

小型ティラー「New こまめ F220」の開発

Development of a Small Tiller: The New Komame F220

永岡 政敏*

Masatoshi NAGAOKA

片桐 信近*

Nobuchika KATAGIRI

小林 秀明*

Hideaki KOBAYASHI

徳田 達哉*

Tatsuya TOKUDA

要 旨

家庭菜園の耕うん作業から野菜づくりのための本格的な管理作業が可能な小型ティラー「こまめ」を20年振りにフルモデルチェンジし「New こまめ F220」を開発した。初めて農業機械に触れるユーザでも抵抗感のないスタイリングとするため、エンジン部は丸みのあるフルカバー構造とした。エンジンのOHV化による排気エミッションの低減、エンジンの樹脂カム採用やマフラ容量の大型化などによる騒音5.5dB(A)の低減により、CARB/EPAエミッション規制、EU騒音指令に適合している。エンジンの小型化と樹脂部品への置換などにより車体重量を9%低減した。シミュレーション解析を活用した耕うん爪の改良により、取り扱いが簡単な機体でありながらも充分な作業性能を達成した。さらに、エンジンの小排気量化によるリコイル操作荷重の30%低減、シュクラッチのライニング材変更によるクラッチレバー操作荷重の20%低減などを達成した。これらにより、F220は幅広いユーザが親しみやすく、使いやすい機能と性能を実現した。

ABSTRACT

The small tiller “Komame” has been helping with various fieldwork ranging from cultivation of small vegetable gardens to more serious vegetable growing processes for the last 20 years. This tiller has gone through a full model change this year and became the improved “New Komame F220.” Its engine now has a rounded full cover that helps even novice users feel at ease. With reduced emissions from its OHV engine and 5.5dB (A) less noise from use of a resin cam and increased muffler capacity, “New Komame F220” meets the requirements of CARB/EPA emission regulations and the EU Noise Directive. The machine weighs 9% less due to the smaller engine and resin parts. Improvement of the tilling blades by simulation analysis has given the machine simple handling together with ample performance. The force required for the recoil starter has been cut 30% by decreased engine displacement, and the force required to operate the clutch lever has also been reduced 20% by the use of a different material for the shoe lining. The new user-friendly F220 delivers useful functions and high performance.

1. はじめに

Hondaは、1980年に小型ティラー「こまめ F200」を商品化した。この「こまめ F200」は、簡単な操作で取り扱うことができ、小型軽量ながら野菜づくりのための耕うん作業から畝立て、中耕、培土、除草などの本格的な管理作業まで幅広く使用できることから、農家や家庭菜園での畝(くわ)の代わりに気軽に使える小型ティラーとして新しい市場を創造し、国内はもとより欧州、北米でも広く愛用され、1982年の「こまめ F210」へのマイナチェンジを経て、累計出荷台数55万台以上の実績をもつ汎用事業のベストセラー商品の一つとなっている。

一方、近年の世界的環境保護意識の高まりとともに、ホ

ンダは環境対応のトップランナ企業として「こまめ」においても、排気ガス、騒音といった環境適合性を向上させる検討を積極的に進めてきた。また、日本においてはプロ農家のユーザが減少し、初心者や高齢者のユーザが年々増加していることから、より親しみやすく、扱いやすい小型ティラーが市場から望まれてきた。このような市場のニーズに対応すべく「New こまめ F220」(以下 F220)を開発したのでここに紹介する。

2. 開発のねらい

F220の開発にあたっては、環境適合性が高く、親しみやすさと扱いやすさを同時に提供できる商品であることを基

本コンセプトとして、

- (1) 低燃費, CARB/EPA エミッション規制適合
 - ・ CARB(California Air Resource Board)
 - ・ EPA(Environmental Protection Agency)
- (2) 騒音低減, EU 騒音指令適合
- (3) 軽量な本機重量と耕うん性能の両立
- (4) 操作性の向上と操作荷重の低減
をねらいとした。

3. スタイリング

「親しみやすさ」をキーワードに、初めて耕うん機を使う人にも、違和感なく受け入れられるスタイルの提案を目指した。F220の外観を Fig. 1 に、デザインコンセプトを Fig. 2 に示す。

