

## 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（試験では人形体（マネキン）／非人形体（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）
- 技術比較表の公表技術一覧（別紙 1-1）
- 技術比較表
  - 技術比較表（対象機械：ブルドーザ）（別紙 2-1）
  - 技術比較表（対象機械：ホイールローダ）（別紙 2-2）
- 技術の参考資料（別紙 3）

(1) 応募技術の基本機能一覧 (対象機械:ブルドーザ) (応募者申請内容に基づき整理)

◆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(試験では人形体)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
①「物体検知+警告機能」 に対する応募技術							
-	該当なし						
②「物体検知+人の識別+警告機能」 に対する応募技術							
1	重機取付型 セーフティカメラシステム 「ドボレコ」	株式会社ザクティ	・単眼カメラ	カメラの設置高さや検知場所(座標)により、距離推定を行う	カメラ映像からAI画像処理により人を検出する	【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で警告(オプションでスピーカと警告灯の取付が可能) 【目的】 衝突回避行動を促す	-
③「物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能」 に対する応募技術							
-	該当なし						
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							
2	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】 建設機械のフットブレーキを油圧シリンダーで押下する 【目的】 後方に物体検知をしている場合は運転員が操作レバーを後進にいても建設機械が始動しないことで、衝突リスクを低減する。

(2) 応募技術概要 (応募者申請内容に基づき整理)

◆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																															
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連機作業開始時※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連機作業開始時※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	<p>技術名称: 重機取付型 セーフティカメラシステム「ドボレコ」</p> <p>応募者: 株式会社ザクティ</p> <p>共同研究者: -</p> <p>NETIS番号/登録名: KK-210060-A/重機取付型セーフティカメラシステム「ドボレコJK」</p> <p>試験で用いた機械/型式: ブルドーザ/D31PX(コマツ)</p> <p>上記以外に適用可能な機械・機種・クラス等: ローラ、ドラグショベル、ブルドーザー、ホイールローダの重機、フォークリフトなど</p>	<p>建設機械等接触防止システム「ナクシデント」</p> <p>株式会社カナメト</p> <p>-</p> <p>登録申請手続き中</p> <p>ブルドーザ/D31PX(コマツ)</p> <p>ホイールローダ・重ダンブ・ブルドーザ・土エローラ・ドリルジャンボ等</p>																															
技術の概要	AI人物検知機能を有するカメラシステムにより、運転視界に境界がある建設機械後方などでの作業員接触事故や危険エリアへの侵入を防止するシステム 人検知情報の外部信号出力機能を利用することで、建設機器の停止等の制御が可能(今回本機能に関する試験は未実施)	デブスカメラによって3D情報を取得すると共に、AIによる先端技術を駆使し、重機の後方未確認による事故を未然に防止。デブ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、デブ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	建設機械のキースイッチを「ON」にすることで、自動的にシステムが起動する	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	設定範囲での人物検知をすることをモニター表示とアラート音にて確認する	自己診断後に、運転席の確認用モニターにカメラの映像が表示されることにより、起動を確認																															
基本機能の使用条件	検知方法	<table border="1"> <thead> <tr> <th>手段</th> <th>原理(応募者からの申請内容より)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>単眼カメラ</td> <td>カメラの設置高さや検知場所(座標)により、距離推定を行う</td> </tr> </tbody> </table>	手段	原理(応募者からの申請内容より)	単眼カメラ	カメラの設置高さや検知場所(座標)により、距離推定を行う	<table border="1"> <thead> <tr> <th>手段</th> <th>原理(応募者からの申請内容より)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>赤外線ステレオカメラ (アクティブ法・パッシブ法併用)</td> <td>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。</td> </tr> </tbody> </table>	手段	原理(応募者からの申請内容より)	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。																						
	手段	原理(応募者からの申請内容より)																															
単眼カメラ	カメラの設置高さや検知場所(座標)により、距離推定を行う																																
手段	原理(応募者からの申請内容より)																																
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(◆)	<p>検知距離 最大15m</p> <p>検知可能視野 270度 × 2カ所</p> <p>背景と同色等の保護色でない人物</p> <p>直立姿勢、かがみ姿勢、歩行者、倒れている人物 身体の一部(50%以下)が物で隠れている人物も検出可能</p> <p>機能が提供される条件 応募技術が正常に起動している場合</p>	<p>検知距離 最大10m</p> <p>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】</p> <p>検知範囲内に存在し、人型の物体であること。</p> <p>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。</p> <p>応募技術が正常に起動した状態で車両の前後進レバー操作を後進に操作した場合</p>																															
警告機能(●) ※本機能は◆を含む	対象・手段	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">対象</th> <th colspan="3">手段</th> </tr> <tr> <th>音</th> <th>光</th> <th>表示</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>運転員</td> <td>アラート音</td> <td>-</td> <td>モニター表示</td> </tr> <tr> <td>周辺作業員</td> <td>・アラート音 ・スピーカー(オプション)</td> <td>警告灯(オプション)</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	対象	手段			音	光	表示	運転員	アラート音	-	モニター表示	周辺作業員	・アラート音 ・スピーカー(オプション)	警告灯(オプション)	-	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">対象</th> <th colspan="3">手段</th> </tr> <tr> <th>音</th> <th>光</th> <th>表示</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>運転員</td> <td>ブザー</td> <td>-</td> <td>運転席モニター</td> </tr> <tr> <td>周辺作業員</td> <td>ブザー</td> <td>回転灯</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	対象	手段			音	光	表示	運転員	ブザー	-	運転席モニター	周辺作業員	ブザー	回転灯	-
	対象	手段																															
音		光	表示																														
運転員	アラート音	-	モニター表示																														
周辺作業員	・アラート音 ・スピーカー(オプション)	警告灯(オプション)	-																														
対象	手段																																
	音	光	表示																														
運転員	ブザー	-	運転席モニター																														
周辺作業員	ブザー	回転灯	-																														
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																															
機能提供領域	検知距離 最大15m 検知可能視野 270度 × 2カ所 【注意:カメラ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】																															
機能が提供される条件	応募技術が正常に起動した状態で、設定した検知範囲内の物体から人を識別した場合	応募技術が正常に起動した状態で車両の前後進レバー操作を後進に操作し、設定した検知範囲内の物体から人を識別した場合																															
衝突リスク低減機能 ※本機能は◆と●を含む	対象・手段	<table border="1"> <thead> <tr> <th>対象</th> <th>手段</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>建設機械</td> <td>建設機械のフットブレーキを油圧シリンダーで押下する</td> </tr> </tbody> </table>	対象	手段	建設機械	建設機械のフットブレーキを油圧シリンダーで押下する	建設機械																										
	対象	手段																															
	建設機械	建設機械のフットブレーキを油圧シリンダーで押下する																															
	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。																														
機能提供領域	-	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】																															
機能が提供される条件	-	応募技術が正常に起動した状態で車両の前後進レバー操作を後進に操作し、設定した検知範囲内の物体から人を識別した場合																															
その他参考情報となる資料の参照先	参考資料1	参考資料3																															





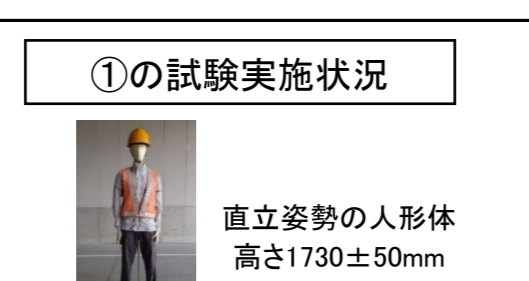


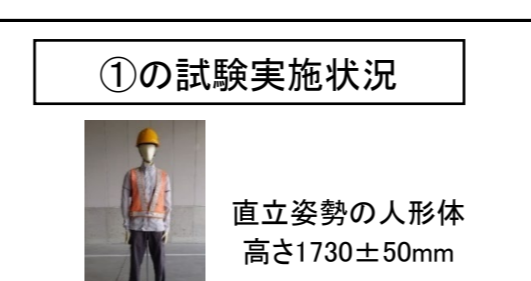


上記内容は、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」が「許容可能なリスク※2」にまで下がることを保証するものではない。  
建設機械が稼働する現場で作業する全ての労働者には、「人と建設機械の衝突に係るリスク※1」を回避する対策を実施する等の労働者の安全に関する法令を遵守することが求められている。  
※1 リスク(risk): 危害の発生確率及びその危害の程度の組合せ(ISO/IECガイド51:2014より)  
※2 許容可能なリスク(tolerable risk): 現在の社会の価値観に基づいて、与えられた状況下で、受け入れられるリスクのレベル(ISO/IECガイド51:2014より)

(3) 試験の条件・内容・状況

◆コースケース(使用条件): 建設機械作業開始時<sup>※1</sup>、建設機械作業再開時<sup>※2</sup>  
(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。

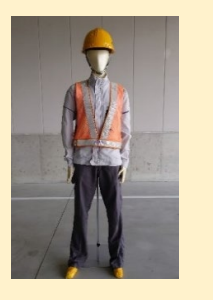
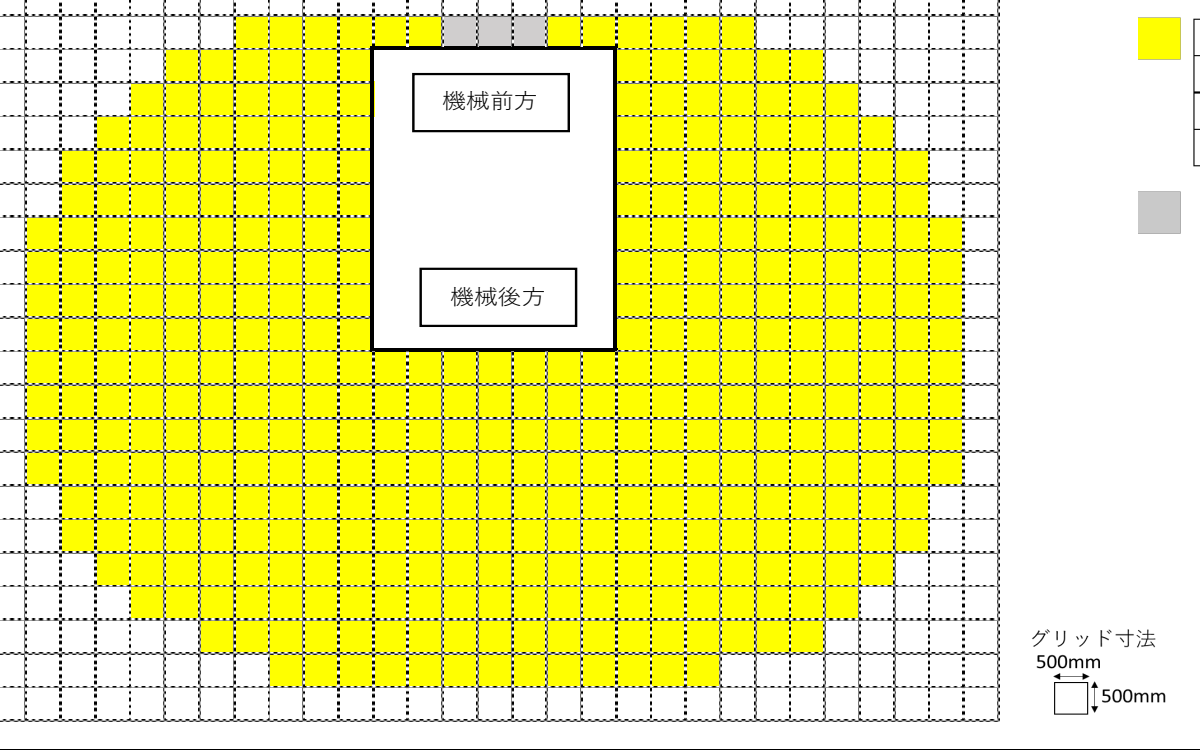
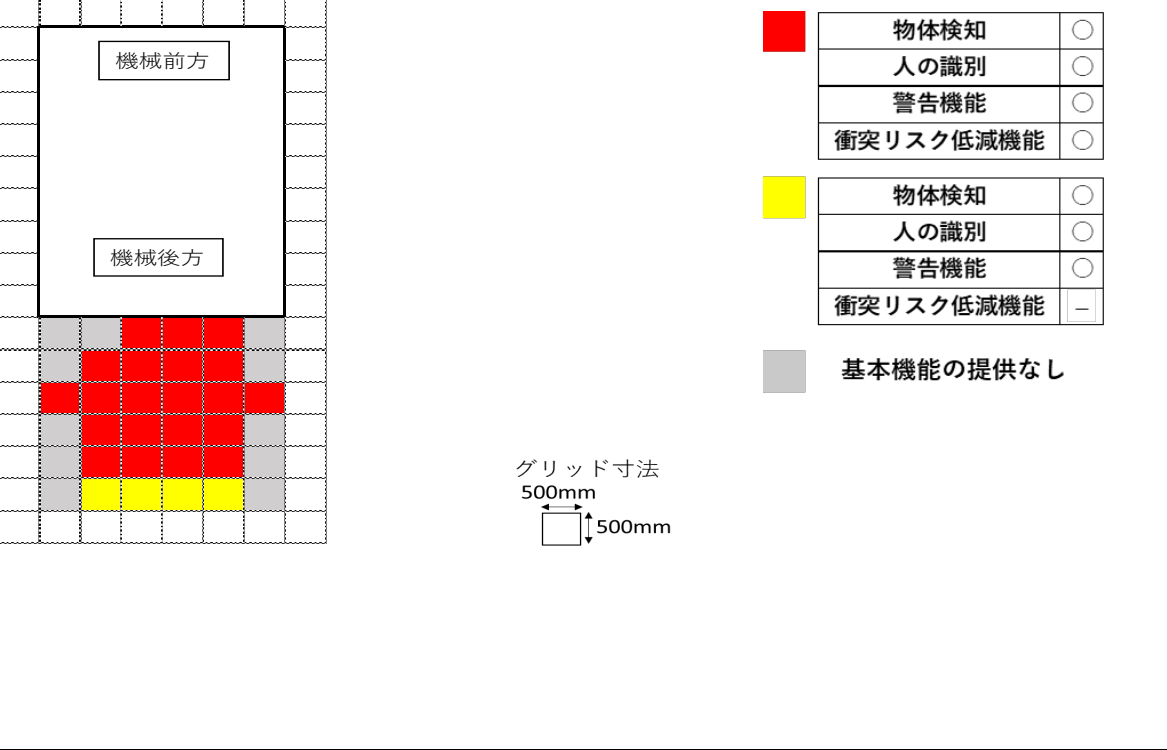

