

FR車用新型9速オートマチックトランスミッションの 燃費性能・運転性能を支える制御技術

松尾 克宏* 林 達也* 岩本 育弘*

抄 録

2019年9月から生産を開始したFR車用新型9速オートマチックトランスミッションにて多段化の効果をより引き上げるべく多くの制御を織り込んだ。その中から燃費性能・運転性能向上に貢献した初採用となる変速の制御について、2つのシーンを例に挙げて解決した課題と制御内容を紹介する。

1. はじめに

近年、有段オートマチックトランスミッションにおいては環境・燃費への配慮と動力性能の両立の観点から多段化が進められている。しかし、多段化は環境・燃費性能、動力性能の向上が期待できる一方で、変速回数増加に伴うシフトビジー、レスポンス悪化等が懸念される。

FR車用新型9速オートマチックトランスミッション(以下 新型9AT)の開発にあたり上記課題を解決し、また、多段化の効果をより引き出すべく多くの制御を織り込んだ。

本稿ではその中から、新型9ATで初めて採用した燃費性能・運転性能向上に貢献している変速の制御を2つのシーンを例に挙げて紹介する。

2. 新型9ATギヤトレイン構成

本章では新型9ATのギヤトレイン構成を説明する。

Fig. 1に新型9ATのスケルトン図とFig. 2に締結表を示す。各ギヤ段の締結パターンより、現在のギヤ段から上下へ1段の変速だけでなく、1速⇔3速、3速⇔5速、5速⇔7速、7速⇔9速なども1要素開放・1要素締結(以下 1重架け替え)のみで変速が可能な構成となっている。

Fig. 3に1重架け替えで変速可能なパターンを矢印でつなぎ、跨ぐギヤ段数により色を変えて表した。隣り合うギヤ段への遷移以外にも11パターンも1重架け替えで変速可能なパターンが存在することが分かる。3章ではこの特性を利用して課題解決した制御を紹介する。

3. 燃費性能・運転性能を両立させる制御

燃費性能・運転性能向上に貢献している変速の制御の具体例として以下の2つのシーンにおける課題と対策制御について説明する。

1. フューエルカット中の減速時ダウンシフト
2. アクセルONダウンシフト(踏み込みダウンシフト)

3.1 フューエルカット中の減速時ダウンシフト

3.1.1 減速時フューエルカット時間拡大の課題

燃費向上のため従来よりアクセルOFF時のフューエルカット(以下 FC)時間の拡大が求められている。

ローギヤ段までFCを継続するためにはエンジン回転数がFCリカバ回転数に達する前にダウンシフトを実施する必要がある。

一方、多段化により、減速中に行う変速回数が増えている。そのため、Fig. 4の従来波形に示すように減速度と変速時間によっては狙いのタイミングBで変速を開始でき

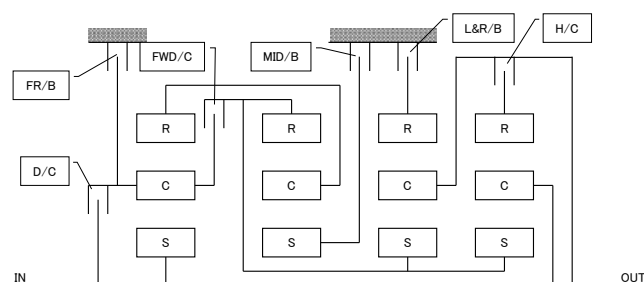


Fig. 1 Skeleton diagram of the new 9AT

* 制御システム開発部

Gear	MID/B	L&R/B	FR/B	D/C	H/C	FWD/C
1	●	●		●		●
2	●	●		●		●
3	●	●		●		●
4	●	●		●	●	●
5	●			●	●	●
6				●	●	●
7	●			●	●	●
8			●		●	●
9	●		●		●	●

