

HMD を用いた臨場型遠隔映像システムの開発 その1. 基本性能検証

大成建設株式会社 技術センター 正会員 ○加藤 崇, 正会員 木下 勇人, 正会員 西田 与志雄
国立研究開発法人土木研究所 正会員 橋本 毅, 正会員 山田 充

1. 背景

災害対応や高放射線状況下での復旧工事では、二次災害の危険を伴うため安全性が確保されるまでは人が立ち入れない場合がある。その際、これまでは安全な遠隔地から重機を操縦して工事を行う手法が多く採用されてきた。無人化施工では重機に搭載したカメラ映像や全体を俯瞰するカメラ映像をそれぞれ用いて作業を行うため、設置に時間を要する等の課題があった。また、重機に搭載したカメラでは奥行き感を把握することが困難であり、作業効率の低下に課題があり、筆者らは、ヘッドマウントディスプレイ（以下 HMD）を用いて安全な遠隔地にいながら実際に搭乗している感覚で重機を操縦できる臨場型遠隔映像システムを開発した。

本稿では、電波強度や振動特性に関する基本性能を検証した結果について述べる。

2. 実験的検証

本検証で使用した HMD システム構成図を図 1 に、重機への設置状況を図 2 にそれぞれ示す。ステレオ魚眼カメラは、操縦席前方のジンバルの上に固定（図中右上）し、重機の振動を考慮した機構を採用している。映像送信機は、伝送量の関係から、左右の映像をそれぞれ別の無線機を利用した送信しており、操縦席の左右前方に設置した（図中右下）。

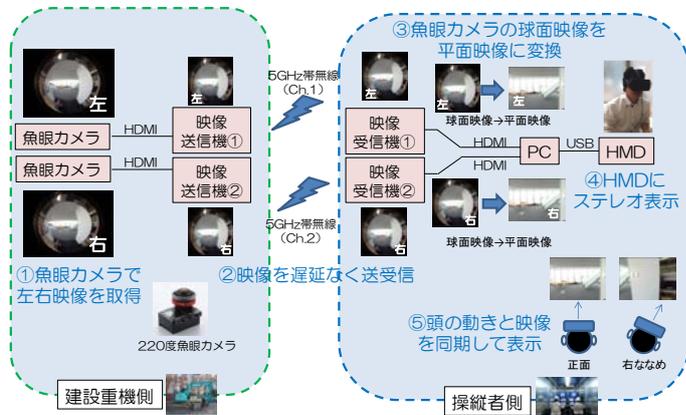


図 1 システム構成



図 2 遠隔制御に用いた重機

2. 1 映像無線機の検証

重機に設置した左右それぞれの映像無線の電波を用いて、角度と距離の関係について検証を行った。図 3 に示すように映像無線機（右側：送信機①，左側：送信機②）を設置し、30度ごとに5m離れた地点で電波強度を計測した。旋回角度ごとの電波強度の結果を図 4 に示す。各送信機

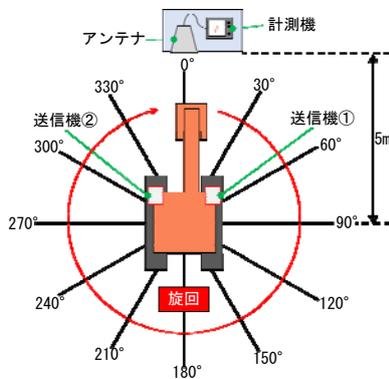


図 3 角度ごと信号強度計測状況

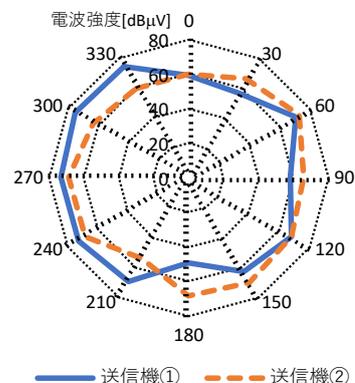


図 4 旋回角度ごとの電波強度

キーワード 無人化施工, 遠隔映像, ヘッドマウントディスプレイ, 電波強度, 振動制御

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター生産技術開発部 TEL 045-814-7229

から概ね同等の信号強度となることを確認したが、重機の 180 度方向に鉄製の制御盤があり、これが遮へいの影響となる角度では強度が 20dB 程度弱くなる結果を得た。また、0 度方向についても、同様にアームやバケットの影響により 10dB 程度弱くなり、無線機を設置する際は、遮へい物の影響を十分考慮して設置する必要があることが示された。