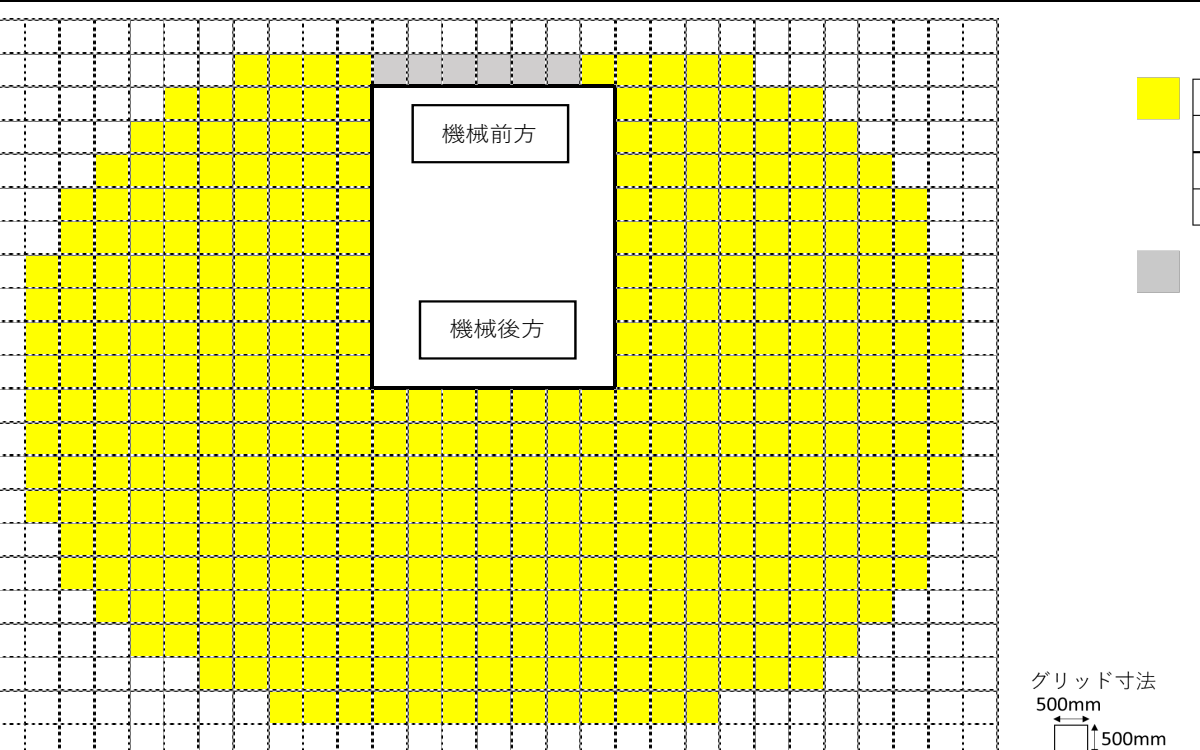
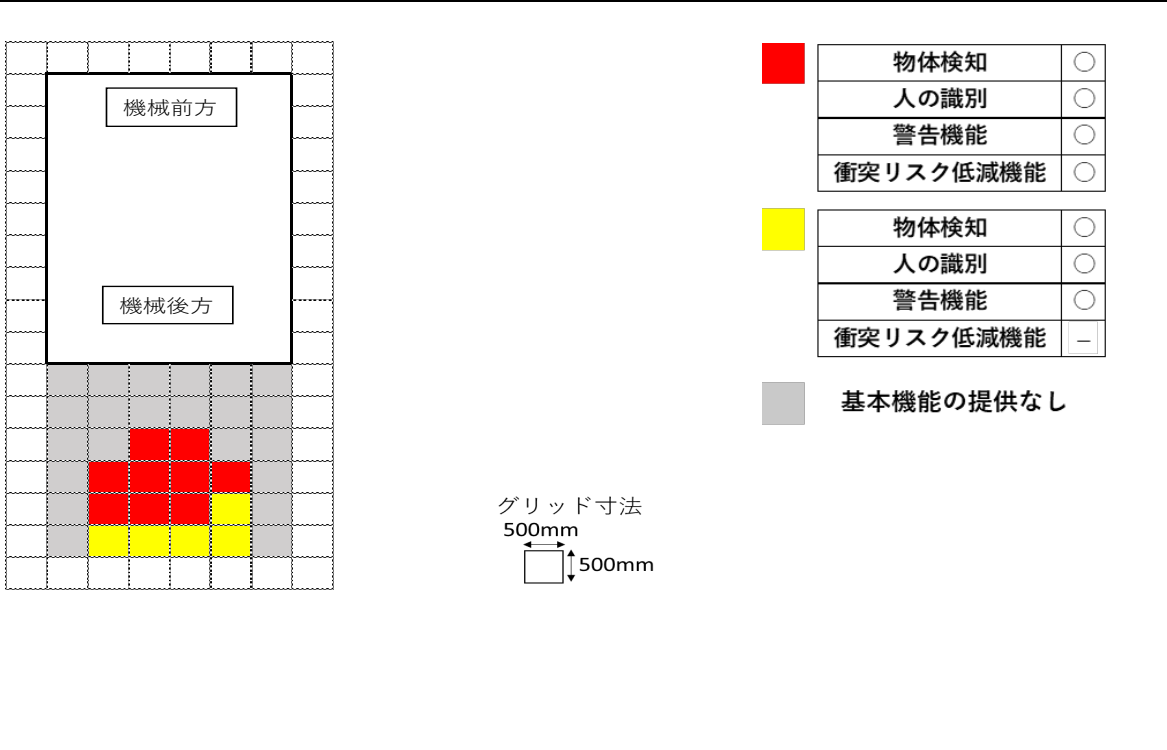
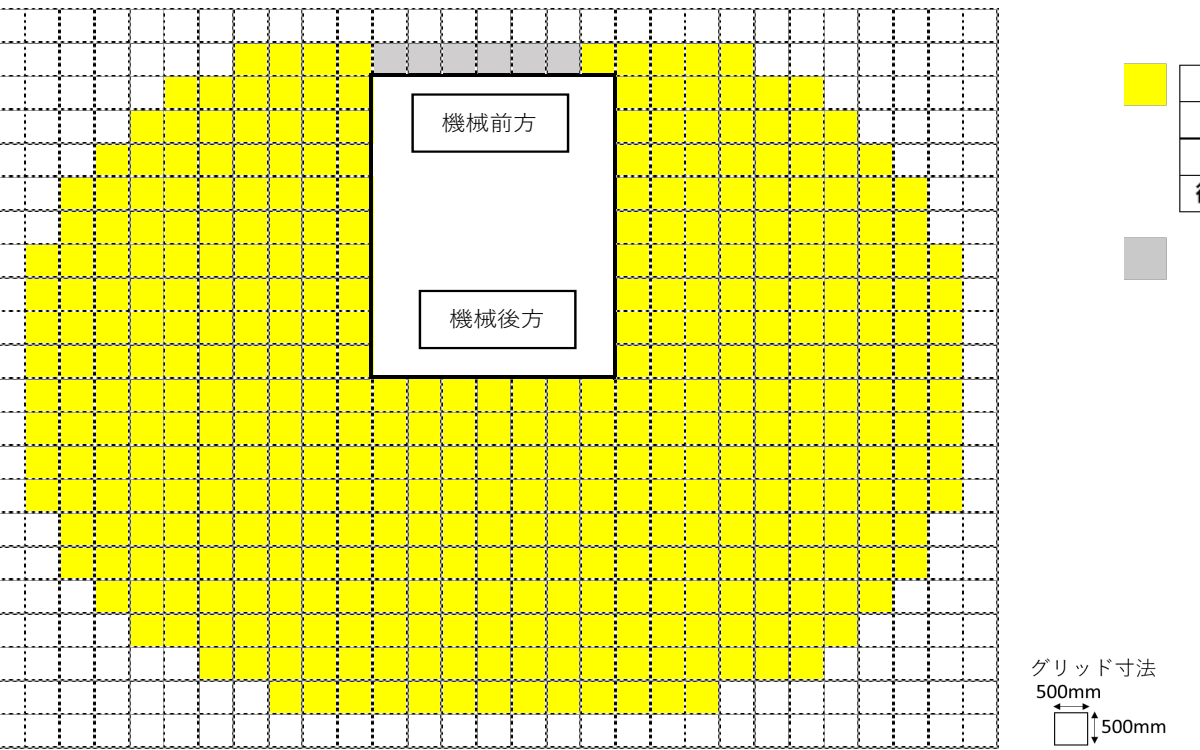
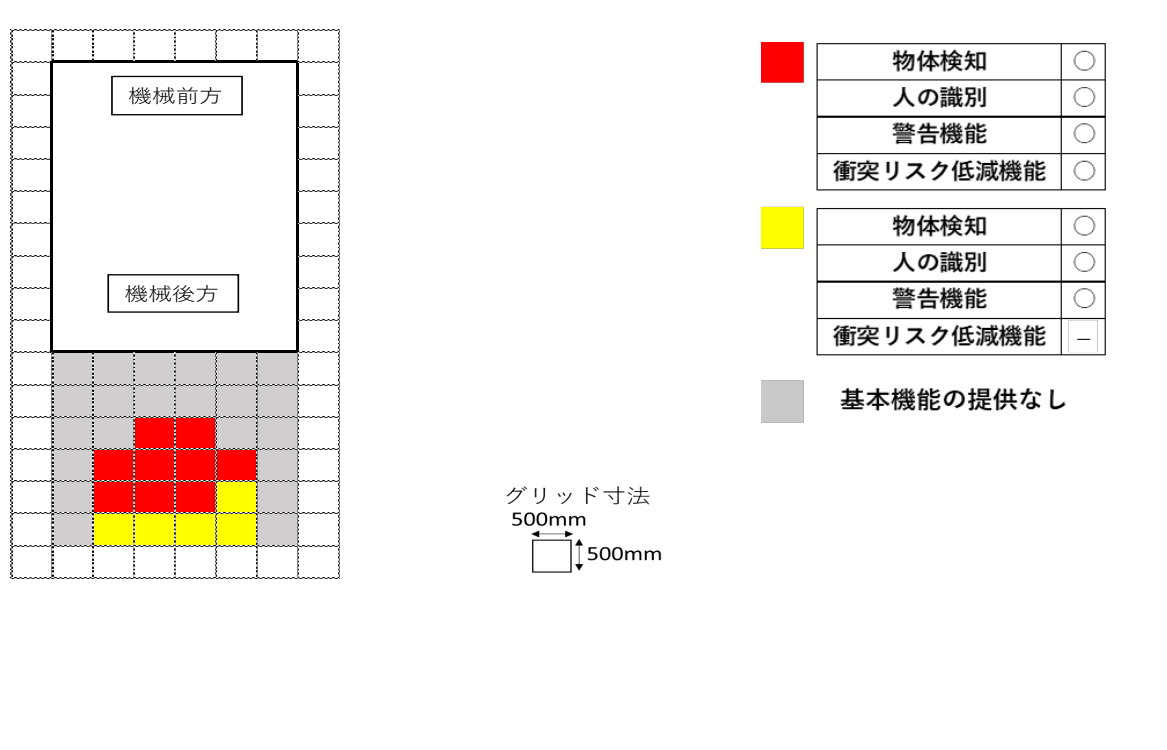
No.	1				2					
基本機能 (リクワイアメントより)	②物体検知十人の識別+警告機能 ※建設機械作業開始時 <sup>※1</sup> 、建設機械作業再開時 <sup>※2</sup> の場合				④物体検知十人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能 ※建設機械作業開始時 <sup>※1</sup> 、建設機械作業再開時 <sup>※2</sup> の場合					
技術名称	重機取付型 セーフティカメラシステム「ドボロコ」				建設機械等接触防止システム「ナクシデント」					
応募者	株式会社ザクティ				株式会社カナモト					
使用機械	機種/型式	ブルドーザ/D31PX				ブルドーザ/D31PX				
	諸元(クラス)	7tクラス				7tクラス				
	機械製造メーカー	コマツ社製				コマツ社製				
被検体条件 ※寸法は試験状況を参照	人形体 ※寸法は試験状況を参照	材質	ウレタン				ウレタン			
		善利物の色	反射ベスト 作業着 ヘルメット				ベスト:オレンジ、反射材:黄色 青色 黄色			
		円柱体の材質	発砲スチロール				発砲スチロール			
		円柱体の色	白色				白色			
	円柱体の色	白色				白色				
環境条件 ※実現場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	2023年7月4日		2023年7月5日		2023年9月5日				
	時刻	13:40	16:40	8:47	16:08	10:29	13:38			
	天候	晴れ	曇り	曇り	曇り	晴れ	曇り			
	気温	29.4℃	24.5℃	24.3℃	25.30℃	29.4℃	28.7℃			
	湿度	71.6%	82.7%	79.8%	82.6%	76.0%	78.7%			
	風向	南	西	南	南	南東	南南東			
	風速	0.6m/s	0.9m/s	0.8m/s	0.8m/s	0.7m/s	1.0m/s			
	照度	73025Lux	15450Lux	44750lux	7925Lux	113550lux	25900lux			
その他 補足内容等 (応募者申請内容より)	カメラ映像からAI画像処理により人を検出する				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。					
試験で確認した基本機能	物体検知十人の識別+警告機能				物体検知十人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能					
試験時における建設機械への装置類搭載状況 (基本機能を提供するための装置類)	<p>【注意】 写真はあくまで試験時の状況であり、実際の装置や取付位置とは異なる場合がある。詳細については各社問合わせのこと。</p> <p>物体検知機能</p>  <p>物体検知に用いるセンサ(単眼カメラ)を搭載した装置(建設機械後方2箇所に設置)</p> <p>警告機能</p>  <p>対象:運転員 手段:回転灯</p> <p>対象:運転員 手段:モータ表示、音</p> <p>・オプションで回転灯と外部スピーカの取付が可能(対象:周辺作業員) ・警告音は音量の調節が可能</p>				<p>物体検知機能</p>  <p>物体検知に用いるセンサ(赤外線ステレオカメラ(アクティブ法+パッシブ法の併用))を搭載した装置(建設機械後方1箇所に設置)</p> <p>警告機能</p>  <p>対象:周辺作業員 手段:回転灯</p>  <p>対象:運転員 手段:モニタ表示、音</p> <p>・オプションで警報装置の取付が可能(対象:周辺作業員)</p> <p>衝突リスク低減機能</p>  <p>衝突リスク低減のため、ブレーキペダルを押下げる装置を搭載</p>					
試験項目	①直立姿勢の人形体を用いた検知領域確認試験(基本機能が提供される領域)(2回) ②屈み姿勢の人形体を用いた検知領域確認試験(基本機能が提供される領域)(2回) ③円柱体と直立姿勢の人形体の識別確認試験(円柱体では直立姿勢の人形体だと識別しないことを確認する試験)(2回)				①直立姿勢の人形体を用いた検知領域確認試験(基本機能が提供される領域)(2回) ②屈み姿勢の人形体を用いた検知領域確認試験(基本機能が提供される領域)(2回) ③円柱体と直立姿勢の人形体の識別確認試験(円柱体では直立姿勢の人形体だと識別しないことを確認する試験)(2回)					
試験状況	<p>①の試験実施状況</p>  <p>直立姿勢の人形体 高さ1730±50mm</p> <p>②の試験実施状況</p>  <p>屈み姿勢の人形体 高さ900±50mm</p> <p>③の試験実施状況</p>  <p>円柱体 高さ1730mm 幅450mm</p>				<p>①の試験実施状況</p>  <p>直立姿勢の人形体 高さ1730±50mm</p> <p>②の試験実施状況</p>  <p>屈み姿勢の人形体 高さ900±50mm</p> <p>③の試験実施状況</p>  <p>円柱体 高さ1730mm 幅450mm</p>					

