

次世代油圧ショベルに対応する 遠隔操作アタッチメントの開発

山本 茂太

近年、建設機械の生産性向上を向上させるべく、2017年に新規機能を多数取り込んだ20tクラスの次世代油圧ショベル（Next Generation Hydraulic Excavator：NGH）を導入した。以来、NGHシリーズとして順次小型および大型油圧ショベルに展開している。そしてこの度、これら次世代油圧ショベルに後付けできる「遠隔操作アタッチメントキット」を開発した。双方向通信機能によって、機体が標準で装備している2Dマシンガイダンス／コントロールなど、様々な操作支援機能を遠隔で操作可能としている。本稿では、その機能や特徴について紹介する。

キーワード：遠隔操作，リモートコントロール，無人化施工

1. はじめに

2019年4月より働き方改革関連法案の一部が試行され、現在「働き方改革」は国内の企業にとって非常に重要な経営課題として認知されている。さらに今般の新型コロナウイルス感染拡大の影響によるテレワーク採用の増大など、従前の働き方が大きく見直される契機にもなった。また、建設業における就労者減少は大きな問題となっており、人材不足の解消ならびに生産性向上は喫緊の課題である。これらの課題を解決可能とするソリューションの一つとして、建設現場の遠隔化や自動化が期待されている。

現行型油圧ショベルシリーズである次世代油圧ショベルは、機体の作業機や旋回、走行といった操作が全て電子制御化しており、情報化施工に対応した2Dマシンガイダンス／コントロールや掘削重量計測、作業範囲制限といった高度なオペレータの操作支援機能を標準で装備している。本稿で紹介する次世代油圧ショベルに対応する「遠隔操作アタッチメントキット」は、これらの支援機能の内いくつかを遠隔でも使用可能としている。さらに、電気配線の改造のみで遠隔操作仕様へ改造する事が可能であり、既にフィールドで稼働している機体に対して迅速に低コストで後付け装着が出来る。

本「遠隔操作アタッチメントキット」は、従来遠隔操作建機が主に適用された災害復旧現場のみならず、様々な用途で幅広く活用できるため、前述の建設業界における課題解決に資するソリューションだと考えている。

2. 基本的な仕様

「遠隔操作アタッチメントキット」のシステム構成は、大きく分けて、オペレータが操作する「オペレータコンソール（遠隔操作器）」と、機体側のオンボード送受信機やモードインジケータライトなどを含む「車載コンポーネント」で構成されている。

(1) オペレータコンソール（遠隔操作器）

オペレータコンソールの外観（図-1）と主な仕様（表-1）は別掲の通りである。

重量は約3.5kgであり、肩掛け式のショルダハーネスを標準装備しているため、安定した姿勢で直接目視による遠隔操作が出来る（写真-1）。

バッテリーは約4時間の充電で、18時間の連続動作が可能である。

使用可能な周波数は900MHz帯と2.4GHz帯であるが、日本国内では2.4GHz帯のみ使用可能となっている。



図-1 オペレータコンソールの外観

表一 1 オペレータコンソールの主な仕様

周波数範囲	2.402~2.480 GHz	905.2~908.375 MHz
周波数管理	周波数ホッピング方式のスペクトラム拡散	自動周波数選択 (AFS, Automatic Frequency Selection)
無線電力	100 mW	16 mW
最大動作範囲	400 m (1312 ft)	400 m (1312 ft)
IP定格	65	
質量	3.5 kg (7.71 lb)	
作動温度	-20° C (-4.0° F) ~ 60° C (140.0° F)	
保管温度	-20° C (-4.0° F) ~ 45° C (113.0° F) (Li-Ion バッテリー限定)	

※ 900 MHz 帯は国内では使用不可



写真一 1 遠隔操作状況

る。出力は 100 mW で、約 400 m までの離隔距離で操作可能である。周波数ホッピング式スペクトラム拡散方式を採用しており、同時に複数台が稼働した場合の混信や通信エラーの懸念が小さい。

オペレータコンソールと機体との間の通信は双方向方式となっている。そのため、機体の各種車輛情報を取得し、コンソール上部に備わったステータスディスプレイに表示することが出来る (図一 2)。このステータスディスプレイとコンソールの操作キーにより、後述する様々な 2D マシガイダンスやマシンコントロール機能も操作設定可能となっている。



