

1. はじめに

建設機械（建機）の遠隔操縦（ラジコン建機）は、1960年代に製鉄所の高炉近傍の灼熱環境の中で働く機械が最初であると言われている。土木分野では、1969年に開発された水中ブルドーザが最初である。以来、鉱山の立孔近傍等の危険現場、廃棄物処理等悪臭で苦渋な現場、土砂災害救援や復旧等危険な現場で稼働する建機に遠隔操縦装置が採用された。

クレーン、コンクリートポンプ車、パイプクラム仕様の建機等は、作業の生産性向上やワンマン作業を目的にラジコン仕様が採用されている。表1に建機の遠隔操縦システム採用例を示した。

2. ラジコン建機の施工例

2.1 苦渋・危険からの回避

製鉄所では高炉周辺での積込作業（写真1）の



写真1 高炉周辺での積込作業



写真2 コンクリート吹付け



写真3
アスベスト
除去ロボット

他、高温の鉱滓の処理等を行うブルドーザ等建機のラジコン化が行われた。シール類の耐熱性を向上させる等の改良が、高州市の雲仙普賢岳の災害復旧作業時、走路の表面温度100℃の要求性能をクリアするための基盤技術となった。

苦渋現場でのラジコン採用は、廃棄物の埋立処理を行うランドフィルコンパクタ等にも採用された。

写真2は、擁壁の崩壊抑止を目的としたコンクリート吹付けロボットである。非搭乗方式とする事で、吹付け時の噴煙からオペレータを守る事ができる。写真3は、遠隔操縦式アスベスト除去ロボットである。

その他、VOCやダイオキシン類により汚染した工場建替え用地の汚染拡散防止対策工事、汚染土壌の掘削除去、無害化処理工事の汚染土壌掘削に無人化施工システムを適用した事例がある。

写真4及び写真5の水中ブルドーザは、川底の岩盤掘削やヘドロ等の堆積物除去を目的として

表1 建設機械の遠隔操縦

	作業の種類	対象機械や作業例	備考
1	苦渋な現場	製鉄所の高炉の近接作業、廃棄物埋立、汚染土壌改良、コンクリート吹付け、アスベスト除去、農薬散布	
2	危険な現場	水中施工、災害出動、災害復旧、鉱山等立孔近傍作業	
3	作業の容易化 (生産性向上)	クレーン、コンクリートポンプ車、パイプクラム仕様機、設置作業や仕上げ作業、ミニ油圧ショベルによる都市型土木工事	作業装置の近くで操縦
4	補助的な作業	積込現場での集土、資材搬送	
5	単純な繰返し作業	転圧、はつり、仕上げ、塗装	全自動化例有り



写真4 水中ブルドーザ



写真5 水中ブルドーザ(水没稼働)



写真6 雲仙普賢岳における無人化施工

1969年に開発され、以来、河川や浅海域で活躍している。エンジンの排気管を水上に出し走行する。

2.2 災害とラジコン建機

2.2.1 無人化施工

無人化施工とは、「人間が立ち入ることができない危険な作業現場において、遠隔操作が可能な建設機械を使用し、作業を行うこと」と定義されている。

忘れた頃にやってくる災害は、水害、地震、津波、火山の噴火、原子力施設の事故など多様である。1991年雲仙普賢岳の火砕流で43人、1995年神戸震災6434人、1996年北海道豊浜トンネルの岩盤崩落20人、2004年中越地震65人、2008年岩手・宮城内陸地震20余人(含不明者)など、災害による犠牲者は多数にのぼる。

災害に係わるラジコン建機の活躍の場は、崩壊等で埋まった人々を救援する「災害救援」、災害発生直後の被害を最小限に食い止めることを目的とした「応急対策工事」、災害がある程度沈静化した後に行う本格的な「復旧工事」がある。

「無人化施工」は、1994年長崎県雲仙普賢岳の火山災害の復旧工事で採用され、以来、150以上の復旧工事に採用されている。豊浜トンネルの岩盤崩落以降、ラジコン建機は救助にも出動している。ラジコン建機が普及すれば、都市型の災害においても被災者の救援に大きな力を発揮すると言われている。写真6及び写真7は雲仙普賢岳における無人化施工である。

