

2007 年モデル鈴鹿 8 時間耐久マシン CBR1000RRW の紹介

2007 Model CBR1000RRW for Suzuka 8 hours World Endurance Championship Race

神 田 英 一*
Eiichi KANDA
重 水 信 男*
Nobuo SHIGEMIZU

大 東 正 宗* 宇 貫 泰 志*
Masamune OHIGASHI Hiroshi UNUKI
秋 津 行 秀*
Yukihide AKITSU

要 旨

2007年鈴鹿8時間耐久ロードレース出場用の耐久専用マシンを開発した。2006年モデルに対し、ECUの演算能力を向上して制御を綿密におこなうことにより、2.7%の出力向上を達成し、動力性能を下げることなく、燃費の両立が図れ、ACGロータの慣性マスを上げることにより、加速側での過渡特性を穏やかにし、減速時のエンジンブレーキも軽減した。さらにスリップ制御を使うことにより、操縦安定性とトラクション性能の向上が図られ、戦闘力が高く、速く安定したラップタイムを出せるレース車両が実現された。

ABSTRACT

An endurance motorcycle has been developed to take part in the 2007 Suzuka 8 Hours Endurance Road Race. The calculation performance of the ECU has been increased against that of the 2006 model to enable more precise control, resulting in a 2.7% increase in power and the achievement of a balance between engine performance and fuel efficiency with no decline in the former. Increasing the inertial mass of the ACG rotor has moderated the transient characteristics during acceleration and reduced the engine brake load during deceleration. In addition, the use of slip control has increased stability and controllability and traction performance. The newly developed racing motorcycle displays reliable racing performance, and is capable of posting lower and stable lap times.

1. まえがき

2004年からスーパバイクカテゴリのレギュレーションが大幅に見直され、それまでの2気筒 1000 cm³ 対4気筒 750 cm³ の時代から、全車 1000 cm³ となり、気筒数による改造範囲の違いで、参戦車のバランスを取るクラスへと変更された。Honda もレースのベースとなるプロダクションモデルの開発が進められ、それまでの2気筒 VTR1000SP から4気筒 CBR1000RRへと車両を変更し、参戦を開始した。Fig. 1 に(株)ホンダレーシング(HRC)参戦車を示す。

2004年2005年の鈴鹿8時間耐久は、スーパバイククラスで2年連続の総合優勝を果たした。

2006年からは、主催者からの要望を含め、全日本選手権同一のカテゴリとなる、ジャパンスーパバイク(以下、JSB1000という)クラスでの参戦と成った。JSB1000は、それまでのスーパバイクのレギュレーションに対し、エンジ

*二輪開発センター

ンの改造範囲が狭く、大幅な出力の向上が望めないため、変更可能部品での性能・機能の向上に努め、完成車トータル性能を向上させるための開発を進め、参戦したが総合優勝を果たすことができなかった。



Fig. 1 2007 model HRC race machine

2007年モデルは、ベース性能が大幅に変わらないこともあり、出力制御を充実するため、ECUの性能を上げて、スリップ制御を主体とする、トラクションコントロールをおこなった。合わせて耐久レースで重要になるピットワークを安定的に早く終わらせるための装備を改良した。本稿は2007年仕様のCBR1000RRWをベースに、性能向上の効果が高い部分と、耐久専用の特異装備も含めて、適用技術を紹介する。

2. 開発の方向性

2005年までのスーパバイククラスは、エンジンの改造範囲が広く、ベースとなる量産車の性能の影響を受け難く、ねらった性能を出しやすい特性を持っていた。2006年からのJSB1000クラスはエンジンの改造範囲が狭く、ねらったピーク出力とパワースペクトル特性が出づらい傾向となるため、動力性能の低下分を補うべく、完成車でのトータル性能を向上させる必要があった。JSB1000 クラス参戦2年目となる2007年は、ECUの性能を上げて、全体の底上げを図ると共に、以下の内容に重点を置き開発をおこなった。

