

令和4年1月13日14時00分
資料配布 近畿地方整備局
(国土交通本省 同時発表)

「建設機械の安全装置に関する技術」の技術比較表を公表します ～新技術活用システムにおけるテーマ設定型(技術公募)の取り組み～

国土交通省では、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」として選定した技術のうち「ドラグショベル(油圧ショベル)」に適用する技術について、同一の評価項目や試験方法で現場実証試験等を実施しました。この度、試験結果を技術比較表としてとりまとめましたので、公表します。

○「建設機械の安全装置に関する技術」

1. 技術比較表の公表にあたっての留意事項 : 別紙1
2. 対象技術一覧表 : 別紙1-2
3. 技術比較表(適用建設機械:ドラグショベル) : 別紙2

○試験結果等の掲載

NETISサイト「テーマ設定型」の比較表

<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubtheme/themesettings> にて公表していますので、詳しくは、本サイトをご覧ください。

※「テーマ設定型(技術公募)」:直轄工事等における現場ニーズ・行政ニーズ等に基づき技術テーマを設定し、民間等から技術の公募を行い、同一条件下での現場実証等を経て、個々の技術の特徴を明確にした資料(技術比較表)を作成し、新技術の活用を促進する取り組み。

<取扱い> _____

<配布場所> 近畿建設記者クラブ 大手前記者クラブ

<問合せ先>

国土交通省 近畿地方整備局
TEL: 06-6942-1141(代表) 06-6920-6023(直通) FAX: 06-6942-4439
企画部 施工企画課 課長 勝田 健史 (かつた たけし)
建設専門官 中山 実 (なかやまみのる)

技術比較表の公表にあたっての留意事項 及び公表資料について

<技術比較表の公表にあたっての留意事項>

本技術テーマ「建設機械の安全装置に関する技術～『建設機械の物体検知及び衝突リスク低減に関する技術』～」では、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（試験ではマネキン／円柱体）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について公募・選定を行い、各技術の試験結果等を技術比較表に整理した。

なお、今回公表する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。技術比較表の利用者にあたっては、技術比較表の結果をそのまま用いるのではなく、参考情報として扱い、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。

<公表資料一覧>

- 技術比較表の公表にあたっての留意事項及び公表資料について（別紙 1）
- 技術比較表を公表する技術（ドラグ・ショベルに適用する 1 2 技術）（別紙 1－2）
- 技術比較表（別紙 2）

なお、技術比較表の構成は下記の通り。

- （1）応募技術の基本機能一覧（対象機械：ドラグ・ショベル）
- （2）応募技術概要
- （3）試験の条件・内容・状況
- （4）試験結果の整理

【参考情報】物体検知に用いるセンサシステムの一般的な特徴

- 技術の参考資料（応募者から提供された、技術に関する参考資料）（別紙 3）

技術テーマ：建設機械の安全装置に関する技術
～『建設機械の物体検知及び衝突リスク低減に関する技術』～

別紙1-2

技術比較表の公表 対象技術一覧表

(ドラグ・ショベルへ適用する12技術)

取付け機種：ドラグ・ショベル

No.	技術名	NETIS 番号	応募者名
1	物体検知・警報機能搭載型ミニショベル「後方ガードセンサ」	KK-210020-A	株式会社日立建機ティエラ
2	人検知機能「Cat Detect - People Detection」搭載型油圧ショベル	申請中	キャタピラー・ジャパン合同会社
3	ヒヤリハンター(接近検知警報システム)	CG-200009-A	株式会社マトリックス
4	RFID 作業員接近警報装置「ID ガードマン」	KT-150103-VE	西尾レントオール株式会社
5	衝突低減サポートシステム Type1	申請中	日本キャタピラー合同会社
6	衝突低減サポートシステム Type2	申請中	日本キャタピラー合同会社
7	各種センサ方式に対応した重機緊急停止装置	KT-190118-A	西尾レントオール株式会社
8	衝突軽減システム搭載・お知らせ機能付周囲監視装置 FVM 2+	申請中	住友建機株式会社
9	重機と作業員の接触防止システム「クアトロアイズ」	KT-180148-A	株式会社大林組
10	KomVision (人検知衝突軽減システム)	申請中	株式会社小松製作所
11	物体検知・動作制限搭載型油圧ショベル	KT-200068-A	日立建機株式会社
12	建設機械等接触防止システム「ナクシデント」	申請中	株式会社カナモト

(1) 応募技術の基本機能一覧(対象機械:ドラグ・ショベル)

◆要求する基本機能(要求事項(リクワイヤメント)より)

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(試験ではマネキン/円柱体)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、下記の4つの基本機能のいずれかに該当すること。

【基本機能】

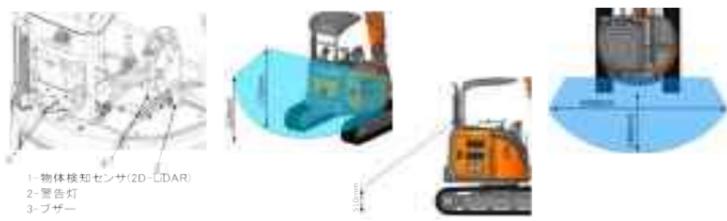
- ①物体検知+警告機能
- ②物体検知+人の識別+警告機能
- ③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能
- ④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能

No.	応募技術		物体検知機能(◆)			警告機能(●) ※本機能は◆を含む	衝突リスク低減機能 ※本機能は◆と●を含む
	技術名称	応募者	物体検知に利用するセンサシステム	原理 (応募者からの申請内容より)	人の識別方法 (応募者からの申請内容より)	警告対象と手段・目的	衝突リスク低減対象と手段・目的
要求基本機能①「物体検知+警告機能」に対する応募技術							
1	物体検知・警報機能搭載型ミニショベル「後方ガードセンサ」	株式会社日立建機ティエラ	2D-LiDAR	レーザー光(近赤外光)を2次元で水平スキャンし、レーザー照射に対する反射光を測定する。その発射時刻と観測時刻の差を求めることで、物体までの距離と方向が分かる。	—	【対象と手段】 運転員と周辺作業員に対し音と光で警告 【目的】 衝突回避行動を促す	—
要求基本機能②「物体検知+人の識別+警告機能」に対する応募技術							
2	人検知機能「Cat Detect - People Detection」搭載型油圧ショベル	キャタピラージャパン合同会社	単眼カメラ	カメラ画像を解析し、機械学習で作成したアルゴリズムを組み込んだソフトウェアにより対象物(人)の検知を行う。	ソフトウェアに組み込まれたアルゴリズムで人のみを検出。	【対象と手段】 運転員に対し運転席モニタ表示と音で警告 【目的】 衝突回避行動を促す	—
3	ヒヤリハンター(接近検知警報システム)	株式会社マトリックス	RFID(セミアクティブ型)	建設機械の周囲(360度全方位)にICタグ(セミアクティブ型)を検知する「トリガー磁界」を出力。ICタグを所持した作業員が「トリガー磁界」に入るとICタグが起動して信号を送信。	人のみにRFIDタグを所持させることで、人以外の物体と人を識別する。	【対象と手段】 運転員に対し音と光で警告 周辺作業員に対し音で警告 【目的】 衝突回避行動を促す	—
4	RFID作業員接近警報装置「IDガードマン」	西尾レントオール株式会社	RFID(アクティブ型)	RFIDタグ(アクティブタグ型)から一定周期(0.2秒~1.1秒)で発する電波信号を、受信機により電波強度を測定し、受信アンテナとRFIDタグとの距離を推定する。	人のみにRFIDタグを所持させることで、人以外の物体と人を識別する。	【対象と手段】 運転員と周辺作業員に対し音と光で警告 【目的】 衝突回避行動を促す	—
要求基本機能④「物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能」に対する応募技術							
5	衝突低減サポートシステム Type1	日本キャタピラー合同会社	ステレオカメラ(パッシブ・ステレオ法)	異なる角度から2枚の画像を撮影することで、深度情報が算出され、物体までの距離が分かる。	ディープラーニングの手法で人の特徴を学習させることで、人以外の物体と人を識別する。	【対象と手段】 運転員に対し運転席モニタ表示と音で警告 【目的】 衝突回避行動を促す	【対象と手段】 建設機械の油圧ロックを起動させる 【目的】 建設機械の旋回及び走行レバーを操作しても建設機械が始動しないことによって、衝突リスク低減を支援する
6	衝突低減サポートシステム Type2	日本キャタピラー合同会社	単眼カメラ	サラウンドビューカメラで写し出される画像に対し、検出対象物が写っていることをコンピュータ等により識別する。	ディープラーニングの手法で人の特徴を学習させることで、人以外の物体と人を識別する。	【対象と手段】 運転員に対し運転席モニタ表示と音で警告 【目的】 衝突回避行動を促す	【対象と手段】 建設機械の油圧ロックを起動させる 【目的】 建設機械の旋回及び走行レバーを操作しても建設機械が始動しないことによって、衝突リスク低減を支援する
7	各種センサ方式に対応した重機緊急停止装置 ※各種センサとの組合せが必要となるため、今回はNo.4の技術を組合わせている	西尾レントオール株式会社	RFID(アクティブ型)	RFIDタグ(アクティブタグ型)から一定周期(0.2秒~1.1秒)で発する電波信号を、受信機により電波強度を測定し、受信アンテナとRFIDタグとの距離を推定する。	人のみにRFIDタグを所持させることにより人以外の物体と人を識別する。	【対象と手段】 運転員と周辺作業員に対し音と光で警告 【目的】 衝突回避行動を促す	【対象と手段】 建設機械の油圧ロックを起動させる 【目的】 建設機械の旋回及び走行レバーを操作しても建設機械が始動しないことによって、衝突リスク低減を支援する
8	衝突軽減システム搭載・お知らせ機能付周囲監視装置FVM2+	住友建機株式会社	3D-LiDAR	センサーより照射された赤外線(近赤外光)の反射光をセンシングし、受光までの時間(ToF)と反射強度により安全ベスト着用者の距離と方向を測定する。	安全ベストを着用していることで、人以外の物体と人を識別する。 ※検知のためには安全ベストの着用が必須	【対象と手段】 運転員に対し運転席モニタ表示と音で警告 周辺作業員に対し音で警告 【目的】 衝突回避行動を促す	【対象と手段】 建設機械の走行、旋回の油圧ロックを起動させる 【目的】 建設機械の旋回及び走行レバーを操作しても建設機械が始動しないことによって、衝突リスク低減を支援する
9	重機と作業員の接触防止システム「クアトロアイズ」	株式会社大林組	ステレオカメラ(パッシブ・ステレオ法)	建設現場における多様な作業姿勢をAIに学習させ、カメラから得られる画像から、人を認識する。また、物体までの距離は、ステレオカメラを用いて、計測している。	土木建築現場における様々な工種の作業に従事する作業員の画像を用いて機械学習を、さらに立位、座位、転倒姿勢などを撮影しそれぞれの角度や大きさなどを変化させ、既存の現場の風景と合成することで追加学習を行うことで、人以外の物体と人を識別する。	【対象と手段】 運転員と周辺作業員に対し音と光で警告 【目的】 衝突回避行動を促す	【対象と手段】 建設機械の油圧ロックまたは非常停止を起動 【目的】 建設機械の旋回及び走行レバーを操作しても建設機械が始動しないことによって、衝突リスク低減を支援する
10	KomVision(人検知衝突軽減システム)	株式会社小松製作所	単眼カメラ	コントローラ内のデータと単眼カメラ画像を照合して、検知範囲内の人の位置の算出をおこなう。	コントローラ内のデータと単眼カメラ画像を照合して、検知領域内の人以外の物体と人を識別する。	【対象と手段】 運転員に対し運転席モニタ表示と音で警告 【目的】 衝突回避行動を促す	【対象と手段】 建設機械の油圧ロックを起動させる 【目的】 建設機械の旋回及び走行レバーを操作しても建設機械が始動しないことによって、衝突リスク低減を支援する
11	物体検知・動作制限搭載型油圧ショベル	日立建機株式会社	ToFカメラ(アクティブ・光レダ法)	カメラ付赤外線センサから赤外光(近赤外光)を照射し、物体で反射する赤外光がセンサに戻るまでの時間を測定することで、検知物体までの距離情報を演算する。また、検知物体の中から、反射する赤外光強度が大きいものを、反射材(安全ベスト等)として識別する。	安全ベスト(反射材付)を判断することで、検知領域内の人以外の物体と人を識別する。	【対象と手段】 運転員に対し運転席モニタ表示と音で警告 周辺作業員に対し音と光で警告 【目的】 衝突回避行動を促す	【対象と手段】 建設機械の油圧ロックを起動させる 【目的】 建設機械の旋回及び走行レバーを操作しても建設機械が始動しないことによって、衝突リスク低減を支援する
12	建設機械等接触防止システム「ナクシデント」	株式会社カナモト	赤外線ステレオカメラ(アクティブ法・パッシブ法の併用)	赤外線(近赤外光)ステレオカメラにより、点群データを作成。RGBカメラによる画像を点群データに重ね合わせ、人型を検知し且つ設定した距離レンジ内にある対象を検出する。	状況写真を集め、写真内の「人」という対象を抽出しタグ付けしそのデータを学習させる。学習データを、映し出される3Dカメラ画像から探し出すことで、人以外の物体と人を識別する。	【対象と手段】 運転員に対し運転席モニタ表示と音で警告 周辺作業員に対し音と光で警告 【目的】 衝突回避行動を促す	【対象と手段】 建設機械の油圧ロックを起動させる 【目的】 建設機械の旋回及び走行レバーを操作しても建設機械が始動しないことによって、衝突リスク低減を支援する

