

吹付コンクリート吹付の遠隔操作技術の開発（その2）

(株)熊谷組 正会員 ○坂西孝仁
 (株)熊谷組 宮川克己
 (株)熊谷組 正会員 手塚 仁
 (株)熊谷組 正会員 尾畑 洋

1. はじめに

山岳トンネルにおける吹付け作業はコンクリートの粉塵環境下にあり、作業員保護の観点から至急対応が必要である。当社ではこの対策として無人化施工技術を活用した操作室からの遠隔吹付システムを開発中である。通常の無人化施工と違い狭いトンネル空間では、映像カメラの情報は限られたものになるので、これを補完する技術が必要となる。この技術のいくつかについて紹介する。

2. 映像の遅延を補完する反復動作の自動化

遠隔吹付作業は映像情報で操作をするが、カメラとディスプレイの間にはハード上で 0.3(s)以上の遅延が生じる。吹付け作業のオペレーター操作を見ていると、吹付面を円滑に仕上げるためにノズル回転、ノズル前後とアームスライドの反復操作する時間が大半を占める。特にノズル回転操作をする時間は長く、オペレーターは操作器を 50(ms)のハイスピードで反復操作を繰り返して、ノズル回転の微妙な動作を制御している。こうした操作には遅延は操作を難しくする一因となっているので、この反復動作を自動化することにした。まず吹付ロボット部にセンサーを取り付けた。(図-1) ②ノズル回転はジャイロセンサーにより動作範囲を制御した。また①前後と③スライド動作はタイマー制御にした。吹付機に搭載したP L Cが基本的な動作指令は行い、油量により速度調整をした。実作業の実験結果はノズル回転の反復動作だけでも作業性は著しく改善した。単純な反復動作を自動化することで、遠隔操作する場合の映像遅延を補完する技術として効果があった。

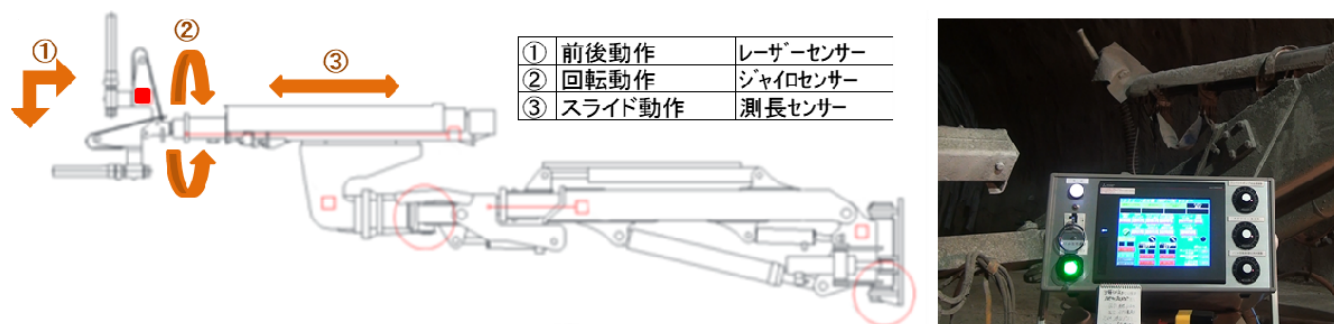


図-1 吹付ロボットに装着するセンサーと自動化の実験

3. 映像の奥行き感を補完するガイダンスシステム

遠隔吹付作業ではカメラ映像の設置場所と台数の制約によりディスプレイによる映像情報だけではノズルの向き、吹付面との離れといった奥行き感の把握は難しく、特に鋼製支保工の無い区間では遠隔作業は困難であった。それを補完する技術としてノズル位置の情報を提供するガイダンスシステムを開発した。

今回はステレオカメラを使用してノズル位置を把握する方式で開発をした。メリットは設置の際、吹付機種に依存しないことであり、どのような吹付機でも取り付けが容易になる。またレーザーマーキングシステム活用してステレオカメラと車体位置座標の把握をするシステムにした。システム概要は図-2 のとおりであり以下の内容でシステムは動作する

キーワード 山岳トンネル, 吹付コンクリート, 遠隔操作, ステレオカメラ, 防塵対策, 自動化

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 (株)熊谷組土木事業本部機材部 TEL 03-3235-8627

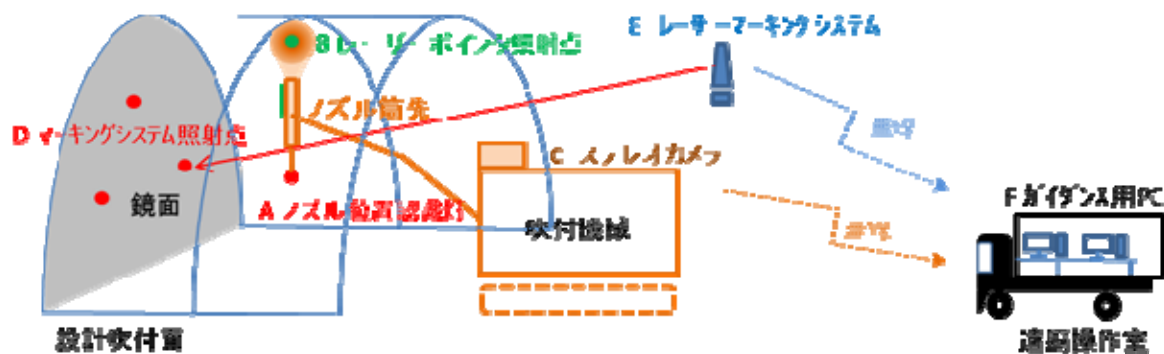


図-2 ステレオカメラを使用したガイダンスシステムの概要

- ① レーザーマーキングシステム（E）から鏡面上に照射されるレーザー照射点（D）をステレオカメラ（C）で読み取り座標計算したデータと、レーザーマーキングシステムがレーザー照射点（D）測距した座標データを操作室のガイダンス用PC（F）で比較計算してカメラ位置と車体位置を算出する。
- ② ノズル部に取り付けたレーザーポインターの照射点（B）とノズル部位置認識灯（A）をステレオカメラ（C）でリアルタイムに座標認識して、この2点を結んだ直線と設計吹付面との関係からノズル位置と方位、設計吹付面の距離を求め画面表示する（図-3）。また簡易な吹付モデルから巻厚を推定し画面表示する。このシステムによりオペレーターに映像の奥行き感を補完するだけでなく、有効な情報を提供することができた。

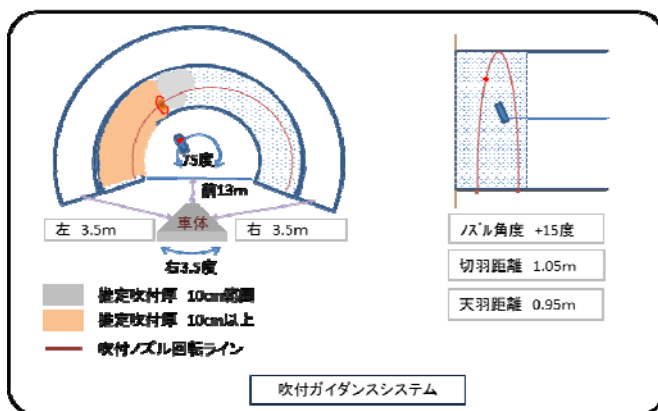


図-3 ガイダンスシステム画面



写真-1 ガイダンスシステム搭載機器（左）全体（中）ステレオカメラ（右）レーザーポイント照射点とノズル位置認識灯

4. 今後について

遠隔吹付システムは快適な遠隔操作室で作業ができるので大変有効な技術である。しかし映像情報だけであると遅延と画像の奥行き感という問題から緻密な操作を困難にしている。通常の遠隔操作でもマシンコントロールやマシンガイダンスシステムが導入されて操作や情報の補完がされている。今回の技術はそれと同様の技術でオペレーターは情報量が増えて作業性が格段に向上した。今後は動作の自動化部分を増やしてオペレーターの負担を減らし、作業効率の向上を目指していく。またこの方式のメリットを活かした展開ができるように更に改良を進めていきたい。