

行政情報

「建設機械の安全装置に関する技術」の 技術比較表の公表

田中基幸

公共工事における新技術活用システムの活用方式「テーマ設定型（技術公募）」により、技術テーマ「建設機械の安全装置に関する技術」として、令和3年3月31日には「ローラ」に適用する技術、令和4年1月13日には「ドラグ・ショベル（油圧ショベル）」に適用する技術の技術比較表を公表済みである。本報では、両技術の技術比較表公表に当たり実施した、評価項目、試験方法及び現場実証試験結果等について紹介する。

キーワード：建設機械、安全装置、テーマ設定型、リクワイヤメント、技術公募、現場実証、技術比較表

1. はじめに

国土交通省では2022年3月にインフラ分野のDXアクションプラン(案)を策定し、その取組みはi-Constructionにおける建設現場の生産性の向上に加え、業務、組織、プロセス、文化・風土や働き方を改変することを目的とし、ICT施工については大容量・低遅延・多数同時接続の通信環境（5G通信環境）を活用し、建設機械の自動化・自律化の推進が例示されている。建設機械施工の自動化・自律化の推進には「施工における安全確保」が最重要事項となるが、本報では建設機械の安全装置に関する技術の状況とその評価について、「公共工事等における新技術活用システム」に基づく技術の公募・活用・評価を行う「テーマ設定型（技術公募）」により、対象建機の安全装置に関する技術の現場実証ならびに技術比較表の作成・公表に至った検討内容について紹介するものである。テーマ設定型の取組フローを図-1に示す。

