

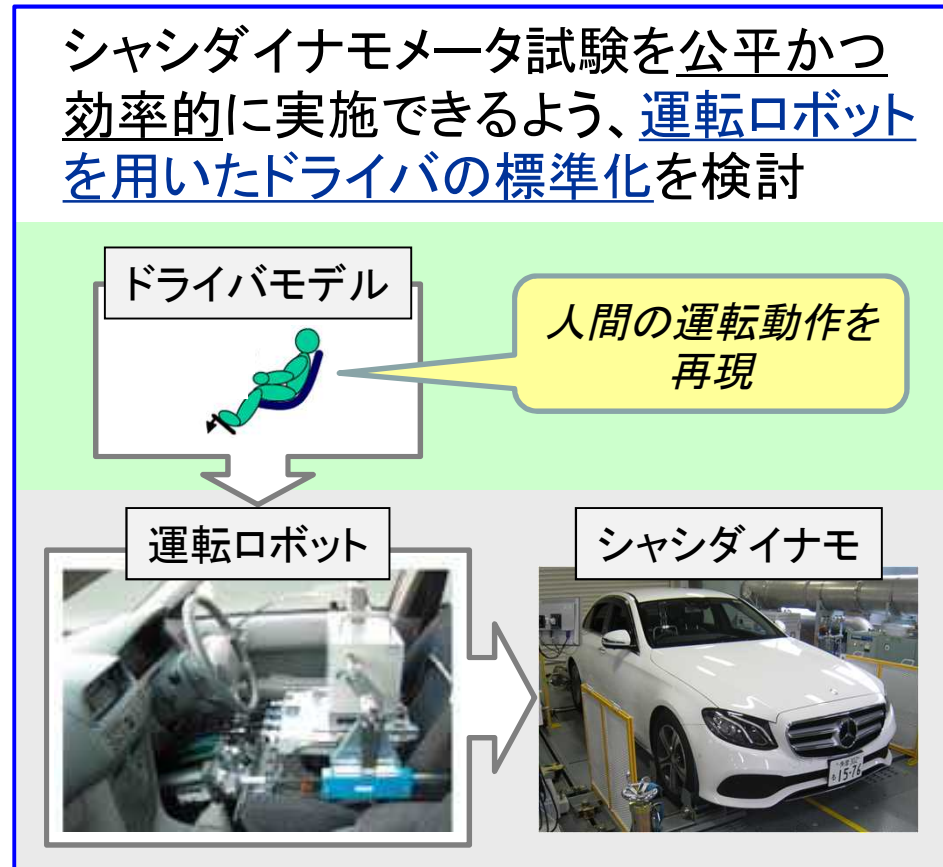
シャシダイナモメーター試験で運転する ドライバの標準化検討

— 人間の運転動作を再現したドライバモデル
による運転ロボット操作 —

環境研究部 主任研究員 奥井 伸宜

講演内容

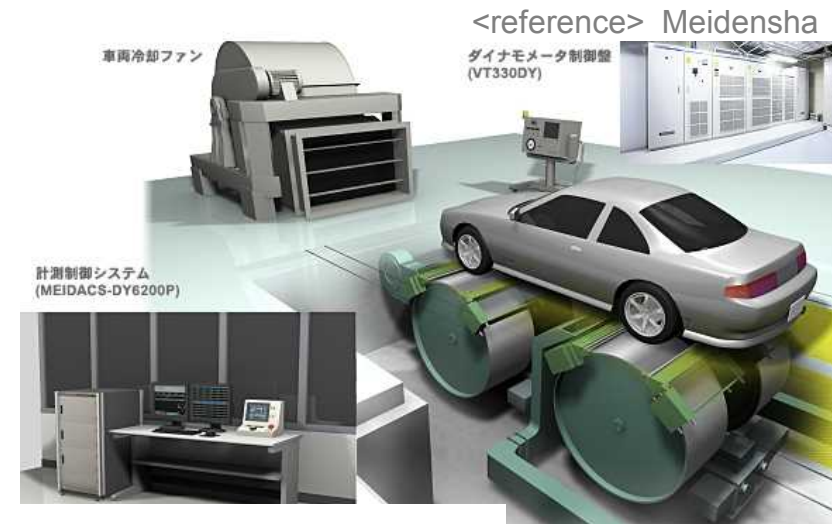
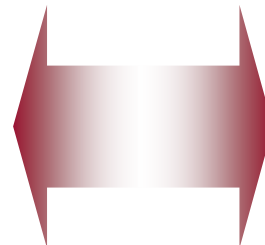
1. はじめに
2. ドライバモデル構築
3. 評価条件
4. 評価 & 結果
5. まとめ



1. はじめに

背景

- 一般ユーザーが自動車を運転する際の燃料消費率（燃費）及び排出ガスは、「カタログ値と乖離している」との声が挙がっている



【カタログ値】シャシダイナモメーター（CHDY）試験

- 道路条件 …… 市街地＋郊外＋高速パターン、勾配なし
- 気象条件 …… 25°C、晴天
- 車両空調 …… 使用なし
- 運転特性 …… プロドライバ操作

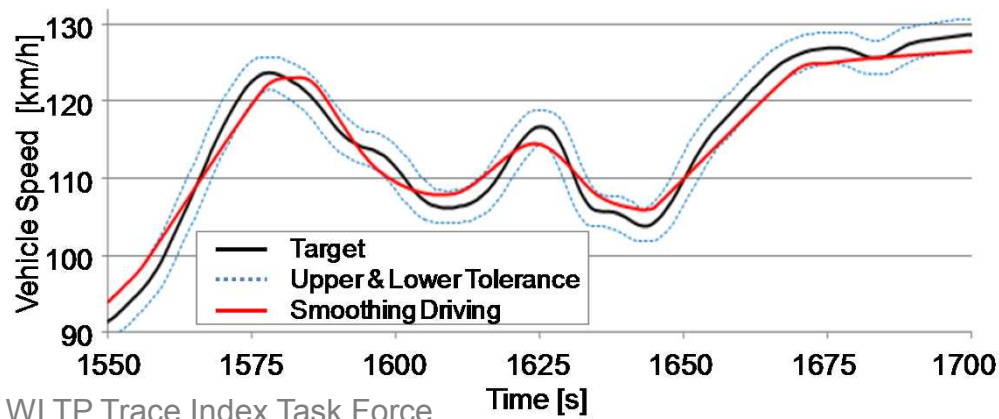
シャシダイナモメーター試験

【カタログ値】シャシダイナモメーター(CHDY)試験

- ・道路条件 …… 市街地＋郊外＋高速パターン、勾配なし
- ・気象条件 …… 25°C、晴天
- ・車両空調 …… 使用なし
- ・運転特性 …… プロドライバ操作

基準車速に沿った運転
(許容範囲が設定)

実路走行環境下における
代表値を採用



(Ref) WLTP Trace Index Task Force

基準車速の許容範囲内で、
緩やかな加減速運転を
行うことが可能

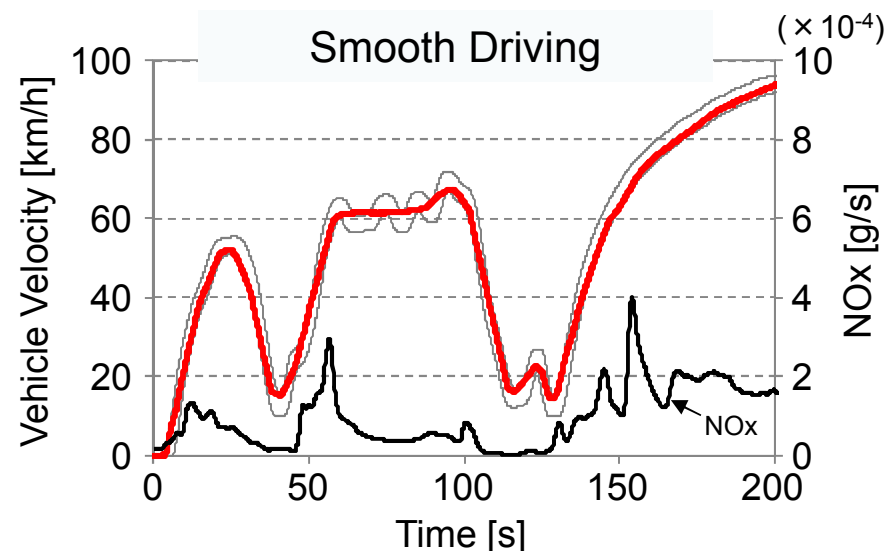
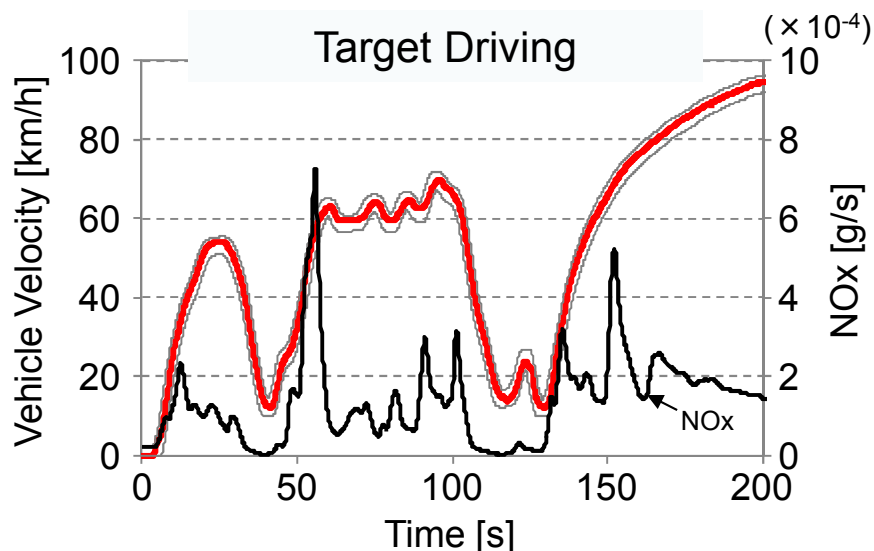
…燃費&排出ガスに
影響を及ぼす

<例えば> 運転挙動の影響 (CHDY運転)



Vehicle Weight [kg] (Unloaded)	1,130
Body Size [m]	L:4.06/W:1.70/H:1.53
Power Unit	Diesel (1.5L/Turbo)
Transmission	6AT
Drive Line	FF
Emission Device	EGR, DPF, DOC

«WLTC (High-phase)»



【Fuel Economy】	25.4 [km/L]	→	6.3% up	→	【Fuel Economy】	27.1 [km/L]
【Emission(NOx)】	0.058 [g/km]	→	41.5% down	→	【Emission(NOx)】	0.041 [g/km]

燃費、排出ガス試験法の高度化を目指して

➤ 道路条件、気象条件、車両空調に対する取り組み

➡ RDE (Real Driving Emissions)では、これらの影響を考慮している

講演2で
取り組みを紹介

➤ 運転特性に対する取り組み

➡ WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure)では、
モード走行をより精確に評価する対策として、
「(SAE J2951)ドライビングインデックス」を基に、
モード走行後の走行状態を判定する手法を導入している

人間が運転すると...

公平性を求め厳密化したために、再試験が多発すれば、
認証試験工数が増大する恐れがある

燃費、排出ガス試験法の高度化を目指して

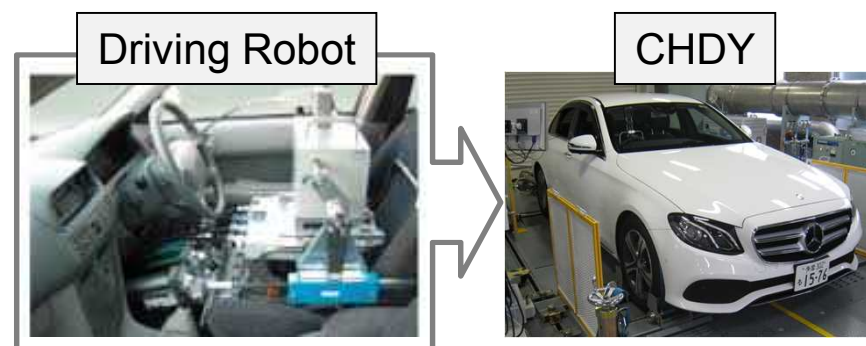
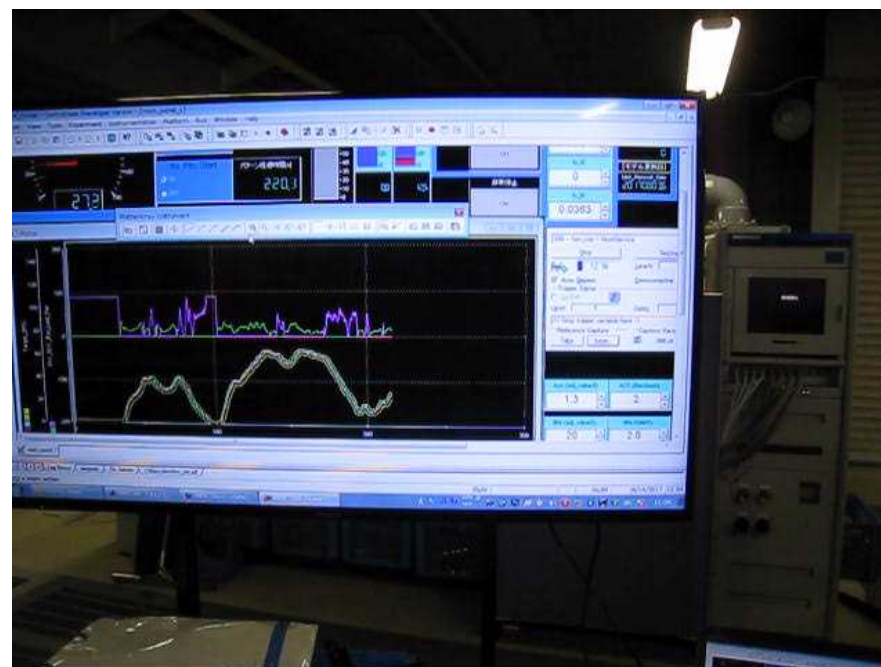
目的

