

## 製品紹介

## 中・小型二輪車向け倒立フロントフォークの開発

尾崎 公哉 ・ 宮内 慶彦

## 1 はじめに

近年、東南アジア諸国連合（以下ASEAN）域内での所得の向上が目覚ましい。その影響は二輪車市場にも及んでおり、需要のある車体カテゴリや二輪車に求められる性能に変化が生じている。

車体と車輪をつなぐフロントフォーク（以下FF）は、路面からの振動入力制御、車両姿勢の制御、強度部材といった様々な面で二輪車の操縦安定性に寄与している。このFFを取り巻く事情もASEAN域内の所得向上による影響を受けて変化しており、これまではコスト重視であったものが外観や性能に関しても考慮されるようになってきている。

## 2 開発の狙い

ASEAN域内における二輪車の需要は、これまでエンジン排気量で150cc以下のモベット<sup>注1)</sup>やスクーター（写真1）が主流であった。しかし、ASEANでの所得向上による大排気量二輪車需要の高まり、アジアロードレース選手権（写真2）に代表されるようなレースシーンの広がりを受け、中・小型二輪車用製品として従来品と差別化し、より付加価値を感じる製品が求められるようになった。その市場要求に合致した製品群として、高い商品性を持つ倒立FFを新規開発した。



写真1 スクーター例 Mio Z<sup>注2)</sup>  
（ヤマハ発動機株様ホームページより）



写真2 アジアロードレース選手権の様子  
（ヤマハ発動機株様ホームページより）



写真3 モベット一例 Jupiter MX King150<sup>注2)</sup>  
（ヤマハ発動機株様ホームページより）

注1) 本紹介でのモベットとは写真3のような形態のマニュアル変速式の二輪車のこと（一般にモベットとはペダル付きの原動機付自転車の事を表すことが多い）。

注2) 「Mio Z」および「Jupiter MX King150」は、ヤマハ発動機株の商標です。

## 3 開発の概要

これまでKYBグループのASEANの生産拠点では倒立FFの生産実績は無く、中・小型二輪車領域に適した倒立FFのサイズも無かった。そこで150～300ccクラスまで視野に入れ、ベストバランスであるインナチューブ径φ37倒立FFの新規開発が決定した。