(2) 応募技術概要 1/4
 (応募者申請内容より整理)

◆ユースケース(使用条件): 建設機械作業開始時^{※1}、建設機械作業再開時^{※2}
 (本技術比較表では、稼働時は対象外としている)

※1: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を開始しようとする場合、運転員が建設機械に搭乗し、建設機械を起動した後、操縦装置を操作した時。
 ※2: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を再開しようとする場合、再び運転員が建設機械に搭乗し、操縦装置を操作した時。

No.	1				2				3				
基本機能 (リクワイアメントより)	①物体検知+警告機能 ※ここに記載する内容は建設機械作業開始時 ^{※1} 、建設機械作業再開時 ^{※2} の場合である ※走行時は対象外であるため、走行時の機能詳細については各社問い合わせのこと				②物体検知+人の識別+警告機能 ※ここに記載する内容は建設機械作業開始時 ^{※1} 、建設機械作業再開時 ^{※2} の場合である ※走行時は対象外であるため、走行時の機能詳細については各社問い合わせのこと								
基本情報	技術名称 物体検知・警報機能搭載型ミニショベル「後方ガードセンサ」				人検知機能「Cat Detect - People Detection」搭載型油圧ショベル				ヒヤリハンター(接近検知警報システム)				
	応募者 株式会社日立建機ティエラ				キャタピラー・ジャパン合同会社				株式会社マトリックス				
	共同研究者 -				-				-				
	NETIS番号/登録名 KK-210020-A / 物体検知・警報機能搭載型ミニショベル「後方ガードセンサ」				申請中				CG-200009-A / ヒヤリハンター(接近検知警報システム)				
	試験で用いた機械/規格 ミニ油圧ショベル(ZX50U)/バケット容量0.15m ³				油圧ショベル320/バケット容量0.8m ³				油圧ショベルPC120/0.5m ³				
	上記以外に適用可能な機械・機種・規格等 ZX30U-5B,ZX35U-5B...補足資料にて検知範囲を明記(別シートに記載) ZX40U-5B,ZX50U-5B...現場実証試験実施(本シートに記載)				Cat 油圧ショベル 320,313(今後モデル拡大予定)				バッテリー出力電圧が(DC12V, DC24V, DC48V)の建設機械に後付け可能。				
	技術の概要 後進走行における機体と周囲作業者の接触事故低減を図るため、車体の後方に2D-LiDARを搭載し、オペレータの死角となりやすい車体後方の物体を検知しオペレータ及び周囲作業者へ知らせる				本技術は、車両にスマート単眼カメラを装着し、人が接近していることを運転者に通知する技術である。車両周辺に人が接近していると判断した場合、運転席モニターのカメラ画像上で、人を枠表示でハイライトする。また、より車両に近接した注意エリア、警報エリア内では断続音、警告音での警告を促す。				本装置を建設機械に設置し、作業員はICタグを所持する。建設機械の周囲(360度全方位)に接近する作業員を検知して、運転員に音と光で警告する。プザー機能搭載タグの場合、作業員にも建設機械の接近を認識させる。検知には磁界を使用しており、磁界の外でICタグは送信せず誤検知がほぼ無い。磁界にはIDがあり、建設機械が複数台あってもあちこちで警報が鳴ることはない。磁界の大きさは運用にあわせて6段階で設定可能。 ※OEM製品である(KT-170001-VE / 建設現場向け特殊無線「HERIMA」)も同等の検知性能を有する				
	 <p>1-物体検知センサ(2D-LiDAR) 2-警告灯 3-プザー</p>				 <p>運転席モニター カメラ映像上に検知対象を識別し、アラーム音で警告を促す スマート単眼カメラ 検知エリア内の人物を検知し、人物の位置、警告の要否を運転席モニターに通知</p>				 <p>RFIDタグ ICタグ ICタグを所持した作業員が「トリガー磁界」に入るとICタグが起動して信号を送信。</p>				
	応募技術の起動 建設機械を起動もしくは建設機械のキースイッチを「ON」にしてから15～30秒以内に自動的にシステムが起動。				建設機械を起動し、運転席のモニターディスプレイのアイコンONにより起動。次回、建設機械のキースイッチを「ON」にした際は前回設定値を保持する。				建設機械のキースイッチを「ON」にすることで起動。				
	応募技術の起動を確認する方法 システム起動後に警告灯(赤)及び(緑)が点灯するとともにプザーが数秒間鳴り、その後警告灯(赤)消灯、プザーが停止し、警告灯(緑)点灯し続ける。(システム起動後は警告灯(緑)が常時点灯、物体検知時に警告灯(赤)が点灯・プザーが鳴る)				運転席のモニターのアイコンで起動状態を表示される。その表示内容により起動を確認する。				装置(制御ユニット)の電源ランプが点灯する。ICタグを所持して建設機械に近づき、信号灯が作動するのを確認する。				
基本機能の使用条件	検知方法	手段		原理(応募者からの申請内容より)		手段		原理(応募者からの申請内容より)		手段		原理(応募者からの申請内容より)	
		2D-LiDAR	レーザ光(近赤外光)を2次元で水平スキャンし、レーザ照射に対する反射光を測定する。その発射時刻と観測時刻の差を求めると、物体までの距離と方向が分かる。	単眼カメラ	カメラ画像を解析し、機械学習を行った対象物(人)の検知を行う	RFID(セミアクティブ型)	建設機械の周囲(360度全方位)にICタグを検知する「トリガー磁界」を出力。ICタグを所持した作業員が「トリガー磁界」に入るとICタグが起動して信号を送信。						
物体検知機能(◆)	検知領域	・検知距離 最大1.4m(機体が正面を向いた状態におけるクローラ後端からの距離) ・検知幅 最大4.2m ・水平角度 34.8度 【注意:センサの死角は検知できない】 【検知領域の後変更は不可】		・検知距離 最大9mを予定 ・検知可能視野 270度程度(車両右側方、後方、左側方) 【注意:カメラの死角は検知できない】		・検知距離 最大14m ・検知幅 最大9m ・角度 360度 環境や運用に合わせて、検知距離・幅を6段階で設定可能。							
	物体条件	地表面より高さ0.5m以上にある物体で、物体検知センサから照射された赤外線を反射する物体。		検知領域内に存在し、背景と類似ではない色の着衣の人物であること。		起動できる状態のICタグを所持していること。							
	人の識別	-		ソフトウェアに組み込まれたアルゴリズムで人のみを検出		人のみにRFIDタグを所持させることで、人以外の物体と人を識別する。							
	機能提供開始条件	応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。		応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。		応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。							
警告機能(●)	対象・手段	対象	手段			対象	手段			対象	手段		
		運転員	音	光	表示	運転員	音	光	表示	運転員	音	光	表示
	目的	警告することで衝突回避行動を促す		警告することで衝突回避行動を促す		警告することで衝突回避行動を促す							
	機能提供領域	・検知距離 最大1.4m(機体が正面を向いた状態におけるクローラ後端からの距離) ・検知幅 最大4.2m ・水平角度 34.8度 【注意:センサの死角は検知できない】 【検知領域の後変更は不可】		・検知距離:注意エリア(6mを予定)及び警告エリア(3mを予定)で人を検知した場合にアラート及びモニタでのカラーアイコンにより警告 ・検知可能視野 270度以上(車両右側方、後方、左側方) 【注意:カメラの死角は検知できない】		・検知距離 最大14m ・検知幅 最大9m ・角度 360度							
	機能提供開始条件	応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内の物体を検知した場合、警告機能の提供が開始される。		応募技術が正常に起動した後、検知機能がONの状態設定した検知領域内の物体を検知した場合、警告機能の提供が開始される。		応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内で正常に起動できる状態にあるICタグを検知した場合、警告機能の提供が開始される。							
衝突リスク低減機能	対象・手段	-			-								
	目的	-			-								
	機能提供領域	-			-								
	機能提供開始条件	-			-								
その他参考情報となる資料の参照先	別紙3 No.1 物体検知・警報機能搭載型ミニショベル(株式会社日立建機ティエラ)				別紙3 No.2 人検知機能「Cat Detect (仮)」搭載型油圧ショベル(キャタピラー・ジャパン合同会社)				別紙3 No.3 ヒヤリハンター(接近検知警報システム)(株式会社マトリックス)				

上記内容は、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」が「許容可能なリスク※2」にまで下がることが保証するものではない。建設機械が稼働する現場で作業する全ての労働者には、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」を回避する対策を実施する等の労働者の安全に関する法令を遵守することが求められている。
 ※1リスク(risk): 危害の発生確率及びその危害の程度の組合せ(ISO/IECガイド51:2014より)
 ※2許容可能なリスク(tolerable risk): 現在の社会の価値観に基づいて、与えられた状況下で、受け入れられるリスクのレベル(ISO/IECガイド51:2014より)

(2) 応募技術概要 2/4
(応募者申請内容より整理)

◆ユースケース(使用条件): 建設機械作業開始時※1、建設機械作業再開時※2
(本技術比較表では、稼働時は対象外としている)

※1: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を開始しようとする場合、運転員が建設機械に搭乗し、建設機械を起動した後、操縦装置を操作した時。
※2: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を再開しようとする場合、再び運転員が建設機械に搭乗し、操縦装置を操作した時。

