

操作安全性に配慮した小型ペンダント表示器の 機械装置への応用展開

福井 秀利* 米島 聡* 米澤 浩* 錦 朋範* 藤田 俊弘*

Application of compact mobile pendant terminal pursuing safety to machine equipment

Hidetoshi Fukui*, Satoshi Yonejima*, Hiroshi Yonezawa*,
Tomonori Nishiki* and Toshihiro Fujita*

Abstract - To realize the inherent safety based on ergonomics, we have been suggesting the use of pendant-type operating display device known as CC pendant. Depending on the application, operators require different layout of the control panels that actually interface with the operators. This made it difficult to achieve compatibility between the standardization of the pendant control panel and the supply of the optimum operating environment for individual applications. By adopting the new structure, we have developed a new operating display device with flexibility, usability, and standardization combined, which has been applied to robots, machine tools, transfer machines, and semiconductor manufacturing equipment. We present this report to show that ergonomic usability has been demonstrated.

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

1. はじめに

FA(Factory Automation)分野では、システム全体の生産性向上と同時に、人に対する安全性に配慮した環境を実現する重要性が認識されている。^[1-3] 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形操作表示器を提案してきた。^[4-11] 実際に人が操作する操作部は、アプリケーションにより操作者の求めるレイアウトが異なり、ペンダント操作部の標準化と個別の対応による最適な操作環境の提供の両立は難しかった。今回新構造を採用することで、柔軟性・使い易さ・標準化を併せ持った操作表示器を開発し、ロボット装置、工作機械装置、搬送装置、半導体・液晶製造装置に適用され、人間工学的な使い易さが実証されたので報告する。

2. 制御システムにおける安全性の向上

図1に示すようなさまざま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）などの非定常作業がその例である。このような非定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型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。^[4-11]

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日に出て

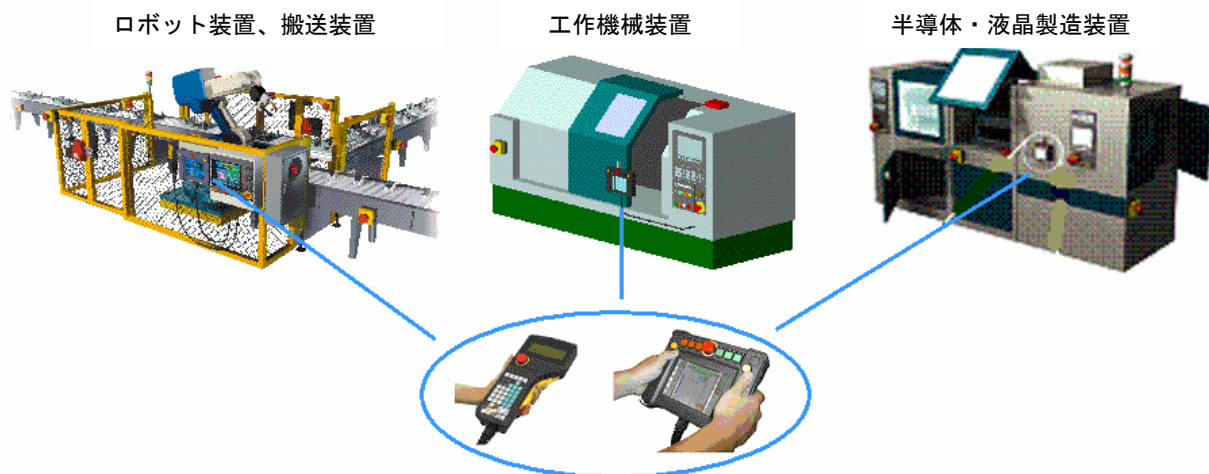


図1 自動化された生産システムでのペンダント使用の様子
Fig.1 Application of mobile pendants in automated production

*: 和泉電気株式会社

*: IDEC IZUMI Corporation

おり、個別の装置において、ロボット自動組み立てラインにおいては、ANSI/RIA R15.06、工作機械としてはIEC60204-1、半導体製造装置としては、SEMI S2-0200として対象となる国際規格が確立されており、特に、ISO 12100は非常に重要な位置づけにあり、機械安全の基本概念や設計のための一般原則が示されている。^[1-3,12-15]

このようにさまざまな機械装置において国際規格に整合する安全の実現が必要であり、従来はそれぞれの機械メーカーが個別にペンダントの開発を行っていた。しかし、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から、理想的なHMI操作環境が備わったペンダントが使用されているとは言い難い。そこで、この状況を解決するために、われわれは図2に示すようなフレキシブルな構成にて、さまざまな機械装置に適用できる構造を提案し、ペンダントの標準化による操作性の統一を通じてユーザビリティの向上が実現されつつある。^[4-11]

3. 標準化を実現するフレキシブルな製品構成

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、安全性の観点からのアプローチが必要となる。

(a)GUI(Graphical User Interface)はここでは液晶(LCD)画面とタッチスイッチを意味する。(b)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、メンブレンスイッチ、LEDインジケータ等を示す。(c)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