写真6の右側の緑色の機械は、現場に設置され



写真7 無人化施工の建機構成例

た移動カメラ車である。オペレータは、自分の目の代わりに、操縦しているラジコン建機に搭載したカメラの映像、移動カメラ車両の映像、現場全体の映像等を参照してラジコン操作を行う。

搭乗運転の場合には、運転席から見える範囲は図1の白抜きの部分である。ラジコン化をして外部で運転をすれば図中の黒および車線部も見通せるため、安全な操作が可能となる。

2.2.2 ラジコン建機の生産性

表2に無人化施工における生産性の指標を示し

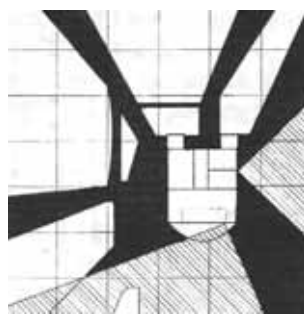


図1 油圧ショベル運転席からの死角領域

表2 施工条件と作業効率例

施工条件	作業効率
条件が劣悪、把持・設置、整形、岩盤破碎など高度な施工の場合、オペレータが建設機械のリモコン操作による施工に未経験な場合など	40%
一般的な遠隔施工(画像システムなどによる) (財先端建設技術センター編「緊急時の無人化施工ガイドブック」2001.7参照)	60%
条件が極めて良好な場合(近距離で機械・現場が眺望できる)	70%

たが、移動カメラ車等を最適な位置に設置すれば、搭乗運転より高い生産性を確保できる可能性もある。

遠隔操縦の場合は搭乗運転に比べて生産性が低く、整備されていない災害現場での機械運用面での有効稼働率が確保できないなどを考慮し、ラジコン建機の手配に際しては、余裕のある能力と数の機械を確保する必要があるとされている。

2.3 一般の土木工事へのラジコン建機の採用

ラジコンが多く用いられているクレーン、コンクリートポンプ車、パイプクラム仕様建機等は作業対象物を面前に見ながら玉掛けなども1人で行える。

建機のラジコン化には、シリーズ①の図4、シリーズ③の図5および図9で示した様に、センサやコンピュータを介して作業装置を微速で動かす等、操作の最適化が行えるメリットもある。

写真8はバッテリー駆動、写真9はエンジン駆動の非搭乗型のラジコンミニショベルである。いずれも、運転席を持たない非搭乗型の建設機械である。用途として、家屋の解体、管理設等の小規模な土木工事、建設基礎、地下や屋内等天井高の低い現場等を想定して製作されている。写真10がダムコンクリートの締固め作業、写真11がダンプ仕様で写真12はバケットを把持装置に換装した土のう詰作業、写真13がクレーン仕様である。

非搭乗型建機の開発目的は下項となる。

- ① 運搬用と作業用機械の一体化による機械の集約
- ② オペレータが作業対象を直視した機械操作
- ③ 狭隘な現場での作業性向上
- ④ 運転席用のキャブを無くして見通しを良くした安全対策
- ⑤ オペレータが補助作業を兼務したワンマン作業の実現
- ⑥ 作業に応じた多様な作業装置の選択

2.4 ラジコン建機が実現した施工法

ラジコン建機には前節で紹介した様に作業要求に応じた作業装置（アタッチメント）の開発が行われてきた。当初は、ラジコン建機の実用性を補うのが目的であったが、工法の展開と無人化施工をパイロット施工と位置付けた砂防工事の発注側の支援もあり、アタッチメントの多様化により無人化施工で対応可能な工種が広がってきた。特定の条件下での採用例ではあるが、砂防工事に関しては無人化施工の領域は確実に拡大している。

