

参考資料1 機械の本質安全化のための安全手段一覧表

大 分 類	小 分 類	安 全 手 段 の 概 要	適 用 例
1 固定ガード	防護囲い	機械の危険な部分を完全に囲うことにより、人体が危険な可動部に接近することを防止する固定ガード。	回転軸、歯車、ベルト、チェーン等の囲い。
	防護柵	機械の危険な部分を完全に囲うことはないが、危険な部分からの距離を確保することによって、人体が危険な部分に接近することを防止する固定ガード。	ロボットやプレーナの安全柵。
	調節ガード	作業者の操作によって、防護長さや防護位置を変更できる半固定ガード。	ボール盤の調節ガード。
	トンネルガード	ガードがトンネルの形状をしているために、開口部から手指等を入れても、手指等が危険な部分に到達しない固定ガード。	コンベヤのトンネルガード。
5 可動ガード	ヒンジ式可動ガード	ヒンジ式のガードを閉じない限りは機械が起動せず、機械の運転中にガードを開いたときは直ちに機械の運転が停止する構造のガード。	一般工作機械、ロボット、食品機械、搬送機械、印刷機械、成型機等の扉インタロック
	スライド式可動ガード	スライド式のガードを閉じない限り機械が起動せず、機械の運転中にガードを開いたときは直ちに機械の運転を停止する構造のガード。	
	安全プラグ付き可動ガード	安全プラグを挿入しない限り機械が起動せず、機械の運転中に安全プラグを引き抜いたときは直ちに機械の運転が停止する構造のガード。	
	電磁ロック式可動ガード	ガードが電磁的にロックされない限り機械が起動せず、機械が完全に停止しない限りは、電磁ロックが解除されないためにガードが開かない構造の可動ガード。	
	電磁ロック式可動ガード(キー付き)	第三者が誤って機械を起動しないように、キーを取り付けた電磁ロック式可動ガード。	
	ボルト式可動ガード	作業者が可動ガードに取り付けられた作動ボルトを回すと、ボルトの移動によって安全スイッチの接点が強制的に引き離されて、直ちに機械の運転が停止する構造の可動ガード。	
	近接式可動ガード	近接センサが取り付けられたガードを閉じない限りは機械が起動せず、機械の運転中にガードを開いたときは直ちに機械の運転が停止する構造の可動ガード。	

(続き)

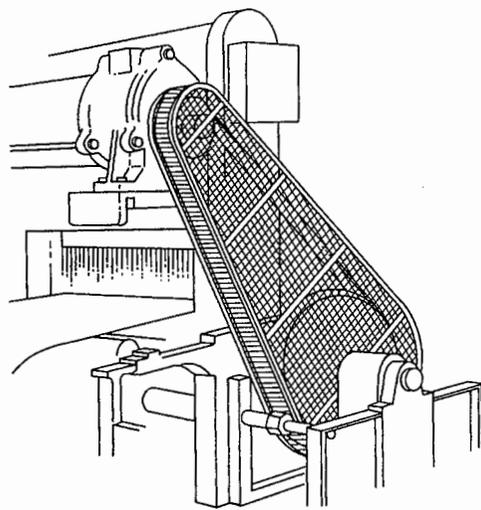
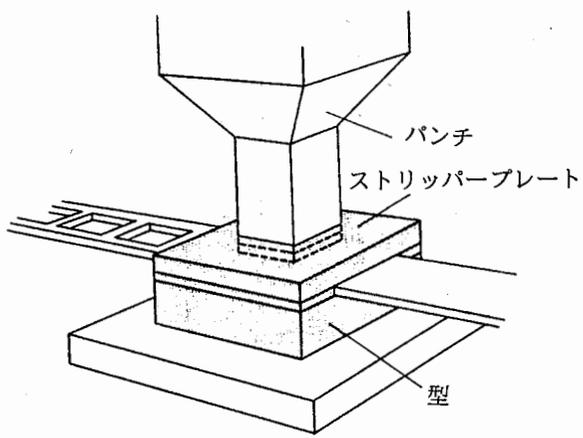
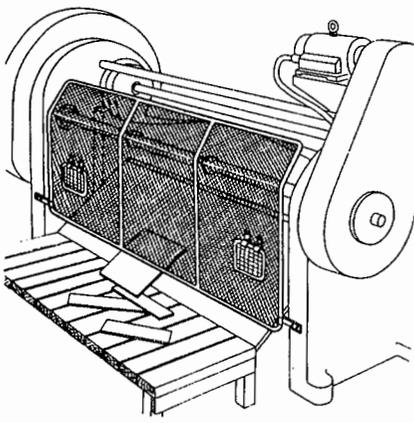
大分類	小分類	安全手段の概要	適用例
12 安全装置	光線式安全装置	人間や物体の存在を検知するために、光を検出手段として用いる方式の安全装置。	プレス機械やロボットの光線式安全装置
	レーザー式エリアセンサ	光より遠方に到達しやすいレーザー光を用いて広大領域(エリア)を監視するセンサ。	一般工作機械やロボットのエリアセンサ
	マットスイッチ	マットに作用する圧力の変化を利用して、人体や物体の存在を検知する方式の安全装置。	ロボットの動作領域への侵入防止装置
	回転ゼロ確認センサ	機械の危険な可動部の回転が完全に停止したことを確認するセンサ。電磁ロック式可動ガードと共に使用する。	モータ等の回転する可動部を持つ機械
16 リレー, スイッチ, 電磁弁等の部品類	強制ガイド式安全リレー	a接点が溶着を起こしたときは、対となるb接点を強制的に引き離しできるように強制ガイドを持つリレー。	既存の電磁リレーに代替できる
	モニタ付き安全リレー	電磁リレーに接点溶着が生じたことを検出できるモニタ機構を持つリレー。	上記に同じ
	リミットスイッチ	アーム等に作用する力によって、スイッチの接点を直接切り離す構造のスイッチ。	既存のリミットスイッチに代替できる
	モニタ付き複式電磁弁	一方の電磁弁に固着が生じたときは、これをモニタ機構で検出できる構造の複式電磁弁。	既存の電磁弁に代替できる
	ワイヤ式緊急停止装置	人体がワイヤと接触したときに、安全スイッチを作動させる方式の緊急停止装置。	コンベヤへの接触防止装置など
21 論理ゲート	フェールセーフANDゲート	インタロック信号の論理積演算を行う素子で、故障時に安全情報を出力しないフェールセーフなもの。	既存のANDゲートに代替できる
	フェールセーフウィンドウコンパレータ	センサ等のレベル検定を行う素子で、故障時に安全情報を出力しないフェールセーフなもの。	既存のウィンドウ・コンパレータに代替できる
	フェールセーフ自己保持回路	トリガされた信号をリセット信号が入力するまで保持する素子で、故障時に安全情報を出力しないフェールセーフなもの。	既存の自己保持回路に代替できる
	フェールセーフオンディレイ回路	入力信号を一定時間だけ遅らせて出力する素子で、故障時に安全情報を出力しないフェールセーフなもの。	既存のオンディレイに代替できる
	フェールセーフ整流回路	倍電圧整流回路のうち、故障時に安全情報を出力しないフェールセーフなもの。	安全情報の出力側に適用
	フェールセーフアナログアンプ	小信号を増幅する素子で、故障時には増幅度が増大しない。	既存のアナログ増幅回路に代替できる
	フェールセーフ出力アンプ	小型リレーを駆動するための電力増幅素子で、故障時にはリレーを駆動しない。	フェールセーフICを使用する回路

(続き)

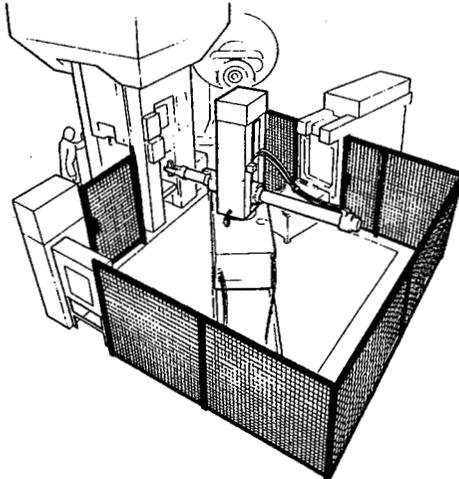
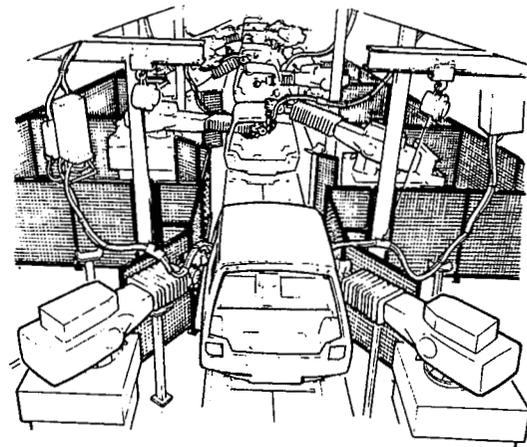
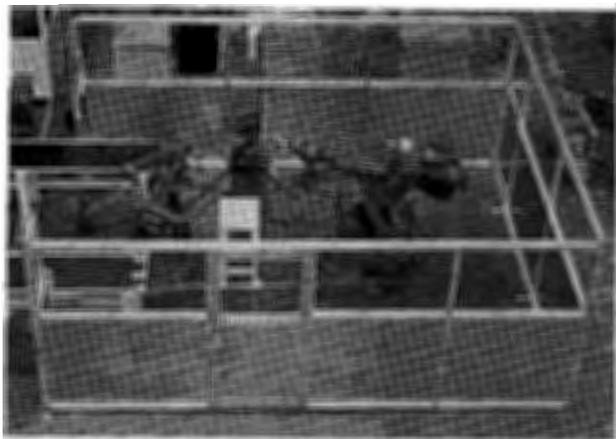
大 分 類		小 分 類	安 全 手 段 の 概 要	適 用 例
22	ブレーキ	トルクロック式 ブレーキ	交流モータに直流電圧を印加したときに、モータの動きがロックされて急停止する現象を応用したブレーキ。	小型ボール盤
23	その他の装置	ロックアウト	作業者が機械の可動範囲内に入るときは、必ず鍵をかけ、全員が鍵を外さない限り、電源の投入を許可しない機構。	機械の電源遮断器

