

製品紹介

モータグレーダGD555/655/675-5の製品紹介

Introduction of New Motor Grader Models GD555/655/675-5

坂井 幸尚
Yukihisa Sakai
武本 和弘
Kazuhiro Takemoto

グレーダの中心市場となる中型クラスにおけるグローバルモデル GD555/655/675-3 型をモデルチェンジし、燃費改善と原価低減を実現したので、その技術を紹介する。

The global model GD555/655/675-5 in the medium-size class, which will be the core market for graders, has undergone a model change over the existing GD555/655/675-3 models, featuring a higher fuel efficiency and effective cost reduction. The technologies incorporated in the new global models are described.

Key Words: モータグレーダ, 六角キャブ, 視認性, デュアルモードトランスミッション, 燃料効率, KOMTRAX

1. はじめに

GD555/655 はブレード幅 12ft (3.7m), GD675 は同 14ft (4.3m)のモータグレーダで、ブレード幅で区別されることが多いグレーダでは市場の中心となる中型クラスに属する。

従来の3型はこの中型クラスで高性能が要求される北米市場を標榜し、2001年に発売された。それ以前のコマツグレーダは運転台がリアフレームに搭載されるレイアウトを取っていたが、3型からは競合機に合わせたフロントフレームマウントに変更し、同時にパワーアップや作業機可動範囲の大幅向上により、海外競合機とコマツ市場で対等に渡りあえる機械となった。あわせて最大の特徴である、良好な視界性、デュアルモードトランスミッションの使いやすさを継承しつつ、燃費、騒音といった環境面でも今日のレベルに高めた5型へのモデルチェンジを行った。

2. 開発の狙い

Tier1車から発売した3型はGD655,675ではTier3車まで展開したが、KOMTRAXへのエラーコード送信に対応できないなど、今日の技術レベルに遅れが見えてきた。また、GD555はTier2車のため、早急な排気ガス対策が必要となった。そのため、作業機基本構造などは従来機を踏襲しながらも、従来に対し原価低減による価格競争力を確保し、かつ、現在のコマツ標準となっている機能を備え、欧州市場にも対応できる規制対応を織り込んだ5型を開発することとした。主な改善項目を以下に紹介する。



図1 GD655外観

2.1 ロングホイールベース化と前回しパワートレイン

5型のディメンションの特徴は、従来比400mm増加し、クラス最長(GD655)としたロングホイールベースである。

このクラスは12ftブレードが基本だが、近年は作業効率向上のため、14ftブレード装着率が高まっている。より長いブレードを車体幅に格納する際や、バンクカットへの移行などでも扱いやすくするため、後輪位置を大幅に後退させた「懐の広い」スタイルを採用した。作業時のグレーダはブレードから横方向の力を受けるので、ロングホイールベースは直進安定性が向上する点でもメリットとなる。背反となる、最小回転半径は、アーティキュレート角を増加させることで競合機以下に抑えた。このホイールベース及び全長はリッパ付のままで低床トレー

