

最新型モータグレーダ

12M3

富 永 安 生

国内におけるモータグレーダの需要の低迷と共に、熟練オペレータ不足やオペレータの高齢化などにより、誰でも簡単に操作でき、かつ安全な機械が求められている。本稿では、「環境」、「安全」、「簡単」、「ICT」をコンセプトに、環境に、オペレータに優しく、最大限にユーザの利益を確保する高性能モータグレーダ 12M3（以下「本機種」という）を開発した。その主な特長を紹介する。

キーワード：モータグレーダ、ジョイスティック、AWD、安全、情報化施工、除雪

1. はじめに

モータグレーダは、空港建設、大型土木工事、道路工事と多くの現場で稼働してきたが、建設投資の減少により、国内のモータグレーダ需要は低迷してきた。また、近年の短期間での度重なる排出ガス規制の強化に加え、国内の除雪独自の仕様や装置の開発は難しく、一時国内メーカーが撤退するまでに至った。一方、グレーダは除雪作業に必要不可欠な機械であり、早期の販売再開が望まれていた。そこで、世界的に需要の見込まれる 3.7-4.3 m 級のグレーダを 1 台で対応するモータグレーダを開発した。



写真-1 本機種

2. 最新型モータグレーダ本機種の特長

(1) 環境性能

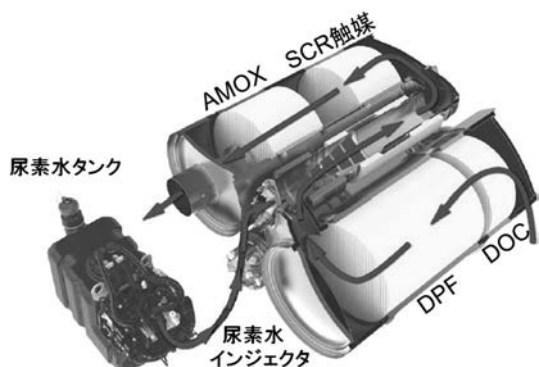
本機種は NO_x（窒素酸化物）と PM（粒子状物質）の排出量を大幅に低減し、排ガス 4 次規制（オフロード法 2014 年基準）をクリアしたディーゼルエンジンを搭載している。

(a) NO_x リダクションシステム

NO_x リダクションシステム（以下 NRS）とはエンジンから出た排気の一部を吸気側に戻し、吸気の酸素濃度を制限し、燃焼温度を低下させることで NO_x の発生を抑制するシステムである。従来、このシステムでは排気に含まれる PM によるシリンダの摩耗や硫黄酸化物の影響による腐食の懸念があったが、本システムでは燃焼効率の向上による PM の低減、低灰分エンジンオイルの使用による耐摩耗性の向上、超低硫黄ディーゼル燃料の使用等により従来考えられていた懸念を払拭している。

(b) 排出ガス後処理装置

排出ガスの後処理装置は、ディーゼル酸化触媒（以下 DOC）、ディーゼルパーティキュレートフィルタ（以下 DPF）、SCR 触媒、アンモニア酸化触媒（以下 AMOX）、尿素水タンク、尿素水インジェクタからなる尿素 SCR システムにより構成される。まず、ターボから出てきた排気の炭化水素は DOC により、酸化され無害化される。さらに、その先の DPF により、すすなどの粒子状物質が捕捉され排出ガスは清浄化される。DPF に溜まったすすは、DPF 再生装置により燃焼され除去される。この再生処理はエンジンの ECM により制御され、通常オペレータは特別な操作は要求されない。DPF を通過した排出ガス中の NO_x は、尿素水の噴射により生成されるアンモニアと SCR 触媒により無害化される。さらに AMOX により、残留しているアンモニアが無害な不活性ガスと水に分解される。尿素 SCR システムで使用される尿素水は燃料タンク脇に設置された尿素水タンクより供給される。このタンクには凍結防止用のヒータが装備さ