てアクチュエータを取り付ける安全スイッチなどを意味している。

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を主体に構成する形態に加えて、LCDなどのGUIを用いた情報端末としての形態が増加している。それに加えて、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、安全用インタフェースとしての Safety SUIなどをうまく組み合わせることが重要となってきた。^[4-11]

SUIの1つであるメンブレンスイッチ部は、表面のキーシートが脱着可能な構成を提供しており、機械装置の仕向け地域別に日本語、英語あるいは、中国語への交換や、機能ごとのキーシートの使い分け等を実現しており、ユーザビリティに優れている。

また、図1に示したさまざまな機械装置での使用を可能とし、最適なメンブレンスイッチのレイアウトは何行×何列で何個の構成であるべきなのか、また、同じキーシート上に配置されるLEDインジケータについても、同様にどのような構成であるべきなのかの考察が、理想的な操作環境や操作性の統一化を図る上で重要となる。

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、今までユーザー仕様にに基づき色々な形態のペンダントを開発しているが、数ある応用例の中からサンプリングした20件の事例について、表1に示すように用途別に(1)ロボット装置、(2)半導体・液晶製造装置、(3)搬送装置、(4)自動車製造ライン、(5)工作機械装置に分類した。

(a)GUIに関しては最近ではユーザビリティの観点から反

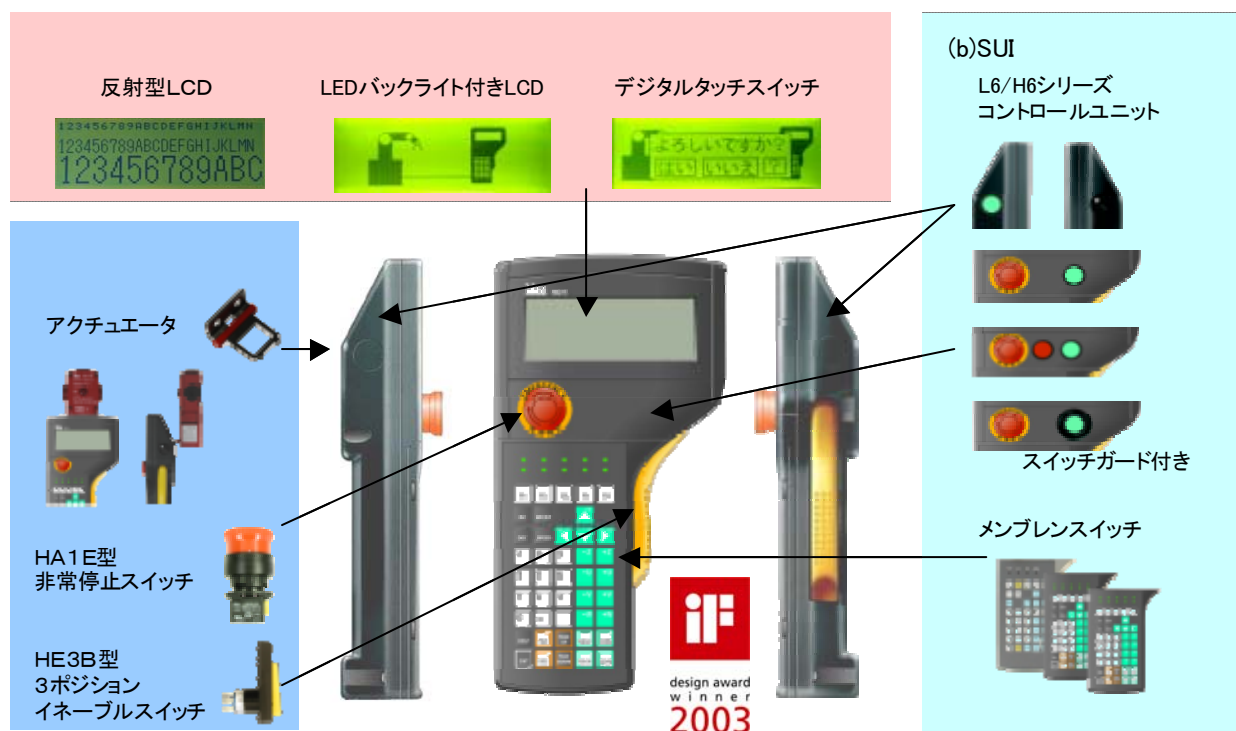


図2 フレキシブルな製品構成

Fig.2 Flexible specifications

表1 小型ペンダントのユーザーインターフェース使用形態の分析まとめ

Table.1 Analyzed results of various user interfaces in small pendant

応用分類	事例	(a)GUI			(b)SUI					(c)Safety SUI	
		反射型液晶	バックライト付液晶	タッチパネル	メンブレンスイッチ数	LEDインジケータ数	照光押しボタンスイッチ	セレクトスイッチ	その他 SUI	非常停止押しボタンスイッチ	3 ポジションイネーブルスイッチ
(1)ロボット装置などへの応用	1	●		－	45(9×5)	14(4×5)	●1 個	－	－	●	●
	2	●		－	40(9×5)	15(3×5)	－	－	－	●	●
	3	●		－	45(9×5)	15(3×5)	●2 個	●セクタ	－	●	●
	4	●		－	45(9×5)	15(3×5)	－	－	－	●	●
	5		●	－	43(9×5)	15(3×5)	●2 個	●セクタ	－	●	●
	6		●	●	37(8×5)	4(1×5)	－	－	－	●	●
	7		●	－	43(9×5)	15(3×5)	－	－	手動パルス発生器	●	●
	8		●	－	43(9×5)	15(3×5)	●2 個	●セクタ	－	●	●
(2)半導体・液晶製造装置及びラインなどへの応用	9		●	－	43(9×5)	15(3×5)	●1 個	●キースイッチ	－	●	●
	10		●	－	43(9×5)	15(3×5)	－	●セクタ	－	●	●
	11		●	－	33(7×5)	15(3×5)	－	●セクタ	－	●	●
	12		●	－	30(7×5)	10(2×5)	●1 個	－	－	●	●
	13	●		－	43(9×5)	15(3×5)	●2 個	●キースイッチ	－	●	●
	14		●	－	43(9×5)	15(3×5)	－	－	－	●	●
(3)搬送装置などへの応用	15		●	－	43(9×5)	5(1×5)	－	●キースイッチ	－	●	●
	16		●	－	43(9×5)	5(1×5)	－	－	－	●	●
	17		●	－	45(9×5)	15(3×5)	●1 個	●セクタ	－	●	●
	18	●		－	43(9×5)	15(3×5)	－	－	－	●	●
(4)自動車製造ラインへの応用	19		●	－	45(9×5)	7(2×5)	－	－	－	●	●