新作業装置の開発と相まって、一般土木工事の分野でも、人力作業の無人化が期待できる。表3に無人化施工で試みられてきた工種を例示した。



写真8 非搭乗型油圧ショベル



写真9 非搭乗型油圧ショベル（ブレイカ仕様）



写真10 非搭乗型油圧ショベル（バイバック仕様）



写真11 非搭乗型油圧ショベル（ダンプ仕様）



写真12 把持装置を装備して土のう設置作業



写真13 非搭乗型油圧ショベル（クレーン仕様）

表3 無人化施工の工事の種類と使用する無人建設機械例

工種	無人化施工が可能な作業	使用する無人建設機械例
除石工	集積土砂の撤去作業等（掘削、積込み、運搬）	油圧ショベル（バケット、ブレード）、ブルドーザ、ダンプ
砂防土工	掘削工（土砂掘削・土砂除去、岩掘削）	油圧ショベル（バケット、ブレード）、ブルドーザ、ダンプ
盛土工	整形仕上げ工	油圧ショベル、ブルドーザ、転圧機械
土砂型枠工	掘削、積込み、運搬、型枠材設置・撤去	油圧ショベル
コンクリートダム工（砂防堰堤工：RCC工法）	作業土工、本土工、RCC工法（運搬、敷均し、締固め、散水、レイタンス除去）、副ダム工、側壁工、間詰工、水叩工	油圧ショベル、ブルドーザ、ダンプ、クローラクレーン、振動ローラ／普賢岳
鋼製ダム工／普賢岳	作業土工、鋼製枠吊込工、間詰工、水叩工	油圧ショベル（バケット、揚上装置）、ダンプトラック
護床工・根固め工	作業土工、吸出防止材敷設工、ブロック設置工	油圧ショベル（バケット、把持装置）
仮設道路	切土、盛土、締固め	油圧ショベル、ブルドーザ、転圧機械
流路護岸工	作業土工、（異型）ブロック積擁壁工（掘削、コンクリート打設、根固めブロック据付）	油圧ショベル（バケット、クランプ）、ブルドーザ、不整地運搬車
床固め・水制工	作業土工、根固めブロック工、捨石工、かご工	油圧ショベル（バケット、把持装置）
床固工（高流動コンクリート）	作業土工、床固め本土工、垂直壁工	油圧ショベル（クレーン仕様）、コンクリートポンプ車
法面工	植生工、吹付工、アンカー工、法枠工、かご工	油圧ショベル（法面バケット、揚上装置）
擁壁工	作業土工、土留・仮締切り工	油圧ショベル（バケット、タンパー）
山腹水路工	作業土工、山腹集排水路／山腹明暗渠／集水枘工	油圧ショベル（オフセットブーム仕様、リッパバケット等）
抑止杭・アンカー工	既設杭工、場所打杭工、シャフト（深礎工）、合成杭工、抑止アンカー工、PC法枠工	油圧ショベル
構造物撤去工	構造物取壊し工／破碎、小割、切断、積込み、運搬	油圧ショベル（破碎装置）橋梁破碎／有珠山
樹木伐採工	切断、伐根、運搬	油圧ショベル
コンクリートブロック設置工	障害物除去、床均し、設置	油圧ショベル
大型土のう設置工	運搬、設置	油圧ショベル

3. ラジコン建機と支援技術

3.1 遠隔操縦型建設機械

遠隔操縦建機は、油圧ショベル（バックホウ）、ブルドーザ、ダンプトラック（ホイール型、クローラ型）が中心である。さらに作業の多様化に応じて油圧ショベルをベースマシンとした様々な作業装置（アタッチメント）が開発されている。

最新の情報は、社団法人 日本建設機械化協会のHP（<http://www.jcmanet.or.jp/saigai/>）で公表されている。

3.2 作業装置

人力作業の全てを遠隔操縦型の建設機械で施工するために、作業装置に様々な工夫を凝らしてきた。有人でしかできなかった作業の機械化、無人化を通じて新しい工法も誕生した。表4に、無人化施工で使用された各種作業装置を例示した。

作用装置の開発に応じて無人化施工の工種が拡大している。作業装置の改良や新たな作業装置の開発によって、従来困難とされていた工法の無人化が達成されることを期待したい。