CHDY試験を公平かつ効率的に実施できるように、運転ロボットを用いたドライバの標準化を検討



➤ 下記① & ②を報告する

- ① 人間の運転動作を再現したドライバモデルを構築
- ② ドライバモデルを搭載した運転ロボットでCHDY試験を実施し、人間の運転動作と比較



2. ドライバモデル構築

従来ドライバモデル

車両開発や研究を効率良く行うため、HILS等を用いた仮想車両によるバーチャル走行テストが普及している。

従来ドライバモデル

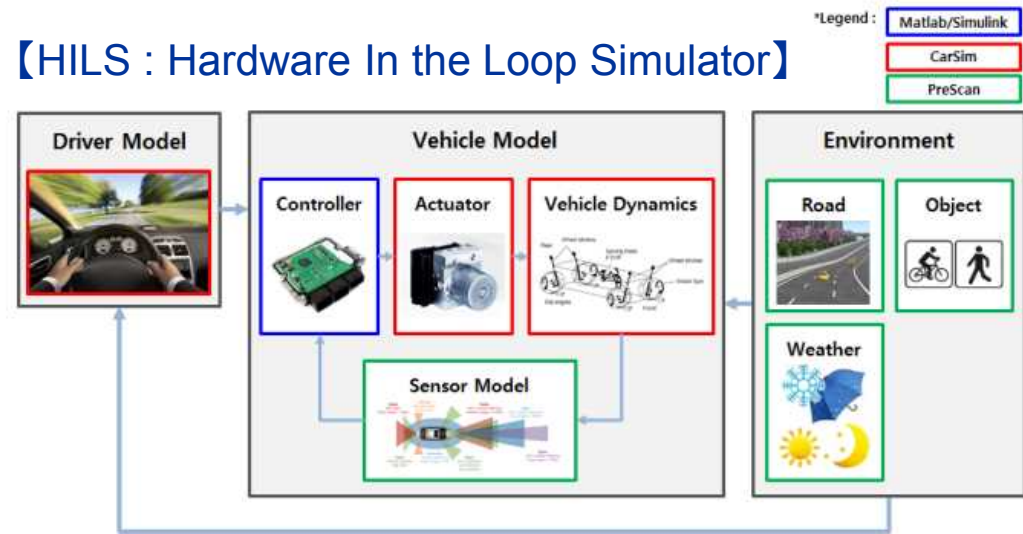
- エンジン等の動力特性に合わせたアクセル開度マップが必要
- 数多くあるパラメータの調整が必要

運転ロボットに適用

- パラメータの調整には、作業者の技量差を生じる : 公平 ×
- 車両一車種を走行させるためには、数週間を要する : 効率 ×

➡ 従来ドライバモデルの指令で運転ロボットを操作した場合、公平かつ効率的に評価することが困難である

【HILS : Hardware In the Loop Simulator】



提案ドライバモデルの構築 (HILS運転)

従来ドライバモデル

- アクセル開度マップが必要
- 数多くあるパラメータの調整が必要

提案ドライバモデル

- マップやパラメータを廃止
- ペダル操作の三要素のロジックを採用

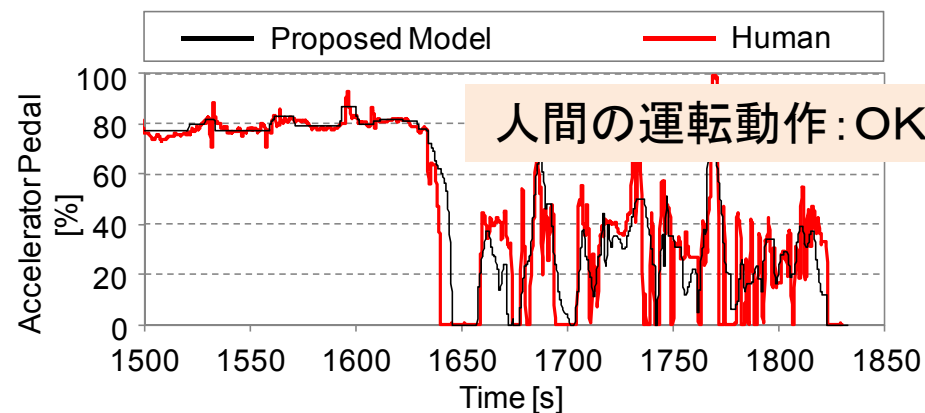
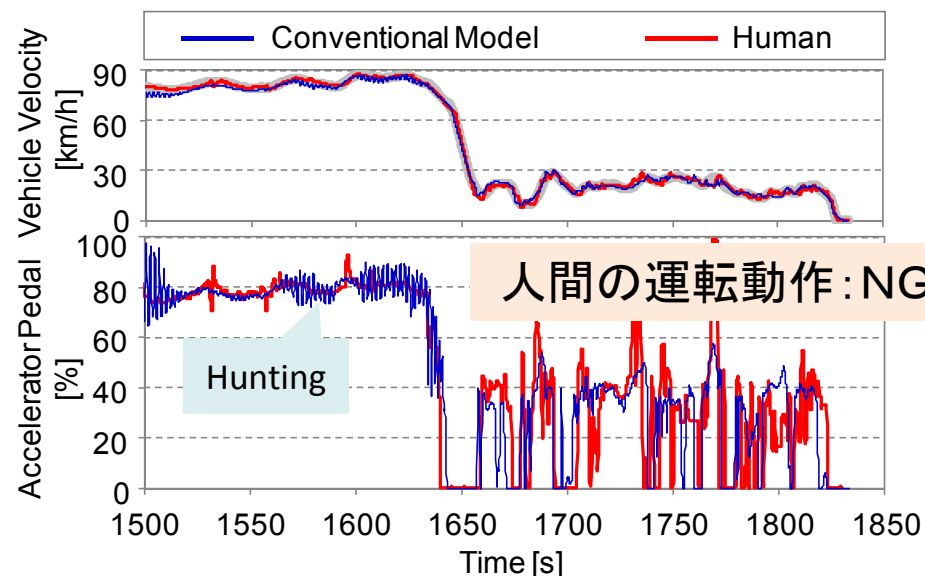
$$acc = \left[\frac{F + V_{fb}(1 - k_1 k_2)}{k_2(k_1 - V_{ref})} + (V_{ref} - V_{fb}) \times a \right] \times k_3$$