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

◆コースケース(使用条件): 建設機械作業開始時<sup>※1</sup>、建設機械作業再開時<sup>※2</sup>  
(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		
技術名称		重機取付型 セーフティカメラシステム「ドボレコ」	建設機械等接触防止システム「ナクシデント」		
応募者		株式会社ザクティ	株式会社カナモト		
共同研究者		-	-		
NETIS番号/登録名		KK-210060-A/重機取付型セーフティカメラシステム「ドボレコJK」	登録申請手続き中		
応募技術の基本機能		②物体検知+人の識別+警告機能	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		単眼カメラ	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	<b>応募技術の基本機能の確認結果</b> (斜線は試験対象外の基本機能) ☆: 基本機能①(人や物を検知し、運転員に警告する機能 <sup>※1</sup> )に該当する技術 ☆+: 基本機能②(人や物を検知し、人を識別した場合 <sup>※2</sup> に運転員に警告する機能 <sup>※1</sup> )に該当する技術 ☆☆: 基本機能③(人や物を検知し、運転員に警告する機能及び運転員が操縦装置を操作しても動き出さない機能 <sup>※1</sup> )に該当する技術 ☆☆☆: 基本機能④(人や物を検知し、人を識別した場合 <sup>※2</sup> に運転員に警告する機能及び運転員が操縦装置を操作しても動き出さない機能 <sup>※1</sup> )に該当する技術 ※1 物体検知機能、警告機能、衝突リスク低減機能は、人形体を用いた検知領域試験で確認 ※2 識別機能は、非人形体(円柱体)を用いた識別率試験で、円柱体を人形体として識別していないことを確認		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 ☆☆☆	
	<b>検知領域の試験結果</b> 【補足】 応募者が申請した検知範囲に500×500mmグリッドを描き、各グリッドの中心に直立姿勢の人形体を、屈み姿勢の人形体を設置し、基本機能の提供有無について確認した結果である。	<b>直立姿勢の人形体を用いた場合の結果</b>  直立姿勢の人形体 高さ1730±50mm	<b>検知領域図</b> 【補足】 基本機能が確認できたグリッドを真上から見たときの図  グリッド寸法 500mm 500mm	<b>検知領域図</b> 【補足】 基本機能が確認できたグリッドを真上から見たときの図  グリッド寸法 500mm 500mm	
			グリッド合計面積	■: 100.75㎡ ■: 5.25㎡ ■: 1㎡	
		<b>屈み姿勢の人形体を用いた場合の結果</b>  屈み姿勢の人形体 高さ900±50mm	<b>検知領域図</b> 【補足】 基本機能が確認できたグリッドを真上から見たときの図  グリッド寸法 500mm 500mm	<b>検知領域図</b> 【補足】 基本機能が確認できたグリッドを真上から見たときの図  グリッド寸法 500mm 500mm	
			グリッド合計面積	■: 100㎡ ■: 2.25㎡ ■: 1.25㎡	
	<b>直立姿勢かつ屈み姿勢の人形体</b> 【補足】 上記2姿勢の人形体を用いた試験結果から、両方の姿勢で基本機能の提供があった領域と面積を整理したもの	<b>検知領域図</b> 【補足】 基本機能が確認できたグリッドを真上から見たときの図  グリッド寸法 500mm 500mm	<b>検知領域図</b> 【補足】 基本機能が確認できたグリッドを真上から見たときの図  グリッド寸法 500mm 500mm		
		グリッド合計面積	■: 100㎡ ■: 2.25㎡ ■: 1.25㎡		
円柱体と直立姿勢の人形体の識別率(%)		100%	100%		
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(参考資料に掲載)			
	初期投資及びメンテナンスの概略費用 ※参考費用 (令和5年10月 調査時点) 【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	該当技術を販売 (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 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)	ドボレコJK(カメラ2台構成)販売:100万円 ドボレコS(カメラ1台構成)販売:35万円 - -	該当技術を販売 (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 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)	- - 1Set ¥150,000 ~ (本体のみ、取付等付帯費用別途)

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。 <sup>1)</sup> 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。 <sup>2)</sup>	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。 <sup>1)</sup>	・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。 <sup>1)</sup> ・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。 <sup>1)</sup> ・カメラを1台しか使わないので安価である。 <sup>3)</sup>	・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。 <sup>1)</sup>
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。 <sup>4)</sup>	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。 <sup>1)</sup>	・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。 <sup>1)</sup> ・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。 <sup>1)</sup> ・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。 <sup>1)</sup>	・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。 <sup>1)</sup>
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。 <sup>2)</sup>	投光投影装置、CCDカメラで構成される。 <sup>2)</sup>	・近距離計測に有利である。 <sup>2)</sup> ・テクスチャから受ける影響が少ない。 <sup>2)</sup> ・高精度な計測が可能 <sup>2)</sup>	・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。 <sup>2)</sup>
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、カメラに返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。 <sup>5)</sup>	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。 <sup>5)</sup>	・距離演算が簡単でリアルタイムな撮像が容易。 <sup>5)</sup> ・小型である <sup>2)</sup> ・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。 <sup>1)</sup>	・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。 <sup>6)</sup> 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ー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。 <sup>7)</sup>	・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。 <sup>1)</sup> 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。 <sup>1)</sup>	・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。 <sup>7)</sup> ・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

(1) 応募技術の基本機能一覧(対象機械:ホイールローダ) (応募者申請内容に基づき整理)

◆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(試験では人形体)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
①「物体検知+警告機能」 に対する応募技術							
-	該当なし						
②「物体検知+人の識別+警告機能」 に対する応募技術							
1	重機取付型 セーフティカメラシステム 「ドボレコ」	株式会社ザクティ	・単眼カメラ	カメラの設置高さや検知場所(座標)により、距離推定を行う	カメラ映像からAI画像処理により人を検出する	【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で警告(オプションでスピーカと警告灯の取付が可能) 【目的】 衝突回避行動を促す	-
③「物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能」 に対する応募技術							
2	「安全くん(重機用安全補助装置)」 用緊急停止装置(仮)	西尾レントオール株式会社	・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と、物体までの距離と方向が分かる。	-	【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】 建設機械のブレーキペダルを引っ張る(エリアⅡ※1) パーキングに入れる(エリアⅢ※2) ※1: ブレーキ制動により衝突リスク低減機能が提供されるエリア(機械後方1m~4m) ※2: 赤色: 緊急停止(パーキングブレーキ)のエリア(機械後方1mまで) 【目的】 後方に物体検知をしている場合は運転員が操作レバーを後進にいても建設機械が始動しないことで、衝突リスクを低減する。
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							
3	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】 建設機械のフットブレーキを油圧シリンダーで押下する 【目的】 後方に物体検知をしている場合は運転員が操作レバーを後進にいても建設機械が始動しないことで、衝突リスクを低減する。

(2) 応募技術概要 (応募者申請内容に基づき整理)

◆ユースケース(使用条件): 建設機械作業開始時<sup>※1</sup>、建設機械作業再開時<sup>※2</sup>  
(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	
<b>基本機能</b> (リクワイアメントより)	<b>②物体検知+人の識別+警告機能</b> ※ここに記載する内容は建設機械作業開始時 <sup>※1</sup> 、建設機械作業再開時 <sup>※2</sup> 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	<b>③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能</b> ※ここに記載する内容は建設機械作業開始時 <sup>※1</sup> 、建設機械作業再開時 <sup>※2</sup> 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	<b>④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能</b> ※ここに記載する内容は建設機械作業開始時 <sup>※1</sup> 、建設機械作業再開時 <sup>※2</sup> 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	
<b>基本情報</b>				
技術名称	重機取付型 セーフティカメラシステム「ドボレコ」	「安全くん(重機用安全補助装置)用緊急停止装置(仮)	建設機械等接触防止システム「ナクシデント」	
応募者	株式会社ザクティ	西尾レントオール株式会社	株式会社カナモト	
共同研究者	-	-	-	
NETIS番号/登録名	KK-210060-A/重機取付型セーフティカメラシステム「ドボレコJK」	登録申請手続き中	登録申請手続き中	
試験で用いた機種/型式	ホイールローダ/クボタR530Z	ホイールローダ/コマツ「WA80-8」	ブルドーザ/D31PX(コマツ)	
上記以外に適用可能な機種・機種・クラス等	ローラ、ドラグショベル、ブルドーザ、ホイールローダの重機、フォークリフトなど	タイヤショベル・コンパインドローラ・タイヤローラ・マカダムローラ・フォークリフト・ブルドーザ(HST)	ホイールローダ・重ダンブ・ブルドーザ・土エローラ・ドリルジャンボ等	
技術の概要	AI人物検知機能を有するカメラシステムにより、運転視界に限界がある建設機械後方などの作業員接触事故や危険エリアへの侵入を防止するシステム 人検知情報の外部信号出力機能を利用することで、建設機器の停止等の制御が可能(今回本機能に関する試験は未実施)	車両後退時に独自のセンサーで車両後部の障害物を3段階のエリアに分けて検知、ブザー音とLED灯点滅で危険を警告し必要に応じて車両を停止させる。	デブスカメラによって3D情報を取得すると共に、AIによる先端技術を駆使し、重機の後方未確認による事故を未然に防止。デブ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、デブ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	建設機械のキースイッチを「ON」にすることで、自動的にシステムが起動する	建設機械のエンジンを始動、安全くんのスイッチをONにすることで、システムが起動する	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	設定範囲での人物検知することをモニター表示とアラート音にて確認する	コントローラーBOXのハイロッドランプが点灯し、一時的に青色灯と警告音が作動する。	自己診断後に、運転席の確認用モニターにカメラの映像が表示されることにより、起動を確認	
<b>基本機能の使用条件</b>				
<b>物体検知機能(◆)</b>	検知方法	手段: 単眼カメラ 原理(応募者からの申請内容より): カメラの設置高さ(検知場所(座標))により、距離推定を行う	手段: 2D-LIDAR 原理(応募者からの申請内容より): レーザ光(近赤外光)を2次元で水平スキャニングし、レーザ照射に対する反射光を測定する。レーザ光の発射時刻と反射光の観測時刻の差から、物体までの距離と方向を求める。	手段: 赤外線ステレオカメラ(アクティブ法・パッシブ法併用) 原理(応募者からの申請内容より): 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。
	検知領域	・検知距離 最大15m ・検知可能視野 270度 × 2カ所	・0~5m、270° の中で任意の範囲を設定	・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	背景と同色等の保護色でない人物	機械の設置位置の高さの平面上にあり、センサーから照射されたレーザ光を反射する物体。	検知範囲内に存在し、人型の物体であること。
	人の識別	直立姿勢、かがみ姿勢、歩行者、倒れている人物 身体の一部(50%以下)が物が隠れている人物も検出可能	-	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。
機能が提供される条件	応募技術が正常に起動している場合	応募技術が正常に起動している場合	応募技術が正常に起動している場合	
<b>警告機能(●)</b> ※本機能は◆を含む	対象・手段	対象: 運転員、周辺作業員 手段: 音(アラート音)、光(警告灯(オプション))、表示(モニター表示)	対象: 運転員、周辺作業員 手段: 音(ブザー)、光(青色灯)、表示(-)	対象: 運転員、周辺作業員 手段: 音(ブザー)、光(回転灯)、表示(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 最大15m ・検知可能視野 270度 × 2カ所	0~5m、270° の中で任意の範囲を設定	・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】
	機能が提供される条件	応募技術が正常に起動した状態で、設定した検知範囲内の物体から人を識別した場合	応募技術が正常に起動した状態で車両の前後進レバー操作を後進に操作し、設定した検知範囲内で物体を検知した場合	応募技術が正常に起動した状態で車両の前後進レバー操作を後進に操作し、設定した検知範囲内の物体から人を識別した場合
<b>衝突リスク低減機能</b> ※本機能は◆と●を含む	対象・手段	対象: - 手段: -	対象: 建設機械 手段: ブレーキペダルを引っ張る(エリアⅡ※1) ※1: ブレーキ制動により衝突リスク低減機能が提供されるエリア(機械後方1m~4m) 建設機械 手段: 電氣的にパーキングブレーキを作用(エリアⅢ※2) ※2: 赤色: 緊急停止(パーキングブレーキ)のエリア(機械後方1mまで)	対象: 建設機械 手段: 建設機械のフットブレーキを油圧シリンダーで押下する
	目的	-	後方に物体検知をしている場合は運転員が操作レバーを後進にいれても建設機械が始動しないことで、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	-	0~5m、270° の中で任意の範囲を設定	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】
	機能が提供される条件	-	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、運転員が操作レバーを後進にいれた場合、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	参考資料1	参考資料2	参考資料3	

