

ハンドヘルド用 4 ストロークエンジン「GX25」の開発

Development of GX25 4-Stroke Engine for Handheld Equipment

伊藤 慶太*

Keita ITO

藁科 誠*

Makoto WARASHINA

龍 康武*

Yasutake RYU

枝松 茂貴*

Shigeki EDAMATSU

米田 新吾*

Shingo YONEDA

要 旨

ABSTRACT

刈払い機に代表されるハンドヘルド用エンジンとして“GX25”を開発した。自在傾斜 4 ストロークエンジン GX22/31 で開発したロータリスリンガポンピング潤滑を軽量化の観点で改良することと併せて、2 ストロークエンジン並の加速性、現行 GX22/31 以上の始動性を得ることを目指した。軽量化構成を達成するにあたっては、動弁室をオイルタンク内にレイアウトするために、小型油中タイミングベルト、組立て式ロッカアーム、焼結カムを用いた OHC 構成を採用した。更に、デコンプシステムの改良により、スタータロープ引き荷重の低減を達成しただけでなく、主運動系の軽量化と合わせて新開発加速ポンプの採用により加速性の良さを実現するなど、始動性・加速性の向上を達成した。これらの改良により、GX22 に比べて 13% の重量低減、排気量 13% 増加に伴う出力増加分も含めてパワーウェイトレシオ 30% 向上、2 ストローク並の加速性と GX22/31 以下のスタータロープ引き荷重による始動性を達成した。また刈払い機 UMK425 とのマッチングでは、慣性モーメントの低減により振りやすさの向上を実現した。

The multi-position 4-stroke engine, GX25, was developed for the handheld equipment such as brush cutter. The purpose of the development was to achieve the weight and acceleration level equivalent to 2-stroke engines and better startability than the current GX22/31. The further modification was made to the Rotary Slinger Pump Lubrication system developed for GX22/31, and to achieve the lightweight composition, OHC structure with the in-oil micro timing belt, the assembly locker arm, and the sintering cam was adopted in order to fit the valve train in the oil tank. As a result of above improvements, GX25 has 13% less weight, 13% more displacement and 30% more power-weight ratio when compared to GX22. Furthermore, the improved decompression system has reduced the pull load and enhanced startability. A newly developed acceleration pump also achieved the 2-stroke level acceleration than 2-stroke engines. In addition, matched with UMK425 brush cutter, the reduced inertial moment of lighter engine makes it easier to swing the equipment.

1. まえがき

可搬性にそのメリットを持つハンドヘルドエンジンは全世界で年間約 1 200 万台(出力 1.8kW 以下)販売され、横ばいからやや増加傾向で推移している。

2 ストロークエンジンは 4 ストロークエンジンに比べ構成が簡単で安価、また自在傾斜運転が可能のため、刈払い機に代表されるハンドヘルド作業機用エンジンの大多数に利用されているが、排気ガスエミッションの面では課題がある。

そこで我々は 1997 年に世界で初めて 360° 自在傾斜運

転が可能な 4 ストロークエンジン GX22/31 を開発し商品化に成功した⁽¹⁾。

その後、排気ガスエミッション改善を達成する手法として業界各社では、4 ストロークエンジンへの移行、排気後処理又は掃気コントロールを追加した 2 ストロークエンジン改良、混合油を用いた 4 ストロークエンジン等さまざまな開発が進められ、一部商品化されてきている。

このような背景の中、今回 GX22/31 を改良し、ハンドヘルド用 4 ストロークエンジン GX25 を開発したのでここに紹介する。

2. 開発コンセプト

開発コンセプトは“クラス最軽量ハンドヘルド4ストロークエンジン”と定めた。

開発の具体的目標は以下の通りである。

- ・GX22/31 同様にあらゆる傾斜で運転可能
- ・パワーウェイトレシオ 30%向上
- ・2ストロークエンジン並の良好な加速性
- ・GX22/31 以下のスタータロープ引き荷重による始動性

3. 主要諸元

外観デザインは作業機の取り回し時に枝などに引っかかりにくい様フルカバー構成を採用し、ボルト1本でエンジンカバーを脱着できるようメンテナンス性にも配慮した構成とした。

