

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

○米澤 浩、荻野 重人、石野 真一、中島 幸市、松本 敏晴、辻 義孝、藤田 俊弘
(和泉電気株式会社)

Improvement in teaching operation of robot by using mobile operational terminal

Hiroshi YONEZAWA, Shigeto OGINO, Shinichi ISHINO, Kouichi NAKAJIMA,

Toshiharu MATSUMOTO, Yoshitaka TSUJI, and Toshihiro FUJITA

IDEC IZUMI Corporation

e-mail: yonezawah@izm.idec.co.jp

Abstract: A teaching pendant is a primary device used for teaching the movements of an industrial robot. Accuracy and Safety are very important factors for operator in teaching operation of robot. We have already reported a new mobile operational terminal which consists of Solid User Interface (SUI) and Graphical User Interface (GUI) to improve the usability. In this paper, adaptation of such mobile operational terminal to teaching pendant is proposed to realize optimum Human Machine Interface environment.

1. はじめに

現在、製造業において自動化生産が行われている現場では、多種多様な動作機能を有する産業用ロボットが必ずといって良いほど使用されている。この先予想される技能労働者不足や労働時間の短縮等により、産業用ロボットに対する需要はなお一層増大する傾向にある。

Fig.1 にロボットを用いた制御システムの一例を示す。ロボットを用いて作業を行わせるためには、あらかじめロボットの行うべき動作、作業の内容をロボットに対して指示することが必要である。これをティーチング（教示）と呼び、通常オペレータがティーチングペンダントあるいはティーチングボックスと呼ばれる可搬形の操作装置によりロボットの動作を入力する。ティーチングされる内容は位置、姿勢、速度、作業指令、そして作業指令の実行順序などがあるが、これらは、通常ロボットの制御装置内に記憶され、これをプレイバックすることによりロボットの動作が実現され、作業が行われる。^{[1]～[10]}

我々は、人と機械が共存し互いに協調する HMI

(Human Machine Interface) 環境において、人に対する使いやすさを向上し、最適化を図ることを目的に色々なインタフェースの検討を進めている。^{[11]～[14]}

今回、モバイル形操作表示器をロボット操作のティーチングペンダントに適用するに際して、操作を行う上での確実性と安全性を向上することを目的に、オペレータにとっての使いやすさの観点から考察を行ったので報告する。