(1)電装制御：ドライバビリティ性能を満足した上に、トラクション性能と燃費の両立を図る。

(2)エンジン：改造範囲内でのさらなる高回転化と機能・耐久性の向上を図る。

(3)車体：耐久専用装備に加え、出力を有効に伝えるトラクション性能の向上を図る。

(4)装備：ピットワークタイムを安定的に早くするため、作業性の向上を図る。

3. エンジン

スーパバイクとJSB1000のエンジン改造範囲のレギュレーションをTable 1に示す。JSB1000は変更可能部品が限られるため、性能・耐久性に効果の大きい代表的な変更部分を紹介する。

3.1. カムシャフト慣性マスの増加

エンジンには、出力向上の観点からレブカット回転数の高回転化とバルブリフト量の増大が求められた。量産仕様から変更できない部分である、カムチェーンへの負荷低減が課題となった。耐久性を向上させる手段として、カムチェーンのカムスプロケットへの噛み込み時のバタツキに着目し、カムシャフト及びカムスプロケットの慣性マスを増加し、カムシャフトの回転変動を低減した。これにより、カムリフト量の増加とレブカット回転数の増加をおこない、

Table 1 Comparison of regulations

	JSB Japan superbike	SBK FIM world superbike
Crankcase	No modification allowed	May be modified by welding or machining
Cylinder head	Only machining port area and base surface are allowed	May be modified by welding or machining
		Valve seats may be altered or replaced
		Valve guide may be altered or replaced
		Combustion chamber may be modified
Cylinder	No modification allowed	Sleeves, liner material may be changed
		Surface finish is free
Crankshaft	No modification allowed	May be altered or replaced
Piston	No modification allowed	May be altered or replaced
Piston ring	No modification allowed	May be altered or replaced
Piston pin	No modification allowed	May be altered or replaced
Piston pin clip	No modification allowed	May be altered or replaced
Connecting rod	No modification allowed	May be altered or replaced
Camshaft	May be replaced or modified	May be altered or replaced
Valve	No modification allowed	May be altered or replaced
		Valve diameter must remain as homologated
Valve spring	May be replaced. Material must remain as homologated.	May be altered or replaced
Valve retainers	No modification allowed	May be altered or replaced
Oil pump	No modification allowed	May be altered or replaced
Clutch	Clutch springs, friction disks, plates may be altered or replaced.	Aftermarket or modified clutches are allowed
	Quality of disks and plates must remain as homologated.	Back torque limiter is permitted.
	Addition of back torque limiting device is not allowed.	

必要とされたカムチェーンの耐久性を確保した。合わせてバルブタイミングも見直しをおこない出力の向上にも貢献した。カムシャフトの形状と慣性マスの比較を Fig. 2 に示す。カムシャフトの回転変動比較を Fig. 3 に示す。

3.2. クランクシャフト系慣性マスの増加

加速時のトルク変動緩和と減速時のエンジンブレーキ低減が課題となった。しかし、クランクシャフト及びクラッチ構造は量産仕様から変更することができないレギュレーションのため、仕様変更可能な ACG ロータで慣性マスを増加することとした。限られたスペースの中で最大のマスを確保するため、アウトロータ式からインナロータ式として Fig. 4 に示すような、外周部に慣性マスを付加するレイアウトを採用し、スロットル操作に対するエンジンの急激な回転上昇を抑えて穏やかなコントロール特性とした。またマス増加の効果により、減速時のエンジンブレーキも軽減されスムーズな減速特性を実現した。

