

2. 機械安全に関する基本安全規格とグループ安全規格の概要

糸川 壮一*

1. はじめに

本章では、本調査研究で収集・翻訳し、分析調査した機械安全に関するEN規格の中から、以下の基本安全規格（タイプA規格）及びグループ安全規格（タイプB規格）の概要をまとめて示す¹⁾。

1) 基本安全規格（タイプA規格）

EN 292-1, EN 292-2, pr EN 1050

2) グループ安全規格（タイプB規格）

EN 294, EN 349, pr EN 811, pr EN 953, pr EN 1088, pr EN 999

2. 機械安全に関する主な基本安全規格（タイプA規格）の概要

2.1 EN 292-1, EN 292-2

表 文 題 訳	英	Safety of machinery - Basic Concepts, General Principles for Design Part 1 : Basic Terminology, Methodology Part 2 : Technical Principles and Specifications
	和	機械の安全性 - 基本概念と設計の一般原則 第1部：基本用語と方法論 第2部：技術原則と仕様

規格種類	EN規格	ISO規格
規格番号	EN 292-1, EN 292-2	ISO/TR12100-1, ISO/TR12100-2

2.1.1 規格の適用と概要

1) 機械のCEマーキングのためにタイプA, タイプB, タイプCの3区分の調和規格群が制定されたが、本規格は、タイプA（基本的安全規格）の位置付けで作成されたものである。なお、本規格の第2部には、機械指令の付属書I（必須健康安全要求事項）が添付されている。

2) 本規格は機械の設計者と製造者を対象に、安全な機械を製作するために必要な包括的なガイダンス（安全に関する基本概念の提示と安全設計の手順）を規定している。

3) 本規格は、安全に関する概念の定義、機械が及ぼす危険の例示や安全設計の手順を定める基本的な規格であり、個々の機械に関する安全面の数値基準や構造基準を規定するものではない。

*機械システム安全研究部 Mechanical and System Safety
Research Division

2.1.2 安全に関する基礎概念の定義

本規格で規定している主要な安全に関する基礎概念の定義を表1に示す。

機械の製造者の安全責任は、運搬、据え付け、調整、保守、解体時において、「意図する使用の条件下」と「予見可能な誤用の範囲内」で担われなければならない。

また、機械の設計とは、運搬から解体までの全工程を考慮して実施すべきであり、更に、取扱説明書の記載内容までもが機械設計の仕事であると定義されている。

2.1.3 安全設計の手順

本規格で規定する安全設計の手順は、次の通りである(EN292-1, Table 2より、図1参照)。

- 手順1：機械の制限範囲を決定する。
- 手順2：危険を同定し、リスクアセスメントを実施する。
- 手順3：設計によって本質的に危険を除去するか、又はリスクを低減する。
- 手順4：残留リスクに対しては、安全ガードや安全装置などの安全防護を設置する。
- 手順5：最後まで残る残存リスクは全て、使用者に情

報提供と警告をする。

1) 制限範囲の決定

機械の制限範囲の決定とは、機械の使用目的や寿命などをあらかじめ製造者が決定する手続きである。手順としては、最初に、機械の意図する使用方法を設定する。次に予見可能な誤使用、禁止する使用法等を順次明確化していく。機械の制限範囲を決定する場合には、次の3項目の観点から範囲を考える。すなわち、

- ① 使用上の制限：機械の意図する使用法、予見可能な誤使用、禁止する使用法を決める。
- ② 空間的制限：動作領域、作業が必要とする領域、機械と電源との境界等を決める。
- ③ 時間的制限：機械の寿命を決定し、各要素部分の目標寿命を設定する。

各項目毎に、文章又は数値で、機械の制限範囲を記載することが「機械の制限範囲の決定」の作業である。換言すれば、制限範囲の決定とは、製造者が責任を持つ範囲を明確化する作業である。すなわち、ここで設定した範囲内の安全性については製造者が責任を持つ、との宣言である。

表1 安全に関する基礎概念の定義 (文献1を参考に作成)

基 礎 概 念	定 義
機械の安全性 (Safety of a machine)	取扱説明書に指定された意図する使用の条件下及び運搬、据え付け、調整、保守、解体時において、傷害を起こすことなく機能を果たす能力。
危険 (Hazard)	傷害又は健康障害を引き起こすおそれのある根源。
リスク (Risk)	危険な状態における傷害又は健康障害の発生確率とその程度との組み合わせ。
リスクアセスメント (Risk assessment)	適正な安全対策を選択するために行うリスクの総合的な見積もり。
機械の意図する使用 (Intended use of a machine)	製造者が提供する情報に基づく機械の用法及び機械の設計構造・機能上から一般的に予想される用法。意図する使用については、十分予見可能な誤使用も考慮の上、取扱説明書で明確に規定された技術的な指示事項への適合も要求される。
オペレータ (Operator)	機械の据え付け、操作、調整、保守、清掃、補修又は運搬に携わる人。
設計によるリスクの低減 (Risk reduction by design)	設計上、特性を適正に選択して危険を回避又は低減する、又は、危険域から作業者を排除することによる安全対策。
安全防護対策 (Safeguarding)	設計で合理的に排除し得ない、又は十分に抑制し得ない危険から人間を防護するための、安全防護(ガード、安全装置)と称される特定の技術的手段で構成される安全対策。

2) 危険の同定とリスクアセスメント

機械が生成する危険は、表2のように分類される。
 具体的な機械において、表2を参考にして、その機械が生成する可能性のある危険を同定する。
 その際、次の3点の配慮が必要である。

① 運搬から解体までの機械寿命の全期間を考慮する。

② 故障状態も含め、機械で起こり得る全状態を考慮する。

③ 予見可能な誤使用も考慮する。

なお、手順2の中のリスクアセスメントは別のタイプA規格 pr EN 1050で規定されているので、本規格では説明は省略されている。

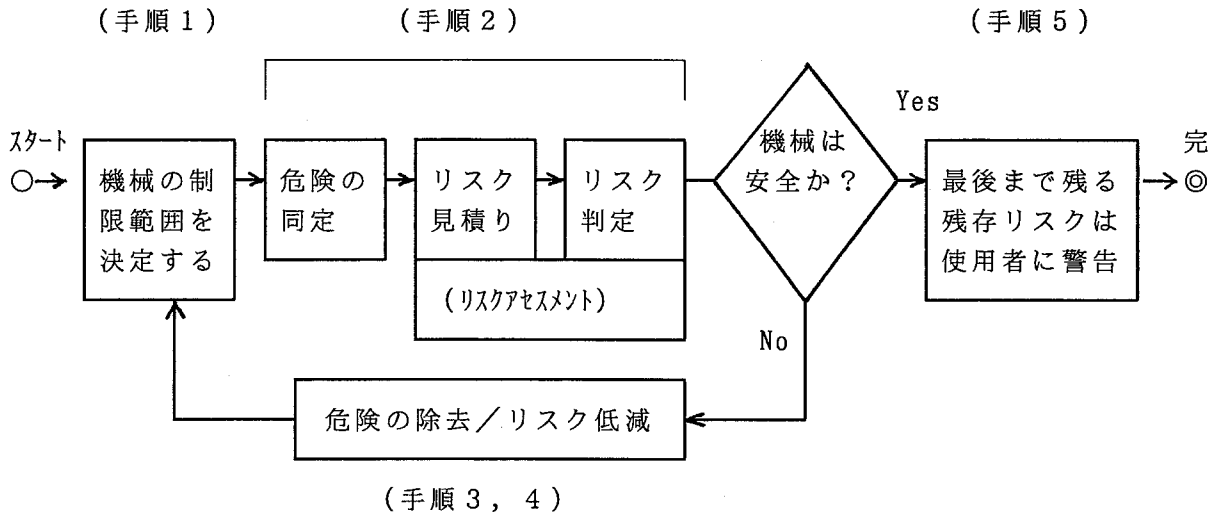


図1 安全設計の手順(EN292-1, Table 2に基づく)

表2 機械が生成する可能性のある危険 (文献1を参考に作成)

機械が生成する危険	危険の分類		
機械的な危険	押し潰しの危険	絡まれの危険	突き刺しの危険
	せん断の危険	引込まれ危険	こすれの危険
	切断/分断の危険	衝撃の危険	高圧流体噴出の危険
電気的な危険	充電部と人との接触	不完全な絶縁	放熱, 静電気現象
熱的な危険	火炎, 爆発, 放射熱, 高温部の接触, 高低温作業での健康障害		
騒音による危険	聴力低下, 耳鳴り, 平衡感覚の喪失, 疲労, 音響信号の妨害		
振動による危険	手, 腕, 腰, 全身に重大な障害につながる		
放射による危険	低周波, 高周波	赤外線, 紫外線	X線, γ線, β線
原材料による危険	有害, 刺激性, 粉塵	爆発の危険	生物学的な危険
非人間工学の危険	不健康な姿勢	精神的な負担	ヒューマンエラー

3) 設計による本質的な危険の除去及びリスクの低減

手順3, 手順4, 手順5はいずれも危険を除去/リスクを低減する方法を規定した内容である。リスクを低減する場合には、「手順3：設計による本質的な危険の除去とリスクの低減」→「手順4：安全防護の設置」→「手順5：使用者への警告」の順に作業を進めるように規定されている。

例えば、手順3, 手順4及び手順5の概念的な差異を動力伝達機構を例にして説明すると次の通りである。トルクを伝達する場合、歯車列を使うと指を挟まれるリスクが生じる。それに対する手順3の「設計による本質的な危険の除去」とは、例えば歯車をやめてシャフトでトルクを伝達することである。「リスクの低減」とは、可能な限りモジュールの小さな歯車を選択して指の挟まれるリスクを低減することや、歯車を作業員から遠い位置に配置することである。また、手順4の「安全防護の設置」とは、歯車を防護カバーで覆ったり、近接する指を光電管で検知して歯車の回転を停止させることなどである。手順5の「使用者への警告」とは、保守のために極くまれに歯車に注油する場合には、必ず機械の運転を停止させた状態できるように防護カバーや取扱説明書に警告を記すことである。

