

世界最小クラスの体積を実現した HS6B 形薄形安全スイッチの開発

Development of the World-Smallest "Type HS6B Slim-type Safety Switch"

前 田 健 ^{*1)} 上 野 泰 史 ^{*2)} 福 井 孝 男 ^{*3)} 関 野 芳 雄 ^{*4)}
Ken Maeda Yasushi Kamino Takao Fukui Yoshio Sekino

要 旨

F A (Factory Automation)をはじめとする各産業分野における HMI (Human Machine Interface) 環境において、機械の生産性を向上するだけでなく、労働災害を防止するためによりいっそう使いやすさや安全性を向上させることが必要であり、日本国内においても、2001 年 6 月 1 日に厚生労働省労働基準局より「機械の包括的な安全基準に関する指針」が通達された。この指針は、国際安全規格（案）ISO12100 に基づくリスクアセスメントや安全方策などの手順を示し、安全性構築のためのガイドライン的役割を果たすものと考えられる。

当社では、従来より「人と機械の最適環境の創造」をテーマに安全性に配慮し、ISO12100 適合をサポートする HMI セーフティコンポーネントを開発してきたが、本稿では特にガードのインタロック装置である安全スイッチを取り上げ、国際安全規格からみた必要性和当社の安全思想について述べる。

Abstract

In HMI environments such as FA and other industries, it is necessary to improve safety as well as usability in order to prevent industrial accidents resulting from machine. On 1st June 2001, "Comprehensive Guideline for Machine Safety" was announced by the Ministry of Health, Labor and Welfare in Japan. This guideline shows a procedure for safety measures and risk assessment in accordance with ISO12100, which serves as a cornerstone to establish a framework of safety operation. IDEC IZUMI has originally prioritized safety under the concept of "creating optimal environments for human and machine" and developed HMI safety components that allow FA environments to comply with ISO 12100. This paper introduces the safety switch as an interlock device with guard, and describes a necessity of such devices from the standpoint of international standards of safety and our safety concept.



HS シリーズ 安全スイッチ
HS series safety switch

1. はじめに

近年、F Aなどの産業分野において安全に対する意識が高まってきている。日本国内においても 2001 年 6 月 1 日に厚生労働省労働基準局より「機械の包括的な安全基準に関する指針」が通達され、今後この指針はすべての機械における安全性構築のためのガイドライン的役割を果たすものと考えられる[1]。また、その内容は国際安全規格（案）ISO12100 に基づくリスクアセスメントや安全方策などの手順を示したものであり、このように安全に対する考え方に一歩進んだ ISO や IEC 国際安全規格などに基づいて、機械安全への取り組みを進めることが安全水準の向上となり、労働災害を減少させることにつながる。

当社では ISO12100 適合をサポートする HMI セーフティコンポーネントとして、工作機械などの危険な可動部をカバーするガードが閉じているときに限り、機械の起動を許可し、作業者の安全を確保するドアインタロックの用途に使用する安全スイッチを各種提供している。しかし、近年の安全に対する意識の高まりに加え、機械装置の省スペース化が進むにつれ、従来よりもさらに小形で取り付けスペースが小さい安全スイッチを望む声があがっていた。

本稿では、国際安全規格からみた安全スイッチの必要性と要求事項について紹介するとともに、今回新しく世界最小クラスの体積を実現した、HS6B 形安全スイッ

チについて報告する。

2. 国際安全規格の日本国内への浸透

国際安全規格は階層性を持つ体系で構成されており、その頂点に位置する A 規格は、設計原則などを規定したものであり、その他の B および C 規格に共通して適用できる基本概念で、言い換えると B および C 規格は A 規格に従うことになる。

この A 規格の一つに、安全に関する基本概念と設計上の一般原則を定めた ISO12100（機械類の安全性：基本概念、設計のための一般原則）がある。ISO12100 は 2 部構成となっており、第 1 部は基本用語と方法論、第 2 部は技術的原則と仕様からなる。また、ISO12100 は現在 DIS : Draft International Standard（国際規格草案）の段階で 2001 年の後半に正式発行となる予定である[2]。なお、本稿では ISO/CD12100 を参考文献として述べているが、特に段階を明確にする必要のない場合は単に ISO12100 と記述している。

