

HMI 環境における非常停止スイッチの重要性

牧本 茂樹^{*1} 西原 敏^{*1} 山本 晃^{*1} 境井 貴行^{*1} 藤田 俊弘^{*1}

Importance of Emergency Stop Switches in HMI Environment

Shigeki Makimoto^{*1} Satoshi Nishihara^{*1} Akira Yamamoto^{*1} Takayuki Sakai^{*1} Toshihiro Fujita^{*1}

Abstract - In HMI (Human Machine Interface) environments of factory automation and other industries, operator's safety must be taken into consideration when designing a machine system. Emergency stop switches are defined as complementary protective measure in the safety of machinery standard, and installed in many applications. As to various interfaces installed on a machine, the emergency stop switches which convey stop commands to the machines are of prime importance. This paper reports on the emergency stop switch we have developed, and how we achieved compliance with the requirements of international standards.

Keywords: Safety, International standard, Emergency stop switch, ISO12100, HMI

1. はじめに

産業用ロボットを使った自動化生産設備を始めとする人と機械が共存する HMI(Human Machine Interface)環境では、近年「安全」が重要なキーワードになっている。特に 2001 年厚生労働省によって、機械安全の基本である国際安全規格 ISO12100 に整合した「機械の包括的な安全基準に関する指針」が通達されたことで、その流れはより強く認識されるようになってきた。^[1-2]

従来わが国日本では、安全性よりも機械の性能や機能また低コスト化が重視されてきた。これは長年にわたり機械を取り扱う現場の作業者に対する安全教育や訓練により労働安全を確保していたことが背景にあり、これまで機械の設計や製造の時点でリスクアセスメントに基づく本質安全を考慮することが少なかったと言える。

これに対し欧米では「機械は故障し、人間は間違いを起こす」ことを前提に、まず安全を技術で確立し、残るリスクにはコストをかけて安全方策を構築する考え方が浸透し、この考えは国際安全規格にも反映されている。今回の厚生労働省指針により、わが国でも機械の設計者や製造者は、本質的安全設計により可能な限りリスクを除去または低減し、除去できないリスクに対しては追加の安全保護方策を設定することが求められている。

本稿では、機械安全において、追加の保護方策として機械に設置し停止命令を伝えるインタフェースとして重要な非常停止スイッチを取り上げ、国際安全規格での要求事項とその実現方法について報告する。

2. 非常停止スイッチに関連する国際規格

2.1 国際規格の階層

機械安全に関する ISO や IEC の国際規格は、図 1 に示す A / B / C の 3 段階に階層化される。下位規格は上位規格に準拠する統一的な体系で構成されており、次のように規定されている。^[2-13]

【A 規格】：基本安全規格

あらゆる機械類に対して適用できる基本概念、設計原則および一般的側面を規定する規格。すべての安全性の規格は A 規格に記述する基礎概念、設計原則に従わなければならない。

