

タワークレーン遠隔操作システム 「TawaRemo[®]」(タワリモ) の本格導入

株式会社竹中工務店 西日本機材センター 開発グループ しみず たかのり
清水 孝則

1. はじめに

近年、建設業界で深刻になっている人手不足と高齢化の問題（図－1）は、クライミング式ジブクレーン（以下、「クレーン」という）のオペレーター（運転者）業種にも深刻な影響を及ぼしており、クレーンの調達はできても、オペレーターの調達が困難というケースが散見される。これは、クレーンオペレーターの作業環境が肉体的にも精神的にも負担が大きいことが原因である。

近年の技術進歩により高自立型のクレーンが多

く、オペレーターは毎日、旋回部に設置された運転室まで40～50mあるはしごを昇降しなくてはならない。一度昇ると作業終了まで1日中拘束され、食事やトイレも運転室で行う。休憩中も高所で1人のため、作業所内において身近に相談できる人も少なく、孤独感を感じるオペレーターも多い。

そういった背景から作業環境が厳しいイメージが先行し、クレーンオペレーターは若者や女性の就職先の選択肢から外れる傾向にある。

このような問題を解決すべく、クレーン本体に設けられた運転室からではなく、「作業所内揚重場所付近」や「作業所外の離れた場所」から、予めクレーンに設置した運転に必要な各種カメラの映像や各種計器の情報をしながら遠隔でクレーンを操作するシステム「TawaRemo」（タワリモ）を開発した。

2. 遠隔操作システム概要

(1) 概要

本システムは、クレーンを本体に設けられた運転室からではなく、離れた場所から合図者の音声とモニター画面を見ながら遠隔操作し、資材の揚重作業を可能にする遠隔操作システムである（図－2）。



図－1 クレーンオペレーターにのしかかる問題

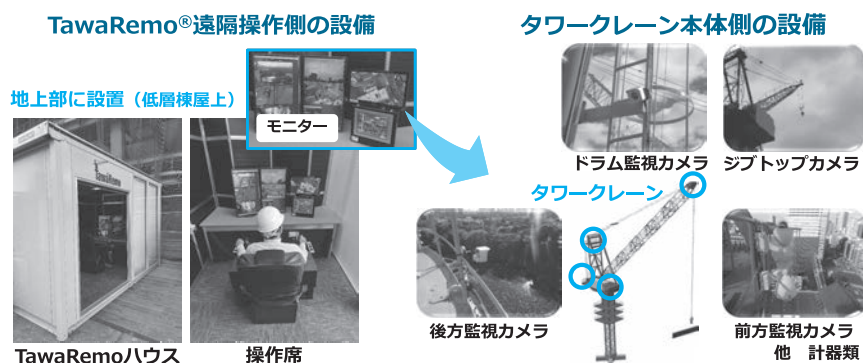


図-2 クレーン側と遠隔操作側の設備

(2) 法規の制約

開発にあたり、遠隔操作に向けた関係法規を調査し、対策を検討した上で進めている。具体的には、「クレーンの種類及び型式」、「クレーン構造規格」、「クレーン等安全規則」、「JIS B 8823-1 クレーン-操作装置-に関わる部分」及び「JCAS1002-2004 無線操作式クレーンの安全に関する指針」を精査し、労働基準監督署にも相談しながら本システムが抵触する恐れのある条文等に対して処置方法を検討し、実施した。