ラ輸送できる限界である。

ホイールベースの延長により、T/Mを前回しにすることができ、従来T/Mがあったリアオーバハングに燃料タンクを移設することで燃料が地上から給油できるようになった。

従来、仕向け地によっては、フード上部の燃料タンクに地上から給油するための電動ポンプシステムを装着することもあったため、待望のレイアウトとなった。

T/Mはトルコン付前進8速、後進4速の基本構成は従来と同じく、パワートレインを前方回しに変更するにあたり、バルブを後面から上面に移設しメンテナンス性を確保した。

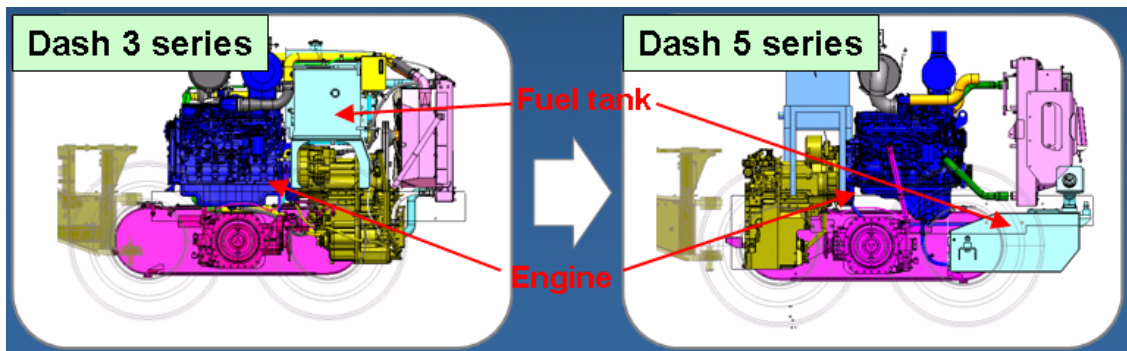


図2 パワートレインレイアウト



図3 燃料給油方法の改善

2.2 SAA6D107 Tier3エンジン

(1) パワートレイン共通化

従来、GD655、GD675 は共通の車体で、搭載される SAA6D114E エンジンには既に Tier3 であったが、最大出力を増加させながら SAA6D107E エンジンに小排気量化した(図4)。逆に、GD555 は従来の Tier2 SAA6D102E エンジンを Tier3 化と競合機の大幅出力向上に対抗するため SAA6D107E とした。この結果、5 型では3機種が同じパワートレインとなり、リアフレーム側の機種間差はエンジンコントローラによるチューニングの違いだけとすることができ、共通化率を高めることができた。

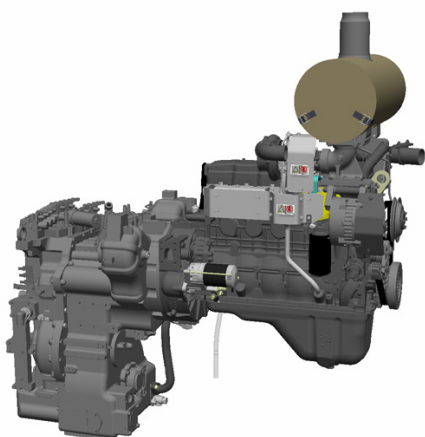


図4 パワーユニット

(2) 3段VHPC

従来2段であった VHPC (可変馬力) を低速、中速、高速の3段とし、さらに馬力重視の P モード、燃費重視の E

モードを設定することで、2モード3段 VHPC とした(表1)。

E モードの低速は余剰馬力を抑えて作業時のコントロール性と燃費を向上させるため、従来機より最高出力を抑えた。逆に P モードの高速は回送移動時の速度維持性能向上のため従来機よりパワーアップしている。