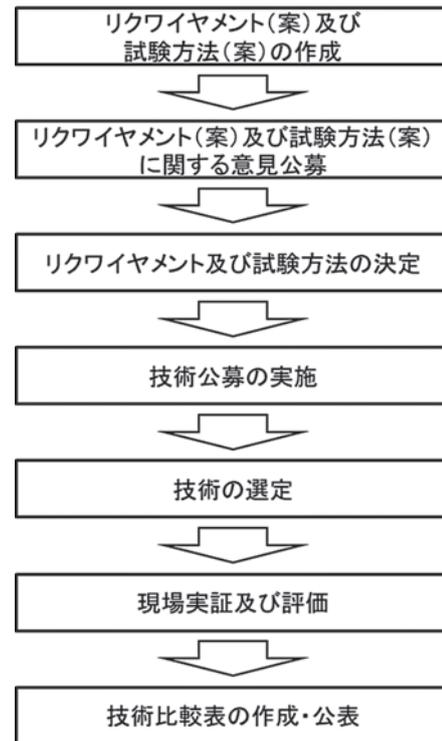


図-1 テーマ設定型の取組フロー

2. リクワイヤメント及び試験方法

(1) 建設機械の安全装置の位置付け

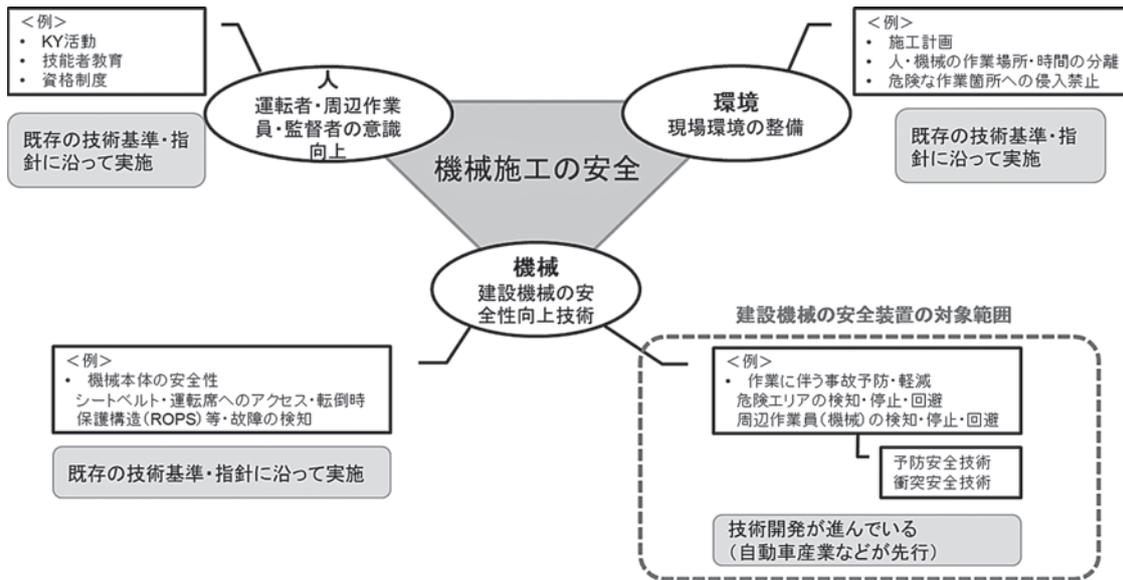
一般に、建設機械施工における安全確保は、多様な現場環境や作業種別、オープンな作業範囲といった建設作業の特徴を踏まえ、「人・機械・環境」といった多方面から複合的に取組むことが必要である(図-2)。

「建設機械の安全装置」については、機械方面からの安全性向上に向けた取組みのうち、「建設機械作業の実施に伴う事故防止・軽減を支援する技術」という

範囲に位置付けたうえで検討を行った。

(2) 事故事例の調査・分析

「建設機械作業の実施に伴う事故防止・軽減を支援する技術」の評価に向けて、対象となる建設機械の検討が必要である。多くの建設機械から優先的にシステムの実施が期待されている機種を選定することとし、労働安全衛生法施行令・別表第七に記載されている建設機械を対象とすることとした。

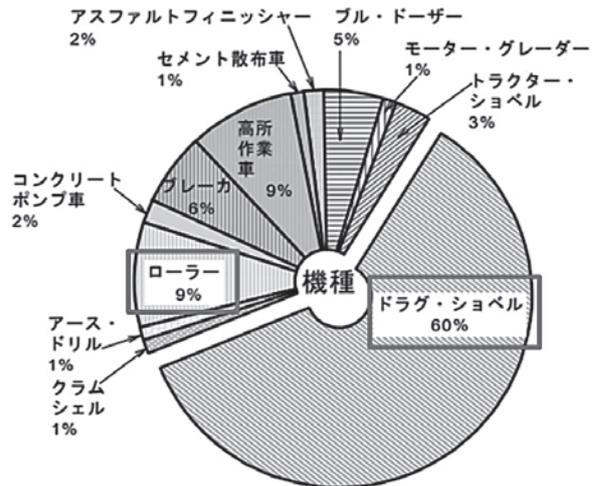


図一 安全装置の対象範囲

また、建設機械作業の実施に伴う事故件数とその要因において、建設機械等の死亡災害の機種は、ドラグ・ショベル（バックホウ等のベースとなる機械の呼称。）が60%で最も多く、2番目に多い機種として、ローラ、高所作業がそれぞれ9%の報告がある（図一3）。

