

PCX 用アイドリングストップシステムの開発

Development of Idling Stop System for PCX

柳 沢 毅*

Takeshi YANAGISAWA

宇津木 克 洋*

Katsuhiko UTSUGI

山 西 輝 英*

Teruhide YAMANISHI

永 露 敏 弥*

Toshiya NAGATSUYU

要 旨

125 cm³ スクータ「PCX」の環境性能向上のために 125 cm³ エンジンに搭載できるアイドリングストップシステムを開発した。静かな始動音で高い質感を実現するために始動用の減速機構を持たない ACG スタータを用いたシステムとした。このエンジンをクランキングするためには大型の ACG スタータが必要になり、125 cm³ エンジンの ACG 取付けスペースに搭載することが課題となる。この課題を解決するためにデコンプレッション装置によるエンジンのクランキングトルクの低減と、慣性力を利用したクランキング方法を採用した。これによって 125 cm³ エンジンの ACG 取付けスペースに搭載可能なサイズの ACG スタータを実現した。

ABSTRACT

An idling-stop system that can be mounted on the 125-cm³ engine of the PCX scooter was developed in order to enhance the environmental performance of the PCX. The system was made to use an ACG starter, which does not have a reduction mechanism for use in starting, in order to realize quiet starts with an impression of high quality. Cranking this engine requires a large ACG starter, and mounting this starter within the space given for attaching the ACG in the 125-cm³ engine became an issue. This issue was addressed by reducing the engine cranking torque by means of a decompression device and by adopting a cranking method that makes use of inertial force. This approach realized an ACG starter of a size that allows mounting in the space for mounting the ACG in a 125-cm³ engine.

1. まえがき

近年、環境問題への関心の高まりから二輪車においても CO₂ 排出量削減、つまり燃費向上に向けた更なる取り組みが求められている。対応技術の一つとして ACG スタータを用いたアイドリングストップシステムがあるが、50 cm³ までの実用化にとどまっている。全世界的に販売台数が大きな割合を占めている 125 cm³ クラスまでの車両への適用が求められている。今回、125 cm³ エンジンに適用可能なシステムを開発し、グローバル展開機種である PCX に搭載したので、その技術ポイントについて述べる。

2. PCX の機種概要

PCX は、多様化するお客様のニーズに応えるため、「クラスを超えた質感の高さと先進スタイリング」、「高い動力

性能と環境性能の両立」、「スクータに求められる快適さと使い勝手の良さ」をキーワードに、ワンランク上の次世代 125 cm³ スクータとしてグローバル展開を前提に開発された機種である。Fig. 1 に外観、Table 1 に主要諸元を示す。

エンジンは、軽量コンパクトで上質な走りを演出する新開発のラジエーター一体型水冷⁽¹⁾・4 ストローク・単気筒 125 cm³ である。ACG スタータの搭載を前提に設計されており、従来仕様と比べてスタータモータ、減速ギヤ、ワンウェイクラッチ、ドリブンギヤなどの始動系部品が無いため、始動時の静粛性を向上しつつシンプルな構造となっている。

従来の始動システムを採用した場合と比較して約 1.4 kg の軽量化とエンジン幅を 15 mm 短縮している。Fig. 2 に始動系部品の比較を示す。

さまざまな使用条件において燃料供給を最適にするフューエルインジェクションシステムの採用による環境性能と、ゆとりのあるエンジン出力を両立している。加えて、

*二輪 R&D センター



Fig. 1 Appearance of PCX

Table 1 Major specifications of PCX

Items		Specifications
Overall length	(mm)	1915
Overall width	(mm)	740
Overall height	(mm)	1090
Wheelbase	(mm)	1305
Vehicle mass	(kg)	126 (Wet)
Engine type		Liquid-cooled, 4-stroke OHC, single cylinder
Engine displacement	(cm ³)	124.9
Bore x Stroke	(mm)	52.4 x 57.9
Compression ratio		11
Fuel supply system		PGM-FI
Maximum power	(kW/rpm)	8.33/8000
Fuel economy	(km/L)	45.9 *
Front tire size		90/90-14M/C 46P
Rear tire size		100/90-14M/C 57P