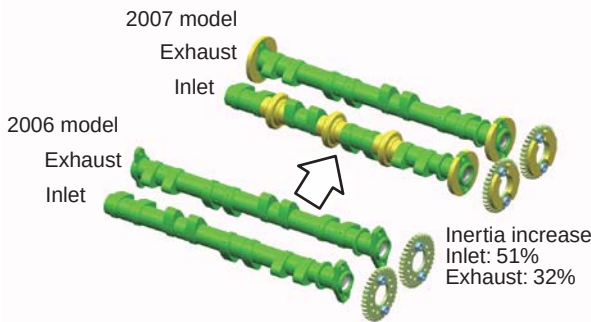


Fig. 2 Comparison of camshaft

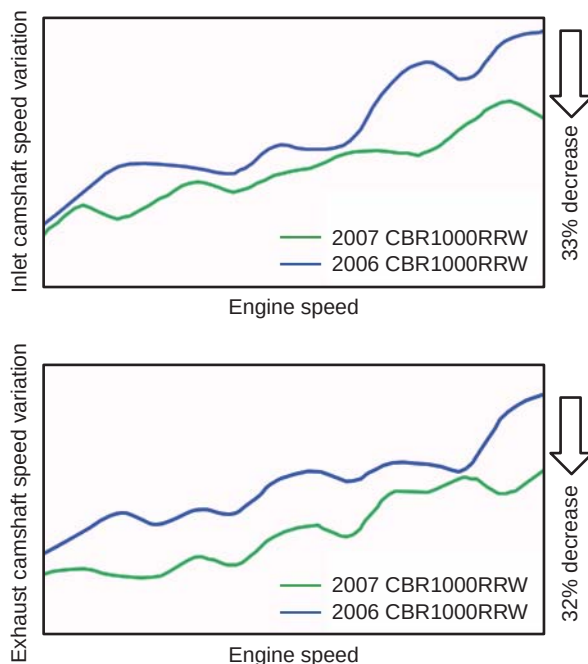


Fig. 3 Camshaft speed variation curve

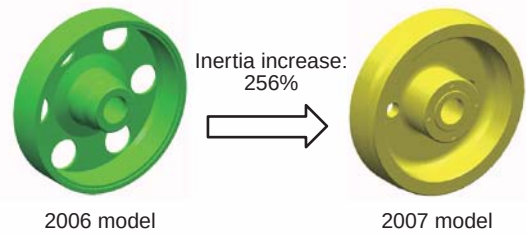


Fig. 4 Comparison of ACG rotor

3.3. 出力向上度

バルブタイミング見直しとカムリフト量増加をベースに、部品公差の選別と製造ロットを一元管理し、エンジンごとの諸元バラツキを抑えてトータルとして2.7%の出力向上と出力バラツキ 0.8%を達成した。2004 年のスーパバイクと比較した全開出力特性のグラフを Fig. 5 に示す。出力低下はやむなしと考え、安定した出力を提供できるように配慮した。

4. 電装・制御

エンジンの高回転化に伴う燃費の低下と出力コントロールを主体としたトラクションコントロールを実現させるため、ECU の綿密な制御が必要となり、2006 年までの量産ベースの ECU から 2007 年では MotoGP にて使用しているデータロガー内蔵型の高性能 ECU を採用した。ECU 変更による主なメリットを紹介する。

4.1. ドライバビリティ性能

2006年までは、エンジン回転数の急激な上昇をスリップととらえ、急激な上昇を検出した際にその上昇を抑える DME(エンジン回転数の瞬時変化)エンジン制御をおこなってきた。2007年では、これに加え前輪車速が制御パラメータとして使用できるようになり、前後車速差を検出しておこなうトラクションコントロールを採用した。DME制御でエンジン回転数の急激な変化を制御し、スリップの誘発を抑制することに加えてトラクションコントロールを採用することで、タイヤグリップ低下、路面状態悪化などによって変化するタイヤスリップにも対応が可能となった。Fig. 6に2006年仕様との走行データの比較を示す。スリップが減り、

