

操作表示器へのＣＣスイッチ導入による 安全性向上についての検討

前田 淳志^{*1} 増田 まつみ^{*1} 宮本 尚孝^{*1}
奥田 玲子^{*1} 塩路 高正^{*1} 藤田 俊弘^{*1}

Consideration of Safety Improvement by Implementing CC Switch to Operational Displays

Atsushi Maeda^{*1}, Matsumi Masuda^{*1}, Takayuki Miyamoto^{*1},
Reiko Okuda^{*1}, Takamasa Shioji^{*1} and Toshihiro Fujita^{*1}

Abstract - In HMI (Human Machine Interface) environment, the need for conveying complex and sophisticated information is ever increasing. To make sure the easy transfer of such information, operational displays using FPDs (Flat Panel Displays) are widely used with touch screen incorporated on the display surface. The primary feature of the operational displays is the flexibility in display and operator layout using GUI (Graphical User Interface). Touch screens used on GUI displays lack tactile feedback and tend to cause mis-operation. To solve this problem, we have developed CC switch consisting of mechanical transparent buttons placed on the touch screen and reported the advantages of CC switch previously.^[1-4] In this paper we discuss the effects of CC switch from the viewpoint of “safety” and verify the increased safety based on actual applications.

Keywords: HMI, CC switch, ISO12100, Safety, operational display

1. はじめに

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、複雑化かつ高度化していく情報を人にわかりやすく伝えられる機器として、LCD (Liquid Crystal Display) に代表される FPD (Flat Panel Display) の画面上にタッチスイッチを組み込んだ操作表示器が広く普及しつつある。このような操作表示器の最大の特長は、GUI (Graphical User Interface) による自由な表示、および操作レイアウトが可能なことである。しかしながら、操作性の面ではタッチスイッチを使用しているため、その特性上、操作感に乏しく誤操作などの問題がある。

この問題を解決するべく、われわれは操作表示器の画面上に搭載する、タッチスイッチと透明で薄型のメカニカルボタンを組み合わせたＣＣスイッチと呼称する操作機構を開発し、操作における優位性について既に報告してきた。^[1-4]

このＣＣスイッチを搭載した操作表示器は、半導体製造装置を始め、自動車製造ライン、食品製造機械、そして放送通信システムなど数多くのシステムにおいて導入されている。この中には、その使用形態において作業者の機械に対する操作の確実性を確保すること、延いては

作業そのものの安全性を確保することが重要であるアプリケーションも非常に多く含まれている。例えば、ロボットティーチング操作盤、プレス機械操作盤、溶接ライン操作盤、プラスチック成型機操作盤などの応用においては、直接的に人の安全に関わるため、操作の安全性に対する評価は非常に重要である。

本稿では、近年その意識が高まりつつある「安全性」という観点から、ＣＣスイッチと従来のタッチスイッチとを比較し、その効果について検討を行う。併せて、部品製造工場への導入事例に基づき、作業の安全性向上を検証する。

2. 人間工学の遵守による安全性向上

近年、世界的に安全性を向上することへの意識は高まってきており、安全に関する指針を提供する規格の制定も進みつつある。国際規格を見てみると、機能的安全を包括する EN292 (安全に関する E U 規格) を基にして、新規規格「ISO12100」を制定すべく、ISO の技術委員会が ISO/TR (テクニカルレポート) 12100 をまとめている。日本工業規格においても、このテクニカルレポートを翻訳し、技術的内容などを変更することなく、その原案が作成されている。これらの規格の主目的は「設計者、製造者、その他の者が、目的用途に対して安全な機械を製造できるようにするための全体的な枠組みと案内指針を提供することにある」と日本工業規格 (原案) 序文で謳

^{*1}: 和泉電気株式会社

^{*1}: IDEC IZUMI Corporation

われている。^[5]

ここでは設計によるリスク低減の処置方法の一つとして挙げられている、人間工学原則の遵守について考える。

ISO/TC159/SC1/WG1 では「人間工学は健康、安全、福祉、作業成果の改善を求めて作業システム、製品、環境を人間の身体・精神的可能性と限界に整合させるため人間諸科学の知識を生成・統合する」と提案されている。機械設計時に、このような人間工学原則を遵守することは作業者の精神的ストレスや肉体的努力を低減することになり、作業の安全性を増すことにつながる。さらには、各種機械運転時の操作性やその信頼性の向上につながる。結果的に、機械使用の全過程における誤操作発生の確率の低減に繋がることになる。

