

2018 年モデル PCX および PCX HYBRID の開発

Development of 2018 PCX and PCX HYBRID

大 森 純 平¹
Jumpei OMORI

少 覚 功²
Isao SHOKAKU

高 山 慶 士¹
Keishi TAKAYAMA

要 旨

今回で4代目となる2018年モデルPCXは、フレームの基本構造見直しによる軽量化と高剛性化、および足まわりの軽量化による運動性能の向上、ならびにエンジン性能を改良することで、上質で余裕のある走りを実現した。また新たに、クランク軸に直結したACGスタータを駆動アシストとして利用するハイブリッドモデルPCX HYBRIDを開発し、ダイレクトで楽しい走行フィーリングを実現した。

ABSTRACT

In the fourth-generation model of the 2018 PCX, the basic structure of frame was reviewed to make it lighter and rigid. Weight reduction was also adapted to its wheels. These enhancements contributed to its increased dynamic performances. The engine performances were enhanced as well, and all these features made it possible to provide a high-quality riding with composure of rider's mind. In addition, we developed hybrid model PCX HYBRID that uses an ACG starter directly connected to a crankshaft as a drive assist system and realized pleasurable ride feeling with a more direct drive response.

1. まえがき

アジアを中心に拡大傾向にある小型スクータ市場において、2009年にグローバルモデルとして登場した初代PCXは、さまざまな価値を生み出し、それまでの125 ccスクータの概念を打ち破った。それらの価値は、

- ・ 扱いやすい125 ccサイズの車体に取り入れたワンランク上のゆったりとしたライディングポジション
- ・ 高級感のあるスタイリング
- ・ 快適で上質な走り
- ・ 優れた環境性能

であり、PCXのパッケージングはこれらを同時に成立させた。これによりPCXシリーズは、ASEANをはじめとする地域では上級のコミュニタとして、また日本や欧州などでは従来の同クラスのスクータと比較してワンランク上の商品として、世界各地の人々に高い支持を得てきた。その後も150 cc仕様PCX150の追加も含め、常に125/150 ccスクータのパッケージングの理想を追求しながら進化を続け

てきた。

今回紹介する4代目の2018年モデルは、フルモデルチェンジとして開発をおこなった(Fig. 1)。このモデルは従来のPCXシリーズモデルが持つ魅力の核を引継ぎながら、さらに魅力を発展させるべく開発した。開発指針として、新しさ、走行性能、心地よさ、使いやすさ、経済性を掲げ、これらすべてが従来モデルを上回るレベルを目指した。

また新たに、量産二輪車として世界初(Honda調べ)となるハイブリッドシステムを開発し、PCX HYBRIDに搭載した(Fig. 2)。これは、車両加速時にクランク軸に直結したモータによるアシストをおこなうシステムである。これによって、同クラスの従来機種では成し得なかった走行フィーリングを実現することができ、お客様に“走る喜び”をいっそう体感していただきたいという開発チームの想いを実現した。

本稿ではPCXおよびPCX HYBRIDに採用した新しい技術について紹介する。

¹ 二輪 R&D センター

² R&D センターX

3. PCX の開発



Fig. 1 The PCX (2018)



Fig. 2 The PCX HYBRID (2018)

2. 開発コンセプト

開発をスタートさせるにあたり、ASEAN 各国の現ユーザーに対して市場調査を実施した。その結果、上級スクーターとしてポジショニングがされていた従来の PCX に対して、ユーザーは大きな不満を感じていないことがわかった。また、PCX を購入できる自分の豊かさを表現したいという気持ちが強いことがわかった。

そこで、本開発では、PCX の魅力の核を受け継ぎ、さらにその魅力を進化させることを目指した。そのため、開発コンセプトは、初代 PCX から受け継がれてきた「Personal Comfort Saloon」とした。

開発テーマは、より豊かさを表現できるように「世界中のユーザーの優越感を満たすプレミアムな日常の足」とし、次の三つの開発目標を設定した。

- ・ 運動性能を向上させた上質で余裕のある走り
- ・ 新しい高級感の表現
- ・ 更なる便利な使い勝手

また、いっそうの先進性と高級感の実現と走る楽しさの向上を目的として、ハイブリッドシステムを採用したタイプの設定をおこなった。

3.1. 軽量化および運動性能向上

車両運動性能を向上させる手段として、軽量化と車体剛性の向上を図った。

フレームボデーは Fig. 3 に示す従来のアンダーボーン構造から Fig. 4 に示すダブルクレードル構造とした。またフレームにボルトマウントされるフロントカバーステーを金属から樹脂へ変更した。これらにより、フレームとフロントカバーステーをあわせた質量を、従来のモデルに対し 2.4 kg 軽量化を達成した。また、フレーム剛性に関しては、縦剛性を 50.4%、ねじれ剛性を 2.9% 高めたことによりサスペンションの作動性向上と、安定性の向上に寄与した。

