

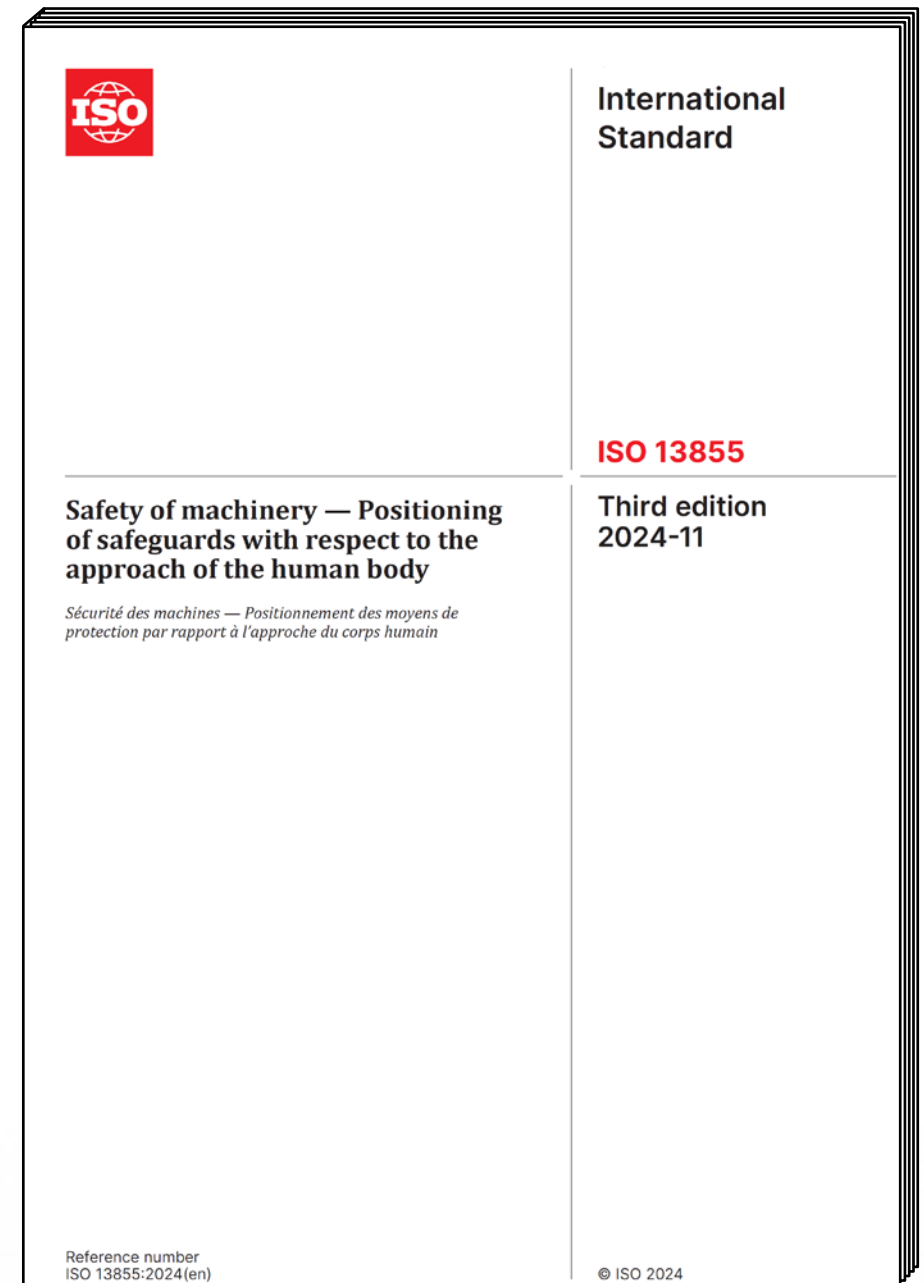
ISO 13855:2024

人体の接近に対応した 安全防護物の位置決め

齋藤 剛

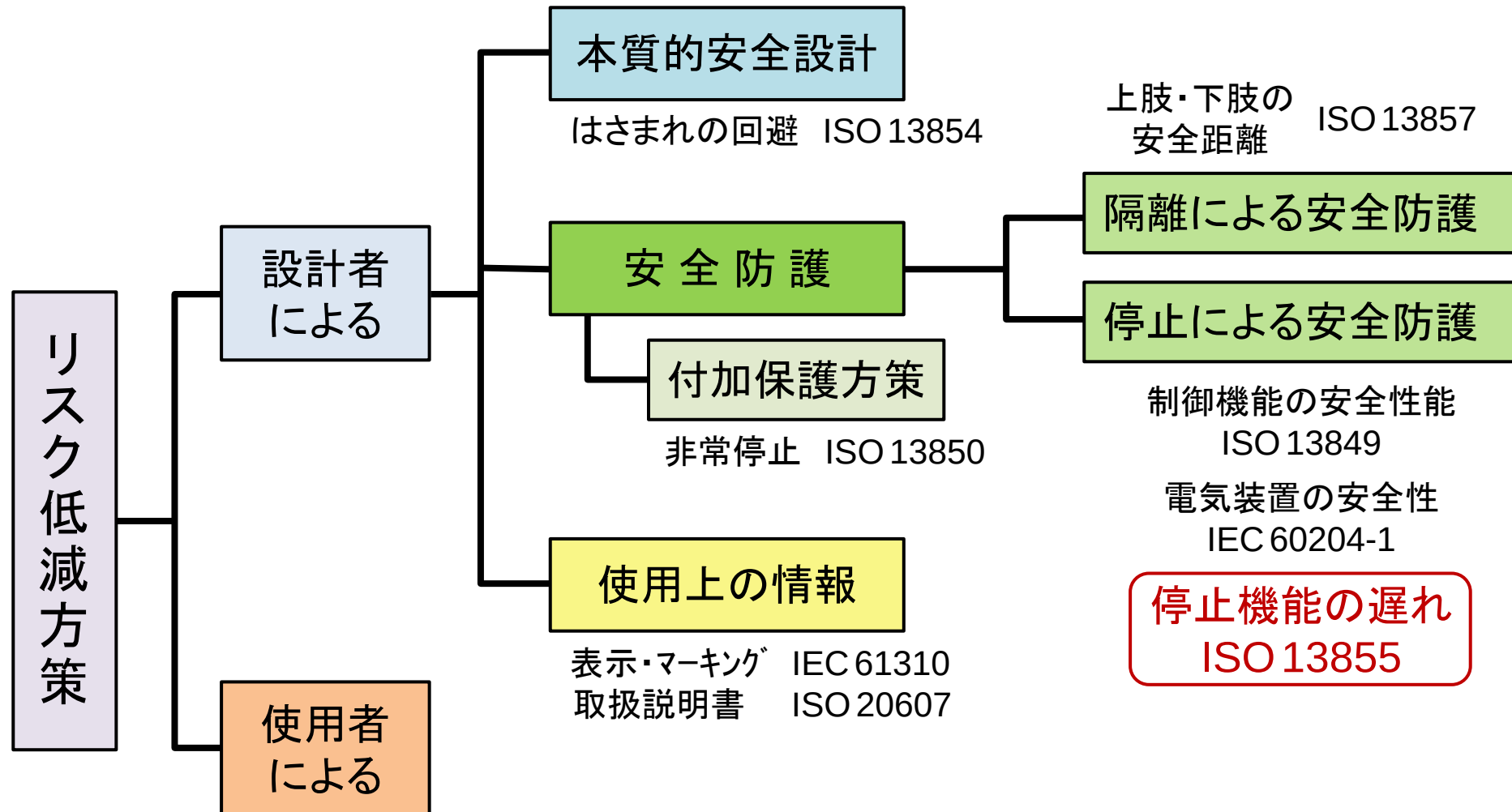
労働安全衛生総合研究所
新技術安全研究グループ

- ISO 13855 の概要
- 改正履歴と第3版の箇条構成
- 主な改正点
 - 1) 静的隔離距離と動的隔離距離
 - 2) 電氣的検知保護装置に係る要求事項
 - 検出能力に応じた追加距離
 - 垂直検出区域の下端からの迂回
 - 平行検出区域の高さに応じた追加距離
 - 3) 安全関連手動操作制御装置 (Safety related manual control device) に係る要求事項
 - 4) 手／足操作式シングル操作制御装置に係る要求事項



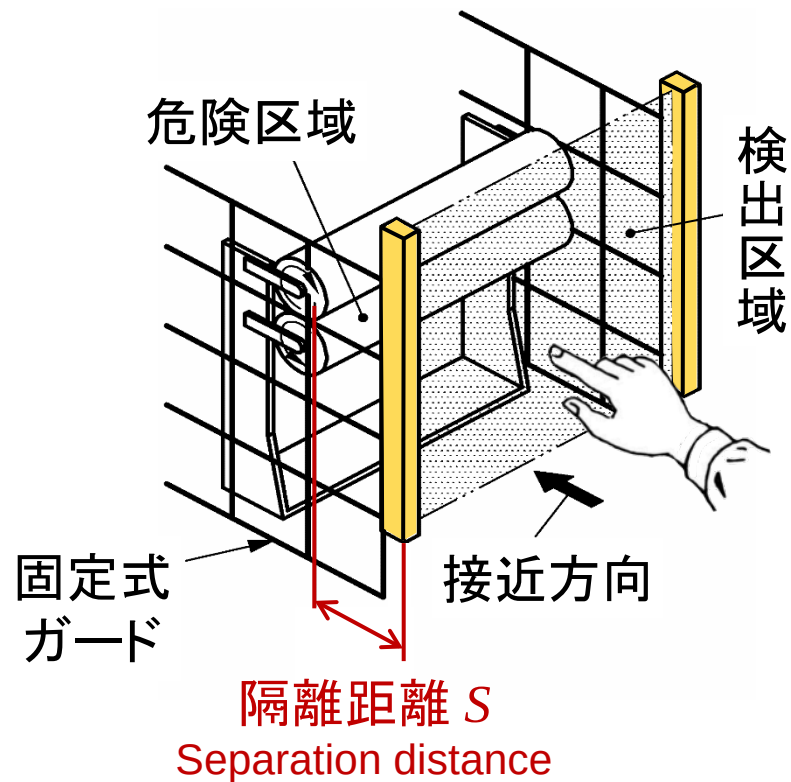
機械のリスク低減とISO 13855

- ISO 13855: 人体又はその一部の危険源への接近に対応した安全防護物の位置及び保護装置の検出区域の寸法に係る要求事項を規定する Type B1 規格.



- ◆ 応答時間, 停止時間
リスクが低減する前に到達される
- ◆ 分解能・不感帯, 測定の不確かさ
検出する前に侵入されている

危険区域と検出区域との間に
十分な距離を設ける



$$S = (K \times T) + D_{DS} + Z$$

S : 検出区域から危険区域までの隔離距離

K : 人体又は人体部位の接近速度

T : 意図したリスク低減状態に至るまでの時間

D_{DS} : 検出される前に人体が到達できる距離

Z : アプリケーションに応じた補足距離

(JIS B 9715:2013, 図3 a) に加筆)

EN 999:1998



ISO 13855:2002

Safety of machinery - Positioning of protective equipment with respect to the approach speeds of parts of the human body



ISO 13855:2010

Safety of machinery - Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body



ISO 13855:2024

Safety of machinery - Positioning of safeguards with respect to the approach of the human body



JIS B 9715:2006

機械類の安全性 - 人体部位の接近速度に基づく
保護設備の位置決め



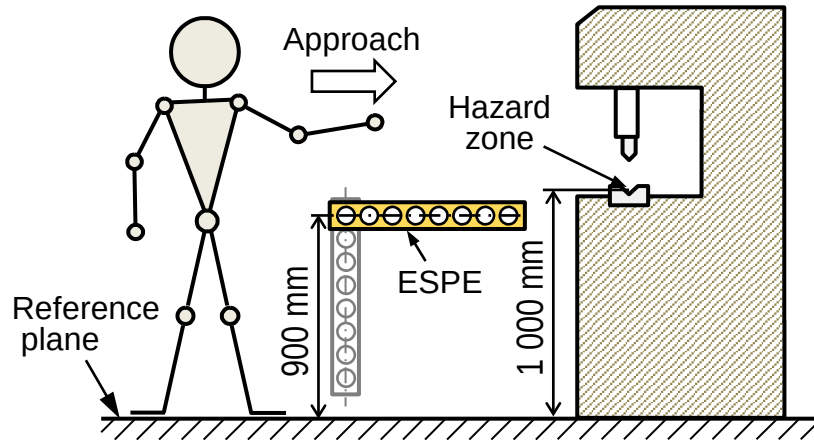
JIS B 9715:2013

機械類の安全性 - 人体部位の接近速度に基づく
安全防護物の位置決め



JIS B 9715:202X

■ 接近方向による侵入距離の違い



Source: T. Saito, H. Ikeda (2018) Proc. 9th Int. Conf. on Safety of Industrial Automated Systems (SIAS 2018), pp.291-296

接近方向に対し平行な検出区域の場合

$$\begin{aligned} S &= (K \times T) + (1200 - 0.4 \times \text{検出区域の高さ}) \\ &= (K \times T) + (1200 - 0.4 \times 900) \\ &= (K \times T) + \underline{850} \quad \text{※ 侵入距離 } C \text{ の最小値は } 850 \text{ mm} \end{aligned}$$

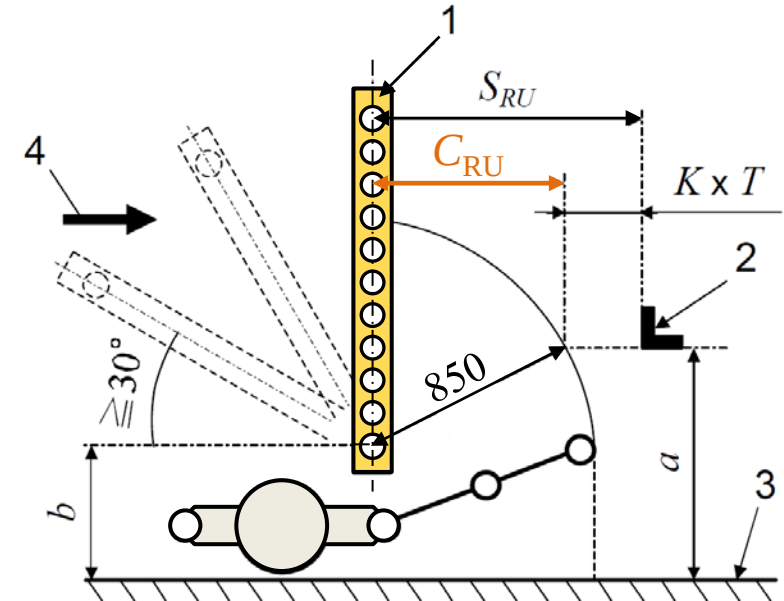
接近方向に対し垂直な検出区域の場合

$$S = (K \times T) + C_{RO}$$

垂直検出区域を越えての到達防止に必要な侵入距離を
定めた表1より, $a = 1000 \text{ mm}$, $b = 900 \text{ mm}$ の場合

$$S = (K \times T) + \underline{1200}$$

■ 検出区域の下を通る迂回への対応



Key

- 1 vertically mounted electro-sensitive protective equipment
- 2 hazard zone
- 3 reference plane
- 4 direction of approach
- a height of the hazard zone
- b height of the lower edge of the detection zone

C_{RU} 垂直検出区域の下端を通る到達を防止するための侵入距離

第3版での主な改正点

- 内容をより良く表すよう、規格の名称及び適用範囲が修正され、主要な用語の呼称も変更された。
- 明確化及び理解の容易化を目的として、ほぼすべての図が見直された。
- 移動機械 (Mobile machinery) などを対象とした“動的隔離距離”が規定された。
- 危険区域への経路上で段差を上り下りする場合での“基準面”の扱い方が整理された。
- 安全防護区域に対する“安全関連手動操作制御装置 (SRMCD: Safety related manual control device)”の位置決めに関する要求事項が規定された。
- 垂直検出区域について、“下端からの迂回”に係る要求事項が追加され、検出能力の区分も変更された。
- 平行検出区域について、到達防止のために追加する距離の規定が見直され、計算式が変更された。
- 手操作式及び足操作式の“シングル操作制御装置 (Single control device)”が適用範囲に含められた。
- 附属書から計算事例が削除された。 etc...

