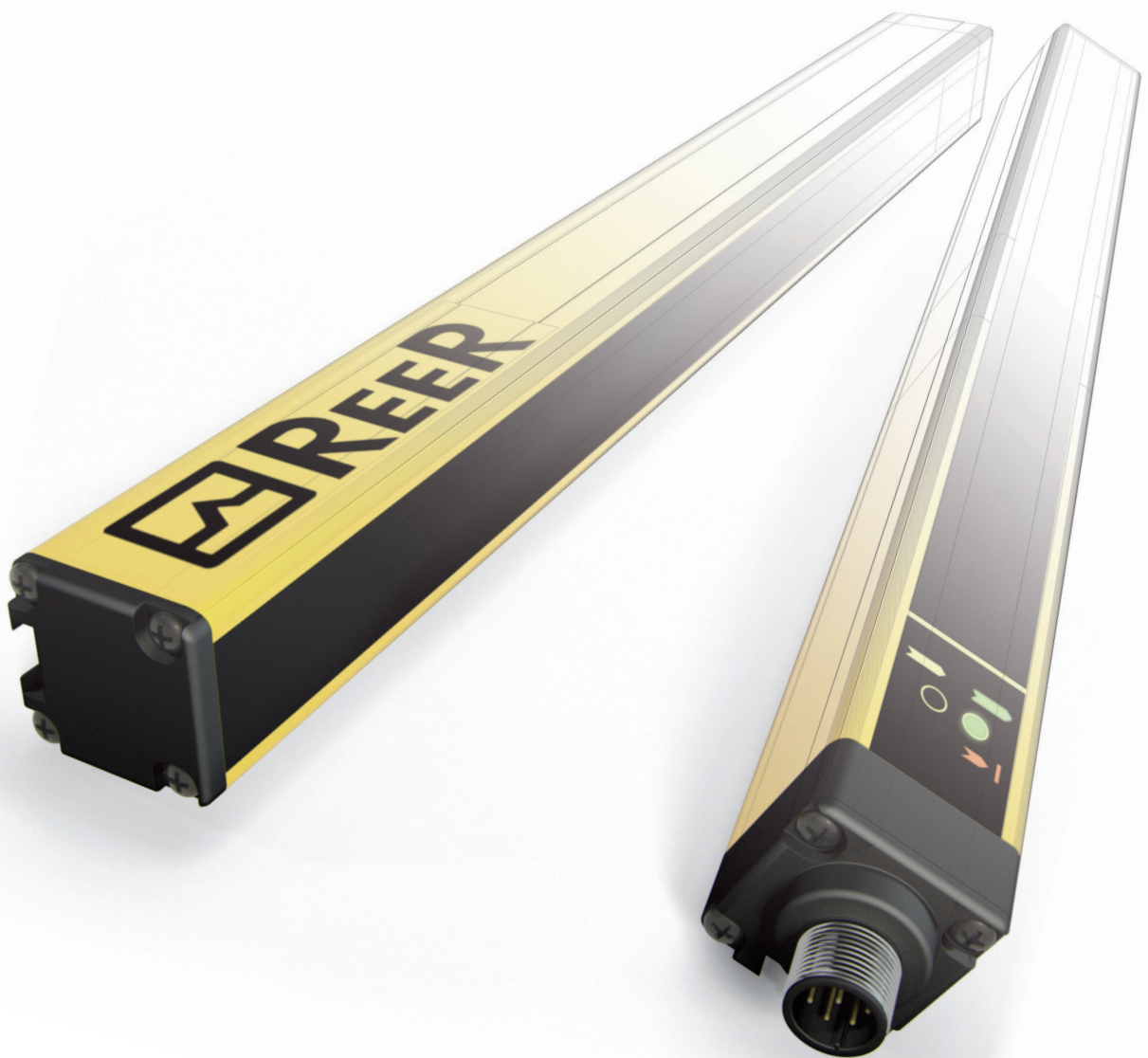




安全ガイド

2014年1月15日 初版発行



目次

安全ガイド

作業環境における安全

• EC指令	Page	4
• 整合規格	Page	8
• 北米規格および試験団体	Page	9
• リスクアセスメント	Page	11
• 機械の安全関連制御システム	Page	12
• 旧EN 954-1および新規格	Page	12
• ISO 13849-1 PL	Page	14
• IEC 62061 SIL – まとめ	Page	19

光電式セーフティ・ライトカーテン

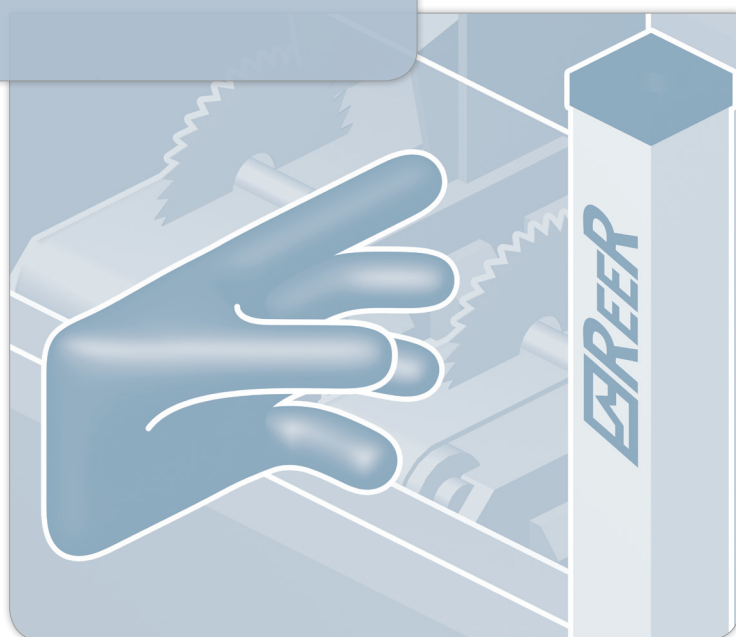
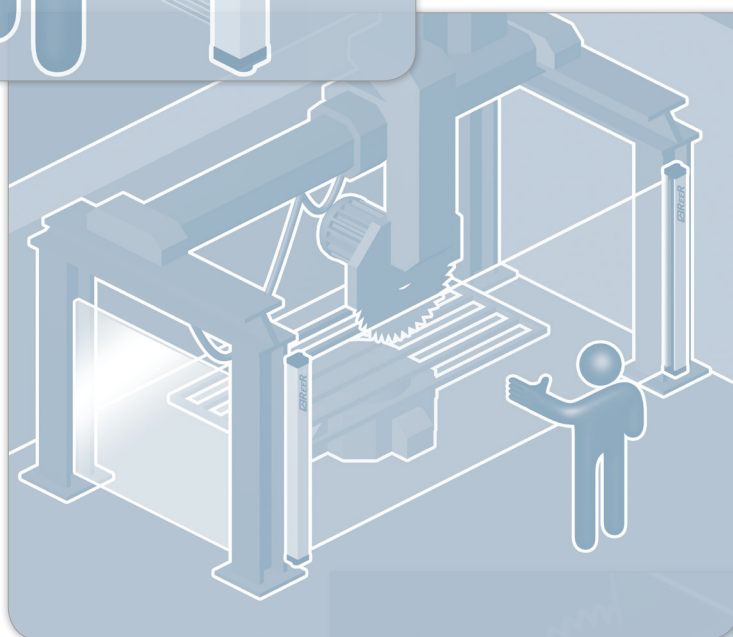
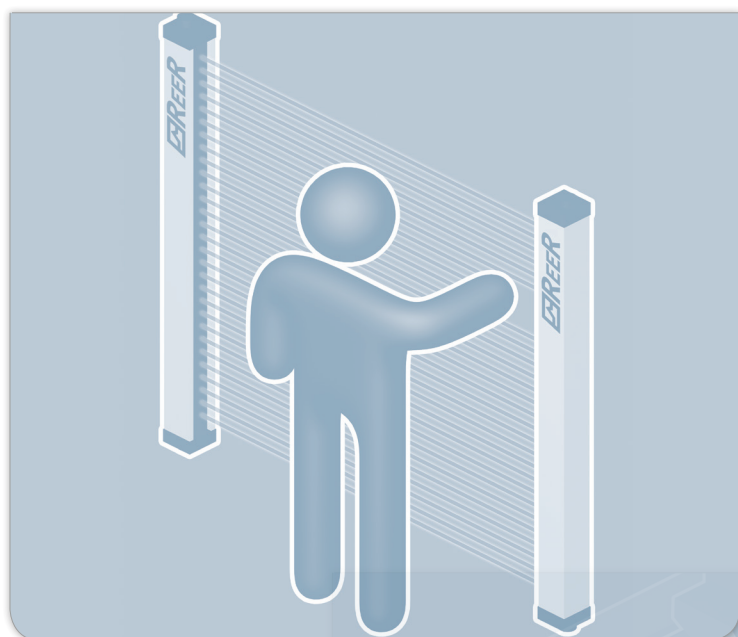
• 特性	Page	28
• 選択基準	Page	30
• 安全距離の決定	Page	32
• ミューティング機能	Page	37
• ブランキング機能	Page	41

安全レーザ・スキャナ

• 特性	Page	42
• 動作原理	Page	43
• 制御領域	Page	44

ESPEの統合

• 安全保護装置を機械の制御システムへ正しく相互接続する際の規則	Page	46
----------------------------------	------	----



作業環境における安全

国際規格

2010年以降、機械の安全に関わる規制に多数の重要な変更が予定されています。安全関連機械の制御システムに関する規格が変更となり新旧重複した2005年と2006年以降、実際すでにこれら変更の影響がでています。

具体的には、ISO 13849の重要な規格とIEC 61508に関連するものですが、IEC 61508は、特にIEC 62061を通じて機械の安全性に影響を及ぼします。したがって、工程の安全性から派生し、程度は様々であっても危険側故障の確率に関する重要な統計学的考え方についても、機械の安全性で取り上げる必要が出てきます。そのため、機械類の安全関連制御システムと安全保護装置の分類が更新され、新しく変更されます。これにはPL (ISOにおける性能水準) とSIL (IECにおける安全度水準) も含まれます。PLとSILは、「旧」EN 954-1の目玉であった周知のカテゴリの次に来る分類であり、多くの場合カテゴリに代わるものとなります。

2008年に、IECは、機械の安全保護に安全センサを使用する場合の指針を示す仕様、IEC TS 62046第二版の策定を終えました。これは世界中に影響を及ぼす新たな指針です。

地元ヨーロッパでは、2009年12月29日に新しい機械指令2006/42/ECが施行され（新旧の重複はありません）、98/37/ECに比べかなり大きな更新となります。



EC指令

EC指令は、EU域内に技術、経済、社会的に共通する規制を施行し、EU域内で商品およびサービス、人の自由な移動がしやすくなるように、EU加盟国の国内法とEU規格を整合させることを目標としています。

特に、作業員の安全性に関わる場合、加盟国の国内法と法律条項を整合させることで重要な指令および規格が策定され、承認されてきたという経緯があります。

指令 (DIRECTIVE) 規格 (STANDARD)

達成する目標を明確にします。

指令が掲げる目標を達成する手段および方法を明確に規定します。整合規格 (Harmonized Standards) を遵守する製品 / サービスは、指令を遵守しているとみなされます。

規格実現までの手順

- 加盟国の代表であり、取り扱う主題の専門家による作業グループ (WG) の設立
- 関連各国の委員会が検討し、コメントや提案を行い、その後最終的に承認する規格の草案 (prEN) を策定
- 規格の本文 (EN) の最終案策定、正式交付、加盟国各国の法律として承認

作業員の安全保護に関する指令は以下のとおりです。

- 89/391/EC「職場での安全および健康 - 枠組指令」
- 2009/104/EC「作業機器の使用および変更/追加」

安全構成部品に関する指令は以下のとおりです。

- 2006/42/EC「機械指令」
- 2006/95/EC「低電圧指令」
- 2004/108/EC「電磁両立性指令」

作業環境における安全

社会指令

「社会指令」2009/104/EC および 89/391/EC は、作業環境における安全性の向上を目標としています。

これらの指令は、以下を目標としています。

- 作業環境において採用すべき安全保護対策の決定
- 以下に関する情報の提供
 - － リスク解析
 - － 予防措置と機械の法令順守
 - － 機械の法令順守に関する手続き
 - － 雇用主の責任
 - － システム操作担当者の教育と研修
- 機械指令の規定を遵守するよう既存の機械の適合を要求

機械指令

「機械指令」2006/42/EC は、機械および安全構成部品のメーカーを対象として、以下を目指します。

- 危険な機械のオペレータに対する安全保護水準の向上に向けた安全と健康保護要件の定義
- 機械指令自体が規定する最低安全要件を遵守する安全な機械と構成部品の EU 域内における設計、製造および販売
- 機械指令を遵守する機械および安全構成部品の加盟国内における自由な移動

機械指令

- 販売、賃貸借される機械および安全構成部品（新品）すべておよび販売、賃貸借される中古の機械に適用されます。
- 機械および安全構成部品の設計および製造関連の重要な安全要件を規定し、それぞれの認証手続きについて規定します。
- 機械および安全構成部品には機械指令の遵守が義務付けられています。
- 機械指令を遵守する製品しか、EU 域内で販売または作動することはできません。

認証手続き

- 機械指令は、別表 4 に一覧する安全構成部品および危険性の高い機械に対して厳格な認証手続きを規定しています。
- 機械指令は、別表 4 に記載される低および中程度の危険がある機械に対して簡略化された認証手続きを規定しています。
- 機械指令は、製品ごとに、機械または安全構成部品の設計、製造、輸送、使用およびメンテナンスで採用される安全原則を定める文書の作成を、メーカーに義務付けています。

適合宣言

機械指令に適合していることを証明するために、メーカーは以下を義務付けられています。

- 製品に CE マークを付けること
- EC 適合宣言を添付して、機械指令に適合していることを証明

作業環境における安全

2006年に公布された新しい機械指令(2006/42/EC)は、2009年12月29日付けで現在施行されている指令に代わります。

改定の主な目的

明確化

- ・機械指令の対象製品リストの明確化
- ・新しい製品等級の追加
- ・他の指令との境の明確化
- ・定義の明確化

法的確実さ

- ・第4の但書に、「利用者に対して法的確実さを保証するために、本指令の適用範囲およびその用途に関する考え方を可能な限り明確に定義することが望ましい」と記載されています。

適用性の向上

- ・指定認証機関(Notified Bodies)の指定基準の厳格化
- ・市場監視。加盟国の義務の定義の厳格化
- ・危険製品の撤去に関する規則の追加

適合評価手順の変更

- ・指定認証機関が技術仕様の内容を検証した後でないと、技術仕様の提出ができなくなります。
- ・すべての適合評価手順に対して製造工程の内部検査(別表8)が義務付けられます。検査の責任はメーカー側が負います。

危険な機械および安全関連構成部品を一覧する別表の注記

危険な機械および安全関連構成部品を一覧する別表4とは異なり、現在は安全論理ブロック(プログラミング可能な制御装置、PLCなど)も含まれます。さらに、安全関連構成部品の限定的なリストを掲載した別表5が追加されました。

作業環境における安全

認証

- 新しい別表1に規定される健康と安全に関して必ず遵守すべき要件の変更によって、以前の宣言が無効になる可能性があります。いずれにせよ、新しい指令を基準にする必要があるため、適合宣言は書き直す必要がでてきます。
- 指定認証機関が発行するCE型式適合認定書を更新する必要があります。
- 新しいCE型式適合認定書は、5年間有効となり(別表9、9.3項)、旧認定書の改定日から5年間となります。

低電圧指令

2006/95/ECは以下を目的としています。

メーカーが、電気製品の使用に起因する傷害の危険から人身を確実に保護できるように、電気製品を設計・製造することを確保すること。

- 交流では50 Vおよび1000 V
- 直流では75 Vおよび1500 V

低電圧指令の最新版は、2007年1月16日に発効します。

電磁両立性指令

「電磁両立性指令」2004/108/ECの目的は、以下を考慮して電気製品を設計・製造するよう確保することです。

- 他の電気装置が意図する目的に沿って作動できるように電磁放射を低いレベルに限定すること
- 内蔵の外部電磁波耐性の水準が、他の電気装置が意図する目的に沿って作動できる水準であること

本指令は、電磁干渉の原因となり、動作が外部要因の影響を受ける可能性のあるすべての電気・電子機器に適用されます。

本指令の最新改訂版は、2005年1月20日に発効しました。

ATEX指令

Atex 指令94/9/ECは、爆発性雰囲気での使用を意図したすべての製品に適用されます。

本指令は、ガスまたは塵埃が爆発する危険があるとして、危険と分類された環境で使用する電気機器の最低安全要件について指定します。爆発の危険には、以下の3つの水準があります。

- カテゴリ1：最大危険水準(領域0と20)
- カテゴリ2：高い危険水準(領域1と21)
- カテゴリ3：「通常」とみなされる危険水準(領域2と22)

ATEX 指令は、2003年7月1日から施行されています。

作業環境における安全

公認機関 (Accredited Bodies)

加盟国内の公認機関は、機械および安全構成部品に関する指令の遵守またその適用内容について評価し、検証する役割があります。

各加盟国は、その公認機関を任命し、監督する責任があります。

公認機関には、検査、解析、技術支援、計測業務を遂行するために必要な専門知識と資源が必要です。

指定認証機関 (Notified Bodies)

指定認証機関は、機械および安全構成部品が該当する指令を遵守していることを審査し、認定する権限を付与されています。

EUの各加盟国は以下を行なうことを義務付けられています。

- ・業務内容を指定して、指定認証機関を任命します。
- ・EC および他の加盟国へ、指定認証機関のリストを提出します。

ECは、欧州委員会の官報 (GUCE) に、介入する権限を持つサービス、機械および/または安全構成部品のリストと共に、指定認証機関すべての名簿を掲載します。

EU加盟国は、これらの機関が指定された倫理および技術基準を尊重するよう確保する必要があります。

整合規格

- ・整合規格とは、EC 指令の基本的要件を満たすとみなされる技術規格です。
- ・EUの委員会指令に関して様々な技術委員会が作成しています。
- ・以下の委員会が承認し、採択します。
 - － CEN (欧州標準化委員会)
 - － または CENELEC (欧州電気標準化委員会)
- ・その後、翻訳され、欧州委員会の官報 (GUCE) および加盟国の官報に掲載されます。

規格の位置付け

- ・ **prEN** : まだ最終的に承認されていない提案の規格 (草案)
- ・ **EN** : すでに施行されている承認済みの規格
- ・ **TS** : 技術仕様

