

グラナダ～ダカールラリー用二輪車 「EXP-2」の紹介

Introduction of the Motorcycle “EXP-2” for Granada-Dakar Rally

山崎 勝実* 黒崎 隆晴* 大内 勝博*
Katsumi YAMAZAKI Takaharu KUROSAKI Katsuhiro OUCHI

阿部 正彦* 盛田 裕之*
Masahiko ABE Hiroyuki MORITA

要 旨

Hondaは、1995年のグラナダ～ダカールラリー二輪車部門に2ストロークエンジンを搭載したレース車「EXP-2 (Experimental 2-stroke)」で参戦し、上位入賞を果たした。EXP-2のエンジンには、2ストロークエンジンの自己着火に注目したAR (Activated Radical) 燃焼技術を導入し、燃焼改善によるドライバビリティおよび燃費の改善を図った。また、過酷な環境下で行われるラリーを戦い抜くために、EXP-2には、デトネーションを検出し、燃料増量および点火時期補正を行う機能や、転倒による破損を考慮した独立4分割の燃料タンクを採用するなどの工夫が施され、新たに開発した二輪ラリー用ナビゲーションシステムも搭載された。

ABSTRACT

The racing motorcycle, EXP-2 (Experimental 2-stroke), equipped a 2-stroke engine entered the motorcycle category in 1995 Granada-Dakar Rally, has finished into a high prize.

An AR (Activated Radical) combustion was introduced to the EXP-2 engine applying an auto-ignition phenomenon of 2-stroke engine. It has achieved to enhance a drivability and fuel economy. Moreover, to arrive at a goal under severe environment, EXP-2 adopted some technologies which are the systems to increase amount of fuel and to correct ignition timing by sensing a signal of detonation and 4-independent fuel tank considered a damage by turn over. In addition, a newly developed navigation system for motorcycle rally was installed.

1. はじめに

グラナダ～ダカールラリーは、1994年まではパリ～ダカールラリーと呼ばれ親しまれてきた世界最大規模のラリーである。2週間で、山岳、砂漠、密林地帯とさまざまな環境に設定された約1万kmのコースを走破することが要求され、その間二輪ライダーは四輪におけるナビゲータの役割を含め、すべての判断を自分自身で行う必要があるため、非常に冒険色の濃いラリーである。Fig. 1に1995年グラナダ～ダカールラリーのコース概要を示す。

二輪車部門は量産エンジンの搭載が基本であり、単気筒又は2気筒・4ストローク・600～900cm³の大排気量

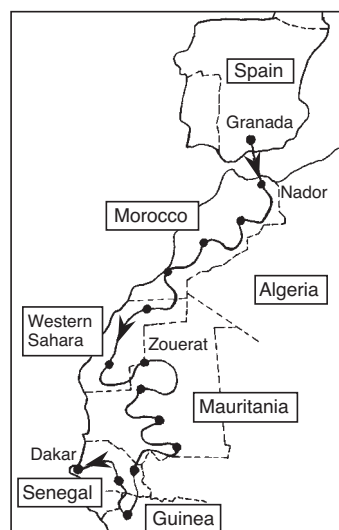


Fig. 1 Rally Course

*朝霞研究所

車が主流である。一般に2ストロークエンジンは、4ストロークエンジンに比べて燃費と耐久性の面で不利であり、今まで2ストロークエンジン車による完走実績はほとんど見られない。

1995年のグラナダ〜ダカールラリーに参戦したホンダ車EXP-2（Experimental 2-stroke）には、燃費やエミッションの改善に効果があるAR（Activated Radical）燃焼^{1)~3)}技術を導入した2ストロークエンジンが搭載され、オーガナイザからエキスペリメンタルクラスとしての参加が許可された。そして、我々は、ラリー参加の目的の一つであったAR燃焼技術の実機検証を目指してレースに臨むことができた。

本稿ではEXP-2の基本構成、AR燃焼による燃焼改善と燃費改善、エンジン耐久信頼性、ナビゲーションシステムなどについて紹介する。

2. レース結果

レースの結果は、二輪車参加台数95台、うち完走車27台、完走率28%の過酷なラリーであった。2台のEXP-2は、フランス人ライダーR.SAINCTとJ.BRUCYが乗車してスタートした。序盤、R.SAINCTは転倒によりリタイアしたが、J.BRUCYは大きなトラブルの発生もなく完走した。Table 1 にレースの総合順位を示す。