3.3 無人化施工と電波利用

3.3.1 建機の遠隔操縦に必要な情報

表5および図3に、遠隔操縦に必要な情報と無

線装置例を示す。

3.3.2 使用する電波の種類

無人化施工は、離れた所から現場の地形や建機の状態（位置、姿勢、機械の状態など）をオペレータに通知するための遠隔計測と遠隔伝送技術、遠隔施工に合致した作業装置や施工法、建機の遠隔操縦技術に立脚している。表6に、建機の遠隔操縦に用いられるデータの空間伝送媒体と評価を示す。

3.3.3 災害用に認可された電波例と無人化施工協会

雲仙復興工事現場での無人化施工を支援するために1997年に九州電波監理局から提供されたテレコンおよび映像伝送用の実験電波を共有・管理するために建設無線協会が設立された。

これらの技術を涵養し、さらに高度な「無人化施工」を実現するために、2000年11月に建設無人化施工協会（<http://www.kenmukyou.gr.jp/index.html>）が設立された。両団体は一体となって運営されている。

ゼネコン、建機メーカ、無線システム供給業者等も参加している。表7に実験電波の仕様を示す。

表4 無人化施工で使用された各種作業装置

作業装置名称		仕様例	使用例・その他	
バケツ	標準型	0.1~3.5m ³ 級	無人化施工	
	テレスコーム	4.5m ³ 級	一般土木	
	ケーソン仕様	2 t 級~	一般土木、荷役	
	フロントショベル	3 t 級~	ケーソン、トンネル拡幅	
	横払い型	0.1m ³ 級他自由度ブーム	除雪、鋼滓	
ブレーカ		2.2~3.5 t 級	巨石破碎、地下、トンネル工事	
削孔	クローラドリル	全自動クローラドリル、全自動法面ロックボルト機	鉱山用全自動例	
	アンカーロックマシン	無足場削孔機/1.8 t, 4.2 t, 5 t, 6 t 機	無足場ロックボルト工法/大昌建設	
破碎装置(カッター)			有珠山流出コンクリート橋撤去	
樹木伐採用アタッチメント			雲仙普賢岳で検討	
把持機構	土のう把持	バケツフック	吊り上げ方式	有人工区では使用不可
		玉掛け	遠隔・自動玉外し装置付	
		把持装置	汎用機器/間詰めに課題	富士山等で実験
		特製装置	吊り上げ方式	徳島、新島、有珠山
	ブロック積み用クランプ	汎用、ブロック形状に合わせた装置等	雲仙普賢岳、雲川、他	
	型枠把持装置	—	—	
	型枠ブロック	残存型枠(A, Bタイプ)	据付方向付けが難しい	白山砂防 写真14
	円形型枠ブロック	オートフックで切離し	据付方向付けが容易	
	自立式型枠ブロック	把持部+カメラ2台	雲仙普賢岳水無川第2砂防ダム	写真15
	型枠昇降装置	3 t 級非搭乗型油圧ショベル	東電神流川ダム	
	ダムスリット/16 t	専用把持装置/45 t	雲仙普賢岳/フジタ	写真16
	緑化ポット	ポットごと設置、油圧ショベル特殊アタッチメント	雲仙普賢岳で提案	図2
	剥離装置	アスベスト層剥離機構/搔落し、旋回ブラシ	アスベスト除去ロボット	
コンクリート運搬打設装置		油圧ショベルのアタッチメント		
締固め	棒状バイブレータ	3本仕様のコンクリート/バイバック	綾里川ダム/フジタ	
	タンパー	起振力1~10 t	油圧ショベルのアタッチメント	
高流動コンクリート用コテ		油圧ショベルのバケツの代りに均しコテ装備	油圧ショベルのアタッチメント	
自動玉掛け外し機		遠隔操縦		
親子油圧ショベル		バケツに代えミニショベル装備	溝清掃等/フィンガ、各種のアタッチメント	
吹付け装置	コンクリート	超音波・多眼式等の吹付け厚み計測装置	富士砂防	
	種苗など	モルタルやコンクリート吹付けと同様な装置	雲仙普賢岳で検討	
打継面処理	噴射管方式	塩ビ噴射管組を吊下げ	白山砂防	
	高圧洗浄機	高圧洗浄機を吊下げ		
	グリーンカット装置	水タンク、加圧散水装置搭載移動機	雲仙普賢岳	
養生マット敷き	単管戸板方式	単管で戸板状にした養生マットを吊下げる	雲仙普賢岳 写真17	
	ロール巻込み方式	片側に錘を付けたロールをクレーンで拡げる	雲仙普賢岳で検討	
	単管折畳み式	専用把持装置	開発中	



