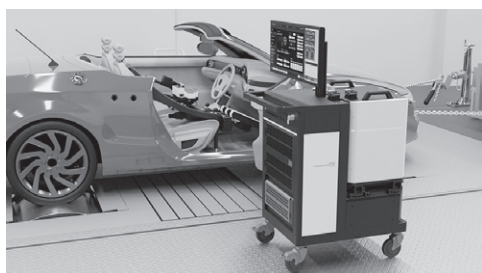


新形ドライブロボットシステム

山口 崇 Takashi Yamaguchi
 兒玉安紀彦 Akihiko Kodama

キーワード ドライブロボット, TYPE-i, 小形軽量化, 高追従性

概要



ドライブロボットシステムの全体概要

近年の自動車開発スピードの向上や技術の複雑化に伴い、試験室での車両評価の必要性和重要性が増加している。試験室は、増加するシャシダイナモメータでの完成車両の運転試験に対して、ドライバの運転時間の増加や運転精度の高要求など課題が大きくなり、ドライバに代わって運転操作を行うドライブロボットへの需要が高まっている。ドライブロボットは、シャシダイナモメータ上で内燃機関車の排ガス試験や電気自動車（EV）電費性能試験など車両開発における自動運転を行う際に使用する装置である。人が操縦するのと同様に、車両のアクセル・クラッチ・ミッション・ブレーキ・イグニッションキーを電動アクチュエータで操作し、任意の試験走行パターンを運転できる。

今回、近年のドライブロボットへの期待に応えるため、アクチュエータ・制御盤・運転制御の刷新を行った。

1 まえがき

現在、シャシダイナモメータ上における車両運転の再現及び寒冷地・高地を模擬した環境試験では、ドライバの代わりにアクセル・ブレーキ・シフト操作を行うドライブロボットの要求が増加している。ドライブロボットの使い勝手に対する要件として、既存のシャシダイナモメータ設備に追加できることや、複数試験室での共用が求められている。

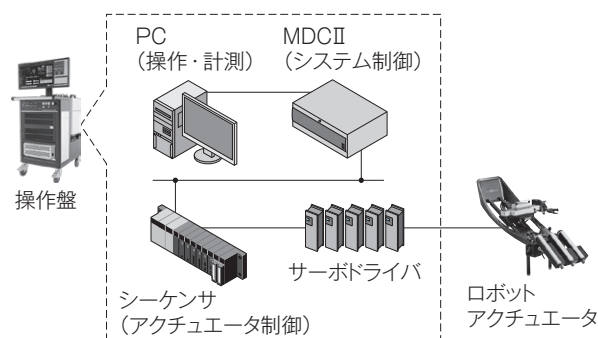
今回、お客様の要望の変化や精度の高まりに応えるため、ロボットアクチュエータ・操作盤・制御を刷新する開発を行った。本稿では、新形ドライブロボット TYPE-iを紹介する。

2 標準仕様

第1図にドライブロボットシステムの構成を示

す。操作盤は、操作計測を行うパソコン（PC）、ロボットのシステム制御を行うコントローラ（MDCII）、アクチュエータ制御を行うPLC（Programmable Logic Controller）及びサーボドライバで構成され、ロボットアクチュエータと接続される。