Table 1 Synthetical Rally Result

Result	Rider	Manufacturer	Machine
1	PETERHANSEL	YAMAHA	XTZ850
2	ARCARONS	CAGIVA	ELEPHANT
3	ORIOLI	CAGIVA	ELEPHANT
4	MEONI	HONDA	XR600
5	BRUCY	HONDA	EXP-2
6	SIREYJOL	KTM	620LC4
7	MAYER	KTM	620LC4
8	JIMMINK	CAGIVA	ELEPHANT

1. 二輪車総合順位 : 5位
2. エキスペリメンタルクラス : 優勝
3. 500cc以下クラス : 優勝

3. EXP-2の基本構成

EXP-2は、完走上位入賞を目標に、エンジンにAR燃焼技術を導入した高性能かつ軽量、低燃費な2ストロークラリー車として開発された。EXP-2の外観をFig. 2に、エ



Fig. 2 EXP-2

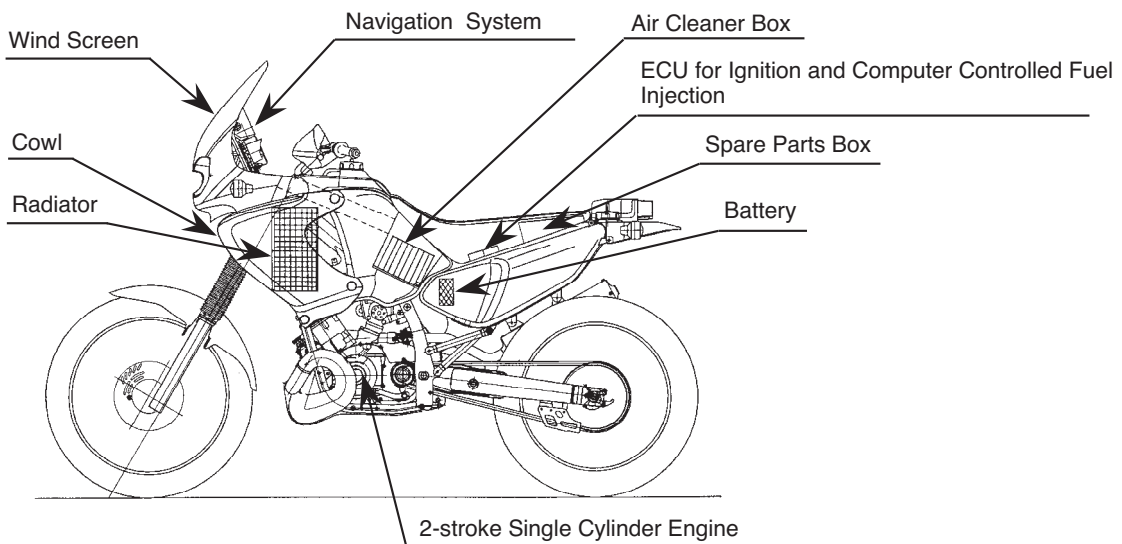


Fig. 3 Layout of Major Components

Table 2 Specifications of EXP-2 and NXR750

Item	Specifications	
	EXP-2	NXR750
Overall Length (mm)	2240	2300
Overall Width (mm)	850	906
Overall Height (mm)	1481	1443
Wheelbase (mm)	1541	1612
Seat Height (mm)	947	967
Dry Mass (kg)	150	190
Engine Type	2-stroke Single Cylinder (AR combustion)	4-stroke V-twin Cylinder
Engine Displacement (cm ³)	402	779
Bore × Stroke (mm)	80×80	83×78
Maximum Speed (km/h)	168	180
Maximum Power (kW)	40	57
Power Weight Ratio (kg/kW)	3.75	3.33
Transmission	5 Speed	5 Speed
Frame Type	Aluminum Semi Double Cradle	Steel Semi Double Cradle
Suspension (Front/Rear)	φ47 Telescopic/Swing-arm	φ45 Telescopic/Swing-arm
Tires (Front/Rear)	90/90-21 / 140/90-18	90/90-21 / 140/90-18
Brakes (Front/Rear)	Single-disk / Single-disk	Single-disk / Single-disk

