



欧州規格に対応した安全機器の開発

Development of Safety Equipment in Compliance with European Standards

山本 晃^{*1)} 上野 泰史^{*2)} 福井 孝男^{*3)} 松本 吉弘^{*4)}
Akira Yamamoto Yasushi Kamino Takao Fukui Yoshihiro Matsumoto

要 旨

作業環境における安全を確立するためには、思想的背景が明確な法令や規格が制定され、そしてその内容を正しく理解して実践することが必要である。

その近道のひとつは、近年安全について最もリードしているといわれる欧州安全思想を理解することである。

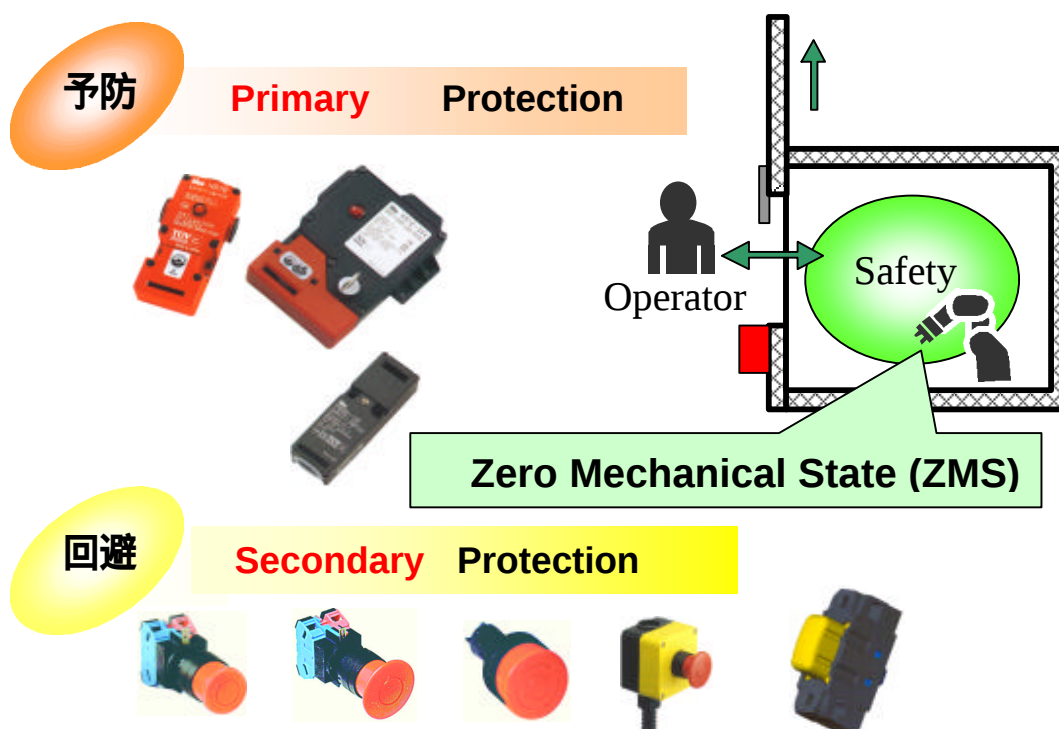
本稿では、CEマーキングの基準となる欧州規格の階層的体系（タイプA、B、C規格）、なかでも機械安全の設計の基本である「リスクアセスメントによる安全対策の手法」について簡単に解説するとともに、わが国と欧州の安全思想が今もなお相違する中で率先して欧州規格を取り入れ、人と機械の最適環境の創造を目指す当社安全思想について述べる。

Abstract

To make sure of safety in working environments, it is essential to establish regulations and standards arising from clear background concept and to understand and practice the contents correctly.

One of the ways to the goal is to understand the European safety scheme that is currently in a leading position in the safety provisions.

This report provides brief descriptions on the hierarchical system of the European standards (Types A, B, and C standards), in particular “Procedures for safety measures based on risk assessment” that comprises the basis of mechanical safety design. While differences are found in the safety scheme between Europe and Japan, IDEC IZUMI has adopted European standards ahead of the industry. This report also introduces the IDEC IZUMI's safety scheme aiming at the creation of optimal environments for human and machine.



1. はじめに

近年の機械安全に関する国際的な動向として、欧州圏における動きに注目せざるをえない。欧州圏においては、1995 年 1 月より欧州共同体閣僚理事会指令（EC 指令：EC directive）によって示される必須安全要求事項に適合した機械製品だけに CE マーキングの表示が許され、CE マーキングのある機械製品のみが欧州連合（EU）圏内で自由流通を許されていることは周知の通りである。そしてそれは、欧州各国の規格を統一し、安全性が保証された製品の流通を円滑にするのが目的である[1]。

一方、当社は国内でいち早く安全スイッチを初めとする「安全機器」を開発し、欧州へ輸出する産業機械の CE マーキングをサポートしてきた。しかしその反面、わが国の機械安全における安全レベル向上の歩みは遅く、ますます欧州と差が開くことが懸念される。

本稿では、欧州安全規格に基づいた本質的な安全思想と当社の「安全機器」との関わり合いについて述べ、その結果、急務とされる機械安全の安全レベル向上を実現する上で、少しでもお役に立てれば幸いである。

2. 整合規格の目的と体系

2.1 機械安全に関連する指令

EU 委員会は、機械、医療機器、玩具、压力容器などの分野別に圏内各国の安全規格を調整し、次々と統合化している。こうして統合化された安全規格による製品安全についての規制が EC 指令である。機械製品に適用されると考えられる主な指令には、次の 3 つが挙げられる。

- (1) 機械指令 (Machinery directive)
- (2) EMC 指令 (Electromagnetic compatibility directive)
- (3) 低電圧指令 (Low voltage directive)

これらは、必須安全要求事項を定めるとともに、これを具現化する整合規格を CEN 注-1) に委任し作成している[2]。

整合規格については、以下に順次解説することにする。ここでは欧州圏で検討されたこれら安全に関する動きが EN 規格（欧州統一規格）となり、ウィーン協定（ISO 注-2）・CEN 技術協力協定）により ISO・IEC 注-3) 国際標準規格と整合化されていくことを書き添えておく。

注-1) CEN：欧州標準化委員会（European Committee for Standardization の仏語に由来）。

注-2) ISO：国際標準化機構（International Organization for Standardization）。

注-3) IEC：国際電気標準会議（International Electrotechnical Commission）。

2.2 整合規格の目的

必須安全要求事項とは、安全の観点から機械が具備すべき機能や性能を規定した技術仕様である。機械の個々の機能ごとに、機械のあるべき姿を規定しているが、すべての機械に適用される原則なので、個々の製品に対する要求事項としては曖昧な面もある。また機械の技術水準や安全常識は時代とともに変化するが、必須安全要求事項を頻繁に改訂することは困難なため、内容が時代遅れになる可能性もある。