フロントおよびリヤのタイヤ、ホイールも刷新した (Fig. 5)。従来のモデルに対し幅を広げたタイヤを採用し、それにともない、ホイールも軽量化をねらい新たに設計した。スポーク本数を、従来モデルの 5 本から 8 本に増加させ、リムにかかる円周方向の応力をさげることでリムを薄肉化した。またフロントホイールはハブに中空部を設け、リヤホイールはハブを薄肉化した。これらにより、従来モデルに対しフロントホイールは約 7% (-0.2 kg)、リヤホイールは約 11% (-0.5 kg) の軽量化を達成した。

これらにより、ライダーの入力に対しスムーズに気持ちよく車両が反応する運動性能を実現できた。

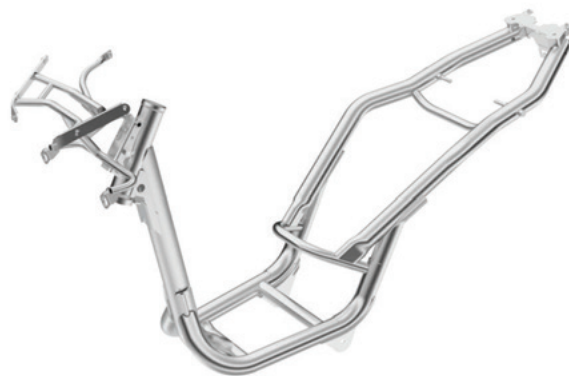


Fig. 3 Frame of previous model



Fig. 4 Frame of developed model

3.2. ガソリンエンジン動力性能向上

目標とした上質で余裕のある走りをエンジン開発の観点で捉えると、出力は向上させながら、ライダーにリラックスして気持ちよく走ってもらえる特性にすることであると考えた。ベルトコンバータの変速回転数を高回転側にシフトすると、振動が増加し快適性が低下してしまうので、低回転域の出力を維持しながら高回転域の伸びがあるエンジン出力をねらい開発をおこなった。

本機種では EURO4 相当の排気ガス規制に適合させることが開発目標の一つであったため、排気系レイアウトを見直し、触媒の大型化を図った。その上で、スロットルボアサイズの大径化 (125 cc のみ) と、マフラ内部のエキゾーストパイプ構造をストレート化することで、高回転域の出力向上を図った。エアクリーナの容量を 1 L 拡大し、吸気ダクトおよびコネクティングチューブを含めた吸気経路について Fig. 6 に示す CFD 解析を活用し、通路内の流速と圧力バランスを最適化した。これらにより低中回転域エンジン出力を前モデル同等としながら、スロットル操作に対しすばやくエンジンが反応するエンジン出力特性を作りこむことができた。