No.	4				5				6			
基本機能 (リクワイアメントより)	②物体検知十人の識別十警告機能 ※ここに記載する内容は建設機械作業開始時※1、建設機械作業再開時※2の場合である ※走行時は対象外であるため、走行時の機能詳細については各社問い合わせのこと				④物体検知十人の識別十警告機能十衝突リスク低減機能 ※ここに記載する内容は建設機械作業開始時※1、建設機械作業再開時※2の場合である ※走行時は対象外であるため、走行時の機能詳細については各社問い合わせのこと							
基本情報	技術名称	RFID作業員接近警報装置「IDガードマン」			衝突低減サポートシステム Type1			衝突低減サポートシステム Type2				
	応募者	西尾レントオール株式会社			日本キャタビラー合同会社			日本キャタビラー合同会社				
	共同研究者	-			-			-				
	NETIS番号/登録名	KT-150103-VE / RFID作業員接近警報装置「IDガードマン」			申請中			申請中				
	試験で用いた機械/規格	後方超小旋回ショベルSH125/バケット容量0.45m ³			油圧ショベル320/バケット容量0.8m ³			油圧ショベル320/バケット容量0.8m ³				
	上記以外に適用可能な機械・機種・規格等	建設機械全般(仕様によっては取付け不可の場合もあり)。			Cat ミニ油圧ショベル: 303ECR、303.5E2CR、304E2CR、305E2CR、305.5E2CR Cat 油圧ショベル: 308E2CR、308E2SR、308CR、308SR、311DRR、311FLRR、312FGC、312E、314ECR、314ELCR、314ESR、316EL、316FL、320E、320EL、320ERR、320ELRR、320GC、320、321DLCR、326FL、325FL、325 Cat ホイールローダ: 926M、930M、938M、950GC、950Mz、962Mz、966M			Cat ミニ油圧ショベル: 303ECR、303.5E2CR、304E2CR、305E2CR、305.5E2CR Cat 油圧ショベル: 308E2CR、308E2SR、308CR、308SR、311DRR、311FLRR、312FGC、312E、314ECR、314ELCR、314ESR、316EL、316FL、320E、320EL、320ERR、320ELRR、320GC、320、321DLCR、326FL、325FL、325				
	技術の概要	本技術は、作業員の重機作業エリア接近時における注意喚起する技術で、従来は、ロードコーンによる作業範囲区別と誘導員による誘導で対応していた。 本技術の活用により、車輛の構造的死角も解消して全方位監視が可能になるため、安全性の向上と保安員設置手間の軽減で省力化が期待できる。			建設機械に搭乗しているオペレータの死角にあらかじめ設定されたエリア内(最大検知距離8m)に警告エリアと車両制御エリアを設け、そのエリア内に作業員が侵入すると、警告エリアではキャビン内に設置されたスピーカからの音による警報を発し、車両制御エリア内に作業員が侵入すると建設機械の作業機を緊急停止させ、建設機械と作業員との接触を避けるためのサポートシステムである。			建設機械の周囲270°を画像表示し、あらかじめ設定されている車両からの距離内で作業員を検知すると、その距離に応じ警告あるいは建設機械の作業機を緊急停止させ、建設機械と作業員との接触を避けるためのサポートシステムである。				
	技術の概略図											
	応募技術の起動	建設機械を起動し、装置のスイッチをONにする。			建設機械の起動と同時に起動する。 (その際、装置が自己診断を実施する)			建設機械の起動と同時に起動する。 (その際、装置が自己診断を実施する)				
	応募技術の起動を確認する方法	装置のスイッチをONにすると装置の液晶パネルに初期化中と表示され、24秒後に動作中と表示が切り替わる。その表示により起動を確認。			自己診断が正常であれば、モニターにメイン画面が表示される。その表示により起動を確認。			自己診断が正常であれば、モニターにメイン画面が表示される。その表示により起動を確認。				
基本機能の使用条件	物体検知機能(◆)	検知方法	手段(応募者からの申請内容より)		手段		原理(応募者からの申請内容より)		手段		原理(応募者からの申請内容より)	
		RFID(アクティブ型)	RFIDタグ(アクティブタグ型)から一定周期(0.2秒~1.1秒)で発する電波信号を、受信機により電波強度を測定し、受信アンテナとRFIDタグとの距離を推定する。		ステレオカメラ(パッシブステレオ法)		異なる角度から2枚の画像を撮影することで、深度情報が算出され、物体までの距離が分かる。		単眼カメラ		サウンドビューカメラで写し出される画像に対し、検出対象物が写っていることをコンピュータ等により識別する。	
	検知領域	検知距離/範囲: アンテナから、3m/360度(検知距離は装置の設定ツマミで1m~20mの範囲で調節可能) 【注意: アンテナとRFIDタグとの間の遮蔽物により検知距離が短くなるため、警戒対象の場所に応じた位置にアンテナを設置する】 【注意: 電波強度は周辺環境により変化する場合があるため、上記の検知距離は目安となる】		検知距離: 人: 最大8m、人以外の物体: 最大4m 検知幅: 最大83° 範囲 垂直角度: 65度、水平角度: 83度 【注意: カメラの死角は検知できない】		検知距離: 最大8m 検知幅: 最大10m 垂直角度: 83.9度、水平角度: 270度 【注意: カメラの死角は検知できない】		検知距離: 最大8m 検知幅: 最大10m 垂直角度: 83.9度、水平角度: 270度 【注意: カメラの死角は検知できない】		検知距離: 最大8m 検知幅: 最大10m 垂直角度: 83.9度、水平角度: 270度 【注意: カメラの死角は検知できない】		
	物体条件	起動した状態のRFIDタグを所持していること。		照明度20Lux ~ 80.00Lux以下の環境下にて、人: 検知領域内に存在する歩行者(背格好や姿勢はその状態によっては検知可能)。人以外の物体: 検知領域内に存在し、高さ0.5m以上の直方体。		照明度20Lux ~ 80.00Lux以下の環境下にて、人: 検知領域内に存在する歩行者(背格好や姿勢はその状態によっては検知可能)。人以外の物体は検知対象外		照明度20Lux ~ 80.00Lux以下の環境下にて、人: 検知領域内に存在する歩行者(背格好や姿勢はその状態によっては検知可能)。人以外の物体は検知対象外		照明度20Lux ~ 80.00Lux以下の環境下にて、人: 検知領域内に存在する歩行者(背格好や姿勢はその状態によっては検知可能)。人以外の物体は検知対象外		
	人の識別	人のみにRFIDタグを所持させることで、人以外の物体と人を識別する。		ディープラーニングの手法で人の特徴を学習させることで、人以外の物体と人を識別する。		ディープラーニングの手法で人の特徴を学習させることで、人以外の物体と人を識別する。		ディープラーニングの手法で人の特徴を学習させることで、人以外の物体と人を識別する。		ディープラーニングの手法で人の特徴を学習させることで、人以外の物体と人を識別する。		
	機能提供開始条件	応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。		応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。		応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。		応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。		応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。		
警告機能(●)	※本機能は◆を含む	対象・手段	対象		対象		手段		対象		手段	
		運転員	音	アラーム	光	回転灯	表示	-	音	アラーム	光	-
		周辺作業員	音	アラーム	光	回転灯	表示	-	音	アラーム	光	-
		運転席モニター	音	アラーム	光	回転灯	表示	運転席モニター	音	アラーム	光	運転席モニター
	目的	警告することで衝突回避行動を促す		警告することで衝突回避行動を促す		警告することで衝突回避行動を促す		警告と減速することで衝突回避行動を促す		警告と減速することで衝突回避行動を促す		
	機能提供領域	検知距離/範囲: アンテナから、3m/360度(検知距離は装置の設定ツマミで1m~20mの範囲で調節可能) 【注意: アンテナとRFIDタグとの間の遮蔽物により検知距離が短くなるため、警戒対象の場所に応じた位置にアンテナを設置する】 【注意: 電波強度は周辺環境により変化する場合があるため、上記の検知距離は目安となる】		検知距離: 人: 最大8m、物体: 最大4m 検知幅: 最大83° 範囲 垂直角度: 65度、水平角度: 83度 【注意: カメラの死角は検知できない】		検知距離: 最大8m 検知幅: 最大10m 垂直角度: 83.9度、水平角度: 270度 【注意: カメラの死角は検知できない】		検知距離: 最大8m 検知幅: 最大10m 垂直角度: 83.9度、水平角度: 270度 【注意: カメラの死角は検知できない】		検知距離: 最大8m 検知幅: 最大10m 垂直角度: 83.9度、水平角度: 270度 【注意: カメラの死角は検知できない】		
	機能提供開始条件	応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内でRFIDタグを検知した場合、警告機能の提供が開始される。		応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内の物体を検知した場合、警告機能の提供が開始される。		応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内の物体を検知した場合、警告機能の提供が開始される。		応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内の物体を検知した場合、警告機能の提供が開始される。		応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内の物体を検知した場合、警告機能の提供が開始される。		
衝突リスク低減機能	※本機能は◆と●を含む	対象・手段	対象		対象		手段		対象		手段	
		建設機械	建設機械		建設機械		油圧ロックを起動 ※走行時の手段は別紙3参照、またはメーカー問い合わせのこと		建設機械		油圧ロックを起動 ※走行時の手段は別紙3参照、またはメーカー問い合わせのこと	
		目的	物体検知をした場合、運転員が操縦装置を操作しても建設機械は始動しないことで、衝突リスクを低減する。		物体検知をした場合、運転員が操縦装置を操作しても建設機械は始動しないことで、衝突リスクを低減する。		物体検知をした場合、運転員が操縦装置を操作しても建設機械は始動しないことで、衝突リスクを低減する。		物体検知をした場合、運転員が操縦装置を操作しても建設機械は始動しないことで、衝突リスクを低減する。		物体検知をした場合、運転員が操縦装置を操作しても建設機械は始動しないことで、衝突リスクを低減する。	
		機能提供領域	検知距離: 最大4.5m 検知幅: 最大6.7m 垂直角度: 83.9度、水平角度: 270度		検知距離: 最大4.5m 検知幅: 最大6.7m 垂直角度: 83.9度、水平角度: 270度		検知距離: 最大4.5m 検知幅: 最大6.7m 垂直角度: 83.9度、水平角度: 270度		検知距離: 最大4.5m 検知幅: 最大6.7m 垂直角度: 83.9度、水平角度: 270度		検知距離: 最大4.5m 検知幅: 最大6.7m 垂直角度: 83.9度、水平角度: 270度	
	機能提供開始条件	応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内の物体を検知し、旋回及び走行レバーを操作した時、衝突リスク低減機能の提供が開始される。		応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内の物体を検知し、旋回及び走行レバーを操作した時、衝突リスク低減機能の提供が開始される。		応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内の物体を検知し、旋回及び走行レバーを操作した時、衝突リスク低減機能の提供が開始される。		応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内の物体を検知し、旋回及び走行レバーを操作した時、衝突リスク低減機能の提供が開始される。		応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内の物体を検知し、旋回及び走行レバーを操作した時、衝突リスク低減機能の提供が開始される。		
その他参考情報となる資料の参照先	別紙3_No.4 RFID作業員接近警報装置「IDガードマン」(西尾レントオール株式会社)				別紙3_No.5 衝突低減サポートシステム Type1(日本キャタビラー合同会社)				別紙3_No.6 衝突低減サポートシステム Type2(日本キャタビラー合同会社)			

上記内容は、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」が「許容可能なリスク※2」にまで下がることを保証するものではない。建設機械が稼働する現場で作業する全ての労働者には、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」を回避する対策を実施する等の労働者の安全に関する法令を遵守することが求められている。

※1リスク(risk): 危害の発生確率及びその危害の程度の組合せ(ISO/IECガイド51:2014より)

※2許容可能なリスク(tolerable risk): 現在の社会の価値観に基づいて、与えられた状況下で、受け入れられるリスクのレベル(ISO/IECガイド51:2014より)

(2) 応募技術概要 3/4
(応募者申請内容より整理)

◆ユースケース(使用条件): 建設機械作業開始時^{※1}、建設機械作業再開時^{※2}
(本技術比較表では、稼働時は対象外としている)

※1: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を開始しようとする場合、運転員が建設機械に搭乗し、建設機械を起動した後、操縦装置を操作した時。

※2: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を再開しようとする場合、再び運転員が建設機械に搭乗し、操縦装置を操作した時。

