

建設機械の搭乗操作と遠隔操作における作業時間の実態について

国立研究開発法人	土木研究所	正会員	○茂木	正晴
国立研究開発法人	土木研究所	正会員	藤野	健一
国立研究開発法人	土木研究所	正会員	西山	章彦
国立研究開発法人	土木研究所	正会員	橋本	毅
	芝浦工業大学		油田	信一

1. はじめに

現在、災害発生時（地震・噴火などによる災害）における初動対応として無人化施工が適用されており、雲仙普賢岳等の人立ち入ることのできない被災箇所での復旧活動に利用されている。大規模土砂災害等において、無人化施工は、災害の規模や現場状況（人への危険度合い）によって迅速かつ安全な施工技術として期待できるものと考えられる。しかし、有人での機械施工による品質や作業効率と比較すると改善しなければならない課題がある。

本研究報告は、建設機械の遠隔操作技術に関する作業時間の実態として、異なる運転条件（インターフェース、操作環境など）による比較実験を行い、作業効率向上のための操作環境の考え方について述べる。

2. 研究概要

災害発生時（地震・噴火などによる災害）における初動対応として建設機械の遠隔操作による無人化施工が適用されており、土砂災害や火山災害等での復旧に活用されている。

土木研究所で実施した比較実験⁽¹⁾では、作業効率（サイクルタイム）が搭乗での操作に比べて約2.3倍という結果が得られた。遠隔操作での作業効率の低下に関して、どの環境情報の影響が大きいのか、先行研究から視覚情報量による関連性が推定されており、より効率的な無人化施工システムが今後提案できるものと考えられる。実験では、モニタ等から得られる視覚情報を搭乗時に得られる視覚情報量に近づけることによって、従来の遠隔操作システムに比べて作業効率の改善が図れることを明らかにした。

3. 比較実験

3.1 実験内容及び実験協力者

実験は、実験タスク⁽²⁾に基づき実施した。なお、この実験タスクは、これまでに災害現場で実施されている油圧ショベルによる無人化施工の作業要素を取り入れたものである。

油圧ショベルは屈曲部を含む約30mの経路を作業エリア手前まで走行し、作業に適した位置まで移動してから、固形対象物を移設先サークルに移設し、その後、再び、初期位置の枠内に固形対象物を戻す作業を行う。

実験で使用する油圧ショベルは0.5m³クラス、固形対象物はドラム缶形状（縦横770mm×高さ760mm、重量約100kg、持ち手高さ2,000mm）とした。

実験協力者となる建設機械オペレータは、比較検証を目的とすることから2014年に実施した10名とした。実験は、従来の遠隔操作装置と操縦席型遠隔操作装置による操作における作業時間を計測した。（写真1,2）

3.2 視覚情報の設定

オペレータに提供される映像情報は、従来、建設機械正面の映像と固定カメラからの外部視点映像となっている。本研究では、一般的な視野角と実測によりカメラ設置の設定を行い、遠隔操作時におけるモニタ配置に関しては、安定注視野と頭部運動を加味した配置とした。写真3に示すように正面、左右の画面構成とし、左右モニタの配置を検討する上では、正面での視野における補助視野100°を考慮した配置とした。また、正面上下の画面構成としては、正面の安定注視野70°と下部の補助視野65°が確保できる配置とした。

キーワード 無人化施工, 遠隔操作, 搭乗操作, 作業時間, 災害復旧, 操作インターフェース

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6号 国立研究開発法人土木研究所先端技術チーム TEL 029-879-6757



写真1 従来の遠隔操作装置による操作



写真2 操縦席型遠隔装置による操作



写真3 モニタ配置

2.6 計測

実験タスク⁽²⁾に基づき、サイクルタイムを計測した。図1に示すようにオペレータ10人の従来の遠隔操作装置による結果は、サイクルタイム平均232.7sec(標準偏差±7.6)となった。操縦席型遠隔操作装置による操作の結果は、サイクルタイム平均194.8sec(標準偏差±9.6)となった。

4. まとめと考察

遠隔操作での作業効率の低下に関して、どの環境情報の影響が大きいのか、これまでの先行研究から視覚情報量による関連性が推定されており、搭乗時に得られる視覚情報量に近づけた今回の実験結果とこれまでの実験結果⁽¹⁾を比較すると搭乗操作の1.62~1.94倍のサイクルタイムの差となり、視覚情報量を増やすことが作業効率向上に有効だと確認できた。

図2に示すように視覚情報量を増やした場合、従来の遠隔操作装置での操作は、高所からの対面遠隔操作のサイクルタイムに近い傾向となった。操縦操作型遠隔操作装置での操作は、地上からの遠隔操作のサイクルタイムに近い傾向が見られた。

このことから、視覚情報量を増やすことが、作業効率向上に大きく関係していることが示唆される。

また、図2に示すようにサイクルタイムの差を比較してみると、視覚情報を増やした従来の遠隔操作システムと操縦席型遠隔操作装置では、1.2倍の時間の差がある。このことは、操作インターフェースの違いによるものと考えられる。このことから、操作インターフェースも作業効率を向上させる重要な検討要素の1つだと考えられる。

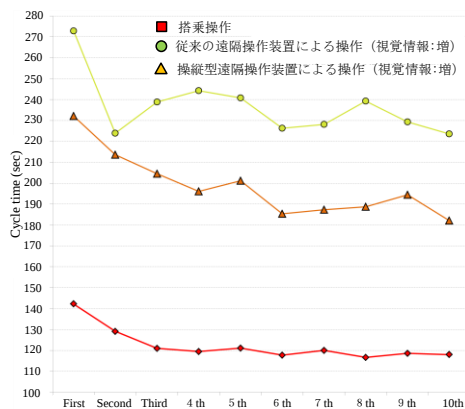


図1 回数毎の傾向

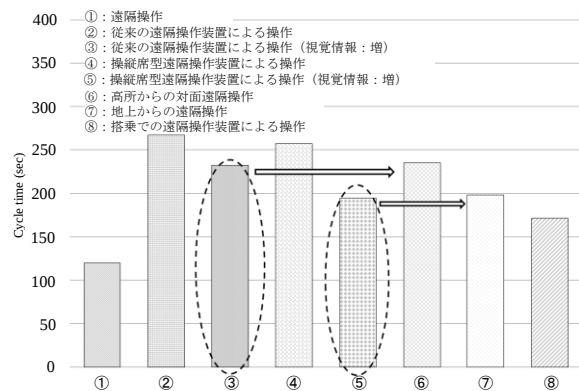


図2 2014 実験結果との比較

参考文献

- (1) Masaharu Moteki, Nishiyama Akihiko, Shinichi Yuta, Hiroshi Ando, Sadanori Ito, and Kenichi Fujino: Work efficiency evaluation on the various remote control of the unmanned construction, The 15th Symposium on Construction Robotics in Japan 0-21 2015
- (2) 茂木正晴, 油田信一, 藤野健一: 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, 建設機械施工論文, Vol.66, No.8, pp.71~79, 2014.