

2020 CRF1100L Africa Twin Adventure Sports ES 用 電子制御サスペンションシステムの開発

Development of Electronically-controlled Suspension System
for 2020 CRF1100L Africa Twin Adventure Sports ES

岡村 広志¹
Hiroshi OKAMURA

津田 剛¹
Tsuyoshi TSUDA

小河原 充史¹
Atsushi OGAHARA

要 旨

ABSTRACT

Africa Twin はオフロード走行とツーリング走行をどちらも楽しめる大型アドベンチャモデルである。2020 年モデルとして新たに電子制御サスペンションを採用した、CRF1100L Africa Twin Adventure Sports ES を開発した。二人乗りや多くの荷物を積載して高速巡航するツアラ用途から過酷なオフロード用途まで、幅広い用途のそれぞれで最適な性能を発揮する四つのサスペンションモード (HARD, MID, SOFT, OFFROAD) を設定した。このサスペンションモードに加え、エンジン出力特性、エンジンブレーキ特性、クラッチ特性 (DCT モデルのみ)、ABS 特性、の計五つの要素を統合制御したライディングモードを設定した。走行中でもライダーがハンドルスイッチ操作一つで選択でき、走行シーンと車両のコンディションに応じて、ライダーが意のままに操れる特性を得られるシステムを実現した。

The Honda Africa Twin is a full-scale adventure model featuring off-road and touring capabilities. As a 2020-year model, we have developed the CRF1100L Africa Twin Adventure Sports ES equipped with the new electronically-controlled suspension. Four suspension modes (HARD, MID, SOFT, OFFROAD) are provided to help ensure optimum performance in the wide variety of usage from high-speed long touring with a passenger and/or luggage up to challenging off-road riding. The riding modes are designated taking into account such five parameters as the engine power, the engine brake, the clutch characteristics (DCT model only), and the ABS characteristics in addition to the suspension modes. The rider can select any mode from the handlebar switch even when riding to adjust the motorcycle characteristics to best-suit his/her desire depending on the situation and vehicle conditions.

1. まえがき

2016 年 CRF1000L Africa Twin は、オフロード走行とツーリング走行をどちらも楽しめる大型アドベンチャモデルとして開発された。2018 年には、よりツーリングの快適性を高めた Adventure Sports をタイプ追加し (以下 AS タイプ)、アドベンチャモデルとしての楽しみの幅を広げた。サスペンションストロークを約 20 mm アップしたことによるサスペンション性能の進化は高い評価を得ることができたが、シート高も高くなったことで乗る人の体格を選ぶ

モデルとなった。

2020 CRF1100L Africa Twin は上記モデルの後継車として開発された。本モデルではさらなるオフロードの走破性に磨きをかけた CRF1100L Africa Twin と、快適装備を付加しツーリングの快適性をより高めた CRF1100L Africa Twin Adventure Sports の、二つのコンセプトを掲げ開発をおこなった⁽¹⁾。これら両タイプは、オフロード走破性と扱いやすさを両立したコンパクトな車体サイズに統一するため、シート高 870 mm を完成車目標とし、足つき性の向上を図りながら、それぞれの特長をさらに進化

¹ 本田技研工業株式会社

Table 1 Specification comparison of previous models and developed models for export (US, EU)

		2018 model		2020 model	
		AS	STD	AS	STD
Front suspension stroke	[mm]	252	230	230	
Rear axle travel	[mm]	240	220	220	
Seat height	[mm]	920	870	870	

させることとした。サスペンション長は、2018年モデル CRF1000L Africa Twin を踏襲したフロントサスペンションストローク 230 mm、リアアクスルトラベル 220 mm に統一した (Table 1)。

パリダカールラリーレーサの DNA を継承するモデルとして、オフロード走破性の高さと長距離巡航における快適性を両立させることは必須条件である。特に AS タイプにおいては、高速道路の巡航や、山々を越えてのワインディング、そして未舗装路までも駆け抜ける、幅広い走行条件でもより安心して走行できることが求められる。温度や天候、路面状況などの環境変化が大きい中で、二人乗りや多くの荷物を積載することもあり、車両のコンディションも幅が広い。このように、多種多様な走行シーンにおいてそれぞれに適した性能を発揮し、安心かつ快適な走行を可能とすることで、「どこまでもいける」長旅の夢を実現するモデルを提供したいと考えた。これら幅広い要求にこたえる手段の一つとして、我々は電子制御サスペンションの採用を検討した。

