

CPS活用によるダム用クレーン安全管理システムの開発

榎大林組	西脇也寸男	渡辺和哉
	正会員 ○宮入 斎	笹原大介
川上ダム JV 工事事務所		小俣光弘
独立行政法人水資源機構		徳永倫一

1. はじめに

多くのダム建設工事では資機材の運搬をクレーンで行うため、作業員の上方を吊荷が往来する環境にあり、見張り員からの注意喚起や吊り治具からの警告音で人払いをしている。しかし広範囲への一斉注意では、慣れにより吊荷直下からの退避が不十分になったり、作業員の作業効率が低下するなど課題があり、新たな注意喚起手法が求められている。一方これまでに筆者らは、サイバー空間と物理世界を融合させる「サイバーフィジカルシステム (Cyber Physical Systems : 以下 CPS)」を活用したクレーンマシンガイダンスの開発を完了しており、今回この技術を活用したダム用クレーンの安全管理システムの開発に取り組んだ。

2. クレーンマシンガイダンスの概要

クレーンマシンガイダンスは、クレーン向けに建設現場の 3 次元デジタル情報が配置されたサイバー空間と物理世界で収集されたセンサ情報とをリアルタイムに連携させることでクレーンのオペレーションを補助するものである。以下にシステムを構成する主要素を示す。

1) 3次元デジタル情報

サイバー空間を構築するために、躯体、クレーン等の 3 次元デジタル情報が必要となる。本システムでは、建設現場の BIM、建設機械の 3DCAD データ、3 次元スキャナおよびドローンから得られる点群とサーフェースモデル等を利用している。

2) センシング機能

クレーンの姿勢情報のうち、クレーンの旋回角度及びブームの起伏角度の姿勢情報は、慣性計測装置 (Inertial Measurement Unit 以下 : IMU)、またはプログラマブルコントローラ (programmable controller 以下 : PLC) にて取得している。図-1 に、タワークレーンへの IMU 取付状況を示す。本システムでは吊荷を目的地まで運搬するために必要なクレーン操作量をオペレータへ提供するために、玉掛者に GNSS 付ヘルメットを装着させ、玉掛者の位置情報から目的地を特定している。

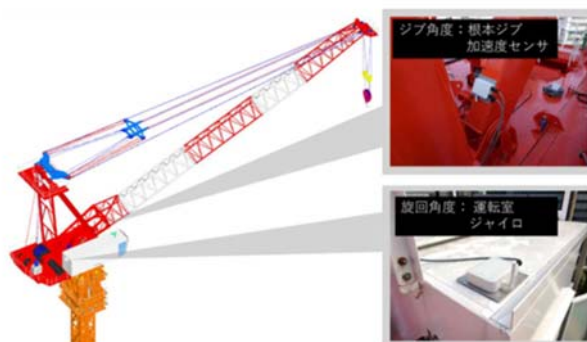


図-1 タワークレーンへの IMU 取付状況

3) 無線通信機能

複数のクレーンが稼働する場合、各クレーンの姿勢と位置の情報は、無線通信のネットワークを組むことにより、すべてのクレーン間で共有される。無線通信には 2.4GHz 帯 (ZigBee 等) または 920MHz 帯の無線モジュールを用いる。

4) 物体認識機能

近年、AI による画像認識の技術は飛躍的に向上しており、特にディープラーニングを用いた画像認識率の向上が著しい。本システムでは、AI による画像認識の技術を以下に示す用途に応用している。

キーワード 安全管理 クレーンマシンガイダンス CPS GNSS 画像認識

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 榎大林組ダム技術部 TEL 03-5769-1321

① クレーン本体の位置取得

現場を俯瞰的に撮影するカメラ映像よりクレーンを認識することで、画面上の既知の点との相対距離によって座標を取得、サイバー空間上のクレーンモデルの座標へ反映する。これは GNSS 測位の補完として用いる。