一方、これまで日本の工業規格である JIS は、国際標準規格の ISO や IEC と整合しないものが多く見られたが、WTO/TBT 協定（世界貿易機関／貿易の技術的障害に関する協定、1995 年 1 月発効）により、ISO や IEC と原則整合化されることになった。その一端として、ISO/TR12100-1、-2（1992 年）をもとに JIS TR B 0008、0009（1999 年）が発行されるなど、国際安全規格をもとに

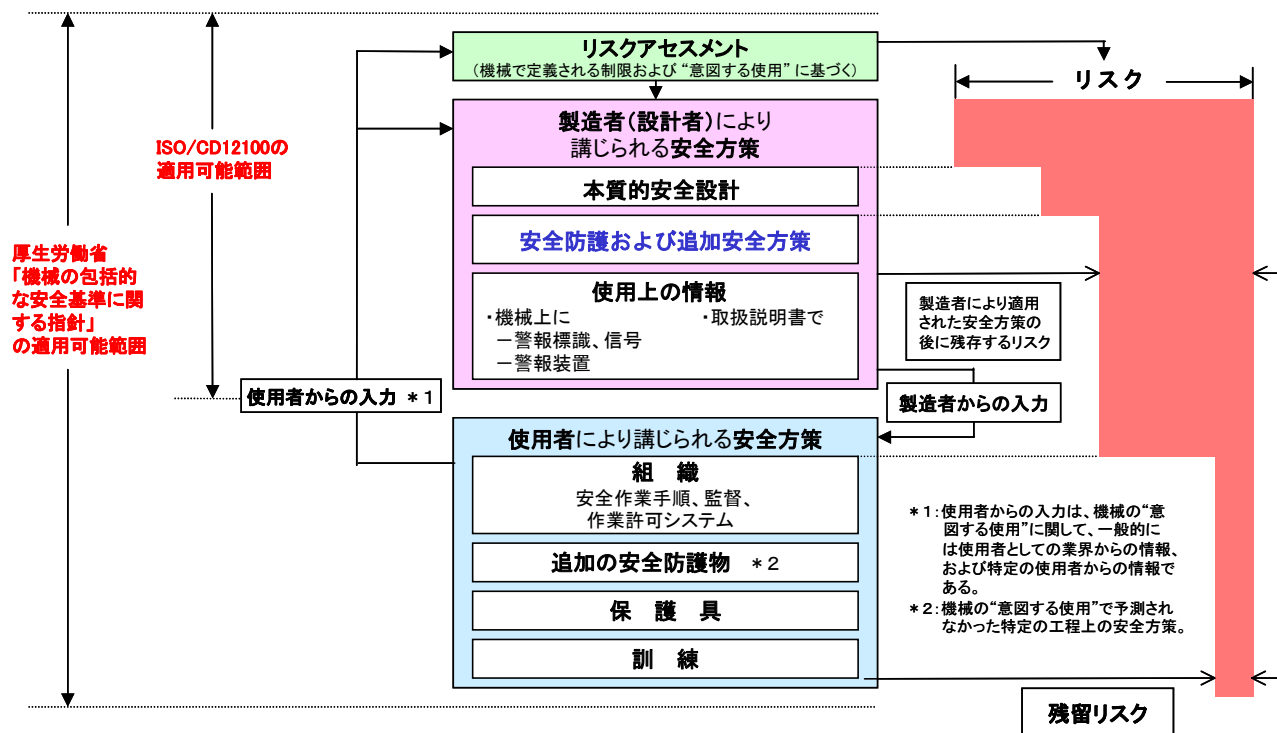


図 1 機械類使用上のリスク低減にかかわる製造者と使用者の関係

Fig. 1 Hierarchical chart of protective measures for manufacturers and users

表1 安全スイッチの国際規格からみた必要性および要求事項

Table 1 International standards which describe the necessity of safety switch

規格名	条項の内容抜粋(要約)
ISO/CD12100-1,-2 (TR B 0008, TR B 0009) (機械類の安全性－ 基本概念、設計のための 一般原則)	第2部 4.2 ガード及び安全防護装置の設計及び製作 に関する要求事項 4.2.1 一般的要求事項 安全防護物の設計において、ガード及び安全防護装置のタイプ及びその制作方法は、その中の機械的危険源及びその他の危険源を配慮して選択しなければならない。 ガード及び安全防護装置は次によること。 (1)頑丈な構造であること。 (3)バイパス又は無効化が容易にできないこと。
	第2部 4.2.2.3 可動式ガードに関する要求事項 a)-(2)可動部分が身体の届く範囲にある限り、可動部の起動を防止するために、かつ、ガードが閉じていない時は停止指令を与えるために、ガード固定具の有無を問わず インタロック付きガード (ISO/CD12100-1 条項 3.22.4 及び条項 3.22.5 参照)を用いること。 b)-(1)可動部分は、オペレータの到達する範囲にあるとき起動し得ず、かつ、ひとたび可動部分が起動した後には、オペレータはそこに到達できないこと。この要求は 施錠なしインタロック付きガード (ISO/CD 12100-1 条項 3.22.4 参照)又は 施錠式インタロック付きガード (ISO/CD12100-1 条項 3.22.5 参照)を用いることにより達成できる。
ISO14119 (機械類の安全性－ ガードに連動するインタロ ック装置－ 設計及び選定の原理) 条項 5 インタロック装置設 計の規定条項	5.1 および 6.2.1 インタロック装置はポジティブモードで作動する(直接開路動作機能の NC 接点を備えている)ものを使用すること。