ドラグ・ショベル及びローラにて多い事故の型をみると、「はさまれ・巻き込まれ」、「激突され」が多くを占めている（図一4）。

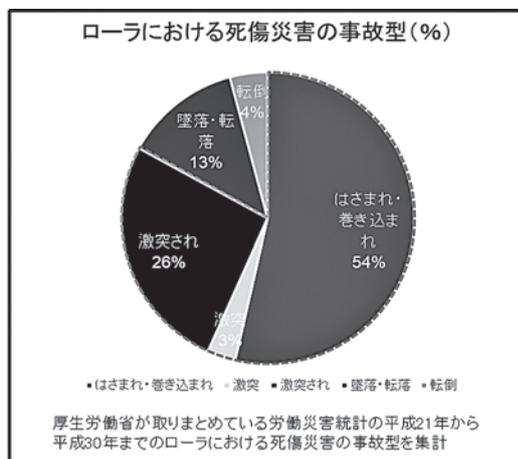
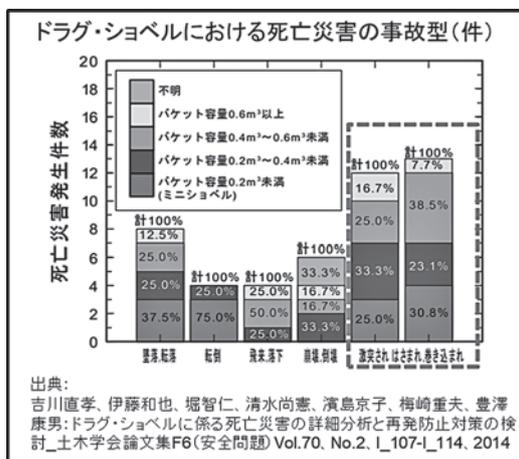
このため、機械と人で生じる「はさまれ・巻き込まれ」及び「激突され」を低減する装置として、機械周辺に事故要因となる人・物が存在する場合に機械運転者への警告あるいは建設機械の減速・停止を行う機能を有する装置を対象とした。



図一 建設機械等による死亡災害の機種ごとの割合

(3) 既存技術の開発レベル

建設機械に関する安全対策技術には、運転席回りの安全（シートベルト、フロントガード等）、誤操作防



図一 対象機種の事故型

止(油圧ロックレバー等), 車体周囲認識(後方カメラ, リアビューミラー等), 周囲の注意喚起(安全標識, トラベルアラーム等), 緊急時の危険回避(エンジン緊急停止スイッチ, エマージェンシーブレーキ等)など, 様々なものが存在しているが, 建設機械と周辺作業員と事故防止・軽減を対象とすることから, 周辺作業員が建設機械に近づいた際にオペレータに対し, 操作介入や動作介入を行う技術に着目した。

既存の安全補助装置における検知方法はカメラやセンサで障害物を検知する方法, IC タグ等を取り付けたものを検知する方法の2つに分類できる。

カメラやセンサで障害物を検知する方法では, 建設現場では資機材を抱えた作業員等, 人の判別に必要な特徴点が完全でない場合も多いことなど, 画像だけでの人の認識については未だ試行錯誤している段階である。

IC タグ等は既に実用化されているが, IC タグを持っていない作業員の侵入が防げない現場への適合性や, 作業員の位置を詳細には把握できないといった課題がある。

このような状況から, 画像とレーザーやレーダといった距離センサを併用する技術も多いが, 多くのセンサを設置しなければならないため, 機材のセットアップの手間やコストアップに繋がることが懸念される。

(4) 関連する規格や標準化動向

建設機械の安全補助装置としては, IC タグなどの技術が普及した 2000 年初めから試験方法の検討などが実施されており, 「ISO16001 (2008) 土工機械・危険検出システム及び視覚表示・性能要求事項及び試験」として定められている。その後, 車載カメラの高精度化, 低価格化などの背景から「ISO16001 (2017) 土工機械・物体検出システムと視界補助」として更新されている。

さらに, 現在は「ISO21815 土工機械－衝突の警報と回避」が検討中である。JIS 規格は, ISO16001 の規定に基づき, 「JIS A 8338 (2011) 土工機械－危険検知装置及び視覚補助装置－性能要求事項及び試験」, 「JIS A 8338 (2021) 土工機械－物体検知装置及び視覚補助装置－性能要求事項及び試験」が策定されている。

検討中の ISO (土工機械－衝突の警報と回避) において, 機械施工中を想定した活用場面での条件が検討されており, 現段階で施工中に関しても評価対象とした場合, 検討中の ISO との相違が生じ, 建機製造側

