

グレーダの技術動向

坂井 幸尚

国内では除雪機械というイメージの強いグレーダだが、海外の建設現場では作業機自由度の高さから汎用機械として多用されており、各社の技術競争も盛んである。

海外市場向けに導入した最新機械 GD555-5, GD655-5, GD675-5 では大幅に視界を改善した新型キャブを搭載し、パワートレインの制御改善により操作容易化と燃費向上も実現した。中心機種となる GD655-5 を例にこれら技術について解説し、グレーダの技術動向を紹介する。

キーワード：グレーダ、技術動向、6角キャブ、トルコン、自動変速、燃費

1. はじめに

グレーダは走行することで地面（時には雪）を削り、均す機械であるため、走行機能の改善や走行時の安全確保を行ってきた。

近年の車両開発では「環境」や「安全」に加え、「燃費」への要求が急速に高まっているが、この社会変化への対応も、従来の改善の延長であり、排ガス規制をはじめとする各種規制対応を順次進めてきている。

また、熟練オペレータの不足という問題に対して、グレーダの整地作業習熟をアシストするという意味で、運転操作を容易にするトランスミッションのトルコン化などを早くから継続してきた。その結果、独特の車体構成は古くから大きく変わらないものの、その走行機能については革新的な進歩をとげたものとなっている。

そこで本稿では海外向けとして発売した最新の機械を例にグレーダの技術動向を解説する。

2. 技術概要

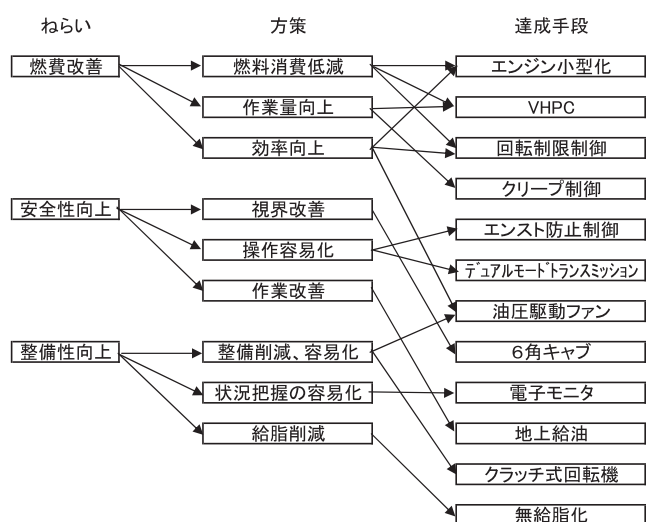
表-1 に改善技術のねらいと本稿で解説する項目を示す。

(1) エンジン

グレーダのエンジンは特殊な例を除き、機体の大きさによらず、6気筒ターボディーゼルエンジンが一般的である。

精密な仕上げ作業が要求され、その際にはローアイドル付近の低回転でも作業を行うグレーダにおいては

表-1 ねらいと達成手段



エンジンの低速トルクが重視される。近年の高圧噴射、電子制御化により低回転トルクを改善しながら、低排気量化も可能になり、低燃費化に貢献している。

表-2 に近年の同車格での排気量、出力変遷を示す。

表-2 同車格での排気量、出力変遷

機種名	排気量	定格出力 (kw)	発売年
GD605A-5	11.0 L	115	1990 年
GD655-3	8.3 L	134/149	2002 年
GD655-5	6.8 L	108/134/149/163	2009 年

① VHPC (可変出力)

エンジン出力は生産性向上と、回送時の速度向上を目的に近年上昇傾向にある。ただし、タイヤ式のためトラクション限界が低いグレーダでは、単純な出力増

加は燃費の悪化のほか、コントロール性の低下から作業性の悪化を招く。

これを解決する手段として、近年は可変馬力（以下VHPC）が一般的になっている。

90年代になって一般化したVHPCは、速度段により最高出力を切り替える機構で、メカガバナの世代ではHI・LOW2段制御であった。電子制御化により出力設定自由度が増した現在では4段の出力カーブを設定し、上側3段、下側3段をそれぞれP、Eの2モードとして設定し使用している。

これにより、通常使用するEモードでは、トラクションに見合った出力で燃費と作業性を向上し、回送性能を重視したPモードでは、高出力を生かした速度維持性能を発揮できる。