今回開発した倒立FFの構造について図1と以下の項で示す。

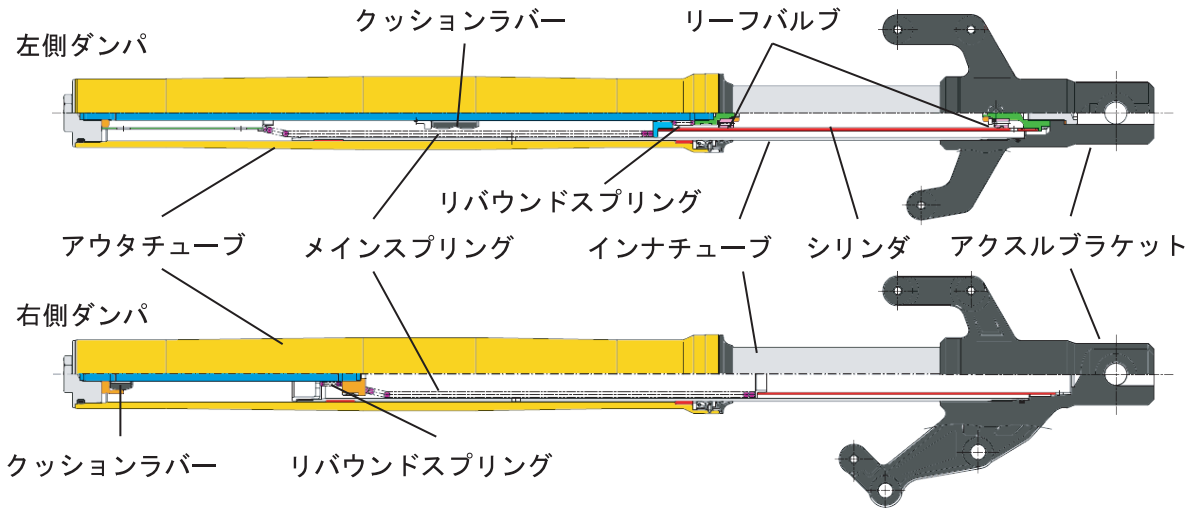


図1 φ37倒立FFの構造

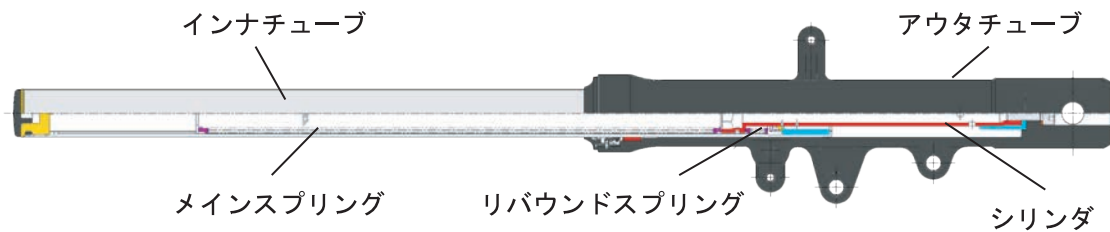


図2 正立FFの構造の一例

### 3.1 基本構造

FFはテレスコピックタイプ<sup>注3)</sup>の倒立型である。倒立型とは、アウタチューブが上、インナチューブが下に配置されたものである。アウタチューブ、インナチューブの配置が逆のものを正立型と呼ぶ(図2)。

一般にFFでは前輪を挟む形で2本のダンパが使用され、車軸、アンダブラケット、アッパブラケットで左右のダンパが接合固定される。ダンパには減衰力発生機構とコイルスプリングが内蔵されており、緩衝器としての機能を発揮する。

注3) テレスコピックとは、径の異なる複数の筒を組み合わせて、軸方向に伸縮自在とした機械構造物のこと。

### 3.2 各種仕様

#### 3.2.1 減衰力発生機構

今回の倒立FFでは、スポーツ走行にも適した応答性の良い物として、リーフバルブを有したピストンASSYによって減衰力を発生させるカートリッジ構造を採用した。

また、通常は2本あるダンパの両方に減衰力発生機構を内蔵するが、カートリッジ構造では発生させることのできる減衰力が高く、左側のダンパのみに減衰力発生機構を有する片側ダンパとして成立させることができた。その結果、コスト低減も図ることができた。

#### 3.2.2 ばね

ばね要素としては下記の要素を有する。

- ①金属コイルばね
- ②クッションラバー
- ③空気ばね

金属コイルばねは、ストロークの全域でダンパを伸ばす方向にばね力を発生するメインスプリングと、伸び切り時のショック感を和らげる働きのみを使用するリバウンドスプリングの二種類を使用する。

クッションラバーは、底付<sup>注4)</sup>時の突き上げ感を和らげる働きをするものである。

空気ばねは、密閉容器となっているダンパ内にある空気の圧縮時に生じる圧力上昇を利用したものである。主にストローク奥での踏ん張り感に寄与する。

注4) 底付とは、段差乗り越し等でタイヤからFFへ強い圧縮荷重が発生した時に、FFがフルストロークしてインナチューブがアウタチューブの底端に突き当たること。

#### 3.2.3 アウタチューブ

倒立FFのアウタチューブには造管されたアルミ合金のパイプを用いる。現地での入手性を考慮した製法を採用した。

表面処理は着色アルマイトであるが、現地で施工できる仕様とした。

### 3.2.4 インナチューブ

インナチューブはFFの強度や、性能を決定づける重要な部品の一つである。倒立FFにおける二輪車の排気量とインナチューブ径の対応は図3に示す。

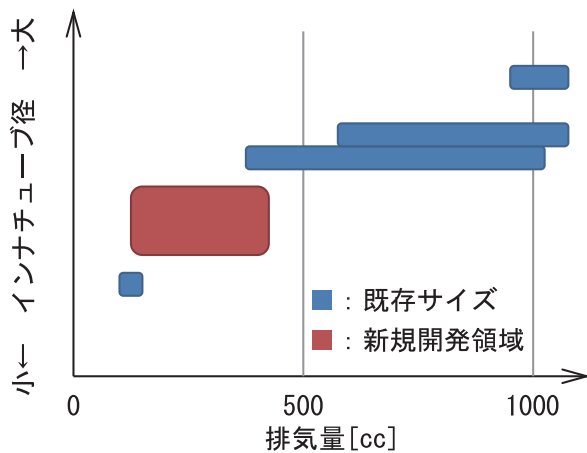


図3 倒立FFインナチューブサイズ

## 4 FFの剛性

FFが二輪車の操縦安定性に寄与していることは冒頭で触れた。中・小型二輪車ではこれまでインナチューブ径φ33～φ41の正立FFを採用してきた。今回の開発ではそれらの二輪車に倒立FFを採用するため、操縦安定性が大きく変化することが容易に想像された。