(5)工作機械装置への応用	20		●	－	43(9×5)	15(3×5)	●2 個	●セクタ	－	●	●
各ユーザーインターフェース使用比率		30%	70%	5%	100%	100%	40%	50%	5%	100%	100%

射型液晶よりもより明るく見やすいバックライト付液晶の採用が増えてきている。また、タッチスイッチの搭載比率が5%と低いが、その原因は、表示部が192×64ドットと比較的小さく、メインの操作部としてメンブレンスイッチが多数装備されている構成であることに起因しており、使用比率が少ないことは理解できる。

(b)SUIとしては、メンブレンスイッチとLEDインジケータはメインの操作部となり、100%の使用比率となっている。表中の(9×5)の記載は、9行5列のスイッチレイアウトで構成されていることを表現している。

また、図3に応用分類ごとに事例の中から8種類のメンブレンスイッチのキーシートレイアウトを参考に記載する。この考察として、以下3点を挙げることができる。

(1) ロボット装置においては、3列にてテンキー入力を構成し、後の2列で各操作軸方向での＋、－キーを構成し、操作軸数だけ複数行に渡って配置され、6軸なら6行分を構成している。このように、レイアウト上、5列は必須であり、6軸制御のペンダントとしては6行＋αとして8～9行の構成が望まれる。

(2) 半導体・液晶表示装置においては、比較的制御軸数も少ない為、シンプルな構成で実現されている。

(3) 搬送装置としても、3列にてテンキー入力を構成し、

後の2列で←、→、↑、↓の方向設定を構成している。

以上のことから、レイアウト構成としては5列9行で要求されるメンブレンスイッチを配置でき、概ね40個以上が使用されている。

LEDインジケータはメンブレンスイッチ上部に最大3行まで配置できる。照光押しボタンスイッチについても、40%の比率で搭載されている。確実な操作感や明確な視認性が必要とされる照光押しボタンスイッチにて機械の始動や停止を行う制御系スイッチと、情報入力系のメンブレンスイッチが共存する必要性が明らかになっている。

また、セレクトスイッチは、50%の使用比率である。装置の通常運転モードと装置の教示モードをセレクトスイッチにて切り替えて使用されている。その内、キースイッチにてキー管理者以外はモードを切り替えられないようにしている事例が3事例も含まれており、安全に対する考え方の強化が反映されており、興味深い結果である。

その他のSUIとして手動パルス発生器の搭載もロボットの位置決め用途には有効な機能である。

最後に、(c)Safety SUIについては、非常停止スイッチおよび3ポジションイネーブルスイッチとともに国際規格にてその必要性が求められており、100%の使用比率が示すように、すでにユーザでの安全性向上に対する意識の高いことが明



図3 さまざまなキーシートレイアウトの例

Fig.3 Example of various key sheet layout

確となった。

5. まとめ

ペンダントは、様々な機械の制御システムに広く使用されており、今回報告したような具体的な応用事例を分析することは、理想的な HMI 操作環境が何であるかを理解する上で重要である。

これらの実績を積み上げることで、より安全性と使い易さを追求したペンダントの開発を続け、ペンダントの標準化による操作性の統一を通じてユーザービリティの向上を実現したい。そして、人と機械の最適で安全な HMI 環境の創造に貢献するよう努力を続けていきたいと考えている。

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環境の安全性に対する最適化; 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] 福井秀利 他: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, 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 2001 論文集, p347-p350(2001).
- [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