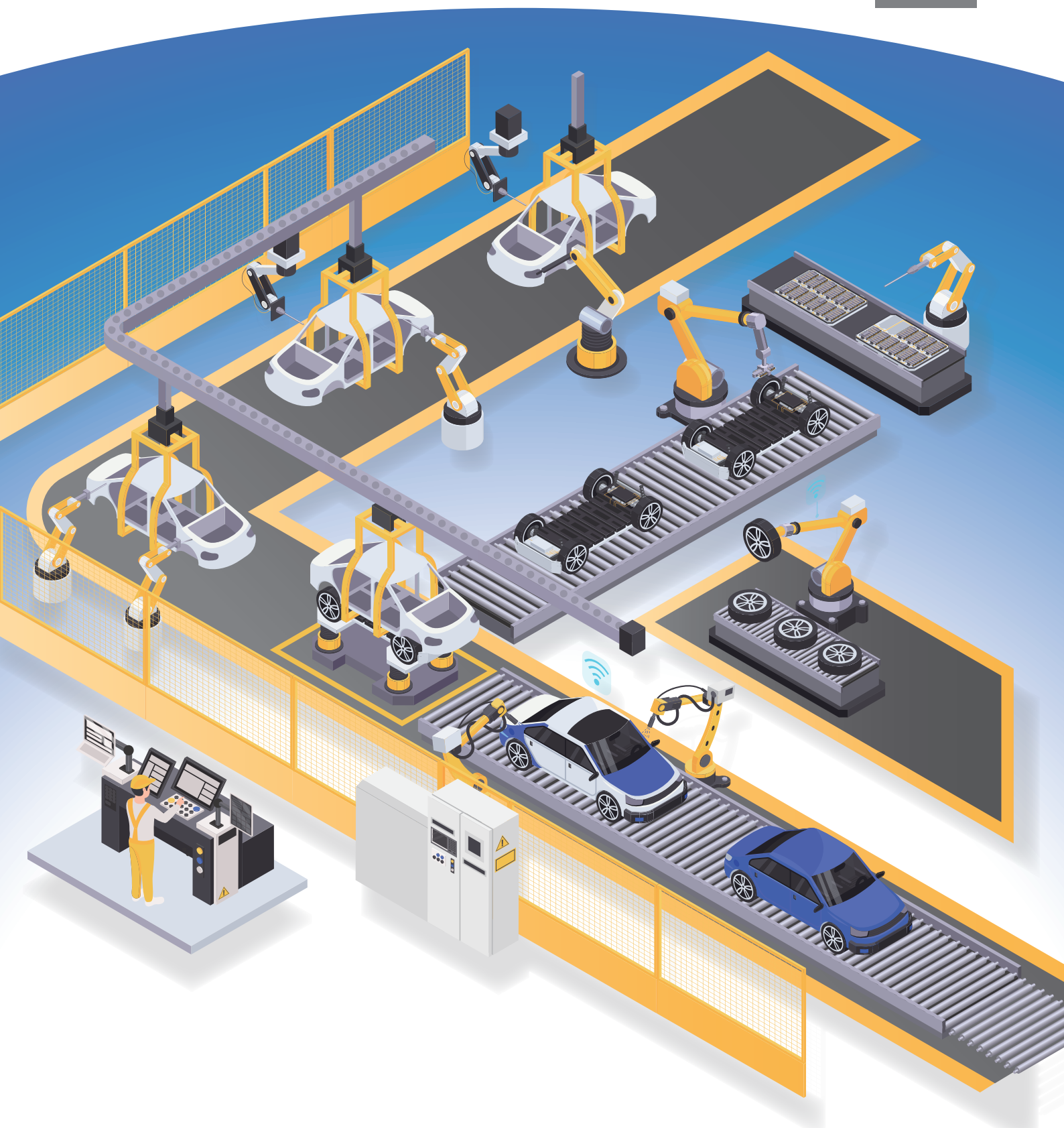


安全リレーを使用した 機械安全構築のご提案

初版



安全リレーを使用した 機械安全構築のご提案

機械安全と安全機器 P. 2

安全機器の商品例

安全制御システムの内側

国際安全規格 P. 4

機械安全に求められる安全規格

安全構築の手順 P. 6

安全規格と安全リレー

なぜ安全リレーは必要なのか

安全リレーと一般リレーの違い

商品ラインアップ P. 8

新商品紹介 P.10

商品特長 P.11

SFリレースリムタイプ

SF-Yリレー

SFリレー

SFリレーダブルコンタクト

アプリケーション紹介 P.14

安全リレーでの安全回路構築と機能例 P.19

機械安全と安全機器

機械安全とは、機械が壊れても、人が間違えたとしても、災害を発生させないために機械の設計、構造、しくみを構築する考え方です。また、機械のトラブル、人的ミスが発生しても、機械を安全に使用できるという考え方とも言い換えることができます。

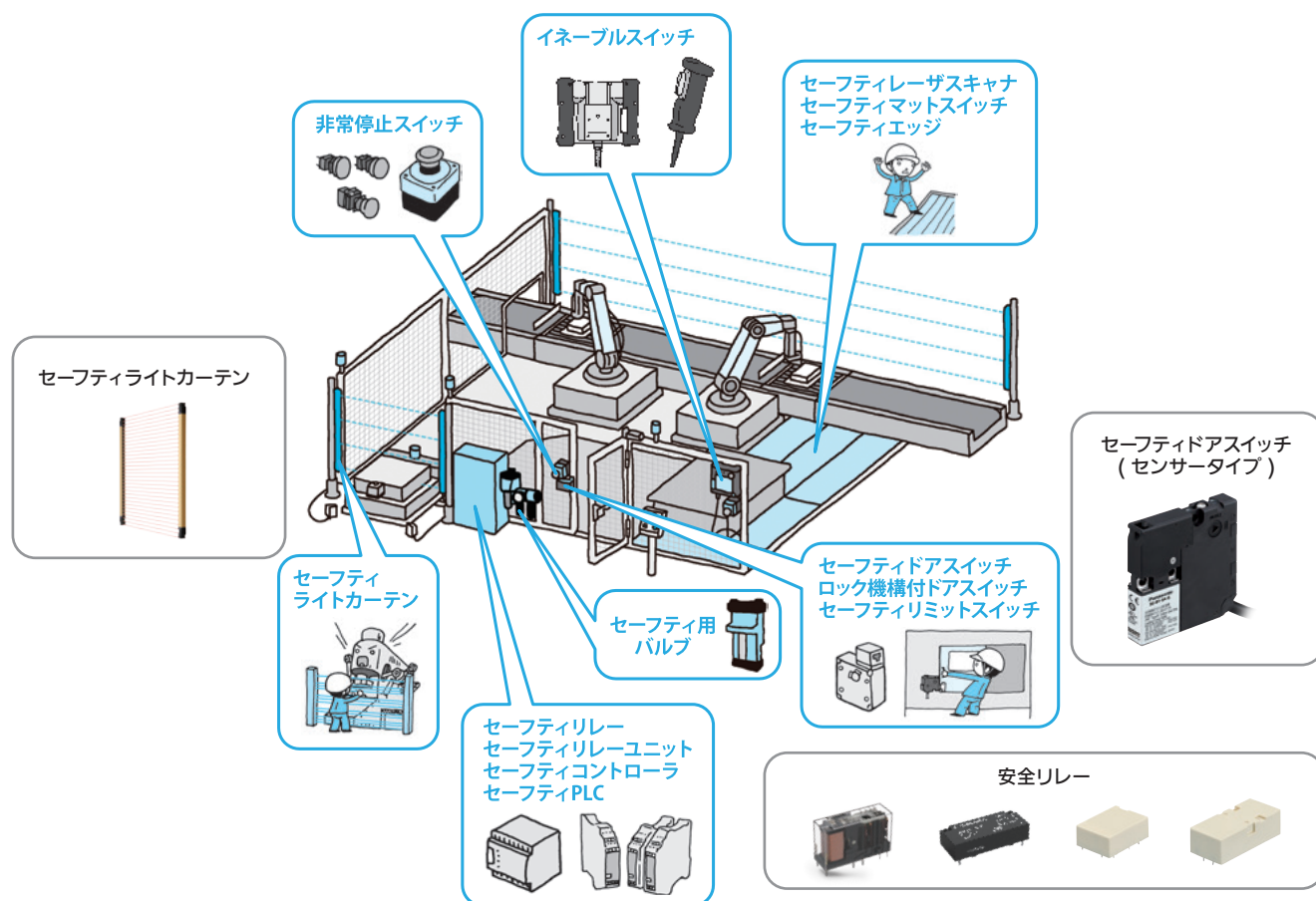
この機械安全の考え方に基づいてリスクを低減するために必要とされるものが、**安全機器**です。

- 1) 安全機器とは**工場設備**や**化学プラント**などの機械設備の操作や保守メンテナンスを安全にできるようにするための機器です。
- 2) 安全機器は機械の故障時や誤操作時に作業者の安全を守るために機械をコントロールするための機器です。そのため、安全機器には通常の商品とは異なり、**特有の安全機能**が必要となります。
- 3) 安全に関わる電気制御システム中には次の様なものが使用されております。**安全スイッチ**、**非常停止用押し釦**、**セーフティライトカーテン**、**安全リレーモジュール**、**安全リレー**等があります。

本資料では、機械安全を実現するために必要な“安全リレー”を中心に安全規格、具体的アプリケーションをご紹介します。

機械安全と安全機器

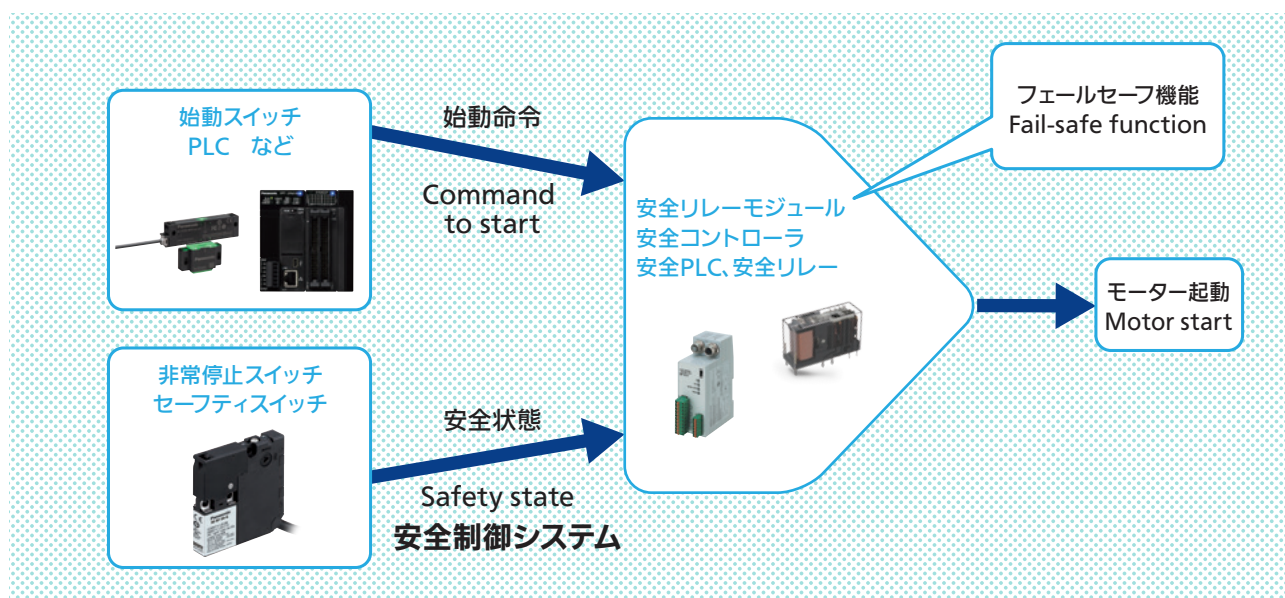
安全機器の商品例



注) セーフティリレー = 安全リレー

出典「安全ガイドブック」(第7版)
一般社団法人 日本電気制御機器工業会

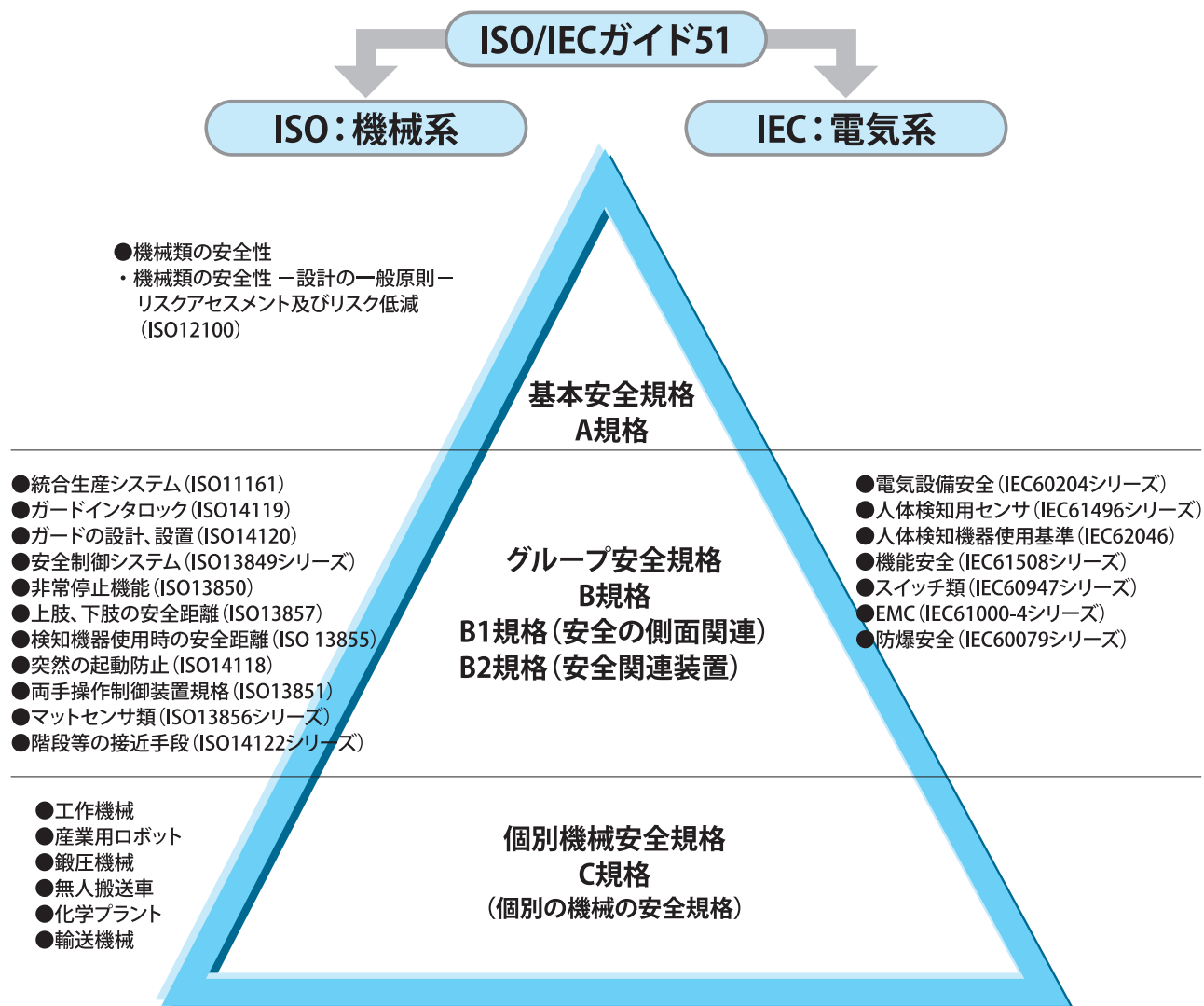
安全制御システムの内側



国際安全規格

国際規格の体系

機械安全に関する国際規格は、主に電気/電子技術分野の国際標準化を実施するIEC（国際電気標準会議）と電気/電子以外の分野（機械、管理など）を含めた国際標準化を実施するISO（国際標準化機構）において作成されており、その中でISO/IECガイド51はそれぞれの機関から発行される安全規格に共通する概念を示すものとして発行されています。



出典「安全ガイドブック」（第7版）
一般社団法人 日本電気制御機器工業会

国際安全規格

機械安全に求められる安全規格

適用対象: システム

規格番号	適用対象	要求事項	概要
ISO 13849-1	システム	安全に関する国際規格のグループ安全規格（タイプB規格）の中で最も重要な規格の一つとして、制御システムの安全関連部に関して規定したのがISO13849-1です。この規格は、リスク低減方策として制御システムを使用する場合に必要なシステムの時間当たりの危険側故障確率（パフォーマンスレベル）について規定しています。 （＊タイプBでは、一般安全基準で幅広い機械で使用できる安全または1種類の安全装置を取扱う）	PL (Performance Level)
EN/IEC 62061	システム	安全関連電気制御システムに割り当てる安全機能の安全インテグリティ（完成度）を指定するために、数字で3段階のレベルを表しています。	SIL (Safety Integrity Level)
EN/IEC 61511	システム	プロセスエンジニアリングのアプリケーション規格 安全計装システムの仕様決定、設計、設置、運転、メンテナンスの要求が記述されています。 （＊安全計装システムとは、工場、工程の事故を未然に防ぐ、また万が一予期せぬ事故が起こった場合でも、被害の拡大を防ぐシステム）	SIL (Safety Integrity Level)

適用対象: リレー

規格番号	適用対象	要求事項	概要
IEC 61810-1	リレー	低電圧機器（最大1,000 Vの交流または1,500 Vの直流回路）に組み込むための電気機械式リレーに適用されます。これは、電気工学または電子機器のすべての分野でのアプリケーションの基本的な機能および安全要件と安全関連の側面を定義します。例えば、一般的な産業機器、電気設備、電気機械、家庭用および同様の用途の電気機器、情報技術およびビジネス機器、建物自動化装置、自動化装置、電気設備装置、医療装置、制御装置、電気通信、車両、輸送（例：鉄道）。	一般メカニカルリレーの規格
IEC 61810-2-1	リレー	信頼性の検証のための高度な要件が適用される場合の電気機械式基本リレーの信頼性テスト手順を指定しています。IEC 62061 およびISO 13849-1 に従って、機械の安全関連制御システムに含まれるリレーに対して特別な規定が設けられています。このようなリレーの危険な障害のB10値（B10d値）は、このドキュメントで指定されている方式から導き出されます。	リレー信頼性の B10, B10dに関する規格
IEC 61810-3 (IE: EN 50205)	リレー	強制ガイド接点の機構について規定しています。強制ガイドの働きにより一方の接点が溶着した場合に他方の接点が開放状態を保つことができるため、制御回路でこれらの接点を監視することで溶着故障を検出することができます。この構造を有するリレーを「安全リレー」と呼びます。	強制ガイド式リレー （安全リレー）の規格
IEC 60664-1	リレー システム	この規格は、低圧系統内機器の絶縁協調について規定します。この規格は、定格周波数30 kHz以下で交流1,000 V以下又は直流1,500 V以下の定格電圧で標高2,000 m以下で使用する機器に適用する。この規格は、性能基準に基づく機器の空間距離、沿面距離及び固体絶縁物のための要求事項を規定し、また、絶縁協調に関する電氣的試験の方法を規定します。	絶縁協調（絶縁距離等）に関する規格

安全構築の手順

安全規格と安全リレー

EN/ISO 13849-1: Performance Level **PL**

パフォーマンスレベル (PL)	単位時間当たりの危険側故障発生率 (PFHd) 1/h
a	$10^{-5} < PFH < 10^{-4}$
b	$3 \times 10^{-6} < PFH < 10^{-5}$
c	$10^{-6} < PFH < 3 \times 10^{-6}$
d	$10^{-7} < PFH < 10^{-6}$
e	$10^{-8} < PFH < 10^{-7}$

機械の安全機能 (Safety Function) を実行する部分を “ 制御システムの安全関連 ” と呼び、この安全関連部の能力を規制するために用いられる区分を “ パフォーマンスレベル ” (PL) と呼びます。