図一 2 ステータスディスプレイの主な表示内容

(2) 車載コンポーネント

機体側の車載コンポーネントは、オペレータコンソールとの通信を制御するオンボード受信機、車輛の動作を制御するリモートコントロール ECM、通信や車輛の状態を表示するモードインジケータライトと、それらを繋ぐハーネスで構成されている (図一 3)。従来、多くの遠隔操作仕様に必要だった、油圧回路の電磁バルブやホースは含まれない。



図一 3 主な車載コンポーネント

各コンポーネントの機体への装着はボルトオンで可能であり、溶接や機体に合わせた加工は不要となっている。簡潔で短時間に工事を完了出来るように設計されている。

(3) 安全装置

「遠隔操作アタッチメントキット」には各種の安全装置が装備されている。

オペレータコンソールには緊急停止スイッチが装備されている。また、オペレータコンソールが衝撃や落下、45 度以上の傾斜を検知すると操作を停止する。さらに、バッテリーの残量が少なくなった場合、段階的に警告する機能もある。

オペレータコンソールおよびオンボード受信機には RFID が装備されており、お互いに固有の ID を識別することで誤作動を防いでいる。またシステムの起動には、アクセスカードをオペレータコンソールにかざして認証する必要がある。

何らかの理由で、オペレータコンソールとオンボード受信機との間の信号が弱くなったりロストしたりした場合は、機体は停止状態となる。

この他、マニュアルオーバライド機能があり、遠隔

操作中に機体側でジョイスティックレバーが操作されると遠隔操作を停止させる。

3. シンプルなキット装着

「遠隔操作アタッチメントキット」の大きな特徴の一つに、シンプルなシステム構成が挙げられる。前述の通り、「遠隔操作アタッチメントキット」の車載コンポーネントには油圧回路が含まれていない。これは次世代油圧ショベルが、油圧回路も含めて車体全体が電子制御化されているためである。

遠隔操作仕様へ変更するための「遠隔操作アタッチメントキット」装着工事は、車載コンポーネントの機体への装着とハーネスの配線および結線のみで完了し、油圧回路の改造や大掛かりな電磁コントロールバルブなどの装着は不要である。そのため、従来と比べて装着工事に掛かるコストと工数が大幅に低減される。また、装着工事に当たっては、専用の修理工場ではなく、最寄りの工場や稼働現場での実施も可能である。

これによって、既に次世代油圧ショベルを保有しているユーザにおいては、「遠隔操作アタッチメントキット」を後付け装着するハードルが非常に低くなる。また、災害発生時には、発生箇所の近傍に所在する通常の次世代油圧ショベルへ「遠隔操作アタッチメントキット」を送り、その場で装着することで、遠隔操作仕様へ迅速に変換することが可能となる。

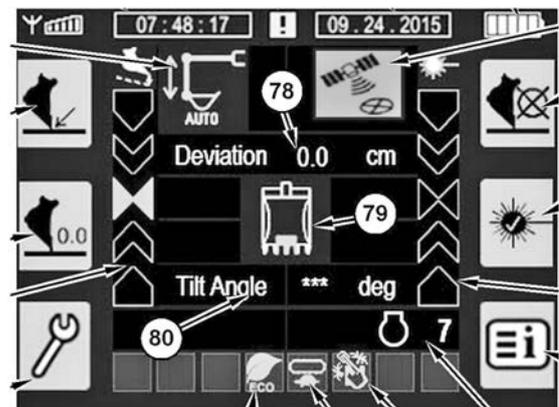
例えば、次世代油圧ショベルを複数保有するユーザでは、平時は標準仕様機として通常の工事に活用し、災害発生時には近傍の機体へ速やかにキットを装着することで、遠隔操作仕様として復旧工事へ迅速に投入することが想定できる。レンタル会社においては、平時に通常の工事に対して高価な遠隔操作専用機を運用する必要が無いため、保有資産の効率的かつ機動的な運用が可能となる。

4. 遠隔作業の生産性・安全性の向上

「遠隔操作アタッチメントキット」のベースマシンとなる次世代油圧ショベルの特徴の一つは、2Dマシンガイダンス／コントロールや掘削重量計測システム、作業範囲制限機能を標準装備し、オペレータの負担低減と作業生産性の向上を実現していることである。「遠隔操作アタッチメントキット」では、これらの機体に標準装備されている機能のいくつかを、遠隔操作においても使用可能としている。