作業者と機械間のインタフェースについては、すべての要素を作業者と機械間で明確かつ曖昧でない相互作用が生じるように設計することが必要である。また、機械の使用、保全作業中などにおいてストレスの大きな姿勢や動作を避けるように配慮することも肝要である。^[6-11]

このような観点からCCスイッチを使用することにより、HMI環境において人間工学原則の遵守が容易となることを次に述べる。

3. CCスイッチによる安全性の向上

3.1 CCスイッチの特長

CCスイッチはタッチスイッチと透明で薄型のメカニカルボタンを組み合わせたスイッチ機構であり、FPDの操作機構として使用することを目的としている。図1に

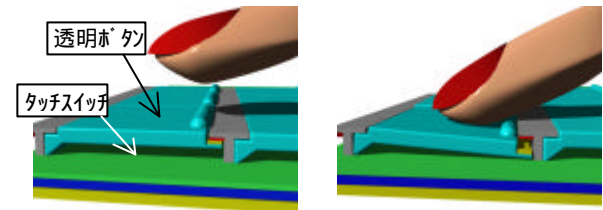


図1 CCスイッチ構造図

Fig.1 Structure of CC switch.

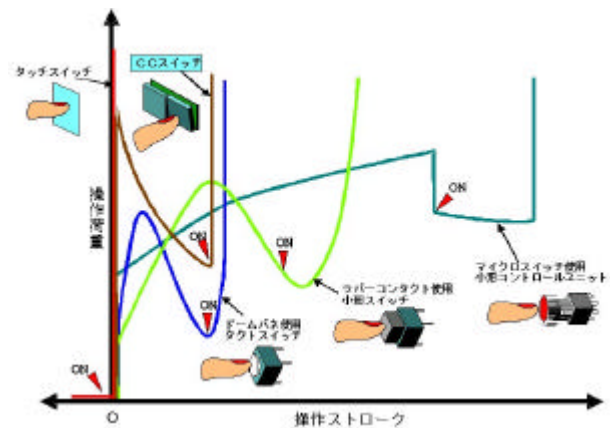


図2 各種の操作スイッチ動作特性

Fig.2 Operation characteristics of various type of switches.

