

技術名	無線 LAN を用いた無人化施工システム
番号	No. 6. 1-5
発注者	—
施設名	—
所在地	—
工事名称	—
施工期間	2004年1月～2005年9月
施工者	五洋建設(株)
キーワード	汚染土壌、対策工事、電動駆動式油圧ショベル

(1) 概要

無人化施工は、火山噴火や土砂崩壊など人が立ち入ることができない危険区域において、無線伝送されるモニタ映像を見て施工機械を遠隔操作し工事を行う。こうした施工は、雲仙・普賢岳や北海道・有珠山に始まり多くの施工実績がある。被災地での掘削・積込み、運搬、敷き均しおよび転石処理といった基本的な作業から、崩壊構造物の撤去や砂防ダムの建設などに採用されている。そのため、施工現場において、安定した無線伝送状態の確保ができる無線システムの構築が施工性に大きく影響している。また、今後、無人化施工の多方面への適用範囲拡大にとまならない、施工機械の台数や施工の高度化に伴う情報量の増加が見込まれ、無線電波のチャンネル数不足や電波の干渉・混信などが大きな課題となっている。

そこで、無人化施工に無線 LAN を組み合わせた技術で施工機械の制御信号と映像信号をひとつのネットワーク上で双方向伝送ができるようになった。さらに、各種センサやマイクの信号を変換して施工機械の稼働状況や稼働音、現場での出来型などの測量値や環境計測値などの情報伝送へも適用が可能である。図-1 に従来の無線伝送システムと無線 LAN 伝送システムの比較図を示す。

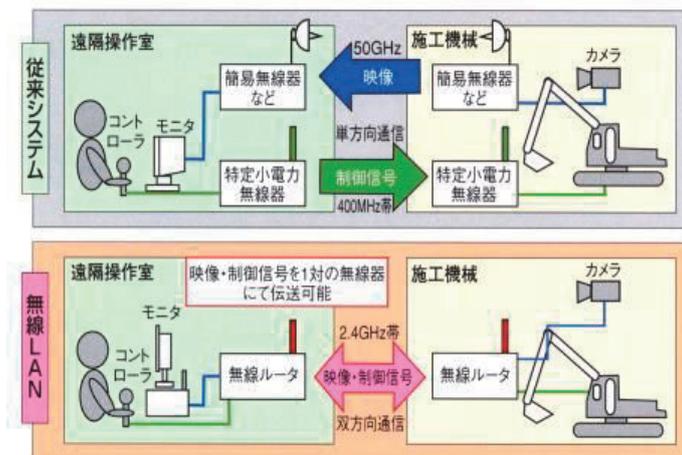


図-1 施工システムの比較

## (2) 技術の詳細

### 1) シンプルな機器構成で双方向伝送を実現

一つの無線 LAN 上で双方向伝送できるため、ネットワーク内で混信がなく、無線伝送機器構成がシンプルである。

### 2) 様々な施工条件への対応が可能

電波の反射や遮へいの影響で劣悪になる電波環境でも、各種アンテナを用いて受信状況が向上し、中継局を設置して電波の方向を変えることで対応が可能である。また、複数の中継局を設置して施工機械が最適なアクセスポイントを選択・切替可能で、尚且つ光ファイバーネットワークを組み合わせれば長距離の連続移動も可能である。

### 3) 各種の工法・施工機械に対応

機械の稼働状況や現場の温度など、多くのデータを伝送できるので、火山や地震といった災害復旧工事のみならず、構造物の築造・解体、海洋工事、その他危険が伴う工事へ対応ができる。また、無線 LAN の通信方式は、国際標準化されているプロトコルなので、異なるメーカーの施工機器でも接続できる。

## (3) 土壌・地下水汚染対策の無人化施工事例

### 1) 工事概要

試験適用した工事は、大阪市のごみ焼却場の建替えにあたり、拡張する計画敷地内で 2001～2002 年度に行った調査によって、土壌・地下水汚染があることが判明したことから、汚染区域の土壌を掘削・除去する工事を行なうものである。当工事では、汚染物飛散防止のため防塵建屋で全体(施工面積:1,600 m<sup>2</sup>)を囲い、汚染土壌を全て掘削・除去(土量約 7,200 m<sup>3</sup>、掘削深度-4.5m～-8.5m)したうえで、新たに良質土を搬入して敷地を埋め戻した。このうち土量約 300 m<sup>3</sup>の掘削・除去に無人化施工システムを試験適用したところ、工期は作業員が建屋内部に入っの重機作業とほぼ同程度を確保する一方、作業環境の改善は一層図られたことで、人体への影響リスクが低減する結果が得られた。



