

ものづくり安全技術 (Safety Technology) における研究開発マネジメント

藤田 俊弘, 柿崎 晶子

日本のものづくりを取り巻く環境は、製品技術や生産技術の高度化が進むとともに、BRICsと呼ばれる新興産業国の出現等によりグローバル競争はより一層加速している。さまざまな製品事故や、工場における爆発事故や産業事故等の頻発により、日本製品の高品質、安全性への陰り、そして本質安全設計や安全防護による真の意味での生産現場における安全構築の必要性が急速に高まってきている。すなわち「安全なものをつくる」と同時に「安全にものをつくる」ことが非常に重要であり、ここでは具体例を含めてIDECにおけるものづくり安全技術 (ST) の研究開発マネジメントについて紹介する。

キーワード：ものづくり，安全技術，国際規格，3ポジション，イネーブルスイッチ

1. はじめに

IDECは、ものづくり分野やFA (Factory Automation) 分野に特化した研究開発型エキスパート企業であり、「Think Automation & beyond…ものづくりの未来を創造していきます」をビジョンとして掲げている。自動車産業、ロボット、工作機械、食品機械、また液晶・FPD・半導体製造等の機械装置産業など、幅広いアプリケーションに対応する制御機器や制御システムを提供しており、2005年11月、創業60周年を機に社名を和泉電気からアイデックに変更し、研究開発から製造販売まで、グローバルに事業展開している。

主力の制御機器は、図1に示すように人が直接産業機械を操作するHMI (Human Machine Interface) 環境で使用される場合がほとんどであり、われわれの開発した新技術や研究成果をHCII, SIAS, IEEE, ISSA等の国際学会も含め国内外の関連学会にて、過去10年間で約70件の論文を継続発表している。このような産業オートメーション技術に特化した発表を行ってきた企業は世界的に見ても他に見当たらず、IDECはFA分野やものづくり分野でも非常にユニークな研究開発型企业であろうと感じている。

昨今、工場のみならず一般家庭における機器におい

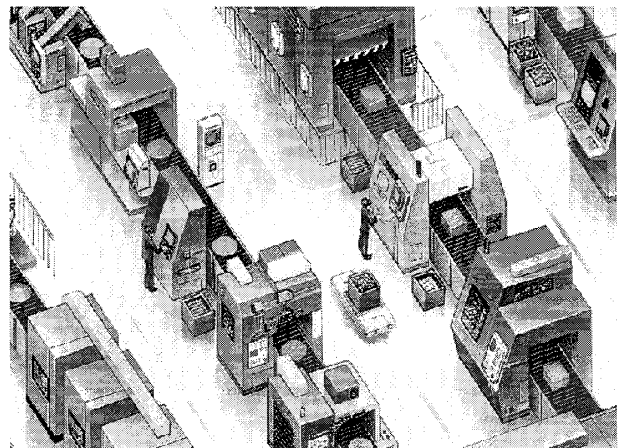


図1 産業オートメーションにおけるHMI (ヒューマンマシンインタフェース) 環境

ても「事故」や「安全」をキーワードとした新聞報道が増えており、装置の操作ミスや幼児が巻き込まれるような悲惨な事故が増加し、「安全なものをつくる」と同時に「安全にものをつくる」といった両面において、人が直接機械や装置を操作する場合の安全性、ユーザビリティやリスクアセスメントに関する研究の重要性がますます高まっている。また市場のグローバル化の加速を背景に、産業機械メーカーおよび機械を使用する事業者のアカウントビリティが求められ、日本国内においても2001年に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」、2004年に機械安全の基本である国際安全規格ISO 12100に整合したJIS B 9700「機械類の安全性—設計のための基本概念」の発行に加え、2006年4月に

目指す方向	災害ゼロ VS 危険ゼロ	
	(危険でも事故の無いように注意)	(許容可能なリスクまで低減)
安全の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ・作業責任・使用者責任 ・教育訓練 ・安全な使い方の指示徹底 ・注意を喚起 ・対応型 	<ul style="list-style-type: none"> ・企業責任・事業者責任 ・本質安全 ・リスクアセスメント ・安全制御による機械 ・先見型
過去		
現在	→ 移行中 →	