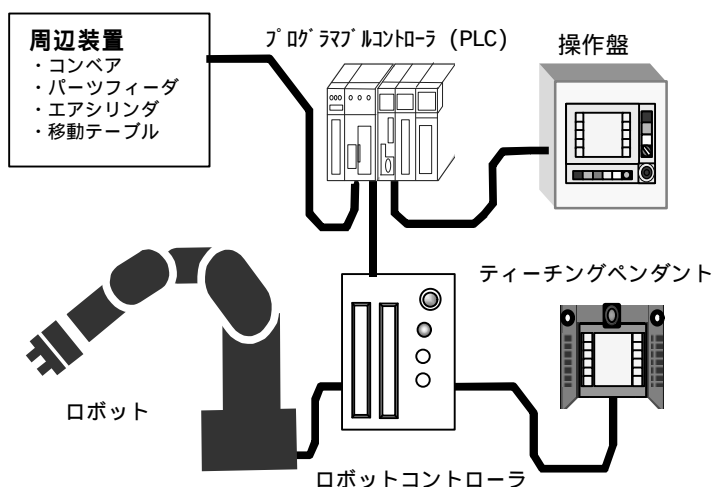


Fig.1 ロボットを用いた制御システムの例

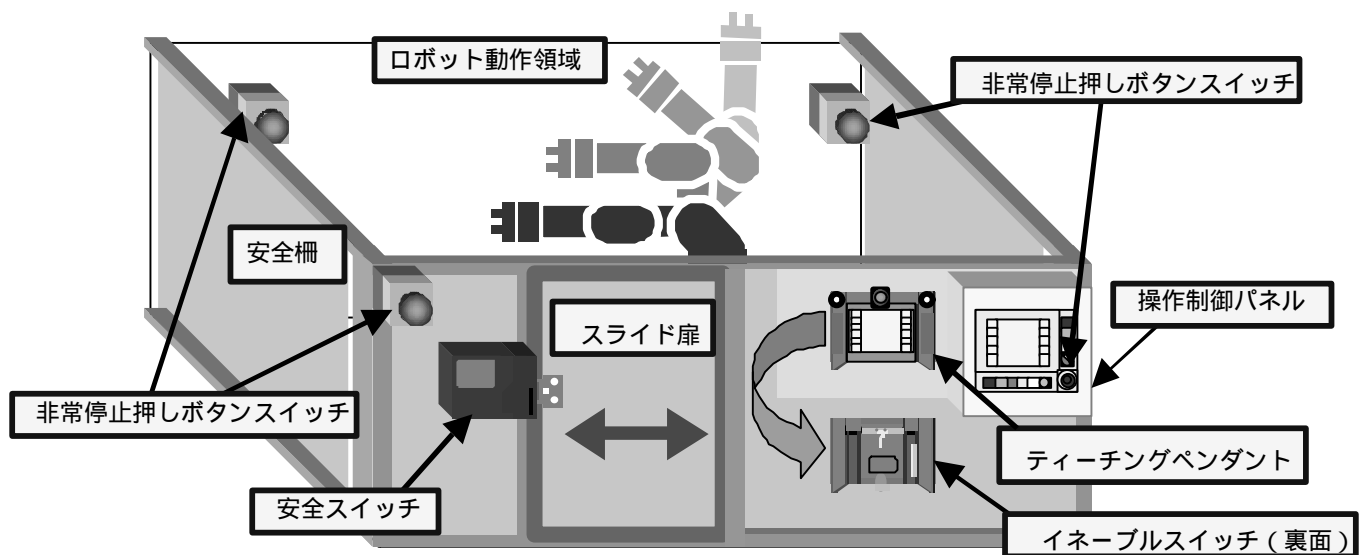


Fig. 2 ロボットを使用したHMI環境の代表的な配置モデル

2. ロボットの動作環境

Fig.2 にロボットを使用した HMI 環境の代表的な配置モデルを示す。Fig.1 にも示したように自動化生産を行うためには、各種の周辺装置がロボットとともにシステムとして配置されている。また使用される分野としてもハンドリング、組立、スポット溶接、アーク溶接、切断、塗布、塗装、仕上げ等があり、ほとんどの場合人に対する安全性を確保することが重要である。そのため、Fig.2 に示すような安全対策を目的とした装置が配置されている。

機械が故障したり、作業者がミスを行しても危害を及ぼさないシステムを構築しておくこと、すなわち、Failure to Safety (安全側故障) と呼ばれる基本原則が欧州からわが国にも拡がりつつあり、安全柵、非常停止押しボタンスイッチ、安全スイッチ等を配置することは必要不可欠となっている。[15] ~ [18]

ロボットへのティーチングはティーチングペンダントを持って安全柵の中に入り、ロボットに近づいた危険な状態で行わなければならないため、安全性や確実性を向上することは益々重要になってきている。[18]

3. モバイル形操作表示器の位置付け

Fig.3 にロボットのティーチングペンダントを含めた可搬形、すなわちモバイル形操作表示器の位置付

けを示す。[14]

従来のFAにおけるモバイル機器は、Fig.3(a)に示すようにいくつかの押しボタンスイッチを搭載したシンプルで堅牢なコントロールボックスであり、操作性・確実性を重視したSUI(Solid User Interface)を主体としたものである。[19]

通常ロボットのティーチングにはFig.3(b)に示すようなティーチングペンダントが用いられており、数行程度を表示するLCDを用いたメッセージディスプレイと非常に多くのメンブレンスイッチが組み合わされ配置されている。ティーチングペンダントの使いやすさを向上することは色々と試みられており、例えば安全性向上のための非常停止押しボタンスイッチの最適な配置の検討や、また誤操作を減ら