② ブーム先端カメラの映像から物体検出

ブーム先端のカメラ映像の画像認識を行うことで、構造物材、フック位置、作業員などの物体検出が可能である。これにより吊荷下への作業員の立入りや、吊荷と構造物との接触の危険をオペレータに知らせる機能も実現可能となる。図-2 に、タワークレーンのブーム先端のカメラ映像に画像認識を施した結果を示す。これは、AI に柱（図中_青色四角/ラベル：pillar）、フック（図中_赤色四角/ラベル：load）、作業員（図中_緑色四角/ラベル：people）をディープラーニングによって学習させ、物体検出を行っている。

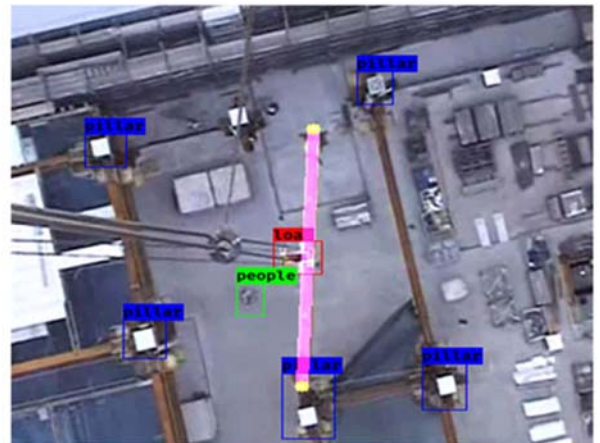


図-2 ブーム先端カメラの映像から物体検出

3. クレーンマシンガイダンスを応用したダム用クレーンの安全管理システム案

クレーンマシンガイダンスをダム用クレーンの安全管理システムに活用した構成を以下に示す。

1) 3次元デジタル情報

3次元デジタル情報のうち躯体については、コンクリートのリフトスケジュールを反映した CIM を用いる。

2) センシング機能

使用するクレーンがタワークレーンの場合は IMU または PLC で姿勢情報を取得し、ケーブルクレーンの場合はトータルステーションまたは GNSS でクレーンの位置情報を取得する。GNSS 付ヘルメットで作業員の位置情報を取得し、吊荷と作業員の位置関係を CPS 上で把握する。さらに、GNSS 付ヘルメットに警報機能を付加することで吊荷下の作業員に対してピンポイントで警報を発報する。図-3 に、ダム用クレーンの安全管理システムでの CPS イメージ画面を示す。

3) 物体認識機能

GNSS の電波受信異常時等に備え、ブーム先端のカメラ映像の画像認識機能を付加する。

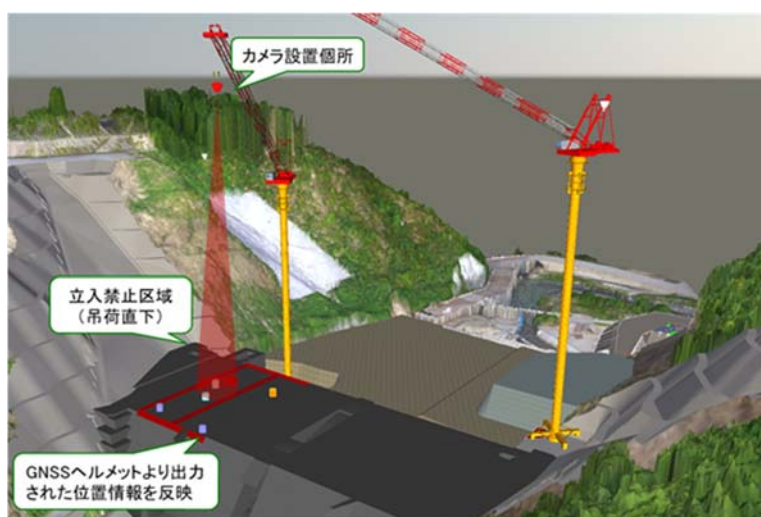


図-3 ダム用クレーンの安全管理システム(CPS イメージ画面)

4. おわりに

現在、本システムを三重県伊賀市で建設中の川上ダム（水資源機構）のタワークレーン（25t×70m）に試行のために適用している。今後は精度の検証とともに、試行による安全性および作業性の向上効果についても検証する予定である。