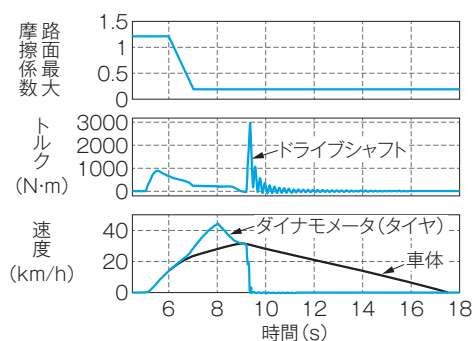


実路走行負荷を模擬するための ドライブトレインベンチ制御技術

秋山岳夫 Takao Akiyama
澤田喜正 Yoshimasa Sawada

キーワード ドライブトレインベンチ, ダイナモメータ制御, 実路走行負荷

概要



タイヤスリップの再現シミュレーション

ドライブトレインベンチの出力軸ダイナモメータで、様々な路面上を走行している状況を模擬するためのダイナモメータ制御技術を開発した。従来の出力軸ダイナモメータの制御は、タイヤが路面にグリップしている状況での走行のみを模擬していた。今回開発した制御技術では、雪面など滑りやすい路面上でのスリップ現象を模擬することができる。

また、タイヤがスリップした時に急ブレーキを踏むと、ホイールロック現象やインパルス状のドライブシャフトトルク変化が発生するが、このような現象を模擬するためのブレーキ制御回路も開発した。開発した制御技術で、様々な状況の実路走行を模擬したドライブトレイン試験を実施できる。

1 まえがき

近年の自動車に対する環境性能要求の高まりに伴い、変速機やトルクコンバータなどの自動車部品の開発期間短縮への要求が高まっている。ダイナモメータは、自動車やそれら構成部品の各種試験で利用されるが、自動車関連業界に要求される高度な研究開発の増加に伴い、ダイナモメータに対しても、高度な技術開発要求が高まっている。これらの要求に応えるため、近年のダイナモメータ制御ではモデルベース制御を積極的に取り入れ、ダイナモメータ制御技術の高度化を図っている。

本稿では、変速機やトルクコンバータの各種試験に利用されるドライブトレインベンチで、変速機などにかかる負荷が実車と同様になるように模擬するためのダイナモメータ制御技術を紹介する。

2 制御方法の概要

従来のドライブトレインベンチでは、タイヤが路面にグリップして走行している通常の走行状態のみを模擬するように制御されている。しかしながら、実際の走行ではタイヤがスリップすることがある。変速機にかかる負荷は、タイヤがスリップしているときとグリップしているときとは大きく異なる。さらにブレーキのかけ方によっても、変速機にかかる負荷は大きく変化する。

変速機やトルクコンバータの開発期間を短縮するためには、様々な走行状態をドライブトレインベンチで再現する必要がある。

今回、ドライブトレインベンチの出力軸ダイナモメータについて、様々な走行状況を模擬するための制御方法を開発したので、その概要を紹介する。今回開発した制御方法で、従来の制御方法では不可能

だった以下の現象を再現できる。

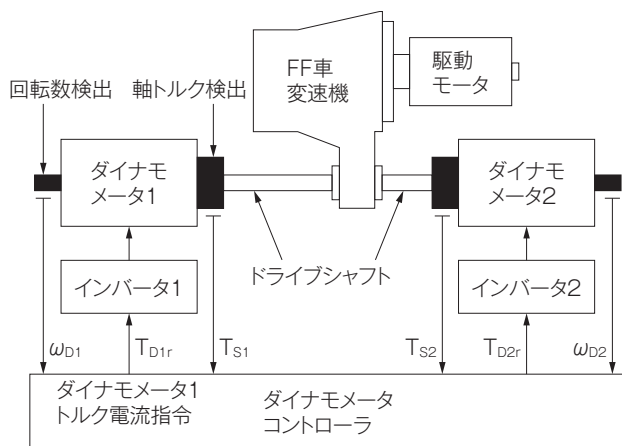
- (1) スリップ走行とグリップ走行の連続的な変化の模擬
- (2) ブレーキのかけ方によるタイヤ停止状況の変化の模擬
- (3) ブレーキのかけ方による変速機への負荷の変化の模擬