エンジン構成は小型、軽量の観点でベルトドライブのOHC 動弁機構を採用するなど、従来の GX22 に対し構成面で見直しを行った。GX25 の外観を Fig. 1 に、GX22 とのエンジンサイズの比較を Fig. 2 に示す。



Fig. 1 External view of GX25

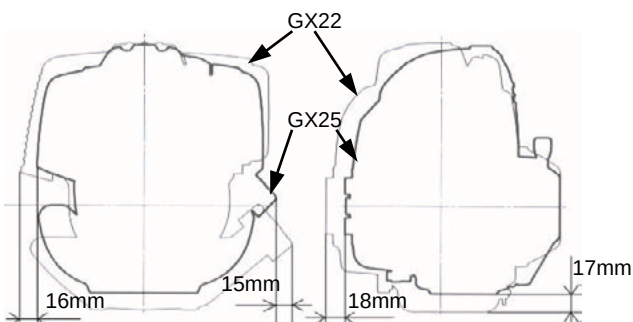


Fig. 2 Comparison of engine size between GX25 and GX22

主要諸元を Table 1 に示す。排気量は従来の GX22 比 13 %増の 25cc としながら、エンジン重量は乾燥重量で 2.78kg とし、パワーウェイトレシオで 0.29kW/kg とハンドヘルド 4ストロークエンジンでトップクラスを実現した。Fig. 3 に出力と重量の比較を示す。

Table 1 Engine specifications

Model	GX25
Engine type	Air cooled 4-stroke OHC Single-cylinder
Bore × Stroke [mm]	35 × 26
Displacement [cm ³]	25
Compression ratio	8.0 : 1
Maximum power [kW/s ⁻¹]	0.81/116.7
Maximum torque [Nm/ s ⁻¹]	1.25/83.3
PTO shaft rotation	Counterclockwise
Fuel type	Unleaded gasoline
Fuel tank capacity [cm ³]	550
Fuel consumption [g/kWh]	340
Engine oil capacity [cm ³]	80
Oil consumption [cm ³ /hr]	2
Ignition system	Transistorized magneto
Starting system	Recoil
Lubrication	Crankcase pressure driven
Dry mass [kg]	2.78
Dimensions (L × W × H) [mm]	192 × 221 × 230

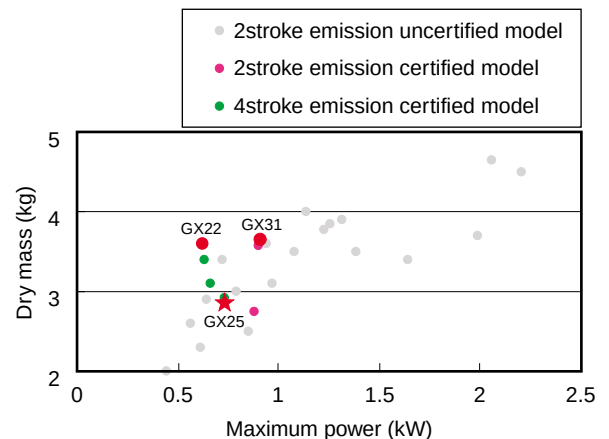


Fig. 3 Power/weight relation

4. 軽量化技術

4.1. 動弁系配置

OHV機構部品であるカムギア及びプッシュロッドなどの動弁室がシリンダと冷却ファンの間に配置したGX22/31に対し、GX25ではOHC構成とし、動弁室を冷却ファンと反対側に配置することで、シリンダと冷却ファンの直近に

配置し、冷却フィン面積 GX22 比 -15%で同等の冷却性を確保することを達成した。また、エンジン中心から冷却ファン先端に配置する出力軸までの寸法を 100mm から 83mm に抑えることにより、エンジン全体の剛性を落とさずに、サイズ、重量の低減を実現した。Fig. 4 に GX22 と GX25 のエンジン断面の比較を示す。