第1表に標準仕様一覧を、第2図に外形図を示す。



第1図 ドライブロボットシステムの構成

ドライブロボットシステムの全体構成を示す。

第1表 標準仕様一覧

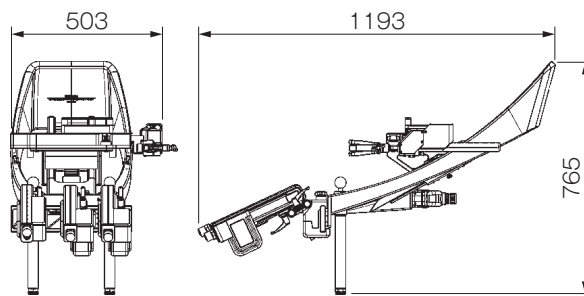
ドライブロボットシステムの主な仕様を示す。

運転操作機能	自動/手動運転
	車速制御 (時間・距離)
	アクセル開度制御
	ブレーキON/OFF
	クラッチ接続/切断
	シフト位置選択
	アクチュエータストローク範囲調整
学習機能	駆動力特性収録
質量	アクチュエータ：23.5kg (フレーム・シフト・アクセル・ブレーキ・クラッチアクチュエータ含む)
	操作盤：105kg
編集機能	運転スケジュール編集
	1モード 最大20万ステップ
	ファール判定機能
	ステップ移行条件 (時間・距離・計測)
表示機能	アナログ表示・デジタルメータ・バーグラフ
	時系列表示
計測機能	サンプリング周期：最小1ms
	スケジュール連動機能
	結果出力 (CSV・AT・TFX)
	汎用アナログ入力/出力
	OBD情報計測
使用環境	アクチュエータ 周囲温度：0-40℃，周囲湿度：RH30-80%
	制御ワゴン 周囲温度：0-40℃，周囲湿度：RH30-80%
	オプション シートカバー・オプション固定用アーム・シフトチャッキング
アクチュエータ操作力	定格操作力・ストローク
アクセル	160N/150mm 0.2s
ブレーキ	400N/200mm 0.4s
クラッチ	250N/200mm 0.3s
シフト	140N/250mm 0.2s
セレクト	120N/200mm 0.2s

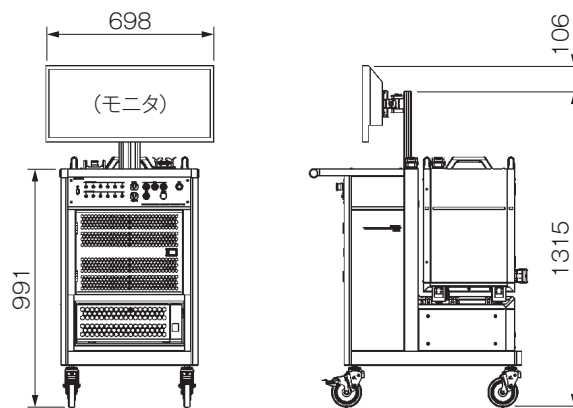
3 新形ロボットアクチュエータ

従来のロボットアクチュエータは、総質量約70kgかつパーツごとに中腰で車両に乗せていたため、設置作業が重労働であった。作業者の負担軽減や年齢性別を問わず作業したいという要望に応えるため、大幅な軽量化に取り組んだ。

全体構成として、今回の開発品はデザイン部門監修の下、人と車両に優しいデザインを取り入れながらも炭素繊維強化プラスチック (CFRP) フレーム



(a) ロボットアクチュエータ



(b) 操作盤

単位：mm

第2図 外形図

(a) ロボットアクチュエータ及び (b) 操作盤の外形寸法を示す。



(a) シフトアクチュエータ着脱

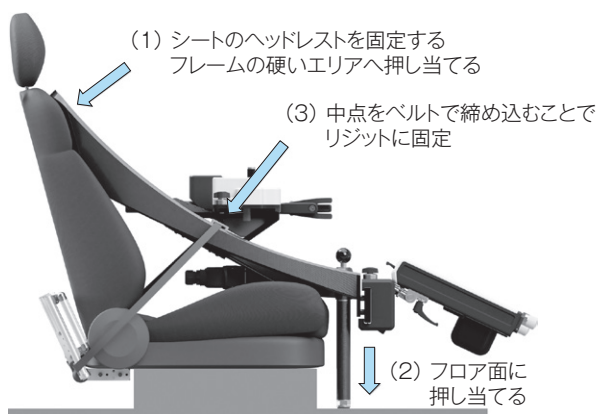
(b) ペダルアクチュエータ着脱

第3図 分割部品の着脱方法

(a) シフトアクチュエータの着脱方法と (b) ペダルアクチュエータの着脱方法を示す。

や樹脂成形品による構造の最適化と分割構造を取り入れ、部品数の削減と総質量23.5kgとする軽量化を達成した。パーツ単位ではそれぞれ8kg以下のため、誰でも容易に設置できる。またアクチュエータ固定と同時に電気配線の接続も完了するコネクタ一体形のアクチュエータ保持構造を考案し、煩雑なケーブルの接続作業を不要にした。第3図に分割部品の着脱方法を示す。

座席への設置方法として、自動車の座席は人に優



第4図 車両への固定方法

シートへ乗せるのではなく、シートと車両そのもののヘルベルトで締め込み固定することで固定強度と利便性を両立している。



第5図 ロボットアクチュエータ

ロボットアクチュエータの外観を示す。

しく柔らかく作られているため十分な固定が難しく、作業する人によって、車両の制御精度や走行によるズレで再現性に大きな差が発生していた。第4図に示すように固定方法を再考し、図中(1)のシートのフレーム部と図中(2)のフロアの足の2点を、図中(3)のスリングベルトで締め込む3点固定式によって、習熟度に依存しない強固な固定を実現した。シートにロボットを座らせベルトで固定するだけで、簡単かつ短時間での座席搭載ができる。