*In-house test value: EURO-3 control mode, with idling-stop system

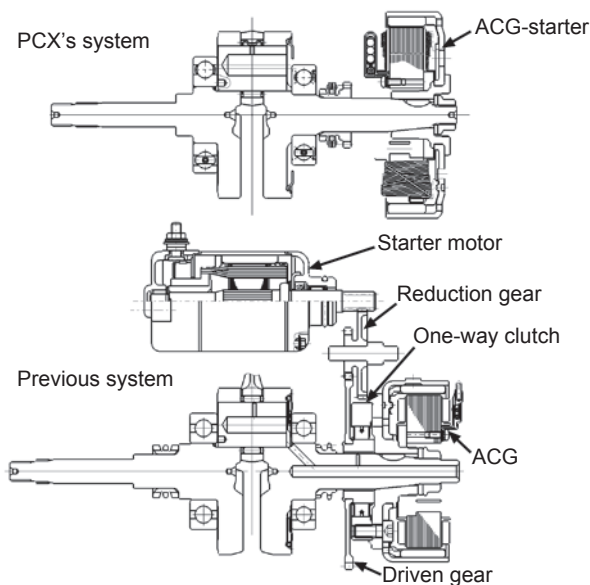


Fig. 2 Comparison of starter system parts

信号待ちや渋滞などでの一時停止時にエンジンが自動的に停止するアイドリングストップシステム (ACG スタータ方式) を 125 cm³ クラスとして初めて採用した。これによりアイドリング時の無駄な燃料消費や排出ガスを削減し、より高い環境性能を実現している。

3. システム概要

PCX 用アイドリングストップシステムの概要を Fig. 3 に示す。本システムは、AC ジェネレータとスタータモータ機能をあわせもった ACG スタータ、エンジン始動時のクランクインクトルクを低減させるデコンプレッション装置、点火/FI/アイドリングストップ及び発電/モータ駆動制御をおこなっている ECU、各検出センサ、インジケータにより構成されている。

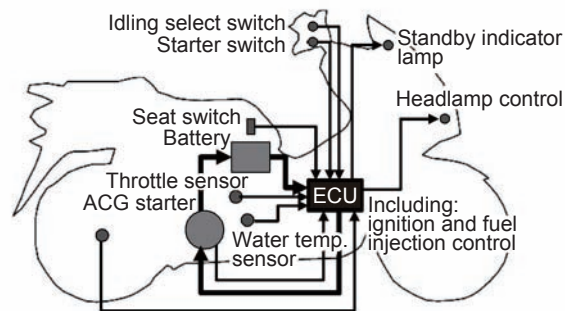


Fig. 3 Configuration of idling-stop system for PCX

4. アイドリングストップシステムの動作

初期の始動は通常のスクータの始動方法と同様にスタートボタンを押して始動する。この状態では停車時でもアイドリングをおこない、次に説明するアイドリングストップを実行するモードに移行するまで続けられる。

エンジン始動後、車速が 10 km/h 以上、かつ水温が 60℃ 以上になったことが検出されるとアイドリングストップを実行するモードに移行する。その後、スロットル全閉で着座が検出され、停車状態が 3 秒以上継続されるとエンジンが自動的に停止し、アイドリングストップ状態となる。着座が検出された状態でスロットルが開くと、ACG スタータによりエンジンが再始動され発進可能となる⁽²⁾。

5. PCX 用アイドリングストップシステムの特徴

5.1. ACG スタータ

5.1.1. 構造・性能

始動装置は、Fig. 4 に示すように、新たに開発した ACG スタータをエンジンのクランクシャフトに配置し、クランクシャフトを直接駆動する方式としている。本 ACG スタータはアウトロータ型の DC ブラシレス 3 相モータであり、フライホイールは作りやすい SPM (Surface Permanent Magnet) タイプとしている。Fig. 5 に ACG スタータの構造を示す。

