

## 車載カメラのみを利用した遠隔操作型油圧ショベルの作業効率評価

(国研) 土木研究所 学生会員 ○山内 元貴  
 (国研) 土木研究所 正会員 橋本 毅  
 (国研) 土木研究所 正会員 藤野 健一

### 1. はじめに

近年、日本では台風、大雨、地震などに起因する土砂崩れなど土砂災害が増加している。土砂災害が発生すると、被害の軽減および復旧を目的とした工事が行われるが、2次災害の危険を伴う災害地での工事では、操縦者が安全な地点から遠隔操作型の建設機械を操縦して工事を行う「無人化施工」が多く用いられる。図1に示す通り、

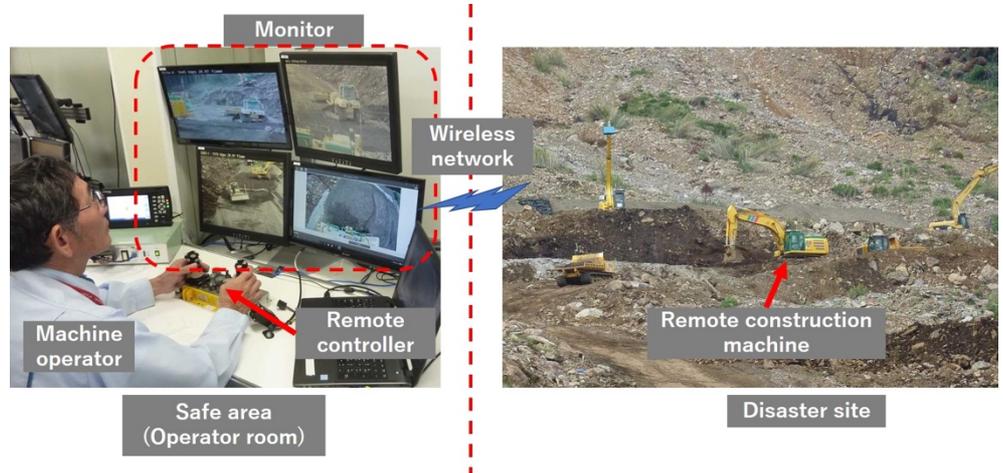


図-1 阿蘇大橋地区斜面防災対策工事における無人化施工の活用例

り、無人化施工では、操縦者は伝送された映像から建設機械周辺の情報を把握する。そのため、一般に無人化施工での効率は大きく低減するとされている。

筆者らの研究グループでは、建設機械を遠隔で操縦した際の作業効率を定量的に評価するために、油圧ショベルを対象とした実験用モデルタスクを提案した。モデルタスクを用いた効率評価実験より、操縦者が油圧ショベルに搭乗して直接操作した場合に比べ、一般的な無人化施工では50%ほど効率が低減することを確認した。無人化施工での効率を向上するため、これまで実施してきた実験では、カメラ台数を増やし、情報量を増加することにより作業効率の改善を図ってきた。一方で、災害地の状況によっては取得できる情報が限定されることが想定される。しかしながら、情報量が減った場合に関する作業効率への影響について、これまでの実験では考慮してこなかった。そこで、本研究では、通常無人化施工で利用される複数台のカメラを用いた遠隔操作手法(以下、通常遠隔操作)と、建設機械に搭載するカメラ1台のみを用いた遠隔操作手法(以下、車載遠隔操作)を比較し、操縦者に与える情報量を削減した際に作業効率に与える影響について調査する。

### 2. 実験方法

油圧ショベル用の実験モデルタスクを利用して、通常遠隔操作と車載遠隔操作の効率を計測する。モデルタスクは、遠隔操作型の建設機械の効率を計測するために開発されたものであり、主として走行と作業を組み合わせた内容である。実験では、遠隔操作システムを組み込んだ日立建機製3.5トン級油圧ショベルZX35U-5Bを利用した。10人の操縦者を対象として実験を行い、モデルタスクを完了するまでの時間(以下、サイクルタイム)をストップウォッチで計測し、作業効率を評価した。

### 3. 実験結果および考察

サイクルタイムの平均は、通常遠隔操作では301秒(標準偏差57秒)、車載遠隔操作では、324秒(標準偏差64秒)となり、通常遠隔操作に比べ、車載遠隔操作では7%ほど作業効率が向上した。サイクルタイムを種別ごとにみると、走行(往路)は、通常遠隔66秒および車載遠隔67秒となり、走行(復路)は、通常遠隔83秒および車載遠隔85秒となった。往路は、ほぼ同じ時間であるにもかかわらず、復路では、車載のみが遅い結果

となった。これは、走行開始操作が地面に接地させているバケットを持ち上げる操作である一方、走行終了操作は、バケットを地面に接地させる操作が必要となり、油圧ショベルのバケットの地面を置く際に、外部視点がない車載操作の場合、地面とバケットとの接触を判断するのが難しいことが原因であると考えられる。走行に関するサイクルタイムの標準偏差は、両遠隔操作手法で同等の値となった。走行は、カーブがあるものの基本的に直線的な経路であり、すべての実験で同様の経路を走行するため、以前の走行跡(わだち)の上を走行することにより、サイクルタイムにバラつきが発生しづらいと考えられる。

一方、モデルタスクの作業動作では、通常遠隔に比べ、車載遠隔は16秒ほど時間を要した。車載遠隔は、カメラ1台のみであるために遠近感を得ることが困難であり、油圧ショベルの原因と考えられる。オペレータへの実験内容に関して感想を聞いたところ、「同じ走行環境、同じ作業環境であるため、非常に限られた情報のみを提示する車載カメラでも操縦することができる」との回答を得た。

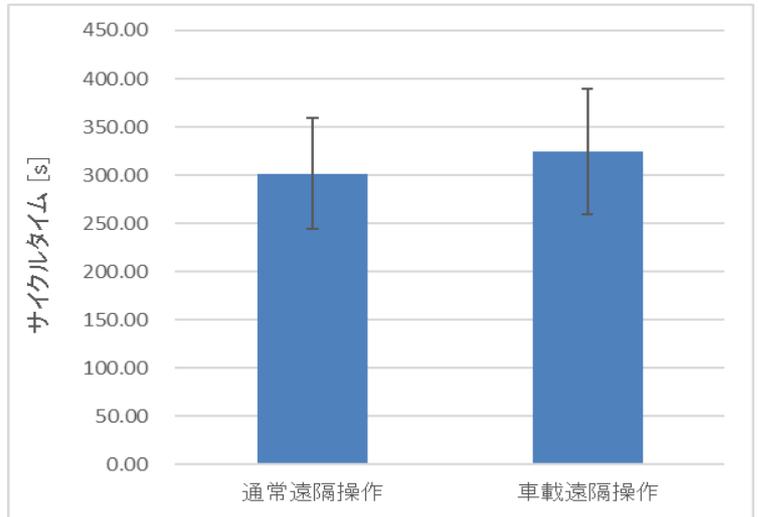


図-2 各遠隔操作手法によるサイクルタイム

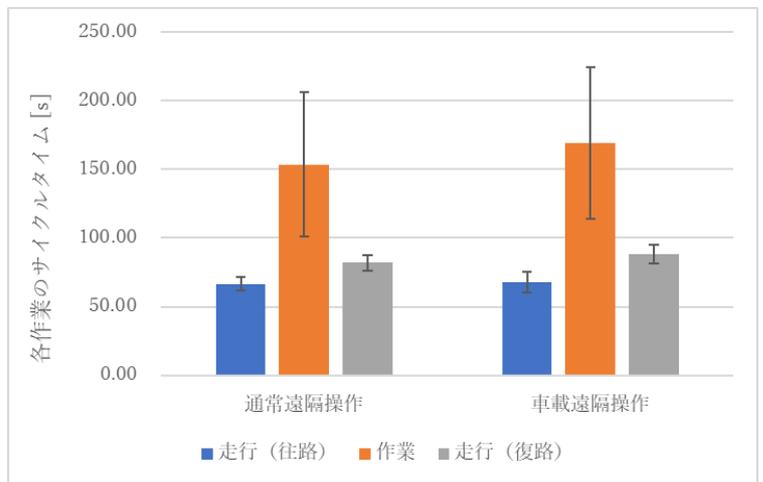


図-3 各作業に要した時間

4. まとめ

本論文は、遠隔操作型建設機械の操縦者に提示する情報量の削減が作業効率に与える影響について、複数のカメラを利用した手法と車載カメラ1台のみを利用した手法について、モデルタスクを用いて評価した。今回の実験では、映像を利用する上では、最低限と思われる情報量(車載カメラのみ)での実験を行ったが、従来の遠隔操作手法での効率と大きな違いが見られなかった。

モデルタスクは、作業効率を定量的に評価することを目的として開発されてきた。一方で、同じ内容の実験することにより、慣れが実験結果に影響している可能性がある。以上から、走行、作業ごとに、実験の再現性を失わずに、慣れの影響を除去する新しいモデルタスクの提案が必要であると思われる。

参考文献

- ・茂木正晴 他, 油圧ショベルの遠隔操作による作業の効率評価のためのモデルタスクの提案, 建設機械施工, Vol. 66 No. 8, pp71-79, 2014年8月.
- ・茂木正晴 他, 油圧ショベルの遠隔操作における視覚及び操作インターフェースの違いによる作業効率の向上について, 06-4, 2016年9月.