第5図にロボットアクチュエータの外観を示す。前述した大幅な軽量化と誰でも簡単に設置できる扱いやすさなど、作業者の負荷を軽減する開発コンセプトが高く評価され、二つのデザイン賞を受賞している。



第6図 ドライブロボット操作盤

ドライブロボット操作盤を示す。

- (1) 2021年グッドデザイン賞受賞⁽¹⁾
- (2) 2022年レッドドット・デザイン賞受賞 (Red Dot Award 2022)⁽²⁾

4 新形操作盤

第6図にドライブロボットの操作盤の外観を示す。ドライブロボットを操作・制御する操作盤は、当社独自の移動形操作盤である。ドライブロボットと同様に、従来製品が165kgであったものを105kgへ小形軽量化したことで可搬性を向上させた。操作盤構成のうち、サーボドライバユニットは盤から分離設置ができるようにしてあるため、試験室と操作室の間で遠隔操作など、試験環境に即した柔軟な機器レイアウトができる。操作画面は見やすさと使いやすさを向上させ、ドライブロボットとのデザイン協調、制御性能の改善などソフトウェアの面でも従来品に対して大幅に操作性を向上させた。

5 新制御方式

第7図にドライブロボット制御におけるドライバモデルの例を示す。従来はアクセル側のみであっ

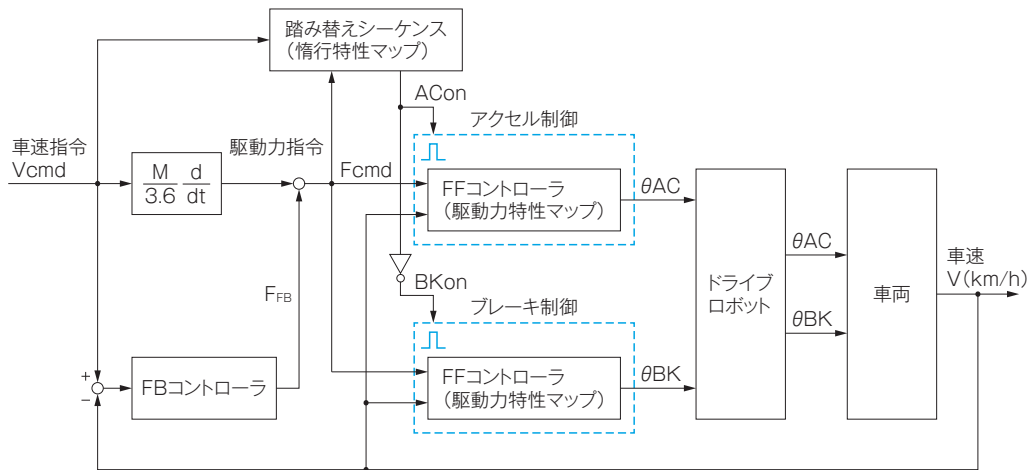
た駆動力特性の計測に加え、ブレーキ側の制動力特性や惰行特性など、車両特性の獲得機能を強化した。制御構造の見直しとともに、車両特性をアクセル・ブレーキ制御や踏み替えシーケンスに反映させた。車両特性は、学習モード運転による走行データを自動収録と自動解析で求める。本車両特性計測試験は、運転調整の一環として操作パネルからボタン一つで実行できる。

車両ごとに特性を細かく正確につかむことで、高い追従性を生み出すアクセル・ブレーキワークや、最適な踏み替え判断を実現した。

6 実車試験例

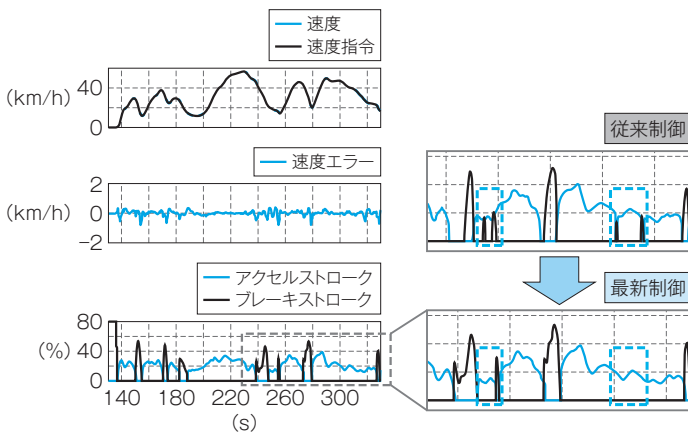
新形ドライブロボットを用い、StepAT・無段変速機 (CVT)・ハイブリッド自動車 (HEV)・電気自動車 (EV) を含む乗用車型19車種に対して運転試験を行った。