既存 ACG スタータではセンサ専用マグネットを使用していた。それを廃止するために Fig. 6 に示すようにステータコイルのポール間に磁極センサを収め、発電用マグネットの位置によりクランクシャフトの位相を検出している。モータ通電時に発生する磁界が磁極センサの位置検出精度に与える影響は Fig. 7 に示すレベルであり、これはモータトルク特性に影響を及ぼさないレベルである。

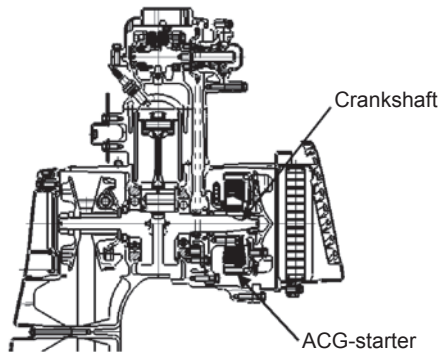


Fig. 4 Layout and configuration of ACG-starter and transmission

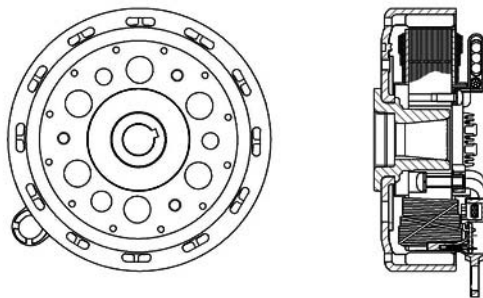


Fig. 5 Design of ACG-starter

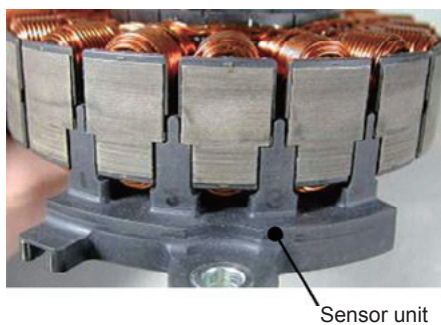


Fig. 6 Layout of angle sensor

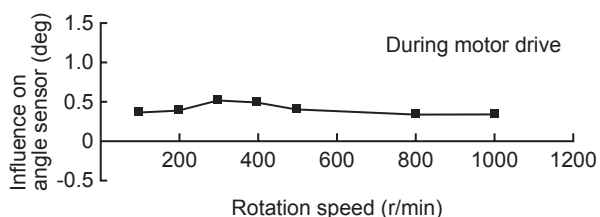


Fig. 7 Influence on angle sensor (at motor drive)

また、本システムでは ACG スタータのサイズを小型化するために慣性力を利用した始動方式としている。したがって、クランキングの際には圧縮開始直前のエンジン回転数をより高くすることが重要である。このシステムのクランキング可能な圧縮開始直前のエンジン回転数を Fig. 8 に示す。始動時は Fig. 9 に示すようにクランクシャフトを現在の位置から一行程前のコンプレッショントップ直後まで逆転してから正転動作させている（スイングバック動作）。これにより圧縮開始直前までのクランキング角を十分に確保でき、慣性力を最大限に利用できるようにしている。

以上により ACG スタータのサイズを、ACG 取り付けスペースに収納可能なサイズとすることができた。本 ACG スタータのモータトルク特性の比較を Fig. 10 に示す。

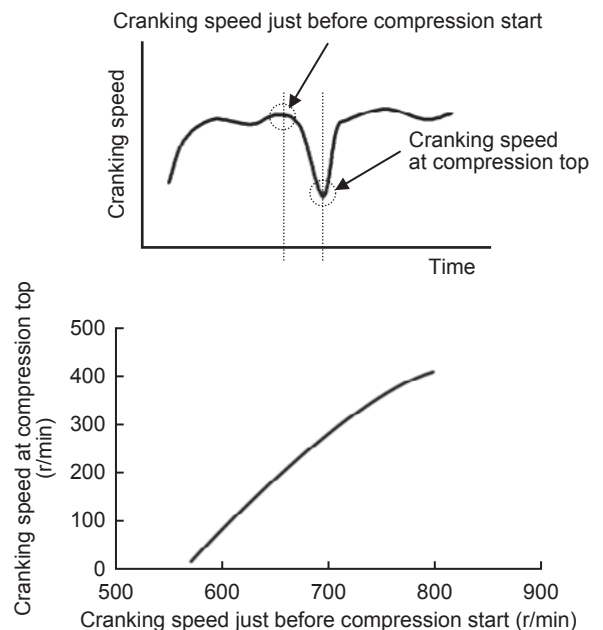


Fig. 8 Relation of cranking speed just before compression start and the compression top