図2 日本と欧米におけるものづくり現場での安全構築の考え方

「改正労働安全衛生法」が施行されるなど、より一層、安全性に配慮した機械類や設備の構築が必要になってきている。

このような動向や、今後の日本の技術の方向性を俯瞰してみると、現在、IT（情報）、BT（バイオ）、NT（ナノ）、ET（環境）が国家的重要技術分野として位置づけられているが、これらに加えて、ST（Safety Technology：安全）もすべての根幹に横たわる技術であり、新たな体系確立の必要性が増してきている状況でもある。

本稿では、IDECでの研究開発マネジメントの背景となるものづくり分野における「安全」に関するグローバルな社会的状況を説明するとともに、具体的な安全技術開発への取組み等を例として紹介する[1]～[9]。

2. グローバルに通用する安全の考え方

「安全」とはいったいどういう意味なのだろうか。「広辞苑」によれば「安らかで危険のないこと」や「物事が損傷したり、危害を受けたりするおそれのないこと」とあるが、国際規格 ISO/IEC Guide 51（安全面一規格に安全に関する面を導入するためのガイドライン）および ISO/IEC Guide 73（リスクマネジメント用語集一規格において使用するための指針）によれば、「安全」とはその時代の社会の価値観に基づく所与の状況下で受け入れ可能なリスクしか存在しないことであり、ここでいうリスクとは「危害の発生確率と危害のひどさの組み合わせ」と、国際安全規格 ISO 12100-1 で定義されている[6]。重要なことは、全くリスクのない状態を安全というのではなく、換言すれば、絶対的な安全は存在しないし、その安全レベルは社会の価値観や安全技術の進歩によって常に変化しているということである。FA においては、単に機械の生産性向上や効率化を図るだけでなく、人に対する安全性への配慮が重要な要件である。

日本と欧米におけるものづくり現場での安全構築の考え方の根本的な違いを図2に要約して示す。従来の日本の場合、工場やFA環境における安全構築の方法は、現場作業員への安全教育や指示徹底に基づく「作業員責任」であり、「災害ゼロ」を目標として運営されてきた。どこの企業の工場でも「災害ゼロ〇×日」と掲示されており、もちろんこのような活動は良いことである。しかしながら、国際的に一般的な安全に関する考え方は、より根本的に重要なこととして、作業員が働く環境に対して経営者が「危険ゼロ」環境を実現することである。そのため、企業責任において事業者側がリスクアセスメントを行い、本質的に安全な機械や環境を「経営責任」として構築することを基本としており、「災害ゼロ」と「危険ゼロ」の考え方は根本的に異なっている。

3. リスクアセスメントの必要性と国際安全規格体系

上述の図2での「危険ゼロ」とは、リスクを許容可能なレベルまで低減することを意味している。ここで重要となってくるのがリスクアセスメントと同時に国際安全規格の3階層構成であり、図3にその内容を示す。様々な安全技術はIECやISO国際安全規格の階層化構成に則って適用される必要がある。ものづくりで使用される様々な機械装置システムは、個別機械規格としてのC規格（最下位層）に位置している。そしてその上位に、制御技術分野に関するグループ規格としてのB規格があり、インタロック規格、非常停止規格、機能安全システム規格、また防爆安全規格等があり、安全構築のための技術が詳細に述べられている。さらにその上位に基本規格のA規格として、機械類の安全設計のための一般原則であるISO 12100やリスクアセスメント規格のISO 14121があり、3段階

