそろわないと制御を放棄する傾向にあり、ユーザ視点で違和感を感じる。



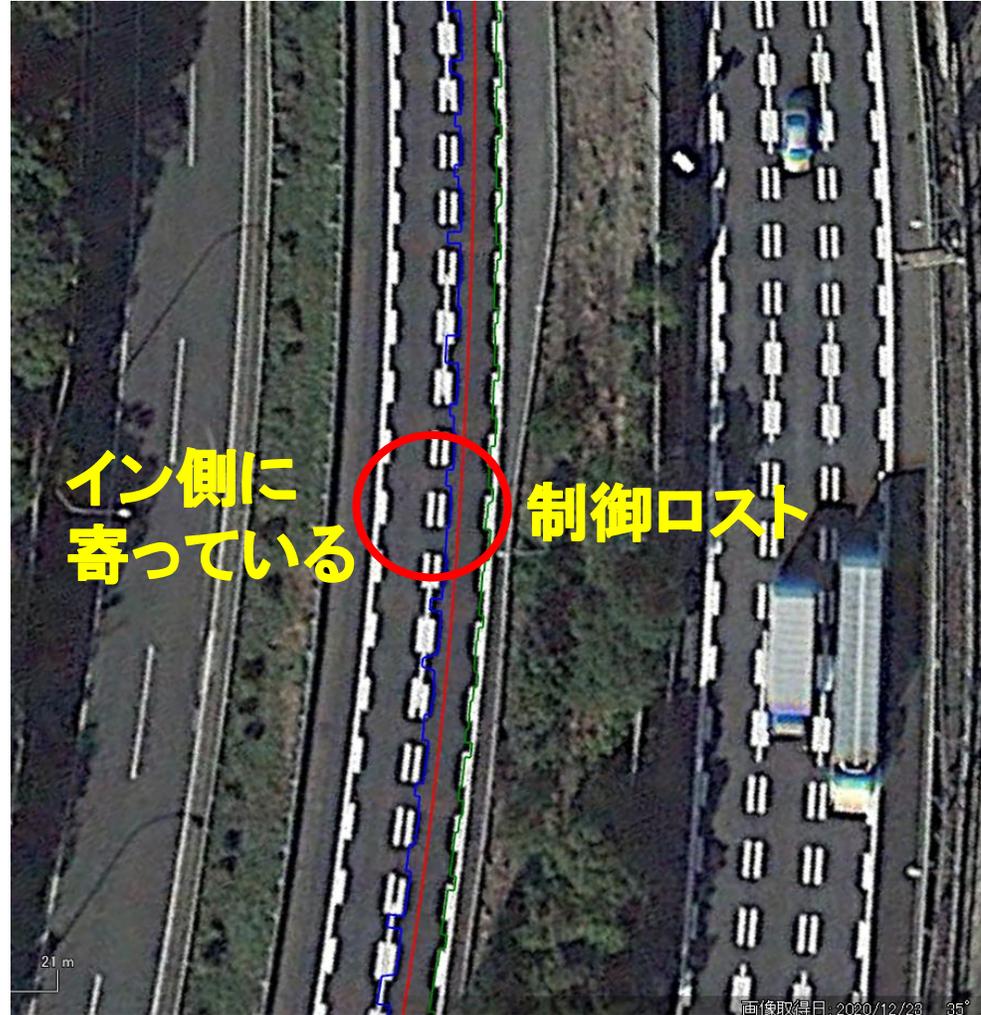
## (5) コーナー性能; 日H車 東名下り 右ルート 350R 制御ロストシーン

自らインに寄った後、一旦耐えるがその後制御乱れてロスト (別の走行では、自らインに寄りすぎてLDPが発動するケースもあった)

アウトインアウト的コース取りを行っているようにも見えるが、コンフォートを優先し安全をおろそかにするのは不適切



(5) コーナー性能; 日H車 東名下り 右ルート 350R 制御ロスシーンの軌跡



## (5) コーナー性能;【参考】ランプウェイコーナーの制御状況

東名大井松田入口ランプウェイ（区間⑩東名上り 大井松田料金所～大井松田IC）での同ドライバー1回の走行結果

	独F車	独G車	日H車	日I車	日J車	日K車
45R (大井松田ランプ③)	×	×	×	×	×	×
70R (大井松田ランプ②)	○	×	×	×	×	×
130R (大井松田ランプ①)	○	○	○	×	○	×

○：制御できた  
×：制御できなかった

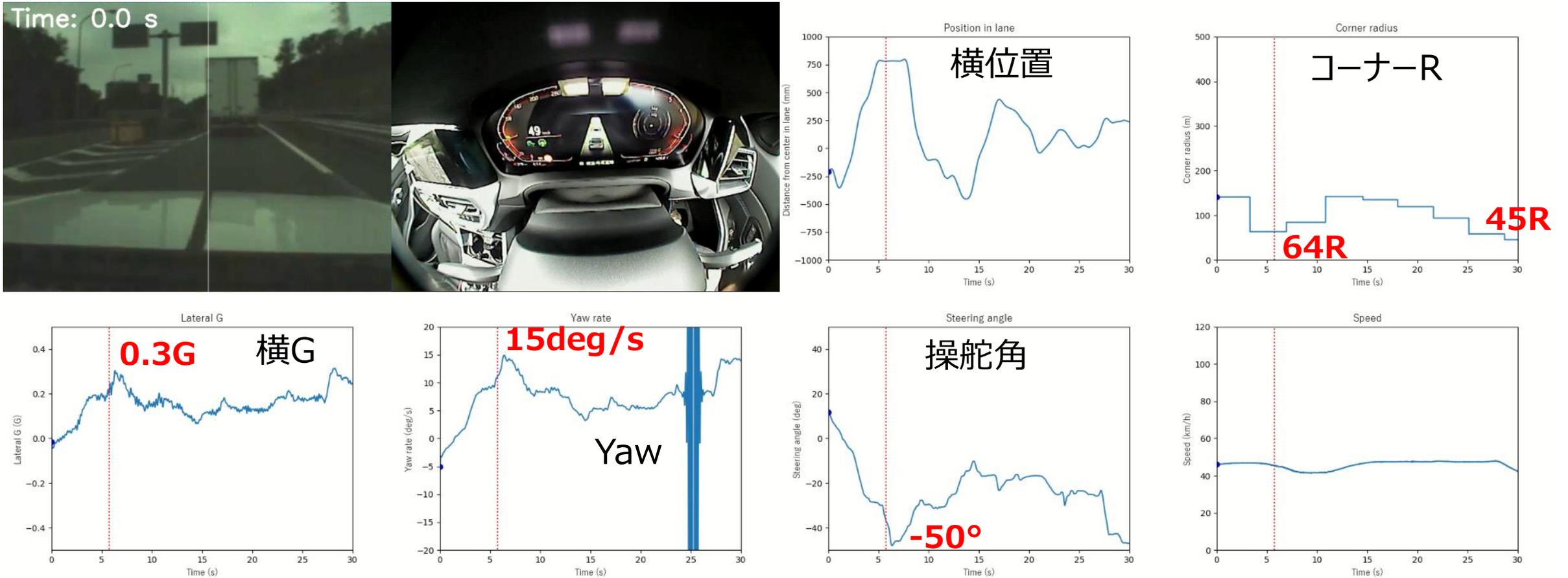
## (5) コーナー性能;【参考】ランプウェイコーナーの制御状況



ランプウェイ全体を制御できた車両は存在しなかった  
(独F車が最も耐えた)