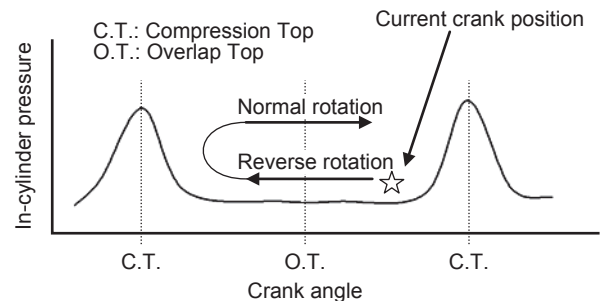


Fig. 9 Explanation of swing-back movement

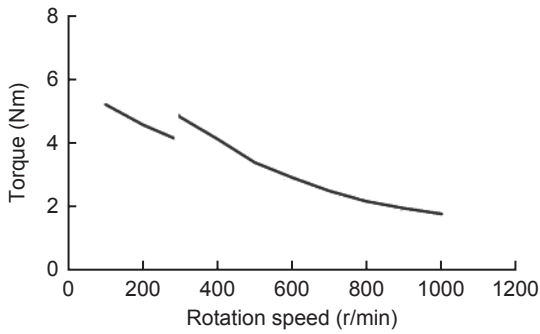


Fig. 10 Motor characteristics of ACG-starter

5.1.2. 発電制御

本システムでは、ACG スタータ駆動用 3 相ブリッジの通電位相を Fig. 11 に示すように進角方向、または遅角方向に動かすことにより ACG の発電量を制御している。本 ACG スタータの通電位相と発電量の関係を Fig. 12 に示す。本方式を採用することにより、Fig. 13 に示すような通常の短絡方式のレギュレータに比べ、発電フリクションを低減することが可能となった。Fig. 14 に通電位相角制御方式と短絡方式による発電フリクションの差を示す。