図2 緑化ポット



写真14 クレーンによるブロック設置



写真15 油圧ショベルによるブロック設置



写真16 ダムスリット設置作業



写真17 養生プレート

表5 建機の遠隔操縦に必要な情報と無線装置例

情報の種別	伝送信号		伝送手段	
	操作室→建機	建機→操作室	専用無線	無線LAN
遠隔操作系 (テレコン)	建機操縦		400MHz帯	2.4GHz帯 デジタル 双方向無線 (0.6~1 km)
	カメラ切替, ズーム, 雲台制御		2.4GHz帯 5 GHz帯	
画像等伝送系		搭載カメラ映像 音声 (エンジン音等)		
管理情報系	施工管理 (RTK-GPSデータ等)	施工管理 (地形測量データ等) 建機の状態監視 (エンジン回転数, 建機傾き等)	400MHz帯 または 2.4GHz帯	(オプション)

注：400MHz帯 (429.2500~429.735MHz) : 特定小電力無線
 2.4GHz帯 (2.471~2.497GHz), 5 GHz帯 (5.44~5.10GHz) : 小電力データ通信

表6 建機の遠隔操縦を行うためのデータの空間伝送媒体と評価

	伝送媒体	得失		判定	
		利点	欠点		
無線系	400MHz, 70MHz帯テレメータ (気象, 河川水位観測等に用いられている1~10Wの高出力無線装置)	広指向性電波の為, 気象観測局データ伝送など広域用途, 1:Nの広域監視に適している。	伝送容量が小さいため, 画像等大容量データの伝送には不向き。無線局の免許要。	○	
	特定小電力無線装置	300, 400MHz帯 特定小電力無線装置	広域利用に向いている。消費電力が少ない, 廉価。	大容量データの伝送は不可	○
		900MHz帯 特定小電力無線装置	消費電力が少ない, 廉価		○
		1.2GHz帯双方向無線データ通信モデム	画像伝送可	CH数が少ない	○
	小電力 映像無線	利用者が少なく干渉する確率が低い。	同帯域でのチャンネル数が少なく, 同一エリアで複数の伝送路確保困難。	×	
	汎用無線LAN	2.4GHz帯無線LAN	汎用的で廉価, 多様なアンテナがあり, 伝送距離の延伸が可能。	多用されており混信の可能性がある。都市外では使用可。	○
		5 GHz帯無線LAN	屋外使用の場合, 届出が必要なため, 混信を回避できる。波長が長い為, 降雨, 降雪等時の伝搬性に優れている。	屋外仕様の実績が少なく, 保守性等に課題がある。特定小電力無線機に比べて消費電力が大きい。	○
	多重無線 / 6.5, 7.5, 12GHz	国土交通省で多用されている。	高価である。大型の設備で今回の業務には不向き。	×	
	FWA/Fixed Wireless Access / 18, 22, 26, 38GHz	公共無線用 対向で5~20km, 高速データ通信が可能。	比較的高価, 機器・アンテナが大きく消費電力も大。	×	
	25GHz帯小電力データ通信システム用無線通信装置	直進性で指向性が狭くアンテナを対向設定すれば混信の恐れがない。同一エリアで複数機器の使用が可能。LANインターフェース仕様もある。	波長が短く, 天候の影響を受け易い。特定小電力無線機に比べて消費電力が大きい。	△	
	簡易無線40GHz帯, 50GHz帯	公的用途の防災無線装置	現在は使用中止。	×	
	微弱無線	免許不要		△	
	光空間伝送	見通しが前提の送受信装置。対向する指向角度が小で混信し難い。	屋外の場合, 豪雪対策要 太陽光の直射で赤外系の光が送受信器に進入すると通信障害の可能性。	△	
公衆回線 / Dopa, FOMA	公共用途で伝送路が安定している。導入コストが廉価。自前の保守が不要。	運用経費が高価。	△		

