

ICT施工における安全対策

テーマ設定型「建設機械の安全装置に関する技術」

テーマ設定型（技術公募）とは、直轄工事等における現場ニーズ・行政ニーズ等に基づいて設定した**技術テーマ**について、技術の**要求水準（リクワイヤメント）**を整理したうえで、民間技術開発者等から**技術公募**を行い、同一条件下の**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・公表する**新技術**の活用促進の方法で、設計や現場での**技術比較の参考資料**として活用されることを目的としている。当技術比較表は、ICT施工における一層の安全性向上に寄与することが期待される。

<概要>

【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』～

【適用範囲】

「**建設機械作業開始時・再開時**」において、「**人／物の接触危険性がある場合**」に、「**静止している人／物を検出**」し、「**警報または機械の操縦装置の操作に係る技術**」の機能や性能の評価に適用。

【要求事項】

- **基本機能**：物体検知、人の識別、警告機能、衝突リスク低減機能の組み合わせ
- **検知面積**：姿勢毎の検知面積（直立、屈み）
- **人の識別率**：物体検知のうち、人のみを識別する率
- **リスクアセスメント及び残留リスク情報**：制限に関する仕様・技術の適用によるリスク低減効果の説明・残留リスク情報の提示
- **経済性**：初期投資及びメンテナンス費用

<検討の流れ>

- R2. 7月 …… 要求事項（リクワイヤメント）（案）、試験方法（案）に対する意見募集
- R2.10月 …… 要求事項を満たす技術の公募
- R3. 1月 …… 選定技術の公表
- R3. 3月 …… ローラ技術比較表の作成・公表（5技術）
- R4. 1月 …… ドラグ・ショベル技術比較表の作成・公表（12技術）

テーマ設定型「建設機械の安全装置に関する技術」

＜技術比較表（ドラグショベル） 抜粋 - 2 ＞

(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}、建設機械作業終了時^{※2}
 （本技術比較表では、設置試験対象機として）