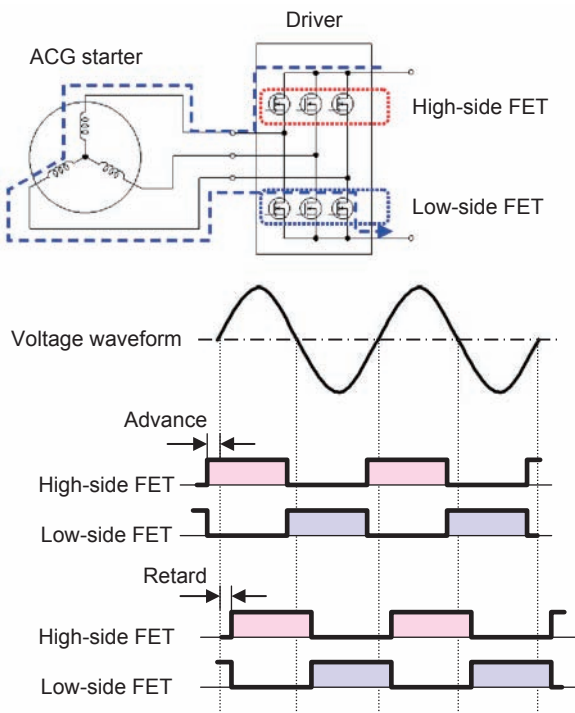


Fig. 11 Output electric current control by phase control

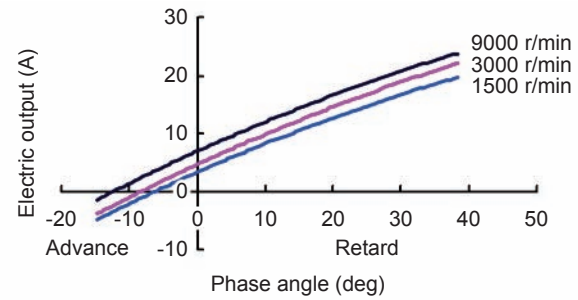


Fig. 12 Relation of phase angle and output current

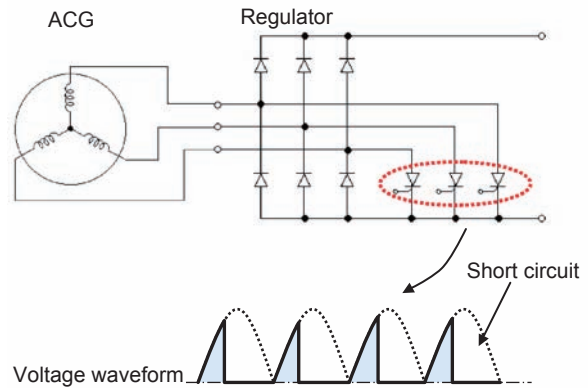


Fig. 13 Short circuit type regulator

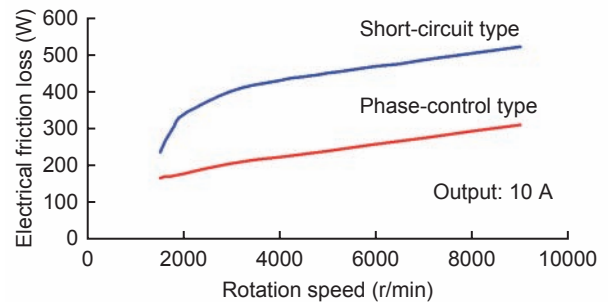


Fig. 14 Difference of electrical friction loss during electric generation by difference of control method

5.2. デコンプレッション装置

5.2.1. 構造・設定

本システムではクランクトルクを低減するためにデコンプレッション装置を採用している。ACG スタータによるクランク回転数では、エンジンの圧縮行程中一時的にロッカアームがデコンプレッションカムにより押し上げられ、エキゾーストバルブをリフトし、筒内圧が低下する。これにより、始動時のクランクトルクを低減することができる。

一方、アイドリング回転数以上ではデコンプレッションアームの遠心力によりデコンプレッションカムが回動し、デコンプレッション作用は解除される。Fig. 15 にデコンプレッション装置の動作を説明する。アイドリング中にデコンプレッション装置が作動すると、デコンプレッション

アームの繰り返し作動による異音の発生やコンプレッションの低下によるエンジン停止が発生する。このため、デコンプレッションの解除回転数は、アイドリング下限から余裕を持たせ、1100 r/min 以下とした。また、ACG スタータの上限回転数は、デコンプレッション解除によるクランキング不良を防ぐためデコンプレッション解除回転数以下とする必要がある。これらの条件を満たすためにデコンプレッションの解除回転数を 850 – 1100 r/min, ACG スタータの上限回転数を 850 r/min と設定した (Fig. 16)。始動に必要な爆発力を確保するために最低限のコンプレッションを確保する必要がある。始動限界テストの結果からコンプレッションの下限値を 720 kPa と設定した。

5.2.2. デコンプレッション装置の課題と対応

従来の同カテゴリーのエンジンではデコンプレッションカム部とウェイト部が一体になっており、デコンプレッションアームの回転する角度が大きいため、デコンプレッションアームがストッパに当たる際に衝撃音が発生する。アイドリングストップシステムの場合は作動頻度が増加するため、商品性への影響が懸念される。そのために、デコンプレッションカム部とデコンプレッションアーム部を別体としリンク構造を用いることによりデコンプレッションアームが回転する角度を減らし衝撃音を低減した。デコンプレッション装置の従来仕様との比較を Fig. 17 に示す。これにより、PCX のねらいである「クラスを超えた高い質感」の実現に寄与している。さらに、デコンプレッションアームと他部品との干渉を避けるためのスペースを減らすことが可能となり、シリンダヘッド部のコンパクト化に寄与している。

