

次世代社会インフラ用ロボット現場検証における 無人化施工用俯瞰映像提示システムの適用

○ 小松 廉^{*1}, 藤井 浩光^{*1}, Alessandro Moro^{*1,*2},
野末 晃^{*3}, 三村 洋一^{*3}, 小幡 克実^{*3}, 山下 淳^{*1}

On-site Experiment of Robot for Next Generation Social Infrastructure on Bird's-eye View System in Unmanned Construction

○ Ren KOMATSU^{*1}, Hiromitsu FUJII^{*1}, Alessandro MORO^{*1,*2},
Akira NOZUE^{*3}, Yoichi MIMURA^{*3}, Katsumi OBATA^{*3} and Atsushi YAMASHITA^{*1}

*1 東京大学, The University of Tokyo

*2 ライテックス, Ritecs *3 フジタ, Fujita

人命に危険を及ぼす災害現場において、ロボットの遠隔操縦による復旧作業への期待が高まっている。筆者らは、遠隔操縦可能な建設機械に対して俯瞰映像提示システムを搭載し、より効率的に無人化施工可能なシステムを提案してきた。2014年12月に雲仙普賢岳で行われた次世代社会インフラロボット現場検証において、提案システムの実用性の評価を行った。本論文では現場検証の内容と結果を報告し、俯瞰映像提示システムにおける今後の課題について述べる。

Key Words: 俯瞰映像, 遠隔操縦, 無人化施工

1. 序 論

人命に危険を及ぼす災害現場において、ロボットの遠隔操縦による復旧作業への期待が高まっている⁽¹⁾。無人化施工は、無人化施工専用機の調達に時間がかかり作業着手までに時間を要する点や、有人作業と比較して作業効率が劣る点などの課題があり、状況に応じては危険であっても有人で復旧作業が行われる⁽²⁾。

筆者らは、国土交通省九州技術事務所と株式会社フジタで共同開発されたロボ Q⁽³⁾ を用いて遠隔操縦可能とした建設機械に対して俯瞰映像提示システムを搭載し、作業着手までの時間が短く、より効率的に無人化施工可能なシステムを提案してきた⁽⁴⁾。ここで俯瞰映像提示システムとは、機体に魚眼カメラを複数台搭載し得られる映像を統合することで、ロボットを上から眺めたような映像を提示するシステムである。

2014年12月に雲仙普賢岳で行われた次世代社会インフラロボット現場検証に参加し、提案システムの実用性を評価した。本論文では、無人化施工用俯瞰映像提示システムの適用という観点から現場検証の内容と結果を報告し、今後の課題について述べる。

2. 提案するシステム

2.1 建設機械への取り付け 遠隔操縦可能な建設機械を、安全な場所から俯瞰映像を見て操縦し施工を行うといった提案システムのコンセプトを図1に示す。使用する建設機械はバケットサイズ 0.8m³ の汎用バックホウである。まずは遠隔操縦を可能とするため

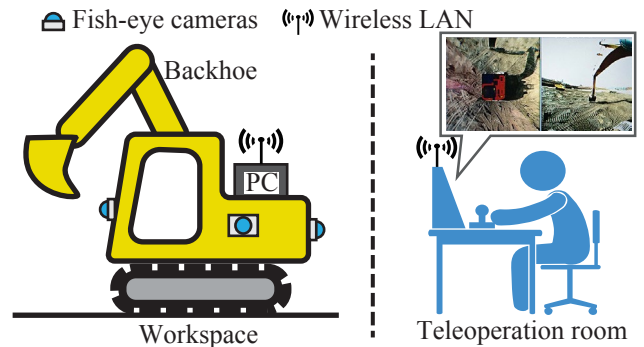


Fig. 1: System overview



(a) Installed Robo Q⁽³⁾ (b) Installed cameras

Fig. 2: Installation on backhoe

に、ロボ Q をバックホウの運転席に取り付ける（図 2(a)）。

俯瞰映像提示を可能とするために、バックホウの前後左右に合計 4 台の魚眼カメラを取り付ける（図 2(b)）。魚眼カメラは防水ケースに入っており磁石で機体に取り付け可能であるため、容易に脱着できる。魚眼カメラから得られた映像を統合し俯瞰映像を生成



