

テーマ設定型「建設機械の安全装置に関する技術」の取組み

永沢 薫・山田 風我

国土交通省の新技术活用システムのテーマ設定型（技術公募）において、技術テーマ「建設機械の安全装置に関する技術」の比較表が公表され、人と機械の衝突リスク低減に資する新技术の活用促進が図られている。本稿では、当技術テーマで設定したローラ、ドラグ・ショベルに適用する技術のリクワイヤメント（要求事項）内容を、設定経緯や留意点等の補足説明と併せて紹介する。

キーワード：テーマ設定型、建設機械、安全装置、衝突リスク低減、リクワイヤメント、技術比較表

1. はじめに

建設業における三大災害のひとつである「建設機械・クレーン等による災害」においては、はさまれ・巻き込まれ、激突されといった「人と機械との間で生じる事故型」が多く発生している。

このような状況の中、国土交通省では、新技术活用システムの活用方式の一つであるテーマ設定型（技術公募）において、技術テーマ「建設機械の安全装置に関する技術」（以下、本テーマという）を設定し、人と機械の衝突リスク低減に資する新技术の活用促進を図っている。

令和2年度より、ローラ、ドラグ・ショベルに適用する技術公募が実施され、各々の比較表が公表されている。また、令和4年度より、ブルドーザ、ホイールローダに適用する技術公募が実施されている。

本稿では、国土交通省近畿地方整備局の委託により実施している「建設機械の安全装置に関する新技术の評価検討業務」について、ローラ、ドラグ・ショベルに適用する技術のリクワイヤメント（要求事項）内容を、設定経緯や留意点等の補足説明と併せて紹介する。

2. テーマ設定型（技術公募）とは

テーマ設定型（技術公募）は、新技术活用システムにおける活用方式の一つであり、現場ニーズや行政ニーズを踏まえて国土交通省が設定する技術テーマに対し、評価指標・要求水準及び試験方法等（＝リクワイヤメント）を決定し、技術情報や試験結果等を整理した「技術比較表」を作成・公表する。テーマ設定型

（技術公募）の流れを図—1に示す。

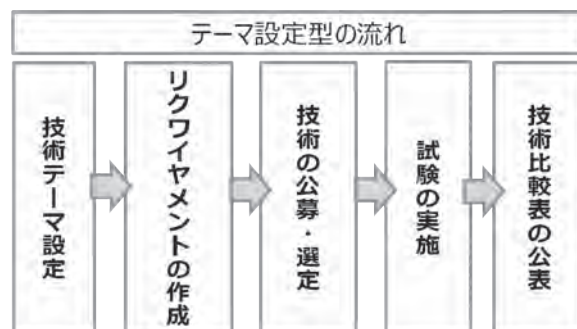
3. リクワイヤメント（要求事項）

本テーマで作成したリクワイヤメントを表—1に示す。また、リクワイヤメントの内容について補足説明と併せて以降に紹介する。

（1）適用範囲

本テーマにおいては、建設機械と人との接触による事故対策に着目するとともに、ユースケース（使用条件）として建設機械と人が係わる場面のうち、建設機械作業開始時^{a)}、建設機械作業再開時^{b)}を対象とした（図—2）。

また、技術面では、人／物と建設機械の衝突危険性がある場合に、静止している人／物（試験では人形体^{c)}／非人形体^{d)}）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）技術に適用することとした。