【B 規格】：グループ安全規格

広範な機械類で適用できる安全性に関する一側面、ま

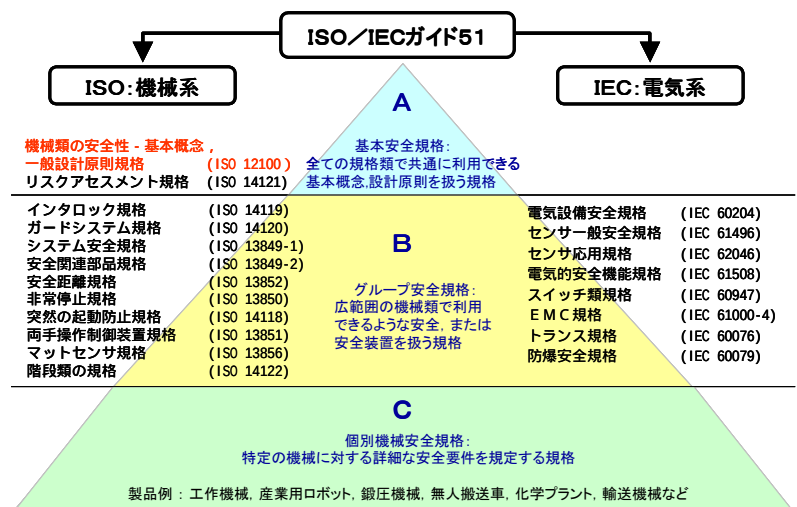


図 1 国際安全規格の階層化構成

Fig.1 Hierarchical diagram for International safety standards

*1: 和泉電気株式会社

*1: IDEC IZUMI Corporation

表 1 . 非常停止スイッチに関する国際規格

Table1 International Standards for Emergency Stop Switches

要求	規格名	条項の内容（抜粋）
使用上の 要求事項	ISO/CD12100-2; 6.1 項	リスクアセスメントの結果によっては、必要に応じ追加予防策として非常事態を意図した 1 つまたは複数の非常停止装置を装着しなければならない。
	ISO/CD12100-2; 3.7 項 ISO13850; 4.1.1 項, IEC60204-1; 9.2 項	緊急停止機能は全運転モードで有効であり、他のいかなる制御に対して最優先であること。
	IEC60204-1; 9.2.5.4 項	駆動部の電源が遮断された停止状態（ゼロステートメント）であること。
	ISO/CD12100-2; 3.7 項 ISO13850; 4.4 項, IEC60204-1; 10.7 項	各操作制御パネルやその他の作業位置近傍に設置し、緊急事態に即操作可能とすること。
	ISO13850; 4.4 項, IEC 60204-1; 9.2 項	予期しない突発の起動を防ぐため、リセットで再起動しないシステム構成とすること。
構造上の 要求事項	IEC60947-5-5; 5.2 項, IEC60947-5-1; 付属書 K 適合 (JIS C8201-5-1)	直接開路動作機能の NC 接点。非弾性部材を経由して押しボタンの動きの直接の結果として接点開離が達成されること。
	IEC60947-5-5; 4.2 項, ISO13850; 4.4 項, IEC60204-1; 10.7 項	容易に識別可能で操作しやすい、赤色のマッシュルーム形ボタン。背景は黄色とすること。
	ISO13850; 4.4 項, IEC60947-5-5; 6.2 項	予期しない突然の起動を防止するため、操作部のラッチングと同時に停止状態を保持し、手動によってリセットする構造とすること。

たは安全関連装置の一形式を取り扱う規格。この B 規格では可能な限り設計の詳細でなく設計の目的を扱う。

【C 規格】: 個別機械安全規格

特定の機械に対する詳細な安全要求事項を規定する規格。その際関連する B 規格を引用する。

2.2 規格上の具体的要件

非常停止スイッチとは、追加保護方策として機械類に設置され「発生している、または今にも発生する」ような緊急事態を阻止または回避するために操作する押しボタンスイッチのことである。もし現場で非常停止スイッチが機能しないことがあれば、瞬時に事故や災害に直結する危険性があるため、国際規格の中では多くの要件が規定されている。^[2-6] そこで、国際安全規格で定められる非常停止スイッチ要求事項について表 1 に示す。

3. 非常停止スイッチの構造と動作特性

表 1 に示す国際規格の要求事項に基づいた、HW 形非常停止スイッチの構造例を図 2 に示す。^[12]

3.1 直接開路動作機構

ボタンから接点部までをつなぐ操作軸は、パネなどの弾性がある材質を使用せず、非弾性体の構造材を組み合わせているため、万一接点が溶着した異常時にもボタンを押す力が直接接点を引き離し、確実に回路を遮断する構造を持つ。

3.2 ボタンデザイン

ボタン部は作業者が一目で認識できるように赤色として、かつ操作時のトラブルを防ぐため、ボタンとパネルの間には異物がはさまりにくいデザインとしている。

3.3 セーフティロック機構

非常時にスイッチのボタン部を押し操作した場合、操作部がロック（ラッチング）されたと同時に接点開離する機構を、われわれはセーフティロック機構と名付けている。図 2 の ノーマル位置で閉じている接点は、接

点動作位置直前までボタンを押しても接点は閉じており、さらにボタンを押すと操作軸がロックされ同時に接点が開離する。この非常停止スイッチの動作特性と一般用途のモメンタリ動作押しボタンスイッチを比較するため、操作ストローク / 操作荷重および接点ギャップの関係を図 3 に示す。(b-1)と(b-2)に示すモメンタリ動作では、ボタンのストロークに比例して操作荷重と接点ギャップが変化するが、(a-1)と(a-2)に示す非常停止用スイッチでは、ロック位置寸前まで接点ギャップは変化せず、ロックの際に短時間に接点が動作することがわかる。すなわち作業者の意思で非常停止スイッチを押した場合は、リセッ