以上を踏まえ、要求事項の理解が容易になるよう箇条構成も整理し直され、
規格全体が大幅に改められた

ISO 13855:2002

19 ページ



ISO 13855:2010

40 ページ



ISO 13855:2024

72 ページ

Contents		Page	ISO 13855:2024(en)	
Foreword		v		
Introduction		vii		
1	Scope	1		
2	Normative references	2		
3	Terms, definitions, symbols and abbreviated terms	2		
3.1	Terms and definitions	2		
3.2	Symbols and abbreviated terms	5		
3.2.1	Symbols	5		
3.2.2	Abbreviated terms	5		
4	Methodology	6		
4.1	General	6		
4.2	Static and dynamic separation distances	8		
4.3	Reference planes	8		
4.4	Assumptions	10		
4.5	Specific requirements for ESPE regarding whole body access	11		
4.5.1	General	11		
4.5.2	Additional requirements for detection zones mounted vertical to the reference plane	11		
4.5.3	Additional requirements for single beam devices	12		
4.6	Reaching distance to SRMCD	12		
4.7	Direction of approach toward detection zone of SPE	12		
4.8	Speed and separation control (SSC)	13		
5	Separation distance	13		
5.1	General	13		
5.2	Separation distance S	14		
5.3	Approach speed K	14		
5.3.1	Approach speed of the human body	14		
5.3.2	Approach speed of mobile machinery	14		
5.4	Overall system response time T	15		
5.5	Reaching distance factors associated with a protective device D_{DS}	17		
5.5.1	General	17		
5.5.2	Reaching distance in applications initiating a safety function	17		
5.5.3	Reaching distance in applications where hazard zones can be reached by circumventing the safeguard	17		
5.6	Supplemental distance factors	18		
6	Dynamic separation distance	18		
6.1	General	18		
6.2	Dynamic separation distance for unknown human direction of approach	19		
6.3	Dynamic separation distance for known human direction of approach	20		
7	Consideration of the direction of approach to a detection zone	22		
8	Orthogonal approach to a detection zone	23		
8.1	Determination of the reaching distance for an orthogonal approach to a detection zone	23		
8.2	Reaching over a vertical detection zone	25		
8.2.1	General	25		
8.2.2	Vertical detection zones without additional protective structures	25		
8.2.3	Vertical detection zones with additional protective structures	27		
8.3	Reaching through a vertical detection zone	27		
8.3.1	General	27		
8.3.2	Reaching through a vertical detection zone with effective detection capability $d_e \leq 40$ mm	28		
8.3.3	Reaching through a vertical detection zone with effective detection capability 40 mm $< d_e \leq 55$ mm	29		
8.3.4	Reaching through a vertical detection zone with effective detection capability 55 mm $< d_e \leq 120$ mm	29		
8.3.5	Reaching through a vertical detection zone with effective detection capability $d_e > 120$ mm or undefined	30		
8.3.6	Indirect approach — Path restricted by obstacles	31		
8.4	Reaching under a vertical detection zone	33		
8.4.1	General	33		
8.4.2	Reaching under a vertical detection zone with $(d_e + H_{DB}) \leq 40$ mm	34		
8.4.3	Reaching under a vertical detection zone with height of the lower edge from the reference plane 40 mm $< d_e + H_{DB}$ and $H_{DB} \leq 300$ mm	34		
8.4.4	Reaching under a vertical detection zone with additional protective structures	35		
8.5	Single beam applications	36		
8.6	Cycle re-initiation of machine operation employing active opto-electronic protective devices (AOPDs) with control function	36		
9	Parallel approach to a detection zone	37		
9.1	General	37		
9.2	Height of a detection zone for a parallel approach	37		
9.3	Separation distance of a detection zone for a parallel approach	39		
9.4	Depth of a detection zone for a parallel approach	39		
10	Two-hand control devices	40		
10.1	Two-hand control devices not preventing encroachment	40		
10.2	Two-hand control devices preventing encroachment	41		
11	Single control devices	41		
11.1	Hand-operated single control devices	41		
11.2	Foot-operated single control devices	42		
12	Interlocking guards	43		
12.1	General	43		
12.2	Interlocking devices without guard locking	43		
12.2.1	General	43		
12.2.2	Calculation of the opening e for an interlocking guard with an interlocking device with rotary cam actuated position switch	45		
12.3	Interlocking devices with guard locking	46		
Annex A (informative)	Achieving intended risk reduction	48		
Annex B (informative)	Measurement and calculation of system performance to achieve the intended risk reduction	49		
Annex C (normative)	Devices with multiple beams or arrangements of single beams with effective detection capability $d_e > 120$ mm or undefined — Number of beams and their height above the reference plane without change in elevation	52		
Annex D (normative)	Supplier information for time and distance to achieve the intended risk reduction	54		
Annex E (informative)	Variable key for determining separation distance for safeguards	55		
Annex F (normative)	Time factors in the overall system response time to achieve the intended risk reduction	64		
Annex G (informative)	Explanations of the formulae and values used within this document	67		
Bibliography		71		

1 適用範囲

- この規格は、人体又はその一部の危険源への接近に対応した安全防護物の位置及び保護装置の検出区域の寸法に係る要求事項を規定する。
- 対象となる安全防護物：
 - 1) 電氣的検知保護装置 (ESPE)
 - AOPDs (IEC 61496-2)
 - AOPDDRs-2D, AOPDDRs-3D (IEC 61496-3)
 - VBPDPP (IEC/TS 61496-4-2)
 - VBPDST (IEC/TS 61496-4-3)
 - 2) 圧力検知マット・圧力検知フロア (ISO 13856-1)
 - 3) 両手操作制御装置 (ISO 13851)
 - 4) インターロック付きガード (ISO 14120)
 - 5) 手操作式及び足操作式のシングル操作制御装置
(Hand- and foot-operated single control devices)
 - 6) 安全関連手動操作制御装置
(Safety-related manual control device, SRMCD)

この規格は、次のものには適用しない：

- 工具を使用することなく、危険区域に近づけることが可能な安全防護物（例えば、ペンダント形の操作制御装置）
- 固体又は液体の飛来、放射線、アーク、熱、騒音、フューム及びガスの放出に対する保護
- 機械部品の故障又は重力落下に起因するリスクに対する保護

また、走る、跳ねる、落下するなどの形での接近は、この規格では考慮しない。

さらに、この規格に従って導かれる隔離距離は、存在検知機能だけに用いる保護装置には適用しない。

3 用語の定義

3.1.8

separation distance (隔離距離)

- ※ minimum distance (最小距離) から変更.
- ※ ISO 13857 の safety distance (安全距離) と同義語である safe separation distance (安全な隔離距離) と区別が必要.

3.1.1

overall system response time (総合システム応答時間)

- ※ overall system stopping performance (総合システム停止性能) から変更.

Achieving the intended risk reduction
(意図するリスク低減の達成)

- ※ Termination of the hazardous machine function
(危険な機械機能の終止) から変更

3.1.18

stopping distance (停止距離)

- 【新規追加】 安全機能の始動から意図するリスク低減の達成までの間に危険源, 危険点, 機械の一部又は機械自身が移動する距離.
- ※ 機械の危険部位が動いていても意図するリスク低減が達成される状況もあり得る.

3.1.2

response time (応答時間)

- 【新規追加】 安全防護に係る装置の応答時間, IEC 61496-1 の 3.21 修正.

3.1.9

reaching distance associated with a protective device
(保護装置に関連する到達距離)

- ※ intrusion distance (侵入距離) から変更.

3.1.14

safety-related manual control device (安全関連手動操作制御装置) SRMCD

- 【新規追加】 その操作で直ちにリスクが増大する人の意図した操作を必要とする固定された操作制御装置.

※ リセット, 再起動, ガードのロック解錠を行うための押しボタン, セレクタスイッチ, フートペダルなど.

- ※ 検出区域を迂回した操作を防止するため“到達距離”が適用される.

3.1.15

single control device (シングル操作制御装置)

- 【新規追加】 危険な機械機能を始動するための片手又は片足での操作を必要とする固定された操作制御装置 (操作する者だけを保護する).

※ 操作されている間だけ危険な機械機能を制御する又は一度の操作ごとに一定量の動作を行うように設計された押しボタン, フートペダルなど.

- ※ 総合システム応答時間に応じた“隔離距離”が適用される.

3.1.4

effective detection capability (有効検出能力)

- 【新規追加】 装置の作動を引き起こす, インテグレータが設定する検知機能の限界値.

■ 本箇条の構成

4.1 一般

4.2 静的隔離距離及び動的隔離距離

4.3 基準面

4.4 仮定

4.5 全身でのアクセスに係る ESPE の特定要求事項

4.5.1 一般

4.5.2 垂直に設けた検出区域に対する追加要求事項

4.5.3 単一ビームの場合に対する追加要求事項

4.6 SRMCD への到達距離

4.7 SPE の検出区域に対する接近方向

4.8 速度と間隔の制御

(Speed and separation control: SSC)

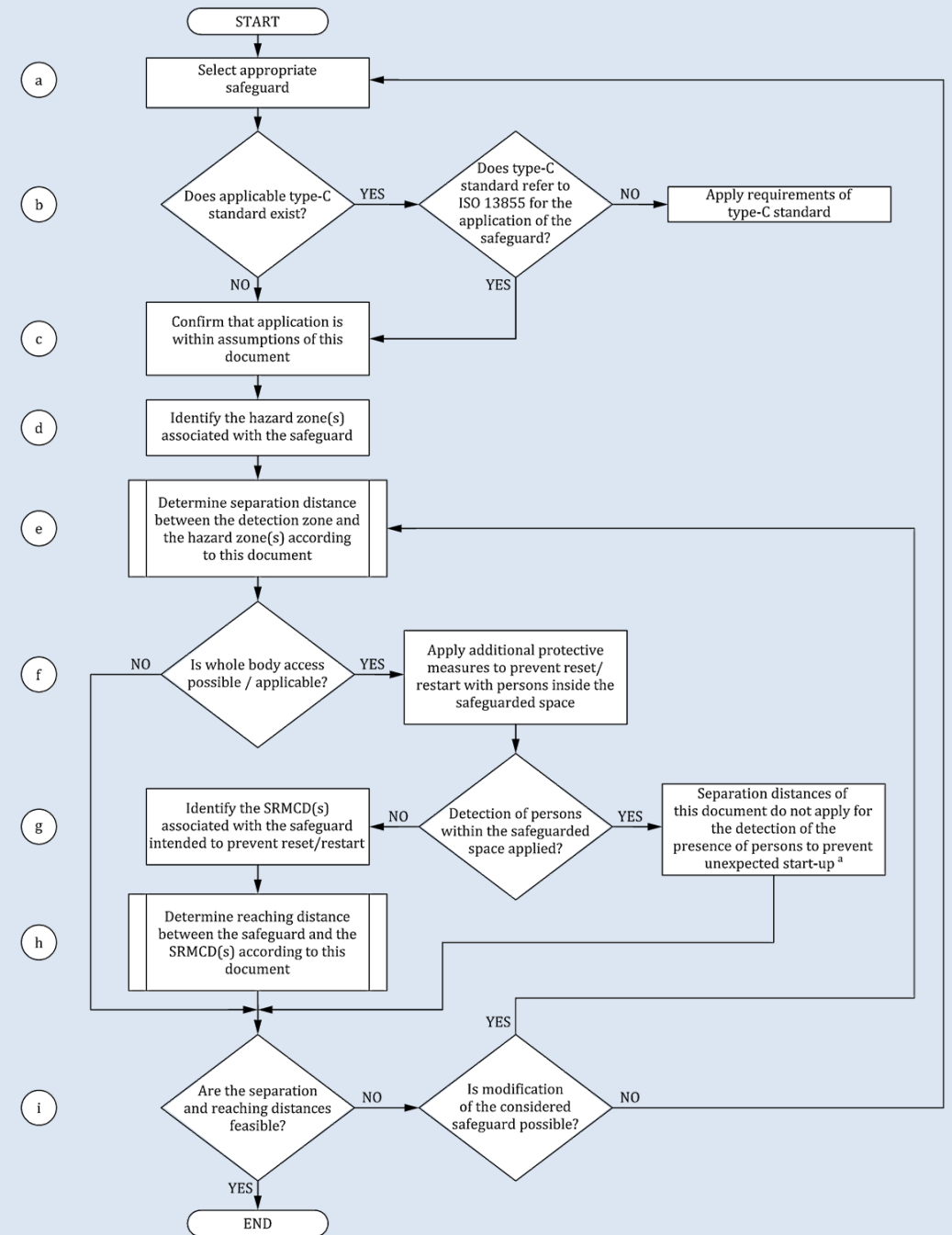


Figure 1 - Methodology

■ 4.2 静的隔離距離及び動的隔離距離

静的隔離距離 (Static separation distance)

