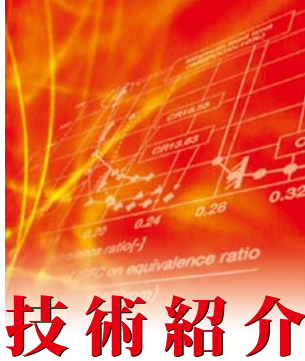




# モーターサイクル用自動化 マニュアルトランスミッションの開発

Development of an automated manual transmission for motorcycles

小杉 誠 善野 徹

## 技術紹介

### Abstract

More than 90% of the automobiles sold in Japan since about 2000 are automatic transmission models. In the European automobile market, where manual transmission models have been dominant primarily for reasons of efficiency/fuel economy and lower cost, we are now seeing a trend toward more demand for cars that are easier to drive, as seen in the increasing demand in recent years for automatic transmission models and CVT (continuously variable transmission) models, as well as models with transmissions based on a conventional manual transmission with mechanisms to automate the start-up and gear shifting operations.

Meanwhile, in the motorcycle industry as well, large-size scooters with rubber-belt CVT transmissions are very popular today, largely because of their ease of operation. In the large-displacement motorcycle category, while conventional manual transmissions remain the mainstream, we are beginning to see increasing calls for easier riding models. In answer to this call, Yamaha developed the YCC-S (Yamaha Chip Controlled Shift) that utilizes some state-of-the-art electronic control technologies to automate the clutch shift operation by means of an electronic activator mechanism.

In this report we introduce the development of the YCC-S system as an automated manual transmission system that offers easier riding and transmission efficiency while retaining a sporty riding feeling.

## 1 はじめに

日本国内では、2000年頃より、乗用車の新車販売台数におけるオートマチック車の比率が90%を超えるようになった。欧州の乗用車市場では、高効率/低燃費と低コストというニーズからマニュアルトランスミッション(以下、MT)車が主流であるが、イーजीドライブ化への要求の高まりから、AT(Automatic Transmission:自動変速機)やCVT(Continuously Variable Transmission:無段変速機)に加えて、従来のMTをベースに発進・変速動作を自動化した変速システムが登場し、その比率を高めつつある。

一方、二輪車においても、運転操作の簡便さからゴムベルト式CVTを用いた大型スクーターが人気を博している。大排気量モデルでは、まだ従来型のMT車が主流であるが、イージーライディングへの要求は年々高まりを見せている。その要求に対するヤマハ発動機からの回答として、近年、飛躍的に進歩を遂げた電子制御技術を利用して電動式アクチュエーターによるクラッチ・シフト操作の自動化を図った「YCC-S(ヤマハ・チップ・コントロールド・シフト)」を開発した。

本稿では、イージーライディングと伝達効率、スポーツ性の両立を目指したモーターサイクル用自動化MTシステム「YCC-S」の開発について紹介する。

## 2 開発のねらい

このYCC-Sシステムは、発進や微低速走行時の煩雑なクラッチ操作からライダーを開放し、快適な運転を支援することでツーリング機能を向上させることをねらいに開発、実用化したものである。

習熟が必要な発進時や微低速走行時の半クラッチ操作を必要とせず、ライダーはスロットルを操作するだけで、システムがエンジン回転数とスロットル開度に応じてクラッチを最適に制御し、微速発進から全開加速まで多様な発進に対応する。

また、変速時のクラッチ操作も不要で、ライダーは足または手元のシフトスイッチを操作するだけで、システムがシフト及びクラッチアクチュエーターを最適に制御してシフトショックを解消し、滑らかで快適な乗り心地を実現した。ただし、あくまでライダーの操る楽しさを残すために「自動シフトアップ・ダウン機能」は織り込んでいない。

## 3 システムおよび構造

YCC-Sのシステム構成について説明する。

### 3.1 システム構成

本システムでは、ベースとなったMT車両のシフト機構やクラッチ構造等、エンジン内部の構造に大きく手を加えることなく、従来、左手及び左足で操作していたクラッチ・シフト動作を、それぞれアクチュエーターに置き換えることで自動化を図っている。それら2つのアクチュエーターは、図1に示すように、YCC-Sコントローラーによって、エンジン回転数、車速、スロットル開度、ギアポジション、足及び手で操作されるシフトスイッチの入力により、最適に制御されている。以下、各構成要素の説明をする。