※1：建設機械の作業（走行、掘削、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、掘削、掘削等）を終了しようとする場合、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・動作制御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」
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	株式会社カネマト
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-200088-A / 物体検知・動作制御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・光レーザ法)	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>①物体検知+警告機能 ☆</p> <p>②物体検知+人の識別+警告機能 ☆*</p> <p>③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能 ☆*</p> <p>④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能 ☆*</p>	<p>①物体検知+警告機能 ☆</p> <p>②物体検知+人の識別+警告機能 ☆*</p> <p>③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能 ☆*</p> <p>④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能 ☆*</p>	<p>①物体検知+警告機能 ☆</p> <p>②物体検知+人の識別+警告機能 ☆*</p> <p>③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能 ☆*</p> <p>④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能 ☆*</p>	<p>①物体検知+警告機能 ☆</p> <p>②物体検知+人の識別+警告機能 ☆*</p> <p>③物体検知+警告機能+衝突リスク低減機能 ☆*</p> <p>④物体検知+人の識別+警告機能+衝突リスク低減機能 ☆*</p>
基本機能の検証結果	<p>【概要】 地帯に設置した500×500mmグリッドの中(1)に検知体を置き、基本機能の検証を繰り返す試験を実施し、検知結果と基本機能の提供が確認できた結果を真上から撮影した画像を示す。</p> <p>検知領域図</p> <p>グリッド寸法 500mm 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:12.75㎡ ●:25.75㎡</p>	<p>【概要】 基本機能の検証が確認できた結果を真上から撮影した画像を示す。</p> <p>検知領域図</p> <p>グリッド寸法 500mm 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:41.5㎡ ●:75㎡</p>	<p>【概要】 基本機能の検証が確認できた結果を真上から撮影した画像を示す。</p> <p>検知領域図</p> <p>グリッド寸法 500mm 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:23.75㎡ ●:3.75㎡ ●:16㎡</p>	<p>【概要】 基本機能の検証が確認できた結果を真上から撮影した画像を示す。</p> <p>検知領域図</p> <p>グリッド寸法 500mm 500mm</p> <p>グリッド合計面積 ■:18.5㎡ ●:13.75㎡</p>
検知領域図	<p>ハイブリッド油圧ショベル(94205)ノバック容量0.8㎡</p>	<p>油圧ショベル(PC200)ノバック容量0.8㎡</p>	<p>油圧ショベル(ZX200-4)ノバック容量0.8㎡</p>	<p>中型油圧ショベル(PC120)ノバック容量0.8㎡</p>
検知領域図	<p>ハイブリッド油圧ショベル(94205)ノバック容量0.8㎡</p>	<p>油圧ショベル(PC200)ノバック容量0.8㎡</p>	<p>油圧ショベル(ZX200-4)ノバック容量0.8㎡</p>	<p>中型油圧ショベル(PC120)ノバック容量0.8㎡</p>
検知領域図	<p>ハイブリッド油圧ショベル(94205)ノバック容量0.8㎡</p>	<p>油圧ショベル(PC200)ノバック容量0.8㎡</p>	<p>油圧ショベル(ZX200-4)ノバック容量0.8㎡</p>	<p>中型油圧ショベル(PC120)ノバック容量0.8㎡</p>
グリッド合計面積	■:9㎡ ●:23.25㎡	■:38.5㎡ ●:25.25㎡	■:21.75㎡ ●:19㎡	■:11.75㎡ ●:8.5㎡
円柱体と直立姿勢マスキンの検知率(%) (円柱体の直立姿勢マスキングではないに限り)	100%	100%	100%	100%
リスクアセスメント結果及び検知リスク情報の提示	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算費用 (0.5tのドラグ・ショベルに適用する場合)	<p>開発費 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>開発費 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>開発費 2,700,000円 (但し、単品販売はしていない)</p>	<p>開発費 2,700,000円 (但し、単品販売はしていない)</p>
※参考費用 (令和3年6月 調査時点)	<p>開発費 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>開発費 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>開発費 60,000円/月(単独技術のみのレンタル費用) 但し、単品では、当該技術開発のみのレンタルはしていない。当該技術開発を併用したZX200-4のレンタル費用は 300,000円/月)</p>	<p>開発費 150,000円 - (本体のみ、取付等付帯費用別途)</p>

＜リスクアセスメント・残留リスク（ドラグショベル） 抜粋＞

応募技術を活用した機械のリスクアセスメント、及び残留リスクの情報

1) 機械の制限に関する仕様等の指定

①基本仕様	応募技術を活用する機械の仕様 (ベース車体)	0.45m ³ ドラグ・ショベル
	応募技術の適用方法 (搭載方法・仕様等)	本体はマグネットにより重機に装着、制御室とモニタをキャビン内に設置する。
	機械の意図する使用	ドラグ・ショベルなどの重機に取付けて人と人の接触防止に特化して警報および重機の停止を行わせる
②使用上の制限	合理的予見可能な誤使用	荷を積載した状態での移動速度が遅いフォークリフトなどに取付け急停止させることによる荷崩れ。
	労働者（運転者）の要件	特になし
③空間上の制限	機械の動作範囲/稼働環境	10m以下の距離にいる人を検知する/屋外仕様
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）	1年保証・寿命としては4年を想定/点検は始業前点検および年次点検

2) 応募技術の活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応募技術の活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)
重機オペレータの死角の人	オペレータが人の存在に気付かず操作を継続することを防ぐ。 操作を継続したとしても停止領域に人が侵入すれば機械を停止し災害を防げる。

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	機械のエンジンを停止するので高速操作時は緊急停止の影響で機械の揺れが発生する可能性がある。 偶然人の形、顔に似た看板、石などがあれば誤認識し不必要な停止動作を招く恐れがある。
②非検知のリスク	オペレータが人の存在に気付かなければ接触事故につながる。
③誤検知・好ましくない検知後のリスク	誤検知を繰り返した場合、本当に人が近づいた場合も誤検知とオペレータが認識し、接触事故が発生するリスクがある。
④その他のリスク	カメラレンズが汚れていると検知できないリスクがある。