図一 排出ガス浄化システム

れており、さらに、エンジン停止後に尿素水配管から尿素水をタンクに戻す、パージ機能が備わっており、寒冷地での稼働においても信頼性を確保している。

(2) ジョイスティックコントロール

従来のレバー式はタコ足のような作業機レバーがステアリングハンドル回りにあり、操作が非常に複雑であるのに対して、旋回（ステアリング）、前後進切替、作業機操作を2本のジョイスティックレバーに集約した。オペレータの動きをモーションキャプチャにより計測したところ、従来のレバー式に対して、78%の動作を削減することが実証されている。

(a) 直観的な操作

ジョイスティックは、数多くの現場における実証試験とお客様の意見を反映し開発された。オペレータの直観的な操作を可能にしている。例えば、右のジョイスティックレバーを右に倒すと、ブレードを右に横送りし、左に倒すとブレードを左に横送りするといったように、ジョイスティックレバーの動きと作業機の動きが一致しており、直観的に操作することができる。モータグレダは、他の機種と比較して操作が難しく、技術を習得するまでに時間がかかるが、このジョイスティックは従来のレバー方式と比較して、簡単に習得することができ、後継者育成の課題解決に貢献できる。

(b) 優れた同時操作性

ジョイスティックは、2本のジョイスティックレバーに複数の機能を集約し、優れた同時操作性を実現している。例えば、狭隘地での作業や作業時間の短縮のため、旋回時にアーティキュレーションとリーニングを併用することがあるが、ジョイスティックレバーを右に倒しながら、右に捻り、かつレバー上部のボタンを押すという「左手」のみで操作が可能となっている。さらに同時にブレードも動かせるため、作業効率の向上が期待できる。



写真一 オペレータシート（ジョイスティック）



- | | |
|---------------------|----------------|
| 1. 左ブレード（上/下） | 1. 右ブレード（上/下） |
| 2. ステアリング | 2. ブレードサイドシフト |
| 3. アーティキュレーション | 3. ブレードチップ |
| 4. リーニング（左/右） | 4. ドローパセンターシフト |
| 5. トランスミッション（F/N/R） | 5. サークル回転 |
| 6. ギア（アップ/ダウン） | 6. エンジン回転数制御 |
| 7. アーティキュレーション | 7. デフロク |
- センター自動復帰

図二 ジョイスティックの操作方法

(c) アーティキュレーション（車体屈折）センター自動復帰

従来のレバー式では、旋回時などアーティキュレーションをした場合、手動で中立位置に戻す必要があるが、本機種では左のジョイスティックレバーにある黄色のボタンを押すだけで自動的に中立位置に戻すことが可能である。これにより、オペレータの疲労軽減や作業効率の向上が可能。

(d) オートアーティキュレーション

ジョイスティックレバーを倒し、ステアリングを切ると同時に、自動でアーティキュレーションもすることができる機能で、より少ない操作で作業することができる。この機能は「前進時のみ」、「前後進時」、「オフ」の3段階をスイッチで切り替えることができ、作業に合わせて選択することができる。

(e) ブレード反応速度設定

ブレードリフトの反応速度を、オペレータや作業に合わせて3段階で調整が可能で、作業効率を向上させる。

(3) AWD (All Wheel Drive, 6 輪駆動)

前輪に左右独立の油圧モータを装備し、軟弱地や雪道などでのスリップを抑制し、優れた牽引力を発揮することができる。また、ステアリングの操作量に応じて、左右のタイヤに最大50%の回転差を与えることにより、旋回性能が向上する。AWDは、現場や作業に応じて、「オフ(4輪駆動)」、「AWD(6輪駆動)」、「前輪駆動」の3つのモードを選択することが可能である。