第8図にWLTC (Worldwide-harmonized Light vehicles Test Cycle) とNEDC (New European Driving Cycle) 走行結果における旧ドライブロボットとのアクセル・ブレーキの動作比較を示す。従来制御と比べ新制御では踏み替え回数が減少し、人の走行と同じような最適な踏み替え判断が行える。

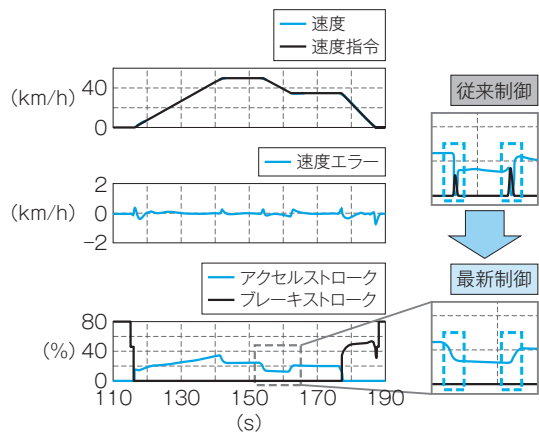


第7図 ドライブモデル例

ドライブロボット制御のシステム概要を示す。



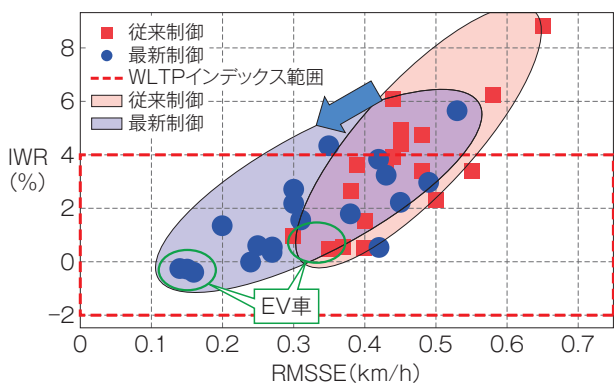
(a) WLTCの結果



(b) NEDCの結果

第8図 アクセル・ブレーキ動作の様子

WLTC 走行時の走行結果及びアクセル・ブレーキの改善の様子を示す。



第9図 運転指標相関

19車種走行におけるDriving Index評価結果 (RMSSE vs IWR) を示す。

第9図に運転指標相関を示す。WLTC走行結果について、運転結果の基準車速と実車速との乖離を測るWLTP (Worldwide harmonized Light-duty Test Procedure) のドライビング・インデックスのうち、IWR (Inertia Work Rating) とRMSSE (Root Mean Square of Speed Error) を軸としたマッピング結果である。各点が車両ごとの結果で、■が従来制御による結果、●が最新制御による結果である。なお、WLTP指標としてRMSSEは1.3km以下、IWRは-2.0～4.0%以内である。従来制御ではいくつかの車両がWLTP指標外にいるが、最新制御ではWLTP指標内により多くの車両を収めることができる。全体傾向としても運転指標が向上し、特にEV車両では車両自体の制御性の良さをロボット制御が十分に引き出し、プロドライバ並の高いスコアを実現した。

7 むすび

新形ドライブロボットTYPE-iを紹介した。ドライブロボットは、長時間・同じことの繰り返し・厳しい環境下など人への負担が大きい試験、同一条件での繰り返し精度を求める試験などで需要の高い製品である。

今後も、ロボットの車速追従性・小形軽量化と耐久性の両立・運用利便性など、性能と品質の向上に努め、お客様の要望に応える製品を提供していく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《参考文献》

- (1) 2021年度グッドデザイン賞受賞
<https://www.g-mark.org/award/describe/52086> (2023年1月12日)
- (2) 2022年レッドドット・デザイン賞 (Red Dot Award 2022) 受賞
<https://www.red-dot.org/project/driverobot-type-i-rbt-2020-58226> (2023年1月12日)

《執筆者紹介》



山口 崇
Takashi Yamaguchi
モビリティ T&S 技術部
動力計応用製品のシステムエンジニアリングに従事



兒玉安紀彦
Akihiko Kodama
モビリティ T&S ユニット
動力計応用製品の制御装置の開発に従事