注) 以上の安全手段は、当所で機能を確認したものや、当所の実験設備に使用実績のあるものに限った。

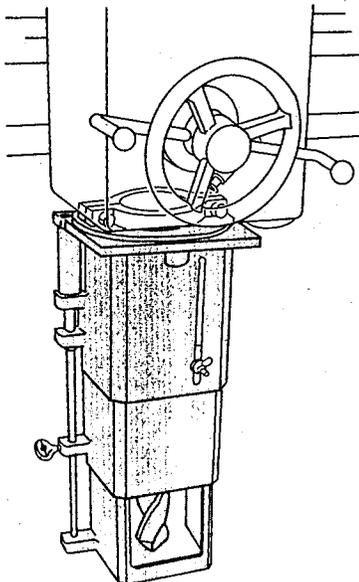
(1) 防護囲い

仕 様		適 用 例	
名称	防護囲い	 <p>図1 ベルトの防護囲い</p>  <p>図2 プレス金型の防護囲い (型は完全に囲われているため、型の中に手指等が入ることはない)</p>	
機能	機械の危険な可動部を完全に囲うことで、人体が危険な可動部に接近することを防止する固定ガード。		
留意事項	<p>① 機械の危険な可動部を完全に囲うか、または覆うものであること。</p> <p>② 囲いが棧や格子状のものである場合は、作業者の手指が棧や格子の隙間を通して危険な可動部に到達しないように、隙間の大きさや幅を適切に設計すること（参考資料2参照）。</p> <p>③ 製品の通過等のためにやむを得ず開口部を設ける場合は、必要最小限の大きさとする。なお、開口部には、可能であればトンネルガードや人体検出用の安全装置を併設することが望ましい。</p> <p>④ 溶接等によって機械本体と一体構造になっているか、または特殊なボルト（菊ネジボルト等）で固定されており、特殊な工具を使用しなければ取り外しできないこと。</p> <p>⑤ 鋭利な角や突起がないこと。</p> <p>⑥ 運転中に受ける力や周囲から受ける力に耐えられるように、囲い本体とその取り付け箇所は、必要な強度を有すること。</p>		
適用例	プレス機械の金型囲いや安全囲い。フライホイール、回転軸、歯車、ベルト、チェーン等の囲い。	 <p>図3 シャーの背面の防護</p> <p>文献1) 欧州安全規格 prEN953 (1993年版) 2) 英国安全規格 BS5304 (1988年版) 3) プレス作業と安全, 中央労働災害防止協会 (1991) p.87</p>	

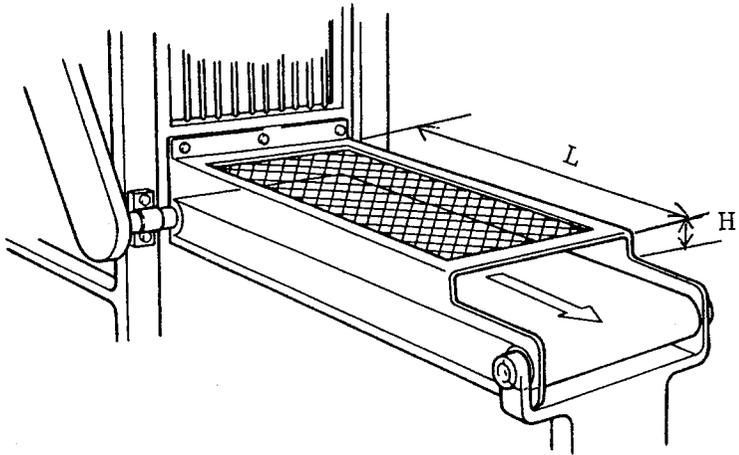
(2) 防護柵

仕 様		適 用 例	
名称	防護柵		
機能	機械の危険な可動部を完全に囲うことはないが、危険な可動部からの距離を確保することによって、人体が危険な可動部に接近することを防止する固定ガード。		
留意事項	<p>① 上肢が柵の上方を乗り越えて可動部に到達しないように、防護柵は適切な高さとする事（参考資料2参照）。</p> <p>② 清掃等のために、柵の下端と床面の間に隙間を設ける場合は、この隙間を通して下肢が危険な可動部に到達しないように、防護柵下端の高さを適切に設計すること（参考資料2参照）。</p> <p>③ 棧や格子状の防護柵では、上肢や下肢が棧や格子の隙間を通して可動部に到達しないように、隙間の大きさや幅を適切に設計すること（参考資料2参照）。</p> <p>④ 可視性の確保のために一部透明板を使用する場合は、加工物等が飛来したときの衝撃によって透明板が破損しないように、必要な強度を持たせること。</p> <p>⑤ 溶接等によって機械本体と一体構造になっているか、または特殊なボルト（菊ネジボルト等）で固定されており、特殊な工具を使用しなければ取り外しできないこと。</p> <p>⑥ 鋭利な角や突起がないこと。</p> <p>⑦ 運転中に受ける力や周囲から受ける力に耐えられるように、防護柵本体とその取り付け箇所は、必要な強度を有すること。</p>	 <p>図1 ロボット周辺の防護柵</p>	 <p>図2 ロボットの防護柵 (各々のロボット毎に柵を設けている)</p>
適用例	産業用ロボットやプレーナ等の周辺の防護柵。	 <p>写真1 当所の設備に適用した防護柵</p>	<p>文献1) M. C. Bonny and Y. F. Yong, Robot Safety, IFS Ltd. UK (1985) p.217-222</p>

(3) 調節ガード

仕 様		適 用 例
名称	調節ガード	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div>
機能	人の操作によって防護長さ、防護位置等を変更できる半固定ガード。	
留意事項	<p>調節ガードには次のようなものがある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 長さ調節式 (図1参照) 人の操作によって防護長さを調節する。 ② 位置調節式 (写真1参照) 人の操作によって防護位置を調節する。 ③ 着脱式 (写真2参照) 開口部の大きさを容易に変更できるように開口部に取り付け可能な着脱式のアタッチメントを持つ。 	
適用例	<p>小型汎用ボール盤, プレス機械など</p> <p>文献1) 欧州安全規格 pr EN 953 (1993年版) 2) 英国安全規格 BS 5304 3) プレス作業と安全, 中央労働災害防止協会 (1991) p.93 4) Accident Prevention Manual for Industrial Operations (Ninth Edition—Occupational Safety and Health Series), R.R Donnelley & Sons, USA (1989) p.267</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>(a) 作業状況 (b) 拡大写真</p> <p>写真1 プレス機械の調節ガード</p> <div style="display: flex; justify-content: center; margin-top: 20px;">  </div> <p>写真2 プレス機械の着脱式ガード</p> <ul style="list-style-type: none"> 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行くと, 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交換のため, 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。 <p>図1 ボール盤の調節ガード</p>

(4) トンネルガード

仕 様				適 用 例	
名称	トンネルガード			 <p>トンネルの底部にベルトコンベヤを設け、上部を金網にして見やすくする。</p> <p>図1 加工機械の製品搬出口に設けられたトンネルガード</p>	
機能	ガードの開口部から手を入れても、ガードが十分な長さを持っているために、手指等が機械の危険な可動部に到達しない構造の固定ガード。製品の搬入・搬出部や、手工具の出入口等に適用可能である。				
留意事項	種 類	開口高さ H (mm)	トンネルガードの 長さ L (mm)		
	コンベヤの トンネル ガード (図1)	4 以下 4 ~ 6 6 ~ 8 8 ~ 10 10 ~ 12	2 10 20 80 100		
	(詳細は参 考資料2の 表3を参照)	12 ~ 20 20 ~ 120 120 以上	120 850 適用できない		
適用例	コンベヤのトンネルガード。			<p>文献1) 西島, 安全管理のソフト学, 中央労働災害防止協会 (1986) p.168</p>	

(5) ヒンジ式可動ガード

仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造
名称	ヒンジ式可動ガード	<ul style="list-style-type: none"> ・一般工作機械、産業用ロボット、食品機械、搬送機械、印刷機械、成形機等のガードインタロック。 ・ガード内に人体全部が入るおそれのない機械。 	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>ガード開</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>ガード閉</p> </div> </div> <p>ガードを開くと、シャフトに直結したカムが回転し、スイッチの位置を↓印の方向に押す。これにより接点が強制的に引き離されて、機械が停止する。</p> <p>図2 ヒンジ式可動ガードのスイッチの構造</p>
機能	ヒンジ式のガードを閉じない限り機械が機動せず、機械の運転中にガードを開いたときは直ちに機械の運転が停止する構造の可動ガード。		
構造	<ol style="list-style-type: none"> ① 可動ガードを開くと、シャフトに直結したカムが回転しスイッチを押す。これにより、接点が強制的に引き離されて、機械が停止する。 ② 仮にスイッチの接点が溶着したり、バネが破損したときでも、作業者がガードを開くときの力によって接点を強制的に引き離すことが可能。 ③ 作業者がスイッチを意図的に無効化できないように、スイッチは蓋で完全に覆われており、蓋は特殊な工具を用いなければ、開けることができない。 ④ 接点間の短絡を防止するために、接点間は遮蔽板で隔離されている。 		