さらに、ライダーの入力に対してスムーズに気持ちよく反応するように FI セッティングを改良した。これにより、

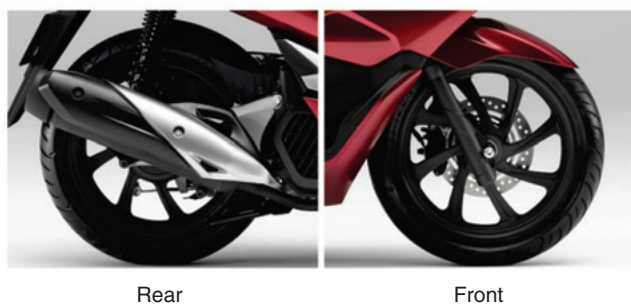


Fig. 5 Wide tire and newly designed wheel

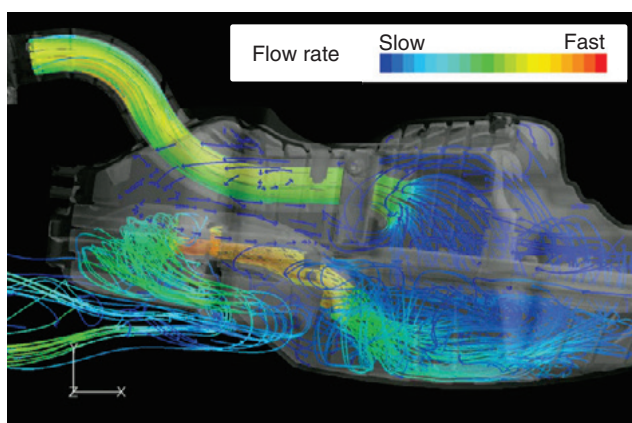


Fig. 6 Example of CFD analysis in air cleaner case

Fig. 7, Fig. 8 で示すように、前モデルエンジン出力に対し、同等の変速回転数と低速域の加速力を保ちながら、高速域での伸びのある走りを実現し、上質で余裕のある走りを達成した。

運動性能の向上も合わせ、通勤からツーリングまでの幅広い用途において、より楽しく活躍できるモデルにすることができた。

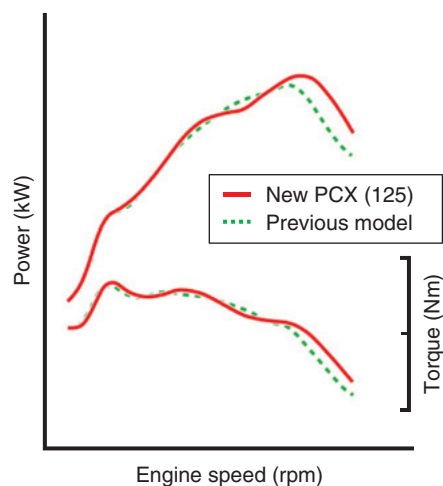


Fig. 7 Engine performance (PCX)

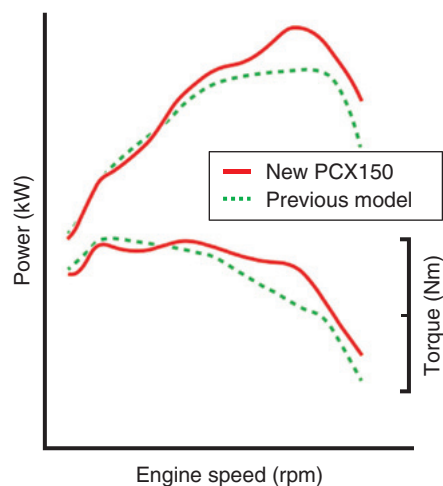


Fig. 8 Engine performance (PCX150)

4. PCX HYBRID の開発

4.1. ハイブリッドシステムのねらい

従来のこの排気量クラスのスクーターでは、スロットルを開けてから車体が反応するまでに、ベルトコンバータの特性により、短時間ながらタイムラグがあり、マニュアルトランスミッション車のようなレスポンスが実現できなかった。

た、これはバイク好きの顧客がスクータを敬遠する一つの要因ともなっている。本 PCX では、このレスポンスを改善し、より楽しい走行を実現できる手法の検討をおこなってきた。

そして、その実現手法の一つとして、入力に対し即座に反応する電動モータの出力特性を利用し、ガソリンエンジン出力とのハイブリッドとすることで、従来のスクータには無いダイレクトで楽しい走行フィーリングの実現をねらうこととした。

なお、PCX HYBRID の性能に係わる数値はすべて日本向けの 125 cc エンジンを搭載したハイブリッドモデルとする。また、比較するガソリンエンジンモデルも 125 cc の 2018 年モデル PCX とする。

4.2. ハイブリッドシステム概要

4.2.1. コンパクトなシステムレイアウト

ハイブリッドシステムを採用する上で最も重視したのは、二輪車としての機動性を低下させないことであった。ハイブリッド車は駆動用バッテリーや複雑な制御システムを搭載することとなり、質量が増加し、車体サイズを大型化するのが一般的であり、二輪車としての機動力が失われてしまうことが課題であった。そこで、PCX HYBRID では PCX が本来持っている機動力を損なうことなく、快適で上質な走りを維持し、街中で気軽に使える車体とするため、ガソリンエンジンモデルの PCX のボデーに納まるコンパクトなシステムとすることを目標とした。