本稿では、電子制御サスペンションを採用した 2020 CRF1100L Africa Twin Adventure Sports ES (以下、本開発モデル) における制御やセッティング、およびその特長について解説する。Fig. 1 に本開発モデルの外観を示す。



Fig. 1 2020 CRF1100L Africa Twin Adventure Sports ES

2. 開発のねらいとシステム概要

Africa Twin には 2018 年モデルからライディングモードシステムを投入している。これは、走行シーンと車両のコンディションに応じてモードを選択し、ライダーが意のままに操れる特性を提供することをねらいとしている。

前モデルにおけるライディングモードシステムでは、エンジンに関連する、エンジン出力特性、エンジンブレーキ特性、駆動力特性の組合せで構成されていた。本開発モデルでは車両を操るための三要素である、走る、曲がる、止まる、の基本性能すべてを統合制御しシステムの進化を図った。本システムでは、エンジン出力特性、エンジンブレーキ特性、クラッチ特性 (DCT モデルのみ)、ABS 特性、さらにサスペンション特性の五つの要素を統合制御している。各モードの想定シーンと完成車特性を Fig. 2 に示す。

ライディングモードシステムは、走行中でも左側ハンドルスイッチでモード選択が可能で、スロットルグリップをいったん全閉にすることで切替えが完了する。なお、停止中は 6.5 インチ TFT 液晶パネル、Multi-information display の画面をタッチすることでも選択可能である (Fig. 3)。

Africa Twin で想定される幅広い走行シーンや車両のコンディションにおける完成車特性の要求を満たすためには、サスペンションに対する要求も大きく変化する。本開発モデルでは、自由度が高く幅広い減衰力特性の設定ができること、ライダーの操作や車両の走行状態に合わせてリアルタイムで減衰力特性を可変させ、車体挙動を制御することを求めた。これら要求を満足する電子制御サスペンション SHOWA EERA を活用し、あたかもセッティングの異なる複数のサスペンションを備えたような仕様の実現を図ることとした。

ライディングモードと連動するサスペンションモードは、多種多様な走行シーンにおいて乗り心地とハンドリングのトータルバランスに優れた MID モードと、その他の代表的な走行シーンにそれぞれ最適化した三つの特性を HARD, SOFT, OFFROAD モードとして設定した。それぞれの走行シーンとサスペンションモードのポジショニングを Fig. 4 に示す。また、各モードの具体的なねらいを以下に記す。

- (1) HARD: オンロードツアラ用途に特化したモード
過度な姿勢変化を抑制し、積載、二人乗り走行での快適性と高車速なオンロード走行での安定性を向上
- (2) MID: 最もトータルバランスに優れたモード
多種多様な走行シーンにおいて乗り心地とハンドリングを両立
- (3) SOFT: 悪路や滑りやすい路面コンディションでの走行に特化したモード
スムーズで柔らかい乗り心地性能を追求し、快適性と安心感を向上

Riding mode		Suspension mode	Road condition	Characteristic
TOUR		HARD	On-road	More sportier and stable riding even with passenger and full luggage
URBAN		MID	Variety	The most balanced in various situations (The Africa Twin)
GRAVEL		SOFT	Uneven road, gravel, wet	More secure and comfortable on unstable roads
OFFROAD		OFFROAD	Off-road	Maximize real off-road performance

Fig. 2 Presumed situations and riding characteristics



Fig. 3 Multi-information display and left handlebar switches

Suspension mode	Tandem and full luggage	Highway	Winding road (high speed)	Winding road (tight corner)	City road	Uneven road	Wet	Off-road (for beginners)	Off-road (for experts)
HARD									
MID									
SOFT									
OFFROAD									