ンジンおよび主要構成品のレイアウトを Fig. 3 に、主要諸元を過去のバリ〜ダカールラリーにおいて4年連続優勝を果たした（株）ホンダレーシングのワークスマシン NXR750（以下、NXR と記す）と比較して Table 2 に示す。

EXP-2 は、小型軽量化により車体の取り回し性の向上と走行時のライダーへの負荷低減が図られている。また、

約半分の排気量でありながら、2ストロークエンジンの持つ高い比出力と車体の軽量化により NXR に近い出力・重量比を得ている。

3. 1. エンジン

車体の低重心化とシリンダのメンテナンス性確保のために、吸気方式にはクランクケースリードバルブ方式を採用しシリンダを前傾させた。これによりバルンサ、トランスミッションブリーザ室、オイル給油通路などを効率よくクランクケース上部に配置することができた。クランクケースには耐衝撃性に優れたマグネシウム合金を採用し、強度の確保と軽量化を図った。また燃料供給系には、標高差、温度差などの走行環境を考慮し、フェルインジェクションを採用した。Fig. 4 にエンジン断面図を示す。

3. 2. 燃料タンク

二輪のラリー車には、走行中の転倒による被害を最小限に抑えることが要求される。燃料タンクの破損により燃料漏れが発生しても走行できるように、EXP-2 では Fig. 5 に示す左右独立フロントタンク、リヤタンクおよ

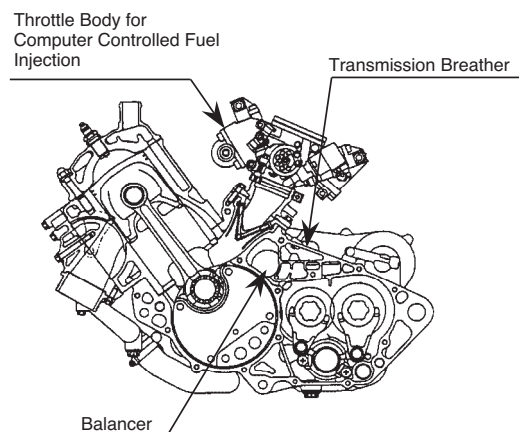


Fig. 4 Cross Section of EXP-2 Engine

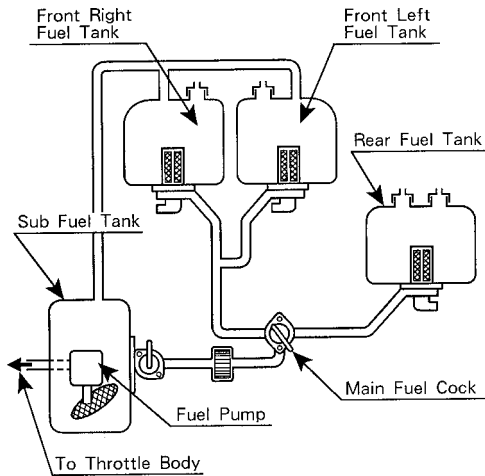


Fig. 5 Arrangement of Fuel Tanks

びサブタンクの合計4個の燃料タンクを配置すると共に他のタンクの燃料が使用可能な配管を採用した。

燃料ポンプはサブタンク内に配置され、他の3つのタンク内の燃料はサブタンクを経てエンジンに供給される。このためサブタンクは最も重要であり、フロントタンク、エンジンおよびフレームで周囲が保護できる位置にこれを設置した。

また、操縦安定性の見地から、フロントタンクとリヤタンク内の燃料が均等に消費できるように、走行中に容易に切り換え可能なメインフュエルコックも設定した。

3. 3. 吸気系

吸気系レイアウトは、砂漠走行時などで先行車の巻上げる埃がエレメントを通過してエンジンにダメージを与えないこととメンテナンス性を考慮して決められた。エレメントはビスカスタイプで、ワンタッチで取り外し可能なシートの下に取り付けられた。また、吸気ダクトの吸入口を埃の影響がもっとも少ないウインドスクリーンの内側に設け、空気がフロントタンク内に設けた2本の通路を通してエアクリーナボックスに入る構造として