微弱無線：無線設備から3メートルの距離での電界強度（電波の強さ）が、右の図に示されたレベルより低いものであれば、無線局の免許を受ける必要はない。

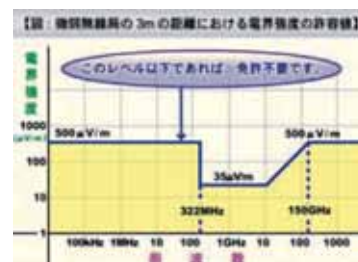


表7 実験電波の仕様

用途	通常 (注1)	雲仙普賢岳災害復旧工事	2000年有珠山噴火時 (注2)
種別	SSデジタル無線	高出力SSデジタル無線	高出力SSデジタル無線
無線局の区別	小電力データ通信システム無線	業務用無線 (実験用)	業務用無線 (実験用) ／映像伝送用
無線周波数	2.471～2.497GHz	2.411GHz, 2.439GHz / 4波	2.4GHz帯
占有帯域幅		22MHz	10MHz / 8波
空中線電力	10mW/MHz以下	500mW	2W
データ伝送速度	2Mbps	2Mbps	
データ伝送距離	約2km (見通し)	最大約5km (見通し)	使用環境による
変調方式	スペクトル拡散 (直接拡散) 変調	映像用は同左	
移動範囲	制限なし (全国)	島原市および深江町 水無川流域	西山川地区 2km
免許	無線局	不要	要
	無線従事者	不要	要

注1：操作系には400MHz帯特定小電力無線が用いられている。

注2：2000年有珠山噴火時には、上表の他操作系に400MHz帯の業務用電波（8波）も使用した。占有帯域幅は12.5KHzである。

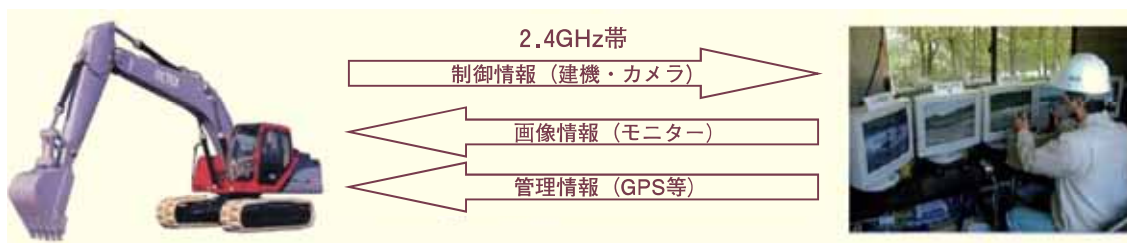


図3 建機の遠隔操縦に必要な情報と無線伝送路 (例)

3.3.4 新技術の導入

(1) 無線LAN導入への課題

五洋建設が先鞭を付け、国土交通省砂防部の肝いりで矢沢川で採用された無線LANの無人化施工の適用は、災害対応の無人化施工の新しい展開として期待されているが、普及には下項の課題がある。

- ① 無線LAN導入には、標準的な遠隔操縦型建設機械に新たな無線装置の追加装着が必要。
- ② 原則として、同一の無線装置で無人化機械群を構成する必要がある。
- ③ 無線LANでの操縦を可能とするために、施工現場に無線のアクセスポイントを配置する必要がある。
- ④ 単年度工期では無線LAN化の投資を回収できない。
- ⑤ 無線LAN導入のメリットを享受するための研究が不足している。

図4に、矢沢川における、有線—無線LAN型無人化施工の機器構成を示した。

(2) 無線LANの高度利用

- ① 建機の姿勢や操作反力情報のフィードバック

建機の姿勢表示、バケットの荷量に応じた反力を操作レバーに与える等、無駄の無い掘削作業ができる。

- ② メッシュ型の無線装置を採用して移動体間中継を行い地上設備を省略する。
- ③ 遠隔操縦からロボットへの転身

図4の有線—無線LAN構成には、建機の遠隔制御信号や中継を含めた建機間の通信を管理するためのサーバが設置されている。このサーバからLANネットワークを通じて施工現場を1つのシステムとして捉えた高度な情報化施工への展開が可能である。データ伝送履歴を把握する事ができれば、機械群の動態をリアルタイムに把握でき、群の最適運行が可能となる。