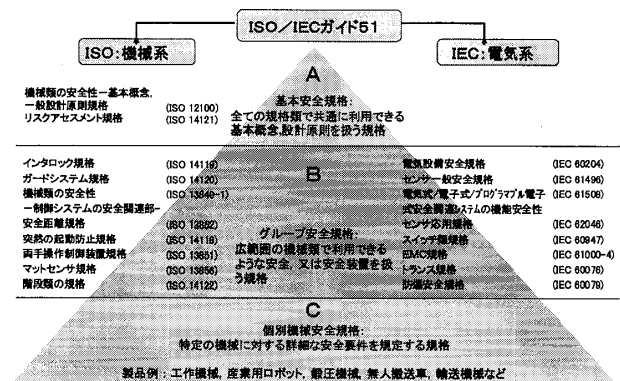


図3 国際安全規格の階層化構成

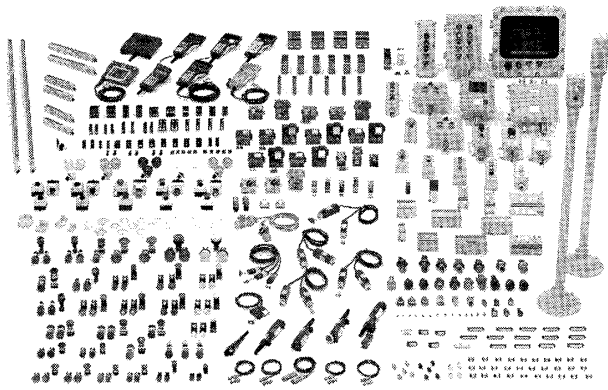


図4 IDECが展開する安全機器

の階層化構成となっている。このようにグローバルに通用する安全の考え方の骨格はすでに構築されており、今後の安全技術はこの体系の中で進化を続けることになる。

これら A, B, C 規格は相互に関連付けられており、実際には人に関する安全性を構築するためのヒューマンインタフェースに関わる規格が非常に多い。そのためこのような人間工学的視点も熟知した上でリスクアセスメントをまず行い、そして機械の本質安全設計を重視して行うことが求められている。

IDECでは、安全はものづくりの基本であり、「安全なものをつくる」という視点と同時に「安全なものをつくる」という視点を重要視し、研究開発を推進してきている。我々がこれまで開発してきた安全に関する製品の写真を図4に示す。

4. 人間工学に基づく安全技術の研究開発例

ここで、安全化を実現するための技術例として、産業用ロボットの運転時に使用される3ポジションイネーブルスイッチの人の感性や人間工学に配慮した機構設計技術を示す[4]。図5に示すように高度に自動化された生産システムであっても、人が直接機械と接する場面は多数存在する。設備立ち上げや保全、メンテナンスなどの作業であり、このような危険な区域で作業が行われているため可搬型のペンダントと呼ばれる情報端末機器が不可欠であり、機械に近づく作業への安全に対する十分な配慮がなされなければならない。機械の本質安全を実現させるため、さまざまな国際規格において、産業用ロボットの操作端末であるペンダントへの3ポジションイネーブルスイッチ搭載の必要性が記載されている。3ポジションイネーブルスイッ

チは人間工学に配慮した極めてユニークなスイッチであり、まず一段握り込むとOFFからONとなり、そこからさらに握り込んでもOFFとなり、またONから手を離してもOFFになる。

図6に、2ポジションスイッチと3ポジションスイッチ操作時の人に対する状態の違いを示す。手を離すとどちらの場合もONからOFFになる状態は同じであるが、意識的であれ無意識であれ、一定の握力以上に握り込んだときに、2ポジションスイッチではONのままであり、3ポジションスイッチの場合はONからOFFになる状態が決定的に異なる。図6(1)危険状態に対して、(2)驚いて手を放す場合と、(3)驚いて強く手を握り込む場合を考察することが重要であり、驚いて手を離した場合はいずれの場合も機械はその場で停止するためオペレータの危険は回避できるが、驚いて手を握り込んだ場合、3ポジションスイッチの場合は機械を停止させることができるが、2ポジションスイッチの場合は機械を停止できないため、けがや最悪の場合死亡などの災害や事故が発生する可能性が高い。

一方、安全性を重視するあまり操作性が悪くなっただけでかえってヒューマンエラーを招く危険性が高まる。イネーブル装置はそれ自体でロボットなどの機械装置を作動させるものではなく、「作業を許可」する目的で操作されるので、ロボットのティーチングや調整、保守点検作業においては長時間に及ぶ場合が多く、作業に集中すると操作する力（握力）の低下（緩み）、または増加（握り過ぎ）という状況が予測される。そのため、3ポジションイネーブルスイッチには人の感性面や人間工学的に、1)ポジション2の操作荷重の軽さ、および2)ポジション2からポジション3へ移行する際の適切な荷重差が求められる。われわれの3ポジションイネーブルスイッチの動作特性については、1)、2)に加え、3)ポジション3へ移行した際の操作感についても接点の動きを指先で判断でき、優れた操作性を有している。