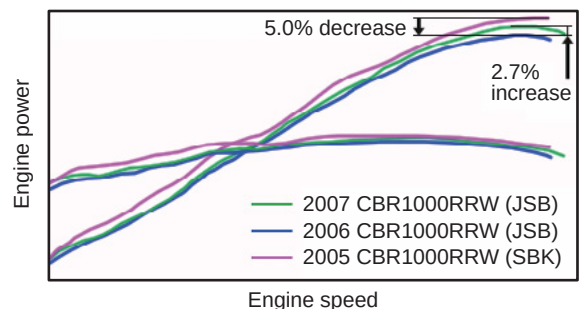


Fig. 5 Engine performance curve

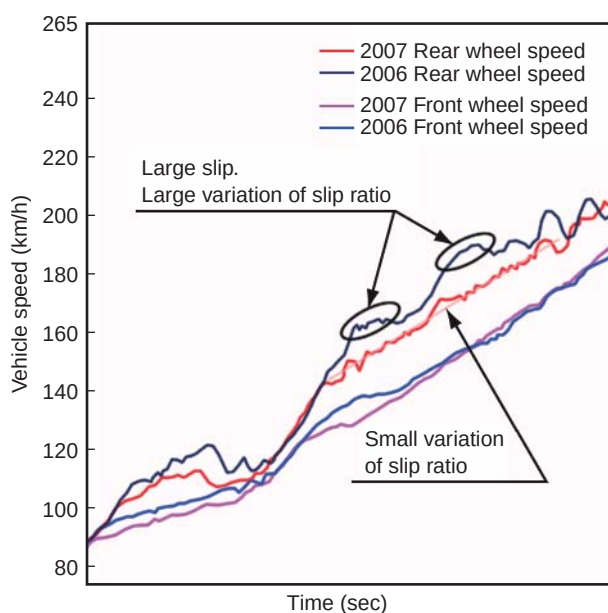


Fig. 6 Comparison of ECU control riding data
(Hairpin exit on final lap of seventh stint)

スムーズな加速が可能となった。

4.2. 燃費性能

ベース燃調(燃料調整)を薄くせず、案別のマップを持つことにより、今までの出力低下を伴うリーン化を最小限に抑え、出力を有効に使いつつ燃費の向上を図った。タイヤグリップが低下してスリップが多くなる状況では、ライダーがマップスイッチを切り替えて走行をおこなうことにより、スリップにより生じる燃費のロスも改善した。マップの構成を Fig. 7 に示す。

4.3. セッティング性能

限られた時間の中で、最適なセッティングを見つけることも重要な要素である。ECUの変更により、セッティングデータの容量増大が図られ、案別セッティングをマップ単位で持つことが可能となり、2006年まではベースマップを

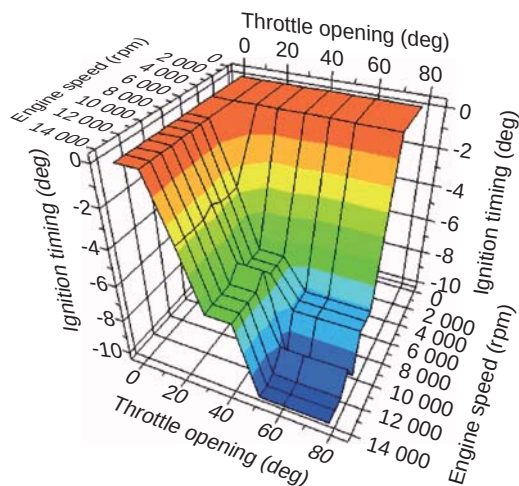


Fig. 7 Comparison of ECU control map

アジャストして使っていたが、モードスイッチを切り替えて走行中に案別を確認することが可能となったため、セッティングの容易性とセッティングに要するスピードが向上した。モード数も二つから三つに増えレース中の状況変化に対する順応性も向上した。

また、データロガーが一体化となったことにより、各種制御パラメータと制御値の追加計測が容易におこなえるようになり、計測データを元に、さらにセッティングの精度を向上することができた。

4.4. 作業性

セッティングデータの送信と走行データの受信を無線でおこなうことが可能となり、狭いピット内で車体整備をおこなうメカニックとセッティングをおこなうスタッフの作業が重なる状況でも、各々の作業がスムーズにおこなえるようになり、作業時間の短縮と合わせ、よりセッティングに時間を割けるようになった。

5. 車体

車体関連は 2004 年のスーパーバイククラスから JSB1000 クラスへ変更されても、レギュレーション的には大きな違いはなく 2006 年にベースとなる量産車がマイナモデルチェンジを受けた時点から、2007 年への変更点も少ないため完成車性能を向上させた代表的な変更部分と耐久専用となる特異部分の装備を合わせて紹介する。

5.1. 完成車性能向上

5.1.1. スイングアームとリヤクッション

スイングアームには、ピットワーク時のタイヤ交換作業を重視したホイール幅の拡大に伴って、操縦安定性の向上とトラクション性能の向上が要求された。剛性と軽量化の観点で形状の見直しを図り、リヤクッションのリザーブタンクを横向きに配置することにより、マスの集中化とスペースレイアウトを有効に使った。Fig. 8 にスイングアームとリヤクッションのレイアウト、Fig. 9 にスイングアームの