把握したデータの時系列的な分析によって、転圧や掘削等反復操作部の自動化、積込時のダンプトラック等待機建機のオペレータにカメラ操作や別の建機の操作を割当てる等が可能となる。この結果、例えば、7台の建機を4人で操縦する等の改善が可能となる。

自動操作の部位を拡大すれば、オペレータ

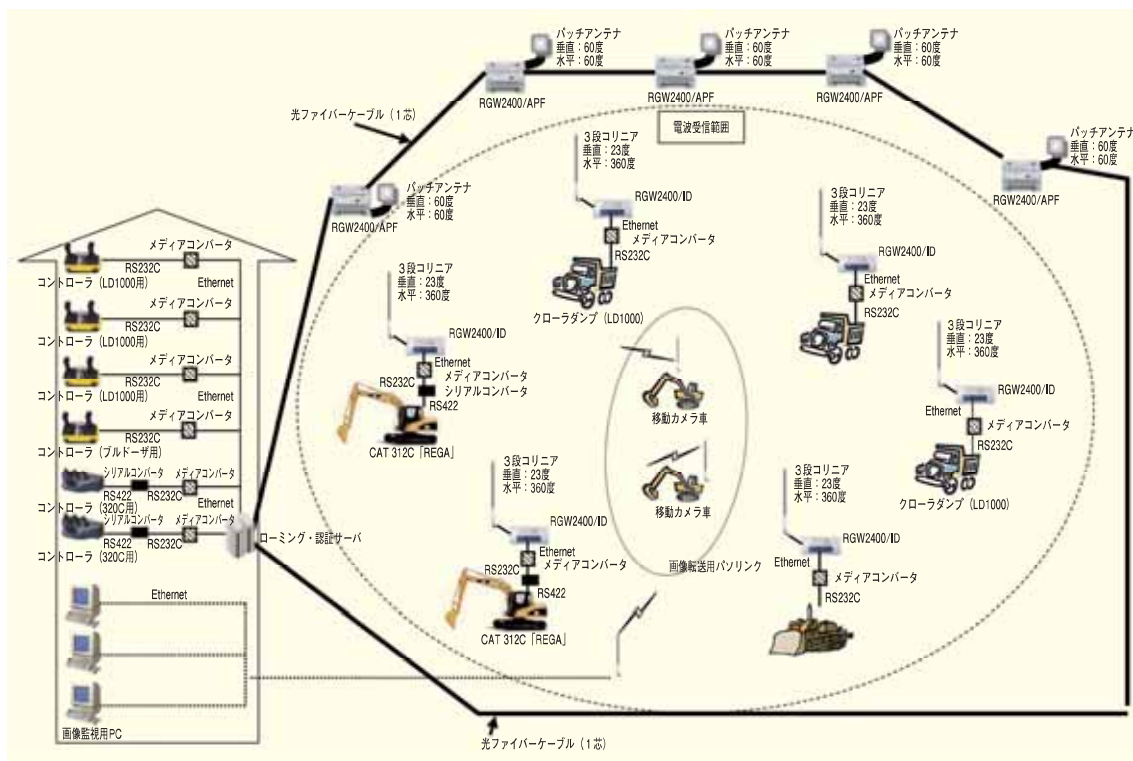


図4 矢沢川における、有線—無線LAN型無人化施工の機器構成

1人で全建機の操縦を行うことも可能となる。

3.4 ラジコンオペレータへの映像提供

3.4.1 遠隔操作室におけるモニタ表示

遠隔操縦型油圧ショベルによる掘削作業を効率的に行うためには、当該機械に搭載したカメラの映像と掘削箇所を側面から観察できる映像の組合せが良いとされている。

機械搭載カメラの平面的な映像のみでは、バケットが常に満杯状態となる効率の良い操作は困難である。バケットを側面から観察できれば、掬い込み時の土砂量が直視できるため掘削量の平滑化が可能となる。