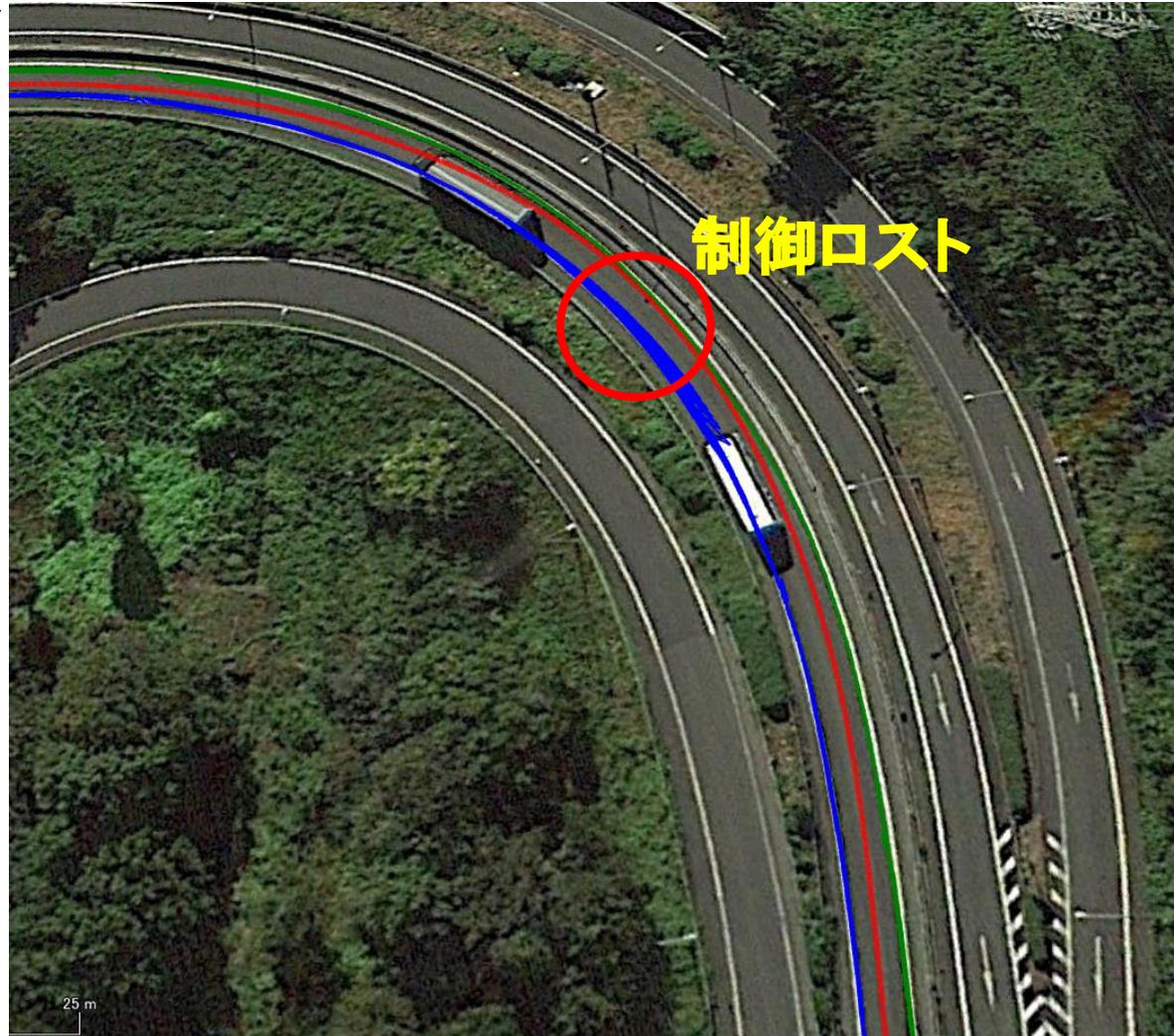
## (5) コーナー性能;【参考】ランプウェイコーナーの制御状況

独G車の大井松田ICランプウェイ制御ロスシーン



## (5) コーナー性能;【参考】ランプウェイコーナーの制御状況

独G車の大井松田ICランプウェイ  
制御ロストシーンの軌跡

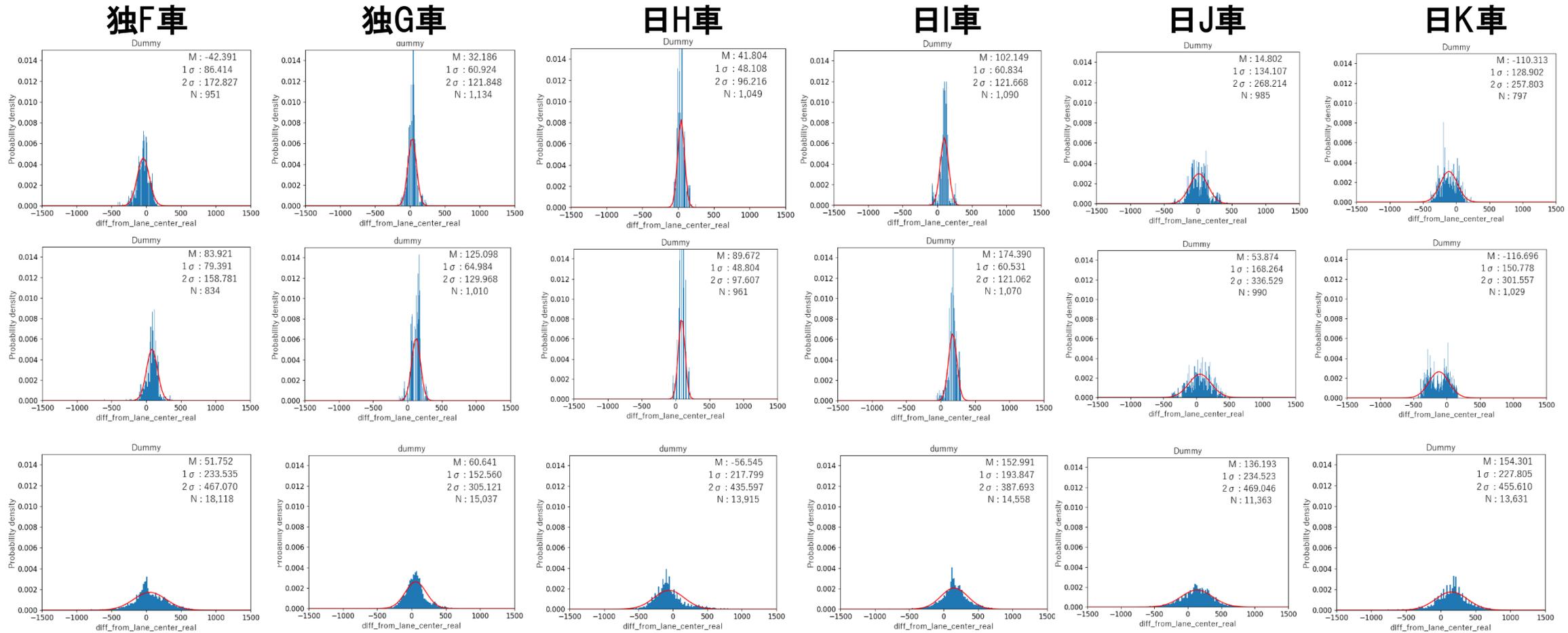


## (5) コーナー性能;【参考】JARI第1コーナー計測結果

JARI  
バック  
ストレート

JARI  
第1  
コーナー

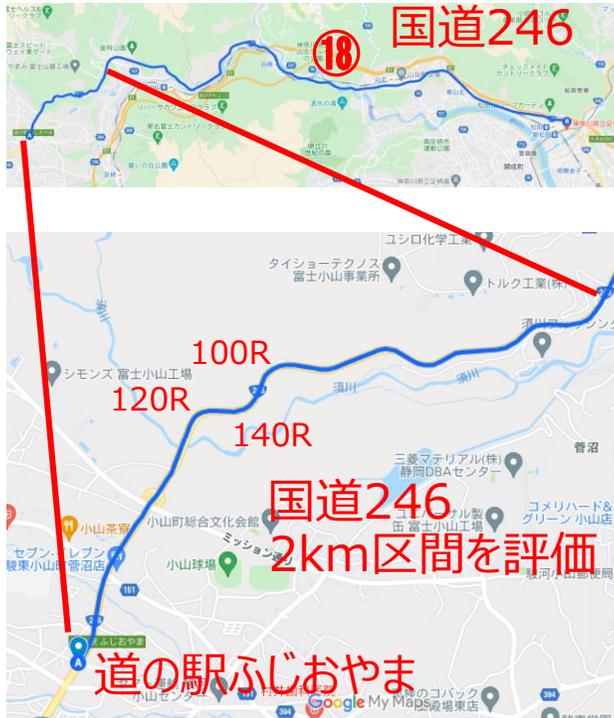
東名  
区間⑦



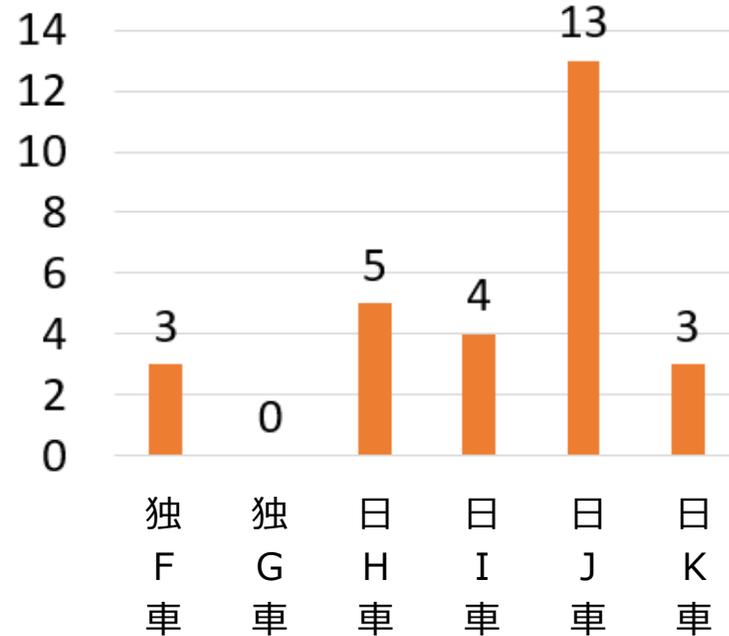
・JARIだけの走行ではコーナーの傾向が出ていない。(JARIでは左周りしか走行していないことも理由の一つ)