① 速さ

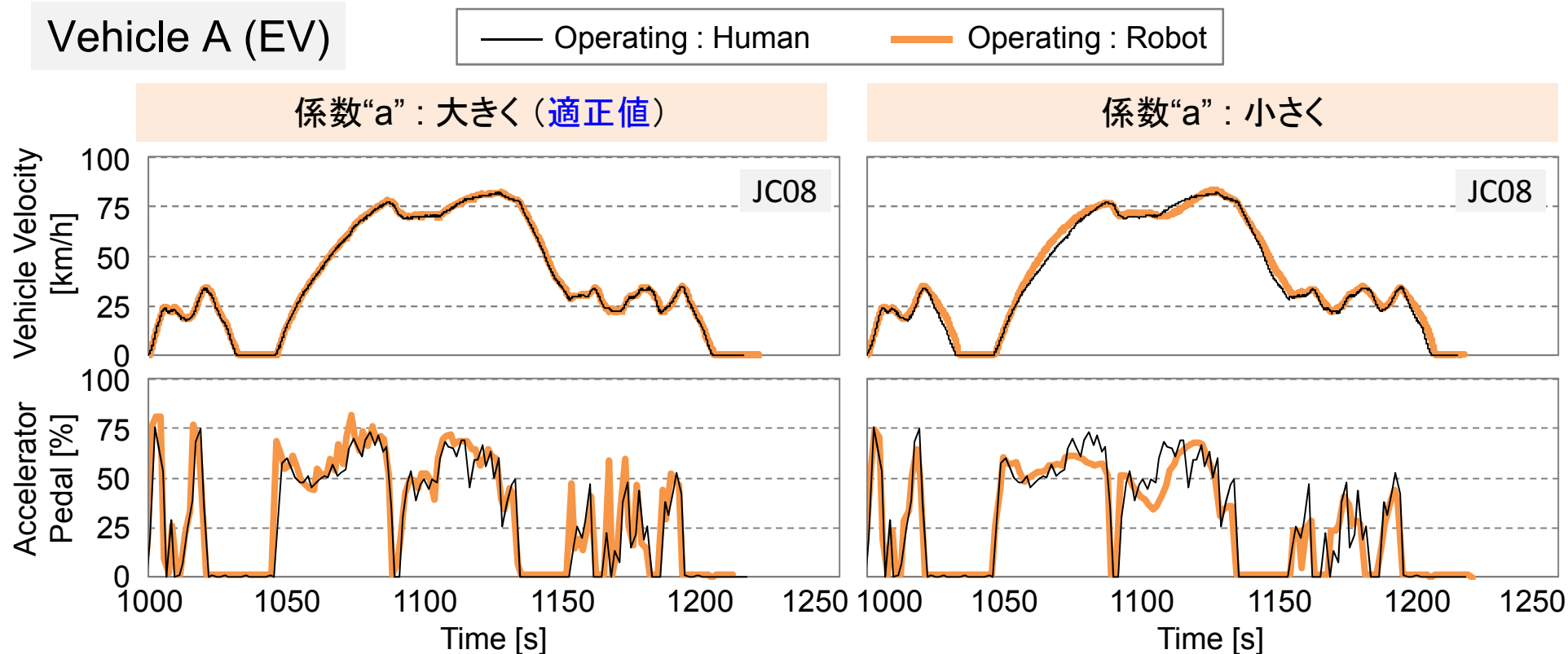
② 頻繁さ

③ 保持

V_{fb} : Feedback Speed[m/s], V_{ref} : Reference Speed[m/s],
 F : Vehicle Force[N], k_1, k_2, k_3 : Value with Vehicle Speed (known value), a : Parameter



提案ドライバモデルの動作例（CHDY運転）



1つのパラメータ(係数“a”) で、人間の運転動作を再現できる

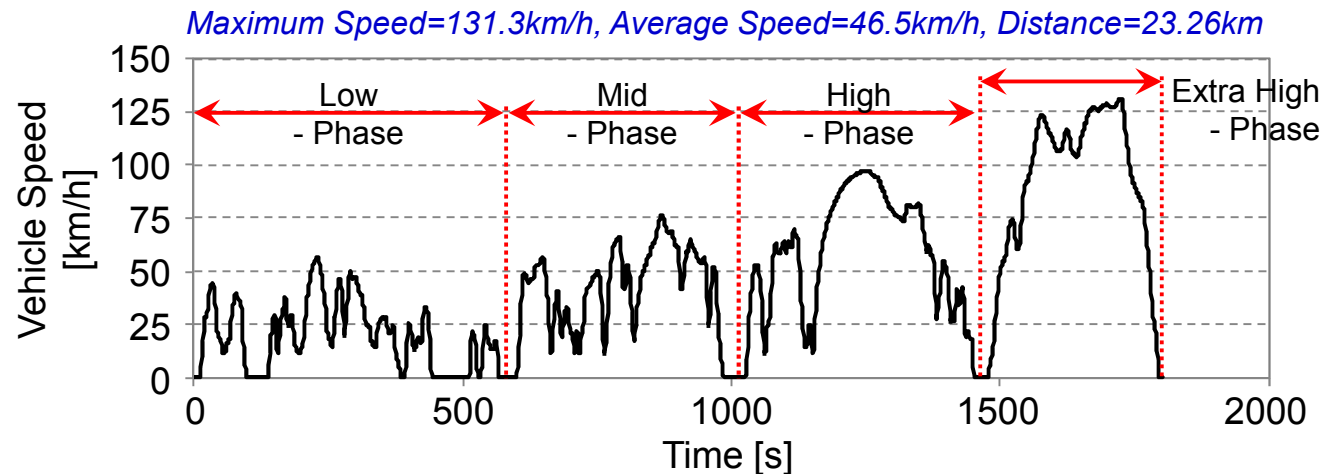
- ・作業者の技量差を生じにくい : 公平○
- ・車両に運転ロボット設置後、試験がすぐに行える : 効率○

➡ 提案ドライバモデルの指令で運転ロボットを操作した場合、公平かつ効率的に評価することが可能となる

3. 評価条件





走行モード

- WLTC (Worldwide-harmonized Light vehicles Test Cycle) を使用
- 4Phaseを走行
(参考: 日本のCHDY試験法は、Extra High Phaseは適用外)
- 車両のコールド状態から試験開始