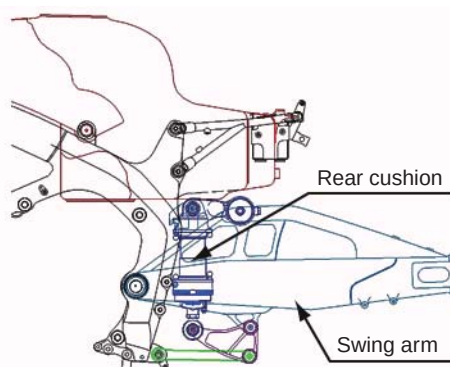


Fig. 8 Layout of swing arm and rear cushion

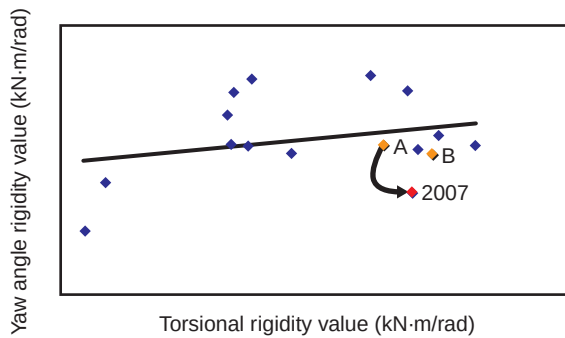


Fig. 9 Comparison of swing arm rigidity

剛性マップを示す。ねじれ剛性を確保しつつ、ヨー角剛性を下げ、リヤタイヤのスリップ角を増加することにより、コーナ立ち上がりなどの旋回とトラクション性能を向上することができた。

5.1.2. フロントフォーク

2005年モデルより、減速時の車体安定性と旋回性の両立を図るため、フロントフォークの剛性見直しが必要となった。アウトチューブにカーボンファイバ製の補強をおこなうことにより、縦方向の剛性を上げつつ、横剛性を維持したバランスとした。2007年モデルからは、さらにアウト全長を伸ばし、安定性と旋回性の向上を達成した。アウト自体で剛性を上げると縦横のバランスが取れず、カーボンファイバ補強が最適であった。Fig. 10に形状と剛性の比較を示す。

5.1.3. 空力性能

量産形状のイメージを踏襲し、空力の向上を目的に、細部形状を見直した。フロントカウル下面には、スポイラを装備し、シートカウル後部にダクトを配置し、リフト量を低減した。Fig. 11, Fig. 12にフロントカウルとシートカウルのリフト特性グラフを示す。