・JARI直線部とコーナー部の相違もあまり見受けられない

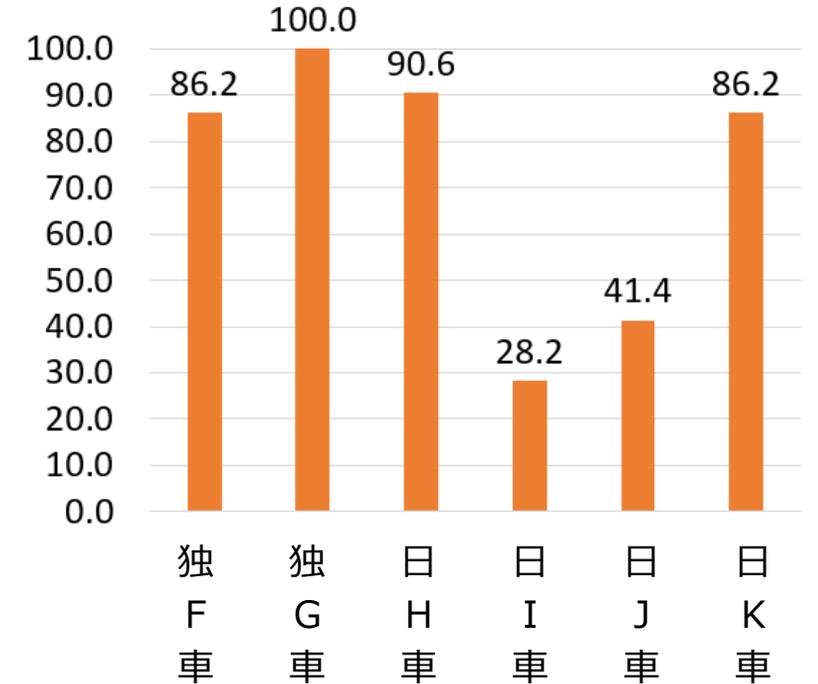
## (6) 一般道走行結果; 制御ロス回数と制御ON走行率



制御ロス回数



制御ON走行率 (距離ベース)

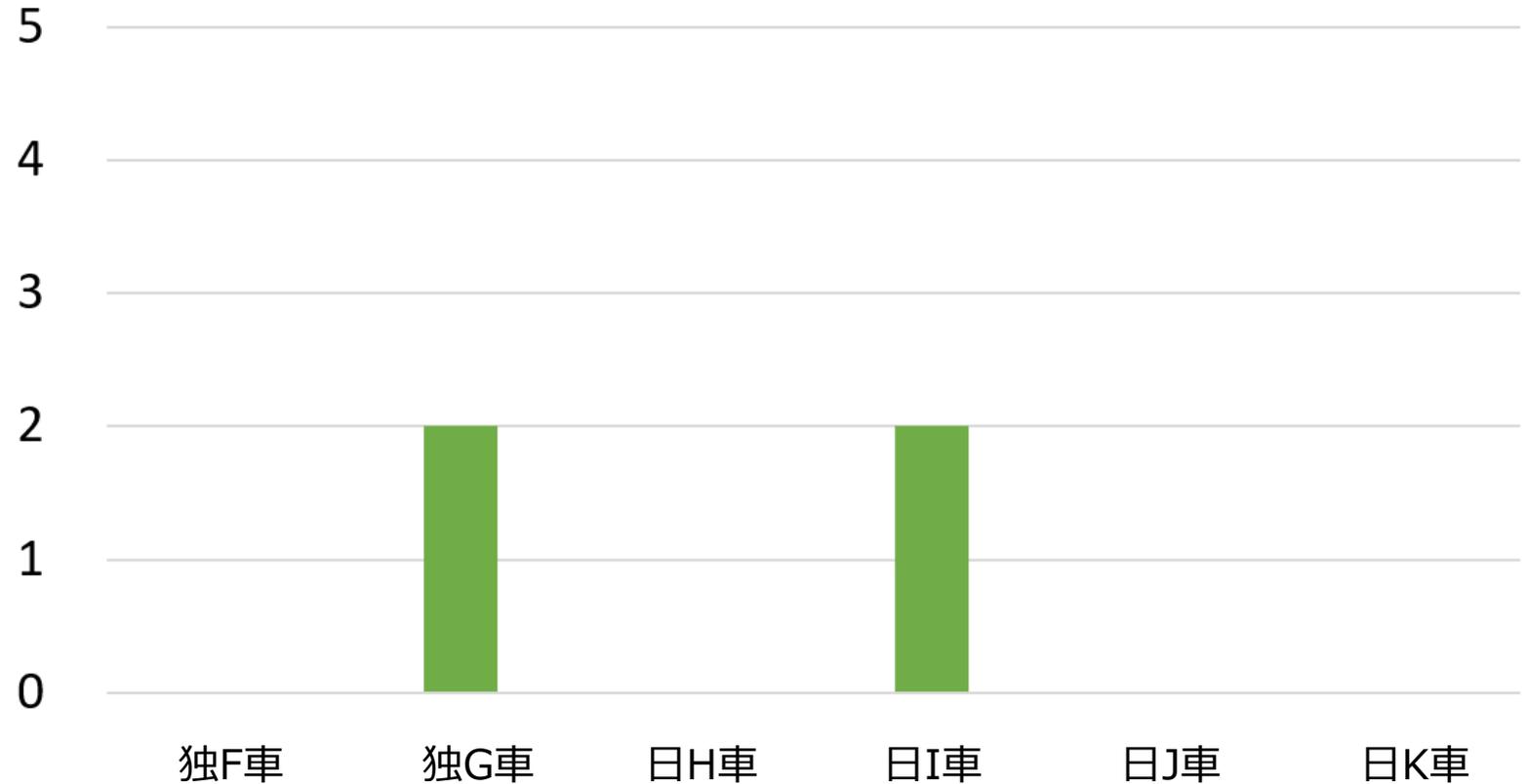


- ・制御ON走行率で見ると日I車はほとんど走行できていない。
- ・日H車はHDマップ利用できない一般道でも90%制御できている⇒HDマップ無い方が安定するのでは

## (6) 一般道走行結果; LDP過剰作動回数



### LDP過剰作動回数



車線幅の狭いところでは、LDPが過剰に作動することがあるが不要。

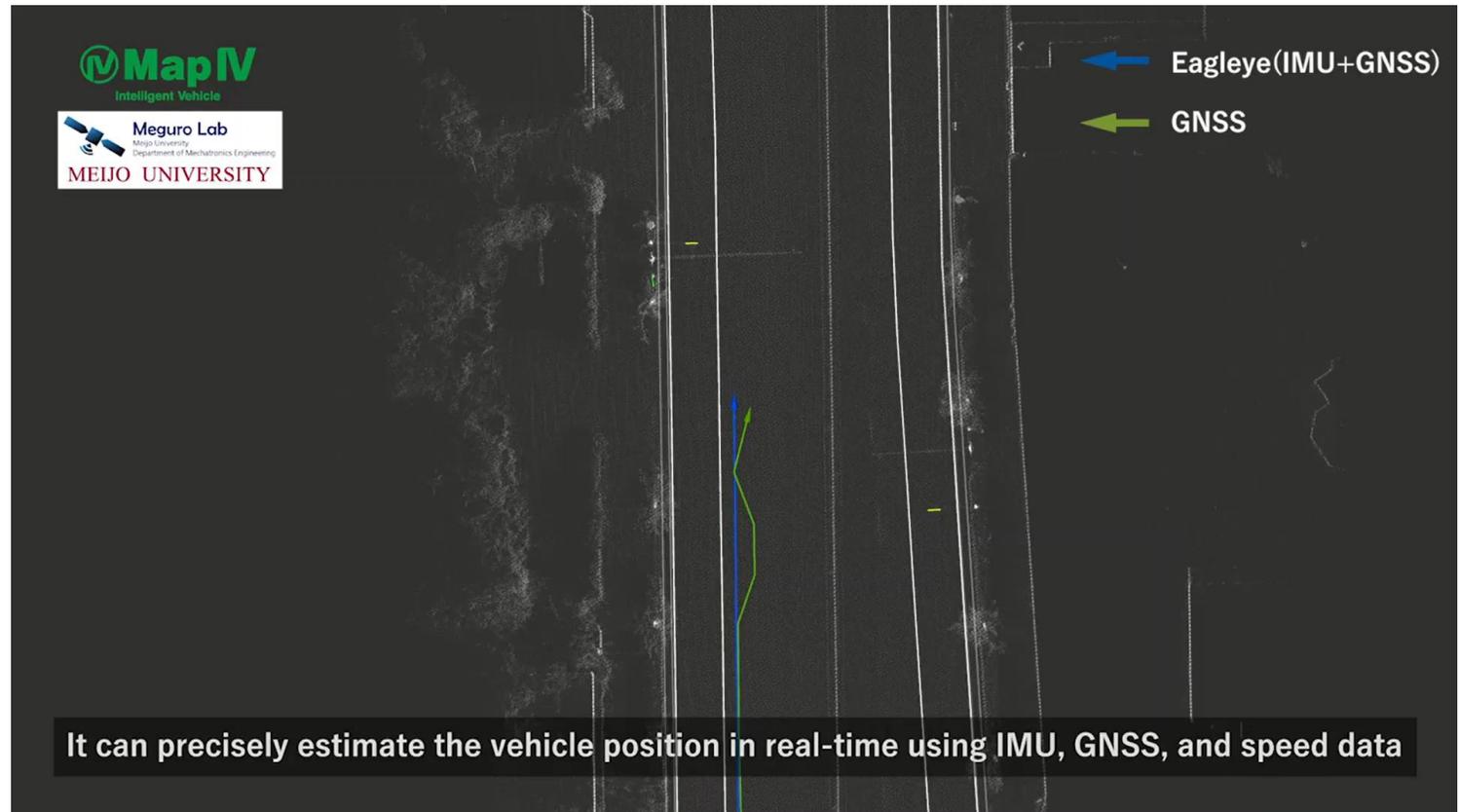
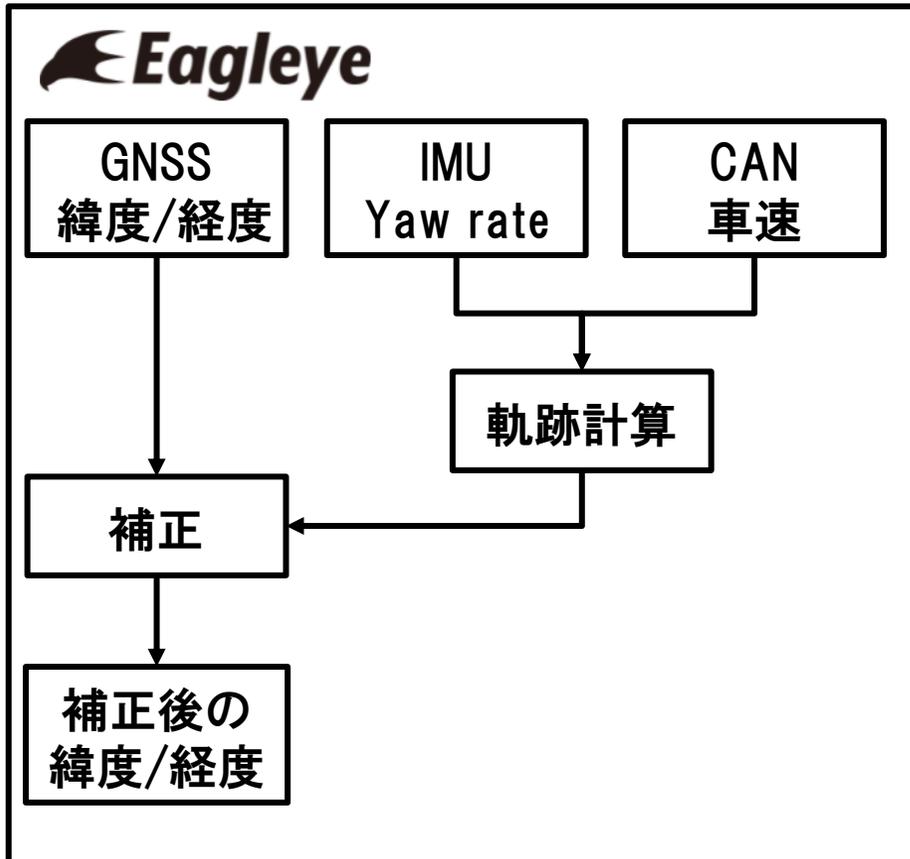
---