アイドリングストップが無い従来エンジンのデコンプレッションカムは SCM420H 材に浸炭処理を採用している。しかし、アイドリングストップを想定した始動頻度を考慮すると、デコンプレッションカムの異常摩耗が懸念されるため、デコンプレッションカム表面にクロムメッキ

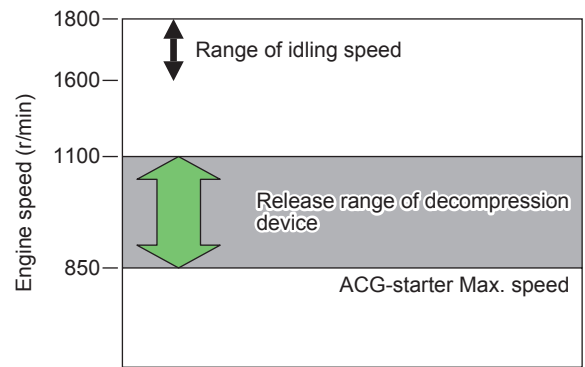


Fig. 16 Release rotation speed range of decompression device

を施し耐摩耗性を向上させた。これにより、デコンプレッションカムの摩耗量を問題としないレベルに低減した。

また、スイングバック動作時に逆転から正転に切り替わる際の慣性力でデコンプレッションが解除されないように、回転方向に対しデコンプレッションアームの支点がウェイト部をリーディングする方向とした。

5.2.3. デコンプレッションによる効果

デコンプレッション装置を搭載することにより Fig. 18 に示すように、コンプレッショントルク (ピーク値) を 18 Nm から 12 Nm に低減することができた。これにより ACG スタータのサイズを最小限に抑えつつ 125 cm³ エンジンをクランキングすることができ、エンジンのコンパクト化に貢献している。

5.3. エンジン停止と再始動時の制御

アイドリングストップ時のエンジン停止は未燃焼ガソリンの流出を防止するために燃料噴射を止めることで実施している。アイドリングストップによるエンジン自動停止の場合は、エンジン停止直後にスイングバック動作をおこない、次の始動時に、すぐに正転方向にクランキングできる