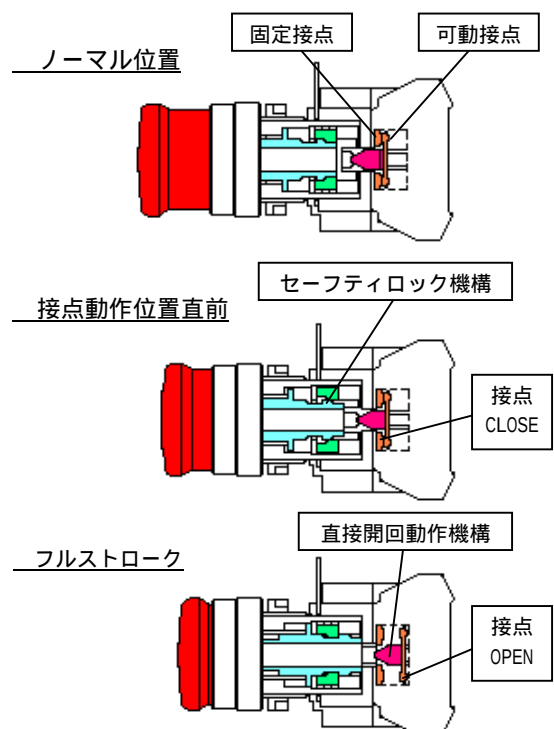


図 2 HW 形非常停止スイッチの構造

Fig.2 Structure of HW Emergency stop switch

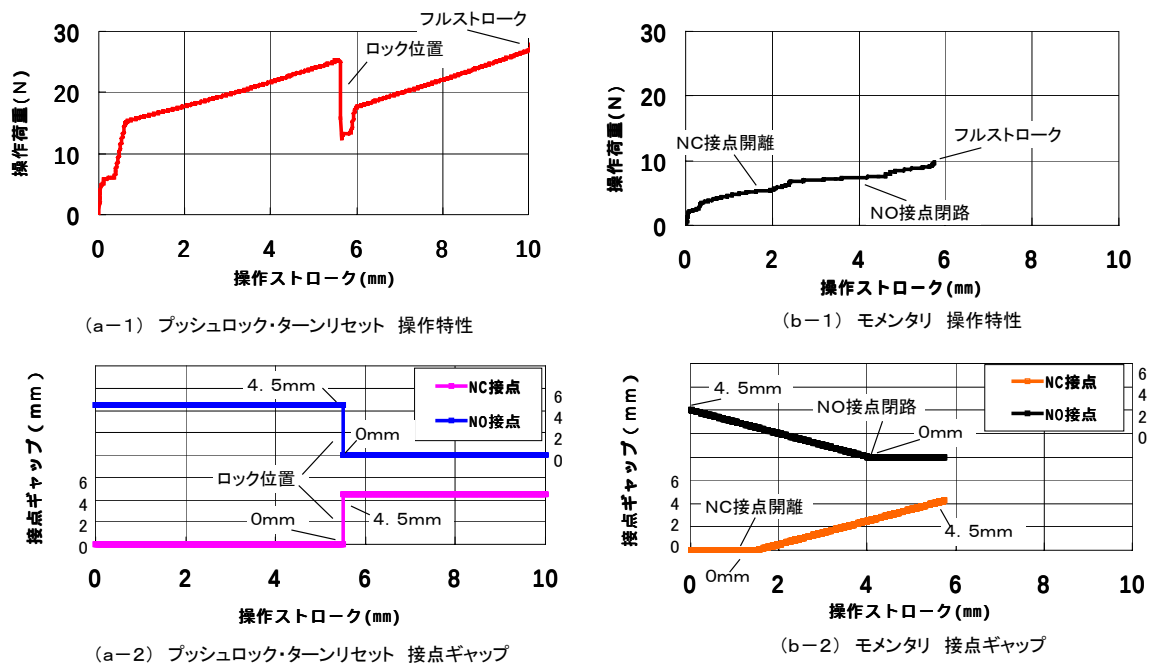


図3 非常停止スイッチとモメンタリ形スイッチの動作特性比較

Fig.3 Operation characteristics of Emergency Stop switch and Momentary switch

トするまで接点開離状態が保持され、また操作の意図がなく人や物がボタンに接触した場合でも、ロックされるまでは接点が開離しないため予期しない突然な機械の停止を防止することができる。