	5.2 インタロック装置の取り付けは、位置ずれを防止すること。 (・確実な取り付けでひとりでに緩まないこと。・取り付けの支持部は剛体であること。・装置を機械的ストッパとして使用しないこと。など)
	5.5 施錠式インタロック装置は、「 ばね作動－動力解放 」方式でなければならない。 また、工具で操作できるロック解除装置(専用工具での操作を必要とする手動ロック解除装置など)を設ける。
	5.7 インタロック装置は、 簡単な方法(ねじ、針、板状の金属片、キー、コイン、常用の工具など)では無効化できないように設計しなければならない。

した数多くの JIS が発行されており、ISO12100 を主とした機械安全の考え方が国内規格として採用されることになる。

3. リスクアセスメントに基づく安全方策

ISO12100 に基づく安全性構築の手順として、リスク低減に対する製造者と使用者の関係を図1に示す[1][3]。ISO12100 では、まず危険源を同定し各々の危険源が許容可能なリスクとなるまで、リスクアセスメントおよび次に示す安全方策を実施することが要求されている。

安全方策として、まず設計により危険源の除去またはリスクの低減を図る。その上でリスク低減が不十分とされる場合は隔離の原則に従い、安全防護物の使用により安全状態でない限り人が危険源に接近できないようにする方策、および停止の原則に従い危険源への接近は可能であるが、万一人が接近した場合機械可動部を停止する方策を実施する。この時に使用される安全防護物とは、ガードのほかにインタロック装置やイネーブル装置およびトリップ装置などの安全防護装置を指す。

また、非常事態を意図した予防策として非常停止装置の設置や ZMS (エネルギーゼロ状態) の確保など、追加安全方策を可能な限り採用することを要請し、なおも残った残存リスクは、使用上の情報として使用者に通知および警告をしなければならない[3]～[7]。

ここまでが製造者側の責任であるが、一方、使用者側も製造者側から受けた情報に従い安全方策を講じ、必要に応じて情報をフィードバックすることで、より高い安全性が構築される。以上の内容は、厚生労働省労働基準局より通達された「機械の包括的な安全基準に関する指針」の中でも示されている。

なお、前述した安全防護装置のなかでも、当社が提供する安全スイッチに代表されるガードのインタロック装置について、国際安全規格の要求事項を挙げ、その必要性を以下の項にて述べる。

また、ティーチングや保全などの手動操作作業に使用されるイネーブル装置に関する内容が、本号別稿の「人間工学に配慮し国際安全規格に準拠した3ポジションイネーブルスイッチの開発とその応用」の中で述べられており、さらに追加安全方策として使用される非常停止装置に関する内容が本号別稿の「国際規格に対応した非常停止スイッチ」の中で述べられているので参照されたい。

4. 安全スイッチの規格要件

安全スイッチとは、工作機械などの危険な可動部をカバーするガードなどに取り付けるインタロック装置のことをいう。

インタロックとは、安全装置などにより安全が確認

されているときに限り生成される安全情報に基づき、機械の可動部の動作を許可したり禁止したりする仕組みを言い[8]、インタロック装置は ISO/CD12100 および ISO14119 において「特定の条件（一般的にはガードが閉じていない場合）のもとで機械要素の運転をやめるための機械的、電氣的、その他の装置」と定義される[6][9]。

また、インタロック装置は、ガードと共に使用されることが主であり、ISO/CD12100 および ISO14119 においては、インタロック付きガードや施錠式インタロック付きガードのようにガードに組み込まれた用途として安全スイッチの機能が要求される。ガードおよび安全スイッチに対する国際安全規格の規格要件を表 1 に示す。[6][7][9]～[11]

4. 1 安全スイッチに対する構造要求事項

当社が提供している安全スイッチシリーズは、アルミダイカストあるいは耐衝撃性に優れたエンジニアリング・プラスチックであるガラス繊維強化ポリアミド樹脂（PA）を採用しており機械的強度に優れている。また、インタロックの無効化に関しては、専用アクチュエータ以外の物では無効化操作ができない構造となっている。図 2 に示すように、人の手や容易に入手できる物（例えばねじや針、金属板や工具など）を用いてスイッチの無効化操作ができないことは、インタロック規格である ISO14119 5.7.1 項でも要求されている[9]。

しかし、日本国内で販売されている機械装置においては、インタロック装置としてリミットスイッチを使用している例が今もなお見受けられる。図 3 に示すように、リミットスイッチは簡単に無効化することが可能であり、ISO14119 5.7.1 項の要求事項を満たしていない。

また、ドイツの安全規格 GS-ET-15 では安全スイッチ

とリミットスイッチを次の 2 つのカテゴリで明確に区別している。カテゴリ 1 は、スイッチ本体とアクチュエータが一体となったものであり、通称リミットスイッチが該当する。次にカテゴリ 2 は、スイッチ本体とアクチュエータが個別構造となったものであり、すなわち安全スイッチが該当する[12]。リミットスイッチは元々物体の位置検出が目的であったのに対し、安全スイッチはガードのインタロック装置として作られており、最近ではガードのインタロック装置といえば、前述のカテゴリ 2 の安全スイッチを指すようになってきている。

4. 2 安全スイッチの種類と機能要求事項

先に述べたように ISO12100 では、危険源に対し設計による危険源の除去、あるいはリスクの低減が達成されない場合にガードおよびインタロック装置を使用し、人を保護することを要請している。つまり危険源をガードで覆うことで人と危険源とを隔離し、そのガードには安全スイッチを取り付けることが求められる。

また、安全スイッチはインタロック機能のみを持つタイプと、インタロック機能に加えガードを閉じた状態でロックできる機能を付加したタイプに分類できる。当社では前者を単に安全スイッチと呼び、後者を特性上ロック解除（もしくはロック）にソレノイドの電圧印加を利用することから、ソレノイド付安全スイッチと呼んでいる。

機械の中には、マシニングセンタや旋盤のように回転する工具など惰性動作をとともう可動部を持つものが存在する。ガードから可動部までの距離が十分あり、ガードが開かれてから人が可動部に到達するまでに可動部が完全に停止すれば安全性は確保されるが、ガードと可動部の距離が短い場合、可動部が停止するまでに人が危険源に到達してしまう恐れがある。このような場合は図 4 に示すように、ロック機能を付加したソレノイド付安全スイッチを使用し、機械が完全に停止して安全な状態