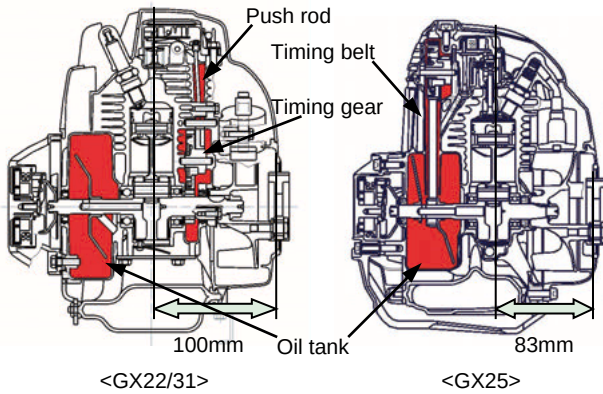


Fig. 4 Structural differences between GX22 and GX25

4.2. 高剛性ブロック

アタッチメントとの結合部分でエンジン全重量が支持される小型エンジンは、アタッチメント結合部品を支えるリブの剛性、強度が重要であるが、GX25では、支持部分のリブをクランク支持部及びシリンダボア円筒部から締付けボスに向けて6箇所配置することにより、軽量化、高剛性化の両立に成功した。GX22 比でブロック重量 967g から 720g に 25%低減を達成する一方、剛性比は上下方向で 3.9 倍、左右方向で 2.4 倍を実現した。Fig. 5 にシリンダブロックの立体図及びアタッチメント結合部品支持用リブを示す。

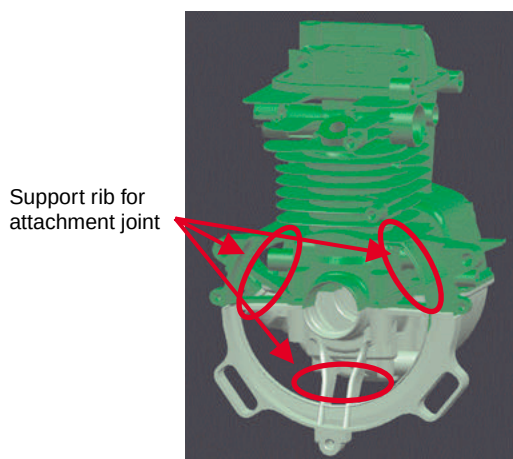


Fig. 5 Cylinder block

5. 潤滑ブリーザシステム

ハンドヘルドエンジンの潤滑系には以下の点が要求される。

- ・運転姿勢を選ばないこと。
- ・エンジン停止状態での保管姿勢を選ばないこと。
- ・重量低減、コスト低減の観点で出来るだけ簡便な構成であること。

これらの条件を満足するために、GX25 では GX22/31 で開発したロータリスリングポンピング潤滑を採用している。

ロータリスリングポンピング潤滑の概要は以下の通りである。

- ・クランク直結のオイルスリンガー(オイル攪拌板)を配した別室オイルタンクを持つドライサンプの潤滑方式を採用し、燃焼室へのオイル流入を防止する。
- ・オイルの供給、回収にオイルポンプは使用せず、クランクケースの圧力を利用することにより、構成が簡素化され重量低減及びコスト低減に効果がある。

GX22/31では、カム室及びロッカアーム室でブローバイガスとオイルミストの分離及びオイルの回収を行っていたため複雑なオイルリターン回路であったが、GX25ではオイルタンク内にタイミングベルトを配する OHC 機構を採用することで、ロッカアーム室のみでオイルミストの分離及び回収が可能となり潤滑経路の簡素化を達成した。Fig. 6に GX22/31 との潤滑経路の比較を示す。これにより、始動時潤滑条件の厳しいカム摺動部への潤滑遅れを最小限にする効果を得た。Fig. 7 に GX25 の潤滑経路を示す。

更にブリーザ機能(ブローバイガスとオイルミストの分離機能)及び、オイルの回収に関してあらゆるエンジン姿勢で確実に機能するように、ロッカアーム室に以下のような工夫をした。