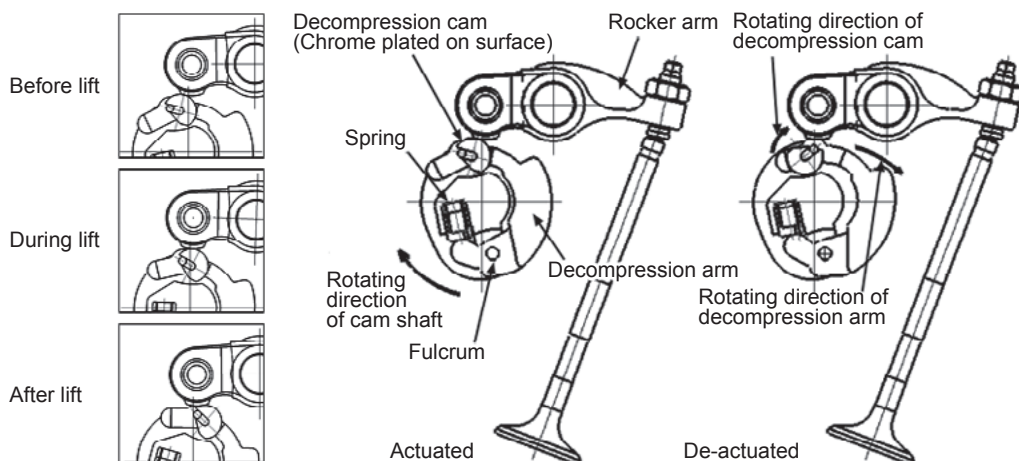


Fig. 15 Actuation of decompression device

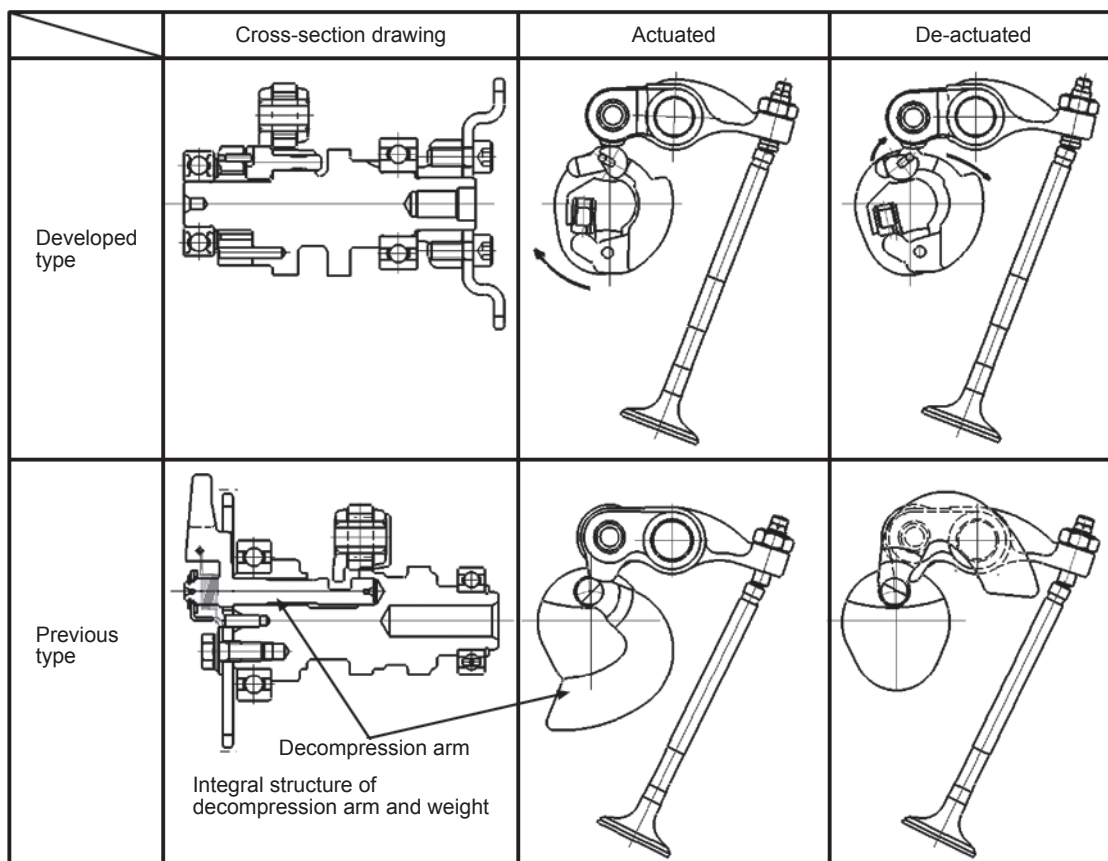


Fig. 17 Comparison between developed and previous decompression devices

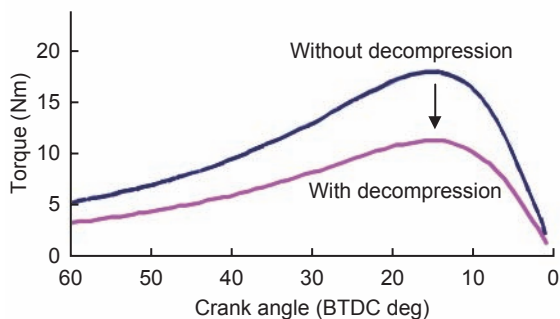


Fig. 18 Effect of reduction of demand torque by decompression device

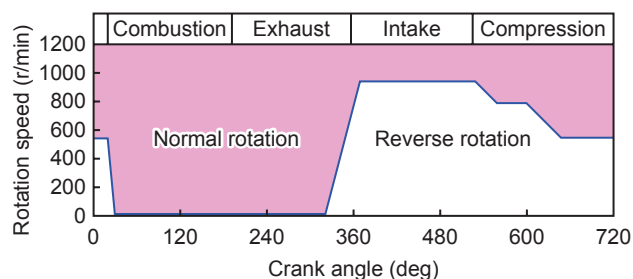


Fig. 19 Transition of swing-back operation during idling-stop

ようにしている。

一方、エンジン自動停止直後の惰性回転中に再始動が必要となった場合は、スイングバック動作をしない方がスムーズに始動できることがある。そのため、スイングバックを実施するか否かを判断する必要がある。これを、クランクシャフト位置と回転数により判断している。Fig. 19 にスイングバック要否判定テーブルを示す。

アイドリングストップ中は消費電力を低減させるためにヘッドランプを減光するとともに燃料ポンプを停止しているので再始動に必要な燃圧上昇特性の燃料ポンプを使用した。燃料ポンプの燃圧上昇特性を Fig. 20 に示す。

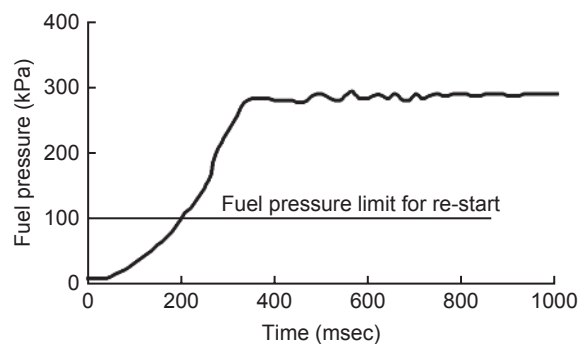


Fig. 20 Increasing characteristic of the fuel pressure in pump

6. アイドリングストップにより得られた効果

アイドリングストップを使用することにより、燃費向上率7.5%, CO₂低減率7.0%の効果が得られた (Table 2). 測定モードはEURO3 規制モードを使用した (Fig. 21).

