

参考資料 2 機械の本質安全化設計のための人間工学的要件

(1) 上肢の危険区域到達防止のための安全距離の推奨値

《表の見方》

- ① 危険性の比較的低い機械には表 1 を、危険性の高い機械には表 2 を適用する。
- ② たとえば、危険性の比較的低い機械で、危険区域の最高高さ $a = 1600 \text{ mm}$ 、保護構造物の高さ $b = 1800 \text{ mm}$ ならば、保護構造物と危険区域の間の水平距離 c は、少なくとも $c = 500 \text{ mm}$ 以上でなければならない（表 1 参照）。

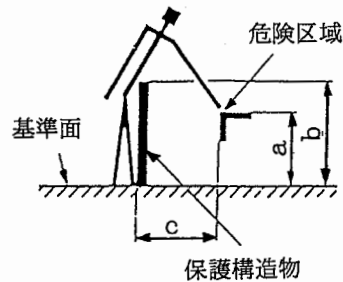


図 1 人体、危険区域、保護構造物の関係

表 1 危険性の比較的低い機械での安全距離の推奨値

(単位 mm)

危険区域 の 最高高さ a	保護構造物（防護柵等）の高さ b								
	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2500
	保護構造物から危険区域までの水平距離 c								
2500	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2400	100	100	100	100	100	100	100	100	—
2200	600	600	500	500	400	350	250	—	—
2000	1100	900	700	600	500	350	—	—	—
1800	1100	1000	900	900	600	—	—	—	—
1600	1300	1000	900	900	500	—	—	—	—
1400	1300	1000	900	800	100	—	—	—	—
1200	1400	1000	900	500	—	—	—	—	—
1000	1400	1000	900	300	—	—	—	—	—
800	1300	900	600	—	—	—	—	—	—
600	1200	500	—	—	—	—	—	—	—
400	1200	300	—	—	—	—	—	—	—
200	1100	200	—	—	—	—	—	—	—
0	1100	200	—	—	—	—	—	—	—

注 1) 高さが 1000 mm 未満の保護構造は、体の動作を十分に制限しないため使用してはならない。

(続き)

表2 危険性の高い機械での安全距離の推奨値

(単位mm)

危険区域 の 最高高さ a	保護構造物（防護柵等）の高さ b									
	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2500	2700
保護構造物から危険区域までの水平距離 c										
2700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	—
2400	1100	1000	900	800	700	600	400	300	100	—
2200	1300	1200	1000	900	800	600	400	300	—	—
2000	1400	1300	1100	900	800	600	400	—	—	—
1800	1500	1400	1100	900	800	600	—	—	—	—
1600	1500	1400	1100	900	800	500	—	—	—	—
1400	1500	1400	1100	900	800	—	—	—	—	—
1200	1500	1400	1100	900	700	—	—	—	—	—
1000	1500	1400	1000	800	—	—	—	—	—	—
800	1500	1300	900	600	—	—	—	—	—	—
600	1400	1300	800	—	—	—	—	—	—	—
400	1400	1200	400	—	—	—	—	—	—	—
200	1200	900	—	—	—	—	—	—	—	—
0	1100	500	—	—	—	—	—	—	—	—

注1) 高さが1000mm未満の保護構造物は、体の動作を十分に制限しないため使用してはならない。

注2) 高さが1400mm未満の保護構造物は、他の安全策を講じなければ使用してはならない。

文献1) 欧州安全規格 EN 294 (1992年版), 日本規格協会, 機械の安全性に関するEN規格集 (第3版) に収録 (1995) pp.143-182

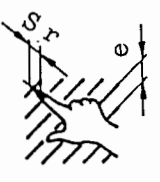
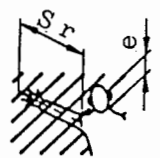
(続き)

《表の見方》

たとえば、防護柵の柵の間から手指が入っても災害とならないためには、柵と柵の間隔が12～20mmのものでは、柵と危険区域の間の安全距離は少なくとも120mm以上とらなければならない。このとき、柵と柵の間隔を6～8mmと狭くすると、安全距離は20mmまで減少できる(表3参照)。