3.4 手動によるリセット方法

非常停止スイッチのリセット方法は、プッシュロック・ターンリセット動作、プッシュロック・プルリセット動作、プッシュロック・鍵リセット動作がある。特に鍵リセット動作の場合は、鍵を保管する作業者にリセット操作を限定することが可能となる。

4. HMI 環境での使用例

FA 分野やその他の各種産業分野には、人と機械が共存する HMI 環境が存在し、さまざまな場面で多くの非常停

止スイッチが使用されている。そこで設置場所に応じた非常停止スイッチの種類を表2に示す。^[12,13] ここで分類した各種非常停止スイッチが、人間工学を考慮して実際に設置される様子を、産業用ロボットを使用した自動化生産設備と基板実装機を例として図4に示す。小型の非常停止スイッチは、小型制御盤やペンダントまたグリップスイッチに利用され、操作者が危険状態の際すぐ操作できるように配慮されている。また各種機械の制御盤や生産ラインでは、押された際にランプが点灯する照光式や、ボックスタイプの非常停止スイッチなど、必要性に応じて表2に示した種類がうまく組み合わせられて利用されている。人間工学を考慮した場合、追加の安全保護方策としてこれらのインターフェースは非常に重要である。

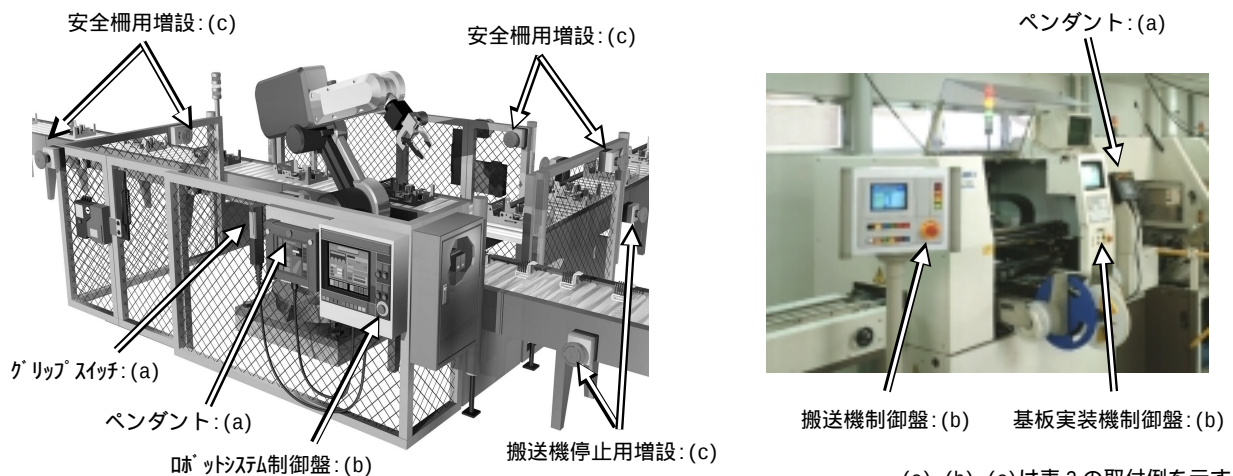
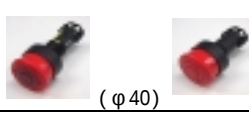
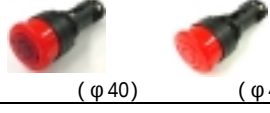
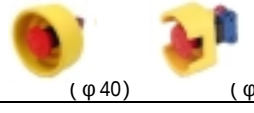


図4 非常停止スイッチの設置例

Fig.4 Installation of Emergency Stop switches in machine systems

表2 HMI 環境における非常停止スイッチの種類

Table 2 Various type of Emergency Stop switch complied with International Standards