(a) オフ(4輪駆動)モード

従来のグレーダと同様で、一般的な作業で使用する。

(b) AWD(6輪駆動)モード

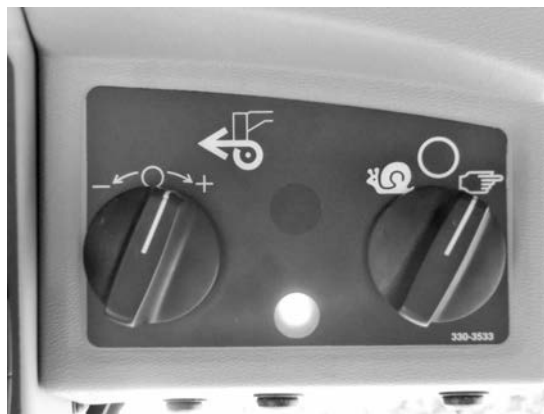
軟弱地や雪道などでのスリップを抑制し、優れた牽引力を発揮することができ、かつ旋回時には旋回半径を低減することができる。

(c) 前輪駆動モード

仕上げ作業や障害物周囲の整正作業では、超低速で作業を行うことが一般的である。前輪駆動モードでは、油圧駆動の前輪のみで駆動することができ、作業に合わせて、車速を0-8km/hという超低速域で無段階に速度調整が可能とした。そのため、超低速の仕上げ作業でも作業機操作に専念でき、初心者でも安全に作業を行うことができる。最高速度はピラーにあるスイッチで簡単に調整可能で、必要に応じてインチングペダルを踏み込むことにより、さらに減速することもできる。このモードでは、エンジン回転数は維持されるため、超低速でありながら作業機速度は速く、マンホールを避けながらの作業や仕上げ整地で有効となる。



写真一三 AWD (フロントタイヤ部分)



写真一四 AWD 設定ダイヤル (左: 速度調整, 右: モード設定)

(4) 視界性の向上

従来のキャブは、フロントガラスが大きなデザインとなっており、キャブのピラーが作業視界を妨げていた。本機種では、キャブ前方のフロアをより絞ることにより、作業視界からキャブのピラーを無くし、オペレータが作業中に確認したいブレード端部が見えるようにした。また、従来のグレーダにあったステアリングハンドルとレバーがなく、すっきりとした配置とした。



写真一五 オペレータステーション

(5) 安全性の向上

(a) 着座感知シート

シートに着座センサを装備し、オペレータが着席していない場合は、前後進やステアリング機能を無効化することにより、誤って車両を動かさない安全設計にした。

(b) リアビューカメラ

車体後部にリアビューカメラを装備し、後方の安全性を確保した。

(c) 地上補給可能な燃料タンク、尿素水タンク配置
モータグレーダは道路整備や除雪作業で使用されるため、一般の給油施設で燃料、尿素水の補給を行うこ



写真一六 地上からの尿素水補給

とが考えられ、地上から補給できることは重要である。本機種ではキャブ下にタンクを配置し、安全に補給作業ができるようにし、安全性を確保した。

(d) 速度反応式ステアリング

高速走行時はジョイスティックの操作量に対して、ステアリングの反応を鈍くすることによって、ふらつきや不安定な走行を防止し、安定した走行を可能にした。

(e) 作業機ロックスイッチ

キャブ内に作業機の油圧をロックするスイッチが装備されており、回送時に誤ってブレードなどの作業機が動くのを防いでいる。

(6) 情報化施工

国土交通省情報化施工推進戦略を背景に、GNSS 測量等の ICT 技術を利用した建設機械が土木施工で広がりつつある。本機種は、情報化施工機器の装着を前提として設計されており、信頼性、耐久性を確保している。また、情報化施工に必要な配線などを工場出荷時にあらかじめ装着し、情報化施工が必要となった場合に簡単に後付可能な情報化施工対応仕様 (ARO) を準備している。



写真一七 情報化施工 (GNSS 仕様) (写真は国内仕様とは異なります)

3. おわりに

本稿では、革新的なジョイスティックによる操作や AWD などの最新のモータグレーダについて紹介した。モータグレーダは、除雪においては、生活に欠かせない重要な機械であり、土木においては、国土交通省推進戦略によって情報化施工が推進されてきていることから、必要な機械であることは言うまでもない。今後も技術の発展により、地球にやさしく、お客様のニーズにマッチした商品の開発に尽力してゆく所存である。

JCMMA

[筆者紹介]

富永 安生 (とみなが あんせい)
キャタピラー・ジャパン(株)
商品サポート部

