

モバイル形操作表示器による F A 環境の安全に対する最適化

中島 幸市^{*1}、清水 隆義^{*1}、松本 敏晴^{*1}、
荻野 重人^{*1}、米澤 浩^{*1}、平野 徹^{*1}、藤田 俊弘^{*1}

Optimization to Safety of FA environment by Mobile Operational Terminal

Koichi Nakajima^{*1}, Takayoshi Shimizu^{*1}, Toshiharu Matsumoto^{*1},
Shigeto Ogino^{*1}, Hiroshi Yonezawa^{*1}, Tooru Hirano^{*1}, Toshihiro Fujita^{*1}

Abstract - For control-display equipment, particularly programmable displays, used in the HMI (human-machine interface) environment for the FA (factory automation), recent trend is to replace conventional stationary equipment with mobile terminals that can be carried with the operator in order to create more comfortable environments for operation. We have proposed a new HMI control environment for mobile operational terminal, and have developed a new mobile operation terminal to improve usability and safety in combination with Solid User Interface (SUI), Graphical User Interface (GUI) and SUI on GUI. In this paper improvements in real applications on usability and safety by implementing mobile operation terminal is reported.

Keywords: GUI , SUI , SUI on GUI , Safety SUI and Mobile operational terminal

1. はじめに

F A (Factory Automation) 分野において、人と機械が共存し互いに協調する H M I (Human Machine Interface) 環境の最適化は最も重要な課題のひとつであり、特に LCD ディスプレイ上にタッチスイッチを有する操作表示器では、従来のパネル埋め込み形から自由に持ち運び可能なモバイル形の端末機器に展開を図り、よりオペレータにとって快適かつ安全な操作環境をつくる流れが高まっている。

これまでにわれわれは、図 1 に示す GUI (Graphical User Interface) と SUI (Solid User Interface) の共存関係、さらには SUI on GUI による操作性の向上や、Safety SUI による安全性の向上など、さまざまなタイプの H M I 操作表示環境に対して各種検討を重ねてきた。^[1-7] そして、モバイル形の操作表示器における使いやすさの向上に関しても同様に考察を行い、図 2 に示すような、小型制御パネルそのものをモバイル化した新しいコンセプトにもとづく操作表示器を開発した。^{[8],[9]}

また昨今、あらゆる分野において安全に対する意識が高まっているが、当然 F A 分野においてもそれは例外ではない。現在、安全に対しての検討が進められている国際標準規格 ISO/CD (International Organization for Standardization) 12100^[10-13] があるが、このなかで、人間工学および機器性能の観点から安全に関する項目が挙げられている。ここでもモバイル形操作機器がオペレータの安全性を向上させ、身体的および精神的障害を回避す

るために考慮すべき重要な方式であると述べられている。このような背景からこのモバイル形操作表示器は、F A 分野における工作機械やロボットおよび半導体製造装置などの機械の操作表示器として導入されつつある。

今回はモバイル形操作表示器が実際に導入された事例をいくつか取り上げて、機械の操作環境と操作表示器の使用状況を説明しながら、われわれの開発したモバイル形操作表示器が、安全性および信頼性を含めたユーザビリティの向上にいかに関与しているかを報告する。

