

操作安全性および標準化を指向した 小型ペンダント形操作表示器の開発

福井 秀利* 濱本 和郎* 米島 聡* 錦 朋範* 藤田 俊弘*

Development of compact mobile pendant terminal pursuing safety and standardization

Hidetoshi Fukui*, Kazuo Hamamoto*, Satoshi Yonejima*,
Tomonori Nishiki* and Toshihiro Fujita*

Abstract - In HMI (Human Machine Interface) environments such as in the fields of FA (factory automation) and industrial systems, safety for operator is recognized as key and essential factors to take into account as well as inherent safety of machine in terms of the existence of International Standards which requires the usage of safety devices. To secure usability and safety in mobile pendants, it is important to combine various user interfaces appropriately. This paper describes safety and usability resulting from standardization in the mobile pendants and considers the future of the mobile pendants and the way it should be.

Keywords: Pendant, Mobile terminal, Usability, Safety, HMI, ISO12100

1. はじめに

近年 FA(Factory Automation)分野や産業分野では、各種の産業用ロボットや自動化機械を用いて自動化生産システムが構築されており、情報化の進展に伴います高度化してきている。このような自動化生産システムにおける人と機械が共存する HMI 環境では、人が機械と接する局面が数多く存在する。そのため生産の効率性や経済性だけでなく、オペレータの安全性や使いやすさ(Usability)を向上させ、機械制御システム全体を本質安全設計により構築することが重要となってきている。^[1-3]

オペレータが機械を操作する際に、直接接点となる操作表示という機能に着目してみると、従来の操作盤や操作表示パネルは、よりインテリジェント化する傾向にあり、しかも手に持って必要な場所へ移動できるペンダント型操作表示器のニーズが、ここ数年飛躍的に高まってきた。

われわれは人間工学に基づいた本質安全を実現するために CC ペンダントと呼称するペンダント操作表示器を提案してきた。^[5-9] 本稿では安全思想を取り入れたコンパクトな小型ペンダントの開発について報告する。

2. 制御システムにおける安全性の向上

2.1 社会的背景

機械の本質安全に関わるペンダントに対する要求事項は、表 1 に示す国際規格などにおいて記述されている。ISO/CD 12100 は今年度の発行が予想されている機械類の国際基本安全規格であり、IEC 60204-1 は機械類の電気設

備に対する国際グループ安全規格である。IEC 60204-1 は JIS B9960-1 として国内においても規格化されており、ISO/CD 12100 も経済産業省の産業技術総合研究所（旧通商産業省工業技術院）や日本機械工業連合会が中心となって、国内規格化される見込みである。ANSI/RIA R15.06 は、産業用ロボット・ロボットシステムに対する米国規格であり、SEMI S2-0200 は米国で準拠が要求されることの多い半導体製造装置に対するガイドラインである。^[12-15]

特に ISO/CD 12100 は国際基本安全規格として非常に重要な位置づけにあり、まず機械の規定した限界および意図する使用に基くリスクアセスメントを行い、その後に設計者ならびに製造者により講じられる防護方策を実施することが必要とされ、本質安全設計に基いて機械を設計することが要求されている。機械を安全に使用するた

表 1 ペンダントに関する国際規格

Table. 1 International standards for mobile pendant.

ISO/CD 12100	機械類の安全性 - 基本概念、設計のための一般原則	
	3.7.10 (3)	携行式制御ユニット（教示ペンダント）の使用
IEC60204-1	機械の安全性 - 機械の電気機器	
	10	オペレータ・インタフェース及び機械搭載型制御装置
	10.1.2	配置場所及び取り付け
	10.1.5	可搬式及びペンダント型制御器
ANSI/RIA R15.06	産業用ロボット・ロボットシステムのための安全に関する要求事項	
	4.7	ペンダントならびにその他の教示装置
	4.7.3	イネーブル装置
	4.7.4	ペンダントの非常停止
	10.7.5	教示モードの選択
	10.10.4	ロボットとロボットシステム制御
SEMI S2-0200	半導体製造装置の環境、健康、安全に関するガイドライン	
	20.4	産業用ロボット及び産業用ロボットシステム