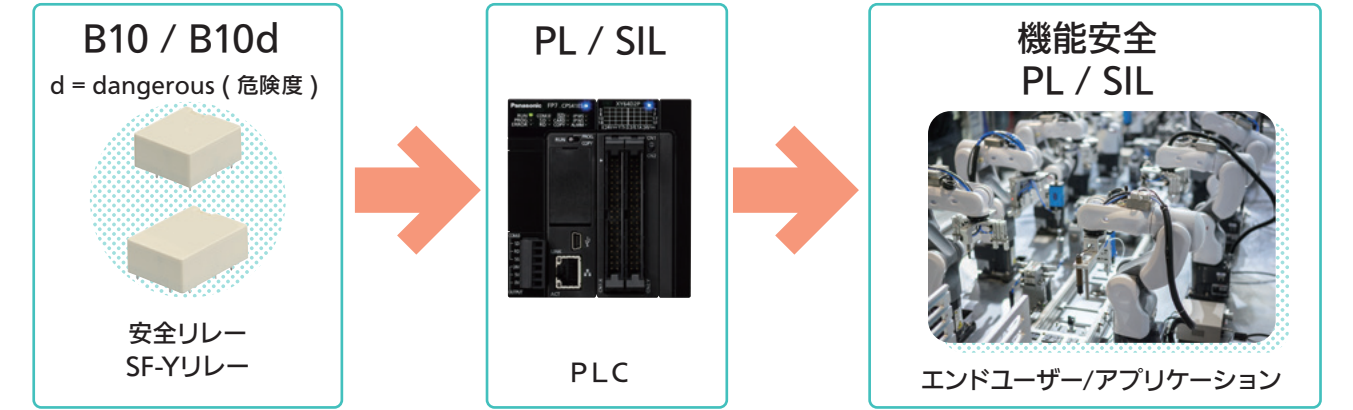
EN/IEC 62061: Safety Integrity Level **SIL**

セーフティインテグリティレベル (SIL)	単位時間当たりの危険側故障発生率
No special safety requirement	$10^{-5} < PFH < 10^{-4}$
1	$3 \times 10^{-6} < PFH < 10^{-5}$
1	$10^{-6} < PFH < 3 \times 10^{-6}$
2	$10^{-7} < PFH < 10^{-6}$
3	$10^{-8} < PFH < 10^{-7}$

機能安全とは、安全を確保するような機能を導入することにより、許容不可能なリスクが存在しない状態を達成することです。
また、その機能安全を実装するために有効な手法を規定したものが機能安全規格となります。中でもSILは確率的な指標 (危険側機能失敗平均確率、危険側故障の平均頻度) を基に決定されます。

▶ **安全機能の故障確率は、安全機能をもつ部品の組合せによって決定されます！**

そもそも強制式ガイド機構をもった安全リレー自体はISO 13849-1 (PL) にもIEC 62061 (SIL) にも準拠しておりません。安全規格を必要とするアプリケーション生産者 (Ex. PLC/セーフティライトカーテン) に対して、B10/B10dの数値を提供することにより安全機能の故障確率を証明することができます。



- B10とは、部品やシステムの10 %が故障 (安全側、危険側含めて) を起こすまでの平均サイクル数を指します。
 - B10dとは、部品やシステムの10 %が危険側に故障するまでの平均サイクル数を指します。
- 注) B10の値を有する場合は、 $B10 \times 2倍 = B10d$ 値とする場合もあります。

事例 SF-Y relay:

Load	B10d
AC1 230 V 6 A	2 M
AC15 230 V 5 A	35 k
DC1 24 V 6 A	2 M
DC13 24 V 4 A	500 k
DC13 24 V 2 A	1.6 M

安全構築の手順

なぜ安全リレーは必要なのか？

安全機器への安全リレー搭載義務はありません。しかし、安全リレーを搭載することによって、安全機器の設計を容易に、承認プロセスを簡略化し、そして安全機器の投入を時間通り確実に行うことができます。

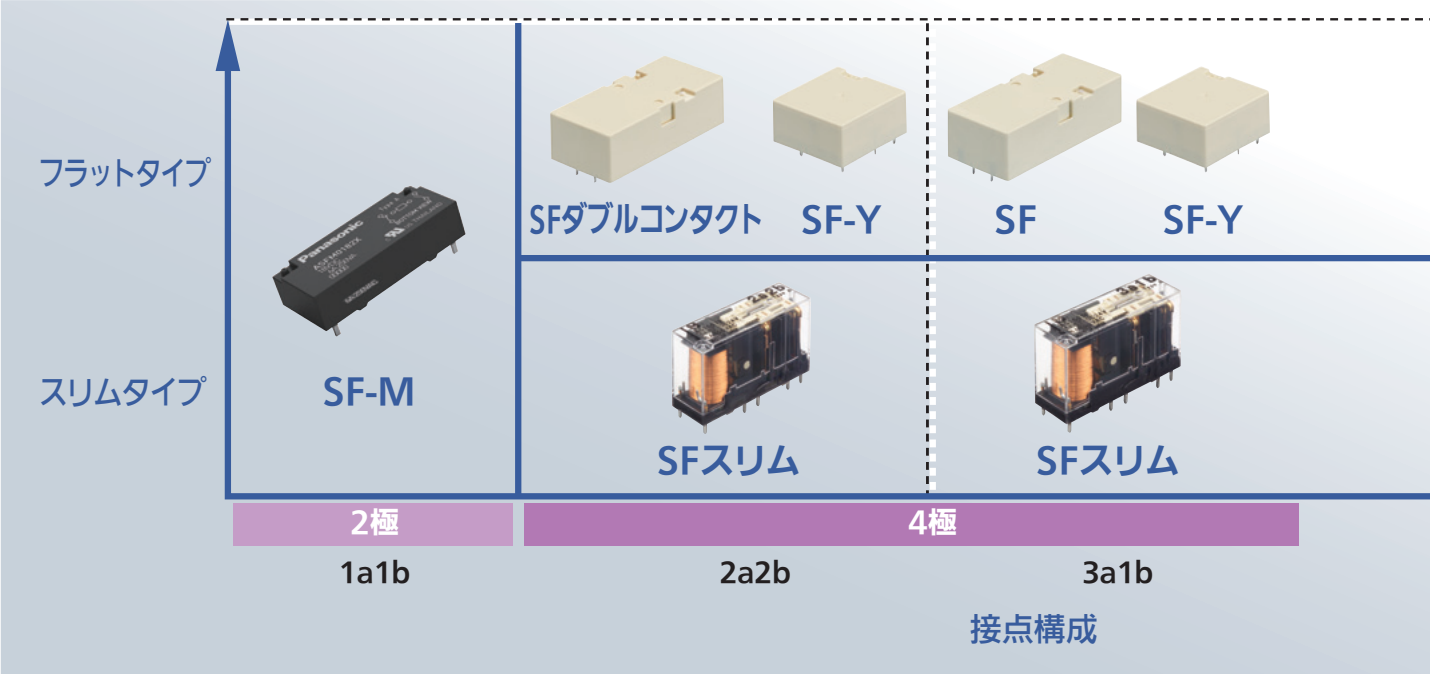
項 目	一般リレー	安全リレー (強制ガイド付き機構)
診断できる範囲と平均値 DC: Diagnostic Coverage & DCavg	0 % ~ ボード設計者は、適切なPL、SILに到達するために回路により、DC値を上昇させる必要がある	99 % ボード設計者は、適切なPL、SILに到達することが容易となる
故障までの平均サイクル数値 (B10/B10d)	ほとんど情報はありません あっても、B10のみ	B10dの測定方法は、DIN EN 61810-2-1に準ずる
安全なフィードバック接点による コイルの故障検知	基板設計者が適切な対策を講じる必要がある	リレー構造で対応可能
安全なフィードバック接点による 故障検出 (接点溶着)	対応不可	対応可能
接点溶着時の他接点ギャップ	僅かなギャップのみであるため、接点溶着等による故障を検出することはできない	0.5 mm以上の接点ギャップの確保により、接点溶着等を確実に検出できる。 また、IEC 61810-3に準拠しているため、安全回路設計に最適である
価格レベル	低価格 しかし、機械安全を実現するために他部品、システムなどが必要となり別コストが発生する	若干高価格 (多接点、接点GAP確保等、強制ガイド付き機構に対応する追加設計のため)

安全リレーと一般リレーの違い

	安全リレー	一般リレー
構造		
特長①	<ul style="list-style-type: none"> ・ N.O. 接点(常時開)、N.C. 接点(常時閉)の2種類の接点をもつ ・ 2種類の接点は壁で仕切られていて、互いに干渉はしないが、ガイドによって機械的にはつながっている 	<p>以下は保証されていません</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2種類の接点は壁で仕切られていて、互いに干渉はしないが、ガイドによって機械的にはつながっている
特長②	<p>強制ガイド式構造</p> <p>0.5 mm以上の接点ギャップ</p> <p>IEC/EN61810-3 規格に準拠</p> <p>注) 接点ガイドによりa接点溶着時にb接点も強制的に引き離されます</p>	<p>一般リレー構造</p> <p>注) 接点が溶着した場合、a接点、b接点が共に閉じてしまいます</p>

商品ラインアップ







安全リレー商品一覧

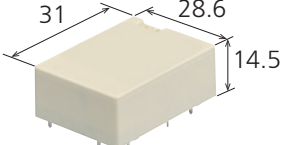
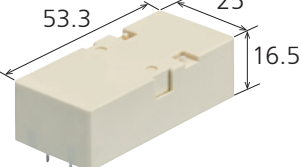
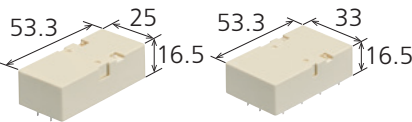