それらの対策のために、必須安全要求事項を補完して最新の安全対策レベルを機械ごとに具体的に示す目的で、機械安全の整合規格（Harmonized standard - Safety of machinery）が作成された[1]。

整合規格は機械の安全面を規定する EN 規格（欧州規格）として作成されているが、実質的な CE マーキングの基準であるので、任意規格というより強制規格である。整合規格は重要な位置付けを与えられており、EC 官報で特別に整合規格として公示される。

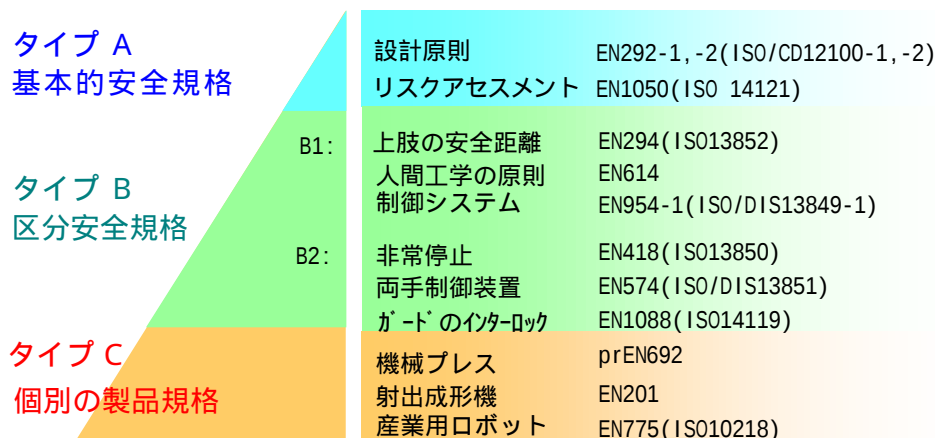


図1 A, B, C 規格の3層構造と代表的な規格

Fig.1 Hierarchical system of Types A, B, and C standards and representative standards in each group

機械安全の整合規格を作成する機関は CEN と CENELEC 注-4) である。CEN の中に「機械安全」の TC (専門委員会: Technical committee) があり、主な基本的規格はそこで作成される。ただ、分野別の TC でも多くの整合規格が作られ、また ISO や IEC などの国際規格を流用した規格も多い。一方、EN 規格として作成された整合規格を ISO に登録する逆方向の作業も現在進行中である。

なお、本号別稿「グローバル化する規格と当社の活動」の中で、国際規格と各国の規格の体系や位置付けについて述べられているので参照されたい。

注-4) CENELEC: 欧州電気標準化委員会 (European Committee for Electrotechnical Standardization の仏語に由来)。

2.3 機械安全の整合規格の体系

機械安全のための CE マーキングは、従来の規則のように特定の機械についての特定の危険のみ対象にするのではなく、すべての機械に関するすべての危険を対象としている。しかし、すべての危険に対して具体的な基準を定めることは事実上不可能なため、整合規格 (EN 規格) は次の通り階層性をもつ体系にて構成される (EN292-1, 0 項より抜粋)。

- (1) タイプ A 規格 (基本的安全規格: Fundamental safety standards)
あらゆる機械に対して共通に適用できる基礎概念、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タイプ A に記述する基礎概念、設計原則に従わなければならない)
- (2) タイプ B 規格 (区分安全規格: Group safety standards)
広汎な機械にわたって適用できる安全性に関する一側面、または安全関連装置の一形式を取り扱う規格であってさらに次のように分類される。
 - ・タイプ B 1 規格: 特定の安全性側面 (例: 安全距離、表面温度、騒音) に関する規格
 - ・タイプ B 2 規格: 安全関連装置 (例: 両手制御、インターロック装置、感圧装置、ガード) に関する規格。
 (タイプ B 規格は可能な限り設計の詳細でなく設計の目的を扱う。特に安全関連装置については、より最適な安全設計を期待するために制約を最小にしている)
- (3) タイプ C 規格 (個別の製品規格: Machine safety standards)
特定の機械または機械区分に対する詳細な安全要求事項を規定する規格。
(特定の機械または機械区分にとっての重要なすべての危険を扱う。その際関連するタイプ B 規格を引用する)

図 1 に A, B, C 規格の 3 層構造と代表的な規格を示す。

3. リスクアセスメントに基づく安全性の評価

機械の安全を構築していくには、対象としている機械が持っている危険源をみつけて、それぞれに評価を行うリスクアセスメントと、それぞれの評価に基づいた安全対策をリスクの大きさに合わせて定める安全システムのカテゴリの分類がある [3][4]。リスクアセスメントは EN1050 (機械の安全性 - リスクアセスメント) や EN292 (機械の安全性 - 基礎概念、設計原則) で規定されており、安全システムのカテゴリは EN954-1 (機械の安全性 - 制御システムの安全関連部分) で規定されている。そして、これら重要な欧州規格は国際規格化が図られている (EN1050 → ISO14121, EN292 → ISO/CD12100, EN954-1 → ISO13849-1)。

安全とは「受け入れ不可能なリスクがないこと (Freedom from unacceptable risk)」であり、別の言い方をすれば、残留リスク (Residual risk) が残っていても、広く受け入れ可能なリスク (Acceptable risk) であれば、「安全 (Safety)」として認めるということである。

また、リスクとは危害の発生する確率とその強度の組み合わせのことである。リスクの分析と評価を行うリスクアセスメントは、安全に関する国際的安全規格制定において最も重要視されているもので、機械に付随する危険の審査を系統的方法で行うための一連の論理的手順である。ただし、机上の判断によって行われるため定性的にならざるをえない面があるが、可能な限り定量的方法で補完すべきである。

図 2 に許容可能なリスクと安全の範囲を示し、図 3 にリスクアセスメントの手順を示す [1][3][7]。

まず製造者が機械の安全上の責任を持つ範囲 (機械の使用目的や寿命など) をあらかじめ決定し、次に具体的な機械に付随するすべての危険源、危険状態、危険事象を明確にする。そして、個々の危険に対してのリスク要素 (起こりうる危害の重大さ、危害の発生確率) ごとにリスクの見積りを行い、リスクの評価としてリスク低減の目標達成をチェックすることと、類似機械とリスク比較することによって同等以上の安全を確認できるかどうかを判断する。リスクアセスメントを実施したことによ