などが混乱してしまうことが懸念されるため, 施工中を対象外とし, 始動開始前(機械起動時)の要求動作を設定し評価した。

(5) リクワイヤメント及び試験方法に関する意見公募

作成したリクワイヤメント及び試験方法の案について, 有識者会議「建設機械の安全性に資する技術部会」にて審議いただき, 指摘事項を踏まえた修正案を作成し, 意見公募を行った。意見公募は国土交通省 HP 及び近畿地方整備局 HP にて報道発表し, 15 社より意見を受けた。意見公募結果の対応方針については再度, 有識者会議で審議を行った。さらに令和 2 年 9 月 9 日に実施された, i-Construction 施工推進本部「安全施工 WG」(2020 年度第 2 回)にて業団体への説明も実施した。意見公募結果に対する回答, リクワイヤメント, 試験方法及び評価方法は国土交通省 HP 及び近畿地方整備局 HP 等にて一般に公表した。

(6) リクワイヤメント及び試験方法

(a) 基本機能に対する評価

建設機械作業開始時, あるいは建設機械作業再開時において, 人/物と建設機械の衝突危険性がある場合, 静止している人/物を検知し, 警告または建設機械の操縦装置の操作に係る(操縦装置を操作しても動き出さないこと)機能を提供できる技術として4つの基本機能のいずれかに該当することとした。

- ①物体検知+警告機能
- ②物体検知+人の識別+警告機能
- ③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能
- ④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能

(b) 姿勢による検知面積の評価

応募時に提出される基本機能提供領域において, 直立姿勢と屈み姿勢, 両姿勢での検知面積を測定した。試験方法は地表面に 500 mm 間隔のグリッド線を描き, ドラグ・ショベルの場合は建設機械の旋回中心, ローラの場合は建設機械の中心に正対となるように被検体(直立姿勢検知面積は直立姿勢の人形体, 屈み姿勢検知面積は屈み姿勢の人形体を使用)を設置し, 人形体を静止させた状態で検知の有無を確認し, 基本機能提供領域全てのグリッドで検知の有無を実施した。確認は 2 回実施し, 1 回目と 2 回目の両方とも検知があった箇所を記録, 図化した。直立かつ屈み姿勢検知面積は直立姿勢検知面積の測定と屈み姿勢検知面積の測定の両方で検知できた面積を記録, 図化したもので

ある。

(c) 人（人形体）の識別率の評価

被検体は非人形体を用い、直立姿勢検知面積の測定において1回目と2回目の両方とも検知があった箇所に非人形体を設置し、人形体として識別しないことを確認した。確認は2回実施し、1回目と2回目の両方とも非人形体を人形体として識別した箇所をもとに、人の識別率を算出した。

以上、表—1にリクワイヤメントと試験方法について示す。

3. 技術公募の実施及び技術選定

公募する技術の適用機種はリクワイヤメントにおいて以下のとおりとした。

- (1) ドラグ・ショベル：バケット 容量山積 0.8 m³（平積 0.6 m³）級
- (2) ローラ：タイヤローラ 運転質量 8～20 t 級

技術公募の結果、14社から18技術の応募があったが、1技術は作業範囲制限機能であり、リクワイヤメントの基本機能には該当しないと判断したため、選定技術はドラグ・ショベル12技術、ローラ5技術となった。選定技術の一覧（令和3年1月8日公表）は表—2のとおりである。

4. 現場実証及び評価

試験に使用した被検体は直立姿勢の人形体（ウレタン素材の直立マネキン）、屈み姿勢の人形体（ウレタン素材の屈みマネキン）、非人形体（円柱体）を使用し、試験の流れは環境条件の測定（開始時）、被検体直立試験（2回）、被検体屈み試験（2回）、人の識別試験（2回）、環境条件の測定（終了時）の順に実施した。試験に使用した被検体（図—5）及び試験の流れ（図—6）を示す。