以下には、手順3「設計による本質的な危険の除去とリスクの低減」の内容を示す。

設計による本質的な危険の除去とリスクの低減策として、基本的に二つの方法がある。

一つは、危険の種類毎に表3に示す設計的な対策を採用することである。表3は規格(EN292-2)に示されている設計的な対策の一部をまとめたものである。なお、本規格には表3以外の対策も述べられている。

また他の方法は、危険領域に作業員の身体が入らないようにすることである。そのためには、次の3つの方策がある。

- ① 機械の構成部品の信頼性を上げて故障の頻度を下げる。
- ② 部品の取り付け・取り外し作業から作業員を解放する。
- ③ 保守・給油・段取り作業等を機械の危険領域以外から行えるようにする。

4) 防護ガードや安全装置などの安全防護対策による安全確保

防護ガードは、表4のように分類される。各機械でどの種類の防護ガードを使用すべきかは、各機械のタイプC規格(個別安全規格)に規定されている。一般的な選定基準としては、歯車等のトルク伝達機構には固定式ガードを使用し、作業に関連する開口部のガードにはインターロック付き可動式ガードを推奨している。

防護ガードが閉じると機械が自動的に始動する機能を有する制御ガードが許されるのは、特別な場合のみ

表3 危険の除去のために採用すべき設計上の対策(文献1を参考に作成)

危険の除去	設計上の対策
鋭い角, 突起箇所の除去	人が触れやすい部品は、鋭い角, 荒い面, 突起をなくす。
押し潰し, 切断危険の除去	動作する部品間の最小隙間を増すことで危険を除去できる。また、作動力を機械が必要とする限界値まで下げる。
機械の破損危険の除去	正確な計算を行い適切な締結(溶接, ねじ締め)をする。 トルクリミット, 安全バルブ等によって過負荷を防止する。
爆発危険の除去	空圧・油圧等の本質的に安全な方式を採用する。
確実な作動方式(ポジティブモード)の採用	ある部品が動くとき必ず次の部品も動くように連結した結合をポジティブモードに結合されているという。バネや重力に頼る作動でなく、機構の作動に確動連結を採用する。
人間工学に則った設計	作業員の緊張と肉体的動作を低減するように設計する。具体的には、無理な姿勢, 振動, 機械サイクルと連動した周期的作業, 照明不足, 見難い計器, 等を避ける。
制御設計における安全設計の導入	部品の故障, 電源の変動によって危険を生じないように構成する。 予期しない起動・増速を防ぐ。

表4 防護ガードの種類（文献1を参考に作成）

名 称	防 護 ガー ド の 説 明	防 護 ガー ド に 対 す る 要 求 事 項
固定式ガード	所定位置に固定されるガード。	解除には特別な工具が必要。
可動式ガード	工具なしで開閉可能なガード。	通常、インターロック付きとする。 開口時も設備に固定する。
調整式ガード	機械の停止中に、一部の寸法が調節可能なガード。	排出危険を可能な限り低減する(切粉、粉塵等)。
インターロック装置を持つガード	インターロックを付加したガードであり機械はガードが閉じるまで起動できない。ガード開で機械停止。	ガード開では停止信号を出して運転を止める。開閉は、工具やキー等で行い、意図的な行為を必要とさせる。ガードの部品が故障したら機械を停止させる。
ロック付インターロック持つガード	ガードを閉じ、ロックを固定するまでは機械は起動できない。	
制御式ガード	インターロックを付加したガードで、ガード開では機械は起動しない。ガード閉で機械を起動することができる。	危険領域内、危険領域とガードとの間に身体部分が留まらないガードに連結するインターロック装置が高い信頼度を備えていること。

であることが規定されている。

安全装置も、以下の8種類に分類されている(EN292-1,3.23)。簡単に示すと、①インターロック装置、②イネーブル装置、③ホールド・ツー・ラン操作装置、④両手操作装置、⑤トリップ装置、⑥機械的拘束装置、⑦限界装置、⑧動作制限制御装置である。

5) 残存リスクに対する使用者への情報提供と警告

手順3、4によっても除去できない残存リスクが残る場合、また、潜在的なリスクがある場合には、製造者は使用者に情報提供と警告をしなければならない。例えば、ボール盤での切り屑の飛散による眼の損傷(残存リスク)や油圧配管からの油漏れ(潜在的リスク)等である。

情報提供で重要な点は、使用する記号や色を国際ルールに基づくものにする点である。

使用者への情報提供手段は、以下の3種類がある。

① 信号及び警報

異常を知らせるためには、視覚、聴覚、触覚が利用できるが、ランプ等の視覚記号を優先的に使用する。危険スピードや異常温度を知らせるような緊急な警報

には、フラッシュライトやサイレン等を使用する。その場合、危険な事態が起きる前に警告すること、他の信号と容易に識別できること、が必要である。また、警告装置は容易に故障をチェックできるようにして正しいチェック方法を取扱説明書の中で指示しなければならない。

② 表示及び文字による警告

機械に表示すべき情報を表5に示す。残存リスクに対しては警告を表示しなければならないが、警告は「危険」と表記しただけでは十分ではない。「容易に理解でき、明瞭でなければならない」と規定されており、危険の内容、取るべき行動を指示することが望ましい。そのためには、国際的に認知された記号・図を使用すべきである。標準化された記号を使用すると、少ない面積で多くの情報を的確に伝達することができる。

③ 取扱説明書

取扱説明書に記すべき情報の一部を表6に示す。安全確保の観点では、取扱説明書は重要な役割を演じるものであるとの認識が必要である。

表5 機械に表示すべき事項 (本規格と機械指令の記述から抜粋)

1	製造者の名称と所在地。
2	CEマーク。
3	製造年月、シリーズ又は型式の表示。
4	安全な使用に必須な項目(例:回転部品の最高回転数、取り付け可能なツールの径)。
5	機械部品がリフト装置で搬送される場合は、消去不能な方法でその質量。
6	あらゆる手段が実施されたにも拘わらず、リスクが残存する場合、又は明白でない潜在的リスクがある場合(例:制御盤の感電、排出物、油圧回路の漏れ、見えない部分での危険等)、製造者は警告表示を備える。

表6 取扱説明書に記載すべき事項(本規格と機械指令からの抜粋)

1	機械の意図する使用法及び必要ならば、禁止じられた使用法を記す。
2	以下の場合における安全のための注意事項を記す。 (イ) 就役 (ロ)使用 (ハ)機械の荷扱いと質量表示(部分的に輸送する場合は部品毎) (ニ) 据付 (ホ)組立と解体 (ヘ)調整 (ト)保守
3	手持ち、あるいはハンドガイド式の機械については、振動に関する情報を記す。
4	騒音の値を記す。70dB以下の場合、数値でなく基準値以下との表現でもよいが、それ以上の場合には数値を記入する。
5	設計によって低減・除去できなかった残存リスクがある場合、また安全防護が完全には効果的でない場合は、使用者に機械表示・取扱説明書で警告する。
6	作業者の保護具が必要な場合、それを注記し、販売情報にも目立つ形で表示する。
7	機械の輸送、取扱い、保管に関する情報を記載する。例:機械の保管条件、寸法・重量・重心位置、取り扱い指示(吊り位置等)。
8	機械本体情報を記す(例:機械が発生する騒音・振動・放射線・ガス・蒸気・塵等のデータ)。
9	保守情報を記す(例:点検内容と周期、特定知識や技能を持つ人へのみ許可される業務)。

2.2 prEN1050

表 題	英 文	Safety of machinery - Principles for risk assessment
	和 文	機械の安全性 - リスクアセスメントの原則

規格種類	E N 規格	I S O 規格
規格番号	prEN 1050	ISO/NP 14121

2.2.1 規格の適用と概要

- 1) タイプA規格である本規格の目的は、EN 292-1の第6節に規定されているリスクアセスメントに関する系統的な手順の原則を述べることである。
- 2) 本規格の適用範囲としては、機械類の寿命におけるリスクを評価するために収集される機械に関する設計・使用・事象・事故及び障害についての知識や経験からリスクアセスメントを行うための手順について述べている。

なお、本規格は、危険の分析とリスクの見積りのための詳細計算法を規定しようとするものではない。幾つかの述べている方法の概要は、単に情報を与えるだけのものである。

3) 参照規格

- ・ EN 292:1991 機械類の安全性
 - 基礎概念、設計に関する一般原則
 - 第1部：基本用語、方法論
 - 第2部：技術原則及び仕様
- ・ EN 60204-1:1993 産業機械の電気装置
 - Part 1 一般要求事項

4) 主な用語の定義

- ① リスク (Risk)

定義はない (EN292-1,3.7で定義されている)。
- ② 危険な事象 (Hazardous event)

障害 (Harm) を発生し得る事象。
- ③ 残存リスク (Residual risk)

安全対策が講じられた後に残存しているリスク。
- ④ 安全対策 (Safety measure)

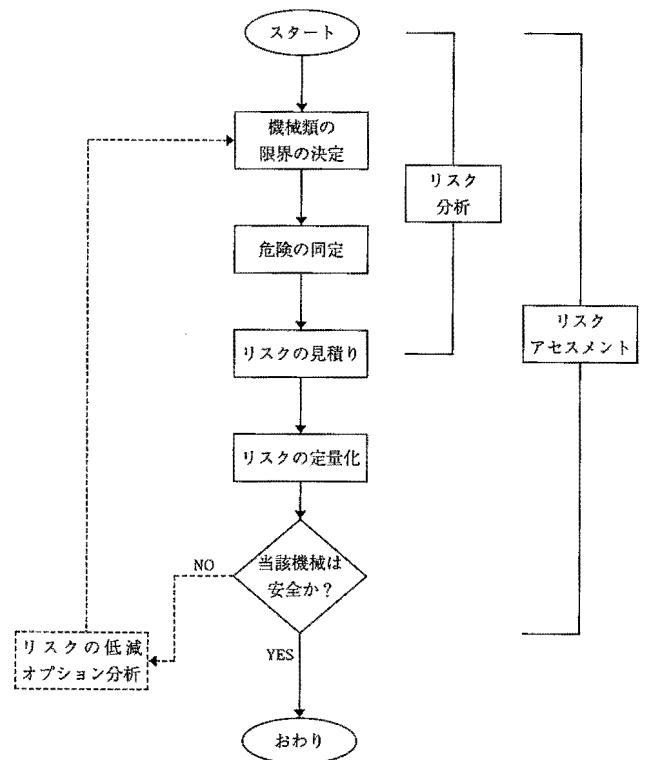
危険を除去するか又はリスクを低減する手段。

2.2.2 基本概念

リスクアセスメントは、機械によって生ずる危険の審査を系統的な方法で行うための一連の論理ステップである。また、リスクアセスメントは必要に応じて、

EN 292-1の5節に述べられているリスクの低減に引き続いて行われるものである。このプロセスが繰り返されれば、可能な限り危険の除去のための反復プロセスが行われ、そして技術状況に応じた安全対策の実施が行われる。

リスクアセスメントは以下の事項を含む (図2参照)。



注) リスクの低減及び適正な安全対策の選択は、リスク・アセスメントの部分ではない。さらなる説明は、EN292-1の5節及びEN292-2を参照せよ。

図2 安全を達成するための繰り返しのプロセス (文献1を参考に作成)

1) リスク分析 (Risk Analysis)

- ① 機械類の限界の決定 (Determination of the limits of the machinery)
- ② 危険の同定 (Hazard identification)
- ③ リスクの見積 (Risk estimation)

2) リスクの定量化 (Risk evaluation)

2.2.3 リスクに影響する要素

リスクに影響する要素 (Elements of risk) として、以下のものを規定している (図3参照)。

- 1) 危険に関する障害の重大さ (the severity of harm)
- 2) 危険に関する障害の発生確率 (the probability of occurrence of that harm)
 - ① 危険に対する一定期間の暴露の頻度。
 - ② 危険な事象の発生確率。
 - ③ 障害を回避するか又は制限する技術的及び人的可能性。

リスクの各要素で考慮すべき内容は、次のように規定されている。

- 1) 危険に対する障害の重大さ
 - ① 保護の対象：人間・財産・環境。
 - ② 死傷の程度：軽微 (回復可能)・重度 (回復不能)・死亡。

- ③ 障害の拡大：単独の人間・複数の人間。

2) 危険に対する暴露の頻度と期間

- ① 近接の必要性 (例えば、生産的理由・保全又は修理)。
- ② 近接の性質 (例えば、材料の手による送給)・危険領域に滞在する時間。
- ③ 近接を必要とする人数・危険領域への近接の頻度。

3) 危険な事象の発生確率

信頼性及び他の統計データ・事故歴・リスクの比較

4) 障害を回避するか制限する技術的・人的可能性

- ① 機械類の運転状態：熟練者による運転・未熟練者による運転・無人運転。
- ② 危険な事象の出現の速度：突然に・速い・遅い。
- ③ リスクの認識：一般的な情報・直接的な観察・表示装置を通じて。
- ④ 回避の人的可能性：可能・一定の条件で可能・不可能。
- ⑤ 機械の実体験及び知識：当該機械類・類似の機械類・未経験。

なお、本規格の内容については、現在も欧州において審議が重ねられており、具体的な手法はまだ確定していない (補足1参照)。

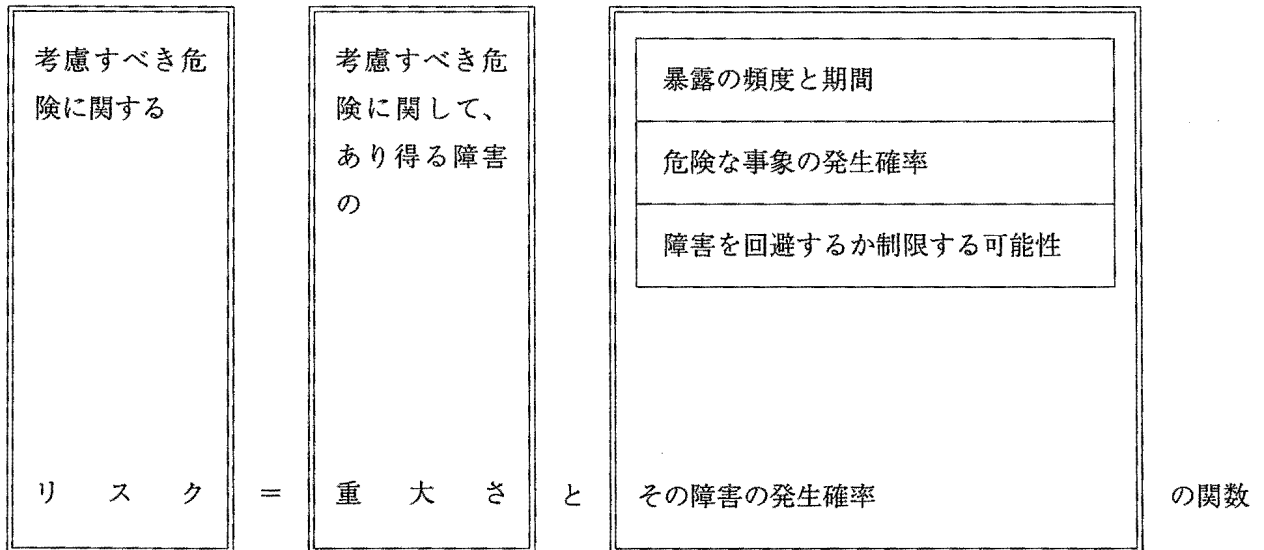


図3 リスクに寄与する要因 (文献1を参考に作成)

3. 機械安全に関する主なグループ安全規格（B規格）の概要

3.1 EN 294, EN 349, prEN 811

表 題	英文	Safety of machinery - Safety distances to prevent danger zones being reached by the upper and lower limbs ; Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body
	和文	機械の安全性 - 上肢及び下肢が危険領域に届くのを防ぐための安全距離； 人体の各部の押し潰しの危険を防ぐための最小隙間

規格種類	EN規格	ISO規格
規格番号	EN 294 EN 349 prEN 811	ISO/DIS 13852 ISO/DIS 13854 ISO/DIS 13853

3.1.1 規格の適用と概要

- 1) 本規格は、3歳以上の人間の上肢及び下肢が、危険領域に到達するのを防ぐ安全距離の値を規定している。適切な安全が距離のみにより得られるとき、安全距離を適用する。
- 2) また、本規格は、押し潰しの危険から危険を避け得るように、人体の部分に関する最小隙間の値を規定

している。適切な安全がこの方法により得られるときに適用する。

3.1.2 規格規定事項の概要

表7から表14に、規格規定事項の概要を示す。なお、ここでは紙面の都合上、14才以上の規定事項について示す。

表7 規格規定事項の概要（文献1を参考に作成）

No	項目	規定事項の概要
3.	定義	防護構造物、安全距離、押しつぶしの危険域についての定義。
4.	安全距離の値	
4.1	概要	(1) 「人は身体の一部を防護構造物を超え、又は開口部を通りあえて危険域に届くよう試みるであろう。」等の仮定をすることにより安全距離は得られる。 (2) 上方の危険域への到達や防護構造物を超えての危険域への到達に対する適切な安全距離の選択は、リスクアセスメントによること。
4.2	上方の危険域への到達	(1) 危険域からのリスクが小さい時は、危険域高さ $h = 2.5\text{m}$ 以上。 (2) 危険域からのリスクが大きい時は、危険域高さ $h = 2.7\text{m}$ 以上とするか、他の安全手段を講じる。
4.3	防護構造物を超える到達	(1) 危険域からのリスクが小さい時は、少なくとも表8の値。 (2) 危険域からのリスクが大きい時は、表9の値か、他の安全手段を講じる。
4.4	腕を振り回しての到達	14歳以上の人の普通の動作の安全距離は表10の値。
4.5	開口部を通し	14歳以上の人の通常の開口部の安全距離は表11の値。
4.6	普通の形の開口部を通って	開口部に下肢を入れることにより、危険域に到達するような場合に適用する安全距離 S_r は表12の値。
6.	防護構造物のもとで下肢を一杯に伸ばしたとき、自由動作の制約例	掴まるものがなく立っている場合に、下肢が接近したときの安全距離 S_r は表13による。
7.	最小隙間	
7.1	方法	(1) 表14から危険部位の身体に関し適当な最小隙間を選ぶ。 (2) 表14から選択した最小隙間により適切な安全性が得られぬ場合、他の又は追加の手段又は方法が取られるべきである。
7.2	値	表14は身体部分の押し潰しを避ける最小隙間を与える。

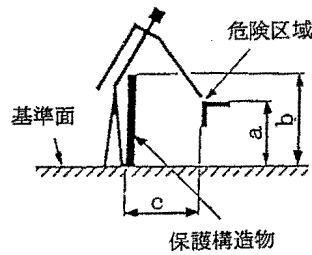


図3 人体、危険区域、保護構造物の関係

表8 危険性の比較的低い機械での安全距離の推奨値 (文献1と2を参考に作成)

(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1000mm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。

表9 危険性の高い機械での安全距離の推奨値 (文献1と2を参考に作成)