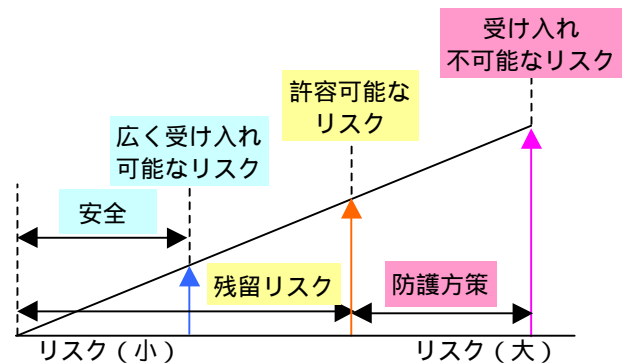


図 2 許容可能なリスクと安全

Fig. 2 Acceptable risk and safety

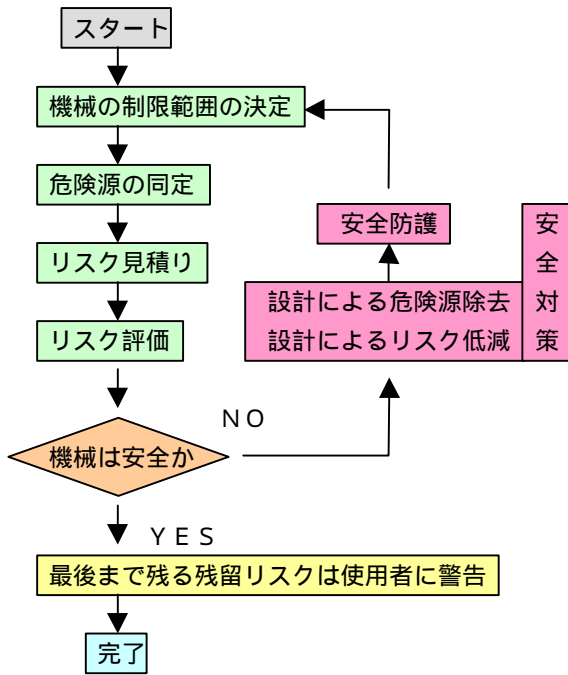


図3 リスクアセスメントの手順
Fig. 3 Risk assessment procedures

って、低減しなければならない残留リスクがあると判明した場合には、安全対策として設計による危険源の除去、およびオペレータの危険区域侵入を減らすなどのリスクの低減を行い、かつ、除去できない危険源に対して安全防護によるリスクの低減を行う。最後まで低減できない残留リスクに関しては、使用者への情報提供（表示および文字による機械本体の表示など）と警告を行い、機械安全を確保することが必要となる[1][3]。

また、リスクアセスメントを行うためには、以下の情報を事前に把握する必要がある。

- (1)機械の限界
- (2)機械の寿命の全段階の要求事項
- (3)設計図面または、機械の特性を証明する他の手段
- (4)動力の供給に関する情報
- (5)事故の経歴
- (6)健康被害についての情報

機械安全に関するリスクアセスメントは、あくまでも機械に潜在する危険源を起因とする災害発生の可能性を評価するプロセスであり、安全対策はリスクアセスメントの結果による許容できないリスクに対してリスク低減を実施し、作業者の災害防止のための対策を技術的に実現することが最も重要なことである。

4．安全カテゴリーの分類

リスクアセスメントとあわせて重要視されるのが、制御システムにおける安全機能の維持能力の分類（安全カテゴリーの分類）であり、その内容を表1に示す。

安全に係わる制御システムの安全機能の維持能力をB，1，2，3，4でランク分けしており、カテゴリーが高いほど安全機能の維持能力が高いとして評価される。カテゴリー4が一番高いレベルであり、対象とする機械の危険性が高ければ安全性能も高くする必要がある。例えば、プレス機械の安全装置や安全に関連する制御回路の故障対策は、原則としてカテゴリー4以上でなければならないとか、非常停止スイッチはカテゴリー3以上で2接点必要などである。もし単一故障が発生しても、もう一つの接点で動作させられるようにしなければならないとしている。

このように個々の製品が有すべき安全カテゴリーは整合規格の中で指定される場合もあるが、多くは製造者自身がカテゴリーを設定するものである。カテゴリーの設定はリ

表1 安全機能の維持能力の分類（安全カテゴリーの分類）

Table 1 Classification by degree of ensuring safety (Safety category classification)

分類 (カテゴリー)	要件の要約	安全機能の維持能力（抵抗性）
B	・ 機械制御システム安全関連部の目的機能を実現すること。	・ 欠陥発生時安全機能を損なう場合が十分起こりえる。
1	・ カテゴリーBの要件を満たすこと。 ・ 十分吟味された高信頼性のコンポーネントを使用し、安全の確保は安全原則に従うこと。	・ カテゴリーBと同様であるが、安全関連部の安全確保機能の信頼性は高い。
2	・ カテゴリーBの要件を満たすこと。 ・ 安全の確保は安全原則に従うこと。 ・ 安全機能が適当な間隔でチェックされること。	・ 安全機能の消失はチェックによって検出されるが、チェック間隔時間の間では安全機能は損なう。
3	・ カテゴリーBの要件を満たすこと。 ・ 安全の確保は安全原則に従うこと。 ・ 設計要件：単一欠陥で安全機能を損なわないこと。単一欠陥はできる限り検出されること。	・ 単一欠陥で安全機能は損なわれない。 ・ すべてではないが、欠陥の検出ができる。未検出欠陥の蓄積によって安全機能を損なう場合がある。
4	・ カテゴリーBの要件を満たすこと。 ・ 安全の確保は安全原則に従うこと。 ・ 設計要件：単一欠陥は安全機能実行時、もしくはその前に検出されること。これが実施できないときは、欠陥の蓄積で安全機能を損なわないこと。	・ 欠陥が生じた場合、常に安全機能は損なわれない。 ・ 欠陥は安全機能実施の前の段階で安全機能実施が必ず間に合うように、予防設置として検出される。