システムのシンプル化、ガソリンエンジンモデルとの同一のボデーの使用を念頭に置いた結果、パラレル方式を採用することとした。これは、ACG スタータ⁽¹⁾により駆動アシストをおこなうものである。ACG スタータは、ガソリンエンジンモデルにおいて始動と発電を担い、また、クランク軸に直結配置されている (Fig. 9)。また、スタータのコア材に、ハイブリッド駆動モータ用電磁鋼板を採用することで、より鉄損の少ない専用モータとし、始動系を含むエンジンの基本構造を変えずにコンパクトなユニットを実現した。

ハイブリッドシステムを構成するパーツ類の配置を Fig. 10 に示す。モータアシスト制御を担う Power Drive Unit (PDU) は、エンジン制御を担う Engine Control Unit (ECU) の実装部品のサイズダウンや、電源部の発熱損失を低減することでレイアウトの集約化を図り、ベースの ECU のサイズを維持しながら一体化を実現した。

ダウンレギュレータは、灯火器や鉛バッテリーなどの一般電装部品への電力供給を担う。ジャンクションユニットは、12 V の外部電源にて非常時に始動できる機能を有す。この二つのユニットと後述するリチウムイオンバッテリーをまとめて配置することで配線などの短縮化を実現した。

これらによりハイブリッドシステムのパーツ類は、ガソ

リンエンジンモデルの外観を崩さずレイアウトでき、コンパクトなシステムを達成した。

4.2.2. システム動作概要

システムの作動イメージを Fig. 11 に示す。モータアシストはアイドリングストップの再始動時とライダーが操作するスロットルの操作速度があるしきい値を超えた場合におこなわれる。アシストトルクの制御は、スロットル開度とエンジン回転数およびリチウムイオンバッテリーの残容量と温度より、PDU が最適なアシストトルクを発生させる指令値を算出しおこなわれる。

モータアシスト作動時以外は、ACG スタータが発電し、リチウムイオンバッテリーを充電する。

4.2.3. アシスト時間設定

アシスト時間はバッテリーサイズに与える影響が大きいため、使い勝手から許容できる必要最小限の時間となるよ

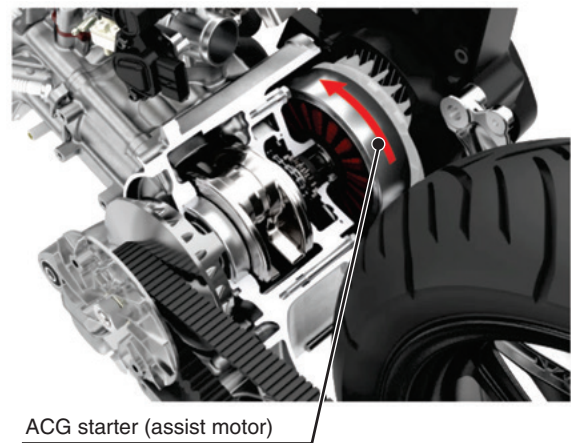


Fig. 9 ACG starter (assist motor)

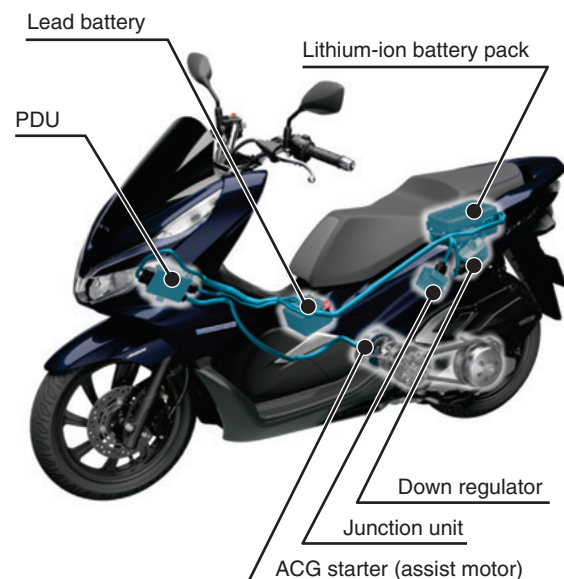


Fig. 10 Layout of hybrid system parts

う検討した。急加速をすることが多いタイのユーザ使用の状況を中心に計測をおこない、スロットルを開けてから車速コントロールのためにスロットルを戻し始めるまでの時間の頻度として、Fig. 12 と Fig. 13 の結果が得られた。この時間が3秒以内となる割合が、Fig. 12 に示す市街地では約90%、Fig. 13 に示す郊外では約80%となっている。この結果から、アシスト時間を3秒に設定することで、加速時の大部分をカバーできることがわかった。