Fig. 4 Optimized conditions image

(4) OFFROAD: オフロードでの自在なハンドリングに特化したモード

起伏の激しい路面の追従性や大荷重の衝撃吸収性に優れ、オフロード走破性を向上

3. システム構成

3.1. 電子制御サスペンションの基本構成

Africa Twin に採用する電子制御サスペンションシステムには、砂利の飛散や泥水の付着など過酷なコンディションでの走行においても、システムの耐久信頼性を満足することが求められる。また路面追従性の良いサスペンションを追求するためには、ばね下重量は軽量であることが重要である。そのため、フロントフォーク右側にストロークセンサを内蔵したセンシング機能、左側にカートリッジと電子制御バルブを備えた減衰力制御機能を分散配置した SFF-CA⁽²⁾、リヤクッションはメカニカルバルブと電子制御バルブをシリンダ外側の上部に直列配置した BFRC⁽³⁾ 構造をベースとした。これにより、ストロークセンサと電子制御バルブ、およびハーネス類はすべて車体上部に配置し保護する構成が可能となり、システムの耐久信頼性とばね下重量の軽量化の双方に寄与している。前後ともにオイル流路内にリニアソレノイド駆動式電子制御バルブを配置し、電子制御バルブとメカニカルバルブを併用し減衰力を発生する。前後サスペンションの構成を Fig. 5 に示す。

3.2. 電子制御サスペンションシステム

電子制御サスペンションシステムのサスペンションモ-

ドは、ライダーが選択したライディングモードに連動して切り替わる。フロントフォークのストロークセンサ、Inertial Measurement Unit (IMU) および FI-ECU から車両の走行状態を常時センシングし、サスペンション専用 ECU に情報を集約している。サスペンション ECU からの電流指令によりリニアソレノイドを駆動させ、電子制御バルブ部のオイル流路をリアルタイムに変化させることで減衰力特性を可変することができる。電子制御サスペンションシステム回路を Fig. 6 に示す。

本開発モデルに適していると判断した、SHOWA EERA の特長を以下に述べる。一つめは、サスペンションストロークセンサからサスペンションストローク速度 (Velocity of Piston: VP) を演算し、VP に応じて制御バルブを駆動し減衰力特性を可変させる VP-MAP 制御である。これにより、減衰力可変幅の中で自在な減衰力特性の設定を可能とする。二つめは、センシングした車体情報から減衰力を可変させるまでに最大 15 ミリ秒 (0.015 sec) 以内の高速な応答性である。

前者を活用することで、Africa Twin で想定する幅広い走行シーンや車両コンディションに合わせて、乗り心地やハンドリングの違いを明確に表現した四つのセッティングを設定した。また、極低速 VP のみに絞って減衰力を極端に低く設定することで、サスペンションの伸び縮みの切り替わりが速く、滑らかな作動性に優れた質感の高い乗り心地を付与した。

また後者を活用し、ストロークセンサ、IMU、FI-ECU の情報から、減衰力の可変量とタイミングの最適化を図った。想定するさまざまなシチュエーションでの走行テスト

