

4 ストロークロードレーサ RC211V の紹介

Presentation of RC211V Equipped with 4-Stroke Engine

角 増 寿*
Hisashi Kadomasu

要 旨

4 ストロークロードレーサ RC211V は、「速さと機能美の追求による、Honda 独自の先進技術の発信」をコンセプトとして開発された。二輪車世界初の軽量・コンパクトな4 ストロークV型5気筒エンジンを採用した上で、リニアなトルク特性と扱いやすいトラクション特性、マスの集中化によるコントロール性の高いハンドリングと2ストロークロードレーサ同等以上の旋回性能を目指した。エンジンに関してはミッション室オイルタンク型セミドライサンプクランクケース、燃料圧力可変の燃料噴射機構などを採用し目標性能を達成した。また、車体と足まわりには新形態のアルミツインチューブフレーム、低重心フューエルタンク、ユニットプロリンクサスペンションなどを採用するとともに、各部品の軽量化を行い5気筒エンジン車両の規定最低重量145kg を達成した。

ABSTRACT

The 4-stroke engine road racer, RC211V, has been developed with concept as “Launching of Honda’s own advanced technology in pursuit of speed and functionality”. Employing a light and compact 4-stroke V-type 5-cylinder engine for the first time in the world, it was aimed to realize linear torque characteristics, easy operational traction characteristics, high controllable handling by mass concentration and better turning ability than 2-stroke road racers. A semi dry sump crankcase utilizing the transmission room for oil tank, and pressure controllable fuel injection system were adopted to achieve the performance target of engine. In addition, the specified minimized weight, 145 kg, for 5-cylinder engine motorcycles was satisfied by employing of a new type of aluminum twin spar frame, a low gravity fuel tank and a Unit Pro-link suspension on the frame body and the suspension, as well as by weight reduction of each part.

1. まえがき

二輪世界選手権ロードレース最高峰のWGP500は、2002年度より Moto-GP の名称でスタートした。4ストロークレーサの排気量上限が 990cm³ となった新レギュレーション施行を踏まえ、Honda はこれまで主流の2ストロークレーサに替わる新型4ストロークエンジンを搭載したロードレーサを開発した。

2. 開発コンセプト

WGP ロードレースではエンジンの最高出力がいかに優

れていても、リニアなトルク特性と扱いやすいトラクション特性を備えていなければタイヤ磨耗が早期に発生する。タイヤの磨耗はそのままラップタイム低下につながるため、タイヤに対する負荷を軽減することが必要とされる。また、ある程度タイヤ磨耗が進行した状態でコントロールしやすい車体でなければ、レース終盤まで安定的に速く走行することは難しい。これらを考慮した上で、レース全般を速いペースで走りきるため、最高出力と扱いやすさが両立するエンジン、徹底的にマスを集中させたコントロール性の高い車体、およびトラクション性能の良いサスペンションを目指した。

*朝霞研究所

3. 機種概要

RC211V の外観を Fig. 1 に、主要諸元を Table 1 に示す。車体サイズは、過去8年間で7回の WGP500 の個人・メーカータイトルを獲得している、軽量コンパクトな2ストロークレーサ NSR500 と同等に設定した。車重と最高出力は、新レギュレーション下のパワー／ウエイトレシオの位置付けと、気筒数／形式違いのエンジンサイズ比較より検討した。新レギュレーションの下では、出力で有利となる多気筒エンジンは車重で不利となり、車重で有利となる少ない気筒エンジンは出力で不利となる。車重と出力が増加す



Fig. 1 External view of RC211V

Table 1 Major specifications

Items		Specifications
Overall length	(mm)	2050
Overall width	(mm)	600
Overall height	(mm)	1130
Wheelbase	(mm)	1440
Ground clearance	(mm)	130
Vehicle dry mass	(kg)	145
Engine type	Liquid cooled 4-stroke DOHC five cylinder	
Engine displacement	(cm ³)	Under 990
Valve train	DOHC 4 valve	
Max power	Over 160kW	
Throttle body type	GQ type	
Fuel capacity	(Liter)	24
Clutch type	Dry multi-plate type	
Transmission	6 speed constant mesh	
Tire size	Front	12/60-17
	Rear	19/67-16.5
Brake system	Front	Double, Carbon disk
	Rear	Single, SUS disk
Suspension	Front	Telescopic
	Rear	Unit Pro-link
Frame type	Aluminum twin-spar	

るほど、前述したタイヤ磨耗に対しては不利な状況となる。最終的にはエンジン出力と完成車重量のバランスに優れ、かつ最もコンパクトなV型5気筒エンジンを選択した。レギュレーション内容を Table 2 に、パワー／ウエイトレシオの関係を Fig. 2 に示す。

4. エンジン

エンジンサイズは二輪車の運動三成分、すなわちロール、ピッチ、ヨー方向の慣性モーメントを低減し完成車の運動性を高めるために車両搭載性を考慮し、限りなく球形に近い設計とした。そして最も小さな球形レイアウトとなるV型5気筒を採用した。エンジンサイズの比較結果を Fig. 3、エンジン透視図を Fig. 4、クランクシャフトモデル図を Fig. 5 に示す。このエンジンはバランス機構を設けずに一次振動、およびカップリング振動を完全にキャンセルする設計とした。各気筒に往復部重量の50%のカウンタウェイトを付加したレイアウトとし、1番、2番シリンダと4番、5番シリンダの各々で25%づつの不釣り合いをキャンセルし、3番シリンダで残った50%(25%+25%)をキャンセルすることで一次振動を解消した。クランクバランス模式図を Fig. 6 に示す。また3番シリンダを中心に左右対称のシリンダ配置となっているため、カップリング振動も理論上ゼロとなる。エンジン本体にバランスが不要なことや、エンジン振動に起因する車体部品の強度不足の懸念が少なくなることは、完成車重量低減の点で大きなメリットである。4ストロークエンジンのフラットなトルク特性を損なうことなく高出力化するために、バルブタイミングや吸排気系の諸元をコンピュータ解析により適正化し、目標出力を達成した。従来の2ストロークエン

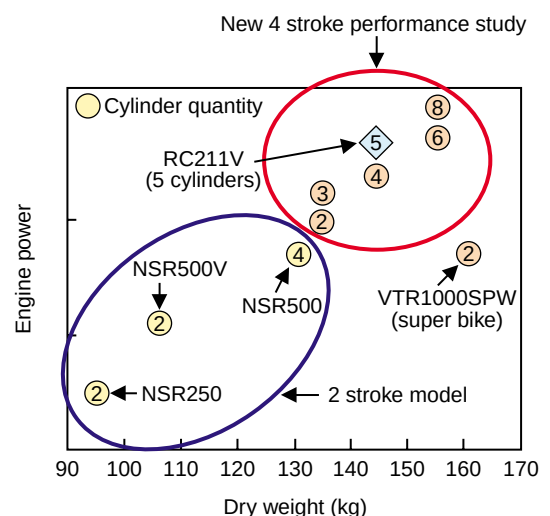


Fig. 2 Comparison of power-weight ratio

4 ストロークロードレーサ RC211V の紹介

Table 2 Regulation of Moto-GP (from 2002)

Engine type	4-stroke			2-stroke		
Engine displacement (cm ³)	Maximum 990			350 ~ 500		
Cylinder quantity	Free			Maximum 4		
Supercharging	Prohibition			Prohibition		
Vehicle dry mass (kg)	Over 6 cylinder	4 ~ 5 cylinder	Under 3 cylinder	4 cylinder	3 cylinder	2 cylinder
	155	145	135	131	116	101
(Oval piston)	155	155	145			
Fuel capacity (Liter)	Maximum 24			Maximum 32		
Noise (dB)	Maximum 125			Maximum 113		

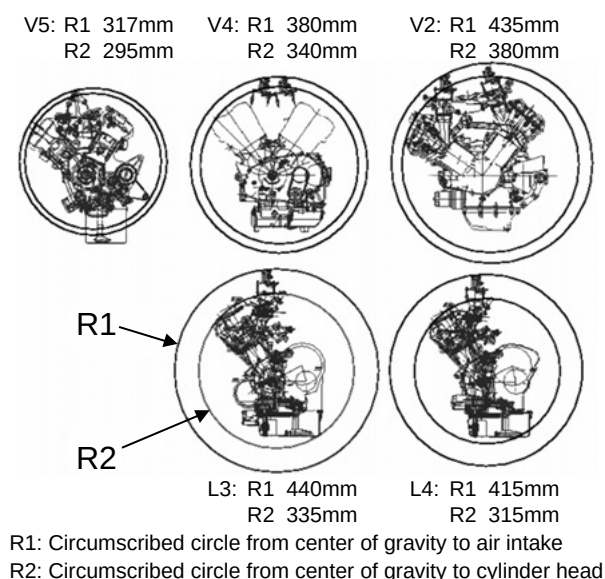


Fig. 3 Comparison of engine size



Fig. 4 Cutaway drawing of RC211V engine

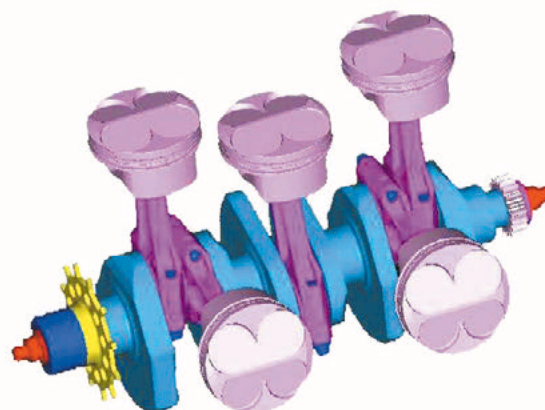
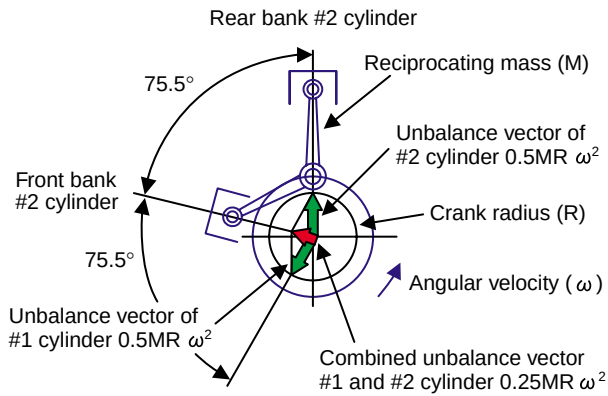


Fig. 5 FEM analysis model of crankshaft

ジンに対し出力・トルク値で大幅に上回り、燃料流量は大きく低減した特性となっている。NSR500 と RC211V のエンジン性能曲線を Fig. 7 に示す。

クランクケースはアルミ鋳造製で、オイル潤滑にはトランスミッション室オイルタンク型セミドライサンプ機構とした。各クランク室スローはそれぞれ密閉されており、オイルセパレートプレート下に設けたオイル溜り部から、各スローに配置された3個のスキャンピングオイルポンプにより、オイルとブローバイガスをミッション室側に強制排出する。排出されたオイルはミッション室からオイルパンに落ちる構造であり、クランク室内にはエンジン運転中に常時 70kPa 程度の負圧が発生する。クランクケース構造と潤滑機構の概略を Fig. 8 に示す。この機構の採用により、従来のウェットサンプ機構に対してピストン裏のポンピングロスとクランク系のオイル攪拌ロスが減少し、最高出力で4%の向上、フリクションで19%の低減を達成した。出力とフリクションの相関図を Fig. 9 に示す。また完全ドライサンプ機構の場合は、別体のオイルタンクとオイル配管が必要となり重量が増加するが、本機構はエンジン一体レイアウトのため完全ドライサンプ機構に対して約1kg軽量である。

Weight balance of #1-2 cylinder (#2 top dead center)



Weight balance of #3 cylinder (#2 and #4 top dead center)

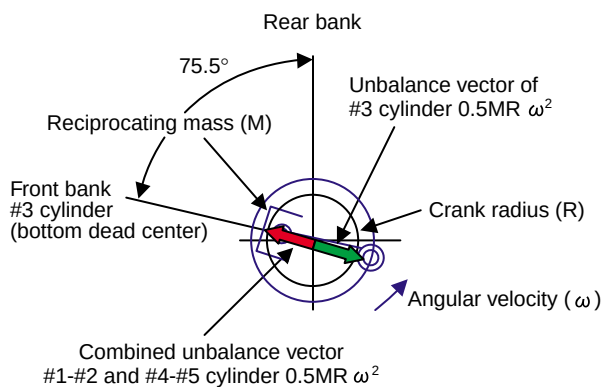


Fig. 6 Weight balance of cylinder

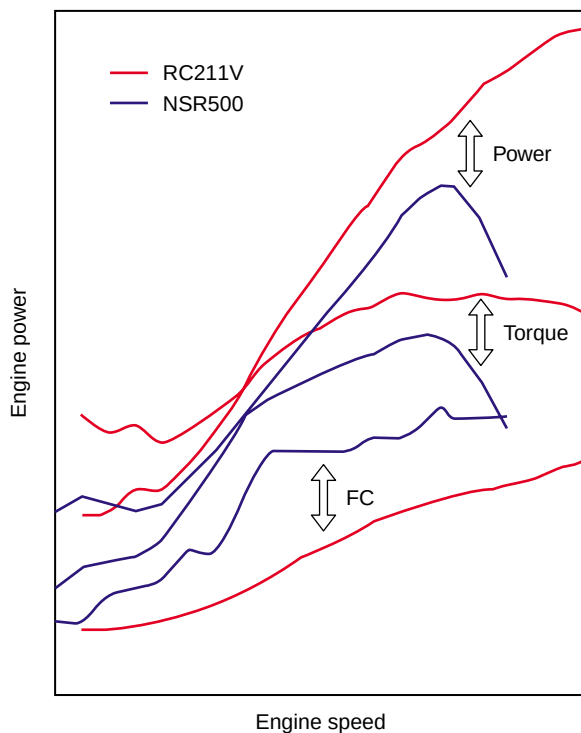


Fig. 7 Engine performance curve

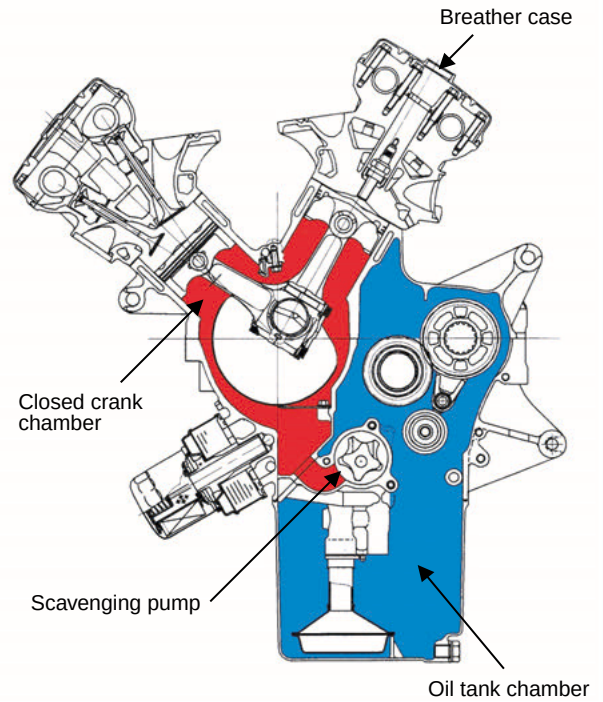


Fig. 8 Structure of crankcase

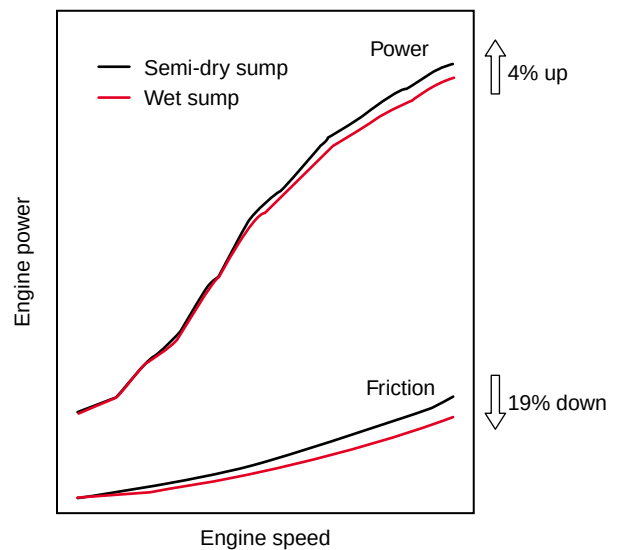


Fig. 9 Effect of new crankcase

5. 燃料系

スロットルボデーには、偏向マルチホールタイプのツイーンインジェクタ方式を採用した。各気筒の上流側と下流側に各一本のインジェクタを装着し、低負荷域と高負荷域の燃料噴射を分担させることで、ドライバビリティと高出力を両立した。インジェクタの配置概略図を Fig. 10 に示す。

また連続的にインジェクタの燃圧を変化させることのできる燃料圧力可変機構により、出力過渡特性を向上した。プ

レッシュレギュレータの構造図を Fig. 11 に、燃料圧力プログラム例を Fig. 12 に示す。

さらにスロットル開閉時にインレットポートに残存・付着し、次の爆発サイクルで流入する「付着燃料量」を予測制御することで空燃比の適性化を行い、ドライバビリティと燃費の向上を計った。

6. 車体

従来の2ストロークロードレーサの場合、フューエルタンクはエンジン上部、かつライダーの前方に搭載されており、レース序盤のガソリン満載状態では完成車重心が高くなるため、ハンドリングが重くなりスタート時から速いペースで周回することが難しかった。またガソリン残量変化に伴う操縦性・安定性の変化も大きく、ラップタイムの安定化と

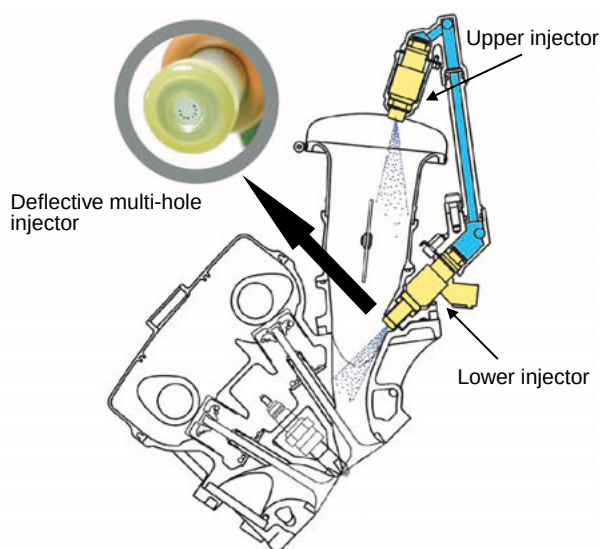


Fig. 10 Twin injector

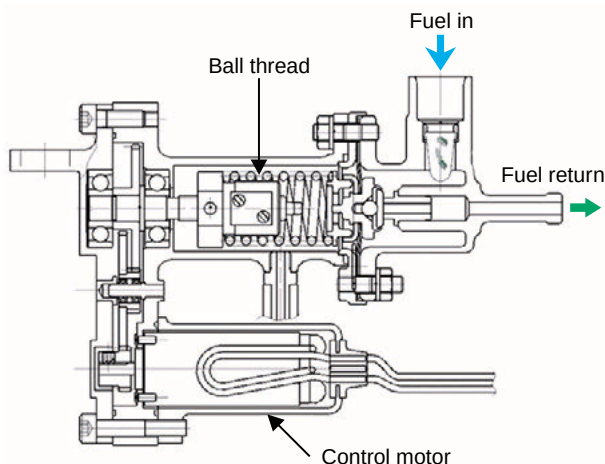
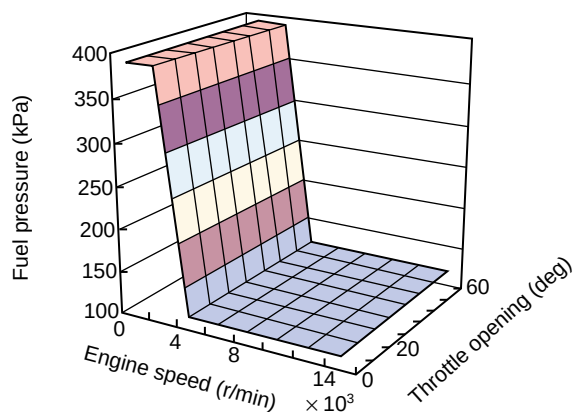
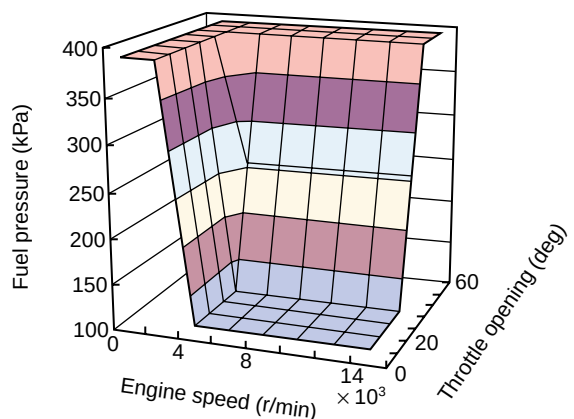


Fig. 11 Structure of fuel pressure regulator



Fuel pressure under low gear



Fuel pressure under high gear

Fig. 12 Program of fuel pressure control

いう面でも不利であった。RC211Vではフューエルタンクの一部をシートカウル下に配置し、ガソリン積載位置を下げることで完成車のマスを集中させ、ガソリン満載時のハンドリングを軽くするとともに、レース中のガソリン残量減少に伴う重心高変化を最低限に抑えた。この結果レース序盤のスタートダッシュが可能となり、レース中のラップタイムも安定した。24リッタのタンク容量とスロットルポデー上側のエアボックス容量を確保しつつ、ガソリン積載位置を下げるためには、フューエルタンクが収まるシート下の空間をできるだけ確保する必要がある。RC211Vはユニットプロリンクサスペンション機構の採用により、フレーム上部にサスペンションマウント部を設ける必要が無いため、シート下に大きなフューエルタンクスペースを確保することが可能である。完成車レイアウト概略図を Fig. 13に示す。車体の基本骨格は、新しい剛性理論に基づきCAEを用いた解析を行い、完全な新規設計とした。フレームポデー・スイングアームはNSR500に対して横に17%たわみやすく、ねじれ方向に23%たわみにくい構造となっている。これは160kWを超えるエンジンの高出力を受け止める車

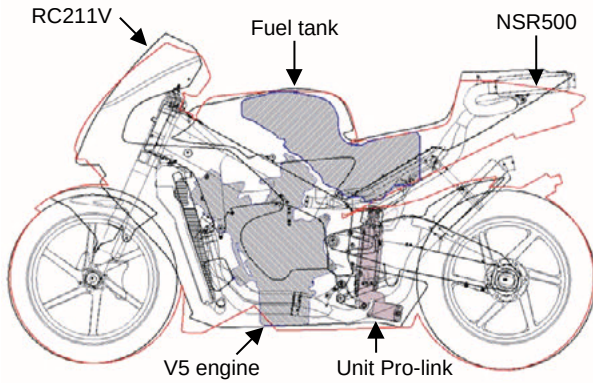


Fig. 13 Comparison of motorcycle size

8. フェアリング

近年の二輪ロードレーサは、空気抵抗値低減とライダーに対するウインドプロテクション向上を重視し、フェアリングが完成車を大きく包み込むようにする傾向にあるが、二輪車の運動性能向上の観点からは相反するものである。RC211V のフェアリングは側面面積を削減するようにデザインされており、これは軽快なハンドリング・横風に対する安定性と、空気抵抗・ウインドプロテクション性能を両立させることをねらった試みである。結果として NSR500 同等以下の全面投影面積と空気抵抗値を達成しつつ、ハンドリング性能向上を果たした。2002 年式 RC211V の外観と 1998 年式 NSR500 の外観を Fig. 16 に示す。

9. 電装系

新型 ECU は点火時期、FI セッティング、各種アクチュエータ制御のほかデータロガー機能を持つ一体ユニットと

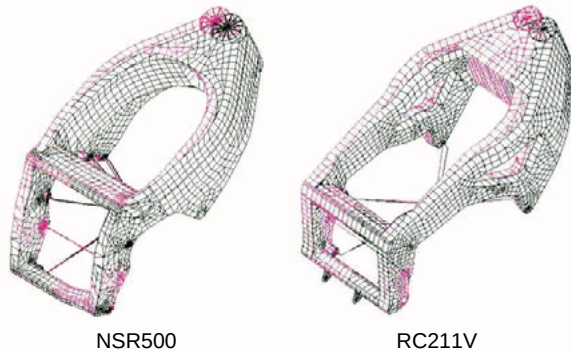


Fig. 14 Frame body stiffness model with FEM

体の安定性確保と、旋回性能の向上をねらったものである。また減速区間で従来の軽量 2 ストロークレーサと同等以上の減速性能を得るため、ピッチング方向のフレーム剛性を確保しブレーキング時の安定性を向上させた。メインフレーム剛性の CAE 解析モデルを Fig. 14 に示す。

7. 足まわり

ユニットプロリンクサスペンション機構は、旋回立ち上り区間において車体のロール挙動が安定するため、結果として優れたリヤトラクション性能を発揮している。またフレームボデー上部にリヤクッションユニットを接合せず、スイングアーム上部にユニット接合部を設定するレイアウトとなっているため、従来のようにフレームボデー本体のユニット接合部位を補強する必要が無く、フレーム剛性値の設定自由度が大きいという利点がある。リヤサスペンション構造の比較図を Fig. 15 に示す。

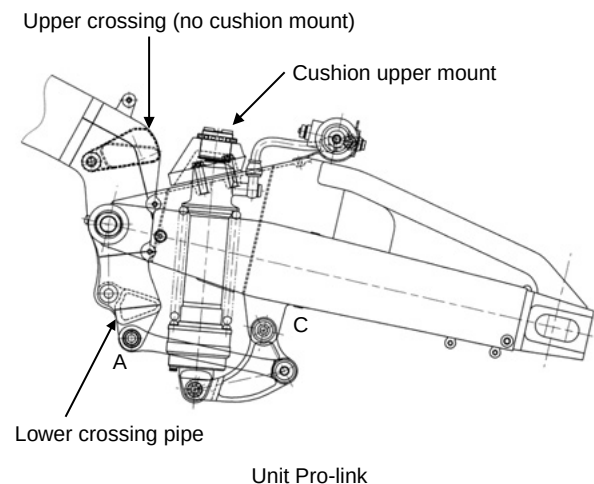
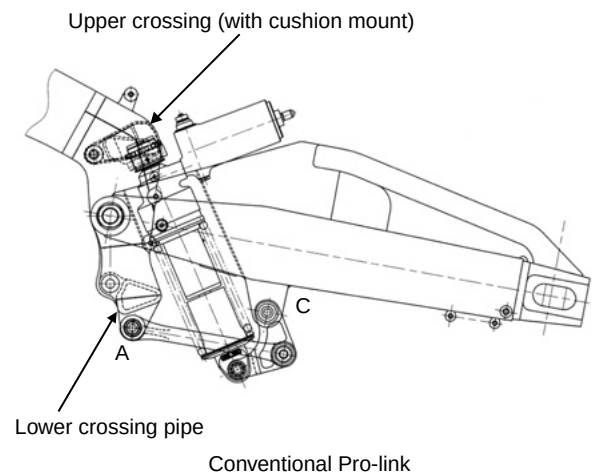


Fig. 15 Structure of unit Pro-link



RC211V 2002 model



NSR500 1998 model

Fig. 16 Comparison of external view



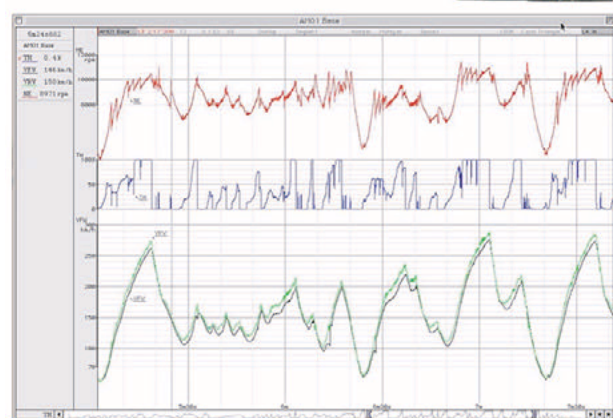
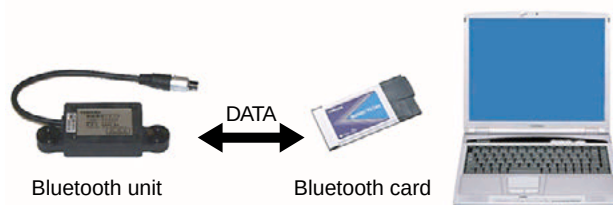
ECU unit



CAN meter

Fig. 17 ECU unit and CAN meter

になっている。ECU とメータは CAN(Controllor Area Network : 1989 年に Robert Bosch GmbH 社により開発され、ISOで標準化されたシリアル通信プロトコル)で通信しており、メータは水温・ラップタイムの表示を始め、センサ類の状態表示やフェール情報などのマルチ表示が可能である。メータ左側のセレクトスイッチにて表示切替を行う。CAN採用により信号ラインが簡素化できるため、ハーネスが軽量化されている。ECU とメータの外観を Fig. 17 に示す。また燃料噴射のセッティング、モード(Map)変更などのコンディション調整に Bluetooth を用いている。レースレギュレーションで走行中のリアルタイム相互通信が禁止されているため、通信はエンジン停止時のみ作動するようになっている。ロギングデータの項目設定・データの吸い上げもエンジン停止時に瞬時に行う。車速、使用回転数、スロットル開度、ギヤポジション、サスペンションストロークなど、エンジンおよび車体のさまざまなデータを常時計測することで、ライダーが感じているマシンの問題点をより定量的に把握しながら、セッティングを的確に行うことができる。Bluetooth ユニット外観とデータロガー計測例を Fig. 18 に示す。



Logging data sample

Fig. 18 Bluetooth unit and logging data sample

10. まとめ

RC211V はV型5気筒4ストロークエンジンの扱いやすい出力特性を活かし、コンパクトな車体、ユニットプロリンクの優れたトラクション性能なども含めねらいの性能を達成し、2002年 Moto-GP クラスの個人・メーカ両タイトルを獲得した。今後もさらにHonda二輪スーパースポーツモデルのイメージリーダーとして技術チャレンジを継続していく。

■著 者■



角 増 寿