写真-1 工事場所の防塵建屋外観



### ③ ケーブル管理

解体装置本体には電源及び信号ケーブルがつながっていることから、とくに稼働する重機周辺や土留め矢板端部でのケーブル管理は重要である。これらは常に一定のテンションをかけたケーブルドラムを設置することで対処している。



写真-2 操作状況



写真-3 掘削状況

### (4) 結 果

焼却施設や原子炉施設解体を想定した無人化施工技術として、無人化施工を汚染区域に適用した場合、以下の有効性が挙げられる。

- ・作業環境の改善、人体への影響リスクの軽減などが図れる。
- ・現場環境に左右されることなく施工機械の遠隔操作が可能となる。
- ・作業時間が制限される劣悪な現場ほど、安定した作業時間の確保が可能であり工期に大きく貢献できる。

参 考 文 献	・無線 LAN を用いた無人化施工システムの開発：五洋建設(株) 杉本英樹 他、電力土木 No. 309、61-65 ページ、2004 年 1 月 ・汚染土壌対策を支える無人化施工システム：五洋建設(株) 杉本秀樹、 建設の施工企画、No. 670、40-43 ページ、2005 年 12 月
備 考	—

技 術 名	次世代無人化施工システム
番 号	No. 6. 1-6
発 注 者	-
施 設 名	-
所 在 地	-
工 事 名 称	-
施 工 期 間	-
開 発 者	大成建設(株)
キーワード	自律制御、慣性航法、自動追尾型トータルステーション

(1) 概 要

従来無人化施工は、人間が立ち入ることの出来ない作業現場において、作業箇所周辺のカメラ映像を見ながら、建設機械をレバー操作等により遠隔操作で施工を行うものであった。雲仙普賢岳などの火山環境下や、豪雨による土砂・洪水等の二次災害が懸念される箇所、福島第一原発の放射線環境下といった酷所環境下における災害復旧等の作業が多い。

無人化施工が可能な技術者や操作者は年々減少しており、緊急時には人材の確保が困難になることが懸念される。また、熟練度に依存する施工速度、出来栄えのばらつきやという問題がある。そこで、操作者を支援するツールとして、作業場所や状況を自ら判断し自律的に作業するような、高度なロボット技術を建設機械に適用できないかと考えた。

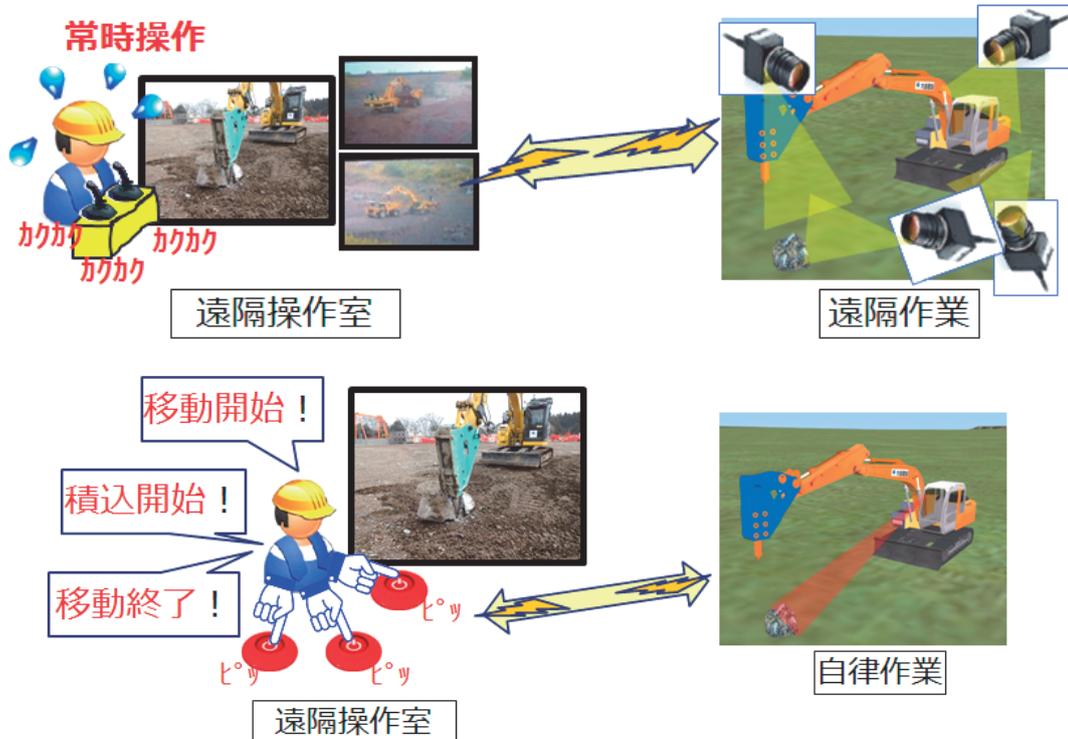


図-1 従来の遠隔操作(上) 無人化施工(下)