図—1 テーマ設定型の流れ

表－1 リクワイヤメントと試験・評価方法

「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～
要求事項（リクワイヤメント）と試験・評価方法

項目	内容	試験（確認）方法	提出資料	評価
基本機能※1	①物体検知＋警告機能	応募者の申請と、試験時の確認	応募時の申請書類	☆
	②物体検知＋人の識別＋警告機能	応募者の申請と、試験時の確認	応募時の申請書類	☆☆
	③物体検知＋警告機能＋衝突リスク低減機能	応募者の申請と、試験時の確認	応募時の申請書類	☆☆☆
	④物体検知＋人の識別＋警告機能＋衝突リスク低減機能	応募者の申請と、試験時の確認	応募時の申請書類	☆☆☆☆
	①～④基本機能提供領域	①～④基本機能提供領域が分かる図を、応募時の申請書類、資料等にて確認する	応募時の申請書類	—
検知領域	直立姿勢の人体※2の検知領域	直立姿勢の人体※2を検知した領域（500 mmグリッド内に2回設置し、2回とも検知したグリッドの総面積）	試験結果報告書	面積（m ² ）と図示※3
	屈み姿勢の人体※2の検知領域	屈み姿勢の人体※2を検知した領域（500 mmグリッド内に2回設置し、2回とも検知したグリッドの総面積）	試験結果報告書	面積（m ² ）と図示※3
	直立かつ屈み姿勢の人体※2の検知領域	直立姿勢の人体※2を検知した領域と、屈み姿勢の人体※2を検知した領域の結果から、どちらの姿勢でも検知したグリッドの総面積	試験結果報告書	面積（m ² ）と図示※3
識別率※4	非人体※5と直立姿勢の人体※2の識別率	直立姿勢の人体※2を2回検知したグリッドに、非人体（円柱体）を設置し、直立姿勢の人体ではないと識別した割合。	試験結果報告書	数値結果（％）
リスクアセスメント結果及び残留リスク情報	下記の情報を提示できること 1）機械の制限に関する仕様の指定 2）技術の適用によるリスク低減効果の説明 3）残留リスク情報	1）機械の制限に関する仕様の指定 ①基本仕様、②使用上の制限、③空間上の制限、④時間上の制限 2）技術の適用によるリスク低減効果の説明 ①リスク低減を図る範囲 ②応答技術の適用によるリスク低減の効果の説明 3）残留リスク情報 ①検知後、②非検知後、③誤検知・好ましくない検知後、④その他	応募時の申請書類	提出の有／無 （添付資料として提示）
経済性	初期投資およびメンテナンスの費料費用	応募時の申請書類、資料等にて確認する	応募時の申請書類	参考費用として提示

※1 基本機能の評価における☆の数値は安全性の評価したものではなく、機能の数としての表現である（「物体検知＋警告」の機能で☆。これに「衝突リスク低減機能」が加わることで☆☆。人の識別機能を持つ技術はプラス（+）が付いている）。

※2 現場実証試験で用いる人体はワレタシマ材のマネキン。寸法は、直立姿勢の人体が高さ1730±50mm、屈み姿勢の人体が高さ900±50mm。

※3 検知領域は地表投影面積（m²）である。

※4 識別率の評価については、基本機能のうち、物体の識別機能を持つ技術（人の形から判別、反射ベスト着用有無からの判別、等）に対してのみ行う試験である。

※5 現場実証試験で用いる非人体は発泡スチロール素材の円柱体。寸法は、高さ1730mm、直径450mm。

【補足】

建設機械作業開始時や建設機械作業再開時（建設機械が停止状態の場合）においては、建設機械が次に起こそうとしている動作が周辺作業員に認識されにくく、少しの時間であれば接近してもよいという感覚が生まれてしまう。また、建設会社に対し、施工時に人と機械の間で生じたヒヤリハット事例をヒアリングした際にも、「建設機械の始動時」にリスクを感じるという意見が多く挙げられた。

(2) 基本機能

応募技術の機能は、下記①～④に分類している。

- ①物体検知＋警告機能^{e)}
- 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^{f)}

- a) 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。
- b) 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。
- c) 直立姿勢を想定した、高さ1,730 ± 50 mmのマネキン／屈み姿勢を想定した、高さ900 ± 50 mmのマネキン。検知領域試験において使用する試験体。
- d) 高さ1,730 mm、直径450 mm相当の円柱体。人の識別試験（物体識別機能を持つ技術に対し、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）を把握する試験）において使用する試験体。



図－2 ユースケース（使用条件）

- ④物体検知＋人の識別＋警告機能＋衝突リスク低減機能

【補足】

建設現場の環境は多様であり、現場条件に適さない機能はかえって危険な場合や作業の支障となる場合がある。例えば以下の様な場合が考えられる。

- e) 視覚的及び聴覚的な信号により注意を促す機能。
- f) 運転員が操縦装置を操作した場合でも、建設機械が始動しない機能。

- 走行速度が速い機械に対しては、急停止によるオペレータへのリスク（車外へ放り出される等）に考慮する必要がある。
- トンネル坑内などの構造物に囲まれた環境の場合、常に機能が作動してしまい作業が進まないため、人を識別する機能が必要である。

上記を踏まえ、本テーマにおいては建設機械作業の基礎的な共通項となる作業開始時等に着目することとしており、個別の技術選定においては現場条件の危険源に有効となる機能を判断することが重要となる。