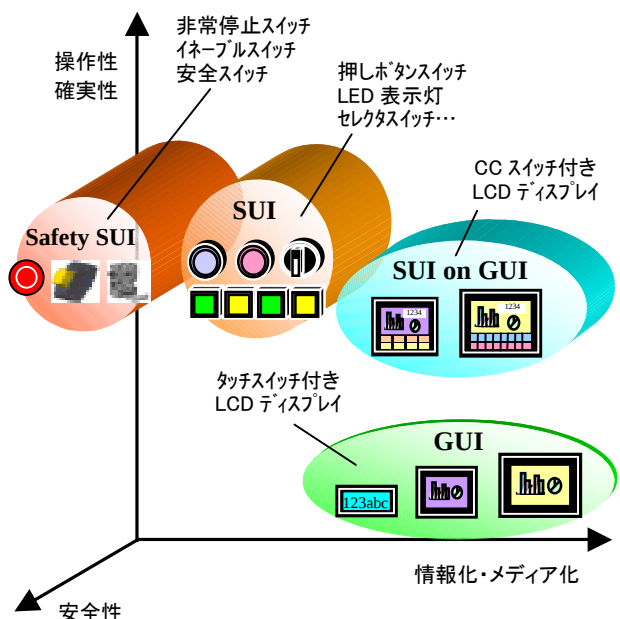


図 1 H M I 操作表示方式の位置付け

Fig.1 Position of classified HMI operational display method.

^{*1}: 和泉電気株式会社
^{*1}: IDEC IZUMI CORPOLATION

(a) 小型制御盤パネル (b) モバイル形操作表示器

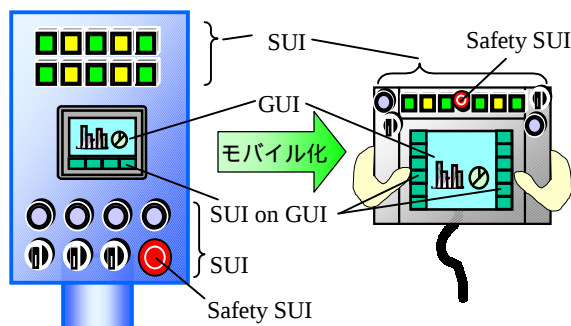


図2 小型制御パネルのモバイル化
Fig.2 Transformation of small control panel to mobile operational terminal.

2. モバイル形操作表示器の必要性

この10年来、操作パネルの一部を操作表示器に置き換え、盤面のインテリジェント化やパネル設計の簡素化がなされてきた。このような中でさらに複雑な操作パネルの機能を一つに集約して、必要なときに必要な場所で使用できるモバイル形の操作表示器の要望が高まってきている。

例えば、操作表示器を機械の初期設定のみに用いる様な使い方が比較的多い。このような場合、操作表示器を機械ごとに取り付けるよりも、図3(a)のようにモバイル形操作表示器が必要なときに接続して使用するほうが、明らかに利便性が高いことが判る。

また、モバイル形操作表示器を用いると、図3(b)に示すようにオペレータは操作対象となる機械との物理的距離を自ら選択でき、機械の状態が最も正確に確認できる

ところへ近づいて操作することが可能になる。

次にロボット制御の分野では、以前よりロボットの行うべき動作や作業をあらかじめ教示入力するモバイル形のティーチングペンダントがある。ティーチング用途のペンダントは、ロボットの高性能化により複雑な設定が必要とされ、図3(c)のように多数のメンブレンスイッチを搭載することで機器が大型化する傾向にあり、それ以上の機能を追加することは不可能になりつつある。そこで、ティーチング用途に対してもモバイル形操作表示器を用いることにより、メンブレンスイッチを液晶画面へ切り替え、わかりやすい表示画面で、かつペンダントを小型化しオペレータに与えるストレスを低減することができる。

最近では機器の安全性や信頼性の目安として、前述したISOやIEC(International Electrotechnical Commission)などの国際規格に準拠する気運が高まっているが、IEC60204-1(産業用機械設備の電気機器)^[14]においては可能な限り機器に接近して操作制御する必要を謳っている。例えば機械の操作端末に図3(d)に示すような可搬式の操作表示器を用いることで、機器に接近して操作ができる。同様にモバイル形操作表示器を使用することで設備の上記規格への対応が可能となり、その重要性はさらに増してくる。

しかしその一方、機械に接近すると必然的に危険が伴うことになる。そこで、4.3項にて詳しく述べるイネーブルスイッチ^[15]や非常停止スイッチなどのSafety SUIにより機械の始動および停止操作を制御することで、可能な限り安全性を確保できるよう考慮することも必要となってくる。