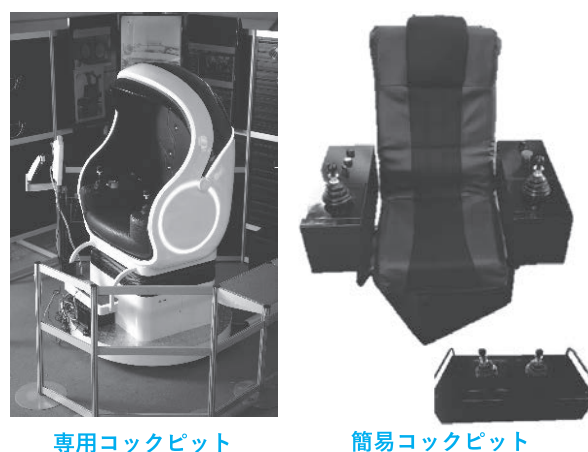


図-3 2種類のコックピット外観

(3) システムの特徴

① 実機を再現したコックピット

実際のクレーン運転席上での操作と同等にするため、コックピットの操作レバー及び操作・異常信号等の表示灯などは実機と同じものを使用している。

またコックピットは、ジャイロセンサーとシリンダーによって実際のクレーンの振動と揺れを再現した近未来的な形状の「専用コックピット」と、事務所ビルなど作業所外での設置を想定し容易に持ち運び可能な「簡易型コックピット」の2種類（図-3）を用意している。

② 操作用のモニター構成

安全に遠隔操作をするためには、実際の運転席と同様の「操作に必要な情報（揚程、荷重、旋回角等）」を得る必要がある。そのため、実機に搭載している集約計器モニター（揚程、荷重、旋回角等の情報を表示するもの）を遠隔操作側にも用

意し、各種計器情報をリアルタイムに視認できるシステムとした。

また、クレーン上には6台の監視カメラを搭載し、3台のモニターにてその映像を表示している。監視カメラとしては、前方監視カメラ、従来では見えなかった後方監視カメラ、ドラム監視カメラ（日常点検及び異常早期発見用）、及び運転席内部状況監視カメラ（音声出力可能）を設けた。

③ 通信システム

作業所環境に合わせ4G（図-4）、Wi-Fi（図-5）通信など、複数の通信手段で実施可能である。4G通信においては外部からの不正アクセスにより、さまざまな被害を受ける可能性があるため、高いセキュリティが保たれる4G閉域網ネットワークを採用した。閉域網とは、普段一般的に使われているインターネットのように誰もが利用できるオープンなネットワークではなく、インタ

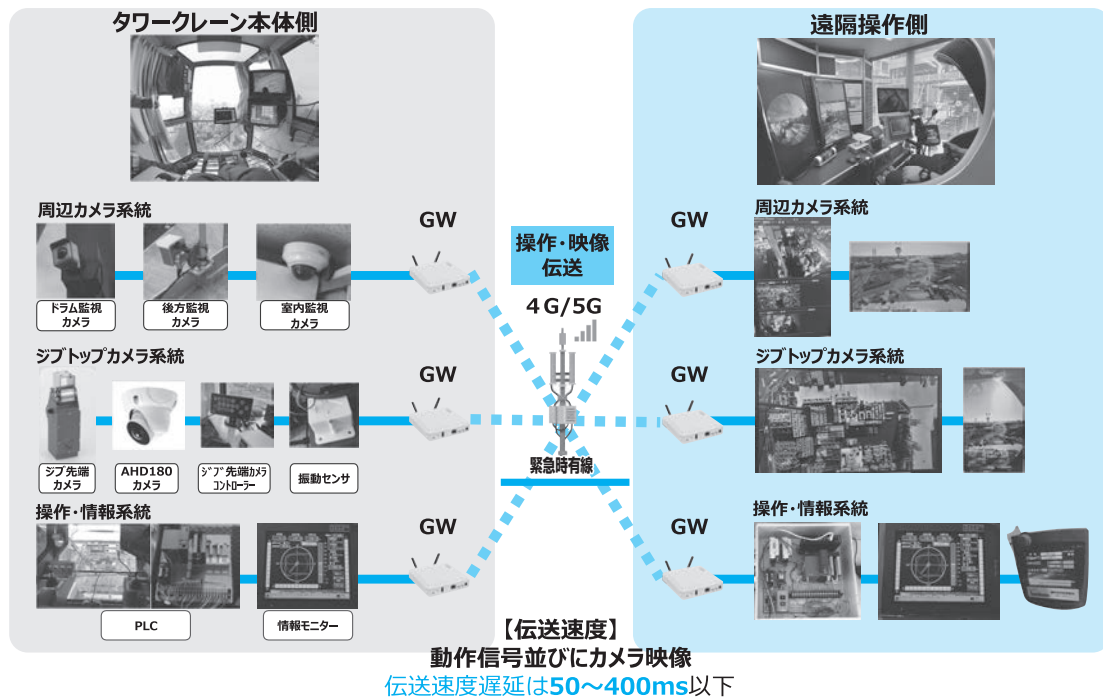


図-4 通信システムの構成 (4G/5G)