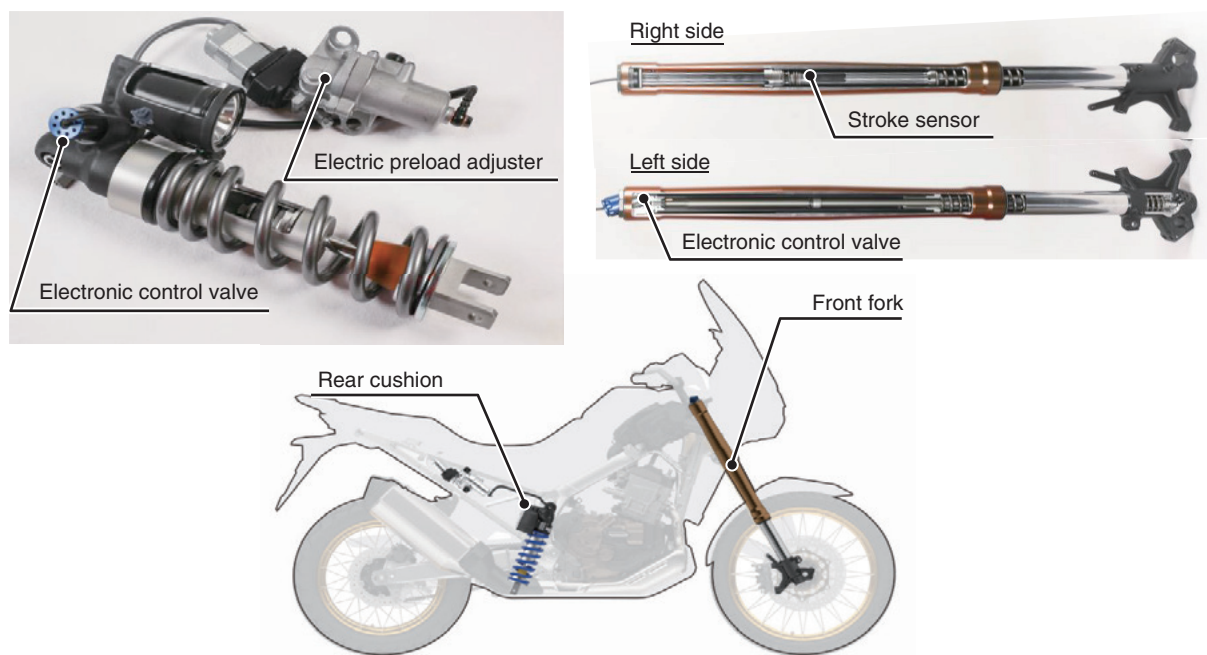


Fig. 5 Electronically-controlled front fork and rear cushion

を重ね、ライダーの操作や路面状況の変化に瞬時に対応し減衰力を可変させながら、急激な変化量を抑制し徐変させている。これにより、違和感のない自然な電子制御の介入を追求した。

また、電子制御サスペンションを採用するにあたっての配慮として、配線の断線や故障などの電子制御の異常発生を検知した場合は、MID モードと HARD モードの中間域の減衰力特性となる基本構造とした。最大や最小の減衰力で固定されることはない。そのため、旅行先で異常が発生した場合でも、コンベンショナルなサスペンション装着車として、乗り心地やハンドリングを大きく損なうことなく旅を続けることを可能とした。

アドベンチャモデルが要求する過酷な使用環境下での耐久信頼性、幅広い性能要求を満足させる最適な電子制御サスペンションシステムである。

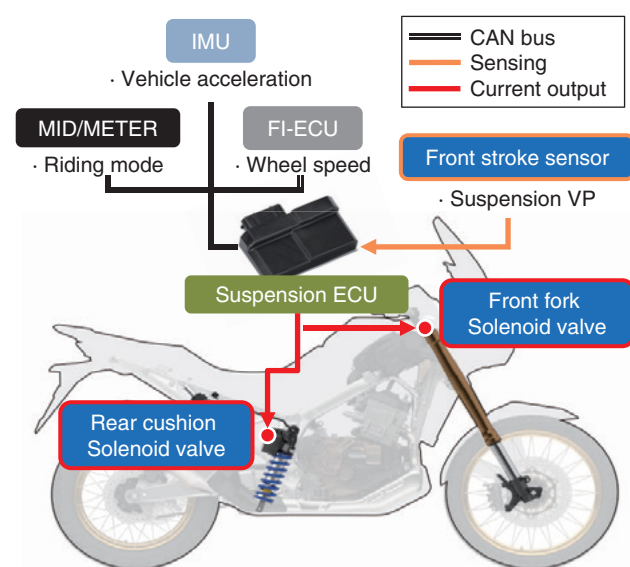


Fig. 6 Overview of control system

4. 各サスペンションモードのセッティング概要と適用技術

Africa Twin で想定される多種多様な走行シーンにおいて、乗り心地とハンドリングを両立するトータルバランスに優れた、MID モードを設定した。その MID モードをベースとし、各サスペンションモードのねらいと、セッティングを実現した手法について、以下の 3 項目について解説する。

- (1) OFFROAD モード：サスペンション VP に応じて徐々に減衰力が高まる減衰力セッティングとジャンプ着地制御
- (2) HARD モード：高荷重や高速走行に適した最も高い

減衰力セッティングと減速制御

- (3) SOFT モード：柔らかい乗り心地を追求した最も低い減衰力セッティングと車速連動制御

各適用技術については実測の走行データで効果を示す。この章で比較するモデルは、前後サスペンションストロークが同一で電子制御のないサスペンションを採用した、2020 CRF1100L Africa Twin Adventure Sports (以下 Without ES タイプ) とした。

4.1. OFFROAD モード (ライディングモード: OFFROAD)

OFFROAD モードでは、オフロードでの自在なハンドリングを実現するための、オフロード走行専用セッティングとした。路面の起伏が激しく、大小さまざまな凹凸が続くオフロードの走行では、路面追従性と大荷重の衝撃吸収性を両立したサスペンション特性が求められる。