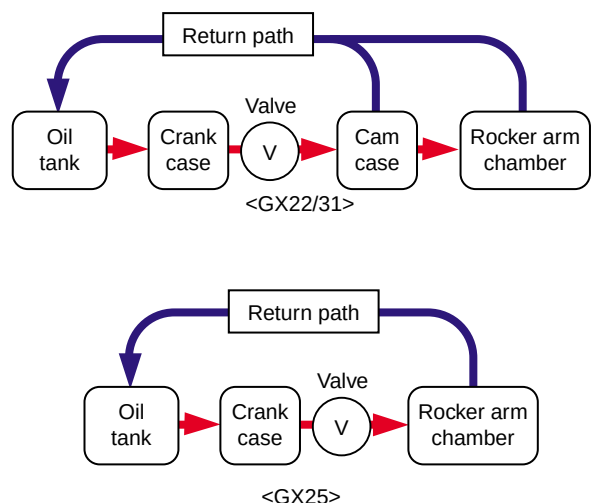


Fig. 6 Differences in oil path between GX22/31 and GX25

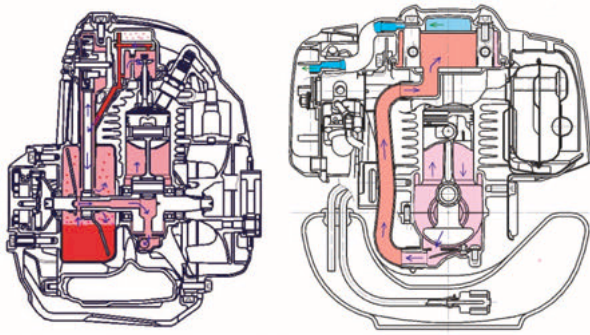


Fig. 7 Lubrication system

- ・ロッカーム室中心付近にオイル回収のための負圧チャンバを配置した。
- ・この負圧チャンバを囲むように、第一分離室、ロッカーム室、ブリーザ室を配置した。
- ・負圧チャンバにはどのような姿勢でもオイル回収できるように、12個のオイル吸引穴を設定した。

これらの工夫により、どのような姿勢においても安定したオイルの供給・回収が実現し、軽量・シンプルな構成で自在傾斜連続運転を可能とした。Fig. 8にロッカーム室の断面を示す。

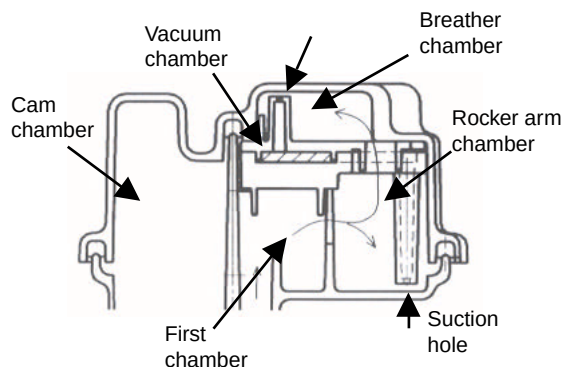


Fig. 8 Rocker arm chamber

6. 動弁系

GX25 では Fig. 9 に示すタイミングベルト駆動による OHC 構成を採用した。

6.1. 小型高速油中タイミングベルト

Table 2にタイミングベルトの諸元を示す。オイル室と動弁室を一体化するため、動弁系駆動方法としてオイル雰囲気の中で使用できるタイミングベルトを採用した。

油中で使用できるタイミングベルトは GC/GCV160 でも採用されており⁽²⁾、ゴム材、帆布、心線などの基本構成は同じとしているが、ベルト使用条件上、以下の点が大きく異なる。

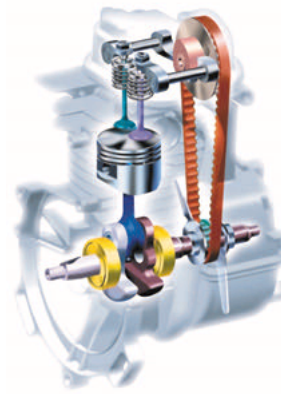


Fig. 9 Valve train layout

Table 2 Belt specifications

Model	GX25	GCV160
Belt length [mm]	320.6	533.4
Belt width [mm]	6	7
Maximum speed [s^{-1}]	200	60
Drive pulley diameter [mm]	20.6	39.3