このような背景から、新しく開発したモバイル形操作表示器は次に述べるような配慮がなされている。

3. モバイル形操作表示器の構造と特長

われわれが開発したモバイル形操作表示器を図4に示す。このモバイル形操作表示器をHG2R形CCペンダントと呼称しており、以下の構造と特長を有している。

本体中央には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CCスイッチを搭載している。また本体の上部には押しボタンスイッチやセレクトスイッチ、ジョイスティック、LED表示灯などの多くのSUIがユーザの使用目的に応じて自由にレイアウトできる構造になっている。そしてSafety SUIとして中央上部に非常停止スイッチ、本体裏面には3ポジションのイネーブルスイッチを配置している。

GUIであるタッチスイッチ付LCDディスプレイは、情報化機能を持ち、階層化画面を用いることで、例えば機械の動作設定や数値設定の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。

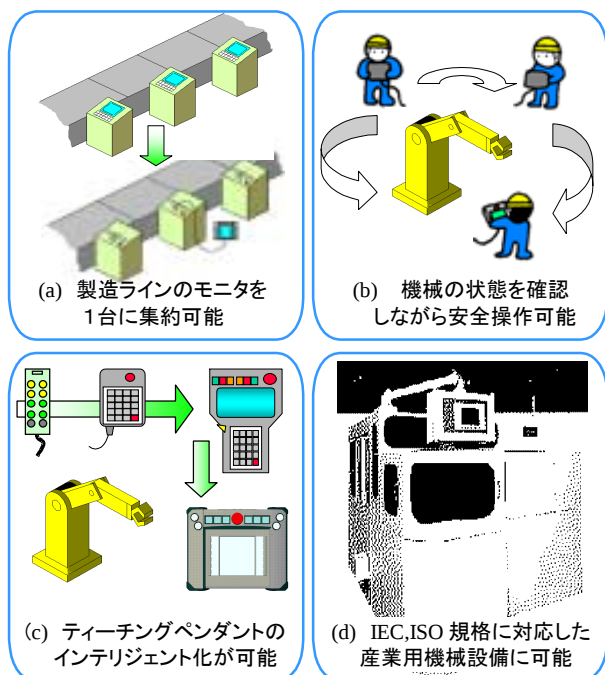


図3 モバイル形操作表示器の必要性
Fig.3 Necessity of Mobile operational terminal.