Fig. 3: Calibration



Fig. 4: Bird's-eye view images

するためのパソコンを、防水ボックスに収納してバックハウのボンネット部に設置する。運転席の様子を確認するためのカメラをバックハウの運転席内に設置する。

2.2 俯瞰映像生成 本研究における俯瞰映像の生成手法は文献⁽⁴⁾に基づいている。俯瞰映像を生成するためには、魚眼カメラの取り付け後に魚眼カメラ間の位置関係を求めるために、以下で述べるキャリブレーションを行う必要がある。

バックハウの周囲に 0.9m 四方の正方形のプレートを複数枚設置する(図 3)。その際に、2 台の隣り合う魚眼カメラから得られる映像上に同じプレートが最低 1 枚映っている必要がある。得られた魚眼カメラの映像を用いて半自動的にキャリブレーションを行うことで、俯瞰映像生成が可能となる(図 4)。図 4 において、左側の映像は俯瞰映像であり、右側の映像はバックハウの前方に設置された魚眼カメラから得られた映像の歪みを補正した映像である。

2.3 映像伝送 図 4 で示した映像と運転席内のカメラで撮影した映像は、H.264 の規格を用いて圧縮した上で無線 LAN を用いて操作室へ送られる。俯瞰映像と前方の映像の解像度は、それぞれ 640pixel×640pixel である。

3. 雲仙普賢岳における現場検証

筆者らが参加した次世代社会インフラ用ロボット現場検証は、2014 年 12 月 15 日から 19 日まで雲仙普賢岳で行われた。

3.1 検証内容・結果・考察

● 取り付け・調整検証

無人化施工のための機材の取り付け・調整に要する時間を測定した。

● 掘削積込検証

指定された領域を掘削してダンプカーへ土砂の積込を行った(図 5(a))。時間内で掘削積込可能な量を測定した。

● 走行検証

全長約 60m で幅 5m のコースを用いて完走までの時間を計測した(図 5(b))。コースの最後には法面の昇降や、掘削を行う課題があった。



(a) Gravel Transportation



(b) Traveling

Fig. 5: On-site experiment

3.2 検証結果・考察 取り付け・調整検証では、バックハウにロボ Q やカメラを取り付ける作業を 6 人でを行い、約 1 時間 30 分で完了した。また、約 45 分でキャリブレーションを行い俯瞰映像生成が可能になった。無人化施工専用機では、調達状況にも左右されるがシステムの立ち上げまでに 2 週間程度かかるため、提案システムは極めて短時間で復旧作業への着手が可能であることが検証できた。

掘削積込検証では、外部カメラからの映像がある場合と比較して提案システムは 8 割程度の効率であった。

走行検証では、外部カメラからの映像がある場合と比較して、提案システムは法面の昇降や掘削を行う複雑な課題では効率がやや劣るが、平面の走行性能はほぼ同等であった。

4. 結 論

筆者らはロボ Q を用いて遠隔操縦可能となった建設機械に対して俯瞰映像提示システムを搭載し、作業着手までの時間が短く、より効率的に無人化施工可能なシステムを提案した。

雲仙普賢岳で行われた次世代社会インフラロボット現場検証に参加し、提案システムの実用性を評価した結果、極めて短時間で復旧作業への着手が可能であることが確認できた。また外部カメラからの映像がある場合と比較して平面の走行では同等の結果が得られたが、法面の昇降や掘削など複雑な課題では外部カメラからの映像が必要であるという結果が得られた。

俯瞰映像提示システムにおける今後の展望として、複雑な課題において性能向上のために真上からの視点以外の映像を提示するなどの施策が挙げられる。

参考文献

- (1) 浅間 一, “災害時に活用可能なロボット技術の研究開発と運用システムの構築”, 日本ロボット学会誌, vol. 32, no. 1, pp. 37–41, 2014.
- (2) 新田 恭士, “災害復旧に貢献する無人化施工技术”, 土木技術, vol. 67, no. 4, pp. 16–23, 2012.
- (3) 藤本昭, 松岡雅博, 茶山和博, 藤岡晃, “遠隔操縦ロボット(ロボ Q)の開発”, 土木学会第 58 回年次学術講演会概要集, vol. 58, no. 6, pp. 61–62, 2003.
- (4) 佐藤 貴亮, 藤井 浩光, Alessandro Moro, 杉本 和也, 野末 晃, 三村 洋一, 小幡 克実, 山下 淳, 浅間 一, “無人化施工用俯瞰映像提示システムの開発”, 日本機械学会論文集, vol. 81, no. 823, pp. 1–13, 2015.