設置場所	特徴	取付方法	操作方式	非常停止スイッチの種類 ()は赤色ボタンの直径を示す	取付例
・小型制御盤 ・ペンダント形操作表示器 ・グリップスイッチ	・小型、軽量 ・奥行きが短い装置に取付可能	取付穴 φ16mm	プッシュロック ターンリセット	標準形 短胴形  (φ25) (φ25)	図4 (a)
・自動化ラインの制御盤 ・ロボットシステムの制御盤 ・搬送機の制御盤 ・各種工作機械 ・基板実装機 ・自動車製造設備 ・食品機械 ・包装機械	・操作性を考慮しボタン外径は3種類あり(φ29/φ40/φ60mm) ・欧州式のコンタクト分離形と従来のコンタクト一体形を選択可能 ・照光タイプと非照光タイプを選択可能 ・リセット方式が3種類あり用途に応じて選択可能 ・リセット操作を鍵保管者に限定可能な鍵操作形あり	取付穴 φ22mm	プッシュロック ターンリセット (分離型)	 (φ29) (φ40) (φ60)	図4 (b)
			プッシュロック ターンリセット (一体形)	照光式 非照光式  (φ40) (φ40)	
			プッシュロック フリリセット	 (φ40)	
			プッシュロック 鍵リセット	 (φ40)	
・生産ラインのコンベア ・規模の大きい機械に増設 ・機械の安全柵	・単独で機械に取付可能 ・ボックスの保護構造 IP65 ・アース不要な二重絶縁構造	ボックス 取付形	プッシュロック ターンリセット	照光式 非照光式  (φ40) (φ40)	図4 (c)
・半導体製造装置 ・フラットパネルディスプレイ装置 (SEMI規格 ^[7] に準拠)	・緊急遮断用のEMOスイッチとして使用 ・誤動作防止用黄色ガード取付	取付穴 φ22mm	φ22用の 各操作部 取付可能	丸形ガード 楕円形ガード  (φ40) (φ40)	-

5. おわりに

本稿では、国際安全規格の要求事項を実現した非常停止スイッチについて述べてきた。ますます国際安全規格がグローバルベースで浸透する中で、生産性向上や効率化の追求だけでなく、人に対する安全性を配慮した機械類や設備を構築し、人と機械が互いに協調する最適環境の実現が必要である。非常停止スイッチは今後もより一層機械安全の分野で不可欠となることから、停止命令を伝達するインタフェースとしての安全性やユーザビリティをさらに進化させたいと考えている。

謝辞

本稿を執筆するにあたり、多くのご助言をいただいた和泉電気株式会社の関係者の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 厚生労働省：機械の包括的な安全基準に関する指針；(2001)
- [2] ISO/CD12100-1, -2；(1998), Safety of machinery-Basic concepts, general principles for design - Part 1:Basic terminology, methodology - Part 2: Technical principles and specifications

- [3] ISO13850；(1996), Safety of machinery - Emergency stop - Principles for design
- [4] IEC60204-1；(1997), Safety of machinery - Electrical equipment of industrial machines - Part1: General requirements
- [5] IEC60947-5-1；(1997), Low-voltage switchgear and controlgear. Part5: Controlcircuit devices and switching elements - Section One: Electro mechanical control circuit devices
- [6] IEC60947-5-5；(1997), Low-voltage switchgear and controlgear - Part 5-5: Controlcircuit devices and switching elements - Electrical emergency stop device with mechanical latching function
- [7] SEMI S2-0200；(2000), Environmental Health and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment
- [8] 向殿政男監修，安全技術応用研究会編：国際化時代の機械システム安全技術；日刊工業新聞社。(2000)
- [9] 上野他：安全の観点から考える人と機械の共存；ヒューマンインタフェースシンポジウム'99, p801-806, (1999)
- [10] 山本他：欧州規格に対応した安全機器の開発；IDEC REVIEW 1999, 和泉電気株式会社, p20-30, (1999)
- [11] 石田,白石,前田：HMI 環境における国際安全規格の動向；IDEC REVIEW 2002, 和泉電気株式会社, p11-20, (2001)
- [12] 西原,牧本,山本,境井：国際規格に対応した非常停止スイッチ；IDEC REVIEW 2002, 和泉電気株式会社, p40-46, (2001)
- [13] 和泉電気株式会社：安全コンセプトブック 2002.4 版, 和泉電気株式会社, (2002)