(3) 回転制御機能

燃費重視の E モードでは、高い速度段へ変速を促すために、使用速度段に応じてエンジン最高回転数を 75%、85%に制限する機能を追加した。

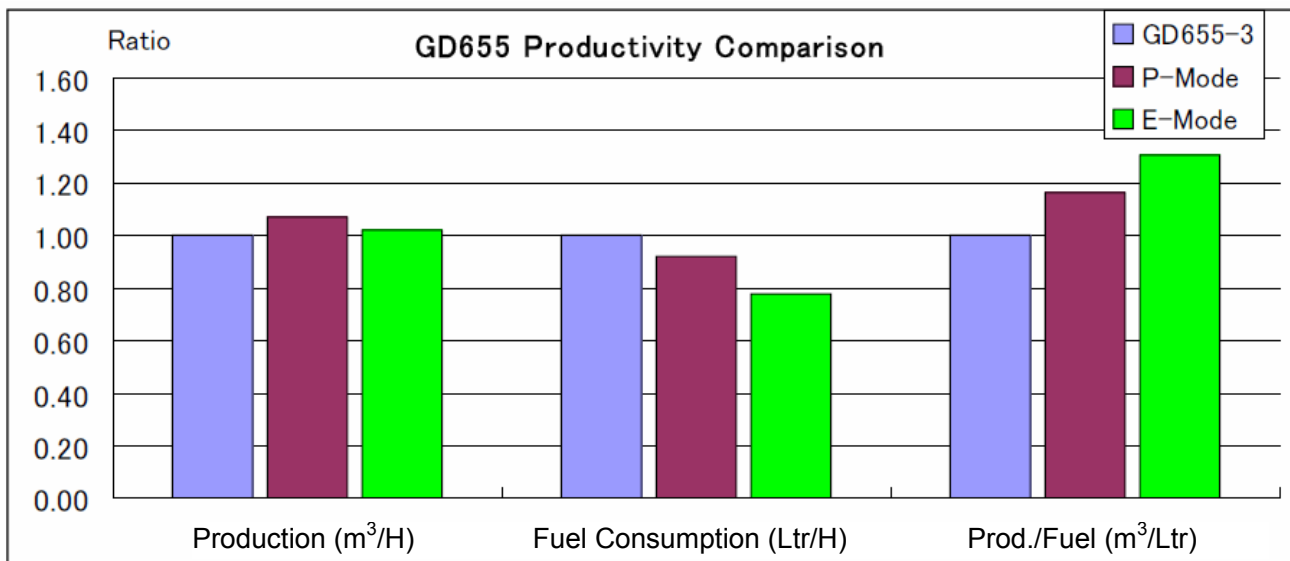
グレーダ特有の低負荷、F1、F2 といった速度段、かつエンジン高回転での作業では、VHPC による馬力設定差だけでは燃費低減効果が出せない。そのため、使用回転域を下げる意図で設定した。これは、従来に対し、排気量、出力とも増加した GD555 で従来並の作業量では、燃費も従来並とするための燃費低減プロジェクトとして考案された。例えば、1 速ではアクセル開度 75%までは通常と同じだが、それ以上のアクセル開度でも 75%を維持する。この制限率の検討にあたっては違和感がなく燃費向上効果の高い制限率を実車作業試験で確認した。

また、速度段ごとに制限率を変えることで、作業時の大幅な燃費低減を違和感や最高速度低下なく実現する事ができた。エンジン以外の車体改善も含め、大幅な馬力アップを図った GD555 でも従来以上の燃費で作業可能となり、GD655 では作業時燃費では 20%の改善が実現できた(表2)。

表1 新旧出力表

GD655-5				GD655-3E0		
	P		E			kw(HP)
	AUTO	MANU.	AUTO	MANU.	AUTO	MANU.
F1	134 (180)	134 (180)	108 (145)	108 (145)	134 (180)	134 (180)
F2					149 (200)	149 (200)
F3						
F4						
F5						
F6	149 (200)	149 (200)	134 (180)	134 (180)		
F7	163 (218)	163 (218)	149 (200)	149 (200)		
F8						
R1	134 (180)	134 (180)	108 (145)	108 (145)	134 (180)	134 (180)
R2					149 (200)	149 (200)
R3						
R4						

表2 燃費作業量比



3. 油圧駆動クーリングファン

冷却効率向上と EU 騒音規制対応を目的に、油圧駆動可変ファンを採用した。

システムは WA 小型で実績のある固定ポンプ+フロコン式をコスト面から採用し、これをサイズアップしたものとした。ファンモータには回転センサを内蔵し、モニタから回転数確認や、調整ができるようにした。

開発時は自動逆転採用を前提に試験を行っているが、砂塵地対応のため最終的にはスイッチによる手動逆転のみとした。かつ逆転切り替え操作は停止時のみしか受け付けない仕様としている。ファン逆転機能に加え、清掃用サービスホールをフード上面から側面に移すなど、サービス性を改善した。

また、3型のクーリングシステムは、豪州向けに大容量仕様を用意していたが、5型では大容量仕様と同基準を STD とした。

グレーダのクーリングユニット応力試験では、除雪を想定し、チェーン装着にて高速走行を行うが、高応力部の対策にあたっては従来の解析手法では改善水準の精度の高い予測ができなかったが、フレーム上の加速度を元に、振動解析を組み合わせる解析する手法を開発し、試験回数の削減に貢献した。

