

進化した自動化マニュアルトランスミッション「Y-AMT」の開発

Development of the Evolved Automated Manual Transmission “Y-AMT”

林田 勇武 鈴木 満宏 福嶋 健司 南 賢吾

Abstract

The “YCC-S (Yamaha Chip Controlled Shift)” was commercialized^[1] from the 2006 “FJR1300AS” model as the world’s first AMT (Automated Manual Transmission) for motorcycles. Since then, it has undergone refinement, including the addition of a stop mode that automatically shifts down to first gear when decelerating to a stop, as well as the integration of an electronic throttle control. This continuous development led to its adoption in the “YXZ1000R SS” model ROV (Recreational Off-highway Vehicle)^[2]. Currently, in the motorcycle sector, other companies have also introduced AMT vehicles, such as those with DCT (Dual Clutch Transmission), leading to an increase in the number of models available. In the automotive sector, two-pedal vehicles without a clutch pedal are becoming more common, with some examples showing better acceleration performance than three-pedal vehicles. In this context, the performance and functionality of the YCC-S has evolved, integrating enhanced sportiness and convenience, and has been renamed “Y-AMT (Yamaha Automated Manual Transmission)”. This new system has been installed in the 2024 “MT-09 Y-AMT” road sports model.

1 はじめに

「YCC-S (Yamaha Chip Controlled Shift)」は、世界初のモーターサイクル用自動化 MT (Manual Transmission) システムとして2006年型「FJR1300AS」から市販化^[1]した。その後、減速停車時に自動で1速までシフトダウンするストップモードや、電子スロットル連携制御の追加など熟成を重ね、ROV (Recreational Off-highway Vehicle) の「YXZ1000R SS」にも採用^[2]するなど継続的に開発してきた。現在では、二輪車では他社からも DCT (Dual Clutch Transmission) タイプなどの自動化 MT 車両が実用化され、機種数も増えてきており、四輪車でもクラッチペダルがない2ペダル車が増え、3ペダル車よりも2ペダル車の方が加速性能がよい例も珍しくない。このような中、今回 YCC-S の性能・機能を進化させ、高いスポーツ性と利便性を兼ね備え、名称も一新した「Y-AMT (Yamaha Automated Manual Transmission)」を開発し、ロードスポーツモデル 2024年型「MT-09 Y-AMT」に搭載したので紹介する。

2 開発の狙い

Y-AMT は、「MT-09」が持つ高いスポーツ性を維持したまま、ライダーをクラッチ操作とシフトペダル操作から解放することで、走りへの没入感を引き出すことに主眼をおきつつ、AT (自動変速) 機能付加による利便性向上も目指した。

3 システムおよび構造

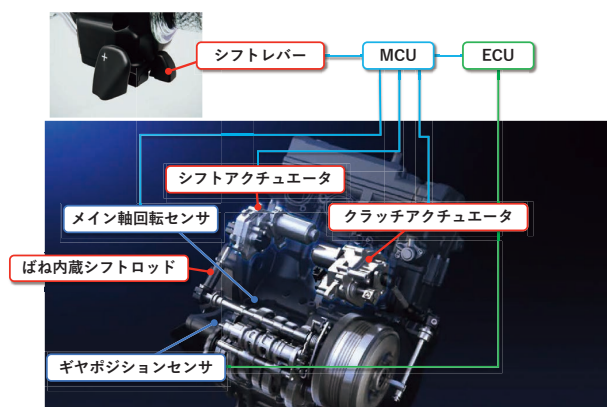


図1 システム構成図&搭載レイアウト

3-1. システム構成

基本構成は「FJR1300AS」の YCC-S と同様に、エンジン本体への大きな変更を加えることなく、クラッチ、シフトをそれぞれのアクチュエータで動かすことによって自動化するシステムである(図1)。以下に変更点を解説する。

3-2. アクチュエータ搭載レイアウト

「FJR1300AS」搭載の YCC-S では、油圧を発生させるクラッチアクチュエータ、シフトシャフトと連結したシフトアクチュエータを共にフレームに搭載していたが、「MT-09 Y-AMT」では2つのアクチュエータをエンジン背面スペースに並べてレイアウトした。これは、「MT-09」のスリムでコンパクトなディメンジ

ン、足つき性を含む乗車姿勢に影響を与えないためであり、また質量増加による車両運動性能への影響も最小限とした。なお、Y-AMT のシステム質量はクラッチレバー、シフトペダル廃止による軽量化の効果も含め2.8kg である。