## 5. シーズ技術調査結果

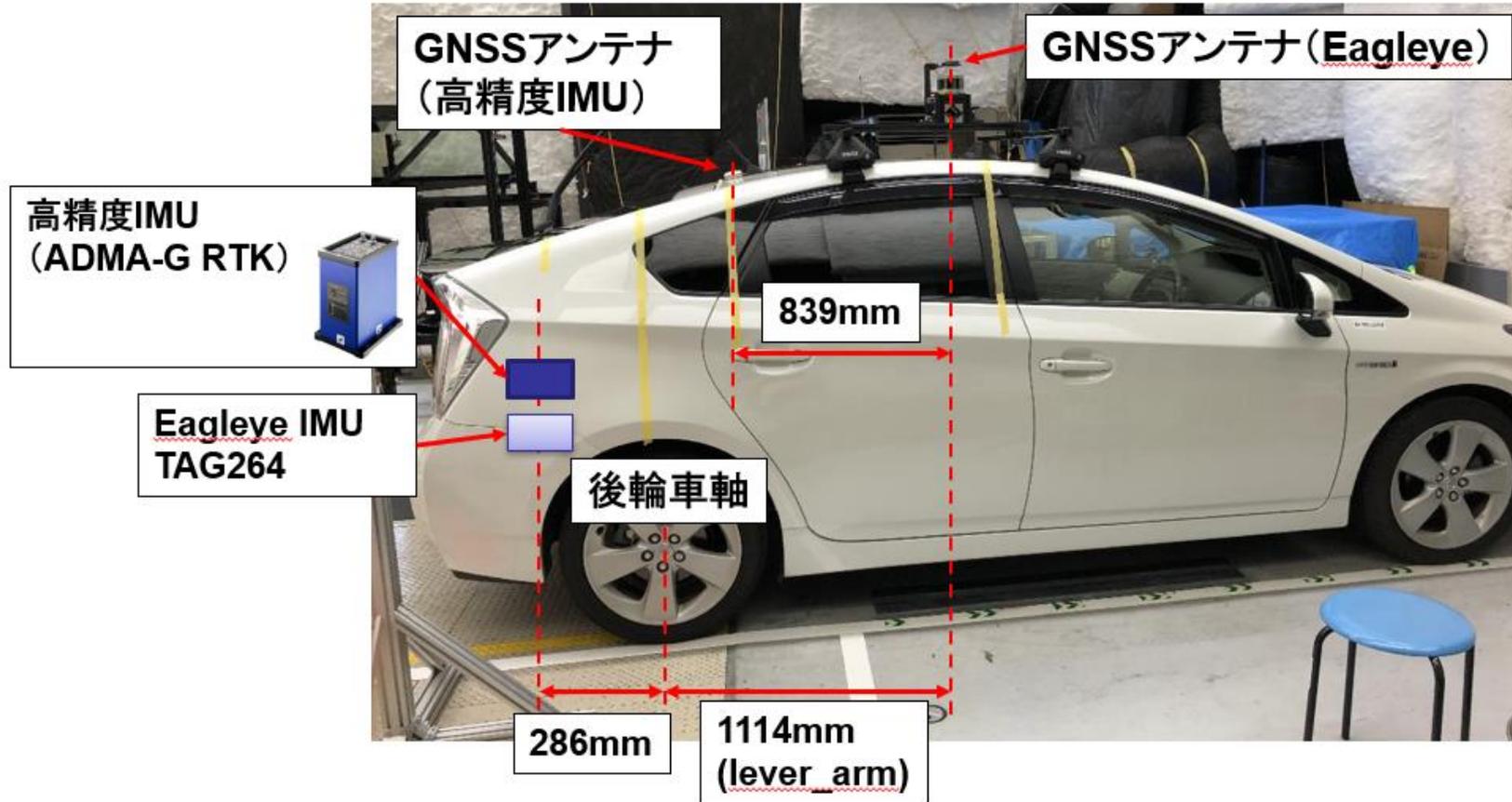
---

# (1) Eagleye

Eagleye : Map4社が開発したGNSS+IMU+車速で自己位置推定を行うアプリケーション  
オープンソース : <https://github.com/MapIV/eagleye>