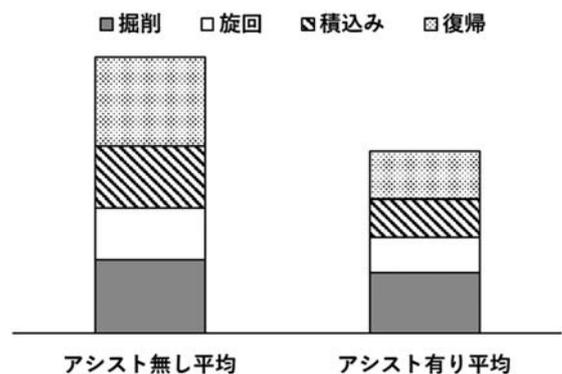
(1) 2D マシンガイダンス／コントロール

2D マシンガイダンス／コントロールの一部機能を、オペレータコンソールから遠隔で作動することが出来る。コンソール上部にあるステータスディスプレイの選択ボタンを使用して2D マシンガイダンス／コントロール画面を呼び出し、設定を行う。使用可能な設定は、高さ、高さオフセット、斜面、横断勾配である。それぞれの設定面からの離隔は、画面左右のインジケータに表示される（図—4）。また、コンソールのスイッチを用いて機能を作動させることでも、2D マシンコントロールが使用できる。



図—4 ステータスディスプレイのグレードコントロール画面例

旋回をトラックの荷台やクラッシャーなど所定の角度で自動停止させる、旋回自動停止機能（アシスト）も使用可能である。掘削積込作業における旋回自動停止機能の効果について社内テストを行ったところ、本機能を用いなかった場合と比較して、旋回動作のサイクルタイムが40%以上短縮した（図—5）。遠隔操作による掘削積込作業において、積込位置と掘削位置へ繰り返し正確に旋回停止させることは非常に難易度が高い作業である。旋回自動停止機能を用いる事で、任意の位置に自動で精度高く停止させることが出来るので、オペレータにとって作業を素早く楽に行うことが



図—5 アシスト有無によるサイクルタイム比較

できる。

従来、非常に高度な熟練を必要とした遠隔操作での様々な作業において、生産性とオペレータの作業環境を大きく改善することが出来る。

(2) 作業範囲制限機能

作業範囲制限機能は、設定した作業高さ、作業深さ、旋回角にフロントが近づくと、フロント作業装置の動きを自動停止させる機能である。これらの機能は次世代油圧ショベルに標準装備されているが、コンソールにあるステータスディスプレイより設定することで、遠隔操作においても使用出来る。

「遠隔操作アタッチメントキット」で使用出来る機能は、高さ制限、深さ制限、旋回制限の三種である。ステータスディスプレイの選択ボタンを使用して作業範囲制限機能設定画面を呼び出し、設定する機能を選択する。その後、フロント作業装置を制限設定したい位置まで移動し、「Set」ボタンを押下することで制限範囲が設定され、フロント作業装置の自動停止機能を有効化出来る。

遠隔操作においては、作業範囲の死角が大きくなり、車輻周囲の安全確保が難しくなる。障害物など作業に支障のある個所で、作業機を自動停止させることが出来る本機能によって、安全性も大きく改善することが出来る。

5. 機能の拡張性

今回紹介する次世代油圧ショベルに対応する「遠隔操作アタッチメントキット」は、オペレータが直接目視にて作業を確認出来る距離 (Line Of Sight) での遠隔操作に対応しているが、遠隔操作のラインナップである「遠隔操作アタッチメントキット」では、より長距離で直接目視に依らない遠隔操作 (Non-Line Of Sight) を行う機能や、複数台を同時に操作することが出来る機能、半自動もしくは全自動で自律運転する機能も取りそろえている。将来的には、次世代油圧ショベル対応の「遠隔操作アタッチメントキット」にも、これらの機能が対応される予定である。

(1) Non-Line Of Sight での遠隔操作

オンボードカメラや現場の俯瞰カメラの映像を見ながら遠隔操作する Non-Line Of Sight (NLOS, 直接目視外) では、オプションの Remote Operator Station (ROS) と映像を映すモニタを用いる (写真-2)。

ROS は、実機同様のシートとジョイスティックレ



写真-2 Remote Operator Station の外観

バーなどの操作入力装置で構成されている。シート正面のモニタには、オンボードカメラおよび現場俯瞰カメラの映像を映し、車輻の周囲や作業の状況を確認出来る。さらに、実機同様のメータクラスタをモニタ表示し、作業や車輻の状態も監視出来る。