表—2 選定技術（試験実施対象技術）一覧表（令和3年1月8日公表）

取付け機種：ドラグ・ショベル

番号	技術名	NETIS番号
1	ヒヤリハンター（接近検知警報システム）	CG-200009-A
2	衝突低減サポートシステム Type1	今後登録予定
3	衝突低減サポートシステム Type2	今後登録予定
4	衝突軽減システム搭載・お知らせ機能付周囲監視装置 FVM2+（仮）	今後登録予定
5	人検知機能「Cat Detect（仮）」搭載型油圧ショベル	今後登録予定
6	クアトロアイズ	KT-180148-A
7	RFID作業員接近警報装置「IDガードマン」	KT-150103-VE
8	各種センサ方式に対応した重機緊急停止装置	KT-190118-A
9	Komv i s i o n	今後登録予定
10	物体検知・動作制限搭載型油圧ショベル	KT-200068-A
11	物体検知・警報機能搭載型ミニショベル	今後登録予定
12	建設機械等接触防止システム「ナクシデント」	今後登録予定

取付け機種：ローラ

番号	技術名	NETIS番号
1	緊急停止装置	KT-180082-A
2	重機の自動制動装置（仮）	今後登録予定
3	超音波式安全装置ミハール	HK-120001-VE
4	緊急ブレーキ装置	HK-180024-A
5	衝突被害軽減アシスト装置搭載の縛固機械	今後登録予定

表—1 リクワイヤメント及び試験方法

要求事項		試験（あるいは確認）方法	提出資料	評価
種別	項目			
基本機能※1	①物体検知＋警告機能	応募者の申請と、試験時の確認	応募時の申請書類	☆
	②物体検知＋人の識別＋警告機能	応募者の申請と、試験時の確認	応募時の申請書類	☆*
	③物体検知＋警告機能＋衝突リスク低減機能	応募者の申請と、試験時の確認	応募時の申請書類	☆☆
	④物体検知＋人の識別＋警告機能＋衝突リスク低減機能	応募者の申請と、試験時の確認	応募時の申請書類	☆☆*
	①～④基本機能提供領域	①～④基本機能提供領域が分かる図を、応募時の申請書類、資料等にて確認する	応募時の申請書類	—
検知面積	直立姿勢検知面積	直立姿勢の人形体を用いた検知面積の測定（500mmグリッド内に人形体を2回設置し、2回とも検知できた場合の面積）	試験結果報告書	面積（m ² ）、図示※2
	屈み姿勢検知面積	屈み姿勢の人形体を用いた検知面積の測定（500mmグリッド内に人形体を2回設置し、2回とも検知できた場合の面積）	試験結果報告書	面積（m ² ）、図示※2
	直立かつ屈み姿勢検知面積	直立姿勢検知面積の測定結果と屈み姿勢検知面積の測定結果より整理	試験結果報告書	面積（m ² ）、図示※2
人の識別率※3	人*の識別率 （*：当該試験では人形体を用いる）	直立姿勢の人形体を用いた検知面積測定の結果、2回とも検知できた被検体設置箇所（グリッド）において、非人形体を設置し検知有無の確認を行う人（人形体）の識別率＝ （1－非人形体の検知箇所数／人形体直立姿勢検知箇所数）×100（%）	試験結果報告書	数値結果（%）
リスクアセスメント及び残留リスク情報	下記の情報を提示できること 1）機械の制限に関する仕様 2）技術の適用によるリスク低減効果の説明 3）残留リスク情報	1）機械の制限に関する仕様の指定 ①基本仕様、②使用上の制限、③空間上の制限、④時間上の制限 2）技術の適用によるリスク低減効果の説明 ①リスク低減を図る危険源 ②応募技術の適用によるリスク低減の効果の説明 3）残留リスク情報 ①検知後、②非検知後、③誤検知・好ましくない検知後、④その他	応募時の申請書類	提出の有／無 （添付資料として提示）
経済性	初期投資およびメンテナンスの概略費用	応募時の申請書類、資料等にて確認する	応募時の申請書類	参考費用として提示

