

自動車試験機向け制御アプリケーションの開発

Development of Control Application for Automobile Test Bench System

In recent years, the reduction of developing time and cost is becoming less and less in automotive development. It is important to review cost, ecology and install period of automobile test bench. Until now, our company has designed and supplied the motor which imitates the behavior of an engine or vehicles, and the inverter which drives it. And we developed a high speed and high spec digital controller which generalizes this changeable velocity drive system and controls so far.

This time, we developed control application which applies to the digital controller for automobile test bench system. This paper shows the introductions of control application for the digital controller. Our control application has enough tools to test all manner of evaluation. And, we have some results of equipment verifications using our control application.

五十嵐 祐介
Yusuke Igarashi

近藤 謙太郎
Kentaro Kondo

小林 博信
Hironobu Kobayashi

須永 智
Satoshi Sunaga

1. まえがき

近年、自動車メーカーの自動車開発において、開発期間の短縮と開発費用の削減が図られている。そのなかで、自動車試験機に対し、コスト、エコ、導入期間などの改善が急務となっている。

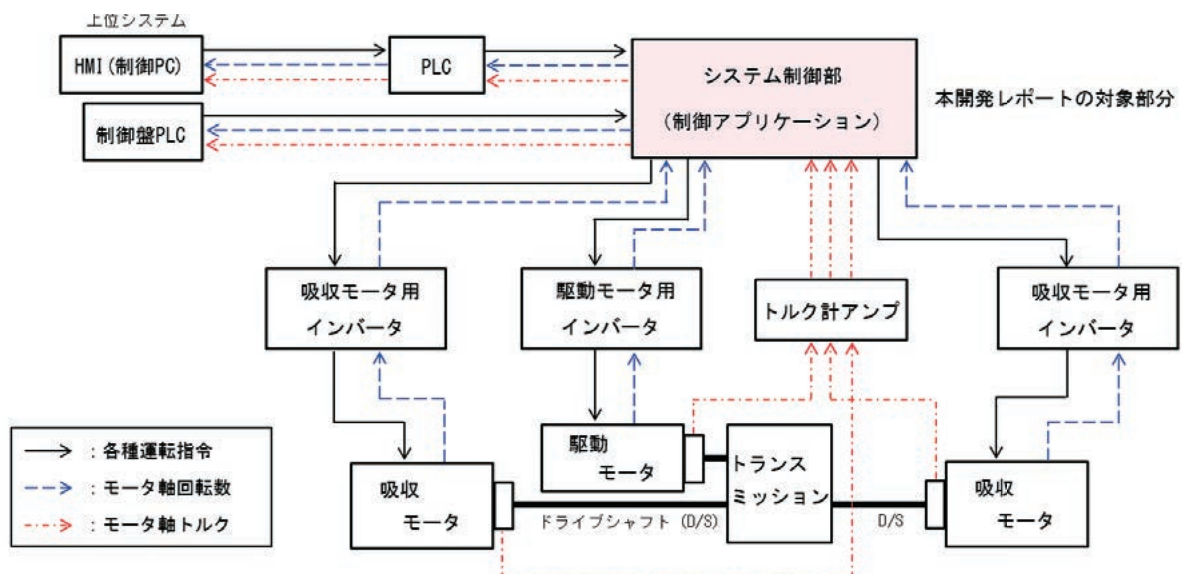
当社はこれまで、自動車試験機に使用されるインバータおよびモータを提供し、さらには可変速ドライブシステムの高性能化を実現するために、高速・高性能のデジタルコントローラを開発してきた^[1]。

今回、デジタルコントローラに実装するための自動車試験機向けの制御アプリケーションを開発したので説明する。

2. システム構成

今回開発した本制御アプリケーションを用いたシステムの構成例を図1に示す。図1はFF-トランスミッションのモータ駆動ベンチシステムの構成例であり、エンジンを模擬する駆動モータと前輪の左右タイヤを模擬する吸収モータがトランスミッションとドライブシャフトで接続されている。

上位システムはシステム制御部へ各種運転指令値を送る。システム制御部は各種運転指令値に応じ、個々のインバータへの指令の演算を行い、それぞれのインバータは個別のモータを制御する。



■ 図1 自動車試験機向けの制御アプリケーションを使用したシステム例
Fig.1 An example of Automobile testing system

3. 制御アプリケーション

3.1 駆動モータ用機能

本制御アプリケーションにおける駆動モータ用の主な機能を以下に説明する。

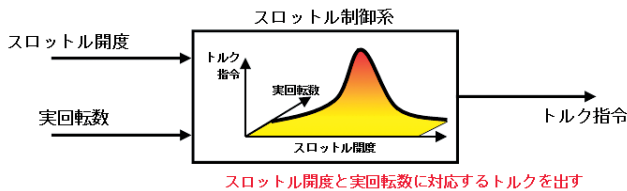
(1) 回転数、軸トルク制御 (ASR, ATR)