車両諸元

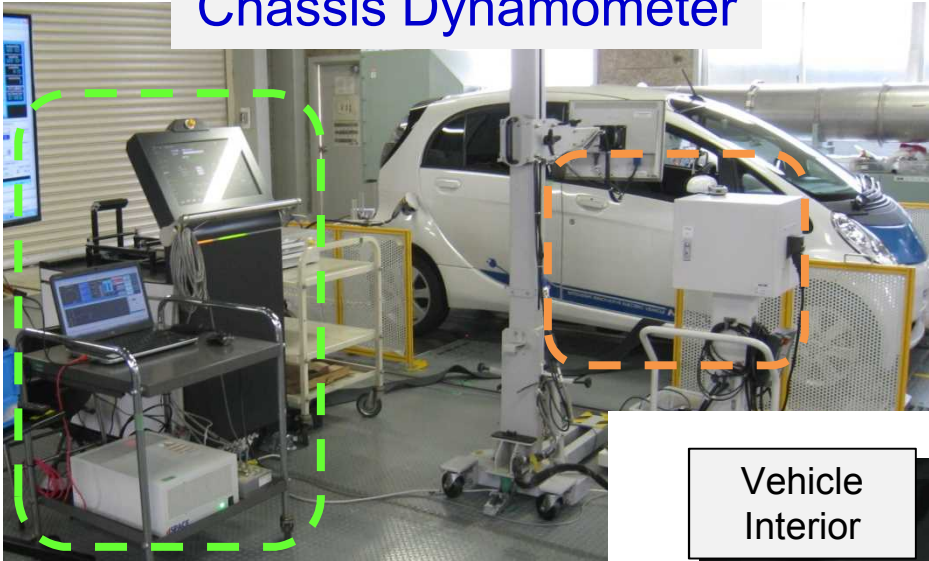
➤ 2ペダル(アクセルペダル、ブレーキペダル)から成る車両を選定

	【Vehicle A】	【Vehicle B】	【Vehicle C】	【Vehicle D】
				
Vehicle Weight [kg] (Unloaded)	1,100	1,410	1,080	1,800
Body Size [m] (L/W/H)	3.39/1.47/1.61	4.48/1.74/1.49	4.19/1.68/1.55	4.93/1.85/1.45
Power Unit	【EV】 Motor	【PHEV】Motor + Gasoline(1.8L/N.A.)	【Gasoline】 Gasoline(1.5L/N.A.)	【Diesel】 Diesel(2.0L/Turbo)
Transmission	—	CVT	CVT	8AT
Drive Line	FR	FF	FF	FR
Tire Size	175/55R15	195/65R15	185/55R15	225/55R17

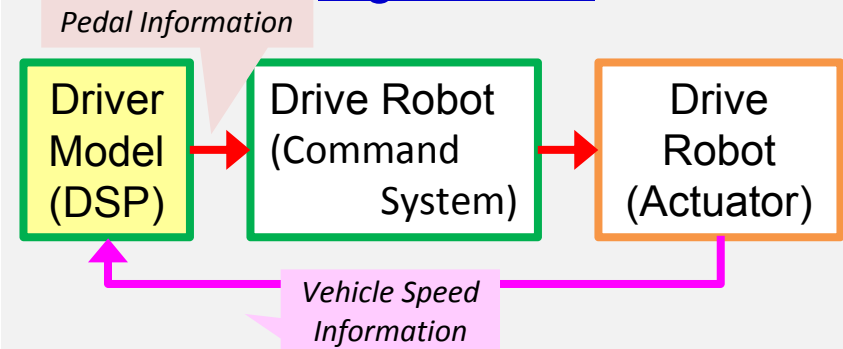
↑
 ↑
Driving Condition : HEV mode
Kei Car : Driving WLTC included Extra-High Phase

運転ロボットの設置状況 & システム構成

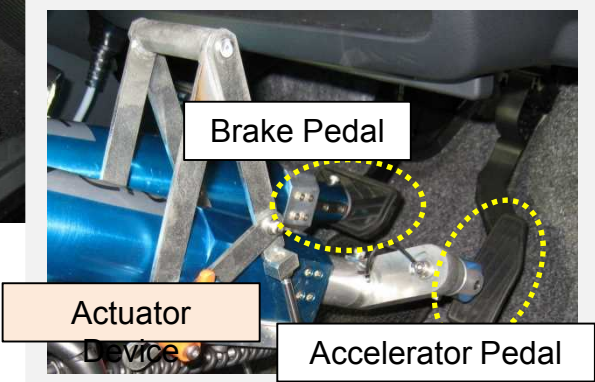
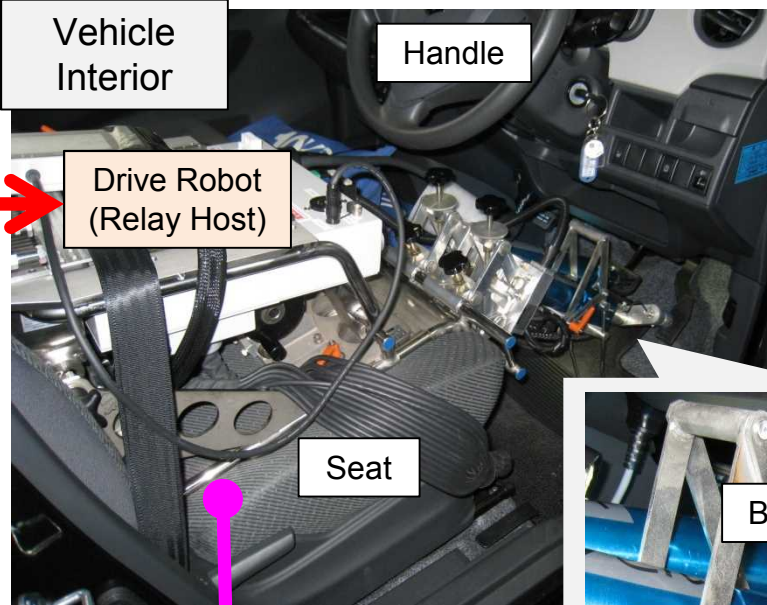
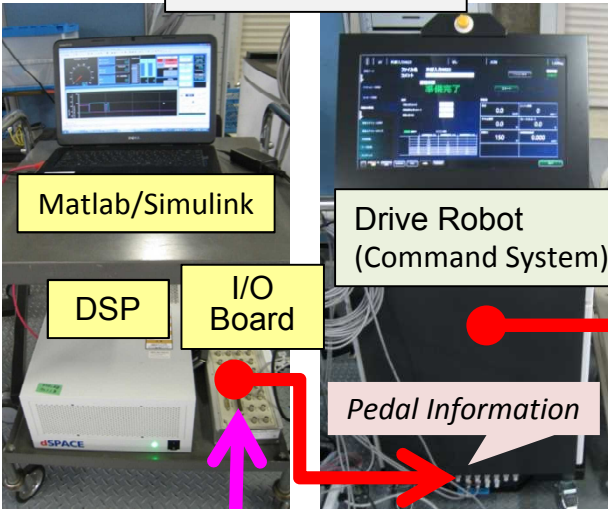
Chassis Dynamometer