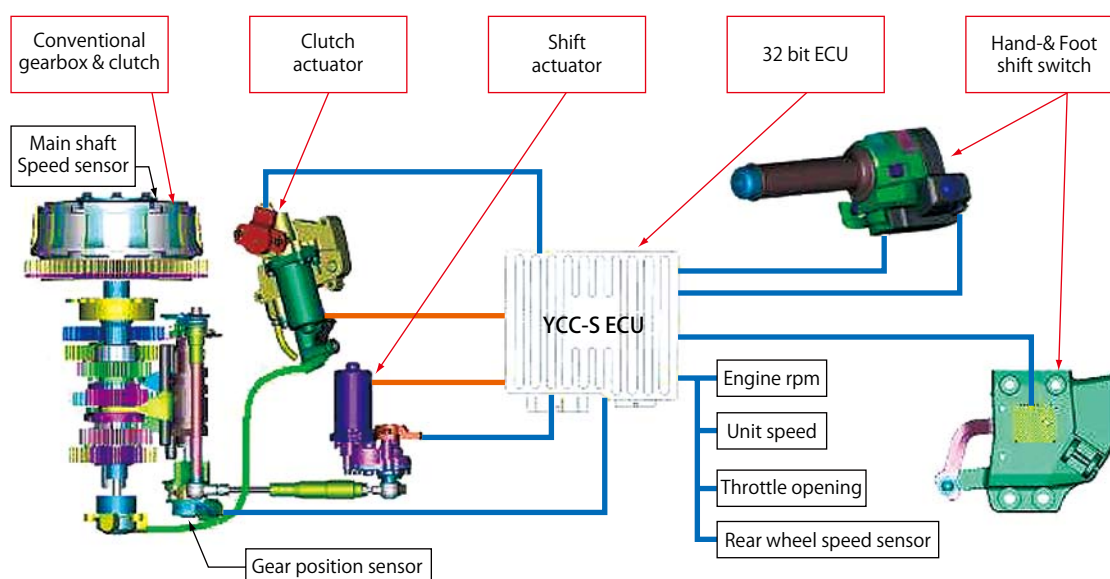


図1 YCC-Sシステム構成図

## 3.2 構造

### (1) クラッチアクチュエーター

クラッチアクチュエーター(図2)は、車両への搭載性と従来のモーターサイクルとの共用化を図るねらいから、直接駆動ではなく、DCモーターの駆動力を、減速機構を介して油圧シリンダーの動きに換え、従来のMT車同様の油圧機構によりクラッチの制御を行う機構となっている。

モーターサイクルへの搭載性を考慮して軽量コンパクトな設計とし、エンジン背面、車両中央の空間に配置し、ベース車両のバランスを崩すことなく、マスの集中化に寄与している。



図2 クラッチアクチュエーター

### (2) シフトアクチュエーター

シフトアクチュエーター(図3)は、モーター出力をコンパクトに配置された減速機構を用いて出力軸に伝達し、その出力軸に回転角度センサーを設けて回転角フィードバックを行っている。また、モーターの基本設計をクラッチアクチュエーターと共通とし、低コスト化を図っている。



図3 シフトアクチュエーター

### (3) YCC-Sコントローラー

YCC-S制御専用のコントローラーを、エンジン制御ECUとは別に新規開発した。エンジン制御ECU、ABS制御ECUと情報を共有化し、優れた制御性を実現している。

### (4) シフトスイッチ

変速指令入力は、以下の2系統を用意した。

- ① フットシフトスイッチ: 通常のシフトペダルと同形状のペダルにより、変速入力を行う。上方がシフトアップ、下方でシフトダウン指令となる。
- ② ハンドシフトスイッチ: 左側グリップの基部に設けられたシーソータイプのスイッチで、左手の人差し指で手前にスイッチを引くとシフトアップ、親指で前方にスイッチを押すとシフトダウン指令となる。このスイッチは、近傍のハンドセレクトスイッチを押すことで使用可能となる(図4)。



図4 ハンドシフトスイッチ

## 4 YCC-S 制御システム動作

各システム動作の適合作業は、初心者から熟練者まで様々なレベルのライダーが、多様な走行場面において、違和感なく運転できるレベルを目指して行われた。

### 4.1 エンジン始動

前後いずれか、もしくは両方のブレーキをかけた状態で、エンジンスタートスイッチによりエンジン始動可能となる。

### 4.2 発進

1～5速のいずれかでスロットルを開いてエンジン回転速度が上昇すると、コントローラーがクラッチを繋ぎ、発進する。ただし、停車状態も含めた低車速時に2速以上での発進を行った場合、メーター内ギアポジション表示の点滅により警告を発し、1速による発進を促す。

発進時のクラッチ状態は、主としてエンジン回転速度に応じた最適な制御を行うので、スロットル操作によりエンジン出力を調整することで、微速発進なども可能となっている。

### 4.3 シフトアップ

停車時にはニュートラルから1速へのシフトアップのみ可能であるが、走行中は1速から順次5速までシフトアップできる。走行中のシフトアップ時には、エンジン制御ECUと協調して点火時期制御を行い、スロットルを開いたままのシフトアップも可能とした。

### 4.4 シフトダウン

走行中は5速から順次1速までシフトダウンが可能であるが、1速からニュートラルへは停車時のみシフトダウンできる。走行中は、クラッチの回転数差を半クラッチで吸収することにより、スムーズなシフトダウンを可能とした。

### 4.5 停車

走行中のギア段にかかわらず、減速時にはエンジンストールする前にクラッチを切り、停車可能となる。このとき自動的にシフトダウンすることはない、1速やニュートラルとするにはライダーが操作を行う。

## 5 おわりに

本システムは、モーターサイクルでは世界初の自動化MTシステムとして、2006年型FJR1300ASに搭載された。

本システムの開発に当たっては、クラッチ及びシフトのアクチュエーター、コントロールユニットからシフトスイッチに至るまで、新規に開発を行った。また、車両制御に関しては、ライダーの意思と車両挙動が乖離しないように作り込みを行い、スポーツ性と快適性の両立という、モーターサイクル用自動化MTシステムとしての命題に、1つの答えを示すことができたと確信している。

今後、モーターサイクルの駆動系として、従来のMT、スクーターのCVTと並ぶ第3の柱として、YCC-Sを  
発展させていきたいと考えている。

最後に、本システムの開発にあたり、情熱を持って多大なご協力をくださった関係者各位に深く感謝す  
る。

#### ■著者



小杉 誠  
Makoto Kosugi  
MC事業本部  
技術統括部



善野 徹  
Tooru Zenno  
MC事業本部  
技術統括部