# (1) Eagleye; 本学のPriusに搭載



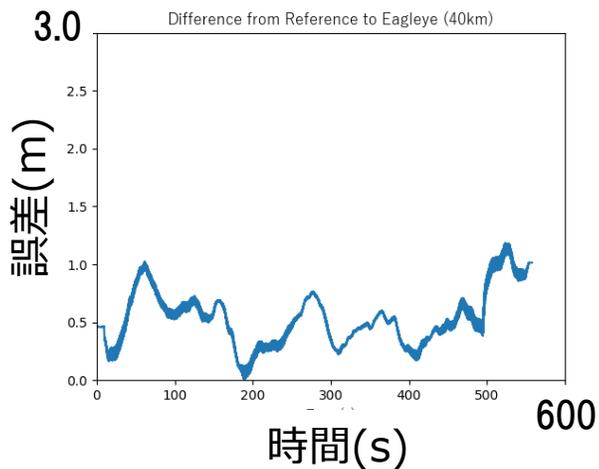
比較用に, 高精度IMUも同時搭載

JARI外周路での結果

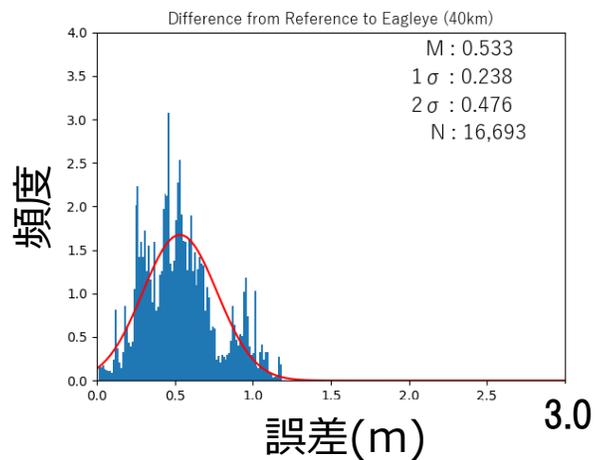


# (1) Eagleye; 高精度IMUの絶対座標の比較(JARI外周路)

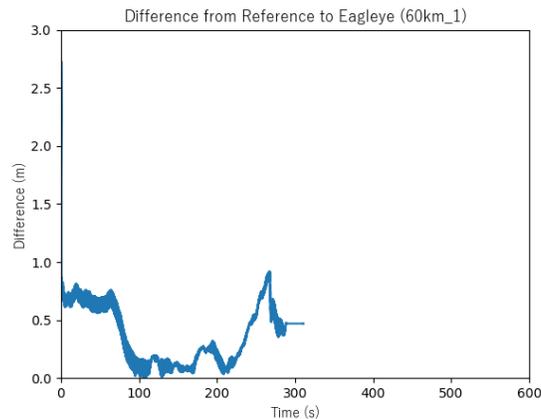
## 40km



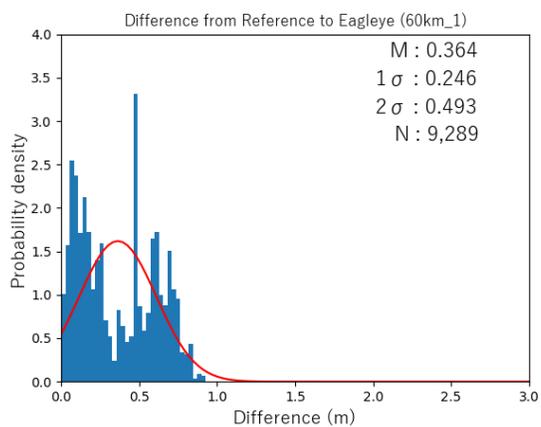
平均誤差0.53m



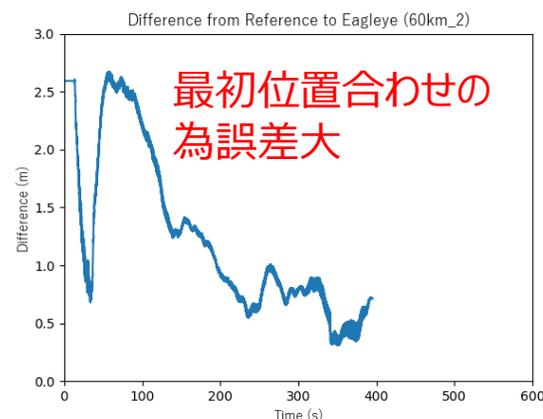
## 60km①



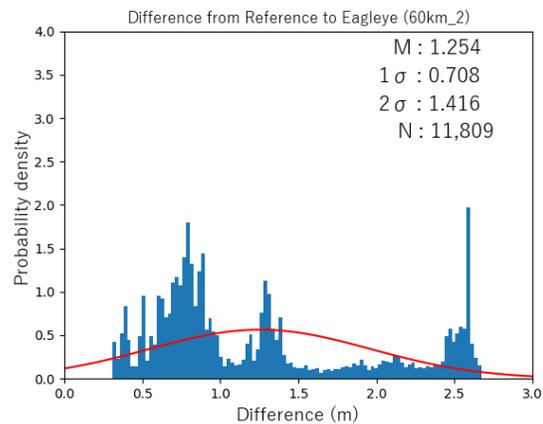
平均誤差0.36m



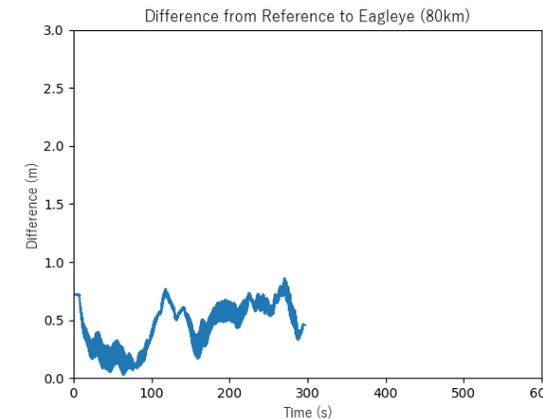
## 60km②



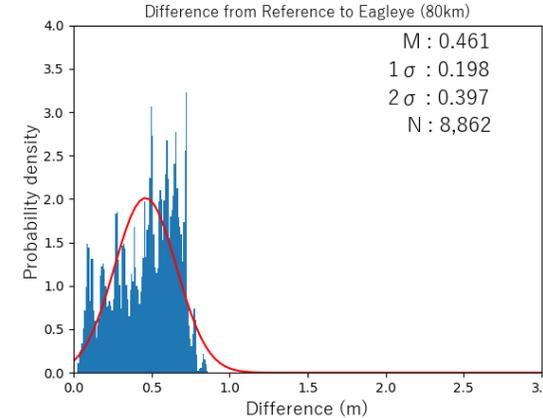
平均誤差1.25m



## 80km

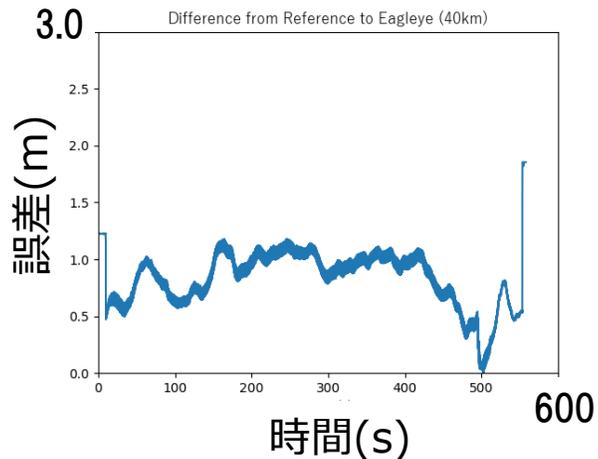