スタイリングデザインの要点は以下の通りである。

- (1) 小型軽量を表現し、全体が丸みのあるフォルム
- (2) 機械部品を覆うフルカバー構成
- (3) 直進しやすい左右対称デザイン



Fig. 1 External view of F220

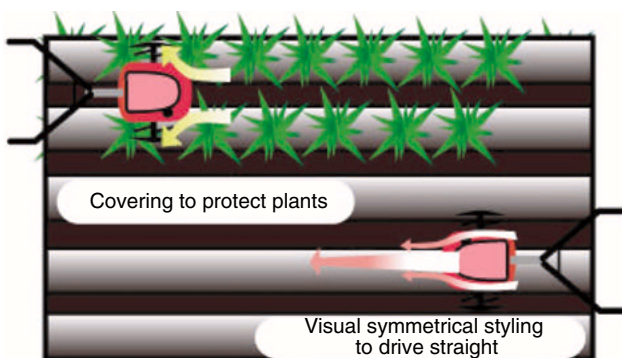


Fig. 2 Design concept

4. 基本構成と主要諸元

F220は歩行用トラクタの中でもティラー、あるいは管理機に類別され、走行装置と耕うん装置(ロータリ)を駆動して耕うん作業を行なう駆動型動力耕うん機とは異なり、車輪の代わりに車軸に取付けられたロータを駆動回転し、耕うんを行なうと同時に走行する⁽¹⁾。ロータの後方には、機体の前進速度、耕うん深さをコントロールするための抵抗棒とハンドルが取付けられており、耕うん時に発生する耕うん反力を自重によって効果的に受けとめることができるよう、重量の大きなエンジンは、ロータの真上に配置されている。

エンジンは、動力取出し軸を下向きに配置したパーチャルシャフトタイプであり、シュクラッチ機構と遊星ギヤ減速機構を内蔵したトランスミッションに直結され、最下部のベベルギヤで回転軸を90°変換し車軸を前進方向に駆動する。

耕うん作業は、オペレータがハンドルグリップを上下に操作することにより、耕うん深さと前進速度を調整しながら行なう。ハンドル操作(A)により、抵抗棒の接地荷重を加減することで制動力(Fb)をコントロールし、前進方向に回転するロータの耕うん反力(Fa)とバランスさせることが可能となる。全体レイアウトを Fig. 3 に、F210と比較した主要諸元を Table 1 に示す。

4.1. エンジン

耕うん機を新しく改良する場合は、より高い作業能力を得られるようエンジンの排気量を増やして、出力性能を向上させるのが一般的であるが、F220は、F210の特徴である小型軽量を更に進化させるため、出力性能を同等に確保しながら排気量を小さくすることとした。これは前述した市場背景から、家庭菜園用の耕うん機として求められている重要なことは、作業能力をあげること以上に親しみやすさや扱いやすさが重要であると確信したためである。

手法として F210 はサイドバルブ(SV)エンジンに対し、

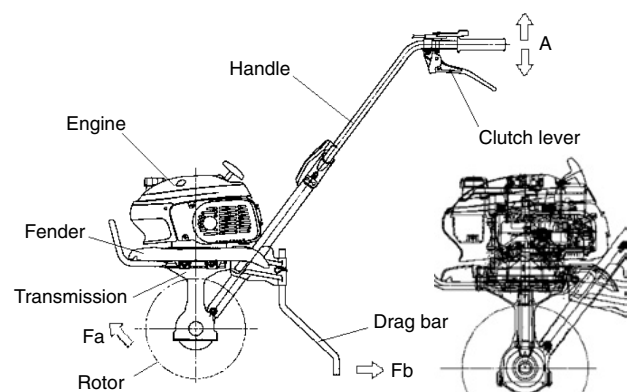


Fig. 3 Layout of F220

Table 1 Major specifications

Items	Specifications	
Model name	F210	F220
Engine model name	GV100	GXV57
Engine type	Air cooled 4-stroke SV single cylinder	Air cooled 4-stroke OHV single cylinder
Engine displacement (cm ³)	90	57
Maximum power (kW)	1.8	1.8
Rated power (kW/rpm)	1.0/4 000	1.0/4 000
Maximum torque (Nm/rpm)	3.0/3 000	3.0/4 000
Compression ratio	5.8 : 1	8.0 : 1
Minimum specific fuel consumption (g/kwh)	476	354
Fuel tank capacity (cm ³)	900	700
Overall length (mm)	1 070	1 115
Overall width (mm)	585	585
Overall height (mm)	960	975
Dry weight (kg)	27.5	25.0
Tine speed (rpm)	117	130
Tilling width (mm)	520	545
Tine diameter (mm)	φ 280	
Starting system	Recoil starter	
Main clutch type	Shoe clutch	
Transmission speeds	1 Forward	

F220はオーバーヘッドバルブ(OHV)エンジンを採用し、燃焼室のコンパクト化による高圧縮比化をはかることで熱効率を向上し、排気量を 33%小さくしながらも F210 と同等の出力性能を確保し、最小燃料消費率も 26%向上させることができた。