No.	7			8			9			
基本機能 (リクワイアメントより)				④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能 ※ここに記載する内容は建設機械作業開始時 ^{※1} 、建設機械作業再開時 ^{※2} の場合である ※走行時は対象外であるため、走行時の機能詳細については各社問い合わせのこと						
基本情報	技術名称	各種センサ方式 [※] に対応した重機緊急停止装置※本技術の使用には各種センサとの組合せが必要となる。 (ここでは、同社のRFID作業員接近警報装置「IDガードマン」と組合せた場合の情報・結果等を整理している)			衝突軽減システム搭載・お知らせ機能付周囲監視装置FVM2+			重機と作業員の接触防止システム「クアトロアイズ」		
	応募者	西尾レントオール株式会社			住友建機株式会社			株式会社大林組		
	共同研究者	-			-			-		
	NETIS番号/登録名	KT-190118-A / 各種センサ方式に対応した重機緊急停止装置			申請中			KT-180148-A / 重機と作業員の接触防止システム「クアトロアイズ」		
	試験で用いた機械/規格	後方超小旋回ショベルSH125/バケット容量0.45m ³			油圧ショベルSH200/バケット容量0.8m ³			油圧ショベル(ハイブリッドバックホー)HB205/バケット容量0.8m ³		
	上記以外に適用可能な機械・機種・規格等	建設機械全般(仕様によっては取付け不可の場合もあり)。ただし、本技術は、各種センサ機器と組み合わせる必要がある。			住友建機 SH200-7/SH200LC-7			機械停止措置: ブレーカ・バッテリーロコ・フルドザー・クローラダンプ・フォークリフト 警報措置のみ適用: ホイールローダ・トラクタ(現場内における低速運行時)		
	技術の概要	本技術は重機作業エリアに作業員が接近した場合において重機を緊急停止させる技術で従来はカラーコーン等により作業範囲の明示と誘導員の合図を見たり聞いたりして対応するため、オペレータ、作業員の見落としや対応遅れというリスクが発生する課題があったが、本技術の活用により、オペレータ、作業員の見落としや対応遅れというリスクが除かれるため安全性の向上が図れる。 ※本技術の使用には各種センサとの組合せが必要となる。			機械周辺の安全ベストを着た人を検知し、旋回・走行を自動的に減速・停止することで、衝突被害の軽減を図ることを目的としている。安全ベストを着た人を反射物検知方式により高精度に検知、盛土などでは作動しないことから、安全性と作業効率を両立した。作動範囲は機械の後方周囲270度のワイドエリアに対応、作動状況はモニターで確認出来るだけでなく外部アラームで周囲の作業員にも警報する。			人の認識にAIを活用することで飛躍的に人の検出能力を向上したシステムとなっている。警報を出すだけでなく、危険度が高まると重機を強制的に停止することもでき、接触災害の防止に大きく貢献する。ほとんどの重機に後付けで適用可能であり、10m以下の範囲で、警報を発する距離と重機を強制停止する距離を設定できる。屈んだ姿勢や大きな資材を運んでいる人の検知も可能。		
	技術の概略図									
	応募技術の起動	建設機械を起動し、装置のスイッチをONにする。			建設機械を起動すると、自動で起動する(その際、装置が自己診断を実施する)			建設機械を起動すると、自動で起動する。(その際、装置が自己診断を実施する)		
	応募技術の起動を確認する方法	装置のスイッチをONにすると装置の液晶パネルに初期化中と表示され、24秒後に動作中と表示が切り替わる。その表示により起動を確認。			建設機械のモニター上の緑アイコン点灯とメッセージ表示にて確認する			装置のランプが点灯する。		
基本機能の使用条件	検知方法	手段		原理(応募者からの申請内容より)		手段		原理(応募者からの申請内容より)		
		RFID(アクティブ型)	RFIDタグ(アクティブタグ型)から一定周期(0.2秒~1.1秒)で発する電波信号を、受信機により電波強度を測定し、受信アンテナとRFIDタグとの距離を推定する。	3D-LIDAR	センサーより照射された赤外線(近赤外光)の反射光をセンシングし、受光までの時間(ToF)と反射強度により安全ベスト着用者の距離と方向を測定する。	ステレオカメラ(パッシブ・ステレオ法)	建設現場における多様な作業姿勢をAIに学習させ、カメラから得られる画像から、人を認識する。また、物体までの距離は、ステレオカメラを用いて、計測している。			
物体検知機能(◆)	検知領域	・検知距離/範囲: アンテナから、3m/360度(検知距離は装置の設定ツマミで1m~20mの範囲で調節可能) 【注意: アンテナとRFIDタグとの間の遮蔽物により検知距離が短くなるため、警戒対象の場所に応じた位置にアンテナを設置する】 【注意: 電波強度は周辺環境により変化する場合がありますため、上記の検知距離は目安となる】		機械の後方周囲約270度、高さ60cm以上の範囲 機械周囲約1m以内の範囲で警報及び停止制御 機械周囲約1~2.5mの範囲で警報及び減速制御 【注意: 検知範囲は目安値。さまざまな状況により変化する。機械の近傍などセンサの死角は検知できない】		・検知距離 半径1~10m ・垂直角度 68度、水平角度 180度 (検知範囲内にて、警報/機械停止距離を0.1m毎に任意で設定可能) 【注意: カメラの死角は検知できない】				
	物体条件	起動した状態のRFIDタグを所持していること		・安全ベストを着用している人(屈んでいる人を含む、倒れている人は除く) ・安全ベストは全体に反射ラベルが付いているロングタイプで、反射率の高い物を推奨(ショートタイプ、反射ラベルが部分的・細い・反射率が低い、劣化している物は使用できない)		人物の全身ならびに一部が見えていること(頭部、バスタップ、上半身、でも認識。また、立位、座位、転倒姿勢などの複雑な姿勢も認識。)				
	人の識別	人のみにRFIDタグを所持させることにより人以外の物体と人を識別する。		安全ベストを着用していることで、人以外の物体と人を識別する。 ※検知のためには安全ベストの着用が必須		土木建築現場における様々な工種の作業に従事する作業員の画像を用いて機械学習を、さらに立位、座位、転倒姿勢などを撮影しそれぞれの角度や大きさなどを変化させ、既存の現場の風景と合成することで追加学習を行うことで、人以外の物体と人を識別する。				
	機能提供開始条件	応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。		応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。		応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。				
警告機能(●)	対象・手段	対象	手段		対象	手段		対象	手段	
		運転員	アラーム	回転灯	表示	アラーム	表示	アラーム	表示	表示
		周辺作業員	アラーム	回転灯	表示	アラーム	表示	アラーム	表示	表示
	目的	警告することで衝突回避行動を促す		警告することで衝突回避行動を促す		警告することで衝突回避行動を促す		警告することで衝突回避行動を促す		
機能提供領域	・検知距離/範囲: アンテナから、3m/360度(検知距離は装置の設定ツマミで1m~20mの範囲で調節可能) 【注意: アンテナとRFIDタグとの間の遮蔽物により検知距離が短くなるため、警戒対象の場所に応じた位置にアンテナを設置する】 【注意: 電波強度は周辺環境により変化する場合がありますため、上記の検知距離は目安となる】		機械の後方周囲約270度、高さ60cm以上の範囲 機械周囲約1m以内の範囲でアラーム音及びモニターに赤矢印表示 機械周囲約1~2.5mの範囲でアラーム音及びモニターに黄色矢印表示 【注意: 検知範囲は目安値。さまざまな状況により変化する。機械の近傍などセンサの死角は検知できない】		・検知距離 半径1~10m ・垂直角度 68度、水平角度 180度 (検知範囲内にて、警報/機械停止距離を0.1m毎に任意で設定可能) 【注意: カメラの死角は検知できない】					
機能提供開始条件	応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内でRFIDタグを検知した場合、警告機能の提供が開始される。		応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内において安全ベスト着用した人を検知した場合、警告機能の提供が開始される。(ゲートロックレバーや操作・走行レバーの操作状況にかかわらず作動する。オペレータが衝突軽減システムのスイッチをオフにすると提供を停止する)		応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内で人を検知した場合、警告機能の提供が開始される。(人が検知領域外に移動した場合、警告機能の提供が停止される。)					
衝突リスク低減機能	対象・手段	対象	手段		対象	手段		対象	手段	
		建設機械	油圧ロックを起動 ※走行時の手段は別紙3参照、またはメーカー問い合わせのこと		建設機械	油圧ロックを起動 ※走行時の手段は別紙3参照、またはメーカー問い合わせのこと		建設機械	油圧ロックを起動 ※走行時の手段は別紙3参照、またはメーカー問い合わせのこと	
	目的	物体検知をした場合、運転員が操縦装置を操作をしても建設機械は始動しないことで、衝突リスクを低減する。		物体検知をした場合、運転員が操縦装置を操作をしても建設機械は始動しないことで、衝突リスクを低減する。		人を検知をした場合、運転員が操縦装置を操作をしても建設機械は始動しないことで、衝突リスクを低減する。				
機能提供領域	・検知距離/範囲: アンテナから、3m/360度(検知距離は装置の設定ツマミで1m~20mの範囲で調節可能) 【注意: アンテナとRFIDタグとの間の遮蔽物により検知距離が短くなるため、警戒対象の場所に応じた位置にアンテナを設置する】 【注意: 電波強度は周辺環境により変化する場合がありますため、上記の検知距離は目安となる】		機械の後方周囲約270度、高さ60cm以上の範囲 機械周囲約1m以内の範囲でアラーム音及び停止制御 【注意: 検知範囲は目安値。さまざまな状況により変化する。機械の近傍などセンサの死角は検知できない】		・検知距離 半径1~10m ・垂直角度 68度、水平角度 180度 (検知範囲内にて、警報/機械停止距離を0.1m毎に任意で設定可能)【注意: カメラの死角は検知できない】					
機能提供開始条件	応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内でRFIDタグを検知し、旋回及び走行レバーを操作した時、衝突リスク低減機能の提供が開始される。		システムが起動し、設定した検知領域内で安全ベスト着用者を検知した場合、提供が開始される。(ゲートロックレバーの状態や操作・走行レバーの操作状況にかかわらず作動する。オペレータが衝突軽減システムのスイッチをオフにすると提供を停止する)		応募技術が正常に起動し、設定した検知領域内で人を検知している状態で、旋回及び走行レバーを操作した時、衝突リスク低減機能の提供が開始される。(人が機能提供範囲外に移動した状態で、警告ならびに機械停止機能の解除ボタンを操作することで機能警告機能の提供が停止される)					
その他参考情報となる資料の参照先	別紙3 No.7 各種センサ方式に対応した重機緊急停止装置(西尾レントオール株式会社)			別紙3 No.8 衝突軽減システム搭載・お知らせ機能付周囲監視装置FVM2+(住友建機株式会社)			別紙3 No.9 重機と作業員の接触防止システム「クアトロアイズ」(株式会社大林組)			

上記内容は、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」が「許容可能なリスク※2」にまで下がることを保証するものではない。建設機械が稼働する現場で作業する全ての労働者には、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」を回避する対策を実施する等の労働者の安全に関する法令を遵守することが求められている。

※1リスク(risk): 危害の発生確率及びその危害の程度の組合せ(ISO/IECガイド51:2014より)

※2許容可能なリスク(tolerable risk): 現在の社会の価値観に基づいて、与えられた状況下で、受け入れられるリスクのレベル(ISO/IECガイド51:2014より)

(2) 応募技術概要 4/4
(応募者申請内容より整理)

◆ユースケース(使用条件): 建設機械作業開始時^{※1}、建設機械作業再開時^{※2}
(本技術比較表では、稼働時は対象外としている)

※1: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を開始しようとする場合、運転員が建設機械に搭乗し、建設機械を起動した後、操縦装置を操作した時。
※2: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を再開しようとする場合、再び運転員が建設機械に搭乗し、操縦装置を操作した時。