Fig. 2 Shift elements of the new 9AT

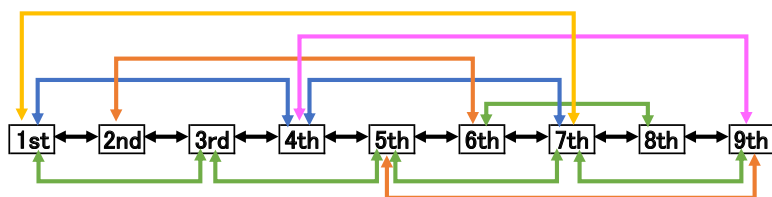


Fig. 3 Single transition shift patterns

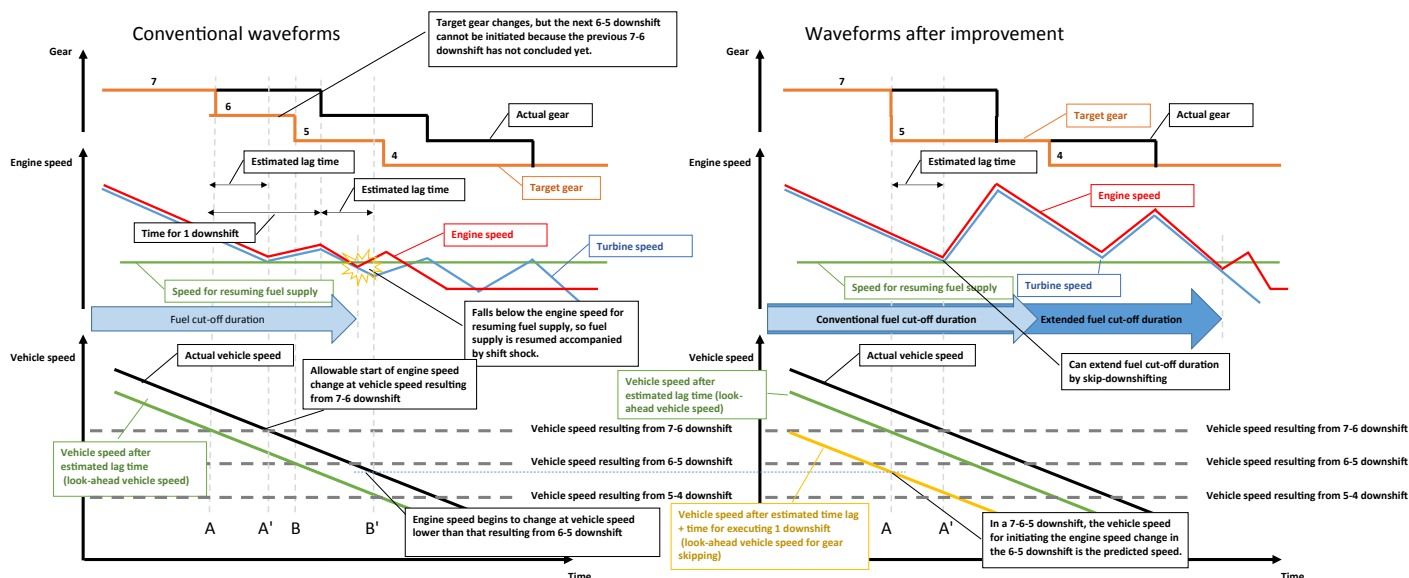


Fig. 4 Downshift during vehicle deceleration

ず、FCリカバしてしまい、燃費を向上できないことが懸念される。さらに、意図せず変速中にFCリカバすることでトルクの急変により変速ショックの悪化も懸念される。

よって、FCの継続と、狙いのタイミングでのFCリカバを実現するために新しい制御を採用したので次項で説明する。

3.1.2 減速時フューエルカット時間拡大の実現

従来より、変速指示からダウンシフトによるエンジン回転数の変化開始までのラグ時間を考慮して、減速時のダウンシフトタイミングを指示している。

今回採用した制御はさらに次のダウンシフトによるエンジン回転数の変化が狙いのタイミングで実行できるかを推定し、狙いのタイミングで実行できないと判断した場合には、積極的に9-7、7-5のような段飛びダウンシフトを指示する。

段飛びダウンシフトを実行することで、エンジン回転数が意図せずFCリカバ回転数まで低下することはなくなり、FCを継続できる。また、変速とFCリカバとの干渉による変速ショックの悪化も防げる。

具体的手法を説明する。従来制御はFig. 4の従来波形

に示すように7-6変速指示からエンジン回転数変化開始までの想定ラグ時間と現在の減速度から、想定ラグ時間後の車速(以下 先読み車速)を算出し、この先読み車速が7-6ダウン車速を下回ったタイミングAで7-6ダウンシフト開始を指示していた。指示どおりのタイミングAで7-6ダウンシフトを開始できれば実車速が7-6ダウン車速になるタイミングA'でエンジン回転数変化開始することになる。しかし、急減速時などでは前の7-6ダウンシフトが終わらないため、6-5ダウンシフトは狙いのタイミングBで開始できず、エンジン回転数変化開始の車速が6-5ダウン車速より低車速になってしまう。