フロント側の減衰力は路面追従性を良くするために、サスペンションがゆっくり動く領域では低い減衰力とした。また、大荷重の衝撃吸収性と車体挙動のすばやい収束のために、サスペンションの動きが速い領域では高い減衰力とした。Fig. 7 に示すように他の三つのモードとは異なり、サスペンション VP に応じて減衰力が徐々に高まるプロ

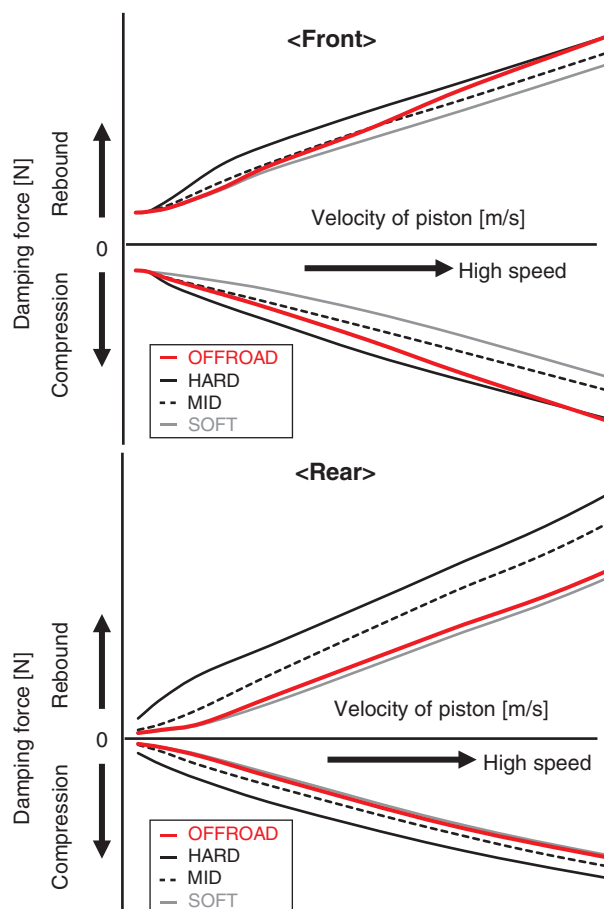


Fig. 7 Comparison of damping force characteristics of each mode

グリップ特性を付与した。また、砂地などの軟質なオフロード路面では、フロントタイヤが沈みこみ、荷重がフロント寄りに移行するため、ハンドルが左右にとられやすくなる。そこでフロント縮み側の減衰力を、低速 VP から高めた設定とした。リヤ側の減衰力は SOFT モードに対し全域で減衰力を高めることで、より過酷な路面コンディションでも走破性を高めた設定とした。

さらに、ジャンプからの着地時の衝撃低減をねらった、ジャンプ着地制御を付与した。IMU の三軸加速度の合算値から車両のジャンプ状態を検知し、着地に備えて前後サスペンションの減衰力を瞬時に高めるといったものである。Fig. 8 に、社内で定めたジャンプ台からの着地における走行データを示す。OFFROAD モードでは、着地時のばね上の上下加速度が、Without ES タイプに対し 41% 低減しており、着地の衝撃が低減されていることがわかる。オフロードでのファンライディングや、路面の起伏変化による不意なジャンプにおいて、サスペンションの底付きの衝撃を緩和し、ライダーの安心感を高める制御を実現した。

4.2. HARD モード (ライディングモード: TOUR)

HARD モードでは、積載や二人乗り走行などの、ばね上質量が増加する高負荷条件でも快適に走行できる、オンロードツアア用途に特化したセッティングとした。また、ワインディング路でのハイペースな走行や高速道路の巡航など、より高速域での高い安定感を発揮する特性の実現をねらった。

そのため、加減速や旋回時における過度な姿勢変化を抑制し、車体挙動を安定させるため、低速 VP から最も減衰力を高めた設定とした (Fig. 9)。ハンドリングに寄与の大きい低速 VP 領域で、MID モードに対し、フロント縮み側 25%、伸び側 20%、リヤ縮み側 40%、伸び側 75%、減衰力を高めた。特にリヤ側の減衰力を大きく高めることで、積

