

高効率とダイレクト感を両立する 新型ATの開発

マツダ株式会社

代表取締役社長 小飼 雅道

マツダ(株) ドライブトレイン開発部 土井 淳一
 マツダ(株) ドライブトレイン開発部 鎌田 真也
 マツダ(株) ドライブトレイン開発部 丸末 敏久
 マツダ(株) ドライブトレイン開発部 坂 時存
 マツダ(株) ドライブトレイン開発部 三谷 明弘

はじめに

現在普及しているオートマチックトランスミッション(AT)のタイプを大別すると、以下の3タイプがある。

①デュアルクラッチ方式

高速燃費とダイレクト感を重視し、
欧州市場で主流

②CVT方式

エンジンの燃費最適点を使いやすく、
低速燃費を重視する国内市場で主流

③トルクコンバーター式ステップAT

滑らかな発進性能を重視する北米市場
で主流

それぞれに得意とする特性があるが、一つの構造で全ての市場要求を満足できるATは存在しなかった。そこで、弊社は全ての市場要求を満足できるATの開発に取り組んだ。

開発のねらい

本技術の開発にあたり、まずはトランスミッションの理想を再定義するところからスタートした。現在普及している各々のATの特徴を理想のトランスミッションと比較した結果を表1に示す。

表1 既存ATタイプと特徴

トランスミッションに求められる機能		既存AT			理想のAT
		DCT	CVT	トルコン付きステップAT	
燃費	エンジンの効率の良いところを使う		○		○
	エンジンの仕事量を減らす	○			○
	駆動力を必要としないところで燃料を使わない	○	○	○	○
	ダイレクト感	○			○
	スムーズで力強い発進		○	○	○
	スムーズな変速		○		○

今回のAT開発において、以下4つの使命を実現するため、個々に理想を描き、ゼロベースでそれを可能にする方法を考え、理想のトランスミッションの実現をめざした。

- ・低燃費への貢献
- ・MTのようなダイレクト感とクイックシフト
- ・スムーズで力強い発進性能
- ・滑らかな加速

まず、燃費改善では、車両全体からトランスミッションのロスエネルギーを分析した。その結果、トルクコンバーターのロスが大きいことに着目し、走行中の滑りを無くすフルレンジロックアップを実現したいと考えた。(図1)

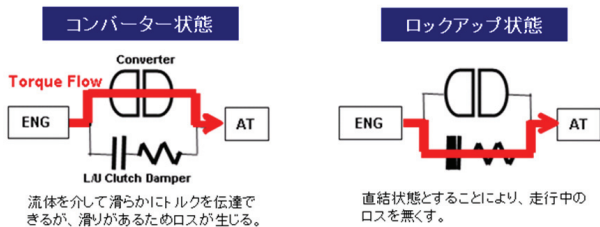


図1 ロックアップの概念図

また、トルクコンバーター以外についてもシステム機能の理想を追求することで効率改善を図った。

装置の概要

以下が今回開発した新型オートマチックトランスミッションである。



図2 今回開発した新型AT

技術上の特徴

1. フルレンジダイレクトドライブ構造

走行中のロックアップ領域を拡大するためには、こもり音や加減速ショックが障害となる。

これらをいかに解消するかという課題に挑戦し、ブレークスルーしたのが、“フルレンジダ

イレクトドライブ”である。(図3)

以下、フルレンジダイレクトドライブの主要技術を紹介する。

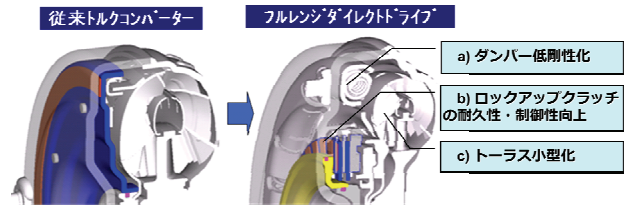


図3 フルレンジダイレクトドライブの構造

a) ダンパー改善による振動抑制

ロックアップ時の振動抑制のため、トランスミッションに留まらず、エンジン、マウント、排気系、車体、制御の車両システム全体をCAEで解析し、各要素の寄与度を把握した上で、車両システム全体から機能配分を行った。この中で、フルレンジダイレクトドライブは、ダンパーを従来5AT比46%低剛性化することで振動減衰に大きく貢献した。

b) ロックアップクラッチの耐久性、制御性改善

ロックアップ領域を拡大するためには、クラッチの劣化に伴うシャダーを防止する必要がある。そのため、クラッチの冷却機能を高めて耐久性向上を図った。具体的には、セグメントタイプの湿式多板クラッチを採用すると共にオイル流れを最適化し、従来比冷却能力を約50%改善した。(図4)

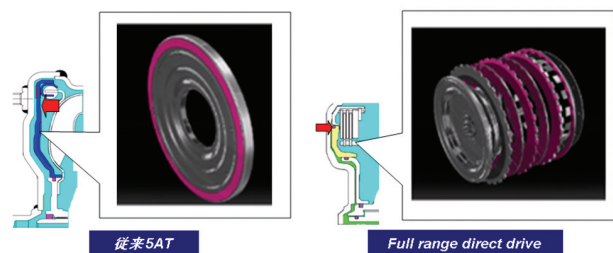


図4 ロックアップクラッチ構造比較

更に、ロックアップクラッチのすべり量を緻密に制御するため、独立ピストン室構造を採用し、ロックアップクラッチの周波数応答を10倍以上改善した。

c) トーラスの小型化

前述の機能を高めたダンパーやロックアップクラッチを全長制約が厳しいFFトランスミッションパッケージに収めるためにコンパクト化が不可欠となる。そこで、トルクコンバーターの使用領域を発進時に限定すると共に、CAE等を駆使してオイル流れを最適化することでトーラスをコンパクト化し、これを可能とした。発進にはトルクコンバーターを用いるが、発進直後からロックアップ状態にスムーズに移行させることで、従来のATと変わらない滑らかな発進を実現させた。