Table 2 Effects of Idling-stop

	Fuel economy (km/L)	CO ₂ (g/km)
Without idling-stop system	42.7	53.0
With idling-stop system	45.9	49.3
Effect	7.5%	- 7.0%

In-house test value: EURO-3 control mode

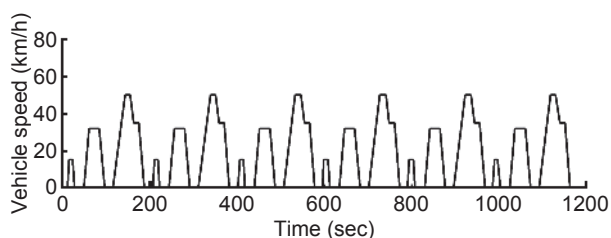


Fig. 21 Measurement mode of EURO 3 control

7. まとめ

125 cm³ スクータに搭載できるアイドリングストップシステムを開発した. ACG スタータでクランクシャフトを直結駆動することで静かな始動音の実現でき, PCX の質感を向上させることができた.

その技術ポイントを示す.

- ・ 125 cm³ エンジンを開始できる発電フリクションの少ない ACG スタータを開発した.
- ・ クランキングトルクを低減するためにデコンプレッション装置を採用した.
- ・ ACG スタータのサイズを最小限に抑えるために、慣性力を利用したクランキング方法を採用した.

このシステムの効果は、燃費向上率7.5%, CO₂低減率7.0%である (EURO3 規制モード).

参考文献

- (1) 杉岡浩一, 関谷義之, 林秀樹, 笠啓次, 中島広幸, 鳥山正雪: 4ストローク小型スクータ「ジョルノクレア」の開発, HONDA R&D Technical Review Vol.11, No.2, p.9-14(1999)
- (2) Toriyama, M., Iwadata, T., Yuhara, T., Shinmura, H.: Development of Idling Stop System for Scooter, JSAE Review Vol.22, No.1, p.92-94(2001)

■ 著 者 ■



柳 沢 毅



山 西 輝 英



宇 津 木 克 洋



永 露 敏 弥