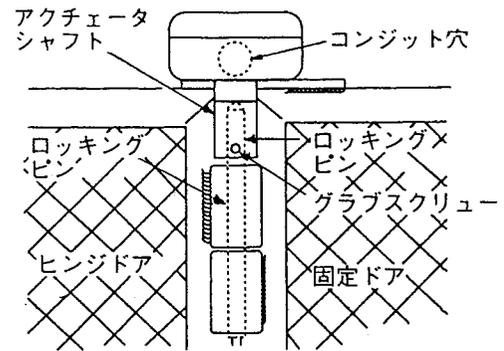
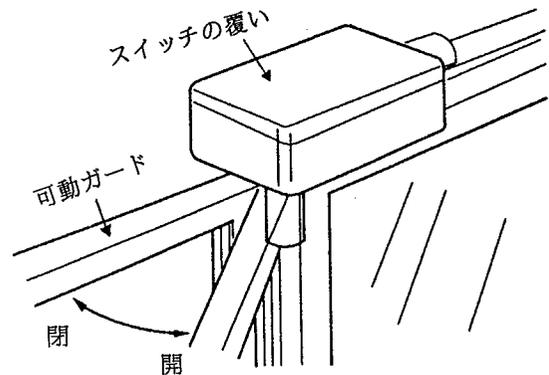
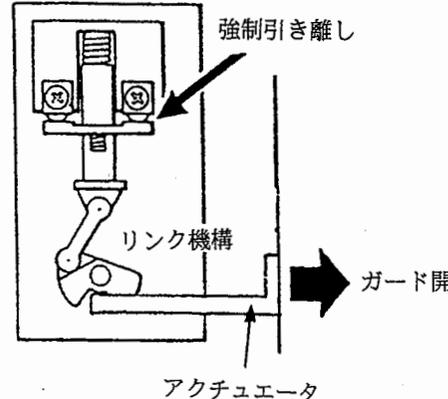
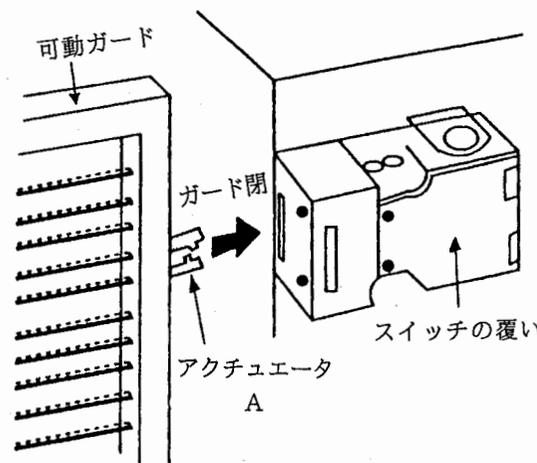
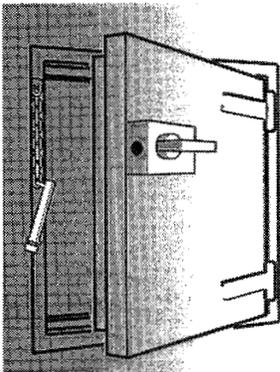
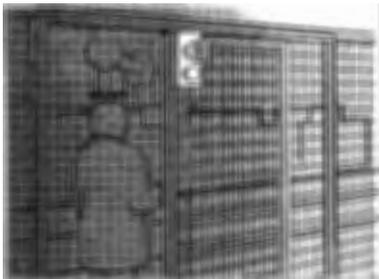
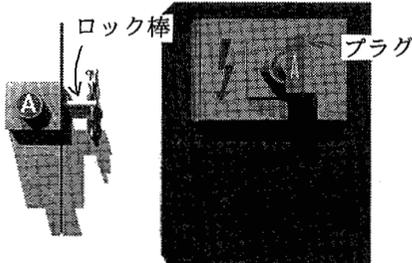
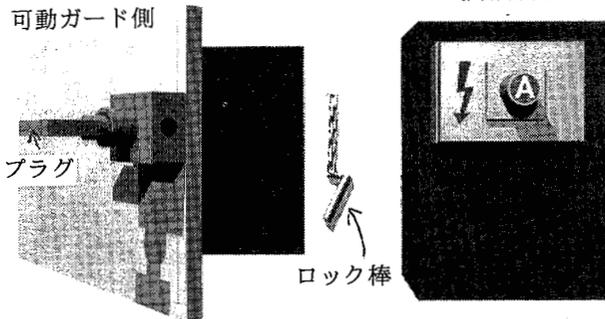
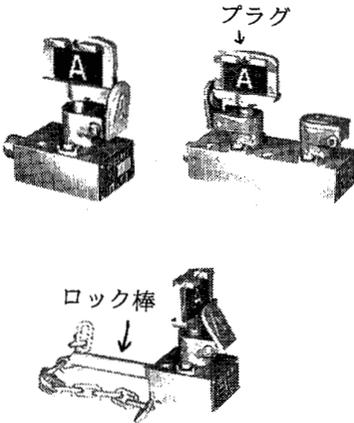


図1 ヒンジ式可動ガードの適用例

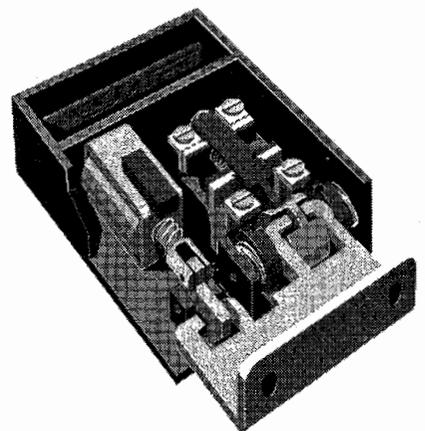
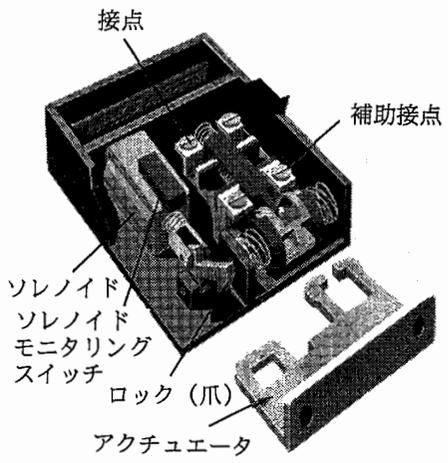
(6) スライド式可動ガード

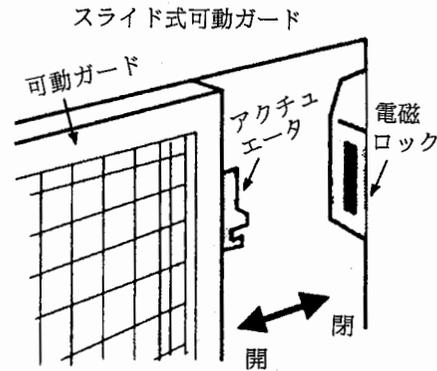
仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造
名称	スライド式可動ガード	<ul style="list-style-type: none"> ・一般工作機械、産業用ロボット、食品機械、搬送機械、印刷機械、成形機等のガードインタロック。 ・ガード内に人体全部が入るおそれのない機械。 	 <p>強制引き離し</p> <p>リンク機構</p> <p>アクチュエータ</p> <p>ガード開</p> <p>ガードを開くと、リンク機構の動作によって接点が強制的に引き離され、機械が停止する。</p>
機能	スライド式のガードを閉じない限り機械が起動せず、機械の運転中にガードを開いたときは直ちに機械の運転を停止させる構造の可動ガード。水平方向だけでなく、斜め方向や垂直方向へのスライドを含む。		
構造	<ol style="list-style-type: none"> ① ガードを閉じると、アクチュエータと呼ばれる作動片（図1のA）がスイッチ内に入して、接点を閉とする。これにより、機械の運転が可能となる。 ② ガードを開くと、図2のようなリンク機構の動作によって、接点が強制的に引き離され、機械が停止する。 ③ スwitchの接点が溶着したり、バネが破損したときでも、作業者がガードを開くときの力によって接点を強制的に引き離すことが可能。 ④ 接点は、専用のアクチュエータによって作動させることができ、ドライバやナイフ等で意図的に接点を閉とできない。 ⑤ 作業者がスイッチを意図的に無効化できないように、スイッチは蓋で完全に覆われており、蓋は特殊な工具を用いなければ、開けることができない。 ⑥ 接点間の短絡を防止するため、接点間は遮蔽板で隔離されている。 	 <p>可動ガード</p> <p>ガード閉</p> <p>アクチュエータ A</p> <p>スイッチの覆い</p>	<p>図2 スライド式可動ガードのスイッチの構造</p>