一方、3秒間のアシスト後にただちにアシストを終了した場合、駆動力変化量が大きく走行フィーリングに影響が出るが予測された。そのため、アシスト量を徐々に減らす時間を1秒間設け、合計最大4秒間のアシスト時間となるように設定した。また、その後は徐々に発電負荷が上昇する制御とし、違和感の無い心地よい走行フィーリングを実現することができた。

4.2.4. リチウムイオンバッテリー

システム部品の中でモータ駆動用バッテリーは最大の大きさとなる。二輪車の機動性を損なわずに搭載するための小型化への要求と、アシストに必要な放電出力を満たすため大型化への要求が相反し課題となる。

そこでまず、要求されるアシスト出力とアシスト時間から、車両に搭載可能なサイズ、質量を満足するバッテリーとして高出力タイプの円筒型 (ϕ 18 mm) リチウムイオンバッテリーセルを選定した。

高回転までアシストをおこなうため、セル電圧 3.6 V のバッテリーセル 14 個を直列とし電源電圧を高めた。アシスト要求出力、および低温かつ低バッテリー残量 (State Of Charge: SOC) で要求されるエンジン始動出力を満足させるため 2 並列とした。その結果、セルレイアウトは 14 直列 2 並列の構成となり、定格電圧 50.4 V、定格容量 3.8 Ah (192 Wh) とした。

バッテリーパックはバッテリーの温度や SOC、充放電

などを管理するバッテリーマネジメントユニットを一体化し、防水性能として IEC60529 の保護等級 IPX5 のパック構造とした。以上により Fig. 14 に示すように、車両に搭載可能なコンパクトなサイズのバッテリーパックを実現した。リチウムイオンバッテリーパックのサイズは 205 mm (L) × 134 mm (W) × 90 mm (H)、質量 2.6 kg である。

4.2.5. モータアシストによるパフォーマンス向上

モータ出力は 1.4 kW/3000 rpm, 4.3 Nm/3000 rpm と

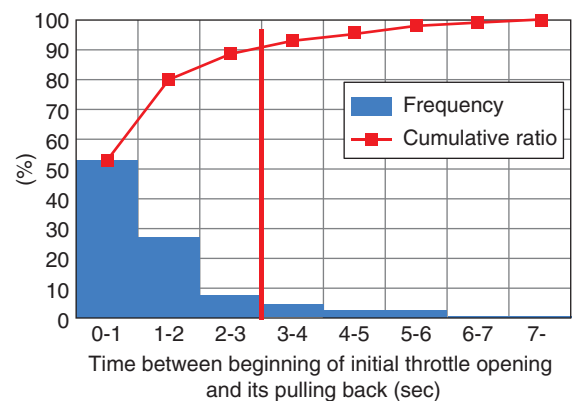


Fig.12 Measurement results for throttle-opening time (urban area driving in Thailand)

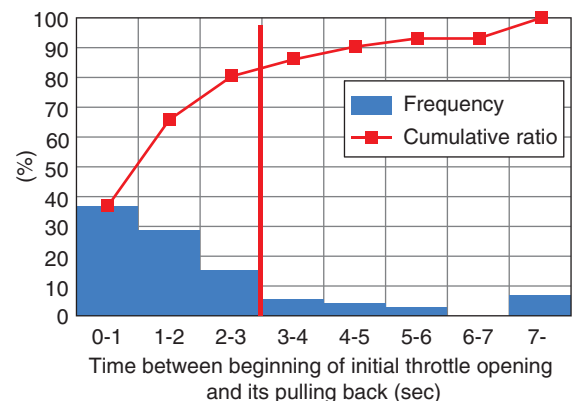


Fig. 13 Measurement results for throttle-opening time (suburban area driving in Thailand)