安全に関する欧州規格は、以下の3グループに分かれています。

タイプAの規格

あらゆる型式の機械に適用される一般的な設計原則について規定します。

例 : ・ **EN ISO 12100** : 機械類の安全性 - 設計の一般原則 - リスクアセスメント及びリスク低減

タイプBの規格

2つの等級に分かれています。

－タイプB1の規格 : 安全の特定面に関連

例 : ・ **EN ISO 13855** : 人体の部位の接近速度に基づく保護設備

・ **EN ISO 13857** : 危険源区域に上肢及び下肢が触れない安全距離

・ **EN 60204** : 機械の安全性。機械の電気機器

・ **EN ISO 13849 - 1** : 機械類の安全性 - 制御装置の安全性関連部品 - 第1部 : 設計のための一般原則

・ **EN ISO 13849 - 2** : 機械類の安全性 - 制御装置の安全性関連部品 - 第2部 : 妥当性確認

作業環境における安全

ー タイプB2の規格：安全装置関連

- 例：・ **EN 61496 -1**：機械類の安全性 - 電気感應性安全保護機器 - 第1部：一般要求事項及び試験
 ・ **EN 61496 -2**：機械類の安全性 - 電気感應性安全保護機器 - 第2部：能動的光電子保護装置 (AOPDs) を使用する機器の特定要求事項
 ・ **EN 61496 -3**：機械類の安全性 - 電気感應性安全保護機器 - 第3部：拡散反射に応答する能動的光電子保護装置 (AOPDDR) に関する特定要求事項
 ・ **EN ISO 13850**：機械の安全性 - 非常停止 - 設計原則

タイプCの規格

特殊な型式の機械に関連します。

- 例：・ **EN 692**：機械式プレス
 ・ **EN 693**：油圧式プレス
 ・ **EN 415**：梱包機
 ・ **EN 415-4**：パレタイザおよびディパレタイザ・システム
 ・ **EN ISO 10218**：工業用ロボット

ー タイプCの規格は、タイプAとBの規格に優先します。

ー タイプCの規格がない場合は、タイプAおよびタイプBの規格に基づき指令を遵守できます。

IEC TS 62046とは 電子感應性安全保護装置の使用と統合

IEC TS 62046 Ed. 2 - 2008には、電子感應性安全保護装置 (ESPE) の取り付けと使用に関する提言があります。主として、ライトカーテン、レーザ・スキャナ、侵入監視システム (ボーダ) および加圧マットに適用されます。機械メーカーと利用者のニーズに応えることがこの規格の目標です。IEC TS 62046は、電子感應性安全保護装置の製造面だけでなく、機械に対する電子感應性安全保護装置の正確な位置と、機械との適切な接続について規定しています。安全保護装置の適切な選択と使用によって確実にオペレータのリスクを最小に抑えることがその目的です。IEC TS 62046には、選択基準、使用、機械の制御システムとの統合など、ESPEの使用と密接に関連のある重要な側面について具体的に規定し、ミューティングとブランキングなどのセーフティ・ライトカーテンの特殊機能に関する情報も提供しています。



北米規格および試験団体

米国の職場における健康と安全を監視する機関は、労働安全衛生庁 (OSHA) です。各州に、OSHAの規制より厳格な規制を施行する独自の安全規制機関がある場合があります。

OSHAは、連邦レベルで施行されている法律と規制の適用について監視し、安全装置および/または機械工具の使用と製造を対象とする安全規格を発行します。このような活動の重要な例が、OSHA 1910.217 - 機械式動力プレスの規格です。

米国規格協会 (ANSI) は、機械工具の安全またはその製造または操作の特定面に関する規格を発行します。ANSIは、ロボット産業協会 (RIA) または米国製造技術協会 (AMT) などの非営利団体からの貢献を拠り所としてこれら規格の策定しています。

主要ANSI規格の例

B11 規格には以下の規格があります。

B11.1 - 機械式動力プレス

B11.2 - 油圧式動力プレス

B11.3 - 動力プレスのブレーキ

B11.4 - シャー

B11.19 - 他のB11の機械工具の安全規格 (機械工具を対象とするB11規格に指定される安全保護装置の設計、製造、メンテナンスおよび操作基準) で言及されている安全防御手段の設計、製造、取扱および操作に関する性能基準

作業環境における安全

その他のANSI規格:

B20.1 – コンベヤ・ベルト

ANSI/RIA R15.06 – 工業用ロボットの安全要件

欧州と違い、米国は電気機器の販売と取り付けを承認する認定書として、適合認定書を認めていません。

該当する装置またはシステムを取り付ける前に、管轄当局（AHJ）の検査を受ける必要があります。該当する装置が国家認定検査所（NRTL）の認定をすでに受けている場合は、管轄当局の検査が免除されます。NRTLのマークは、製品が現在施行されている安全基準を遵守している保証となります。

北米ではNRTLのマークは義務付けられていませんが、小売業者、検査官、利用者、現地当局はNRTLのマークが付いている製品を簡単に受け入れるため、認証があれば販売しやすくなります。認定を受けていないと、危険が起きる可能性があるとして機械の運転を労働組合が禁止する可能性があります。したがって、認証を受けた設備であれば、保険面でのメリットの他に、労働紛争を回避できるという利点があります。

OSHAは、NRTLを承認する権限を付与された機関です。NRTLは、認証を与える権限のあるすべての製品のすべての国内国外設備に対する承認を得なければなりません。認定を得るために、申請者が認証を求める製品の利用者、供給業者または小売業者とは独立していることも証明する必要があります。

NRTLは、独自に規格を開発し、開発した規格の承認申請をするか、他のNRTLが策定した規格を採択することができます。各NRTLには、独自のマークがあります。

アンダーライターズ・ラボラトリーズ・インク（UL）は、電気システムや電気機器の認定書を発行する権限を付与された機関のなかで主導的な立場にあるNRTLです。

ULは、テストされ、電気的な安全性と耐火性という点で安全かつ信頼できると証明された工業部品をリストに掲載する非営利団体です。



UL認証マークとは、該当する製品がテスト済みであり、米国の安全要件を満たしていることが検証済みであることを表します。UL認証の一般マークは、耐火性と電気的安全要件を遵守していることを証明するものです。



UL認証には、国際規格IEC 61496-1、2から派生したUL 61496-1およびUL 61496-2規格が対象とするセーフティ・ライトカーテンなどの構成部品も含まれます。安全ソフトウェアが組み込まれたシステムも、ANSI/UL 1998規格に基づき認証を受けられます。セーフティ・ライトカーテン（ESPE）は、該当する製品規格およびANSI/1988規格の遵守を認証する特定のマークを付ける必要があります。REER社のセーフティ・ライトカーテンは、これらの要件すべてを遵守し、関連の認証マークが付いています。



ULは、CSAカナダ規格の遵守も認証することができます（カナダと米国で販売されている製品にC-ULマークまたはC-UL-USマークを付けて）。

カナダ規格協会（CSA）は、カナダの主要な標準化機構で、カナダの規制に従う安全構成部品の遵守を検証する認証機関の役割があります。米国とカナダの国家認定検査所（NRTL）は、OSHAの管轄下にある製品すべての適合性を検証し、たとえばセーフティ・ライトカーテンなどに適用されるC-US ULと同等のNRTL/CのCSAマークを付与する権限が与えられています。



作業環境における安全

リスクアセスメント

欧州規格EN ISO 12100は、リスクを軽減または排除する最適な安全対策を選択し、採用することを目標に、機械関連の危険を系統的に調査する規定を提案しています。

米国の場合、同等の規定については、ANSI技術報告書B11. TR3に説明があります。

それに基づき、リスクアセスメントは下記の4つの段階に分けられます。



図1. リスク評価の段階

1. 機械の限界の判断

機械の意図する用途について調査し、利用者の研修と経験の程度と利用者の姿勢という点から合理的に予測できる誤用をすべて調査します。

2. 危険の識別

運転停止および解体まで、機械の寿命のあらゆる段階で下記の点についてリストを作成します。

- リスクと危険な要素（機械、電気、化学など）
- 危険な状況（手作業の積降、システムへのアクセスなど）
- 破損の原因となりうる事象（機械の故障または異常）

3. リスク予測

識別された危険な状況はそれぞれ、以下の要素の組み合わせによって発生します。

- 傷害または健康被害の重大度（治癒可能、治癒不可、致命的など）
- 危険にさらされる頻度と長さの関数である傷害の発生確率
- 以下に関して危険を回避できる可能性
 - その事象の発生速度
 - オペレータが危険を察知し、迅速に反応できる可能性
 - 危険から逃れる可能性

4. リスク評価

リスク予測の後、リスク評価を行い、リスクを軽減する必要があるかまたは安全を達成できたかどうかを判断する必要があります。リスクを軽減する必要がある場合、選択し、採用する安全保護対策を評価して、適切にリスクが軽減されたかどうか判断します。

作業環境における安全

機械の安全関連制御システム

機械の制御システムを適切に操作することが安全の基本である場合、機能エラーの発生する確率を最小に抑える設計とする必要があります。それができない場合は、エラーによって安全機能が無効とらないようにする必要があります。

ヨーロッパでは、欧州委員会指令（適合の前提）により策定された整合規格を用いて、これらの要件を遵守するよう強く提案されています。

事故が発生した場合、整合規格を使用していれば、安全関連制御システムが機械指令の基本要件を遵守している証拠を示すことができ、時間と費用を節約できます。

機械の制御システムを対象とする規制としてEN954-1に代わる新しいISO 13849-1およびIEC 62061規格の基本概念について以下に説明します。

旧EN 954-1 機械類の安全性 - 制御装置の安全性関連部品 - 第1部:設計のための一般原則

旧EN 954-1規格に基づき設計された機械の制御システムの安全関連部品は2009年12月29日まで認められ、それ以降は、ISO 13849-1またはIEC 62061の規格を遵守する必要があります。

1996年以降、EN 954-1規格は整合されています。安全関連制御システムは5つのカテゴリに分類されています。

安全のカテゴリ

機械の異なる部品ごとに、リスク評価水準は異なる可能性があります。したがって、安全措置の程度（カテゴリ）は、各部品に関わる実際のリスクによって変化するべきです。実際のリスクに対する最適なカテゴリを、周知のリスクグラフを使用して選択する必要があります。

カテゴリの選択

S 傷害の重大度

S1 軽症（通常は治療可能）

S2 重傷（通常は治療不可）または死亡

F 危険にさらされる頻度および時間

F1 稀～しばしばおよび/または短時間

F2 頻繁から継続的および/または長時間

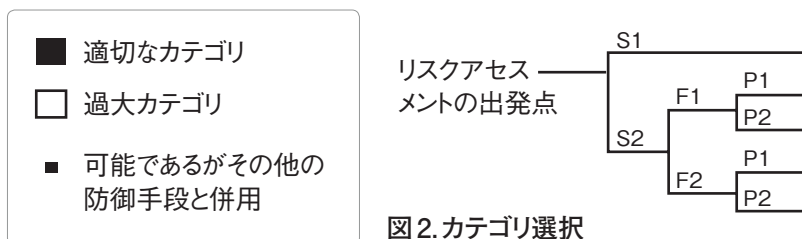
P 危険を回避できる可能性

P1 一定の状況下で回避可能性がある（避難または他人の助けによる）

P2 危険をほとんど回避できない（あつという間に発生する）

カテゴリの選択表

カテゴリ				
B	1	2	3	4
■	■	□	□	□
■	■	■	□	□
	■	■	■	□
	■	■	■	□
	■	■	■	□
	■	■	■	■



Cat. B（カテゴリB）およびCat. 1（カテゴリ1）では、耐故障性は、構成部品の頑丈さによります（可能な限り故障を回避）。

Cat. 2、3、4では、耐故障性は、システム構造によります（故障の管理）。

Cat. 2ではサイクルの監視、Cat. 3では冗長性、Cat. 4では冗長性プラス監視によって故障を管理します。

動作要件は、カテゴリごとに指定されています。

電子部品の故障モードが定義され、一覧されています。

カテゴリ間の関係と、故障した場合の制御システムの安全性能については明確に定義されています（決定論的手法）。

注記：カテゴリは必ずしも階層になってはいません。

作業環境における安全

カテゴリ	要件	動作	安全原則
B	予測可能な事象に対処できるように、基準となる規格を遵守して設計・製造・統合された装置。	故障すると、安全機能が働かなくなる可能性あり。	選別された構成部品を使用。
1	カテゴリBの要件と同じだが、信頼できるテスト済みの安全原則と安全な構成部品を使用。	故障すると、安全機能が働かなくなる可能性があるが、カテゴリBよりその確率は低い。	
2	カテゴリ1の要件を適用。さらに、装置の安全機能は、機械の制御システムが管理するサイクリック制御に基づく。	故障すると、安全機能が瞬時機能しなくなる可能性がある。次の動作サイクル開始前にテストを行なう時点で故障が検出されると、機械のサイクルが新たに開始できなくなる。	故障を検知し、機械を停止できる構造と安全回路を使用。
3	カテゴリ1の要件を適用。さらに、単一の故障では、装置の安全機能が働かなくなることがあってはならない。可能であれば、故障ごとに検知を可能とすること。	すべての故障を検出することはできない。故障ごとに、安全機能が必ず有効になる。検知されず故障が蓄積すると、安全機能が働かなくなる可能性がある。	
4	カテゴリ1の要件を適用。さらに、単一の故障では、装置の安全機能が働かなくなることがあってはならない。安全機能の要請時またはそれ以前に個別に故障が検知される。これが可能でない場合、検知されず故障が蓄積されても、安全機能が働かなくなることがないようにすること。	安全機能の停止を阻止するのに間に合うように、故障が検知されること。	

EN 954-1を使用する限界

故障時のシステム動作だけが、安全関連制御システムの性能を評価する唯一の方法ではありません。構成部品の信頼性など、他の要素も重要な役割を果たします。決定的な役割を果たすことさえあります。このような考え方は、「構成部品の信頼性と関連用途に使用される技術によって、対象のカテゴリから逸脱する可能性があります。カテゴリの選択については、以下の手順に従ってください」と記載され、EN 954-1 規格の別表Bに実現されています。

カテゴリ選択のプロセスは次のとおりです。

- リスク解析（リスクグラフを使用）に基づき名目上または基準となるカテゴリを識別します。
- 構成部品の信頼性、使用する技術などに基づき選択するカテゴリを変更します。

作業環境における安全

この手順の第二段階は主として経験則によるものであり、この規格にはほとんど情報がありません。他の要因による変更は無視して、ほとんど必ずリスクグラフを参考にカテゴリを選択するか、システムの安全性を証明するのが困難なほど、実際導入される変更は主観的なものです。

また、プログラミング可能な電子機器は機械の制御システム分野で広く使用されているため、このような決定論的モデルは、PLC、通信回線、可変速アクチュエータやプログラミング可能なセンサなどの複雑な制御システムには現実的でないという、決定論的モデルの欠点が明確になりました。

複雑なシステムの安全関連性能を評価するためには、必要に応じて安全保護が確保できる確率を予測する方がいいと思われます。つまり、構成部品の信頼性を考慮し、一定期間に危険側故障が発生する確率を予測する方がいいということです。

新しい規格

EN 954-1には適用の限界があったため、これを解決するために、2つの新しい規格が採択されました。それがISO 13849-1:2006とIEC 62061で、確率と周知の経験則を統合し、工業用機械分野における技術の進歩に対処しています。

両規格とも、以下の必須の安全要件に関して、指令2006/48/ECと整合性があります。

別表1：1.2 制御機構

この2つの規格には、特に応用基準に関して、多数の違いや重複があります。

ISO 13849-1は、使用する技術と動力の種類、つまり、機械式、油圧式、水圧式、電気式に関わらず使用できます。この規格は、指定された5つのアーキテクチャだけに適用されます。

IEC 62061は、電動式制御システムだけに適用されます。サブシステムの信頼性の計算式は、同規格で規定され、典型的な工業用機械とみなされる4種類のアーキテクチャのみを対象としています。他のアーキテクチャにも適用可能です。IEC 62061は、ISO 13849-1:1999 (EN 954-1)の要件に沿ってサブシステムの設計を統合することを認めています。

ISO 13849-1 機械類の安全性 - 制御装置の安全性関連部品 - 第1部:設計のための一般原則

ISO 13849-1は、EN 954-1の改訂版です。

システム信頼性理論の複雑な数式が、前もって計算された表に代わりました。

カテゴリ、冗長性、監視など、EN 954の考え方がそのまま残されたものもあります。

リスクグラフ、カテゴリの選択など、多くが変更されました。

カテゴリの役割は、EN 954-1で考えられていたほど重要ではなくなりました。

危険側故障に対する耐性を評価するために、指定された作動状態で安全を確保する機械の安全関連制御システム（以下「SRP/CS」という）の能力として、性能レベル (PL) がカテゴリの概念にとって代わりました。

安全関連システムのPLを評価するために使用されるパラメータは、1時間当りに発生する危険側故障の平均確率です。検知されない場合にシステムの安全保護が確保できない場合に故障は危険とみなされます。