No.	10			11			12						
基本機能 (リンクワイヤメントより)				④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能 ※ここに記載する内容は建設機械作業開始時 ^{※1} 、建設機械作業再開時 ^{※2} の場合である ※走行時は対象外であるため、走行時の機能詳細については各社問い合わせのこと									
基本情報	技術名称	KomVision(人検知衝突軽減システム)			物体検知・動作制限搭載型油圧ショベル			建設機械等接触防止システム「ナクシデント」					
	応募者	株式会社小松製作所			日立建機株式会社			株式会社カナモト					
	共同研究者	-			-			-					
	NETIS番号/登録名	申請中			KT-200068-A / 物体検知・動作制限搭載型油圧ショベル			申請中					
	試験で用いた機械/規格	油圧ショベルPC200/バケット容量0.8m ³			油圧ショベルZX200-6/バケット容量0.8m ³			油圧ショベルPC120/0.5m ³					
	上記以外に適用可能な機械・機種・規格等	PC120-11, PC130-11, PC128US-11, PC138US-11, PC138UU-11, PC200/200LC-11, PC210/210LC-11, PC200L/200LCI-11, HB205/205LC-3, HB215/215LC-3, PC228US/228USLC-11, PC220/220LC-11, PC230/230LC-11			ZX120-6, ZX135US-6, ZX200-6, ZX225US-6, ZX225USR-6			ホイルローダー・重ダンプ・ブルドーザー・土エローラー・ドリルジャンボ等					
	技術の概要	機械周囲カメラシステム(3台または4台の単眼カメラによる俯瞰画像)をソフト変更により、人検知衝突軽減システムに機能向上し、走行・旋回起動時、及び低速走行中での誤操作や周囲の安全確認不足などの不注意による衝突事故軽減に寄与するシステムである。			始動時(特に旋回、走行)の接触事故低減を図るため、車体の左右後方にカメラ付赤外線センサを搭載し、カメラにより機械周囲映像をオペレータへ提供。赤外線により機械周囲の障害物(人を含む)を検知しオペレータ及び周囲作業員へお知らせ。機械周囲に障害物(人を含む)があれば旋回・走行は動かさない(操作レバーを入れても動き出さない。)動作制限機能を装備する。			デプスカメラによって3D情報を取得すると共に、AIによる先端技術を使用し、重機の後方未確認による事故を未然に防止。デプスカメラの範囲内に人を検知すると、強制的に重機を停止させるため、安全性が大幅に向上。また、デプスカメラの視野角は現場環境に合わせて調整可能。					
	技術の概略図												
	応募技術の起動	建設機械の起動と同時に起動する。			建設機械のキースイッチを「ON」の位置にすると、起動する。 (起動中は専用モニターに、「動作制限システム停止中」アイコンが表示される。)			建設機械を起動すると同時に、システムが起動する。 (その際、装置が自己診断を実施する)					
	応募技術の起動を確認する方法	運転席モニタ上に、アイコンが表示される。その表示により起動を確認。			専用モニター左上部にシステム状態正常を示すアイコンが表示される。 (技術の概略図欄の、モニタ表示内容図の左上に示す正常のアイコン)			自己診断後に、運転席の確認用モニターが点灯することにより、起動を確認					
基本機能の使用条件	検知方法	手段	原理(応募者からの申請内容より)			手段	原理(応募者からの申請内容より)			手段	原理(応募者からの申請内容より)		
		単眼カメラ	コントローラ内のデータと単眼カメラ画像を照合して、検知範囲内の人の位置の算出をおこなう。			ToFカメラ(アクティブ・光レーダ法)	カメラ付赤外線センサから赤外光(近赤外光)を照射し、物体で反射する赤外光がセンサに戻ってくるまでの時間を測定することで、検知物体までの距離情報を演算する。また、検知物体の中から、反射する赤外光強度が大きいものを、反射材(安全ベスト等)として識別する。			赤外線ステレオカメラ(アクティブ法・パッシブ法併用)	赤外線(近赤外光)ステレオカメラにより、点群データを作成。RGBカメラによる画像を点群データに重ね合わせ、人型を検知し且つ設定した距離レンジ内にある対象を検出する。		
物体検知機能(◆)	検知領域	・検知距離:車体から約4.5m ・検知範囲:車体周囲約270度 【注意:カメラの死角は検知できない】			・検知距離 最大3.0m 詳細は技術の概略図参照 【注意:センサの死角は検知できない】			・検知距離 最大10m ・垂直角度 65.5度、水平角度 91.2度 【注意:カメラの死角は検知できない】					
	物体条件	検知範囲内に存在し、単眼カメラで捉えることのできる人。 (背景色と異なる色のヘルメット、安全ベストを着用すると検知しやすくなる)			検知範囲内に存在し、300mmx400mmの面積以上の物体であること。 (人を検知するには、安全ベスト(反射材付)を着用すること)			検知範囲内に存在し、人型の物体であること。					
	人の識別	コントローラ内のデータと単眼カメラ画像を照合して、検知領域内の人以外の物体と人を識別する。			安全ベスト(反射材付)を判断することで、検知領域内の人以外の物体と人を識別する。			状況写真を集め、写真内の「人」という対象を抽出しタグ付けしそのデータを学習させる。学習データを、映し出される3Dカメラ画像から探し出すことで、人以外の物体と人を識別する。					
	機能提供開始条件	応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。			応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。			応募技術が正常に起動している場合、物体検知機能の提供を開始する。					
警告機能(●)	対象・手段	対象	手段			対象	手段			対象	手段		
		運転員	アラーム	—	運転席モニター	運転員	ブザー	—	運転席モニター(マーク表示)	運転員	ブザー	—	運転席モニター
	目的	警告することで衝突回避行動を促す			警告することで衝突回避行動を促す			警告することで衝突回避行動を促す					
	機能提供領域	・検知距離:車体から約4.5m ・検知範囲:車体周囲約270度 ・車体から約2.5~4.5mで遅い警告音が鳴り、車体から約2.5m以内で早い警告音が鳴る。 【注意:カメラの死角は検知できない】			・検知距離 最大3.0m 詳細は技術の概略図参照 【注意:センサの死角は検知できない】			・検知距離 最大10m ・検知幅 3m ・垂直角度 65.5度、水平角度 91.2度 【注意:カメラの死角は検知できない】					
	機能提供開始条件	応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内で人を検知した場合、警告機能の提供を開始する。			応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内で物体を検知した場合、警告機能の提供が開始される。 安全ロックレバー(ロック状態中:モニターへのマーク表示のみ/解除状態中:ブザー音、モニターへのマーク表示、回転灯)			応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内で人を検知した場合、機能提供が開始される。					
衝突リスク低減機能	対象・手段	対象	手段			対象	手段			対象	手段		
		建設機械	油圧ロックを起動 ※走行時の手段は別紙3参照、またはメーカー問い合わせのこと			建設機械	油圧ロックを起動 ※走行時の手段は別紙3参照、またはメーカー問い合わせのこと			建設機械	油圧ロックを起動 ※走行時の手段は別紙3参照、またはメーカー問い合わせのこと		
	目的	物体検知をした場合、運転員が操縦装置を操作しても建設機械は始動しないことで、衝突リスクを低減する。			物体検知をした場合、運転員が操縦装置を操作しても建設機械は始動しないことで、衝突リスクを低減する。			物体検知をした場合、運転員が操縦装置を操作しても建設機械は始動しないことで、衝突リスクを低減する。					
	機能提供領域	検知距離:車体から約2.5m / 検知範囲:車体周囲約270度 【注意:カメラの死角は検知できない】			・検知距離 最大3.0m 詳細は技術の概略図参照 【注意:センサの死角は検知できない】			検知距離:最大10m / 検知幅:3m / 垂直角度:65.5度、水平角度 91.2度 【注意:センサの死角は検知できない】					
	機能提供開始条件	応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内で人を検知し、旋回及び走行レバーを操作した時に、衝突リスク低減機能の提供が開始される。			応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内で物体を検知し、旋回及び走行レバーを操作した時に、衝突リスク低減機能の提供が開始される。			応募技術が正常に起動した後、設定した検知領域内で人を検知し、旋回及び走行レバーを操作した時に、衝突リスク低減機能の提供が開始される。					
その他参考情報となる資料の参照先	別紙3 No.10 KomVision(人検知衝突軽減システム)(株式会社小松製作所)			別紙3 No.11 物体検知・動作制限搭載型油圧ショベル(日立建機株式会社)			別紙3 No.12 建設機械等接触防止システム「ナクシデント」(株式会社カナモト)						

上記内容は、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」が「許容可能なリスク※2」にまで下がることを保証するものではない。建設機械が稼働する現場で作業する全ての労働者には、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」を回避する対策を実施する等の労働者の安全に関する法令を遵守することが求められている。

※1リスク(risk): 危害の発生確率及びその危害の程度の組合せ(ISO/IECガイド51:2014より)

※2許容可能なリスク(tolerable risk): 現在の社会の価値観に基づいて、与えられた状況下で、受け入れられるリスクのレベル(ISO/IECガイド51:2014より)

(3) 試験の条件・内容・状況 1/2

◆ユースケース(使用条件): 建設機械作業開始時^{※1}、建設機械作業再開時^{※2}
(本技術比較表では、**稼働時は対象外**としている)

※1: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を開始しようとする場合、運転員が建設機械に搭乗し、建設機械を起動した後、操縦装置を操作した時。
※2: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を再開しようとする場合、再び運転員が建設機械に搭乗し、操縦装置を操作した時。

No.	1		2		3		4		5		6														
基本機能 (リクワイアメントより)	①物体検知+警告機能 ※建設機械作業開始時 ^{※1} 、建設機械作業再開時 ^{※2} の場合		②物体検知+人の識別+警告機能 ※建設機械作業開始時 ^{※1} 、建設機械作業再開時 ^{※2} の場合		③物体検知+人の識別+警告機能 ※建設機械作業開始時 ^{※1} 、建設機械作業再開時 ^{※2} の場合		④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能 ※建設機械作業開始時 ^{※1} 、建設機械作業再開時 ^{※2} の場合		⑤物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能 ※建設機械作業開始時 ^{※1} 、建設機械作業再開時 ^{※2} の場合		⑥物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能 ※建設機械作業開始時 ^{※1} 、建設機械作業再開時 ^{※2} の場合														
技術名称	物体検知+警報機能搭載型ミニショベル「後方ガードセンサ」		人検知機能「Cat Detect - People Detection」搭載型油圧ショベル		ヒヤリハンター(接近検知警報システム)		RFID作業員接近警報装置「IDガードマン」		衝突低減サポートシステム Type1		衝突低減サポートシステム Type2														
応募者	株式会社日立建機ティエラ		キャタピラー・ジャパン合同会社		株式会社マトリックス		西尾レントオール株式会社		日本キャタピラー合同会社		日本キャタピラー合同会社														
試験条件	機種/型式 ミニ油圧ショベル(ZX50U)		油圧ショベル(320)		中型油圧ショベル(PC120)		後方超小旋回ショベル(SH125)		油圧ショベル(320)		油圧ショベル(320)														
	諸元(クラス)		バケット容量 0.15m ³		バケット容量 0.8m ³		バケット容量 0.45m ³		バケット容量 0.8m ³		バケット容量 0.8m ³														
	機械製造メーカー		日立建機株式会社		日本キャタピラー合同会社		株式会社小松製作所		住友建機株式会社		日本キャタピラー合同会社														
被検体条件 ※寸法は試験状況を参照	マネキン	材質	ウレタン		ウレタン		ウレタン		ウレタン		ウレタン														
		着用物の色	黄色		黄色		黄色		黄色		黄色														
		作業着	アースグレー		上着:青 スボン:アースグレー		アースグレー		アースグレー		上着:青 スボン:アースグレー														
		ヘルメット	黄色		黄色		黄色		黄色		黄色														
		上記以外の付加条件	-		-		ICタグを所持していること		-		-														
	円柱体	材質	発砲スチロール		発砲スチロール		発砲スチロール		発砲スチロール		発砲スチロール														
		色	白色		白色		白色		白色		白色														
環境条件 ※実現環境では多様な環境条件が考えられることから、ここに示す試験時の環境条件と試験結果を、技術選定の際の参考とされたい。	試験日	開始	終了		開始①	終了①	開始②	終了②	開始③	終了③	開始	終了	開始①	終了①	開始②	終了②	開始①	終了①	開始②	終了②	開始①	終了①	開始②	終了②	
	時刻	2021年5月28日	2021年5月28日		2021年6月1日	2021年6月2日		2021年6月3日		2021年5月20日		2021年5月20日		2021年5月25日		2021年5月26日		2021年5月31日		2021年6月1日		2021年6月1日		2021年6月2日	
	天候	曇り	曇り		晴れ	曇り	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り	晴れ
	気温	20.9℃	23℃		21.8℃	24.5℃	24.1℃	28.7℃	24℃	26.9℃	21.5℃	24.6℃	23.9℃	26.8℃	24℃	25.4℃	25.4℃	26.8℃	21.8℃	24.6℃	25.9℃	23.6℃	24.1℃	28.7℃	
	湿度	65.0%	64.0%		69.6%	49.4%	54.3%	43.3%	64.2%	56.1%	78.0%	92.4%	68.0%	44.5%	41.4%	52.4%	73.6%	47.0%	69.6%	51.8%	50.0%	51.3%	54.3%	43.3%	
	風向	北	北西		東	西	南東	南	-	南東	-	-	-	南	北東	南東	東	南西	東	南	南東	西	南東	南	
	風速	0.6m/s	0.4m/s		0.4m/s	0.4m/s	0.4m/s	0.6m/s	0m/s	0.5m/s	0m/s	0m/s	0m/s	1.1m/s	0.6m/s	0.7m/s	0.9m/s	2.4m/s	0.4m/s	0.4m/s	0.4m/s	0.4m/s	0.7m/s	0.4m/s	0.6m/s
	照度	39325Lux	29800Lux		79975Lux	6933Lux	48350Lux	1816Lux8	94850Lux	53300Lux	34050Lux	24725Lux	91125Lux	10367Lux	67225Lux	52625Lux	25500Lux	43200Lux	102100Lux	33600Lux	29950Lux	7407Lux	43325Lux	15290Lux	
その他 補正内容等 (応募者申請内容より)			ソフトウェアに組み込まれたアルゴリズムで人のみを検出する。		人にRFIDタグを所持させることで、人以外の物体と人を識別する。		人にRFIDタグを所持させることで、人以外の物体と人を識別する。		ディープラーニングの手法で人の特徴を学習させることで、人以外の物体と人を識別する。		ディープラーニングの手法で人の特徴を学習させることで、人以外の物体と人を識別する。														
試験内容	試験で確認した基本機能		物体検知+警告機能		物体検知+人の識別+警告機能		物体検知+人の識別+警告機能		物体検知+人の識別+警告機能		物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能		物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能												
試験内容	①マネキンAを用いた基本機能確認試験(2回) ②マネキンBを用いた基本機能確認試験(2回)		①マネキンAを用いた基本機能確認試験(2回) ②マネキンBを用いた基本機能確認試験(2回) ③円柱体をマネキンAではないと識別することを確認する試験(2回)		①マネキンAを用いた基本機能確認試験(2回) ②マネキンBを用いた基本機能確認試験(2回) ③円柱体をマネキンAではないと識別することを確認する試験(2回)		①マネキンAを用いた基本機能確認試験(2回) ②マネキンBを用いた基本機能確認試験(2回) ③円柱体をマネキンAではないと識別することを確認する試験(2回)		①マネキンAを用いた基本機能確認試験(2回) ②マネキンBを用いた基本機能確認試験(2回) ③円柱体をマネキンAではないと識別することを確認する試験(2回)		①マネキンAを用いた基本機能確認試験(2回) ②マネキンBを用いた基本機能確認試験(2回) ③円柱体をマネキンAではないと識別することを確認する試験(2回)		①マネキンAを用いた基本機能確認試験(2回) ②マネキンBを用いた基本機能確認試験(2回) ③円柱体をマネキンAではないと識別することを確認する試験(2回)												
基本機能の確認方法	応募技術の基本機能の提供を開始させるための条件を実行し(応募技術概要参照)、提供されることを確認した		応募技術の基本機能の提供を開始させるための条件を実行し(応募技術概要参照)、提供されることを確認した		応募技術の基本機能の提供を開始させるための条件を実行し(応募技術概要参照)、提供されることを確認した		応募技術の基本機能の提供を開始させるための条件を実行し(応募技術概要参照)、提供されることを確認した		応募技術の基本機能の提供を開始させるための条件を実行し(応募技術概要参照)、提供されることを確認した		応募技術の基本機能の提供を開始させるための条件を実行し(応募技術概要参照)、提供されることを確認した		応募技術の基本機能の提供を開始させるための条件を実行し(応募技術概要参照)、提供されることを確認した												
試験状況	① 直立マネキンを用いた基本機能確認試験 高さ1730±50mm																								
	② 屈みマネキンを用いた基本機能確認試験 高さ900±50mm																								
	③ 円柱体と直立マネキンの識別確認試験 高さ1730mm 径450mm																								

