

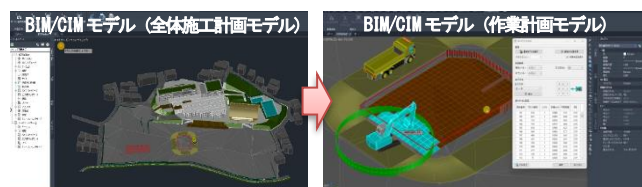
BIM/CIM を活用した土工事の自動施工『自動施工計画・管理システム』

前田建設工業株式会社 ○秋田 剛
 日立建機株式会社 井村 進也
 株式会社イクシス 山崎 文敬

1. はじめに

一人で複数台の建設機械をオペレーションでき、省人化による生産性向上を図るとともに、同一のシステムで他の建設機械および様々な現場シーンでも活用できる汎用性を持った仕組み（ROS2, BIM/CIM 等に対応したシステム）を構築することを目指し、前田建設工業株式会社、日立建機株式会社、株式会社イクシスの各社で開発中のシステム（第1図）を接続し、3社共同で複数台の自律型油圧ショベルを用いた自動施工技術の実証試験を行った。

施工を指示・管理するシステム「自動施工管理システム」に向けてシームレスにデータを送るシステムである。本システムにより、工事全体の施工計画情報（BIM/CIM モデル）から、油圧ショベルの作業内容や手順を具体化した「作業計画モデル」を自動に生成することができ、自動施工のための作業指示・管理に必要なデータ作成等の作業について効率化が図られる。



第2図 作業計画モデルの自動生成

2. システム概要

油圧ショベルによる自律運転の実証試験においては、各社で開発中の①自動施工計画システム（前田建設）、②自動施工管理システム（前田建設・イクシス）、③自律型油圧ショベル（日立建機）を使用した。各システムの概要を以下に示す。

(1) 自動施工計画システム

自動施工計画システム（第2図）は、施工計画段階のBIM/CIM モデルを基に、自動施工に必要な情報のみを自動で抽出・出力し、自律型油圧ショベルによる自動

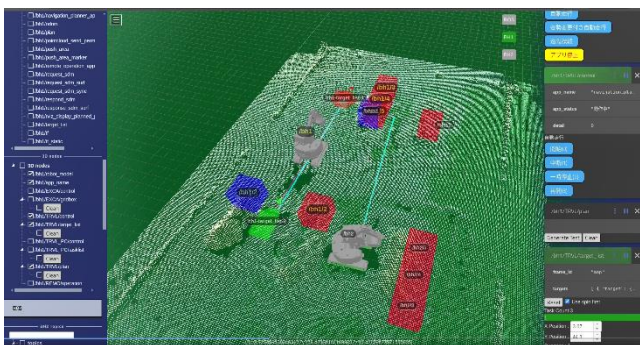
(2) 自動施工管理システム

自動施工管理システム（第3図）は、自動施工計画システムより出力された「作業計画モデル」を基に、複数の自律型油圧ショベルに対して作業を指示・管理するシステムである。なお、掘削作業の進捗状況など施工管理を円滑に行えるように、計画上の仮想空間（サイバー空間）と実現場である現実空間（フィジカル空間）とが連動するデジタルツインを採用した。



第1図 システム構成（概念図）及び各社の役割分担

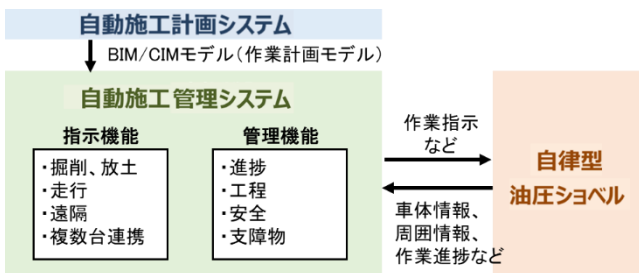
本システムにより、現場の建設機械や資機材などのオブジェクトと、掘削順序等の計画情報とが一元的かつ、リアルタイムに3次元（BIM/CIMモデルおよび点群データ）でモニタに表示され、複数台の自律型油圧ショベルへの指示や進捗等の管理を一人で円滑に行うことができる。さらに、遠隔操作機能を搭載し、現場の状況に合わせて自律運転と遠隔操作とを簡単に切り替えられるインターフェースを構築した。また、機能の拡張性を考慮し、BIM/CIMおよびROS2に対応したシステム基盤およびデータフォーマットを採用した。



第3図 自動施工管理システム

作業を指示・管理する機能として、以下を実装した。

- 1) 指示機能：掘削・放土、走行、遠隔、複数台連携
- 2) 管理機能：進捗、工程、安全、支障物

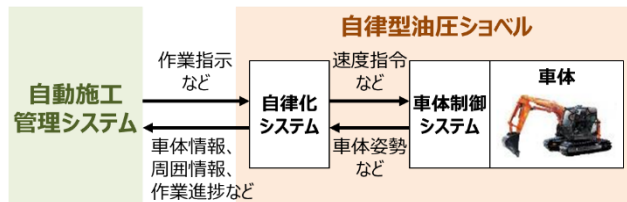


第4図 自動施工管理システムの機能

(3) 自律型油圧ショベル

自律型油圧ショベル（第5図）は、自動施工管理システムからの指示に基づいて自律運転する。自律型油圧ショベルは、市販の（人が搭乗して操作する）油圧ショベルに、自律化システムと車体制御システムを追加したものである。自律化システムは、コントローラと、車体の周囲の地形や支障物を検出するセンサなどで構成される。

自律化システムは、自動施工管理システムから作業指示を受け取り、車体姿勢、車体内部情報、周囲情報などに基づいて車体をどのように動かすかを決定し、車体制御システムに、油圧ショベルの各アクチュエータの速度指令（速度目標値）を送る。車体制御システムは、コントローラ、車体姿勢を検出するセンサ、車体を制御する電磁弁などで構成される。車体制御システムは、自律化システムから各アクチュエータの速度指令を受け取り、車体姿勢や車体内部情報に基づいて電磁弁を制御し、車体を動作させる。また、自動施工管理システムで遠隔操作が行われた場合は、遠隔操作の操作量に基づいて電磁弁を制御し、車体を動作させる。なお、自動施工管理システムと自律型油圧ショベルの間は、ROS2で通信して汎用性を持たせている。



第5図 自律型油圧ショベルのシステム構成

3. おわりに

今回の3社共同での実証試験（写真1）により、自律型油圧ショベルによる施工の計画から指示・管理、実行までの複数のシステムを接続し、ROS2、BIM/CIM、3次元点群データなどをシステム間でシームレスにデータ交換できる汎用的な機能の実用性を確認できた。これにより、他の自律型建設機械やシステムへの接続が容易になり、各社が開発中のシステムの拡張性が高まった。

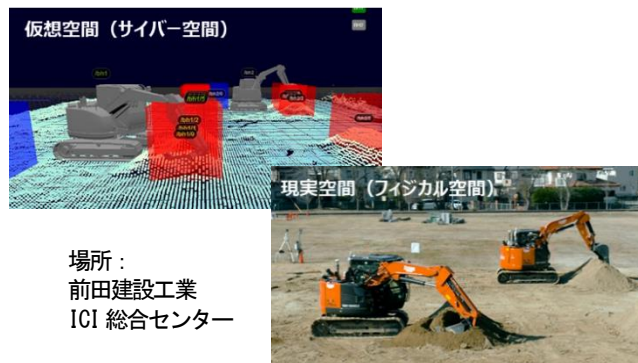


写真1 実証試験の様子（複数台連携）