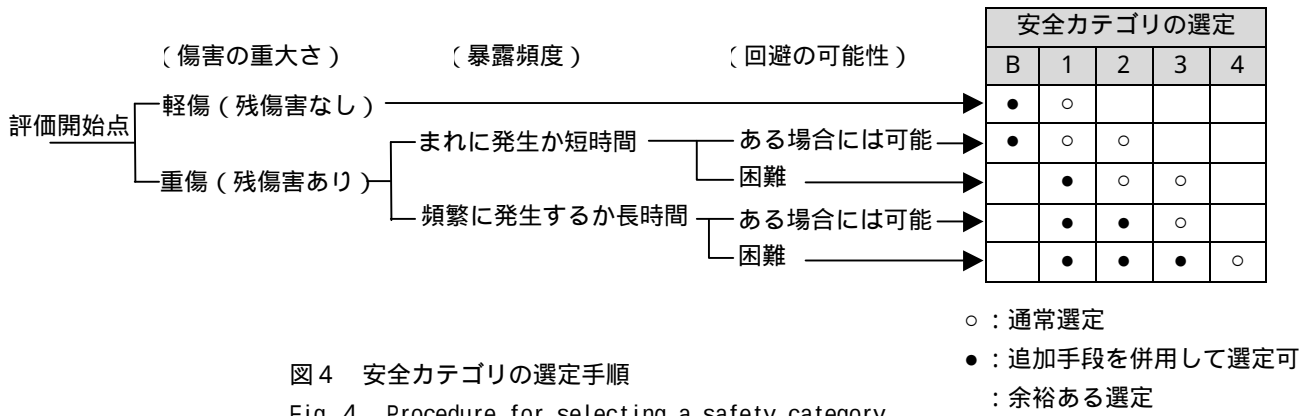


図4 安全カテゴリーの選定手順

Fig.4 Procedure for selecting a safety category

スクアセスメントに基づき、図4の選定手順で行う[1][3]。

一方、わが国ではリスクアセスメントに対する規格が制定されていないことから認識が低く、安全装置や制御回路の故障対策の水準はカテゴリB, 1, 2に該当しているものも多くあり、今後の対策水準向上への取り組みが望まれる。

5．安全に関する基本的考え方（欧州と日本の特徴）

では、欧州と日本の安全対策の違いはどこにあるのだろう。安全教育を重視するあまり技術的対策のニーズを創成できなかったわが国に対し、欧州方式の安全対策では、機械は故障し、作業者はミスを犯すことをまず認めた上で、仮にこれらが起きても作業者に危害をおよぼさない構造をシステムの設計段階で構築しておくことを基本とする。この安全対策を支える基本原則に Failure to safety（安全側故障）がある[5]。これは、信頼性の向上に重点をおき安全性を確保するという、わが国で広く実施されている災害防止対策と根本的に対立するものである。

表2に機械プレスにおける従来からの日本と欧州の安全対策の具体例を示すが、日本の安全対策は「作業者の常識的行動」や「インターロックスイッチの信頼性」に寄与するところが多く、Failure to safety とはいえない。

Failure to Safety の考えは、安全が立証できない場合、決して「安全」とは認めないというのが鉄則である。安全とは、単に災害が発生していない状態をいうのではなく、具体的な危険に対して、その危険による災害が発生しないための安全対策を実現して初めて、その危険に対して安全といえるのである。

例えば、危険区域を監視し、作業者が危険区域に近づいた危険情報を機械に与えて停止させる「危険検出型」のシステムと、作業者が危険区域に存在しない安全情報

を機械に与えて運転を許可する「安全確認型」のシステムを比較した場合、前者は危険情報の伝達が故障したときに機械に「安全」という判断をさせてしまうことにに対し、後者は安全情報の伝達が故障したときにも機械に「危険」という判断をさせることができる。つまり後者の安全確認型システムが Failure to Safety である。その安全確認型システムの考え方を図5に示す[6]。

表2 日本と欧州の機械プレスにおける安全対策の具体例

Table 2 Safety provision examples on machine presses in Japan and Europe

	日本	欧州
安全柵	機械の正面のみの防護	機械全周囲の防護
ドアインターロック装置	ガードを開くときはバネの力で接点をOFFにする構造(negative 作動) リミットスイッチなど	ガードを開くときは強制的に接点を引き離してOFFにする構造(positive 作動) 安全スイッチなど
非常停止スイッチ	操作ステーションごとに一個配置する	複数の作業による作業では各々の作業者が直接到達できる範囲内に各一個以上配置する

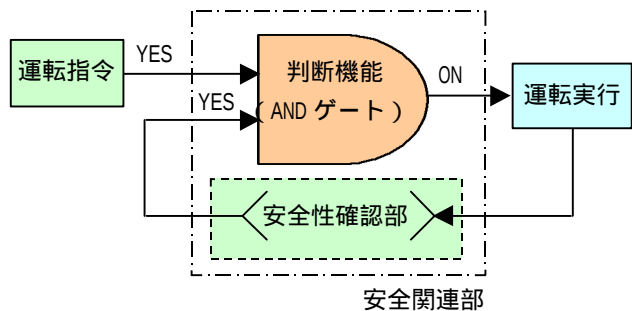


図5 安全確認型システムの考え方

Fig.5 Principle of the safety acknowledgment type system

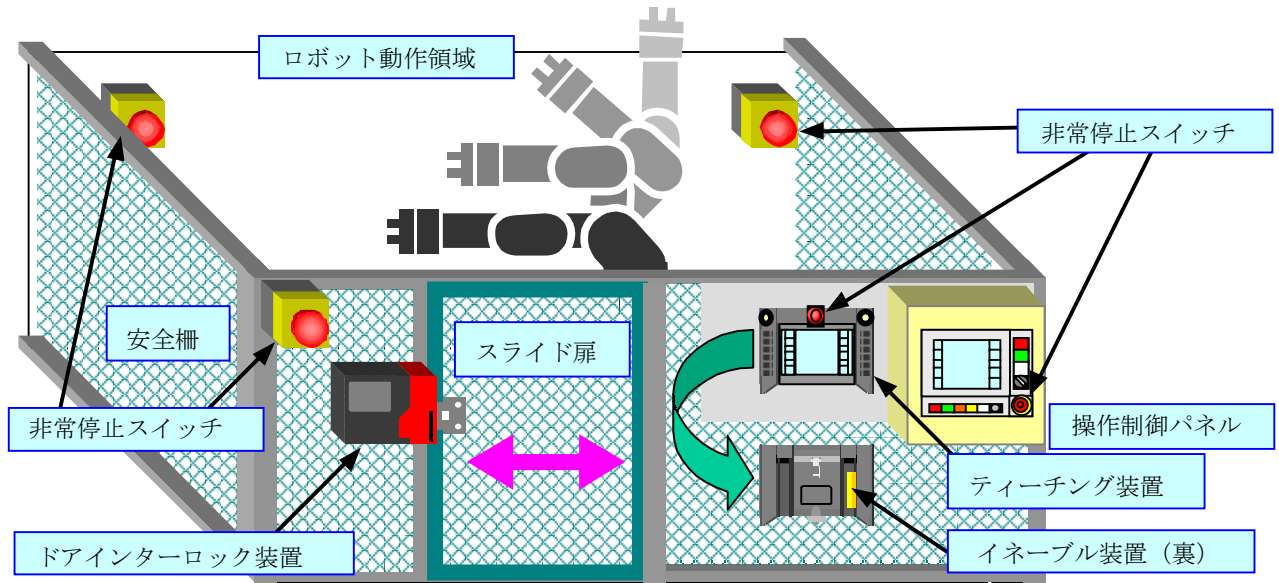


図6 機械設備の例

Fig. 6 Application example in machine facility

6. 欧州規格に適合した当社安全機器

前項で述べた安全確認型システムの例として、図6に示すようなロボットと安全柵などの安全対策を施したシステムが挙げられるが、安全確認型システムでは作業者が危険区域に存在しないという条件が成立して、初めて機械運転の指令が出される構成となっている。

では、具体的に安全対策について考えてみる。人と機械が同一空間内に同時に存在しない場合は、人が機械の可動部に接触するなど災害が発生する危険性はなく、安全が確保されている状態である。すなわち、人と機械を空間的に分離すること（隔離の原則）、あるいは時間的に分離すること（停止の原則）が安全対策の原則である。具体的な方法として次のような方法が考えられる。

- (1) 隔離の原則：安全柵による安全防護
- (2) 停止の原則：ドアインターロック装置などの安全装置による安全防護

これら安全対策の原則に基づく機械設備に使用される安全機器は、もちろん各々安全思想に基づく構造のものでなくてはならない。以下に当社の安全機器における安全性の配慮の一例を挙げる。

6. 1 ドアインターロック装置（HSシリーズ）

インターロック装置は EN292-1, 3.23.1 項によると「指定条件のもとで（一般的にガードの閉じていない場

合に）機械要素の運転を阻止することを目的とした機械的、電氣的または他の形式の装置」と定義されている。

図7に基本的なインターロックの機能をブロック図で示す[6]。

インターロックの原理は安全な状態で機械運転命令が出されてはじめて運転実行となり、安全でない場合はたとえ運転命令が出ても運転実行とはならないことを表しているが、この原理は再起動防止制御を含んでいる。再起動防止制御とは、定められた領域が一度安全でない状態となった後、たとえ運転命令が出たままであっても領域が安全状態に復帰したというだけでは運転実行とならない設備の構成方法をいい、安全状態の復帰確認後に、一旦運転命令を解除し、再度運転命令と安全性を確認して運転実行となるものである。

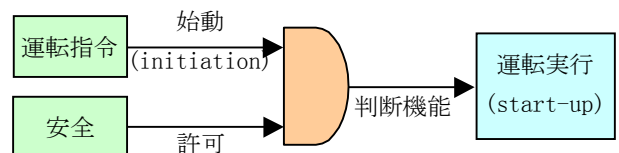


図7 インターロックの基本モデル

Fig. 7 Basic interlock model

具体的に記述すると、安全柵のドアに設置するインターロック装置および安全柵のドアに設置する電気錠を備えたインターロック装置については、EN1088、3.2/3.3項によると、前者は「機械はガード（ドア）が閉じるまでは運転できない。機械運転中にガードが開くと機械停止の指示がでる。ガードが閉じると機械は運転可能となる。ただし、ガード閉が機械の自動運転開始とはならない。（再起動防止制御）」と定義され、後者は「機械はガードが閉じて、かつロックされるまで運転できない。機械運転に伴う傷害のリスクが消失するまで、ガードは閉じてロックされている。ガードが閉じて、かつロックされていると機械は運転可能となる。ただし、ガード閉かつロックされていることが機械の自動運転開始とはならない。（再起動防止制御）」と定義される[14]。

このようにインターロックの機能には、再起動防止の考え方が徹底されているとともに、前述の5項で述べた隔離／停止の原則を基本とする要求仕様がある。以下に要求仕様とそれを満たすために、当社が実践する構造要件を挙げる。

要求1：安全柵のドアが開いているとき、機械は運転できないこと。

- (1) ドアを開けたときの確実な回路遮断のため、direct opening action（強制開離機構）を採用。万一、装置の接点が溶着した場合でもドアに固定したアクチュエータの引き抜き（ドア開）により接点を開離する。（EN60947-5-1 3章 2.2項 / GS-ET-15 2.1項）[18][23]
- (2) ドアが開いているときに機械を運転させないため、ドライバなど日常使用する一般工具で操作できない仕様が必要。（EN1088 5.7項）[14] なお、当社では独自の誤操作防止機構を採用し、専用アクチュエータ以外では操作できない仕様を実現した。

要求2：機械運転中は機械の危険な状態が終わるまで（ZMS^{注-5}）となるまで）ドアが開かないこと。

- (1) 惰性運転など機械の危険な状態が終わるまでドアをロック解除させない仕様が必要。（EN1088 3.3項 / GS-ET-19 3.16項）[14][24]なお、当社では独自のドアロック機構搭載機種を完備している。
- (2) ドアを無理に開けられないため、ロック強度：1000N以上を満足する。（GS-ET-19 3.10項）[24]
- (3) さらに前述のロック強度規格値：1000Nを超えてアクチュエータを引っ張り続け、装置を破損させた場合でも、アクチュエータが抜ける前にメイン回路を遮断する安全設計。（前述5項 Failure to safetyの原則）
- (4) ドアが確実にロックされるまで（ロック解除中）は運転可能とならないため、ロック／ロック解除をモニタする接点をメイン回路上に設けている。（EN1088 5.5項）[14]

(5) 装置はバネでロック、動力（ソレノイド）でロック解除となる構造を採用。（EN1088 5.5項）[14]
これは、装置を動力でロックとした場合、動力部の断線、故障で容易にロック解除してしまう。また、停電時はロック解除するが、停電が復旧したと同時に運転開始となる恐れがあるためである。

(6) さらに装置はバネなどの構成部品が破損しても容易にロック解除しない安全設計。（GS-ET-19 3.16項）[24]

注-5）ZMS = Zero Mechanical State：災害を引き起こす可能性のあるエネルギーがゼロである状態をいい、1972年にアメリカ鋳造工業界で提唱された安全思想。

図8にインターロック装置の代表機種であるHS5B形安全スイッチおよびドアロック付インターロック装置の代表機種であるHS1E形安全スイッチを示す。また、その他用途に合わせたバリエーションを表3に紹介する。

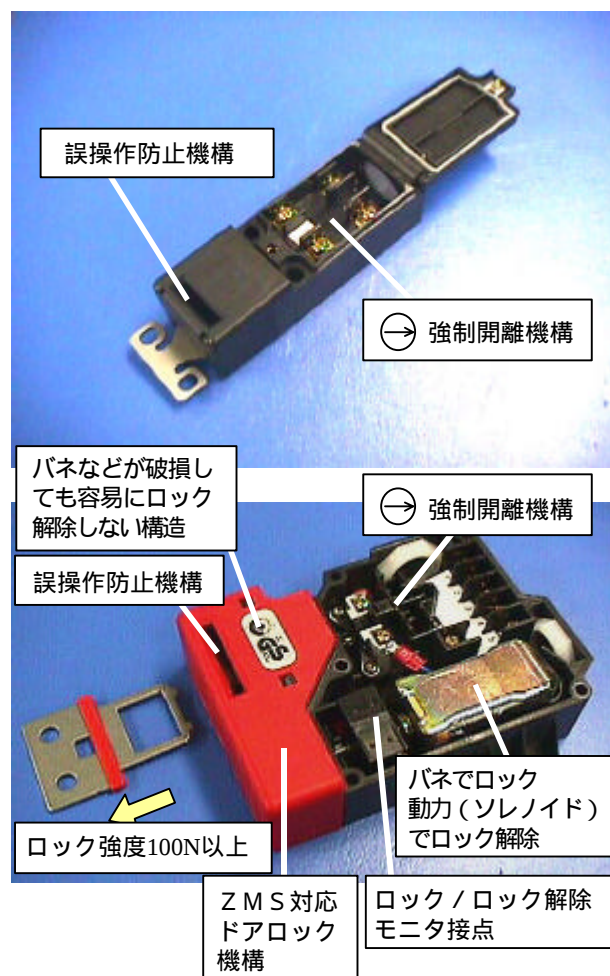


図8 安全スイッチ（HS5B形 / HS1E形）

Fig. 8 Safety switches (HS5B/HS1E)

表3 安全スイッチバリエーション

Table3 Variety of safety switches

シリーズ名	形式	用途・特長	
HS シリーズ 安全 スイッチ	HS1B 形	インターロック装置 (基本タイプ)	アルミダイ カスト製 堅牢タイプ
	HS2B 形	主に安全柵のドアに 設置し、ドアが開い ているときはメイン 回路を遮断する。 比較的危険度の低い 機械に使用される	樹脂製 汎用タイプ
	HS5B 形		樹脂製 小型リミッ トスイッチ サイズの 汎用タイプ
	HS1C 形	ドアロック付 インターロック装置	アルミダイ カスト製 堅牢タイプ
	HS1E 形	用途は基本タイプと 同じであるが、電気 錠(ソレノイド式) を備え、惰性動作を 有するなど比較的危 険度の高い機械に使 用される	樹脂製 汎用タイプ
HS シリーズ セーフティ プラグ	HS1P 形	主に安全柵のドア付近に設置し、メ イン回路の遮断状態を保持する ドアとプラグをチェーンで連結 し、インターロックの目的で使用 携帯用プラグとし、ホステッジコン トロールの目的で使用 アルミダイカスト製 BOX 一体タイプ	
	HS2P 形	制御盤等に設置し、ホステッジコン トロールの目的で携帯用プラグとし て使用する 樹脂製盤面丸穴(φ30)取付タイプ	
	HS1C-P 形	HS1C 形ドアロック付インターロッ ク装置と HS1P 形セーフティプラグ の融合タイプ	

6.2 非常停止スイッチ(HW・H6シリーズ)

非常停止スイッチは、緊急時に機械を停止させる最もポピュラーな装置であり、確実にかつ瞬時に作動させられる構造が重要視され、また一方では作業者のひじなどがボタンに少しふれた程度の意図しない誤操作では作動しない安全性が必要とされている。EN60204-1(産業用機械設備の電気機器の一般要求事項)では、「非常停止スイッチは全ての機能および全てのモードにおける操作に優先して機械を停止させる。操作後回路は OPEN 状態で保持され、機械が正常な状態に戻ったことが確認されるまで手動でリセットしても回路は回復してはいけない」とある[20]。

非常停止スイッチのφ22 パネル取付HWシリーズとφ16 パネル取付H6シリーズは、ヨーロッパスタイルと呼ばれるパネル前面取付方式で、EN 規格の要求事項を取り入れた製品として開発している。操作部と接点部は

ロックレバーにより固定するセパレートタイプとなっているが、ロックレバーのロックし忘れや不用意なロック解除を防止するために、ロックレバーを固定するレバーストップを全てに用意しており、より安全性を重要視している。以下に要求仕様とそれを満たすため必要となる構造要件を挙げる。

要求：異常発生時に容易に操作できること。

(1)ボタン形状は操作しやすい mushroom(きのこ)形とし、ボタンとパネルとの間にもものが挟まりにくいデザインを採用。(EN60204-1, EN418) [15][20]

(2)ボタンの脱落による操作不能を防止するため、パネル前面からはボタンが外れない構造を採用。(EN60947-1, EN60947-5-5) [17][19]

要求：操作時には回路を確実に遮断すること。

(1)ボタンを押す力がアクチュエータを介して直接NC接点を引き離す direct opening action(強制開離機構)を採用。(EN60947-5-1, EN60947-5-5) [18][19]

要求：操作部が保持される前に回路が遮断しないこと。

(1)人や物がボタンにあたった場合でも、操作部が完全にロックされるまで接点が開離しないセーフティロック機構^{注-6)}を採用。(EN418, EN60947-5-5) [15][19]

注-6) セーフティロック機構：EN418 では「操作部が押された場合は、全て非常停止命令が発せられたものとして回路が遮断され、その状態で保持させなければならない」とある[15]。当社では、操作部がロック(保持)すると同時に接点が開離する独自の構造でセーフティロック機構と呼んでいる。

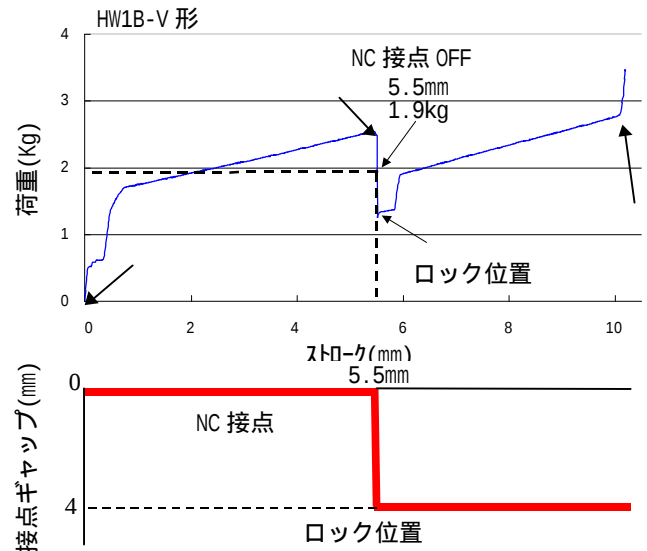


図9 HW1B-V形非常停止スイッチの動作特性

Fig.9 Operating characteristics of the HW1B-V emergency stop switch

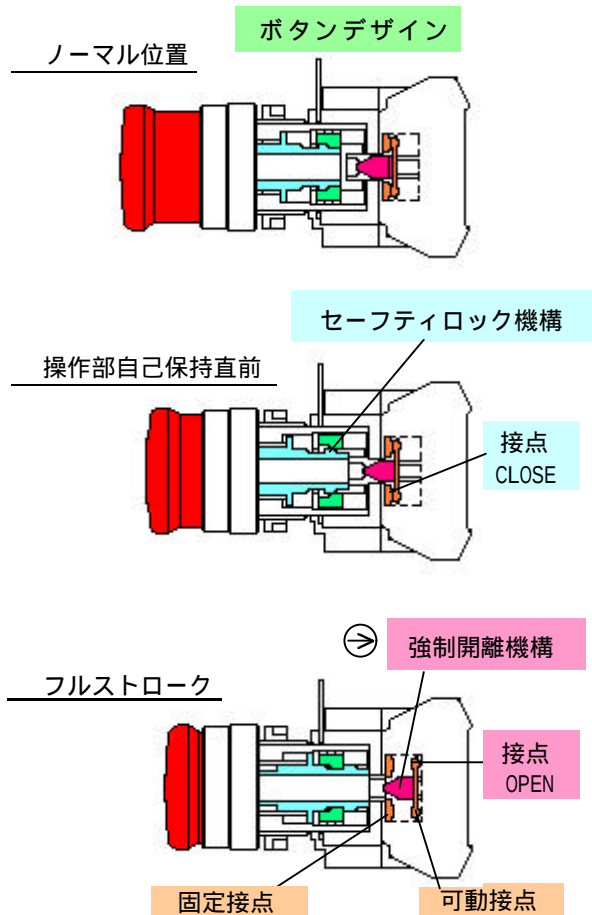


図 10 非常停止スイッチ動作図 (HW1B-V 形)
Fig.10 Emergency stop switch internal operation (HW1B-V)

表 4 非常停止スイッチバリエーション

Table 4 Variety of emergency stop switches

シリーズ名	形式	用途・特徴
φ 22 H W シリーズ	HW1B-V 形	一般的な制御盤や工作機械などに使用。 プッシュロックターンリセットタイプ。
	HW1B-X 形	リセット時に作業者を限定する プッシュロック鍵リセット タイプ。
	HW1B-Y2 形	プッシュプルタイプ
	HW1E-V 形	操作部と接点部が一体構造に なったプッシュロックターン リセットタイプ。
	HW1E-LV 形	HW1E-V の照光タイプ。
	HW1X-BV 形	増設に便利な一点 BOX タイ プ。
φ 16 H 6 シリーズ	HA1B-V2E 形	小形の制御盤などに使用。 プッシュロックターンリセッ トタイプ。
	HA1E-V2S 形	奥行きのないモバイル装置な どに最適な短胴形プッシュロ ックターンリセットタイプ。 (パネル奥行き 30mm)

ボタンの押し込み量と荷重および接点動作の関係を図 9 に、セーフティロック機構の各状態の動作図を図 10 に示す。

以上、要求事項に対する必要な構造要件は図 10 のように全て非常停止スイッチに盛り込んでいる。また、用途に合わせたバリエーションを表 4 に紹介しておく。

6.3 イネーブル装置 (HE1B 形イネーブルスイッチ)

イネーブル装置とは JIS B 8433 (産業用マニピュレーティングロボット - 安全性) 3.2.3 項 (イネーブル装置) によると「あらかじめ定められた位置に保持されている間に限り、ロボットの作動を可能にするための手動操作装置」と定義されている[22]。具体的にはロボットのティーチングペンダントに取り付けられるデッドマンスイッチ^{注-7)}がそれに該当する。

ただし、デッドマンスイッチの場合、ロボットの作動を可能にするという意味よりも安全にティーチング作業を行うための非常停止手段という意味が強い。したがってイネーブル装置には、特有の仕様が要求される。

注-7) デッドマンスイッチ：ロボット業界などにおけるイネーブル装置の用途に用いられるスイッチの通称。名称の由来は、その名の通り機械の操作者が死亡または事故に巻き込まれた瞬間、すみやかに機械を停止させることからきている。

要求：ティーチング中、ロボットが誤動作した場合などの非常時に緊急停止が行えること。

この要求に対応するには、突然の危険に遭遇した作業者の行動、すなわち人間工学的な配慮が重要となる。ISO11161 (産業用自動化システムの安全性) 6.5 項 (Enabling devices) には「イネーブル装置はシステムの作動やその他の危険な状態の運転の際、ただ 1 つの選択位置 (切替位置) においてのみ運転可能、他の位置を選択すればどの任意の位置でも危険な状況は安全に停止させる装置であり、イネーブル装置の操作自体が危険な状態を生起してはならない」というように非常停止手段の意味を含んで定義されており、イネーブル装置として押したときに ON するだけの 2 ポジション (OFF-ON) タイプと、ON からさらに押し込むと OFF する 3 ポジション (OFF-ON-OFF) タイプの両方が記載されている[21]。

しかし、突然の危険に遭遇した作業者が咄嗟的にイネーブル装置から手を離す場合もあれば、逆に身体の硬直などによりイネーブル装置を握り込んでしまう場合もあると予測できることから、安全上イネーブル装置の要求に適しているのは 3 ポジション (OFF-ON-OFF) タイプである。

このようなさらなる安全を追求するロボット業界などの要求に応え、次の特長を持つ国内初の 3 ポジション動作を実現した HE1B 形イネーブルスイッチを開発した。

(特長)

(1)押し込み時の OFF からボタン復帰まで ON とならない独自の反転動作構造。

(2)ON からさらに押し込んで OFF するときは、接点強制開離。(EN60947-5-1, EN60947-5-5) [18][19]

その動作特性を図 11 に示す。上側が 3 ポジションの動作モードを表し、下側がボタンを操作する際のストローク - 荷重曲線を表している。スイッチが ON した後ストローク約 2.2mm から OFF するまでの間、急激に高荷重となっているが、これは「正常操作時の ON 状態で保持しやすいように」、また「緊急時強く押し込んだ場合、強制開離を伴う OFF 状態まで一気に操作させたい」とする操作性の配慮からである[8][9][10]。

なお、本号別稿「モバイル形操作表示器 C C ペンダントの開発」の中で HE1B 形イネーブルスイッチを搭載した HG2R 形 C C ペンダントを紹介しており、アプリケーション面からの安全思想について参照されたい。

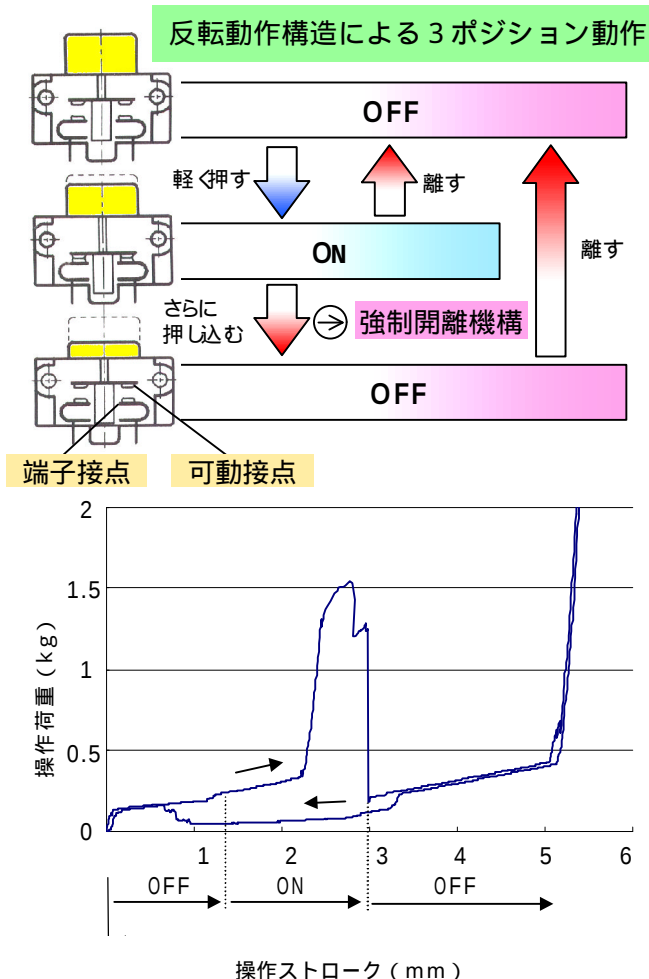


図 11 HE1B 形イネーブルスイッチの動作特性
Fig.11 Operating characteristics of the HE1B enable switch

7. おわりに

これまで欧州規格体系をもとに、本質的な安全思想に基づくリスクアセスメントや安全対策の重要性と、当社が提供するドアインターロック装置 / 非常停止機器 / イネーブル装置に関する安全面の配慮について述べてきた。安全思想に基づき、タイプ A 規格 (基本的安全規格)、タイプ B 規格 (区分安全規格)、タイプ C 規格 (個別の製品規格) という 3 つの規格体系からなる欧州規格に対し、わが国では安全設計の基本となるタイプ A 規格とタイプ B 規格に相当するものが見あたらず、これが両者の根本的な相違点となっている。

従来からわが国でも機械の安全対策は行われているが、本質的な安全思想の中身を知らず、使用する安全機器や、そのシステムが確実に安全を保障するもので構成されていないければ、今まで無事故であっても単に「運が良かっただけ」といえるかもしれない。今後本質的な安全設計を考えたとき、できるだけ早い時期にタイプ A 規格とタイプ B 規格に裏付けられる安全設計の基本を取り入れていく必要があると考える。

なお、わが国においても現在機械安全の基本となる A 規格の EN292 や電気安全の基本となる B 規格の EN60204-1 をベースにした ISO/CD12100 や IEC60204-1 など国際安全規格の JIS 化が急ピッチで進められており、今後産業界において急激な安全環境の変化が要求されることになるだろう。

当社では、以上のように予測される安全環境の変化を先取りし、本質的な安全思想に基づいて欧州規格に適合した商品を開発提案することで、安全環境構築のための先進的なグローバル化に取り組んでいく所存である。

参考文献

- [1] 丸山弘志：機械安全の国際規格と C E マーキング，日本規格協会，1998 年
- [2] 杉原鉄夫：C E マーキングのすべて，日経 P B 社，1994 年
- [3] 向殿政男：ISO「機械安全」国際規格，日刊工業新聞社，1999 年
- [4] 蓬原弘一，桑川壮一：安全への新たなアプローチ，安全技術応用研究会，1996 年
- [5] 梅崎重夫，桑川壮一：機械プレス安全に関する欧州規格と我国関係法令との比較，産業安全研究所安全資料 (NIIS - SD - NO.14)，1996 年，p41-p63
- [6] 杉本旭：工作機械制御回路のフェールセーフ化手法，平成 9 年度安全技術講演会 (特別講演会) 講演概要集，1997 年，p22-p29
- [7] 機械類の安全性国際規格の現状 (国際規格の JIS 原案について)，日本機械工業連合会，1998 年

- [8] 福井孝男 他：操作における安全性を追求した3ボジションイネーブルスイッチの開発，計測自動制御学会ヒューマン・インターフェース部会，第14回ヒューマン・インターフェース・シンポジウム論文集，1998年，p659-p664
- [9] 荻野重人 他：モバイル形操作表示器を用いたHMI環境の最適化，計測自動制御学会ヒューマン・インターフェース部会，第14回ヒューマン・インターフェース・シンポジウム論文集，1998年，p295-p300
- [10] 米澤 浩 他：モバイル形操作表示器によるロボットティーチングの操作性向上，計測自動制御学会，システム／情報合同シンポジウム'98論文集，1998年，p257-p261
- [11] EN292-1: 1991，Safety of machinery - Basic concepts, general principles for design - Part 1: Basic terminology, methodology
- [12] EN292-2: 1991，Safety of machinery - Basic concepts, general principles for design - Part 2: Technical principles and specifications
- [13] EN1050: 1996，Safety of machinery - principles for risk assessment
- [14] EN1088: 1995，Safety of machinery - Interlocking devices with and without guard locking - general principles and provisions for design
- [15] EN418: 1992，Emergency stop equipment, functional aspects - principles for design
- [16] EN954-1: 1996，Safety-related parts of control systems - Part 1: General principles for design
- [17] EN60947-1: 1996，Low-voltage switchgear and controlgear Part 1: General rules
- [18] EN60947-5-1: 1997，Low-voltage switchgear and controlgear Part 5: Control circuit devices and switching elements
Section One - Electromechanical control circuit devices
- [19] EN60947-5-5: 1997，Low-voltage switchgear and controlgear Part 5-5: Control circuit devices and switching elements - Electrical emergency stop device with mechanical latching function
- [20] EN60204-1: 1992，Electrical equipment of industrial machines - Part 1: General requirements
- [21] ISO11161: 1994，Industrial automation systems
- Safety of integrated manufacturing systems
- Basic requirements

- [22] JIS B 8433: 1993，産業用マニピュレーティングロボット - 安全性
- [23] GS-ET-15: 1.1994，BG（ドイツ労働障害保険組合）のGS規格
- [24] GS-ET-19: 12.1989，BG（ドイツ労働障害保険組合）のGS規格

執筆者

- * 1) 商品開発部 K1000 所属
- * 2) 商品開発部 H9000 所属
- * 3) 商品開発部 H9000 所属
- * 4) 国内マーケティング担当 プロダクトリーダー