4. 作業機

従来から定評のある作業機の構造はそのままに、最も土砂に曝されやすいブレードシフトシリンダへの土砂よけカバー追加、ダストシール改善により、信頼性を向上した。

ブレードは仕向地により、幅、板厚、材質、円弧半径の違いから6種類が用意される。

このうち北米向けのブレードは、従来サイドエッジ取り付け部も含め、ハイカーボンスチールをプレスして製作していた。このプレス工程が国内で対応できないため、北米向けのみブレードを現地調達とし、栗津工場からはブレードレス出荷していた。5型では品質向上とコスト削減を目的に国内製造できるようにするため、サイドエッジ取付け部分を別体溶接構造に変更した。これにより、完成状態で出荷できるので、標準装備となったクラッチ式サークル回転機の出荷検査も行えるようになり、より安定した品質が期待できることとなった。

なお、前述したパワートレイン共通化により、5型では GD555 と GD655,675 の違いはフロントフレーム側のみで作り出すこととなった。14ft ブレードの使い勝手を重視しクラス最長のホイールベースとした GD655/675 に対し、12ft を重視した GD555 ではドローバとフロントフレームが短い。

5. 視界改善のための6角ROPSキャブ

従来から視界性は定評があったが、更なる改善に挑んだ。四角形キャブではAピラーやフロア前角部により、運転席前のブレード周囲視界改善にも限度があるため、構造変更による視界改善を行った。

2世代前までの国内市場向けコマツグレーダは6角キャブであったが、コストやバルブ場席確保から、3型移行時に市場の標準である四角キャブに統一した。しかしながら、競合が6角キャブを投入するなど、一層の視界改善が重要化してきたため、再度6角形状を採用し、新規設計することとした。

従来の6角キャブは、4角キャブとフロア構造に違いはなく、コントロールバルブはステアリングポストを挟んで左右の床下に配置していた。このため、フロア前面の幅はバルブによって制約を受けていたが、5型では可能な限り視界を確保するため、コントロールバルブをキャブ前に配置し、フロアは作業機視界最優先の形状とした。また、このフロア形状でISOに準拠したペダルスペースを確保するため、ステアリングポストを可能な限り細くした。この結果、従来ほど足を開かなくてもペダル操作が可能になり、自然なポジションで運転できるようになった。

Bピラーより後ろ側は従来比左右約100mmずつ幅広くし、居住性を改善した。

作業性に大きく影響するピラー位置の検討には、HMD (Head Mount Display) を活用し、作業時の視界を確認しながら行った。これにより特徴的なY字Aピラー、大きく後退した中間のBピラーが採用された。これらは作業時のブレード視界を大幅に改善されると同時に、通常フ

ロントウィンドが逆傾斜のグレーダにあって、正傾斜のフロントウィンドを持つ、際立ってスタイリッシュなシルエットを実現することができた。視界を重視した結果大きくなったドアによる問題の解決にはキャブ開発センタに最後まで大変な苦勞を強いることとなったが、多大な協力により量産にこぎつけることができた(図5, 図6)。



図5 新旧作業機視界比較

このキャブに、従来型のレバーを組み合わせているが、このキャブ形状から10本しかレバーが並ばない。通常の仕様での最大は10本だが、市場からは特殊アタッチメン



図6 キャブ外観

ト用の14本レバー(14系統油圧)を要求されているため、不足する4系統は別体の電磁バルブを装着することとした。この割切りがキャブ形状変更を可能にした一因である。

尚、グレーダの作業機レバーは変革期を迎えつつあり、近い将来には新たな操作形態に移行すると考えられるが、まだ各社模索段階であり、コンベンショナルな操作系に一日の長がある。

6. 独立油圧回路+多機能バルブ

油圧クーリングファン追加のため、固定ポンプが追加された。従来、1本ポンプでステアリング、ブレーキ、作業機を担っていたが、5型ではポンプが追加されたことから、作業機+ステアリング系とファン+ブレーキ系の独立回路とし、信頼性向上を図った。