積込機械による積込量が安定すれば、運搬効率



写真18 遠隔操作室

を上げる事ができる。ダンプトラックへの積込みや運搬路走行時、ブルドーザによる運搬や均平作業にも側面映像の提供は効率確保上有効である。

機械群としての効率運営を企図し、高所から現場全体を眺望した現場の全体映像をオペレータに提供する手法も採用されている。

写真18に遠隔操作室の例を示す。

3.4.2 モニタの改善

(1) 湾曲映像

バーチャルな空間を創出するために、投影型の3次元映像を視聴者（無人化施工ではオペレータ）を中心軸とした円弧スクリーンにマルチ画面として映し出す手法もある。無人化施工では実績はないが実験する価値はある。

(2) 立体視

普賢岳の無人化試験施工時に、眼鏡使用型の3次元映像の実験もされている。オペレータの疲労などが理由で継続使用されなかったが、最近では眼鏡使用が不要な立体表示のモニタが市販されている。従来、海外メーカーが高価なシステムを提示していたが、システムコストが導入可能な水準まで下がってきた現状で再度オペレータによる評価を期待したい。

4. おわりに

ラジコン建機が活動を開始して50年、1969年から継続している雲仙普賢岳の復興工事でラジコン建機群が協調して施工を行う「無人化施工」が採用されて15年を経過した。この間、国土交通省の先端施工技術支援策の成果で、無人化施工技術は格段の進歩を遂げた。

次なる展開は、半自動、自動化への展開である。

この分野の開発は従来の様な単年度の受注と技術開発では実現できず長期的な視点に立った開発支援を期待したい。大学等、公的研究機関による、予算年度にとられない研究継続も必要である。

開発者も結果や成功例のみではなく、失敗例、開発のプロセスを積極的に公表し、無人化施工領域の効率的な拡大を行う必要がある。

【出典】

写真1	CAT「電波でしごと 無人化作業システム」パンフレット
写真2	http://www.cmi.or.jp/cmirepo/0301.pdf
写真3	www.taisei.co.jp/giken/report/2007_40/paper/A040_011.pdf
写真4, 5	http://www.aaconst.co.jp/technology_001.html
写真6	http://www.kenmukyou.gr.jp/
写真7	http://www.kenmukyou.gr.jp/jirei_sub/jirei_10.htm
写真8	CATバッテリー駆動ラジコンミニショベルパンフレット
写真9, 10, 12, 13	CAT非搭乗ラジコンマルチ建設機械 RA30写真集
写真11	日立建機糀キャリアショベル MPX10パンフレット
図1	「油圧ショベル接触防止システムの開発」建設の機械化 1998.11
写真14	http://www.hrr.mlit.go.jp/kanazawa/hakusansabo/04outline/mujin02.html
写真15, 16	http://www.fujita.co.jp/zoomup/000390.html
写真17	糀ニイイチ技研 技術資料
図2	「災害救助と無人化施工の現状と展望」建設機械 2008.12
図3	「統合型デジタル無線機を利用した遠隔操作システム」建設の機械化 2002.3
図4	システムテクニカル(株) 矢沢川無人化施工提案資料

【参考文献】

・久武経夫「災害救助と無人化施工の現状と展望」	建設機械 2008.12
・森直樹 他「ロボットを使った乾式吹付けアスベスト除去・回収」	大成建設技術センター報 第40号 2007
・建設無人化施工協会 技術委員会「無人化施工の推移と展望」	建設の施工企画 2006.11
・杉本英樹「特殊環境下での建設施工機械 汚染土壌対策を支える無人化施工システム」	建設の施工企画 2005.12
・久武経夫「災害調査の先兵「無人移動体」－危険・汚染区域調査のためのプラットフォーム－」	建設の施工企画 2005.1
・久武経夫「災害救助と無人化施工の現状と展望」	建設機械 2008.12
・久武経夫「無人化施工システム」	土木コスト情報 2001.7
・(財)先端建設技術センター編「緊急時の無人化施工ガイドブック」	(財)先端建設技術センター 2001.7
・地域振興のための電波利用に関する調査研究会「災害復旧時におけるデータ通信システムの構築に関する調査研究－報告書－」(社)九州テレコムセンター	