エンジンの小排気量化に対し、エンジンの左右に配置されたマフラー及びエアクリーナは、F210 に対し大型化はなかった。これによりエンジン騒音の低減と、エアクリーナのメンテナンスインターバルを大幅に向上させることができた。

また、小排気量化により、エンジンをフルカバー構成としながらも、高さを 15mm 低く、重量を 1.9kg 低減することができ、親しみやすさと扱いやすさの向上に大きく寄与することができた Fig. 4 にエンジンのレイアウトを示す。

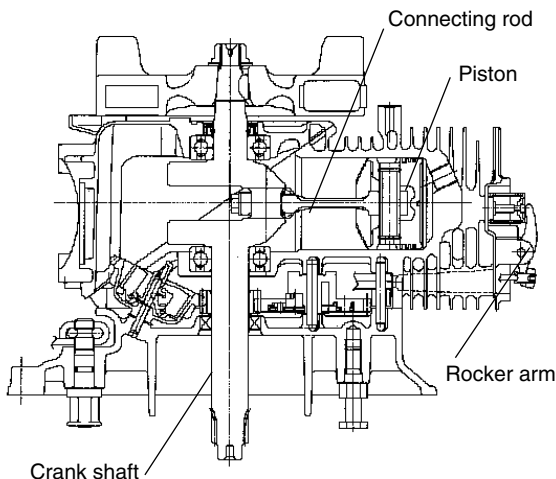


Fig. 4 Layout of GXV57 engine

4.2. トランスミッション

パワートレインの基本構成は、F200から踏襲されてきているものであり、パーチカルエンジンの動力取出し軸(クランクシャフト)の先端をサンギヤとする遊星ギヤ減速機構にシュークラッチ機構を組み合わせている。この同軸上で大きな減速比(1/10)を得られる遊星ギヤ減速機構は、「こまめ」独特のものでありトランスミッションのコンパクト化に大きく寄与している。

クラッチ部は、遊星リングギヤを兼ねたクラッチアウトに内拡式ブレーキを作用させることで駆動の断続を行なう構造となっている。ハンドルに取付けられたクラッチレバーを操作すると、内拡式ブレーキが作動しクラッチシューが遊星リングギヤの回転を止め、自転していた3個のプラネタリギヤがサンギヤの周りを自転しながら公転し

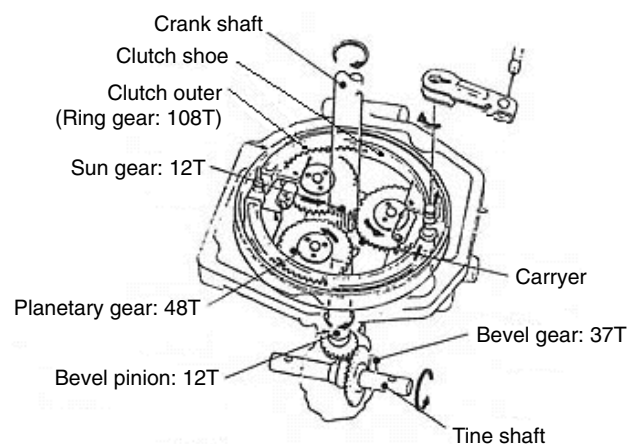


Fig. 5 Transmission of F220

始める。するとプラネタリギヤのキャリアとスプライン結合されたドライブシャフトが回転し、最下部のベベルギヤで回転軸方向を 90° 変換し、車軸を前進方向に駆動する。クラッチレバーを解除すると、遊星リングギヤが回転できるようになるため、プラネタリギヤの運動は公転から自転のみに変換し、プラネタリギヤのキャリアとドライブシャフト、車軸の回転が止まる。パワートレイン構造を Fig. 5 に示す。

4.3. ハンドル操作部

ティラーの使われ方を調査した結果から、ティラーを操作しやすいハンドル高さは、ハンドルグリップを握った時のオペレータの上腕と下腕のなす角度が 80° から 165° となる場合であり、最適な角度は 120° であることが判明した。F220 のハンドル高さは 859mm から 1003mm まで上下3段階を設定し、さらに抵抗棒の高さを3段階に微調整することで、さまざまな体格の方が自然な姿勢で作業することができるようにした。その結果、日本人女性5パーセンタイル(身長147cm)から日本人男性95パーセンタイル(身長178cm)までの体格での上腕と下腕のなす角度は、耕うん作業、除草作業、培土作業において 118° から 139° の範囲となった。