載や二人乗り走行時のばね上質量が増加した車両コンディションでも、衝撃吸収性と車体挙動が穏やかに収束する特性を維持することを可能とした。

さらに、制動時にフロント側が沈みこみ前のめりの姿勢となるノーズダイブを緩和する減速制御を取り入れた。これは、IMU から車両の減速状態を検知し、減速度に応じてフロント縮み側とリヤ伸び側の減衰力を一時的に高める制御である。Fig. 10 に平坦な舗装路で、車速 80 km/h か

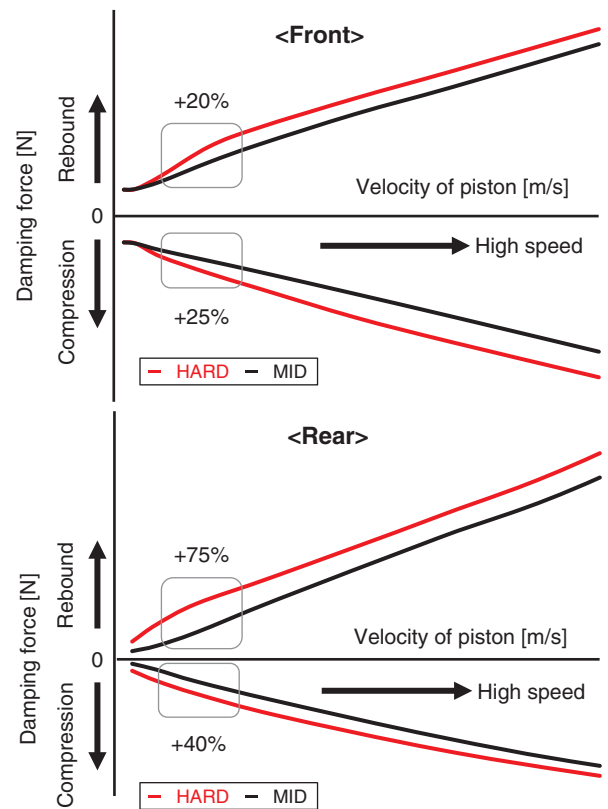


Fig. 9 Damping characteristics of HARD mode

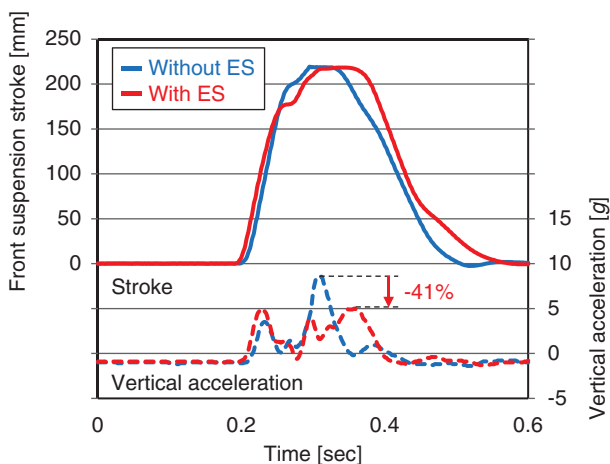


Fig. 8 Front suspension stroke and vertical acceleration of sprung mass when jump landing

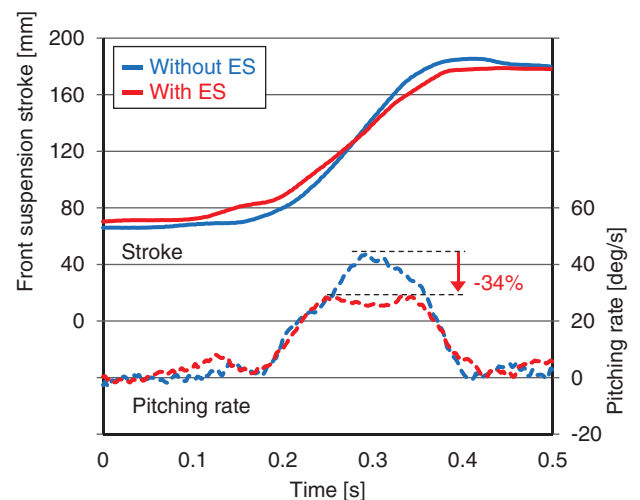


Fig. 10 Front suspension stroke and pitching rate when braking hard

らの制動時における HARD モードの走行データを示す。Without ES タイプに対し制動時のフロントサスペンションのストローク変動がゆるやかで、車両のピッチ角速度が 34% 低減している。制動時のノーズダイブが抑制されており、穏やかな車体挙動が実現できた。

4.3. SOFT モード (ライディングモード: GRAVEL)

SOFT モードでは、柔らかい乗り心地を追求し、不安定な路面状況でも快適で安心に走破できる、アドベンチャアラならではの用途に特化したセッティングとした。荒れた路面や滑りやすい路面の走行では、サスペンションを滑らかに作動させライダーに伝わる衝撃を吸収し、路面追従性の良い特性とすることでタイヤの接地荷重を常に安定させることが求められる。

そのため、SOFT モードは最も低い減衰力の設定とした。乗り心地性能に寄与の大きい中速 VP 領域で、MID モードに対し、フロント縮み側 20%、伸び側 10%、リア縮み側 15%、伸び側 30% 低い減衰力としている。しかし、高車速走行時に減衰力が低すぎると車体挙動の収束も低下する。この高車速走行時の安定感と低車速走行時の乗り心地を両立するため、走行速度に応じて二つの異なる減衰力特性を付与した車速依存制御を設定した。車速 80 km/h 以下の低車速用 (V0) と、130 km/h 以上の高車速用 (V1) の、二つの減衰力特性を設定し、その間の特性については、変化量を徐変させることで自然な車体挙動を実現した。V0 と V1 それぞれの減衰力特性イメージを Fig. 11 に示す。V1 の減衰力特性は V0 に対し、フロント縮み側と、前後の伸び側の減衰力を高めている。

小さな凹凸が連続する石畳路の同一区間を、車速 60 km/h で直進走行したときのばね上の上下加速度の平均値を比較した (Fig. 12)。SOFT モードでは、Without ES タイプに対して 15% の低減となっており、ライダーに伝わる衝撃が緩和されていることがわかる。柔らかい乗り心地のフィーリングが、データにも示されている。

4.4. ABS 連動制御

急制動をおこなった際の ABS 作動時に、その作動を知らせるキックバックとは別に、車体を揺り返すピッチング挙動が発生することがある。これは、ABS の制御によりブレーキの液圧が下がる瞬間、急制動でかかっていたフロントタイヤの接地荷重が減少し、フロントサスペンションが縮み側から伸び側の動きに移行することによって生じる。この伸び側の動きを最小限に抑えることができれば、急制動時のタイヤ接地荷重が安定し、揺り返し挙動も抑制することが可能となる。

本システムでは、ABS が作動する急制動を検知してフロントブレーキの液圧が下がった際に、フロント伸び側の減衰力を高め伸び側の動きを抑制する、ABS 連動制御を新

たに開発し、すべてのサスペンションモードに適用した。Fig. 13 に平坦な舗装路で、車速 40 km/h から ABS が作動する急制動をおこなった際の MID モードの走行データを示す。ABS 作動中の車両のピッチ角速度が Without ES タイプに対し 45% 低減している。ABS 作動時の揺り返しのピッチング挙動を抑制し、穏やかな車体挙動を実現した。