3-3. アクチュエータ

「FJR1300」の油圧式クラッチに対し、「MT-09」はワイヤ式クラッチであるため、クラッチアクチュエータも油圧式からリンク式に変更した。クラッチアクチュエータには、素早くクラッチ容量を制御する応答性、低消費電力性能、故障時の車両挙動抑制機能が求められる。これらを解決するために、クラッチ位置を保持する機能と、クラッチスプリング荷重をばねの力で相殺するアシスト機構を備えている。「FJR1300AS」では、油圧機構部の摩擦によって位置保持機能を実現していたが、リンク式に変更すると位置保持機能を失う。そこで、フリクション機構を内蔵して同機能を実現した。またアシスト機構もメカニズムを変更し小型化した(図2)。なお、シフトアクチュエータは「YXZ1000R SS」^[2]の構造を踏襲し内部部品は共用している。

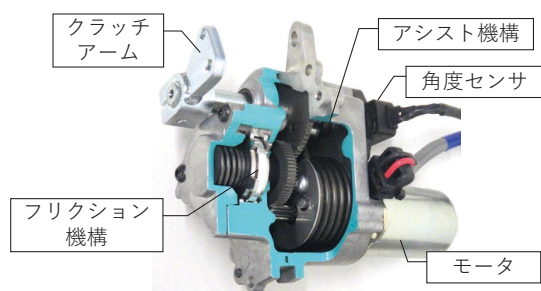


図2 クラッチアクチュエータ

3-4. ばね内蔵シフトロッド

シフトアクチュエータとシフト機構を繋ぐシフトロッドが通常のロッド(リジッド)の場合、シフト機構部品の加速に時間がかかり、シフトアップ時に駆動力が得られない時間(以下駆動抜け時間)が長くなる課題がある。そこで、ばね内蔵シフトロッドを開発した(図3)。エンジントルクを低減する前にシフトアクチュエータを動作させてシフトロッドのばねに蓄力しておき、エンジントルクを低減してドッグ(トランスミッションギヤに設けられたトルクを伝達する凸部)を抜くときにばねに蓄力したエネルギーを利用してシフト部品を加速させることで、駆動抜け時間の短縮を図った。

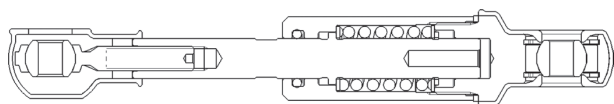


図3 ばね内蔵シフトロッド

3-5. トランスミッションギヤ

トランスミッションギヤ側でも駆動抜け時間の短縮のため、ドッグ本数を5本から6本へ増やすことで、ドッグ同士が突き当たりから噛み合いまでの最大回転角を17%縮小させた。

3-6. シフトレバー

当社独自のシーソー式シフトレバーをハンドルスイッチ一体式で新開発した(図4)。レバーは人差し指のみでのシフトアップ、シフトダウン操作も可能としている。シフトペダル操作が不要になることにより乗車姿勢の自由度や下半身のホールド性が向上する効果があり、ペダルレスならではの車体との一体感を狙い、ハンドシフトに集約した。



図4 シフトレバー

4 新機能

新機能として AT 機能を紹介する。

ライダーがシフト操作を行う“MT”モードと、市街地でのコミュニケーションやツーリングに適した AT モード“D”、D よりもスポーティな走行に適した AT モード“D+”を選択できるようにした。MT モードと AT モードは右手側のスイッチで切り替えられる。また AT モードは、モード設定や車速、エンジン回転数、アクセル開度情報などから最適なタイミングで自動変速を行う。具体的には、加速中にはライダーのアクセル操作からライダーの意図を判断しシフトアップ、キックダウンをする。一方、減速時には、車両の減速度に応じてシフトダウンすることで、加減速の駆動力が十分に出せるギヤ選択をできるように制御を行っている。なお、AT モード中でもシフトレバーによる介入操作が可能である。

AT モードでは、制御プログラムに応じたタイミングで変速されることになるため、ライダーが自ら変速操作を行う MT モードよりも変速時の車両挙動が不快なものとなえられやすい。そのため、快適性確保の視点で車両挙動の許容代は小さくなる。これ

に対し、上述した構造変更による駆動抜け時間短縮に加え、エンジン制御、クラッチ制御、シフト制御の協調方法を車両状況に応じて切替える新変速アルゴリズムを導入するなど、1/1,000秒単位の時間短縮を突き詰めた結果、車両挙動を大幅に抑えることができた。また、クラッチの摩耗や個体差の影響を抑えるために、走行中にクラッチの状態変化を学習し補正する制御を追加することで、上述の車両挙動安定性を長期にわたり維持可能とした。