ASRはモータの回転数を指令回転数と一致させるように制御を行う。ATRはモータの軸トルクを指令軸トルクと一致させるように制御を行う。

(2) スロットル開度制御 (AθR)

図2にスロットル開度制御の概略を示す。スロットル開度と回転数を入力し、エンジンの出力トルクを決定するエンジンマップより出力されるトルク指令が駆動モータへ入力される。

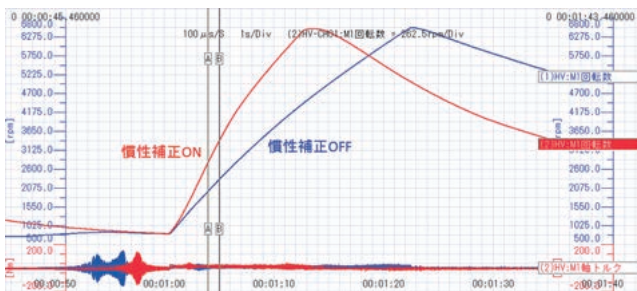
操作盤からアイドル指令が来た場合には、比例制御によりアイドル回転数までモータの回転数を立ち上げながらエンジンのクランキングを模擬する。



■ 図2 スロットル制御系
Fig.2 Throttle opening control

(3) 電気慣性制御

エンジン軸を模擬するための慣性補正制御機能である。ATRの回路を利用して電気慣性制御の機能を実現する。図3は慣性補正制御によりモータ軸慣性を見かけ上軽減することによって、同トルクでの回転数の加速率を上げた例である。



■ 図3 電気慣性制御の例
Fig.3 An example of Electric inertia control

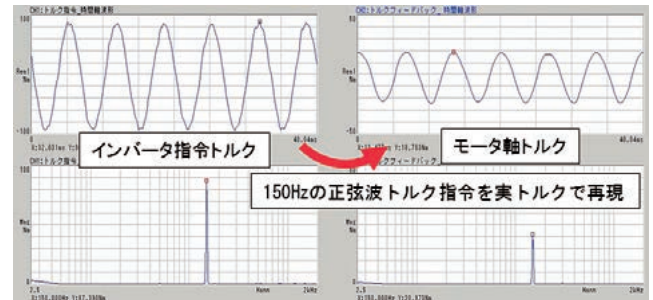
(4) 回転加振機能

エンジン爆発変動トルクの模擬トルク出力を行うことで、駆動モータにてエンジンを模擬する加振機能を以下に説明する。

(a) 正弦波加振

エンジンの爆発トルク変動一次周波数を再現するため、周

波数を回転数に追従させる正弦波をエンジンマップに加算し、トルク指令とすることで加振する。図4に図1のシステムにおいて正弦波加振の運転を行った場合の例を示す。



■ 図4 正弦波加振機能の例
Fig.4 An example of Sine wave vibration control

(b) 実働波加振

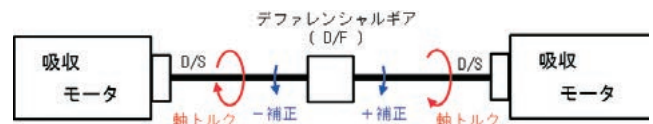
エンジン1サイクル(720度分)のトルク波形を1度ごとに設定して加振する。先に説明したエンジンマップへ加算する機能の有り/無しを選択できる。

3.2 吸収モータ用機能

本制御アプリケーションにおける吸収モータ用の主な機能を以下に説明する。

(1) 回転数、軸トルク制御 (ASR, ATR)

ASRはモータの回転数を指令回転数と一致させるように制御を行う。吸収側が複数ある場合は実車のタイヤに相当し、デファレンシャルギアで差動回転を付ける際は各モータ回転数指令を変化させる。ATRはモータの軸トルクを指令軸トルクと一致させるように制御を行う。吸収側が複数ある場合は各モータの軸トルク値をそのまま用いるか、それらの平均値を用いるかを選択できる。また、差回転数を0とする差動制御も行える。図5にATR制御時の差動制御の概略を示す。