また、ハンドルを前方に折りたたむことにより、全長を 1115mm から 690mm へ、全高を 975mm から 690mm へ

とコンパクトにすることができる。これは車へも搭載しやすく、保管時の収納スペースを小さくできるよう配慮したものである。

さらに、ハウス内などの壁際での作業にも配慮し、ハンドルが左右に各 22° スイングする仕様も設定した。これにより、壁際いっぱいまでハンドルが邪魔にならず作業できるようになっている。以上のハンドル機構を Fig. 6 に示す。

4.4. アタッチメント

F220 は、車軸や抵抗棒のホルダ部の寸法を F210 と同一とすることで、耕うん作業や畝立て、中耕、培土、除草などの管理作業などに対応した F210 用の各種アタッチメントが使用できるようになっている。代表的なアタッチメントを Fig. 7 に示す。これらは上から順に、畝立て・培土作業、硬い圃場での耕うん、果樹園などでの除草作業に使用されるアタッチメントである。

5. 特徴

5.1. 排気エミッション及び燃費の低減

4.1. で述べた OHV 化による燃焼の改善により、EPA Phase II および 2002 年から施行される CARB Tier II 排気エミッション規制に適合させることができた。これには、SV エンジンに比べ、オイル消費が少ない OHV エンジンに、ヘッドボルトの締結軸力の影響によるシリンダ歪みが少ないユニブロックシリンダ⁽²⁾を採用したことでオイル消費がさらに低減し、燃焼室内に堆積するカーボン量が大幅に少なくなったため、経年変化による排気エミッション値の増加が抑えられたことも寄与している。

エンジンの変更により、F210 に対して後述する耕うん爪の所要動力低減とあわせて耕うん作業時の燃料消費量が、最小 $450 \text{ cm}^3/\text{h}$ ~ 最大 $540 \text{ cm}^3/\text{h}$ から最小 $225 \text{ cm}^3/\text{h}$ ~ 最大 $330 \text{ cm}^3/\text{h}$ へとほぼ半減できた。これにより、燃料タンク容量を 900 cm^3 から 700 cm^3 へと小さくしながらも、満タンでの耕うん作業時間は逆に 2.0 ~ 1.6 時間から 3.1 ~ 2.1 時間へと増やすことができた。また、耕うん作業時のオイル消費量も $5.5 \text{ cm}^3/\text{h}$ から $2.7 \text{ cm}^3/\text{h}$ へと 50% 低減した。

5.2. 騒音の低減

F220 のオペレータ耳元騒音は、F210 に対し Fig. 8 に示すようにエンジンの無負荷最高回転数で 4.5 dB(A)、耕うん作業時で 5.5 dB(A) の低減を達成した。