(7) 安全プラグ付き可動ガード

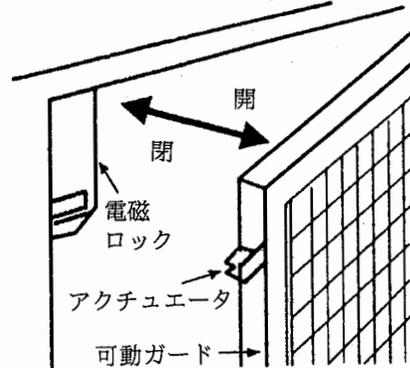
仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造
名称	安全プラグ付き可動ガード	<p>・一般工作機械、産業用ロボット、食品機械、搬送機械、印刷機械、成形機等のガードインタロック。 ・ガード内に人体全部が入るおそれのない機械。</p>  	<p>(a) 可動ガード側 駆動源側</p>  <p>プラグを駆動源側に差し込むことにより、駆動源はONとなる。この状態ではロック棒を外すことはできないため、ガードを開けることはできない。</p> <p>(b) 可動ガード側 駆動源側</p>  <p>プラグを駆動源側から引き抜くと、駆動源はOFFとなる。プラグをガード側に差し込んで回転させることにより、ロック棒が外れ、ガードが開く。</p>
機能	安全プラグを挿入しない限り機械が起動せず、機械の運転中に安全プラグを引き抜いたときは直ちに機械の運転が停止する構造の可動ガード。		
構造	<p>① 安全プラグは、作業者がプラグの電極間を故意に短絡して無効化できないように、覆い等が設けられたものとなっている。</p> <p>② 個々のプラグは鍵となっており、別のプラグを持ってきても鍵が合わないために、機械が作動しない。</p> 		
写真1 可動ガード用安全プラグの例		図1 安全プラグ付き可動ガードの適用例	図2 安全プラグ付き可動ガードのプラグの構造

(8) 電磁ロック式可動ガード

仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造
名称	電磁ロック式可動ガード	<p>・一般工作機械、産業用ロボット、食品機械、搬送機械、印刷機械、成形機等のガードインタロック。</p> <p>・ガード内に人体全部が入るおそれのない機械。</p>	<p>(a) ガードが閉じているとき</p>  <p>(b) ガードが開いているとき</p> 
機能	<p>ガードが電磁的にロックされない限り機械が起動せず、機械が完全に停止しない限りは、電磁ロックが解除されないためガードが開かない構造の可動ガード。</p>		
構造	<p>① 安全が確認できると、安全情報の持つエネルギーによって電磁ロック機構のソレノイドが励磁されて、ロックが解除される。</p> <p>② 安全が確認できないときは、安全情報の生成が停止するためにソレノイドが無励磁となり、ガードがロックされる。</p> <p>③ 電磁ロック機構に断線等の故障が起きたときも、ソレノイドが無励磁となるためガードはロックされる。</p> <p>④ ガードを開くことにより、接点は強制的に引き離される。</p> <p>⑤ 接点は、専用のアクチュエータによって作動させることができ、ドライバやナイフ等で意図的に接点を閉とできない。</p> <p>⑥ 作業者がスイッチを意図的に無効化できないように、スイッチは蓋で完全に覆われており、蓋は特殊な工具を用いなければ開けることができない。</p> <p>⑦ 接点間の短絡を防止するため、接点間は遮蔽板で隔離されている。</p>		



スライド式可動ガード



ヒンジ式可動ガード

図1 電磁ロック式可動ガードの適用例

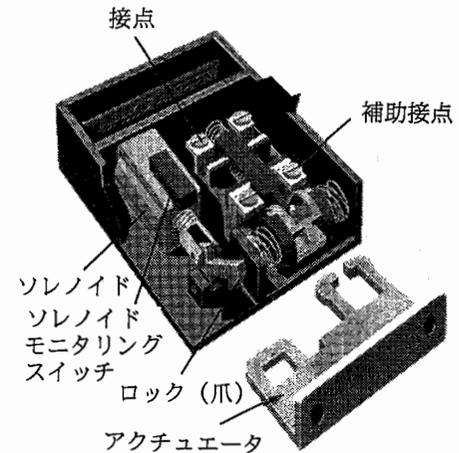
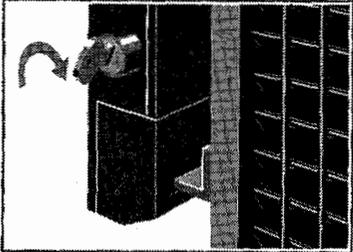
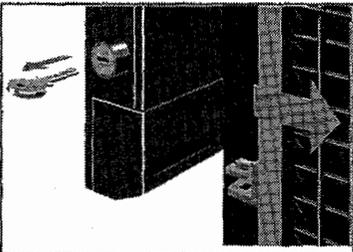


図2 電磁ロック式可動ガードの接点部の構造

(9) キー付き電磁ロック式可動ガード

仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造
名称	キー付き電磁ロック式可動ガード	<ul style="list-style-type: none"> ・一般工作機械，産業用ロボット，食品機械，搬送機械，印刷機械，成形機等のガードインタロック。 ・ガード内に人体全部が入るおそれのある機械。 	<p>(a)</p>  <p>ガードを開き，キーをUNLOCK状態とした後は，ガードを閉めても機械は起動しない。</p> <p>(b)</p>  <p>キーはUNLOCKの位置にあるときに限り，抜くことができる。</p> <p>図2 キー付き電磁ロック式可動ガードの構造の例</p>
機能	第3者が誤って機械を起動しないように，キーを取り付けた電磁ロック式可動ガード。		
構造	<ul style="list-style-type: none"> ① 機械が運転できるのは，ガードが閉じており，かつ，キーがLOCK状態にあるときである。 ② キーがUNLOCK状態のときは，ガードを閉めても機械は起動しない。 ③ キーは，UNLOCKの位置にあるときに限り，抜くことができる。 		

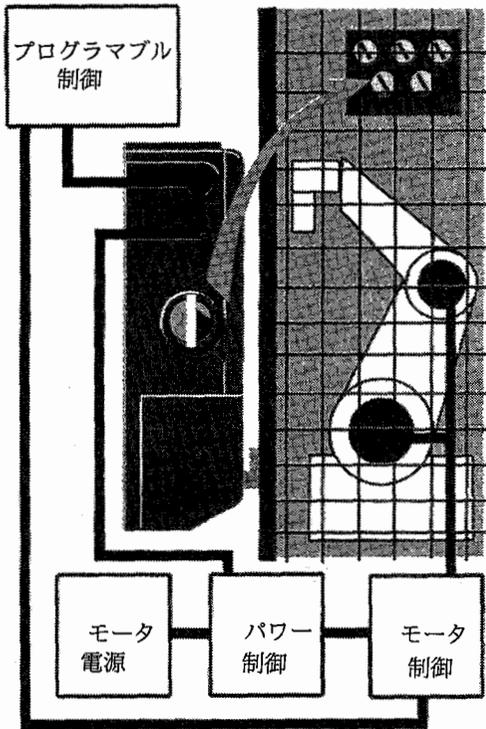
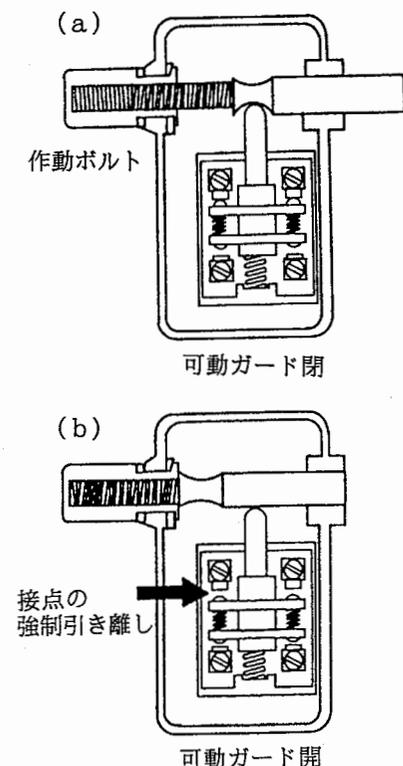


図1 キー付き電磁ロック式可動ガードの適用例

(10) ボルト式可動ガード

仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造
名称	ボルト式可動ガード	<ul style="list-style-type: none"> ・一般工作機械，産業用ロボット，食品機械，搬送機械，印刷機械，成形機等のガードインタロック。 ・ガード内に人体全部が入るおそれのない機械。 	 <p>(a) 作動ボルト 可動ガード閉</p> <p>(b) 接点の強制引き離し 可動ガード開</p> <p>作動ボルトを回すことによって接点を強制的に引き離し，機械の駆動源を遮断する。その後，作動ボルトが最短になるまで回し終えた状態で初めてガードが開くため，惰性運転のある機械でも，駆動源を遮断してからガードを開くまでには時間がかかり，安全を確保できる。</p>
機能	<p>作業者が可動ガードに取り付けられた作動ボルトを回すと，ボルトの移動によってスイッチの接点が強制的に引き離されて，直ちに機械の駆動源を遮断する構造の可動ガード。</p>		
構造	<ol style="list-style-type: none"> ① ガードを開きたいときは，作動ボルトを回すことにより，ボルトを移動していく。この移動の途中で接点が開いて，機械の駆動源を遮断する。 ② 作動ボルトが最短になるまで回し終えた状態で初めてガードが開くため，惰性運転のある機械でも，駆動源を遮断してからガードが開くまでは時間がかかり，安全を確保できる。 ③ 接点は，作動ボルトを回すことにより，強制的に引き離される。 ④ 作業者がスイッチを意図的に無効化できないように，スイッチは蓋で完全に覆われており，蓋は特殊な工具を用いなければ開けることができない。 ⑤ 接点間の短絡を防止するために，接点間は遮蔽板で隔離されている。 		

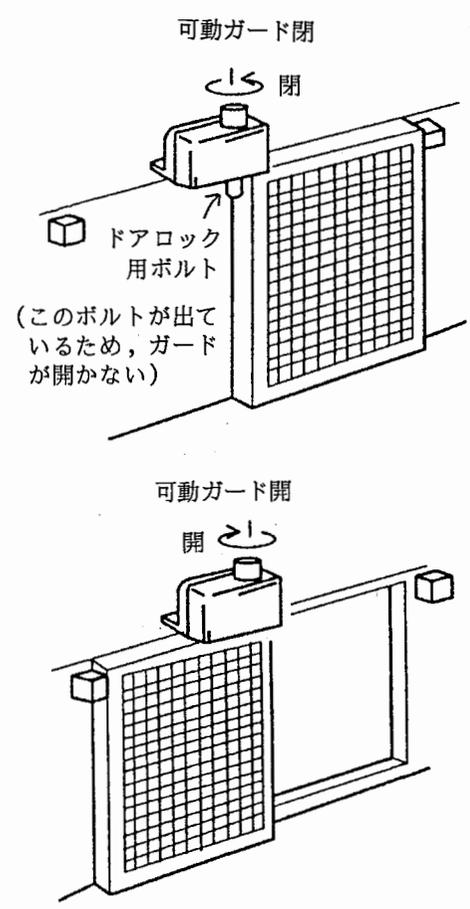
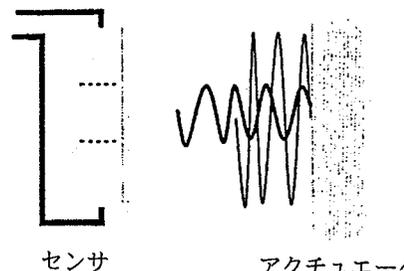
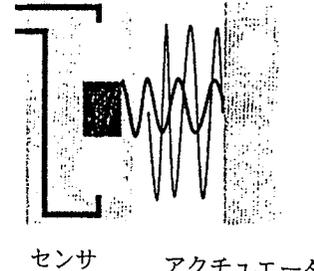


図1 ボルト式可動ガードの適用例

参 考 資 料

(11) 近接式可動ガード

仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造	
名称	近接式可動ガード	<p>・一般工作機械，産業用ロボット，食品機械，搬送機械，印刷機械，成形機等のガードインタロック。</p> <p>・作業者によるスイッチの意図的無効化が特に問題となる箇所に使用する。</p>	 <p>センサ アクチュエータ</p> <p>ガードは開の状態であるため，接点はOFFとなる。</p>	
機能	近接センサが取り付けられたガードを閉じない限り機械が起動せず，機械の運転中にガードを開いたときは直ちに機械の運転が停止する構造の可動ガード。			 <p>センサ アクチュエータ</p> <p>ガードを閉じて行く途中で，最初にマグネット部がセンシングする。</p>
構造	<p>① 共振トランスとマグネットの両方のセンサを持っており，これら2つのセンサが同時に作動したとき，初めて接点が閉じる。</p> <p>② 構成部品の故障をセルフ・チェックによって常時監視し，故障が検出されたときは，接点を開いて機械を停止させる。</p> <p>③ 作業者がスイッチを意図的に無効化できないように，スイッチは蓋で完全に覆われており，蓋は特殊な工具を用いなければ，開けることができない。</p> <p>④ 接点間の短絡を防止するために，接点間は遮蔽板で隔離されている。</p>			

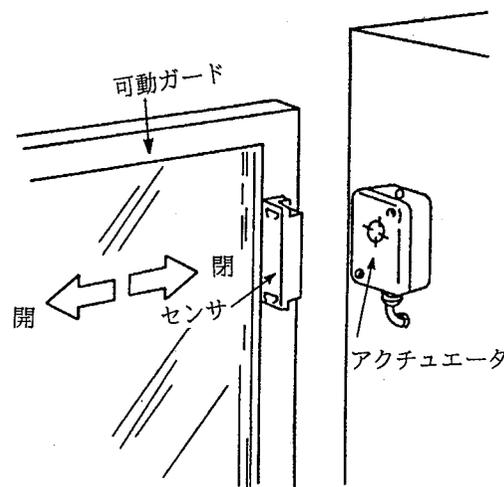
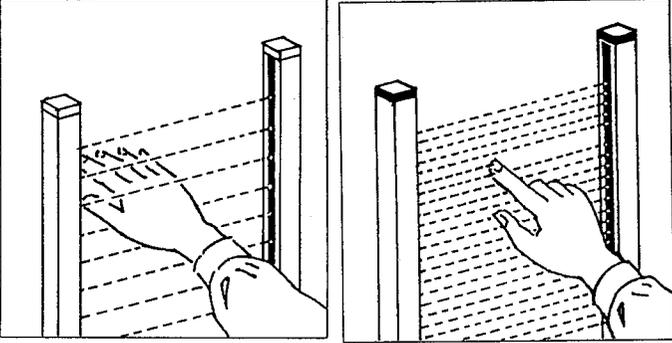
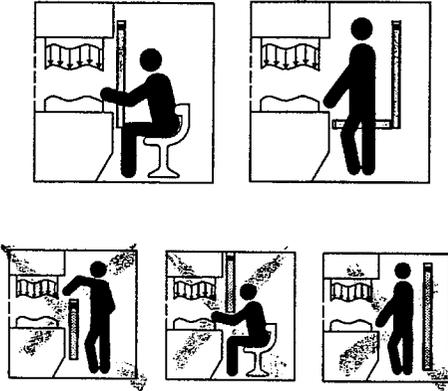
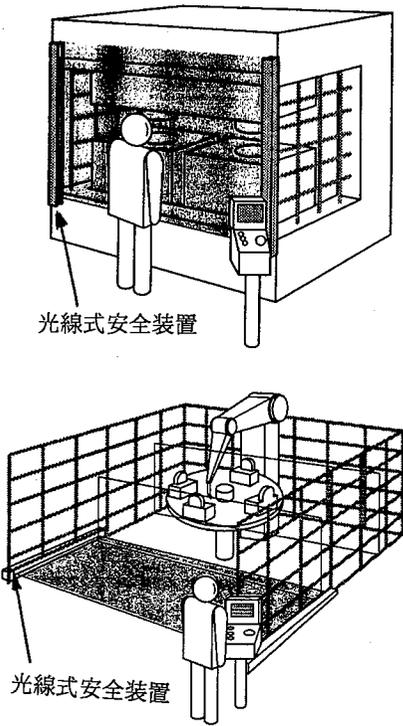


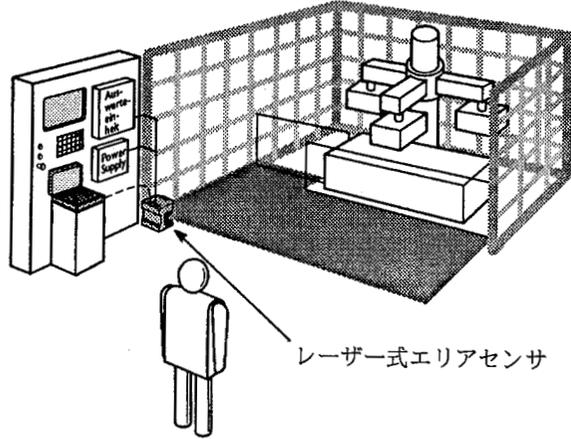
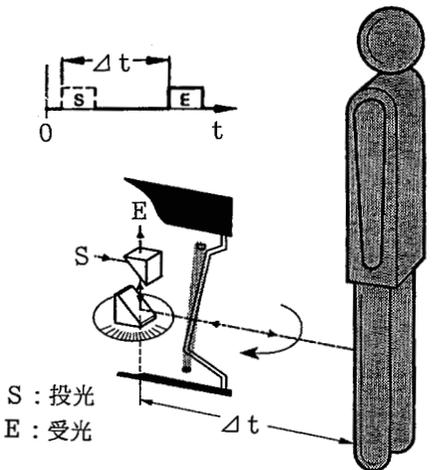
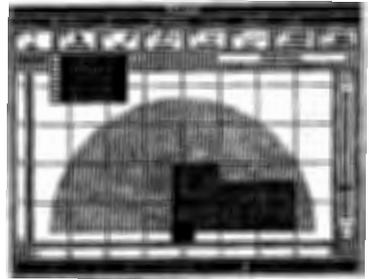
図1 近接式可動ガードの適用例

図2 近接式可動ガードの機能

(12) 光線式安全装置

仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造
名称	光線式安全装置	<ul style="list-style-type: none"> ・プレス機械やロボットの光線式安全装置。 ・防護高さが大きい機械の安全装置 	<p>(a) 従来の光線式安全装置 (b) 光軸間隔を狭くした安全装置</p>  <p>光軸間隔が広い場合、光軸と光軸の間から手が入り込むだけで安全距離を長くする必要があります(参考資料2参照)。</p> <p>光軸間隔が狭く、光軸と光軸の間から手が入り込まないために、安全距離を短縮できる(参考資料2参照)。</p> <p>図2 光軸間隔と安全距離の関係</p>  <p>光軸を遮光しなければ、危険領域に進入できないように配置する。</p> <p>図3 光線式安全装置の設置法</p>
機能	人体や物体の存在を検知するために、光による検出を行う方式の安全装置。	 <p>光線式安全装置</p> <p>光線式安全装置</p> <p>図1 光線式安全装置の使用例</p>	
構造	<p>① 人体や物体が検出されたときだけでなく、装置の故障時にも、信号出力がOFFとなり、機械が停止する。</p> <p>② 光軸間隔が十分狭いため、光軸と光軸の間から手指等が進入しない(図2参照)。</p> <p>③ センサの高さが十分あるために、大型の機械設備や広大な作業領域を持つ機械設備にも適用可能。</p>		

(13) レーザー式エアリセンサ

仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造
名称	レーザー式エアリセンサ	<p>・一般工作機械、産業用ロボット、自動倉庫、無人搬送車、無人走行リフト等のエアリセンサ。 ・可動範囲が広大であり、可動範囲内に人体全部が入るおそれのある機械。</p> 	 <p>投光されたレーザーパルスは、回転鏡により屈折されて、半円の光の面を形成する。この半円の内部に人体や物体が存在すると、レーザーパルスが反射光として受光される。この投受光間の時間差が相対的な距離となる。</p> <p>図2 レーザー式エアリセンサの内部構造</p>  <p>監視エリアは図のように画面表示され、コンピュータ側で設定変更が可能である。</p> <p>図3 防護エリアの表示</p>
機能	光よりも遠方に到達しやすいレーザー光を用いて、広大な領域（エアリ）を監視するセンサ。		
構造	<p>① レーザースキャン方式と投受光の時間差計測によって、人体や物体までの距離を計測する拡散反射型（反射板や反射マークが不要）。</p> <p>② 人体や物体が検出されたときだけでなく、安全装置自体の故障時にも、出力信号がOFFとなり、機械が停止する。</p> <p>③ 監視エアリはコンピュータ側で設定が可能。</p>		

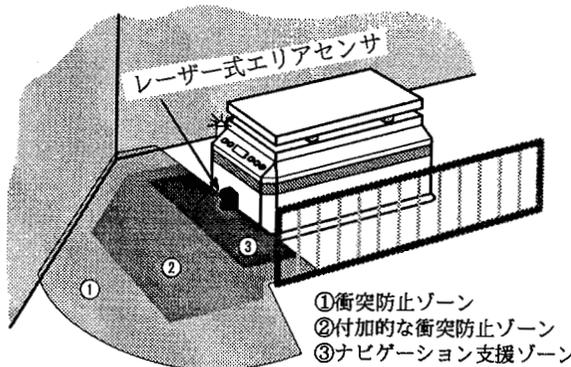
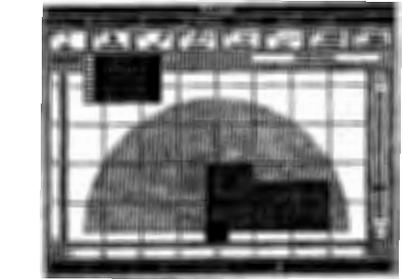


図1 レーザー式エアリセンサの使用例

投光されたレーザーパルスは、回転鏡により屈折されて、半円の光の面を形成する。この半円の内部に人体や物体が存在すると、レーザーパルスが反射光として受光される。この投受光間の時間差が相対的な距離となる。

図2 レーザー式エアリセンサの内部構造



監視エリアは図のように画面表示され、コンピュータ側で設定変更が可能である。

図3 防護エリアの表示

(14) マットスイッチ

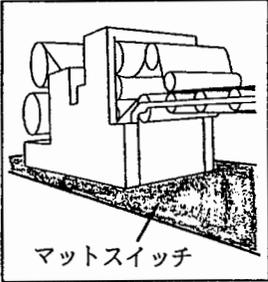
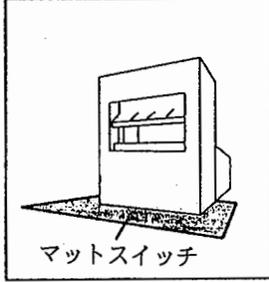
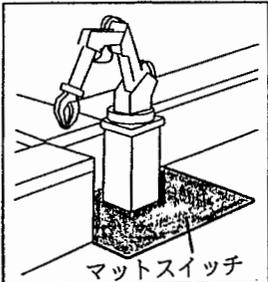
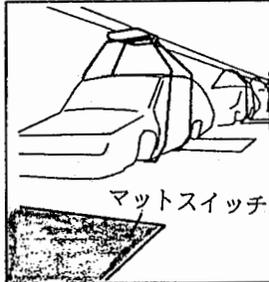
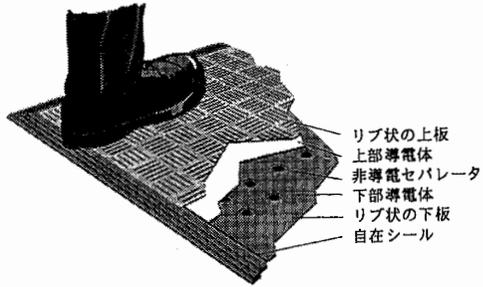
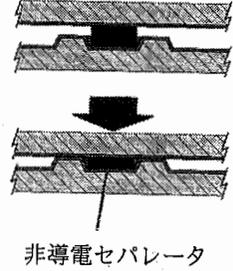
仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造
名称	マットスイッチ	<p>・一般工作機械や産業用ロボットのエリアセンサ。 ・可動範囲が広大であり、可動範囲内に人体全部が入るおそれのある機械。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>回転機械</p>  <p>マットスイッチ</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>加工機械</p>  <p>マットスイッチ</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>ロボット</p>  <p>マットスイッチ</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>搬送装置</p>  <p>マットスイッチ</p> </div> </div>	 <p>リブ状の上板 上部導電体 非導電セパレータ 下部導電体 リブ状の下板 自在シール</p>  <p>非導電セパレータが柔軟性をもっているために、斜め方向を含むいかなる方向からの力がマットに作用した場合でも、スイッチは確実に作動する。</p> <p>非導電セパレータ</p>
機能	マットに作用する圧力の変化を利用して、人体や物体の存在を検知する方式の安全装置。		
構造	人体や物体が検出されたときだけではなく、断線等によるこの安全装置自体の故障時にも出力信号がOFFとなり、機械が停止する。		

図1 マットスイッチの使用例

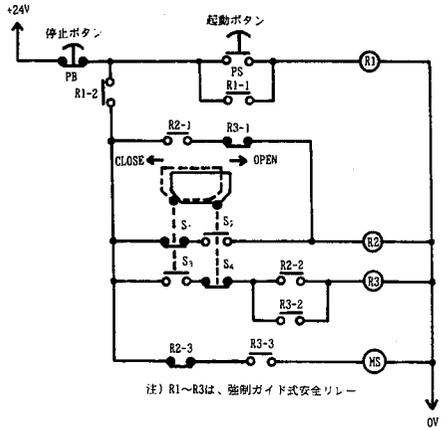
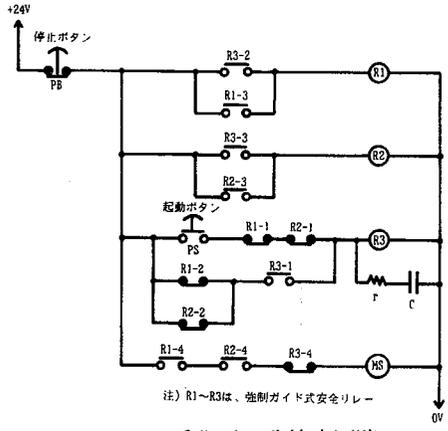
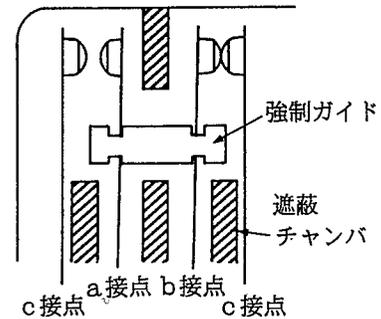
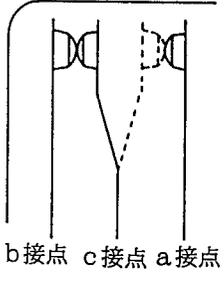
図2 マットスイッチの構造

(15) 回転ゼロ確認センサ

仕 様		構 造
名称	回転ゼロ確認センサ	
機能	機械の危険な可動部の回転が完全に停止したことを確認するセンサ。電磁ロック式可動ガードと併用する。	
構造	<p>① 回転停止中に作業者が意図的に回転体を動かしたときでも、安全確認信号は解除される。</p> <p>② 回転が検出されたときだけでなく、センサの故障時にも安全確認信号はOFFとなり、電磁ロックは解除されない。</p> <p>③ ユニット間の配線に短絡・断線が起きたときでも、安全確認信号はOFFとなる。</p> <p>④ ユニット間配線の接続・切り離しや回路収納箱の分解が、容易にできない構造になっている。</p>	
使用場所	モーター等の回転する可動部を持つ機械。	

図1 回転ゼロ確認センサの基本構成

(16) 強制ガイド式安全リレー

仕様		主な使用場所	構造
名称	強制ガイド式安全リレー	・プレス機械, 昇降装置, 鉄道信号, ロボット等  <p>注) R1~R3は、強制ガイド式安全リレー</p> <p>ガードインタロック回路 (第3章参照)</p>  <p>注) R1~R3は、強制ガイド式安全リレー</p> <p>リレーの二重化不一致検出回路 (第3章参照)</p>	<p>セーフティリレー</p>  <p>強制ガイド 遮蔽 チャンバ</p> <p>各々の接点 (a接点またはb接点) は遮蔽チャンバ内に完全に収納されているため、万一接点の溶断や折損が発生しても駆動コイルや他の接点と混触しない。</p> <p>0.5 mm以上のギャップ</p> <p>一般のリレー</p>  <p>b接点 c接点 a接点</p> <p>強制ガイド 遮蔽 チャンバ</p> <p>強制ガイドの採用により、万一a接点が溶着したときは対となるb接点を強制的に引き離して、被励磁時の中立状態を確保する。この時、b接点の接点間ギャップは、0.5 mm以上とする。</p>
機能	万一 a 接点が溶着を起こしても、対となる b 接点を強制的に引き離しできるように、強制ガイドを持つリレー。		
構造	<p>① 異なる接点間の短絡を防止するために、接点は遮蔽板によって遮蔽されているか、または遮蔽室等に収納された構造である。</p> <p>② 万一 a 接点が溶着しても、対となる b 接点を強制的に引き離しできるように強制ガイドを持つ。</p> <p>③ ②のとき、b 接点の接点間ギャップは 0.5 mm 以上を確保できる。</p>		

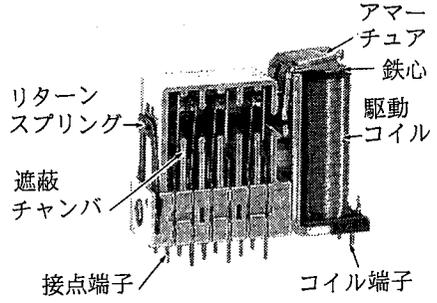


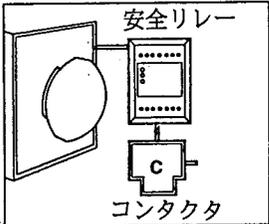
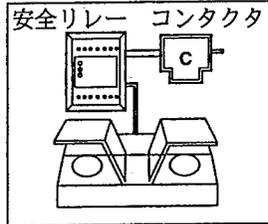
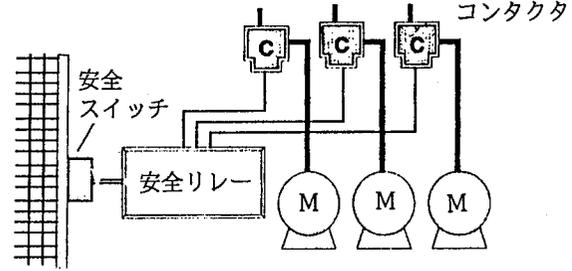
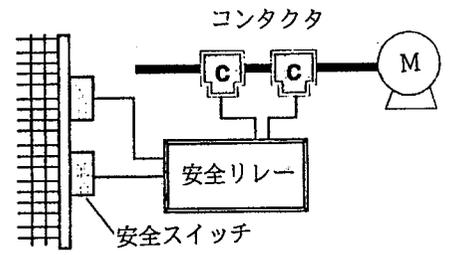
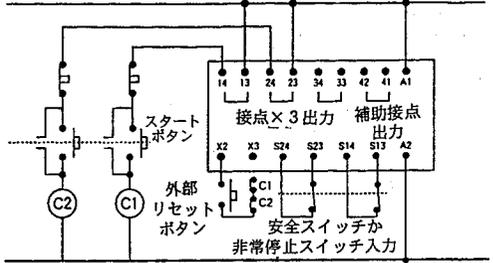
写真1 強制ガイド式安全リレーの外観の例

図1 強制ガイド式安全リレーの回路例

図2 強制ガイド式安全リレーの構造

参考資料

(17) モニタ付き安全リレー

仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造
名称	モニタ付き安全リレー	・プレス機械、昇降装置、鉄道信号、ロボット等	
機能	電磁リレーに接点溶着が生じたことを検出できるモニタ機構を持つリレー。		
構造	<p>入力信号、出力信号、コンタクタからのフィードバック信号等を基に接点動作のモニタリングを行い、接点溶着が検出されたときは、運転許可信号を出力しない。</p>  <p>写真1 モニタ付き安全リレーの外観の例</p>	<p>(a) 非常停止ボタン</p>  <p>(b) 両手操作式ボタン</p>  <p>(c) 安全スイッチ</p>  <p>3つの独立した回路のコンタクタをモニタする。</p>  <p>2重化されたコンタクタをモニタする。</p> <p>図1 モニタ付き安全リレーの使用方法</p>	 <p>内部リレーは、強制引き離し式の独立した2重化接点となっている。</p> <p>図2 モニタ付き安全リレーの構造</p>

(18) リミットスイッチ

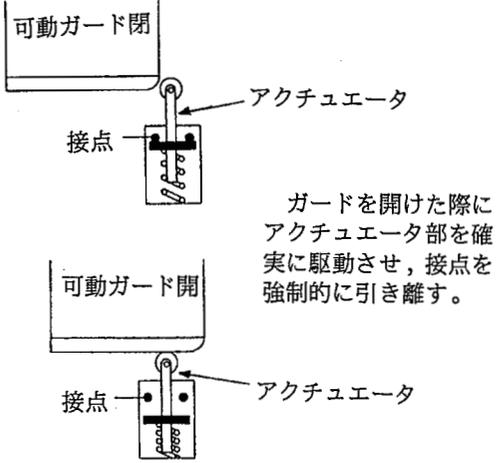
仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造
名称	リミットスイッチ	<ul style="list-style-type: none"> ・行き過ぎ防止用のリミットスイッチ ・ガードインタロック用のリミットスイッチ 	 <p>可動ガード閉</p> <p>アクチュエータ</p> <p>接点</p> <p>可動ガード開</p> <p>アクチュエータ</p> <p>接点</p> <p>ガードを開けた際にアクチュエータ部を確実に駆動させ、接点を強制的に引き離す。</p>
機能	アームに作用する力によって、スイッチの接点を強制的に引き離す構造のリミットスイッチ。		
構造	<ol style="list-style-type: none"> ① 強制引き離し式のb接点を持っている。 ② 作業者がリミットスイッチを意図的に無効化できないように、スイッチは蓋で完全に覆われており、蓋は特殊な工具を用いなければ開けることができない。 ③ 接点間の短絡を防止するために、接点は遮蔽板で隔離されている。 		



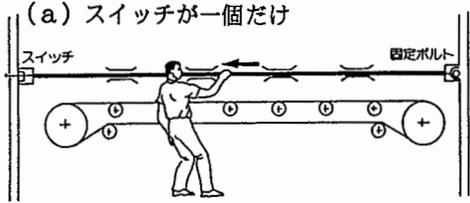
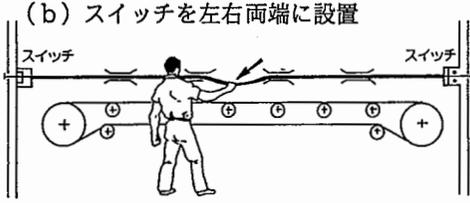
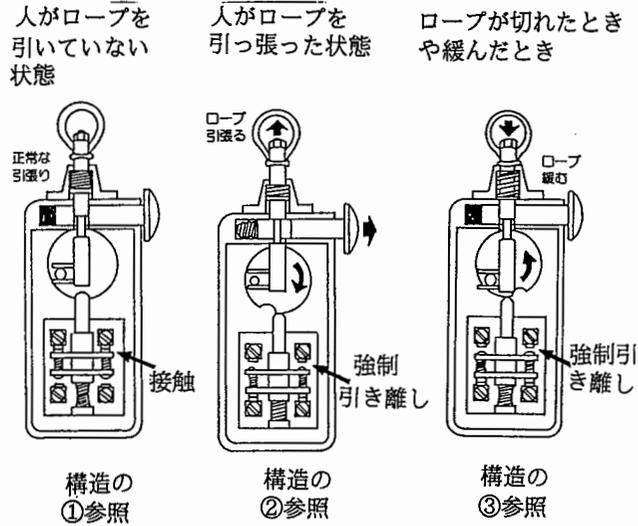
写真1 リミットスイッチの例

図1 リミットスイッチの構造

(19) モニタ付き複式電磁弁

仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造
名称	モニタ付き複式電磁弁	・機械プレス	
機能	一方の電磁弁に固着が生じたときは、これをモニタ機構で検出できる構造の複式電磁弁。		
構造	<ol style="list-style-type: none"> ① 電磁弁はノーマルクローズ型であること。 ② 油圧式にあつてはバネリターン型，空気圧式にあつてはプレッシャリターン型であること。 ③ 電磁弁は複式のものであること。 ④ 複式の一方の電磁弁に固着が生じたとき，これを検出できるモニタ機構を持つ。 ⑤ 複式の一方の電磁弁に固着が生じたときでも，他方の電磁弁の遮断時間は極力影響を受けない構造である。 		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正常動作（電磁弁閉）</p> <p>(1)に入った流体は，2つの弁に阻まれて，排出側(2)へ抜けない。</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>正常動作（電磁弁開）</p> <p>(1)に入った流体は，図の矢印の経路を通り，排出側(2)へ抜ける。</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>異常動作</p> <p>弁Aに開固着が生じたとき，(1)に入った流体は弁Bに阻まれて，排出側(2)へ抜けない。</p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">万一電磁弁に異物が挟まったり，弁が固着したりすると，弁が開いたままとなり，機械を停止できなくなる。そこで，特に危険な機械に使われる電磁弁では，弁を二重化（複式電磁弁）するとともに，2つの弁の動作をモニタ装置によって監視し，万一弁の動作が不一致のときは，弁に開固着が起きたと見なして機械を停止させる。この場合，弁の動作はマイクロスイッチ等によって位置を直接検出してモニタすることが多い。</p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">図1 モニタ付き複式電磁弁の構造</p>