新制御ではFig. 4の改良後波形に示すように、想定ラグ時間後の先読み車速に加え、Fig. 4の従来波形に示すダウンシフト1回分の時間+想定ラグ時間後の車速(以下 段飛び用先読み車速)も推定する。従来制御が7-6ダウンシフト開始を指示していたタイミングAのときに、この段飛び用先読み車速が6-5ダウン車速を下回っている場合は、7-6、6-5とダウンシフトを行った場合に、6-5ダウンシフト時のエンジン回転数変化開始が6-5ダウン車速より下回

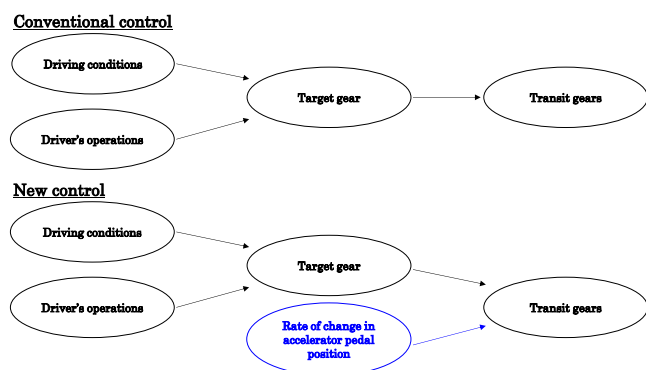


Fig. 5 Determination of transit gears

ることを意味する。よってこの場合は7-5ダウンシフトを指示することで5速までFCリカバすることなく減速することが可能となる。また、5-4ダウンシフトも狙い通りのタイミングで実行できるため、5-4ダウンシフト中もFCの継続が可能となる。

その結果、4速でFCリカバさせたとすると、FC継続期間がFig. 4の改良後波形に示すように延長できる。

3.2 アクセルONダウンシフト（踏み込みダウンシフト）

3.2.1 多段化による運転性向上効果と課題

多段化はドライバが求める駆動力をきめ細やかに実現できる効果がある一方、ドライバの求める駆動力へ到達するまでに今まで以上のギヤ段を経由しなければならなくなり、ドライバの求める駆動力到達までの遅れが課題に挙げられる。今回、ドライバが求める駆動力をきめ細やか且つ遅れなく実現できるよう変速制御の改良を図った。

3.2.2 経由ギヤ段の決定

きめ細やか且つ遅れなく目的の駆動力へ移行するために経由ギヤ段を最適化する制御を織り込んだ。

Fig. 5に示すように、従来制御は走行条件及びドライバ操作から最適な目標ギヤ段を決定し、目標ギヤ段に追従するよう最小となる経由ギヤ段を選択する。新規制御では経由ギヤ段を選択する際にアクセル開度変化率を参照する。これにより、アクセル開度変化率が大きい時は目標ギヤ段に対する経由ギヤ段を最小化してドライバが求める駆動力へ素早く移行する。またアクセル開度変化率が小さい時は目標ギヤ段に対する経由ギヤ段を増やしてドライバが求める駆動力に追従したきめ細やかな駆動力を実現する。

更に本制御をリアルタイムに判断することによって様々なアクセルワークに追従した駆動力を得ることができる。例えば、9速から4速へ移行する場合はFig. 3の1重架け替え変速パターンより9-4、9-5-4、9-7-4、9-7-5-4、9-7-6-5-4、9-8-7-4、9-8-6-5-4、9-8-7-5-4、9-8-7-6-5-4の経由ギヤ段が選択できる。これは一例だが、Fig. 6に示すようにアクセル開度を素早く踏んだ時は9-4変速を選択し、アクセル開度をゆっくり踏んだ時は9-8-7-6-5-4変速を選択する。アクセル開度を山なりに踏んだ時は、前半の経由ギヤ段は少なく、後半の経由ギヤ段を多くして9-7-5-4変速とする。アクセル開度を弓なりに踏んだ時は、前半の経由ギヤ段を多く、後半の経由ギヤ段を少なくして9-8-7-4変速とする。