Signal Flow



Vehicle Exterior



4. 評価 & 結果

ドライビングインデックス (SAE J2951)

- ✓ **Energy rating (ER)** : Change rate on cycle energy 目標走行と実走行との仕事量比率

 - $ER = (CE_D - CE_T) / CE_T * 100$
 - Cycle energy : $CE = \sum W_i = \sum [(F_0 + F_1 * V_i + F_2 * V_i^2 + 1.015 * ETW * a_i) * d_i]^+$
 - Engine work increment : $W_i = F_{ENGI} * d_i$
 - Engine force : $F_{ENG} = [F_0 + F_1 * V + F_2 * V^2 + 1.015 * ETW * a]^+$
- ✓ **Distance rating (DR)** : Change rate on the distance 目標走行と実走行との距離の比率

 - $DR = (D_D - D_T) / D_T * 100$
- ✓ **Energy economy rating (EER)** : Change rate on the distance per energy DR/ERによる単位仕事当たりの走行距離の比率

 - $EER = [1 - (DR / 100 + 1) / (ER / 100 + 1)] * 100$
 - Combined ER and DR
- ✓ **Absolute speed change rating (ASCR)** : Change rate on the integral of the absolute magnitude of acceleration 目標走行中の加速度と実走行中の加速度の累乗比率

 - $ASCR = (ASC_D - ASC_T) / ASC_T * 100$
 - $ASC = \int t * \sum |a_i|$
 - Integrate the acceleration (= speed fluctuation)
- ✓ **Root mean squared speed error (RMSSE)** : Speed deviation 絶対速度差の二乗平均平方根

 - $RMSSE = \sqrt{(\sum (VD_i - VT_i)^2) / N}$
 - Integrate the difference between target speed(VT) and actual speed(VD)
- ✓ **Inertial Work Rating (IWR)** 目標にかかわる仕事量の変化率

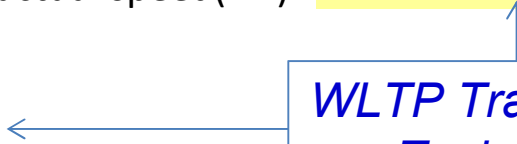
 - $IWR = (IW_D - IW_T) / IW_T * 100$
 - $IW = \sum [M a_i d_i]^+$

【Proposed Criteria】

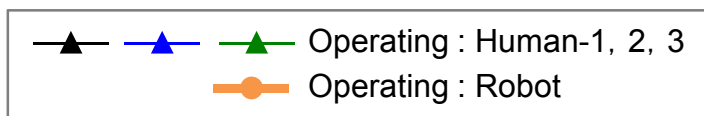
< +0.8 (Japan)
< +1.3 (EC)

【Proposed Criteria】
-2.0 ~ +4.0 (Japan)
-4.0 ~ +4.0 (EC)

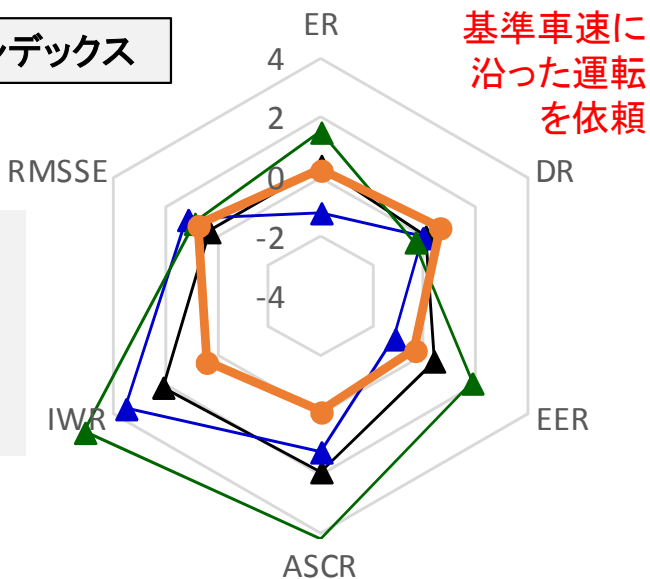
WLTP Trace Index
Task Force



人間の運転動作の再現 (ドライバモデルの調整)



ドライビングインデックス



Proposed Criteria

【RMSSE】

< +0.8 (Japan)

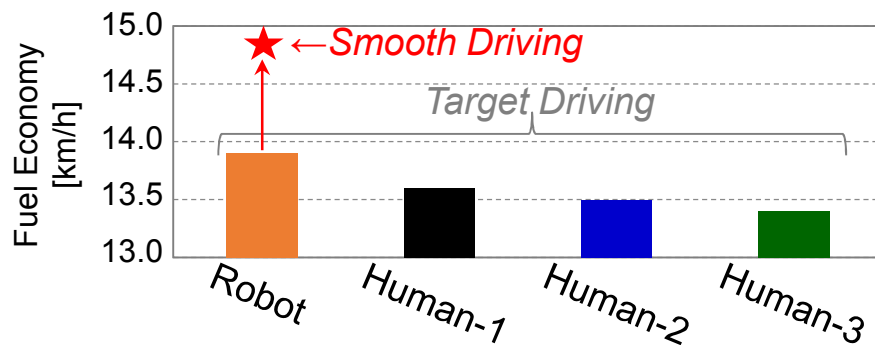
< +1.3 (EC)

【IWR】

-2.0 ~ +4.0 (Japan)

-4.0 ~ +4.0 (EC)

燃費



	<p>【Vehicle E】</p>
Vehicle Weight [kg] (Unloaded)	1,440
Body Size [m] (L/W/H)	4.54/1.84/1.705
Power Unit	【Gasoline】 Gasoline (2.0L/N.A.)
Transmission	6AT
Drive Line	FF

Criteriaを満たすHuman-1をモデルで再現するように、係数“a”を調整し決定する

【結果】ドライビングインデックス

▲ Operating : Human

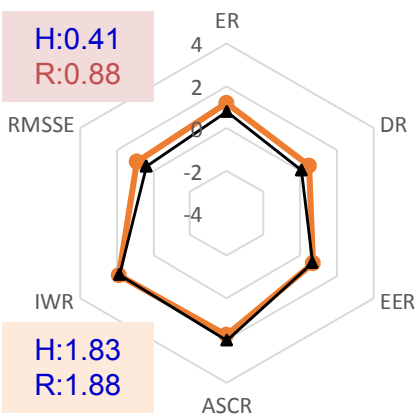
● Operating : Robot

Proposed Criteria

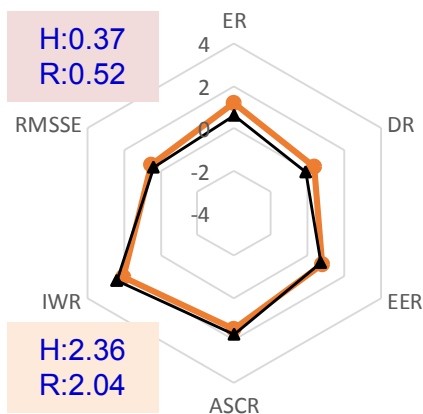
【RMSSE】 < +0.8 (Japan) / < +1.3 (EC)