騒音低減の手法とそれぞれの効果は下記の通りである。

(1) 大型サイレントマフラの採用

マフラ容量を F210 の 1.6 倍の 790 cm^3 とした。

これによりオペレータ耳元騒音を 2.0 ~ 2.5 dB(A) 低減する効果を得た。

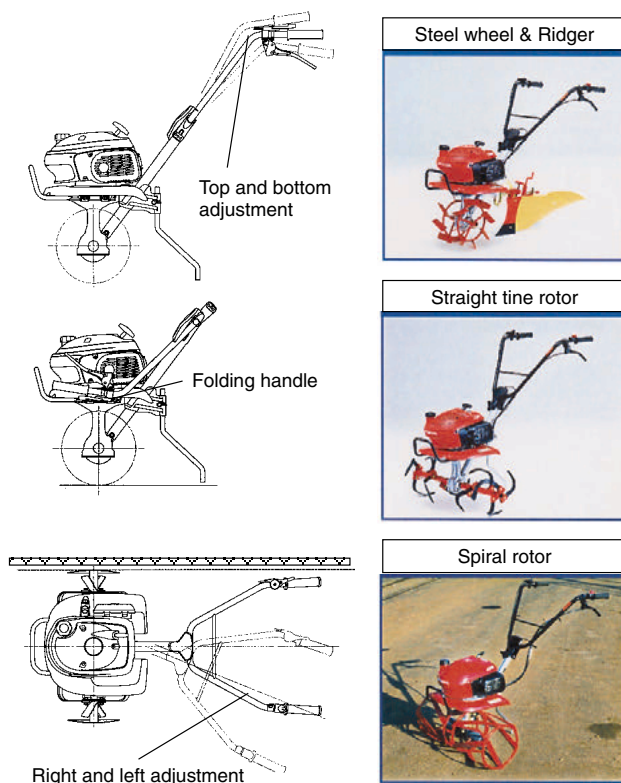


Fig. 6 Handle arrangement Fig. 7 Attachments

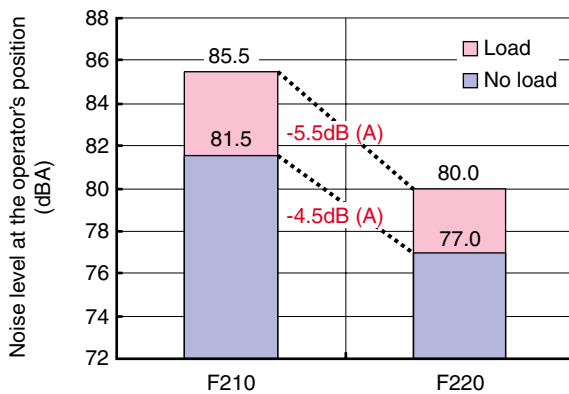


Fig. 8 Comparison of noise

(2) エンジンオイルパンの肉厚増大

F210 の肉厚 2.0mm に対し 3.5mm としトランスミッションギヤ音の透過を低減した。

同 0.5 ～ 1.0dB(A)の低減の効果。

(3) 防音構造エンジンカバーの採用

エンジン上部をファンカバーとリコイルカバーの二重構造で覆いエンジン音およびトランスミッションギヤ音の透過を低減した。

同 0.5dB(A)低減の効果。

(4) 小排気量と樹脂カムの採用

F210 に対し排気量を 37%減し、樹脂カムによりエンジンのメカノイズを低減した。

同 1.5dB(A)の低減の効果。

以上により F220 は騒音に起因するユーザへの心理的圧迫感、疲労感を軽減し、さらに使う場所、時間帯の拡大に寄与することができた。また、これらの低騒音化によりEU騒音指令で規制される Sound power level(LWA)の保証値を 92dB とすることができ、2002 年の規制値 96dB と 2006 年からの規制値 93dB に適合できている。

5.3. 軽量化と耕うん性能の両立

F220 は取り扱い性の向上のために、F210 に対して 2.5kg の軽量化を行い車体重量は 9%低減した。その手法は、鉄板から樹脂への材料置換と、軽量エンジンの搭載が主である。

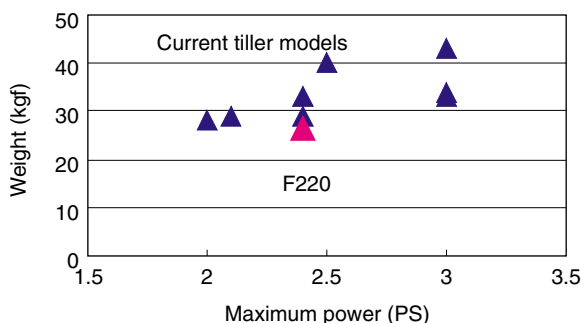


Fig. 9 Maximum power and weight

コンポーネント毎の F210 に対する軽量化の内訳を以下に示す。

(1) エンジン

排気量の低減、部品点数の削減、樹脂への材料置換などで 1.9kg の軽量化を達成。

(2) フェンダー

鉄板から樹脂への材料置換で 0.3kg の軽量化を達成。

(3) ロータ

耕うん爪の形状変更による材料削減で 0.3kg の軽量化を達成。

一般的にティラーの耕うん深さなどの作業性能を向上させると、車体重量を増やす必要が生じるため、Fig. 9に示すようにエンジン出力が大きくなるほど、車体重量は増加する傾向にある。これは、作業性能を向上させると 4章で述べた機体を前方斜め上に押し出す耕うん反力が増加するためである。したがって、軽量化すなわち車体重量を低減させると耕うん反力の大きさに対してロータの接地荷重が不足することになり、十分な耕うん深さが得られなくなる。

F220の耕うん爪は、耕うん反力シミュレーション⁽³⁾によりその各部形状が耕うん反力に与える影響を解析し、軽量化された機体でも十分な作業性能が確保できる形状としている。Fig. 10に示す耕うん爪の各部の角度変化が耕うん反力に与える影響を、Fig. 11に示す回転方向と Fig. 12に示す分力方向で解析し、Fig. 13, Fig. 14に示す結果を得た。解析結果の概要は以下の通りである。

(1) 後退角(A)を小さくすることで、機体に上向きに作用する耕うん反力 FZ の平均値が、後述する(4)との相乗効果で 184.0N から 116.1N に低減した。