3 装置構成

第1図にFF (Front-engine Front-drive) 車の変速機とドライブシャフトを試験するためのドライブトレインベンチのシステム構成を示す。変速機の入力側には、エンジンの替わりとなるダイナモメータが設置される。このダイナモメータで、エンジン相当のトルク加振をするための制御方法は、以前紹介した⁽¹⁾。

ドライブシャフトの出力側には、タイヤ・車体の替わりとなるダイナモメータが設置される。ドライブシャフトと出力側ダイナモメータの間には、ドライブシャフトのねじれトルク（軸トルク）を計測するための軸トルクメータが設置される。

コントローラは、フィードバックされた軸トルクとダイナモメータ回転数から、ダイナモメータトルク指令値を算出する。ダイナモメータトルク指令値はインバータへ出力され、インバータがダイナモメータをトルク制御する。



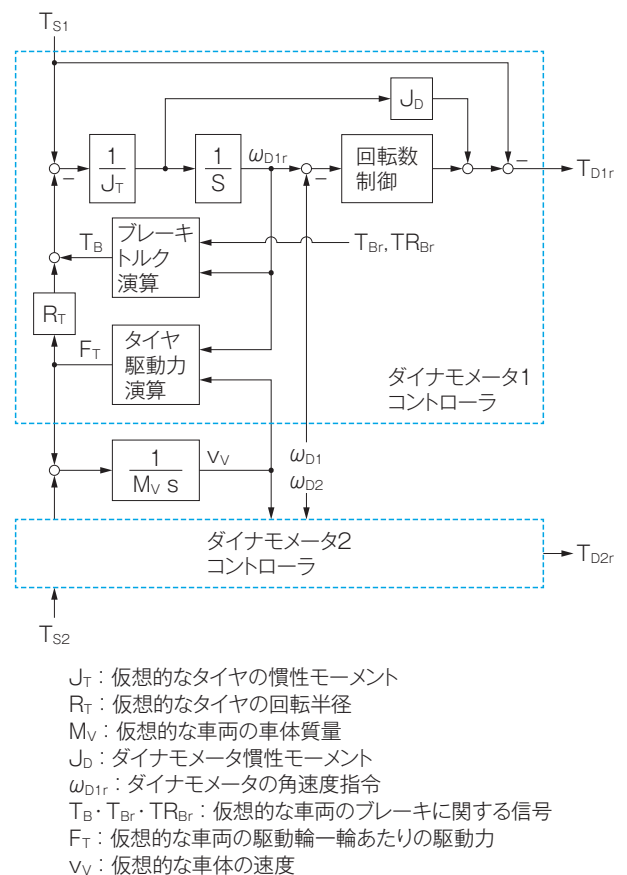
第1図 システム構成

FF車変速機のドライブトレインベンチの機械構成例を示す。駆動モータの代わりにエンジンを使用することがある。

4 様々な路面上の走行を模擬するためのダイナモメータ制御方式

様々な路面上の走行を模擬するとき、軸トルクメータによって検出されるドライブシャフトトルクに対して、ダイナモメータ回転数をどのように応答させるかが、ダイナモメータ制御の基本となる。タイヤが完全に空転している状況を模擬するためには、タイヤの慣性モーメントとして $0.5\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 程度の慣性モーメントを模擬制御する必要がある。タイヤがグリップしている状況を模擬するためには、 $100\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 以上の慣性モーメントを模擬制御する必要がある。低慣性タイプのダイナモメータを使用した場合、ダイナモメータ慣性モーメントの数分の1倍～数10倍の範囲の慣性モーメントを連続的に模擬制御する必要がある。

第2図にスリップ制御回路を示す。ドライブシャフト側から見たダイナモメータの慣性モーメン



第2図 スリップ制御回路

タイヤのスリップ現象を模擬するための制御回路を示す。タイヤ慣性と車体慣性を区別して制御している。

トが、様々な路面上での走行時相当の慣性モーメントに模擬制御される。従来のドライブトレインベンチの制御では、タイヤ回転数 (=ダイナモメータ回転数) = 車速として考えていたが、第2図の制御回路では、タイヤ回転数 (=ダイナモメータ回転数) と車速を区別している。

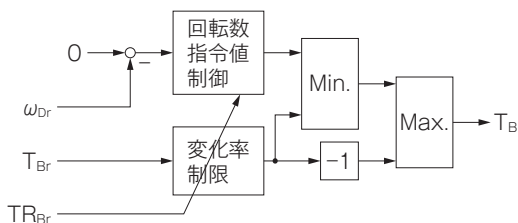
「タイヤ駆動力演算」ブロックでは、タイヤ回転数と車速から、路面状況に応じた駆動輪一輪当たりの駆動力を算出する。また「ブレーキトルク演算」ブロックは、ダイナモメータ制御によって様々なブレーキ動作を模擬するための制御回路である。

5 様々なブレーキ動作を模擬するためのダイナモメータ制御方式

実際の車の運転を想定すると、ブレーキを弱く又は強くかけた場合、ゆっくり又は急にかけた場合では、タイヤのスリップ状況やドライブシャフトの振動の状況が異なってくる。

第3図に様々なブレーキ挙動を模擬するためのブレーキ制御回路を示す。ブレーキ制御回路へは、ブレーキトルク指令 T_{Br} と勾配指令 TR_{Br} が入力され、ダイナモメータの回転数指令値 ω_{Dr} を0にするように動作する。ブレーキトルク指令 T_{Br} はブレーキトルク最大値リミッタとして機能し、ダイナモメータの回転を止めるためのトルクは、第3図のブレーキ制御回路が出力するトルクとなる。レートリミッタは、入力された T_{Br} の時間当たりの変化率を TR_{Br} 以下に抑制する。

ブレーキトルク指令 T_{Br} で、ブレーキの強弱が模擬され、ブレーキトルク勾配指令 TR_{Br} で、ブレーキ動作の緩急が模擬される。



第3図 ブレーキ制御回路

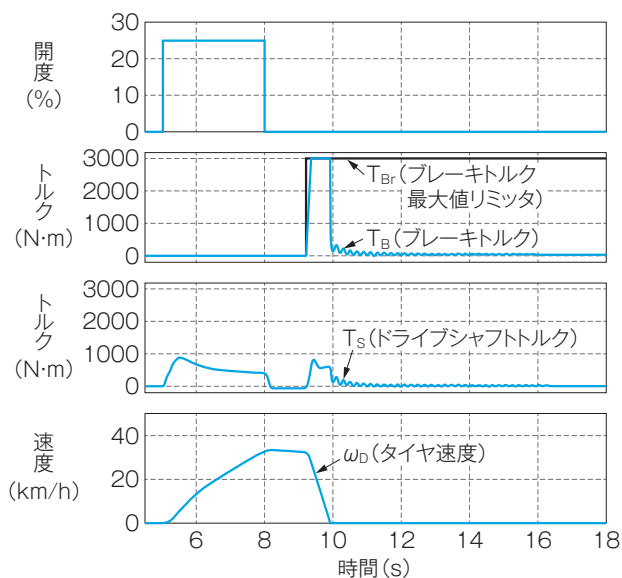
ブレーキの強さと速さを制御するための制御回路を示す。

6 提案手法のシミュレーション結果

第4図に従来の制御回路のシミュレーション結果を示す。従来制御ではタイヤ回転数と車体速度の区別がないため、タイヤスリップ現象の再現ができない。

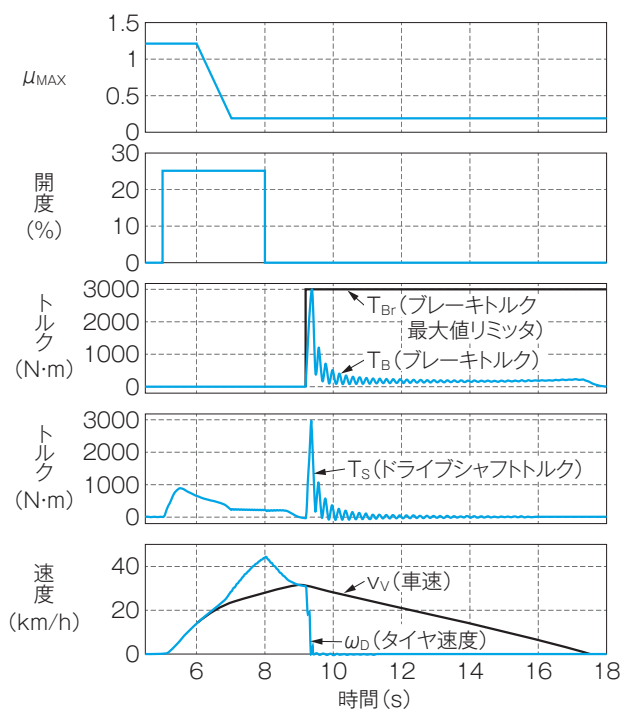
第5図、第6図に今回提案した制御回路のシミュレーション結果を示す。最大摩擦係数 μ_{MAX} が低下してくると、時刻7秒付近でグリップ走行 (タイヤ速度 = 車速) からスリップ走行 (タイヤ速度 > 車速) に移行する。その後、第5図では急ブレーキを踏み、ホイールロック現象が発生している状態を再現している。スリップ路面でのホイールロック時には、ドライブシャフトトルクがインパルス状に大きく変化することも再現している。第6図ではアクセルオフによってタイヤがグリップした後、弱いブレーキをかけた状態を再現している。弱いブレーキのため、ドライブシャフトには大きなトルクが掛かっていない。また、ホイールロックしていないことで、停止までの時間が短くなった。

提案した制御方法によって、2項の(1)~(3)で述べたように、様々な路面状況を走行中に発生する現象を再現できた。



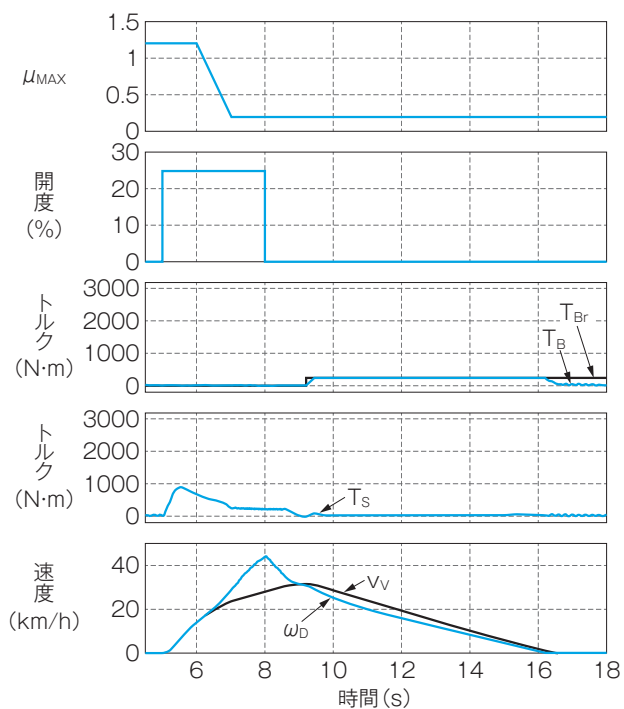
第4図 従来制御回路のシミュレーション結果

従来制御回路では、タイヤ速度と車体速度を区別せずに、常にタイヤが路面にグリップしていると考えている。



第5図 スリップ制御回路のシミュレーション結果 (1)

スリップ制御回路では、タイヤ速度と車体速度を区分している。そのため、ホイールロック現象も模擬できる。



第6図 スリップ制御回路のシミュレーション結果 (2)

スリップ制御回路では、ブレーキを弱く踏むとタイヤスリップが発生しないことも模擬できる。

7 むすび

従来の制御方法は、タイヤ速度と車速の区別がないため、タイヤスリップ現象の再現ができなかった。今回、タイヤスリップ現象を再現するための制御方法、実車のブレーキ動作を模擬するための制御方法を提案し、シミュレーションによってその効果を確認した。

今後も実車挙動に近い現象を再現できるダイナモメータ制御技術の開発に取り組んでいく所存である。

・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) 秋山岳夫・小川一博・澤田喜正：「ドライブトレインベンチの軸トルク加振制御」, 明電時報341号, 2013/No.4, pp.48-52

《執筆者紹介》



秋山 岳夫
Takao Akiyama

動力計測システム工場
動力計測システムの研究開発に従事



澤田 喜正
Yoshimasa Sawada

動計・搬送システム事業部
動力計測システムの研究開発に従事