5 性能

2022年式「FJR1300AS」と比較すると、駆動抜け時間は60%以上短縮し、「MT-09」の高いスポーツ性に十分対応できる性能を得ることができた(図5)。

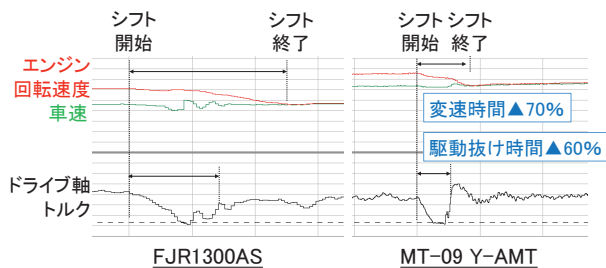


図5 「FJR1300AS」と「MT-09 Y-AMT」の駆動抜け時間比較

クイックシフタを搭載した「MT-09」(以下クイックシフタ車両)と、「MT-09 Y-AMT」(MTモード)(以下Y-AMT車両)を比較する。

はじめに、テストコースで実験ライダーが全開加速を行ったときの0-400m 加速タイム(表1)を示す。加速タイムは同等であることから、「MT-09」の加速性能を損なっていないことが分かる。実験ライダーからは、クラッチ操作が不要になることによる全開発進の容易さと安定性の高さに加え、ペダル操作が不要になることによる前傾姿勢の取りやすさにも効果があると評価された。

表1 クイックシフタ車両とY-AMT 車両の加速タイム比較

クイックシフタ	Y-AMT
10.9秒	10.9秒

次にテストコースのあるコーナを脱出加速中、1速から2速にシフトアップした時の車両挙動(図6)を示す。

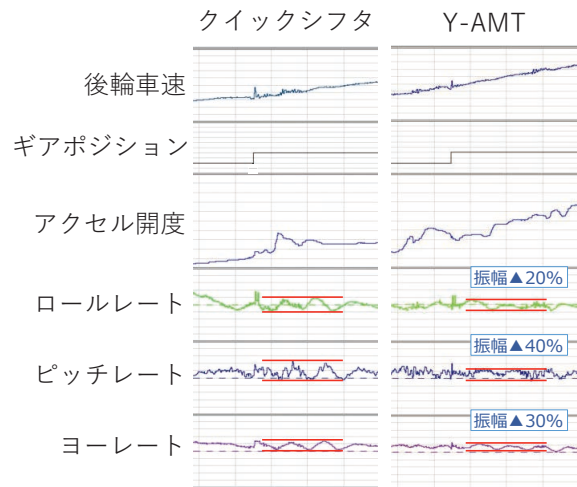


図6 テストコース走行時車両挙動

Y-AMT 車両は、変速時の車両挙動(ロール、ピッチ、ヨーの振幅)がクイックシフタ車両に比べて減少している。これはクラッチ制御による挙動緩和に加え、ペダル操作が不要になったことにより、ライダーは下半身のホールドを維持したままシフトアップできるためである。そのためアクセルをより大きく開けられ、より高い車速でコーナを脱出できている。また、実験ライダーからは、コーナリング姿勢が取りやすくなると評価された。

6 おわりに

以上のようにY-AMTは、基本構成や基本技術はYCC-Sから大きく変わらない。しかし、その名称を一新したのはその性能と機能が新たなステージに上がったと言えるほど進化したことを強く表現するためである。具体的にはペダル操作が不要になることによって下半身ホールド性向上、コーナリングやS字の切り返し時のライディングポジション自由度向上という変化があり、それによりブレーキ操作、リーニング、アクセル操作に集中でき、従来にない“走りへの没入感”が得られる人機官能[※]の価値につながっている。

また、本開発においてレイアウト、制御関連で14件の特許を出願している。これは社内外の関係者が妥協せず一丸となって新機能を具現化し製品化まで努力した結果である。

Y-AMTは「MT-09 Y-AMT」だけでなく、他機種にも広く展開していく予定である。AT機能は初心者用機能と思われる傾向もあるが、Y-AMTはスポーツ走行にも適した機能と性能を有しており、初心者からベテランまで様々なライダーにこの価値を感じていただきたい。また今後も開発を継続し、さらなる進化をさせていく。

[※]「人」と「機械」を高い次元で一体化させることにより、「人」の喜び・興奮をつくりだす技術で、当社独自の開発思想

■参考文献

- [1] 小杉 誠, 善野 徹:「モーターサイクル用自動化マニュアルトランスミッションの開発」, ヤマハ発動機技報 2006-12 No. 42
[2] 鈴木 孝典, 砂廣 一雄, 田中 大輔, 福嶋 健司:「2017年モデル ROV YXZ1000R SS」, ヤマハ発動機技報 2016-12 No. 52

■著者



林田 勇武

Isamu Hayashida

パワーレインユニット
プロダクト開発統括部
第2PT 設計部



鈴木 満宏

Mitsuhiro Suzuki

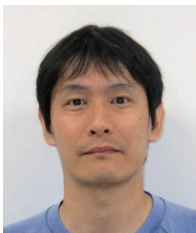
パワーレインユニット
先行企画開発統括部
先導開発部



福嶋 健司

Kenji Fukushima

PF 車両ユニット
電子技術統括部
システム開発部



南 賢吾

Kengo Minami

PF 車両ユニット
電子技術統括部
電子技術企画部