5.2. 耐久特異装備

5.2.1. 燃料タンク

レギュレーションで許される最大容量の 24 L を確保しつつ、ライダーの居住性と操縦性の向上を図り、燃料給油作業で

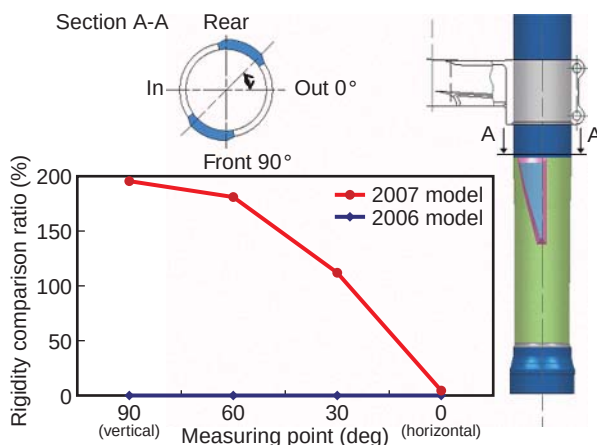


Fig. 10 Comparison of front fork rigidity

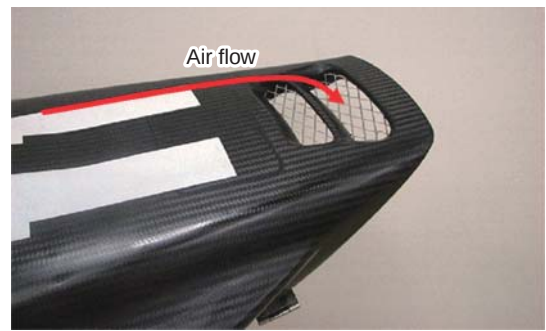


Fig. 11 Seat cowl shape

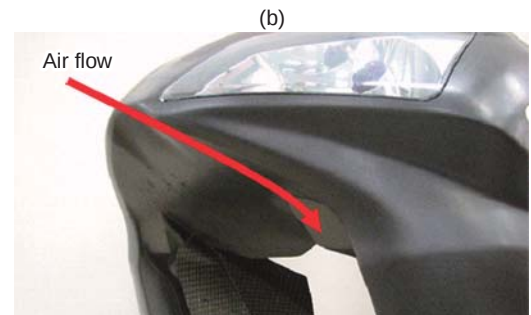
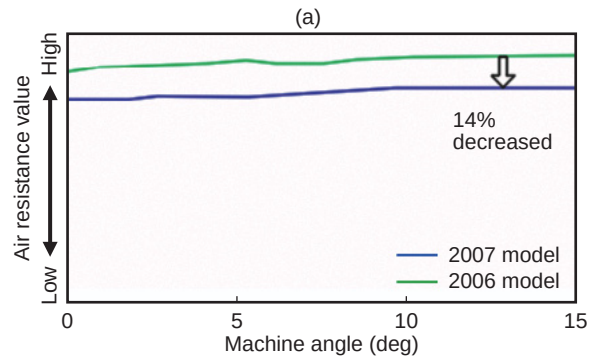


Fig. 12 Front cowl shape and characteristics

の給油時間短縮と給油量の精度を向上させる形状を追及した。量産車のシェルタイプに対し、燃料タンク部をアルミニウムで形成し、前半分をカーボンファイバにて構成し、容量の確保と軽量化をおこなった。Fig. 13 に燃料タンクを示す。

5.2.2. 転倒ガード

転倒時の車両ダメージを抑えるため、フレームボデー側面に樹脂製のスライダを装備し、リアアクスルを保護するためにスイングアームにカーボンファイバガードを装備し

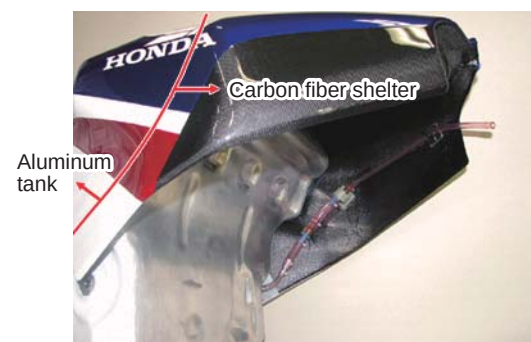


Fig. 13 Fuel tank

た。Fig. 14 にスライダ構造を示し、Fig. 15 にアクスルガードの写真を示す。転倒時のパーツ交換頻度は下がり、レース中のリタイヤ率も下がった。

転倒時の安全性向上の観点で 2006 年モデルより、転倒しても燃料給油のフィルターが開かぬようにロック付のクイックフィルターを装備している。Fig. 16 にロック付のクイックフィルターを示す。2006 年モデルは三爪であったが、2007 年モデルは六爪とし、ロック機能の強化を図った。

5.2.3. ライダ居住性向上

一回のセッションで約 1 時間の走行をおこなうので、ライダーの居住性も重要な要素となる。

振動の観点では、ハンドル振動を低減させるために、Fig. 17 に示すようなハンドルパイプに小型のウェイトを内蔵し、スプリント仕様に対して約 10% の振動を低減している。