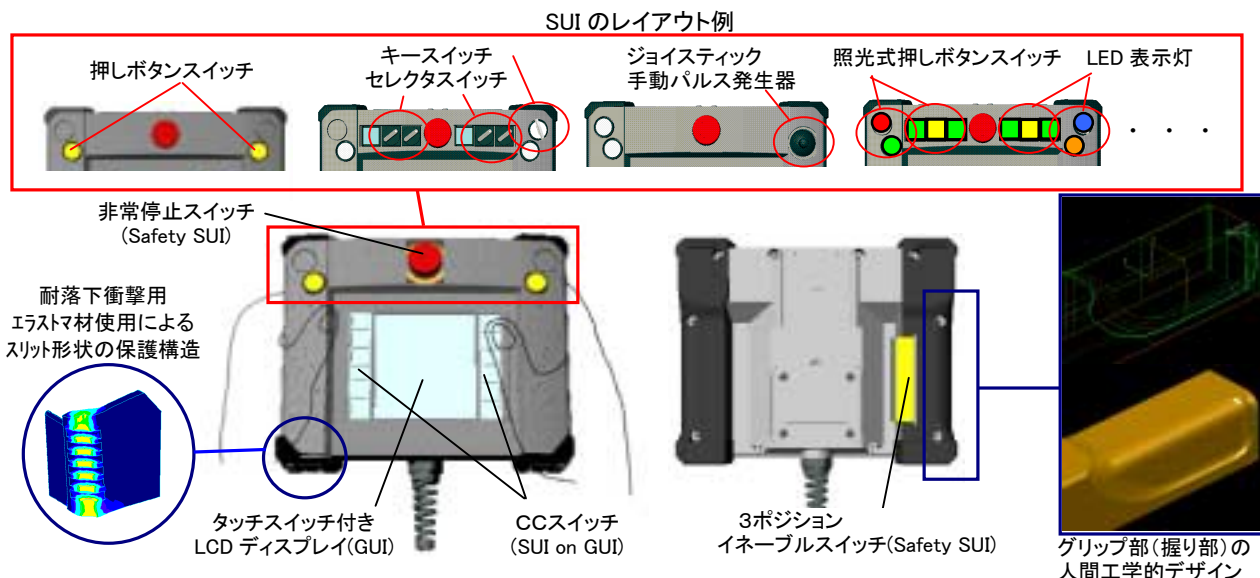


図4 モバイル形操作表示器 HG 2 R 形 C C ペンダント
Fig.4 Mobile operational terminal Type HG2R CC pendant.

SUI on GUI の C C スイッチは、LCD 表示によるグラフィカルな階層化が可能でありながら、しかも従来のスイッチのクリック感を有しており、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。^[4-7]

SUI である押しボタンスイッチは機械の始動や停止など確実な動作が求められる場合に使用され、操作性による安心感を得ることができる。また LED 表示灯の配置により、操作の状態を認識しやすくなる。

そして Safety SUI の非常停止スイッチと、3 ポジション動作のイネーブルスイッチは、人間工学を考慮したスイッチであり、いかなる状況でも作業者の安全を確保し、危険を低減できるよう配慮したものである。

また可搬用途の機器であるため、落下に対する機器の保護を目的として、本体周囲に衝撃吸収用の柔軟なエラストマ材を使用し、本体にかかる応力を吸収して緩和するスリット構造を採用している。さらにグリップ部のハウジング形状は操作者への肉体的および精神的ストレスを軽減するように配慮したデザインを取り入れている。

これらの構造と特長は ISO/CD12100^[13] にて「手持ち機械は人間の動作努力および移動特性に適応させること。さらに、人間の手、腕、脚、人体各部にも適応させること。」と定義されており、本装置においては十分に考慮されている。

次に、実際にモバイル形操作表示器が導入された事例をもとに、操作性および安全性の向上についていかに役立てられているか述べる。

4. モバイル形操作表示器導入による操作性、安全性の向上

4.1 単能旋盤機への導入

モバイル形操作表示器が、単能旋盤機と呼ばれる工作機械の操作端末として導入された様子を図 5 に示す。

従来の装置では、操作端末にパネル埋め込み形の操作表示器や、SUI などを盤面に設置していた。このため操作端末に関わる制御回路部は大型化し、複雑な操作が必要となっていた。

今回、モバイル形操作表示器を用いることで、従来までの装置に設置されていた操作部を考慮することなく、装置全体の設計をすることが可能となり、装置の小型化に貢献できた。

モバイル形操作表示器は通常、動作のモニタ用として図 5 で示すように装置前面に固定されているが、機械の設定時とメンテナンス時は装置から取り外され、機械の状態が最も良く判るところへ近づいて容易に操作を行うことができるようになった。また、稼働中の機械の動作モニタを GUI 部で表示するとともに、その上部に配置した非常停止スイッチなどの Safety SUI が、たとえ機械が危険な状態に陥っても、作業者の安全を確保するように配慮されている。



図5 単能旋盤機への導入例
Fig.5 An introduction example to Simple lathe machine.