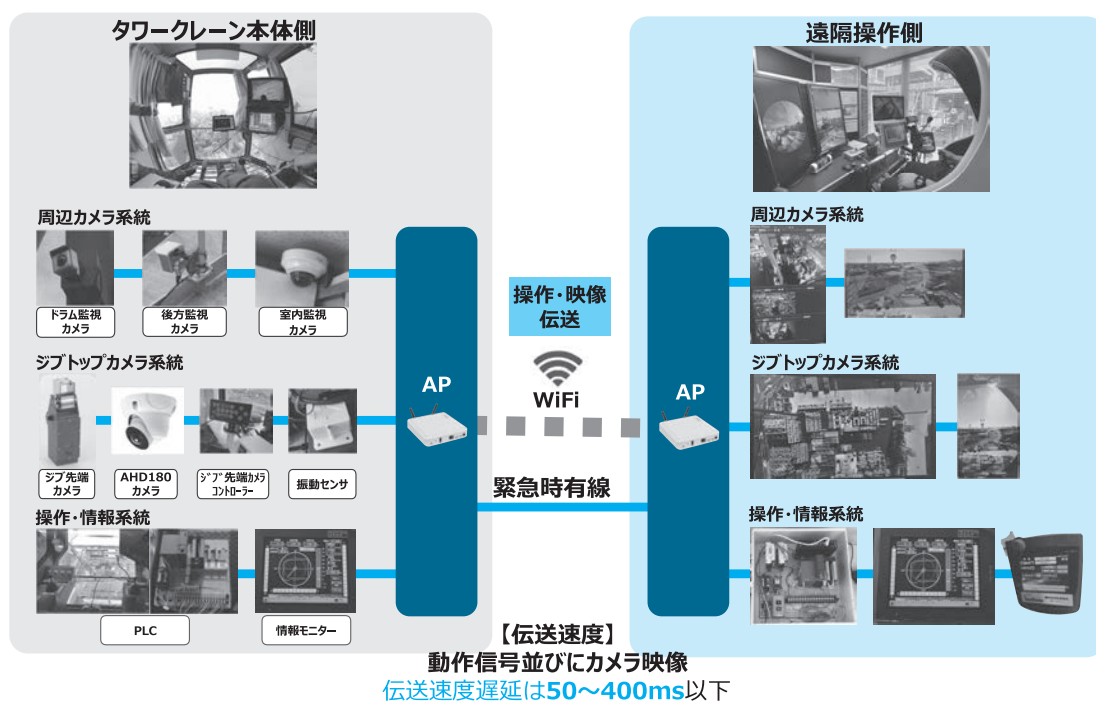


図-5 通信システムの構成 (Wi-Fi)

ーネットから分離された（インターネットから直接アクセスを受け付けない）ネットワーク環境である。

通信方式には、他の建設機械遠隔操作向けに開発された技術である「KCL」（Kanamoto Creative Line）UDP 通信を採用した。動作信号並びにカ

メラ映像の伝送速度遅延は、50 ～ 400 ms である。

④ 安全対策

遠隔操作はネットワーク通信によって構成されるため、作業中に通信経路の遮断や遅延が発生した際には、揚重災害を防止するために速やかにク

レーンを停止することが求められる。ただし、高速で動作中のクレーンが突然停止した場合、フックの位置やジブの起伏角度によっては、ジブや荷が大きく揺れて、工事中の躯体や周辺建物へ接触することが考えられる。