熱居住性の観点では、フロントカウルには、Fig. 18 に示す、排風ダクトを追加し、ステップの排気管周辺にはカーボ



Fig. 14 Slider



Fig. 15 Axle guard

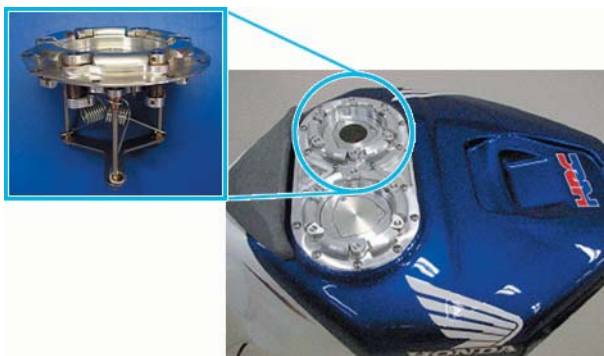


Fig. 16 Quick filler with lock function



Fig. 17 Handle pipe weight

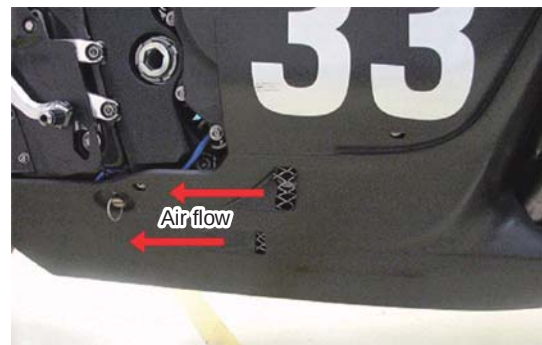


Fig. 18 Lower cowl air outlet duct

ンファイバ製の大型ヒートガードを配置し、ステップアームには断熱ワッシャを備え、シート部では底板に空気層を持つ二重構造を採用しライダーを熱から守る対応をおこなっている。

視認性の観点では、Fig. 19 に示す、ウインドスクリーンに曇り防止のダクトを配置し、雨天走行時の視界を確保している。

5.2.4. ヘッドライト

8 時間耐久では夜間走行が含まれるため、ヘッドライトの装着が義務付けられる。量産車の形状イメージを踏襲し、軽量で十分な光量を得るため、カーボンファイバ製のケースに High-intensity discharge (HID) システムのヘッドライトを採用し、カウル側にマウントする構造としている (Fig. 20)。



Fig. 19 Wind screen air duct



Headlight front view

Headlight back view

Fig. 20 Head light mounting layout

5.3. ピットワーク装備

5.3.1. フロントスタンドジャッキ

ピット作業は車体側方よりフロントスタンドジャッキを挿入し、車体を持ち上げるシステムを採用している。レース中のタイヤ交換と給油作業を短時間でおこなうためには、車体の上下動を安定させる必要があり、2007 年モデルは、リンク式からスライドパイプ式にスタンドを変更している。また、ジャッキ掛けの作業性を向上させるため、挿入部のガイド形状の見直しとスタンド移動用のローラをタイヤ式からフリーボール式にし、作業負荷の軽減を図った。Fig. 21 に比較写真を示す。

5.3.2. タイヤ交換作業性

フロントホイールまわりでは、アクスルシャフトを抜き、ホイールを引き抜くだけで外せるように、ブレーキキャリパをフロントフォークに固定したまま回転させることができるオープン機構が装備されている。2007 年モデルは、ホイール挿入時の作業時間をさらに短く、安定化させるためガイド機構の形状見直しをおこなっている。Fig. 22 に写真を示す。

リヤホイールまわりでは、脱着作業向上のため、ブレーキディスクを外側に配置する専用ホイールを採用している。2004 年のレギュレーション改定により、ドリブンスプロケットを車体側に固定することが禁止され、通称ペンタゴンが使用できなくなった。ホイール側にドリブンスプロケットを配置するため、ドライブチェーンを脱着する作業が必要になり、チェーンホルダやスプロケットカバーを追加装備し、作業性の向上を図っている。Fig. 23 にチェーンホルダの写真を示す。また、レース中にリヤブレーキディスク