②回転数制御

グレーダの整地作業においては、低速度段でアクセル全開のまま、エンジン最高回転で走行することがよく見られた。

低負荷作業では不要な高回転でエンジンにとって、不経済な領域を使い続けることになるが、オペレータにとってはアクセルコントロールを行わずに操作ができるため、無意識に行っていると考えられる。

速度段に応じてエンジンの最高回転を制限することで、燃費効率の良い領域を使用し、速度低下分はオペレータが1段高い速度段を使用することで燃費と作業量を両立する制御を追加した。

制限は燃費改善と、自動変速への影響、最高速度の維持を勘案し、速度段別に変化する。図-1に概念図を示す。また、走行性能の低下は避けなければならないため、この機能は作業時のEモードに設定し、Pモードでは回転制限は行わない。

この機能を搭載した車両では他の改善効果も合わせ、燃費は20%向上した。

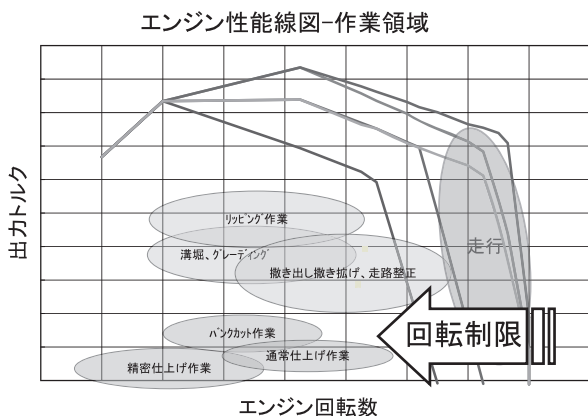


図-1 エンジン回転制限

(2) 油圧駆動ファンシステム

排ガス規制対応により、エンジンからの発熱量は増加し、クーリングユニットへの負担は増している。さらに熱帯地域での連続稼働も可能にするため、従来の熱帯地仕様相当のクーリング能力を標準車に折り込んでいるが、一方で寒冷地での暖気時間短縮や除雪作業時の暖房能力を両立するため、油圧駆動ファンを採用している。

従来のエンジン直動ファンの場合、ファン回転数はエンジン回転数に比例するが、油圧駆動では回転制御が可能のため、高温時の高負荷稼働など必要時には中高速域でファンを最高回転数に保つことができ、逆に寒冷時にはエンジン回転数にかかわらず、ファン回転数を最低回転に保つことができる。このため、寒冷時にはファンで消費する不要な馬力をカットすることができ、燃費を向上することができる。

構造上も油圧駆動化することでエンジンとの機械的な結合がなくなるため、エンジンルーム内に隔壁を設ける事ができ、ラジエータグリル開放部からの騒音発散を抑制することができる。

また、油圧ファンはスイッチ切換えによりファンを逆転することでラジエータの清掃を行うことができる。図-2に示すとおり、ファンはラジエータ後方にあり、通常は車体後方に風を吸い出すレイアウトだが、逆転により前方に向けて風を吹き付けることで、堆積したほこりを落とすことが可能になる。

従来、ラジエータ清掃はサービスホールを開いて、エアブローする必要があったが、ファン逆転を使用することで、工具を使用することなく3分程度で十分な清掃効果を得ることができるため、クーリングユニットの効率低下を防止することができる。

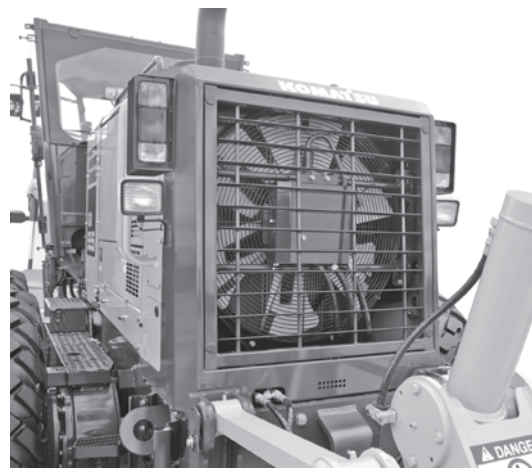


図-2 油圧駆動ファン

(3) デュアルモードトランスミッション

他建機ではオートマチックが主流であるが、グレーダではいまだにパワーシフトマニュアルトランスミッションによるダイレクトドライブが主流である。このグレーダにあって、トルコンを備え、オートマチック走行が可能な「デュアルモードトランスミッション」を展開している。