安全リレー商品仕様一覧

商品名	SF-M	SFスリム
外観形状		
接点構成	1a1b	4極: 2a2b, 3a1b 6極: 4a2b, 5a1b, 3a3b
接点容量	N.C. : 4 A 250 V AC 30 V DC N.O. : 6 A 250 V AC 30 V DC	6 A 250 V AC 30 V DC
最小適用負荷 (参考値)	1 mA 10 V DC	1 mA 5 V DC
定格消費電力	投入時: 270 mW 保持時: 100 mW	4極: 360 mW 6極: 500 mW
コイル定格電圧	3, 5, 12, 16, 18, 21, 24 V DC	12, 24, 48 V DC
使用周囲温度	-40 °C ~ +85 °C	-40 °C ~ +85 °C
海外安全規格	UL/C-UL, TÜV	UL/C-UL, TÜV Korean S, CQC

商品ラインアップ

				
		SF-Y	SF-Y	SFダブルコンタクト
				
SFスリム	SFスリム	SFスリム		
6極			8極	
3a3b	4a2b	5a1b	4a4b	

SF-Y	SF	SFダブルコンタクト
		
4極: 2a2b, 3a1b 6極: 4a2b, 5a1b	3a1b	2a2b, 4a4b
6 A 250 V AC 30 V DC	6 A 250 V AC 30 V DC	6 A 250 V AC 30 V DC
10 mA 10 V DC	100 mA 5 V DC	100 mA 5 V DC
670 mW	500 mW	500 mW
5, 12, 16, 18, 21, 24 VDC	5, 12, 24, 48, 60 V DC	5, 12, 24, 48, 60 V DC
-40 °C ~ +70 °C	-40 °C ~ +70 °C	-40 °C ~ +70 °C
UL/C-UL, TÜV	UL/C-UL, TÜV	UL/C-UL, TÜV

新商品紹介

注) 2020年10月発売

SF-Mリレー

1. 小型・低背 低消費電力

- 幅 (14 mm) × 長さ (33 mm) × 高さ (7.8 mm)
- 定格消費電力: 270 mW (保持電力 100 mW)

2. 保護構造

- RTII (フラックスタイト)
- RTIII (プラシール)

3. 海外安全規格

- 強制ガイド接点構造 (IEC 61810-3に適合)
- 接点GAP: 0.5 mm

4. リフロー実装可能

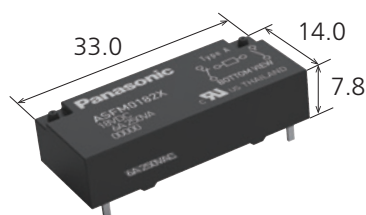
- Pin-in-paste (スルーホールリフロー) 対応
- 注) RTII (フラックスタイト) のみ

5. 動作時間 復帰時間

- 15 ms以下 (at 20 ℃)
- 10 ms以下 (at 20 ℃)

6. 誤動作衝撃

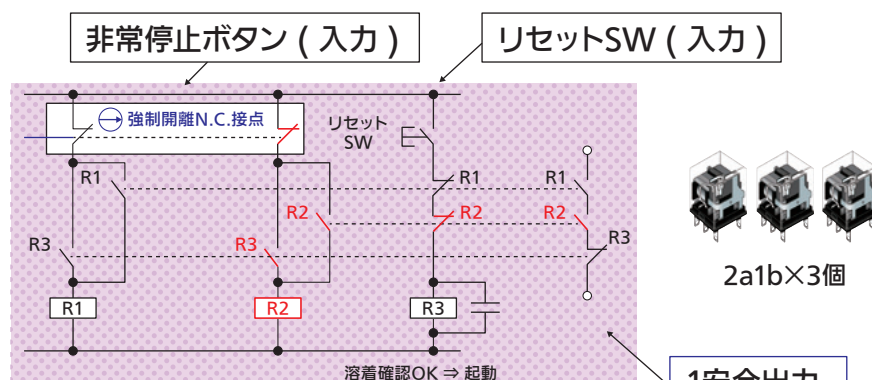
- 200 m/s²以上



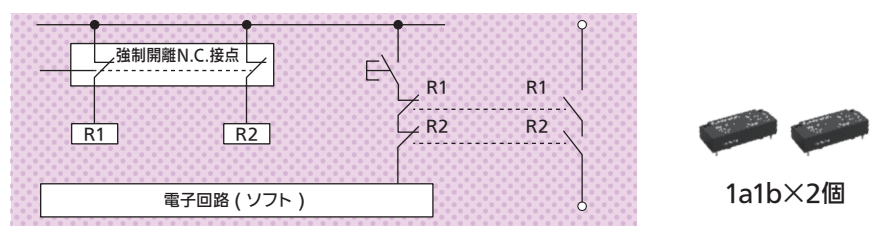
(単位: mm)

安全リレーのみ → 安全リレー + 電子回路で等価の安全回路を実現可能に

□ Before



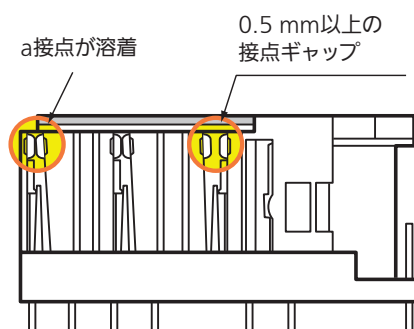
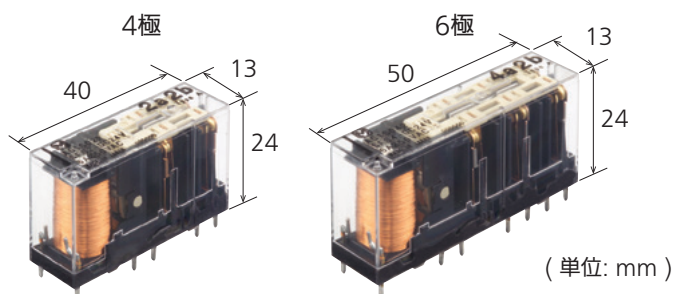
□ After



SFリレースリムタイプ

SF Relays
スリムタイプ

■EN/IEC 61810-3に適合した強制ガイド接点機構
(接点ギャップ0.5 mm以上を確保)



全タイプ、強制ガイド
接点機構に適合
接点ギャップ0.5 mm以上

安全

スリム形状
幅13×長さ40/50×高さ24 mm

省スペース

高速応答時間を実現
8 ms以下

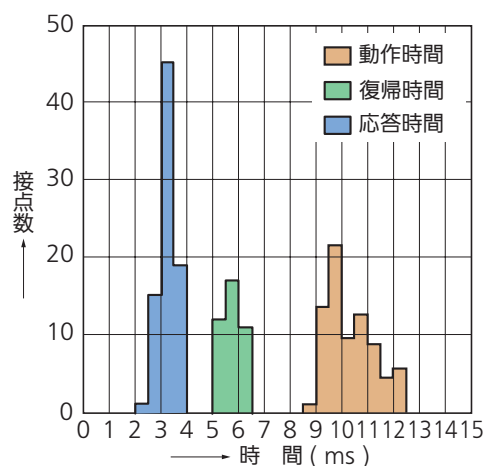
クイックレスポンス

クイックレスポンス

動作・応答・復帰時間 (参考データ)

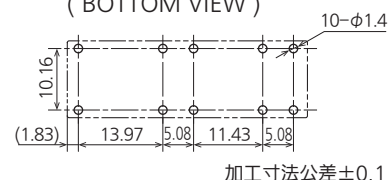
試料: AG1S042 (4a2b)

個数: n = 20 (a接点数: 80、b接点数: 40)

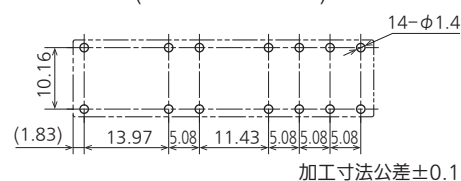


省スペース

■ 4極 プリント基板推奨加工図
(BOTTOM VIEW)

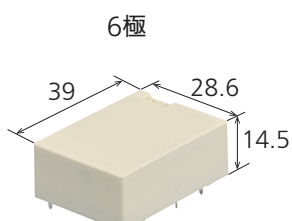
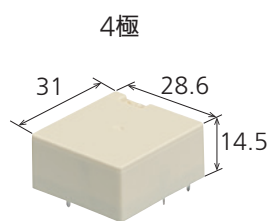


■ 6極 プリント基板推奨加工図
(BOTTOM VIEW)



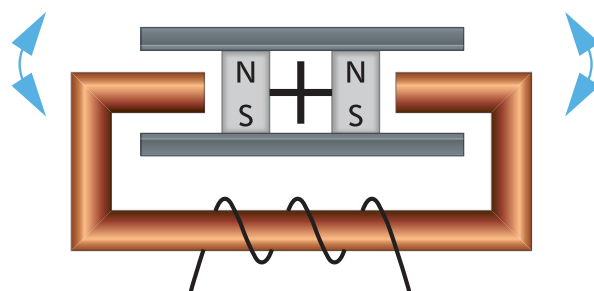
SF-Yリレー

SF-Y Relays



(単位: mm)

■欧州安全規格に準拠した安全リレー
Type A IEC 61810-3 TÜV認定
強制ガイド接点機構



全タイプ、強制ガイド
接点機構に適合
接点ギャップ0.5 mm以上

安全

小型フラット形状
幅28.6 × 長さ35/31 × 高さ14.5 mm

**省スペース・
小型**

豊富な接点構成
4極 (2a2b, 3a1b)
6極 (4a2b, 5a1b)

**多接点制御を
実現**

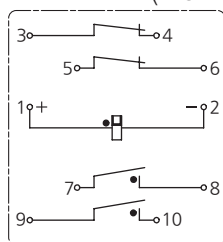
誤動作衝撃200m/s²以上
(正弦半波パルス: 11 ms、
検知時間: 10 μs)

耐衝撃性

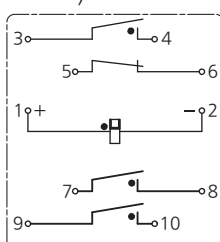
省スペース・小型

■ 4極

内部結線図
(BOTTOM VIEW)

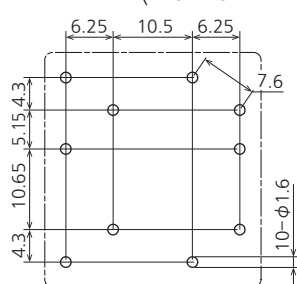


(2a2b)