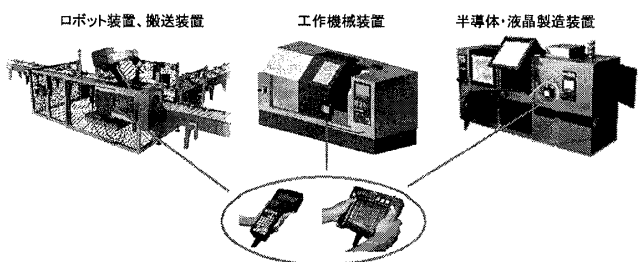


図5 自動化された生産システムでのペンダント使用の様子

(A)手の握り方 (グリップ形)	(B)手の握り方 (ペンダント形)	(C) 2ポジションスイッチ の場合	(D) 3ポジションスイッチ の場合
(1) 危険状態発生		 危険状態	
(2) 驚いて手を離す		 安全	
(3) 驚いて手を握り込む		 DAMAGE けが・死亡	 安全

図6 2ポジションスイッチと3ポジションスイッチ操作時の人に対する状態の違い

なお、このイネーブルスイッチの必要性については、ISO 10218-1 (ロボット安全の規格) 他多くの国際安全規格で記載されてきたが、これまで3ポジションイネーブルスイッチに必要な操作力と性能に対する要求事項について規定がなかったため、イネーブル装置の操作力はペンダントの開発時に都度試行錯誤が繰り返されていた。そのような状況を受け、技術的指針や標準を作ることが必要と考えたわれわれは、IEC (国際電気標準会議) 規格創成を(財)日本電気制御機器工業会における経済産業省基準認証研究開発事業により推進し、(財)日本規格協会より3年間の支援を受け、その結果、各国のエキスパートとの審議を経て、世界各国投票の合意の上、2006年10月 IEC 60947-5-8 として発行された。

この3ポジションイネーブルスイッチは世界の主要

ロボットメーカーのペンダントに使用されており、ロボット安全技術に広く貢献している。

5.新しい研究開発マネジメントのあり方

以上述べてきたように、企業のあり方や競争がグローバル化する中において、世界で通じる標準、すなわち国際規格等を重要視する流れはますます加速することが予測される。

単に技術が優れているから、アイデアが素晴らしいからそれを特許にしておこう、知的財産として守って、というような従来の開発体制では、グローバル社会で技術の流れをリードしていくことは不可能である。

とりわけ上記のとおり、STの分野では、国際安全規格の考え方を基に、機械の生産性の向上のみならず、安全な人と機械のHMI環境を実現させる技術開発を行い、標準化、知的財産戦略をも念頭においた研究開発を体系的に実践することが肝要である。

そのため、IDECでは、研究開発マネジメントの考え方や構造を大きく転換している。図7に示すように、従来われわれは、研究開発と知財を連携させることを中心にマネジメントを行ってきたが、上述のように国際規格の重要性の高まりを受け、「研究開発+知財+標準」の三位一体の開発推進体制を構築し、規格・標準グループもマネジメントの一翼を担い、意思決定に参画する研究開発マネジメントを推進している。このように知財・標準化戦略を重視し、専門部隊を設け、各部門が連携を取り、人材育成も含めて積極的に推進体制をしいている点においては、国内で先進的なマネジメントの取組みを行っている先駆者のモデルケースであろうと考えている。