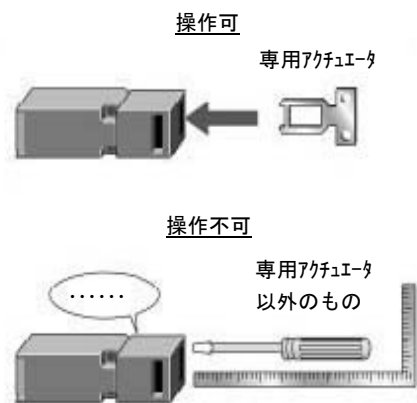


図 2 無効化の防止

Fig. 2 Preventive function against rendering



図 3 リミットスイッチの無効化の例

Fig. 3 Example of limit switch rendering



図4 ソレノイド付安全スイッチの機能

Fig.4 Function of solenoid type safety switch

になるまでガードをロックし、作業者を危険区域に入れないようにすることが求められる。[6][9]

なお、各タイプの安全スイッチが取り付けられたガードには次の要求事項がある。

ー安全スイッチが取り付けられたガードに対する要求事項ー (ISO/CD12100-1 3.22.4 項 インタロック付きガード)

- (1) ガードが閉じられて危険源が隔離された状態でのみ運転が可能であること。
- (2) ガードを開くと停止指示が発生すること。
- (3) ガードが閉じたことによって自動的に運転が始まらないこと。

ーソレノイド付安全スイッチが取り付けられたガードに対する要求事項ー (ISO/CD12100-1 3.22.5 項 施錠式インタロック付きガード)

- (1) ガードが閉じられて危険源が隔離され、かつロックされるまで運転できないこと。
- (2) 危険な可動部が完全に停止するまでガードは閉じ、かつロックされていること。
- (3) ガードを閉じ、かつロックされたことによって自動的に運転が始まらないこと。

安全スイッチにおいては小形機械に対応すべく、小形リミットスイッチサイズのモデルをすでに完備しているが、機械装置のさらなる小形化、また回路の二重化によるより高い安全性への対応のため、今回 HS6B 形安全スイッチを新規に開発しシリーズに追加した。

5. HS6B 形安全スイッチの開発

今回開発した HS6B 形安全スイッチの特長を以下に述べる。

- ①30mm×15mm×78mm の世界最小クラスで省スペース化

を実現。

- ②接点の二重化+モニタ用接点の合計 3 接点で高い安全カテゴリに対応。
- ③アクチュエータ挿入口は 2 方向でどちらでも選択可能。
- ④スイッチ本体はリバーシブル取り付け可能。
(これによりアクチュエータ挿入方向は計 3 方向)
- ⑤接点部の IP67 保護構造に加え、操作部は水抜き構造を採用。
- ⑥NC 接点は直接開路動作機能。
- ⑦専用アクチュエータで無効化防止。
- ⑧配線不要のケーブル引き出しタイプ。

今回開発した HS6B 形安全スイッチの開発コンセプトは、薄形化と世界最小体積の実現であった。これは機械装置の省スペース化にともない、そこに取り付けられる安全スイッチに対する省スペース化の強い要求に基づくものである。開発にあたり、無効化防止機構を内蔵するカム部と、接点を内蔵する接点部の 2 つの部分を考え小形化に取り組んだ。

5. 1 無効化防止構造の小形化

安全スイッチの重要な性能の一つに、専用アクチュエータ以外の物では無効化操作ができない構造であることが挙げられ ISO14119 で要求されている。

従来この無効化防止機構が大きなスペースを必要としていたため、安全スイッチ全体の小形化には限界があった。そこで今回世界最小サイズを実現するために、まず無効化防止機構の小形化に取り組んだ。

今回開発した HS6B 形安全スイッチでは、図 5 に示す

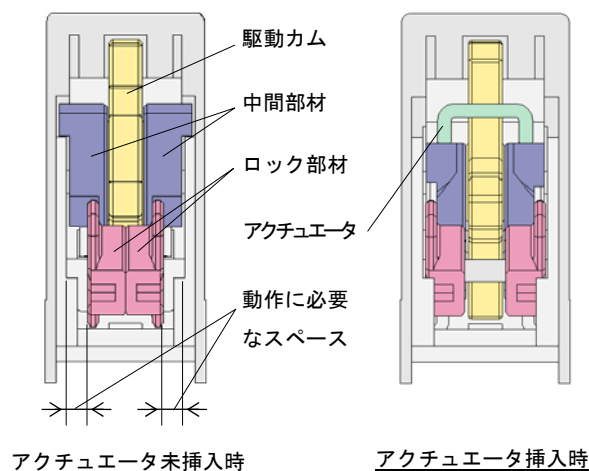


図5 無効化防止機構の構造

Fig. 5 Mechanism of preventive function against rendering

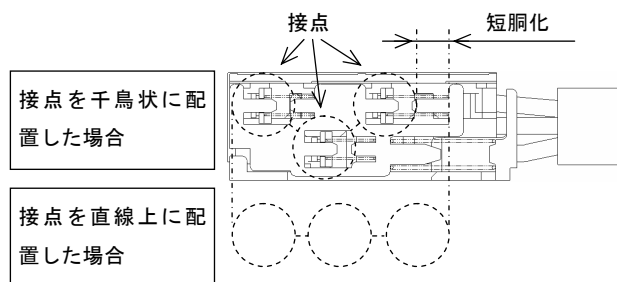


図6 接点部の構造

Fig. 6 Structure of contact part

ように中間部材を介してロック部材を操作する方式とし、駆動カムの外周面にロック部材との係合部を設けてロック部材の配置を工夫したことにより、部品配置に必要な厚さを薄くしている。さらにアクチュエータ挿入時、ロック部材は中間部材の厚さ分移動するだけで操作できる構造としたため、当初の目標を実現することができた。

5. 2 接点部の小型化

先の特長でも挙げたが、HS6B 形安全スイッチでは、より高い安全カテゴリに対応可能とするため、接点の二重化+モニタ用接点の合計3接点を内蔵している。

このため接点まわりの小型化と配線性向上のために、出荷時点ですでにケーブルが結線されているケーブル一体形とすることにより必要なスペースを抑えた。

また、空間を有効に利用するため図6に示すように接点を千鳥状に配置し、接点部の長さを抑えている。

6. おわりに

本稿では、国際安全規格で要求される安全スイッチに対する必要要件と、世界最小クラスの体積を実現したHS6B 形安全スイッチについて報告してきた。

欧米に輸出される機械設備には、インタロック装置として安全スイッチを使用しているが、国内向けの機械設備には安全スイッチではなくリミットスイッチが多く使用されていることから、欧米と日本との機械安全に対する意識の違いがうかがえる。しかしながら、すでに欧米の安全思想は国際安全規格となり、JIS 化され日本国内にも適用されはじめており免れないものとなってきた。また、厚生労働省労働基準局の「機械の包括的な安全基準に関する指針」の通達により、日本国内の機械安全に対する気運も急速に高まるものと考えられる。

当社では、このような安全思想の変化を先取りし、魅力ある商品を開発し提案することで、安全環境のグローバル化に今後も取り組んでいく所存である。

最後に図7に国際安全規格に基づいた安全スイッチの選択例を示す[6][7][9]。当社では多様なニーズに対

応できるよう4.2項で述べた両タイプの安全スイッチをラインナップしており、これら両タイプともに耐環境性に優れ堅牢なアルミダイカストタイプと、コストパフォーマンスと軽量化を追求した樹脂製汎用タイプをそれぞれ取り揃えている。これら当社安全スイッチが安全環境の構築に役立てば幸いである。

参考文献

- [1] 厚生労働省労働基準局：機械の包括的な安全基準に関する指針，
http://www.jaish.gr.jp/hor_s_shsi/hor_s_shsi/100207
- [2] 林裕之：21世紀の安全技術，日経P B社，1999年
- [3] 向殿政男：国際化時代の機械システム安全技術，日刊工業新聞社，2000年
- [4] 向殿政男：ISO「機械安全」国際規格，日刊工業新聞社，1999年
- [5] 上杉聡：安全システム構築総覧，(株)通産資料調査会，2001年
- [6] ISO/CD12100-1: 1998, Safety of machinery—Basic concepts, general principles for design
—Part 1: Basic terminology, methodology
- [7] ISO/CD12100-2: 1998, Safety of machinery—Basic concepts, general principles for design
—Part 2: Technical principles and specifications
- [8] 兵庫労働基準局：工作機械等の制御機構のフェールセーフ化に関するガイドライン，
<http://www.sanynet.ne.jp/~roudou/gaido11.htm>
- [9] ISO14119: 1998, Safety of machinery—Interlocking devices associated with guards—Principles for design and selection
- [10] JIS TR B 0008：1999, 機械類の安全性—基本概念，設計のための一般原則
—第1部：基本用語，方法論
- [11] JIS TR B 0009：1999, 機械類の安全性—基本概念，設計のための一般原則
—第2部：技術原則，仕様
- [12] GS-ET-15：1999, Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von Zwangsöffnenden Positionsschaltern