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

◆ユースケース(使用条件): 建設機械作業開始時<sup>※1</sup>、建設機械作業再開時<sup>※2</sup>  
(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)	②物体検知+人の識別+警告機能 ※建設機械作業開始時 <sup>※1</sup> 、建設機械作業再開時 <sup>※2</sup> の場合	③物体検知+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 <sup>※1</sup> 、建設機械作業再開時 <sup>※2</sup> 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 ※ここに記載する内容は建設機械作業開始時 <sup>※1</sup> 、建設機械作業再開時 <sup>※2</sup> の場合								
応募技術	技術名称 重機取付型 セーフティカメラシステム「ドボレコ」	「安全くん(重機用安全補助装置)」用 緊急停止装置(仮)	建設機械等接触防止システム「ナクシデント」								
応募者	株式会社ザクティ	西尾レントオール株式会社	株式会社カナモト								
試験条件	使用機械	機種/型式 ホイールローダ/R530Z	機種/型式 ホイールローダ/WA80-8	機種/型式 ホイールローダ/WA30-6							
	諸元(クラス)	バケット容量0.5m <sup>3</sup>	バケット容量:0.9m <sup>3</sup>	バケット容量:0.65m <sup>3</sup>							
被検体条件 ※寸法は試験状況を参照	機械製造メーカー	クボタ	コマツ	コマツ							
	人形体	材質	ウレタン	ウレタン	ウレタン						
		着用物の色	ベスト:オレンジ、反射材:白色	ベスト:オレンジ、反射材:白色	ベスト:オレンジ、反射材:白色						
		ヘルメット	青色	グレー	グレー						
円柱体	材質	発砲スチロール	-	発砲スチロール							
色	白色	-	-	白色							
環境条件 ※実現場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。	試験日	開始① 2023年7月4日	終了① 2023年7月5日	開始② 2021年6月1日	終了② 2021年6月2日	開始 2023年9月4日	終了				
	時刻	13:40	16:40	8:47	16:08	10:47	16:55	8:55	17:03	13:24	15:37
	天候	晴れ	曇り	曇り	曇り	晴れ	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り
	気温	29.4°C	24.5°C	24.3°C	25.3°C	25.9°C	23.6°C	24.1°C	28.7°C	31.3°C	29.6°C
	湿度	71.6%	82.7%	79.8%	82.6%	50.0%	51.3%	54.3%	43.3%	68.2%	79.0%
	風向	南	西	南	南	南東	西	南東	南	西	南
	風速	0.6m/s	0.9m/s	0.8m/s	0.8m/s	0.4m/s	0.8m/s	0.4m/s	0.6m/s	0.9m/s	0.5m/s
	照度	73025Lux	15450Lux	44750Lux	7925Lux	29950Lux	7407Lux	43325Lux	15290Lux	44650Lux	19725Lux
その他 補正内容等 (応募者申請内容より)	カメラ映像からAI画像処理により人を検出する	-	-	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。							
試験内容	試験で確認した基本機能	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							
	試験時における建設機械への装置類搭載状況 (基本機能を提供するための装置類)	<p>【注意】 写真はあくまで試験時の状況であり、実際の装置や取付位置とは異なる場合がある。詳細については各社問い合わせのこと。</p> <p>物体検知機能</p>  <p>物体検知に用いるセンサ(単眼カメラ)を搭載した装置(建設機械後方2箇所に設置)</p> <p>警告機能</p>  <p>対象:運転員 手段:回転灯</p> <p>対象:運転員 手段:モニタ表示、音</p> <p>・オプションで回転灯と外部スピーカの取付が可能(対象:周辺作業員) ・警告音は音量の調節が可能</p>	<p>物体検知機能</p>  <p>物体検知に用いるセンサ(2D-LIDAR)を搭載した装置(建設機械後方1箇所に設置)を検知エリアは3段階に分かれており、重機側から順に緊急停止エリア、ブレーキ制動エリア、警告エリア</p> <p>警告機能</p>  <p>・LED点灯は物体までの距離に応じて点滅間隔が変わる。 ・警告音のパターンは2種類。音量調整可能。</p> <p>運転席と機械後方の装置に、警告装置が搭載されている</p> <p>LED点灯の状況(機械後方)</p> <p>対象:運転員、周辺作業員 手段:LED点灯と音</p> <p>衝突リスク低減機能</p>  <p>ブレーキ制動に関する制御装置</p> <p>ブレーキペダル、インテグペダルを踏込むために、ペダル後方からワイヤーで引張るためのモーターユニット</p> <p>ワイヤー</p>	<p>物体検知機能</p>  <p>物体検知に用いるセンサ(赤外線ステレオカメラ(アクティブ法・パッシブ法の併用))を搭載した装置(建設機械後方1箇所に設置)</p> <p>警告機能</p>  <p>・オプションで警告装置の取付が可能(対象:周辺作業員)</p> <p>対象:周辺作業員 手段:回転灯</p> <p>対象:運転員 手段:モニタ表示、音</p> <p>衝突リスク低減機能</p>  <p>衝突リスク低減のため、ブレーキペダルを押下げる装置を搭載</p>							
試験項目	①直立姿勢の人形体を用いた検知領域確認試験(基本機能が提供される領域)(2回) ②屈み姿勢の人形体を用いた検知領域確認試験(基本機能が提供される領域)(2回) ③円柱体と直立姿勢の人形体の識別確認試験(円柱体では直立姿勢の人形体だと識別しないことを確認する試験)(2回)	①の試験実施状況 直立姿勢の人形体 高さ1730±50mm	②の試験実施状況 屈み姿勢の人形体 高さ900±50mm	③の試験実施状況 円柱体 高さ1730mm 幅450mm	①の試験実施状況 直立姿勢の人形体 高さ1730±50mm	②の試験実施状況 屈み姿勢の人形体 高さ900±50mm	③の試験実施状況 円柱体 高さ1730mm 幅450mm				
試験状況	<p>①直立姿勢の人形体を用いた検知領域確認試験<sup>※1</sup> ②屈み姿勢の人形体を用いた検知領域確認試験<sup>※1</sup> ③円柱体と直立姿勢の人形体の識別確認試験<sup>※2</sup></p> <p>※1 応募者が申請した検知範囲に500×500mmグリッドを描き、各グリッドの中心に直立姿勢の人形体、屈み姿勢の人形体を設置し、基本機能の提供有無について確認 ※2 直立姿勢の人形体を検知したグリッドに円柱体を設置し、円柱体では直立姿勢の人形体だと識別しないことを確認。なお、本試験は識別機能を持つ技術に対し実施する試験である。</p> 	<p>①の試験実施状況</p>  <p>②の試験実施状況</p> 	<p>①の試験実施状況</p>  <p>②の試験実施状況</p> 								

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

◆コースケース(使用条件): 建設機械作業開始時<sup>※1</sup>、建設機械作業再開時<sup>※2</sup>  
(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
技術名称		重機取付型 セーフティカメラシステム「ドボレコ」	「安全くん(重機用安全補助装置)」用 緊急停止装置(仮)	建設機械等接触防止システム「ナクシデント」
応募者		株式会社ザクティ	西尾レントオール株式会社	株式会社カナモト
共同研究者		-	-	-
NETIS番号/登録名		KK-210060-A/重機取付型セーフティカメラシステム「ドボレコJK」	登録申請手続き中	登録申請手続き中
応募技術の基本機能		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
物体検知に用いるセンサシステム		単眼カメラ		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	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)	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
	☆: 基本機能①(人や物を検知し、運転員に警告する機能 <sup>※1</sup> )に該当する技術	☆	☆	☆
	☆+: 基本機能②(人や物を検知し、人を識別した場合 <sup>※2</sup> に運転員に警告する機能 <sup>※1</sup> )に該当する技術	☆+	☆+	☆+
	☆☆: 基本機能③(人や物を検知し、運転員に警告する機能及び運転員が操縦装置を操作しても動き出さない機能 <sup>※1</sup> )に該当する技術			
	☆☆+: 基本機能④(人や物を検知し、人を識別した場合 <sup>※2</sup> に運転員に警告する機能及び運転員が操縦装置を操作しても動き出さない機能 <sup>※1</sup> )に該当する技術			
※1 物体検知機能、警告機能、衝突リスク低減機能は、人形体を用いた検知領域試験で確認 ※2 識別機能は、非人形体(円柱体)を用いた識別率試験で、円柱体を人形体として識別していないことを確認				
検知領域の試験結果	直立姿勢の人形体を用いた場合の結果			
	グリッド合計面積	■: 57.5㎡	■: 12㎡ ■: 3㎡	■: 6.25㎡
	屈み姿勢の人形体を用いた場合の結果			
	グリッド合計面積	■: 56.5㎡	■: 12㎡ ■: 3㎡	■: 2.5㎡ ■: 1.25㎡
	直立姿勢かつ屈み姿勢の人形体			
	グリッド合計面積	■: 56.5㎡	■: 12㎡ ■: 3㎡	■: 2.5㎡ ■: 0.75㎡
円柱体と直立姿勢の人形体の識別率(%)		100%	-	100%
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(参考資料に掲載)		提示あり(参考資料に掲載)
	初期投資及びメンテナンスの概略費用 (令和5年10月 調査時点)	該当技術を販売(建設機械本体の販売費含まず)	ドボレコJK(カメラ2台構成) 販売: 100万円 ドボレコS(カメラ1台構成) 販売: 35万円	該当技術を販売(建設機械本体の販売費含まず)
	【該当技術本体費】 センサ、制御盤など 【取付け調整費】 材料費、フック加工、経費、人件費など	建設機械製造業者が製造段階で搭載する場合	-	建設機械製造業者が製造段階で搭載する場合
	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)	-	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)	-
			-安全くんⅢ ¥285,000 緊急停止ユニットVer.2 ¥120,000 (ブレーキ制動装置 ¥270,000、ブレーキペダル引張用ブラケット ¥4,000)※取付工費 車種による	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)
				1Set ¥150,000 ~ (本体のみ、取付け等付帯費用別途)

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。 <sup>1)</sup> 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。 <sup>2)</sup>	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。 <sup>1)</sup>	・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。 <sup>1)</sup> ・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。 <sup>1)</sup> ・カメラを1台しか使わないので安価である。 <sup>3)</sup>	・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、真つ暗闇など)使用が難しくなる。 <sup>1)</sup>
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。 <sup>4)</sup>	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。 <sup>1)</sup>	・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。 <sup>1)</sup> ・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。 <sup>1)</sup> ・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。 <sup>1)</sup>	・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、真つ暗闇など)使用が難しくなる。 <sup>1)</sup>
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時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。 <sup>2)</sup>	投光投影装置、CCDカメラで構成される。 <sup>2)</sup>	・近距離計測に有利である。 <sup>2)</sup> ・テクスチャから受ける影響が少ない。 <sup>2)</sup> ・高精度な計測が可能 <sup>2)</sup>	・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。 <sup>2)</sup>
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。 <sup>5)</sup>	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。 <sup>5)</sup>	・距離演算が簡単でリアルタイムな撮像が容易。 <sup>5)</sup> ・小型である <sup>2)</sup> ・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。
LiDAR (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。 <sup>1)</sup>	・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。 <sup>6)</sup> 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ー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。 <sup>7)</sup>	・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出できない。 ・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。 <sup>1)</sup> 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。 <sup>1)</sup>	・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。 <sup>7)</sup> ・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術誌 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

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』～

## 参 考 資 料

各技術に関する参考情報として、応募者より提出された資料を掲載する

### 参考資料1

【技術名称】 重機取付型 セーフティカメラシステム「ドボレコ」

【応募者】 株式会社ザクティ

### 参考資料2

【技術名称】 「安全くん(重機用安全補助装置)」用緊急停止装置(仮)

【応募者】 西尾レントオール株式会社

### 参考資料3

【技術名称】 建設機械等接触防止システム「ナクシデント」

【応募者】 株式会社カナモト

参考資料1 重機取付型セーフティカメラシステム「ドボレコ」  
(株式会社ザクティ)

## 参考資料1

重機取付型セーフティカメラシステム「ドボレコ」

(株式会社ザクティ)

### <参考資料一覧>

参考資料1-① 応募技術を適用した機械のリスクアセスメント結果及び残留リスク情報

参考資料1-② パンフレット

参考資料1-③ 補足説明資料

参考資料1-④ 応募技術の機能解除について

応募技術を適用した機械のリスクアセスメント結果および残留リスクの情報

1) 機械の制限に関する仕様の指定

①基本仕様	応募技術を適用する機械の仕様（ベース車体）	ローラ、ドラグショベル、ブルドーザー、ホイールローダ
	応募技術の適用方法（搭載方法・仕様等）	ドボレコJK(カメラ2台システム)は、建設機械後方左右の角にカメラ2台、中継ボックスを車両後方に設置し、制御ボックスとモニタをキャビン内に設置 ドボレコS(カメラ1台システム)は、建設機械後方中央にカメラ1台を設置し、制御ボックスとモニタをキャビン内に設置
②使用上の制限	機械の意図する使用	建設機械周辺の人物検知/距離推定から警告通知、映像記録
	合理的予見可能な誤使用	システムの電源や報知機の電源を抜いて作業を継続
	労働者（運転者）の要件	車両系建設機械運転技能講習を修了している者
③空間上の制限	機械の動作範囲/稼働環境	左右のカメラから最大8m距離までを人物検知/使用温度範囲0℃～50℃ 豪雨、豪雪、粉塵、霧等著しい視界不良環境
④時間上の制限	機械や構成部品の寿命/保守条件（点検時期/間隔）	カメラレンズの清掃、ケーブル状態（断線、抜け等）を始業時に確認

2) 応募技術の適用によるリスク低減効果の説明 ※ 別紙でもよい（リスクアセスメント結果の抜粋等）

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（適用前のリスクと適用後のリスク）
機械の後退時に周囲作業者が轢かれる	検知エリア内の作業者を検出し、警告（音とモニター表示）を発する事により、運転者に周囲作業者の存在を認識させ、回避操作を行わせる。合わせて、報知機（光と音）を発する事により、周囲作業者に機械が動くことを認識させ、回避行動を行わせることにより、周囲作業者が轢かれるリスクを低減する。
機械の旋回時に上部旋回体の後端側部と周囲の構造物や建造物の間に、周囲作業者が挟まれる	検知エリア内の作業者を検出し、警告（音とモニター表示）を発する事により、運転者に周囲作業者の存在を認識させ、回避操作を行わせる。合わせて、報知機（光と音）を発する事により、周囲作業者に機械が動くことを認識させ、回避行動を行わせることにより、周囲作業者が轢かれるリスクを低減する。
機械始動時に周囲の作業者が轢かれる	検知エリア内の作業者を検出し、警告（音とモニター表示）を発する事により、運転者に周囲作業者の存在を認識させ、回避操作を行わせる。合わせて、報知機（光と音）を発する事により、周囲作業者に機械が動くことを認識させ、回避行動を行わせることにより、周囲作業者が轢かれるリスクを低減する。

3) 残留リスク情報 ※ 別紙でもよい（リスクアセスメント結果の抜粋等）

①検知後のリスク	運転者が警告を受けても、反応が遅れるなどして回避できないリスク
	周囲の騒音等によって、運転者が警告に気づかず回避できないリスク
②非検知のリスク	豪雪、豪雨、著しい粉塵等により対象を検知できず、運転者が危害を回避できないリスク
	周囲者が、機械直近の非検知領域に存在し、運転者が危害を回避できないリスク
	泥などによるカメラの汚れにより、運転者が危害を回避できないリスク
	周囲者の服装が背景に溶け込み検知できず、運転者が危害を回避できないリスク

③誤検知・好ましくない検知*後のリスク	誤検知の警告に対するとっさの反応に起因する誤操作による自機の転落、吊荷の落下のリスク
	誤検知多発による警告への意識の薄れからくる運転者の正しい検知の警告無視により、運転者が危害を回避できないリスク
④その他のリスク	検知・警告装置の機能になれた運転者が、機能に依存するリスク
	緊急停止衝撃による運転者の身体的負担のリスク

\* 好ましくない検知とは、跳ね上げた泥等の望まないオブジェクトをシステムが正しく検知すること

4) 応募技術を適用した機械の安全性に関する追加の説明（フェールセーフ設計の考え方・準拠する規格等）

建設機械自動停止は、エンジン停止は行わず、操作/走行の停止に留める。さらに建設機械停止機能のみを切り切りできるスイッチを搭載することで、建設機械自体の運搬のための荷揚げ/荷降ろし時には停止から急に復帰し動き出すことでの不意のリスクを避けるため、必ず運転者が周囲の安全を確認をし、マニュアル操作することとする。

※この様式に収まらない場合は、複数枚に分割して作成しても構いません。

※この様式の記載内容は添付資料として公開されます。

# 重機取付型セーフティカメラシステム【ドボレコ®JK】SX-DB200

国土交通省 NETIS 登録

国土交通省  
**NETIS**  
新技術情報提供システム

重機取付型  
セーフティカメラ  
システム  
登録番号  
KK-210060-A



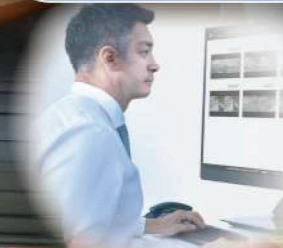
**0.4秒!**  
高速人物検知



## AI人物検知で 接触事故を未然に防ぐ

本部  
コントロールセンター

現場の状況を  
ライブで確認



LTE/Wi-Fi通信対応  
遠隔から撮影映像を  
ライブで監視するこ  
ができます。

270°半径8M 270°半径8M

### 人物の接近を映像とアラート音・警告灯で注意喚起

周囲にご注意ください!