このように開度変化率に応じてリアルタイムに経由ギヤ段を選択することによってドライバが求める駆動力をきめ細やか且つ遅れなく実現できるようになった。

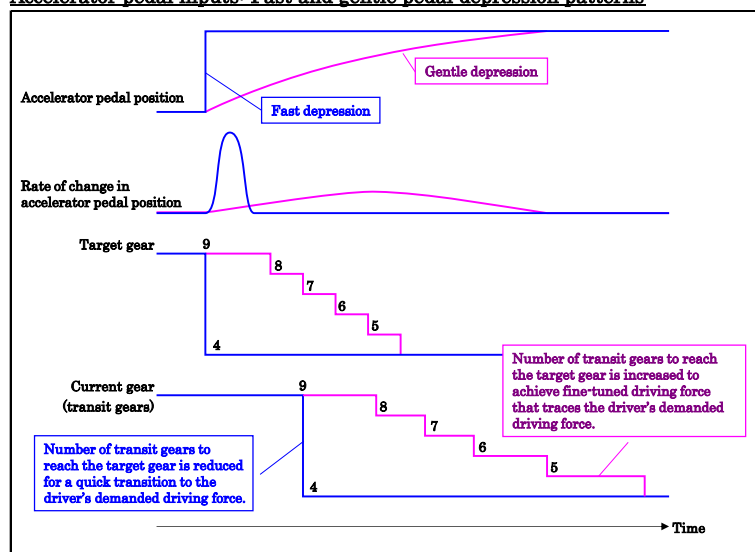
3.2.3 クラッチ及びエンジントルクの決定

前項で説明したように目標駆動力到達を優先する場合ときめ細やかな駆動力を優先する場合がある。クラッチ及びエンジントルクの配分を各々最適化しないと目的に合った駆動力を得られない。

Fig. 7に示すように、目標駆動力到達を優先する場合は変速中にエンジントルクアップを実施してタービン回転数上昇をアシストする。また解放クラッチトルクを小さくすることでタービン回転数上昇を妨げないようにして変速時間を短縮する。ただし、解放クラッチトルクを小さくし過ぎると変速中駆動力が小さくなり過ぎてドライバは加速不足と感じてしまう。よって、変速前の駆動力よりも小さくならないよう解放クラッチトルクをコントロールする。更に変速終了後の駆動力を滑らかに繋ぐためにエンジントルクダウンを実施して駆動力を滑らかに復帰させる。これによりレスポンス良く滑らかな駆動力を実現できる。

Fig. 8に示すように、きめ細やかな駆動力を優先する場合は変速を繰り返す毎に段々と駆動力が増加するよう各変速の解放クラッチトルクをコントロールする。更に変速中はエンジントルクアップを実施してタービン回転数上昇をアシストして変速時間を短縮する。変速終了後はエンジントルクダウンを実施して変速間の駆動力を減らし、変速中と非変速中の駆動力段差を小さくする。これによりきめ細やかで滑らかな駆動力を実現する。