これはロックアップトルコン付多軸式パワーシフトトランスミッションに3ペダル、8ポジションのシフトレバーによるコントロール系を組み合わせたものである。

このシステムは、図一3に示すスイッチにより「マニュアルモード」と「トルコンオートモード」を任意に選択することができる。前者ではトルコンを常時ロックアップし、3ペダルのパワーシフトとして機能し、完全なダイレクトドライブで作業することができる。後者では、トルコンオートマチック車として2ペダルで運転することが可能である。トルコンオートモード時にもクラッチに相当するインチングペダルは使用することができ、半クラッチ操作による速度コントロールも可能である。このデュアルモードトランスミッションは前世代から採用され、好評を得ているが、最新機種では、表一3に示す後進時自動変速や後述するエンスト防止機能を追加し、オペレータにとってより扱いやすいものとしている。



図一3 T/M モード切替スイッチ

表一3 シフトパターン

		Position of gear shift lever											
		F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8	R-1	R-2	R-3	R-4
AUTO MODE	Gear speed	F-1	○										
	F-2		○										
	F-3			○									
	F-4				○								
	F-5					○							
	F-6						○						
	F-7							○					
	F-8								○				
MANUAL MODE		●	●	●	●	●	●	●					

● : In lockup state (torque converter is not in use)
 ○ : As the machine speed increases, torque converter state changes to lockup state.
 ◎ : In torque converter state
 | : Automatic gear shift

①クリープ制御

仕上げ作業や、障害物周囲の整正作業では、1速半クラッチを使って、極低速で作業を行うことが一般的である。このような作業は経験的に時速1 km/hで行われることが多いため、この速度を半クラッチ操作無く維持できるクリープ制御が搭載されている。マニュアルモードではオペレータの意思を重視するため、従来と同じように半クラッチ操作に委ねているが、トルコンオートモードでは作業の容易化をねらい、時速1 km/h一定で走行する制御を行う。トルコンオートモード時に前進1速、アクセルオフ、ブレーキ開放などの条件が揃うとコントローラはクリープ制御に入り、トランスミッションを制御して1 km/hを維持する。この制御中にはある程度まで、走行抵抗が増加しても、速度を維持し、逆に下り勾配等により走行抵抗が減少しても速度は維持される。アクセルを踏み込めば通常通りの加速に移行する。

この機能により、オートモードでは、極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。

②エンスト防止制御

当初のデュアルモードトランスミッションではクラッチ操作が必要なマニュアルモード時は、「完全なマニュアル」を優先したため、インチングペダルを踏まずに停止した場合や、エンジン低回転での重負荷作業時に過負荷によりエンストする心配があった。

しかし、現在の仕様では、マニュアルモード時に負荷によりエンストが予想される場合はエンスト前にトルコンモードに切り替える「エンスト防止制御」が追加され、心配は解消された。

この制御によりトルコンモードに移行した後は、

- ①安定した速度まで加速をする、または
 - ②一旦クラッチを切って再発進を行う、または
 - ③モード切替スイッチを再操作すること
- ことでマニュアルモードに復帰する。

この機能により、インチング性能を重視したマニュアルモードを初心者でも容易に使用できるようになった。

(4) 新型6角ROPSキャブ

新機種では作業視界を最大限に確保する新型6角ROPSキャブを採用した。従来からグレーダでは運転席前方の視界を最大限確保するために努力が続けているが、一般的な4角形キャブでは、その構造上前側柱(以下Aピラー)が作業機視界を横切ってしまう。そのため、構造から見直した6角形キャブを採用し、左



図-4 運転席からの作業機視界

右ドアガラスからブレードを一望する形状を実現した(図-4)。

この六角構造の実現にはフロア上の機器配置の工夫だけでなく、油圧回路の変更も必要となった。従来の構造では、床下左右に油圧コントロールバルブがあり、キャブ前面の幅がバルブ幅の制約を受けるため、大幅な形状変更ができない。そのため、新たに開発した、一体式多機能バルブをキャブ前に搭載し、フロア、キャブ形状の自由度を上げることに成功した(図-5)。