■ 図5 差動制御
Fig.5 Differential control

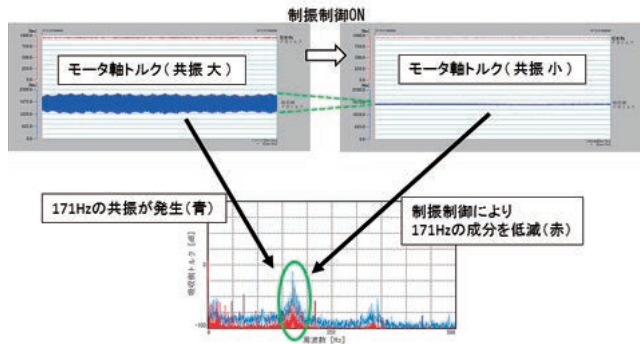
(2) 負荷制御 (ALR)

車重や地面との接触抵抗などを模擬する機能である。ATRの回路を利用して電気慣性制御と走行抵抗の機能を実現する。

3.3 駆動・吸収モータ共通機能

共通機能としてノッチフィルタとトルク微分の制振機能を実装している。

ノッチフィルタは高周波帯域における振動極が制御により不安定化して増幅されることを防止し、ゲインの向上を図り、整定精度を上げる。トルク微分は軸トルク値を利用して共振周波数帯域にダンピングを付加する。図6に制振制御により軸トルクの共振を抑えた例を示す。



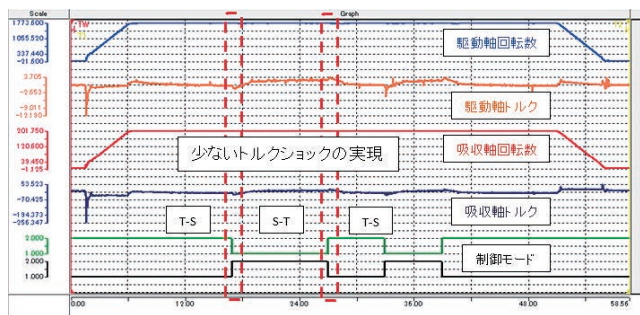
■ 図6 制振制御例
Fig.6 An example of Damping control

4. 適用・運転事例

以上で説明した機能を総合的に用いた適用例や運転事例として、バンプレス、エンジンモデルからのエンジントルクへの追従とパターン運転の三点を説明する。

4.1 バンプレス

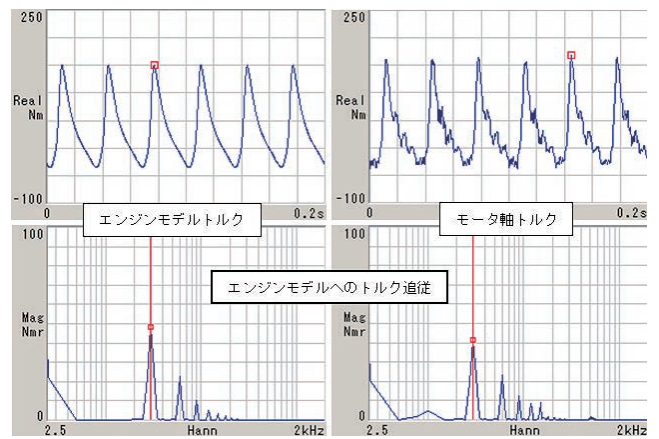
主にATR/ALR(トルク制御)→ASR(回転数制御)へと制御モードを切り替えたときの軸トルクショックを軽減する。図1のシステムにおいてバンプレスによる運転を行った例を図7に示す。図中の点線部のように、制御モードを切り替え時の軸トルクショックが少ないことが確認できる。



■ 図7 バンプレス運転例
Fig.7 An example of Bump less

4.2 エンジンモデルによるトルク加振

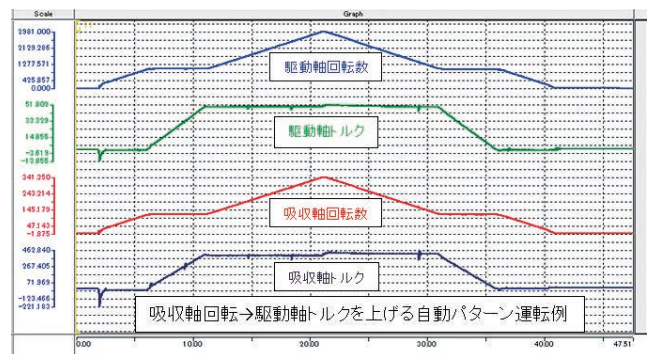
エンジンモデルから出力されたエンジントルクを指令として駆動モータを運転する例である。図8の左上のエンジンモデルからのトルクを駆動モータにかけている。



