特集≫≫　建設機械

先進大型油圧ショベルの開発

杉　村　健　二

今回の油圧ショベルの新モデル開発において，全ての面でデザインを一新し，ICT 機能を盛り込む事は勿論，多数の新しいシステムの採用を図った。また，様々な要望を抱える全てのユーザに対応できるモデルラインナップを構築し，次世代油圧ショベルとして，2 モデルの大型油圧ショベルを導入した。
キーワード：油圧ショベル，大型油圧ショベル，ICT，マシンコントロール，セミオート

1. はじめに

建設機械に対する排出ガス規制は，段階的に強化され，それに対応する形で油圧ショベルを始めとする製品の開発，モデルチェンジにより，サステナビリティを追求しつつ，ユーザニーズに応えてきた。日本国内では排出ガス規制強化は，オフロード法 2014 基準の適合により最終段階に到達した状況にあり，建設機械メーカは，排出ガス規制対応に縛られない，今まで以上に自由なコンセプトのもと製品開発できる状態にある。

また，国土交通省の i-Construction の推進や，建設施工分野における人材不足に対応する省力化の必要性等から，ICT 建設機械に対する期待が非常に高まっている。一方で，ユーザが求める製品性能は，アプリケーションやビジネススタイルによって様々であり，1 つのモデルで全てのユーザに応える事は困難であった。これらの背景を受け，油圧ショベルの新モデル開発において，全ての面でデザインを一新し，ICT 機能を盛り込む事は勿論，多数の新しいシステムの採用を図った。また，様々な要望を抱える全てのユーザに対応できるモデルラインナップを構築し，36 トンクラス（バケット容量 1.4 m^3 ～ 1.6 m^3 クラス）油圧ショベルとして，ユーザの期待を上回る Next Generation（次世代）の製品と言える 2 モデルの大型油圧ショベル（以下，本油圧ショベル）を導入した。本稿でその特長について紹介する（**写真―1**，**表―1**）。

Cat 336GC 油圧ショベル

Cat 336 油圧ショベル

写真―1　336GC_336 油圧ショベル

表―1　336GC_336 仕様

		336GC	336
エンジン	型式	C7.1 ツインターボ	C9.3 シングルターボ
	NET出力	204kW	232kW
排出ガス規制対応技術		DOC+DPF+尿素SCR	DOC+DPF+尿素SCR
標準バケット[m^3]		1.5	1.5
足回り		スタンダード	ロング
2Dマシンコントロール		-	標準装備
ペイロード計量システム			
作業範囲制限機能			
作業用途			ヘビーデューティ
		ミディアムデューティ	ミディアムデューティ
		ライトデューティ	
位置付け		燃費重視 [シンプル]	高作業性 [オールラウンダ]

2. モデルラインナップ

2 モデルのうち標準モデルは，次に示すハイテクノロジを標準で搭載したモデルで，従来モデルから大幅な作業効率向上と，優れた安全性を実現している。

・2D セミオートマシンコントロール 標準装備
・ペイロード計測システム 標準装備
・作業範囲制限機能 標準装備

また，本油圧ショベルは 9.3 L エンジン（シングルターボ）を搭載し，大型足回りを採用したハイパフォーマンスと高い安定性を期待するユーザに応える事ができるモデルである。標準バケット容量も 1.5 m^3 としている。

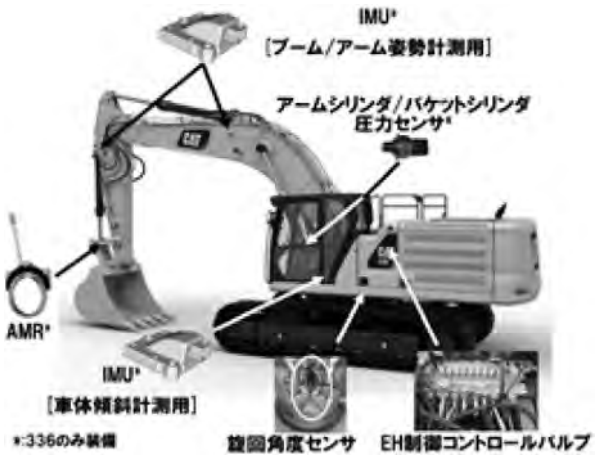
もう一つのモデルは，時間当たりコストの低減を実

現できるベーシックモデルであり，7.1 L エンジン（ツインターボ）を採用し，標準モデルに比べて生産性（エンジン出力・油圧馬力）を多少抑えつつ更なる燃費性能の向上を図り，2D マシンコントロール等のハイテクノロジの搭載を制限したベーシックモデルである。