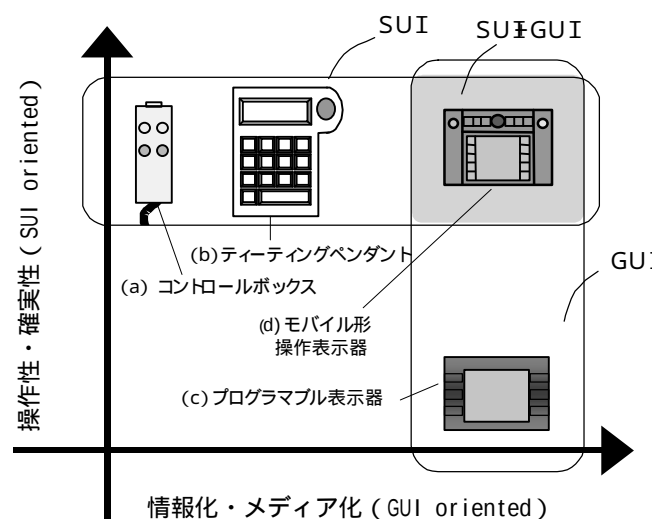


Fig.3 モバイル形操作表示器の位置付け

すためのボタン数の削減、スイッチの操作感の向上等が人間工学的にも重要である。[9][10]

Fig.3(c)に示すプログラマブル表示器は、LCDディスプレイ上にタッチスイッチを有する構造をもち、階層化したディスプレイ画面上に図形やメッセージなどを仮想的に配置するGUI(Graphical User Interface)であり、情報化に対しては非常に有効となる。しかし、従来のGUIで採用されるタッチスイッチではスイッチとしての操作感、すなわちクリック感を実現できず、操作性を重視する観点からは使いやすさをむしろ低下することになる。[20]～[23]

ティーチングペンダントでは、ティーチングポイントの確認やロボット言語の入力や変更等の編集を容易にするために、5～6inch程度のLCDディスプレイがすでに既に用いられている場合もあり、今後はタッチスイッチを用いるGUIの機能も非常に重要になってくると考えられる。[4]～[7]

我々はGUIの情報化機能とSUIの操作性を兼ね備えたSUI on GUIの機能を持つCCスイッチと呼称する新しい構造のスイッチを開発することにより、従来のGUIのフレキシビリティを有しながら操作性の欠点を解消し、SUIの機能としての確実性を実現している。[20]～[23]

そこでFig.3(d)に示すように、押しボタンスイッチ等の操作性に優れたSUIと、LCD中央部の情報化に対応するGUI、CCスイッチのSUI on GUI、また特に安全に配慮したSafety SUIを融合し、[SUI]+[GUI]+[SUI on GUI]+[Safety SUI]を配置した新しいモバイル形操作表示器はロボットのティーチングペンダントへの適用が有効と考えられる。[14]

以上のような新しい考え方のモバイル形操作表示器をCCペンダントと呼称しており、Fig.4.にその代表的なHG2R形のレイアウト例を示す。6inch相当のタッチスイッチ付きLCDディスプレイを有し、画面の両側に親指で操作できる位置にCCスイッチを搭載している。

GUIであるLCD画面はFig.5に示すような階層化画面を用いることにより、例えば機械の設定時や数値の変更時には各設定項目に対応したテンキーなどを表示させ、動作設定や変更設定をタッチスイッチにより行うことができる。また、画面上にメッセージ

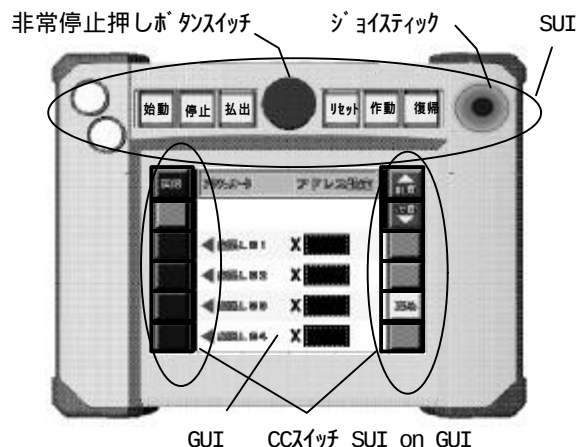


Fig. 4 CCペンダントのレイアウト例

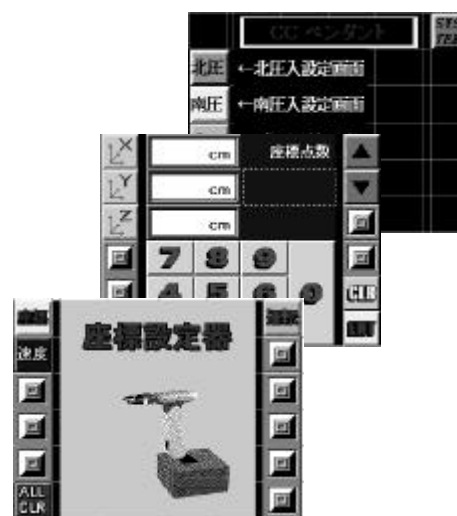


Fig. 5 CCペンダントの階層画面例

ガイダンスやヘルプ表示を行い、色々な操作を補助することも可能である。

またCCペンダント表面の上部にはSUIとして始動、停止等の押しボタンスイッチがフレキシブルに配置され、その中央にはSafety SUIとしての非常停止押しボタンスイッチを、また裏面に後述する3ポジションのイネーブルスイッチを配置している。[18]

4. モバイル形操作表示器の操作性

Fig.4に示すようにCCペンダントでは色々なスイッチが配置されているが、これらはロボットのティーチングペンダントとしての適用を考えた場合、それぞれに特長を有している。そこで、まず、各種のスイッチの動作特性について考察する。

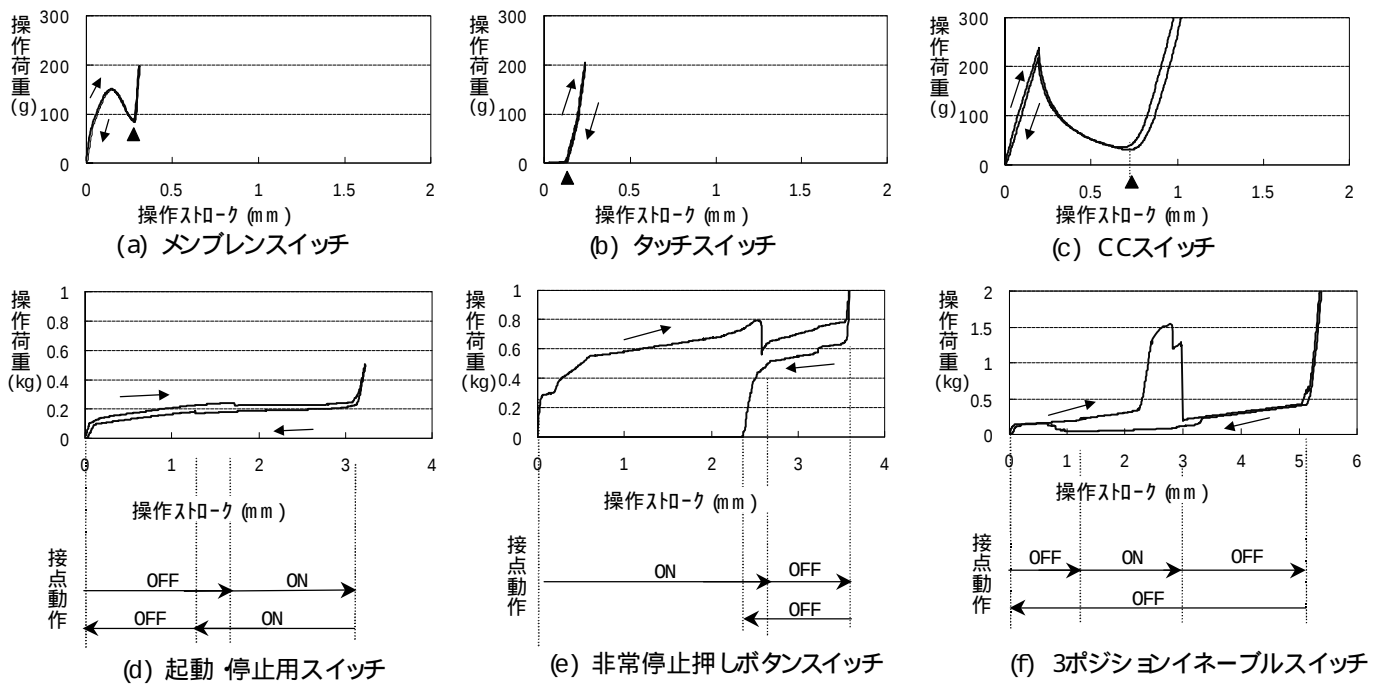


Fig. 6 各種押しボタンスイッチの動作特性

4. 1 各種スイッチの動作特性

Fig.6 に各種スイッチの動作特性を示す。^{[21][22]} 動作特性とは、オペレータがスイッチを押し込んだ時の操作荷重と操作ストローク、すなわちボタン表面部の移動長さを示している。Fig6 (a) は通常のティーチングペンダントに用いられているメンブレンスイッチ、(b) ~ (f) は Fig.4 で示した CC ペンダントに搭載されているスイッチの動作特性である。(b) は抵抗膜式タッチスイッチ、(c) は CC スイッチ、(d) は CC ペンダント上部に配置されている起動、停止等に用いるスイッチ、(e) は上部中央に配置されている非常停止押しボタンスイッチ、また (f) は CC ペンダント裏面に配置されている 3 ポジションのイネーブルスイッチの動作特性をそれぞれ示している。

Fig.6 (a) よりわかるようにメンブレンスイッチは、ストローク感が小さいもののスイッチを押し込んでいくと操作荷重が増加した後減少するためクリック感、すなわち操作感を感じることができる。それに対して Fig.6 (b) に示すタッチスイッチは基本的にタッチスイッチ表面に触れるだけで ON となるためなぞり押しができず、また誤操作も多い。またいくら押し込んでも単調に操作荷重が増加するだけであり操作感が得られない。

(c) に示す CC スイッチは、(b) のタッチスイッチの操作性の欠点を解決し、またメンブレンスイッチの固定化されたキーを可変とできる。^{[20] ~ [23]} (c) より明らかなように操作荷重の増加の後減少することによりクリック感を感じることができ、またなぞり操作も可能である。

(d) の起動、停止等に用いるスイッチは、マイクロスイッチが使用され、スナップアクションによる良好なクリック感を有している。(e)、(f) は特に安全に配慮したスイッチであり、(e) の非常停止押しボタンスイッチは強制乖離機構を有しており、(f) の 3 ポジションイネーブルスイッチは詳しく後述する。

これらのスイッチは動作特性により操作機能として共存し、モバイル形操作表示器においてうまく使い分けることができる。^[17]

4. 2 操作の確実性の向上

通常のメンブレンスイッチでは、ファンクションスイッチは、例えば F 1、F 2、F 3・・・のように記録されており、それぞれのファンクションに用途の割当を表示する場合は、スイッチの周囲に追加で印刷や彫刻を行うことが多い。また、ファンクションスイッチを用いない場合は、非常に多くのスイッチを配置しなければならない。

CCスイッチはLCD画面上での階層化したグラフィカルな表示を用いるため、わかりやすい可変のファンクションスイッチとして機能する。そのためトータル的にスイッチの数が減らせ、誤操作の防止にもつながると考えられる。^[23]

またCCスイッチは、本体を両手で保持した場合に左右の手の親指で操作しやすい位置に配置しており、指に感じる凸形状とスイッチの操作ストロークにより、機械の状態を目視しながら操作を行うことができ、いわゆるなぞり操作が可能である。

また操作の確実性には、CCスイッチに加えてSUIの搭載が非常に有効であり、Table.1にそれらの種類と動作や機能を示す。Fig.4にCCペンダントのスイッチレイアウト例を示したとおり、本体の上部にはパネルカットサイズがφ16mmの押しボタンスイッチ等のSUIが自由にレイアウトできる構造になっており、セレクトスイッチやキースwitch、LEDによる高輝度の照光式押しボタンスイッチが配置できる。右上部の親指で操作できる位置にティーチング作業に有効なジョイスティックなども搭載できる。このように、操作性・確実性の要求されるSUIの機能をフレキシブルに選択できることは人間工学的にも非常に重要である。^[14]

4.3 操作の安全性の向上

ロボットの動作環境において操作の安全性を確保することは重要であり、Table.1にもSafety SUIとして示している。ここでは特にFig.7に示すようにCCペンダントの裏面に搭載されている3ポジションのイネーブルスイッチについて説明する。^[18] イネーブルスイッチはFig.6(f)に示したように

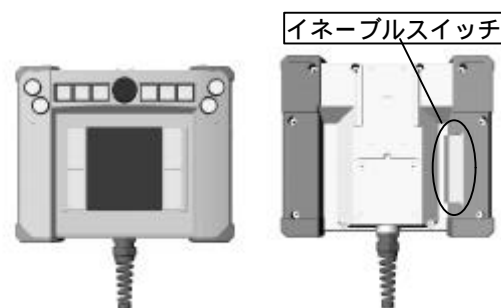


Fig.7 イネーブルスイッチの取付位置

OFF→ON→OFFの3ポジションのモードを持ち、最初のOFF→ONは荷重が軽く、次のモードに移行するのに急激な荷重の増加がありONを保持している実感があり、状態識別が容易である。通常動作では、このモードからのOFFとONを繰り返すことになるが、ロボットが暴走動作を行うような異常事態では、ONの状態から指を離すことができず逆に力が入って硬直しボタンを押し続ける場合もある。このような動作が行われた場合、2ポジション目からON→OFFの3ポジション目のモードに入り、指を離したのと同じ状態となり、安全を確保できる構造になっている。

Fig.7に示すようにイネーブルスイッチは本体裏面に自然にグリップする位置に搭載しており、操作性には次のような人間工学的な配慮がなされている。

- (1)長時間イネーブルスイッチを押しながら操作するため、指1本でなく数本の指で押すことができるようにボタン形状を長くする。
- (2)左手で本体を持つと自然にティーチング操作状態のONとなるように、また、非常時の押し込みのために力が入れやすいように握る感じで操作ができるデザインとする。
- (3)Failure to Safetyを確実にするためにイネーブルスイッチを2個内蔵し、万一片方が故障しても必ず機能するよう安全上の配慮をする。

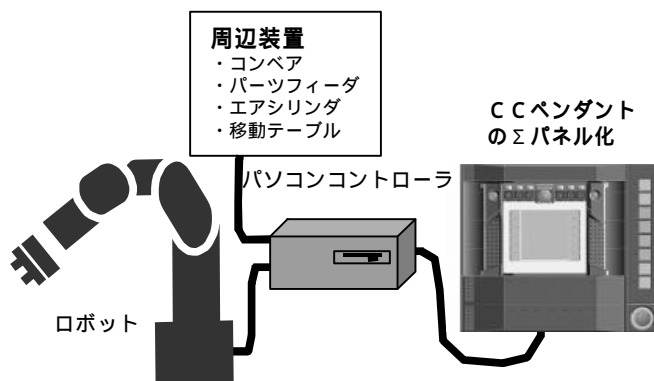
この3ポジション動作のイネーブルスイッチは、安全性を向上するためにロボットのティーチングペンダントには必要不可欠と考えられる。

5. 今後の展開

本稿でも検討したように、確実性や安全性等の向上には、GUIとSUIの共存関係が重要であり、その観点から我々は既にΣパネルという新しい考え方を

Table.1 SUIの種類と動作機能

	種 類	動 作 機 能
SUI	 セレクトスイッチ	回転動作により作動する
	 キースwitch	キーを用いて回転動作させる
	 ジョイスティック	レバーを360度回転させる
	 LED表示灯	LED発光により見やすい
Safety SUI	 非常停止スイッチ	非常時に回路を強制遮断する
	 イネーブルスイッチ	モバイル機器の安全性を向上する
	 安全スイッチ (インターロックスイッチ)	機械の安全柵などに使用する



提案している。[11]～[13] ΣパネルとはF Aで一般的に用いられている DIN 規格サイズに SUI や GUI を統一化したブロックとして構成し、必要とされる機能ブロックを自由に組み合わせる手法である。

Fig.1 で示すように現在のロボットを用いたシステムでは、ロボットコントローラとプログラマブルコントローラをそれぞれ使用し、操作盤とティーチングペンダントが個別に配置して使用される。今後はパソコンにNC制御ボードやソフトPLCを搭載することにより、ロボットコントローラとプログラマブルコントローラの統合化が可能となってくる。[7] その際、モバイル形操作表示器をΣパネルの一つのブロックとして使用すると Fig.8 に示すように設置型の操作盤として、またティーチングペンダントとして併用することも可能であると考えられる。[14]

6. おわりに

今回 GUI と SUI を組み合わせたモバイル形操作表示器のロボットティーチングペンダントへの適用に関して、操作性の向上について考察を行った。人に対する安全性を確保することは極めて重要であり、今後も引き続き人と機械の最適なHMI環境の構築に取り組んでいく所存である。

参考文献

[1] ロボット・ハンドブック、(社)日本ロボット工業会(1995)
 [2] ロボット工学ハンドブック、日本ロボット学会編、コロナ社(1990)
 [3] 淵上正朗：ロボットを導入した生産システム、日刊工業新聞社(1994)
 [4] 尾上一彦、中土宣明：新型ロボットコントローラ、オートメーション、Vol.41, No.10, pp.56-58(1996)
 [5] 井上康之、高岡佳市：産業用ロボットにおけるティーチング方式、日本ロボット学会誌、Vol.14, No.6, pp.780-783(1996)

[6] 原島正訓：汎用ティーチングボックスの開発 産業用装置向け手元操作ユニット「ハンディターミナル UT6」、ファクトリ・オートメーション、Vol.14, No.3, pp.39-43(1996)
 [7] 小山俊彦：ロボットシステムのオープン化 分散型オープンロボットコントローラ NetwoRC、ロボット、No.121, pp29-33(1998)
 [8] Emma C. Morley: "Teach pebdants: how are they for you?", Industrial Robot, vol.22, No.4, pp.18-22(1995)
 [9] George J. Levosinski: "Tech control pendant for robot", Technical paper for Society of Manufacturing Engineers, MS84-944(1984)
 [10] James W. Collins: "Expreimental evaluation of emergency stop buttons on hand-held teach pendants", Proceedings of the Human Factors Society, voi.33, pp.951-955(1989)
 [11] 藤田 俊弘：「新しい時代のHMI操作表示環境 ～標準化・オープンネット・省・安全への対応～」、日本電気制御機器工業会システムコントロールフェア'97技術講演会 配付資料(1997)
 [12] 中井 龍暢 他：「GUIとSUIの融合による新しいHMI操作表示環境の構築」、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、pp.493-498(1998)
 [13] 中井 龍暢 他：「HMI操作表示環境における最適なシステム化手法の提案」、(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)
 [14] 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・シンポジウム論文集、pp.295-300(1998)
 [15] 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、pp.3-43(1996)
 [16] 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講演概要集、pp.22-29(1997)
 [17] 関野芳雄、"EN/IEC規格と安全機器"、IDEC REVIEW 1996, p10-p18、和泉電気株式会社(1996)
 [18] 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、pp.659-664(1998)
 [19] 坂村健「トロンヒューマンインターフェイス標準ハンドブック」社団法人トロン協会、トロン電子機器HMI研究会、パーソナルメディア(1996)
 [20] 長谷川 浩正 他：「クリック操作機構を有するマルチメディア指向操作・表示端末の開発」、計測自動制御学会ヒューマン・インタフェース部会、第12回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集、pp.447-482(1996)
 [21] 三輪 高仁 他：「操作表示器におけるCCスイッチの操作感の検討」、(社)計測自動制御学会ヒューマン・インタフェース部会、1997年第13回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集、pp.293-298(1997)
 [22] M. Mamiya et al., "A New Way to Overcome the Uneasy Operation of Touch-Sensitive Displays by Incorporating "Click" Mechanism CC Switch", Proceedings of the 7th Conference on Human-Computer Interaction, (HCI '97), San Francisco, California, USA, Vol.1, pp.619-622(1997)
 [23] 錦 朋範 他：「TV放送局スタジオでのCCスイッチ導入による操作性の向上」、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、pp.55-60(1998)