CCスイッチの構造を示す。

CCスイッチの最大の特長はタッチスイッチでは得られない、ストローク感とクリック感が得られることである。図2に、タッチスイッチとCCスイッチおよび、押

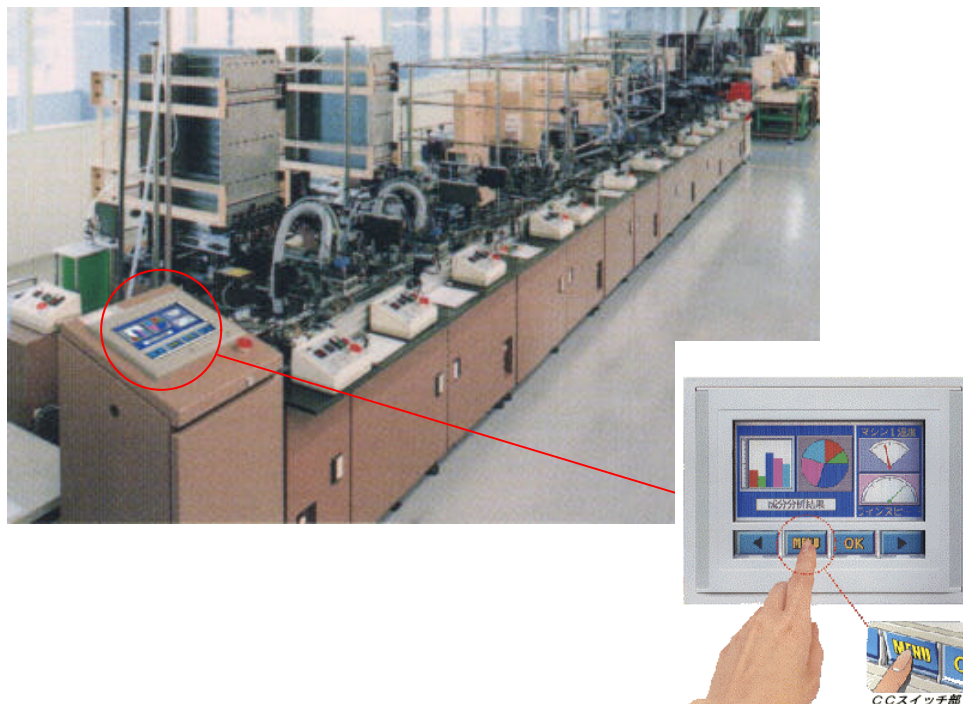


図3 FA現場におけるHMI環境の一例

Fig.3 Example of HMI environment in FA field.

しボタンスイッチの動作特性を示す。横軸は操作時のストロークを示し、縦軸は押圧時の操作荷重を示している。タッチスイッチでは、ストロークがほぼゼロで、かつ極めて軽い操作荷重でスイッチがオンされる。これに対し、CCスイッチでは押しボタンスイッチと同様に、その操作にストロークと操作荷重が必要であり、その動作特性においてクリック感をもたらす極大値と極小値を持っている。

タッチスイッチは、GUIを利用することにより必要に応じてその機能を切り替えることができる拡張性や自由度を持っている。CCスイッチは、このタッチスイッチの持つ特長と、押しボタンスイッチのSUI (Solid User Interface) として最大の特長であるストローク感やクリック感を融合させることにより、GUIを使用した操作表示器において確実な操作や、なぞり操作を可能とするものである。従って、CCスイッチは両者の特長を併せ持ったSUI on GUIと考えることができる。図3にCCスイッチを搭載した操作表示器を導入している工場の製造ラインを例として示す。^{[12],[13]}

3.2 確実な操作感覚によるストレスの低減

タッチスイッチの場合、操作感が乏しいため、機械は押されたかと判断しても作業者である人間は押したということを直感的に判断できず、人間と機械の間で不明瞭で曖昧な相互作用を生じる危険性がある。また、タッチスイッチは触れただけでスイッチが動作し得るため、作業者の動作が慎重になったり、スイッチに触れることを躊躇するといったことが考えられる。そして、操作するスイッチを選択確認するまで画面に触れず指を浮かせたままにしておかなければならず、作業者にストレスをかけてしまう恐れがある。

これに対し、CCスイッチにおいては押した感覚が触覚から伝えられ、作業者に確実な操作感を与えることにより、操作における曖昧さを排除することができる。また、指を接触させるだけではスイッチが動作しないので、作業者が選択動作を途中で停止しても安定した状態を保つことができる。また、選択したいスイッチのボタン部に指を添えておくことが可能であるため、作業者は躊躇することなく素早い操作が可能となる。

このように、CCスイッチの特長であるストローク感およびクリック感がもたらす確実な操作感覚により、作業者はタッチスイッチを操作する時のような余分な精神的負担がなく、ストレスを低減できると考えられる。

3.3 なぞり操作による肉体的努力の低減

押しボタンスイッチでは、ボタン選択時にボタン表面を指先の感触でなぞることが可能であるが、タッチスイッチでは表面が滑らかなため、操作に必要な部分を触覚から判別することができず、視覚に頼らざるを得ない。したがって、作業対象物を目視しながら操作盤でその操作を行う場合は、作業対象物と操作盤の間を視線

移動しながら作業を行わなければならない。このような動作を続けることは作業者に肉体的な努力を強制することになってしまう。

一方、CCスイッチでは、なぞり操作が可能であるため作業者は作業対象物に目を向けたまま、操作盤を見ずに操作を行うことができる。これにより作業者は、視線の移動という肉体的努力から解放されることになる。^[14]

3.4 CCスイッチによる誤操作の低減

先にも述べたようにタッチスイッチでは操作感覚が乏しく触れただけ動作し得るため、誤操作を招きやすく作業者の意図しない動作が簡単に起こってしまう危険性がある。機械設計者はこのような誤操作を避けるため、操作時にタッチスイッチを2ヶ所同時に押さないと動作しないというような、動作設定上の安全機構を設けることが多い。しかしながら、このような機構は作業者に余分な操作を求めることになり、また操作自体も複雑で分かりにくいものになってしまう。CCスイッチでは、その動作特性により作業者が操作するという意思を持って操作した時のみ動作するため、特別な動作設定上の配慮を必要とせず、意図した操作のみを行うことができる。