表3 開口部からの進入に対する安全距離の推奨値

(単位mm)

身体の部位	図 示	開口部寸法	安全距離 S_r		
			柵	正方形	円形
指先		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
指関節 または平手		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$	≥ 850 注1)	≥ 120	≥ 120
腕や肩の 接合部まで		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850

注1) 柵状開口部の長さが ≤ 65 mmの場合は、母指が止めの役割を果たすので、安全距離は200mmまで短縮できる。

文献1) 欧州安全規格 EN294(1992年版), 日本規格協会, 機械の安全性に関するEN規格集(第3版)に収録(1995) pp.143-182

(2) 下肢の危険区域到達防止のための安全距離の推奨値

《表の見方》

図2のように防護柵等の保護構造物と基準面の間から下肢が入るときは、安全距離は表4の条件を満足しなければならない。

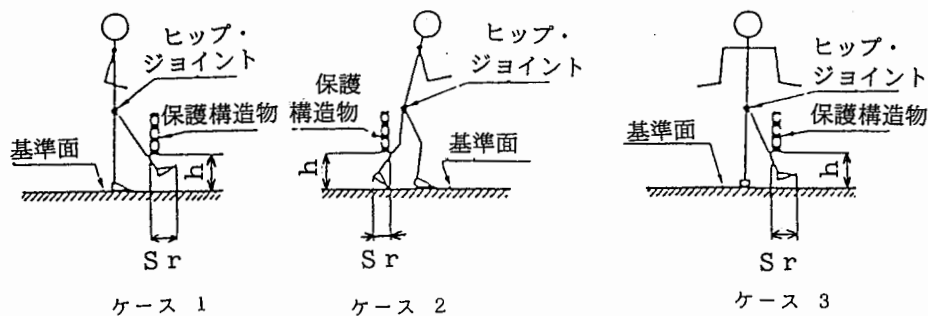


図2 人体，危険区域，保護構造物の関係

表4 下肢に対する安全距離の推奨値（単位mm）

保護構造物 の 高さ h	安全距離 S r		
	ケース 1	ケース 2	ケース 3
200	340	665	290
400	550	765	615
600	850	950	800
800	950	950	900
1000	1125	1195	1015

注) 以上の数値は、欧州安全規格 pr EN 811が変更された場合、変更後の数値に合わせるものとする。

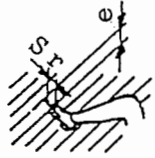
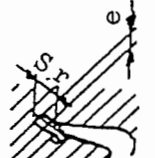
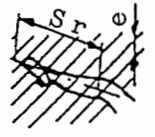
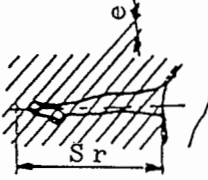
(続き)

《表の見方》

たとえば、防護柵の柵の間から足が入っても災害とならないためには、柵と柵の間隔が35～60mmのものでは、柵と危険区域の間の距離は少なくとも180mm以上とらなければならない。このとき、柵と柵の間隔を5～15mmと狭くすると、安全距離は10mmまで減少できる。

表5 開口部からの進入に対する安全距離の推奨値

(単位mm)

身体の部位	図 示	開口部寸法	安全距離 S_r	
			柵	長方形又は円形
つま先の先端		$e \leq 5$	0	0
つま先		$5 < e \leq 15$	≥ 10	0
		$15 < e \leq 35$	≥ 80	≥ 25
くるぶしから下の部分		$35 < e \leq 60$	≥ 180	≥ 80
		$60 < e \leq 80$	≥ 650	≥ 180
膝から下の部分		$60 < e \leq 95$	≥ 1100	≥ 650
股から下の部分		$95 < e \leq 180$	≥ 1100	≥ 650
		$180 < e \leq 240$		≥ 1100

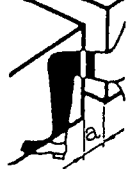
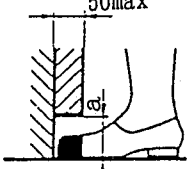
注1) 開口部の長さが75mm以下の場合、その安全距離は50mm以下で可。

注2) 以上の数値は、欧州安全規格 pr EN 811が変更された場合、変更後の数値に合わせるものとする。

文献1) 欧州安全規格 pr EN 811 (1993年版)

(3) 人体各部の圧砕危険を回避するための最小間隔の推奨値

表6 人体各部の圧砕危険を回避するための最小間隔の推奨値

身体部分	最小の間隔 a	説明図
身体	500	
頭（最悪の位置）	300	
脚	180	
足	120	
足指	50	
腕	120	
手 手首 握りこぶし	100	
指	25	

文献1) 欧州安全規格 EN 349 (1993年版), 日本規格協会, 機械の安全性に関するEN規格集(第3版)に収録(1995) pp.183-204

(4) 光線式安全装置の設計時に必要な安全距離の推奨値

(1) 我国の動力プレス機械構造規格に定められた安全距離の計算式は、次の通りである。

$$D = 1.6 (T_L + T_S) \quad (1)$$

ただし、

D : 安全距離 (単位 mm)

1.6 : 手の進入速度 (単位 m/s)

T_L : 安全装置の応答時間

(手が光線を遮断したときから、急停止機構が作動を開始するまでの時間、単位 ms)

T_S : 急停止時間

(急停止機構が作動を開始したときから、スライドが停止するまでの時間、単位 ms)

(2) これに対し、欧州規格¹⁾では、安全距離の計算式を次のように定めている。

$$D = 2.0 (T_L + T_S) + 8 (d - 14) \quad (2)$$

ただし、

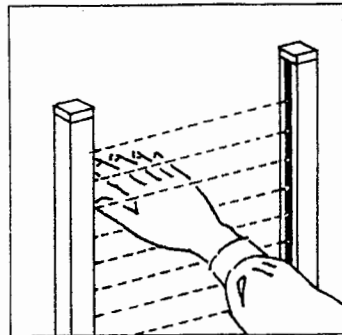
d : 連続遮光幅 (光線式安全装置で検出できる丸棒の最小径、単位 mm)

$8 (d - 14)$: 進入進度 (光軸間隔が広い安全装置に対する安全距離の付加分、図 2 参照)

両者の主な相違点は次の通りである。

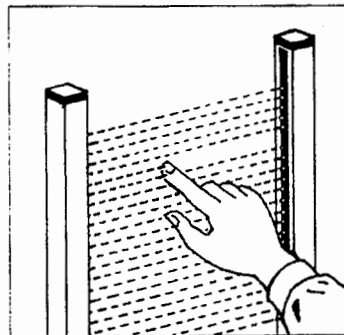
- ① 我国の構造規格では、手の進入速度を 1.6 m/s としているのに対して、欧州規格では手の進入速度を 2.0 m/s としている (注 1 参照)。
- ② 欧州規格では、光軸間隔の広い安全装置に対する安全距離の付加分として $8 (d - 14)$ を付加しているが、我国の構造規格にはこの付加項がない。

(a) 光軸間隔の広い安全装置



光軸間隔が広いので、
光軸と光軸の間から手が
入り込むだけ安全距離
を長くする必要がある

(b) 光軸間隔を狭くした安全装置



光軸間隔が狭く、光軸
と光軸の間から手が入り
込まないために、安全距
離を短縮できる

図 3 光軸間隔と安全距離の関係

注 1) 欧州規格では、 D が 500 mm を越える範囲では、手の進入速度を 1.6 m/s として計算してもよいとしている。

注 2) 欧州規格では、ブレーキ能力が劣化したときの影響等を T_S の計算で考慮している。このため、 T_S の計算方法は厳密には我国の構造規格と異なるが、ここでは詳しい説明は省略する。なお、詳細は欧州安全規格 pr EN 692 (機械プレス—安全) を参照のこと。

文献 1) 欧州安全規格 pr EN 999 (1993 年版)、日本鍛圧機械工業会、海外技術動向調査報告書に収録 (平成 5 年) pp.84-102

注) 本参考資料では、ガード等の安全設計基準として暫定的に欧州規格を採用しているが、欧米人と比較して身体寸法が小柄な日本人では、上記数値は若干変更される可能性がある。これについては、今後の検討課題として行きたい。