(2) 切込角(B)を大きくすることで、角度(E)が小さくなり、耕うん爪が土中で作用している時間が短縮され耕うん所要トルク MX の平均値が 19.9Nm から 14.6Nm に低減した。

(3) 屈曲角(C)を大きくすることで、機体に横向きに作用する耕うん反力 FX のピーク値が単一爪にて 49.1N から 33.7N に低減した。

(4) 後退角(D)を大きくすることで、耕うん爪が土壌を切削する際に土壌を圧縮する作用を低減、食い込み性が向上し、FZ の平均値が前述した(1)との相乗効果で 184.0N から 116.1N に低減した。

FZを低減したことにより軽量化された機体でも十分な土壌への食い込み性が得られ、F210と同等の作業性能を確保でき。またMXの低減により耕うん所要動力も低減された。機体の左右振れの起振力となる FX はロータ全体を合成すると左右に配置された耕うん爪が互いに打ち消しあうため、土壌硬度が一定であると仮定したシミュレーションでの平均値は 0N となっているが、そのピーク値を低減したことにより、実際には、土壌硬度が不均一な条件下での機体の振動が緩和できた。

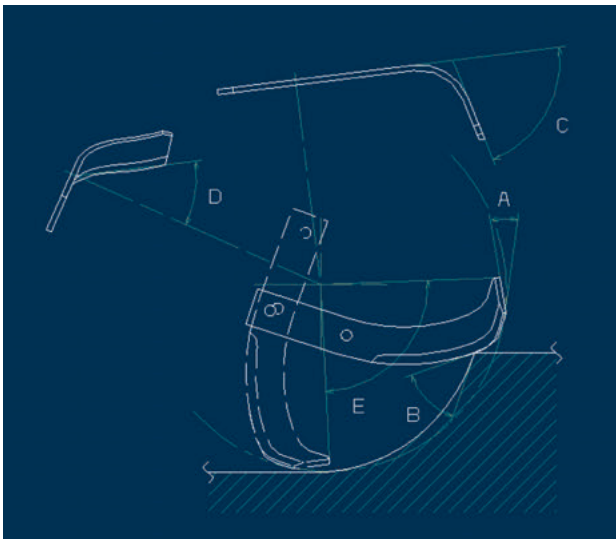


Fig. 10 Tilling blade

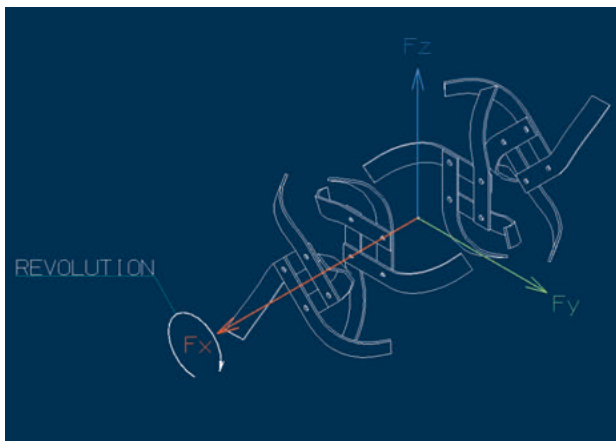


Fig. 11 Forces imposed on rotor shaft