平均誤差0.46m

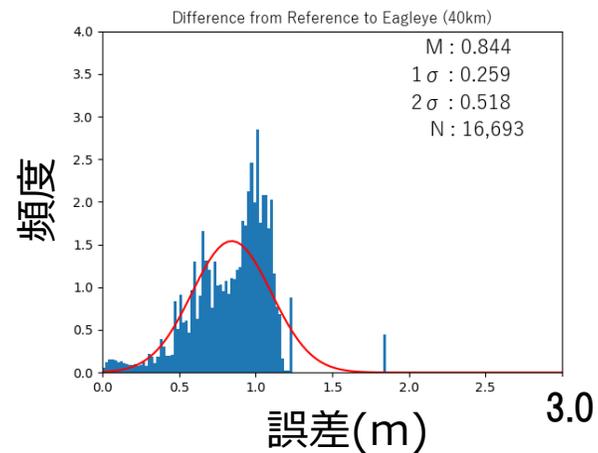


# (1) Eagleye; 高精度IMUの絶対座標の比較 (JARI外周路; GNSSアンテナ位置補正後)

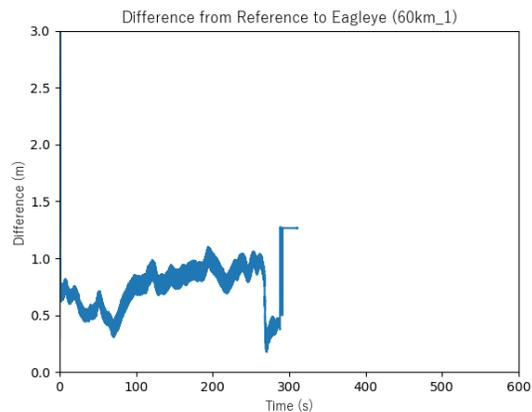
## 40km



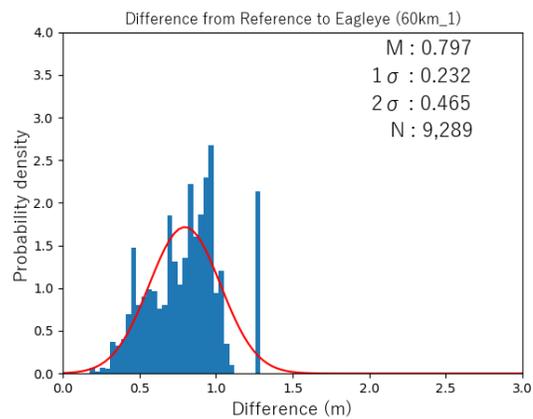
平均誤差0.84m



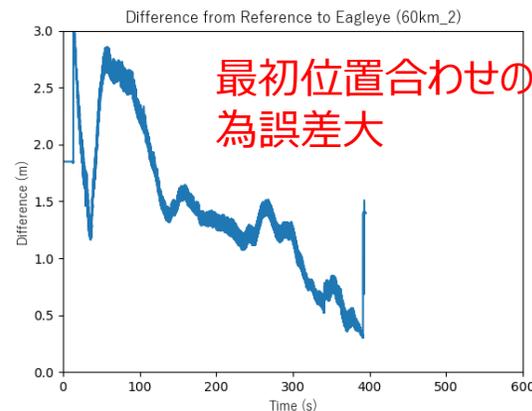
## 60km①



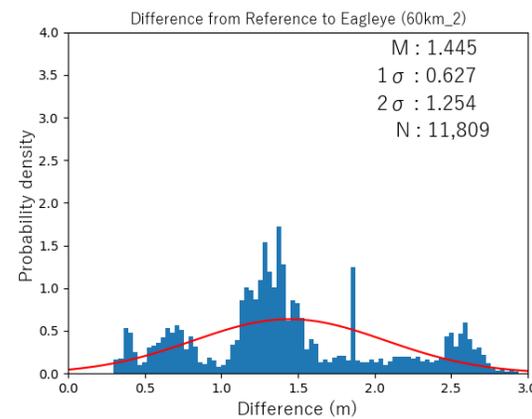
平均誤差0.80m



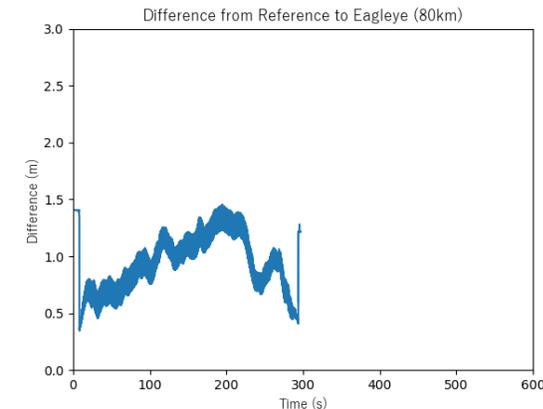
## 60km②



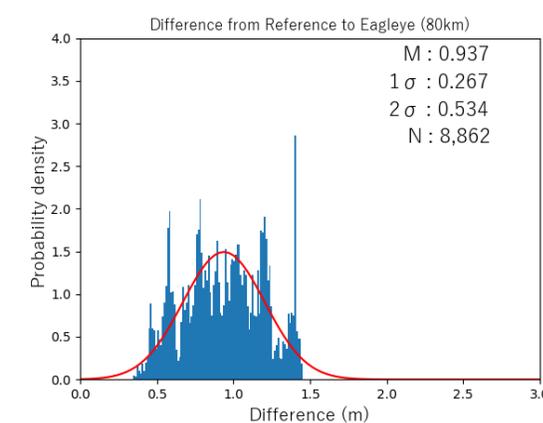
平均誤差1.45m



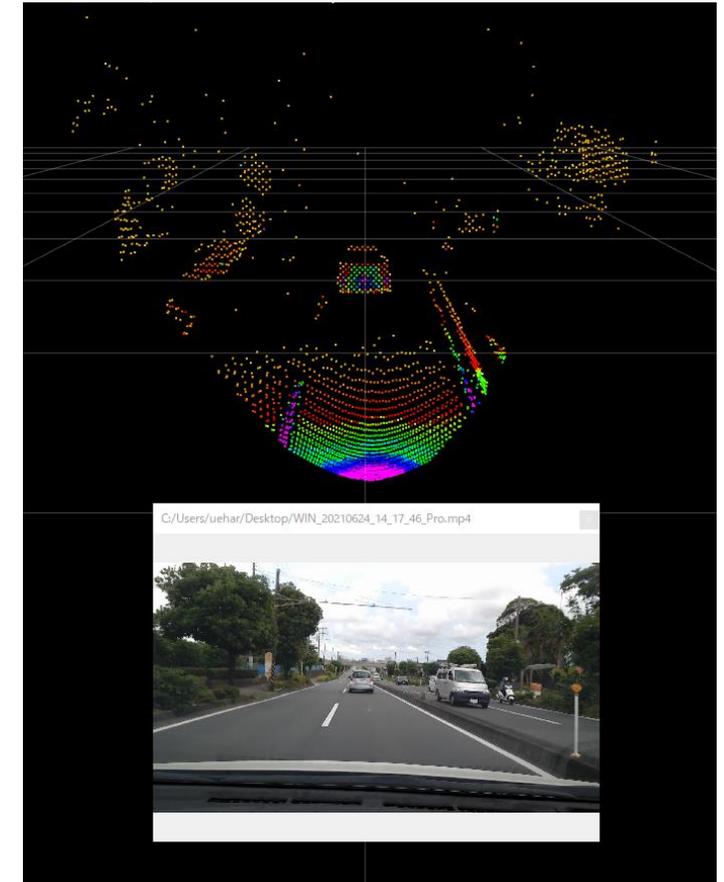
## 80km



平均誤差0.94m

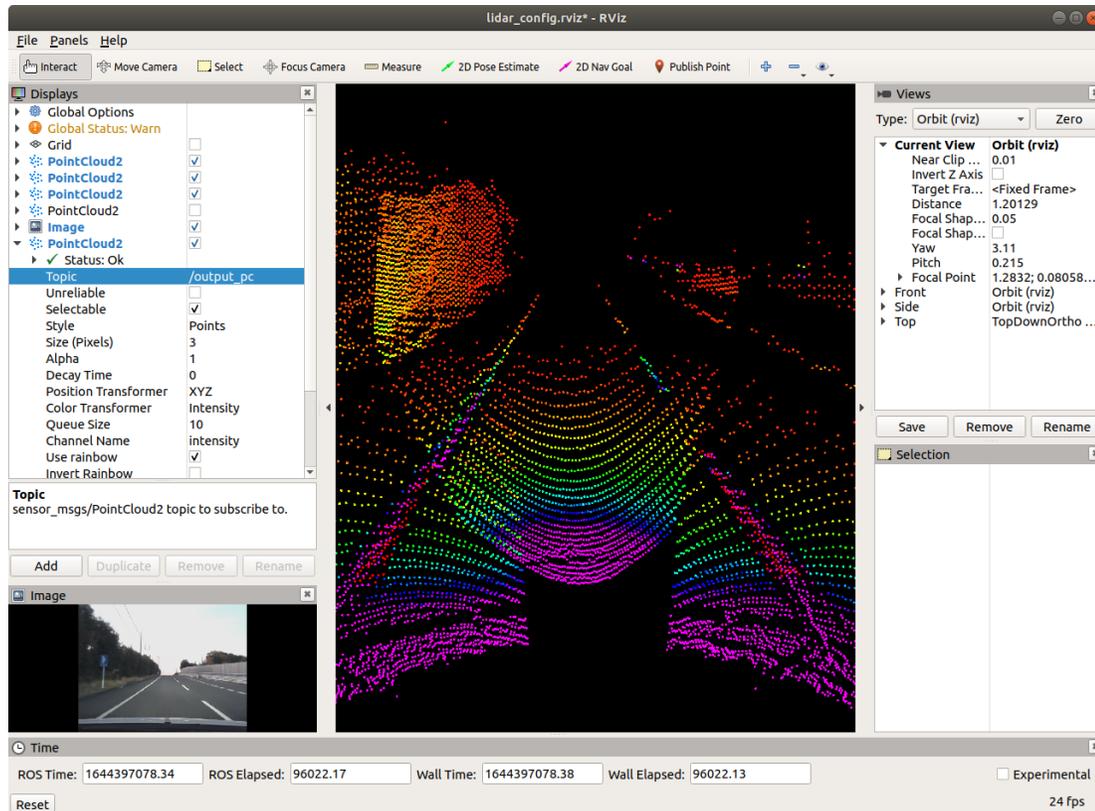


