

# 無人化施工における車載型カメラの高度利用に関する研究

研究予算：運営費交付金  
研究期間：平 27～平 28  
担当チーム：先端技術チーム  
研究担当者：山田 充、藤野 健一

## 【要旨】

本研究は、無人化施工の施工効率向上のために可動式車載カメラの検討を行うものである。建設機械操作時のオペレータの視野範囲、視線移動速度を測定し、可動式車載カメラの仕様を策定した。

キーワード：無人化施工、災害、施工効率、車載カメラ

## 1. はじめに

無人化施工は、主に人が立ち入ることのできない災害現場等において、建設機械にオペレータが搭乗せずに、安全な場所から遠隔操作する施工方法である。これまで多くの導入実績があり、災害対応に非常に有効な施工方法である<sup>1)</sup>。しかし、施工効率は通常施工にくらべ半分以下となるため、無人化施工の施工効率の向上が求められている。

これまでの研究で、車載カメラの撮影範囲を広げること等により、施工効率が改善することがわかっている<sup>2)</sup>。撮影範囲を広げる方法は、例えば複数台の車載カメラを用いる方法や、画角の広いレンズを用いる方法等が考えられる。しかし、多数の車載カメラを用いると画像伝送容量が増大し、動画の遅延やフリーズ等が発生することが懸念される。また、広角レンズを用いると解像度が下がるため、画質が低下し施工性に影響を及ぼす可能性がある。

そこで本研究では、無人化施工の施工効率を向上させるために、車載カメラの雲台を可動式とすることにより、広範囲の撮影を可能とする方式について検討することとした。車載カメラに必要な撮影範囲、および回転速度を検討するために、通常の搭乗施工でのオペレータの視野範囲、視線移動速度を測定することとした。

## 2. 建設機械オペレータの視線の測定

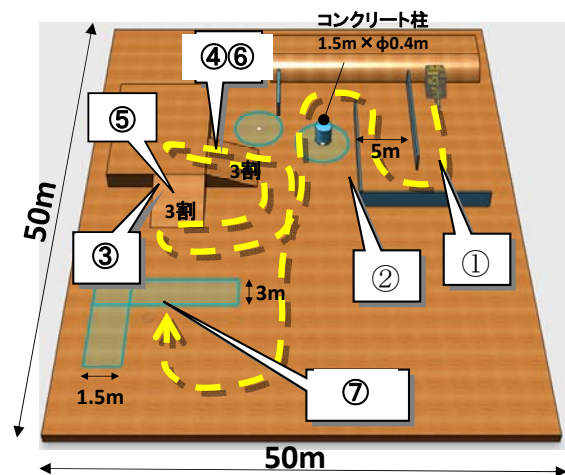
### 2.1 実験方法

視線計測には(株)ナック社製の視線計測装置「アイマークレコーダ (EMR-9)」を使用した。災害現場までのアクセスおよび軽作業を想定して設定したテストコースで各種作業を実施させ、そのときのオペレータ視線を計測した。テストコースと作業の概

要を図-1に示す。実験に用いた建設機械は、バケット容量0.45m<sup>3</sup>、重量12t級の油圧ショベルである。経験年数15年の熟練オペレータ1名について測定を行った。

### 2.2 計測結果の整理方法について

アイマークレコーダにより取得できるデータは視点位置(アイマーク)が連続的に表示されている動画データである。計測された動画の長さは17分9秒となった。計測された動画データを確認したところ、アイマークの動きの傾向として、比較的狭い範囲での停留と、跳躍的な速い移動の二つがあること



- ①狭隘部走行
- ②障害物除去
- ③のり面造成
- ④坂道走行（登り）
- ⑤掘削
- ⑥坂道走行（下り）
- ⑦溝掘削
- 【その他】 一般走行（作業エリア間）

図-1 テストコースと作業の概要

がわかった。アイマークが停留している場合は、アイマークが重なる物体を注視しているものと考えられる。建設機械の操縦に必要な視覚情報としては、停留して注視している視覚情報が重要と考えられる。そこで、計測したオペレータ視線の連続データから、アイマークが一定時間以上、一定範囲内に収まっていた時を停留点として抽出し、それらよりオペレータの視線範囲を計測するものとした。停留点の抽出条件は、オペレータの視線範囲を検討するのに十分なデータ数を確保できるよう、0.1 秒以上、視野角 $2^{\circ}$  の判定円内にアイマークが留まっていた場合を停留点とすることとした。