【IWR】 -2.0 ~ +4.0 (Japan) / -4.0 ~ +4.0 (EC)

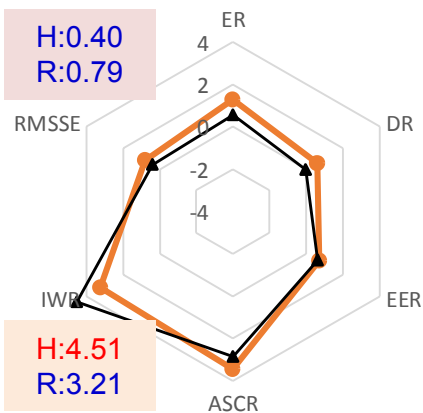
【Vehicle A】



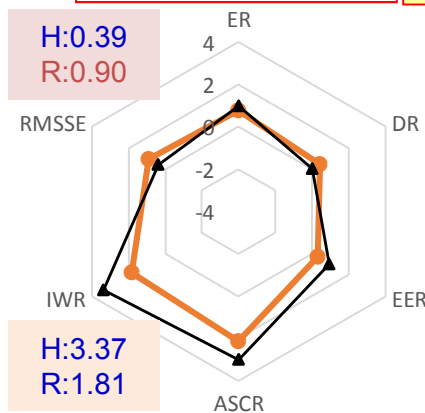
【Vehicle B】



【Vehicle C】



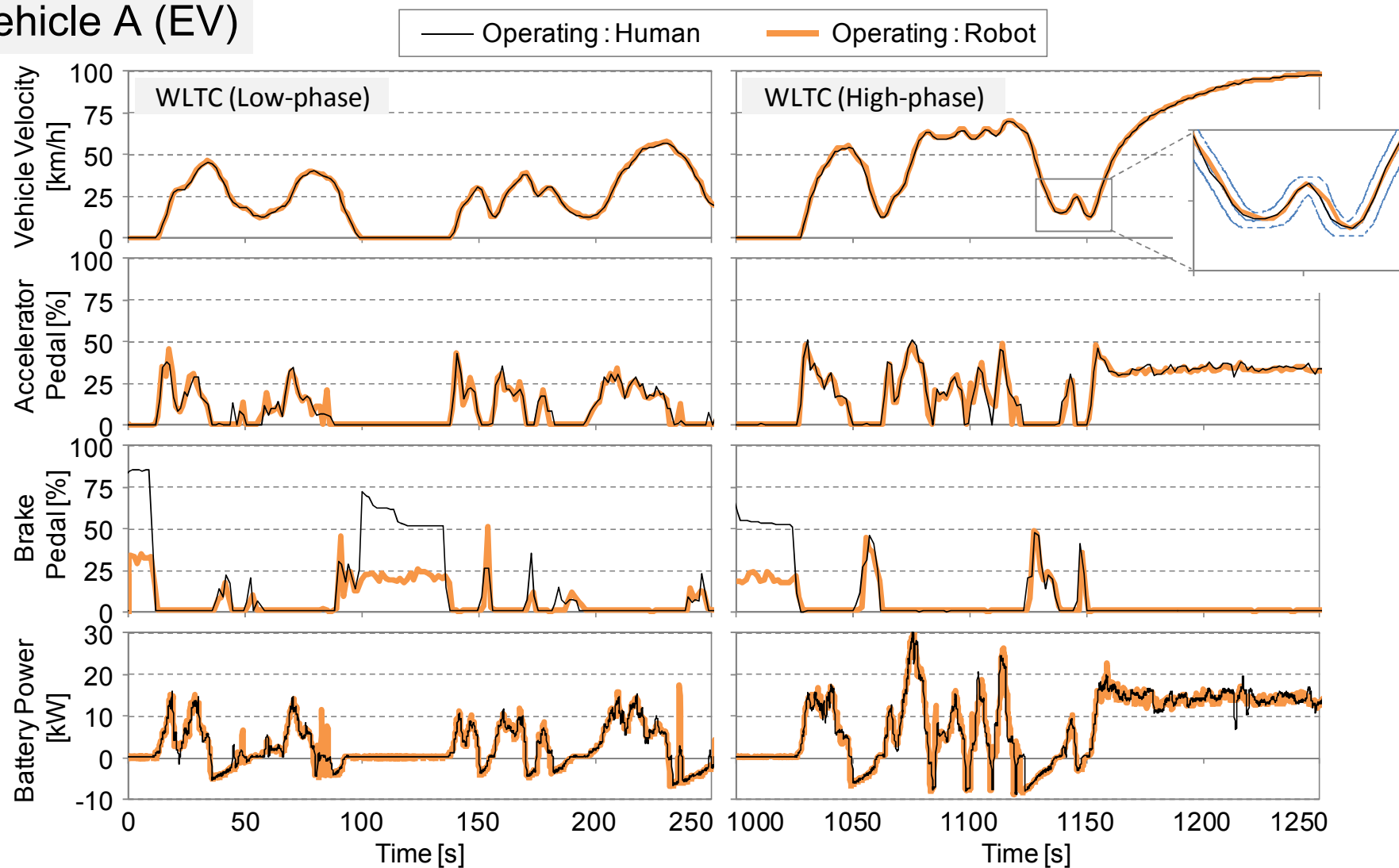
【Vehicle D】



人間の運転動作を
ドライバモデルで再現できた

【結果】車両性能などの履歴

Vehicle A (EV)



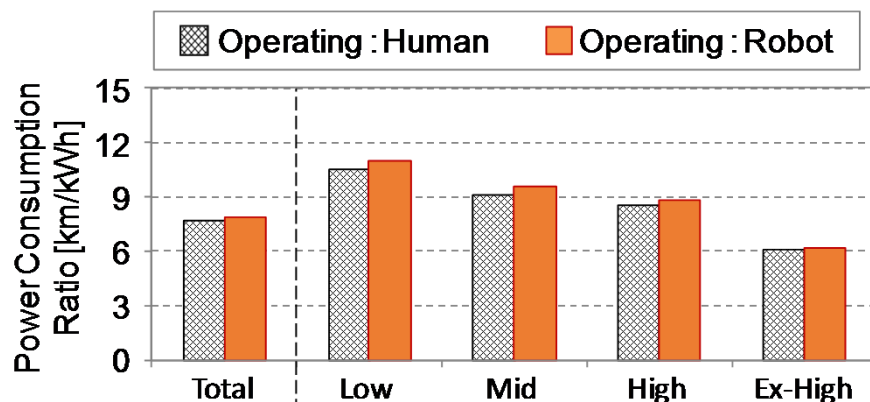
【結果】車両性能などの履歴

Vehicle D (DE)