まず、倒立FFはアウトチューブ、正立FFはインナチューブと、車体にクランプされる部品とその径が全く異なっている。そのため、剛性は倒立FFが高く、正立FFが低くなるのが一般的である。FFの剛性が高いことは、ブレーキング中や高速走行中、旋回中の姿勢の安定感を高める効果がある。スラローム走行のような切り返しを行う場合にも、機敏な応答で切り返しを行えるようになる。

しかし、正立FFを採用してきた車両に対しては、切り返しが機敏になってしまうことが不都合となる場合がある。切り返しが早すぎて正立FFと比較して不安定に感じるなどの感覚の差である。これは、開発中に特に苦労したところであり、本来倒立FFは正立FFとは異なる特性であるところを、合わせ込む施策が必要となった。

そこでFFを3Dモデル化し、剛性をFEM解析にて確認するという新しい試みを実施した。図4に解析モデルを示す。

正立FFと倒立FFの様々な剛性を解析によって導きだし比較。剛性に影響する部品の形状を変更して合わせこみを実施した。その結果、解析上で中・小

型二輪車に適した剛性に調整することができた。

実際には試作品を使用した実車官能評価にて問題ない剛性かを確認した。この件は次章にて解説する。一方で、倒立化による剛性増加分を下げたということはすなわち強度が低下するということである。解析において、絶対強度や車体との強度バランスなど問題ないことが確認できた。このようにFEM解析を利用することによってやり直しの少ない仕様検討を実施することができた。

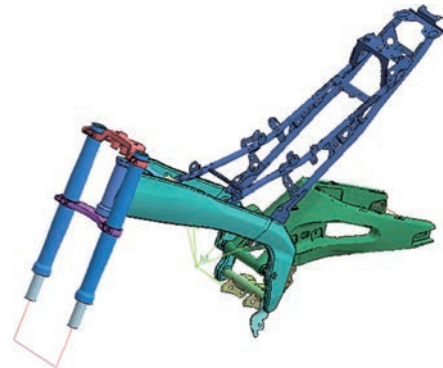


図4 FEM解析モデル

## 5 実車官能評価

前章で述べた解析による造り込みに加えて、試作品を車両に搭載し、お客様の評価基準に基づいた実車での官能評価を行った。評価項目は操縦安定性と乗り心地に関する複数の項目となる。

前章の剛性に関しては操縦安定性に関わる特性であり、特にスラローム走行の切り替えしにおける操縦性や、加速時、制動時、コーナリング中の安定性等に影響する。解析による形状決定によって精度よく剛性合わせをすることができた結果、実車官能評価においても問題なくスムーズにセッティングを行うことができた。

## 6 コスト低減・現調化

実際に現地に出向き、拠点スタッフの協力のもとコストの造り込みを行った。現地で可能な製法、部品入手性等を検討し、それらを考慮した設計とすることで、最終的に、ほぼ100%現調化を達成し、コスト低減を図った。

## 7 採用状況、今後の展望

本開発製品は2017年3月より量産を開始しており、現在も他機種への展開、拡販を行っている。また、

中・小型二輪車向けの標準倒立FFとして、今後の主力製品として展開を進める予定であり、採用車種・生産量ともに拡大が期待される。

## 8 おわりに

近年、400cc未満の中・小型二輪車市場は、大きく変化している。実際に、欧州の二輪車メーカーはこれまで先進国向けに大排気量の二輪車を主に製造してきたが、ここにきて中・小型二輪車市場にも参入してきている。それらの二輪車には、KYBモーターサイクルサスペンションの狙いと同じようなサイズの倒立FFを投入している。欧州車も巻き込んで市場が過熱しており、今後も目が離せない排気量帯となると考える。

当社としては今回の開発にて、写真4のような車種に新製品を採用頂けた。当社のプレゼンスが拡大するように一層努力していきたい。



写真4 φ37倒立FF採用車種 YZF-R15<sup>注5)</sup>  
(ヤマハ発動機株式会社ホームページより)

注5) 「YZF-R15」はヤマハ発動機株式の商標です。

最後に、本製品の開発にあたり、ご支援頂きました関係部署の方々に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

## 著者



尾崎 公哉

2006年入社。KYBモーターサイクルサスペンション(株)技術部。二輪車用サスペンションの設計・開発に従事。



宮内 慶彦

2009年入社。KYBモーターサイクルサスペンション(株)技術部。二輪車用サスペンションの設計・開発に従事。