(3) 検知領域

前述の基本機能が提供される領域（応募者による設定）を示すものである。現場試験を実施し、図示と面積で評価する。

【補足】

試験では、建設機械周辺の地表面に描いた 500 mm 間隔のグリッドの中心に「直立姿勢の人形体」、「屈み姿勢の人形体」（図—3）を設置し、基本機能の提供有無を確認する（図—4）。その結果を基本機能ごと



図—3 直立姿勢及び屈み姿勢の人形体



図—4 検知領域試験の実施状況

に「図示と面積姿勢の人形体」を設置し、基本機能の提供有無を確認する。その結果を基本機能ごとに、図示と面積で比較表に整理する（図—5）。

検知領域については、応募者が設定（想定）する領域を示すものであり、領域の広さは技術の優位を示すものではない。前述の繰り返しとなるが、現場のリスクに応じた選定が必要である。

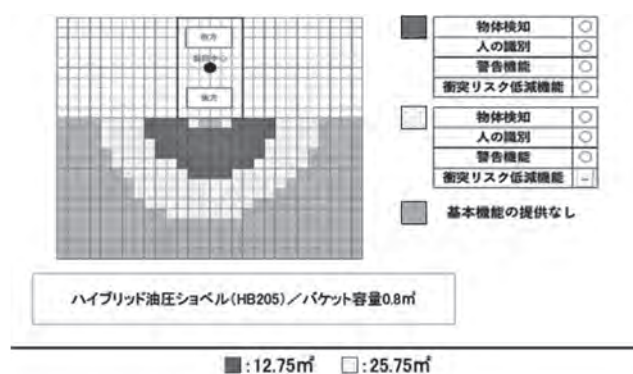
(4) 識別率

応募技術の基本機能のうち「人の識別機能」として、検知した物体が人（試験では直立姿勢の人形体）として識別する割合を示すものである。現場試験を実施し、その結果を数値（％）で評価する。

【補足】

試験では、直立姿勢の人形体を検知した領域の各グリッドに円柱体（非人形体）（図—6）を設置し、円柱体では人（試験では直立姿勢の人形体）として識別しないことを確認する。

この識別率は、試験条件下における人（試験では直立姿勢の人形体）の識別割合を示すものである。あくまでも試験条件での結果であることに留意が必要である。



図—5 技術比較表における検知領域の整理



図—6 非人形体（円柱体）

(5) 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

技術を適用した場合において、下記の情報を提示できること。

(a) 機械の制限に関する仕様の指定

- ①基本仕様
- ②使用上の制限
- ③空間上の制限
- ④時間上の制限

(b) 技術に適用するリスク低減効果の説明

- ①リスク低減を図る危険源
- ②応募技術の適用によるリスク低減効果の説明

(c) 残留リスク情報

- ①検知後
- ②非検知後
- ③誤検知・好ましくない検知
- ④その他

【補足】

建設現場の安全管理においては、労働者の安全を確保するため、安全に関する法令を遵守し、対策の不備を防ぐことが基本である。

「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」は技術比較表の参考資料として公表されており、リスク低減を図る危険源や、技術を適用しても残るリスクなどの情報をとりまとめている。実現場では、これらの情報と現場条件を照らし合わせ、現場に応じた適切な安全管理を行っていくことが必要である。

(6) 経済性

初期投資及びメンテナンスの概略費用を参考として提示している。建設機械へ技術を搭載する方法により、以下の3つの分類としている。

- ・ 該当技術を販売（建設機械本体の販売費は含まず）
- ・ 建設機械製造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）

4. 今後の取組みについて

本テーマでは、ここまで紹介したリクワイヤメントに基づき、令和3年度（令和4年1月末時点）までに「ローラ」、「ドラグ・ショベル」に適用する「建設機械の安全装置に関する技術」についての、技術公募・選定、現場試験、技術比較表の公表を行っている。

令和4年度以降は、「ブルドーザ」、「ホイールローダ」に適用する技術の比較表の作成に向け検討を進めており、現時点で技術公募・選定まで終了し、選定技術がNETISサイト（<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubtheme/themesettings>）に公表されている。今後は、技術比較表の公表に向け、現場試験の実施及び試験結果等の整理を予定している。

5. おわりに

本テーマで公表されてい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、個々の現場条件に応じて適切な技術を選択し、安全管理を行っていくことが重要である。また、これらの技術は建設現場における人と建設機械の衝突に係るリスクの低減を支援するものであり、技術の有無にかかわらずリスク低減対策や法令を遵守することが引き続き求められる。

J C M A

【筆者紹介】

永沢 薫（ながさわ かおる）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第三部
主任研究員



山田 風我（やまだ ふうが）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第三部
技術員