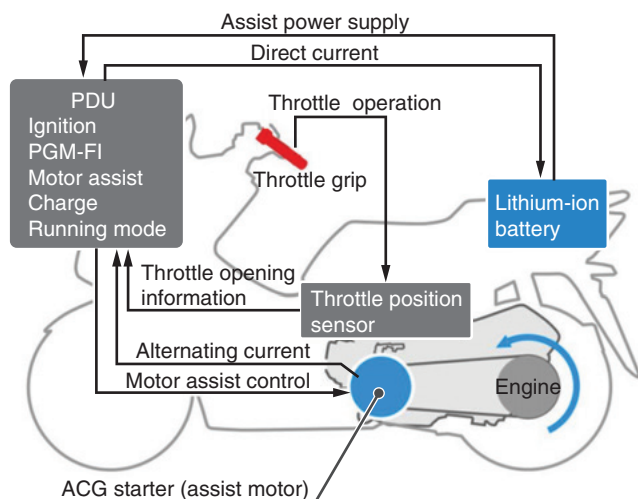


Fig. 11 Overview of hybrid system



Fig. 14 Appearance of lithium-ion battery pack

した。ガソリンエンジンモデルに対して、125 cc モデルでエンジン出力と合算した場合、Fig. 15 のとおり、4000 rpm で約 33%、5000 rpm で約 22% のトルク向上ができ、トルクフルなアシストを実現した。

Fig. 16 は停車状態からスロットルを全開で加速したときのエンジン回転数の変化をガソリンエンジンモデルと比較したものである。なお、試験条件等は社内試験規定に基づいて実施した。ガソリンエンジンモデルでは 4 回目の燃焼で遠心クラッチの接続回転数に到達していたのに対し、ハイブリッドモデルは 3 回目の燃焼で到達していることがわかる。すなわち、素早く反応するモータでのアシストにより、アイドリングストップからの発進について、始動か

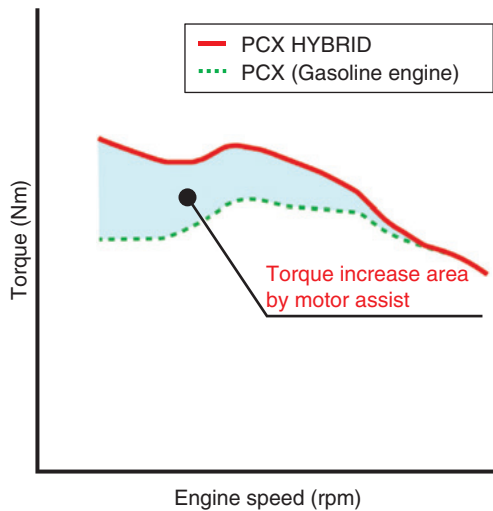


Fig. 15 Increase in torque by motor assist at wide open throttle (WOT)

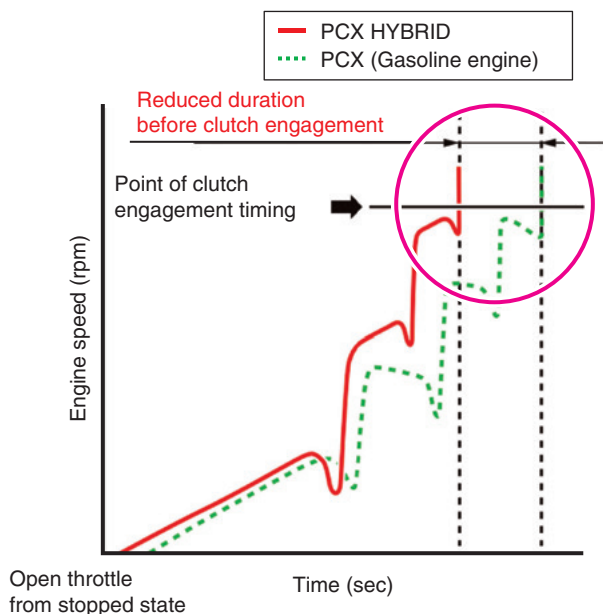


Fig. 16 Comparison of duration before clutch engagement

ら遠心クラッチ接続までの時間をおよそ 20% 短縮することに成功した。これらにより、ダイレクトな加速フィーリングによる街中での発進加速の敏捷さとコーナリングでのすばやいたラクション特性などを得ることができ、よりワクワクできる楽しい走行フィーリングを実現できた。

また、Fig. 17 に示すように、ハイブリッドモデルは、停止からのスロットル全開の発進加速で 50 m 走行する間に、ガソリンエンジンモデルに対して約 2 車身 (4 m) の差が生じた。同様に、40 km/h からのスロットル全開の加速については、200 m 走行する間に約 3.6 車身 (7 m) 差が生じた。以上の結果より、モータアシストにより、動力性能についても向上が図れたことが確認できた。