3. 4. ラジエータ配置、カウルおよびスクリーン形状

一般に二輪車のラジエータは進行方向に向けて1~2個配置されるが、EXP-2では冷却性能を高めるために2つの大型ラジエータを左右それぞれ進行方向に45度傾けて配置した。また、カウルはラジエータへの冷却風の抜

Table 3 Spare Parts, Medicine and Life Goods

No.	Item	Quantity
1	Spark Plug	2
2	Drive Chain Cutter	1
3	Drive Chain Joint	2
4	Front Brake Lever	1
5	Shift Pedal	1
6	Emergency Stand	1
7	Water Hose Plug	2
8	Bond for Repair of Fuel Leak	1
9	Emergency Wireless	1
10	Compass	1
11	Smoke Candle	1
12	Pocket Light	1
13	Medicine for Diarrhea	1
14	Eye Lotion	1
15	Medicine for Sunstroke	1
16	Lip Cream	1
17	Poultice	1
18	Insect Repellent	1
19	Vitamin	1
20	Bandage	1
21	Antidote	1

けを重視して導風部を絞り込む形状とし、全幅と全面投影面積を抑えながら冷却性能の向上を図った。ウインドスクリーンは、空力性能より前車が巻き上げる小石からライダーを保護する機能を重視した角度、形状および高さとした。

3. 5. 車載備品と収納

グラナダ〜ダカールラリーでは必要な車載備品を決定し、それらをどこに収納するかも完走する上で重要なポイントとなる。二輪車は四輪車に比べ収納場所が少なく携帯できる備品も限られる。EXP-2の車載備品は、Table 3に示すスペア部品、オーガナイザにより支給される常備薬および救命用品であり、これらが走行の妨げにならないようにスペアパーツボックスをシート後部に設定した。

4. AR 燃焼の適用

4. 1. 燃焼改善

AR燃焼は、多量の残留ガスによって正常な火炎伝播が困難となる2ストロークエンジンの部分負荷時に、自己着火によって筒内ガスを完全燃焼させることをいう。

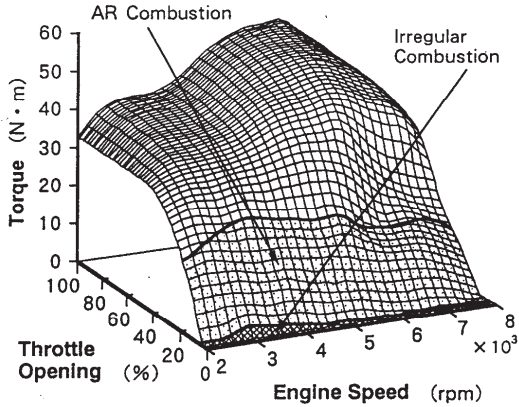


Fig. 6 (1) Torque Characteristics of AR Combustion Engine

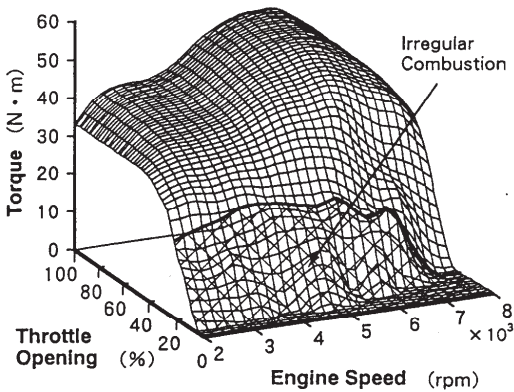


Fig. 6 (2) Torque Characteristics of Conventional Combustion Engine

EXP-2のエンジンでは常に最適な着火時期で自己着火燃焼を起こさせるために、筒内圧力を制御できる排気バルブシステムを導入している。

AR燃焼を適用したEXP-2のエンジンのトルク特性をFig. 6 (1)に、またAR燃焼を適用しない場合のトルク特性をFig. 6 (2)に示す。Fig. 6 (2)から、スロットル開度20%以下の低開度域でトルク曲線が大きく変動し、この領域で不整燃焼によりドライバビリティが損なわれていることが判る。EXP-2のエンジンでは、AR燃焼により部分負荷域の不整燃焼が改善され、エンジン速度・スロットル開度に対するエンジントルク曲線がより滑らかになり、扱い易い特性となっている。

4. 2. 燃費改善

AR燃焼は、2ストロークエンジンの部分負荷域の不整燃焼を改善するため、燃費改善にも有効である。

事前にチュニジアで実走テストを実施し、ソフトサンドから石混じりのコースなどさまざまなコースの走行データを取得した。Fig. 7にソフトサンド走行時のエンジン速度とスロットル開度の使用頻度の一例を示す。ソフトサンド走行では、後輪のトラクション限界が伝達トルクを決定するため部分負荷域の使用頻度が高く、スロットル開度で0～35%、エンジン速度で2000～5000rpmの領域で、ソフトサンド走行の約75%でAR燃焼が使用されていたことが判った。

Fig. 8に定地走行燃費、エンジンの最大馬力で走行した場合の理論最悪燃費、ラリーの予想燃費および実測燃費を示す。ラリー予想燃費は、ライダーが一定の条件の下でラリーを想定した走行を行った時の燃費データをもとに推定した。ラリー実測燃費は、さまざまな環境の路面

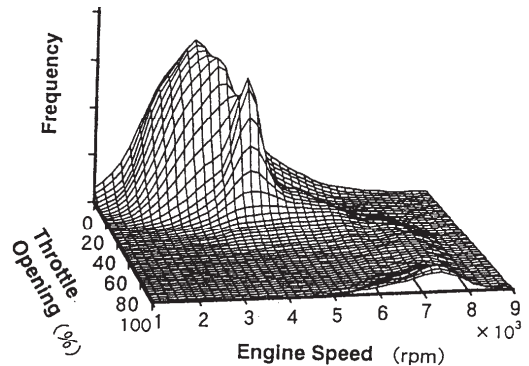


Fig. 7 Frequency Map of Throttle Opening and Engine Speed on Soft Sand Track

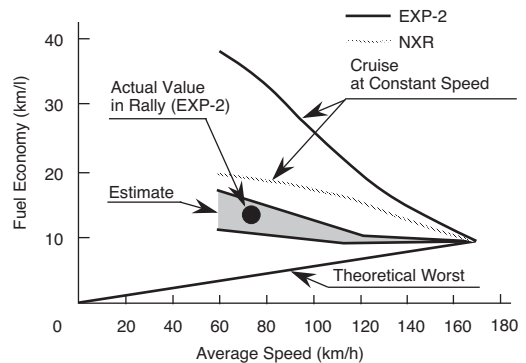


Fig. 8 Fuel Economy (km/l)

を持つステージを走破した時の例である。EXP-2の燃費は、AR燃焼と軽量化による走行抵抗低減効果により、平地走行燃費におけるNXRとの比較でFig. 8に示す改善が見られた。

5. エンジン耐久信頼性

2ストロークエンジンは、粗悪ガソリンや低オクタン価のガソリンを使用すると、デトネーションが発生し、ピストン溶損が生じる可能性がある。ガソリンはオーガナイザが準備するアフリカ現地ガソリンで品質は保証されていない。そこで、EXP-2ではFig. 9に示すデトネーション検出システムを導入しエンジンの耐久信頼性を確

保することにした。

デトネーション検出システムは、プラグ座形筒内圧力センサ（PGS : Plug Gasket Type Sensor）⁴⁾を用いてデトネーション発生時に特有の燃焼室内の高周波振動を検知し、燃料増量および点火時期の補正を行うシステムである。本システムには、ライダーへ異常を知らせる警告灯も含まれている。

また、外気温が高い日中の砂地走行時や低速連続運転時に、エンジンの発熱量が冷却性能を越えて燃焼室温度が上昇すると、ノッキングなどの異常燃焼の原因になる。これを回避するために冷却水温度が所定以上の上昇を示した場合に出力制限および燃料冷却を行い燃焼室温度を低下させる制御機構を導入している。