## (2) システム

従来の無人化施工技術で抱える問題を解決するため、作業機械に人間の五感に代わるセンサ類を搭載し、従来のレバー操作ではなく、作業開始命令を与えれば建設機械自らが周辺状況判断して作業を行うシステムを構築した(図-2)。

### 1) 構成

- ① 自動追尾型トータルステーション：ジャイロ補正情報取得。
- ② 自律制御用CPU：取得したセンサ情報をもとに周辺状況や機体姿勢の把握、「慣性航法」を用いた自己位置推定によって自律走行及び転圧作業を行う。
- ③ ホストPC：転圧回数や幅などの作業計画の入力を行う。



図-2 無人化施工システム

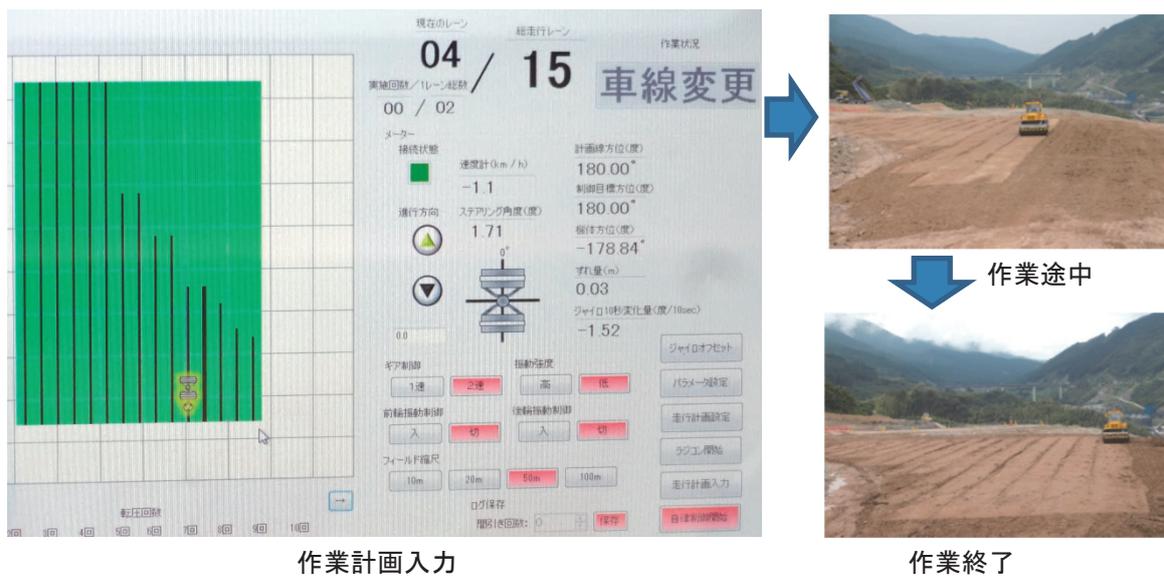


写真-1 無人化施工の流れ

## 2) 搭載センサ

実証に使用した振動ローラに搭載したセンサー一覧を表-1、センサ搭載状況を写真-2 に示す。搭載したセンサは、機体状態と周辺状況の把握の用途に大きく分類される。また、センサの選別に当たっては振動ローラの作業時振動に耐えられることを考慮して耐振動・衝撃性能の高い仕様のものを選んだ。

表-1 搭載センサー一覧

分類	項目	適用センサ
機体状態	姿勢検出	MEMS3軸ジャイロ
	速度検出	回転センサ
	ステアリング角検出	変位センサ
	位置検出	自動追尾型トータルステーション
周辺状況	前方探査センサ	2Dスキャナ
	車載カメラ	ネットワーク型カメラ

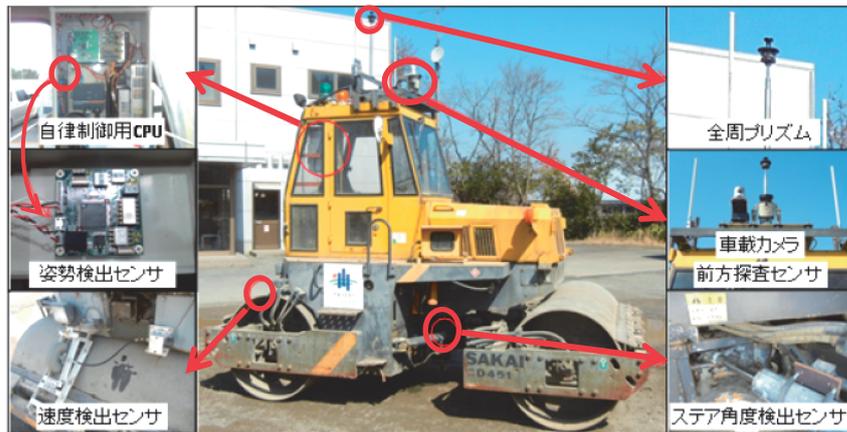


写真-2 センサ搭載状況

## (3) 結果

前述のシステムを搭載した振動ローラを用いて試験フィールド内で自律転圧作業実証実験を行った。

これにより、転圧作業精度やセンサ類の耐振動性を検証した。

- ① 走行精度は 400mm であった。
- ② 自律作業は振動における走行精度への影響は少なく、搭載センサ類の耐振動性は十分であった。
- ③ 車体中央を屈曲させ方向転換する機構の機械制御において、車体中央が屈曲する際に前後

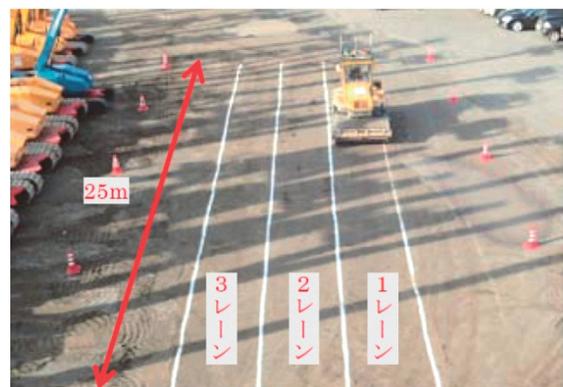


写真-3 実験状況

輪間で発生する不規則な挙動は、走行プログラムを工夫し制御することができた。

通常、遠隔操作の転圧作業では、転圧残しが無いよう施工重複幅を 500mm（雲仙普賢岳周辺砂防ダム等特記仕様書）としている。今回の結果から現状 500mm である施工重複幅を減じ、走行レーン数の減少による施工効率向上が期待できる。（図-4）

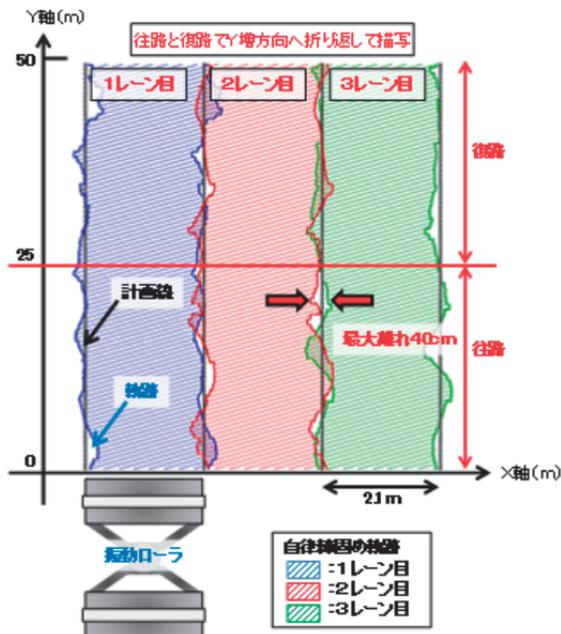


図-3 走行軌跡

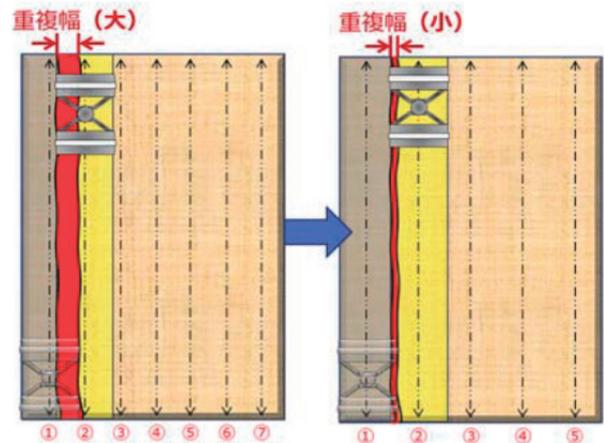


図-4 施工効率向上イメージ

参考文献	『次世代無人化施工システムの開発』大成建設(株) 宮崎裕道、青木浩章、土木学会年次学術講演会、VI-322、2014.9
備考	特許出願番号：2015-148935、2015-001121