## (2) LiDARとカメラの白線認識の精度比較

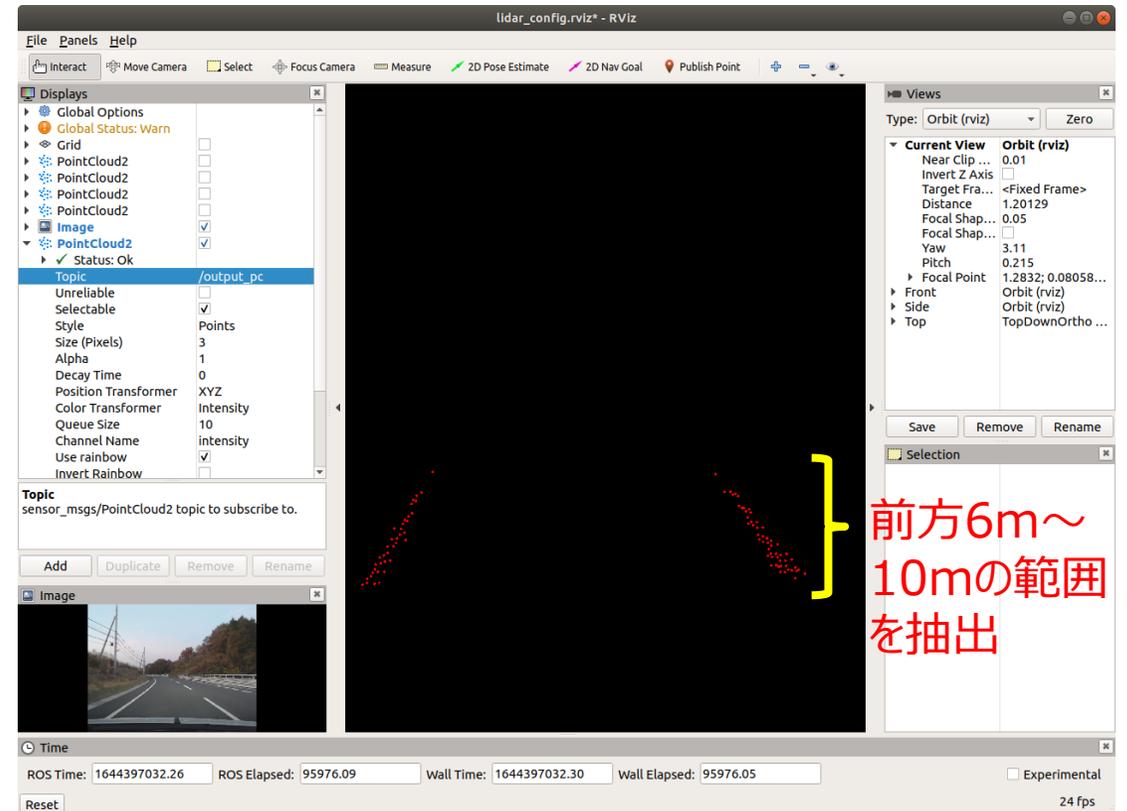


## (2) LiDARとカメラの白線認識の精度比較

### LiDAR点群



### 白線抽出後

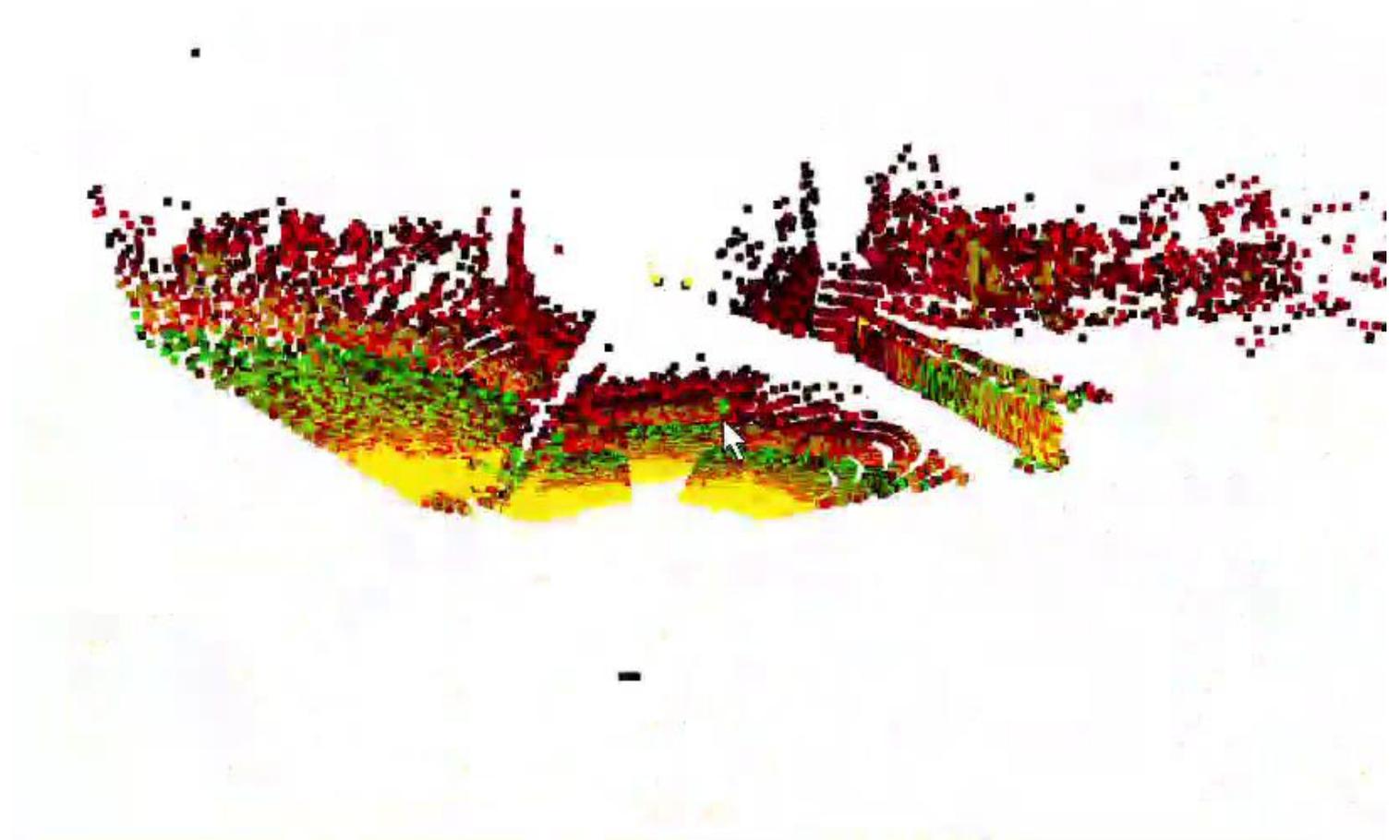


近傍の反射強度の強い点群を抽出

## (2) LiDARとカメラの白線認識の精度比較

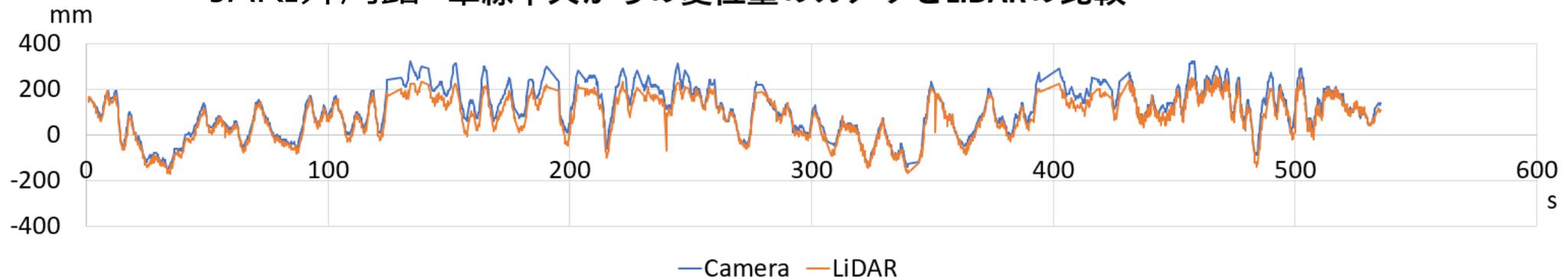
3 台のLiDARの点群を統合しジオメトリ化

JARI外周路の以下の位置をジオメトリ化したイメージ右に示す

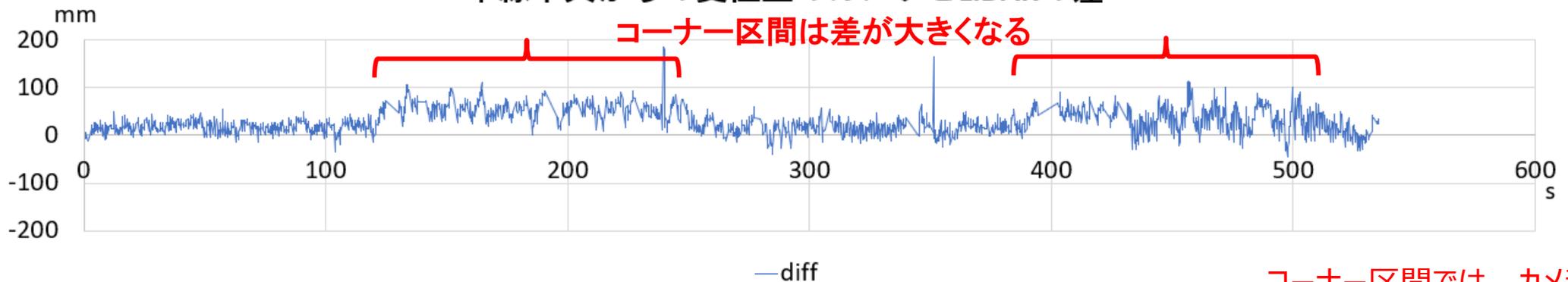


## (2) LiDARとカメラの白線認識の精度比較

JARI外周路 車線中央からの変位量のカメラとLiDARの比較



車線中央からの変位量のカメラとLiDARの差



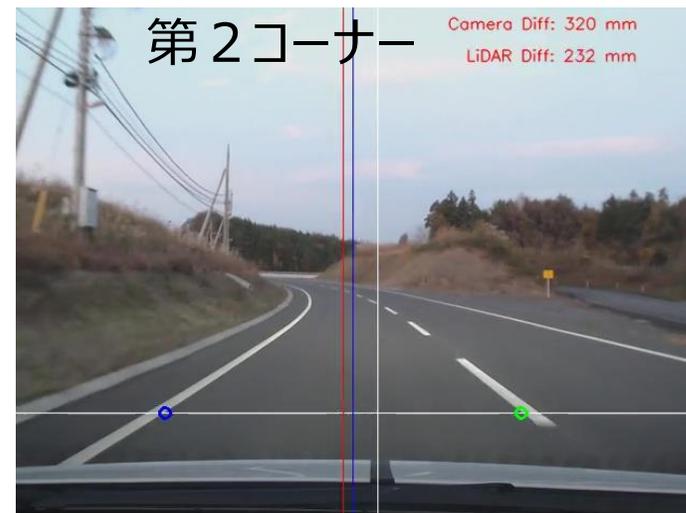
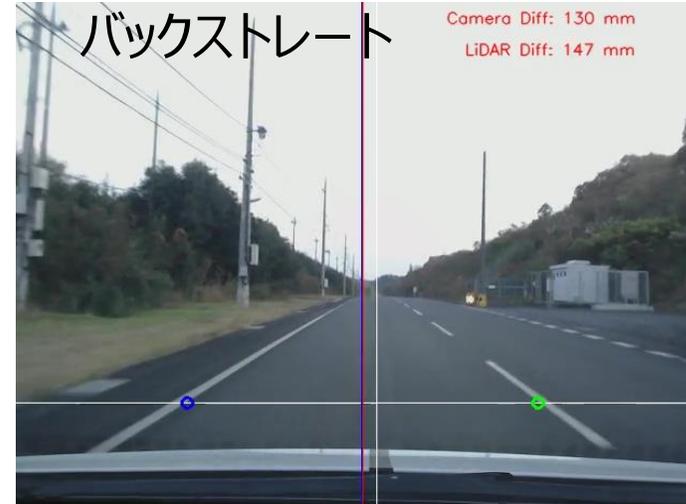
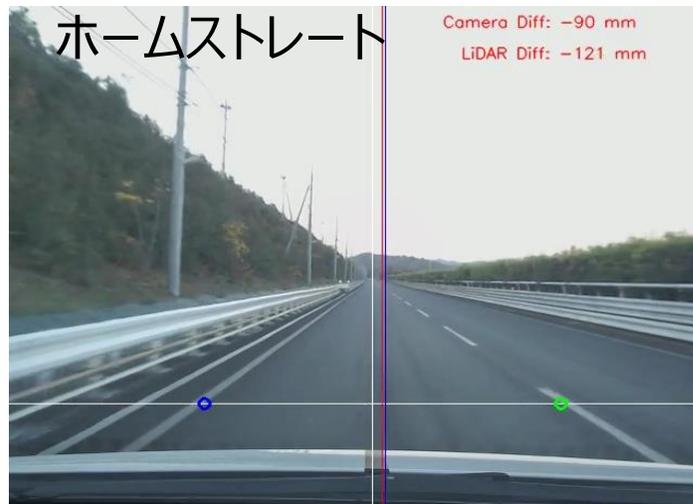
車線中央からの変位量のカメラとLiDARの差(mm)