*: 和泉電気株式会社

*: IDEC IZUMI Corporation

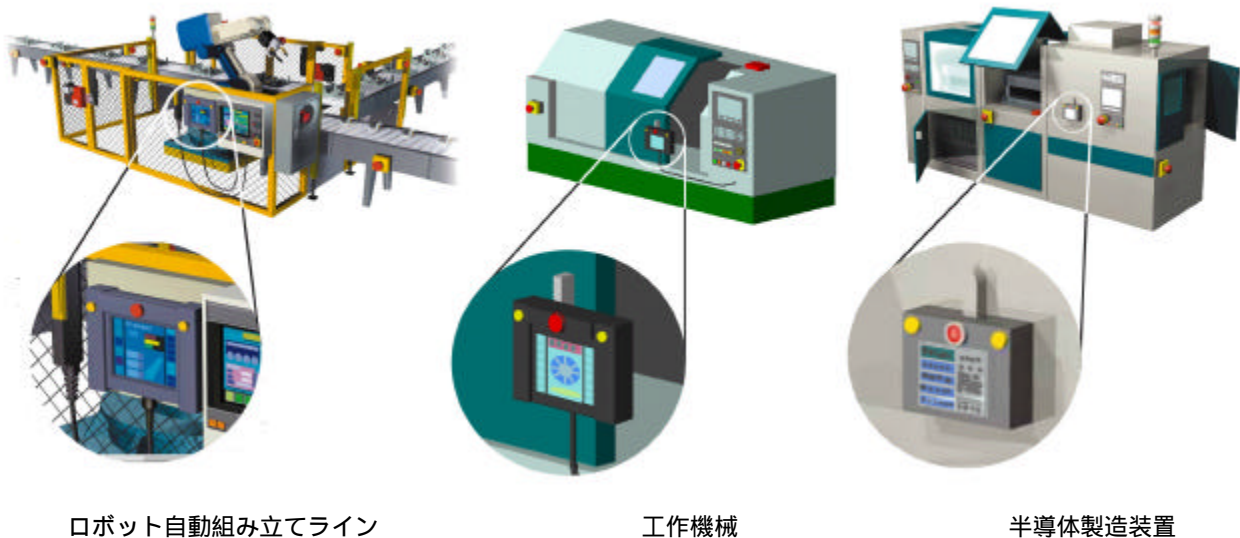


図1 自動化された生産システムでのペンダント使用の様子
Fig.1 Application of mobile pendants in automated production systems

めに、機械の使用者に対して安全教育することで表面的な安全を構築している「危険検出型システム」から、事前にとるべき本質安全対策を機械システムに対して実施する「安全確認型システム」への移行が必要不可欠となってきた。つまり、「機械は壊れるものであり、人間は間違いを犯すものである」ということを前提とした流れとなってきたのである。[11]

日本においても、これと同様の機械の本質安全設計思想が、厚生労働省の通達「機械の包括的な安全基準に関する指針」として2001年6月1日に出された。

2.2 自動化システムにおけるペンダント

このような非常に大きな変革があるにも関わらず、前述の安全確認型システムで利用できる情報化対応型のペンダントはあまり見当たらない。これは、国際規格でその必要性が徐々に明確化されているものの、人間工学的視点から見た具体的構造要件が明らかでなく、人と機械の最適なHMI環境を構築するという未知の領域での検討が必要であることが、主な原因の一つであると言える。

この状況を解決するために、われわれは今までに各種のCCペンダントを開発しており、図1にペンダントが使用される代表的な機械を示す。[4-11]

図1に示すような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（初期設定）やティーチング（教示）また工程切り替え（段取り替え）や異常・故障処理（チョコ停）そして保全（メンテナンス）などの非正常作業がその例である。このような非正常作業は非常に危険な区域で作業が行われているため可搬性のペンダントが不可欠であり、機械に近づく作業員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。