カメラ 制御ボックス  
高温 高温

カード残量無し / 記録不可

カメラ高 2.25m

ゾーン設定 (近/遠)  
3.0m/5.0m

デバイスID  
P212000001

モニター表示

LTE 通信/録画

#### AI人物検知

独自のAI画像解析で、高精度に人物を検出。検知用タグ等の携帯は不要です。

#### 多彩な警告方法

重機に近づく人物と位置をモニタ表示し、アラート音や警告灯(別売)で通知します。

#### 現場映像を逃さず記録 ※クラウドサービスは別途ご契約が必要です

本体記録に加え、クラウドサービスのご利用で遠隔からの映像確認・クラウド保存が可能です。

#### 簡単取付

柔軟性の高い専用マウントと、自動姿勢補正で簡単に取付けられます。



繰り返し着脱が可能な  
マグネット式マウント(別売オプション)



本公募にあたり株式会社アクティオ様に重機をお貸出いただき現場実証を行いました。

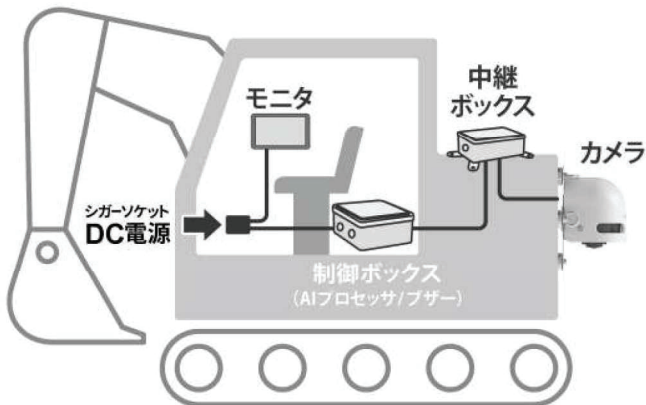
建設DXソリューション  
についてはこちら





# 重機取付型セーフティカメラシステム【ドボレコ®JK】SX-DB200

## システム構成



### カメラ 取り付け 方法

※特許出願中



専用粘着テープ(同梱)で簡単に取り付け

付け替え頻度や取付け面素材に合わせて強力マグネット(別売)も選択することが可能です

## 製品構成



## クラウドで更に便利に! LIVE & VOD



ザクティ  
クラウド  
サービス※

※別途契約オプションサービスです

本部 ← Internet クラウド → 現場

遠隔からドボレコ映像を  
 ライブで現場確認 過去映像を振り返り※ クラウドから取り出し

※映像保存期間は1週間と1ヶ月のプランがございます

## 詳細仕様

カメラ		
レンズ	F 値	2.5
	焦点距離(f)	1.5mm
	画角	200° 広角レンズ
撮像素子	名称	1/2.3型 CMOS イメージセンサ STARVIS™
	総画素数	約 1230 万画素
外部インターフェース	USB2.0 Type-A ケーブル直出し	
電源	制御ボックスより供給	
本体外形寸法(W×H×D)	169mm×150.2mm×100.7mm (マウント込、ケーブル除く)	
重量	約 680g (マウント、ケーブル込)	
防塵 / 防水性能	IP65	

LCD モニタ	
画面サイズ	7 インチ
外部インターフェース	映像入力端子
電源電圧	12V / 24V 対応 (シガーソケットより給電)
消費電力	6W
本体外形寸法(W×H×D)	174mm×114mm×32mm
重量	約 283g

- 印刷の関係上実際の製品の色とは若干異なる場合があります。
- 製品の仕様は予告なく変更されることがあります。ご了承ください。
- Xacti は株式会社ザクティの商標です。● STARVIS はソニーグループ株式会社の商標です。
- 本機はオペレーターの視界を補助するものであり、全ての人物の検知を保证するものではありません。

2022.10

制御ボックス (AIプロセッサ / プザー)	
動画処理モード	・クラウドストリーミング ・常時記録 ・間引き記録
記録画素	2160 (max) × 360
フレームレート	15fps (間引き記録 : 5fps / 1fps)
動画データ取扱	ストリーミング転送 / microSDカード記録
警告通知	圧電プザー (音量調節可)
外部インターフェース	USB2.0 (Type-A : カメラ通信用)、 USB3.0 (Type-C : 電源用)、 USB3.0 (Type-C : データ通信用)、 映像出力端子、汎用端子、中継端子
通信	LTE Dongler 付属
検出性能	半径 8m (設置高 2m 時)
電源電圧	12V / 24V 対応 (シガーソケットより給電)
消費電力	30W
本体外形寸法(W×H×D)	218.2mm×102mm×226.3mm (ケーブル除く)
重量	約 1430g (ケーブル除く)

中継ボックス	
電源	制御ボックスより供給
本体外形寸法(W×H×D)	265mm×81.8mm×165mm (マウント込)
重量	約 746g (マウント込)
防塵 / 防水性能	IP65



株式会社ザクティ

〒100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 国際ビル7階  
 〒531-6030 大阪府大阪市北区大淀中1丁目1番88号 梅田スカイビルタワーイースト30階

お気軽にお問合わせ  
 ください



## AI人物検知で死角をなくし 接触事故を未然に防ぐ!

接触事故防止の安全管理

安全運転支援 & 見守り

万一の事故検証・教育活用



専用マグネットマウント(別売)で  
簡単に付け外しが可能

0.4秒!  
高速人物検知



人物検知



270°半径8M

### 人物の接近を映像とアラート音・警告灯で注意喚起

#### AI人物検知

独自のAI画像解析で、人物の動きと距離を高精度検出。検知用タグの携帯は不要です。

#### 多彩な警告方法

死角にいる人物と位置をモニタ表示し、アラート音や警告灯(別売)で警告します。

#### 現場映像を逃さず記録

本体に常時記録。クラウドサービス(別途契約)のご利用で遠隔から映像確認・記録が可能です。

#### 簡単取付け

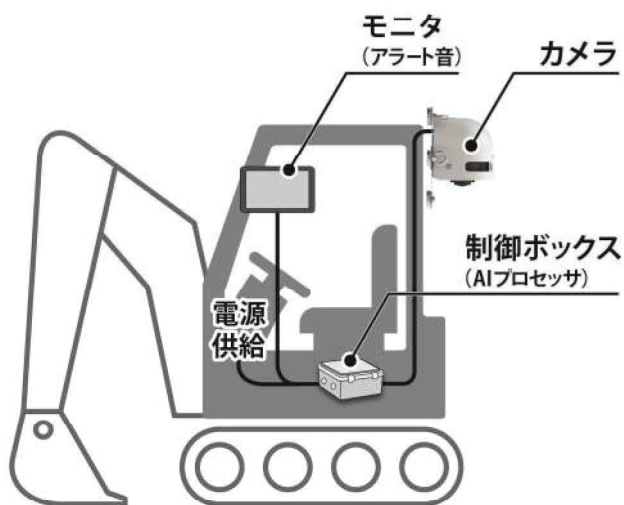
柔軟性の高い専用マウントと、カメラの自動姿勢補正で簡単に設置することができます。

#### 人物の動きをリアルタイムで表示



# 小型重機取付型 セーフティカメラシステム SX-DB100

## システム構成



### カメラ 取り付け 方法

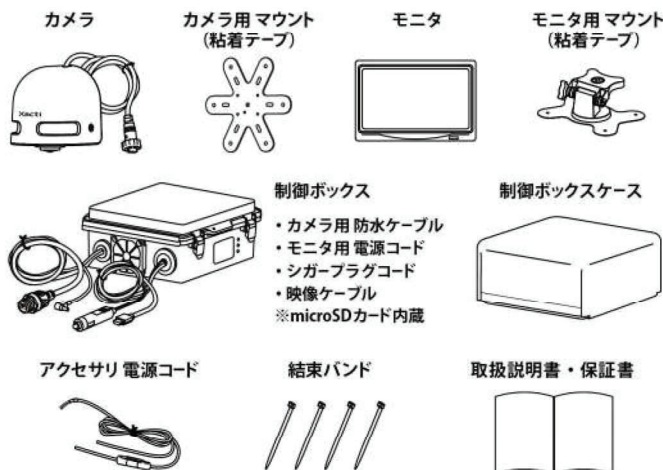
※特許出願中



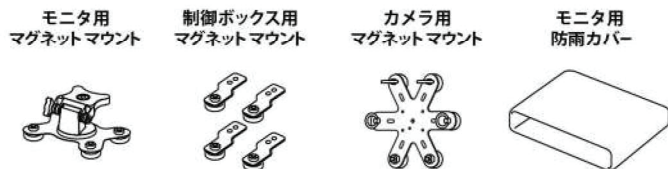
専用粘着テープ(同梱)で簡単に取り付け

付け替え頻度や取付け面素材に合わせて強力マグネット(別売)も選択可能

## 同梱品



## 別売オプション



## 詳細仕様

カメラ		
レンズ	F 値	2.5
	焦点距離(f)	1.5mm
	画角	200° 広角レンズ
撮像素子	名称	1/2.3 型 CMOS イメージセンサ STARVIS™
	総画素数	約 1230 万画素
外部インターフェース	USB2.0 Type-A ケーブル直出し	
電源	制御ボックスより供給	
本体外形寸法(W×H×D)	169mm×150.2mm×100.7mm (マウント込、ケーブル除く)	
重量	約 680g (マウント、ケーブル込)	
防塵 / 防水性能	IP65	

制御ボックス (AIプロセッサ / ブザー)	
動画処理モード	・常時記録 ・間引き記録
記録画素	2160 (max) × 360
フレームレート	15fps (間引き記録: 5fps / 1fps)
動画データ取扱	microSDカード記録
外部インターフェース	USB2.0 (Type-A: カメラ通信用)、映像出力端子、汎用端子
検出性能	半径 8m (設置高 2m 時)
電源電圧	12V / 24V 対応 (シガーソケットまたは同梱のアクセサリ電源コードより給電)
消費電力	30W
本体外形寸法(W×H×D)	218.2mm×102mm×226.3mm (ケーブル除く)
重量	約 1430g (ケーブル除く)

LCD モニタ	
画面サイズ	7 インチ
外部インターフェース	映像入力端子
電源電圧	24V 対応 (制御ボックスより給電)
警告通知	スピーカー (音量調整可)
消費電力	6W
本体外形寸法(W×H×D)	174mm×114mm×32mm
重量	約 283g

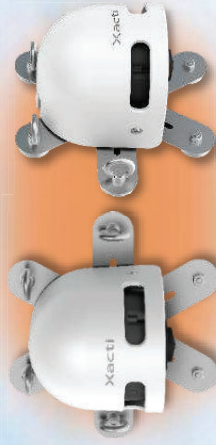
- 印刷の関係上実際の製品の色とは若干異なる場合があります。
- 製品の仕様は予告なく変更されることがあります。ご了承ください。
- Xacti は株式会社ザクティの商標です。
- STARVIS はソニー株式会社の商標です。
- 本機はオペレーターの視界を補助するものであり、全ての人物の検知を保証するものではありません。

2022.08



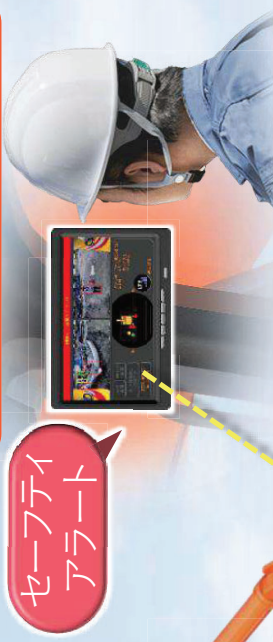
## 重機を先進の「安心・安全」仕様にグレードアップ

### 人物検知 広角AIカメラ



後方を幅広く補う広角カメラが  
接近する人物を検知

### 警告表示カメラモニタ



人物の接近をカメラ映像や  
アラート・回転灯で通知

### ドラレコ 機能



トラブル時の記録動画で  
振り回りと検証

人物を検知

D=1.5m



回転灯で  
接近者に警告



遠隔  
モニタリング

離れた所から現場指揮



カメラ映像をリアルタイムで  
モニタリング

# ザクティ ドボレコS の紹介

## AIカメラで死角をなくし接触事故対策を実現

接触事故防止の安全管理

安全運転支援 & 見守り

万一の事故検証・教育活用

0.4秒!  
高速人物検知

防水防塵  
IP65

Xacti

専用マグネットマウント(別売)で  
簡単に付け外しが可能

人物検知

270°半径8m

人物の動きをリアルタイムで表示

### AI人物検知

独自のAI画像解析で、人物の動きと距離を高精度検出。検知用タグの携帯は不要です。

### 多彩な警告方法

死角にいる人物と位置をモニタ表示し、アラート音や警告灯(別売)で警告します。

### 簡単取付け

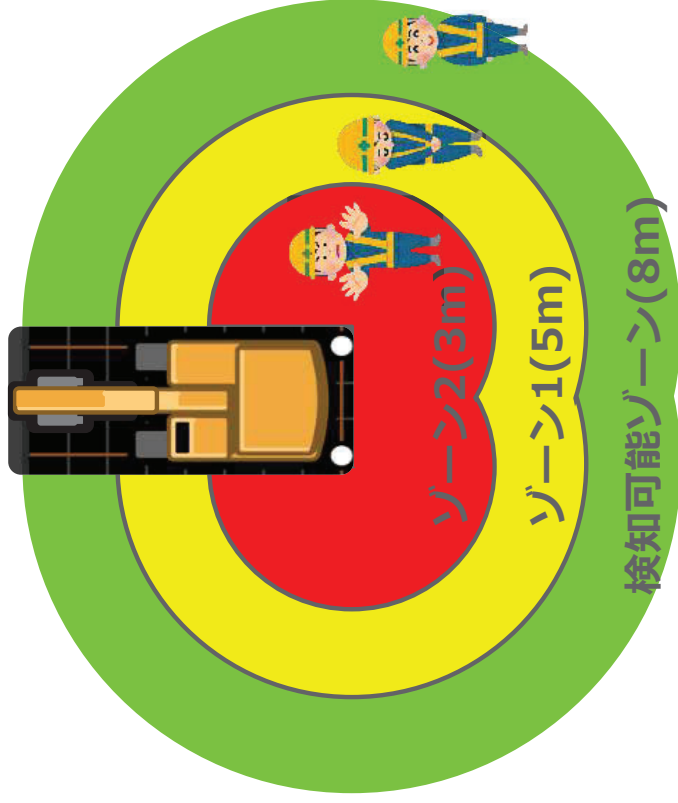
柔軟性の高い専用マウントと、カメラの自動姿勢補正で簡単に設置することができます。

### 現場映像を逃さず記録

本体に常時記録。クラウドサービス(別途契約)のご利用で遠隔から映像確認・記録が可能です。

# 人物検知エリアとモニタ警告イメージ

## 人物検知ゾーン



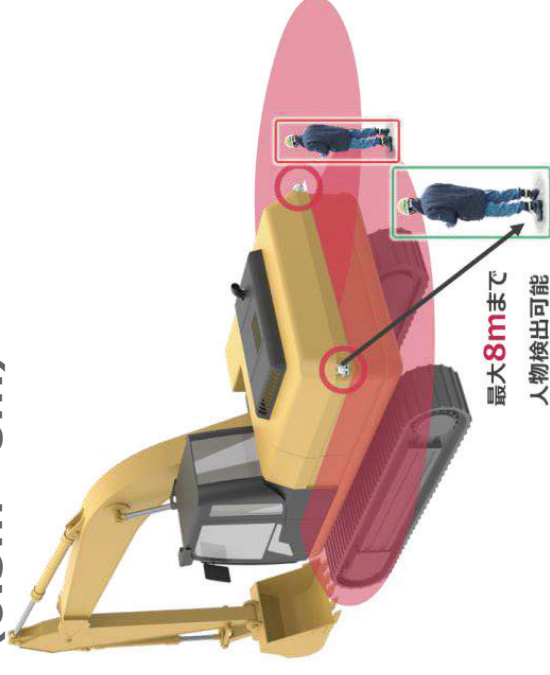
カメラ設置高さ目安 2m以上 3m以下



周囲にご注意ください!