4.2.6. アイドリングストップ作動待ち時間の短縮

これまで PCX のアイドリングストップの作動は、停車から 3 秒経過後としていた。これは渋滞路などでの発進停止の繰り返し時に頻繁にエンジンが停止すると再発進時のタイムラグが煩わしく感じるためであった。PCX HYBRID ではモータアシストにより早いクラッチ接続が可能となり、タイムラグによる煩わしさが感じにくくなるため、アイドリングストップ作動待ち時間の短縮検討をおこなった。ライダーが感じるタイムラグの煩わしさと再発進性の安心感のバランスを追求したセッティングをおこなうことで Fig. 18 に示すように、従来モデルに対し 2.5 秒短縮した。その結果、停車から 0.5 秒経過後にエンジンを停止することができ、排出ガスの抑制と街乗りの静粛性に寄与した。

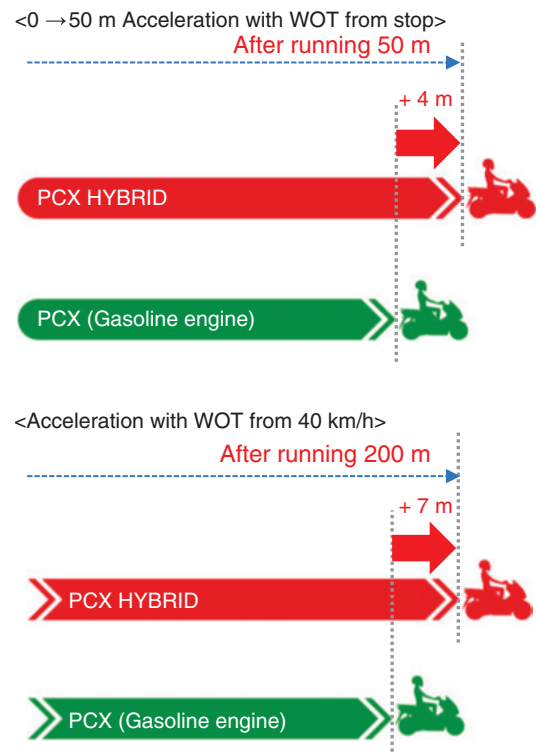


Fig. 17 Comparison of power performance

4.2.7. アシスト力特性の変更による走行モード切替え

仕様の作りこみをおこなっていく段階で、公道走行が可能で法規を満足した試作車を作成し、ナンバ取得の上で公道での適合性テストを実施した。その結果、渋滞路で要求されるアシスト力とワインディングで要求されるアシスト力では、同じスロットル開度においても要求が異なることがわかった。

よって走行モード切替え機能を追加し、走行シーンやライダーの好みにあわせて、モータのアシスト特性の切替えを可能にした。

メインスイッチオン後はDモードとし、リラックスした快適な走行と適度なアシストを両立できる設定とした。一方、Sモードはアシスト力を強めることにより、スポーツ性の高い走行が可能となり、走る楽しさをより感じられる設定とした。具体的には、スロットル全開時のアシスト力は変わらないが、低中開度でのアシスト力が Fig. 19 の例のように開度ごとに異なるセッティングとした。これらのモードの切替えは、左側ハンドルスイッチのモード切替えスイッチ (Fig. 20) によって渋滞やワインディングなどシーンに合わせ走行中にもおこなえるようにした。

4.2.8. ハイブリッド車用スピードメータ表示

ハイブリッドシステムのさまざまな情報をわかりやすく表示するために専用メータを採用した。スピードメータ、時計、平均燃費などのガソリンエンジンモデルと同様の表示に加え、ハイブリッドタイプ専用仕様として、以下項目を追加した。

- ・ 走行モード表示 (D/S/アイドリングモード)
- ・ モータによるエンジンへのアシストレベル
- ・ リチウムイオンバッテリーへの充電レベル
- ・ リチウムイオンバッテリー残量
- ・ リチウムイオンバッテリーインジケータ

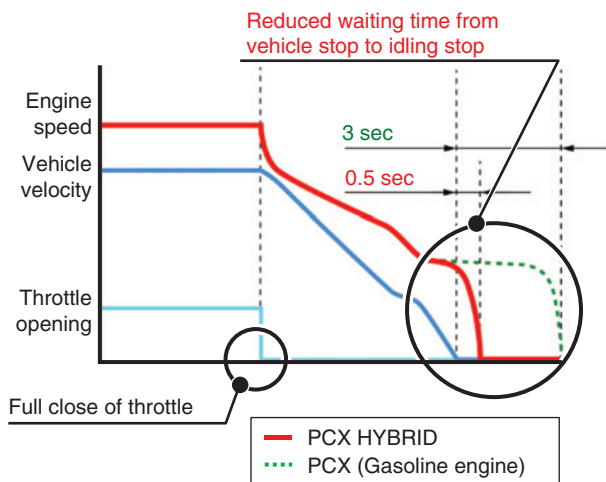


Fig. 18 Reduced waiting time for idling stop system operation

Fig. 21 にセンタディスプレイを示す。また、Fig. 22, 23 に示すようにアシストレベルおよび充電レベルは、それぞれ5段階および2段階のバーグラフとして表示した。

