

次世代無人化施工システムの開発 ～ステレオカメラを用いた建機搭載センサ～

大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 宮崎 裕道
 大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 正会員 青木 浩章
 大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 ○正会員 片山 三郎

1. 目的

国土交通省建設技術研究開発助成制度を活用し、平成24年度から3か年計画で「次世代無人化施工システムの開発」を実施した。現在、長崎県雲仙普賢岳等で行われている無人化施工は、現場の動画をモニターで見て常時操作するモニター依存型のシステムである。モニター情報だけで現場の状況を判断しながら運転を行う必要があるため、高度な運転技術や複数の動画取得のための装置と通信環境が必要となり工法適用の障害となっている。そういったハードルを少しでも下げるため、作業開始命令のみを与えれば自ら判断して作業を行う常時操作不要の「自律制御」を適用した次世代型の無人化施工システムを開発した。本編は平成25年度に実証した振動ローラの自律走行に引き続き平成26年度に研究した、油圧ショベルの割岩作業の自律制御化の研究について述べる。

2. センサ類の建設機械搭載について

(1) 概要

前述した「自律制御」を行うためには、建設機械に人間の五感に代わるセンサ類を搭載し、センサが返す値を演算し、建設機械の各部へ動作命令する必要があるため、センサ選定と配置は自律制御のシステムにおいて重要な要素技術である。センサは物理的な量から化学的な量まで数えきれないほど原理や機構が多様であるが、本件において選定の最大の留意点は、屋外の酷環境下で稼働する建設機械に搭載することのできる耐環境性能を満たすか否かであり、特に防水・防塵の他、耐衝撃性に留意しなくてはならない。搭乗型機械においてはキャビンには運転手に負担のかからないよう防振ゴムの様な耐環境対策が施されているが、その他の部位についてはキャビンほどの対策が施されていないため、作業機械の各部位の衝撃を把握し、センサ選びの第一の条件とする必要がある。

(2) 衝撃加速度計測

油圧ショベルの主たる構成から計測箇所を図-1に示すよう5か所とし、様々なエンジン回転数のもと様々な作業における衝撃を部位毎に計測した結果表-2を得ることができた。(0.45m³級油圧ショベル-0.9tジャイアントブレイカー使用)これによると、キャビンが他の部位と比較して圧倒的に衝撃負担が少ないことが確認できるため、センサ類はキャビン周辺に設置する事を第一に考慮するべきである。なお、採石場で稼働する油圧ショベルのキャビンに1ヵ月程度の長期的に衝撃センサの設置を行い、バケット作業とブレイカー作業の他、走行移動時における連続衝撃も計測したところ、作業時の最大衝撃度が3~4Gに対し、走行移動時の最大は7G程度という興味深い結果が得られている。

また、センサ類は性能を最大に引き出すためキャビンガラスを通して計測する事のない様にキャビンの外側に設置すると考え、

①衝撃性：7G程度(実験より)

②耐塵・耐水性：IP54程度(防塵型で水の飛沫に対して保護する)

の2点はキャビンに設置するセンサの耐環境性能として必要条件であると考える。

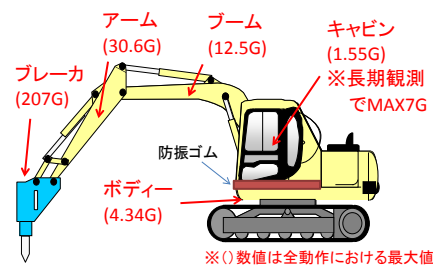


図-1 衝撃加速度計測位置と結果
表-2 衝撃加速度計測結果

	スロットル	設置場所	最大加速度(G)
動作振動 (打撃以外)	低	ブレイカー	1.40
		ボディ	0.32
		キャビン	1.55
打撃振動	低	ブレイカー	207
		アーム	30.6
		ブーム	12.5
		ボディ	3.42
		キャビン	0.49
走行振動	低	ボディ	1.48
		キャビン	0.50
	中	ボディ	3.04
		キャビン	0.88
	高	ボディ	4.34
		キャビン	1.02

※()数値は全動作における最大値

キーワード 無人化施工, 自律制御, 耐環境, ステレオカメラ, 距離検出

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株) 技術センター土木技術開発部 TEL045-814-7219

3. ステレオカメラの能力と活用例

(1) 概要

前述の環境性能を満足するもので人間の五感の部分で重要な「視覚」となり対物計測等に利用する距離画像センサとして、ステレオカメラを使用する事とした。対物計測は近年の MEMS 技術等の発達により、高価であるがスキャナ系の計測機が躍進している傾向にあり、土木業界でも利用が広がっているが、耐環境性能として満足できない部分が多い。よって、以下の仕様のカメラを含むステレオカメラシステムとした。(図-2)

(2) 仕様

- ①衝撃性：10G
- ②耐塵・耐水性：IP65
- ③その他特記：GigE, CMOS カラー 130 万画素カメラ使用

(3) 利用のシーン

本システムにより、カメラが捉えた画像を利用して自機～指定物間の距離計測が可能となり、主に無人化施工における運転支援ツールとして活用が期待できる。現在の無人化施工は、運転者が重機上あるいは現場に設置されたカメラ映像を見ながら作業を行う「画像依存」の度合いが強い方式である。そのため、運転者の熟練度やカメラの設置条件によって作業効率が大きく変わる。例えば油圧ショベルで土砂等をダンプに積み込む作業において、この「画像方式」の場合、理想的には図-3 の様な2画面による遠隔操作である。この場合カメラ車映像が2台の重機を俯瞰し遠近感を補完するので作業効率が高い。一方、現場条件によっては図-4 の様にカメラ車が配置不能で1画面操作を強いられる場合がある。この様な場合、運転支援ツールの活用が遠近感把握に繋がり、運転者の作業効率の向上が期待できる。また、応用利用として車両間距離を常時計測すれば、作業車両同士の接触事故等を防止するシーンにおいて活用が望める。

4. まとめ

今回の実証で、建設機械に搭載する視覚距離情報取得のセンサとしてステレオカメラは有効であると確認できた。本件では無人化施工への活用に目を向けているが、似たような活用として乗用車等では交通災害防止のための対人検知の手段として用いられている。建設業界においては人と建設機械への挟まれ巻き込まれ災害は例年高い割合で発生する中、現行のバックモニター等のシステムをステレオ化し、重機の作業半径に入る人間を検知したら機械停止する等の安全対策としてのシステム化も期待が出来る。この計測方法によって、国土交通省建設技術研究開発助成制度「次世代無人化施工システムの開発」の油圧ショベル装着ジャイアントブレーカーによる自律割岩作業に応用して実施している。



図-2 ステレオカメラを搭載した油圧ショベル (赤丸部)



図-3 2画面による遠隔操作

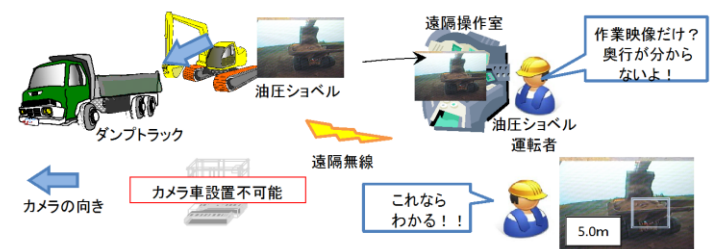


図-4 1画面による遠隔操作



図-5 実験の様子