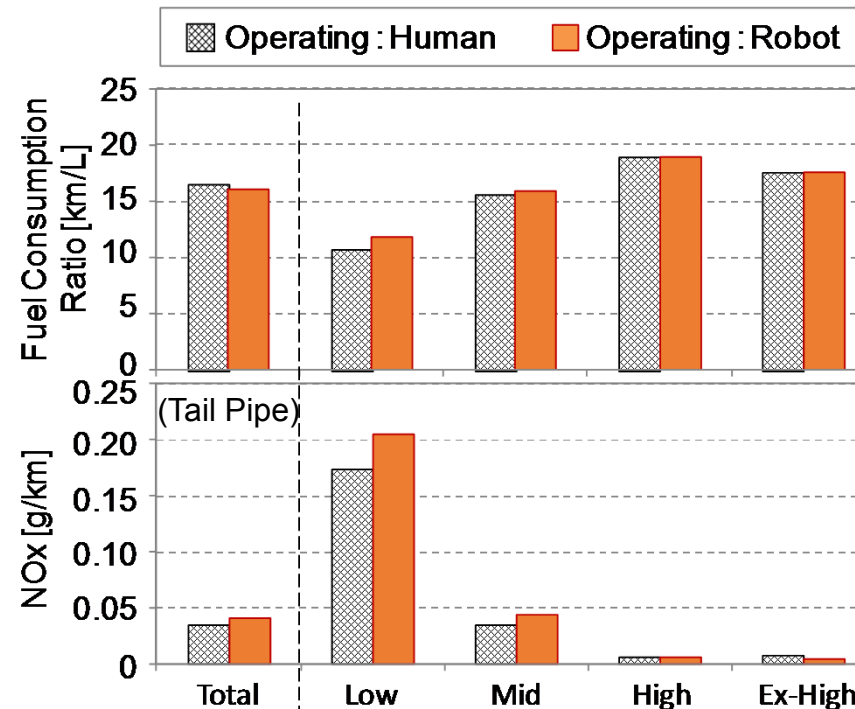


【結果】電費、燃費

Vehicle A (EV)



Vehicle D (DE)

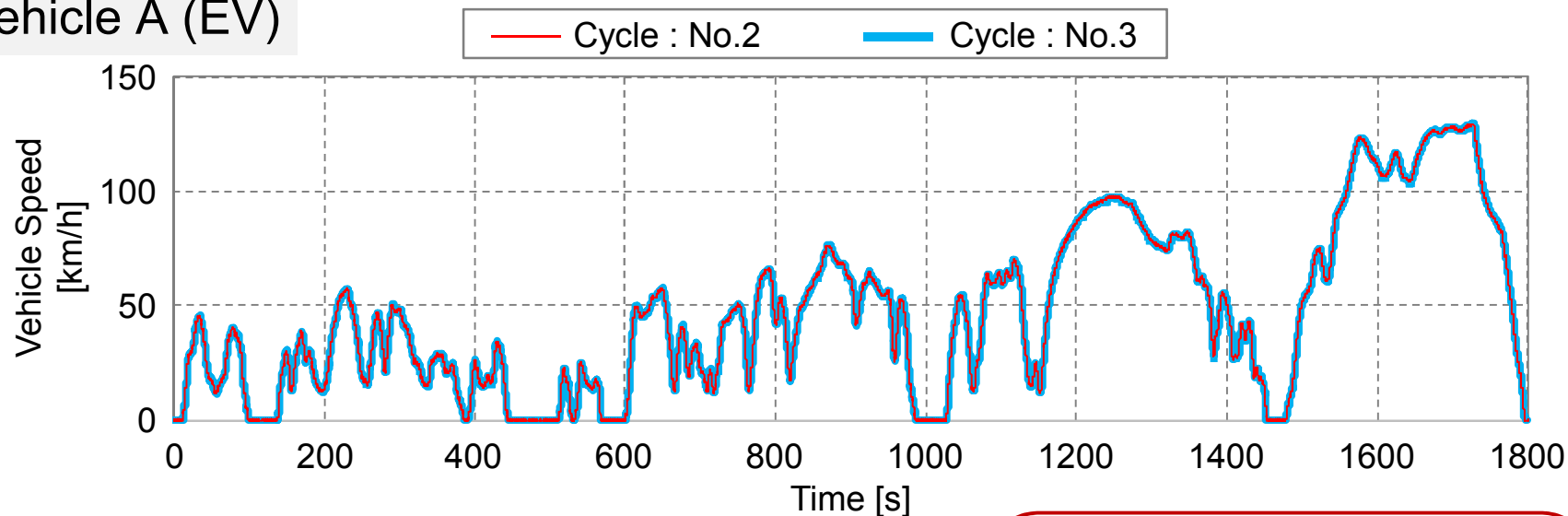


➤ 人間の運転動作を、
運転ロボットで再現できた

➤ コールドスタートに対しても、モデルの変更なしに運転できた

【結果】運転ロボットによるモード繰り返し評価

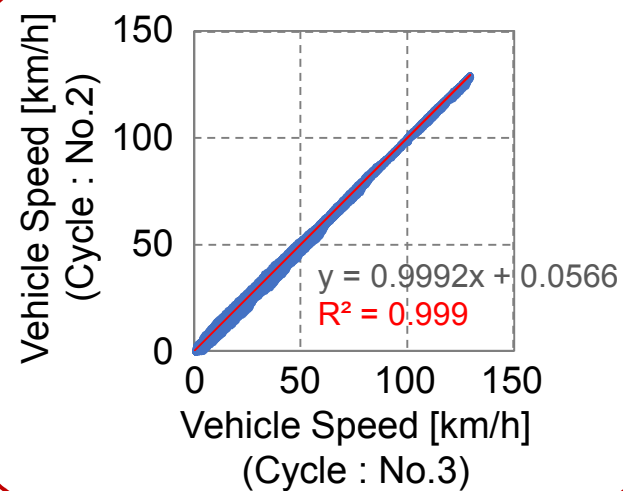
Vehicle A (EV)



EV : 一充電走行距離も評価

モードの繰り返し走行が必要

➤バラつきなく運転できた



5. まとめ

まとめ

調整が簡便なドライバモデルを新たに構築した



本モデルで運転ロボットを制御すれば、

- 座席設置後すぐに、車両走行が行えることを確認した
- 人間と同様の運転動作を確認し、同等の走行性能が得られた
- サイクル毎の性能のバラつきが少ないことを確認した



提案ドライバモデルを標準化し運用すれば、

認証試験時における公平性、効率性が確保でき、
リアルワールド走行時の車両性能に一步近づくと考えられる

ご清聴ありがとうございました