

学位論文題名

自動車の駆動トルク推定計算法及びその
自動変速機制御への応用に関する研究

学位論文内容の要旨

近年、乗用車は90%以上が自動変速機いわゆるAT(オートマチックトランスミッション)車と言われている。この自動変速機の制御は車両の動力性能を決める上で重要な役割を担っており、次々と新しい制御機能を要求されるので、年々制御方式が複雑化している。

自動変速機は元々全機械式の制御が行われ、その機構特に油圧回路は制御ロジックから時定数や非線形特性まで組み込んだ複雑なプログラム制御系を構成していた。今ではマイクロコンピュータ制御化されたが、基本的には機械式の制御をそのまま置き換えたプログラム制御が行われており、チューニングと称する実車実験を繰り返してデータ設定する必要がある。新しい制御機能が増えるに連れデータ量も増え、この5年間で3倍近くなっているので、開発時におけるチューニングの手間も急速に増大している。

このような状況に対し、できるだけ物理量に基づいた計算式で制御するよう制御方式を見直して、チューニングの手間を削減することを検討した。そのためには、まず制御対象とする物理量すなわちトルクを検出する必要があるが、自動車に使えるような小型で安価なトルクセンサは未だ実用化されていない。そこでエンジン特性・トルクコンバータ特性から駆動トルクを推定計算する方法を検討し、実用に使える方式の開発を行った。次に推定計算したトルクを用いて、変速過渡時の油圧およびエンジントルクを制御する、変速ショック低減制御方式を開発した。また算出した駆動トルクからさらに道路の勾配を推定計算する方式を開発し、それを変速制御に応用できる見通しを得た。さらに、電子制御スロットルバルブ付のエンジンと組み合わせた場合、運転者の意図に応じた快適な加速度を、最小燃費で得ることができる、目標駆動トルク制御方式を開発した。

1) 駆動トルク推定計算方式は、トルクコンバータで伝達されるトルクを、入出力軸間の速度比に基づく入力容量係数およびトルク比を用いて計算する方法を第一の方式とし、エンジン回転数とスロットル開度をエンジントルク特性に当てはめてエンジントルクを求め、それにトルク比を掛けて算出する方法を第二の方式とする。この両方式を状況に応じて使い分けることで、精度 10[%]、応答時間 50[ms]の性能が得られ、センサなしにトルクを検出する方法を実用化することができた。

2) 変速ショック低減制御として、変速中のクラッチ油圧を変速直前のトルクに基づいて制御し、同時に変速中の算出トルクの変化に応じてエンジントルクを制御するアルゴリズムを開発した。特に慣性分まで含めて変速時のトルクを計算してクラッチ油圧を制御することで、チューニングしなくても従来車と同様の変速ショック低減効果が得られた。しかも、変速条件が変わっても、それに適応してクラッチ油圧やエンジントルクが制御され、変速性能は変わらないことを確認した。これにより将来の変速線可変制御にも対応できる見通しを得た。

3) 道路勾配の推定計算法は、原理的には従来より知られていたものの、トルクを求める方法がなかったので実現できなかった。駆動トルク推定計算法を応用し、実用化上の問題点、例えば車速検出の分解能を一定化することや、計算不能時の出力保持方法を検討した結果、走行中の道路勾配を精度 ± 20 [%]で計算する方式を開発した。さらに、得られた勾配に応じて変速条件を変える応用制御における計算精度の影響を考察し、この推定結果だけでは十分な効果が得られないものの、他の補助的な条件を加味すれば実用化できる見通しを得た。

4) 電子制御スロットル弁を用いるとエンジントルクを電子制御できるので、これと駆動トルク推定法を組み合わせ、運転者の指示した快適加速パターンを実現するような目標駆動トルク制御方式を開発した。駆動トルク演算を 1)とは逆向きに行って、目標トルクを最適な燃費で実現するスロットル開度とギヤ比を、リアルタイムで計算するアルゴリズムを構築し、運転性の改善効果及び燃費低減効果を実車実験により確認した。