上記内容は、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」が「許容可能なリスク※2」にまで下がることが保証するものではない。建設機械が稼働する現場で作業する全ての労働者には、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」を回避する対策を実施する等の労働者の安全に関する法令を遵守することが求められている。

※1リスク(risk): 危害の発生確率及びその危害の程度の組合せ(ISO/IECガイド51:2014より)

※2許容可能なリスク(tolerable risk): 現在の社会の価値観に基づいて、与えられた状況下で、受け入れられるリスクのレベル(ISO/IECガイド51:2014より)

(3) 試験の条件・内容・状況 2/2

◆ユースケース(使用条件): 建設機械作業開始時^{※1}、建設機械作業再開時^{※2}
(本技術比較表では、稼働時は対象外としている)

※1: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を開始しようとする場合、運転員が建設機械に搭乗し、建設機械を起動した後、操縦装置を操作した時。

※2: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を再開しようとする場合、再び運転員が建設機械に搭乗し、操縦装置を操作した時。

No.	7				8				9				10				11				12																										
基本機能 (リクワイアメントより)	④物体検知十人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能 ※建設機械作業開始時 ^{※1} 、建設機械作業再開時 ^{※2} の場合																																														
技術名称	各種センサ方式に対応した重機緊急停止装置 (各種センサ機器と組み合わせることで利用可能な技術) ※No.4のRFID作業員接近警報装置「IDガードマン」と組み合わせることで試験を行った				衝突軽減システム搭載・お知らせ機能付周囲監視装置FVM2+				重機と作業員の接触防止システム 「クアトロアイズ」				KomVision(人検知衝突軽減システム)				物体検知・動作制限搭載型油圧ショベル				建設機械等接触防止システム「ナクシデント」																										
応募者	西尾レントオール株式会社				住友建機株式会社				株式会社大林組				株式会社小松製作所				日立建機株式会社				株式会社カナモト																										
試験条件	機種/型式	後方超小旋回ショベル(SH125)				油圧ショベル(SH200)				ハイブリッド油圧ショベル(HB205)				油圧ショベル(PC200)				油圧ショベル(ZX200-6)				中型油圧ショベル(PC120)																									
	諸元(クラス)	バケット容量 0.45m ³				バケット容量 0.8m ³				バケット容量 0.8m ³				バケット容量 0.8m ³				バケット容量 0.8m ³				バケット容量 0.5m ³																									
被検体条件	機械製造メーカー	住友建機株式会社				住友建機株式会社				株式会社小松製作所				株式会社小松製作所				日立建機株式会社				株式会社小松製作所																									
	マネキン	材質	ウレタン				ウレタン				ウレタン				ウレタン				ウレタン				ウレタン																								
		着用物の色	黄色				黄色				黄色				黄色				黄色				黄色																								
		反射ベスト	黄色				黄色				黄色				黄色				黄色				黄色																								
		作業着	アースグレー				アースグレー				紺色				上着:青 スボン:アースグレー				アースグレー				アースグレー																								
	ヘルメット	黄色				黄色				黄色				黄色				黄色				黄色																									
その他	各種物体検知センサと組み合わせることが必要となる																																														
円柱体	材質	発砲スチロール				発砲スチロール				発砲スチロール				発砲スチロール				発砲スチロール				発砲スチロール																									
	色	白色				白色				白色				白色				白色				白色																									
環境条件	試験日	開始①		終了①		開始②		終了②		開始①		終了①		開始②		終了②		開始③		終了③		開始①		終了①		開始②		終了②		開始		終了															
	時刻	2021年5月25日		2021年5月26日		2021年6月8日		2021年6月8日		2021年5月13日		2021年5月14日		2021年6月15日		2021年6月16日		2021年6月17日		2021年4月21日		2021年4月22日		2021年5月18日		2021年5月18日		2021年5月18日		2021年5月18日																	
	天候	晴れ		晴れ		晴れ		晴れ		曇り		晴れ		晴れ		曇り		曇り		曇り		曇り		晴れ		晴れ		晴れ		曇り		曇り															
	気温	23.9℃		26.8℃		24℃		25.4℃		25.3℃		32.7℃		21.1℃		26.2℃		23.6℃		32.7℃		27.3℃		26.3℃		24℃		24.9℃		23.4℃		28.2℃		26℃		23.8℃		22℃		27℃							
	湿度	68.0%		44.5%		41.4%		52.4%		59.0%		47.4%		66.1%		54.0%		65.5%		50.4%		61.0%		65.0%		86.3%		90.3%		72.6%		47.4%		54.0%		41.1%		23.7%		16.7%		77.0%		67.9%			
	風向	-		南		北東		南東		南東		北		南東		北東		西		西南西		南		西南西		-		-		南		南南東		東北東		西南西		北		北西		南南西					
	風速	0m/s		1.1m/s		0.6m/s		0.7m/s		1.1m/s		1.2m/s		1.5m/s		0.8m/s		0.7m/s		1.5m/s		1.1m/s		0.4m/s		0m/s		0m/s		0.7m/s		0m/s		0m/s		0m/s		0.8m/s		0.5m/s		0.8m/s		0.8m/s		0.5m/s	
	照度	91125Lux		10367Lux		67225Lux		52625Lux		80075Lux		76150Lux		29400Lux		21400Lux		51400Lux		21400Lux		93025Lux		35525Lux		8645Lux		12007Lux		34900Lux		112175Lux		71200Lux		9372.5Lux		86775Lux		21162.5Lux		16325Lux		4050Lux			
その他 補正内容等 (応募者申請内容より)	人にRFIDタグを所持させることで、人以外の物体と人を識別する。 安全ベストを着用していることで、人以外の物体と人を識別する。 ※検知のためには安全ベストの着用が必須																																														
試験で確認した基本機能	物体検知十人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能																																														
試験内容	①マネキンAを用いた基本機能確認試験(2回) ②マネキンBを用いた基本機能確認試験(2回) ③円柱体をマネキンAではないと識別することを確認する試験(2回)				①マネキンAを用いた基本機能確認試験(2回) ②マネキンBを用いた基本機能確認試験(2回) ③円柱体をマネキンAではないと識別することを確認する試験(2回)				①マネキンAを用いた基本機能確認試験(2回) ②マネキンBを用いた基本機能確認試験(2回) ③円柱体をマネキンAではないと識別することを確認する試験(2回)				①マネキンAを用いた基本機能確認試験(2回) ②マネキンBを用いた基本機能確認試験(2回) ③円柱体をマネキンAではないと識別することを確認する試験(2回)				①マネキンAを用いた基本機能確認試験(2回) ②マネキンBを用いた基本機能確認試験(2回) ③円柱体をマネキンAではないと識別することを確認する試験(2回)				①マネキンAを用いた基本機能確認試験(2回) ②マネキンBを用いた基本機能確認試験(2回) ③円柱体をマネキンAではないと識別することを確認する試験(2回)																										
基本機能の確認方法	応募技術の基本機能の提供を開始させるための条件を実行し(応募技術概要参照)、提供されることを確認した																																														
試験状況	① 直立マネキンを用いた基本機能確認試験 高さ1730±50mm ② 屈みマネキンを用いた基本機能確認試験 高さ900±50mm ③ 円柱体と直立マネキンの識別確認試験 高さ1730mm 総450mm																																														
【補足】 地面上に描いた500×500mmグリッドの中心に被検体を置き、基本機能提供有無を確認し																																															

上記内容は、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」が「許容可能なリスク※2」にまで下がることを保証するものではない。建設機械が稼働する現場で作業する全ての労働者には、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」を回避する対策を実施する等の労働者の安全に関する法令を遵守することが求められている。

※1リスク(risk): 危害の発生確率及びその危害の程度の組合せ(ISO/IECガイド51:2014より)

※2許容可能なリスク(tolerable risk): 現在の社会の価値観に基づいて、与えられた状況下で、受け入れられるリスクのレベル(ISO/IECガイド51:2014より)

(4) 試験結果の整理 1/3

◆ユースケース(使用条件): 建設機械作業開始時^{※1}、建設機械作業再開時^{※2}
(本技術比較表では、稼働時は対象外としている)

※1: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を開始しようとする場合、運転員が建設機械に搭乗し、建設機械を起動した後、操縦装置を操作した時。
※2: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を再開しようとする場合、再び運転員が建設機械に搭乗し、操縦装置を操作した時。