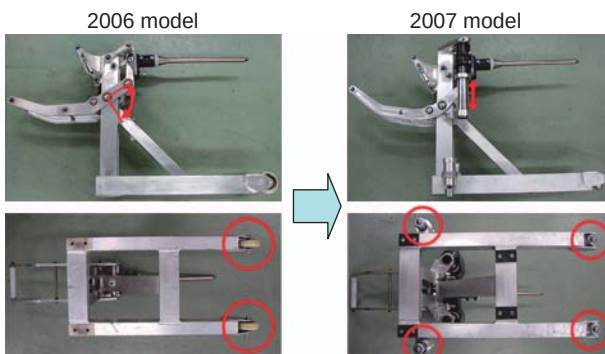


Fig. 21 Front stand



Fig. 22 Front axle wheel guide

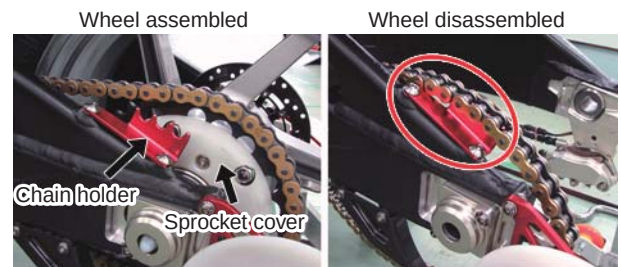


Fig. 23 Rear chain holder wheel guard

クまわりにゴミがたまり、脱着作業を阻害するので、ブレーキディスクにはゴミを排除する目的で外周部に突起を追加し、走行中にかき出す構造を採用している。Fig. 24 にレイアウト図を示す。

6. 性能評価

性能評価に関しては、テストライダー及びレースに出場する実戦ライダーにより、鈴鹿サーキットで25周以上の長時間走行を実施し、各部の総合評価をおこない、平均ラップタイムにて、0.8%の向上が得られた。

各区分におけるラップタイムに関しては、前年モデルに対し、Fig. 25 に示すように、個々の区分における性能向上度は、それぞれ T1: 0.7%, T2: 1.2%, T3: 0.4%, T4: 1.2% と向上し、バックストレートでの最高速度は平均3 km/hの向上が図られた。

実際の走行データから見られる優位性を Fig. 26 に示す。主にコーナリングとコーナ立ち上がりでの加速に優位性が



Fig. 24 Rear brake disk projection

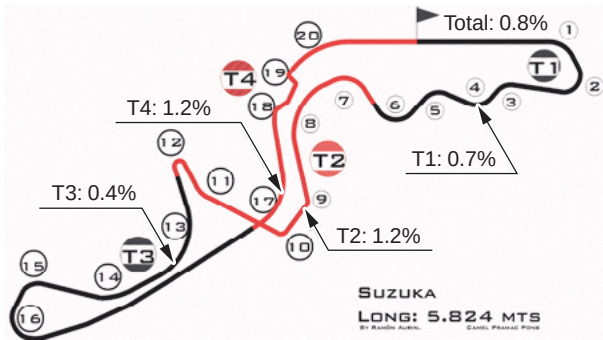


Fig. 25 Section performance enhancement at SUZUKA circuit

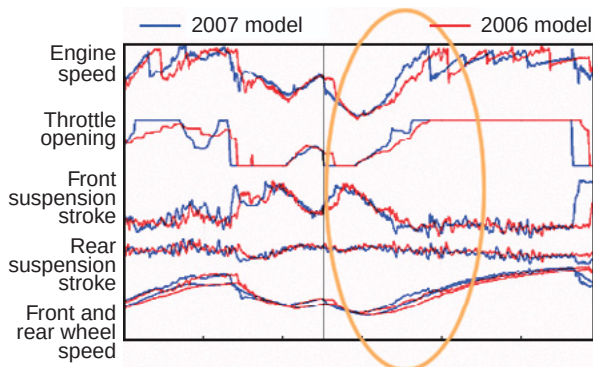


Fig. 26 Running data

認められ、ECU制御が正常に作動し、トラクション性能も向上していることが検証できた。

ライダー居住性に関しては、それぞれの異なるコンディションとなる、ドライ・ウェット・夜間・強風などの状況で走行評価をおこない、問題ないことを確認し仕様を決定した。

ピットワークタイムについては、平均タイムで前年度から7%の向上を達成し、特にタイヤ交換の作業時間が安定し、給油時間の短縮が図られた。

7. まとめ

ECU の性能向上を主体に、個々の仕様見直しをおこない、動力性能向上と燃費の両立が図られ、耐久性の確保も達成した。制御系の充実により、トラクション性能も向上し、オーバオール性能にて前年モデルを上回る性能を達成したが、レースは、フライングスタートのペナルティを受けてからトップを追い上げきれずの2位と、転倒リタイヤという結果であった。

今回は優勝を逃したが、今後も耐久専用車として継続的に個々の熟成を図って行き、マシンのポテンシャル向上に努めて行きたい。

■ 著 者 ■



神田 英一



大東 正宗



宇貫 泰志



重水 信男



秋津 行秀