これら 2 モデルを 36 トンクラスにラインナップする事で，多様なユーザニーズに対応している。

3. 新コンポーネント

本油圧ショベルは，新コンポーネントを多数採用しており，中でも標準モデルは ICT システム，オペレータサポート機能を支える様々なセンサを標準装備している（**写真**―2）。



写真―2 新コンポーネント

(1) Electro-Hydraulic 制御油圧システム

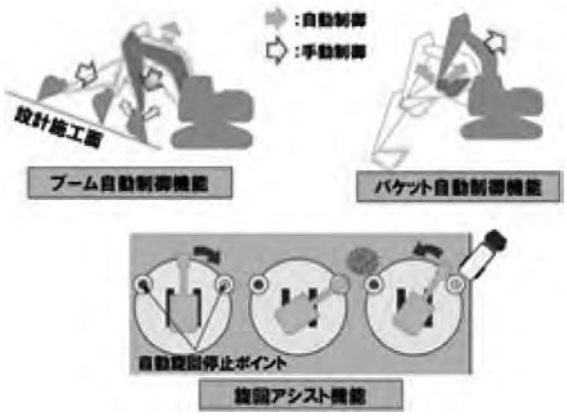
先進的な油圧システムを新たに採用している。従来の油圧パイロット方式に対し，新システムでは，操作レバーの動きを電気信号としてコントローラに入力，コントローラがコントロールバルブの各スプールのシフト量を調整する電磁比例弁を制御する方式に置き換えている。優れた操作性をもたらすと同時に，自由度の高いスプール制御が可能となり，車両の自動制御・自動停止機能の実現を可能にするシステムである。また，高効率の電子制御式メインポンプも新たに採用し，燃料消費量の低減に貢献している。

(2) フロント／車体姿勢センサ（336）

本油圧ショベルの標準モデルでは，アーム / ブームの姿勢，車体の傾斜をセンシングする為に 3 軸のジャイロと 3 方向の加速度計の機能を有する IMU（Inertial Measurement Unit: 慣性計測装置）を 3 個装備している。バケットの姿勢（角度）はアーム先端第 2 ピン部に装備されている AMR センサ（Anisotropic Magneto Resistive: 磁気センサ）でセンシングしている。上部旋回体と下部走行体の油圧ラインを接続しているスイベル部に旋回角度センサを設置し，旋回角度をセンシングしている。

4. セミオートマシンコントロール

本油圧ショベルの標準モデルでは，2D セミオートマシンコントロール（Cat グレードコントロール 2D ＋アシスト）を標準装備している。本機能を活用する事で作業効率が向上し，同じ施工でもサイクルタイムを最大 45％短縮させる事も可能である（**図**―1）。



図―1 セミオートマシンコントロール

(1) ブーム／バケット半自動制御

基準点に対して，設計施工面の深さ・勾配を車両に入力すれば，バケット刃先の設計施工面に対する距離，勾配をリアルタイムでモニタ上に示すガイダンス機能だけでなく，マシンコントロール機能を利用すると，アームの動作をマニュアルで操作するだけでブームの上下の動きが自動制御され，設計通りの深さ・勾配に掘削する事ができる。また，ブーム・アームを動かしても，バケットの対地角度を一定に保つバケットの自動制御機能も有しており，法面整形や水平均しなどバケットの底面を使って作業する場合に活用すると有効である。

(2) 旋回自動停止制御

トラック積込や溝掘削，ホッパへの投入作業等では，旋回操作を頻繁に繰り返す。この様な作業で，旋回アシスト機能を使い，旋回を停止させたいポイントを設定すると，旋回操作レバーをフルに入れても，設定して旋回角度ポイントで，旋回が自動的に停止する。一度自動停止した後は，再度旋回操作レバーを入

