

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		油田	信一

1. はじめに

現在、日本では災害発生時（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いる。無人化施工は、人が立ち入ることのできない危険な箇所（雲仙普賢岳、福島第1原子力発電所の瓦礫撤去等）で利用されている。

近年、この無人化施工技術の適用において、災害の規模や現場状況（人への危険度合い）に対して迅速かつ安全な施工技術として期待され、現場での作業効率の向上は、迅速な現場での復旧活動に求められるニーズとなっている。

そこで、研究として、現場で利用されている遠隔技術における操作性の向上を目的としたアプローチを進めているところである。

本報告では、現場での作業を想定し、無人化施工技術（施工効率・ヒューマンファクター等）を評価するための繰り返し作業が可能なモデルタスク⁽¹⁾に基づき、建設機械の搭乗での操作と遠隔での操作における作業時間の実態を実験により明らかにし、作業効率改善のために必要となる知見と今後の見通しについて述べる。

2. 研究概要

無人化施工技術は、オペレータへ提供する視覚情報を中心とする作業情報技術や遠隔操作室内の環境整備、通信技術等、要素技術について施工会社等が独自に改善・改良を進めている。

しかし、現状における無人化施工の作業効率はオペレータが搭乗して行う施工に比して低いことが知られており、現場では作業内容により幅はあるが搭乗での施工に対して一般に1.4～2.0倍であると言われている。そのため、技術体系及び要素技術に関する更なる研究開発が求められている。特に実現場では、搭乗操作による作業が不可能であるため遠隔操作との比較検証が困難な状況にある。

そこで、遠隔操作による油圧ショベルの作業に関して、土木研究所内で搭乗操作との比較検証実験を実施し、作業時間の実態を明らかなものとした。

3. 比較実験

油圧ショベルの搭乗での操作は、直接目視による視覚と聴覚、体性感覚といった知覚システムをフルに活用しているものと考えられる。

一方、遠隔での操作は、対象となる作業現場から提供される映像の限られた空間からの視覚情報により操作が行われている。

この違いについて、定量的に作業効率を知ることは、遠隔での操作効率向上に関する研究を進める上で有効かつ不可欠であると考えられる。

そこで、実験として、土木研究所所有の油圧ショベルを利用し、土木研究所内建設機械屋外実験場において搭乗操作と遠隔操作による作業時間の計測・比較を行った。

実験協力者は、油圧ショベル操作歴5年以上あるオペレータ15名を対象とした。実験では、土研で提案したモデルタスク⁽¹⁾に基づく作業内容により搭乗操作と遠隔操作による作業時間を計測した。

モデルタスクは、これまでに実施してきた無人化施工の作業要素を取り入れたもので、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

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

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

移設し、その後、再び、初期位置の枠内に固形対象物を戻すといった作業手順となっている。

また、実験は、同一オペレータにより搭乗操作及び遠隔操作を各々連続で 10 回実施し、その作業時間を計測、比較を行った。実験フィールドと実験中の様子を写真-1,2 に示す。



写真-1 実験エリア全景



写真-2 作業状況

4. 実験結果

実験結果として、オペレータ 15 名の搭乗操作と遠隔操作における作業時間の関係を整理した。図-1 に見られるように、搭乗操作と遠隔操作と作業時間は、遠隔操作での平均 294sec と搭乗操作での平均 127sec との比較として、約 2.3 倍の時間がかかることが確認できた。

また、標準偏差を見る限りでは搭乗操作での標準偏差±18sec となり個人差が小さいのに対して、遠隔操作での標準偏差±81sec となり、個人差によるバラツキが大きいことが傾向として確認できた。

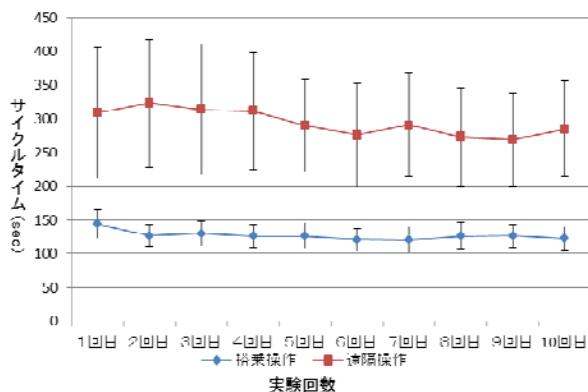


図-1 搭乗操作と遠隔操作での作業時間差



写真-3 遠隔操作状況

5. まとめ と今後の取り組み

これまで油圧ショベルによる無人化施工では一般に搭乗での施工に対して 1.4～2.0 倍であると言われてきた。本実験で、オペレータの搭乗操作と遠隔操作を比較した場合、遠隔操作は搭乗操作の概ね約 2.3 倍の時間を要する結果が得られた。

なお、搭乗操作と遠隔操作の差異については、搭乗での操作とは異なる操作装置であること（写真-3）の不慣れさやテレビモニタによる視認性等によるものと考えられる。これは、操作装置のレバー配置や遠隔で操作するうえでの臨場感（視覚・聴覚・触覚）といった情報量が影響しているものと考えられる。

今後は、本実験によって得られた知見に基づき、映像提示技術や新たなマンマシンインターフェースによる比較検証実験等により無人化施工技術の施工効率等の能力向上に努めたいと考えている。

参考文献

- (1) 茂木正晴・油田信一・藤野健一 (2014). 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
- (2) Masaharu Moteki, Kenich Fujino, Akihiko Nishiyama. (2013). RESEARCH ON OPERATORS' MASTERY OF UNMANNED CONSTRUCTION, The30th International Symposium on Automation and Robotics in Construction USB No186