危険源(原因)又は機械自体の位置に依らずに、危険区域の最大境界との関係で定まる距離。一般式などは箇条5に規定。

⇒ 従来の概念: 基本的に固定の機械・設備に適用。

動的隔離距離 (Dynamic separation distance)

危険源の安全機能始動時の位置及び総合システム応答時間内の移動量に応じて、危険源が到達可能な最大の境界で定まる距離。危険源の位置、速度及び停止特性に応じた総合システム応答時間が既知でなければならない。詳細は箇条6に規定。

⇒ 新規の概念: 移動機械、協働作業領域内のマニピュレータなどに適用。

■ 4.3 基準面

機械の使用時、人が通常立つ面であり、検出区域の高さの基点となる。必ずしも床又は地面とは限らず、常設作業プラットフォームも基準面になり得る。

⇒ 第3版では、危険区域又はSRMCDにアクセスする際、その経路上でステップなどの段差を上り下りする場合に対する基準面の扱い方を整理。

■ 4.4 仮定

ISO 13857に倣い、この規格が前提とする条件を列記。

例えば、

- 到達距離 D_{DS} の値は、14歳以上の人の5%タイル値から95%タイル値までの人体寸法データを用いて定めた。
 - この規格では特に子供のデータは用いていない。子供の接近速度に関する具体的なデータが利用可能になるまで、設計者は、子供はより速く動き、検出するのが遅れることを考慮して計算するのが望ましい。
 - 安全防護物は、危険区域又はSRMCDに対し相対的な位置関係を保つ。
 - 危険区域は、安全防護物の機能の始動から意図するリスク低減の達成までの間に、安全防護物に対して、その位置を変える可能性がある(例: 移動ロボット)。
 - 人は、安全防護物越しに又は開口部を通して、無理に同定した区域(危険区域又はSRMCD)に到達しようとする。
 - 人は基準面と接触し続けている(よじ登り、跳躍は含まない)。
 - 椅子又は梯子のような基準面を変更する補助器具は使用しない。
 - 安全防護物の筐体に飛び乗る又は上ることで、同定した区域に接近しない。
 - 上肢が届く範囲を延長する棒又は工具のような補助器具は使用しない。
- etc...

4.3 基準面

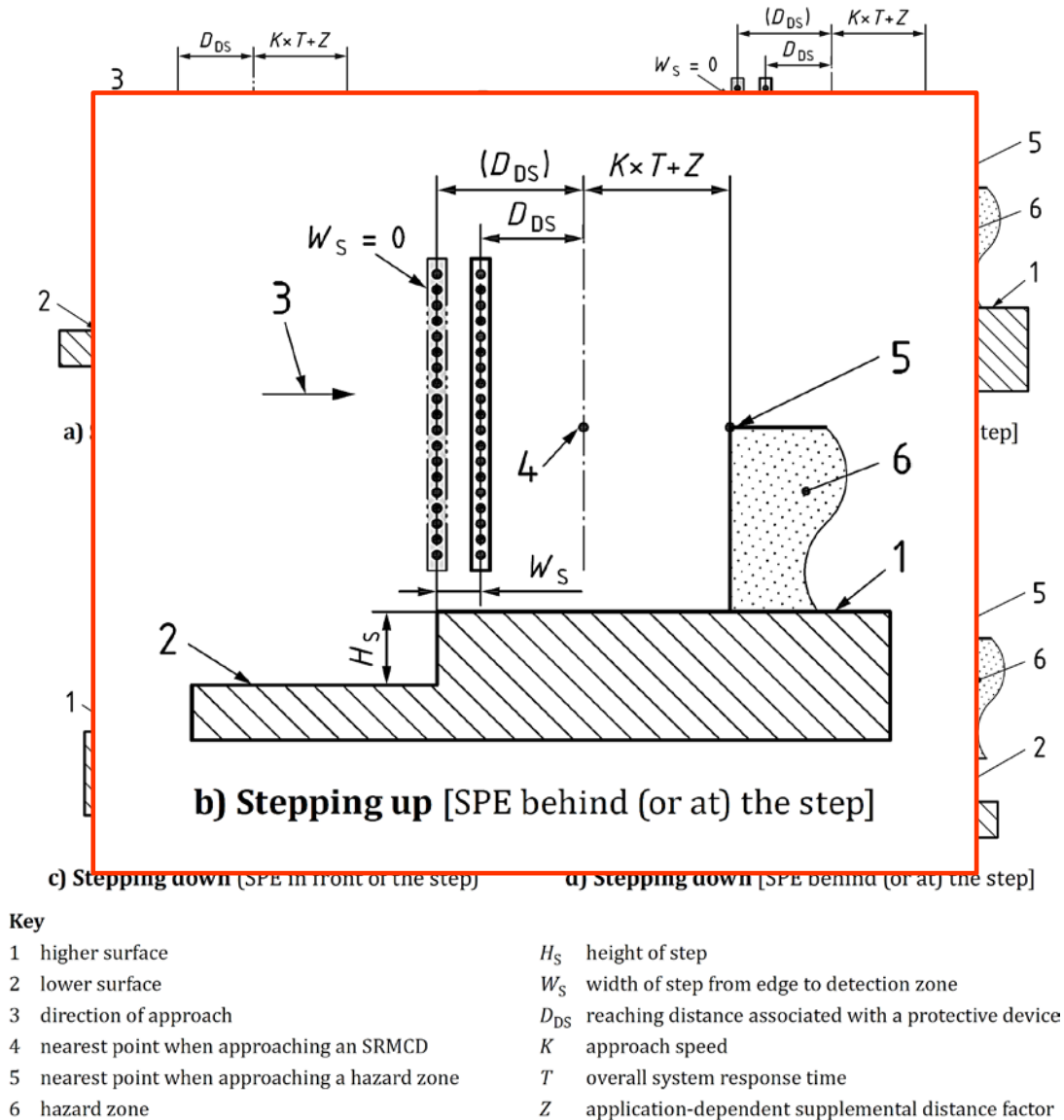


Table 1 - Determination of reference plane with elevated surfaces when reaching toward hazard zone or SRMCD

Direction of approach	SPE location to step	Height of step H_S	Width of step from edge to detection zone W_S	
			< 50 mm ^a	≥ 50 mm ^a
Stepping up	In front [see Figure 2 a)]	≥ 1 000 mm	A	A
		< 1 000 mm	A	A
	At or behind [see Figure 2 b)]	≥ 1 000 mm ^b	B	B
		< 1 000 mm ^b	A	C
Stepping down	In front [see Figure 2 c)]	≥ 500 mm ^c	D	D
		< 500 mm ^c	E	E
	At or behind [see Figure 2 d)]	≥ 500 mm ^c	D	F
		< 500 mm ^c	E	G
Scenario	Possibility of access		Reference plane	
A	Undetected access to higher surface not possible		Lower surface	
B	Access to higher surface not possible		Lower surface	
C	Undetected access to higher surface possible		Higher surface	
D	Undetected access to lower surface not possible ^d		Higher surface	
E	Undetected access to lower surface not possible		Higher surface	
F	Undetected access to lower surface possible ^d		Lower surface	
G	Undetected access to lower surface possible		Lower surface	

^a 50 mm value derived from P5 heel width given in DIN 33402-2:2020-12, Table 60.

^b 1 000 mm value taken from ISO 13857:2019, Table 1 (Note a) and Table 2 (Note b).

^c 500 mm presents risk of falling; value taken from ISO 14122-2:2016, 4.2.3.

^d See ISO 14122-2 for further information for other means to address additional falling hazards.

※ ここでは、上り下りを一歩で行う前提でアクセスの可能性が判断されている。

※ 50 mm, 500 mm, 1 000 mm については附属書 G で解説。

Figure 2 - Representation of elevated surfaces for determining reference plane when reaching toward hazard zone or SRMCD

■ 4.5 全身でのアクセスを検出する ESPE の要求事項

垂直に設置した ESPE が、段差のない所で、全身でのアクセスの検出だけに使用される場合について、第2版の 6.2.2 及び附属書 E を統合した上で、**単一ビームの適用条件と配置を追加**，要求事項が改められた。

⇒ 詳細は附属書 C に規定。

■ 4.6 SRMCD への到達距離

安全防護領域の内側からの SRMCD の操作を防止するために、到達距離 D_{DS} のコンセプトを拡張し、要求事項で“最も近い危険区域”とある部分を“**SRMCD**”に読み替えて D_{DS} を適用することが規定された。

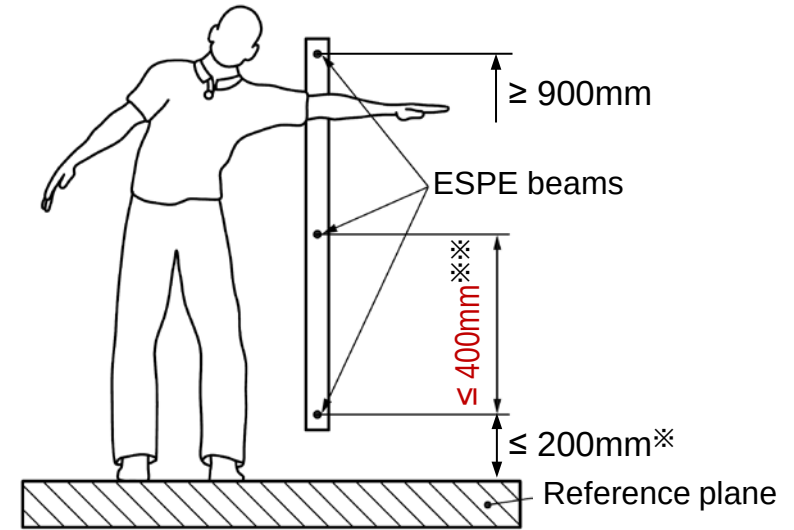
⇒ 安全防護領域内に全身でのアクセスが可能，かつ，存在検知を講じていない場合に適用。箇条 8, 9 及び 12 に関連。

■ 4.7 検知保護装置の検出区域に対する接近方向

検出区域に対して垂直な接近，平行な接近，角度をもった接近のそれぞれに関して，箇条 7, 8, 9 のうち従うべき項目を指定。第2版の 6.1.1 及び 6.1.4 が統合され整理された。

■ 4.8 速度と間隔の制御 (Speed and separation control: SSC)

機械自体又はその可動部の危険な動作の速度又は軌道を適切に制御して**箇条 6 の“動的隔離距離”**を維持することでリスク低減を図る SSC に関して，従うべき要求事項を指定。



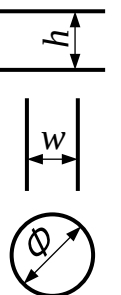
※ 産業用の環境において、リスクアセスメントの結果許容される場合、検出区域の最下端を 300mm としてもよい。

※※ 危険区域へのアクセスに踏面 50mm 未満，蹴上げ 300mm 超の段差を登る必要がある場合，500mm としてもよい。このとき，最上端は下面から 900mm 以上とし，最下端は上面から 200mm としなければならない。

Figure 3 - Example of multiple beam system used for whole body access

単一ビームの配置 (Table C.1 より抜粋)

単一ビームの配置	適用可能な開口寸法	
	高さ h	幅 w
平行光軸 基準面から高さ 200 mm	≤ 500 mm	> 300 mm
垂直光軸 $w/2$	> 500 mm	≤ 300 mm
平行光軸 $\phi/2$	円形開口部 $240 \leq \phi \leq 500$ mm	



- 単一ビーム, 有効検出能力 d_e が 120 mm 超又は未定義の複数ビーム
(光軸の数及び高低差のない基準面からの高さ)

基本的には表 C.1 の値を適用する. 表 C.2 の値は, 産業用の環境で用いる場合であって, かつ, リスクアセスメントの結果許容される場合だけ使用してもよい.

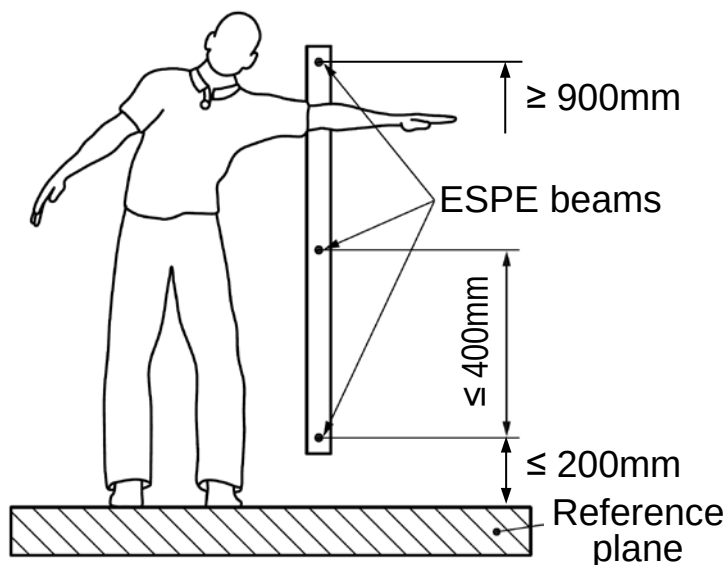


Figure 3 - Example of multiple beam system used for whole body access

Table C.1 — Heights above and parallel to the reference plane

Number of beams	Heights above and parallel to the reference plane, unless otherwise noted				Applicable only for openings with dimensions	
	mm				mm	
	Beam 1	Beam 2	Beam 3	Beam 4	Height h	Width w
4	200	500	800	1 100	unrestricted	unrestricted
3	200	600	1 000		unrestricted	unrestricted
2	200	400			≤ 600	unrestricted
1	200				≤ 500	> 300
	vertical beam, $w/2$				> 500	≤ 300
	$\varnothing/2$				$240 \leq \varnothing \leq 500$ for round openings	

Table C.2 — Alternative heights above reference plane for industrial applications where allowed by a risk assessment

Number of beams	Heights above and parallel to the reference plane				Applicable only for openings with dimensions:	
	mm				mm	
	Beam 1	Beam 2	Beam 3	Beam 4	Height h	Width w
4	300	600	900	1 200	unrestricted	unrestricted
3	300	700	1 100		unrestricted	unrestricted
2	200	400			≤ 600	unrestricted
1	200				≤ 500	> 300
	vertical beam, $w/2$				> 500	≤ 300
	$\varnothing/2$				$240 \leq \varnothing \leq 500$ for round openings	