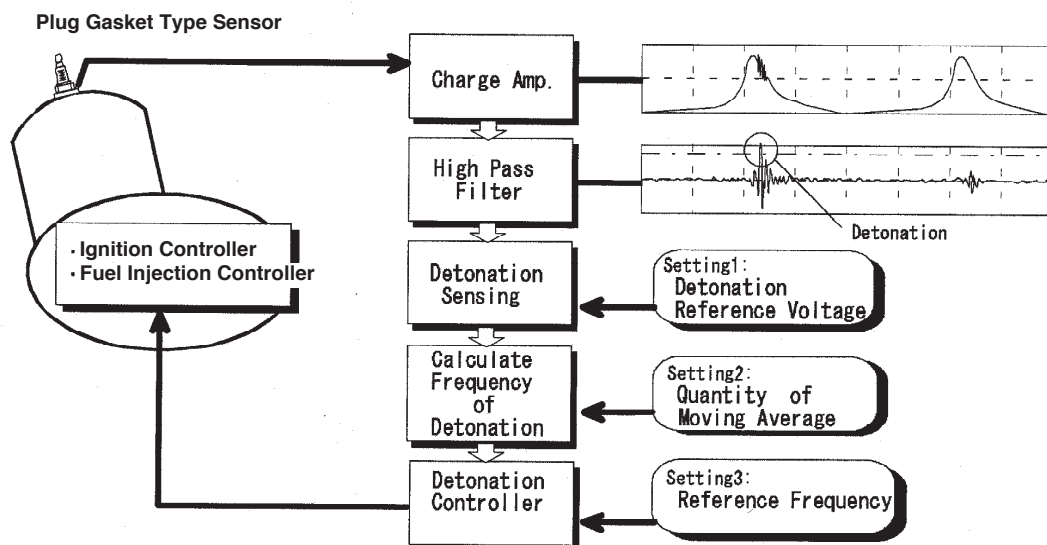


Fig. 9 Detonation Sensing System

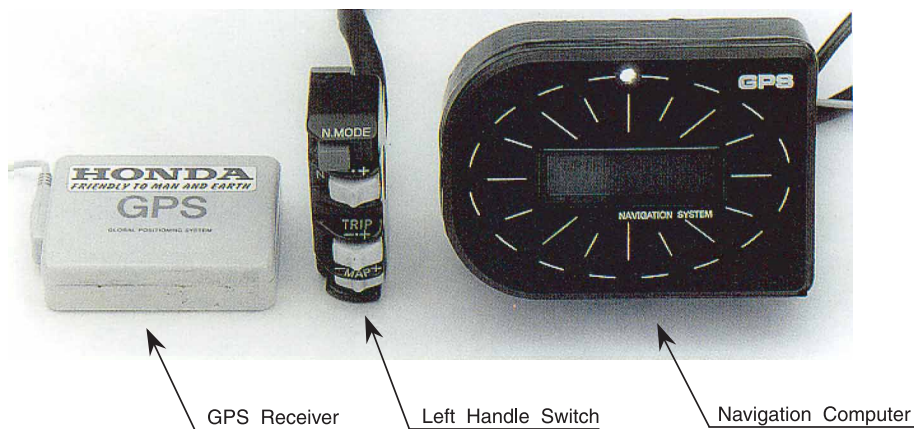


Fig. 10 External View of Navigation System

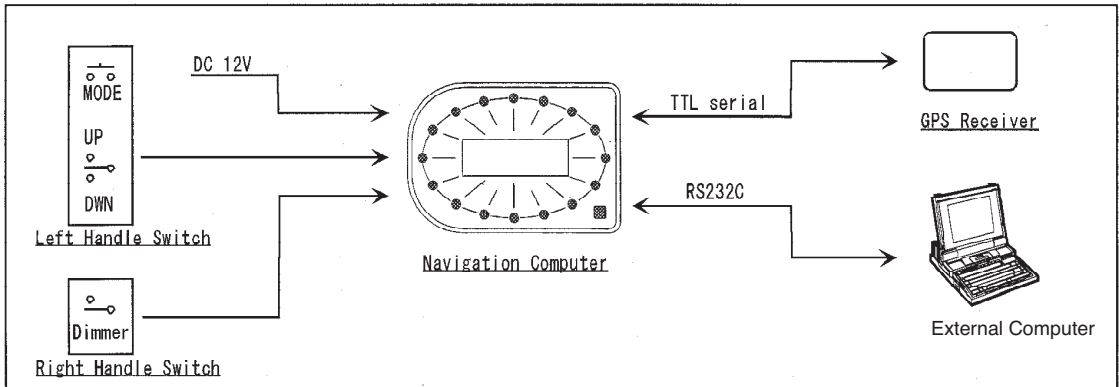


Fig. 11 Navigation System Diagram

6. ナビゲーションシステム

6. 1. システム構成

ナビゲーションシステムは、操作が容易で見やすいことを目標に開発された。Fig. 10、Fig. 11にシステムの外観と構成図を示す。システムは表示部を合わせ持つナビゲーションコンピュータ本体、GPS (Global Positioning System) レシーバおよびハンドルスイッチで構成される。また、RS-232C 規格によるインターフェースを用いることによってパソコンとの双方向通信が可能であり、パソコンが目的地入力や走行データの計測に使用された。測位はGPSを用い、カルマンフィルタを応用した位置推定法により精度を向上させた。一般のGPSは4つの人工衛星からの情報に基づき緯度、経度および高度を計算しているが、走行中衛星が障害物に隠れて連続的に電波を受信できなくなることがある。そのため、本システムでは8つの衛星からの情報を同時に受信できる受信機を採用している。

6. 2. 機能

ナビゲーションシステムには、情報の表示機能、位置情報の外部への出力機能、外部情報の入力機能がある。なお、表示機能にはナビゲーション、コンパス、緯度経度の3モードがあり、スイッチによってモード切り換えが可能である。なお、表示部は中心に文字情報を表示するLCDが、その周りに方向を表示するLEDが円形に16個配置され、右下には電波の受信状態を表示するLEDが配置されている。

ナビゲーションモードではLEDで目的地の方向を、

LCDで目的地名と目的地までの大圏距離(地球を回転楕円体として計算した最短距離)を表示する。目的地の方向は、目的地の方向に対応するLEDを点灯させることにより表示し、一番上のLEDが点灯しているときは、目的地に対してまっすぐ走行していることを示している。目的地情報は自動および手動操作によって表示することが可能で、手動ではUPスイッチとDOWNスイッチによる順または逆送り操作で目的地情報の新たな設定が可能となっている。ライダーが状況判断により障害物回避やルート変更を行った場合などに有効である。自動では設定された距離圏内に入り再び圏外に出たときに自動的に次の目的地情報に切り変わる。ライダーは目的地の方向と距離を確認するだけでよく、煩雑な操作から解放される。

7. おわりに

一般に2ストロークエンジン車はラリーには不利と見なされていた中で、AR燃焼技術を導入した2ストロークエンジン車EXP-2はグラナダ〜ダカールラリーで目標どおりの上位入賞を果たした。EXP-2の特徴をまとめると以下のとおりである。

- (1) 2ストロークエンジンの採用により小型・軽量で走破性の高い二輪車である。
- (2) 排気量が402cm³でありながら、2ストロークエンジンの持つ高い比出力と軽量化によってNXR750に近い出力・重量比を得ている。
- (3) 使用頻度の高い部分負荷域における不整燃焼を改善するAR燃焼が、ドライバビリティおよび燃費改善に有効であった。

(4) デトネーション検出システムや新開発のナビゲーションシステムの搭載は、レース中のトラブルの未然防止に貢献した。

謝 辞

EXP-2 用ナビゲーションシステムの開発にあたりソニー（株）の皆様、またラリーの運営にあたりフランスホンダの皆様にご多大なご協力をいただきました。ここに改めてお礼申し上げます。

参考文献

1) Y.Ishibashi, Y.Tsushima, "A Trial for Stabilizing Combustion in Two-Stroke Engine at Part Throttle

Operation", International Seminar at IFP Rueil-Malmaison FRANCE 1993:page 113

in "A NEW GENERATION OF TWO-STROKE ENGINES FOR THE FUTURE ?" edited by Pierre Dure

2) H.Yamashita, Y.Tsushima, K.Okada, "Driveability Evaluation in Two-Stroke Engine at Part Throttle Operation by Torque-Map", SAE paper 950226

3) M.Asai, T.Kurosaki, K.Okada, "Analysis on Fuel Economy Improvement and Exhaust Emission Reduction in A Two-Stroke Engine by Using An Exhaust Valve", SAE paper 951764

4) 中原; ノックセンサ、内燃機関 Vol.31, No392, 1992

■ 著 者 ■



山 崎 勝 実



黒 崎 隆 晴



大 内 勝 博



阿 部 正 彦



盛 田 裕 之