また、通常、操作表示器ではモニタ数値やグラフなど

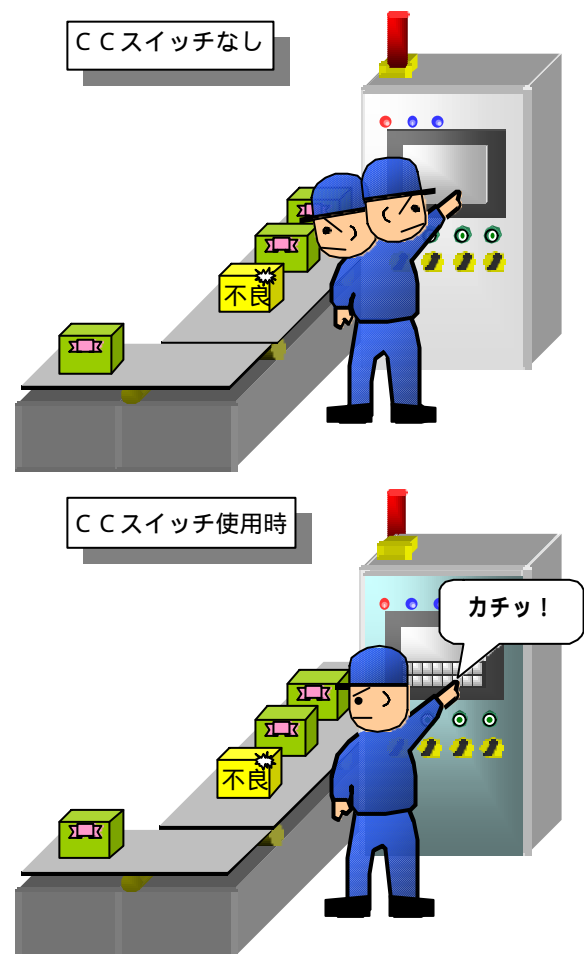


図4 CCスイッチによる操作性の向上

Fig.4 Improvement of usability by implementing CC switch.

の表示情報とスイッチが同一画面に混在して表示されており、タッチスイッチでは表示部分と操作部分に物理的な区別がないため、作業にとって直感的にはその区別がつき難い。しかし、CCスイッチの場合その部分が操作部であることは明確であり、作業者が判断に迷うことはない。

以上のようにCCスイッチを使用すれば、その動作特性と構造によって作業者の精神的、肉体的ストレスを低減でき、そして誤操作の危険性を容易に回避することが可能となる。このような、人間工学原則への配慮が安全性の向上へとつながっていくことになる。

4. 導入事例による安全性向上の検証

CCスイッチを搭載した操作表示器の導入事例としてある部品製造工場の部品加工装置への応用例を紹介し、CCスイッチによる安全性向上の検証を行う。

導入事例の部品加工装置を図5に示す。図の通り、この加工装置では作業者が軍手を着用しており、また作業中には操作盤を見ないで操作を行う場合もある。CCスイッチを使用することにより、なぞり操作が可能のため操作する手元を見なくても作業者は目的の操作を行うことができる。

図6を見て分かるように、操作盤は押しボタンスイッチや表示灯などのSUIと、LCDを使用したGUIから構成されていることがわかる。装置の運転や非常停止など基本的かつ重要な操作に対しては押しボタンスイッチが使用され、作業者が直感的に認識する必要のある表示にはLED表示灯が使用されている。一方、運転用の設定値入力スイッチや情報量の多い運転状況のモニター表示などにはGUIが使用されている。このようにSUIとGUIを、それぞれの長を活かして組み合わせたものが、もっと



図5 部品加工装置

Fig.5 Production system for machine parts.