3. 理想的なHMI操作環境の実現

ペンダントに搭載されるユーザインタフェースには色々な種類がある。情報化・メディア化、操作性・確実性、安全性の3つの要因から見た位置づけを図2に示す。

GUI(Graphical User Interface)はここでは液晶画面上のタッチスイッチを意味し、SUI(Solid User Interface)は操作感や視認性のある押ボタンスイッチや表示灯、またセレクトスイッチやキースイッチその他ブザーを意味している。なお、SUI on GUIは液晶画面上にクリック感やストローク感をもたせた、われわれ独自のCCスイッチを意味しており、Safety SUIは特に安全に直結する非常停止押しボタンスイッチやイネーブルスイッチ、そして安全スイッチなどを対象としている。

近年、ペンダントは従来の押しボタンスイッチや表示灯などのSUIを主体に構成されていた形態から、LCDなどのGUIを用いた自動生産システムの情報端末としての

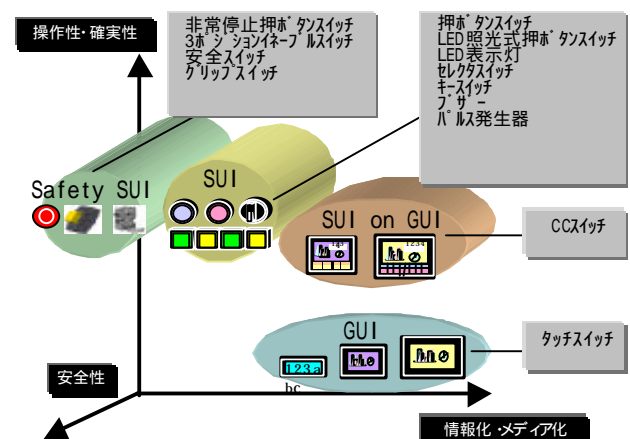


図2 各種ユーザインタフェースの位置づけ
Fig.2 Positioning of various user interfaces.

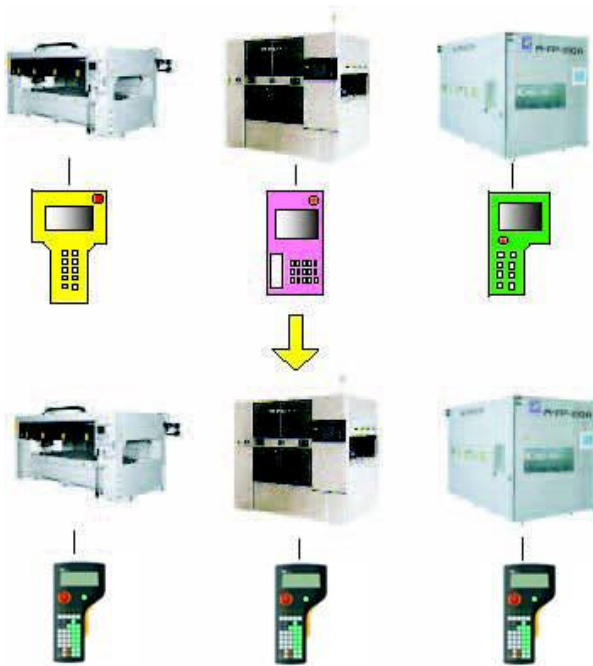


図3 小型ペンダントの標準化

Fig.3 Standardization of mobile pendant

形態が増加している。しかし、前述したペンダントの安全性に対する国際規格の要求を実現するためには、情報化のための GUI のみでユーザインタフェースを構成するのではなく、GUI と SUI や使いやすさを向上するための安全用インターフェイスとしての SUI on GUI や Safety SUI などをもうまく組み合わせることが重要となってきている。^[7-9]