2. メカトロニクスモジュール

変速応答性と滑らかな変速を高次元で両立させるためには、ロックアップクラッチや変速クラッチの作動油圧をいかに精度良く、応答良く制御できるかがポイントとなる。この基本機能を飛躍的に高めるためのブレークスルーが“メカトロニクスモジュール”である。(図5)

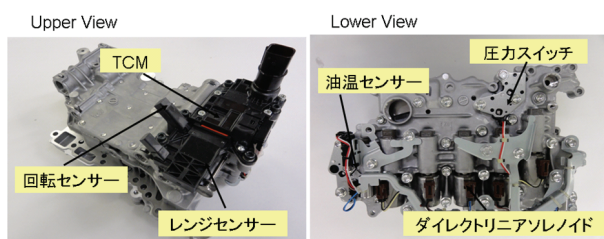


図5 メカトロニクスモジュール

ATの油圧精度は、多数の機械部品と電子部品のバラツキが影響する。そこで、これまで個別

管理していた油圧回路と電子部品を一体化し、出力される油圧特性をECUに記録することで、クラッチ油圧のバラツキを従来比1/5に抑制することが可能となった。同時に各種センサー類も一体化することで、部品点数の削減と信頼性の向上を図った。

また、油圧応答速度を高めるために、ダイレクトリニアソレノイドを採用するとともに、電流応答遅れ、油路抵抗、変速用クラッチ剛性などの解析を進め、油圧回路一本一本に至るまで理想を追求する事で、高速で安定した制御システムを構築した。

更に、外乱に対しても安定したシフトクオリティが得られるように現代制御論によるF/B制御を全変速で採用すると共に、ECU内に油圧モデルを構築し、リアルタイムでクラッチやバルブの作動状態を推定している。

3. 高効率ギヤトレイン

変速機構については、新構造の高効率で小型化が可能なプラネタリーギヤ式6速を選定した。変速機構そのものの伝達効率は、高油圧でベルトを挟むCVTよりギヤによる噛み合い方式の方が有利であり、プラネタリーギヤ式6速をベースに夫々のシステム機能の理想を追求し基本機能を高めることで、ギヤ噛み合いによる伝達方法を更に進化させて高効率ATを実現した。

実用上の効果

図6は、従来Step-ATと本ATのJPN-JC08モード走行中のロックアップ領域を比較したものである。本ATの採用により、ロックアップ領域を約49→82%に拡大することが可能となった。

鋼材使用量の削減はコストダウンにもつな

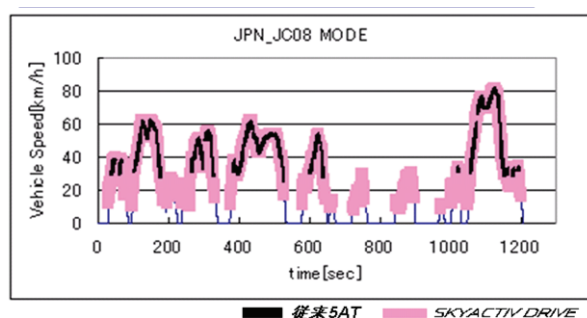


図6 ロックアップ領域の拡大(JC08モード)

がっている。

また、変速応答性についても、アップシフトでは、変速中も車両の加速度が不連続にならないようにクラッチ油圧とエンジントルクを制御するシステムを構築した。また、ダウンシフトでの良好な応答性を実現するとともに、エンジントルクを変速に同期して上昇させることで、デュアルクラッチタイプと同等以上のスムーズで素早い変速を実現した。

また、本ATは、従来5AT比で6速化やロックアップ領域拡大などの機能向上を行ったにも関わらず、トランスミッション全長を20 mm以上短縮し、車両軽量化にも大きく貢献している。更に、CVTのようなフリクションドライブ（摩擦力でトルク伝達）ではなく、ギヤによる噛み合いでトルク伝達する構造を採用しているため、ガソリン比でトルク変動が大きいディーゼルエンジンとの組み合わせにおいても高効率で使用できる。

弊社では、2011年以降に市場導入している。CX-5、アクセラなどの車種に、ガソリンエンジン(SKYACTIV-G)、クリーンディーゼルエンジン(SKYACTIV-D)と組み合わせて搭載している。この結果、経済産業省が次世代自動車戦略2010で推奨しているクリーンディーゼルエンジン普及にも貢献している。

知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

① 日本国特許 第5573893号

名称：自動変速機

概要：ATユニットをコンパクトにするためシングルプラネタリを3列用いた上で、ATユニットの伝達効率を最大化するようそれらの連結方法を最適化したもの

② 日本国特許 特許出願公開 2012-042002号

名称：トルクコンバーター

概要：ATユニットをコンパクトにするため流路部分、クラッチ部分、ダンパー部分を、それぞれが軸方向に一番短くなるように配置した上で、流路部分は、近傍にあるオイルポンプとも軸方向にオーバーラップさせAT全体の軸方向短縮を可能としたもの

むすび

理想を追求し続けることでブレークスルーを成し遂げ、「走る喜び」と「優れた環境性能」の高次元での両立を可能とした。