メインバルブは油機開発センタの協力により、フロート機能、PCV、安全弁などを一体とした多機能バルブを新規製作した。

従来左右2個に分かれていたメインバルブに、外部PCVやフロートバルブを組み合わせていたが、一体化することにより、作業機レバーでフロート操作が可能になり、操作性が向上した。バルブは1個に統合したが、流量確保のため、左右にPポート、Tポートを持っている。

7. T/M制御

トランスミッションの制御をLXコントローラからCR710に変更したことにより、モニタへのサービス情報表示項目数が増加したほか、KOMTRAX Step2.5への対応も可能になった。

また、コントローラ変更にあたり、従来のコンプレッション解消と新機能の追加を行った。

①シャトルシフト制御

従来、停止前に進行方向と逆方向に変速操作した場合、TMを保護するため中立で惰性走行せざるを得ない領域があった。このような操作は禁止としているが、市場から違和感を指摘されることがあったことから、対策を行った。5型からシフト操作とアクセル開度と統合制御が可能になったため、従来「待ち」動作になっていた領域で強制シフトダウンと強制アクセルオフによる減速ロジ

ックを追加することで、連続的に進行方向の切り替えができるようになった。

②エンスト防止制御

デュアルモードTMの特徴がトルコンオートマチックとパワーシフトダイレクトマニュアル走行の完全両立であるが、それゆえ、ダイレクト時のエンストやローアイドリング以下の回転数で負荷がバランスして走行されることによる不具合発生を防止するため、ダイレクト時にエンジン回転数が一定回転数を下回ると一時的にトルコンモードに移行する「エンスト防止制御」を採用した(図7)。

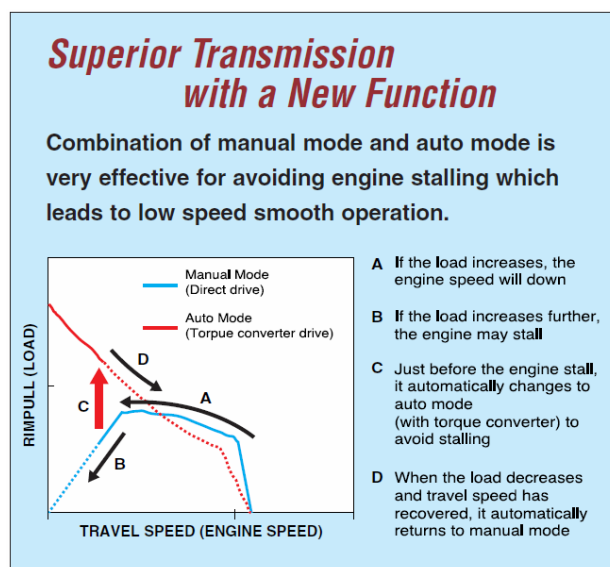


図7 エンスト防止制御概念図

この制御によるトルコン状態からダイレクトモードへは下記条件で復帰する

- ・アクセルを踏み、エンジン回転数が1000rpmを超える
 - ・インチング(クラッチペダルに相当)を踏み切った時
- この機能により、ラフな発進操作では一旦トルコンモードを介して発進することから、オペレータの技量を問わず、ショックの少ない作業が可能になった。

8. 地域別仕様

5型はグローバルマシンと位置付けているため、開発当初から EU 地域での販売を想定して作業機レバーロック（一般的にグレーダにはレバーロックは無い）など安全基準対応を折り込んでいる。

また、従来オーストラリア向けは、大容量クーリング仕様のため、外観も異なっていたが、5型では車体本体の共通化を図った。オーストラリア向けオプションとして、密封度を高めるため、換気窓を廃止したキャブやガードネット付回転灯、エアインフレーションキット（タイヤの空気を補充するために油圧駆動のエアコンプレッサ）の設定などを行っていることも5型の特徴である。

これら仕様の決定は、開発の早い段階で、グローバル評価会を行ったことで、欧米オペレータによる評価や現法の要望を開発に反映することができた。

細かい点では、5型ではデフロックスイッチを操作レバーから手を放さず操作できる位置に移設したが、これも海外要望に応えた結果である。

9. おわりに

GD555/GD655/GD675-5 は経済性にすぐれ、今日の IT 技術に対応したグレーダとすることができた。また、視界を追求した結果、グレーダのイメージを変える外観となったが、市場から好意的に受け入れられ、EU 市場の開拓に加え、従来は価格がネックとなっていた地域でも好評を得ることを期待している。

筆者紹介



Yukihiisa Sakai
坂井 幸高 1995 年、コマツ入社。
現在、開発本部建機第二開発センター
グレーダ開発グループ 主任技師。



Kazuhiro Takemoto
武本 和弘 1981 年、コマツ入社。
現在、開発本部建機第二開発センター
グレーダ開発グループ チーム長。

【筆者からのひと言】

5型は開発当初、アメリカ市場を中心として企画していたため、リーマンショックは私たちにも大変なショックであった。幸いコスト低減を重要視していたことから GA 対応に舵を切ることで、何とか発売を迎えることができた。協力をいただいた各コンポ担当者、栗津工場生産部の皆さんに感謝します。

この 5 型が旧態全とした 2 世代前、3 世代前の機械が併売されている市場にコスト改善と扱いやすさを武器にして切り込み、コマツグレーダのイメージアップを図って欲しいと思っています。

表 3 主要スペック

Model		GD555-5	GD655-5	GD675-5	
HORSEPOWER: SAE J1995: Gross	kW (HP)/rpm	146 (196)/2000	165 (221)/2100	165 (221)/2100	
	ISO9249/SAE J134 Net	144 (193)/2000	163 (218)/2100	163 (218)/2100	
OPERATING WEIGHT: Front	kg (lb)	15135 (33,370)	15495 (34,160)	15955 (35,170)	
		4140 (9,130)	4205 (9,270)	4375 (9,650)	
		10995 (24,240)	11290 (24,890)	11580 (25,530)	
PERFORMANCE: Max. reverse speed	mm (ft.in)	40.3 (25.0)	40.3 (25.0)	40.3 (25.0)	
		7300 (23' 11")	7400 (24' 3")	7400 (24' 3")	
MOLD BOARD: Length	mm (ft.in)	3710 (12' 2")	3710 (12' 2")	4320 (14' 2")	
		645 (25.4)	645 (25.4)	645 (25.4)	
		19 (0.75)	19 (0.75)	19 (0.75)	
DIMENSIONS: Overall length	mm (ft.in)	8995 (29' 6")	9205 (30' 2")	9205 (30' 2")	
		2485 (8' 2")	2485 (8' 2")	2630 (8' 8")	
		3200 (10' 6")	3200 (10' 6")	3200 (10' 6")	
		6270 (20' 7")	6480 (21' 3")	6480 (21' 3")	
		2380 (7' 10")	2580 (8' 6")	2580 (8' 6")	
		Tread: Front	2060 (6' 9")	2060 (6' 9")	2060 (6' 9")
		Rear	2060 (6' 9")	2060 (6' 9")	2060 (6' 9")
ENGINE: Model		Komatsu SAA6D107E-1	Komatsu SAA6D107E-1	Komatsu SAA6D107E-1	
		Direct injection Turbocharged Aftercooled	Direct injection Turbocharged Aftercooled	Direct injection Turbocharged Aftercooled	
No. of cylinders -	mm (in)	6 - 107 x 124	6 - 107 x 124	6 - 107 x 124	
POWER TRAIN: Torque converter or Main clutch		F8/R4 Single stage T/C with lockup clutch Powershift Countershaft	F8/R4 Single stage T/C with lockup clutch Powershift Countershaft	F8/R4 Single stage T/C with lockup clutch Powershift Countershaft	
Transmission		Countershaft	Countershaft	Countershaft	