	全区間	直線 1	コーナー 1	直線 2	コーナー 2
平均	31.2372	20.3378	49.08042	19.52235	35.4262

コーナー区間では、カメラによる車線中央位置がLiDARのそれに比べてコーナー内側方向に最大10cm程度変位する

## (2) LiDARとカメラの白線認識の精度比較

JARI外周路



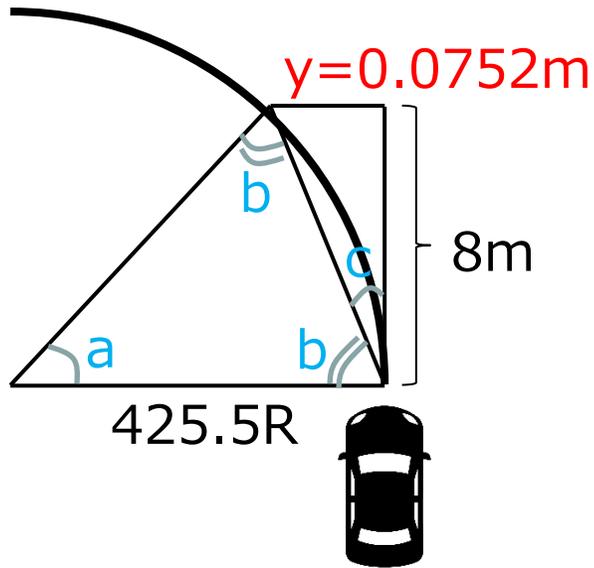
コーナー区間では、カメラによる車線中央位置がLiDARのそれに比べてコーナー内側方向に最大10cm程度変位する。

原因は調査中

- ・カメラとLiDARの計測位置の相違 (カメラ約7m先, LiDAR6~10m先の平均値)
- ・車体横滑り角の影響

## (2) LiDARとカメラの白線認識の精度比較

基本情報として、コーナーRによる前方の車線中央変位量の計算を行った。



$$a = l/2\pi r * 360 = 1.0772^\circ$$

$l$ : 円弧の長さ  $\approx 8\text{m}$

$r$ :  $425.5\text{m}$

$$b = (180 - a) / 2 = 89.461^\circ$$

$$c = 90 - b = 0.5386^\circ$$

$$y = \tan(c) * 8\text{m} = 0.0752\text{m}$$

車体が接線方向を向くと、車線中心は8m先で（LiDAR計測位置の平均値）コーナー内側方向に約7.5cmずれる

---

## 6. まとめ

---

# 昨年度指標と今年度追加指標の評価結果と課題/対応

評価項目	昨年度指標による評価結果	今年度追加指標による評価結果	課題	今後の対応
(1)主観評価	概ね 独G車>日H車=独F車>日I車 >日J車=日K車 の順であった	—	クルマに任せただけの場合とドライバーも運転に参加した場合を区別して評価できるようになっていない	主観評価項目の見直し
(2)直進安定性	・車線内横位置の分布に関しては平均値が主観評価との相関性が高い ・1σについては他の要因の寄与が大きいため相関性が低く、参考指標の扱い	直線部の制御ロス回数を分析することにより、カメラ認識のロバスト性不足を推定できた。これに付随して、制御ON/OFF以外に制御モードが増えることはドライバーが状態をご認識してミスを誘発する可能性があることが推察された。	・外乱がどのように安定性に影響を与えるか ・トラック通過中の車線内横位置の評価	・外乱の影響評価。併せてリアステア車の効果を評価 ・トラック通過中の車線内横位置を調整する車種の評価 ・制御ロス回数とコーストレースの信頼感の関係を評価する（ロス時にドライバーが認識できているかを記録する等）
(3)LDP性能	・LDP軌跡と車線中央への収束時間に関しては、センターに収束しないものは論外で、できれば4秒以内に収束することが望まれる ・LDP機能自体の全体評価への寄与度は低い様子	複数実施した結果を作動率及び収束率でまとめたところ、独G車は100%作動するのに対して他車は100%ではなかった。		これまでの指標で引き続き評価する
(4)オーバーライド性能	オーバーライドトルクとしては、1.5～2.3Nmが適正	主に独F車の結果から、オーバーライド時のトルク立ち上がりの勾配や操舵角-操舵力特性が主観評価に影響することが示唆された。	・オーバーライドトルク勾配の評価 ・操舵角-操舵力特性の評価	・オーバーライドトルク勾配の指標化 ・操舵角-操舵力特性の制御ON/OFFによる違いに着目する(ゲインの変化)
(5)コーナー性能	—	・高速コーナー連続区間の制御ロス回数と制御ON走行率でみたところ、外車勢が100%制御するのに対して、国産車は100%制御できないことがわかった ・HDマップの有効性に疑問 ・カメラFOVと前方可視距離の関係を整理し、制御可能範囲を70R以上と推定した	・制御要因の明確化 ・外乱に対する安定性	・高速本線上の制御走行率100%走行を指標とする ・制御要因を解析して制御限界を推定
(6)一般道	—	一般道の制御ロス回数と制御ON走行率を見ることで、HDマップに頼らない状態といった自動運転の基本的な能力を比較することができる。		参考として引き続き評価する

# 評価項目と指標化の達成状況

評価項目	計測方法	判定方法	指標化達成状況
(1)主観評価	パネルアンケート5段階評価	パネル平均値	ある程度確立しているが要改善
(2)直進安定性	公道にてカメラ画像白線認識による車線内位置計測	車線内位置の平均値	指標として確立
		車線内位置の1σ値	参考指標
		トラック通過時の車線内の横位置	未確立
(3)LDP性能	テストコースにてカメラ画像白線認識による車線内位置計測	軌跡により収束有無を判定	指標として確立
		軌跡により収束時間を抽出	指標として確立
	テストコースにてLDPを複数回実施	作動率	指標として確立
		収束率	指標として確立
(4)オーバーライド性能	テストコースにて以下を計測 ・カメラ画像白線認識による車線内位置計測 ・操舵力, 操舵角計測	横位置 – 操舵力特性	オーバーライドトルクの勾配による指標化を検討中
		操舵仕事量	参考指標
		操舵力 – 操舵角特性	未確立
(5)コーナー性能	公道にて制御ロス地点を計測	制御ロス回数	指標として確立
		制御率	指標として確立
	車線内横位置, 横G, ヨーレイト, 操舵角, 車速 等	制御要因を解析して制御限界を推定	未確立
(6)一般道	一般道にて制御ロス地点, LDP作動回数を計測	制御ロス回数	指標として確立
		制御率	指標として確立
		LDP過剰作動回数	指標として確立

# まとめ

---

- ✓ 直進安定性に関しては、車線内横位置の平均値が主観評価結果と良好な相関が得られた（1σは参考指標）
- ✓ オーバーライド性能に関しては、オーバーライドトルクが指標として良好な相関が得られた。また、オーバーライドトルク勾配や操舵角－操舵力特性が指標として今後活用できそうな様子が見えてきた
- ✓ LDP性能の評価法が一通り確立できた（軌跡、収束時間、作動率、収束率）
- ✓ コーナー性能に関しては、主に高速本線における制御ロス回数と制御率で性能を明確化できた。また、センサーFOVから制御可能領域を推定した（FOV52°で70R以上）
- ✓ 自分で運転するときと、支援機能に任せるときで評価が分かれる車両が存在する（独F車）
- ✓ 日本車は未だに課題が多い
  - 高速道路本線を100%走行できない
  - HDマップによって性能が低下している
  - 外車は一般道でもある程度自動運転可能だが、ほとんど自動運転できない日本車もある⇒基本性能不足
- ✓ Eagleyeの自己位置推定精度は高精度IMUに比べて90cm程の差がある
- ✓ LiDARとカメラの白線認識の精度を比較した結果、直線部で両者の差は3cm程度だが、コーナー部で差が拡大する

# 来年度に向けて

---

- パーシャル自動と運転支援の観点を分けて評価する  
主観評価項目の見直し（自分で運転するときと、支援機能に任せるときの性能差をみる）
- リアステア車の自動運転への効果の評価  
LKAでスタビリティの価値，リアステアの有無による性能の違い（外乱安定への効果，スムーズなコーストレース性能の評価 等）
- 外乱安定性  
制御ON時の外乱の影響を評価したい．外乱テストコースや道の悪い箇所，雨天等．主観評価に外乱に関する項目を追加
- コーナー解析指標検討  
センサー視界と制御範囲；FOVから見た前方の制御範囲．制御要因を解析して制御限界を推定．ARS(Active Rear Steer System)による車体の向きの影響⇒FOVの向きを調節できる可能性，外乱に対する安定
- トラックパッシング  
・トラック追越し時にスペースを確保する機能を評価

# 来年度に向けて

---

- オーバーライド性能
  - ・オーバーライドトルク勾配, 操舵角 – 操舵力特性の指標化
- 評価車両追加
  - ・リアステア車
  - ・国産ハイエンドクラス
- シーズ技術調査
  - ・EagleyeおよびLiDARの調査継続