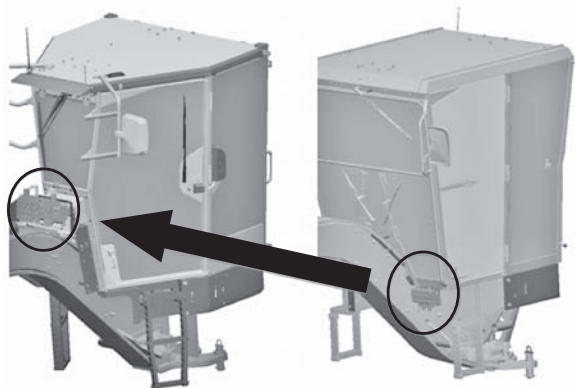


図-5 バルブ配置変更

さらにグレーダでは前傾斜が一般的なフロントウィンドを後傾斜とすることでAピラーをY字配置とし、運転席前方のリフトシリンダと視点を重ねることで、通常時の圧迫感を緩和した。このAピラー形状によりドア形状も上方に向かって幅が狭くなることになり、ドア解放時の上部張り出し量が減少した。これにより、実作業時の使い勝手の改善にも繋がっている。従来のグレーダは現在でも立って作業するオペレーターが多いが、新型のキャブではシートに着座した状態での視界確保を重視しており、室内高も着座を前提として見直している。この視界改善により、シートベルトを着用し安全に作業を行うことができる(図-6)。



図-6 新型六角ROPSキャブ形状

(5) 電子モニタ

グレーダのモニタパネルは、独特の作業機操作レバーに挟まれ、他の建機に比べて小さくまとめられている。この中で必要な情報を表示する努力をLCDディスプレイで行っている(図-7)。

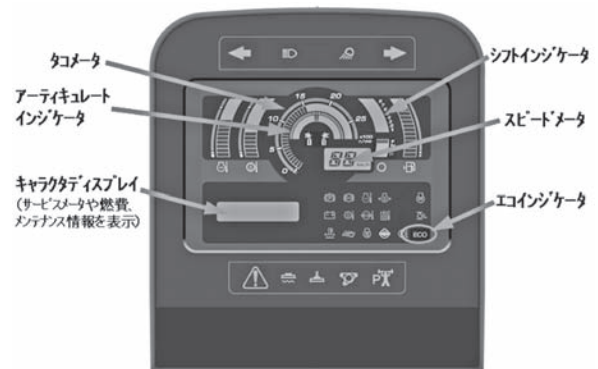


図-7 モニタパネル

確認頻度の高い、速度、エンジン回転、アーティキュレート状態を中央に配し、周囲に各種インジケータ、メータを配置している。

この機種ではエコインジケータが装備される。これはエンジン始動で点灯し、エンジン高回転使用により燃費効率が低下すると消灯する。停車時には設定が変わり、無用な空ぶかしでも消灯するので、これを目安に運転することで経済運転を行うことができる。

また、その結果はキャラクターディスプレイで、時間あたり燃費、距離あたり燃費として確認することができる。このディスプレイにはメンテナンス時期なども表示され、サービス管理を確実にしている。

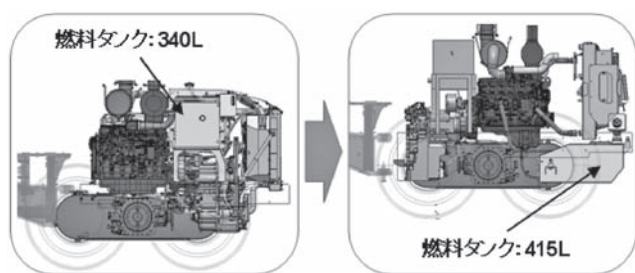
(6) 地上給油可能な燃料タンク配置

グレーダは道路整備や除雪で多用されるため、一般の給油施設で燃料給油を行うことが考えられ、地上から容易に給油できることは重要である。従来は足場を使用し、フード上面から給油を行っていたため、地上給油化により、大きく安全性が向上する。そのため、順次地上給油化を進めてきた(図一8)。



図一8 地上給油

地上給油可能とするためには、従来エンジンルーム上部の空間に収めていた燃料タンクを車体最下面に移動するために、大幅なレイアウト変更が必要となる(図一9)。GD655-5の例では、レイアウト変更と同時に燃料タンク大型化も同時に実現し、燃費向上とあわせて給油回数削減も実現している。