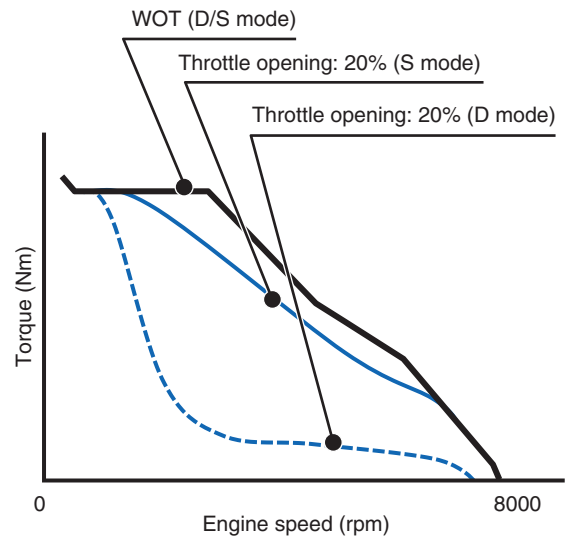


Fig. 19 Example of torque difference due to difference in assist mode

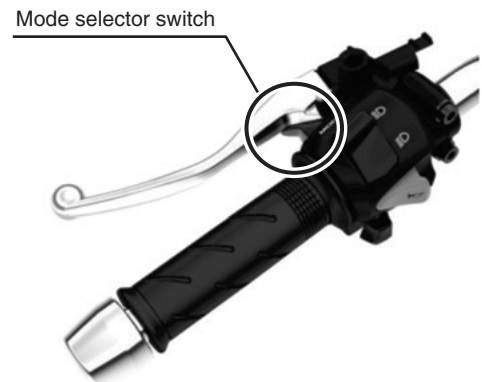


Fig. 20 Mode selector switch

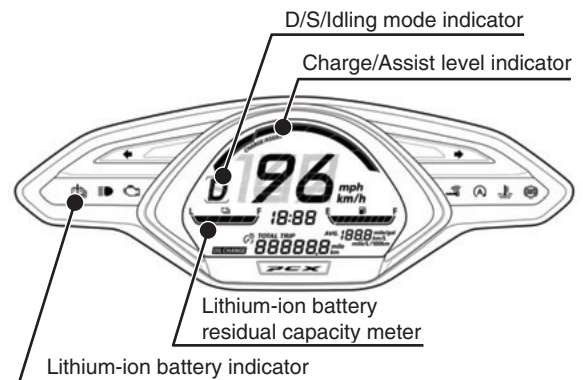


Fig. 21 Speedometer for PCX HYBRID



Fig. 22 Assist level indicator (at maximum level)



Fig. 23 Charge level indicator (at maximum level)

5. まとめ

4代目としてフルモデルチェンジをおこなった2018年モデルPCXは、フレームボデーとホイールの刷新および吸排気系を改良した。新しい排ガス規制(EURO4相当)を満足させながら従来モデルを超える機能性能を達成し、通勤からツーリングまで幅広く、より楽しく活躍できるモデルにできた。

PCX HYBRIDは、PCXのパッケージングを最大限に流用しながらハイブリッドシステムを必要最小限とするとともに、モータの専用化とアシスト時間の適正化をおこなった。その結果、街中での発進加速の敏捷さや、コーナリングでのすばやいトラクション特性などの性能を得ることで、よりワクワクできる楽しい走行フィーリングを実現し、量産二輪車初のハイブリッド車を提供することができた。

本ハイブリッドシステムは、二輪車における新しい商品魅力技術の一つの形として今後お客様に受け入れられ発展していくことを期待する。

参考文献

- (1) 柳沢毅, 山西輝英, 宇津木克洋, 永露敏弥: PCX用アイドリングストップシステムの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.22, No.2, p.78-84

■著 者■



大森 純平



少 覚 功



高山 慶士