

## 26. 次世代型油圧ショベルの開発

### 情報化施工対応テクノロジーを標準搭載した SMART IRON

キャタピラー・ジャパン合同会社 ○ 白澤 博志

#### 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、当社でも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、モデルチェンジを繰り返して、サステナビリティを追求しつつユーザーズに伝えてきた。現時点、国内の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至った事から、建設機械メーカーは、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開発できる状態にあると言える。また、国土交通省の i-Construction の推進を受け、ICT 建設機械に対する期待が非常に高まっている。

この背景を受け、当社は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を採用し、ユーザーの期待を上回る Next Generation (次世代) の製品と言える 20 トンクラス油圧ショベル Cat320/323 を導入した。(図-1) これらのモデルは以下の先進機能を標準装備しており、情報化施工にも対応している。

- ・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

本論文では 320/323 に適用された ICT システムに代表される新技術について解説する。



図-1 Cat 油圧ショベル 320

#### 2. 新コンポーネント

320/323 は、様々な ICT システム、オペレーターサポート機能が搭載されており、それを可能とする

コンポーネントが標準装備されている。(図-2)

##### 2.1 IMU (Inertial Measurement Unit: 慣性計測装置)

3 軸のジャイロと 3 方向の加速度計の機能を有するセンサをアーム側面、ブーム側面とスイングフレームに設置し、アーム・ブームの姿勢及び車体の傾斜 (ピッチ・ロール) をセンシングする。

##### 2.2 AMR センサ (Anisotropic Magneto Resistive: 磁気センサ)

アーム先端第 2 ピン部に装備されており、バケットアイドラリンクの回転角度をセンシングする事で、バケットの姿勢 (角度) をセンシングする。

##### 2.3 旋回角度センサ

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設置し、上部旋回体の旋回角度をセンシングする。

##### 2.4 EH (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、セミオートマシンコントロールの実現に大きく貢献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 (最大 25% 低減) に貢献している。

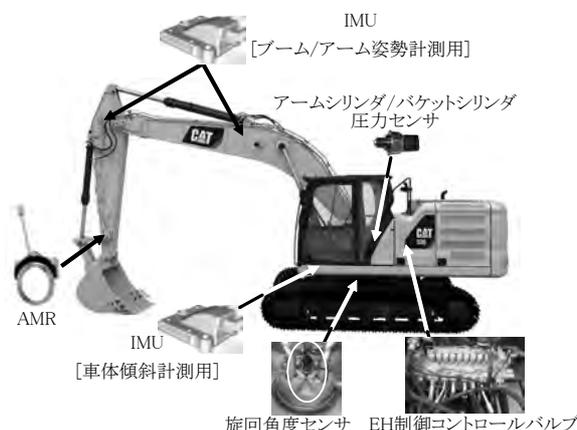


図-2 新コンポーネント

### 3. セミオートマシンコントロール

320/323は2Dセミオートマシンコントロールを標準装備している。(図-3)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45%短縮させる事も可能である。

#### 3.1 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事ができる(ガイダンス機能)だけでなく、グレードアシスト機能を利用すると、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(マシンコントロール機能)。

また、バケットアシスト機能は、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様にバケットを自動制御するもので、法面整形や水平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。

#### 3.2 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。このような作業で、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、作業効率にも優れており、オペレータの負荷を軽減する機能である。

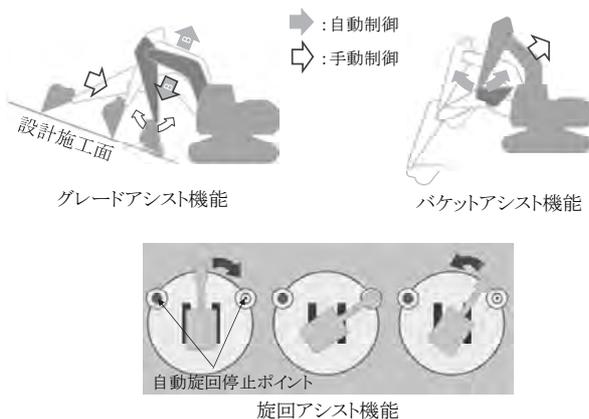


図-3 セミオートマシンコントロール機能

#### 3.3 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Catグレード2Dアドバンスド(図-4)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-4 Cat グレード 2D アドバンスドの機能

また3Dセミオートマシンコントロール(Catグレード3D)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。(図-5)

### 4. ペイロード計測システム

バケット内の荷重を計量して、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。

#### 4.1 トラック積込時計量機能

トラック積込作業時に、ブーム持ち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の残り必要なペイロード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。

#### 4.2 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。

#### 4.3 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時にはブーム持ち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、車両がブーム持ち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を容易に行える。



図-5 ペイロード計測システムのモニタ表示画面

## 5. 作業範囲制限機能

建設現場においては、稼働する油圧ショベルの周囲に障害物や作業者が存在し、接触事故を引き起す危険性が高い。320/323 は、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-6)

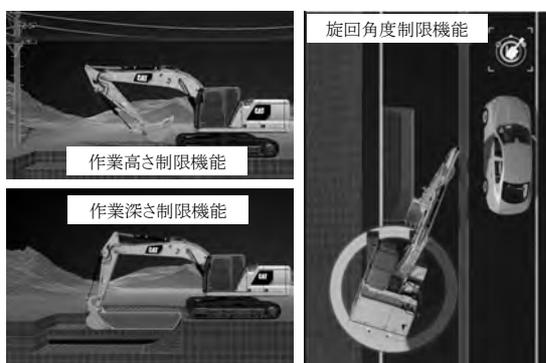


図-6 作業範囲制限機能

### 5.1 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、作業範囲の高さ方向、深さ方向、半径方向に制限を与えたい場合に有効と言える機能である。

### 5.2 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と言える機能である。

### 5.3 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、自動的に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。装備するフロント・バケットの寸法をモニタ上で入力する事で機能を利用できる。

## 6. オペレータインターフェース

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インターフェースを従来モデルから一新した。(図-7)

### 6.1 タッチスクリーンモニタ

8 インチの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。

### 6.2 ジョグダイアルスイッチ

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。

### 6.3 操作レバースイッチ

左右の操作レバーにはそれぞれ、頭頂部には親指で操作するスライダースイッチ 1 個とプッシュスイッチが 2 個、更に操作レバー前方に人差し指で操作するプッシュスイッチが 2 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、良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进行操作する事ができる。



図-7 インターフェース

### 6.4 オペレータ ID

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)にそのオペレータ ID をパスワードとして入力する事で、エンジンの始動が可能となるセキュリティシステムを標準装備している。また、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、操作レバースイッチの機能割り振りが、エンジン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有効である。

## 7. メンテナンス・サービス性

メンテナンス間隔の拡大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。

### 7.1 グランドレベルでの日常点検

全ての日常点検アイテムを、地上から実施する事ができる様に、エンジンオイルレベルゲージをエンジンルームだけでなく、車体右側ポンプ室内に第二エンジンオイルレベルゲージを新たにリモート設置している。

### 7.2 電動冷却ファン

従来のファンベルト駆動の冷却ファンを、モータ駆動の 5 個の電動冷却ファンに置き換えている。(図-8)それぞれの電動冷却ファンが、冷却対象のラジエータ、オイルクーラ、アフタクーラの温度に応じて、個々の電動冷却ファンは最適な回転数に制御される。ファン騒音の低減、過冷却の回避、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事ができる。冷却ファン駆動の為にエンジン馬力消費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標準装備されており、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為、エア吹きによるクーリングパッケージ清掃の手間が軽減できる。

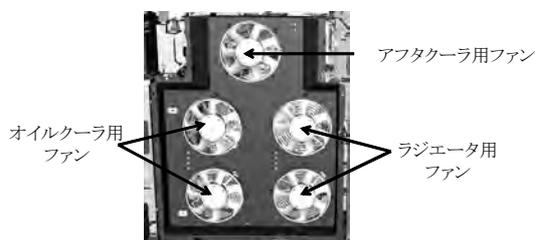


図-8 電動冷却ファン

### 7.3 プレクリーナー体型エアフィルタ

従来、プレクリーナーはエアフィルタとは別置きで、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。

## 8. 安全機能

上述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。

### 8.1 オペレータ視界/アクセスシステム

燃料タンクは、複雑な形状に成形可能な樹脂素材を採用している。柔軟なデザインが可能となった事から燃料タンクの高さを低減してオペレータの車体右側視界を向上させると同時に、燃料タンク形状を機体上面昇降用ステップも兼ねるデザインとし、車体右側センター位置から昇降する新アクセスシステムを採用している。左右にハンドレールが装備されている事もあり、確実に 3 点支持をキープできる。(図-9)



図-9 機体上面アクセスシステム

### 8.2 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。また、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。

### 8.4 360° ビューカメラシステム

カウンタウェイト部にリアビューカメラを標準装備し、後方の映像をモニタ上に表示する事で後方視界を確保している。また、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。

## 9. 最後に

最新の 20 トンクラス油圧ショベルについて解説したが、ここでは紹介しきれない他の新しい特長も多数適用されており、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。本製品が建設施工分野において、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、導入していく所存である。