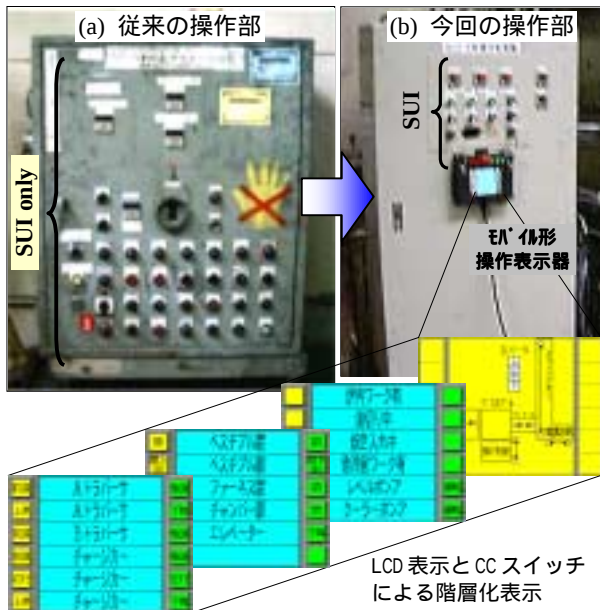


図 6 熱処理システム操作部への導入例
Fig.6 An introduction example to Heat process system.

このようにモバイル形操作表示器の導入により、操作性、安全性が向上している。

4.2 熱処理システムへの導入

モバイル形操作表示器が、熱処理システムの操作部に導入された様子を図 6 に示す。図 6 (a) が従来の操作部であり、図 6 (b) が今回の操作部である。

従来の操作部は、固定の操作盤にカウンタやスイッチ、表示灯などの SUI が、限られた設置面積に多数配置されていたため、操作性や拡張性を阻害する一因となっていた。

これに対し、従来の操作部の一部をモバイル形操作表示器の GUI と SUI on GUI である CC スイッチで、4 つの階層化画面に集約したため図 6 (b) で示すように操作盤面の簡素化が図れ、操作性が向上している。なお運転や停止など確実な操作が求められるスイッチは従来通り固定の操作盤面に、手元での確実な操作が必要なスイッチ類はモバイル形操作表示器上部に、それぞれ配置することで確実かつ安全に操作できる。

またシステムの変更が必要な際も操作表示器のソフトウェアの書き換えのみで自由に変更することができるので、拡張性も向上する。

このように固定の操作盤とモバイル形操作表示器を組み合わせることで、SUI と GUI の特長を生かした操作環境をつくることができた。

4.3 ガントリーローダへの導入

モバイル形操作表示器がガントリーローダの操作端末として導入された様子を図 7 に示す。ガントリーローダとはレール上に取り付けられたアームロボットが部品をつかみ最大 30 m 先の場所へ高速で搬送するシステムである。

ローダが自動運転中のときは、モバイル形操作表示器は固定の操作制御盤に取り付けられ、動作のモニタ用として使用される。一方、動作を設定するいわゆるティーチング時には、モバイル形操作表示器を手にとりローダに近づいて状態を目視確認しながら設定を行うことになる。

ティーチング作業は装置の状態を間近に見ながら行われる作業であるため、操作の簡単さ、確実さ、作業者の安全確保が重要なポイントとなる。

とくにローダにおけるティーチングは、速度および位置（座標系）の数値入力と起動および停止操作が頻繁に繰り返し行われる作業である。

従って、速度と位置などの数値設定は、数値入力のテンキーを CC スイッチに割り付け、正確で確実な操作が求められるローダの起動や停止などは、モバイル形操作表示器上部の SUI に割り当てて行う。

図 8 (a) に示すように、テンキーを CC スイッチに割り付けることにより、本体を両手で保持して、ボタン部の位置を指先で認識しながら、親指でのなぞり操作で数値入力ができ、また入力した数値を GUI によりわかりやすく表示する。これらにより、作業者に負担を与えず迅速に操作を行うことができる。

次に図 8 (b) に示すように、ローダの起動と停止は、セレクトブッシュスイッチと押しボタンスイッチに割り付けることにより、CC スイッチと同様、本体を両手で保持しながら、指先でセレクトブッシュの回転操作やブッシュ操作が可能になる。作業者はローダの状態を目視しながら、確実に効率よく操作を行うことができる。

ここでの上記 SUI による実際のローダの動作は、3 ボジションのイネーブルスイッチを ON にしたときのみ可能とさせ、OFF にしたときは停止させる。これは作業者が機械に近づく危険な状態でティーチングを行うため、操作ミスなどによるローダの予期せぬ動作に対して、ロ

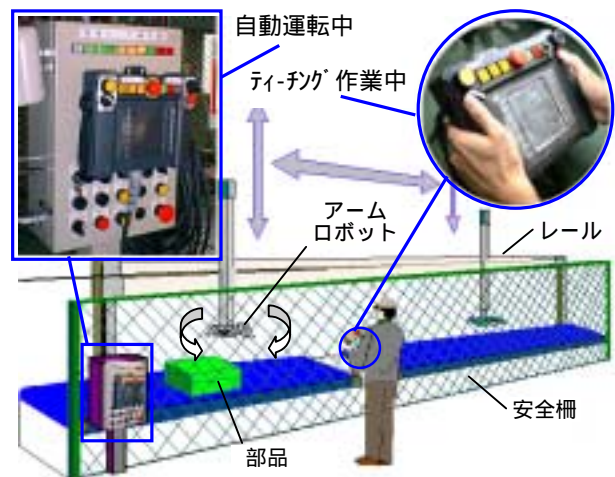
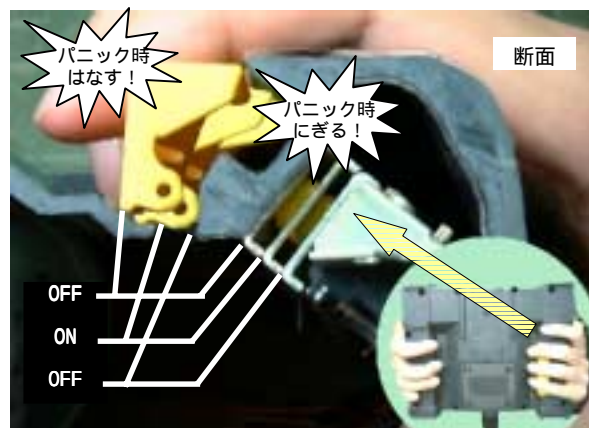


図 7 ガントリーローダへの導入例
Fig.7 An introduction example to Gantry loader.



(a) CCスイッチのテンキーによる座標系入力



(c) 3ポジションイネーブルスイッチの動作



(b) 各種 SUI によるローダの実動作

図 8 操作性、安全性を向上させたティーチング作業
Fig.8 Usability and Safety improved Teaching operation.

ータを停止させるという非常停止手段としての役割を示す。

このイネーブルスイッチは OFF→ON→OFF の 3 ポジションのモードを持ち、図 8 (c) で示すように手をスイッチから離すと OFF、軽く押すと ON、さらに強く押すと OFF となる。これは人間工学的な研究から非常時に人はスイッチのボタンを離す場合と、逆に体が硬直して強く押し続ける場合があるため、離す、押すのどちらの状態に陥ってもスイッチは OFF となり、いかなる状況でも安全を確保できる構造になっている。またイネーブルスイッチは図 8 (c) で示すように、本体を両手で持ったときに裏面の自然にグリップする位置に搭載しており、左手で本体を保持しつつ、常にスイッチに触れながら表面の SUI を操作する使い方になるよう、操作性には人間工学的な配慮もなされている。

このようにモバイル形操作表示器をティーチングペンダントとして導入することにより、操作性および安全性を向上させたティーチング作業が可能となった。

5. まとめ

以上、モバイル形操作表示器が実際に導入された事例を元にその操作性および安全性の向上について述べてきた。

本文にて取り上げてきた国際安全規格 ISO/CD12100^[13] において「機械設計時における人間工学の遵守は、作業者のストレスや肉体的努力の低減により安全性は増し、さらに運転の操作性やその信頼性の向上につながる」ので結果的に機械使用の全過程における誤動作発生の確率を低減できる」と定義している項目がある。前項で述べた 3 つの事例をみても、人間工学にもとづき開発した本モバイル形操作表示器は、人と機械のインタフェースとしての操作性と信頼性を向上させ、さらには機器の安全の強化に役立てられており、この定義にて述べられていることを実証したものである。

従って SUI と GUI を融合し、さらに SUI on GUI、Safety SUI をもってモバイル化した操作表示器はユーザビリティに優れており、今回紹介した事例以外にも、表 1 に示すように多くの導入事例がある。その採用理由としては、

表 1 モバイル形操作表示器の導入例
Table 1. Introduction examples of Mobile operation terminal.

使用分野	制御用途
ロボット	汎用ロボット、ハンドリング、成形機取り出し、高速ローダ、搬送機、各種組立、溶接、……
工作機械	旋盤、レーザー加工機、熱処理、CNC、プレス機械、成形機、ベンディング、パンチング、…
半導体製造装置	チップマウンタ、モールドイング、液晶洗浄装置、半導体洗浄装置、ロジックテスター半導体チャンバー装置、……
その他	立体駐車場、自動出荷倉庫、光学レンズ洗浄装置、移動台車用操作端末、舞台機構制御装置、…

CCスイッチの確実な操作性

3ポジションイネーブルスイッチによる安全性向上
SUIの組み合わせによる機能性の最適化

などが最も多く挙げられ、操作性と安全性の向上に役立てられている。

特に のイネーブルスイッチについてはロボット業界では必須であり、また国際規格のISO11161（産業用自動化システムの安全性）^[16]では既に3ポジション動作のイネーブルスイッチが規定されており、その重要性も認められている。

今後ともわれわれは、人と機械のHMI操作環境について研究を行い、また実際に使用するユーザの意見や要望を十分に吟味して、より安全で快適な操作環境を創造していく所存である。

謝辞

本開発、原稿を執筆するにあたり、資料の提供にご協力頂きましたメーカーの方々、また多大な助言を頂きました和泉電気㈱の関係者の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 藤田：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 技術講演会配布資料(1997).
- [2] 坂村：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).
- [3] 中井、関野、笠間、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)
- [4] 長谷川、関野、川上、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)
- [5] 三輪、稲田、岡本、他：操作表示器におけるCCスイッチの操

作感の検討、計測自動制御学会ヒューマン・インタフェース部会、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)

- [6] M. Mamiya et al. : "A New Way to Overcome the Uneasy Opretion of Touch-Sensitive Displays by Incorporating "Click" Mechanism CC Switch", Proceedings of the 7th Conference on Human-Computer Interactin, (HCI '97), San Francisco, California, USA, August 24-29, Vol. 1, pp.619-622 (1997)
- [7] 上家：スイッチ操作感を有する FPD～安全・確実な人に優しいHMI操作表示環境を提供；電子技術7月号、日刊工業新聞社、Vol.40, No.9, pp.68-72 (1998)
- [8] 荻野、石野、中島、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)
- [9] 米澤、荻野、石野、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)
- [10] 向殿：ISO「機械安全」国際規格、日刊工業新聞社、(1999)
- [11] 蓬原、糸川：安全への新たなアプローチ、安全技術応用研究会編 (1999)
- [12] 杉本：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（特別講演会）講演概要集、pp22-29 (1997)
- [13] ISO12100「機械類の安全性 - 国際規格の現状」セミナー資料：（平成10年6月15日、主催：(社)日本機械工業連合会） pp.6-18
- [14] EN60204-1:Electrical equipment of industrial machines – Part 1、General requirements (1992)
- [15] 福井、上野、松本、他：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)
- [16] ISO11161:Industrial automation systems - Safety of integrated manufacturing systems - Basic requirements (1994)