### 2. 3 視野範囲の計測結果

前述の条件で計測データより停留点の抽出を行ったところ、2392 点の停留点が抽出された。図-2 に全ての停留点をキャビン内のオペレータシートからの視野展開画像にプロットした状況を示す。

抽出されたすべての停留点の中から水平方向、垂直方向について、オペレータ視線位置から最大となる停留点の角度を測定した。オペレータの視点位置は、オペレータシートヘッドレスト付近の地上高2、340mm、旋回中心より前方220mm、キャビン幅中心とした。その結果、最大視野角は水平方向 $137^{\circ}$ （左 $58^{\circ}$  右 $79^{\circ}$ ）、垂直方向 $70^{\circ}$ （上 $25^{\circ}$  下 $45^{\circ}$ ）となった。

### 2. 4 視点移動速度の算出

視点移動速度として、前項で抽出された停留点の間の移動速度を算出するものとした。ただし、カメラを旋回させ画面の撮影範囲を変えるのは、人間においては首を振っている状態と考えられるため、眼球のみによる視線移動ではなく、首振りを伴う場合の視点の移動速度を算出することとした。

アイマークレコーダで測定された動画データを確認したところ、油圧ショベルが旋回動作を行う際に、旋回方向先の確認を行うために、ほとんどの場合オペレータが首を振っていることが確認された。そこで、油圧ショベルが旋回動作を行った際に、カメラ撮影範囲が変化しオペレータが首を振ったと判断された際の、停留点の中心間の移動速度を算出することとした。その結果、最大で $341.9^{\circ}/s$ の視点移動速度が算出された。

### 3. 考察

測定結果より、撮影範囲が水平方向 $137^{\circ}$ 以上、垂直方向 $70^{\circ}$ 以上、旋回速度（水平方向） $341.9^{\circ}/s$

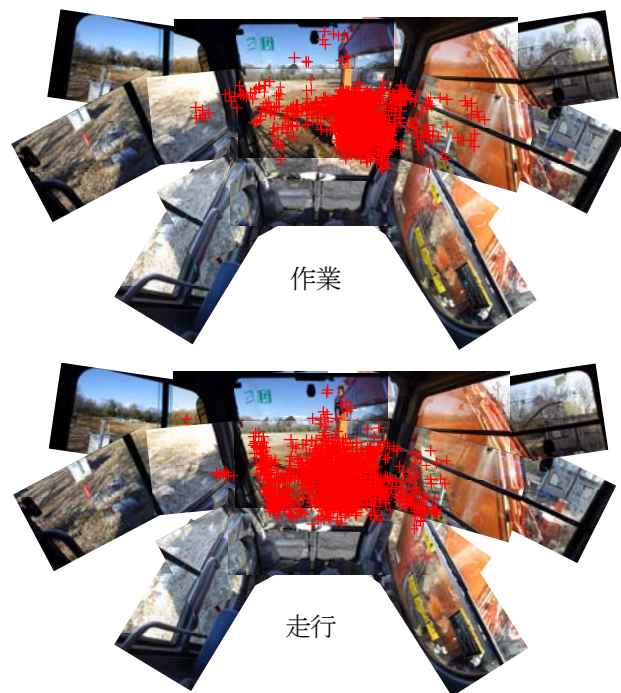


図-2 停留点の分布状況

以上を可動式車載カメラの仕様とすることができる。しかし当然、人間の視野範囲、旋回速度が可動式車載カメラでもそのまま有効であるとは限らない。実験用車載カメラシステムを作成し、再度、必要な仕様を調査検討する必要があると考えられる。

### 4. まとめ

本研究では、無人化施工の施工効率向上のために可動式車載カメラの検討を行った。搭乗操作における、人間の視野範囲、視線移動速度を測定し、可動式車載カメラの暫定仕様を以下のとおり策定した。撮影範囲：水平方向 $137^{\circ}$ 以上、垂直方向 $70^{\circ}$ 以上  
旋回速度：水平方向 $341.9^{\circ}/s$ 以上

### 5. おわりに

本研究では、車載カメラの暫定仕様策定にとどまった。今後は可動式車載カメラという方式自体の有効性の検証も行う必要があると考えられる。

### 参考文献

- 1)建設無人化施工協会技術委員会：無人化施工の推移と展望、建設の施工企画、2006。
- 2) 茂木ら：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、土木学会代71回年次学術講演会、2016