- カメラ設置高さ：2m～3m
- 人物検知範囲：最大8m
- 人物検知ゾーン1,2は設定変更可能 (0.5m～8m)



最大8mまで  
人物検出可能

# カメラ特長

## ① レンズ歪補正

自社製画像処理エンジンにて、半球球映像をリアルタイムに正距円筒変換すること、レンズ歪みを補正し、人物検出精度を向上



イメージ  
センサ画像



正距円筒変換



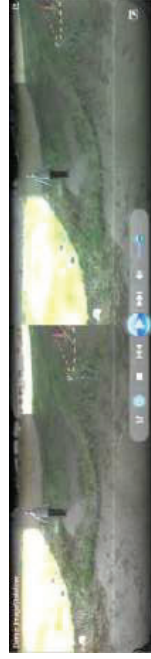
カメラ  
出力画像



## ② 揺れ補正

自社製画像処理エンジン搭載の映像揺れ補正機能「エクスタビライザ」により、重機の振動や傾きで生じる映像揺れをリアルタイムに補正することで、人物検出精度を向上

[＜動画デモ＞](#)



揺れ補正あり

揺れ補正なし

フレーム  $i$



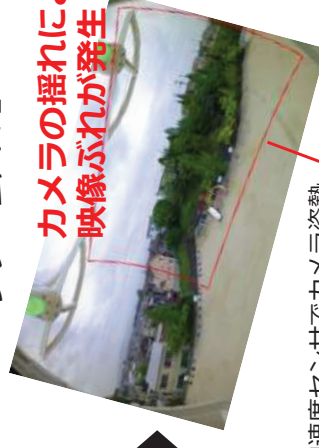
イメージ  
センサ  
画像

画像切出し + 歪補正



カメラ  
出力画像

フレーム  $i+1$



カメラの揺れにより  
映像ぶれが発生

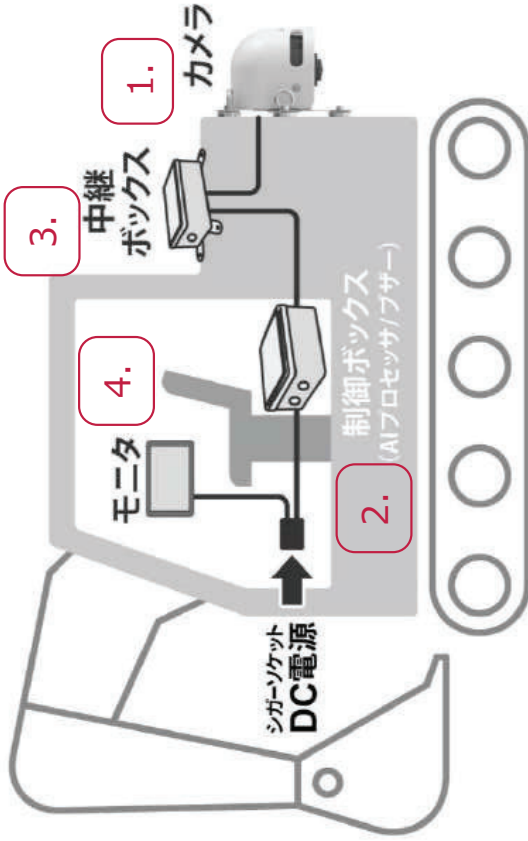
角速度・加速度センサでカメラ姿勢を検出し、カメラ姿勢変化をキヤンセルするように、画像切出し位置を変えて歪補正



映像ぶれなし

# システム構成 ドボレコJK

## システム構成



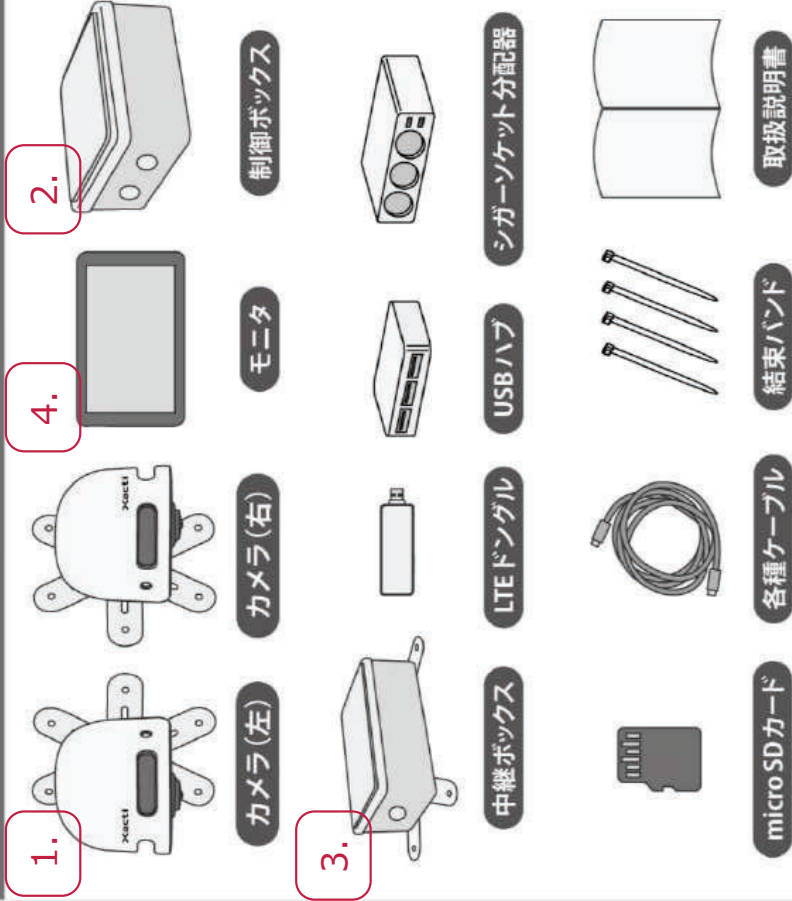
カメラ  
取り付け  
方法

※特許出願中



専用粘着テープ(同梱)で  
簡単に取り付け  
付け替え頻度や取付け面素材に  
合わせて強カマグネット(別売)も  
選択することが可能です

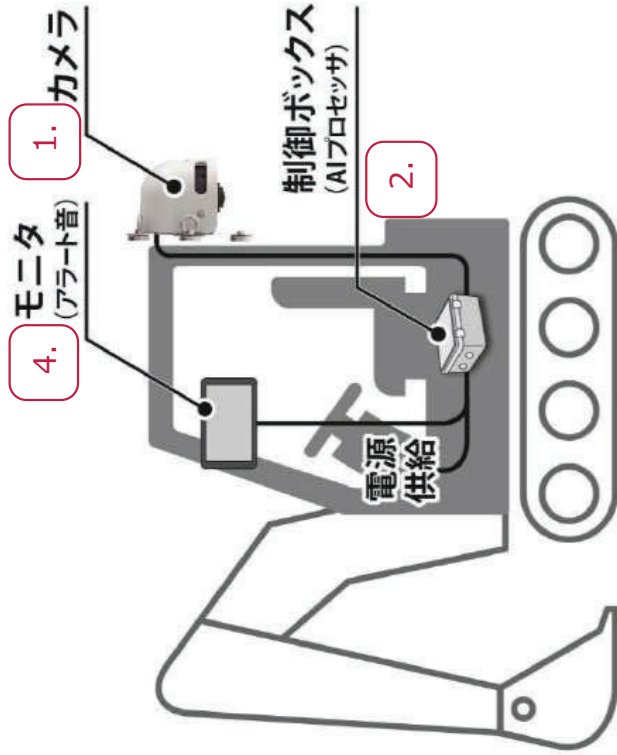
## 製品構成





# システム構成 ドボレコス

## システム構成

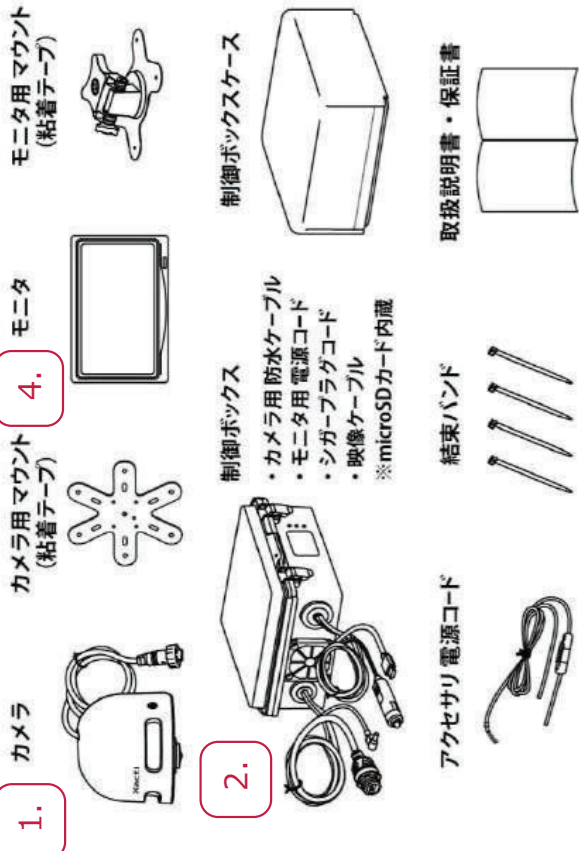


カメラ  
取り付け  
方法

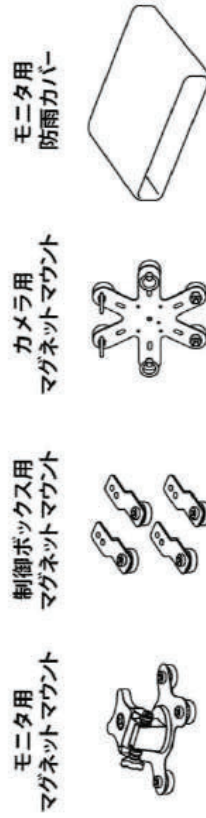
※特許出願中

専用粘着テープ(同梱)で  
簡単に取り付け  
付け替え頻度や取付け面素材に  
合わせて強力マグネット(別売)  
も選択可能

## 同梱品



## 別売オプション



### ■応募技術の機能解除について

本技術の機能が提供される条件については、技術比較表の「応募技術概要」掲載の通りの内容であるが、作業上やむを得ず本技術の機能を解除する場合には、各メーカーの指針に則り作業を行うことが重要である。機能解除は下記の条件となる。

(詳細はメーカーに問い合わせのこと)

- ・設定している検知範囲から検知対象物（人）が退避した場合。
- ・応募技術の電源を OFF にした場合。

参考資料2 「安全くん(重機用安全補助装置)」用 緊急停止装置(仮)  
(西尾レントオール株式会社)

## 参考資料2

「安全くん(重機用安全補助装置)」用 緊急停止装置(仮)

(西尾レントオール株式会社)

### <参考資料一覧>

参考資料2-① 応募技術を適用した機械のリスクアセスメント結果及び残留リスク情報

参考資料2-② パンフレット

参考資料2-③ 基本機能提供領域

参考資料2-④ 技術のシステム構成図

参考資料2-⑤ 応募技術の機能解除について

応募技術を適用した機械のリスクアセスメント結果および残留リスクの情報

1) 機械の制限に関する仕様の指定

①基本仕様	応募技術を適用する機械の仕様（ベース車体）	タイヤショベル/タイヤローラ/マカダムローラ/コンバインドローラ/フォークリフト/ブルドーザ（HST）
	応募技術の適用方法（搭載方法・仕様等）	本体（コントローラ）を運転席付近にマグネットで設置、電源線を車両搭載のバッテリーに接続、検知センサを車体にマグネットで設置
②使用上の制限	機械の意図する使用	車両後退時、車両後部の障害物を検出し、危険を警告すると同時に重機の動作を停止させる
	合理的の予見可能な誤使用	取扱説明書に従わない使用
	労働者（運転者）の要件	警告を視覚的、聴覚的に認知できる運転者
③空間上の制限	機械の動作範囲/稼働環境	0～5m、270°の中で任意の範囲を設定/ -10℃～50℃、85%RH以下（結露、凍結がないこと）
④時間上の制限	機械や構成部品の寿命/保守条件（点検時期/間隔）	通常の機械保守点検に準ずる

2) 応募技術の適用によるリスク低減効果の説明 ※ 別紙でもよい（リスクアセスメント結果の抜粋等）

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（適用前のリスクと適用後のリスク）
重機に接近する障害物	障害物を検知し運転者に警告、車両を停止させることで、接触事故のリスクを低減する。
障害物に隣接した状態からの動き出し	検知方向への動作を制限することで、操作ミスによる事故のリスクを低減する。