(3a1b)

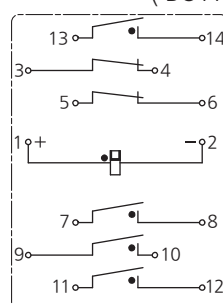
プリント基板加工図
(BOTTOM VIEW)



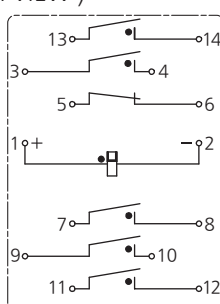
加工寸法公差 ±0.1

■ 6極

内部結線図
(BOTTOM VIEW)

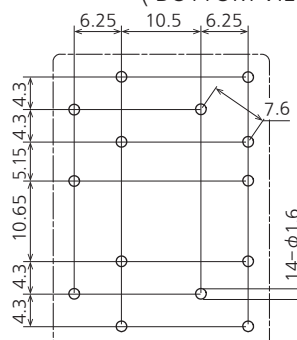


(4a2b)



(5a1b)

プリント基板加工図
(BOTTOM VIEW)

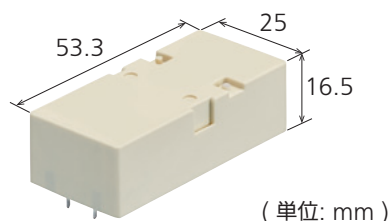


加工寸法公差 ±0.1

SFリレー / SFリレーダブルコンタクトタイプ

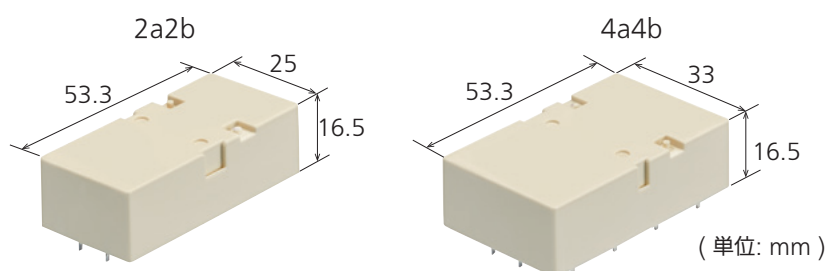
SF Relays

■安全規格に準拠した安全リレーフラットタイプ
強制ガイド接点機構



SF Relays ダブルコンタクトタイプ

■安全規格に準拠した安全リレーフラットタイプ
ダブルコンタクトにより高い接触信頼性を実現
強制ガイド接点機構



全タイプ、強制ガイド
接点機構に適合
接点ギャップ0.5 mm以上

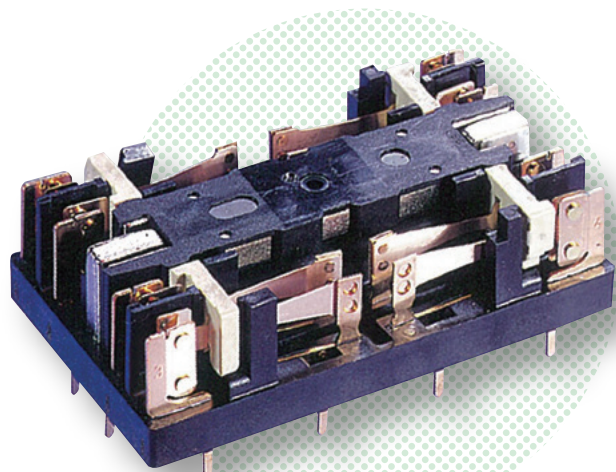
安全

ダブルコンタクトによる
高い接触信頼性

高信頼性

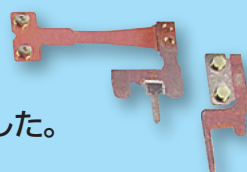
豊富な接点構成
4極 (2a2b)
4極 (3a1b) (*SFリレー)
8極 (4a4b)

多接点制御を実現



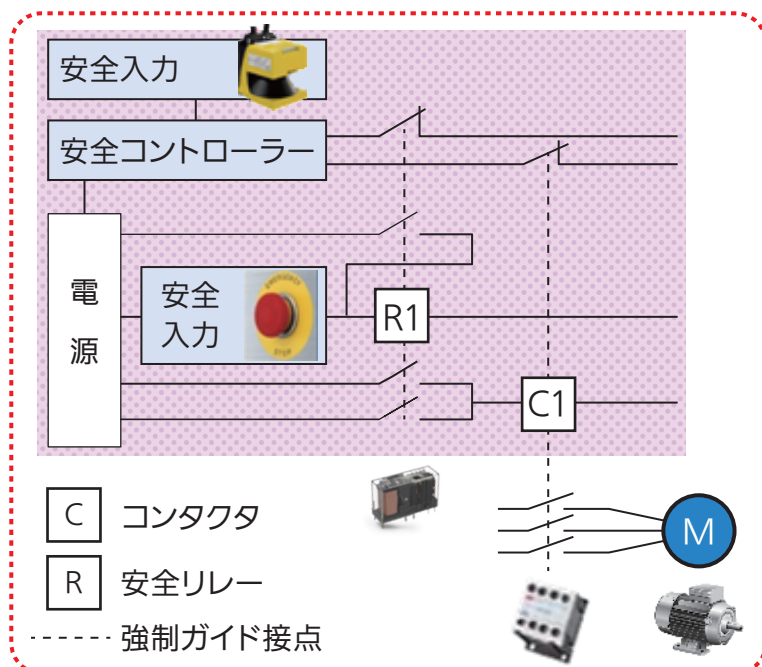
ダブルコンタクト

●接点の接触信頼性を高めました。



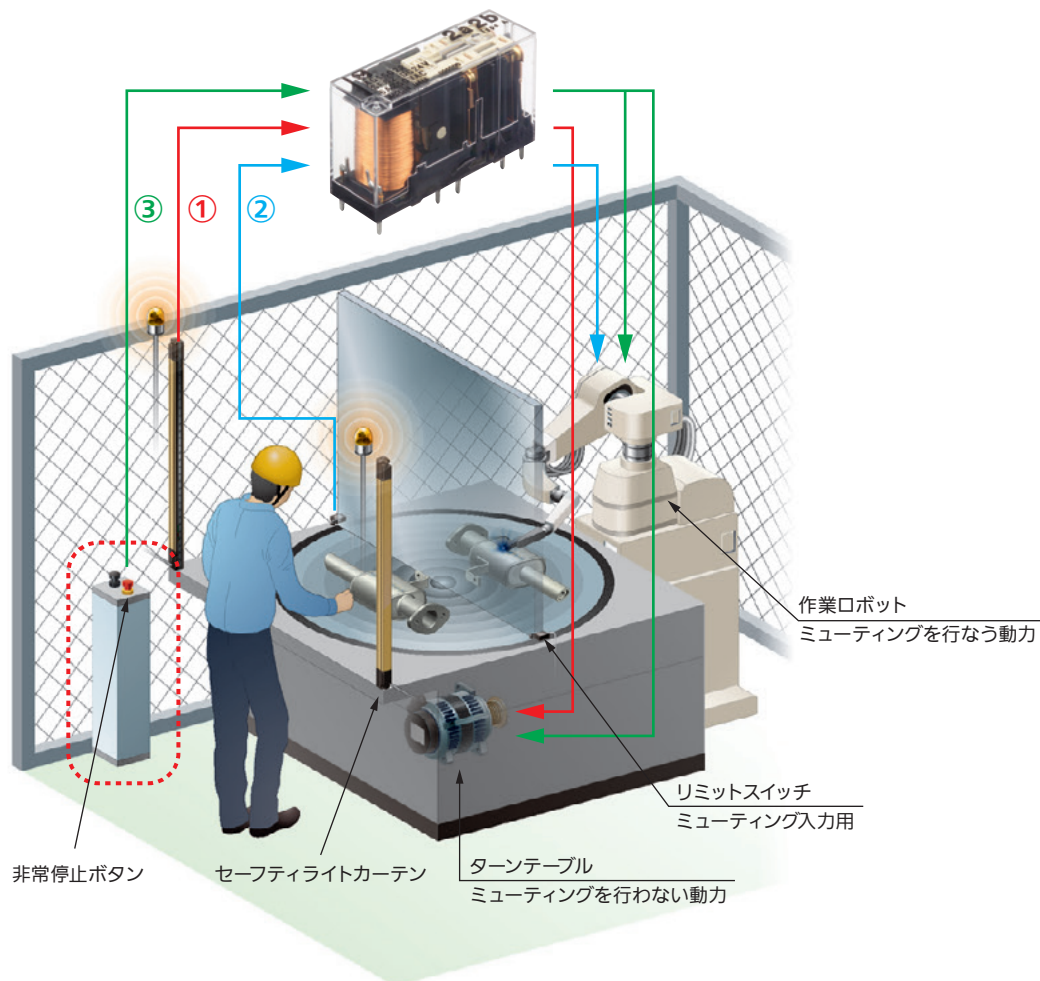
非常停止時の自己保持回路

■ 代表例 生産設備: 非常停止回路



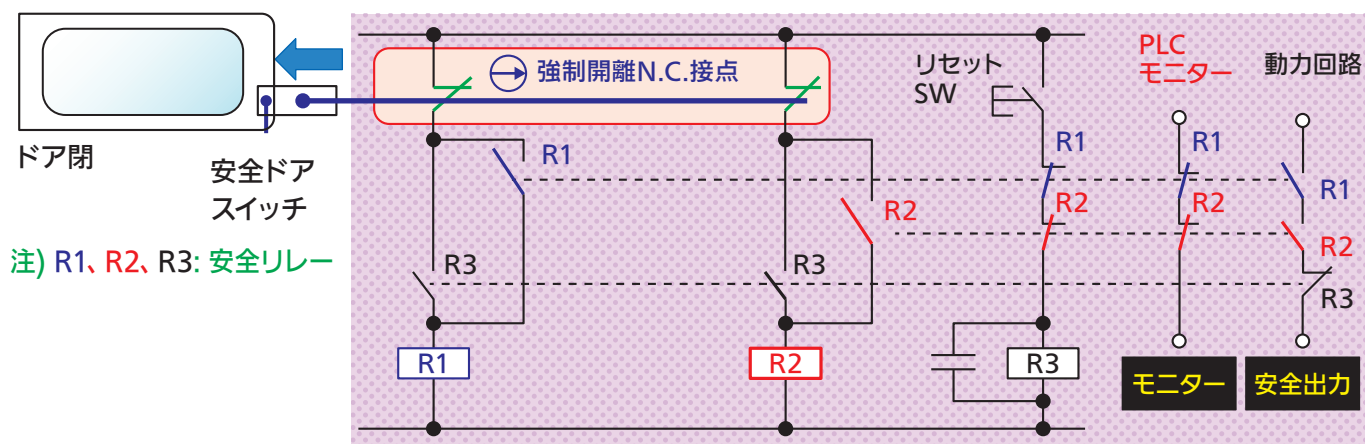
[解説]

非常停止ボタンがおされた場合、安全リレーが動作し、安全リレーのコイルへ電流を供給（自己保持）。モーター電源を制御しているコンタクタをOFF。



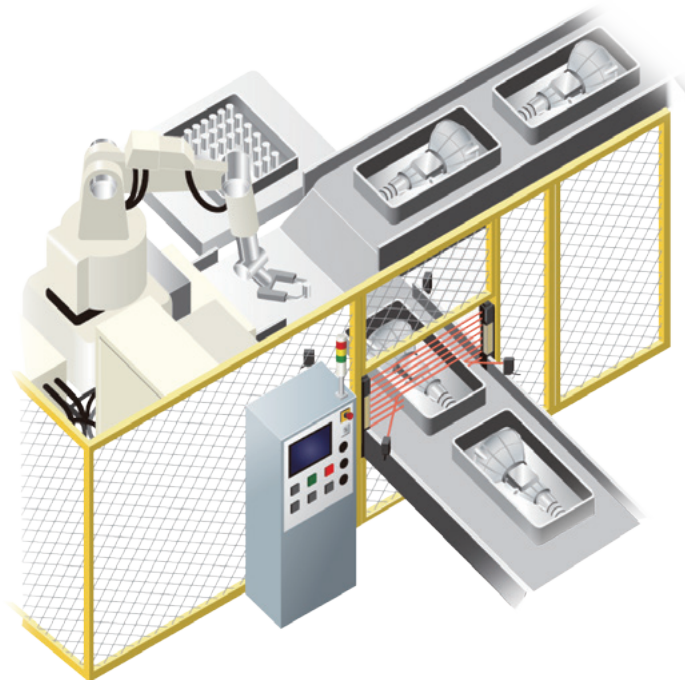
異常を検出し、システムを停止する

■ 代表例 生産設備: 接点溶着時の異常検出、停止回路



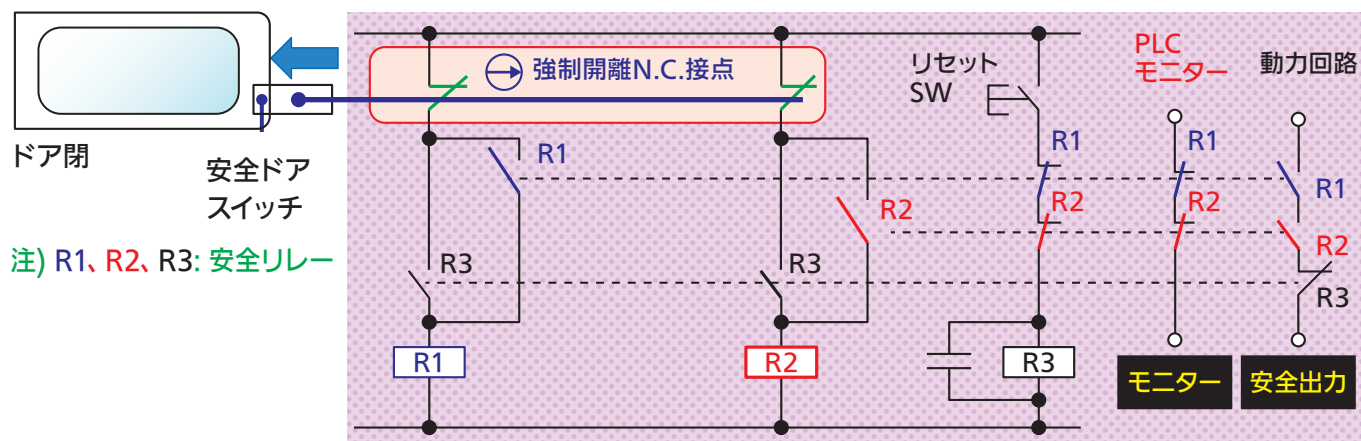
[解説]

接点溶着などの異常時にも再スタートできない。



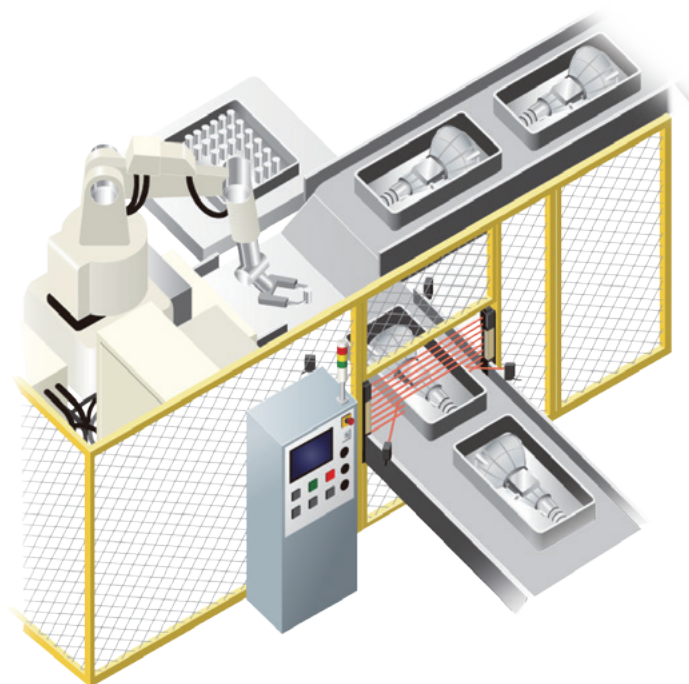
シーケンス制御により、安全を確保

代表例 生産設備：シーケンス回路



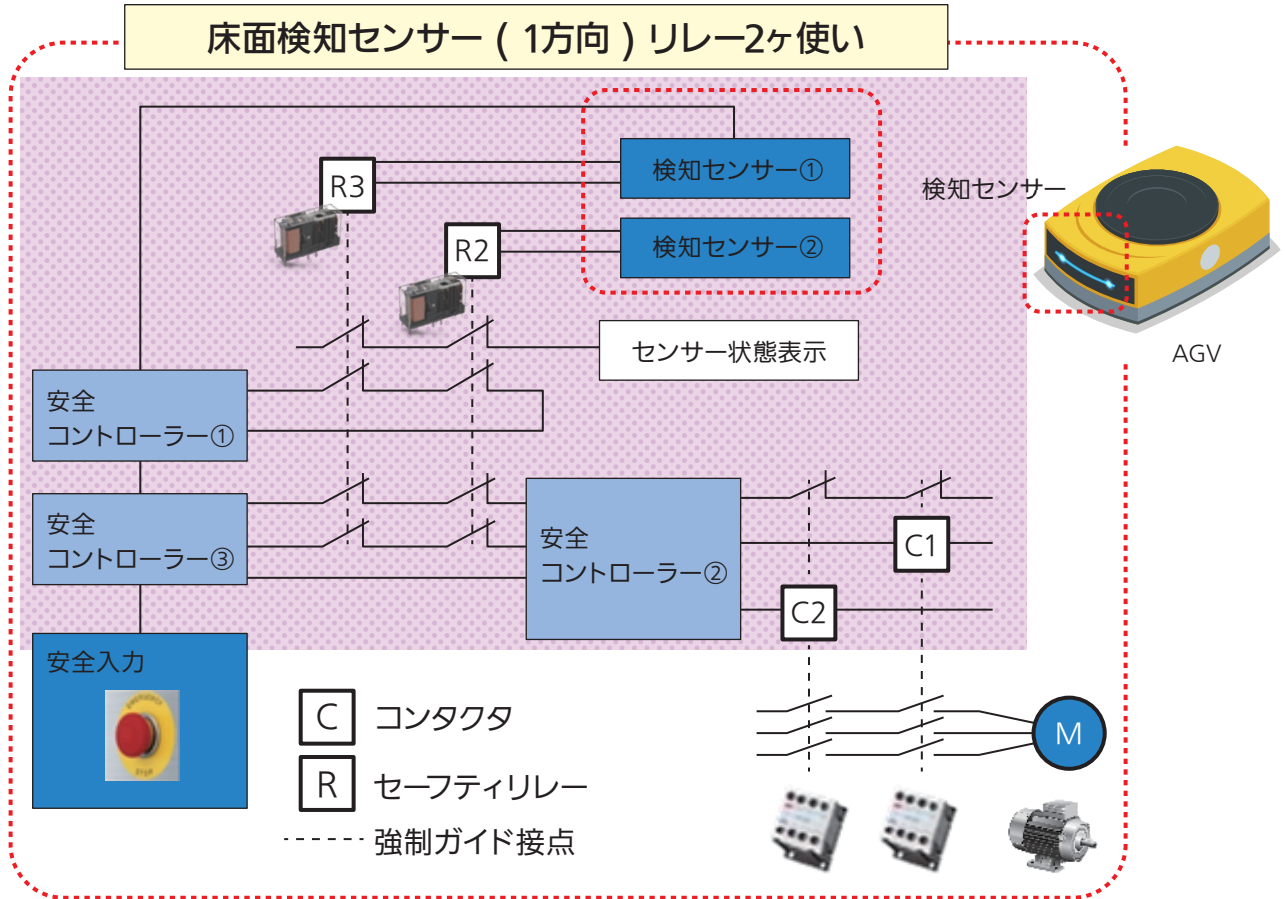
[解説]

安全ドア スイッチが閉まってから
リセットボタンを押さないと
システムが再スタートできない。



同時に動作してはいけない制御回路の連携ON、OFF

■ 代表例 生産設備: 切替回路



[解説]

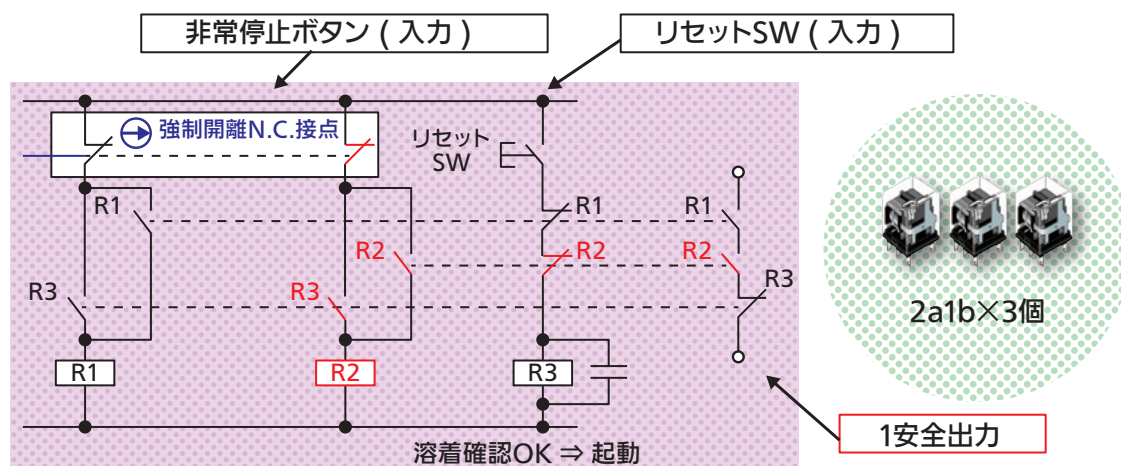
センサが異常を検出した場合、安全リレーが動作し、通常コントロールを停止。非常動作コントロールが作動し、モーターを制御。



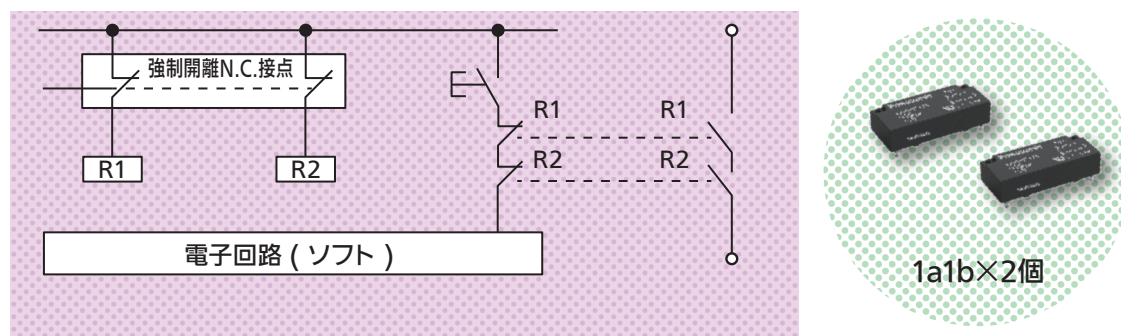
安全リレーのみ→安全リレー + 電子回路で等価の安全回路を実現可能に

■ 代表例 生産設備: 異常検出回路

Before



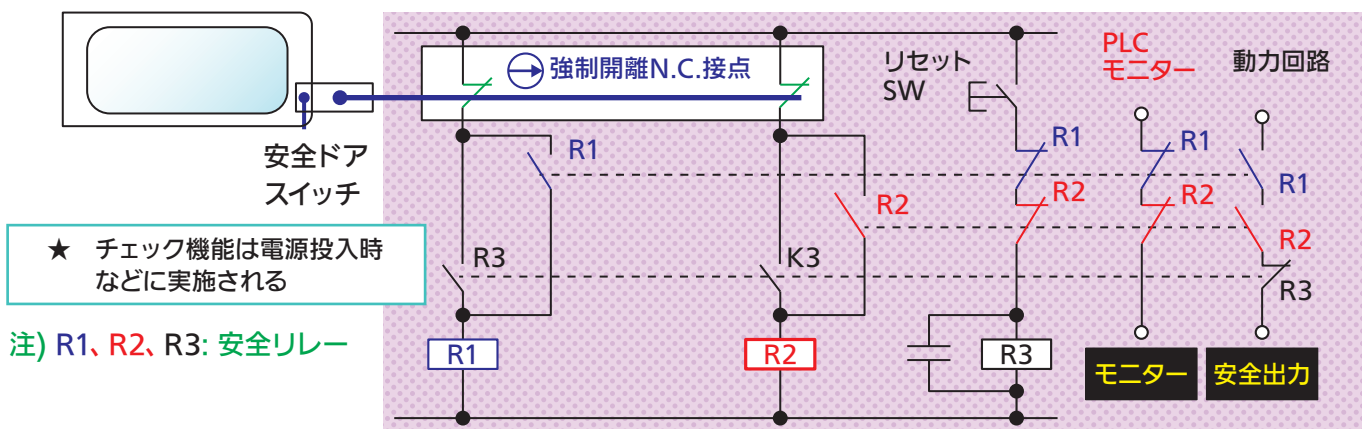
After



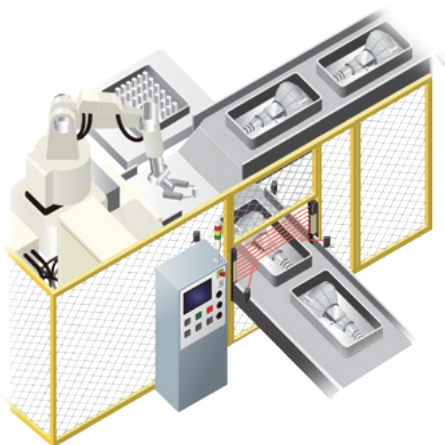
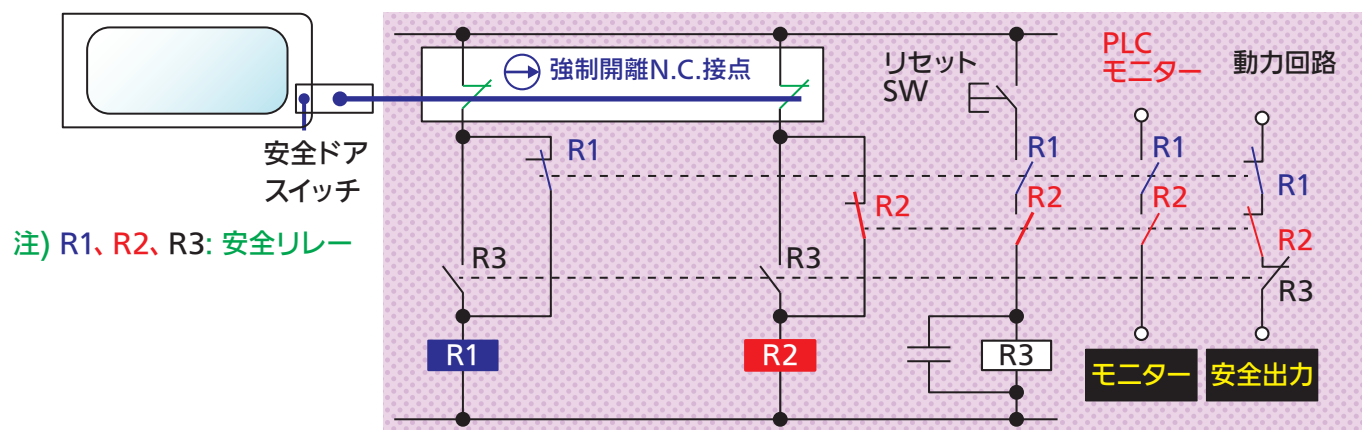
安全リレーでの安全回路構築と機能例

■ 代表例 生産設備: 安全ドア

スタンバイ状態

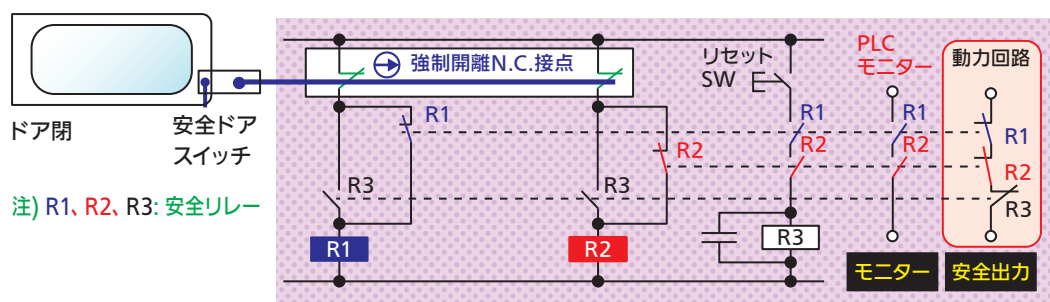


運転中



安全リレーでの安全回路構築と機能例

運転中

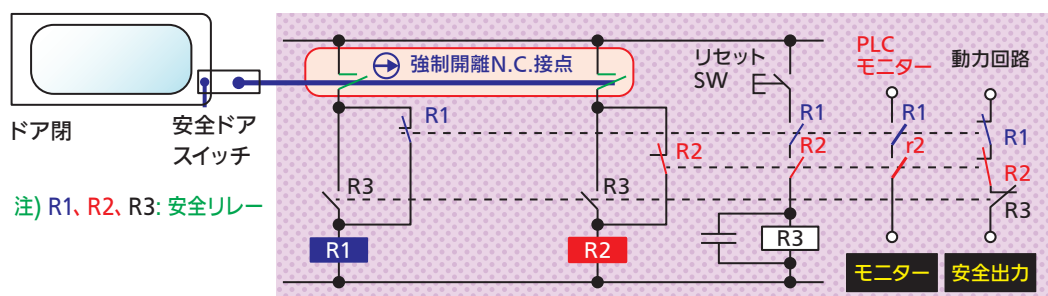


[解説]