■ 4.5 全身でのアクセスを検出する ESPE の要求事項

垂直に設置した ESPE が、段差のない所で、全身でのアクセスの検出だけに使用される場合について、第2版の 6.2.2 及び附属書 E を統合した上で、**単一ビームの適用条件と配置を追加**，要求事項が改められた。

⇒ 詳細は附属書 C に規定。

■ 4.6 SRMCD への到達距離

安全防護領域の内側からの SRMCD の操作を防止するために、到達距離 D_{DS} のコンセプトを拡張し、要求事項で“最も近い危険区域”とある部分を“**SRMCD**”に読み替えて D_{DS} を適用することが規定された。

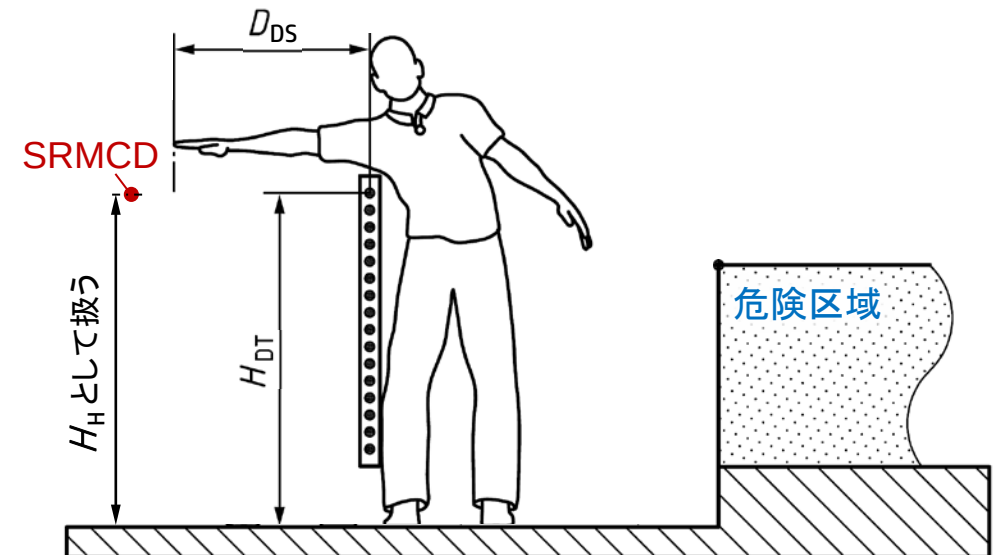
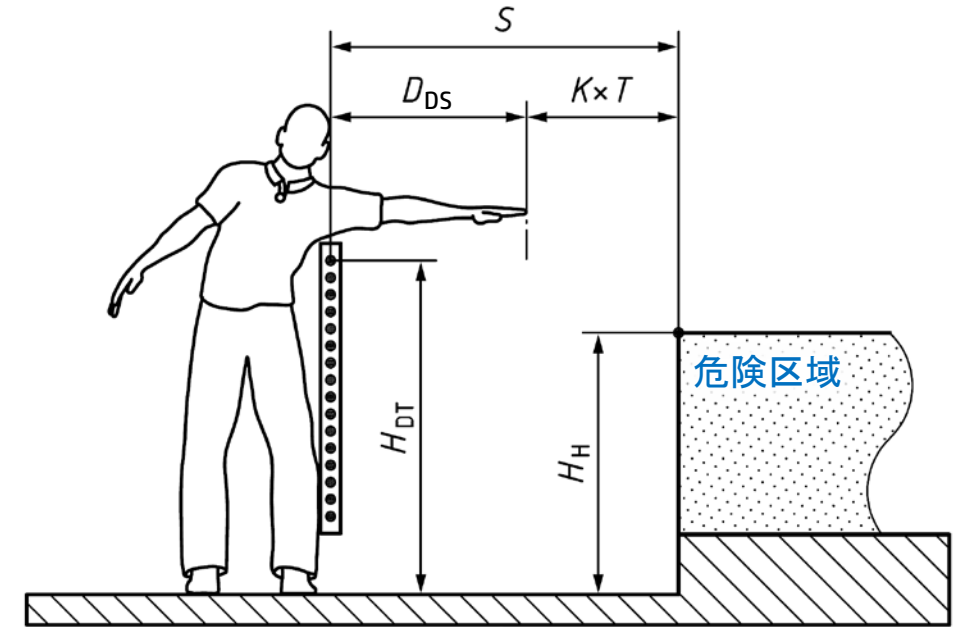
⇒ 安全防護領域内に全身でのアクセスが可能、かつ、存在検知を講じていない場合に適用。箇条 8, 9 及び 12 に関連。

■ 4.7 検知保護装置の検出区域に対する接近方向

検出区域に対して垂直な接近，平行な接近，角度をもった接近のそれぞれに関して、箇条 7, 8, 9 のうち従うべき項目を指定。第2版の 6.1.1 及び 6.1.4 が統合され整理された。

■ 4.8 速度と間隔の制御 (Speed and separation control: SSC)

機械自体又はその可動部の危険な動作の速度又は軌道を適切に制御して**箇条 6 の“動的隔離距離”**を維持することでリスク低減を図る SSC に関して、従うべき要求事項を指定。



SRMCD への到達距離の適用 (ISO 13855:2024, Figure 11 に加筆)

5 隔離距離

■ 本箇条の構成

5.1 一般

5.2 隔離距離 S

5.3 接近速度 K

5.3.1 人体の接近速度

5.3.2 移動機械の接近速度

5.4 総合システム応答時間 T

5.5 保護装置に関連した到達距離 D_{DS}

5.5.1 一般

5.5.2 安全機能を始動する場合の到達距離

5.5.3 安全防護物を迂回することで危険区域に到達可能な場合の到達距離

5.6 補足距離 Z

$$S = (K \times T) + D_{DS} + Z$$

S : 隔離距離 (mm)

K : 人体又は人体部位の接近速度のデータから導いた変数 (mm/s), 5.3 参照

T : 総合システム応答時間 (s), 5.4 参照

D_{DS} : 保護装置に関連した到達距離, 5.5 参照

Z : アプリケーションに応じた補足距離, 5.6 参照

隔離距離が適用される安全防護物:

- a) ESPE (箇条 7, 8, 9 参照)
- b) 圧力検知マット, 圧力検知フロア (箇条 9 参照)
- c) 両手操作制御装置 (箇条 10 参照)
- d) シングル操作制御装置 (箇条 11 参照)
- e) インターロック付きガード (箇条 12 参照)

対象となる接近:

- 1) 安全防護物を越えての接近
- 2) 安全防護物を通過する接近
- 3) 安全防護物の下を通る接近

5 隔離距離

■ 5.3 接近速度 K

5.3.1 人体の接近速度

上肢の動作速度: 2 000 mm/s

歩行速度: 1 600 mm/s※

※ 全身での侵入のほか、両手操作制御装置操作後に手を入れる場合、ガード開放後に手を入れる場合にも、この定数を適用する。

5.3.2 移動機械の接近速度

人が機械に接近すると同時に機械が人に接近することが合理的に予見できる場合、**機械と人の接近速度を組み合わせた速度(ベクトル減算の結果)**を考慮しなければならない。

⇒ 詳細は箇条6に規定

■ 5.4 総合システム応答時間 T

第2版: $T = t_1 + t_2$

第3版: $T \geq t_{\text{SRP/CS}} + t_{\text{ME}} + t_{\text{F}}$

ここで、 $t_{\text{SRP/CS}}$: 安全関連部の応答時間

t_{ME} : 機械側の応答時間(停止時間)

t_{F} : 許容誤差に関連する時間(工具の質量、温度、構成要素の劣化などの影響)

■ 5.5 保護装置に関連した到達距離 D_{DS}

5.5.1 一般

5.5.2 安全機能を始動する場合での到達距離

⇒ 箇条7～12に定める各保護装置の到達距離に従う。

5.5.3 安全防護物を迂回することで危険区域に到達可能な場合での到達距離

⇒ ISO 13857 の安全距離と比較し、最大値を適用する。

■ 5.6 補足距離 Z

必要な場合に考慮する。例えば、

Z_{G} : 検出装置の一般的な測定誤差を補う距離

Z_{M} : 位置計測システムの精度に由来する機械の位置の不確かさを補う距離

Z_{p} : SPEの精度に由来する人の位置の不確かさを補う距離

Z_{R} : 反射に由来するSPEの測定誤差を補う距離

Z_{F} : 移動機械の地上高の不足を補う距離

Z_{B} : 移動機械のブレーキトルクの低下を補う距離

6 動的隔離距離

■ 本箇条の構成

6.1 一般

6.2 人の接近方向が不明な場合の動的隔離距離

6.3 人の接近方向が既知の場合の動的隔離距離

■ 6.1 一般

動的隔離距離においては、人の検出が次のサンプリングの最初で起こる場合を考慮して、静的隔離距離での総合システム応答時間に制御システムのサンプリング周期 t_S を加える。

$$T = t_{\text{SRP/CS}} + t_{\text{ME}} + t_{\text{F}} + t_{\text{S}}$$

さらに、関連する計算においては、保護装置が作動する時刻での危険源の位置、および、実際の速度と減速度に応じた危険源の停止距離を考慮しなければならない。

■ 6.2 人の接近方向が不明な場合

静的隔離距離の一般式に、総合システム応答時間の中での危険源の位置の変化(移動距離) S_M を加える。

$$S = (K \times T) + D_{\text{DS}} + Z + S_M$$

機械の減速度 d 及び機械の出し得る加速度 a が既知かつ一定である場合、 S_M は次式による。

$$S_M = v_0 T - \frac{1}{2} d t_M^2 + \frac{1}{2} a t_{\text{SRP/CS}}^2$$

ここで、 v_0 : 機械の初速度(mm/s)

T : サンプリング周期を加算した総合システム応答時間(s)

d : 機械が発生可能な既知の減速度(mm/s²)

t_M : 機械的慣性に関連する時間

a : 機械が発生可能な既知の加速度(mm/s²)

$t_{\text{SRP/CS}}$: 安全関連部又は安全関連制御システムの応答時間(s)

加速度 a が不明である場合、機械の出し得る最大速度 v_{max} を用いて、 $a = (v_{\text{max}} - v_0) / t_{\text{SRP/CS}}$ とおくことが可能である。すなわち、

$$S_M = v_0 T - \frac{1}{2} d t_M^2 + \frac{1}{2} (v_{\text{max}} - v_0) t_{\text{SRP/CS}}$$

S_M を測定によって得る場合は、附属書Dに従わなければならない、測定値に少なくとも10%の許容誤差を加味しなければならない。

6 動的隔離距離

■ 6.3 人の接近方向が既知の場合

動的隔離距離は、次式で計算してもよい。

$$S = S_A + D_{DS} + Z$$

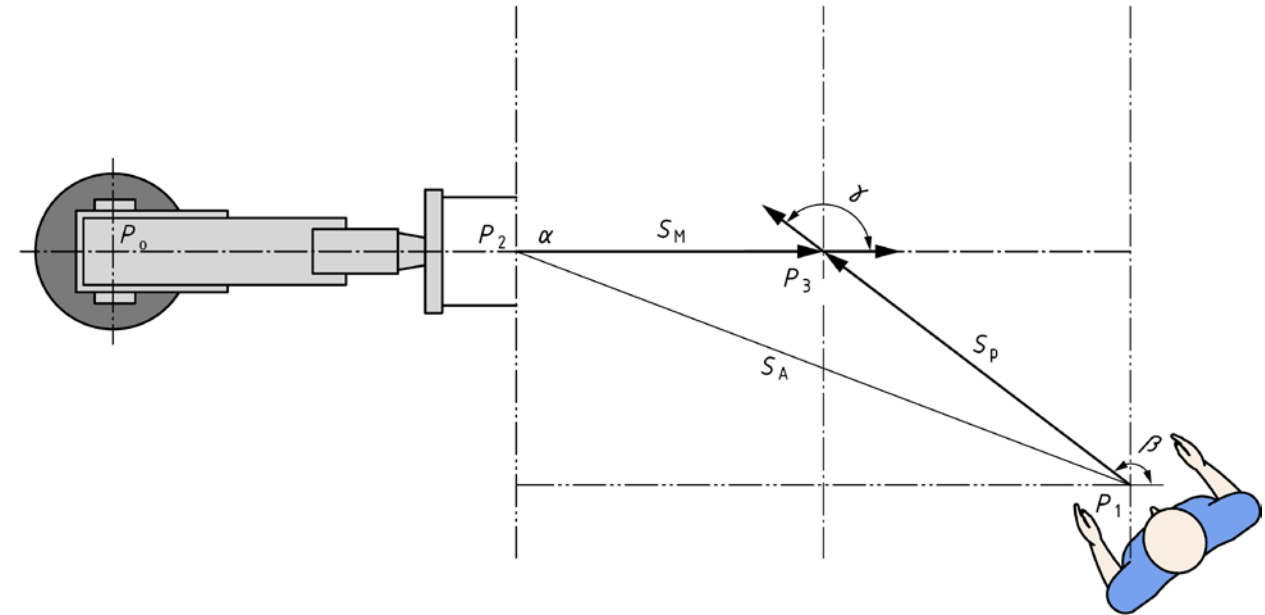
$$\text{ここで, } S_A = \sqrt{S_M^2 + S_P^2 - 2 S_M S_P \cos(\gamma)}$$

$$S_M = v_0 T - \frac{1}{2} d t_M^2 + \frac{1}{2} a t_{SRP}/CS^2$$

$$S_P = K \times T$$

ただし、危険源及び人の動作方向の角度(図5では各々 α , β)を測定する制御システムのサンプリング周期 t_s は0.1sを超えてはならない。これが満足できない場合は6.2による。