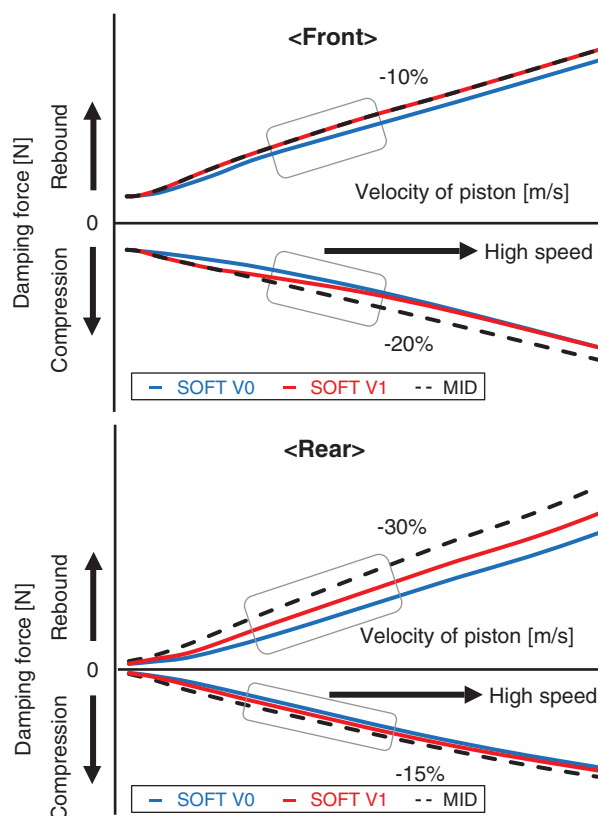


Fig. 11 Damping characteristics of SOFT mode

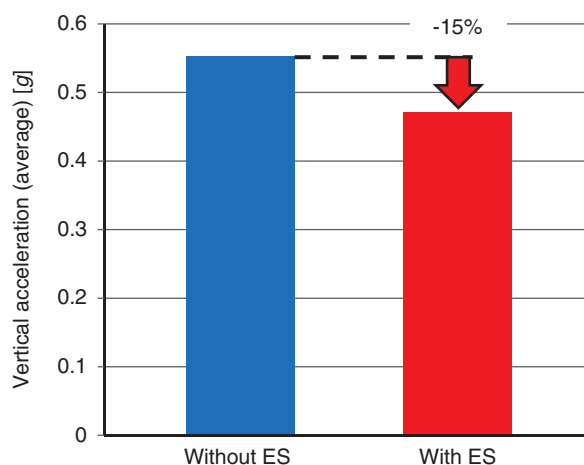


Fig. 12 Vertical acceleration of sprung mass when passing through cobble stone road

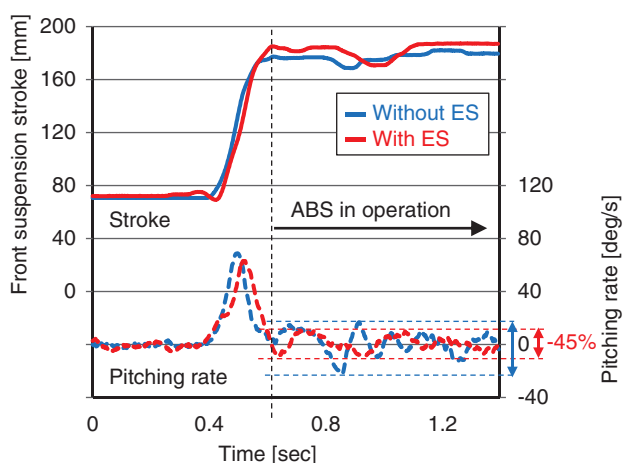


Fig. 13 Front suspension stroke and vertical acceleration of sprung mass when braking hard

5. まとめ

2020 CRF1100L Africa Twin Adventure Sports ES にむけ、新たに電子制御サスペンションシステムを開発した。採用した SHOWA EERA の特長である、自由度の高い減衰力特性のセッティングと車両の走行状態に応じて瞬時に減衰力を可変する制御を組合せることで、二人乗りや多くの荷物を積載してのツアラ用途から過酷なオフロード用途まで、幅広い用途のそれぞれに適した性能を発揮する四つのサスペンションモードを設定した。このサスペンションモードを含めた、エンジン出力特性、エンジンブレーキ特性、クラッチ特性 (DCT モデルのみ)、ABS 特性の五つの要素を統合制御したライディングモードを設定した。走行中でもライダーがハンドルスイッチ操作一つで選択でき、走行シーンと車両のコンディションに応じて、ライダーが意のままに操れる特性を得られるシステムを実現した。アドベンチャーマインドをかきたて「どこまでもいける」をいつかは自らの手で実現したくなる、旅のパートナーとして末永く愛用いただききたい。

参考文献

- (1) 森田健二, 岡田望, 岡村広志, 鈴木将太: 2020 CRF1100L Africa Twin の開発, Honda R&D Technical Review, Vol. 32, No. 2, p. 17-26
- (2) https://www.showa1.com/jp/technology/motorcycle/eera_sff-ca.html
- (3) https://www.showa1.com/jp/technology/motorcycle/bff_bfrc-lite.html

■ 著 者 ■



岡村 広志



津田 剛



小河原 充史