* 好ましくない検知とは、誤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) 応募技術を活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）

従来製品は人と物に対し警報を発することで警報が頻発し、オペレータが警報を無視し、あるいは警報を切断することによるリスクが発生していた。クアトロアイズはこのリスクを回避し、人の発見に特化した安全装置である。また、周囲の人がセンサー類を保有、管理する必要がないため効果性も非常に高いものとなっている。AIによる画像認識技術については高精度であるもののエラーがゼロになることはないため誤認識に対する事前説明が必要である。急停止をすることがリスクを増大させる可能性がある重機類については、2段階の警報を発するなど停止動作を含まない管理手法も可能である。

応募技術を活用した機械のリスクアセスメント、及び残留リスクの情報

1) 機械の制限に関する仕様等の指定

①基本仕様	応募技術を活用する機械の仕様 (ベース車体)	ドラグ・ショベル
	応募技術の適用方法 (搭載方法・仕様等)	カメラ付赤外線センサを車体上左右後方に搭載し、運転室内に別置きモニタを搭載した。また車体内にコントローラ、動作制限用油圧部品を搭載している。詳細な仕様は、No.11参考資料②を参照のこと。
	機械の意図する使用	一般土木工事での掘削作業、建物等の解体作業、各種物品の移動作業、破砕（ブレイカ）作業、吊荷作業（MLクレーン装着機のみ）
②使用上の制限	合理的予見可能な誤使用	運転者の焦燥による誤った操作入力 運転者の乗せようとする特性、警報装置に対する過信、依存
	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	屋外の起伏のある一般土木工事現場や平地、トンネルや建屋等の閉空間 河川等の浅瀬（所定の深さ以下）
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）	装置単体の設計寿命5年/ 保守条件：作業開始前のセンサカメラレンズの清掃、モニタ映像の確認

2) 応募技術の活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応募技術の活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)
機械の後退または旋回時に周囲作業員との衝突	検知エリア内の周囲作業員を検出し、運転者と周囲作業員へ警報を発し運転者は周囲作業員の存在を認識し、回避操作を行う。周囲作業員には危険なエリアに居ることを認識させ退避を促すことにより機械と周囲作業員の衝突リスクを低減する。
機械の後退時に周囲作業員との衝突	検知エリア内の周囲作業員を検出し、走行の動作を制限することにより（走行レバーを入れても機械は動き出さない）、機械と周囲作業員の衝突リスクを低減する。
機械の旋回時に周囲作業員との衝突	検知エリア内の周囲作業員を検出し、旋回の動作を制限することにより（旋回レバーを入れても機械は動き出さない）、機械と周囲作業員の衝突リスクを低減する。

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	運転者が警報を受けても、反応が遅れるなどで回避できないリスク 周囲の騒音等によって、運転者が警報に気づかず回避できないリスク 不安定な環境で動作制限が作動して、転倒転落を回避できないリスク
②非検知のリスク	強い逆光や異常な高温環境下により、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及びセンサー部の汚れにより、運転者が危害を回避できないリスク システム起動準備中は、対象を検知できず、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	誤検知の警報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 好ましくない検知により動作制限が作動して、不安定な環境で転倒転落を回避できずリスク
④その他のリスク	機能を理解せずに運転して周囲者との接触を回避できないリスク 本装置（検知、警報装置・動作制限）の機能に慣れた運転者が、機能に依存するリスク（の増大） 動作制限を意図的に解除し、周囲確認せずに機械を操作し、周囲者との接触を回避出来ないリスク 故障を放置したまま使用を続けることにより、機能が作動せずに、周囲者との接触を回避出来ないリスク

* 好ましくない検知とは、誤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) 応募技術を活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）

故障状態などのシステムステータスを、モニタに表示。装置が働いていないときは運転者に警告する。あくまで運転を支援する位置づけの警告装置であることの注意をモニタに適宜表示。（支援装置なので、メーカーとしては、装置の故障や不完全性に起因するリスク（作動不能）は許容される考え。）
準拠規格：ISO12100（JISB9700）
参考規格：ISO16001