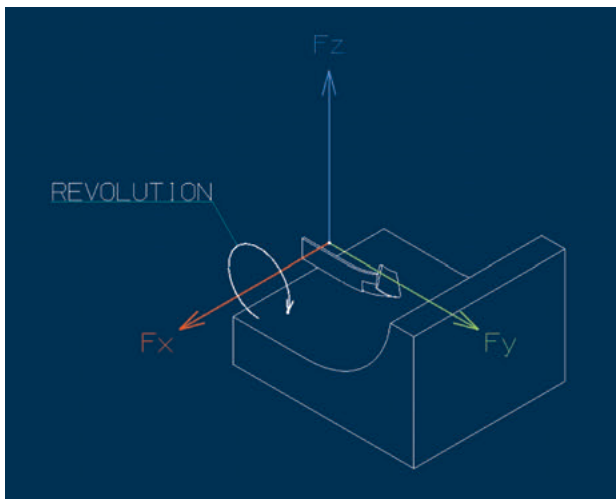


Fig. 12 Analytical model

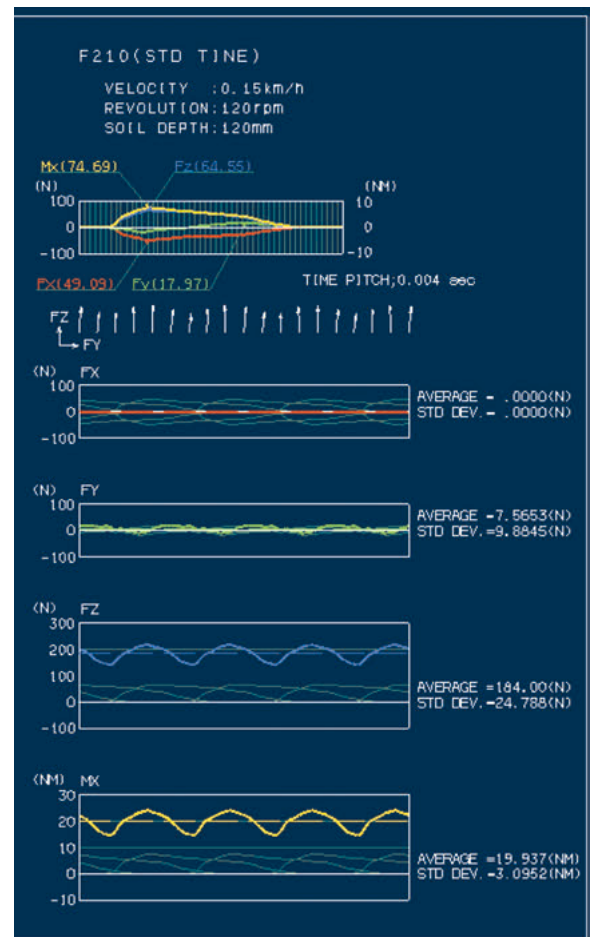


Fig. 13 Force and moment on rotor shaft of F210

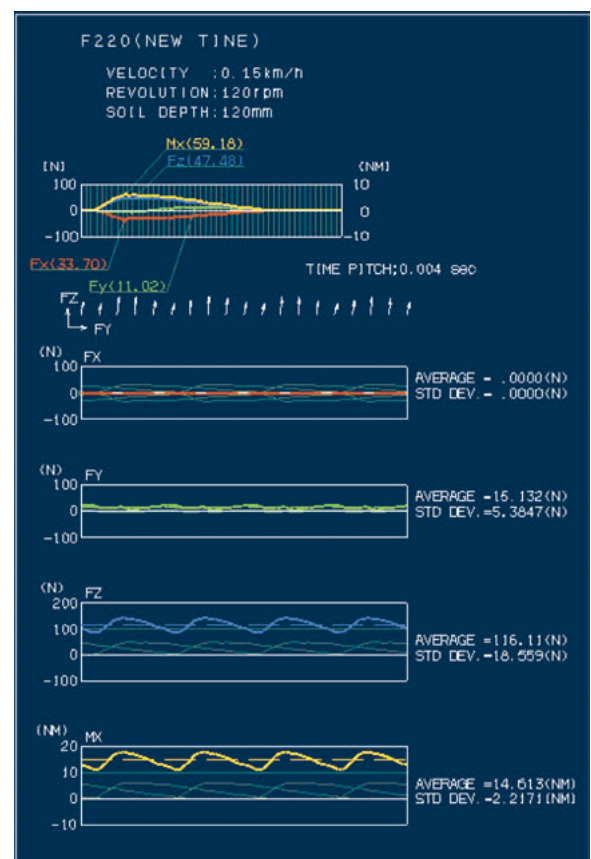


Fig. 14 Force and moment on rotor shaft of F220

5.4. 操作荷重の低減と操作性の向上

小排気量化により、始動させる際に必要なリコイル引き荷重が30%低減した。エンジン排気量とリコイル引き荷重の関係を Fig. 15 に示す。

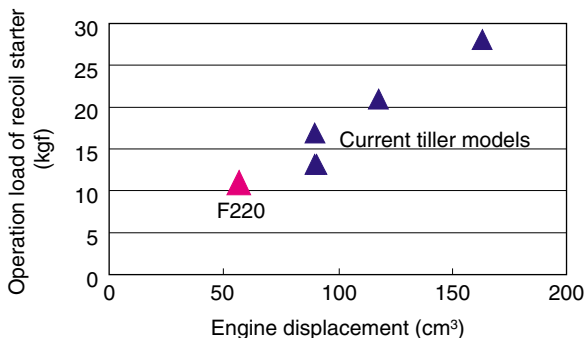


Fig. 15 Operation load of recoil starter

F210 のクラッチは作業時のロック機構を持っていたが、F220 に於いては、操作がシンプルで初心者にも使いやすいデットマンクラッチ機構を採用した。この機構は、握れば前進、離せば停止するが、クラッチレバーの操作頻度や時間がロック付きより多くなるため、低荷重で操作可能なクラッチを新たに開発した。クラッチライニング材の摩擦特性及びストローク特性を確認した結果を Fig. 16, Fig. 17 に示す。