(20) ワイヤ式緊急停止装置

仕 様		主 な 使 用 場 所	構 造
名称	ワイヤ式緊急停止装置	・コンベヤ等の緊急停止装置	
機能	人体がワイヤと接触したときにスイッチを作動させる方式の緊急停止装置。		
構造	<p>① ロープが正常な引っ張り状態にある時は、カムに作用するバネ力とロープの引っ張り力が釣り合っており、カムは中立点の位置（スイッチをONする位置）で停止を維持する。</p> <p>② 作業者がワイヤを引っ張ると、これに連動してカムが時計方向に回転し、スイッチを押す。これにより接点が強制的に引き離されて機械が停止する。</p> <p>③ ワイヤが切れたときや緩んだときには、スイッチ自身に組み込まれたバネの力によってカムが反時計方向に回転し、接点が強制的に引き離される。</p>	<p>(a) スイッチが一個だけ</p>  <p>(b) スイッチを左右両端に設置</p>  <p>① ロープは危険領域全体を防護できるように、適切な長さのものを選定すること。</p> <p>② ロープの設置高さは、人間の手の進入高さを基本としながら、作業毎に実際にシミュレートして、最適な高さを選定する必要がある。また作業によっては、何本かのロープを異なった高さに設置することも必要である。</p> <p>③ ロープの長さが約2mを越えると、ロープの一端を固定ボルトで止めただけでは、スイッチが作動しないことがある。そこで、ロープの長さが2mを超える場合や、2m以下であってもスイッチの作動を確実にしたい場合は、ロープの両端に一個づつスイッチを設置する。</p> <p>図1 ワイヤ式緊急停止装置の使用法</p>	<p>人がロープを引いていない状態</p> <p>人がロープを引っ張った状態</p> <p>ロープが切れたときや緩んだとき</p>  <p>構造の①参照</p> <p>構造の②参照</p> <p>構造の③参照</p> <p>図2 ワイヤ式緊急停止装置のスイッチの構造</p>

参 考 資 料

(21) 論理ゲート

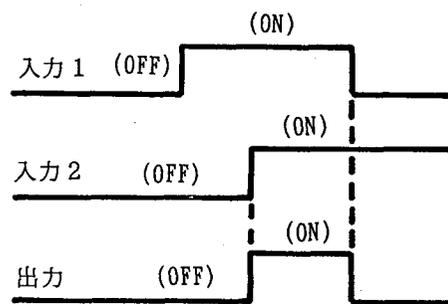
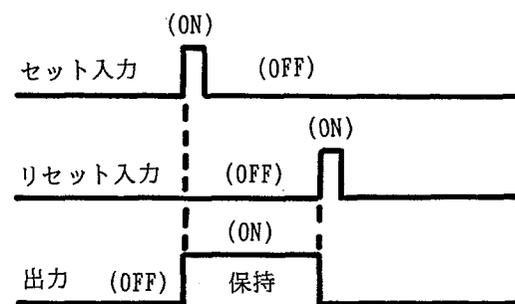
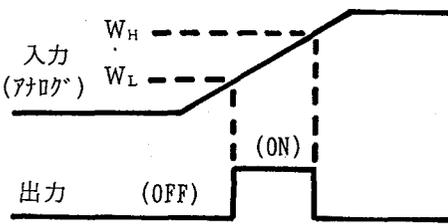
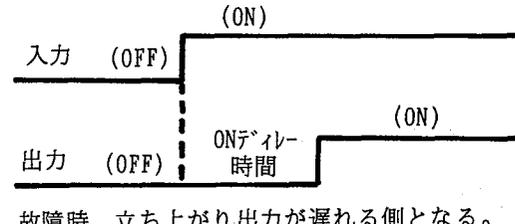
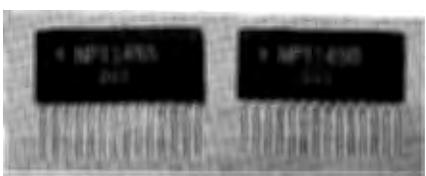
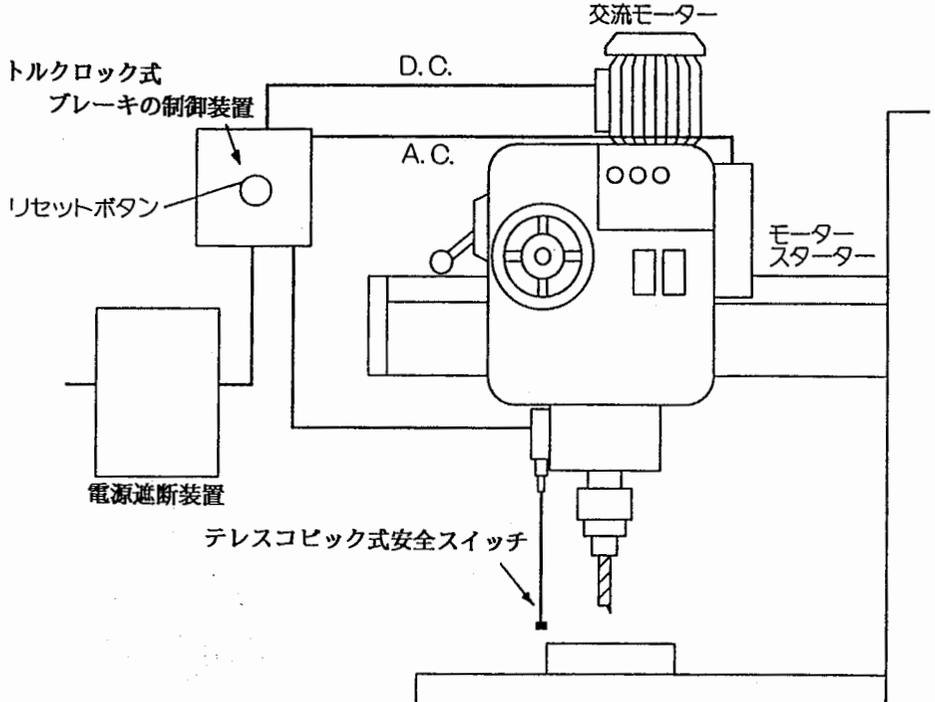
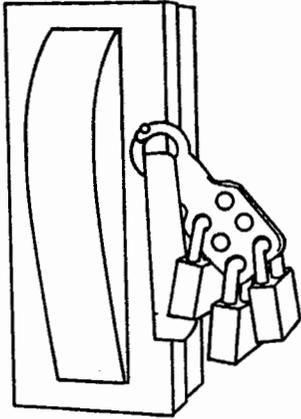
仕様		機能	
名称	フェールセーフIC		
機能	<p>故障時には出力がOFFとなる制御用のICで、次のようなものがある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① ANDゲート ② ウィンドウ・コンパレータ ③ 自己保持回路 ④ オンディレー ⑤ 整流回路 ⑥ アナログアンプ ⑦ 出力アンプ 等 	<p>(a) ANDゲート</p>  <p>故障時、必ず出力がOFFとなる。</p>	<p>(c) 自己保持回路</p>  <p>故障時、必ず出力がOFFとなる。</p>
構造	<p>ここに示すフェールセーフICは、以下の要件を満足する構造を持つ。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① いずれのICも、故障時には必ず出力がOFFとなる。 ② 入出力信号が電源電圧より高いために、信号線と電源線が混触しても誤って安全情報を生じない。 ③ 出力信号は、予測される最大の環境ノイズよりも有意に大きなエネルギーを持つ。 ④ アナログアンプでは、故障時に増幅度が増大しない。 ⑤ オンディレーでは、故障時には必ず出力がOFFとなるか、または信号出力が遅れる側となる。 	<p>(b) ウィンドウ・コンパレータ</p>  <p>故障時、必ず出力がOFFとなる。</p> <p>注) フェールセーフICの出力は、故障時出力との区別をするために、原則として、交流出力としている。また、電源ラインとの混触を避けるために、入出力電圧は、原則として、倍電圧に設定しているが、これらは細部に関する事項であるので、図1の記載から省いた。</p>	<p>(d) ONディレー</p>  <p>故障時、立ち上がり出力が遅れる側となる。</p>
適用例	<p>既存の論理ゲートと代替できる。</p>  <p>写真1 フェールセーフICの例</p>		

図1 フェールセーフICの機能

(22) トルクロック式ブレーキ

仕 様		機 能
名称	トルクロック式ブレーキ	
機能	交流モータに直流電圧を印加したときに、モータの動きがロックされて急停止する現象を応用したブレーキ。	
構造	<p>① 交流モータに直流を印加すると、モータの動きが急激にロックされる現象が知られている。本装置は、この現象を利用した急停止装置であり、交流モータに一定時間だけ直流を印加し、これによって生じる制動力を利用して、ドリルの回転を急停止させる。</p> <p>② 実際の適用にあたっては、人間の手を直接検出するテレスコピック式安全スイッチと併用する場合が多い(図1参照)。</p>	 <p>図1 トルクロック式ブレーキの構成</p>

(23) ロックアウト

仕 様		機 能
名称	ロックアウト	
機能	機械の起動装置に鍵をかけることで、第三者による起動操作を防止する。	
構造	<p>① 動力源には、第三者による起動を防止するための止め金を有すること。</p> <p>② 止め金は、危険領域に入る可能性がある作業者の、人数分以上の錠前が掛けられること。</p>	 <p>この例では、3人の作業者がまだ南京錠を掛けたままにしている。従って、各自が身に付けているキーで南京錠を外さない限り、第三者による電源の投入はできない。</p> <p>図1 電源カバーに取り付けたロックアウト</p> <p>文献1) 機械設備の安全, 安全衛生教育センタ (1993) p.22</p>