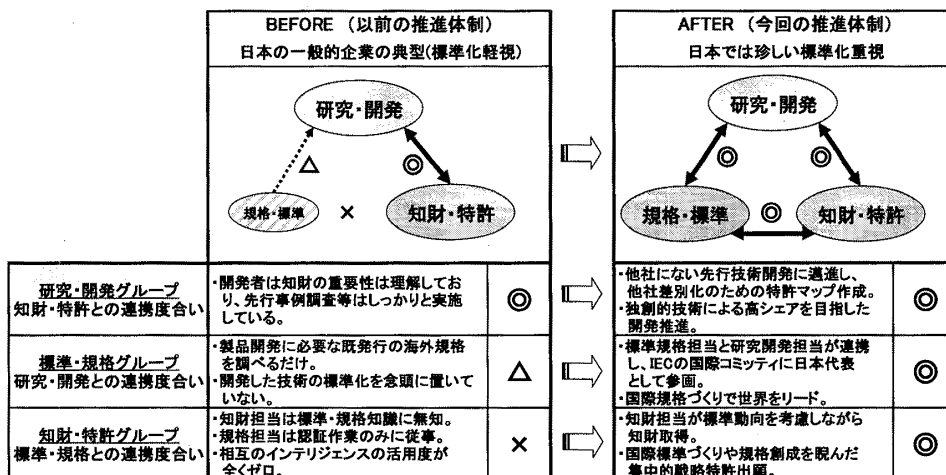


図7 「開発+知財+標準」三位一体研究開発マネジメント推進体制

6. おわりに

ここ数年、様々な事故が多発する中、「安全の構築」は深刻な問題であり、われわれは産業事故削減に貢献するという企業の社会的責任（SR）のもと、安全技術（ST）を進化させ、社会に貢献することを目的に開発を進めている。ものづくり安全での世界のトップランナーとして新技術・新製品開発を推進し、日本のものづくりのさらなる発展に寄与するとともに、今後とも継続して積極的に研究成果を発表していく所存である。

「安全なものをつくる」と同時に「安全にものをつくる」際に必要となる様々な技術を開発してきた立場から、より多くの研究者の方々にこのような安全技術に興味を持っていただき、研究開発マネジメントの視点で今後技術融合により新たな分野を開拓していきたいと考えている。

参考文献

- [1] T. Fukui, T. Yasui, N. Obata, M. Fujimoto, A. Matsumoto and T. Fujita: Development of safety technology to ensure safety of two or more operators in hazardous areas by preventing erroneous resetting; 5th International Conference, "Safety of Industrial Automated Systems," SIAS 2007, Tokyo, Japan, Nov. 12-13 (2007).
- [2] K. Okada, I. Maeda, Y. Sugano, N. Higuchi, I. Nishihara and T. Fujita: Risk assessment of robot cell production system that achieved high productivity and safety in HMI environment; 5th International Conference, "Safety of Industrial Automated Systems," SIAS 2007, Tokyo, Japan, Nov. 12-13 (2007).
- [3] K. Yasukawa, N. Ohsugi, S. Inoue, Y. Nakajima, S. Watanabe, Y. Tani and T. Fujita: Application of hydrogen explosion-proof LCD display with touch switches to liquefied hydrogen production system for ensuring safety; 5th International Conference, "Safety of Industrial Automated Systems," SIAS 2007, Tokyo, Japan, Nov. 12-13 (2007).
- [4] T. Fukui, M. Nobuhiro, Y. Sekino, I. Maeda, A. Matsumoto and T. Fujita: Requirement of three-position enabling switches for installing in enabling devices to achieve operational safety of robotics and automation applications; IEEE Conference on Automation Science and Engineering 2007 (IEEE CASE 2007), Scottsdale, USA, Sep. 22-25 (2007).
- [5] 柿崎晶子, 藤田俊弘: IDECにおけるグローバルに進化する「ものづくり安全」ヒューマンインタフェース研究開発; ヒューマンインタフェース学会誌, Vol. 9, No. 3, 67-72 (2007).
- [6] 藤田俊弘: 設計者に望まれるものづくり安全に関する見識とグローバルに進化する安全技術と国際規格の動向; 13th Symposium on "Microjoining and Assembly Technology in Electronics," (Mate 2007), (社)溶接学会, パシフィコ横浜, Feb. 1 (2007).
- [7] T. Fujita, et al.: Usability improvement of human-machine interface by the usage of the networked lowest-level components; 9th international symposium "Design process and human factors integration," ISSA, Nice, France, Mar. 1-3 (2006).
- [8] T. Fujita: Importance of Ergonomically Designed 3-position Enabling Devices for Operational Safety of Machinery, 2002 NRSC (National Robot Safety Conference), Ypsilanti, MI, USA, Oct. 23 (2002).
- [9] T. Fujita, et al.: Improvement of Usability and Safety by Standardized Control Panel Layout in Consideration of Ergonomics; "2nd International Conference Safety of Industrial Automated Systems," Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (BIA), Bonn, Germany, 347-355, Nov. 13-15 (2001).