れると，旋回動作を継続して行えるので，トラックの停車位置に合わせて旋回停止位置の微調整が容易に行え，オペレータの負荷を軽減することが期待できる。さらに，停止前に減速するので，荷こぼれを抑止することが可能である。

(3) アップグレード対応

標準装備の 2D セミオートマシンコントロールは直線的な設計施工面を対象としているが，段付きの法面・溝の掘削を対象としたグレード 2D アドバンスドを工場出荷オプションとして用意している。このシステムにはコントローラ，10 インチタッチパネルモニタが第二モニタとして追加され，モニタ上で指をなぞる要領で段付きの法面などの施工設計図をキャブ内で作成（インフィールドデザイン），その設計図通りに，セミオートマシンコントロール機能で掘削する事ができる（**図**―2）。

図―2　インフィールドデザイン

また，3D セミオートマシンコントロールも工場出荷オプションとして用意しており，GPS/GLONASS アンテナと受信機，10 インチタッチパネルモニタが追加され，別途入手頂く無線機と併せて利用する事で，車両の位置を把握する事が可能となり 3D 設計図面通りの掘削施工の対応が可能となる。

5. ペイロード計量システム

本油圧ショベルの標準モデルは，バケット内の荷の重量を計量して，トラック積載量の管理，生産量の管理に貢献するシステムを標準装備している（**図**―3）。

(1) トラック積込時計量機能

トラック積込作業時の，ブーム持上げ旋回操作中にバケット内荷重を計量し，モニタ上にトラックへの積載量を示すと同時に，予め設定した目標積載量までに必要な積込量を示すガイダンス機能を有している。これにより，トラックへの過積載や過小積載を回避する事ができる。さらに，材料種別に管理できるマテリアル ID を設定することにより，生産量管理が容易となる。

図―3　ペイロード計量システム

(2) 静的計量機能

ブーム上げ操作だけの場合でもバケット内荷重を計量する事ができ，ホッパ投入作業時等のバケット内ペイロード把握に利用できる。

(3) オートキャリブレーション機能

システムのキャリブレーションには校正用ウェイト等の器材は不要であり，空荷でのフロント・旋回操作のみで完了できる。キャリブレーションにはブーム持上げ旋回操作が必要であるが，旋回操作だけ手動で行えば，車両がブーム持上げ操作を自動制御してくれるので，連動操作が必要なキャリブレーション作業も容易に実施できる。

6. 作業範囲制限機能

本油圧ショベルの標準モデルは，障害物や周囲作業者との接触事故を回避するのに貢献する作業範囲制限機能を標準装備している（**図**―4）。

図―4　作業範囲制限機能

(1) 作業高さ／作業深さ／半径距離制限機能

設定した作業高さ，作業深さ，半径距離にフロントが近づくと，フロントの上昇，下降，伸ばしの動きを自動停止させる。車両上部に電線や橋梁がある，地中にガス管や水道管等の埋設物がある，車両前方に壁や建物があるなど，作業範囲に制限を与えたい場合に有効な機能である。

(2) 旋回角度制限機能

設定した旋回角度に近づくと，旋回の動きを自動停止させる。停止ポイントは右旋回位置・左旋回位置の2点を個別に設定可能であり，車両側方に道路や壁があるなど，右旋回・左旋回の動作を制限したい場合に有効な機能である。

(3) キャブ干渉防止機能

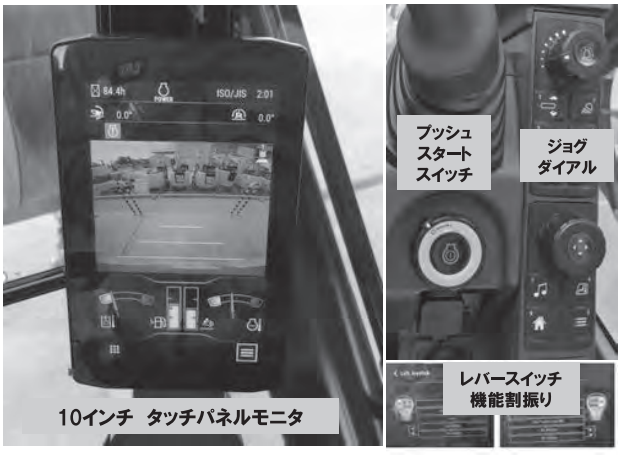
大型のバケットを装備する場合など，フロント姿勢によってはバケット刃先がキャブ構造物と干渉する作業範囲を有する場合に，バケットがキャブに接近すると，フロントの動きを自動停止させ，接触を回避させる機能である。

7. オペレーターインターフェース

様々な機能・システムを車両に付与した事から，それらの操作をより簡単に，直感的に行えるようにオペレーターインターフェースを従来モデルから一新した（**写真―3，図―5**）。

(1) タッチスクリーンモニタ

本油圧ショベルのベーシックモデルには8インチ，標準モデルには10インチタッチスクリーンモニタが標準装備されている。モニタ上に表示されるメニュー選択画面，数値入力画面，アイコン等を指でタッチして操作する事が出来る。軍手などの手袋をはめた状態でもタッチスクリーンモニタを操作可能である。モニタはタッチスクリーンで操作できるのに加え，操作レバーのすぐ近くに設置されているジョグダイアルスイッチでも操作が可能である。モニタまで手を伸ばさずとも，手元のジョグダイアルの回転動作・上下左右動作・クリック動作で直感的にモニタ操作が行える。



写真―3 オペレーターインターフェース

ポイント	改良内容
後方視界	視界性94% 向上（キャブ後方窓拡大）
前方視界	視界性6% 向上（キャブピラースリム化）
右側視界	死角低減（燃料タンク高さ低減）
左側視界	視界性7% 向上（ガラス面積拡大）
上方視界	視界性13% 向上（開口部前後長さ拡大）

図―5 オペレーター視界性

(2) 操作レバースイッチ

左右の操作レバーにはそれぞれ，スライダー式スイッチ1個とプッシュスイッチが4個装備されている。これらのスイッチにはそれぞれ20種類以上の様々な機能の割り振りが可能で，よく使う機能やオペレータの好みに応じて自由に設定でき，操作レバーから手を離さずに様々な機能を操作する事ができる。

(3) セキュリティシステム

最大50件のオペレータIDを車両に登録可能であり，エンジン始動時（プッシュスタート）にオペレータIDのパスコードを入力すると，エンジンの始動が可能となる。また，本油圧ショベルの標準モデルでは，予め登録されたキーFOBあるいは専用アプリをインストールした個人のスマートフォンを持っていれば，Bluetooth通信で認証され，このパスワード入力をスキップしてエンジンを始動する事ができる。オペレータIDにひもづいて，レバー操作方式の切替え，操作レバースイッチの機能割り振りが，車両始動時に自動的に変更される機能も有しており，一台の車両に複数人のオペレータが乗車する場合に，入れ替わり都度，設定を手動で変更する手間が省ける。

8. メンテナンス・サービス性

メンテナンス間隔の延長等でメンテナンスコストを最大 15％低減（12,000 時間稼働時）し，メンテナンス作業の更なる容易化を図る新技術を適用している。

(1) グラウンドレベルでのメンテナンス作業

作動油及び燃料フィルターの配置を集約し，グラウンドレベルから交換作業が容易なレイアウトを採用している。またエンジン冷却水の残量をグラウンドレベルから確認できるよう冷却水タンクの配置を工夫している。

(2) 油圧駆動ファン

従来のベルト駆動の冷却ファンから油圧駆動冷却ファンに置き換えており，冷却対象のラジエータ，オイルクーラ，アフタクーラの状態に応じて，ファン回転数を最適制御する。ファン騒音の低減や，寒冷期のエンジン始動時には回転数を最低化して暖機を促進させる。ファン消費馬力も低減される事から，燃料消費量の低減にも貢献している。また，リバースファン機能もオプション装備可能で，クーリングパッケージのコアに詰まったホコリや異物を，ファンの逆回転による送風で吹き飛ばす事ができる。