NO.	1	2	3	4	
技術名称	物体検知・警報機能搭載型ミニショベル「後方ガードセンサ」	人検知機能「Cat Detect - People Detection」搭載型油圧ショベル	ヒヤリハンター(接近検知警報システム)	RFID作業員接近警報装置「IDガードマン」	
応募者	株式会社日立建機ティエラ	キャタピラー・ジャパン合同会社	株式会社マトリックス	西尾レントオール株式会社	
共同研究者	—	—	—	—	
NETIS番号/登録名	KK-210020-A / 物体検知・警報機能搭載型ミニショベル「後方ガードセンサ」	申請中	CG-200009-A / ヒヤリハンター(接近検知警報システム)	KT-150103-VE / RFID作業員接近警報装置「IDガードマン」	
応募技術の基本機能	①物体検知+警告機能	②物体検知+人の識別+警告機能	②物体検知+人の識別+警告機能	②物体検知+人の識別+警告機能	
物体検知に用いるセンサシステム	2D-LiDAR	単眼カメラ	RFID(セミアクティブ型)	RFID(アクティブ型)	
試験結果の整理	応募技術の基本機能の確認結果 (斜線は試験対象外の基本機能) ※☆の数は、本テーマで要求した基本機能の数として設定したものである。 ※☆+における+については、物体識別機能を有する技術であることを表示	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	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	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	
	基本機能の確認試験結果 【補足】 地面上に描いた500×500mmグリッドの中心に被検体を置き、基本機能の提供を確認する試験を2回実施し2回とも基本機能の提供が確認できた結果である。	検知領域図 【補足】 基本機能提供が確認できた結果を真上から投影した図 グリッド寸法 500mm 500mm	検知領域図 【補足】 基本機能の提供なし	検知領域図 【補足】 基本機能の提供なし	検知領域図 【補足】 基本機能の提供なし
	直立マネキン	ミニ油圧ショベル(ZX50U) / バケット容量0.15m ³ グリッド合計面積 9m ²	油圧ショベル(320) / バケット容量0.8m ³ 133.25m ²	中型油圧ショベル(PC120) / バケット容量0.5m ³ 57m ²	後方超小旋回ショベル(SH125) / バケット容量0.45m ³ 176.25m ²
	屈みマネキン	ミニ油圧ショベル(ZX50U) / バケット容量0.15m ³ グリッド合計面積 5m ²	油圧ショベル(320) / バケット容量0.8m ³ 190.25m ²	中型油圧ショベル(PC120) / バケット容量0.5m ³ 57m ²	後方超小旋回ショベル(SH125) / バケット容量0.45m ³ 188m ²
直立マネキンかつ屈みマネキン	ミニ油圧ショベル(ZX50U) / バケット容量0.15m ³ グリッド合計面積 5m ²	油圧ショベル(320) / バケット容量0.8m ³ 127.25m ²	中型油圧ショベル(PC120) / バケット容量0.5m ³ 57m ²	後方超小旋回ショベル(SH125) / バケット容量0.45m ³ 157.25m ²	
円柱体と直立姿勢マネキンの識別率(%) (円柱体が直立姿勢マネキンではないと識別した割合)	—	100% (画像から機械学習データに近い形状の物体を識別)	100% (マネキンAIにICタグを所持させることで識別)	100% (マネキンAIにICタグを所持させることで識別)	
リスクアセスメント結果及び残留リスク情報の提示	提示あり(別紙3を参照)	提示あり(別紙3を参照)	提示あり(別紙3を参照)	提示あり(別紙3を参照)	
初期投資及びメンテナンスの概略費用 (0.8m ³ のドラグ・ショベルに適用する場合) ※参考費用 (令和3年8月 調査時点)	当該技術を販売(建設機械本体の販売費含まず) 370,000円(取付け調整費含む) 建設機械製造業者が製造段階で搭載する場合 — 当該技術をレンタル等(建設機械本体のレンタル費含まず) 5,500円/日	当該技術を販売(建設機械本体の販売費含まず) 1,300,000円: 取り付け調整費を含む(予定価格) 建設機械製造業者が製造段階で搭載する場合 — 当該技術をレンタル等(建設機械本体のレンタル費含まず) —	当該技術を販売(建設機械本体の販売費含まず) — 建設機械製造業者が製造段階で搭載する場合 — 当該技術をレンタル等(建設機械本体のレンタル費含まず) —	当該技術を販売(建設機械本体の販売費含まず) — 建設機械製造業者が製造段階で搭載する場合 — 当該技術をレンタル等(建設機械本体のレンタル費含まず) —	
【当該技術本体費】 センサ、制御盤など 【取付け調整費】 材料費、ブラケット加工、諸経費、人件費など			ヒヤリハンター人数車両表示セット1式: 5,500円/日 ICタグ6台: 7,200円/日 プザー付きICタグ5台: 10,000円/日	「IDガードマン」1セットレンタル料: 42,000円/月 「IDガードマン」1セット 基本料: 18,000円 取付費: 30,000円(概算) 撤去費: 15,000円(概算) RFIDタグ: 4,000円/個(販売)	

上記の試験結果については、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」が「許容可能なリスク※2」にまで下がることを保証するものではない。建設機械が稼働する現場で作業する全ての労働者には、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」を回避する対策を実施する等の労働者の安全に関する法令を遵守することが求められている。

※1リスク(risk): 危害の発生確率及びその危害の程度(組合せ)(ISO/IECガイド51:2014より)

※2許容可能なリスク(tolerable risk): 現在の社会の価値観に基づいて、与えられた状況下で、受け入れられるリスクのレベル(ISO/IECガイド51:2014より)

(4) 試験結果の整理 2/3

◆ユースケース(使用条件): 建設機械作業開始時^{※1}、建設機械作業再開時^{※2}
(本技術比較表では、稼働時は対象外としている)

※1: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を開始しようとする場合、運転員が建設機械に搭乗し、建設機械を起動した後、操縦装置を操作した時。
※2: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を再開しようとする場合、再び運転員が建設機械に搭乗し、操縦装置を操作した時。

NO.		5		6		7		8			
技術名称		衝突低減サポートシステム Type1		衝突低減サポートシステム Type2		各種センサ方式に対応した重機緊急停止装置 (各種センサ機器と組み合わせることで利用可能な技術) ※No.4のRFID作業員接近警報装置IDガードマンと組み合わせることで試験を行った		衝突軽減システム搭載・ お知らせ機能付周囲監視装置FVM2+			
応募者		日本キャタピラー合同会社		日本キャタピラー合同会社		西尾レントオール株式会社		住友建機株式会社			
共同研究者		-		-		-		-			
NETIS番号/登録名		申請中		申請中		KT-190118-A / 各種センサ方式に対応した重機緊急停止装置		申請中			
応募技術の基本機能		④物体検知+人の識別+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		④物体検知+人の識別+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			
物体検知に用いるセンサシステム		ステレオカメラ(パッシブ・ステレオ法)		単眼カメラ		RFID(アクティブ型)		3D-LiDAR			
試験結果の整理	応募技術の基本機能の確認結果 (斜線は試験対象外の基本機能) ※☆の数は、本テーマで要求した基本機能の数として設定したものである。 ※☆☆における+については、物体識別機能を有する技術であることを表示		①物体検知+警告機能	☆	①物体検知+警告機能	☆	①物体検知+警告機能	☆	①物体検知+警告機能	☆	
			②物体検知+人の識別+警告機能	☆*	②物体検知+物体の識別+警告機能	☆*	②物体検知+人の識別+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	☆☆	③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能	☆☆	③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能	☆☆	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	☆☆*	④物体検知+物体の識別+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	☆☆*	④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能	☆☆*	
	基本機能の確認試験結果	直立マネキン	検知領域図								
			グリッド合計面積	■: 7.5㎡ ■: 8㎡	■: 16.5㎡ ■: 41㎡	■: 73㎡ ■: 103.25㎡	■: 20.5㎡ ■: 16.5㎡				
			検知領域図								
	直立マネキン かつ 屈みマネキン	直立マネキン かつ 屈みマネキン	検知領域図								
			グリッド合計面積	■: 7.5㎡ ■: 8㎡	■: 15.25㎡ ■: 30.25㎡	■: 39.75㎡ ■: 117.5㎡	■: 17㎡ ■: 16.5㎡				
			円柱体と直立姿勢マネキンの識別率(%) (円柱体が直立姿勢マネキンではないと識別した割合)	100% (画像から機械学習データに近い形状の物体を識別)	100% (画像から機械学習データに近い形状の物体を識別)	100% (マネキンAIにICタグを所持させることで識別)	100% (マネキンAIに反射ベストを着用させることで識別)				
その他情報	リスクアセスメント結果及び残留リスク情報の提示		提示あり(別紙3を参照)		提示あり(別紙3を参照)		提示あり(別紙3を参照)		提示あり(別紙3を参照)		
	初期投資及びメンテナンスの概略費用 (0.8mのドラグ・ショベルに適用する場合) ※参考費用 (令和3年8月 調査時点)		当該技術を販売 (建設機械本体の販売 費含まず) 建設機械製造業者が 製造段階で搭載する 場合 当該技術を レンタル等 (建設機械本体のレ ンタル費含まず)	当該技術本体費: 1,000,000円 取付調整費: 300,000円 - -	当該技術を販売 (建設機械本体の販売 費含まず) 建設機械製造業者が 製造段階で搭載する 場合 当該技術を レンタル等 (建設機械本体のレ ンタル費含まず)	当該技術本体費: 1,000,000円 取付調整費: 300,000円 - -	当該技術を販売 (建設機械本体の販売 費含まず) 建設機械製造業者が 製造段階で搭載する 場合 当該技術を レンタル等 (建設機械本体のレ ンタル費含まず)	- - 「IDガードマン」1セットレンタル料: 42,000円/月 「IDガードマン」1セット 基本料: 18,000円 「車輻自動停止ユニット」レンタル料: 15,000円/月 「車輻自動停止ユニット」基本料: 9,000円 取付費: 30,000円(概算)、撤去費: 15,000円(概算) RFIDタグ: 4,000円/個(販売)	当該技術を販売 (建設機械本体の販売 費含まず) 建設機械製造業者が 製造段階で搭載する 場合 当該技術を レンタル等 (建設機械本体のレ ンタル費含まず)	2,200,000円+機械本体の販売価格 -	

上記の試験結果については、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」が「許容可能なリスク※2」にまで下がることを保証するものではない。建設機械が稼働する現場で作業する全ての労働者には、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」を回避する対策を実施する等の労働者の安全に関する法令を遵守することが求められている。

※1リスク(risk): 危害の発生確率及びその危害の程度の組合せ(ISO/IECガイド51:2014より)

※2許容可能なリスク(tolerable risk): 現在の社会の価値観に基づいて、与えられた状況下で、受け入れられるリスクのレベル(ISO/IECガイド51:2014より)

(4) 試験結果の整理 3/3

◆ユースケース(使用条件): 建設機械作業開始時^{※1}、建設機械作業再開時^{※2}
(本技術比較表では、稼働時は対象外としている)

※1: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を開始しようとする場合、運転員が建設機械に搭乗し、建設機械を起動した後、操縦装置を操作した時。
※2: 建設機械の作業(走行、旋回、掘削等)を再開しようとする場合、再び運転員が建設機械に搭乗し、操縦装置を操作した時。