なお、理解を容易にするために、図5には二次元の例を示しているが、計算の原理は三次元の場合にも同様に適用される。



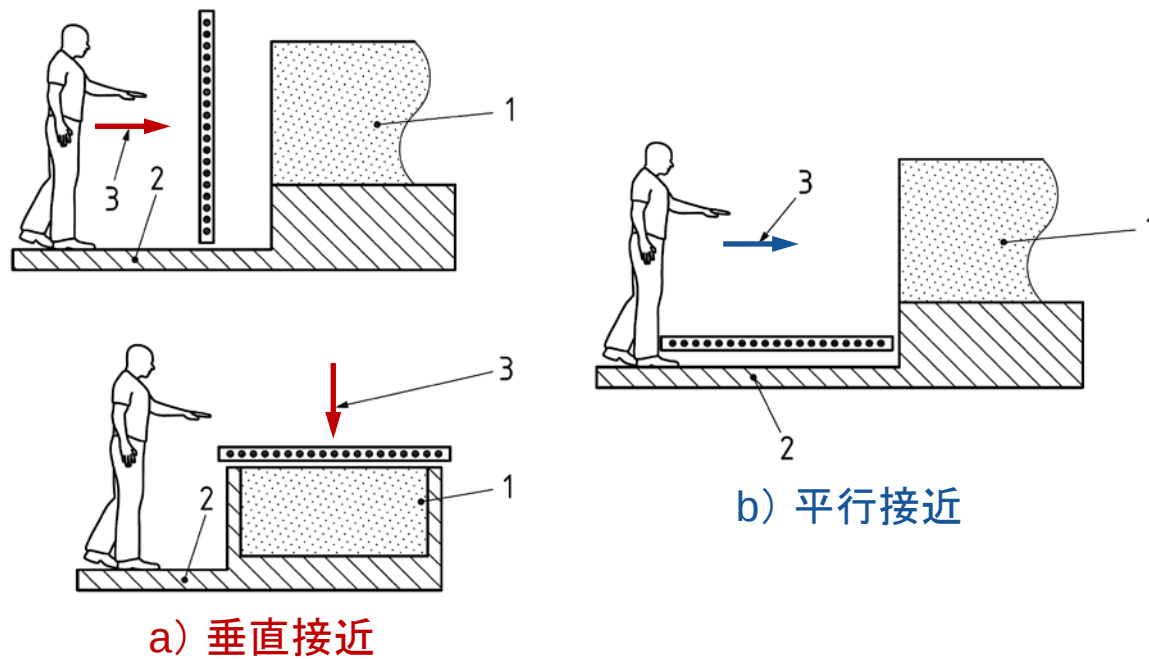
Key

- S_A separation distance with dynamic approach
- S_M change in position of the hazard (distance travelled by the machinery from T_0 until the intended risk reduction is achieved at T_1) from its initial speed v_0 , the deceleration (braking capability) d , and the overall system response time T according to [Formula \(7\)](#)
- S_P change in position of the person (distance travelled by the person from T_0 until contact at T_1 and the intended risk reduction is achieved), assuming a constant (maximum) speed of the person ($S_P = K \times T$)
- T_0 time at which the safety function is triggered at position P_1
- T_1 time at which the intended risk reduction is achieved; therefore $T = T_1 - T_0$, where T is the overall system response time
- P_0 origin of coordinates
- P_1 position of the person when the safety function is triggered at time T_0
- P_2 position of the machine hazard when the safety function is triggered at time T_0
- P_3 position of the machine hazard when the intended risk reduction is achieved (hazardous function terminated, e.g. the contact between robot and person does not lead to harm)
- α approach angle of the hazard (to X-axis as reference. For simplification $\alpha = 0^\circ$)
- β approach angle of the person (to X-axis as reference)
- γ angle between the movement of hazard and movement of the person

Figure 5 - Approaching direction

7 検出区域への接近の方向

- 垂直接近と平行接近の境界が明確化されるとともに、理解を容易にすることを目的に図が改訂された。



Key
1 hazard zone
2 reference plane
3 direction of approach

Figure 6 - Typical directions of approach to a detection zone

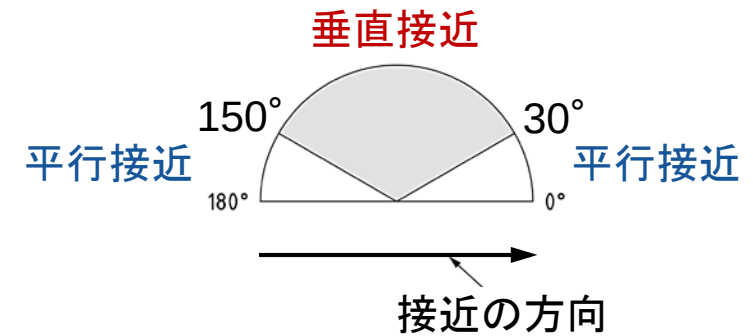
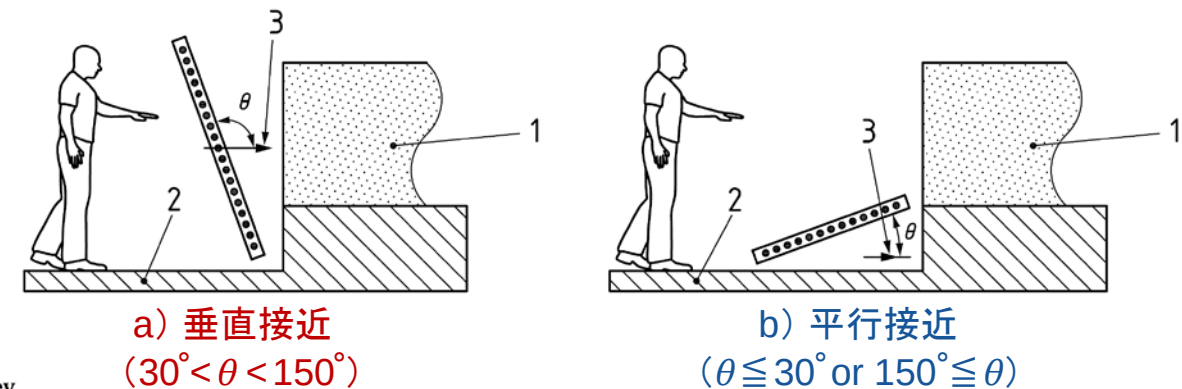


Figure 7 - Different angles to the direction of approach



Key
1 hazard zone
2 reference plane
3 direction of approach
 θ angle of detection zone relative to direction of approach

Figure 8 - Detection zone angled to the direction of approach

8 検出区域に垂直な接近

■ 本箇条の構成

8.1 検出区域に垂直な接近に対する到達距離の決定

8.2 垂直検出区域を越えての接近

8.2.1 一般

8.2.2 追加の保護構造物がない垂直検出区域

8.2.3 追加の保護構造物がある垂直検出区域

8.3 垂直検出区域を通過する接近

8.3.1 一般

8.3.2 有効検出能力 d_e が 40 mm 以下の垂直検出区域を通過する接近

8.3.3 有効検出能力 d_e が 40 mm 超 55 mm 以下の垂直検出区域を通過する接近

8.3.4 有効検出能力 d_e が 55 mm 超 120 mm 以下の垂直検出区域を通過する接近

8.3.5 有効検出能力 d_e が 120 mm 超又は未定義の垂直検出区域を通過する接近

8.3.6 間接接近(障害物によって制限された検出区域から危険区域への経路)

8.4 垂直検出区域の下からの接近

8.4.1 一般

8.4.2 有効検出能力と検出区域下端の基準面からの高さの和 $d_e + H_{DB}$ が 40 mm 以下の垂直検出区域の下からの接近

8.4.3 $d_e + H_{DB}$ が 40 mm 超, かつ, H_{DB} が 300 mm 以下の垂直検出区域の下からの接近

8.4.4 追加の保護構造物がある垂直検出区域の下からの接近

8.5 単一ビーム

8.6 制御機能を伴う能動的光電保護装置(AOPD)を用いた機械のサイクル運転の再始動

8 検出区域に垂直な接近

■ 8.1 検出区域に垂直な接近に対する到達距離の決定

隔離距離 S は

“危険区域に最も近いビーム”に適用する.

また、各条件での隔離距離の計算では、次の到達距離を用いる:

- ・ 検出区域を越えての接近: D_{DO}
- ・ 検出区域を通過する接近: D_{DT}
- ・ 検出区域の下からの接近: D_{DU}

SRMCD への検出されないアクセスを防止するためには、装置と最も近いビームとの間に、次の到達距離 D_{DS} を設ける.

$$D_{DS} = \max(D_{DO}, D_{DT}, D_{DU})$$

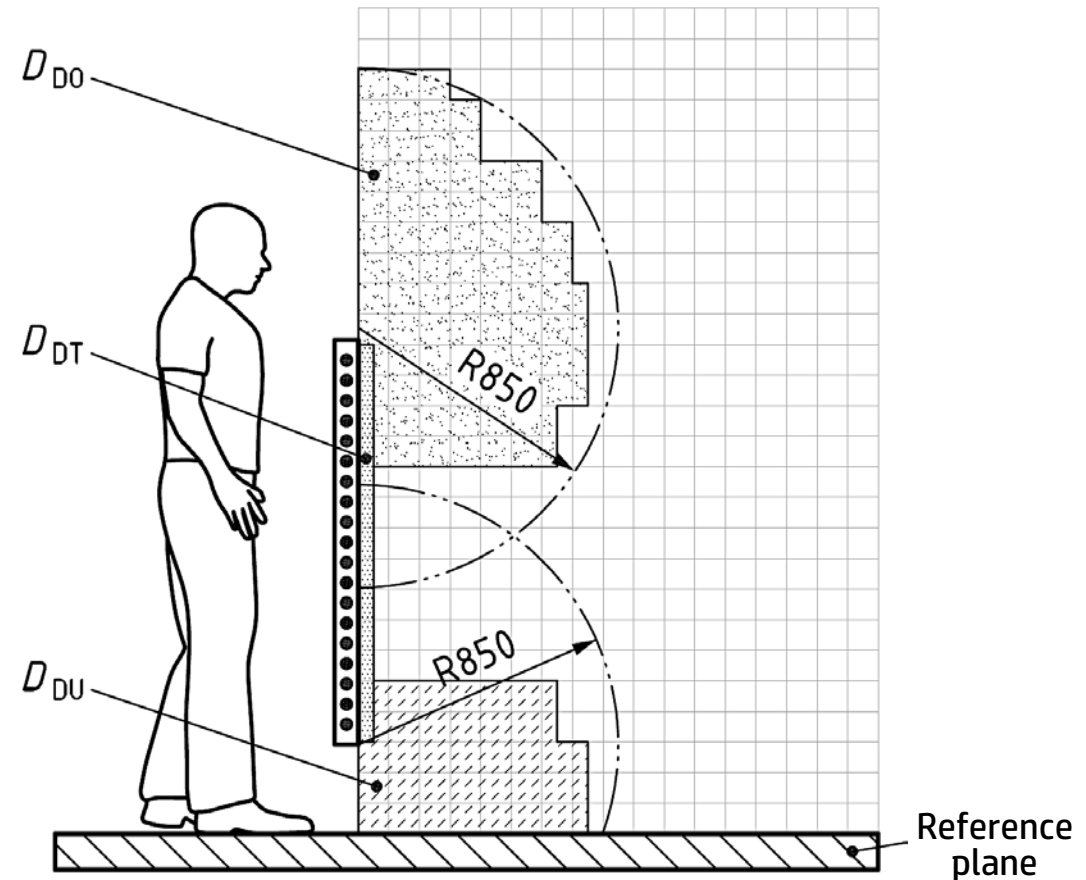


Figure 9 - Consideration of all reaching factors for an orthogonal approach to a vertical detection zone (applies to protective devices as well as SRMCD)

8 検出区域に垂直な接近

■ 8.2 垂直検出区域を越えての接近

追加の保護構造物がない垂直検出区域

隔離距離 S は

$$S = (K \times T) + D_{DO} + Z$$

はじめに,

$$K = 2000 \text{ mm/s}$$

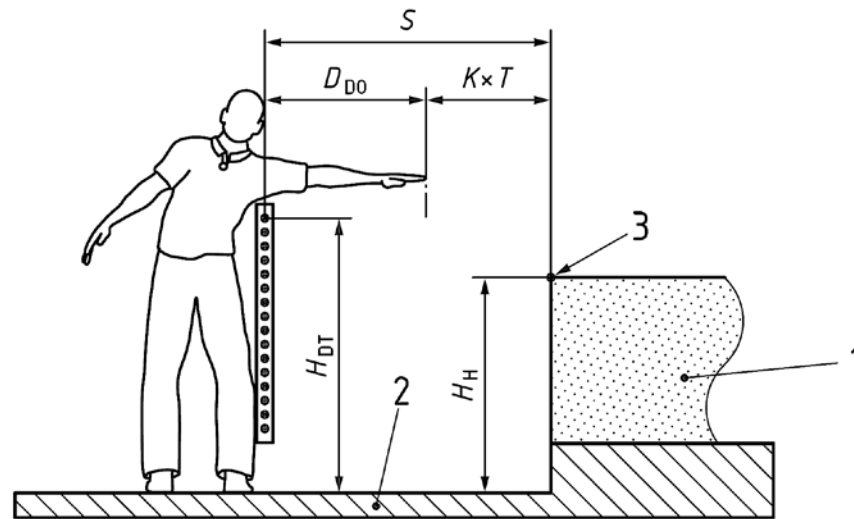
といて計算する. ただし,
最小値は100 mmとする.

もし, S が500 mmを超える
場合,

$$K = 1600 \text{ mm/s}$$

といて計算し直す. ただし,
500 mm 未満とはしない.

SRMCD には, 表2の到
達距離 D_{DO} を適用する.



Key

- 1 hazard zone
- 2 reference plane
- 3 nearest point
- S separation distance
- K approach speed
- T overall system response time
- H_H height of the hazard zone from the reference plane
- H_{DT} height of the upper edge of the detection zone from the reference plane
- D_{DO} reaching distance over a vertical detection zone

Figure 11 - Reaching over a vertical detection zone

Table 2 - Reaching over the vertical detection zone of ESPE

Height of the hazard zone from the reference plane H_H	Height of the upper edge of the detection zone H_{DT}						
	900	1 000	1 100	1 200	1 300	1 400	1 600
	Reaching distance over a vertical detection zone D_{DO}						
2 600 ^a	0	0	0	0	0	0	0
2 500	400	400	350	300	300	300	300
2 400	550	550	550	500	450	450	400
2 200	800	750	750	700	650	650	600
2 000	950	950	850	850	800	750	700
1 800	1 100	1 100	950	950	850	800	750
1 600	1 150	1 150	1 100	1 000	900	850	750
1 400	1 200	1 200	1 100	1 000	900	850	650
1 200	1 200	1 200	1 100	1 000	850	800	0
1 000	1 200	1 150	1 050	950	750	700	0
800	1 150	1 050	950	800	500	450	0
600	1 050	950	750	550	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

8 検出区域に垂直な接近

■ 8.2 垂直検出区域を越えての接近

追加の保護構造物がある垂直検出区域

隔離距離

$$S = (K \times$$

はじめに,

$$K =$$

とにおいて計

最小値は1

もし, S が5

場合,

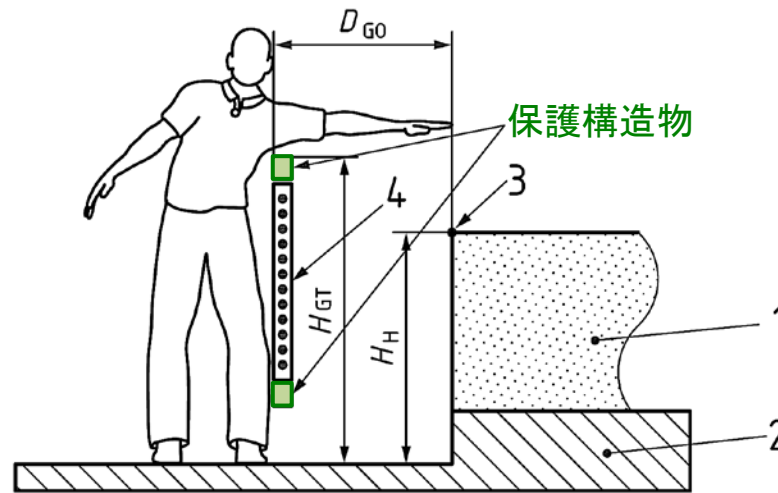
$$K =$$

とにおいて計

500 mm 未

SRMCD

達距離 D



Key

- 1 hazard zone
- 2 reference plane
- 3 nearest point
- 4 ESPE
- 5 protective structure

H_H height of the hazard zone from the reference plane

H_{GT} height of the upper edge of the protective structure from the reference plane

D_{GO} reaching distance over a protective structure

Figure 12 - Example of reaching over the vertical detection zone of ESPE combined with protective structure

隔離距離 S は, ISO 13857 の表 2 に従った安全距離より短くなってはならない

vertical

E

e of the detection

H_{DT}

300 1 400 1 60

stance over a vert

D_{DO}

0 0 0

00 300 300

50 450 400

50 650 600

00 750 700

50 800 750

00 850 750

00 850 650

50 800 0

50 700 0

00 450 0

0 0 0

0 0 0

0 0 0

0 0 0

0 0 0

8 検出区域に垂直な接近

■ 8.3 垂直検出区域を通過する接近

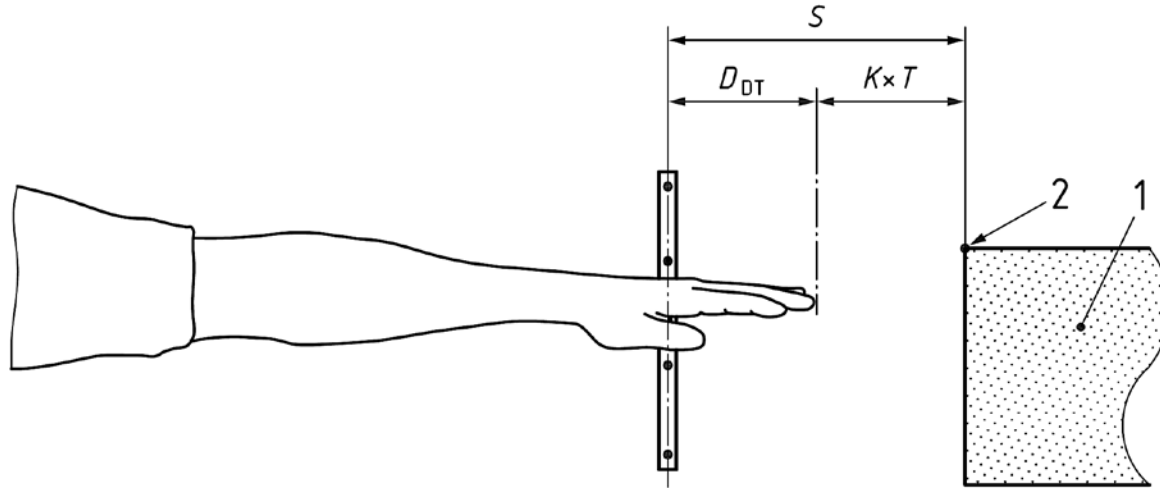


Figure 13 - Reaching through a vertical detection zone

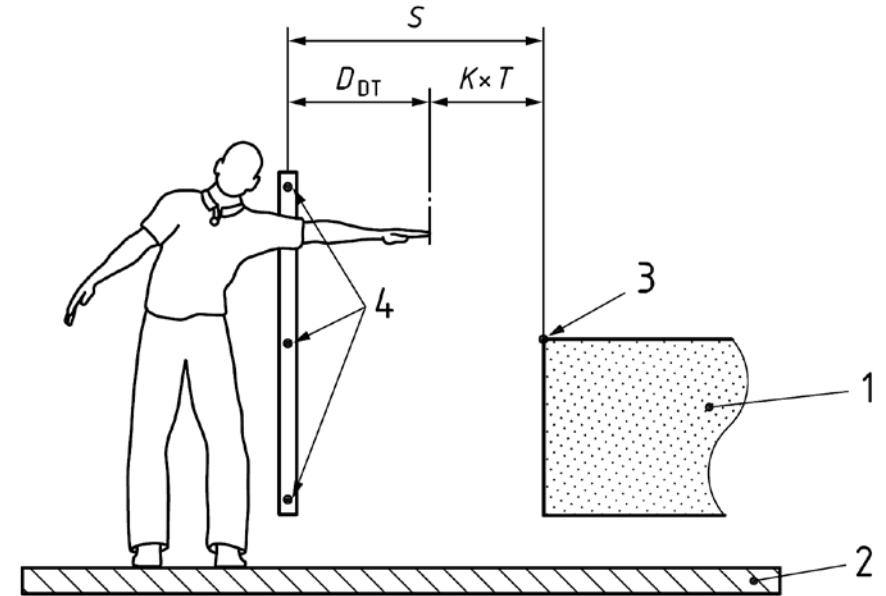


Figure 14 - $d_e > 120$ mm or undefined

隔離距離 S は

$$S = (K \times T) + D_{DT} + Z$$

※ 非産業用途で用いる場合には、 S は常に $K = 2\,000$ mm/s で計算し、その上で、少なくとも 75 mm を加える。

SRMCD には、有効検出能力 d_e に応じた到達距離 D_{DT} を適用する。

有効検出能力 d_e	到達距離 D_{DT}	接近速度 K
40 mm 以下	$8(d_e - 14)$ mm	2 000 又は 1 600 mm/s
40 mm 超, 55 mm 以下	$12(d_e - 40) + 208$ mm	
55 mm 超, 120 mm 以下	850 mm	1 600 mm/s
120 mm 超又は未定義	850 mm	1 600 mm/s
併せて附属書 C の要求事項に従う		

8 検出区域に垂直な接近

■ 8.4 垂直検出区域の下からの接近

追加の保護構造物がない垂直検出区域

検出区域下端の基準面からの高さ H_{DB} は、
300 mm を超えてはならない。

隔離距離 S は

$$S = (K \times T) + D_{DU} + Z$$

接近速度 K は 1 600 mm/s

到達距離 D_{DU} は

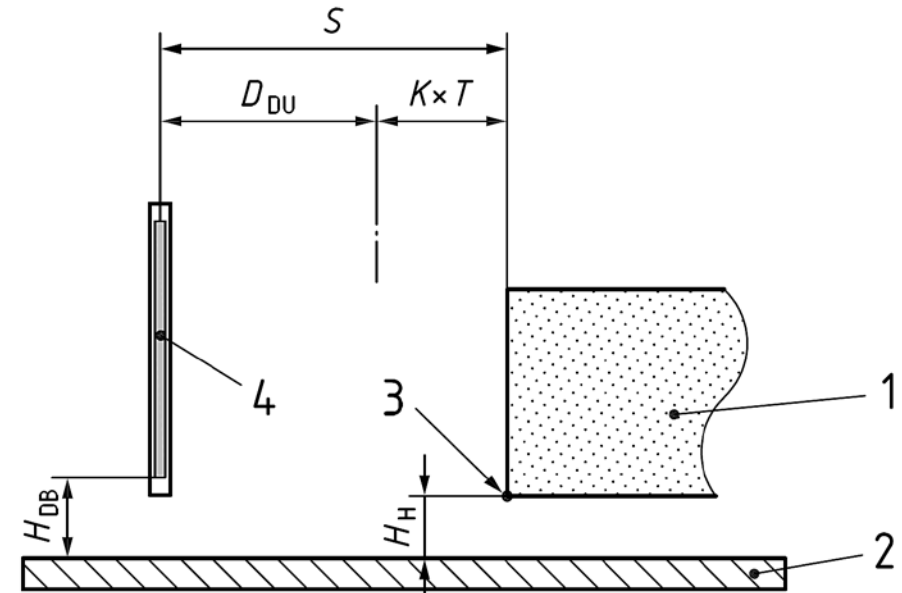
$H_{DB} + d_e$ が 40 mm 以下の場合：

$$D_{DU} = 8(d_e + H_{DB} - 14)$$

$H_{DB} + d_e$ が 40 mm 超 ($H_{DB} < 300$ mm) の場合：

危険区域の高さ H_H (mm)	D_{DU} (mm)
0	850
300	850
500	800
700	700
900	450
1 100	0

SRMCD には、 d_e 、 H_{DB} 、 H_H に応じて定めた
到達距離 D_{DU} を適用する。



Key

- 1 hazard zone
- 2 reference plane
- 3 nearest point
- 4 detection zone
- S separation distance
- K approach speed
- T overall system response time
- H_H height of the hazard zone from the reference plane
- H_{DB} height of the lower edge of the detection zone from the reference plane
- D_{DU} reaching distance under a vertical detection zone

Figure 17 - Reaching under a detection zone with orthogonal approach

8 検出区域に垂直な接近

■ 8.4 垂直検出区域の下からの接近

追加の保護構造物がある垂直検出区域

隔離距離 S は、到達距離 D_{GU} より長くなければならない。

H_{GB} が 120 mm 以下の場合：

ISO 13857:2019 の表 4 による。

H_{GB} が 120 mm 超 180 mm 以下の場合：

危険区域の高さ H_H (mm)	D_{GU} (mm)
0	900
200	
400	
600	
800	800
1 000	600
1 200	0

※ “下肢による到達”と対象となる開口寸法の整合

H_{GB} が 180 mm 超の場合：

全身でのアクセスが可能

※ ISO 13857:2019 の表 7 注記参照

SRMCD には、 H_{GB} と H_H に応じて定めた到達距離 D_{GU} を適用する。

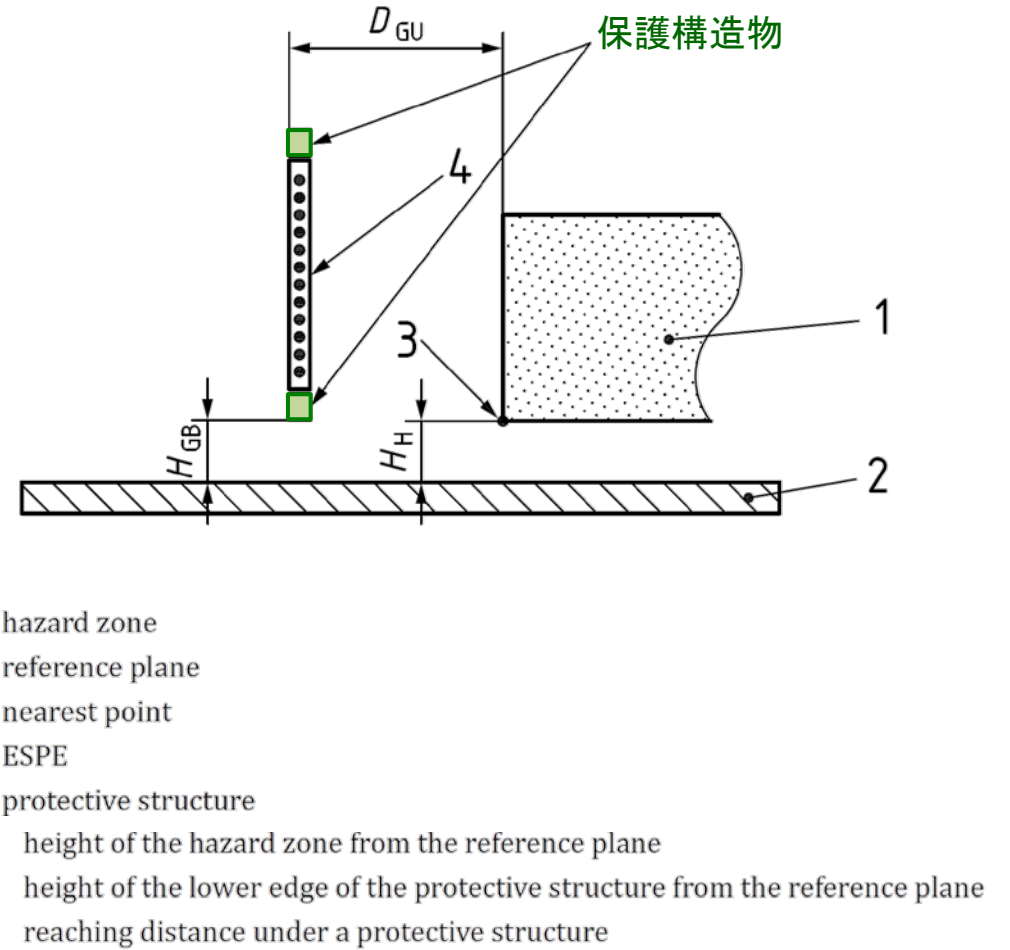


Figure 18 - Reaching under a vertical detection zone with an additional protective structure

9 検出区域に平行な接近

■ 本箇条の構成

9.1 一般

9.2 平行接近に対する検出区域の高さ

9.3 平行接近に対する検出区域の隔離距離

9.4 平行接近に対する検出区域の奥行き

■ 対象となる保護装置:

- AOPDs
- AOPDDR
- VBPD
- 圧力検知マット・圧力検知フロア

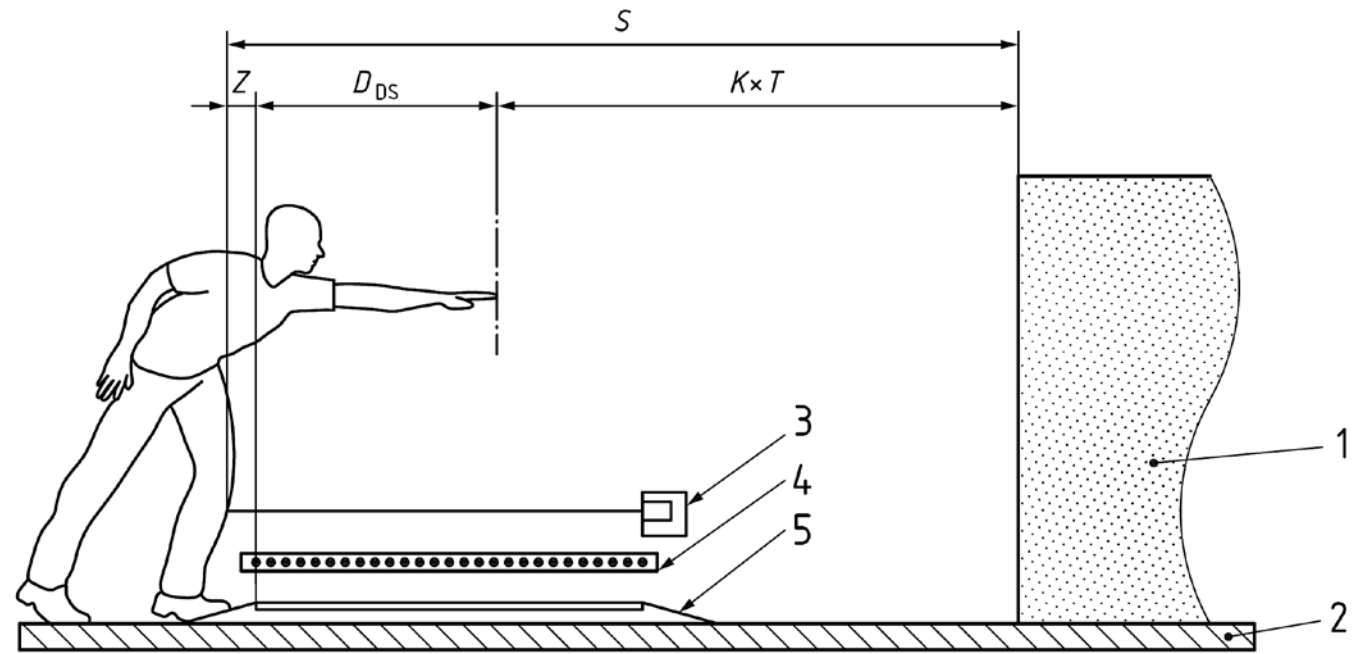
■ 9.3 平行接近に対する検出区域の隔離距離

隔離距離 S は

$$S = (1600 \times T) + 1200 + Z$$

⇒ 第2版では $(1200 - 0.4H)$ であった到達距離が、検出区域の高さに依らず一律の値となった。

SRMCD には、到達距離 1200 mm を適用する。



Key

1 hazard zone

2 reference plane

3 AOPDDR

4 AOPD

5 pressure-sensitive mat/floor

S separation distance

K approach speed

T overall system response time

D_{DS} reaching distance associated with a protective device

Z application-dependent supplemental distance factor according to 5.6

NOTE S and Z are shown only for the minimum distance applicable to the AOPDDR (laser scanner).

Figure 21 - Separation distance for parallel approach

9 検出区域に平行な接近

■ 9.2 平行接近に対する検出区域の高さ

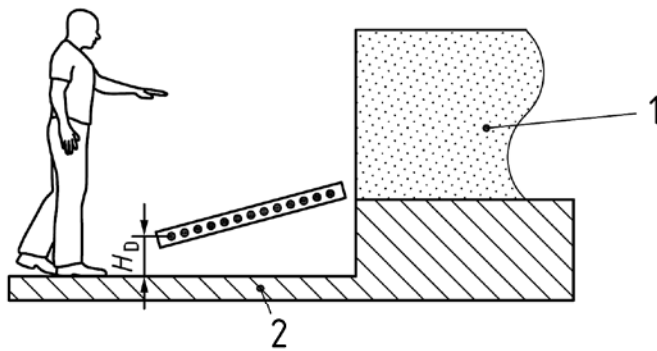
検出区域の高さ H_D は1000 mmを超えてはならない。

H_D が200 mmを超える場合、検出区域の下を通る検出されないアクセスをリスクアセスメントで考慮しなければならない。

ESPE の場合、許容される H_D は d_e に応じた次式による。

$$H_D \geq 15(d_e - 50) \quad \text{ただし, } 0 < H_D < 1000 \text{ mm}$$

接近方向に対し角度をもつ場合、 H_D は検出区域の危険区域から最も離れた端の高さとする。



Key

1 hazard zone

2 reference plane

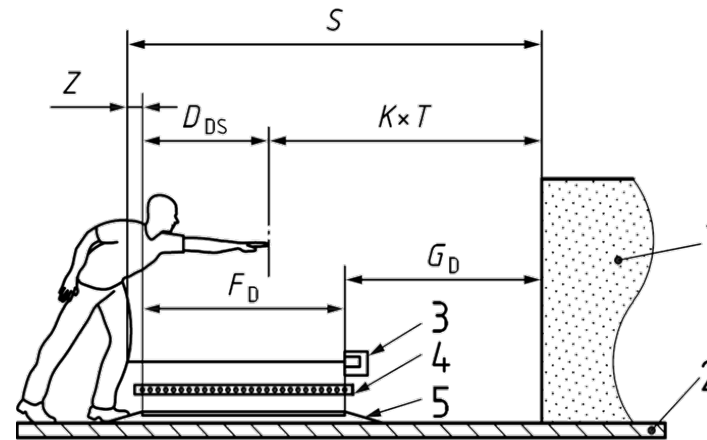
H_D height of the horizontal detection zone from the reference plane

Figure 21 - Separation distance for parallel approach

■ 9.4 平行接近に対する検出区域の奥行き

検出区域の奥行き F_D は、跨がれるのを防止するため1200 mm以上にしなければならない。

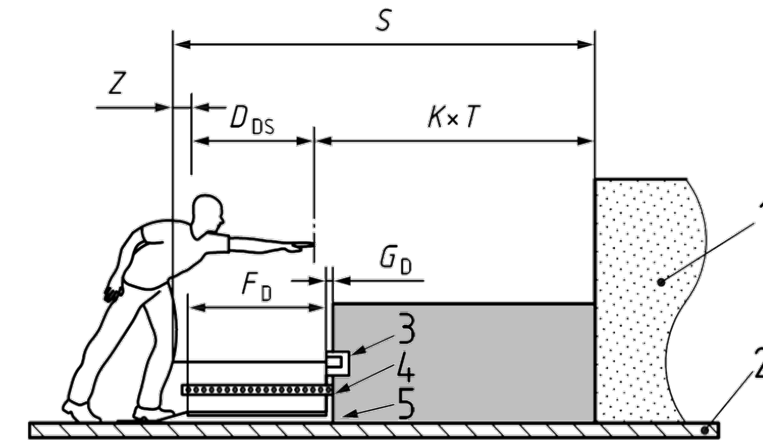
追加の保護構造物や障害物などの固定物を設ける措置を講じ、危険区域と検出区域との間の人が立てる面(Stepping surface)を70 mm未満である場合には、 F_D は900 mm以上とする。



$$G_D \geq 70 \text{ mm}$$

$$F_D \geq 1200 \text{ mm}$$

a) Person can step over the detection zone undetected



$$G_D < 70 \text{ mm}$$

$$F_D \geq 900 \text{ mm}$$

b) Person cannot step over the detection zone undetected

Figure 22 - Minimum depth of detection zone

10 両手操作制御装置

■ 10.1 到達防止策のない両手操作制御装置

アクチュエータを操作している間に手又は手の一部が危険区域に到達する可能性がある場合：

隔離距離 S は

$$S = (1600 \times T) + 550$$

⇒ 到達距離 D_{DS} が 250 mm から延長された。

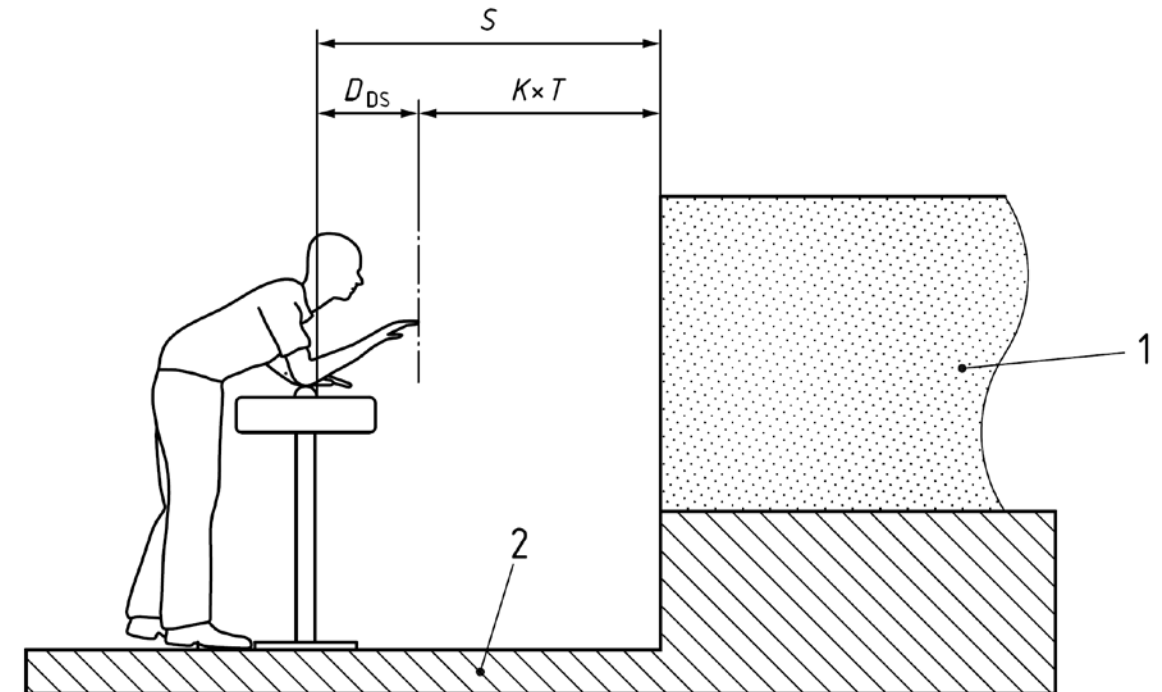
■ 10.2 到達防止策を講じた両手操作制御装置

適切な覆い、アクチュエータの設計、ワークステーションの位置等によって、手又は手の一部が危険区域に到達するリスクが十分低い場合：

隔離距離 S は

$$S = (1600 \times T)$$

⇒ 最小値 100 mm は変更なし。



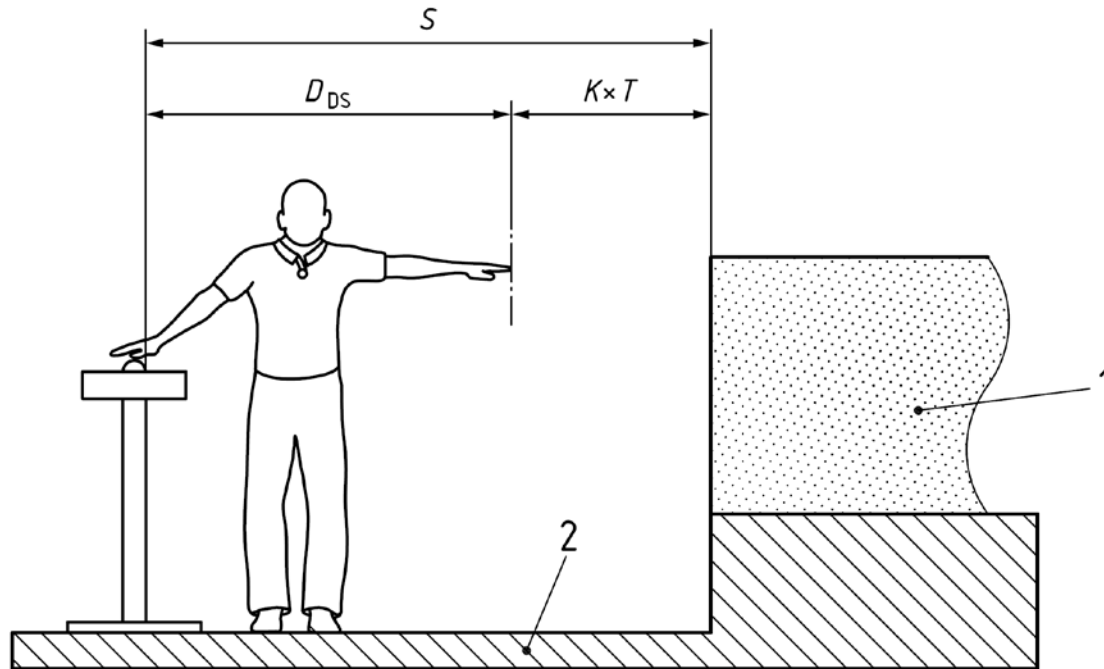
Key

- 1 hazard zone
- 2 reference plane
- S separation distance
- K approach speed
- T overall system response time
- D_{DS} reaching distance associated with a protective device

Figure 23 - Separation distance for two-hand control devices (no shroud)