PLには、PLaからPLeまで5つのレベルがあります。

作業環境における安全

1時間当りに発生する危険側故障の平均確率

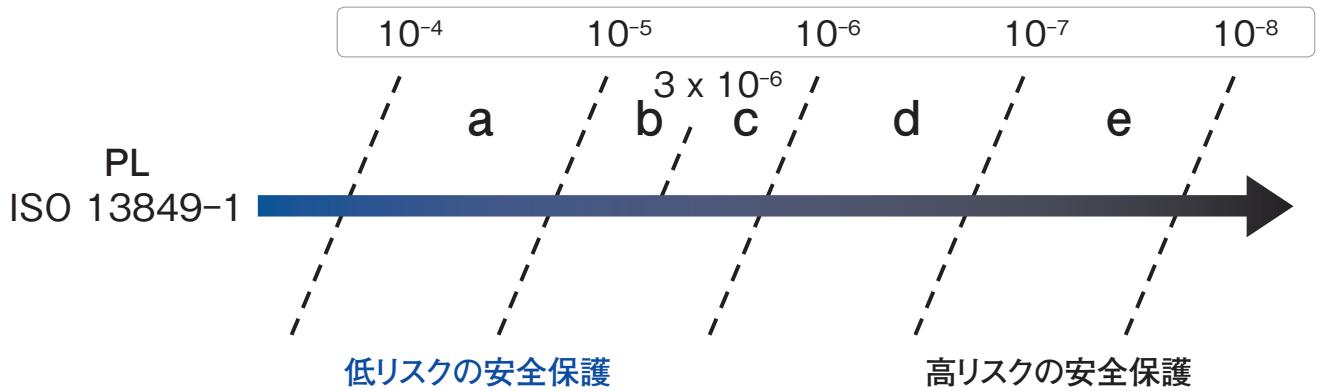


図3.ISO 13849-1の表3

リスク軽減への貢献度が高ければ高いほど、1時間当りに発生する危険側故障の平均確率は低くなります。

PLは、制御システムのアーキテクチャ、構成部品の信頼性、安全機能と設計の質に影響を与える可能性のある内部故障を迅速に検知する能力の関数です。

以下の表に、ISO 13849-1を遵守する安全制御システムの設計に求められる定量的・質的要件をまとめてあります。

▶ 26 ページの用語集も参照してください。

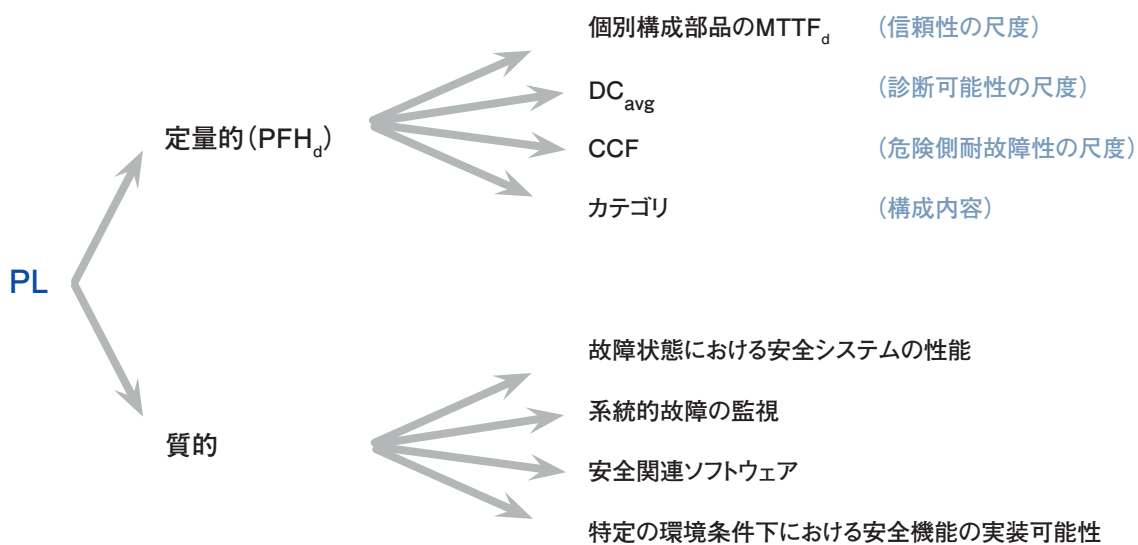


図4.ISO 13849-1を遵守する安全制御システムの設計に求められる定量的・質的要件

作業環境における安全

一定のPLに対応するには、対象の制御システムの1時間当りに発生する危険側故障の平均確率の評価に加え、この規格の品質要件を遵守していることを証明する必要があります。

PL対応であるためには、以下を評価するテストと解析を行う手順について明確に定めるISO 13849-2の「制御システムの安全関連部品 - 検証」に照らして検証する必要があります。

- 提供する安全機能
- 獲得したカテゴリ
- 達成した性能水準

重要事項

1時間当りに発生する危険側故障の平均確率は、PLの割当に寄与するパラメータの1つでしかありません。また、PLのレーティングを取得するためには、以下のすべての要件を考慮しており、それらを遵守していることを証明し、実証する必要があります。

- 系統的故障の監視
- 頑丈で信頼性の高い構成部品の使用（該当する場合は製品規格と平行して）
- 優れた技術慣行に従う作業
- 安全関連システムの動作環境条件の考慮
- 新規ソフトウェアの場合、ISO 13849-1規格の図6に示すV型開発モデルのあらゆる組織的な要素の採択およびアプリケーションと組み込みソフトウェアの開発要件の遵守

ISO 13849-1に基づくSRP/CSの設計は、次ぎの8つの手順にまとめられます。

- 1 - リスク解析を通じた安全関連機能の識別
- 2 - リスクグラフを使用した要求性能水準 (PLr) の割当
- 3 - システム構成 (アーキテクチャ) および自己診断技術の選択
- 4 - 制御システムの技術開発
- 5 - MTTFd, DCavg の計算とCCFの検証
- 6 - 表5を用いたPLの計算
- 7 - PLの検証（算定されたPLがPLrより低い場合は、手順3へ戻ってください）
- 8 - 検証

安全関連部品の識別と要求性能水準 (PLr) の割当

安全機能の識別と要求性能水準 (PLr) の割当

識別された安全関連機能ごとにSRP/CSの設計者は、規定するリスクの軽減に対する貢献度、PLrを決定します。この貢献度は機械のリスク全体を対象とするものではなく、対象の安全機能の使用に関するリスクだけを対象とします。

パラメータPLrは、対象の安全関連機能に要求される性能水準を表します。

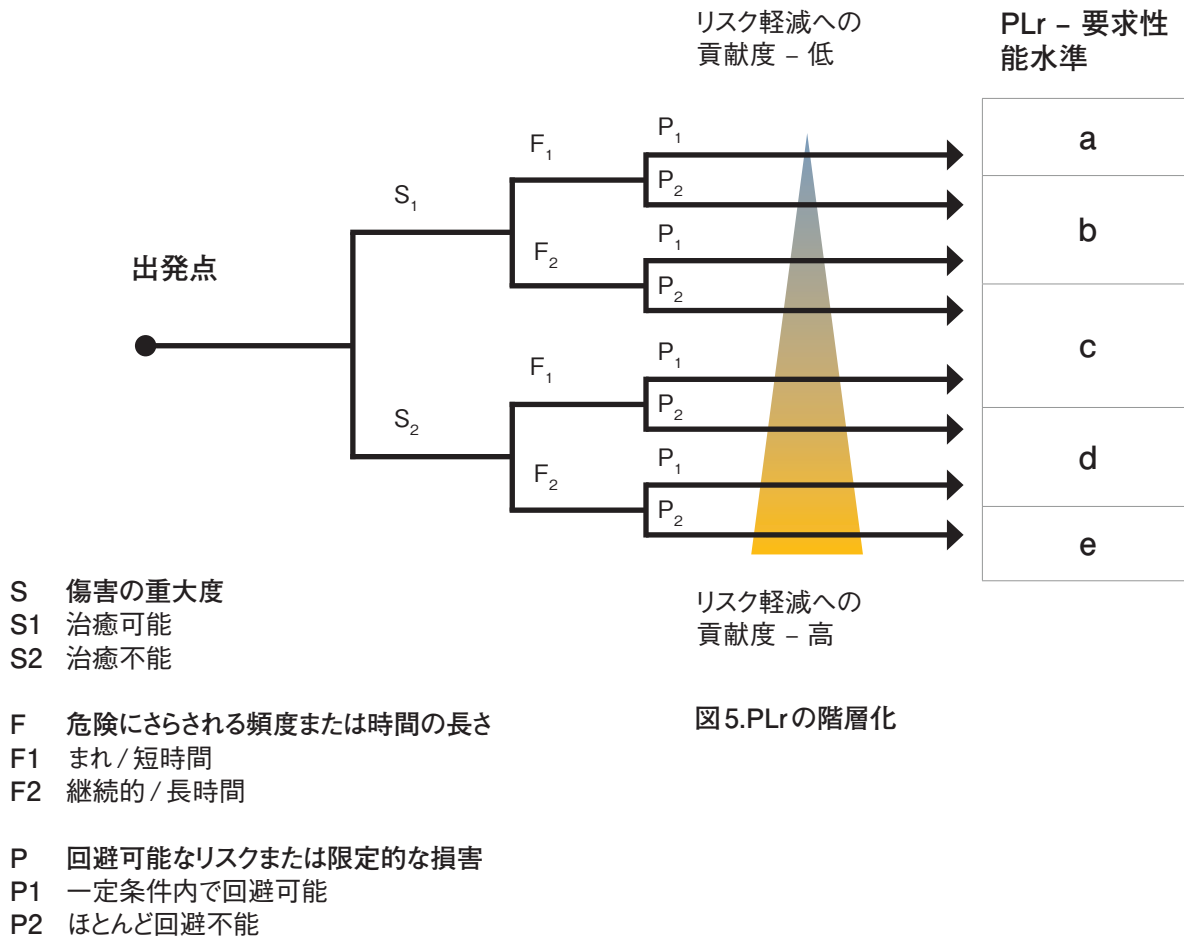
パラメータPLは、実装ハードウェアの性能水準を表します。

ハードウェアのPLは、指定のPLr以上でなければなりません。

安全機能が提供すべきリスク軽減に対する貢献度を、木グラフを使用して判断し、PLrを明確に識別する必要があります。

1つ以上の安全関連機能が明らかになった場合、PLrは、機能ごとに識別される必要があります。

作業環境における安全



注記：カテゴリに関してはEN954-1と異なり、ここではPLrは完全に「階層化」されています。PLr(e)は、リスク軽減への貢献度が最大であり、PLr(a)は最低であることを意味します。

安全関連制御システムの設計とPLの評価

必要なPLrが決定したら、それからPLを計算して、PLr以上であることを確認して、適切なSRP/CSを設計します。図3に示すように、PLを決定するためには、設計するSRP/CSの1時間当りに発生する危険側故障の平均確率を計算する必要があります。安全関連制御システムの1時間当りに発生する危険側故障の平均確率を予測する方法はさまざまです。

構成部品ごとに次ぎの点が判明していないこのような方法は使用できません。

- 故障率 (λ)
- 全構成部品の故障モードに対する故障率の分布比率 (%) (例：能動スイッチの場合、故障モードでは、必要に応じて = 全体の20%で接点が分離せず、必要に応じて = 全体の80%で接点が閉じません。次ぎの式から、分離しない = $\lambda \times 0.2$ 、閉じない = $\lambda \times 0.8$ が求められます)
- 安全関連システムの性能に与える故障ごとの影響 (例：危険側故障 - λ_d または危険側故障でない故障 = λ_s)
- 危険側故障全体のうち検知された危険側故障の比率 (実装されている自動自己診断技術による)： $\lambda_{dd} = \lambda_d \times DC$ 。
- 危険側故障全体のうち検知されない危険側故障の比率 (実装されている自動自己診断技術による)： $\lambda_{du} = \lambda_d \times (1-DC)$ 。

作業環境における安全

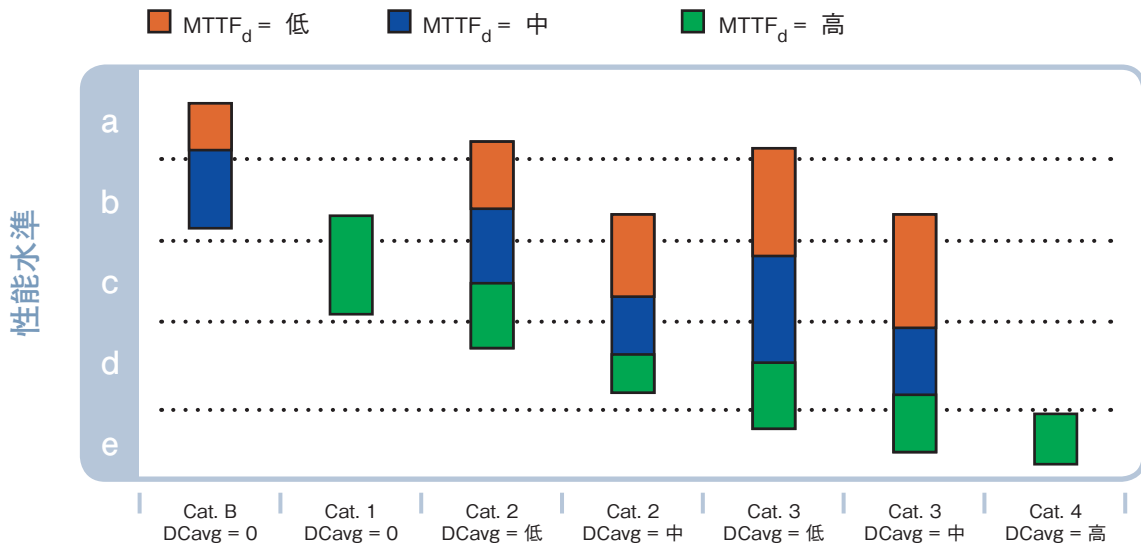
ISO 13849-1 では、1 時間当りに発生する危険側故障の平均確率を様々なカテゴリの組み合わせに対して事前に計算したマルコフ・モデルに基づく表と、この表を使用して求めたMTTF_dとDCavgの範囲値を掲載して、計算が簡単にできるようにしてあります。

MTTF _d の内容	MTTF _d の範囲	DCavgの内容	DC/DCavgの範囲値
Low(低)	3年以上10年未満	なし	DC < 60%
Medium(中)	10年以上30年未満	Low(低)	60% ≤ DC < 90%
High(高)	30年以上100年未満	Middle(中)	90% ≤ DC < 99%
		Hgig(高)	99% ≤ DC

したがって問題は、アーキテクチャを選択し、実装する自己診断技術のDCavgを計算し、設計回路の簡略化されたMTTF_dを計算し、冗長性アーキテクチャ (Cat. 2、3および4) の独立したチャンネル操作 (CCF) の条件を遵守していることを検証するだけとなります。

カテゴリと採用するDCavgの組み合わせについては、ISO 13849-1 の図5の7列の1つに示すとおりです。MTTF_dの計算結果に基づき、その列のどの部分を考慮すべきかが決まります。該当するPLについては、表の左側を参照してください。

図6.ISO 13841-1



列の選択した部分には、Cat. 3では、DCavg = 中で、MTTF_d = 低など、2つか3つのPL値が含まれる場合があります。PL値には下記の3つの値が可能です。PLb、PLcとPLdです。これらの場合、適切なPLを求めるには、この規格の別表Kの表K.1を参照する必要があります（ここには図はありません）。その図には、1時間当りに発生する危険側故障の平均確率の詳細に渡る値と、MTTF_dの実数値に関するPL、実装するカテゴリとDCavgの組み合わせが記載されています。

指定の5つのアーキテクチャの1つ（またはそれ以上）を使用して制御システムが設計されている場合のみこの規格を採用できます。それぞれのアーキテクチャは、EN 954-1に規定されているカテゴリの1つに相当します。

EN 954-1に従い設計されたシステムの場合、カテゴリの選択は、リスクグラフのリスクに直結しています。ISO 13849-1の場合は指定の性能水準ごとにいくつかの選択肢があるためこれより柔軟性があります。表5に例が示してあります。PLが「c」であるシステムの場合、下記の5つの選択肢が可能です。

1. MTTF_d = 低でDCavgが中のカテゴリ3
2. MTTF_d = 中でDCavgが低のカテゴリ3
3. MTTF_d = 中でDCavgが中のカテゴリ2
4. MTTF_d = 高でDCavgが低のカテゴリ2
5. MTTF_d = 高のカテゴリ1

作業環境における安全

いくつかのSRC/PSを組み合わせて全体的なPLを達成

安全関連機能には、1つ以上のSRP/CSが含まれる場合があります、またいくつかの安全関連機能が同じSRP/CSを使用する場合があります。他のアーキテクチャを使用して個々のSRP/CS機能を確保することも可能です。たとえばセーフティ・ライトカーテン、制御ロジック、電源出力などいくつかのSRP/CSのそれぞれのPLがわかっていて、それらを直列で接続して安全関連機能を作動させる場合、この規格では全体のPLを計算するための簡単な方法が提示されています。

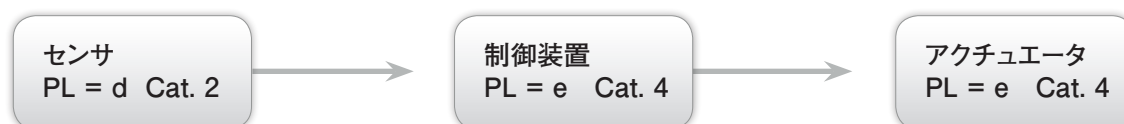
PL = PL lowの部品を特定します。

PL = PL lowの部品の数を特定します。

次ぎの表にデータを入力して、PLの合計を計算します。

PL (low)	n (low)		PL
a	> 3 ≤ 3	→	- a
b	> 2 ≤ 2	→ →	a b
c	> 2 ≤ 2	→ →	b c
d	> 3 ≤ 3	→ →	c d
e	> 3 ≤ 3	→ →	d e

この表から算定されるPLは、ISO 13849-1の表3の間隔それぞれの中間点の信頼性の値を示します。



この場合 PL low = d N low = 1 (<3) のため、PL total = d となります。またシステム全体の1時間当りに発生する危険側故障の平均確率は、ほぼ 1×10^{-6} から 1×10^{-7} の間の数となります (ISO 13849-1の表3参照)。

IEC 62061 機械の安全性 – 安全関連電気/電子/プログラム可能な電子制御システム

IEC 62061は、IEC 61508 – 安全関連電気/電子/プログラム可能な電子制御システムの機能面での安全性から派生したものです。

IEC 61508は、電気、電子およびプログラミング可能な電子システムの機能面の安全性に関わる基準となる国際規格です。この規格は7章で構成されています。最初の3章には、ハードウェアとソフトウェアの安全要件が規定され、他の4章は情報を提供するためのもので、ハードウェアとソフトウェアの適切な使用に対する助言が記載されています。

IEC 62061はIEC 61508の内容をそのまま引き継いでいますが、工業用機械の具体的なニーズに合わせて、安全要件（ハードウェアとソフトウェアの両方の）を簡略化しています。たとえば、安全機能を要請するのが1年に複数回など、安全要件が「需要が高いモード」の場合に対してのみ考慮されています。

この規格は、次ぎの2つの考え方に基づいています。

- 機能面の安全性の管理
- 安全度水準 (Safety Integrity Level)

作業環境における安全

操作上の安全管理

安全要件の指定から、文書化、設計管理、さらに検証まで、機能面の安全性に関して要求される水準を達成するために必要な設計面のあらゆる局面を指定しています。
設計ごとに独自の機能面の安全計画が整備され、適切に策定され、文書化され、必要に応じて正式に更新される必要があります。
機能面の安全計画によって、安全システムの設計と実装に必要な人員と機能、資源を明確にする必要があります。

安全度水準 (SIL)

次ぎの手法と要件が規定されています。

- － 実装する安全関連機能ごとに機能要件を指定する手法と要件
- － 予測される安全関連機能ごとに安全度水準 (SIL) を割り当てる手法と要件
- － 実装する安全関連機能に適した SRECS の設計を可能とする手法と要件
- － SRECS の検証手法と要件

SIL の割当

SIL の割当には、別表 A の手法を使用します (この規格は IEC 61508-5 の技術も認めています)。

明確化されたリスクごとに次ぎの点を査定します。

- － 損害の重大度 (Se)
- － 危険にさらされる頻度と時間の長さ (Fr)
- － 機械の操作モードに直結する危険な事象の確率 (Pr)
- － 危険回避の可能性 (Av)。危険を回避するのが困難であればあるほど、危険回避の可能性を示す数字が高くなります。