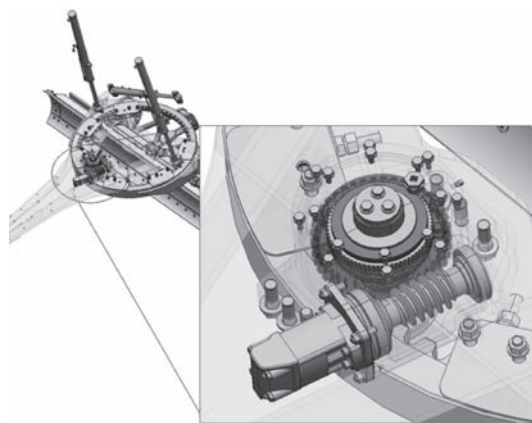


図一9 タンクレイアウト

(7) その他の整備性改善

①クラッチ式サークル回転機

グレーダブレードを水平面上で回転させるサークル回転機には、従来安全装置としてシャープピンを装備していた。シャープピンは外力による衝撃から車体やオペレータを守る確実な方法ではあるが、作業中にブレード衝突等で外力を受け、一旦ピンが折損した場合には復旧作業が必要となり、改善が望まれてきた。



図一10 クラッチ式サークル回転機

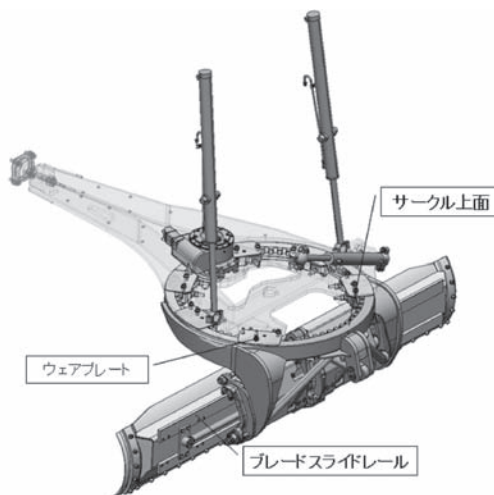
最新の機種ではシャープピンに変えて回転機クラッチを標準装備としている(図一10)。

これは回転機の軸上に多板クラッチを装着したもので、外力を受けた場合にクラッチが滑ることで、ブレードが回転して衝撃を逃がすことができ、車体の破損を防止する。シャープピンと異なり外力回避後はそのまま作業を継続できるため、シャープピンの折損を恐れず、最大能力を発揮することができる。また、復旧作業が不要のため、除雪作業時などは道路上でのシャープピン交換がなくなるため、オペレータの安全性の向上に貢献することができる。

②摺動部グリスレス化

グレーダの作業機は可動部分が多く、給脂箇所が多い。この中でも露出して触れる機会の多い摺動部分は無給脂化されている。

図一11に示すサークル上面、スライドレールは摺動部分に耐磨耗用強力合金を使用するなどして無給脂化している。この部分は露出しており、メンテナンス時などに乗ってしまうことも考えられるため、グリス



図一11 作業機摺動部

によって滑ることが防止でき、メンテナンス箇所の削減に加え安全性の向上、更には飛散グリスを削減することで環境にも配慮した。

その他の部分についても今後は給脂箇所の削減を行うことが今後の課題である。

3. 機種紹介

最後に本技術紹介に題材として取り上げた車両を図—12に紹介する。

ブレード幅:3.7m
 運転整備重量:15,495kg(標準車)
 定格出力:163kw



図—12 GD655-5

4. おわりに

本稿では環境、安全の観点から現在のグレーダの技術の一部を紹介したが、今後の技術開発は一層資源を有効活用し、より安全性を高める方向に向かっていくことは言うまでもない。

環境保全が望まれる時代にあって、地球に対して働きかける建設機械は、何より環境に配慮されていなければならないだろう。

今後も技術の発展により建設機械と地球のより良い関係が作られていくことを期待する。

JCMMA

[筆者紹介]

坂井 幸尚 (さかい ゆきひさ)
 コマツ
 開発本部 建機第二開発センター
 グレーダ開発 Gr.
 主任技師



大口徑岩盤削孔工法の積算

——平成20年度版——

■内 容

平成20年度版の構成項目は以下のとおりです。

- (1) 適用範囲
- (2) 工法の概要
- (3) アースオーガ掘削工法の標準積算
- (4) ロータリー掘削工法の標準積算
- (5) パーカッション掘削工法の標準積算
- (6) ケーシング回転掘削工法の標準積算
- (7) 建設機械等損料表
- (8) 参考資料

● A4判/約240頁(カラー写真入り)

● 定 価

非会員: 5,880円(本体5,600円)

会 員: 5,000円(本体4,762円)

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 450円

沖縄県 340円(但し県内に限る)

● 発刊 平成20年5月

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館)

Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289 <http://www.jcmanet.or.jp>