11 シングル操作制御装置

■ 11.1 手操作式の装置



Key

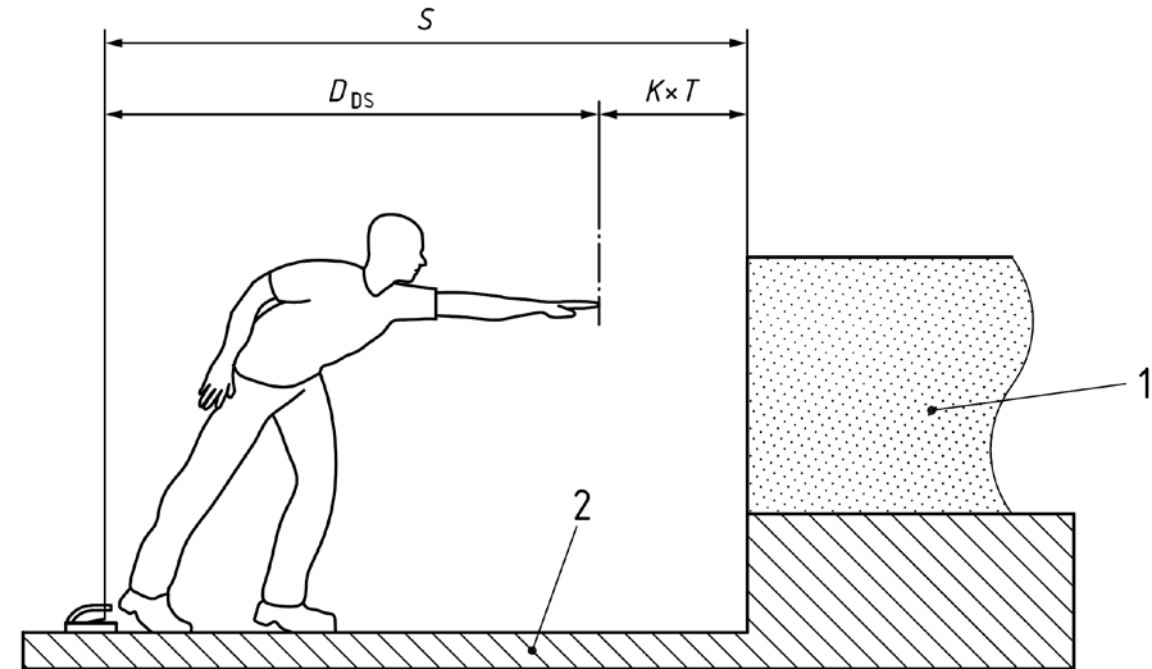
- 1 hazard zone
- 2 reference plane
- S separation distance
- K approach speed
- T overall system response time
- D_{DS} reaching distance associated with a protective device

Figure 24 - Separation distance for hand-operated single control devices

隔離距離 S は

$$S = (1600 \times T) + 2200$$

■ 11.2 足操作式の装置



Key

- 1 hazard zone
- 2 reference plane
- S separation distance
- K approach speed
- T overall system response time
- D_{DS} reaching distance associated with a protective device

Figure 25 - Separation distance for foot-operated single control devices

隔離距離 S は

$$S = (1600 \times T) + 2500$$

12 インターロック付きガード

■ 本箇条の構成

12.1 一般

12.2 施錠なしインターロック装置

12.2.1 一般

12.2.2 回転カム作動式位置スイッチを用いたガード インターロックの場合の開口寸法 e の計算

12.3 施錠付きインターロック装置

施錠なしインターロック装置の場合,

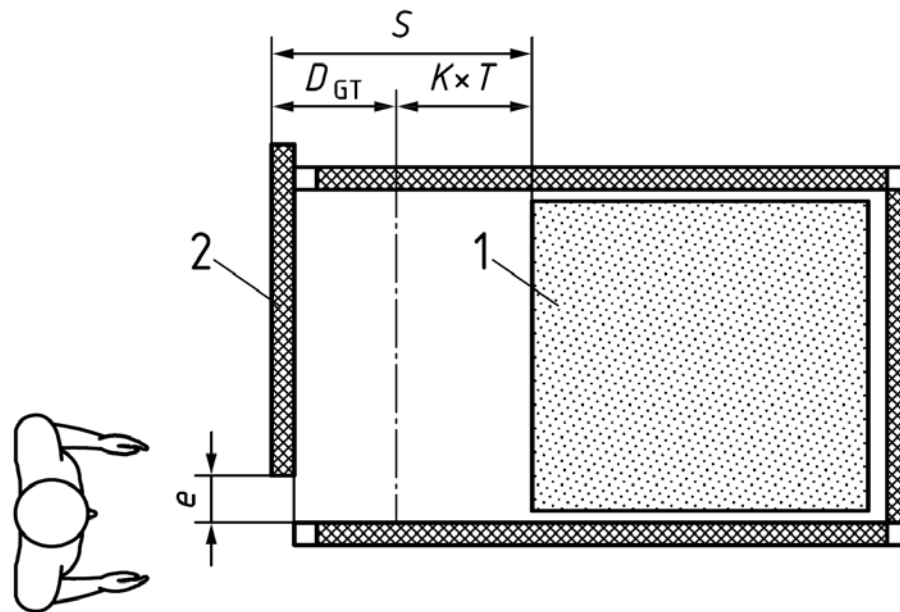
隔離距離 S は

$$S = (1600 \times T) + D_{GT}$$

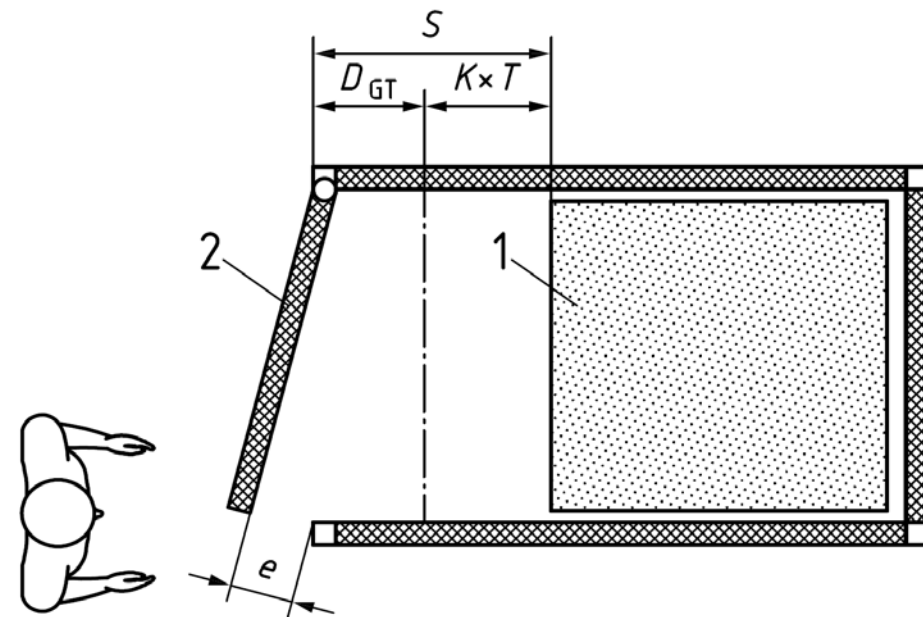
D_{GT} : ISO 13857 の表4で決定される安全距離

(リスク評価の結果, 他の値を採用することが認められる場合を除く)

※ 接近速度 1600 mm/s は人の意図したアクセスを想定したもので,
無意識にとる動作(反射)による侵入を考慮してはいない.



a) Interlocking guard with linear motion



b) Interlocking guard with angular motion

Figure 26 - Example of interlocking guards

12 インターロック付きガード

■ 本箇条の構成

12.1 一般

12.2 施錠なしインターロック装置

12.2.1 一般

12.2.2 回転カム作動式位置スイッチを用いたガードインターロックの場合の開口寸法 e の計算

※ 開口寸法 e が 120 mm を超えると上肢以外の部位でのアクセスが, 180 mm を超えると全身でのアクセスが可能になる.

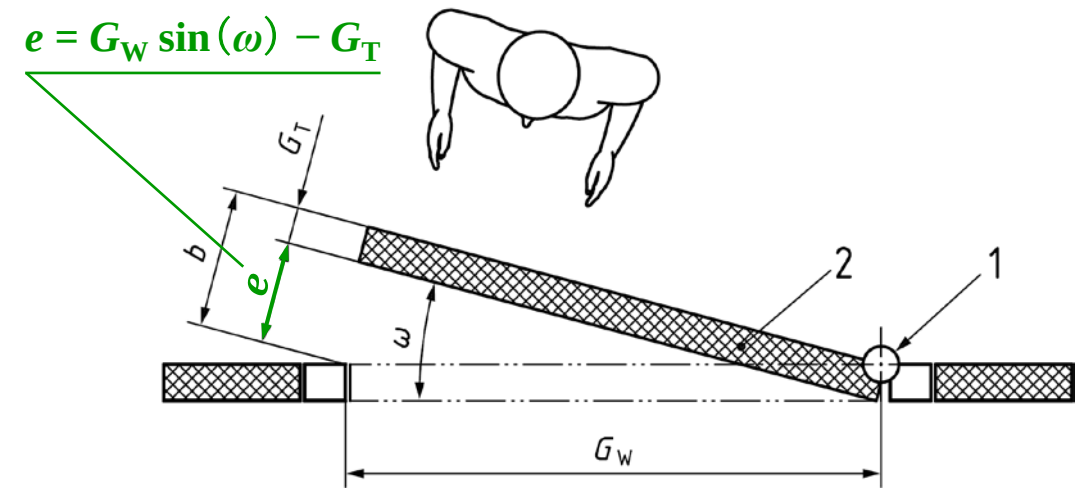


Figure 27 - Variables for determining opening (e) for an interlocking guard with an interlocking device with rotary cam actuated position switch

12.3 施錠付きインターロック装置

ガード解錠までの遅延時間 t_{DY} が総合システム応答時間 T より短い施錠付きインターロック装置の場合,

隔離距離 S は

$$S = 1600 \times (T - t_{DY}) + D_{GT}$$

D_{GT} : ISO 13857 の表4で決定される安全距離
(リスク評価の結果, 他の値の採用が認められる場合を除く)

Width of the interlocking guard G_W mm	Actuating angle of an interlocking device with rotary cam actuated position switch ω					
	3°	4°	5°	6°	7°	8°
	Sum of opening size and thickness of interlocking guard $b = G_W \times \sin(\omega)$ mm					
100	5,2	7,0	8,7	10,5	12,2	13,9
200	10,5	14,0	17,4	20,9	24,4	27,8
300	15,7	20,9	26,1	31,4	36,6	41,8
400	20,9	27,9	34,9	41,8	48,7	55,7
500	26,2	34,9	43,6	52,3	60,9	69,6
600	31,4	41,9	52,3	62,7	73,1	83,5
700	36,6	48,8	61,0	73,2	85,3	97,4
800	41,9	55,8	69,7	83,6	97,5	111,3
900	47,1	62,8	78,4	94,1	109,7	125,3 ^a
1 000	52,3	69,8	87,2	104,5	121,9 ^a	139,2 ^a

附属書A(参考) 意図するリスク低減の達成

附属書B(参考) 意図するリスク低減を達成するシステム性能の測定及び算出

附属書C(規定) 単一ビーム又は有効検出能力 d_e が 120 mm 超若しくは未定義の複数ビーム
(光軸数及び高低差のない基準面からの高さ)

附属書D(規定) サプライヤーが提供する意図するリスク低減の達成に要する時間及び距離
に関する情報

附属書E(参考) 安全防護物の隔離距離を決定するための記号及び略号

附属書F(規定) 意図するリスク低減の達成に要する総合システム応答時間の要素

附属書G(参考) この規格で用いた式及び値の解説

参考文献

■ G.1.2 段差の最小幅

表1の段差幅 W_s の基準 50 mm は, DIN 33402-2:2020-12 “Ergonomics - Human body dimensions - Part 2: Values” の表60より, 踵幅(Heel width)の5%タイル値から端数を切り捨てた値である。

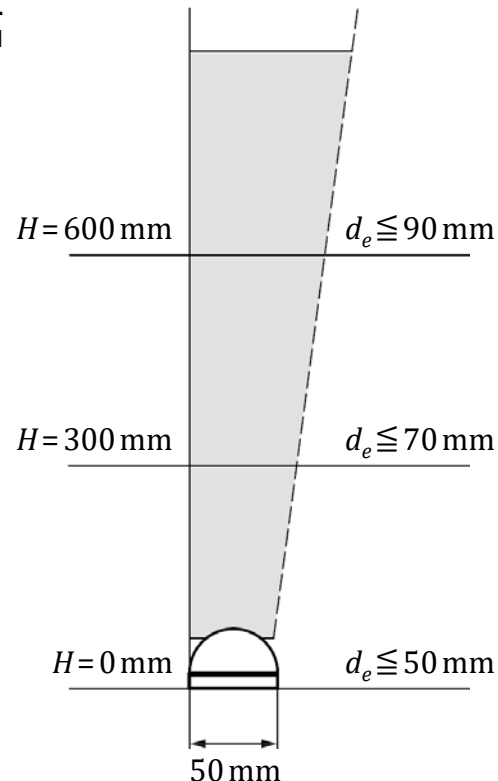
※ 1000 mm は ISO 13857:2019 の表1, 脚注1より, 500 mm は ISO 14122-2:2016 の4.23より引用。

■ G.2 高さに関連した下肢の幅

この規格において, 下肢の幅は, 高さ H に応じて増加する次式で表されている:

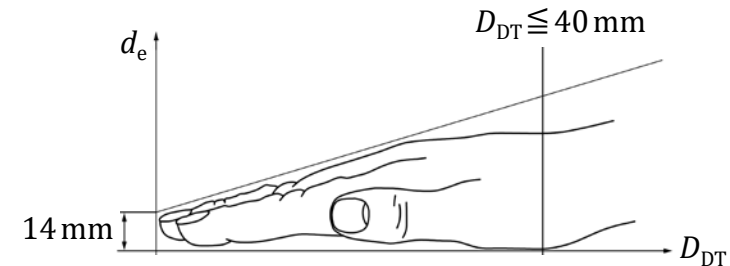
$$G_D = \left(\frac{H}{15} \right) + 50$$

ここで, 50 mm は下肢の最小の外形(踵幅)を表す。



■ G.3.1 有効検出能力 $d_e \leq 40$ mm の場合の垂直検出区域の到達距離 D_{DT}

$D_{DT} = 8(d_e - 14)$ mm は, 指先から挿入される深さに応じた手の厚さを表す。親指の付け根から深さと厚さの比が減少するので, この式の適用は 40 mm までの d_e に制限される。



■ G.3.2 有効検出能力 $40 \text{ mm} < d_e \leq 55$ mm の場合の垂直検出区域の到達距離 D_{DT}

$D_{DT} = 12(d_e - 40) + 208$ mm は, 手首から前腕までの挿入深さに応じた厚さを表す。40 mm を超える d_e に対して適用されるため, $8(40 - 14) = 208$ mm をさらに加えて到達距離とする。肘より後では腕の厚さは増加しないので, この式の適用は 55 mm までの d_e に制限される。