(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。

表10 腕（上肢）の動作に対する安全距離の推奨値（文献1を参考に作成）

(単位mm)

動作、制限	安全距離 S _r	図 示
肘と脇の下のみの動作制限	≧850	
肘まで支えられた腕	≧550	
手首まで支えられた腕	≧230	
指の関節まで支えられた腕と手	≧130	
A：腕の動作範囲 1) 丸開口部の直径、角開口部の開口部の幅		

表11 開口部からの進入に対する安全距離の推奨値（文献1と2を参考に作成）

(単位mm)

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

注1) 棧状開口部の長さが≦65mm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。

表12 開口部からの進入に対する安全距離の推奨値 (文献1と2を参考に作成)

(単位mm)

身体の部位	図 示	開口部寸法	安全距離 S_r	
			棧	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。

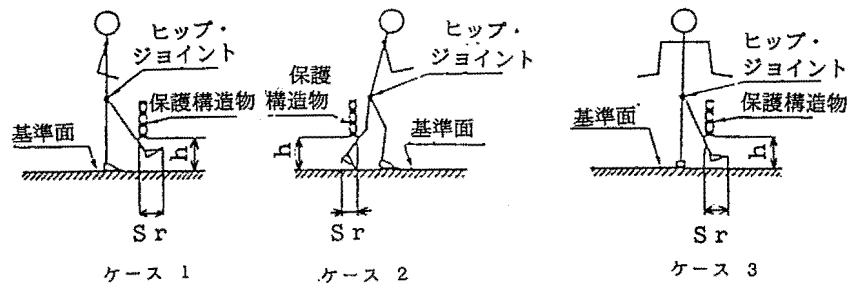


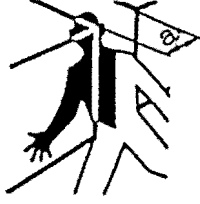

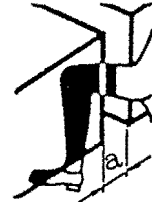
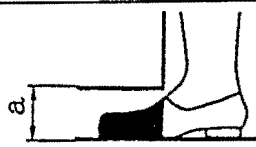
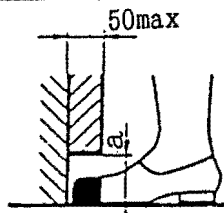
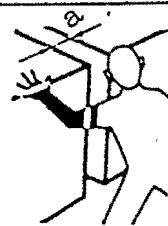


図4 人体、危険区域、保護構造物の関係 (文献1と2を参考に作成)

表13 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。

表14 人体各部の圧碎危険を回避するための最小間隔の推奨値 (文献1と2を参考に作成)

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	

3.2 P r E N 9 5 3

表 題	英文	Safety of machinery - Guards - General requirements for the design and construction of fixed and movable guards
	和訳	機械の安全性 - ガード 固定式及び可動式ガードの設計と構造に関する一般要求事項

規格種類	E N 規格	I S O 規格
規格番号	prEN 953	ISO/NP 14120

3.2.1 規格の適用と概要

1) 本規格は、固定式ガード及び可動式ガードの設計及び構造に関する一般原則を規定している。主として機械的危険から人間を防護するために備えられるガードの設計と構造に関する要求事項を規定しているが、非機械的危険（騒音、放射など）に対する暴露を最小にするためのガードについても規定している。

この規格は、インターロック装置を作動させるガードの部分は含まない。これらは、EN 1088規格に含まれる。また、本規格は、転倒時保護構造 (ROPS) や落下物に対する保護構造 (FOPS) のような特殊な防護システムに関する要求事項は、規定していない。

3.2.2 定義

本規格の目的のために、EN 292-1に規定されている定義に追加して次の定義を適用する。

1) ガード (Guard)

物理的障壁を用いて、特に防護に使用される機械の一部。ガードはその構造によって、ケーシング、覆い、スクリーン、扉、包囲ガード等の名称で呼ばれる。

2) 固定式ガード (Fixed guard)

次の手段により所定の位置に保持された（即ち、閉じた状態の）ガード。

- 溶接、その他の方法での永久的取り付けによる。
- ねじ・ナット等を用いた工具を使用しない限り、取り外しや開放ができない締結部品による。

① 包囲ガード (Enclosing guard, 図5参照)

所定の位置にある場合には、危険域に対して、全ての方向からの近接を防止するガード。

② 隔離ガード (Distance guard, 図6参照)

危険域を完全には囲ってしまふことはできないが、その大きさと危険域からの距離により、近接を防止するか又は低減させるガード。

3) 可動式ガード (Movable guard)

ヒンジ又はスライド等の機械的手段を用いて機械のフレーム又は隣接固定部材に取り付けられていて、工具を使用しないで開放できるもの。

① 動力操作式ガード (Power operated guard)

人間又は重力以外の動力の援助で操作される可動式ガード。

② 自己閉鎖式ガード (Self closing guard, 図7参照)

移動式テーブル等の機械の構成部品、又は加工物や加工治具によって操作される可動式ガード。そのガードは、加工物や治具は通過することができるが、加工物が通過できていた開口部を通過すると直ちに自動的に閉鎖位置に戻る。

③ 制御式ガード (Control guard)

ガードロックの有無に拘わらず、次の機能を果たせるようにインターロック装置に連結されたガード。

- ガードで「覆われた」危険な機械機能は、ガードが閉じるまで運転できない。
- ガードが閉じることが、危険な機械機能の運転を開始する。

4) 調節式ガード (Adjustable guard, 図8参照)

全体が調節可能であるか、又は調節可能な部品を組み込んだ固定式又は可動式ガード。調節部は、本来の運転中は固定される。

5) インターロック式ガード (Interlocking guard, 表15参照)

次の機能を果たせるように、インターロック装置に連結されたガード。

- ガードで「覆われた」危険な機械機能は、ガードが閉じられるまで運転できない。
- 危険な機械機能による傷害のリスクが消失するまで、ガードは閉じてロックされたままにある。

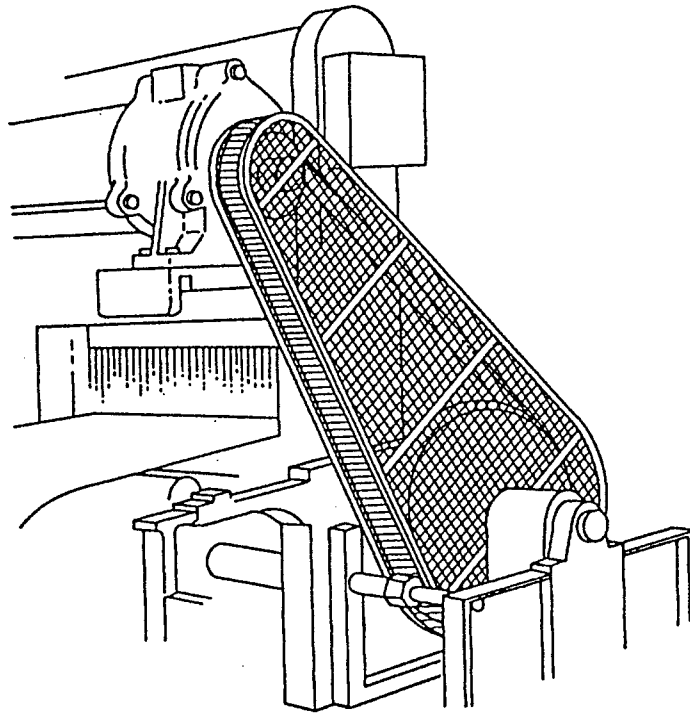


図5 包囲ガードの例

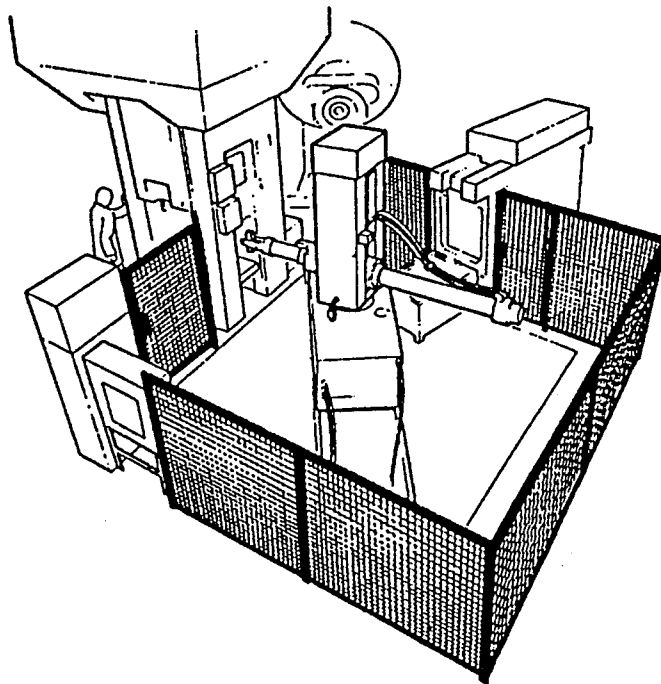


図6 隔離ガードの例

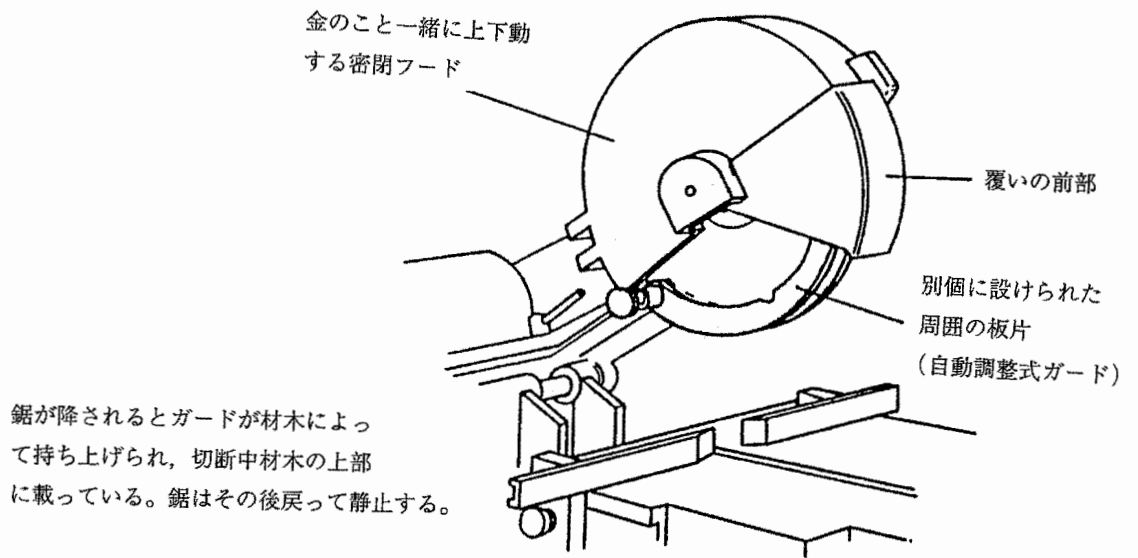
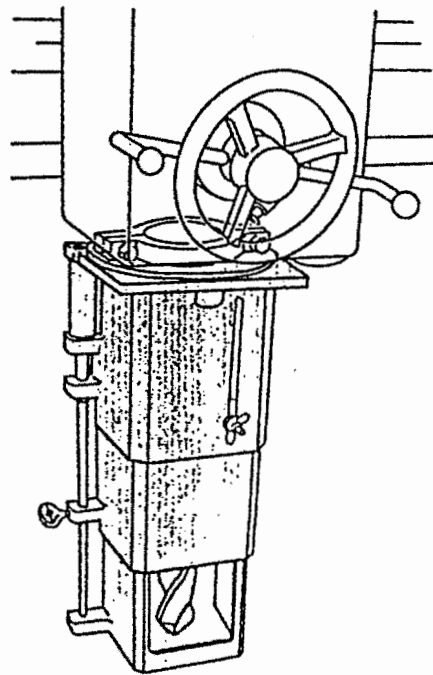


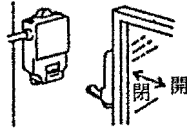
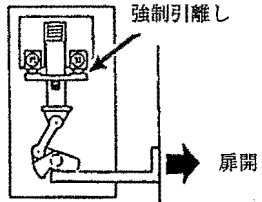
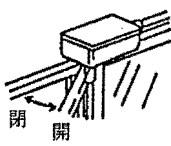
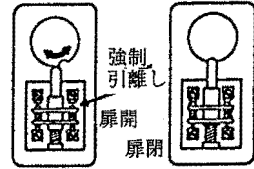
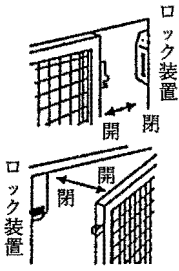
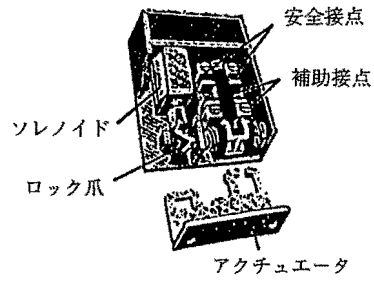
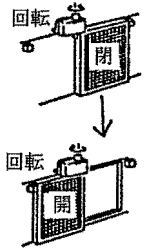
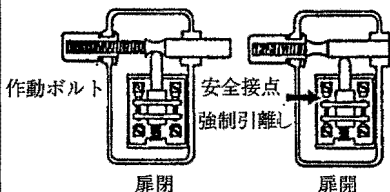
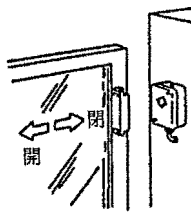


図7 自己閉鎖式ガードの例



- ① ドリルを下降させて行くと、まず調節ガードが冶工具（万力等）と接触する。
- ② ドリルをさらに下降させていくと、調節ガードが長さ方向に縮み、ドリルが加工物と接触する。
- ③ 切り屑の処理やドリル文換のため、調節ガードは前方に開くようになっている。
- ④ ガードが閉じていないと、起動操作を行っても機械が運転を開始しないよう、インタロック機構が設けられている。

図8 調節式ガードの例

表15 インターロック式ガードの例

No.	種類	適用例	機能及び構造	構造図
1	スライド式		<p>縦または横方向にスライドする扉に取り付け、作業者が扉を開いたときは、直ちにロボットを停止させるための装置。</p> <p>スイッチの節点溶着時やバネ破損時にも、作業者が扉を開くときの力によって接点を強制的に切り離すことが可能である。また、カムおよび接点のケースの覆いは特殊ネジで止められており、作業者が装置を意図的に無効とすることはできない。</p>	
2	ヒンジ式		<p>回転するヒンジ扉に取り付け、作業者が扉を開いたときは、直ちにロボットを停止させるための装置。</p> <p>以下、1に同じ。</p>	
3	ロック式		<p>安全が確認できた時点で、初めて電磁ロックを解除して、扉を開くことを可能とする装置。たとえば、ロボットが確実に停止したことを確認してから、柵の中に入るとき等に使用する。</p> <p>安全が確認できなくなったときだけでなく、電磁ロック機構に断線等の故障が生じたときでも、電磁ロックは解除されず、扉は開かない。</p>	
4	ボルト式		<p>作業者が作動ボルトを回すと、扉のストッパがゆっくりと移動して解除され、かつ、スイッチが強制的に切り離される。</p> <p>スイッチの接点溶着時でも、作業者がボルトを回すときの力によって接点を強制的に切り離すことができる。</p>	
5	共振式		<p>扉を閉じたとき、トランスの共振現象と磁石による吸引現象が共に起こるようにしておき、この両方の現象が起きたときに限りスイッチの接点をONとする装置。</p> <p>作業者が磁石を利用して接点を意図的にONにしようとしても、不可能な構成となっている。</p>	<p> 扉を閉じていく途中で、最初にマグネット部がセンシングする</p> <p> 扉閉の状態でも共振トランスもセンシングし、安全接点をONにする。</p>

— ガードが閉じられてロックされている場合には、ガードによって「覆われた」危険な機械機能は運転できるが、ガードを閉じてロックする行為自体が運転の開始につながるものではない。

6) ガードロック付きインターロック式ガード

(Interlocking guard with guard locking)

次の機能を果たせるようにインターロック装置及びガードロック装置に連結されたガード。

- ガードで「覆われた」危険な機械機能は、ガードが閉じられてロックされるまで運転できない。
- 危険な機械機能による傷害のリスクが消去するまで、ガードは閉じてロックされたままにある。
- ガードが閉じられてロックされている場合には、ガードによって「覆われた」危険な機械機能は運転できるが、ガードを閉じてロックする行為自体が運転の開始につながるものではない。

7) ガードの閉鎖位置(Guard closed position)

危険域への近接を防止/低減するために、及び/又は騒音や放射などへの暴露を低減するために設計された機能を行っているとき、ガードは閉鎖されている。

8) ガードの開放(Guard open)

閉鎖されていないとき、ガードは開放されている。

9) 工具(Tool)

締め具を操作するために設計されたキー又はレンチのような用具。コインや爪ヤスリのような間に合わせの用具は、工具とは考えられない。

10) 工具の使用(Use of tool)

作業の安全システムの一部として既知であり、予め決められた状況下での認可された者による工具の使用。

3.2.3 設計及び構造に関する原則的要求事項

1) 機械全般

ガードの設計や適用においては、当該機械の予見可能な寿命を通じて機械の環境及び運転の予見可能な全般についての適切な考慮が必要である。そのような考慮の不足は、不安全な、又は運転しにくい機械としてしまいかねない。

① 危険域への近接のリスクの最小化

ガードや機械は、日常の調整、給油や保全作業がガードを開放せずにできるように設計しなければならない。

② 放出物の捕獲

工具の破片や加工物の部分が機械から飛び出す予見可能なリスクがある場合には、それらを捕獲するために適切に設計し、適切な材料で製作しなければならない。

③ 危険物質の捕獲

危険物質の機械からの放出の予見可能なリスクがある場合には、そのガードはできるだけそれらの危険物質を捕獲するように設計し、適当な排出装置を備えなければならない。

④ 騒音

機械の騒音を低減するための要求事項が規定されている場合には、当該機械の危険に対する防護を設備するだけでなく、ガードは要求される騒音低減を与える設計と構造にしなければならない。

⑤ 放射

危険な放射の暴露の予見可能なリスクがある場合には、ガードはその危険から人を防護するために設計し、適切な材料を選択しなければならない。

⑥ 爆発

爆発の予見できるリスクがある場合には、ガードは放散エネルギーを収容するか又は安全な方法と方向に消散するように設計しなければならない。

2) 人的側面

送給や保全又は給油作業などの機械とかかわる予見可能な人的側面は、ガードの設計や構造において適切な考慮がなされなければならない。

- ① 安全距離。
- ② 危険域への近接の制限。
- ③ 視界。
- ④ 人間工学的側面。
- ⑤ 意図された使用（予見可能な誤使用）。

3) ガードの設計関係(Guard design aspects)

ガード操作の全ての予見可能な側面は、当該ガードの設計や構造が更なる危険を発生させないように設計の段階で適正な考慮を与えなければならない。

- ① 押し潰し又は引っかかり箇所。
- ② 耐久性。
- ③ 衛生(Hygiene)。
- ④ 清掃。
- ⑤ 汚染物質の排除。

4) ガードの構造関係(Guard construction aspects)

ガードの構造に使われる方法の決定の際には以下の側面が考慮されなければならない。

- ① 鋭い端部。
- ② 接合の完全性。
- ③ 工具のみによる取り外し。
- ④ 取り外し可能なガードの確実な取り付け：ガードは、できる限り締め付け具なしでは同じ位置に留まれないようにしなければならない。
- ⑤ 可動式ガードの確実な閉鎖：可動式ガードの閉鎖位置は、明確に決められなければならない。ガード

は、重力、バネ、留め金、ガードロック装置又は他の手段によって停止位置に対して正しい位置に保持されねばならない。

- ⑥ 自己閉鎖式ガード：ガードの開放は、加工物の通過に必要な開口以下に限定されねばならない。ガードの開口位置にてガードをロックできてはならない。このガードは、固定式隔離ガードと組み合わせ使用することができる。
- ⑦ 調節式ガード。
- ⑧ 可動式ガード。
- ⑨ 制御式ガード。

5) 材料の選択

次の特性が、予見可能なガードの寿命を通じて維持されなければならない。

- ① 耐衝撃性。

- ② 剛性。
- ③ 確実な固定。
- ④ 可動部品の信頼性。

6) 封じ込め(Containment)

予見される有害物質は、適切な不浸透性の材料によりガードの内部に封じ込めなければならない。

7) 耐食性

材料は、製造、工程、環境要因から、予見可能な酸化及び腐食に対して、耐性のあるものを選択しなければならない。

8) 微生物に対する耐性

9) 非毒性

10) 視界性

11) 透視性

3.3 EN 1088

表 題	英文	Safety of machinery - Interlocking devices associated with guards - Principles for design and selection
	和訳	機械の安全性 - ガードと連動するインターロック装置 - 設計及び選定の原則

規格種類	E N 規格	I S O 規格
規格番号	EN 1088	ISO/NP 14119

3.3.1 規格の適用と概要

- 1) 本規格は、ガードと連動して働くインターロック装置全般の設計/選定についての指針を与え、また、これら要素を備える特定の機械に対するタイプC規格制定時のベースとなる。
- 2) 本規格は、機械の設計者及びタイプC規格を作成する者が対象であるが、インターロック装置付きガードを持つすべての機械に適用する。
- 3) 本規格にはガード本体に及ぶ記述も含まれるが、ガードについては別規格EN953が、また、インターロック装置からの信号を処理する部分についてはEN954が取り扱う。
- 4) 本規格では、用語の定義に始まり作動原理と典型的形態を解説的に述べた後、設計上守るべき事項(特に電気式のものに対しては項を改めて)、及びインターロック装置選定の際に考慮すべき事項と選定手順を規定している。

3.3.2 規格規定事項の概要

1) 定義

① インターロック装置

機械式、電気式又は他の形式の装置で、特定の条件下では(一般には、ガードが閉じていなければ)機械要素の運転を妨げる目的のもの。

② ガードロック装置

ガードを閉鎖位置にロックするための装置で、制御システムとの間では、以下の機能が果たされるように関連づけられる。

- ガードが閉じて、且つロックされるまで機械が運転不可能となるように。
- リスクが消去するまでガードがロックされているように。

③ 自動監視

構成部品又は要素がその機能を果たすべき能力に減少を来すか、又は、プロセス条件が危険状態を生成する方向に変化した場合に、安全対策を始動させるためのバックアップ安全機能。

自動監視には、次の2つの範疇がある。

- 一 「連続」自動監視は、故障が生じたとき即座に安全対策が始動されるもの。
- 一 「非連続」自動監視は、故障が生じてしまったとき次回の機械サイクルの間で安全対策が始動されるもの。

④ ポジティブモードの作動

運動する1つの機械要素が、直接接触によるか塑性要素を介するか何れかによって、必然的に他の要素を共に運動させる場合、第2の要素が第1の要素によってポジティブモードで（正作動で）作動させられたという。

⑤ 接点要素のポジティブな開路操作

非弾性部材による（例えばスプリングにはよらずに）スイッチアクチュエータの所定の動作の直接の効果として接点の切り離しが達成されること（EN60947-5-1：1991の第3章2.2「ポジティブな開路操作の制御スイッチにたいする特別要件」）

注）流体駆動源に対して、同等の概念を「ポジティブモードの遮断」と呼んでも良い。

⑥ 停止時間（危険源除去のための時間）

インターロック装置が停止命令を発信した時点と危険な機械機能によるリスクが除去した時点との時間。

⑦ アクセス時間（危険域へのアクセスするための時間）

インターロック装置による停止命令の発信から危険源となる機械部分に到達するまでにかかる時間で、これはアクセス速度に基づいて算出される。アクセス速度の数値はprEN999「機械の安全—人体部位の近接速度に関連する防護装置の位置決め」に示されるパラメータを考慮し、特定のこの場合に対して選定して良い。

2) 作動原理及び典型的形態

① インターロックの原理

インターロック装置からの停止命令が制御システムに導入される間接的遮断としての「制御のインターロック」と、アクチュエータ部分に直接導入されてエネルギー供給を遮断したり動力伝達を断つ「動力のインターロック」とに分ける。

② インターロック装置の典型的形態

ガードロックなし2段階インターロック、ガードロック付きでも無条件でロックが解除できる3段階インターロック、さらに一定の条件下（例えば、機械が停止している）でのみロックが解除できる4段階インターロックの形態分類を示している。

③ インターロック装置の技法上の形態

- 一 機械式作動型検出器付きインターロック装置・カム操作式検出器付き・ドグ型カム操作式検出器。
- 一 非機械式作動型検出器付きインターロック装置・磁気作動式スイッチ付き・電子式近接スイッチ付き。
- 一 キーを取り入れたインターロックシステム。
 - ・キャプティブ・キーシステム。
 - ・トラップド・キーシステム。
- 一 プラグ-ソケットシステム。
- 一 ガードと可動部間の機械式インターロック装置。

3) インターロック装置の設計に関する規定

① 機械式検出器の作動モード

ガードが開く時に検出器の作動部を直接「押して」働かせるポジティブモードのものを要求している。

② 位置検出器の取り付けと締結

検出器の位置を確実に保つための配慮、みだりに手が加えられて働きが障害（無効化）されぬ配慮、外的要因での損傷を避ける配慮等を要求。検出器が検出する「ガード閉」は全閉位置から離れすぎてはならない。

③ カムの取り付けと固定

正規の工具を使用し正規の位置に確実に、緩まず取り付けられるよう設計すること。この規定は、摩擦による組み付けを排除している。

④ 共通原因による故障の可能性の低減

検出器を二重に設ける「冗長化」装置では、作動モードの異なる検出器を組み合わせたり、一方は電源他方は油圧源によりインターロックする等のように「多様化」により片方が故障しても共通原因によって他方が故障しないようにする。

⑤ ガードロック装置

ガードを閉位置にロックするロック装置は、圧縮ばねによってロックする構造を規定している。又、ばねに抗し動力によって解錠を行うに加えて工具による手動解錠手段を備えなければならない。また、ロックボルトの位置は、そのボルトが完全に噛み合い状態になるまでは機械が始動できないようにするため、監視する検出器が要求される。

⑥ 遅延装置

タイマーは、設定時限が減少するような故障を起こさないことを規定。機械の完全停止をタイマーで間接的に確認する場合を想定しているからであって、このような場合、開けてはならないガードを開けて危険な機械機能にアクセスが行われることになり、非常に危険である。

⑦ 無効化の可能性を最小化する設計

インターロック装置を人為的に容易に無効化する事を防止するような設計と設置/保守に対する指示を要求している。インターロック装置の個々の形態に応じた対応策の推奨例が図示されている。

4) 電気式インターロック装置に対する追加技術要求事項

① EN 60204-1への準拠

電気式インターロック装置は、EN 60204-1に適合しなければならない。特に次の事項が関係する。

- EN 60204-1:1992の13.3「防護の等級」; 固体及び液体の混入に対する防護関係
- EN 60204-1:1992の10.1.3「位置検出器」; 位置スイッチ関係。

② 機械式作動型位置スイッチを取り入れたインターロック装置。

- 単一使用の場合は、ポジティブモードでEN 292-2の3.5と本規格の3.6及び5.1の「ポジティブ開路動作」を規定。
- 二重化して使用する場合は、一方はポジティブ作動の常時閉接点とし、他方は非ポジティブ作動の常時開接点とする双対モードの組み合わせが原則として規定。

③ 非機械式作動型位置スイッチを取り入れたインターロック装置:

- 機械式作動型位置スイッチの使用では問題がある場合(撤去可能型ガード、完全密閉構造の要求など)それを克服するものとして非機械式作動型位置スイッチを位置付けている。
- 安全性のレベルが、無効化の最小化・二重化と監視・共通原因故障の回避などの技法によって、機械式作動型位置スイッチと同等以上であることが規定される。
- 外部のフィールド、スイッチの相互干渉による機能障害を回避する選定/取り付けと電圧変動や過電圧による機能障害の回避が要求される。
- 磁気スイッチに対しては、過電流保護や自動監視のような付加的手段なしでインターロックに用いてはならないとし、又、振動による機能障害防止を要求している。

5) インターロック装置の選定

① 一般

機械のインターロック装置の選定に当たっては、インターロック装置ライフサイクルの全ての段階を考慮する必要がある。最も重要な選定基準は、以下の事項についてである。

② 機械の使用条件と意図される使用 (EN 292-1:1991,3.12参照)

選定されるインターロック装置が、機械の使用条件と意図される使用に適合していること。

③ リスクアセスメント (prEN1050参照)

評価すべきリスクは、インターロック装置の安全機能が果たされなかった場合に起こるであろうリスクである。

- 機械に存在する危険源 (EN 292-1:1991,4参照)。
- 起こり得る傷害の重大さ。
- インターロック装置の故障の確率。
- 人間が危険源に暴露される継続時間。

④ 停止時間とアクセス時間の考察

アクセス時間より停止時間が長い場合は、ガードロックを有するインターロック装置を使用する。

⑤ アクセスの頻度

- 頻繁なアクセスを要する用途に対してはガード操作の妨げとなることを最小化した装置を選定する。
- 自動監視を備えアクセスが頻繁でない用途に対するインターロック装置では、チェックサイクルが長くこの間で故障が発生しても検出されないの、条件付き解錠(4段階インターロック)のような付加的手段と共に使う。

⑥ 安全性能の考察

- 制御のインターロックは機械制御装置における安全関連部分の1つである。安全関連部分はprEN 954-1「制御システムの安全関連部分-設計の一般原則」に規定されている。従って、
- 制御のインターロックは機械制御システムに適合したものでなければならない。
 - 動力のインターロックの場合は、要素部品は過負荷なども考慮した全ての場面に対応できる運転中断能力を持たなければならない。

3.4 EN 999

表 題	英文	Safety of machinery - The positioning of protective equipment in respect of approach of parts of the human body
	和訳	機械の安全性 - 人体部位の接近速度に基づく防護装置の位置

規格種類	EN規格	ISO規格
規格番号	EN 999	ISO/NP 13855

3.4.1 規格の適用と概要

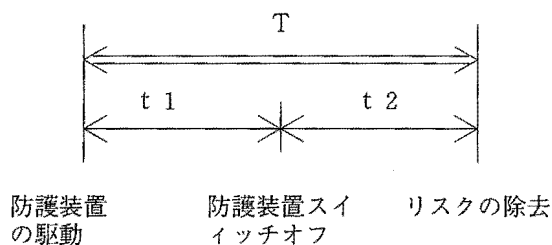
1) 本規格は、電気・圧力に感応する防護装置と両手操作装置を対象とするトリップ装置の位置を決めるため、人間の安全を確保するために必要な危険域からの最小距離を決定する規定を定めている。

2) 本規格では、身体やその一部の動きを検知した地点（センシング機能の駆動）から機械の危険動作の終了（通常は機械の停止）までに必要とする時間を計算し、その時間内に身体やその一部が危険域に到達できないように、トリップ装置の位置決めを規定する。

3.4.2 人体部位の接近速度に基づく防護装置の位置の計算方法と用語の定義

以下の公式に基づいて計算する。

$$\text{公式 } S = (K \times T) + C$$



- S : トリップ装置を位置決めに必要な距離
- K : 実験データから得られた常数
- T : 全体停止動作時間 (= t1 + t2)
- t1 : センシング機能の駆動から、機械の駆動スイッチのオフ状態までの時間
- t2 : 機械の駆動スイッチのオフ状態から機械が停止するまでの時間
- C : センシング機能の駆動が始まる前にすでに危険域に向かっての進入があることを前提とした追加距離
- d : 検知能力（連続遮光幅に相当する。第3章 2.4.4の1)及びEN50100-1参照）

3.4.3 規格の要求事項の概要

トリップ装置の位置決めをするのに必要な距離 S を次のように規定する。

【検知能力 d が 40mm 以下の場合】

1) S = 500mm 以下の最小距離の場合 (但し S > 100mm)

$$S = (2000\text{mm/s} \times T) + 8(d - 14) \text{ mm} \quad (C \text{ の項} > 0) \dots\dots (1)$$

2) S が 1) の公式を用いた結果、500mm を超えることが分かった場合 (但し、S > 500mm)

$$S = (1600\text{mm/s} \times T) + 8(d - 14) \text{ mm} \quad (C \text{ の項} > 0) \dots\dots (2)$$

3) 作業が敏速な繰り返しの操作となる場合

$$S = (2500\text{mm/s} \times T) + 8(d - 14) \text{ mm} \quad (C \text{ の項} > 0) \dots\dots (3)$$

【検知能力 d が40mmより大きく、70mmより小さいか又は等しい場合：複数のビームからなる防護装置と考えられる。】

4) 手の侵入の検知はしない場合（ビームが地面に垂直面をなす時）

$$S = (1600\text{mm/s} \times T) + 850\text{mm} \dots\dots\dots (4)$$

最高ビームの位置 $\geq 900\text{mm}$

最低ビームの位置 $\leq 300\text{mm}$

5) ビームが地面に平行になっていて、ビームがまっすぐな姿勢の身体によって遮断される場合

$$S = (1600\text{mm/s} \times T) + 1200\text{mm} \dots\dots\dots (5)$$

ビーム高さ = 750mm

【検知域に平行な接近の方向の場合】

6) 検知域に平行な方向での接近の場合（検知域面の床からの高さを H とする）

$$S = (1600\text{mm/s} \times T) + (1200\text{mm} - 0.4H) \quad (C \text{ の項} \geq 850\text{mm}) \dots\dots\dots (6)$$

【検知域への接近に角度がある場合】

- ・ $\pm 5^\circ$ 以内の角度であれば、角度がついた方向からの接近と考える必要はない。
- ・ 30° を超える接近角の場合は、垂直方向の接近と考える。
- ・ 30° を超える接近角の場合は、平行方向の接近と考える。

【二重位置決め装置の場合】

- ・ 位置が接近方向に垂直の場合は、(1), (2) に従う。
- ・ 位置が接近方向に平行な場合は（最高高さが1000mmまでは、6) に従う。

7) 両手制御装置が用いられる場合

$$S = (1600/\text{mm} \times T) + 250\text{mm} \dots\dots\dots (7)$$

3.5 prEN 954

表 題	英 文	Safety of machinery - Safety related parts of control systems - Part 1: General principle for design
	和 文	機械の安全性 - 制御システムの安全関連部 - 第1部：設計の一般原則

規格種類	E N 規 格	I S O 規 格
規格番号	prEN 954-1	ISO/NP 13849-1

3.5.1 規格の適用と概要

1) 台所用の機械から複雑な製造設備までを扱う（プログラム可能な設備を含む）。

これらの機械の制御システムの安全に関連する部分に対して、安全性能（安全確保能力）の基準を5つのカテゴリに分けて規定する（表16参照）。

3.5.2 主な用語の定義

① 制御システムの安全関連部

制御下にある機器から（並びに／又は、オペレータから）の入力信号に反応し、安全関連の出力信号を生じる制御システムの部分又は付属部分。制御システムの安全関連部は、安全関連信号が開始された時点でスタートし、動力制御要素の出力にて終わる。これはさらにモニタ・システムを含む。

② 欠陥 (fault)

予防保守又はその他の作業、又は、外部動力源

表16 欧州安全規格におけるカテゴリ

カテゴリ	必要条件	システムの挙動
B	・使用条件や予測される作用（たとえば、原料の影響、振動、電源中断）に耐える設計	・故障で安全機能を失う ・検出できない故障が残る
1	・カテゴリBの条件が適用される ・従来から多く使用（テスト）されてきたか、十分吟味した安全原則（たとえば、特定故障の回避、故障の影響の限定、早期故障検出、ディレーティング等）を使う	・Bと同様であるが、信頼性は高い
2	・カテゴリ1の条件が適用される ・適切な間隔で（最低限始動時に）安全機能が検査される ・始動時検査は、システムにより自動的に実行されるか、または人が行う ・検査出力は、故障のないとき運転を許可するか、または故障時安全側となる ・検査装置には、カテゴリB以上の要件が適用される	・故障は検査により検出される ・故障発生後、次の検査までの間は安全機能が失われることがある
3	・カテゴリ1の条件が適用される ・単一故障により、安全機能は失われない ・技術的に可能ならば、単一故障は検出される	・単一故障の発生時には、安全機能が常に実行される ・（全てではないが）故障は自動的に検出される ・検出されない故障の蓄積により、安全機能を損なうことがある
4	・カテゴリ1の条件が適用される ・単一故障により、安全機能は失われない ・単一故障は、技術的に可能ならば検出されるか、次に安全機能が必要となる前に検出される ・故障検出が不可能な場合でも、故障の蓄積による安全機能の消失はない	単一故障発生後には、安全機能が常に実行される ・安全機能が損なわれる前に故障は適時自動的に検出される

の欠如による不能時を除いて、必要とされる機能を達成できないことによって特徴づけられるある品目 (item) の状態。

(注)：欠陥は度々その品目自体の故障 (failure) の結果であるが、事前の故障なしに存在することがある。

③ 欠陥抵抗性 (Resistance to fault)

欠陥が起きた場合の安全機能を維持するための能力。欠陥許容性 (Tolerance to fault：欠陥があっても制御目的の機能を維持する能力) の反意語。

④ カテゴリ

制御システムの安全関連部の欠陥に対する抵抗性、及び、欠陥状態における挙動に関する分類で、それは、安全関連部の構造的配置によって、及び/又はその信頼性によって達成される。

⑤ 制御システムの安全性

欠陥発生時における挙動に基づいて規定されるカテゴリに従って所定の時間求められる機能を達成する能力。

⑥ 安全機能

入力信号によって開始され、制御システムの安全関連部によって処理されて、機械に (システムとして) 安全状態を達成させる機能。

⑦ ミューティング

機械の運転において他の安全条件に基づく制御システムの安全関連部による安全機能の一時的な自動的停止。

3.5.3 一般要求事項

1) 設計プロセスにおける安全性の目的

安全機能を提供する制御システムの安全関連部は、残存リスクが許容リスク以下にできるように設計されなければならない：

- 全ての意図された使用及び予見可能な誤使用の間；
- 欠陥が発生した場合において；
- 予見可能な人の誤りが、機械のすべての意図された使用中に行われら場合。

2) 設計方針

機械の制御システムの安全関連部の安全対策の設計

は、以下の手順による。但し、リスク低減の一般的方策は、EN 292-1:1991 (条項5)による。

ステップ1: 危険 (hazard) 分析とリスクアセスメント。

ステップ2: リスク低減の具体的対策の決定。機械設計対策として、安全装置や安全関連部を定める。

ステップ3: 安全関連部に関する安全確保のための要件規定と安全性分類 (カテゴリ) の決定。

ステップ4: ステップ3で決定されたカテゴリに対する設計の理論的実証。各段階での設計を予見可能な欠陥を考慮に入れて実証する。

(注): 実証とは、制御システムの安全関連部が設計プロセスの各段階の規定要件を全て達成するか否かを見きわめるプロセスである。

ステップ5: 実証。このステップの実証とは、上の各ステップの規定要件が全て満たされることの証明である。

3.5.4 安全機能の種類

停止機能、非常停止機能、手動リセット、始動と再起動、応答時間、安全関連パラメータ (湿度、位置、速度、圧力等)、停止、注意信号、警報作動等)、ローカル制御機能 (携帯装置等)、電源の変化、ミュートイング、安全機能の手動休止など。

3.5.5 欠陥発生時の安全関連部の抵抗性

安全関連部は、欠陥発生時の抵抗性によって表15に示すように、B, 1, 2, 3, 4の5通り

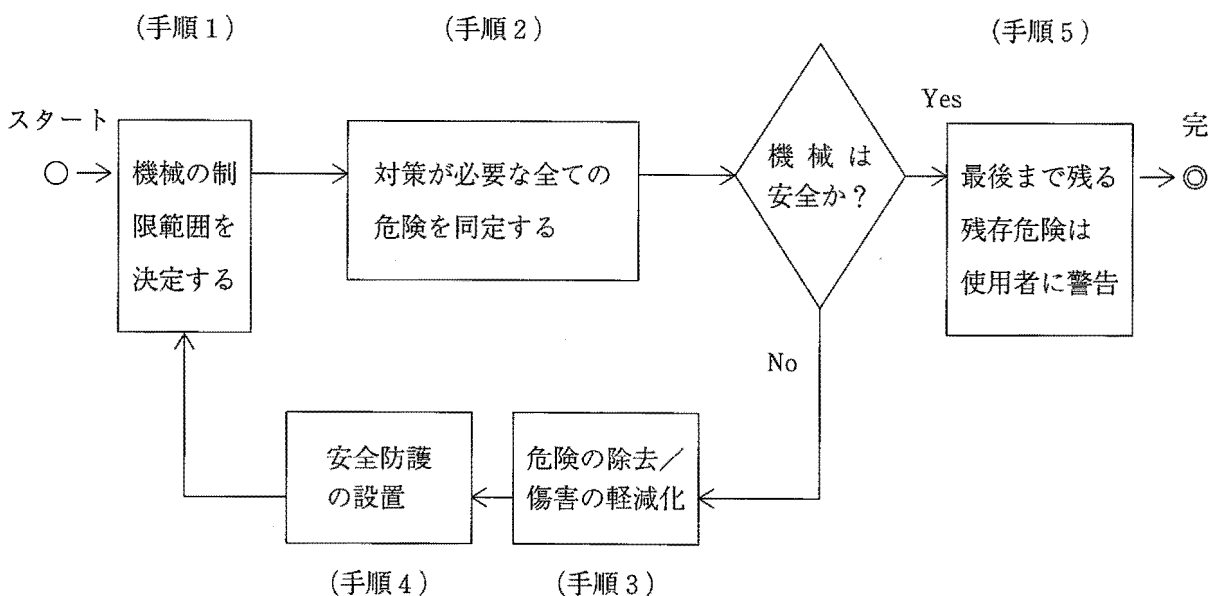
のカテゴリに分類される。表15でシステムの挙動とは、欠陥が生じたとき最悪状態として覚悟すべき事態を表している。

- ・ カテゴリBとは、制御システムの目的とする機能を意味している。
- ・ カテゴリ1はその高信頼化を意味している。
- ・ カテゴリ2は、システムで必要とする間隔で (例えば起動時に)、安全確保機能がチェックされるようなレベルである。チェックの結果、安全確保機能が動作しない場合、直ちに運転は中止されなければならない。
- ・ カテゴリ3は、単一故障で安全機能を失うことのないレベルである。
- ・ カテゴリ4は、単一故障で安全機能を失うことがないと共に、その故障は顕在化しなければならない。もし、顕在化しない (潜在故障となる) 場合は、欠陥の蓄積が安全機能の消失につながらないこと。安全確保能力の技術原則でいえば、カテゴリBと1は信頼性による安全確保レベルを意味し、カテゴリ2~4は安全機能をチェックする構造を有することを規定している。

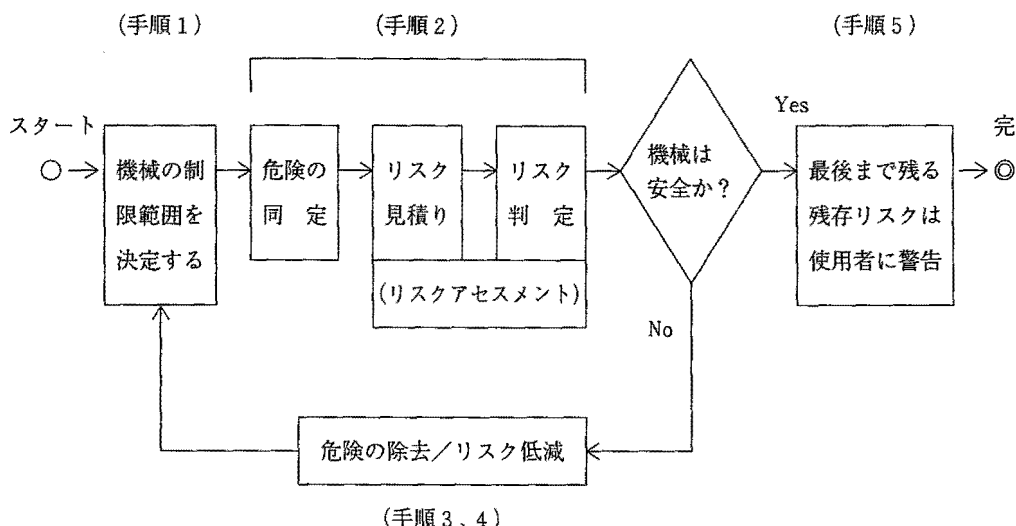
[補足1]

機械安全に関するEN規格 (Safety of machinery) の体系においては、安全設計の手順の中で、機械の安全防護の選択の指標としてリスクアセスメントを行い、リスクの大きさによって、対応する安全防護を選択することが規定されている。

EN 292-1の定義によれば「リスクとは、危険な状態における傷害又は健康障害の発生確率とその程度



図補足-1 安全設計の手順 (NIIS方式)



図補足-2 安全設計の手順 (NIIS方式: EN規格の修正案)

との組み合わせ」であるとされており、例えば、予見される傷害の程度が比較的軽度であるが、その作業頻度が著しく高い作業の場合と、予見される傷害の程度が重度であるが、その作業は極めてまれにしか行わない場合とでは、リスク評価として後者の場合のリスクが前者の場合のリスクに比べかなり小さくなることがあり、このような場合には、予見される傷害の程度が重度であるにも拘わらず対応する安全対策の低いレベルが選択される結果となる。

このような矛盾を生じない安全設計の手順が必要であり、そのために、筆者らは以下の2通りの方式の提案を試みる。

第一の方式では、安全設計の手順に、傷害等の発生確率に依存する指標であるリスクを含まない考え方を基本として、以下のような安全設計の手順とする。

なお、本安全設計の手順においては、手順1から手順4までを繰り返し実施し、可能な限り残存危険を除去した上で、手順5のプロセスに進めること。

- 手順1: 機械の制限範囲を決定する。
- 手順2: 対策が必要な全ての危険を同定する。
- 手順3: 設計によって本質的に危険を除去する、又はその危険により予見される傷害の程度を軽減化する。
- 手順4: 残存危険に対しては、安全ガードや安全装置などの安全防護を設置する。
- 手順5: 最後まで残る残存危険は全て、使用者に情報提供と警告をする。

本方式によれば、リスクを安全設計の指標としているEN規格体系との整合性に問題が生じるが、傷害等の発生確率に依存する指標であるリスクを含むEN規格体系における矛盾を解決する方式として、提案する

ことによりEN規格の修正変更が行われれば、整合化は可能と考えられる。

また**第二の方式**では、安全設計の手順は、EN規格の内容とするが、「リスクとは、対策が必要とされる危険な状態における傷害又は健康障害である」と定義する。

なお、本安全設計の手順においては、手順1から手順4までを繰り返し実施し、可能な限り残存危険を除去した上で、手順5のプロセスに進めること。

- 手順1: 機械の制限範囲を決定する。
- 手順2: 対策が必要な全ての危険を同定し、リスクアセスメントを実施する。
- 手順3: 設計によって本質的に危険を除去する、又はリスクを低減する。
- 手順4: 残存リスクに対しては、安全ガードや安全装置などの安全防護を設置する。
- 手順5: 最後まで残る残存リスクは全て、使用者に情報提供と警告をする。

本方式によれば、リスクを安全設計の指標としているEN規格体系との整合が容易であるが、その前提として、リスクを傷害等の発生確率に依存する指標として定義しているEN規格体系におけるリスクの定義の修正変更が必要となる。

(平成8年10月14日受理)

参考文献

- 1) 日本機械工業連合会, ISO/TC199国内対策委員会資料
- 2) 梅崎・深谷・糸川・杉本・池田, 工作機械等の安全手段の選定法とその構造要件, NIIS-SD-NO.13(1996)