Accelerator pedal inputs: Fast and gentle pedal depression patterns



Accelerator pedal inputs: Curved and arch-shaped pedal depression patterns

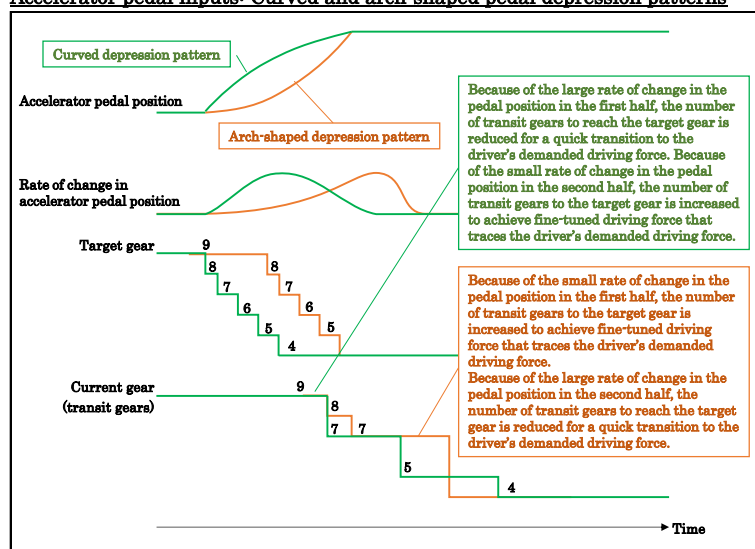


Fig. 6 Accelerator pedal inputs and transit gears

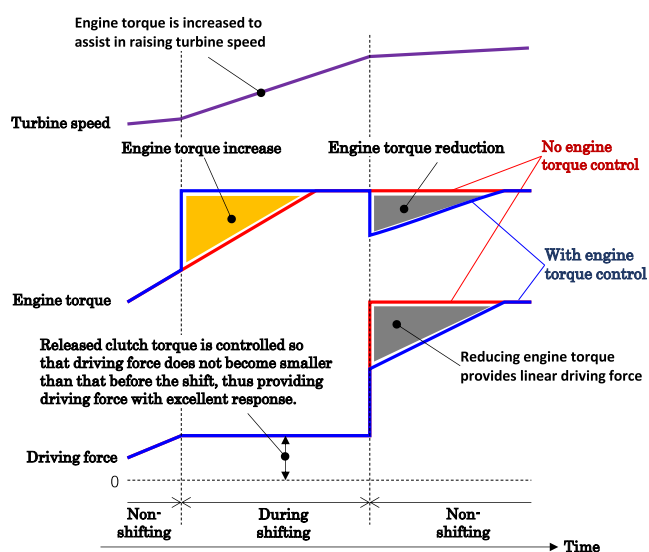


Fig. 7 Provision of smooth driving force with excellent response

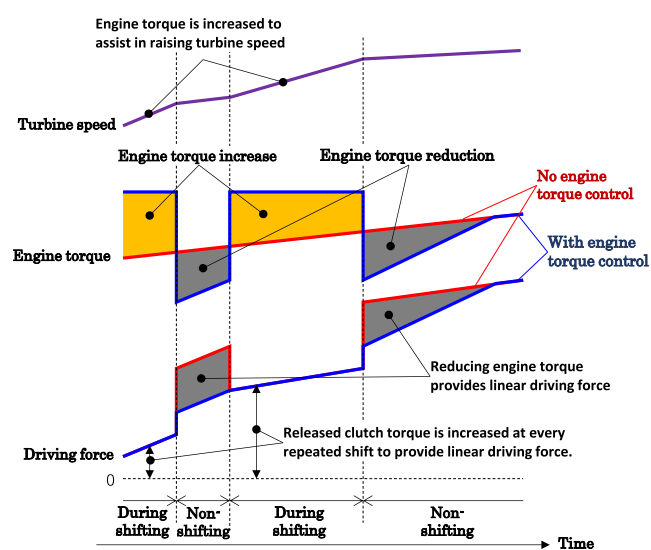


Fig. 8 Provision of smooth, fine-tuned driving force

3.2.4 ドライバ要求駆動力の実現

Fig. 9は3.2.2及び3.2.3項を織り込んだ車両のデータである。アクセル開度を素早く踏み込んだ時はレスポンス良く滑らかな駆動力が実現できた。またアクセル開度をゆっくり踏んだ時はきめ細やかで滑らかな駆動力を実現できた。

本変速制御の改良により、ドライバが求める駆動力をきめ細やか且つ遅れなく実現できることを示すことができた。

4. まとめ

多段化によるシフトビジー、レスポンス悪化等の課題を解決するとともに、多段化の効果をより引き出すべく多くの制御を織り込んだ。

本稿ではその中から、ダウンシフトの制御を紹介し、燃費性能・運転性能の向上に貢献できたことを示した。

今後、電動化への適応も視野に入れつつ、さらに燃費性能・運転性能の向上に貢献できるよう制御の開発を行う。

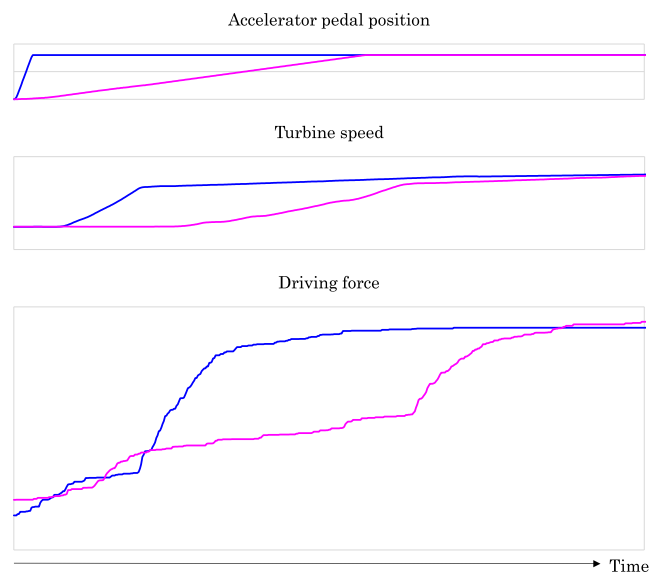


Fig. 9 Provision of driver's demanded driving force

■ 著者 ■



松尾 克宏



林 達也



岩本 育弘