次に、映像無線機の到達距離について検証を行った。検証は、図 5 に示すように、距離ごとにカメラからの映像をモニターで確認し、その時の電波強度を計測した。なお、旋回角度は送信機②の出力が最大となる 30 度の方向に固定した。距離ごとの電波強度の結果を図 6 に示す。横軸が重機からの距離、縦軸が電波強度を示している。重機の近傍では 65dB μ V 程度の強度が確認されたが、距離に応じて電波強度は弱くなり、50m~250m 程度では 40~50dB μ V の強度であった。300m 離れると送信機①の映像が届かなくなり、本システムでは 40dB μ V を下回ると映像伝送ができなくなることがわかった。

制御盤が設置されている 180 度方向の電波強度は 50dB μ V 程度であり、この方向では到達距離は大幅に短くなることが想定される。そのため、電波の遮へい等を十分考慮して映像無線機の設置位置を計画する必要がある。

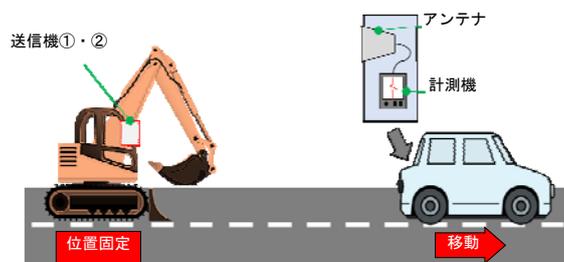


図 5 距離ごと電波強度計測状況

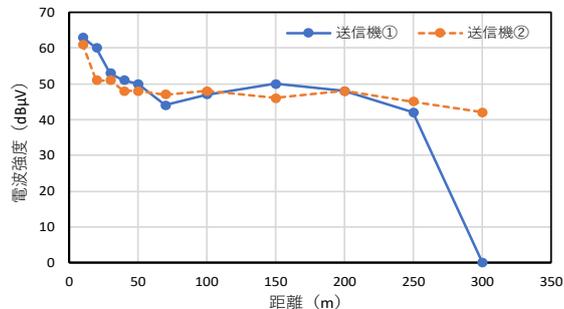


図 6 距離ごと電界強度計測結果



図 7 検証状況 (搭乗, HMD, カメラ)

2.2 カメラの振動検証

オペレータは HMD に表示される映像を見て重機を遠隔操縦するが、重機に設置した魚眼ステレオカメラが振動等で揺れると HMD に表示される映像も揺れる

ため、オペレータにとっては不快となる。そこで、重機の振動について、搭乗した場合のオペレータの頭部とカメラの振動について検証した。検証状況を図 7 に示す。搭乗の場合は重機本体とヘルメットに、遠隔制御の場合は重機本体とカメラを設置した架台に加速度計をそれぞれ設置した。加速度の結果を図 8 に示す。横軸が時間、縦軸が鉛直方向の加速度を表している。図中左が搭乗した際のオペレータの頭部と重機の関係、右がカメラと重機の関係である。この結果より、重機本体よりもヘルメットの加速度が小さくなっていることがわかるが、カメラは重機の振動よりも大きくなる傾向が得られ、ジンバルが有効に機能していないことがわかった。

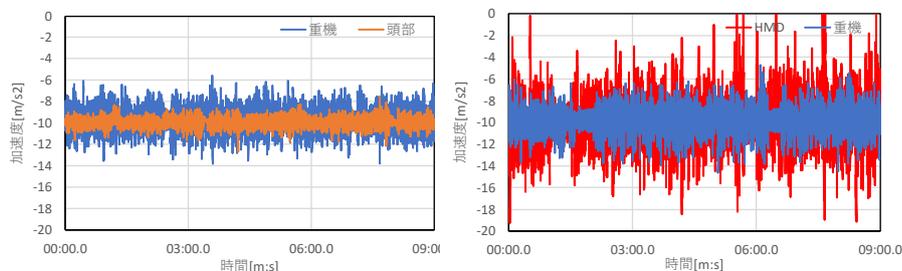


図 8 各条件における加速度の結果 (搭乗, HMD)

3. まとめ

重機を遠隔操縦することを目的とした HMD システムの基本性能を検証した。無線機を重機に設置する際は、周囲の遮へい物を十分考慮して計画する必要があることがわかった。重機に設置したカメラは重機の振動よりも大きく揺れていることを確認した。今後は、カメラの振動制御機構の改善やさらなる画質の向上を進める予定である。