4. 小型ペンダントの構成

4.1 フレキシブルな構成

現状さまざまな機械で用いられている小型ペンダントは、標準化されているものが少なく操作機能がほぼ同じ機械システムにおいても一品一様となっている例が多い。そのためオペレータは、それぞれのペンダントの操作方法を習熟しなくてはならない。そこで図3に示すようにペンダントが標準化されれば、機械メーカーが操作の安全性を考慮しながら個別にペンダントを設計する必要がなくなり、オペレータの操作性向上が実現されと考えられる。

図4に示すように HG1T 形ペンダントの SUI 部はメカニカルスイッチが自由に配置でき、種類も押しボタンスイッチや表示灯のみならず、キースイッチやセレクトスイッチも選択可能になっている。なお、意図せず押しボタンスイッチが押されないようスイッチガードを取り付けることも可能である。また、メンブレンスイッチの表面シートは取り外しが可能で、例えば機械メーカーが各ユーザに応じて表面シートの言語を切り替える場合などに、柔軟に対応できる構造になっている。GUI 部である LCD は、ローコストな反射形と視認性の良いバックライト付

きの 2 種類から選べ、さらにタッチスイッチパネルを搭載することも可能な構造となっている。

使いやすさの面でさまざまな機械へ応用できるフレキシビリティの高いものとなっており、小型ペンダントの標準化が実現しやすいように考慮されている。

4.2 使いやすさを考慮したデザイン

形状については単に見た目の造形的な美しさだけでなく、使いやすさを考慮することが重要と考え、次の点に重点を置いて行っている。

- 1) 持ちながら握るという行為が伴うグリップ部は長時間操作し続けることも予想されるため、人間工学的に握りやすい形状および取付け位置であること。
- 2) 右手、左手どちらの手で握って操作しても違和感のない形状であること。
- 3) あらゆる場所または業種においてもマッチングするデザインおよび色であること。

5. 今後の展開

図5に、OA(Office Automation)やPA(Personal Automation)などのいわゆる情報分野と、産業分野で使用されるモバイル機器の比較を示す。情報分野では、一般的に設置形のデスクトップ PC(Personal Computer)が使用されているが、ここ数年、手持ちで移動可能なモバイル型のノートブック PC や PDA(Personal Digital Assistant)、また携帯電話などが増加してきている。これら設置型機器とモバイル機器はそれぞれの特徴があることから両者が共存しているが、移動できる利便性などから今後はモバイル機器の進展が高いと考えられる。このようなモバイル化の流れが FA などの産業分野でも今後起こってくることが予測できる。われわれは、ペンダントにイネーブルスイッチや CC スイッチを搭載することによって産業分野で使いやすさを向上したモバイル機器の先駆けとすることができると考えている。なお、図5に示すように使用環境



図4 HG1T 構成図

Fig.4 Configuration of the HG1T

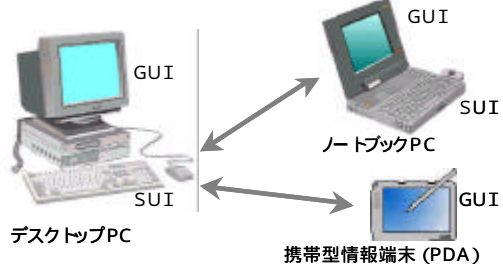
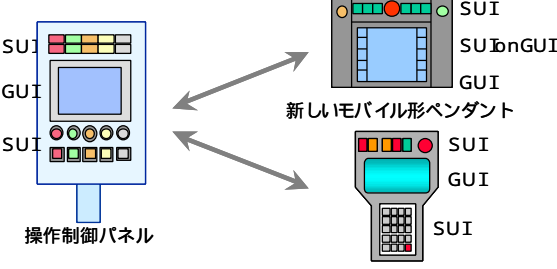
	OAにおけるHM 操作表示環境	FAにおけるHM 操作表示環境
設置型とモバイル型の共存関係	 <p>デスクトップPC</p> <p>ノートブックPC</p> <p>携帯型情報端末 (PDA)</p>	 <p>操作制御パネル</p> <p>新しいモバイル形ペンダント</p>
使用環境	・オフィスなどのクリーンな環境 比較的安全な場所	・工場 生産ラインなどの油、ほこりのある環境 ・危険な場所も多く存在
使用形態	・オフィスで座って使用	・工場で立って使用
使いやすさのポイント	情報へのアクセスのしやすさ 高速な情報の処理	操作のしやすさ わかりやすさ 確実さ
重要なキーワード	高速化・ネットワーク化、マルチメディア対応	操作性・確実性、堅牢性、安全性