以下の表は、IEC 62061 規格の図 A.3 からの抜粋ですが、安全関連機能に割り当てる SIL を計算する際に有効です。

結果	重要度 Se	Class CI					頻度と時間の長さ Fr		危険な事象の 確率 Pr		危険回避の 可能性 Av	
		4	5-7	8-10	11-13	14-15						
死亡、目または腕の消失	4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3	1時間以上	5	非常に高い	5		
治癒不能:指の消失	3		OM	SIL 1	SIL 2	SIL 3	1時間から1日	5	高い	4		
治癒可能:医療処置	2			OM	SIL 1	SIL 2	1日から2週間に1度	4	可能性がある	3	不可能	5
治癒可能:救急措置	1				OM	SIL 1	2週間に一度から1年に一度	3	ごくまれ	2	可能性がある	3
							1年に一度未満	2	無視	1	起こるかもしれない	1

OM (その他の尺度) = 他のパラメータの使用も提案されています。

頻度、確率および回避可能性の属性に対して得られた得点の合計で、危険の確率の等級を表します。

$$CI = Fr + Pr + Av$$

SIL を算定するには、明らかになった重要度水準 (Se) に合わせて実際の CI を調整します。

これは相互作用のプロセスです。事実、採用する安全保護手段によっては、Fr または Pr などパラメータが変化する可能性があります。その場合変更したパラメータに新しい数値を使用して、SIL を割り当てるプロセスを繰り返す必要があります。

予測される水準は、SIL 1、SIL 2 および SIL 3 の3つです。

作業環境における安全

1時間当りに発生する重大な故障の平均確率(PFH_d)

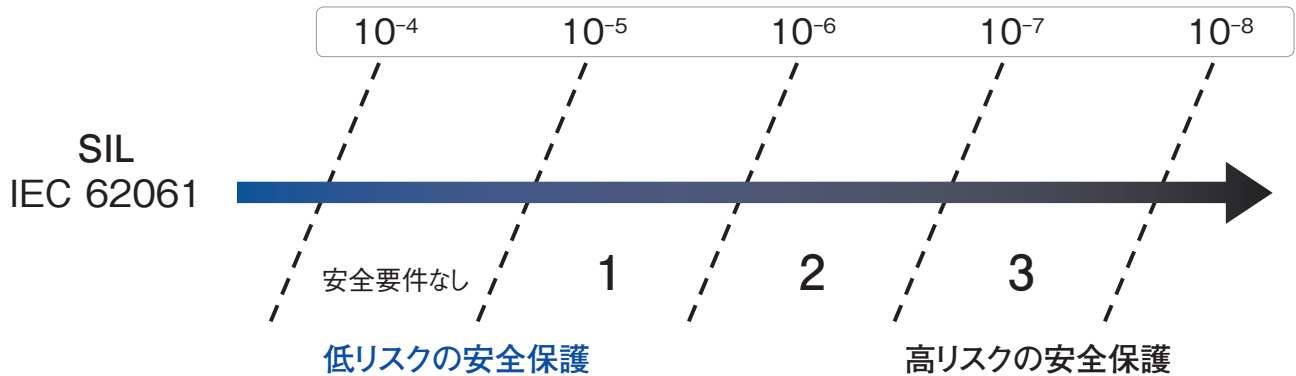


図7.IEC 62061の表3

したがって、SILは、SRECSに割り当てられた安全水準で、作動状態および指定した時間が終了するまでずっとその安全度水準が達成され持続される安全水準を表します。SIL（安全度水準）の定義に使用されるパラメータは、1時間当りに発生する危険側故障の確率(PFH_d)です。SILが高ければ高いほど、SRECSが期待どおりに安全に機能しない確率が低くなります。

SILは、リスク解析によって、安全関連機能ごとに規定する必要があります。

開発および設計工程

リスク解析によって明確化された安全関連機能については、次ぎの点から説明する必要があります。

- ・動作要件（運転モード、サイクル時間、環境条件、応答時間、他の構成部品または部品との接続の種類、EMC水準など）
- ・安全要件（SIL）

安全関連機能ごとに、入力データの機能ブロック、論理データ処理の機能ブロック、出力データの機能ブロックなどに区分する必要があります。

サブシステムは、それぞれの機能ブロックと関連付けられます。サブシステムは相互に接続した電気構成部品で構成されます。電気構成部品をサブシステム・エレメントといいます。

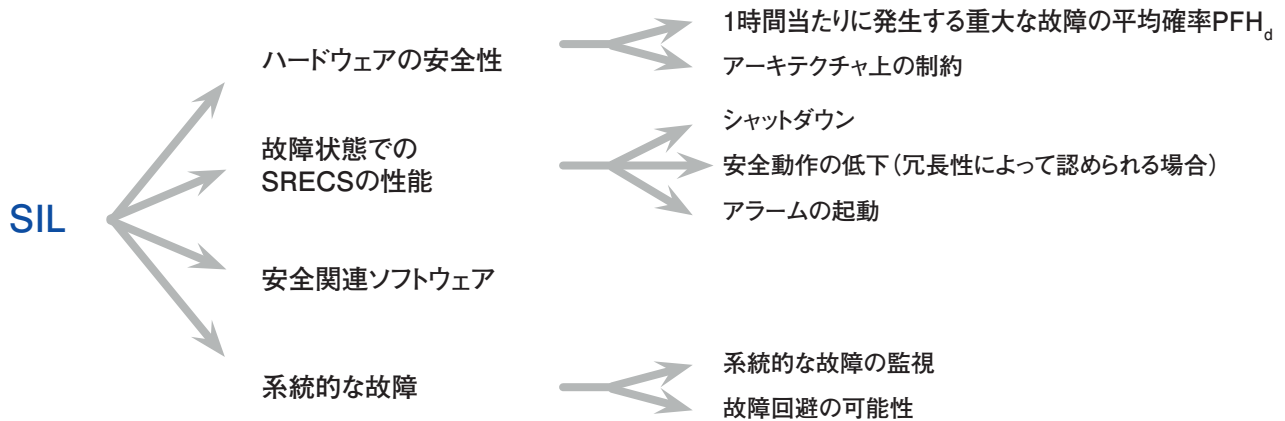
SRECS技術の実装によって、図に示すような典型的なアーキテクチャとなります（この例では、光電式ライトカーテンで制御します）。



図8.SRECS技術の典型的なアーキテクチャ

作業環境における安全

明確化された動作用件と安全要件をSRECSが遵守するためには、次ぎの要件を遵守する必要があります。



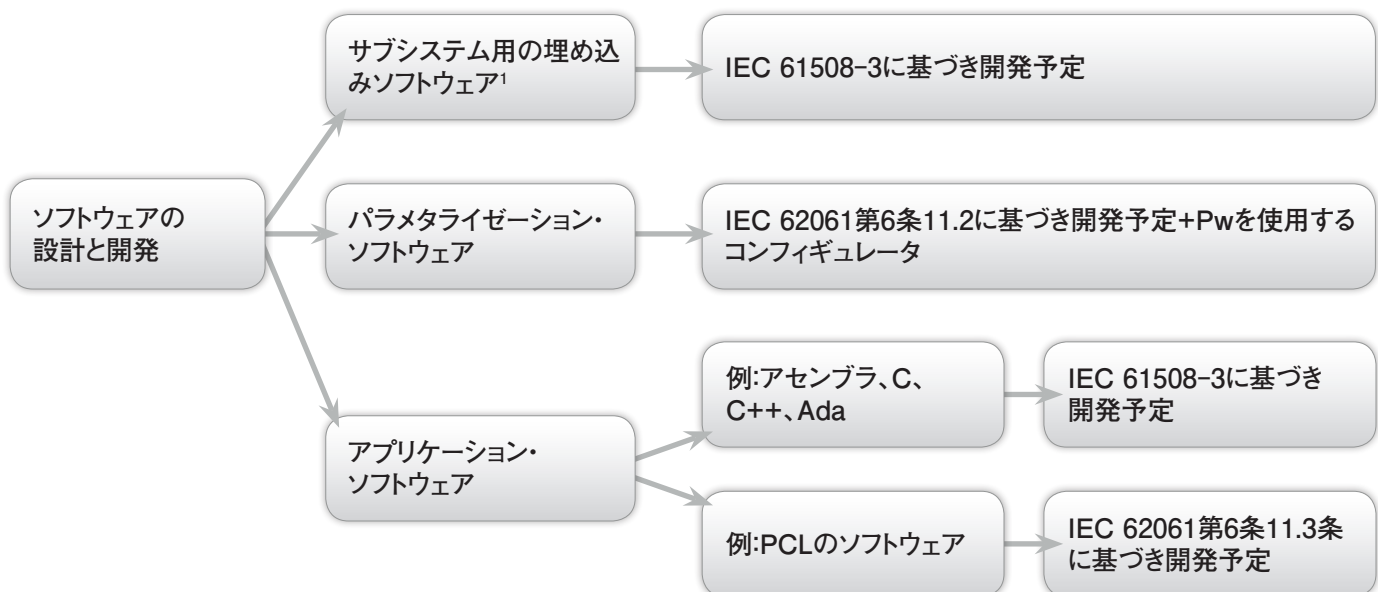
それぞれのサブシステムは、要求されるSILを達成するのに適した電気回路で構成される必要があります。

サブシステムが確保できる最大のSILを、SILCL (SIL 対応) といいます。

サブシステムのSILCLは、PFH_d、アーキテクチャ上の制約、故障条件下での性能および系統的な故障を制御し、回避できる能力によって異なります。

安全関連ソフトウェア

ソフトウェアの設計では、対象のソフトウェアの種類によって基準となる規格ごとに、次ぎのようにコードを開発する必要があります。



注記1：安全関連PLC、安全バス、アクチュエータ、セーフティ・ライトカーテンおよび一般的にプログラミング可能なロジックと埋め込みソフトウェアを実装したあらゆる複雑な安全関連機器がSRECSの構築に使用される場合、機能面の安全性に関して、該当する製品規格の要件（該当する場合）とIEC 61508を遵守する必要があります。

作業環境における安全

重要事項

確率は、SILの割当に貢献する要素の1つではありません。具体的なSILを申請する者は以下を証明し、文書を作成する必要があります。

- ・動作の安全確保に必要な水準を達成するための適切な管理措置と技術を採用していること
- ・最新の運用安全計画を文書に整備していること
- ・可能な限り系統的な故障を回避していること
- ・本番環境条件下で安全システムの性能を評価していること(点検とテストにより)
- ・組織面で必要な事柄すべてを採択してからソフトウェアを開発していること

サブシステムのPFH_dの算定

サブシステムのPFH_dを算定するために、まず、アーキテクチャ(構成)の種類を選択します。この規格では、事前に決められた4つのアーキテクチャを提案し、アーキテクチャごとに異なる簡略式を提示しています。

λ_d = サブシステム・エレメントごとに発生する危険側故障の比率。周知の故障率 λ 、あらゆる故障モードの故障率の分布比率(%)および故障後のサブシステムの性能解析(危険側故障 = λ_d または危険側故障でない故障 = λ_s)から算定します。

T1 = 耐久試験。工業用機械の耐久試験の間隔は(外部検査および修理によってシステムを新しい条件にする)、通常の寿命(20年)と一致します。

T2 = 診断機能のテスト間隔。設計または使用する機器によって、同じSRECSまたは他のSRECSの内蔵回路で診断機能を実行できます。

DC = 自己診断率:

起こりうる危険側故障すべてのうち、検知された危険側故障の比率を表すパラメータです。DCは、実装した自己診断技術によって異なります。故障は常に起こりうる(そうでない場合は、 λ を定義する意味はありません)、故障を検知するメカニズムは必ずしもすべて同じような効果と反応である必要はない、またあらゆる故障を検知することは不可能であり、適切な回路構成と効果的なテストによって、危険側故障をほとんど検知できると仮定すれば、実装する自己診断技術の有効性を予測するためのDCパラメータを定義することは可能です。

IEC 62061には、実装する診断機能に関してDCを算定するためのデータは盛り込まれていませんが、IEC 61508-2別表Aのデータを使用できます。

β = 共通原因故障係数。冗長性チャンネル・システムの動作とどの程度独立しているかを示す尺度です。

IEC 62061の式を使用してサブシステムのPFH_dを算定した場合、あるサブシステムが達成できる最大のSILCLはそのアーキテクチャのハードウェアの故障許容度と以下の表に一覧するSFFの制約を受けます。したがって、IEC 62061の表3(21ページ参照)から算定した関連のSILCLが、そのアーキテクチャによって課せられた制約と整合性があることを確認することが重要です。

安全側故障率(SFF)	ハードウェア故障許容度		
	0	1	2
SFF < 60%	認められません	SIL 1	SIL 2
60% ≤ SFF < 90%	SIL 1	SIL 2	SIL 3
90% ≤ SFF < 99%	SIL 2	SIL 3	SIL 3
SFF ≥ 99%	SIL 3	SIL 3	SIL 3

作業環境における安全

システムの安全側故障率 (SFF) とは、危険側故障に関連のない全体的な故障率をいいます。

$$SFF = (\sum \lambda_s + \sum \lambda_{dd}) / (\sum \lambda_s + \sum \lambda_{dd} + \sum \lambda_{du}).$$

λ_{dd} (検知可能な危険側故障の故障率) および λ_{du} (検知不能な危険側故障の故障率) は、実装された診断技術の周知の有効性の値を用いて計算します。

サブシステムごとの PFH_d と $SILCL$ が周知の場合、SRECS の全体的な SIL を算定することができます。

SRECS の 1 時間あたりに発生する危険側故障の全体的な確率は、関連のあるサブシステムすべての 1 時間あたりに発生する危険側故障の確率の合計と等しくなり、必要に応じて、安全関連通信回線の 1 時間あたりに発生する危険側故障の確率 (P_{TE}) も含める必要があります。

$$PFH_D = PFH_{D1} + \dots + PFH_{DN} + P_{TE}$$

PFH_d が周知の場合、算定された SRECS の SIL は、表 3 から求められます。SRECS に対応できる SIL は、どのサブシステムの $SILCL$ の最低値以下でなければならないため、サブシステムごとに、 SIL を $SILCL$ と比較する必要があります。

例:



$$PFH_d(\text{システム}) = PFH_d(ss1) + PFH_d(ss2) + PFH_d(ss3) + P_{TE} = 5,56 \times 10^{-7}/h$$

$$SIL = 2$$

1 つのサブシステムに、異なる SIL が必要な 2 つ以上の安全関連機能が関与している場合、最大の SIL が適用されなければなりません。

まとめ

ISO 13849-1 で指定されている規定は、IEC 61508 と比べ、1 時間あたりに発生する危険側故障の平均確率の予測を簡略化し、機械工具業界のニーズに即して現実的な方法を示しています。

カテゴリと、安全関連機能とリスクグラフなどの他の基本的な考え方を残すことで、EN 954:1996 からのスムーズな移行が確保されています。

EN 954:1996 に非常によく即した方法を残していますが、ISO 13849-1/EN 954-1 の限界も示されています。プログラミング可能な電子機器、安全関連バスの使用、異なるアーキテクチャなど複雑な技術の採択が予測される場合、IEC 62061 に基づき設計する方が適切であると思われます。

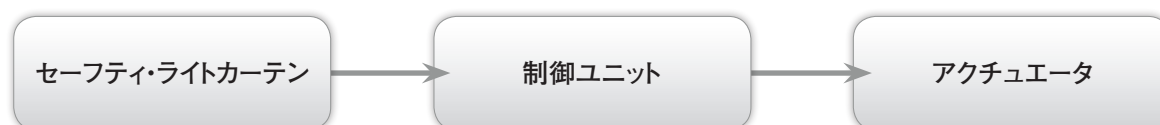
ISO EN 13849-1:1999 に従い設計された機器および/またはサブシステムを使用する場合、SRECS と統合する方法については、IEC 62061 規格に規定されています。

作業環境における安全

PLとSIL 双方がまったく同じである点は明確化できませんが、PLとSILとも、耐故障性の範囲を定義するのに、主に1時間当たりに発生する危険側故障の平均確率という同じ考え方を採用しているため、PLとSILの確率面を比較することは可能です。

また、この2つの規格で使用されている確率の考え方は同じであっても、計算の厳格さが同じではないため、結果は異なる場合があります。実際のところ、PFH_dを評価する場合、IEC 62061では、システム信頼性理論から派生した式に基づく方法を指定しています。構成部品数の削減、実装した自己診断技術の効率が高いなど、場合によって、結果が非常に低い数値、つまり非常によい結果になることもあります。1時間当たりに発生する危険側故障の確率の評価を簡略化し、スピードを上げるために、ISO 13849-1では、近似値表が使用されています。これを使用する際には、必然的に最悪のシナリオを考慮する必要があるため、結果は高い値となり、IEC 62061に基づき算定した結果より悪くなります。

したがって、以下のような直列接続されたシステムの全体的なPLを算定する場合は、特に注意が必要です。



カテゴリによって、算定される可能のある最大PLが、ISO 13849-1が実際に規定する最大PL（この規格の表5参照）に限定されます。そのため、システム全体に対して算定された1時間当たりに発生する危険側故障の確率を、ISO 13849-1の計算方法を使用せずに、IEC 62061に従い計算した部品のPFH_d値の合計として計算する場合、これらカテゴリによって部品に課せられる制約を考慮する必要があります。

SILとPLの実際の値でなく、1時間当たりに発生する危険側故障の確率の範囲を比較すべきであるという点に留意すれば、以下の表を一般的な指針として使用できます。

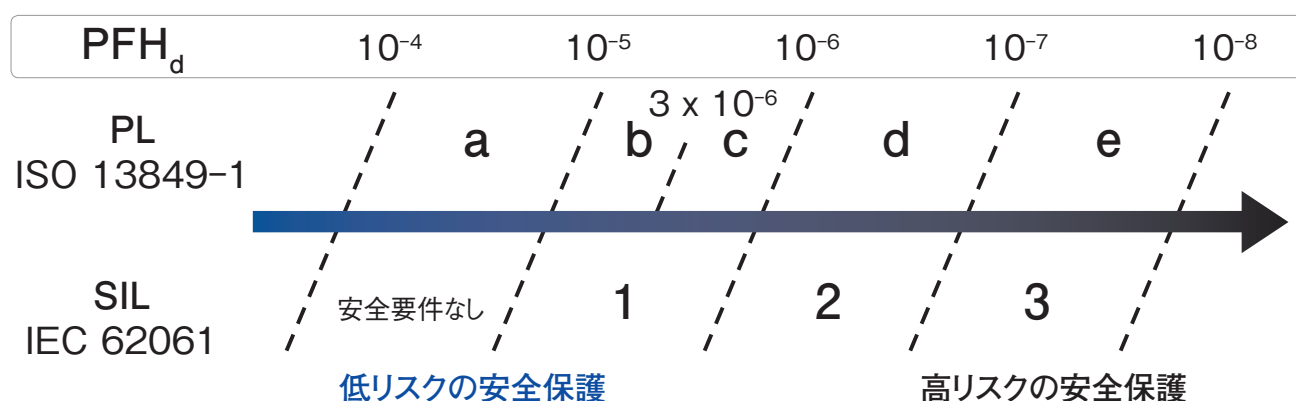


図9. 機能と安全必要性を満たす条件

作業環境における安全

用語集

略語記号	定義	規格	内容
β (ベータ)	共通原因故障係数	IEC 62061	マルチチャンネル・システムのチャンネルの動作の独立性。範囲は達成したCCFによって0.1 ～ 0.01まで。
λ (ラムダ)	故障率	IEC 62061	偶発故障頻度。構成部品の偶発故障頻度は通常故障率といい、1時間当りの故障数で表示。その逆が平均故障間隔 (MTBF) で、時間で表示。 偶発故障は、構成部品の最大設計強度を超える突然の応力が累積して発生する。任意の間隔で発生する場合とまったく予期せず発生する場合とがある。長期的には発生する故障の頻度は実質的に一定である。両規格が示すPFH _d の計算方法は、偶発故障の評価にしか言及していない。故障率の測定単位はFIT (Failure in Time) とい、10億動作時間ごとに1回の故障率を表す (F = 1は、109時間ごとに1回の故障を意味する)。
λ_s	安全側故障率	IEC 62061	危険側故障以外の故障の故障率。危険側故障でない故障は、安全に関わる悪影響を制御システムに及ぼすことはない。制御システムの安全性が引き続き確保される。
λ_d	危険側故障率	IEC 62061	危険な動作を伴う可能性のある故障の故障率。危険側故障によって、制御システムは継続して安全保護を提供できなくなる。
λ_{dd}	検知された危険側故障	IEC 62061	検知可能な危険側故障の故障率。自動自己診断システムによって、検知可能な危険側故障を検知できる。
λ_{du}	検知されない危険側故障	IEC 62061	検知不能な危険側故障の故障率。内蔵の自動自己診断機能では、検知不能な危険側故障を検知できない。これによってPFH _d の値が決まるため、SILまたはPLの値も決まる。
Cat.	カテゴリ	ISO 13849-1	カテゴリは、あるPLを達成する際に考慮すべき重要なパラメータである。カテゴリは、耐故障性と故障状況下における性能という点でSRP/CSの性能を表す。構成部品の構成上の位置によって5つのカテゴリが考えられる。
CCF	共通原因故障	ISO 13849-1 IEC 62061	共通の原因に起因する故障。 マルチチャンネル・システムのチャンネルの不具合を同時に起こす1つ以上の事象に起因する故障。 冗長性チャンネル動作の独立性を示す尺度となる。 得点で評価され、最高点は100点である。
DC	自己診断率	ISO 13849-1 IEC 62061	自動自己診断システムを作動するとハードウェアの危険側故障の確率を下げられる。システム自体に起こりうる不具合を素早く検知するシステム効率の尺度。60% ～ 99%で表示。
MTTF _d	危険側故障の平均故障間隔	ISO 13849-1	潜在的な危険側偶発故障（一般的な故障でなく）が発生するまでの平均運転時間（年で表示）。1つの構成部品または1つのチャンネルを指すことも、安全関連システム全体を指すこともある。
PFH _d	1時間当りに発生する危険側故障の確率	IEC 62061	1時間当りに発生する危険側故障の平均確率。安全関連制御システムによるリスク軽減係数の定量的な表し方。

作業環境における安全

略語記号	定義	規格	内容
PL	性能水準	ISO 13849-1	性能の水準。ISO 13849-1 では、性能水準（PL）の考え方を用いて故障を制御できる度合いを評価する。予測可能な運転条件の範囲内で安全関連機能を発揮できる SRP/CS の能力を表す。PLa から PLe まで 5 つの水準がある。PLe は最高水準のリスク軽減を、PLa は最低水準を表す。
PLr	要求される性能水準	ISO 13849-1	要求される性能水準。SRP/CS に実装されている安全関連部品ごとにどの程度リスク軽減に貢献できるかを表す。PLr は、リスク曲線を用いて算定できる。
SIL	安全度水準	IEC 62061	安全関連機能の安全度水準。IEC 62061 に基づく安全関連制御システムの耐故障性を説明するのに使用される離散的な水準（3 つのうちの 1 つ）。3 が最高の安全保護を意味し、1 が最低を意味する。
SILCL	SIL 対応	IEC 62061	アーキテクチャと故障検知能力という点でサブシステムが達成できる最大の SIL。
SRP/CS	制御システムの安全関連部品	ISO 13849-1	安全関連センサの状況によって機械の安全な状態を維持または達成できるようにする機械の制御システムの部品。
SRECS	安全関連電気、電子、プログラミング可能な電 IEC 62061 子制御システム	IEC 62061	故障すると直ちに機械の動作に関わるリスク要因が増大する電気、電子およびプログラミング可能な電子制御システム
T1	耐久試験の間隔	IEC 62061	耐久試験の間隔。耐久試験は、内蔵の自己診断システムでは検知不能な構成部品の故障や性能の劣化を検知する外部からの手作業による検査。計測単位は時間（月または年、通常は年）。
T2	診断の試験間隔	IEC 62061	自己診断機能の試験間隔。内部故障を検知する試験から次ぎの試験までの間隔。テストは、関連の SRECS に内蔵されるか、他の SRECS に帰属する専用の回路によって自動モードで行なわれる。計測単位は時間（ミリ秒～時間）。
SFF	安全側故障率	IEC 62061	危険側故障に関連のない全体的な故障率。安全関連システムの故障総数に対する危険側故障でない故障の比率。

光電式セーフティ・ライトカーテン

特性

ライトカーテンは、投光器から放射され、受光器に入る1本以上の光線を使用して目に見えない制御領域を構築する電気感応性機器です。その基本特性は次のとおりです。

・安全タイプ

- 機器に内蔵された自己診断と安全原則について規定します。
- 機械を特徴付けるリスク水準の関数として選択する必要があります。

安全装置が光電式バリア (AOPD – 能動的光電安全保護装置) の場合、必ず IEC 61496 1-2 の国際規格で定めるタイプ 2 またはタイプ 4 でなければなりません。

注記:「カテゴリ」でなく、なぜ「タイプ」か

ライトカーテンとレーザ・スキャナの場合、普通「安全タイプ」といい、他のすべての安全保護装置で使用する「安全カテゴリ」を使用しません。光電式安全保護装置の安全水準を決めるために、IEC 61496 1-2 の国際規格で「タイプ」という用語が導入され、そこからこのように区別されるようになりました。具体的には「タイプ」という言葉を用いることで、光学式安全装置以外の安全装置のカテゴリを規定する要件に、光学的な要件が加わります。つまり、タイプ 2 のライトカーテンとは、カテゴリ 2 の安全電子機器の要件を遵守するだけでなく、その光線が一定の開口角、光干渉に対する耐性などの特性を持つライトカーテンであるということです。タイプ 4 のライトカーテンとタイプ 3 のレーザ・スキャナもこれに準じます。一定の安全回路にどの機器を取り付けるべきか判断する場合に「カテゴリ」を使用するのと同様に「タイプ」を使用できます。

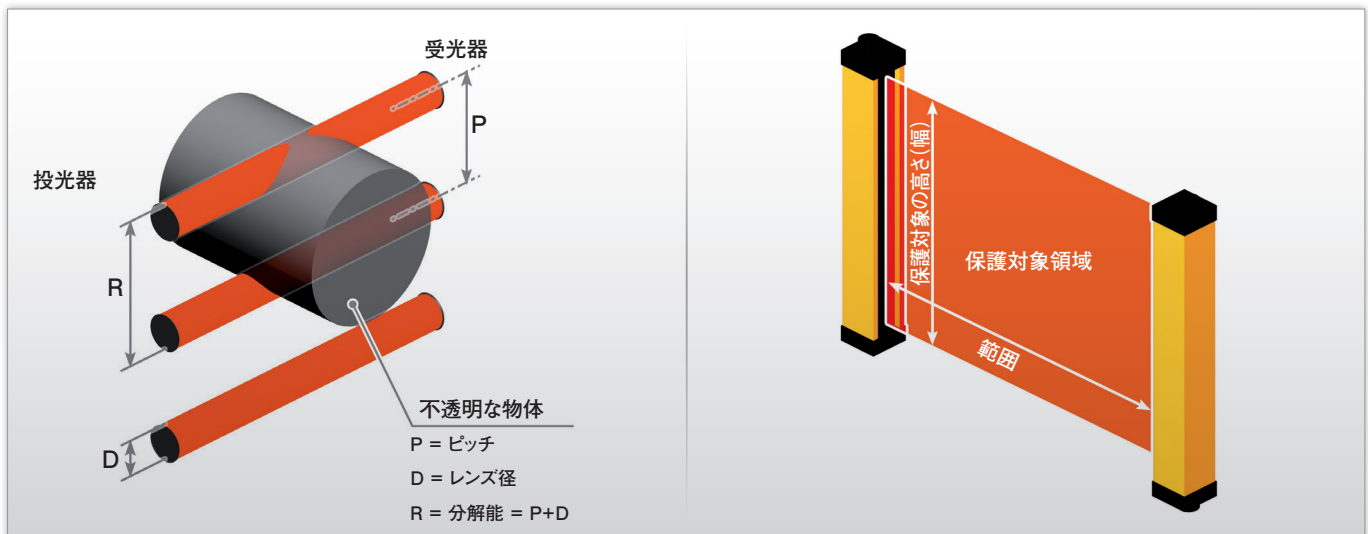
・分解能 (最小検出体)

制御領域に入って、制御領域内で障害物として検知され、機械の危険な動作を停止するために必要な最小検出体が、ライトカーテンの分解能です。

- シングルビームのライトバリア：分解能 R はレンズ径と同じです。
- マルチビームのライトカーテン：分解能 R はレンズ径プラス2つの隣接するレンズの距離の合計と等しくなります。

$$R = D$$

$$R = P + D$$



・保護対象の高さ(幅)

ライトカーテンが制御する高さです。水平展開する場合、この値は保護対象領域の幅となります。

・範囲

投光器と受光器の間の最大有効動作距離です。反射鏡を使用する場合、反射鏡ごとの減衰率を考慮する必要があります。減衰率はほぼ 15% です。

・応答時間

保護対象領域に障害物が侵入して検知されてから、ライトカーテンがアラーム信号を送信するまでに要する時間です。

光電式セーフティ・ライトカーテン

ライトカーテンの利点

- オペレータが疲労するか、注意散漫になった場合でも効果的に安全保護を確保
- ライトカーテンの使用により、手作業で物理的に防御装置を取り扱うか、防御装置が開くのを待つ必要がないため、機械の生産性が向上
- 機械の積降作業がスピードアップ
- 作業場へ接近する時間の短縮
- ライトカーテンが通常と異なる動きを検知すると機械が停止するため、不正使用を防止
- 柔軟に機械の調整が行えるため、簡単かつ迅速な取り付けとその後の位置変更が可能
- 一直線上、周辺・側面に沿って規模を拡大できるため、費用の大幅削減が可能
- グリッド、ゲートなどの物理的な防御装置を取り外す必要がないため、機械の簡単かつ迅速なメンテナンスが可能
- 見た目も優れ、人間工学面でも効果的

使用条件

光電式安全保護装置を効果的に機能させるには、以下の点を確認する必要があります。

- 機械の制御ユニットへ電気接続できること。
- 直ちに機械の危険な動作を停止できること。ライトカーテンを適切な距離に設置するためには、機械の停止時間を知ることが特に重要です。
- 危険な箇所に近づくまでにかかる時間が、危険な動きを停止するのに要する時間より長いこと。
- 材料が突き出るか、頭上から落ちるなど、機械に二次的危険が発生しないこと。二次的危険がある場合は、機械式などのその他安全保護手段を設けること。
- 最小検出体は、ライトカーテンの分解能より大きいこと。



光電式セーフティ・ライトカーテン

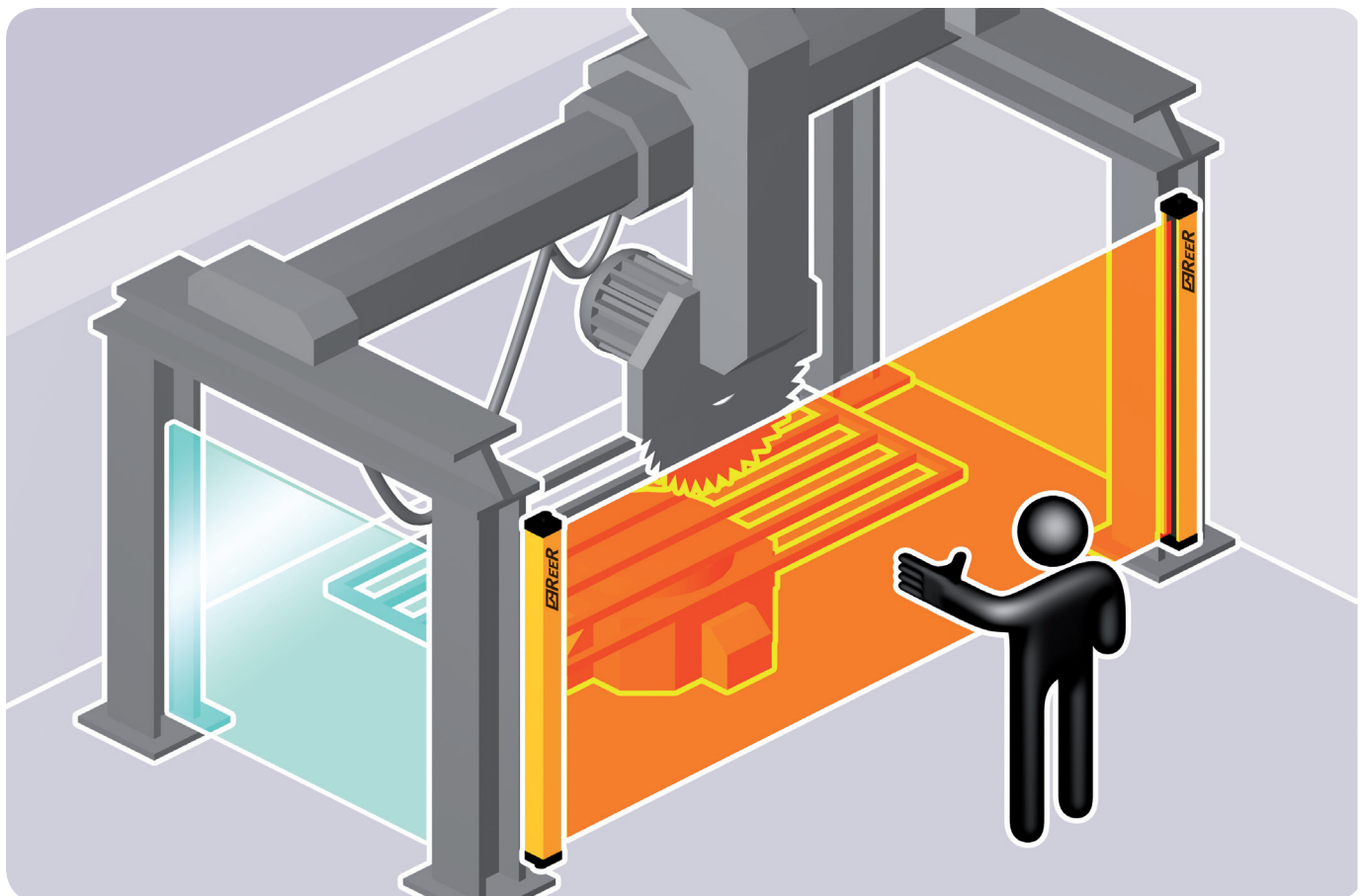
セーフティ・ライトカーテンの選択基準

1. 保護対象領域の定義
2. 検知する身体の一部の定義
 - 指または手
 - 接近する人の胴体
 - 危険領域内へ侵入した人
3. ライトカーテンと危険箇所の安全距離の定義
4. ISO 13849-1、IEC 62061、IEC 61496に基づき採用する安全カテゴリ水準/タイプの定義

保護対象領域の定義

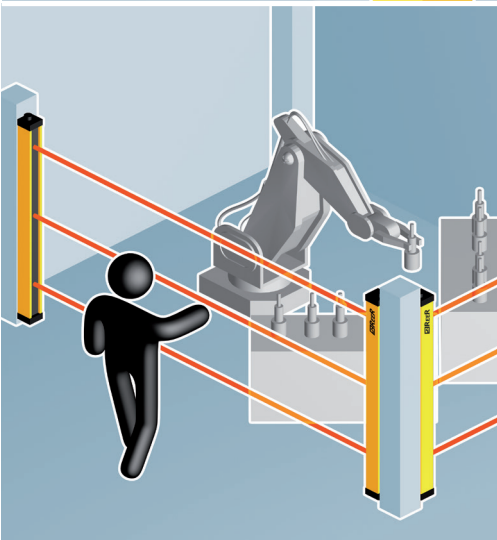
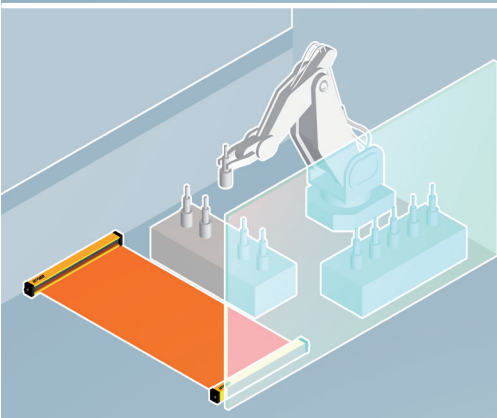
- 保護対象領域の構成を考慮
 - 形状と寸法：アクセス領域の幅と高さ
 - 危険部品の位置
 - 接近する可能性のある場所
- ライトカーテンの保護対象領域を遮断しないと、上、下、横から危険領域へアクセスできないような位置にライトカーテンを設置する必要があります。

1つ以上反射鏡を設置すれば、側面からアクセスできないように一定領域を保護できます。こうすれば、個別に多数のライトカーテンを取り付ける必要がなくなるため、大幅なコスト削減が可能です。



光電式セーフティ・ライトカーテン

検知のタイプの定義

	検知対象の部位	要件	利点
	指または手	オペレータが危険箇所近くで作業する必要がある場合に検知できること。 バリアの分解能は、14～40mmの間にすること。	危険箇所と保護対象領域の距離を上から縮めれば、寸法を縮小可能。 機械への資材の積降時間の短縮 オペレータの疲労が減り、生産性が向上。
	身体 (トリップ装置として使用)	側面からのアクセス制御と側面の安全保護、またスキャン距離が長い場合の検知に最適 バリアは危険から最低850mm離して設置すること。 バリアは通常2、3、4本の光線で構成。	光線の数減らせば安全保護に要する費用を削減可能。 反射鏡の使用によって、保護対象領域の拡大が可能。 以下を参照。
	人が危険領域へ侵入した場合	ライトカーテンを水平に展開し、限られた領域内に侵入した障害物を継続して制御して検知。 ライトカーテンの分解能は、検出面の高さ（幅）によって異なるが、116mmを超えないこと。	機械の押しボタンの制御装置がある場所から見えない領域の制御が可能。

注記： 検知対象領域を横切って危険領域に侵入し検知されない場合に、誤って機械がスタートしないこと。この種のリスクは、以下の方法で回避してください。

- 危険領域が完全に見渡せ、危険領域の内側からはコマンドが発せられない位置にスタート/リスタート・インターロック機能を取り付けること。
- リスタートコマンドは、IEC 61496-1を遵守して安全が確保されていること。
- 危険領域内のオペレータを検知するためにその他のセンサを追加して使用すること。
- 安全保護装置の検知対象領域と危険領域の間には、オペレータが検知されないまま取り残されることがないように防止する手段を用意すること。

光電式セーフティ・ライトカーテン

安全距離の決定

危険に対してライトカーテンが適切な位置に配置されているかどうか、安全確保の鍵となります。機械の危険な動きが停止しないと危険な箇所へ到達できないように、ライトカーテンは、最低安全距離 S 以上離して設置する必要があります。

ライトカーテンは、以下のような位置に設置する必要があります。

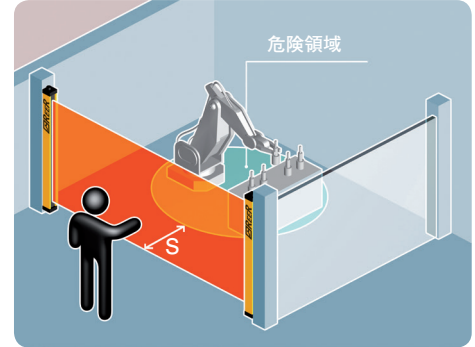
- ・ライトカーテンで制御されている領域を通過しないと危険な箇所まで到達できない位置
- ・検知されずに危険領域に侵入できないこと。そのためには、他の安全手段（水平に展開する光電式ライトカーテンなど）を追加する必要がある場合もあります。

欧州規格 **EN ISO 13855** は、安全距離を決定するための要素を規定しています。

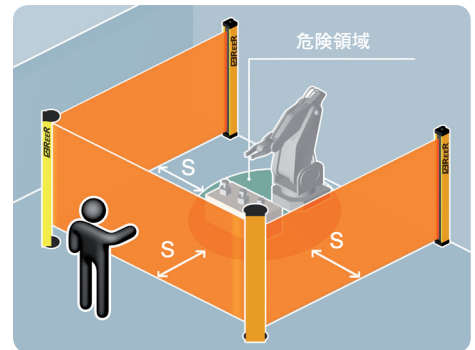
対象の機械が、具体的な **C** タイプの規格に準拠する場合、その規格を考慮する必要があります。

そのようにして決定された距離 S が長すぎる場合は、以下の措置を講じる必要があります。

- 機械が停止するのに要する時間を短縮すること
- ライトカーテンの検知能力（分解能）を向上させること。



片側の安全保護



反射鏡を使用して三方を安全保護

最小安全距離の算定に使用する一般式

$$S = K \times T + C$$

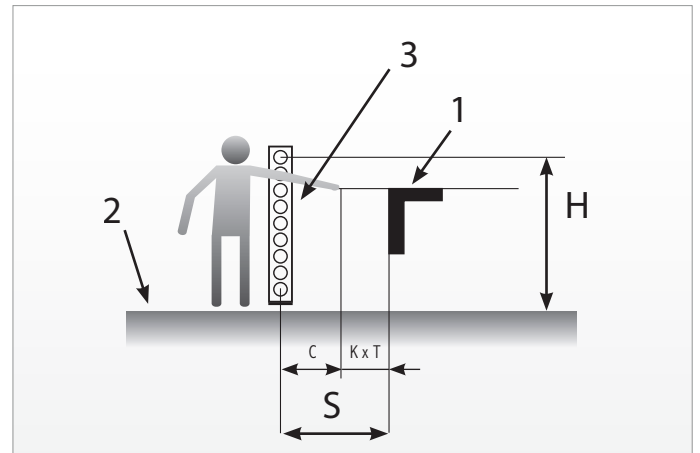
S	保護対象と危険箇所の間の最小安全距離 (mm で表示)
K	身体または体の部位が接近する速度 (mm/ 秒で表示) K の定義は以下とする K=2000mm/sec(最小安全距離 500mm 未満の場合) K=1600mm/sec(最小安全距離 500mm 以上の場合)
T	以下で構成される、機械が停止するまでに要する時間の合計 t1 安全装置の応答時間 (秒で表示) t2 危険な動作を停止するまでの機械の応答時間 (秒で表示)
C	追加距離 (mm で表示)

光電式セーフティ・ライトカーテン

Cについては、以下を考慮してください。

1. 検知される前に検知対象領域に身体の一部が侵入する可能性この場合。

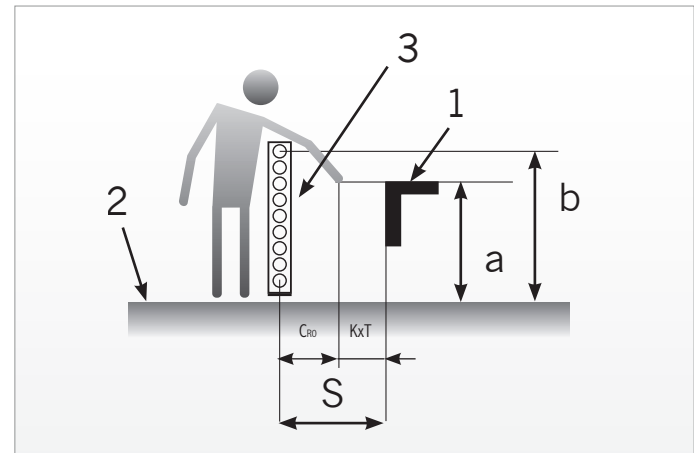
- $C = 8 \times (d-14)$ If D (ライトカーテンの分解能) ≤ 40 mm
- $C = 850$ If D (ライトカーテンの分解能) > 40 mm、
光線が2、3、4本のライトカーテンの場合
- $C = 1200 - (0,4 \times H)$ 水平展開のライトカーテンの場合



1 = 危険領域 2 = 基準面 3 = ライトカーテン

2. ライトカーテンの検知対象領域の上端から身を乗り出して危険源に触れる可能性。
この場合、 C_{RO} は、ISO 13855/EN999の表2から求められます。

- 補間は認められません。
- 距離a、bまたはCが表に一覧する値の間に入る場合、高い方の値を使用します。
- ISO 13855/EN 999の表2を使用して算定した C_{RO} （上から接近）を、従来どおりに計算したCと比較する必要があります（1を参照）。必ず高い方の値を選択してください。



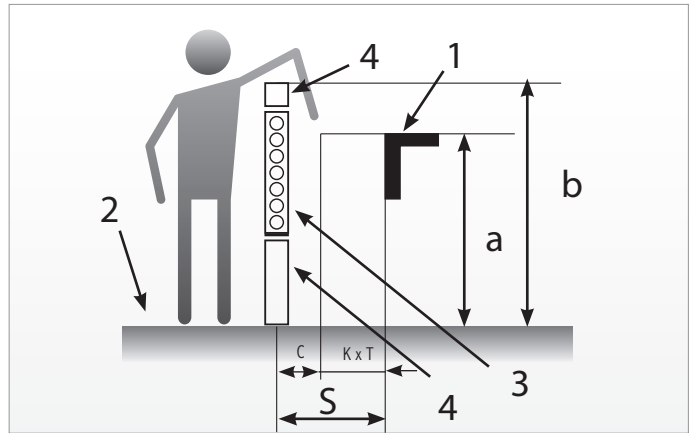
1 = 危険領域 2 = 基準面 3 = ライトカーテン

危険領域 a の高さ	光電式カーテンで保護される領域の上端までの高さ b											
	900	1000	1100	1200	1300	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600
	代わりの距離 C_{RO}											
2600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	-
2400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	-
2200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	-	-
2000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	-	-	-
1800	1100	1100	950	950	850	800	750	550	-	-	-	-
1600	1150	1150	1100	1000	900	800	750	450	-	-	-	-
1400	1200	1200	1100	1000	900	850	650	-	-	-	-	-
1200	1200	1200	1100	1000	850	800	-	-	-	-	-	-
1000	1200	1150	1050	950	750	700	-	-	-	-	-	-
800	1150	1050	950	800	500	450	-	-	-	-	-	-
600	1050	950	750	550	-	-	-	-	-	-	-	-
400	900	700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ISO 13855/EN 999の表2

光電式セーフティ・ライトカーテン

3. 安全柵のような機械式安全保護装置とライトカーテンのような電気式を組み合わせ使用し、機械式の上から体が侵入する場合、パラメータCを計算するためにISO 13857:2007表1(低リスクの場合)表2(高リスクの場合)を使用することが適切である。
 なお、このカタログではISO 13857:2007の表1、表2は引用しておりません。



1 = 危険領域 2 = 基準面 3 = ライトカーテン
 4 = 機械式安全保護装置

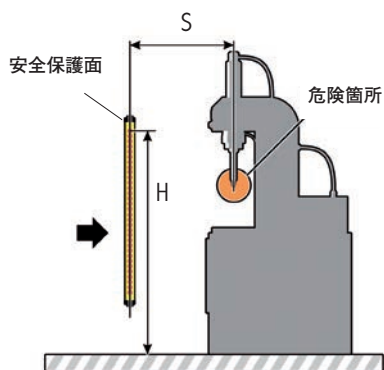
安全距離を算定する場合は、取り付け公差、測定した応答時間の精度と機械のブレーキ系統の性能劣化なども考慮してください。ブレーキ系統が劣化する可能性がある場合は、停止性能監視装置 (SPM) を使用してください。

光電式セーフティ・ライトカーテン

安全距離の決定

$\alpha = 90^\circ (\pm 5^\circ)$ の角度で保護対象面へ直角に接近する場合

手と指を検知する40mm以下の分解能の
ライトカーテン
 $D \leq 40$



最小安全距離(S)

公式は以下を
ご使用ください

$$S = k \times T + C$$

$$S = 2000 \times T + 8 \times (D - 14)$$

$S > 500$ の場合は、

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

とし再計算します

$$S = 1600 \times T + 8 \times (D - 14)$$

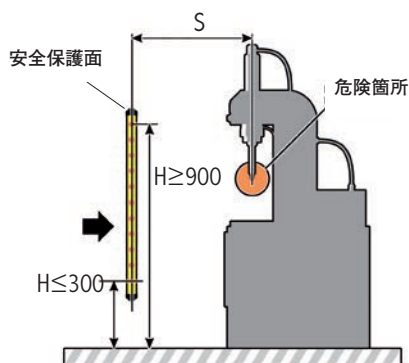
▶ C値はP32参照

・ 距離 S は 100mm 未満でないこと

・ 距離 S が 500mm を越える場合は、
以下の式を用いて距離を計算し
直せます。

・ その場合、距離は決して 500mm
未満とならないこと。

上肢と下肢を検知する40mm以上70mm
未満の分解能のライトカーテン
 $40 < D \leq 70$



公式は以下を
ご使用ください

$$S = k \times T + C$$

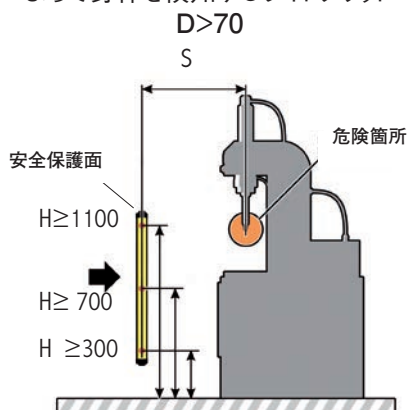
$$S = 1600 \times T + 850$$

▶ C値はP32参照

・ 最下部の光線の高さは、300mm
以下であること。

・ 最上部の光線の高さは、900mm
以上であること。

70mmを超える分解能のアクセス制御手段に
よって身体を検知するライトグリッド



公式は以下を
ご使用ください

$$S = k \times T + C$$

$$S = 1600 \times T + 850$$

▶ C値はP32参照

光線の数と高さ

N. 望ましい高さ

2 400～900mm

3 300～700～1100mm

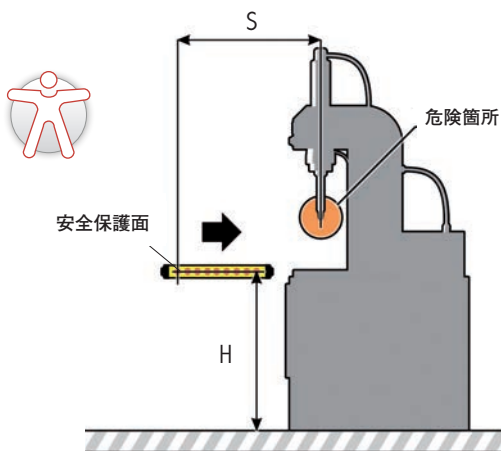
4 300～600～900～1200mm

光電式セーフティ・ライトカーテン

安全距離の決定

$\alpha = 0^\circ (\pm 5^\circ)$ で保護対象面と並行して接近する場合

危険領域内の存在を制御する
水平展開のライトカーテン



最小安全距離(S)
公式は以下を
ご使用ください

$$S = k \times T + C$$

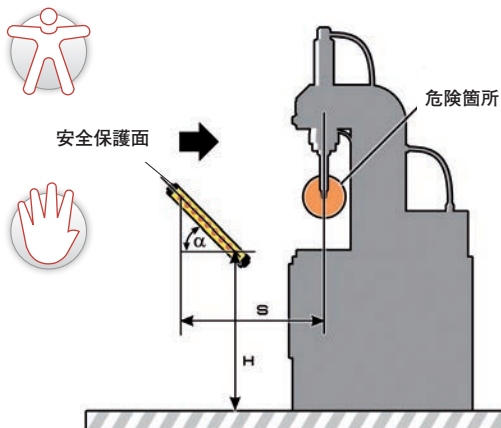
$$S = 1600 \times T + (1200 - 0.4 \times H)$$

▶C値はP32参照

- $1200 - (0.4 \times H)$ は850mm以上であること
- 最大高さはHmax
 $H_{\max} = 1000\text{mm}$
- 高さHは、ライトカーテンの分解能Dによって異なり、以下の式から算定されます。 $H = 15 \times (D - 50)$
- これは、さまざまな高さで使用する最大分解能を算定する場合にも使用できます。
 $D = H / (15 + 50)$
- 最大高さHが1000mmであることが周知の場合、分解能の上限は、以下のようになります。
 $H = 1000\text{mm}$ では、 $D = 116\text{mm}$
 $H = 0\text{mm}$ では、 $D = 50\text{mm}$
- リスクアセスメントの段階でHが300mmを超える場合、光線の下側からアクセスする可能性を考慮する必要があります。

$5^\circ < \alpha = 85^\circ$ の角度で保護対象面に斜めに接近する場合

手と上肢、危険領域への侵入を検知
する斜めに設置されるライトカーテン



- 角度が $\alpha > 30^\circ$ の場合は、安全保護面に直角に接近する場合を参照してください。(上記の場合)
- 角度 $\alpha < 30^\circ$ の場合は、安全保護面と並行して接近する場合を参照してください。(前ページの場合)

▶C値はP32参照

- $\alpha > 30^\circ$ の場合
- 距離Sは、危険箇所から最も遠く離れた光線との距離です。
- 危険箇所から最も離れた光線の高さは、1000mmを超えてはいけません。
- 高さHまたは分解能Dの算定には、以下の式を最下部の光線に当てはめてください。
 $H = 15 \times (D - 50)$
 $D = H / (15 + 50)$

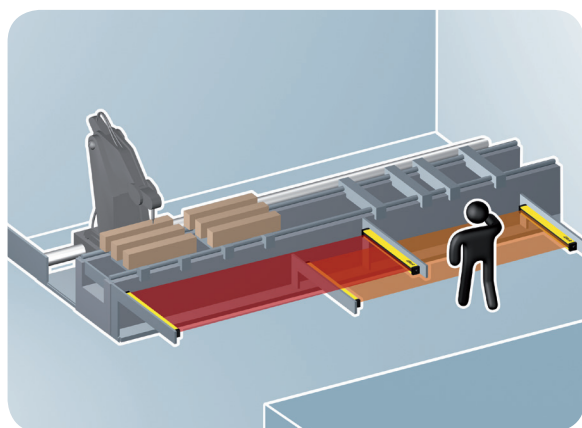
光電式セーフティ・ライトカーテン

ミュートイング機能

ミュートイング機能とは、機械のサイクルの間にライトカーテンの安全保護機能を一時的に自動的に遮断して、無効にする機能です。

ミュートイング機能には、以下の2つの使い方があります。

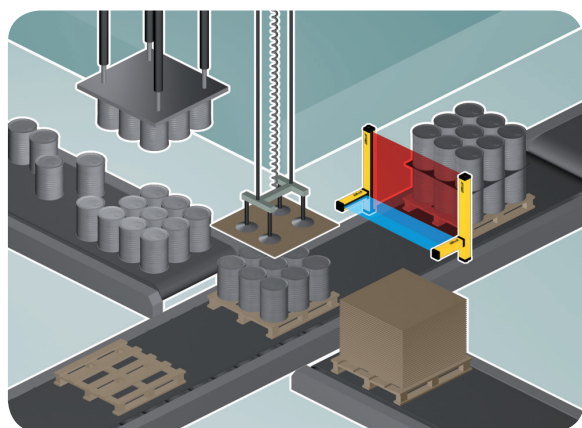
1. 機械のサイクルのうち危険がない時間帯に危険領域内に人が侵入できるようにする。



例：ワークの位置決めや撤去

最も危険な部品、工具の位置によって、2つのカーテンのうちのどちらか（工具の動作域に面する方）を有効にして、反対側をミュートイング・モードにすると、ミュートイング・モードのカーテン側でオペレータは工作物の積降ができるようになります。続いて、工具が機械の反対側に移動して作業を開始すると、ライトカーテンのミュートイング・モードが逆転し、工具が作動していない方のカーテンが有効となります。

2. 資材へのアクセスを可能にしながら、人身へのアクセスを防止



例：危険領域からパレットが出る場合

ライトカーテンにはミュートイング・センサが組み込まれていて、人身と資材を区別できます。資材しか制御されている領域を通過できません。

ミュートイング機能に関する基本要件については、以下の規格に規定されています。

IEC 61496-1
EN 415-4
IEC TS 62046

「機械類の安全性 - 電気感光性保護機器 - 第1部:一般要求事項及び試験」
「機械の安全性 - 自動パレタイザ」
「機械類の安全性 - 人を検出する保護設備の使用基準」

一般要件

- ・ミュートイングとは、安全関連機能を一時的に無効にすることで、この機能は自動的に起動し、起動を解除できなければなりません。
- ・システム全体の安全保護性能に悪影響が出ないように、ミュートイング機能を実装している回路の安全度水準は、一時的に無効とされた安全機能の安全度水準と同等でなければなりません。
- ・適切な時間が経過するか、または適切な距離が確保されると起動する2つ以上の独立した配線で送信される信号でしか、ミュートイング機能を起動・解除できないようにすべきです。
- ・ESPE 出力端子がオフの状態の場合、ミュートイング機能が起動できないようにする必要があります。
- ・装置の電源をオフにしてから、再度オンの状態にして、ミュートイング機能を開始できないようにする必要があります。
- ・機械サイクルの適切な時点、つまりオペレータに対する危険がない場合のみミュートイング機能が起動するようにしなければなりません。
- ・衝撃を受けた場合に不具合が発生しないように、ミュートイング・センサは機械的に安全が保護されていなければなりません。

光電式セーフティ・ライトカーテン

ミュートイング機能:パレタイザと運搬管理システム

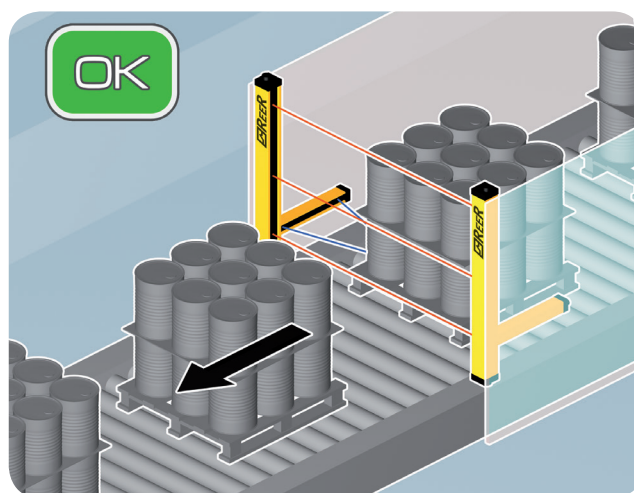
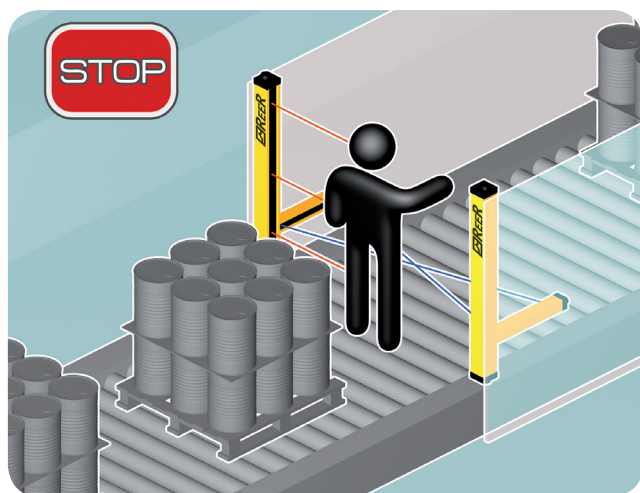
開口部の監視要件：

- ・パレットでなく積荷を監視すること。そうしない場合、オペレータがパレットに引っ張られて危険領域に侵入する可能性があります。
- ・ミュートイングの時間は、資材が開口部を通過するのにかかる実際の時間に限定する必要があります。
- ・ミュートイング機能は時間的な制限を設ける必要があります。
- ・センサの不具合によって起動と似通った結果が出て、ミュートイング機能が常時持続する状態になることは認められません。
- ・ミュートイング・センサは、人と資材との区別が明確にできるような構成と位置にする必要があります。
- ・ミュートイング機能が起動している間は常時、またパレットが開口部を通過し終わるまでは、開口部の配置、ミュートイング・センサの位置およびその他の側面からの防御手段によって、危険領域へ人がアクセスできないように防止する必要があります。

したがって、以下を区別する安全システムの実装が必要です。

- 資材は許可  ライトカーテンの通過
- 人は許可しない 

ミュートイング機能はタイプ2とタイプ4のセーフティ・ライトカーテンに搭載できます。

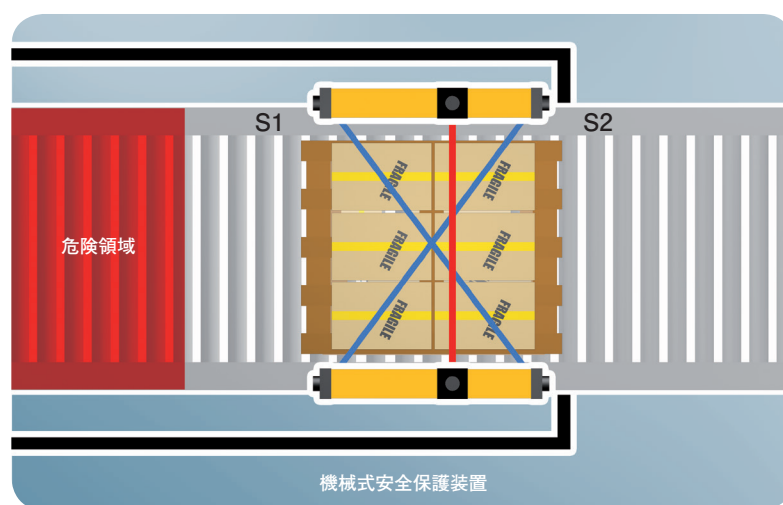


光電式セーフティ・ライトカーテン

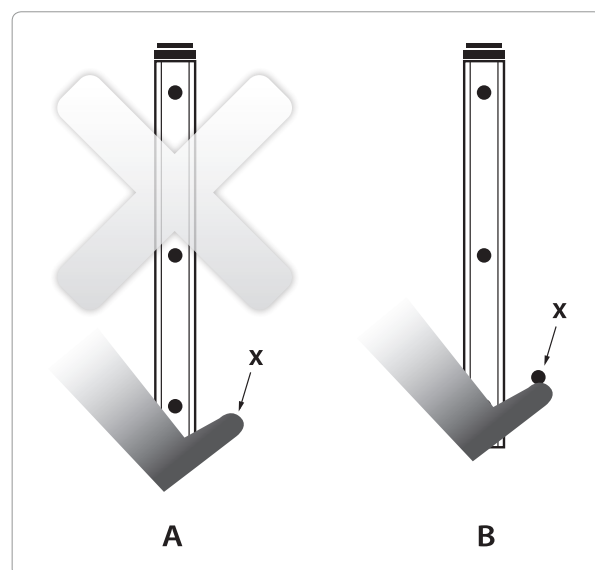
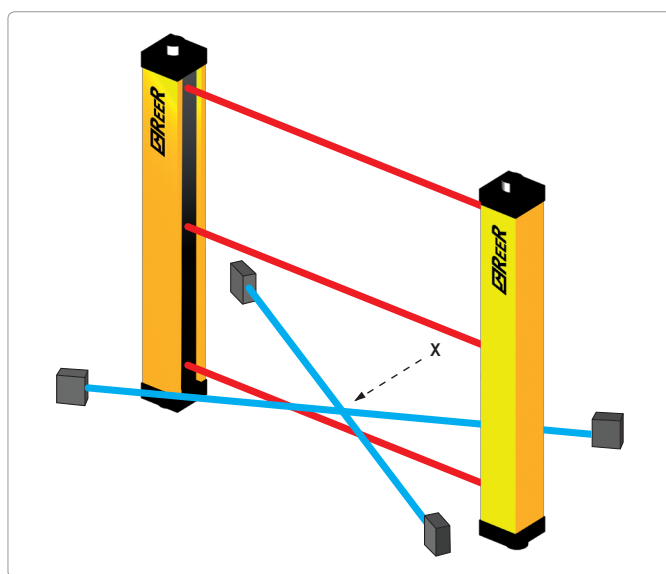
ミュートイング・センサの位置に関する共通のソリューション

2本の交差する光線を使用するミュートイング・センサー タイミングの監視と双方向パレット操作の構成タイプT

- 2本の光線の交差点が、ライトカーテンの内側の隔離された危険領域内にあること。
- フェール・セーフ・タイマを設置して、ミュートイング機能の持続時間を、資材が開口部を横切るのに要する時間に限定すること。
- ミュートイング機能は、ミュートイング・センサが同時に遮断される場合のみ起動すること。 $(t_2 (S2) - t_1 (S1) = \text{最大4秒})$
- パレットがセンサを通過して移動する間、2本の光線が連続して（分断されずに）遮断されること。
- 艶消しの円筒状の物体 $D = 500\text{mm}$ （身体のサイズをシミュレート）によってミュートイング機能が起動しないこと。



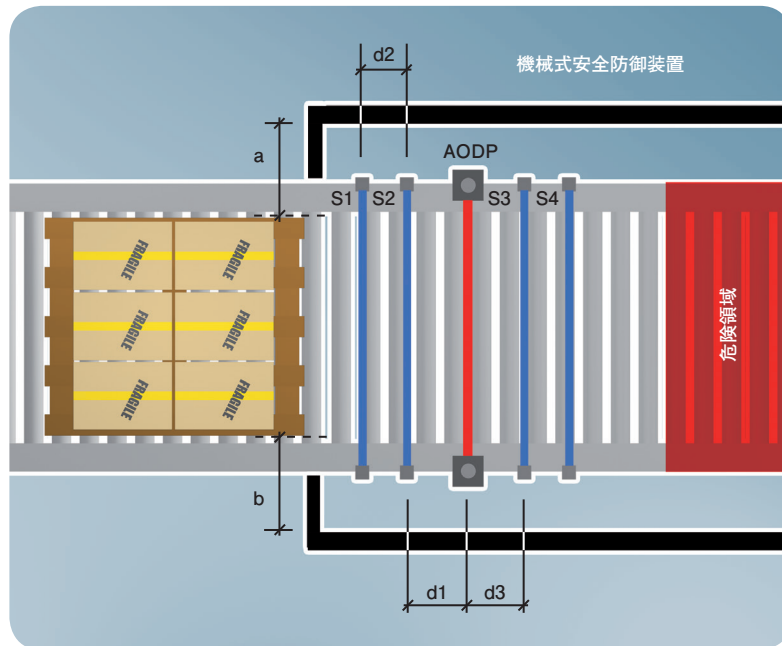
ミュートイング・センサの光線の交差点は、ライトカーテンの下側の光線より上の高さに置き、不正使用または誤ってミュートイング機能が起動するのを防止する必要があります。



光電式セーフティ・ライトカーテン

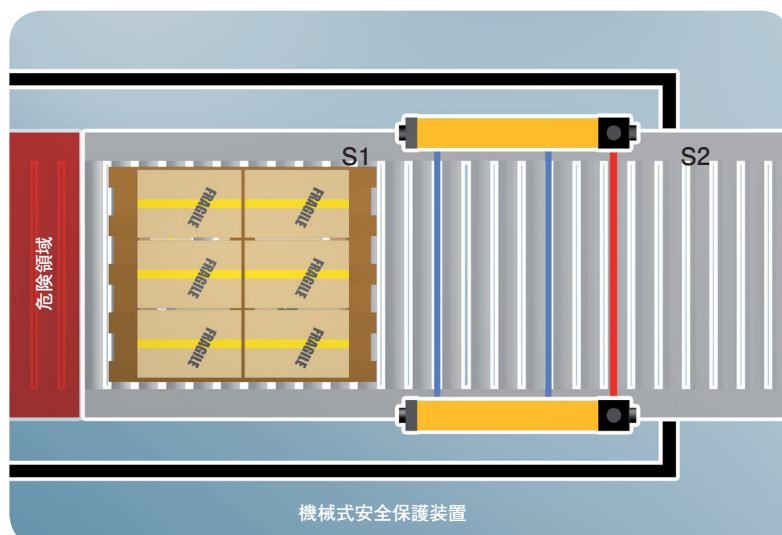
4本の平行ビーム（並列）のミュートイング・センサー タイミングおよび/または順序を監視する構成タイプ4 – 双方向パレット操作：

- 4つのミュートイング・センサが短時間すべて同時に起動する必要があります（4つのセンサが順次起動 / 起動解除されます）。
- センサ間の距離とライトカーテンの検知フィールドは、以下のとおりです。
 - $d1$ および $d3 < 200\text{mm}$ ミュートイング・モードの間パレットの直前または直後に人が検知されずにアクセスするのを防止するため
 - $d2 > 250\text{mm}$ 人の四肢、衣服などによって、2つのセンサが同時に起動し、ミュートイング機能が使用可能になるのを防止するため



2本の交差する光線または平行ビームのミュートイング・センサー タイミングの監視と一方向のみのパレット操作（危険領域から出るだけ）の構成タイプL：

- ミュートイング・センサは、ライトカーテンの内側の危険領域内に設置する必要があります。
- ミュートイング機能は、ライトカーテンから障害物がなくなると直ちに、また2つのミュートイング・センサのうち1つが障害物を検知しなくなった瞬間から4秒以内に使用不可となる必要があります。この4秒を監視するタイマは、安全関連部品でなければなりません。



光電式セーフティ・ライトカーテン

ブランキング機能

ブランキングは、セーフティ・ライトカーテンの補助機能で、ライトカーテンの保護対象領域内に不透明な物体が入っても、機械を停止しません。事前に決められた安全条件が満たされていて、設定可能な動作ロジックに従う場合のみブランキング機能が起動します。

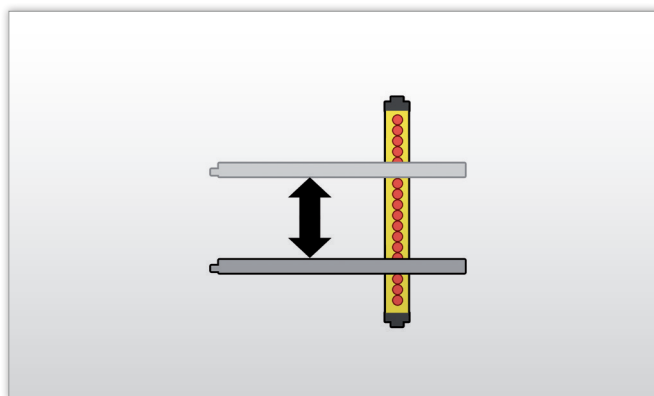
したがって、ブランキング機能は、作業中の資材または機械の固定部分や可動部分がどうしてもライトカーテンの保護対象領域に入らなければならない場合に特に有効です。つまり、事前に決められた数の光線が保護対象領域内で遮断された場合でも、ライトカーテンの安全出力端子をオンの状態にしたまま機械を作動させることができますということです。

フィクスドブランキングによって、他のすべての光軸を通常どおり作動させながら、保護対象領域の一定部分（決められた数の光軸線の範囲内）に人が入れます。

フローティングブランキングは、物体が一定数の光軸を遮断しても、ライトカーテンの保護対象領域内部を自由に移動できるようにする機能です。ただし、遮断する光軸は隣接していて（不連続でないこと）、事前に決められた数を越えてはいけません。

強制的に物体を介入させるフローティングブランキング機能を使用すると、保護対象領域内のブランキング機能が有効になっている範囲内でライトカーテンの機能を逆転することができます。つまり、ブランキング機能が有効な間は強制的に物体を介入させてブランキング対象の光軸を遮断しておくため、物体が保護対象領域の中に存在しないと、ライトカーテンが有効に機能し続けることができないということです。この場合も、上記の条件が満たされれば、保護対象領域内で物体は自由に移動できます。

ブランキング機能の要件については、技術仕様 [ICC/TS 62046](#) を参照してください。この技術仕様は、ブランキング機能が起動している検知対象領域を通して人が危険に近づくのを防止するその他の手段について追加し、規定しています。



WARNING!