執筆者紹介

- *1) 商品開発部 H1000 所属
- *2) 商品開発部 H1000 所属
- *3) 商品開発部 H1000 所属
- *4) 商品開発部 機構テクノロジーマネージャー

ISO12100

4. 安全防護
4.0 一般
本質安全設計によって回避できない危険源にはガードおよび安全防護装置が必要

ISO12100

4.1 ガードおよび安全防護装置の選択および実施
4.1.1 一般
接近の必要性が増加する場合、インタロック付き可動式ガードまたはトリップ装置が必要

ISO14119 (EN1088)

7. インタロック装置の選定
7.4 停止時間およびアクセス時間
人が危険区域に到達する時間より停止時間が長い場合、施錠式インタロック装置が必要

ISO14119 (EN1088)

5. インタロック装置設計の規定条項
5.5 ガード施錠装置
施錠式インタロック装置は、「ばね作動-動力解放」方式でなければならない

一般工場環境

小型装置

大型装置

スパッタや打撃を受ける可能性あり

一般工場環境

メンテナンス等で手動ロック解除の頻度高い

スパッタや打撃を受ける可能性あり

大型設備等でホスティングコントロールが必要
(鍵持込による作業者の安全確保)

	取得規格	マーク表示
HS6B 形〔樹脂製薄形汎用タイプ〕		
	ISO14119 EN1088 IEC/EN60947-5-1 GS-ET-15 UL508 CSA C22.2 No. 14	CE DEMKO BG UL Listing c-UL Listing
HS5B 形〔樹脂製小形汎用タイプ〕		
	ISO14119 EN1088 IEC/EN60947-5-1 GS-ET-15 UL508 CSA C22.2 No. 14	CE TÜV PS BG UL Listing c-UL Listing
HS2B 形〔樹脂製汎用タイプ〕		
	ISO14119 EN1088 IEC/EN60947-5-1 GS-ET-15 UL508 CSA C22.2 No. 14	CE TÜV PS BG UL Listing c-UL Listing
HS1B 形〔アルミダイキャスト製堅牢タイプ〕		
	ISO14119 EN1088 IEC/EN60947-5-1 GS-ET-15 UL508 CSA C22.2 No. 14	CE TÜV PS BG UL Listing c-UL Listing
HS1E 形〔樹脂製汎用タイプ (ツルノット付)〕		
	ISO14119 EN1088 IEC/EN60947-5-1 GS-ET-19 UL508 CSA C22.2 No. 14	CE TÜV PS BG UL Listing c-UL Listing
HS1E-K 形〔樹脂製汎用タイプ (ツルノット、手動ロック解除キー付)〕		
	ISO14119 EN1088 IEC/EN60947-5-1 GS-ET-19 UL508 CSA C22.2 No. 14	CE TÜV PS BG UL Listing c-UL Listing
HS1C 形〔アルミダイキャスト製堅牢タイプ (ツルノット付)〕		
	ISO14119 EN1088 IEC/EN60947-5-1 GS-ET-19 UL508 CSA C22.2 No. 14	CE TÜV PS BG UL Listing c-UL Listing
HS1C-K 形〔アルミダイキャスト製堅牢タイプ (ツルノット、key インタロック付)〕		
	ISO14119 EN1088 IEC/EN60947-5-1 GS-ET-19 UL508 CSA C22.2 No. 14	CE TÜV PS BG UL Listing c-UL Listing

図7 国際安全規格に基づいた安全スイッチの選択例

Fig. 7 Safety switch selection based on international safety standards