(3) プレクリーナー一体型エアフィルター

従来，プレクリーナーはエアフィルターとは別置きで，オプション扱いとしていたのに対し，新型のエアフィルタシステムは，標準でプレクリーナー一体構造としている事から，エアフィルタエレメントの寿命が 2 倍に拡大している。

9. 安全機能

6 章で紹介した作業範囲制限機能以外にも，安全性の向上に寄与する新技術が適用されている。

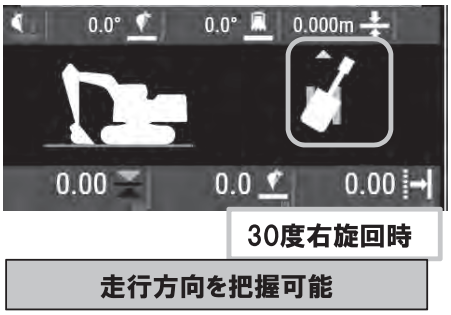
(1) オペレータ視界／ガードレール

キャブ構造を一新し，キャブ内からのオペレータ直接視界が従来機種に比べ，大幅に向上している。また，後方カメラを標準搭載しており，車両の後方視界性についても万全を期している。機体上のプラットフォーム面での安全性に配慮し，高さ 850 mm のガードレールを標準装備することにより，オペレータの機体上からの転落を防止している。

(2) 走行方向表示／電子水準器

足回りに対する上部旋回体の相対位置をリアルタイムでモニタ上にアニメーション表示できる事から，180° 旋回状態で起きやすい走行操作レバーの誤操作を回避できる（**写真**―4）。また，本油圧ショベルの標準モデルでは，IMU により，車体のピッチ・ロール状態をセンシングし，モニタ上にピッチ角度とロール角度を表示する電子水準器を採用している（**写真**―5）。

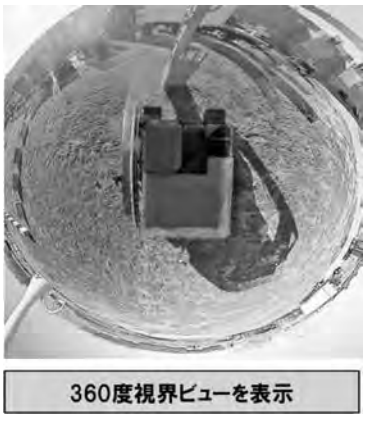
写真―4　走行方向表示



写真―5　電子水準器

(3) 360° ビューカメラシステム

本油圧ショベルの標準モデルにオプションで用意されている 360° ビューカメラシステムは，車体周囲 360° の視界を 4 つのカメラの映像を俯瞰図状にひとつの画像につなげてモニタ上に表示するものであり，一目で車体全周囲の視界を確認する事ができる（**写真**―6）。



写真―6　360° ビューカメラシステム

10. 燃費性能

本油圧ショベルの標準モデルに採用されているスマートモードを選択している時には，作業負荷をモニタリングし，軽負荷作業が継続している場合には自動的にエンジン出力・油圧馬力を低減して，燃料消費量の低減に寄与する。上述の先進的な油圧システム，エンジン回転の最適制御，油圧駆動冷却ファンの採用，そしてスマートモードの活用により，従来機に対して最大 15％の燃料消費量の低減を実現しており，お客様の燃料コスト削減に大きく貢献する。

11. おわりに

最新の 36 トンクラス油圧ショベルについて解説したが，これらのモデルは Next Generation の名にふさわしい先進性を有していると自負している。本製品があらゆる建設施工現場において，飛躍的な生産性・効率向上，コスト低減，安全な作業に貢献する事を期待している。本製品は将来的なアップデートを見越したベースデザインとなっており，今後もニーズに応えられる新技術を適用，導入し，お客様のビジネス成功に貢献する事を追求していく所存である。

JCMA

［筆者紹介］
杉村　健二（すぎむら　けんじ）
キャタピラージャパン合同会社
商品サポート部　部長