ブランキング機能が使用できるかどうかは、安全保護の用途によって異なります。用途のリスク解析に基づき、具体的な用途に対してブランキング機能を使用できるか、またどの機能を使用できるかをご確認ください。

REER社はブランキング機能の不適切な使用またはブランキング機能による損害に対しては責任を負いかねます。

ブランキング機能を使用すると、検知能力が変わるため、安全距離を計算し直す必要がある場合があります。

安全レーザ・スキャナ

特性

安全レーザ・スキャナは、危険な可動部品のある工業用機械およびプラントで発生する事故のリスク、また無人搬送車（AGV）との衝突からオペレータを保護する電子感应性装置です。

EN 61496-3の場合、レーザ・スキャナは、タイプ3以下（拡散反射（乱反射）に反応する能動的電光安全保護装置 – AOPDDR）に基づく認定が必要です。

IEC 61508、IEC 62061、ISO 13849-1の場合は、SIL2 – PLd以下の認定が必要です。

安全レーザ・スキャナを使用すると、別途反射素子や受光素子を搭載しなくても、水平に展開するさまざまな形状（半円形、長方形または分割して）の保護対象領域を正確にプログラミングして構築できるため、あらゆる用途に適しています。

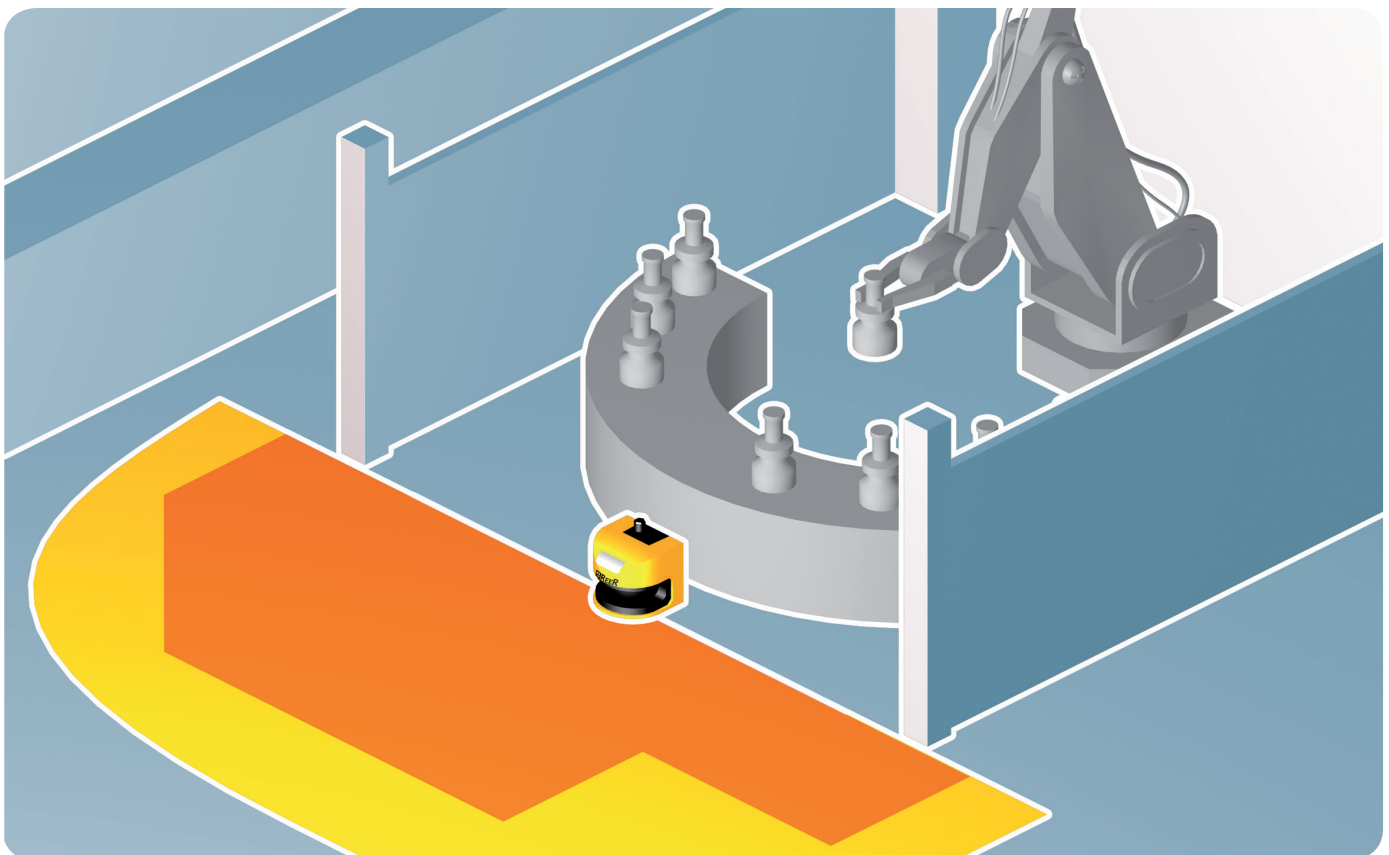
危険領域への侵入を防止するために垂直に（上下に）レーザ・スキャナを使用することもできます。この場合は、ゲートの端を検知できるようにすることが絶対条件となります（IEC TS 62046）。

調査のために安全領域に入るか、安全領域内に留まる人または物体は、安全レーザ・スキャナの自己監視静的安全出力端子を通じて、保護対象の機械の制御システムへ緊急停止コマンドを発信し、機械の危険な動作を停止できます。

安全領域でなく、警告領域に入った場合は、安全関連でない専用のソリッドステート出力端子から、機械の制御システムへ信号が送信され、この信号で光または音の信号が起動して、オペレータが安全領域に誤って侵入して、機械を停止しないよう防止できます。AGVの場合、警報信号を発して車両のスピードを落とし、車両が安全領域に侵入して、急停止するのを防止できるため、AGVの機械的磨耗を軽減できます。

制御領域の形状やその他の設定可能なパラメータは、ラップトップまたはPCにインストールされ、直列インターフェイスでスキャナに接続された専用のユーザインターフェイス・ソフトウェアを使用してプログラミングできます。

レーザ・スキャナは、ティーチイン機能によって制御領域を自動的に検知することもできます。

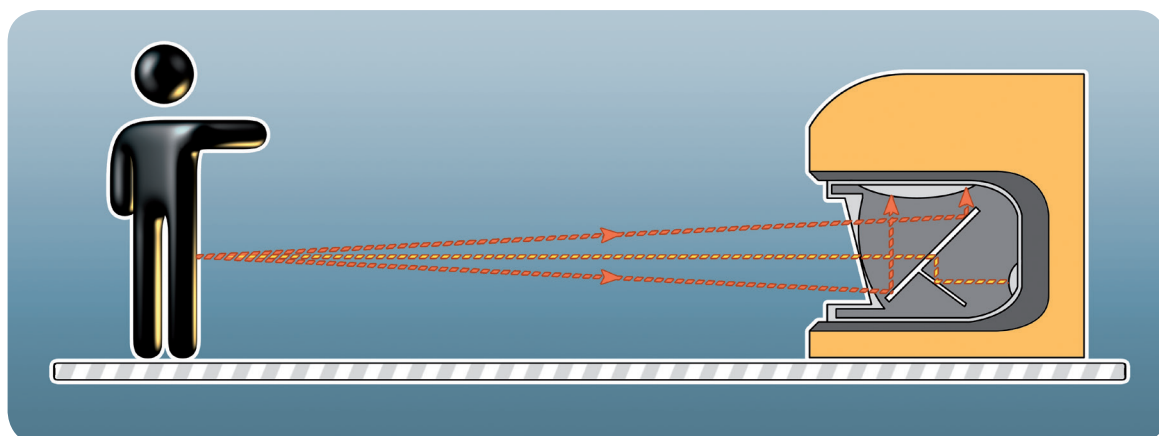


安全レーザ・スキャナ

動作原理

安全レーザ・スキャナから超短赤外線レーザ光パルスが放射されます。放射光は、制御領域内の障害物に当たり、光の一部が反射して投光源へ戻ります。

レーザ・スキャナは、最高水準の技術を用いて、センサと障害物の間の距離を光が走り、戻るまでの時間（10億分の1秒）を測定して、3cmの精度で距離を測定します。

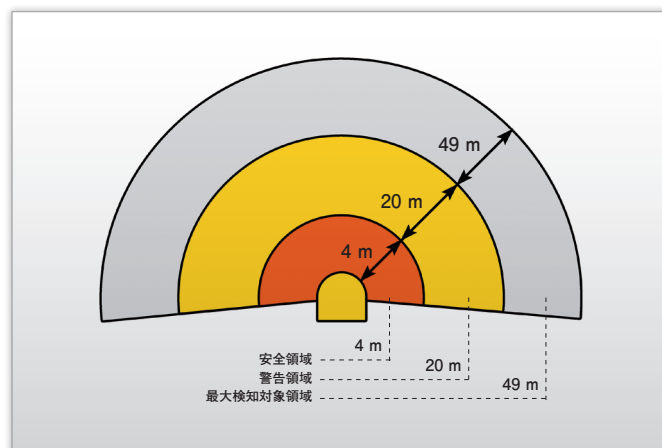
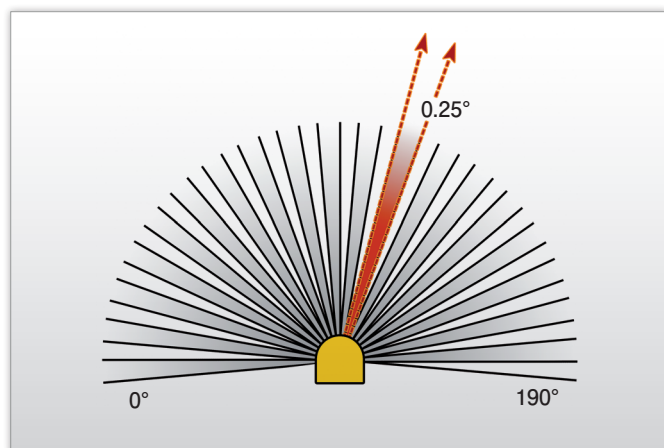


回転する光学系を使用して、190°の半円の領域を0.25°の間隔で測定し、1回のスキャンで合計760回計測します。1秒間に33回のスキャンが可能です。

安全レーザ・スキャナは最大半径4メートルの制御された安全領域と最大半径20メートルの警告領域を検知できます。衣類や皮膚の反射率とは関係なく安全領域内に存在する人を安全に検知します。

2つの制御領域の形状はどのようにもプログラミングできます。そのため、レーザ・スキャナは、1回のスキャンで760回の計測ごとに、実測値と設定値を比較します。

実測距離が設定距離より短い場合、障害物は安全領域内にあるということです。その場合、機械に停止コマンドが送信されます。



安全レーザ・スキャナ

制御領域

安全領域

安全領域とは、レーザ・スキャナが1.8%の最小赤外線反射率の障害物を確実に検知する有効安全領域です。衣服の種類に関わらずどのような人物も検知できるということです。この領域に障害物があると、機械の緊急停止を制御する2つの安全出力端子が切り替わります。用途に応じてこの領域の形状をプログラミングできます。

警告領域

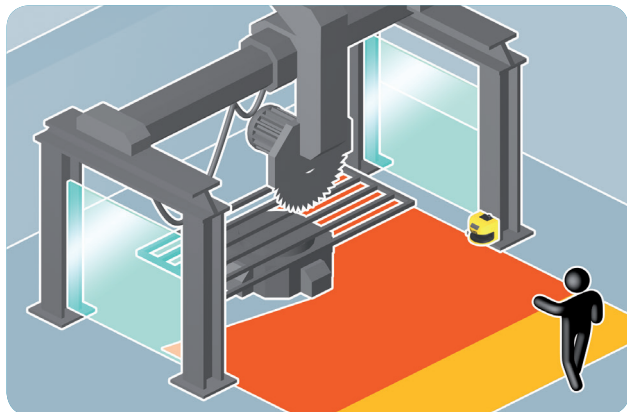
警告領域とは、レーザ・スキャンが安全領域に接近する障害物を検知できる領域をいいます。この領域に障害物があると、光または音の信号を起動するか、危険な動きのスピードを落とす補助出力に切り替わります。この領域は一般的には安全領域より広くなります。この場合も、領域の形状を用途の要件に応じてプログラミング可能です。

レーザ・スキャナの利点

- 投光器と受光器が不要
- さまざまな形状の制御領域を簡単にプログラミング可能
- 広い面積の監視と安全保護
- 水平に取り付けて危険領域内で身体を検知
- 垂直に取り付けて手と上肢または身体の接近を検知
- 走行車両 (AGV) に使用可能
- 検出体のサイズ、形状と位置の測定
- 迅速かつ信頼性の高い取り付け

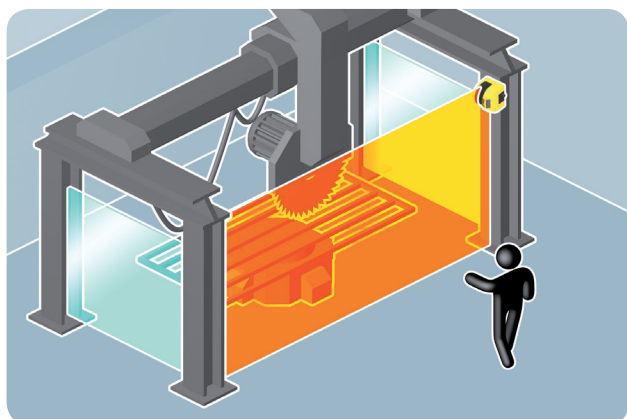
安全レーザ・スキャナ

用途



領域の制御

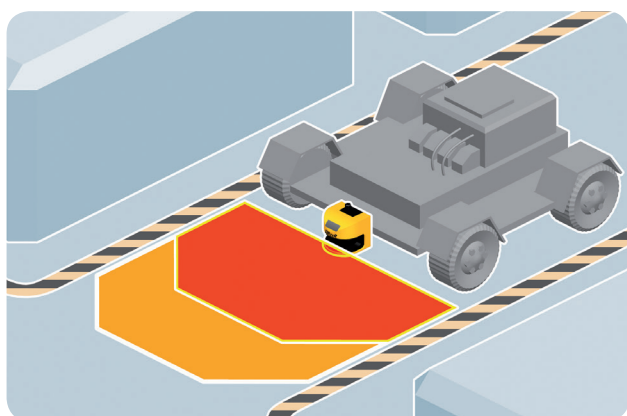
Pharoが常時監視する水平に展開する保護対象領域の例。この場合、下肢を検知して広い面積を監視できます。



アクセス制御

制御面を垂直に設定すれば、さらに広い範囲で接近を検知し、安全保護に対応できます。分解能によっては、手、上肢または全身の検知が可能です。

注記：垂直取り付け/アクセス制御には、輪郭の検知が必須です。



無人搬送車 (AGV) の安全保護

制御対象領域が広範囲のため、AGVが高速で移動しても、衝突を防止できます。警告領域に障害物があれば、AGVのスピードを落とせます。センサの計測データを直列インターフェイスで車両に送信すれば、走行支援にも使用できます。

寸法の計測

センサはそもそもが計測装置です。したがって、センサ稼働中は常時周辺環境の計測データを入手できるため、これらのデータを工業用オートメーションの物体の外形、位置、寸法の計測にも使用できます。

ESPEの統合

安全保護装置へESPEを統合する場合、リスク解析の結果、つまり解析の結果判明するパラメータ、PL、SILまたはカテゴリが、安全水準の選択肢を左右します。

製品規格（タイプC）は通常、対象の安全関連機能ごとに最適なESPEのタイプを推奨します。タイプCの規格が使用できない場合は、ISO 13849-1 および IEC 62061 の提案を採用してください。

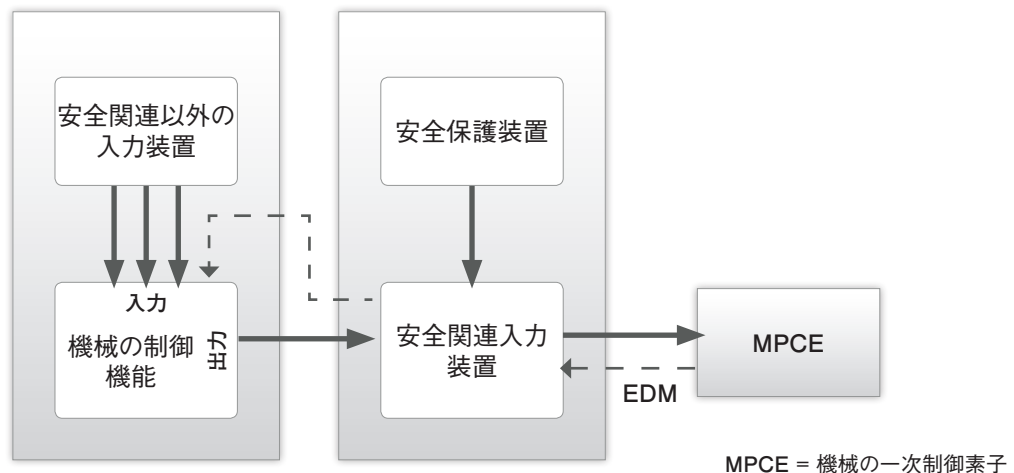
また、直列接続の全体（入力、制御ユニット、アクチュエータ）の安全度水準は、当然脆弱な装置の安全度水準以下でなければなりません。

安全保護装置を機械の制御システムへ正しく相互接続する際の規則

ESPE (OSSD) の安全出力端子と機械の一次制御素子との相互接続、リセット・プッシュボタンの位置と選択によって、機械の安全関連制御システムに割り当てられた安全度水準が下がるか、なくなることは許されません。

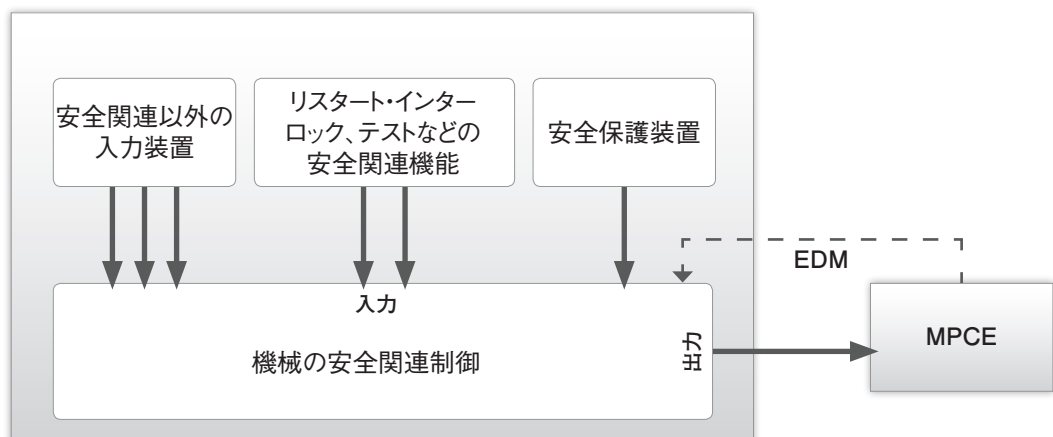
図1は、ごく一般的な例を示しています。機械の制御監視システム（PLC など）に安全関連機能がない場合です。この場合、接続されている安全保護装置を監視する安全関連制御システムが自動的に作動しなければなりません。またこの安全関連制御システムは機械の制御システムと機械の一次制御素子の間に設置される必要があります。

図1



一体型安全関連制御管理システム（安全関連PLC - 図2参照）が機械に搭載されている場合は、機械の動作機能と安全関連機能は、一元管理の安全システムで制御する必要があります。

図2



安全レーザ・スキャナ



アズビルトレーディング株式会社

<https://at.azbil.com/>

本 社 〒105-0014 東京都港区芝 3-23-1 セレスティン芝三井ビルディング 8階 03-4233-7853

東 京 支 店	03-4233-7863	福 島 営 業 所	024-927-0530	静 岡 営 業 所	054-272-5300
北 関 東 支 店	048-600-3931	つ く ば 営 業 所	029-817-4755	神 戸 営 業 所	078-341-3581
名 古 屋 支 店	052-218-5080	群 馬 営 業 所	027-310-3381	兵 庫 営 業 所	079-456-1581
大 阪 支 店	06-7668-0023	千 葉 営 業 所	043-246-6652	岡 山 営 業 所	086-460-0050
広 島 支 店	082-568-6181	神 奈 川 営 業 所	046-400-3433	鳥 栖 営 業 所	0942-84-4331
九 州 支 店	093-777-0431	諏 訪 営 業 所	0266-71-1112		

※外観、仕様、価格等は製品改良のため予告なく変更することがあります。

241015-0000-1-AT