NO.		9	10	11	12	
技術名称		重機と作業員の接触防止システム「クアトロアイズ」	KomVision(人検知衝突軽減システム)	物体検知・動作制限搭載型油圧ショベル	建設機械等接触防止システム「ナクシデント」	
応募者		株式会社大林組	株式会社小松製作所	日立建機株式会社	株式会社カナモト	
共同研究者		-	-	-	-	
NETIS番号/登録名		KT-180148-A / 重機と作業員の接触防止システム「クアトロアイズ」	申請中	KT-200068-A / 物体検知・動作制限搭載型油圧ショベル	申請中	
応募技術の基本機能		④物体検知+人の識別+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	④物体検知+人の識別+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	
物体検知に用いるセンサシステム		ステレオカメラ(パッシブ・ステレオ法)	単眼カメラ	ToFカメラ(アクティブ・光レーダ法)	赤外線ステレオカメラ(アクティブ法・パッシブ法の併用)	
試験結果の整理	<p>応募技術の基本機能の確認結果 (斜線は試験対象外の基本機能)</p> <p>※☆の数は、本テーマで要求した基本機能の数として設定したものである。 ※☆+における+については、物体識別機能を有する技術であることを表示</p>	①物体検知+警告機能 ☆	①物体検知+警告機能 ☆	①物体検知+警告機能 ☆	①物体検知+警告機能 ☆	
		②物体検知+人の識別+警告機能 ☆	②物体検知+人の識別+警告機能 ☆	②物体検知+人の識別+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 ☆☆	③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能 ☆☆	③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能 ☆☆	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 ☆☆	④物体検知+人の識別+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 ☆☆	④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能 ☆☆	
	基本機能の確認試験結果	<p>直立マネキン</p> <p>検知領域図</p> <p>【補足】 基本機能提供が確認できた結果を真上から投影した図</p> <p>グリッド寸法 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:12.75㎡ ■:25.75㎡</p>	<p>直立マネキン</p> <p>検知領域図</p> <p>【補足】 基本機能提供が確認できた結果を真上から投影した図</p> <p>グリッド寸法 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:41.5㎡ ■:75㎡</p>	<p>直立マネキン</p> <p>検知領域図</p> <p>【補足】 基本機能提供が確認できた結果を真上から投影した図</p> <p>グリッド寸法 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:23.75㎡ ■:3.75㎡ ■:16㎡</p>	<p>直立マネキン</p> <p>検知領域図</p> <p>【補足】 基本機能提供が確認できた結果を真上から投影した図</p> <p>グリッド寸法 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:18.5㎡ ■:13.75㎡</p>	
		<p>屈みマネキン</p> <p>検知領域図</p> <p>【補足】 基本機能提供が確認できた結果を真上から投影した図</p> <p>グリッド寸法 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:9㎡ ■:23.25㎡</p>	<p>屈みマネキン</p> <p>検知領域図</p> <p>【補足】 基本機能提供が確認できた結果を真上から投影した図</p> <p>グリッド寸法 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:38.5㎡ ■:25.25㎡</p>	<p>屈みマネキン</p> <p>検知領域図</p> <p>【補足】 基本機能提供が確認できた結果を真上から投影した図</p> <p>グリッド寸法 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:21.75㎡ ■:19㎡</p>	<p>屈みマネキン</p> <p>検知領域図</p> <p>【補足】 基本機能提供が確認できた結果を真上から投影した図</p> <p>グリッド寸法 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:11.75㎡ ■:9.5㎡</p>	
		<p>直立マネキンかつ屈みマネキン</p> <p>検知領域図</p> <p>【補足】 基本機能提供が確認できた結果を真上から投影した図</p> <p>グリッド寸法 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:9㎡ ■:23.25㎡</p>	<p>直立マネキンかつ屈みマネキン</p> <p>検知領域図</p> <p>【補足】 基本機能提供が確認できた結果を真上から投影した図</p> <p>グリッド寸法 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:20.25㎡ ■:33㎡</p>	<p>直立マネキンかつ屈みマネキン</p> <p>検知領域図</p> <p>【補足】 基本機能提供が確認できた結果を真上から投影した図</p> <p>グリッド寸法 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:21.25㎡ ■:0.25㎡ ■:16㎡</p>	<p>直立マネキンかつ屈みマネキン</p> <p>検知領域図</p> <p>【補足】 基本機能提供が確認できた結果を真上から投影した図</p> <p>グリッド寸法 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:11.5㎡ ■:9.75㎡</p>	
		円柱体と直立姿勢マネキンの識別率(%) (円柱体が直立姿勢マネキンではないと識別した割合)	100% (画像から機械学習データに近い形状の物体を識別)	100% (画像から機械学習データに近い形状の物体を識別)	100% (マネキンAIに反射ベストを着用させることで識別)	100% (画像から機械学習データに近い形状の物体を識別)
	その他情報	<p>リスクアセスメント結果及び残留リスク情報の提示</p> <p>提示あり(別紙3を参照)</p>	<p>提示あり(別紙3を参照)</p>	<p>提示あり(別紙3を参照)</p>	<p>提示あり(別紙3を参照)</p>	
		<p>初期投資及びメンテナンスの概略費用 (0.8mのドラグ・ショベルに適用する場合)</p> <p>※参考費用 (令和3年8月 調査時点)</p> <p>【該当技術本体費】 センサ、制御盤など 【取付け調整費】 材料費、ブラケット加工、諸経費、人件費など</p>	<p>該当技術を販売 (建設機械本体の販売費含まず)</p> <p>装置本体 1,020,000円 設置材料費 170,000円 設置費 230,000円(交通費、宿泊費別途)</p> <p>建設機械製造業者が製造段階で搭載する場合</p> <p>該当技術をレンタル等 (建設機械本体のレンタル費含まず)</p> <p>装置本体 3,300円/日 設置材料費 170,000円 設置費 230,000円(交通費、宿泊費別途)</p>	<p>該当技術を販売 (建設機械本体の販売費含まず)</p> <p>PC系11型のみ対象のレトロフィット商品 販売価:200,000円(カメラ交換/ソフト変更費含む)</p> <p>車両に標準搭載</p> <p>該当技術をレンタル等 (建設機械本体のレンタル費含まず)</p>	<p>該当技術を販売 (建設機械本体の販売費含まず)</p> <p>2,700,000円 (但し、単品販売はしていない)</p> <p>建設機械製造業者が製造段階で搭載する場合</p> <p>24,055,000円(機械本体+当該装置の価格) (当社で、機械本体に搭載)</p> <p>該当技術をレンタル等 (建設機械本体のレンタル費含まず)</p> <p>90,000円/月(当該技術のみのレンタル費用) (但し、当社では、当該技術装置のみのレンタルはしていない。当該技術装置を装着したZX200-6のレンタル費用は 300,000円/月)</p>	<p>該当技術を販売 (建設機械本体の販売費含まず)</p> <p>—</p> <p>建設機械製造業者が製造段階で搭載する場合</p> <p>—</p> <p>該当技術をレンタル等 (建設機械本体のレンタル費含まず)</p> <p>1Set ¥150,000 ~ (本体のみ、取付等付帯費用別途)</p>

上記の試験結果については、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」が「許容可能なリスク※2」にまで下がることを保証するものではない。建設機械が稼働する現場で作業する全ての労働者には、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」を回避する対策を実施する等の労働者の安全に関する法令を遵守することが求められている。

※1リスク(risk): 危害の発生確率及びその危害の程度の組合せ(ISO/IECガイド51:2014より)

※2許容可能なリスク(tolerable risk): 現在の社会の価値観に基づいて、与えられた状況下で、受け入れられるリスクのレベル(ISO/IECガイド51:2014より)

【参考情報】物体検知に用いるセンサシステムの一般的な特徴

建設作業における人と機械の衝突リスク低減を支援する機能(例えば警告や機械の停止など)を提供するためには、周辺の人や物体を検知する技術が必要となる。物体検知に使用されているセンサシステムには、それぞれ長所・短所が存在していることを理解する必要があるため、『一般的な特徴』を整理した。

物体検知に用いるセンサシステム	説明	システム基本構成	長所	短所
単眼カメラ	単眼カメラ画像処理は、イメージセンサで画像化されたデータから、目的とする物体の形状を検出する。さまざまな処理方式がある。 ¹⁾ 三次元位置推定方法の例として、フォーカスを変化させた画像を用いることによる距離の推定やレンズの鏡面収差を利用した手法が挙げられる。 ²⁾	単眼カメラは、レンズ、CCDイメージセンサーやCMOSイメージセンサーとその周辺基板、および処理コードで構成される。 ¹⁾	・人間が見ているように、映像化された画像そのものが解析対象となる。 ¹⁾ ・画像からどの部分が対象とする物体であるかを判別できる。 ¹⁾ ・カメラを1台しか使わないので安価である。 ³⁾	・映像化できる環境以外の場合(雨・雪・霧などの悪天候、粉塵・泥の付着、太陽に向かって正面にいる状況、真っ暗闇など)使用が難しくなる。 ¹⁾
ステレオカメラ (パッシブステレオ法)	2台のカメラを用いてステレオ視し、左右カメラの画素を照合することによって、三角測量の原理でその画素における対象物までの距離を算出できる。この距離を手がかりとすることによって立体物を検出することが可能となる。 ⁴⁾	ステレオカメラは、光軸を平行にした2つの単眼カメラで構成される。 ¹⁾	・人間が見ているように、映像化された画像そのものが解析対象となる。 ¹⁾ ・深度情報が得られるため、対象の形状を3次元的に捉えることができる。 ¹⁾ ・画像からどの部分が対象とする物体であるかを判別できる。 ¹⁾	・映像化できる環境以外の場合(雨・雪・霧などの悪天候、粉塵・泥の付着、太陽に向かって正面にいる状況、真っ暗闇など)使用が難しくなる。 ¹⁾
光投影ステレオカメラ (アクティブ・ステレオ法)	対象に投光した光が反射して戻ってくる際の光路のずれを利用し、三角測量の原理に基づいて距離を得る手法。 ²⁾	投光投影装置、CCDカメラで構成される。 ²⁾	・近距離計測に有利である。 ²⁾ ・テクスチャから受ける影響が少ない。 ²⁾ ・高精度な計測が可能 ²⁾	・外乱光(太陽光等)が強すぎると、計測に影響を与えることがある。 ・カメラに加え、投光投影装置が必要となる。 ²⁾
ToFカメラ (アクティブ・光レーダー法)	光源(赤外線)から放射された光が対象物で反射し、カメラに戻ってくるまでの時間(飛行時間(ToF: Time of Flight))を計測し、既知である光の速度を元に距離を算出する手法。 ⁵⁾	赤外線光受光素子とレンズ(カメラ)および、これに同期した光源(赤外線)で構成される。 ⁵⁾	・距離演算が簡単でリアルタイムな撮像が容易。 ⁵⁾ ・小型である ²⁾ ・夜間でも利用できる。	・低解像度 ・外乱光(太陽光)が強すぎると、計測に影響を与えることがある。 ・光を吸収・透過するものに弱い。
L i D A R (アクティブ・光レーダー法)	レーザー光(赤外線)の送受信によって物体の検出と測距を行う。物体から戻ってくる光の反射方向も同時に検出することで、対象物体の空間構造も計測することができる。レーザー光をパルス状に発光し、受信までの時間を計測する飛行時間計測(ToF: Time of Flight)方式が一般である	レンズ、レーザー発信モジュール、受光モジュール、信号処理ボードの他、スキャン機構で構成される。 ¹⁾	・赤外線を用いるため、電波の反射率が低い物体(段ボール箱、木材、発泡スチロールなど)も検出できる。 ・高い空間分解能で距離と方位を検出できるため、物体検出だけでなく、それらの間のフリースペースの検出も可能。	・激しい雨・霧・雪などの条件では吸収されたり拡散され、検出性能が低下する。 ・光を吸収・透過するものに弱い。
RFID(タグ・リーダライタ) (この他、RFタグ、電子タグ、無線タグ、ICタグ等様々な呼び方がある)	RFIDとは、主に電波を利用した認証(認識)技術の総称であり、微小な無線チップにより人やモノを識別・管理する仕組みである。 ⁶⁾ 物体にICタグを取付け、無線通信でリーダライタ(又はアンテナ)により電波の送受信を行うことで、距離を推定する。	ICチップとアンテナを内蔵したタグと、アンテナとコントローラを内蔵したリーダライタで構成される。	・複数のタグを同時に読み取り可能。 ・汚れや多少の遮断物があっても通信ができ、耐久性がある。 ・全方向を監視できる。 ⁷⁾	・タグの携帯が必要。 ・タグの電池切れや所持していない場合は検知できない。 ・高い周波数の電波は、金属に当たると反射しさえぎられ、うまく伝搬されない。
超音波センサ	対象の有無及び距離を反射波の到達時間によって測定 ¹⁾ 。パルス状の超音波を送信し、その反射音を受信して物体までの距離を飛行時間(ToF: Time of Flight)で計測する。	超音波センサは、超音波AFE、超音波トランスデューサとセラミック圧電素子で構成される。 ¹⁾	・近傍検知に適している ・コストが安く小型である ・複数の搭載が可能で、全体の範囲が検知可能にできる	・気象条件によって性能に影響が出る場合がある。 ⁷⁾ ・検知距離が短い。 ・低速走行時にしか使用できない。 ・地上からの取付け高さに制限がある。

【記載内容の引用・参考とした文献】

- 1) 伊藤敏夫：自動運転のためのセンサシステム入門、日刊工業新聞社(2019)
- 2) 藤吉弘亘、梅田和昇、山本和彦：画像入力・計測技術の新展開—三次元画像計測技術を中心として—、精密工学誌Vol. 75, No. 2, 2009
- 3) 実吉敬二：パッシブビジョンを用いた障害物の検出：映像情報メディア学術誌Vol. 68, No. 10, pp. 789-793 (2014)
- 4) 木村好克、山口晃一郎、加藤武男、太田充彦、二宮芳樹：安全のための画像センサ技術、映像情報メディア学術誌 Vol. 61, No. 12 (2007)
- 5) 安富 啓太、川人 祥二：Time-of-Flightカメラ、映像情報メディア学会誌 70 巻 11 号 p. 880-885 (2016)
- 6) 根岸英彦：RFIDを活用したセンシング技術、電気設備学会誌 Vol. 37 No. 10 (2017)
- 7) 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