- ・通常運転回転数 $116.7s^{-1}$ (7 000rpm) 最高回転数 $200s^{-1}$ (12 000rpm) まで上昇する高速回転型エンジンである。
- ・エンジン全体の小型化が要求される中でドライブプリーの小径化が要求される。

これらの使用条件により、ベルトの多角形挙動が与える心線へのダメージが大幅に増加し、従来品に対し屈曲疲労耐久性の向上が必要となった。この問題を解決するために、従来の歯形に対し、屈曲疲労と歯飛びとのバランスを考慮した上で歯形の小型化を行い、また心線に関しては細径にすることでしなやかさを増し、耐油性に優れた接着処理を施すことで油中環境における屈曲疲労に対する耐久性を向上させた。

6.2. 組立て式ロッカーム

自在傾斜潤滑システムにおいて、オイル回収に必要な圧力差を確保するために、ロッカーム室と動弁室(オイル室)は分離する必要がある。そのためカム面を摺動するバルブリフタとバルブの頭を押すロッカームは別の部屋に配置し、2部品をピンでつなぐ組立てロッカーム構成を採用



Fig. 10 Rocker arm

用した。組立ては、圧入により行い、ピンの圧入部にはローレット加工を施し、圧入後のスリップトルクを確保している。バルブリフトとロッカアームには、成形性、強度、摺動性に優れた鉄系統結材を使用した。ロッカアームの外観を Fig. 10 に示す。

6.3. プーリー体焼結カム

ドリブン側プーリーは、Fig. 11に示すカム駒一体プーリーを採用した。

プーリー部は、2軸テンショナレスベルト駆動を成立させるため、高温時の寸法安定性に優れたフェノール樹脂とし、メカニカルデコンプ機構を内蔵させた。カム部及び軸受部には、高速で小径という条件下での摺動部分の耐久性を上げるために、鉄系統結材を用い、フェノール樹脂との一体成形とした。

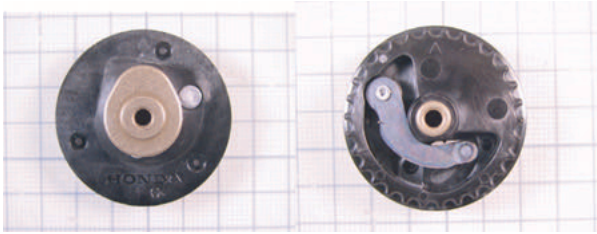


Fig. 11 Timing pulley

7. 始動性加速性の向上

7.1. リコイル引き荷重低減技術

始動時インレットバルブを開けるデコンプ構成を採用している GX22/31 に対し、GX25 では、エキゾーストバルブでのデコンプ構成を採用した。

GX25の主要搭載商品である刈払い機では、通常スロットルを閉じてエンジンを始動するため、始動時排気バルブ側へ圧力を逃がすほうが、より効果的に減圧する事が出来る。併せて、リフトタイミングを始動性に影響が出ない範囲でできるだけ多く減圧できるタイミングに設定することにより、リコイル引き荷重の低減を達成した。Fig. 12にエキゾーストデコンプの立体図を示す。

近年、蓄力式リコイルスタータを装備し、リコイル引き



Fig. 12 Exhaust decompression

荷重を低減した商品が発表されているが、GX25では蓄力式リコイルスタータ装着機並のリコイル引き荷重を実現している。Fig. 13に同排気量エンジンのリコイル引き荷重の比較を示す。Fig. 14にエンジン始動時のリコイル引き荷重波形を示すが、蓄力式装備機では長時間に渡り平均して高荷重がかかり、高い仕事量を必要としているのに対し、GX25では半分の仕事量でエンジンを始動する事を可能とした。

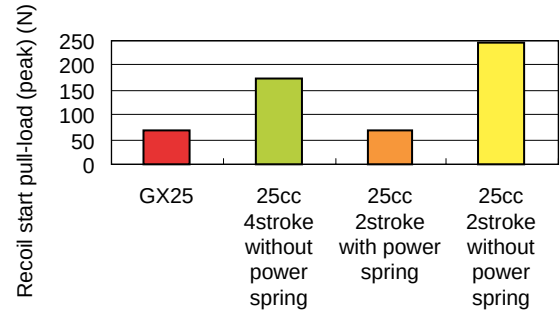


Fig. 13 Comparison of recoil pull-load (peak load)

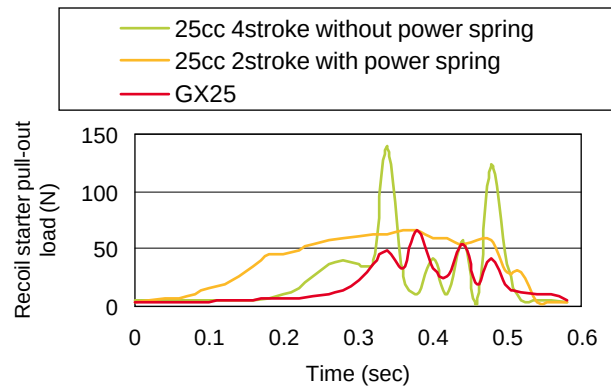


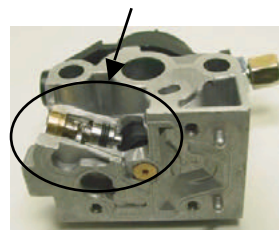
Fig. 14 Comparison of recoil pull-load

7.2. 加速ポンプ付ダイヤフラムキャブレタ

GX25 には新開発加速ポンプ内蔵キャブレタを採用している。ポンプ機構はスロットル連動のピストンタイプとし、部品点数4点で構成することにより小型化を達成した。Fig. 15にキャブレタ内の加速ポンプ部品を示す。

スロットル連動のカムにより、メインジェット前通路を加圧する構成であるため、スロットルスピードに応じた吐

Acceleration pump (piston)



Cam on throttle shaft

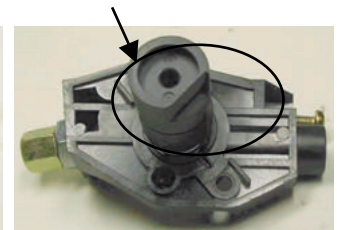


Fig. 15 Acceleration pump on carburetor

出量が得られ、低温時の加速性の向上を可能とした。Fig. 16 に加速ポンプが動作する機構を示す。スロットルを開けた時にスロットルシャフトのカム部がピストンを押し出し、燃料を吐出する。

これによりハンドヘルドエンジンの4ストローク化で懸案としていた始動直後のスロットルレスポンスが大幅に向上し、ストレスのない運転フィーリングを達成することができた。Fig. 17 にスロットル急開時の回転レスポンスを比較する。

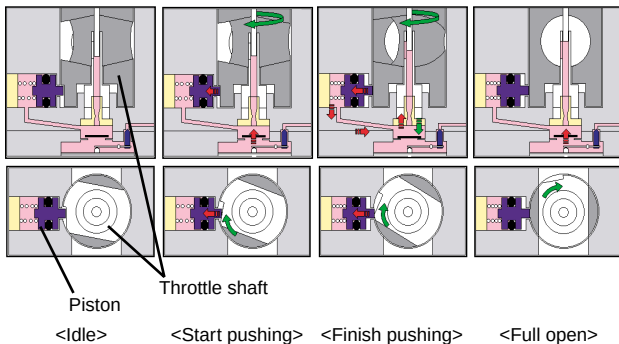


Fig. 16 Acceleration pump operation mechanism

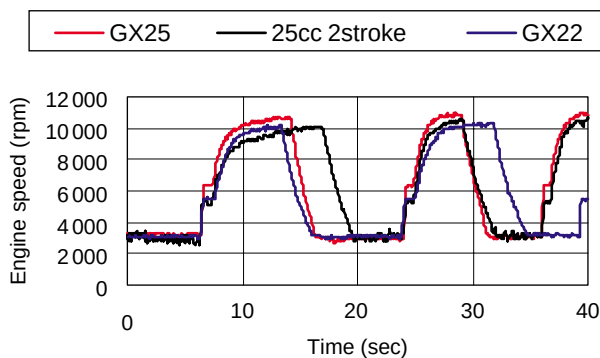


Fig. 17 Throttle response

8. エンジン搭載例

GX25 の主要搭載商品であるクラス最軽量4ストローク刈払い機 UMK425 について紹介する。

刈払い機に対する顧客要望の最重要項目は重量であり、各社軽量化の進んだ製品を商品化してきている。UMK425 は、軽量の GX25 と軽量フレームを組み合わせることにより、従来機種である UMK422 比20%の軽量化を達成し、4ストロークでありながら同排気量2ストローク軽量タイプ刈払い機と同レベルの重量を達成した。

