

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

小野 和昭* 宮本 尚孝* 清水 隆義* 錦 朋範* 藤田 俊弘*

Applications of mobile pendant for control systems pursuing improvement of safety

Kazuaki Ono*, Takayuki Miyamoto*, Takayoshi Shimizu*,
Tomonori Nishiki* and Toshihiro Fujita*

Abstract - In HMI (Human Machine Interface) environment such as in the fields of FA (factory automation) and industrial system, safety for operator is recognized as key and essential factors to take into account not only just by ergonomic considerations, but also by the existence of International Standards which strictly state the usage of safety devices. We had already proposed unique mobile terminal, where the usability and safety are highly improved in combination with Solid User Interface (SUI), Graphical User Interface (GUI), SUI on GUI and Safety SUI. In this paper, we report on the results of further development of mobile terminal and analysis for varieties of applications where mobile terminals are required.

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

1. はじめに

近年 FA (Factory Automation) 分野を始めとして、各種の自動化機械や産業用ロボットを用いて高度な自動化生産システムが構築されている。いかに自動化された制御システムであっても人と機械が共存する HMI (Human Machine Interface) 環境においては、直接人が機械と接する局面は必ず存在する。そのためオペレータにとっての安全性や使いやすさ(Usability)を向上し、また機械制御システム全体を本質安全設計により構築する必要性が国際規格でも明確化されつつある。^[1-3]

例えば、図 1 に示すようなロボットを用いた自動生産システムを例とすると、各種のユーザインタフェースが利用されていることがわかる。われわれはこれまでも SUI(Solid User Interface)や GUI(Graphical User Interface)、またこれらをうまく組み合わせることでオペレータの安全性を向上できることを報告してきた。^[4-10] 特に、ペンダント形操作表示器(携帯型操作表示器やモバイル形操作表示器、ハンディターミナル、教示装置とも呼称するが、以下ではペンダントと呼ぶ)については、3 ポジションイネーブルスイッチや SUI on GUI としての CC スwitch を組み合わせることにより使いやすさを向上できることを報告してきた。^[4-10]

今回、このようなペンダントについて、自動車製造ラインや半導体・液晶製造装置、またロボットや各種機械の制御システムへ応用されている事例に対して、ユーザにおける国際規格へ整合する流れとともに、人間工学的観点から

どのようなユーザインタフェースが主として用いられているのかを評価分析した結果について報告する。

2. 制御システムにおける安全性の向上

2.1 自動化システムでのペンダントの必要性

自動化された制御システムであっても、人が直接機械と接する場面は多数あり、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)など数多くの非定常作業が発生する。例えば故障処理のため作業者が機械に近づき状態確認をしながら操作する必要がある場合はごく頻繁にある。特に機械が大きい場合には可搬性のペンダントが不可欠であり、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。そのため国際規格面でも安全性向上のためペンダントを使用することの必要性が述べられている。

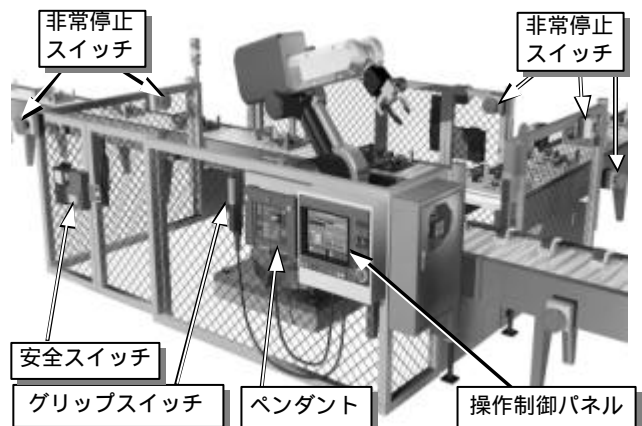


図 1 産業用ロボットによる自動化システム
Fig.1 Automation system using Industrial Robot.

*: 和泉電気株式会社

*: IDEC IZUMI Corporation

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)	携帯式制御ユニット(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

2.2 国際規格から見たペンダント形操作表示器

表1に国際規格からペンダントに対して記述されている事項についての抜粋を簡略化して示す。これらの規格は、上位の考え方として機械システム(ISO/CD 12100)や電気設備(IEC 60204-1)、またロボット(ANSI/RIA R15.06)や半導体製造装置(SEMI S2-0200)において、オペレータに対する安全性確保を目的に人間工学的な使いやすさの視点で述べられたものである。^[11-14]

一方、ペンダントは従来の SUI を主体に構成されていた形態から、GUI を用いて自動生産システムの情報端末としての利用が増加しつつある。現状これら国際規格ではペンダントの使用に対する考え方の一般論として記載されているにとどまっており、各ユーザにおける応用に対応して今後色々と情報化ペンダントとして新しく規格面からも検討していく必要がある。その際、各種機械を用いた自動生産システムは日本国内での使用のみならず、欧米やアジアでも使用されることを前提として、グローバルな視点で考えることが必要となる。

3. ペンダントに搭載されるユーザインタフェース

上述したように最近ではペンダントはオペレータが安

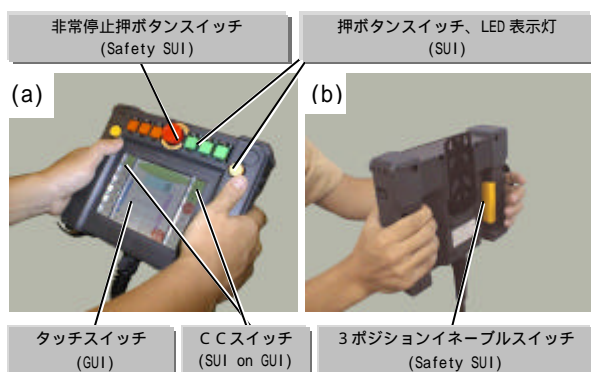


図2 HG2R 形ペンダントの外観写真
Fig.2 External using HG2R-type Pendant.

全性を確保しつつ操作する情報端末としての位置づけとなっており、われわれはこれまでも既にこの流れに対応するペンダントについて報告してきた。図2にわれわれの開発した HG2R 形ペンダントをオペレータが持っている状態での写真を示す。図2(a)はペンダントのおもて側写真であり、図2(b)は裏面側写真である。ここでペンダントに搭載されるユーザインタフェースにはいろいろな種類があり、その位置づけを図3に示す。^[4-10]

GUI はここでは液晶画面上のタッチスイッチを意味し、SUI on GUI はその液晶画面上にクリック感をもたせた CC スイッチを示している。また SUI は操作感や視認性があり動作に確実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、ブザーなどであり、Safety SUI は特に安全に直結する非常停止押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示している。^[4-10]

それでは次にペンダントにおいて、各種の制御システムの応用において、どのようなユーザインタフェースが利用されているのかを評価解析する。

4. 各種の制御システムで使用されたペンダントの形態

われわれは今までユーザ仕様に基づき色々な形態のペンダントを開発したが、表2にそのまとめを示す。詳細な使い方までは把握できないがサンプリングした 50 件の事例を(1)自動車生産ライン、(2)各種機械装置、(3)ロボット装置関連、(4)半導体・液晶製造装置関連そして(5)自動化製造設備への応用としてここでは分類した。

前述したように、ここでのペンダントは液晶を用いてグラフィカル表示が可能な情報化ペンダントを前提としているため、表2の(A)に示すように、GUI としての表示機能に加えてタッチスイッチが操作設定用として 100% 具備されているのが条件である。本来このタッチスイッチは、名前のごとくスイッチ操作機能を有しているが、(1)から(5)のどの応用においても、それ以外のユーザインタフェースが非常に多く使われていることがわかる。

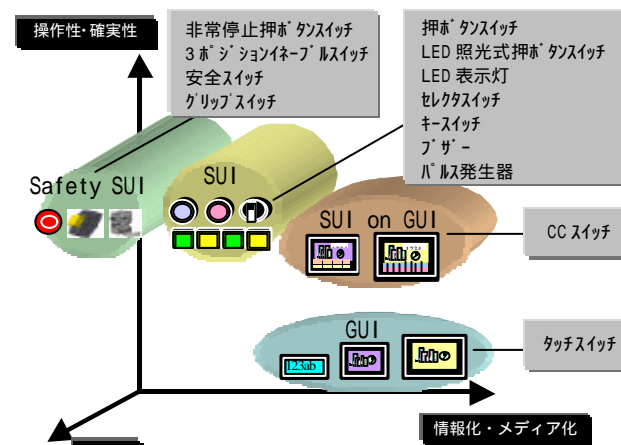


図3 各種ユーザインタフェースの位置づけ
Fig.3 Positioning of various user interfaces.

表2 各制御システムへの応用におけるペンダントのユーザインタフェース使用形態の分析まとめ(: 使用、 - : 未使用)

Table.2 Analyzed results of usage of various user interfaces in mobile pendant applied to each control systems.(:In use, :Not in use)

分類	事例	(A)GUI	(B)SUI on GUI		(C)SUI					(D)Safety SUI	
		タッチスイッチ	CCスイッチ(左)	CCスイッチ(右)	押ボタンスイッチ	LED照光式押ボタンスイッチ	LED表示灯	セレクトスイッチ	その他SUI(~)	非常停止押ボタンスイッチ	3ポジションイネーブルスイッチ
(1) 自動車製造ラインへの応用	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
(2) 機械装置などへの応用	7										
	8										
	9										
	10										
	11										
	12										
	13										
	14										
	15										
	16										
	17										
(3) ロボット装置などへの応用	18										
	19										
	20										
	21										
	22										
	23										
	24										
	25										
	26										
(4) 半導体・液晶製造装置及びラインなどへの応用	27										
	28										
	29										
	30										
	31										
	32										
	33										
(5) 自動化製造設備への応用	34										
	35										
	36										
	37										
	38										
	39										
	40										
	41										
	42										
	43										
	44										
	45										
	46										
	47										
	48										
	49										
	50										
各ユーザインタフェース使用比率		(100%)	92%		76%					88%	96%

例えば、(D)に示す Safety SUI としての非常停止押ボタンスイッチや 3 ポジションイネーブルスイッチは、88% と 96% と非常に高い比率で使用されていることがわかる。非常停止押ボタンスイッチが使用されていない場合は、別途その機能を機械制御システムに配置しているためと考えられる。また、ここで注目すべきは 3 ポジションイネーブルスイッチの搭載が 96% に及んでいることである。^[8-10] このイネーブルスイッチは、前述した ANSI や ISO、IEC などの国際規格においてその必要性が最近述べられてきている状況にあるが、すでにユーザでその安全性向上に対する意識の高いことが伺える。^[11-13]

また次に注目すべきことは、(B) に示す SUI on GUI としての CC スイッチが全応用例に対して約 92% も使用さ

れていることである。CC スイッチはタッチスイッチの押したときの操作感がないことやなぞり操作ができないなどの欠点を解決するために世界で初めて実用化したスイッチであるが、ペンダントの多くの応用において利用されていることがわかった。^[4-7]これは ISO/CD 12100 でも「手動制御器は、人間工学原則を配慮して、その配置と操作時の移動量及び抵抗力が遂行されるべき動作に適合するように装備しなければならない。」とあるように、操作の際のクリック感などの必要性を述べていることに合致している。特にペンダントは両手で握って操作するため、図 2(a)に示したように CC スイッチを右手用、そして左手用と液晶画面の両側に配置されているため親指で簡単に押せることが特長となっている。また、通常の固定のメンブ

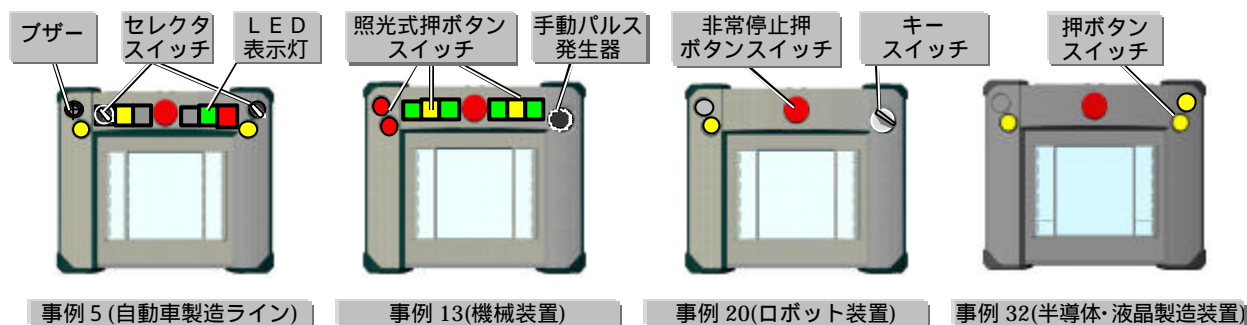


図4 ペンダントにおける各種 SUI の搭載例
Fig.4 Implementation of various SUI for mobile pendant.

レンススイッチが両側に配置された形態と比較して、CC スイッチはその意味づけがプログラムにより容易に設定できるため、可変のファンクションスイッチとして利用することがユーザにおける使いやすさを向上していると言える。^[4-7]

次に今回の評価分析で明らかになったことは、各種の SUI が応用によって非常に多岐にわたって利用されていることである。表 2 に示すように各種の SUI は、全応用例 50 件のうち 38 件の約 76% 使用されている。この 38 件で用いられている SUI は 押ボタンスイッチ、LED 照光式押ボタンスイッチ、LED 表示灯、セレクトスイッチ、キースイッチ、ブザー、パルス発生器などである。図 4 に代表例として、どのような SUI が各種応用で利用されているのかを表 2 にまとめた中から抜粋して示す。応用に応じて SUI の種類及び個数は多岐に渡ることがわかるが、これらは次のように考察できる。^[4-7]

は機械を確実に運転するためには不可欠であり、また
と は液晶画面では認識しにくい高輝度な LED 照光により状態認識を容易にするためである。また は機械の設定や状態の切り替えを速やかに行うために不可欠であり、は確実にペンダントの使用を禁止する場合などに用いられる。は音でオペレータに聴覚により状態を知らせるためであり、さらに は位置決めを行うための応用例である。以上のように必要に応じて から に示す SUI が利用されていることがわかった。

5. まとめ

今回われわれの開発したペンダントについて各種の応用に対してどのようなユーザインタフェースが用いられているのかの評価解析を行った。その結果、自動車製造ラインや半導体・液晶製造装置、またロボットや各種機械などの制御システムにおいて、ペンダントの使いやすさや安全性について応用目的に対応して GUI や SUI on GUI、そして SUI や Safety SUI がうまく融合されて利用されていることが明らかとなった。今後さらに詳細に応用例の解析を進めるとともに、より安全で使いやすいペンダントを開発し、人と機械の最適な HMI 環境の創造に貢献できるようなお一層推進していく所存である。

謝辞

日頃ご指導いただく労働省産業技術安全研究所杉本旭博士、日本信号株式会社蓬原弘一博士、坂井正善博士、明治大学向殿政男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：ISO「機械安全」国際規格；日本機械工業連合会、日刊工業新聞社、(1999)。
- [2] 向殿：国際化時代の機械システム安全技術；安全技術応用研究会編、日刊工業新聞社、(2000)。
- [3] 安全技術応用研究会：21 世紀の安全技術 - 労災はこうして減らす、日経メカニカル、日経 BP 社(1999)。
- [4] 荻野、石野、中島、松本、米澤、辻、藤田：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、pp.295-300 (1998)。
- [5] 米澤、荻野、石野、中島、松本、辻、藤田：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)。
- [6] 荻野、石野、松本、中島、米澤、辻：モバイル形操作表示器 CC ペンダントの開発；IDEC REVIEW、和泉電気株式会社、pp.90-97 (1999)。
- [7] 中島、清水、松本、荻野、米澤、平野、藤田：モバイル形操作表示器による FA 環境の安全性に対する最適化；ヒューマンインターフェース学会、ヒューマンインターフェースシンポジウム'99 論文集、pp.505-510 (1999)。
- [8] 福井、上野、松本、藤田：操作における安全性を追求した 3 ポ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、pp.659-664 (1998)。
- [9] 山本、上野、福井、松本：欧州規格に対応した安全機器の開発；IDEC REVIEW、和泉電気株式会社 pp.20-30 (1999)。
- [10] 宮内、福井、関野、藤田：人間工学に基づく安全性に配慮した 3 ポジションイネーブルスイッチの開発とその応用；ヒューマンインターフェース学会、ヒューマンインターフェースシンポジウム'00(2000)。
- [11] 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
- [12] IEC60204-1: 1997, Safety of machinery-Electrical equipment of industrial machines-Part 1: General requirements
- [13] ANSI/RIA R15.06:1999, for Industrial Robots and Robot System-Safety Requirements
- [14] SEMI S2-0200 - Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment