

無人化施工への VR 技術の適用

(株)熊谷組 正会員 ○竹下 嘉人 正会員 北原 成郎 正会員 飛鳥馬 翼
国立東京工業高等専門学校 松林 勝志 山下 晃弘 瀧島 和則 坂上 祥太郎

1. はじめに

施工する作業員に危険が予測される自然災害等の現場において、無人化施工は 2 次災害を防ぐ有効な手段となっている^[1]。無人化施工では、運転席に搭載したオペレータ目線のカメラ映像と現場全体を把握するため設置した定点カメラの俯瞰映像を利用する。

オペレータは、現場から離れた遠隔操作室内において、それらの映像を見ながら建設機械を操作する。しかしながら、操作に利用する映像はモニター上の 2 次元の情報であり、遠隔操作では車両の傾きや振動などを体感することできない。

バックホウなどの掘削機械は、掘削の動作や土砂を掴んだ状態での旋回など重心の変化が生じる作業が多い。同様に不整地運搬車などの運搬機械は、日々変化する起伏の激しい工事用道路を走行するため車両の重心に変化が生じる。このような重心の変化によって車両の滑落や転倒といった事故に繋がる危険性がある。一方、車両の傾斜を考慮し慎重に遠隔操作を行うと、作業時間が増え、施工効率が悪くなる。さらにオペレータは、十分な経験を積んで遠隔操作に慣れる必要がある。

そこで、VR 技術の一つであるスポーツ観戦システム「シンクロアスリート®」^[2]を応用し、オペレータ目線の映像と車両の傾きや振動、音をリアルタイムにオペレータに提供することで、遠隔操作可能な安全かつ効率の高い無人化施工 VR 技術を開発した。

2. 無人化施工 VR 技術について

2. 1 システム構成

無人化施工 VR 技術の構成は、図 1 に示す建設機械側と図 2 に示す遠隔操作室側に分かれる。

建設機械側では、運転席に 360 度カメラと、加速度センサを搭載することで、オペレータ目線のリアルタイム映像と音、建設機械の動きを取得する。

遠隔操作室側では、建設機械側で取得した映像をヘッドマウントディスプレイ(HMD)とマルチディスプレイで再生すると同時に、3 自由度のモーションベースで建設機械の動きを再現する(遠隔操作室側の構成を VR コクピットと呼ぶ)。



図 1 建設機械側機器構成



図 2 遠隔操作側機器構成(VR コクピット)

2. 2 リプレイモードとリアルタイムモード

無人化施工 VR 技術は、リアルタイムモードとリプレイモードの 2 通りの使い方がある。リアルタイムモードでは、ライブ映像と動きをもとに遠隔操作できる。リプレイモードでは、過去に記録した映像と動きを再生し、体験することができる。

キーワード 無人化施工, VR, シンクロアスリート®, 遠隔操作

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 ICT 推進室 TEL 03-3235-8627

3. オペレータによる評価

オペレータ 6 名に VR コクピットから建設機械を遠隔操作してもらい評価を得た。

評価によると、実際に操作している感覚に近いと回答したオペレータが多かった。また、車両の後方を映す映像も見たいとの意見もあった。そこで、車両の屋根の上に後方を撮影するカメラを設置し、HMD を装着したオペレータが後方を振り返ることで切り替え表示できるようにした。さらにスイッチ操作により、車両外部の定点カメラの映像にも切り替えられるように改良を検討中である。

4. VR コクピットの客観的評価

オペレータからは高い評価が得られたが、VR コクピットが車両の傾きをどの程度表現しているのかについて評価した。VR コクピットに加速度センサを設置し、あらかじめ建設機械で盛土を上り下りした時の動きをリプレイ機能で再生しながら、VR コクピットの動きを計測した(図 3)。例として、車両の前後の動き(ピッチ)について、車両と VR コクピットの動きを比較したものを図 4、図 5 に示す。両図において正の角度は上り勾配、負の角度は下り勾配である。

車両の動き(図 4)で 10 度を超える部分を除いて、VR コクピットの動き(図 5)は、極めて精度よく再現できていることが分かる。10 度を超える部分が再現できていない理由は、安全のためにモーションベースの傾きに制限をかけているためである。設計上は、±19 度まで追従させることが可能である。



図 3 実験時の様子

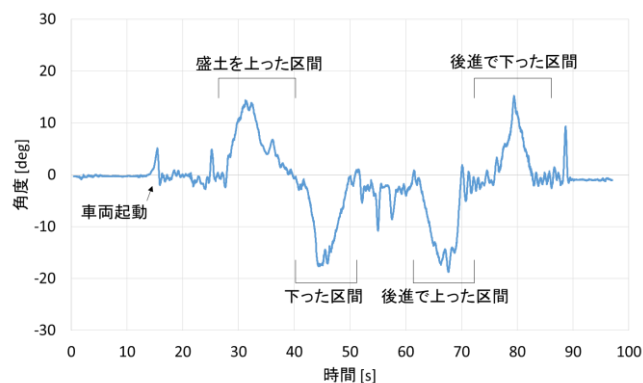


図 4 車両の動き

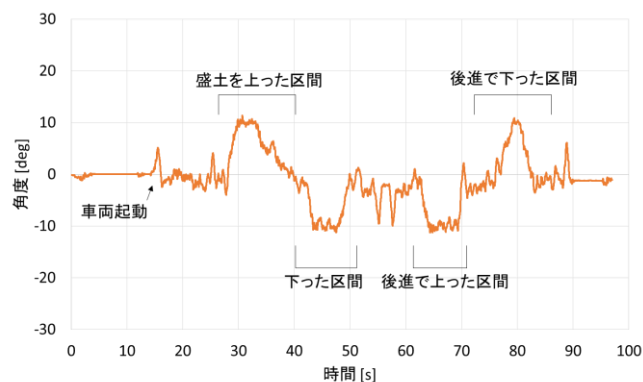


図 5 VR コクピットの動き

5. まとめ

無人化施工にシンクロアスリート®を適用することで、搭乗操作に近い感覚で遠隔操作することを可能とした。また、VR コクピットが車両の動きを極めて正しく再現できていることが確認できた。

今後は、無人化施工に携わっているより多くのオペレータに操作してもらい、通常の遠隔操作時との違いや有人・遠隔操作と比較した作業効率を確認する必要がある。また、外部の定点カメラからの映像にも対応できるように使い勝手を改良するほか、オペレータの操縦訓練ツールとしての活用も検討する。

参考文献

- [1] 野村真一, 北原成郎, 坂西孝仁, “最新の無人化施工技術と i-Construction で挑んだ阿蘇大橋地区斜面防災対策工事”, 平成 29 年度 建設施工と建設機械シンポジウム論文集, 2017.
- [2] 松林勝志, 山下晃弘, 富平準喜, 佐藤悠之輔, 瀧島和則, 本間朗, 吉川千里, “3 自由度モーションベースの制御とカヌー競技への応用”, 情報処理学会論文誌 コンシューマ・デバイス&システム, vol.9, No3, pp.1-9, 2019.