

HMD を用いた臨場型遠隔映像システムの開発

大成建設(株) 技術センター フェロー会員 今石 尚
大成建設(株) 技術センター ○加藤 崇

1. 目的

日本は世界的に見て非常に地震や噴火などの災害が発生しやすく、また、梅雨や台風により風水害や土砂災害が毎年発生している。災害直後に調査や対策を迅速化することで早期の復旧・復興が期待されるが、災害発生直後は二次災害のリスクが非常に高く人が立ち入れないケースもあり、このような環境では安全面を考慮した上で遠隔地から建設重機を操縦し復旧作業を行う必要がある。

本報告では、遠隔地から安全に建設重機を操縦するために必要となる映像情報システムについて検討を行い、ヘッドマウントディスプレイを用いた映像システムについて有効性を述べる。

2. 遠隔制御における映像情報システムの課題

二次災害のリスクが高い環境では、重機に搭乗して作業できないため、図1に示す制御リモコンで重機を操縦することが多い。重機を目視できる場合は直接現地の周囲状況を確認して作業できるが、目視できない場合は周囲状況を映像で確認しながら作業する。災害直後では、重機を俯瞰する位置にカメラを設置すること自体も困難であり迅速に対応できない。また、俯瞰型のシステムでは、操縦室に複数のモニターが図2のように配置され、このモニターの中から必要な情報をオペレーターが確認し作業するが、カメラの角度やズーム等を変更するために、別の作業員がカメラワークを行うため作業効率が低下する。また、これらのシステム構築にはネットワーク網を構築する必要があり、通信設備の手配に時間を要することが懸念される。



図1 遠隔制御用重機と制御リモコン



図2 操縦室



図3 操縦席からの状況

次に、重機の操縦席から見える状況を図3に示す。この図ではアタッチメントの爪の先から地面までの距離を正確に把握することが難しく、地面に接触したかどうかを画像で判断することは困難であり、臨場感の無い映像で作業することも作業効率の低下する要因であると考えられる。

3. プロトタイプ構築の検討

遠隔地から重機を操縦するための映像情報システムを構築するために検討を行う。災害発生直後は、特に早期に応急作業に取り組めることが望まれるため、コンパクトで簡易的な物の組合せで構成できる仕様とする。開発したプロトタイプのシステムブロックを図4に示す。本仕様では、重機の操縦席に図5に示す魚眼カメラを2個(左目、右目)搭載し、各カメラで取得した魚眼映像を無線により操縦室に送る。その伝送された魚眼映像をPCで取り込み球面映像から平面映像に変換する。ヘッドマウントディスプレイ(以下、HMD)に投影する映像は、図6に示すHMDを装着した操縦者の頭の動きに同期しているため、HMDを装着した重機オペレーターが見たい方向に頭を動かすと、その方向のリアル映像を確認でき、あたかも重機に搭乗しているかのように作業を行うことができる。なお、本システムの映像の遅延時間は0.2秒である。さらに、本システム全体の大きさは、スーツケースに入る程度となるため、作業現場への迅速な対応が可能となる。

キーワード 遠隔制御システム, 無人化施工, HMD, ICT, 災害対応工事

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設株式会社 技術センター TEL045-814-7219

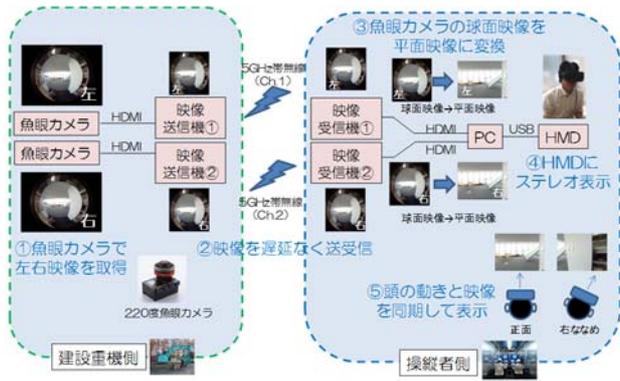


図4 システムブロック図



図5 ステレオ魚眼カメラ



図6 プロトタイプ

4. 実験的検証

構築したプロトタイプを重機(0.7m³バックホー)に搭載し、本システムの有効性を検証する。比較検証として、①搭乗、②遠隔目視、③俯瞰型、④HMD型の4条件で行う。

実際の運用では安全なエリアから作業エリアまで本システムの映像だけで移動する必要があるため、確実に移動できるか移動時間について条件ごとに検証し、一周70mを移動した5回の平均値を図7に示す。移動状況を図8に、

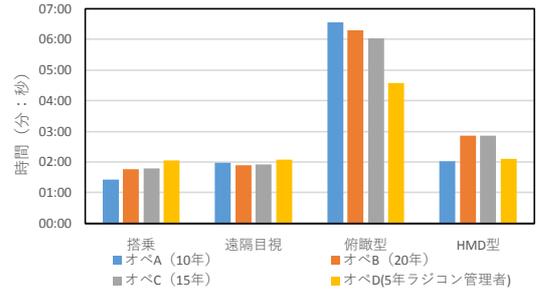


図7 移動時間の結果

HMDを用いて操縦している状況を図9にそれぞれ示す。通常作業である「搭乗」が最も早い結果であり生産性が一番良好である。次に「遠隔目視」が早い結果となり、リモコン制御による操縦にはオペDの除いて慣れていないが、著しい作業効率の低下は確認されなかった。一方、「俯瞰型」は3台のカメラ映像を用い、映像の角度を変更しながら操縦を行ったため作業効率の低下が確認された。「搭乗」と比較すると作業効率が低下し1/3程度となる結果が得られた。「HMD型」は、



図8 移動測定の状態



図9 HMD型の操縦状況

「搭乗」、「遠隔目視」には及ばないものの、従来の「俯瞰型」と比較すると、大幅に作業効率が向上する結果を得た。

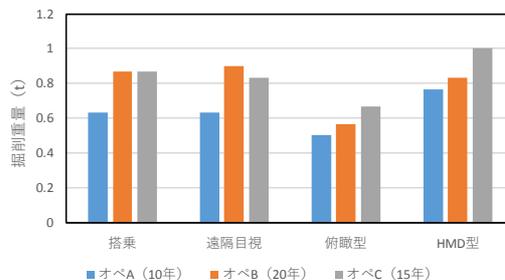


図10 掘削量の結果



図11 掘削測定の状態

次に、掘削重量を検証した結果を図10に示す。掘削重量は、重機に搭載されている荷重計から求め、5回の平均値とした。オペAは、全体的に重量が少ない傾向となったが、同一人物におけるそれは、「俯瞰型」が最も少ない結果となり、他の条件ではほぼ同一となる結果が得られた。なお、「俯瞰型」はアタッチメントから地面までの距離感が掴み難いことから掘削するまでの時間が他の条件とは大きく異なる結果が得られ、作業する上で臨場感が非常に重要であることが示された。

5. まとめ
遠隔地から安全に建設重機を操縦するために必要となる映像情報システムについて検討を行った。遠隔で制御する上で、距離感の把握やカメラワークを不要とすることで作業効率を大幅に向上できることが示された。今後は、運用に当たって安全管理方法や画質精度の向上等を進めていく予定である。