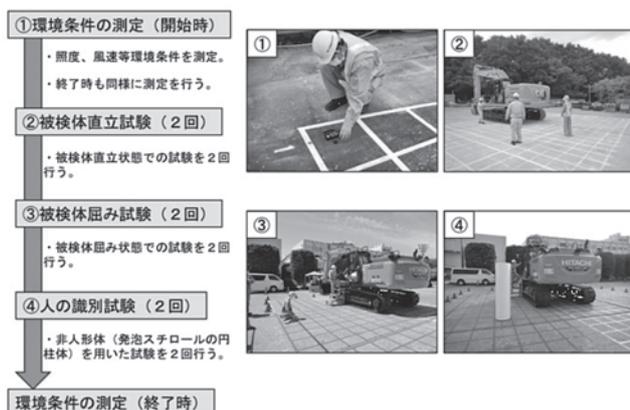
※1 基本機能の評価における☆の数はあくまで、当該試験及び評価で要求した基本機能の数として設定したものである。

※2 検知面積の図示は地表投影面積（m²）である。なお、応募者が申請した基本機能提供領域に対して当該試験の検知面積を評価することはない。

※3 人の識別率の評価については、基本機能のうち、物体識別機能（識別対象は人（人形体））を持つ技術対し行うものである。

<p>①直立姿勢の人形体（直立マネキン：ウレタン素材）</p> <p>【直立姿勢の人形体条件】※試験方法より抜粋</p> <ul style="list-style-type: none"> ・頭、胴体、両腕、両脚を持つ人形マネキンあるいは人体ダミーを使用する。関節部の可動有無は問わないが、可動できるものについては、固定ができるものとする。 ・高さは1730±50mmとする。 ・人形体には、作業服、ヘルメット、反射ベストを着用させる。なお、各々の色や材質（反射率等）については規定しないが、試験に使用した色と材質等の条件について試験結果報告書に記載するとともに、写真を添付することとする。 	
<p>②屈み姿勢の人形体（屈みマネキン：ウレタン素材）</p> <p>【屈み姿勢の人形体条件】※試験方法より抜粋</p> <ul style="list-style-type: none"> ・頭、胴体、両腕、両脚を持つ人形マネキンあるいは人体ダミーを使用する。人形体は、膝を曲げ、腰を落とした状態とする。 ・高さは900±50mmとする。 ・人形体には、作業服、ヘルメット、反射ベストを着用させる。なお、各々の色や材質（反射率等）については規定しないが、試験に使用した色と材質等の条件について試験結果報告書に記載するとともに、写真を添付することとする。 	
<p>③非人形体（円柱体）</p> <p>【非人形体条件】※試験方法より抜粋</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高さ1730mm、直径450mm相当の円柱体を用いる。 ・色や材質は問わないが、試験に使用した色と材質について試験結果報告書に記載するとともに、写真を添付することとする。 	

図一五 試験に使用した被検体



図一六 試験の流れ

5. 技術比較表の作成・公表

「建設機械の安全装置に関する技術」の技術比較表としてとりまとめを行い、NETISの「テーマ設定型の比較表」にて公表している。（以下のURL及びNo技術テーマ（技術応募）参照。

(<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubtheme/themesettings>)

- 27 建設機械の安全装置に関する技術（ローラ）
- 40 建設機械の安全装置に関する技術（ドラグショベル）

6. おわりに

今回の試験結果は、あくまで試験時の条件におけるものであり、実現場においては建設機械の種類や規格・取付け位置・取付け方法、環境状況（逆光・悪天候など）によって変化する。このため、技術比較表は参考情報であり、現場の条件や目的に応じて適切に選択し安全管理を行っていくことが重要である。また、これらの技術は建設現場における人と建設機械の衝突に係るリスクの低減を支援するものであり、技術の有無にかかわらずリスク低減対策や法令を遵守することが引き続き求められる。

J|C|M|A

【筆者紹介】
 田中 基幸（たなか もとゆき）
 国土交通省 近畿地方整備局
 企画部 建設専門官