以上述べたトルク推定計算の基本技術及びアプリケーションにより、駆動力制御を計算式に基づいて行えば、従来必要であったチューニング作業を大幅に低減できることを示した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 土 谷 武 士
副 査 教 授 島 公 脩
副 査 教 授 宮 本 登
副 査 教 授 長谷川 淳

学 位 論 文 題 名

自動車の駆動トルク推定計算法及びその 自動変速機制御への応用に関する研究

近年、日本で生産される乗用車の大部分が自動変速機を搭載したいわゆる AT 車となっている。さらにその半数は、従来の油圧論理制御からマイクロコンピュータによる電子制御に置き換えている。しかしながら、制御方式は機械制御のアルゴリズムを踏襲した単純なプログラム制御方式を用いているにもかかわらず、高まる一方の運転者の要求に応えるためプログラムは複雑になり、データテーブルは膨大になって来ている。このため、開発時におけるデータ設定作業いわゆるチューニングに多大の時間を要するようになり、チューニングしなくても性能を出せるような制御方式が要望されている。

本論文は、物理量に基づいた計算式で制御して、状況の変化に適応できる方式を開発することで、結果的にチューニング作業が軽減される制御システムについて論じている。

具体的には

1. 初めに制御対象物理量であるトルクを、トルクセンサを設けることなしに検出する方法を検討し、エンジン特性とトルクコンバータ特性を組み合わせる駆動トルクを推定計算して、精度 ± 10 [%]、応答時間 50[mS]という十分実用に耐える結果を得ていること、
2. 次に推定計算したトルクを用いて、変速過渡時の油圧およびエンジントルクを制御する変速ショック低減制御方式を実用化したこと、
3. また算出した駆動トルクからさらに道路の勾配を推定計算する方式を開発し、それを変速制御に応用した場合の誤差の影響について考察し、他の情報と組み合わせる条件判定を工夫することにより、道路勾配推定の変速制御への応用に実用化の見通しを得たこと、
4. さらに、この駆動トルク推定計算法を電子制御スロットルバルブ付のエンジンと組み合わせて、運転者の意図に応じた快適な加速度を、最小燃費で得ることができる目標駆動トルク制御方式を開発したこと、

など極めて有用な成果をあげている。

特にトルク推定を応用した変速ショック低減制御については、変速中の各部のトルク

を解析して油圧との関係を求め、クラッチの油圧及びエンジントルクを制御する関数式を提案して実用化に成功している。これにより例えば変速時の油圧制御に関するチューニングデータ量を約三分の一に低減させ、チューニング工数の削減に貢献している。

さらにこの方式は変速条件の変化に対して適応性があり、道路環境の変化に対応して積極的に変速線を変更する変速線可変制御の実用化に不可欠の技術である。

また、走行中の道路勾配を推定計算する方法については、車速計算法など実用化上の細かい問題点を検討して、精度 $\pm 20[\%]$ 程度で勾配を検出しており、実用化可能なレベルにある。

さらに、将来の動向である目標駆動トルク制御についても、駆動トルク演算をトルク推定と逆向きに行うアルゴリズムにより、最適な燃費で目標トルクを得るためのエンジンと変速機の動作点を求める方式を確立しており、運転性能の改善効果及び燃費低減効果を実車実験によって確認し、実用化の可能性を見い出している。

以上のことから本論文は、開発した駆動トルク推定計算法という基本技術を基に、変速制御及び駆動力制御を物理量トルクの関数式で計算制御化することによって、チューニングデータの増大を抑えつつ、多様化する要求仕様に対処することを提案しているものである。

これを要するに、著者は自動車制御の重要な部分を占める変速機および駆動系の制御において、状況適応性と開発の省力化を実現するための新知見を得たものであり、自動車工学、ならびに制御工学の進歩に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。