

CAT COMMAND コンソールとステーション

普段づかいの遠隔操作システム

松村 秀雄

オペレータが機械に乗らずに作業できる遠隔操作は危険な現場で不可欠な仕様となっている一方で、システムの仕様が特殊なため基本的に一台ごとの特注品として発注・製作され、また現場でも建設機械本体とは別に特別なメンテナンス対応が必要など、これまではあまり一般的な製品ではなかった。

このような課題の解決を目指して Cat Command（以下、本遠隔操作システムという）は遠隔操作をより一般的な製品として多くのお客様に届けることを目的に開発された。

キーワード：遠隔施工，ICT 施工，油圧ショベル，ブルドーザ，汎用性，生産性，安全性，人材確保

1. 開発の背景

(1) 遠隔操作について

建設機械の遠隔操作は人が機械の運転席に乗って操作・作業することが危険な現場，人が立ち入ることができない現場での安全対策として使われ活躍している。これまで遠隔操作は特殊な仕様として特注で製作されていることが多いが，テクノロジーの進化による建設機械の電子制御化，データ通信の機器やサービスの普及などにより一般化されて普及が広がる状況が整いつつある。

(2) 遠隔操作の課題

建設機械を遠隔操作仕様として製作するために大きく分けて2つの方法が採用されている。1つは機械本体に専用の油圧バルブなどを追加装着して遠隔操作を可能にする方法。もう1つは運転席の操作レバーやスイッチ類をオペレータに代わって運転席で操作する装置を装着する方法がある。

遠隔操作専用のバルブを装着する方法は専用仕様として用途に応じた機能を盛り込みやすい反面，バルブなど油圧回路に改造を加える必要があるため装着に時間がかかる。

一方で容易な装着作業で普及を促進することを目的に，運転席の操作レバーなどを実際に動かすことで遠隔操作を実現する方式があり，脱着時間の短さと汎用性の高さが特長になっている。逆に汎用性を高めるため，現場特有で必要となる機能やベースマシン固有の機能を利用するのが難しい点がある。

このため，専用機として特定の現場に特化した機能を重視するか，または汎用性を重視するか，各現場での使い方に合わせて最適な方式を選択する形になる。

仕様以外の面では遠隔操作機能部分のメンテナンスをベースマシンと別に行う必要があり，現場の負担，課題の一つになっている。

(3) 本遠隔操作システムの開発

これらの課題を解消して，より多くの方が手軽に遠隔操作を利用できることを目的として本遠隔操作システムが開発された。本遠隔操作システムはベースマシンと一体で開発されているため装着が容易であること，ベースマシンの機能を最大限に活用できる点を両立させている。

この実現にベースとなる最新の建設機械の電子制御化が大きく貢献している。例えば油圧シリンダやモータを動かすための油圧バルブを動かす仕組みを，従来の油圧パイロット回路を使った方式からオペレータのレバー操作を電気信号に変換して油圧バルブを作動させる方式に変更したことで，遠隔操作専用のバルブや油圧回路を追加で設計，装着する必要がなくなっている。

次に運転席の物理的なスイッチを極力削減して設定など殆ど全ての機能を運転席のタッチモニタで操作を行うようになり，遠隔操作では運転席モニタの表示や操作をモニタの写しをそのまま利用することで，ベースマシンと同じ機能を使えるようになっている。

3つ目は車両本体のソフトウェアが毎年進化することで，ソフトウェアの更新で使用中の車両にも新しい

機能が付加されるのに合わせて、遠隔操作（特にオペレータステーションシステムの場合）のソフトウェアも進化するため、常に最新モデルと同じ機能で使い勝手や生産性の向上を図れる。

このように本遠隔操作システムはシンプルな構造でベースマシンの機能を最大限に発揮するだけでなく、常に最新の機能を利用して現場の生産性向上に貢献できるように開発されている。

以下に本遠隔操作システムについて紹介する。

2. 本遠隔操作システム製品の構成

本遠隔操作システムは大きく3つの装置郡で構成されている。1つ目は車両本体に遠隔操作機能を付加するコンポーネント、2つ目はオペレータが機械に搭乗せずに目視で操作できる距離から手元の操作装置から遠隔操作ができるコンソールシステム、3つ目は機械を直接目視できない遠く離れた事務所などに設置するバーチャルな運転席から遠隔操作ができるオペレータステーションシステムである。

(1) 車載装置

建設機械に遠隔操作機能を追加するための主なコンポーネントは、遠隔機能を実現するコンピュータユニット（ECM）とソフトウェア、周囲から機械の状況を把握できるインジケータランプ、遠隔操作モードとオペレータが乗って運転する手動操作モードを切替えるスイッチなどで構成され、さらにオペレータステーションシステムと使用する時はカメラとマイクが追加される。これらのコンポーネントは対応機種にいつでも追加装着できる。先に紹介したように対応する建設機械本体の操作が電子制御仕様になっているため、追加する装置の部品点数は少なく基本的にボルトオンで装着でき、装着工事に特別な工程もなく短時間で装着できる。

コンピュータユニット（ECM）とソフトウェアは、遠隔操作のコントローラ側（コンソールシステムやオペレータステーションシステム）との通信と機械をつなぎ、遠隔操作機能を付加する役割を担っている。

機械のエンジンフードやキャブ上に取付けられた4色のインジケータランプは遠隔操作仕様の機械の動作状況が周囲から見てわかるようになっている。例えば青色のランプは遠隔操作モードに入っていることを表示して、機械に近寄らないよう周囲の人に注意を喚起するメッセージが含まれている。赤色のランプは遠隔操作で何らかのエラーが発生して対応が必要なことを



写真1 カメラと4色のインジケータランプ

示している。緑色のランプはオペレータが運転席に乗って手動モードで動かしていることを表示している（写真1）。

機械の運転席には遠隔操作に関するものは何も装着されなく標準仕様と全く変わらないため、切替スイッチで手動操作に切替えた直後にオペレータが搭乗して通常の機械として使用が可能である。遠隔専用機にならない汎用性が確保されているため、普段は標準機、必要な時のみ遠隔操作で使用するという使い方で稼働率を高めることで資産の有効活用を図ることができる。

(2) コンソールシステム

コンソールシステムは直接目視して運転できる範囲から機械の遠隔操作ができる。オペレータが持つ操作装置（コンソール）と機械側でコンソールからの操作情報を受信するレシーバで構成される。コンソールとレシーバの間は2.4 GHz 無線通信で、レシーバとセットになった固有のIDカードをコンソールに挿入することでペアリングされ、1台のコンソールから紐づけられた特定の1台の車両を操作することができる。コンソールのIDカードを差し換えることで別のレシーバを搭載した機械へ簡単に切換えて運転ができるため、遠隔操作に対応した車両を複数台保有しておくことで必要な時に空いている車両を遠隔操作仕様として使うことができ、保有車両の汎用性と稼働率を最大に高めて資産の有効活用を図れる。肩掛けフックを使ってオペレータはコンソールの重さをほとんど感じずに長時間集中して操作することができる他、コンソールが45度以上傾くとオペレータが転倒して操作できない状態として自動的に機械が止まる安全装置も備わる（写真2）。

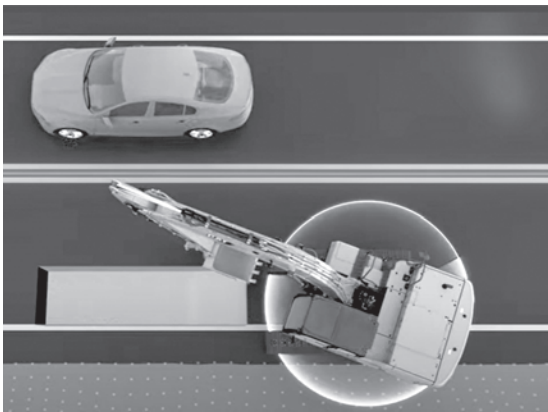
コンソールシステム（油圧ショベル用）の特長としてベースマシンが持つe-フェンスとグレードアシスト（2Dマシンコントロール）機能が利用できる。e-フェ



写真一 2 コンソールシステム



写真一 4 オペレータステーションシステム



写真一 3 e-フェンス

ンスを利用すると旋回範囲を制限して周囲の構造物との接触を防ぎ遠隔操作で通常とは異なった視界での運転での安全性を補完できる（写真一 3）。

グレードアシストを利用すると設定した床づけ深さや法面整形の傾斜角度をアーム操作だけで設定通りの面に仕上がるため、こちらも遠隔操作による感覚の不足を補って生産性と精度を確保することができる。

コンソールシステムはアタッチメント用油圧配管の操作も対応していて、ブレイカやグラップルなどのアタッチメントとの組合で幅広い用途に対応できる。

(3) オペレータステーションシステム

オペレータステーションシステムは機械を直接目視できない場所に設置したバーチャルな運転席、オペレータステーションから遠隔操作を可能にする装置で、オペレータは事務所など安全で快適な場所から遠く離れた現場の機械を操作できる。オペレータステーションはシート、ジョイスティック（レバー）、ペダルなどを備え、オペレータは車載カメラの画面と運転席のモニタの画面を見ながら実機の運転席と同じ感覚で操作できる（写真一 4）。

またオペレータステーションは油圧ショベル、ブルドーザ、ホイールローダなど複数の機種種の操作に対応

するユニバーサル仕様となっていて、油圧ショベル、ブルドーザなど遠隔操作する機械の種類ごとに複数のオペレータステーションを準備、設置する必要がなく、設置費用やスペース面での効率・効果も考慮されている。1台のオペレータステーションで最大5台の機械を切替えながら運転可能な仕様で、例えば油圧ショベルからブルドーザへと異なる機種に瞬時に切替えて運転することができる。

オペレータステーションと機械間の操作信号、モニタ画面など機械の稼働状況、機械に設置された4方向のカメラ映像などはWi-Fi通信で結ばれ、国や地域に関係なく同じ仕様と品質で使用できる。遠隔操作する現場の機械の稼働や運用に応じて適切な数と場所にアクセスポイントを設置することで複数の機械の遠隔操作だけでなく、ブルドーザやホイールローダなど行動範囲が広い機械の遠隔操作にも対応できる。

また機械に搭載されたカメラとは別に現場にカメラを設置して現場内の機械の状況を俯瞰で確認しながら運転することができる。現場カメラは現場運用に必要な機種、数を必要な場所、角度に設置して、オペレータステーションのモニタの数、分割表示、切替えなどで必要に応じて適切な画面を表示させることができる（写真一 5）。

オペレータステーションでは基本的に遠隔操作を行うベースマシンが持つ機能をほぼ全て利用できる。

油圧ショベルの場合、床づけや法面整形を楽に、早く、正確に行えるグレードアシスト（2Dマシンコン



写真一 5 モニタ組合せのバリエーション

トロール)、旋回範囲や上方、下方、前方の可動範囲を制限して接触事故を防止するe-フェンス、積込み作業などで旋回位置決めが簡単な旋回アシスト、掘削負荷で車両の浮き上がりを防止するブームアシスト、作業を止めずに積込み量を測定・記録できるパイロードの他、グレード 3D 搭載車の場合 3D マシンコントロールも遠隔操作で利用できる。

ブルドーザの場合、無駄なブレードの動きを無くしてGPSを使わずに設定した縦断勾配に仕上げるスロープアシスト、斜面でも自動的に直進を維持できるステアリングアシスト、直接目視できないブレードの負荷状況をモニターで確認できるブレード負荷モニター、ブレード負荷を感知して自動的にブレード高さを調節してシュースリップを防止するオートキャリなどが利用でき、生産性向上に貢献する。ベースマシンがグレード 3D 搭載車の場合、3D マシンコントロールや設計図の線に沿って自動的に旋回操作をコントロールするステアリングアシストも利用でき、オペレータ負荷削減と生産性向上を両立できる。

オペレータがオペレータステーションのシートから離れると作業装置、走行装置のロックが自動的に作動して操作ができなくなり、オペレータ不在の時や乗降時などに不意の操作で機械が動くことを防止する安全装置を備えている。

1台の機械でコンソールシステムとオペレータステーションシステムの両方に対応できる仕様も可能で、コンソールまたはオペレータステーション、先に機械を呼び出した方から遠隔操作できる仕組みになっている。このため現場や作業に応じてコンソール、オペレータステーション最適な方を選択して遠隔操作を行うことができる。万一オペレータステーションからの遠隔操作ができなくなった場合、コンソールを使って遠隔操作で作業を継続できる他、コンソールを使ってオペレータが乗って運転できる場所まで機械を移動させることもできる。

(4) 対応機種

現在日本では中型油圧ショベル用のコンソールシステムは販売中で、油圧ショベルとブルドーザ用のオペレータステーションシステムの発売を計画している。

3. 本遠隔操作システムの特長・効果

コンソールシステム、オペレータステーションシステムを利用することで現場で次のような効果が期待できる。

(1) 安全性の向上

オペレータが機械に搭乗することなく作業できるため、飛来物、機械の転落などの恐れがある危険な現場で運転する必要が無い他、機械への乗り降りや機械までの移動時の危険な要素も回避できるため、広い意味で災害のリスクを回避して安全に作業することができる(写真-6)。



写真-6 転落リスクがある作業での遠隔作業

またe-フェンスなどベースマシンに装備されているテクノロジーを遠隔操作でも利用することでより安全に作業を行うことができる。

(2) 生産性の向上

一般的に遠隔操作では実機に搭乗しての作業に比べてある程度生産性が低下することは避けられないが、本遠隔操作システムではグレードアシスト(2D マシンコントロール)を利用することで生産性と施工精度を機械本体のテクノロジーで確保することができ、生産性の低下を最小限に抑えるだけでなく、施工精度を確保することができる。

オペレータステーションシステムではパイロード機能を利用した積込み量管理も行え、過積載・過少積載を防止できる他、テレマティック装置 Cat Product Link を介してクラウドでのデータ管理も可能となっている(写真-7)。

また、オペレータステーションシステムでグレード 3D 搭載車を運転する場合、3D マシンコントロール機能を遠隔操作でも利用でき、成形作業、整地作業などで生産性と施工精度を高い次元で両立しながら i-Construction 工事で ICT 施工にも対応できる(写真-8)。

また最大5台の機械を切替えながら使用することができ、1台の機械から次の機械へ乗り換える移動時間がかからない。このため機械と機械の距離が遠いほど



写真一七 積み込み量の遠隔管理 (VisionLink Productivity)



写真一八 3D マシンコントロール画面

乗り換えによる時間ロスを削減して生産性を向上することができる。

(3) 疲労低減

オペレータステーションシステムは屋内の安全で暑さ、寒さ、騒音、振動、粉塵などがない快適な場所で運転できる。例えばブルドーザの後進での振動はオペレータにとって大きな負担だが、このような振動から解放されることでオペレータは長時間作業でも大きな疲労を感じずに作業できる。

(4) 人材確保への効果

オペレータステーションシステムはオペレータの働き方やオペレータ不足にも大きな効果が期待されている。オペレータステーションと機械との間の距離に制

限がないため、転勤や出張、また現場への移動、機械の運転席への乗り降りが難しいオペレータにとって遠隔で作業できる機会が実現する。また高い技能を持つオペレータが複数の現場を駆け持つことも可能になり、貴重な人材の能力を最大限に活用できる。従来実機では難しかった側についてのマンツーマンでの丁寧なトレーニングも可能になり若い人材の継続雇用など今後深刻化が懸念される人材不足への一手としても期待される (写真一9)。



写真一九 オペレータのトレーニングが可能

4. 今後に向けて

このように Cat Command は遠隔操作システムを従来の特注製品からより一般的な製品へと一段引き上げている。今後は Cat Command ステーションの発売、対応機種拡大を通して遠隔操作を必要とされる現場の安全性と生産性の両立の貢献できれば幸いである。

JCMA

【筆者紹介】

松村 秀雄 (まつむら ひでお)
キャタピラー・ジャパン (同)
販売促進部 テクノロジー担当