3) 残留リスク情報 ※ 別紙でもよい（リスクアセスメント結果の抜粋等）

①検知後のリスク	騒音などで、運転者が警告音に気づかない
	自動停止後に周囲確認を怠り、解除スイッチを押しながら運転操作を行う
②非検知のリスク	運転者が死角にある障害物に気づかない
	重機作業エリアを正確に判断できず、障害物に接触する距離まで近づいてしまう
③誤検知・好ましくない検知*後のリスク	誤検知だという誤認識で、周囲確認をせず解除スイッチを操作しながら運転
④その他のリスク	

\* 好ましくない検知とは、跳ね上げた泥等の望まないオブジェクトをシステムが正しく検知すること

4) 応募技術を適用した機械の安全性に関する追加の説明（フェールセーフ設計の考え方・準拠する規格等）

--

※この様式に収まらない場合は、複数枚に分割して作成しても構いません。

※この様式の記載内容は添付資料として公開されます。



車両系建設機械の  
死角対策に！

レンタル  
します

重機用安全補助検知器「安全くん」用

# 緊急停止装置

従来の安全くんⅢ（Ⅲ-C）に無改造で自動停止機能を付加。  
後進事故のリスクをより低減し、安全運行をサポートします！

コントローラ部



センサー部



## ■対応機種

様々な機種に簡単設置！

### ■自動停止装置 （前後センサー付）

動画はコチラ



### ■バックホウ仕様

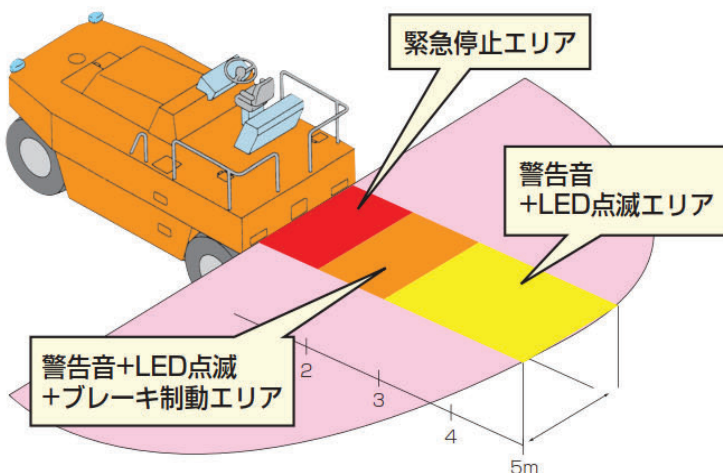
動画はコチラ



※一部取付が出来ない機種もあります

## ■動作イメージ

後退時、車両後方エリアに障害物が侵入すると車両が停止



## ■特長

- 手のひらサイズのコンパクトな設計、マグネット装備で着脱が非常に簡単。
- パソコンで検出エリアを任意に設定。（全15エリア）
- ローラーの並行・複数での使用や、壁際での使用も可能。（オフセットパターン）
- 各種オプション追加で様々な機種に対応。
- 電源は12V・24Vで使用可能。

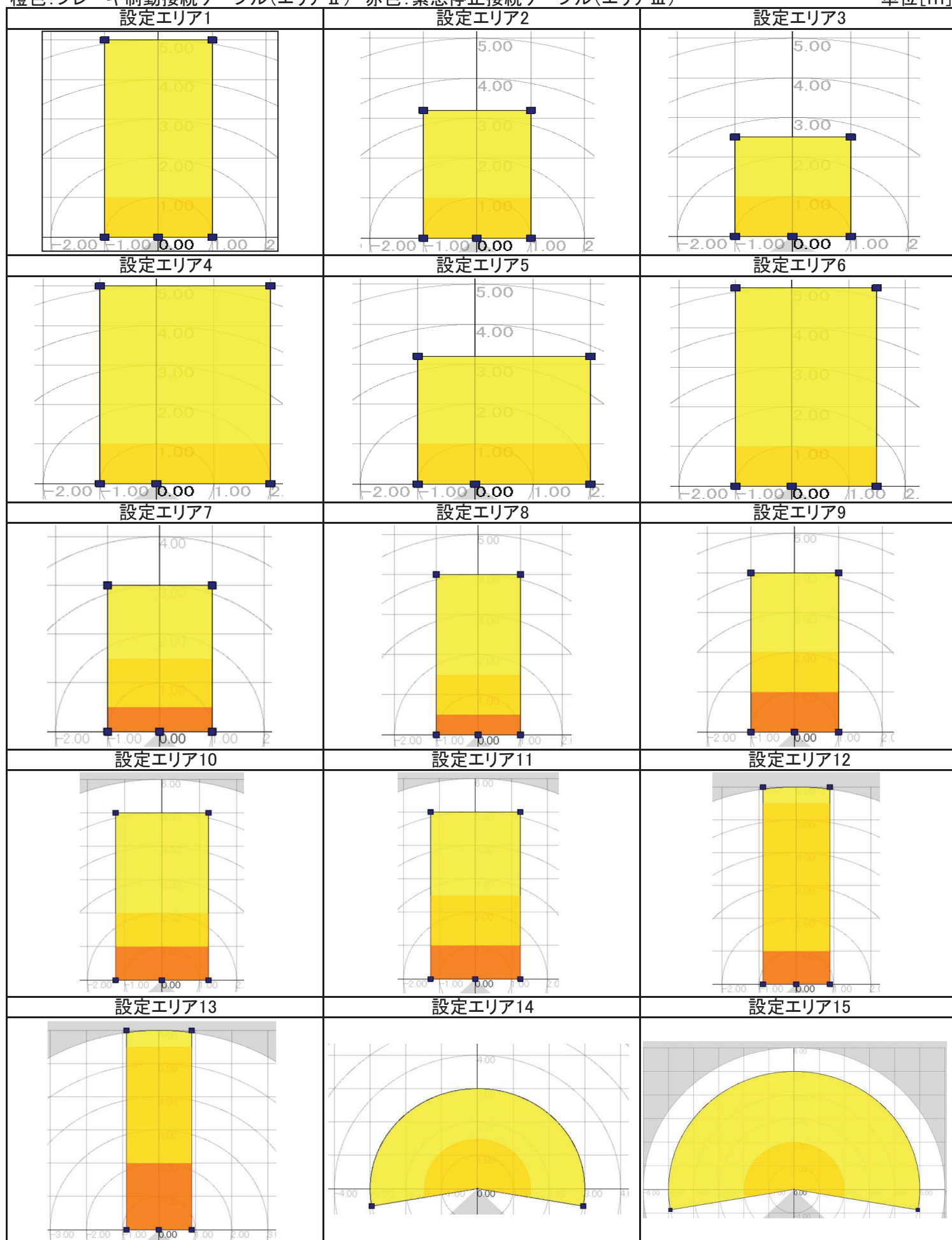
※本製品は安全補助器具であり安全を保証するものではないため、必ず安全確認を行ってください。  
※重機自動停止装置ご利用に関わる同意書の提出が必要です。

基本性能提供領域について

本機器は「検出エリア設定アプリケーション」を使用することで、検出範囲を任意で変更できる。

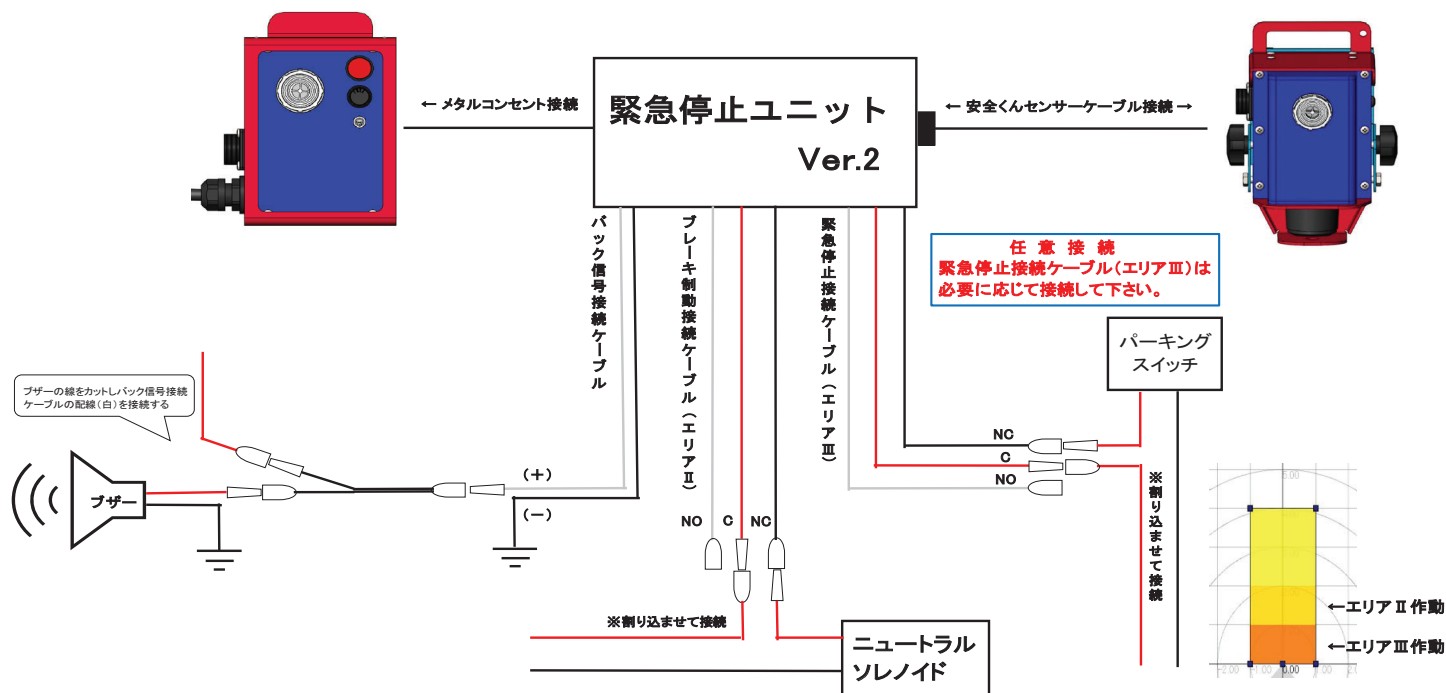
橙色:ブレーキ制動接続ケーブル(エリアⅡ) 赤色:緊急停止接続ケーブル(エリアⅢ)

単位[m]

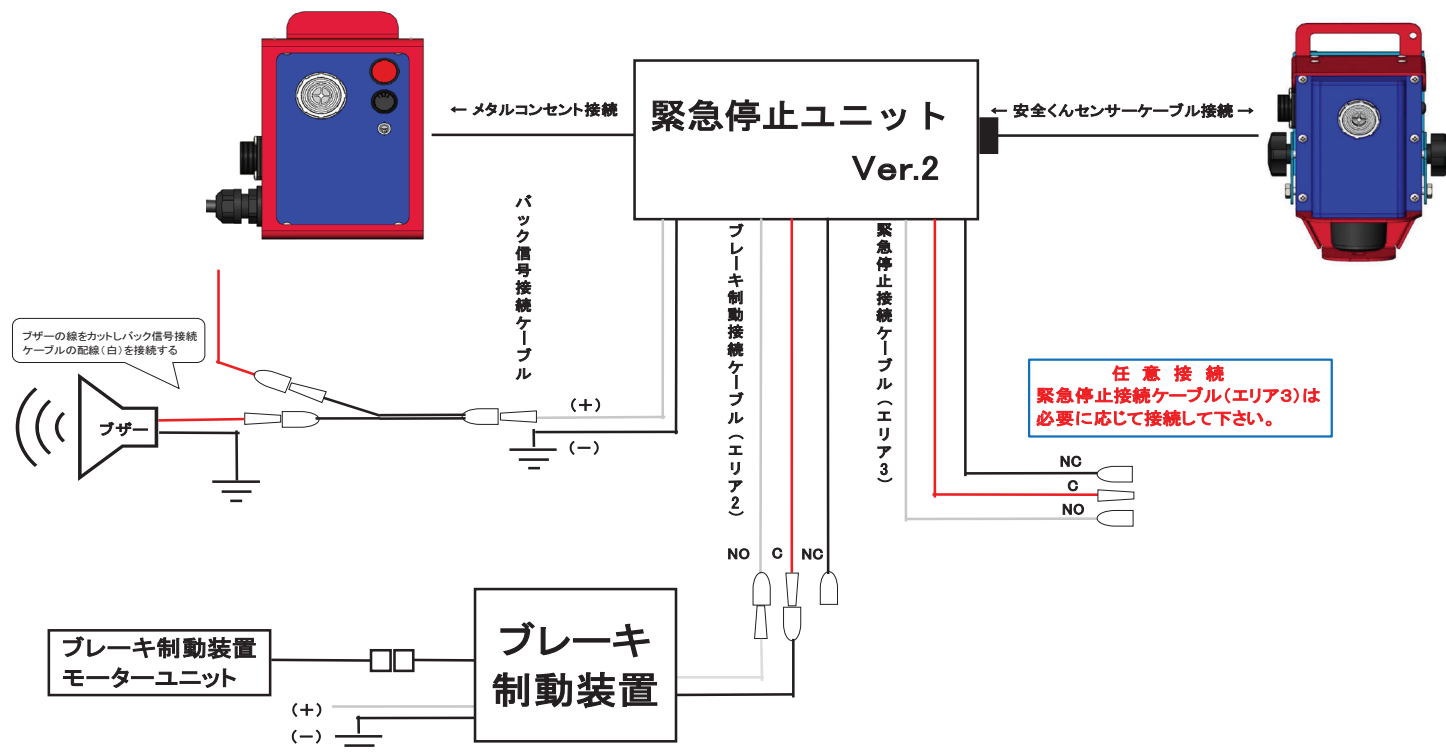


技術のシステム構成図

1. インチングペダルを電氣的に作動させる方法



2. インチングペダルを直接作動させる方法



### ■応募技術の機能解除について

本技術の機能が提供される条件については、技術比較表の「応募技術概要」掲載の通りの内容であるが、作業上やむを得ず本技術の機能を解除する場合には、各メーカーの指針に則り作業を行うことが重要である。機能解除は下記の条件となる。

(詳細はメーカーに問い合わせのこと)

- ・後進レバーを解除したとき
- ・緊急停止装置の解除ボタンを押し続けている場合
- ・安全くんの電源（制御ボックスについている電源）を OFF にしたとき



参考資料3 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)

## 参考資料3

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)

### <参考資料一覧>

参考資料3-① 応募技術を適用した機械のリスクアセスメント結果及び残留リスク情報

参考資料3-② ナクシデント検出可能エリア図

参考資料3-③ ナクシデントシステム構成図

参考資料3-④ ナクシデントカタログ

参考資料3-⑤ 応募技術の機能解除について

応募技術を適用した機械のリスクアセスメント結果および残留リスクの情報

1) 機械の制限に関する仕様の指定

①基本仕様	応募技術を適用する機械の仕様（ベース車体）	CAT 950M 3.4m <sup>3</sup> ホイールローダー
	応募技術の適用方法（搭載方法・仕様等）	ナクシデントを当該建設機械後方に1台設置した場合
②使用上の制限	機械の意図する使用	ナクシデントの動作や仕様について理解した上で、周囲の安全に配慮して重機作業を行うこと
	合理的予見可能な誤使用	ナクシデントの検出範囲外にある障害物との接触
	労働者（運転者）の要件	ナクシデントの動作や仕様についての説明を受け、それらを理解したオペレーターであること
③空間上の制限	機械の動作範囲/稼働環境	ナクシデントの検出範囲外の人物は検出しないこと (様式2 技術の詳細 ②応募技術の基本性能等 を参照)
④時間上の制限	機械や構成部品の寿命/保守条件（点検時期/間隔）	使用環境や天候条件に依る

2) 応募技術の適用によるリスク低減効果の説明 ※ 別紙でもよい（リスクアセスメント結果の抜粋等）

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 (適用前のリスクと適用後のリスク)
建設機械と人との接触	検知エリアに人が侵入した際に建設機械を自動停止するので、 建設機械と人との接触リスクを低減する効果がある。

3) 残留リスク情報 ※ 別紙でもよい（リスクアセスメント結果の抜粋等）

①検知後のリスク	ブレーキペダル用のナクシデントで、検知エリアに人が侵入し、フットブレーキ制御を行って自動停止させる場合に、車両の速度や路面状況によっては、 人との接触を避けられない場合がある。
②非検知のリスク	豪雨や豪雪時、デブスカメラの表面温度が摂氏0度未満・摂氏40度より高い場合には、 ナクシデントが正常に作動せず、人との接触を避けられない場合がある。
③誤検知・好ましくない検知*後のリスク	ごく稀に、人の形に似た物体を人物と過検知することがあり、 その場合には、意図せず建設機械が自動停止することがある。
④その他のリスク	

\* 好ましくない検知とは、跳ね上げた泥等の望まないオブジェクトをシステムが正しく検知すること

4) 応募技術を適用した機械の安全性に関する追加の説明（フェールセーフ設計の考え方・準拠する規格等）

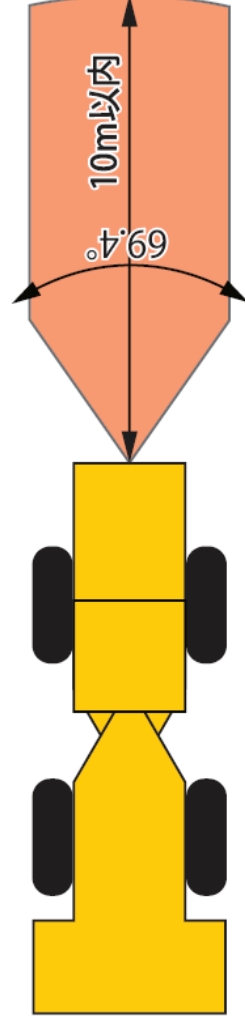
デブスカメラとの距離が最大10mの範囲内で、任意に自動停止する距離を変更できるので、作業半径内に人が侵入した場合など、限定的なタイミングで自動停止させることができる。
---

※この様式に収まらない場合は、複数枚に分割して作成しても構いません。

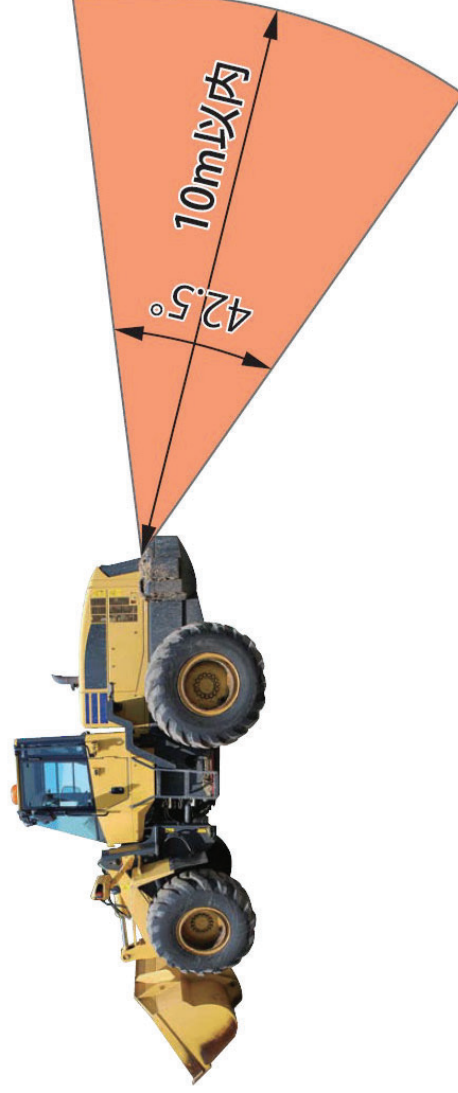
※この様式の記載内容は添付資料として公開されます。

# 参考資料 3-② ナクシデント 検出可能エリア図

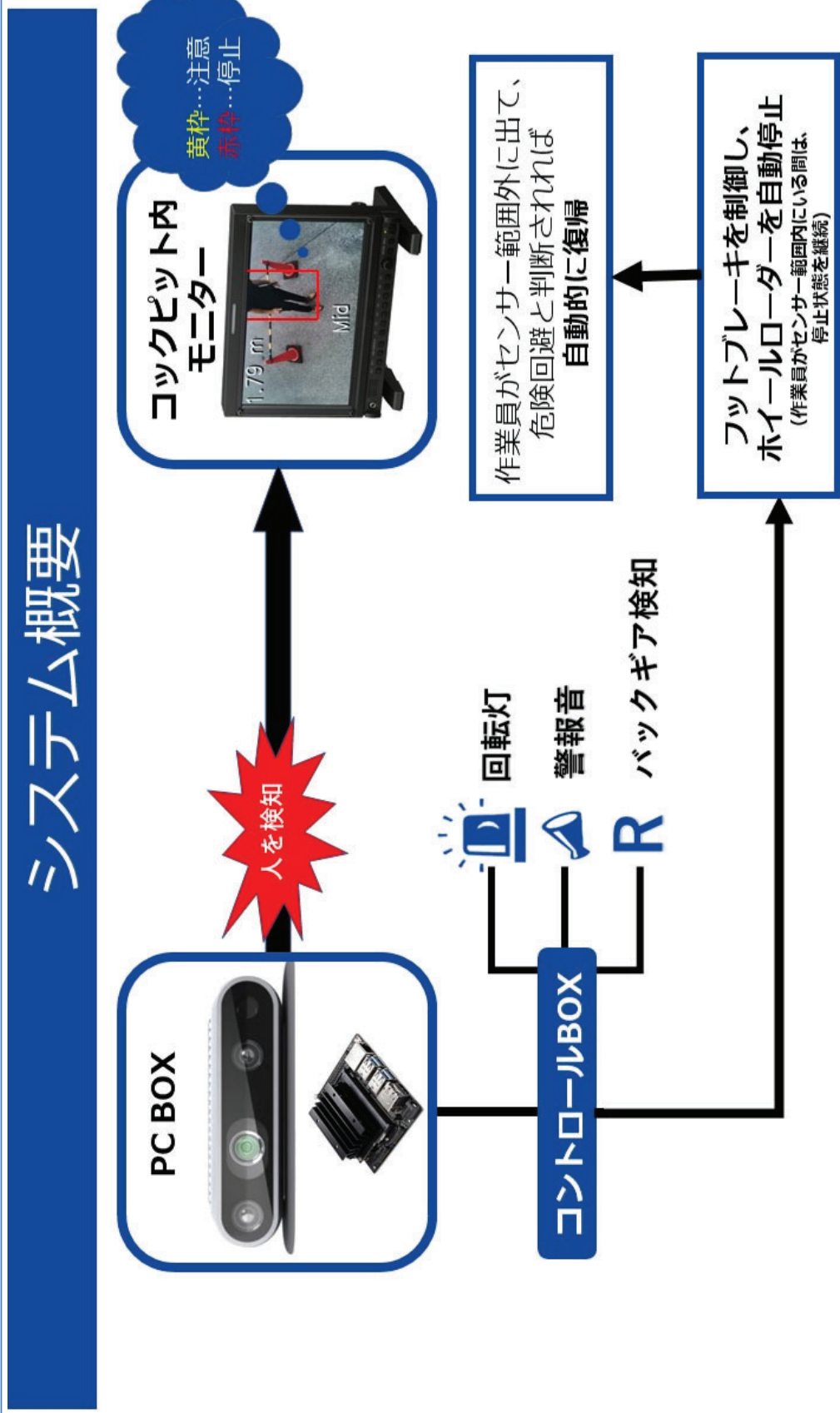
横方向の視野角



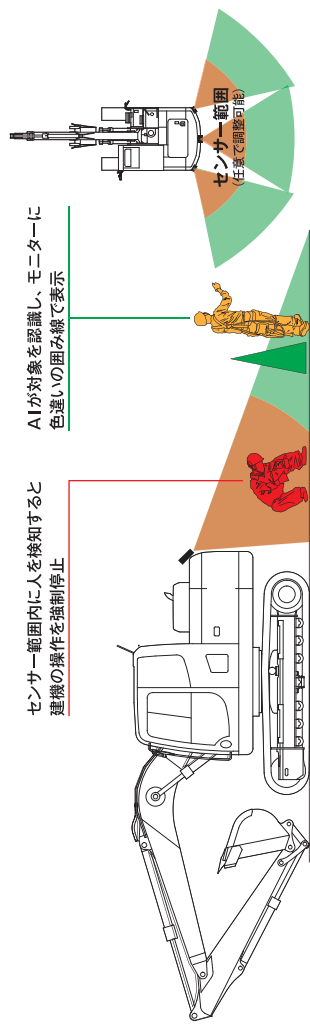
高さ方向の視野角



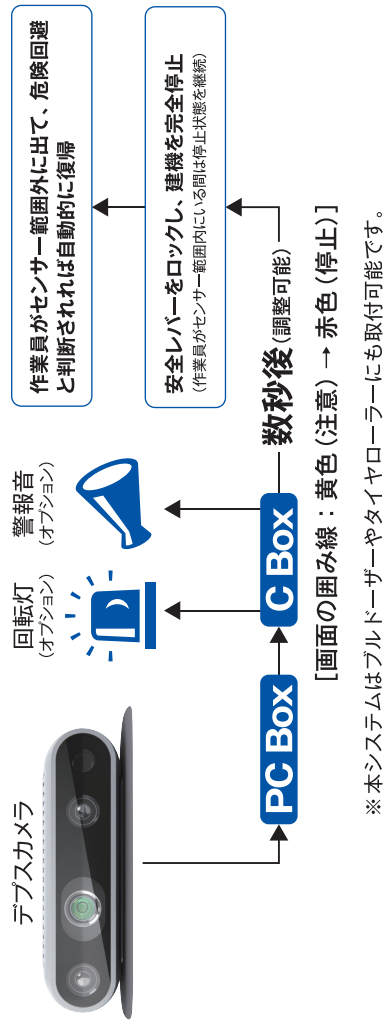
# 参考資料 3 - ③ ナクシデントシステム構成図



# カメラの視野角イメージ



## システム概要



**空間を3Dで捉えるデプスカメラ**

建機の後方にデプスカメラを設置。奥行きも含めた3D情報を取得する深度センサーによって対象との距離を認識し、正確な空間把握を実現します。

**AIによる物体認識機能**

カメラから送信された画像に何が写っているかをAIが自動認識。人を検出し、センサー範囲内に入ると回転灯や接近アラームで報知し、建機の機能を停止させます。

※本システムは、搭載した機械の事故を未然に防ぐことを支援するもので、事故を確実に回避するものではありません。  
 ※本システムは、煩雑な高圧多湿、高煙塵下や雨、霧、雪等悪天候による視認性の悪い状況やカメラが汚損している場合、監視機能が正常に作動しない恐れがあります。  
 ※運転者は、常に自らの責任において周囲の状況を把握の上、安全運転義務を履行し、過度に本システムに依存しないでください。  
 ※本システム搭載機械を使用し、発生した事故等の責任は負いかねます。  
 ※本システム搭載機械の運転手には、上記を十分に説明し、安全に配慮してください。

# kanamoto 死角を視界に変える接触防止システム ナカミダット

**高性能カメラ、AIの物体認識機能などでアクシデントを未然に防ぐ!**

深度センサーによって3D情報を取得するデプスカメラ、AIによる物体認識機能などの先端技術駆使し、建機使用時の「後方未確認による事故」を未然に防止。建機後方に設置したカメラのセンサー範囲内に人を検知すると、強制的に停止させる接触防止システムです。

特許第 7146989 号 NETIS 登録申請中

※カメラ視野角は現場環境に合わせて調整可能です ※カメラによる画像解析での障害は発生しません

**センサー範囲内に人を検知すると建機の操作を強制停止**

手だけ、脚だけでも「人」として認識する高精度なセンサーシステム

対象との距離を正確に計測し、人(作業員)がセンサー範囲内に入る赤い囲み線で表示すると同時に回転灯と警告音で知らせ、建機を完全停止させます。

画面の隅にパネルで上半身が隠れ、たどたどしくしか見えなくても「人」として認識し、建機を自動停止。AIによる高い認識精度も大きな特徴です。

**さまざまな建機に搭載可能。高い汎用性もナクシデントの特長**

**バックホー**

**重ダンプ / ダンプトラック**

視野角はカメラの取付位置を調整することで、自由に設定可能です。

**タイヤヨベル**

**さらに安全性を高める**

ダンプ巻き込み防止アラートシステム (ナカシデントダンプ仕様利用)

● 重ダンプ、タイヤヨベルの場合は後進のため、カメラ1台で十分な視野角を確保できます。  
 ● さらに走行エリア外を後知範囲から除外することで、無駄な動作などを抑えています。

**後方自動停止システム (重ダンプ・タイヤヨベル等) のイメージ**

重ダンプおよびタイヤヨベルの場合、後方にカメラ1台で十分な視野角を確保できます。また、後方にカメラ1台で十分な視野角を確保できるため、後方にカメラ1台で十分な視野角を確保できます。また、後方にカメラ1台で十分な視野角を確保できます。

※本システムは、万一の誤作動で動作するものではありませんので、十分に注意した運転をおこなってください。  
 ※本システムの動作不良によって発生した事故等の責任は負いかねます。



### ■応募技術の機能解除について

本技術の機能が提供される条件については、技術比較表の「応募技術概要」掲載の通りの内容であるが、作業上やむを得ず本技術の機能を解除する場合には、各メーカーの指針に則り作業を行うことが重要である。機能解除は下記の条件となる。

(詳細はメーカーに問い合わせのこと)

- ・ナクシデントは、レバーで通常動作・解除動作を切り替えられるスイッチを取付けているため、衝突リスク低減機能を解除する場合には、スイッチを「解除側」に設定することで解除ができる。
- ・設定している検知範囲から人が退避した場合