刈払い機は、さおの先端に設置した刈刃作業部を作業者自らが左右に振ることで、草などの対象物を刈り取る機械であるため、振るという操作が作業者の疲労に与える影響が大きい。つまり作業者に対し重心位置が一定で作業するのが一般的であるため、完成機の慣性モーメントが重要な

要素となる。UMK425 では、この慣性モーメントを、従来機種 UMK422 比で 20%削減し、その結果 UMK425 より軽量の刈払い機と同水準の振りやすさを達成することを可能とした。Fig. 18 に UMK425 作業風景を、Fig. 19 に慣性モーメントの比較を示す。



Fig. 18 UMK425 in operation

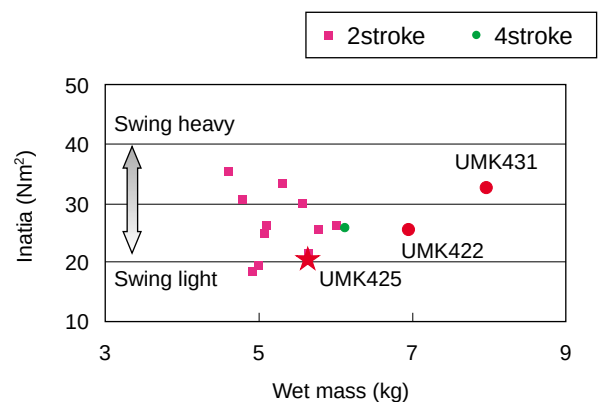


Fig. 19 Relation between swing light and inertia

これらの特徴を有する UMK425 は、始動性の良さ、燃費の良さ等の4ストローク化利点に加えて、作業者に対して持つて軽い、振って軽いという新価値を提供し、従来の4ストローク刈払い機にある重いというイメージをふっしょくする商品とすることができた。

9. まとめ

ハンドヘルド用エンジン GX25 を開発した。

- (1) 動弁系配置の改良、油中ベルト OHC 構成の採用により GX22 に対し、パワーウェイトレシオ 30%の向上を達成した。
- (2) 排気バルブデコンプ構成の採用、キャブレター一体加速ポンプ採用により、始動加速面での向上を達成した。
- (3) 完成機商品としての UMK425 においては、慣性モーメントを UMK422 比 20%低減し、振りやすさの向上を達成した。

10. あとがき

本エンジンにより、2ストロークエンジン主流のハンドヘルド作業機市場において、4ストロークエンジンの認知度及び評価が向上し、将来少しでも多く、よりクリーンなエンジンが普及していくことに期待する。

最後に本エンジンを開発するにあたり多大なご協力を頂いた関係者の方々に深く感謝の意を表する。

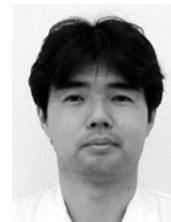
参考文献

- (1) 志賀光男, 西田隆夫, 龍康武, 告川高則, 東健次: 自在傾斜小型4ストロークエンジンの開発, HONDA R&D Technical Review vol.9, p.44-50 (1997)
- (2) 鈴木卓, 北條宏, 井上聡, 森山浩, 藤永陽治: タイミングベルト内蔵型汎用OHCエンジンの開発, HONDA R&D Technical Review vol.10, p.122-127 (1998)

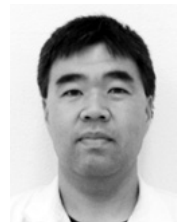
■ 著 者 ■



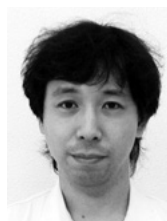
伊藤 慶太



龍 康武



米田新吾



藁科 誠



枝松 茂貴