以上を考慮して、設定した一定の遅延が発生した場合は、速やかに停止するだけでなく、減速して安全に停止することをクレーン本体側の機能として付加している（図－6）。

3. 実現場適用について

東京都内の鹿島建設の現場に設置された700 t・mクラスのクレーン JCL700（北川鉄工所製）に、2020年11月から TawaRemo を建築工事現場として初適用し、一般仮設材の荷下ろしなどさまざまな検証作業を行った。次に、2022年9月から当社大阪市内建築現場（解体工事）において、540 t・mクラスのクレーン OTA540（小川製作所製）に本格導入した。

コックピットについては、東京の現場では「簡易型コックピット」を採用し、大阪の現場では実際のクレーンの振動と揺れを再現する「専用コックピット」を採用した。緊急時にはクレーン本体の運転席にて操作することを考慮して、コックピ

ットの設置場所は作業所内の専用ハウスとした。

通信手段としては、LAN（ローカルエリアネットワーク）接続を採用し、有線接続と無線接続の2系統を準備し、通信トラブル時には切り替えが容易にできる構成とした。

次に諸官庁への対応として、クレーンの設置届提出の1カ月前に所轄労働基準監督署へ説明を実施し、大阪労働局にも同様に説明し、共に問題がないことを確認した。2021年9月から2022年4月までの約8カ月の間、全ての作業を遠隔操作で行った事例は国内初である。

なお、TawaRemo「専用コックピット」を用いて実際に建設資材を揚重した結果、従来のクレーン頂部に設置された運転席から操作する場合と同等の作業を行えることが確認できている（写真－1, 2）。

また、高所にある運転席への昇降が不要となることで、オペレーターの作業環境が大幅に改善したとともに、運転席への昇降に要する時間（約30分）も削減され、生産性と安全性の向上にもつながっている。

さらにコックピットを作業所内に設置したことにより、オペレーターと作業員・現場監督とのコミュニケーションがとりやすくなり、良好な人間関係が築けることによって業務連携が強化され、スムーズな揚重作業を行うことができている。



図－6 操作、情報表示内容一覧



写真－1 大阪市内での導入全景



写真－2 TawaRemo® コックピット内

4. おわりに

本稿では、クレーン遠隔操作システム TawaRemo により、遠隔操作を実現するための基本システム概要から実機による遠隔操作の現場適用までを述べた。本システムは2019年1月から技術開発に着手し、日中の作業を全て遠隔で行う本格導入を実現した。

クレーン遠隔操作システムの導入により、高自立化するクレーンへ毎日昇降する負担、高所かつ揺れる環境下での作業と長時間の拘束など、オペレーターが直面してきた長年の課題を解決する選択肢となり得ることが確認できた。

今後遠隔操作システムがさらに浸透し、最終的には場所に捉われずクレーンの操作を行うことが可能となることで、クレーン作業のリモートワーク化も期待できる。また「突発的な作業」、「数回だけの短時間作業」、「緊急対応」など、スポット的な作業にもタイムリーに対応でき、効率的なオペレーターの運用が行えるようになる。

その他、多地点に設置されたコックピットと連携し、熟練オペレーター1名による多数の若手オペレーターに対する指導教育も可能となるため、「熟練を必要とする作業」ができる技能者が増えて、技術伝承や技量向上の一助となり、熟練オペレーター不足の課題を大きく改善できる。

今後の予定であるが、2022年度中に6件の現場適用を予定しており、建設RXコンソーシアム（技術の共同開発や既開発技術の相互利用を目的とした企業等の参画による任意団体）と連携して実適用の拡大を進めていく。

併せて、共同開発企業の株式会社アクティオは、自社保有のクレーンに対して本システムの順次導入を進め、株式会社カナモトは、コックピット及び通信システムのレンタル及び保守を担当し、運用を進める。今後、各業界団体とも協議しながら、遠隔操作式クレーンについて業界内に広く行き渡るよう開発を進め、既存の枠組みにとらわれない建設業の「働き方改革」によって、建設業界のさらなる生産性向上や魅力向上を目指していく。

謝辞

最後に、国内初の試みにもかかわらず、快く本システムの導入をしていただいた作業所の皆さま、慣れない中でも前向きに運転操作をしていただき、改良改善のご意見をいただきましたオペレーターの方々に誌面を借りて心から謝意を申し上げます。