図5 OA と FA の HMI 操作表示環境におけるモバイル機器の相違点

Fig.5 The differences between OA and FA mobile products on HMI situation

や使用形態、また要求される仕様や使いやすさのポイントが、情報分野と産業分野では全く異なっている。われわれが今までに開発してきた HGIT 形を含む CC ペンダントは、人間が操作する際の使いやすさという非常に古典的な考え方に基く人間工学的な視点で開発されたものであるが、このような“安全性や使いやすさ”と“情報化”を両方兼ね備えたペンダントに代表されるモバイル機器が今後ますます重要になる。

6. まとめ

ペンダントは、自動車製造ラインや半導体および液晶製造装置その他ロボットや各種機械類などの制御システムにおいて広く使用されており、ペンダントの使いやすさや安全性への要求に対応するために GUI や SUI、そして、SUI on GUI や Safety SUI をうまく融合した構成になっている必要があることは明らかである。われわれは今までに安全性と使いやすさに配慮した種々のタイプの CC ペンダントを開発しており、その一形態として新たに小型ペンダント HGIT 形を開発した。今後もより安全で使いやすいペンダントを目指し、人と機械の最適な HMI 環境の創造に貢献できるよう努力していきたいと考えている。

謝辞

日頃ご指導いただく北九州市立大学杉本旭教授をはじめとして、安全技術応用研究会関係各位並びにユーザ各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 向殿政男 監修 (社)日本機械工業連合会編:「機械安全」国際規格;日刊工業新聞社(1999).
- [2] 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).
- [3] 関口隆 他 監修 (社)日本機械工業連合会 他 編:「機械安全(電気装置)/機能安全」実用マニュアル;日刊工業新聞社(1999).
- [4] 福井孝男 他:操作における安全性を追求した3ポジションインネーブルスイッチの開発;計測自動制御学会ヒューマン・インタフェース部会,第14回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集,p659-p664(1998).
- [5] 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・インタフェース部会,第14回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム'98論文集,p295-p300(1998).
- [6] 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;(社)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).
- [7] 荻野重人 他:モバイル形操作表示器 CC ペンダントの開発;IDEC REVIEW1999,和泉電気株式会社,p.90-p97(1999).
- [8] 中島幸市 他:モバイル形操作表示器によるFA環境の安全に対する最適化;ヒューマンインタフェース学会,ヒューマンインタフェースシンポジウム'99論文集,p505-p510(1999).
- [9] 小野和昭 他:安全性向上を追求したペンダント形操作表示器の制御システムへの応用,ヒューマンインタフェース学会,ヒューマンインタフェースシンポジウム2000論文集,p29-p32(2000).
- [10] 宮内賢治 他:人間工学に基づく安全性に配慮した3ポジションインネーブルスイッチの開発とその応用,ヒューマンインタフェース学会,ヒューマンインタフェースシンポジウム2000論文集,p383-p386(2000).
- [11] 和泉電気株式会社 編:安全コンセプトブック(2000)
- [12] 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
- [13] IEC60204-1:1997, Safety of machinery-Electrical equipment of industrial machines-Part 1: General requirements
- [14] ANSI/RIA R15.06:1999, for Industrial Robots and Robot System-Safety Requirements
- [15] SEMI S2-0200 - Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment