

58. テレアースワークシステムの開発と実施

(株)フジタ： 大森 嘉朗・源 雅彦
* 梶田 秀芳

1. 概要

近年における建設業の労働者不足は、熟練・技能労働者を中心に深刻化している。また、建設業への若年労働者の参入が極端に減り、労働者の高齢化がますます顕著化する傾向や、労働災害が社会問題となっている。土工事の施工現場もその例外ではなく、土工機械の自動化や施工の合理化の推進、苦渋作業や危険作業からの解放など労働環境の改善が望まれている。それは建設業界のみならず、社会的にも大きな課題となっている。

そこで、高齢者や未熟練労働者でも高環境のもとで十分安全な作業が可能となる総合遠隔工事システムをめざし、マルチメディアを応用した「テレアースワークシステム」を開発した。

2. 開発の目標

開発にあたっての基本的な目標は以下の通りとした。

- ①作業エリアから十分離れた安全で快適なコントロールルームからのテレオペレーションシステムの開発
- ②遠隔工事を支援するための、測量システム及び技術サポートシステムの開発

3. システムの構成

「テレアースワークシステム」は、図-1に示すように(1)テレオペレーションシステムと、(2)施工支援システムから構成されている。本システムのプロット図を図-2に示す。以下に(1)(2)それぞれのシステムについて詳細な説明を行う。



図-1 システム構成図



図-2 テレアスワークシステム概念図

(1) テレオペレーションシステム

テレオペレーションシステムは、a) 通信システム、及びb) テレイグジスタンスシステムから成り立っている。

a) 通信システム

通信システムは、遠隔操作に必要な映像と制御データの通信を各種周波数帯(400MHz~50GHz)の無線を組み合わせ、複数の無人重機を同時に操作し、かつ双方向に通信を行うシステムである。双方向通信をするデータは、以下の通りである。

- ①制御データ(重機制御、カメラ及び雲台制御)
- ②重機情報データ(燃料残量、エンジン回転数、冷却水温、重機姿勢データ、測量データ他)
- ③映像(高所カメラ、移動カメラ、立体視カメラ他)

従来の遠隔操作の概要を、図-3に、本システムにおける遠隔操作の概要を図-4に示す。



図-3 従来の遠隔操作

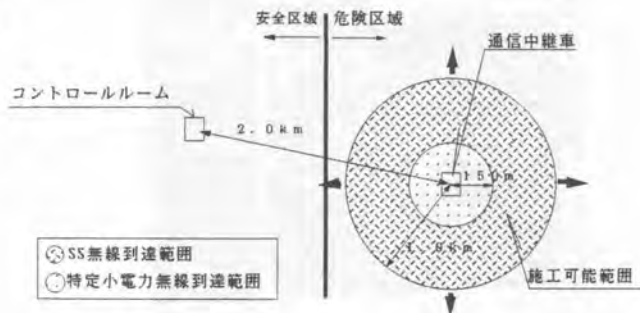


図-4 本システムの遠隔操作

従来方式では、主として目視で遠隔操作が行われていた。この方法では作業範囲は150m程度が限界である。本システムにおける遠隔操作では、無人通信中継車を利用することにより、操作可能範囲を半径約1kmにまで拡大することができた。

b) テレイグジスタンスシステム

テレイグジスタンスシステムは、オペレータが遠隔地にいながら正確な作業を行うための映像・音声を提供するシステムである。コントロールルームのオペレータ前面にオペレータを取り囲むように3台の大型映像画面を配している。正面画面には立体画像、左右それぞれの画面には、重機運転席の左右に配置されたカメラ映像を映し出し、あたかも運転席に乗っているかのごとき臨場感を提供できる。このシステムは、CAVEシステムと称す。(写真-1参照)



写真-1 CAVEシステム

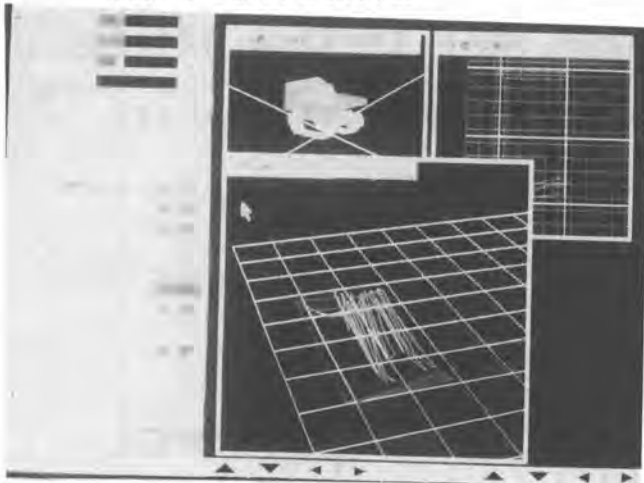


写真-2 リアルタイムな測量モニター

(2) 施工支援システム

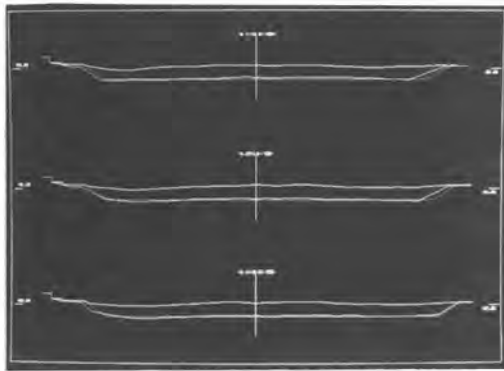
施工支援システムは、c) 掘削管理システム、d) 出来形・出来高管理システム、及びe) グローバル技術サポートシステムで構成されている。

c) 掘削管理システム

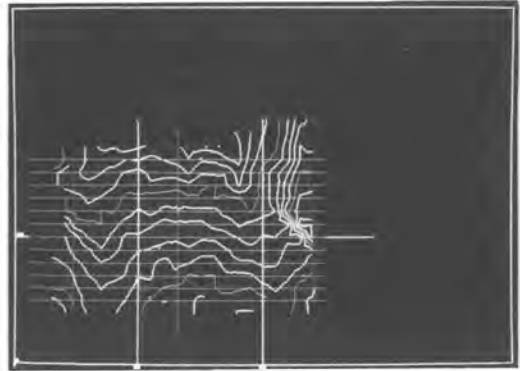
掘削管理システムは、トータルステーションによる遠隔測量でバックホウの三次元位置を計測し、この位置情報と機体に取り付けたセンサーによる重機の姿勢情報に基づきバケット刃先の位置と掘削予定ラインをCGで表示し、所定の深さを掘削するシステムである。

d) 出来形・出来高管理システム

これは、GPS及びトータルステーションによる遠隔測量結果をもとに出来形・出来高を自動計算し、施工管理の支援を行うものである。写真-2にリアルタイムな測量モニター、写真-3に出力例を示す。



(横断面図)



(等高線図)

写真-3 出力例

e) グローバル技術サポートシステム

これは、衛星通信等を利用したテレビ会議により、現場事務所と本社・支店等をつ結び、タイムリーに無人化施工を多方面からサポートするマルチメディアを応用したシステムである。その概要図を図-5に示す。

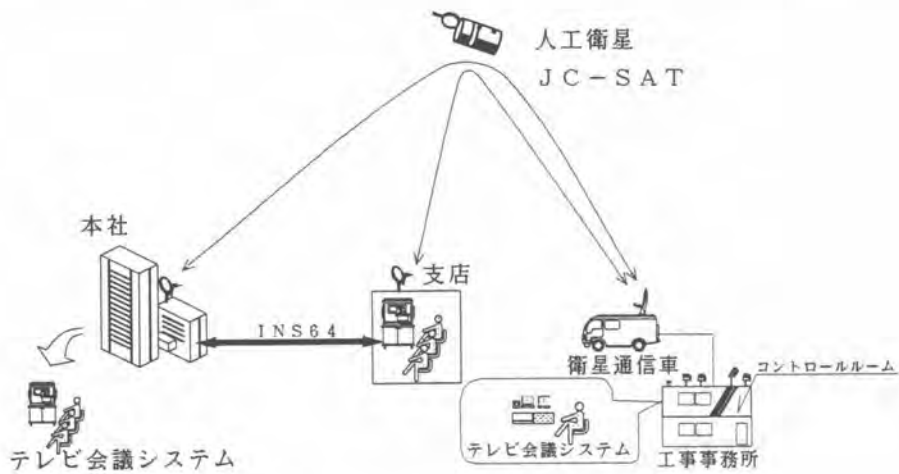


図-5 グローバル技術サポートシステム

4. 工事実績

雲仙普賢岳における1期工事から3期工事までの無人化施工に本システムが採用された。その工事概要を表-3に示す。また、主な使用機械の一覧を表-4に示す。

表-3 工事概要

	1期工事	2期工事	3期工事
工事名称	雲仙普賢岳水無除石工無人化 施工試験(その1)工事	3号遊砂地除石工無人化 施工試験(その2)工事	3号遊砂地第2工区 無人化除石工事
工事場所	長崎県島原市天神元町	同左	同左
工期	平成6年1月25日~6年4月30日	平成6年6月23日~6年8月31日	平成6年10月1日~7年3月30日
工事数量	除石工 6,500m ³	除石工 16,000m ³	除石工 100,000m ³

表-4 主な使用機械

名 称	規 格	台数
バックホウ	3.0m ³ 級	1
ブレーカ付バックホウ	2,900kg級	1
ホイールダンプ	78t積	1
クローラダンプ	12.5t積	1
ブルドーザ	62t級	1
移動カメラ車1	クローラダンプ2.5t級	1
移動カメラ車2	バックホウ0.15m ³ 級	1
高所カメラ車	高所作業車 L=13.5m	2
通信中継車	クローラダンプ12t積	1
GPS	超遠隔仕様・RTK*	1
トータルステーション	超遠隔仕様	1

参考) RTK* : リアルタイムキネマティック測量

3期工事における平均掘削・運搬土量は、

1, 500~2, 000m³/日-8時間(最高掘削・運搬土量実績 2, 752m³/日)

の実績を上げることができた。建設省土木工事積算基準(ルーズな砂質土の掘削・積込)の場合、

2, 260m³/日-8時間

であることから、有人作業にきわめて近い施工能力が得られていることがわかる。

5. おわりに

雲仙普賢岳における除石工事は、我が国でも初めての本格的な無人化施工による大規模な工事であり、噴火活動が止まない活火山という自然を相手にした危険な工事でもあった。本システムを開発・利用することにより、作業能力・安全管理・労働環境などの面で予想以上の成果を上げることができた。

今回の施工実績により本システムの有効性が実証され、実用段階へ大きく前進することができた。また、今後の高齢化社会や労働力不足など構造的問題にも対処できる可能性を確認したことは、21世紀の建設工事のあり方に明るい材料を提供できたと考える。

本システムの遠隔無人化施工技術を今後さらに研究、改善していくことにより、建設工事においていろいろな作業への展開を期待している。