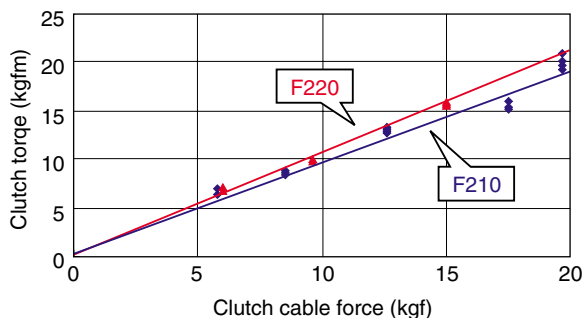


Fig. 16 Capacity of clutch

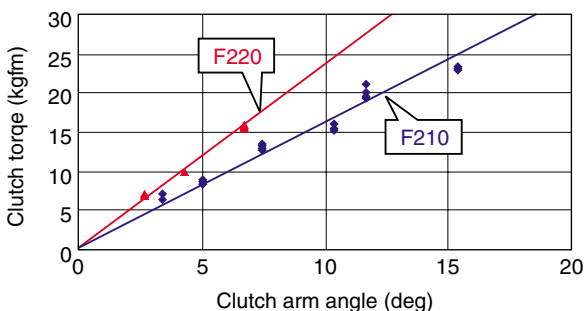


Fig. 17 Capacity of clutch (Stroke)

クラッチライニング材の材質を変更することで、摩擦特性が向上し、エンジン出力の伝達のために必要なクラッチトルクを得るためのケーブル引き荷重が低減した。またライニング材の剛性を強くすることで、ストローク特性が向上し、必要なクラッチトルクを得るためのクラッチアームの作動角が低減した。これらの効果により、F220のクラッチレバー操作荷重は、F210と同一のレバーストロークのままで20%低減することができた。この結果を Fig. 18 に示す。さらにクラッチレバーを鉄のプレス成形品から樹脂成形品に変更することで、冷たさの軽減や握り形状の改善ができた。

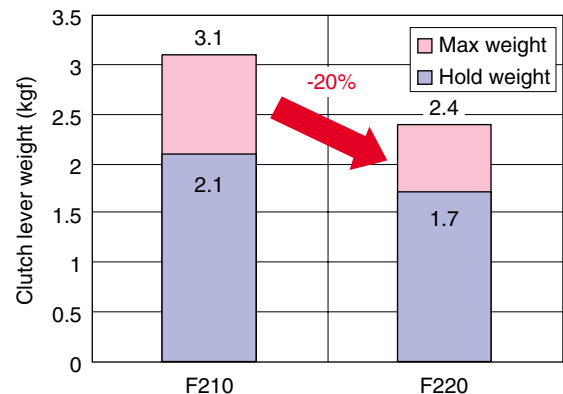


Fig. 18 Operation load of clutch lever

6. むすび

過去の経験や常識では、車体重量やエンジン排気量を小さくすれば取り扱い性は向上するものの、作業性能は低下すると考えがちであった。新形状爪のシミュレーションやさまざまなテストにより、この相反する課題も解決できると確信するに至り、あえて排気量の小さいエンジンを搭載することにした。

この非常識ともいえる決断によって、「こまめF210」の優れた作業性能を有しながらも小型軽量で取り扱い易いという特徴をさらに進化させ、また、世界的な環境意識や市場ニーズの変化に対応が可能な製品の開発につながったと考える。

「NEW こまめ F220」に込めたメッセージが世界中の一人でも多くのお客様に伝わり、喜んで使って頂けることが、開発チームの願いであり、喜びである。本開発にあたっては社内外の多くの方々から協力を頂いた。また、本編の執筆にあたっては、編集委員の方々に貴重な助言を頂いた。ここに心から感謝の意を表する。

参考文献

- (1) 増田正三ほか：Ⅲ. 4. 小型トラクタ, Ⅲ. 5. 動力
耕うん機, 新版 農業機械学, 東京, 朝倉書店, 1975,
p.78-86
- (2) 鈴木卓ほか：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)
- (3) 國領喬ほか：同軸同時正・逆転ロータリ耕うん方式の
開発, HONDA R&D Technical Review, vol.6, p.110-118
(1994)

■ 著 者 ■



永岡 政敏



小林 秀明



片桐 信近



徳田 達哉