実際に車輻が稼働する現場と ROS の間の通信は、インターネットや専用回線など任意の方式を使用することが出来るため、超遠距離からの遠隔操作も可能となる。2019年にドイツで開催された建機展示会 BAUMA では、会場から北米にあるブルドーザの遠隔操作を実演した。

現在、ROS は大型ブルドーザやコンパクトのオプションとして用意されており、国外の現場で導入が進められている。超大型ブルドーザでは、一つの ROS から複数台の車輻を同時に制御する「Semi-Autonomous Tractor (SAT)」も用意されている (図-6)。既にいくつかの鉱山現場で導入され、労務コストの削減と作業効率の向上に寄与している。

(2) Universal ROS による複数機種の制御

一人のオペレータが ROS を用いて、現場で稼働する複数の車輻を操作することが出来る、Universal

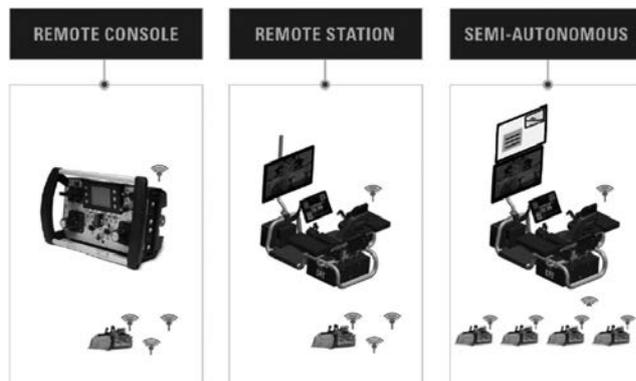


図-6 遠隔操作アタッチメントキットの拡張性

Remote Operator Station (UROS) を開発している。現場に所在する複数の車輜を、作業に応じて ROS のモニターで切り替えながら操作する (図-7)。

2020 年に米国で開催された CONEXPO にて実演を行った。数百 km 離れた場所にあるブルドーザとホイールローダをそれぞれ切り替えながら、遠隔操作した。現在、北米の複数のユーザ現場にて実証テストを行っている。

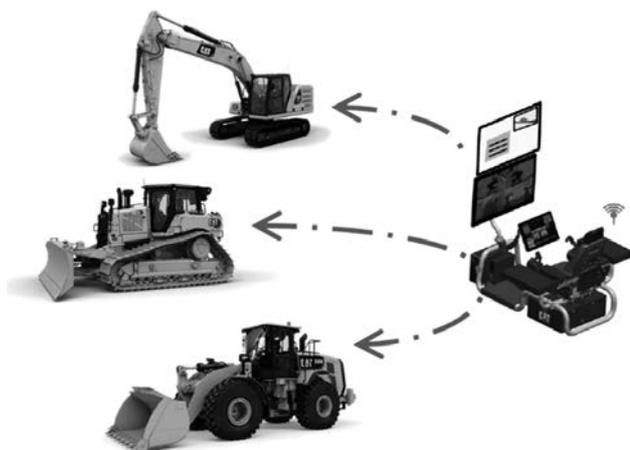


図-7 Universal Remote Operator Station

6. おわりに

本稿では次世代油圧ショベルへ搭載される遠隔操作アタッチメント「遠隔操作アタッチメントキット」に

ついて紹介した。本製品は、機体への装着も簡略化するばかりでなく、次世代油圧ショベルに標準装備されたオペレータ作業支援機能を遠隔でも使用可能とし、より多くのアプリケーションで遠隔操作を導入可能とする。また将来的に、より遠距離からの操作や、一人で複数台の車輜の制御も可能とする拡張性も有している。

建機オペレータの不足は、日本に限らず、いまや世界各国で共通の課題となっている。遠隔操作がこの課題を解消する一つのソリューションとなりうる。遠隔操作によって、安全で快適な場所から建機を操作出来ることは、業界のイメージ改善や若年層へのアピールにもなる。北米では、戦争によって肢体不自由となった帰還兵が建機を操作出来るツールとして、前述の ROS が注目を集めている。

本稿で紹介した遠隔操作アタッチメントキットラインナップを、従来、無人化施工のメインアプリケーションであった災害復旧現場のみならず、建機オペレータの苦渋作業を伴う様々な現場で導入していきたい。今後も社会要請やユーザ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。

JCMMA

【筆者紹介】
山本 茂太 (やまもと しげた)
キャタピラー 販売促進部