動力回路が接続されて運転中。

- ・リレーR1、R2はオン状態
- ・リレーR3はオフ状態

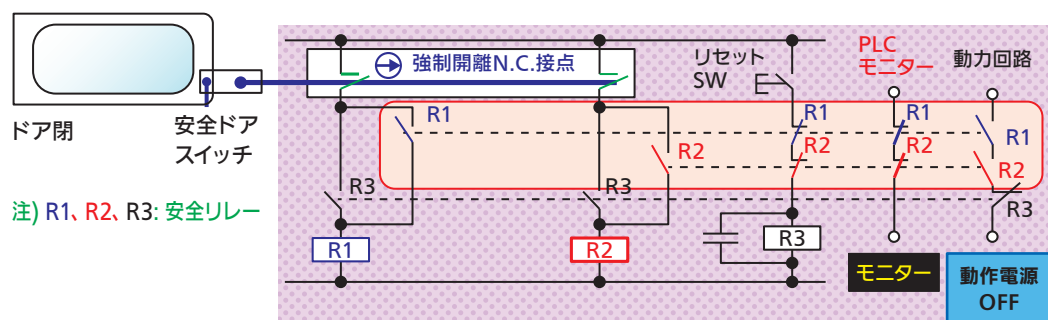
安全ドア 開



[解説]

安全ドアが開くとR1、R2のコイルへの電圧供給がなくなる。

リレーR1、R2 オフ

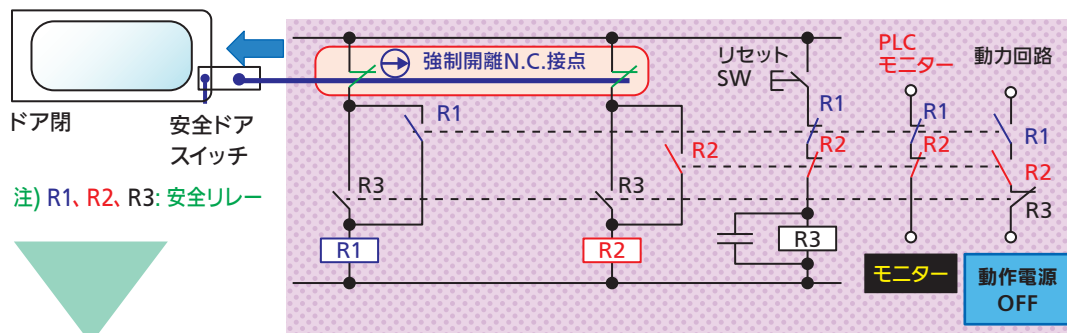


[解説]

リレーR1、R2がオフとなり動力回路が切断されスタンバイ状態となる。

安全リレーでの安全回路構築と機能例

安全ドア 閉 ⇒ スタンバイ状態



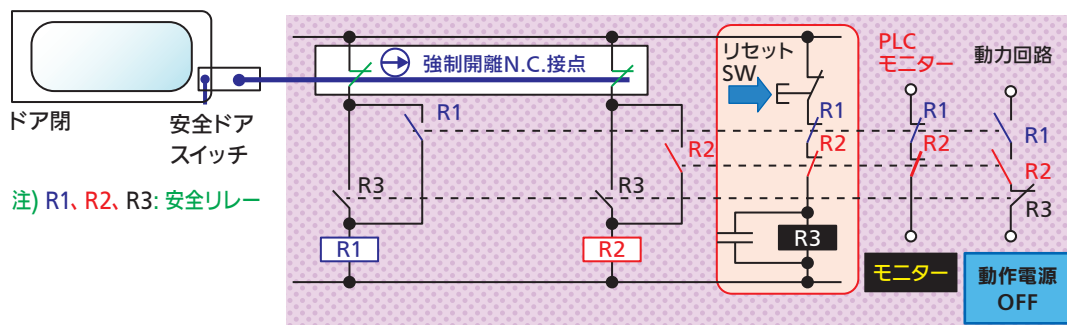
[解説]

再運転のため安全ドアを閉めるが
リレーR1、R2がオフのため動力回路は繋がらない。

[解説]

安全ドアを閉めただけでは運転しない。

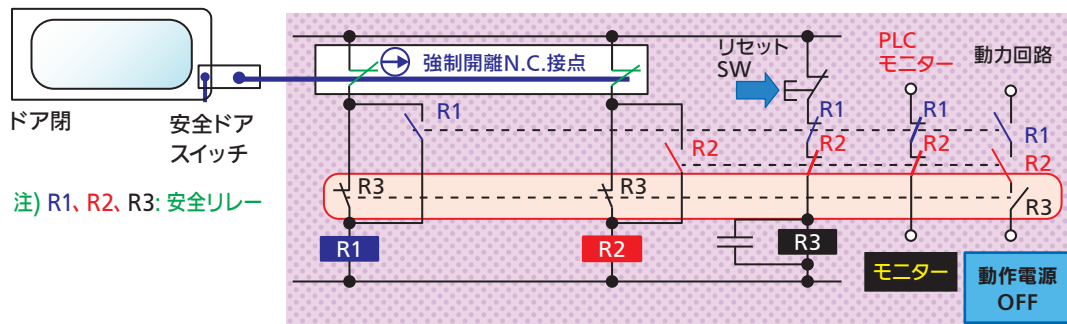
リセットSW ON



[解説]

リセットSWをオンする事でR3のコイルに電圧が供給される。

リレーR3 オン

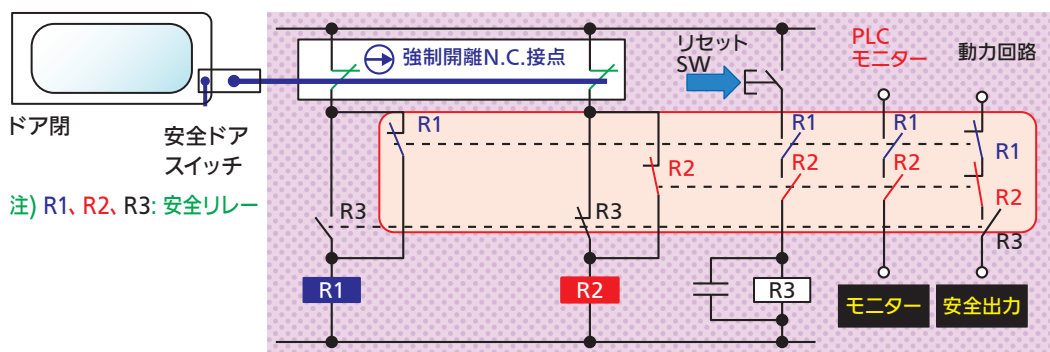


[解説]

リレーR3がオンしてリレーR1、R2のコイルに電圧が供給される。

安全リレーでの安全回路構築と機能例

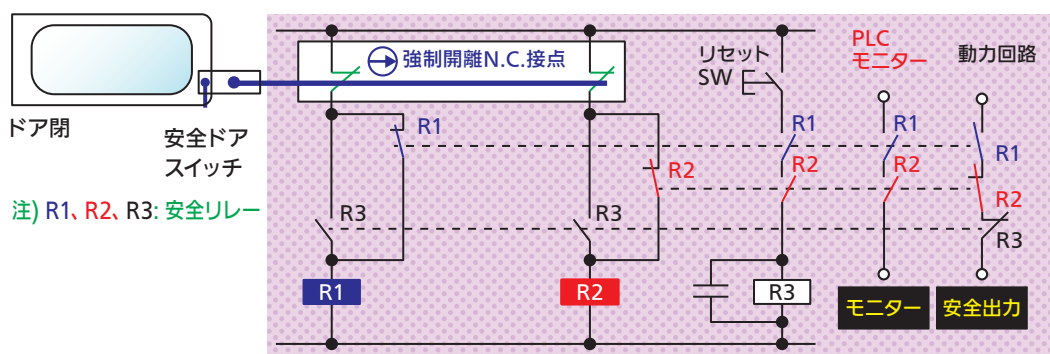
リレーR1, R2 オン



[解説]

リレーR1, R2がオンしR3のコイルへの電圧供給がなくなり、リレーR3はオフする。

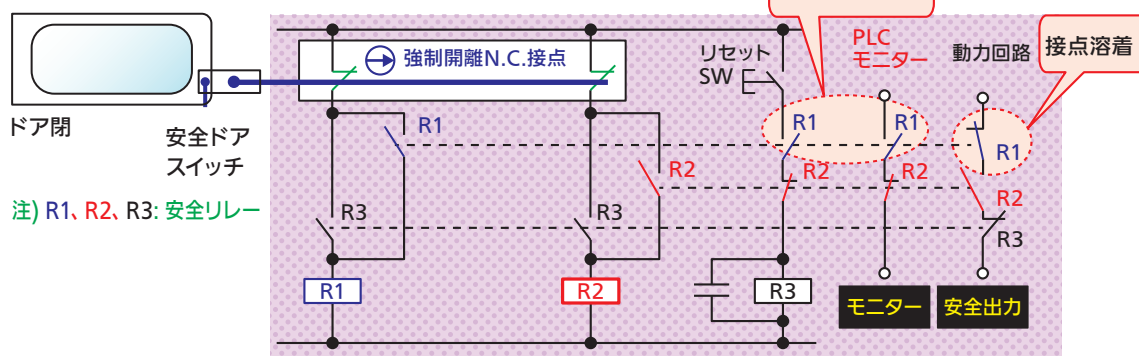
リレーR3 オフ ⇒ 運転



[解説]

リレーR3がオフする事で動力回路が繋がり運転状態となる。

異常発生: リレーR1の接点溶着発生



[解説]

スタンバイ状態で異常発生時 (リレーR1の接点溶着発生) では、PLCモニター回路およびリセットSW回路のリレーR1の接点がオフ状態となり、リセットSWをオンにしても停止状態を維持すると共にモニター回路で異常を検出する。リレーR2の動力回路の接点溶着時も同様。