■ 図8 エンジンモデルトルクおよび軸トルク
Fig.8 An example of Model torque and Real torque

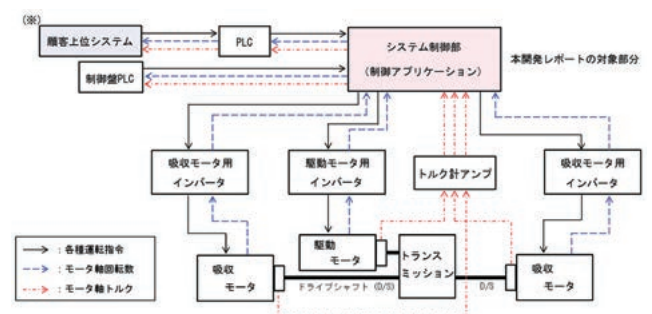
4.3 パターン運転

顧客が持つ上位のシステムからのモータ回転数や軸トルクをパターン運転の指令値として、通信を用いて本制御アプリケーションへ与え、試験システムを動かす例である。図9にパターン運転時の回転数や軸トルクの様子を示す。



■ 図9 パターン運転例
Fig.9 An example of Testing pattern running

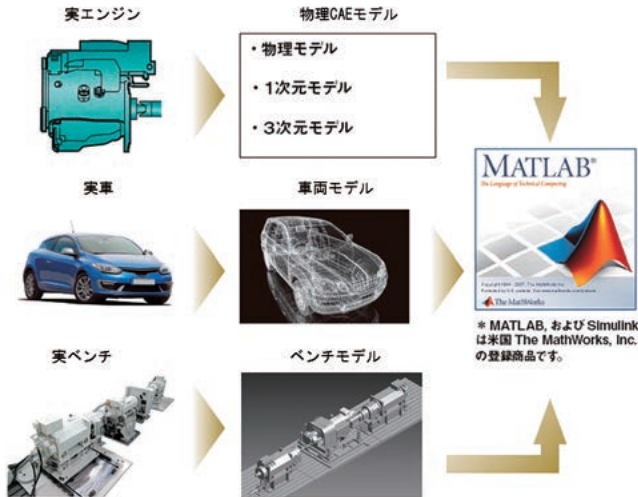
図10にパターン運転時のシステム構成を示す。(※)の部分が顧客の上位システムに相当する。



■ 図10 パターン運転時のシステム構成
Fig.10 A system with Customer's upper controller

5. 課題

本開発レポートの自動車試験機向け制御アプリケーションは3章で挙げた機能以外にも、より高度な自動車試験のニーズに対応するためにエンジンモデルや車両モデルの実装が可能である(図11)。



■ 図11 各種モデルへの対応

Fig.11 Application to Models from Real objects

エンジンモデルは、実物(構成要素)の物理パラメータよりモデルを作成し、エンジントルクを再現する。車両モデルは、車両の構成要素から車両の挙動を示すモデルを作成し、吸収

モータへの指令として車両ダイナミクスを再現する。これらのエンジンモデルと車両モデルは現在開発中である。

また、ベンチの高性能化に伴い、各種試験機のベンチが固有にもつ共振周波数も問題となる。ベンチ固有の共振周波数は極力ないことが望ましく、試験の精度に大きく影響する。事前に共振周波数を知ることが非常に重要であり、同定手段についても現在開発中である。

6. むすび

以上、自動車試験機向け制御アプリケーションの開発について紹介した。

当社は高度な可変速ドライブ制御を可能とする、ハードウェアとソフトウェアを組み合わせたシステムを用いて、モデルベースの自動車開発プロセスに寄与することを次の目標において、自社のモータドライブシステムのさらなる発展を目指す所存である。

MATLAB/SimulinkはMathWorks社の登録商標です。

参考文献

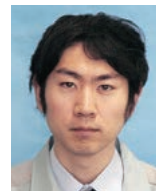
- [1] 小谷, 鬼塚:「 μ GPCdsPの開発」東洋電機技報120号, 2009年, pp.14-19
- [2] 五十嵐, 鬼塚, 近藤, 加藤:「自動車試験機向け計測制御システムの開発」東洋電機技報127号, 2013年, pp.19-23

執筆者略歴



五十嵐 祐介

1996年入社。現在、産業事業部開発部試験機開発課に所属し主に自動車試験機のシステム開発に従事。



近藤 謙太郎

2007入社。現在、産業事業部開発部試験機開発課に所属し主に自動車試験機のシステム制御開発に従事。



小林 博信

2009年入社。現在、産業事業部開発部試験機開発課に所属し主に自動車試験機の制御系ソフトウェア開発に従事。



須永 智

2013年入社。現在、産業事業部開発部試験機開発課に所属し主に自動車試験機の制御系ソフトウェアおよびシステム制御開発に従事。