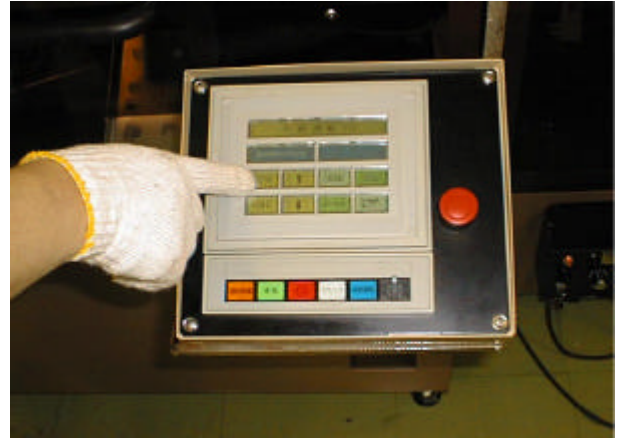


図6 操作盤

Fig.6 External view of control panel.

も使いやすい操作環境を実現する操作盤と考えられる。

また、この操作盤は操作表示器とスイッチおよび表示灯が機能別にブロック化されたものを組み合わせて製作されている。これは、パネル^[15-19]と呼称するシステムで、標準化された各機能ブロックを自由に組み合わせることにより、操作盤に必要なSUIとGUIを簡単に、しかも統一して構築することが可能となっている。このような操作表示環境の統一は「使いやすさ」を実現する重要な要素であり、不慣れな操作環境による誤操作を排除することにつながる。

導入事例のような製造ラインで、GUI部分に通常のタッチスイッチのみで操作を行う操作表示器を使用すると、次のような問題が発生していた。

- ・複数のラインが稼動しているため非常にうるさく、タッチスイッチの押下確認用の電子ブザー音が聞こえない。
- ・作業者は軍手を着用しており、タッチスイッチでは、まったく操作感覚が得られない。

そして、これらの問題により作業者に次のような影響が生じている。

- (1) 電子ブザーによる操作時の確認音が聞こえず、操作感覚も得られないため、必要以上にタッチスイッチを操作してしまう。
- (2) 操作感覚が得られないことにより、必要以上の操作押力を加えてしまう。
- (3) 軍手の装着によりタッチスイッチの押される範囲が広がるため、的確に操作するには目的のタッチスイッチを注視しなくてはならない。

このような操作環境では、精神的および肉体的ストレスを作業者に強いることになり、直接的にも間接的にも誤操作の危険性が増大することは容易に推察される。また、タッチスイッチに必要以上の力が加えられるため、

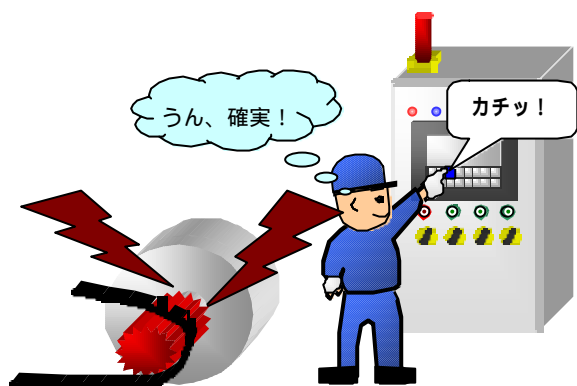
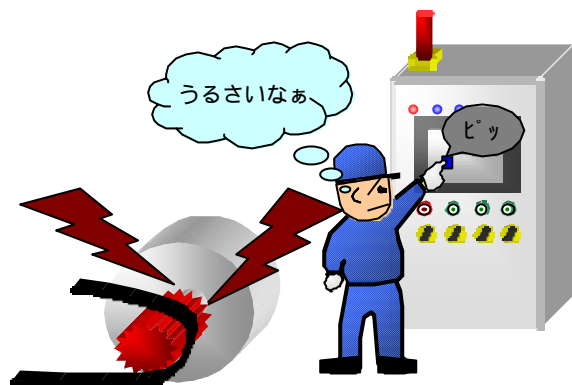


図7 騒音下におけるCCスイッチの操作性

Fig.7 Improvement of usability by implementing CC switch under noisy circumstances.

タッチスイッチそのものが物理的に損傷し、操作が不能となるような事例もあり、接触不良による誤動作の危険性も考えられる。

CCスイッチを搭載した操作表示器を導入することで、先に挙げた問題は次のように解決され、操作環境が改善されていることが分かる。

- (1) CCスイッチの手に伝わる確実な操作感覚により、騒音の中でも作業者はスイッチを押したことを容易に認識できる。

- (2) 確実な操作感覚が得られることにより、作業者が何度もスイッチを押したり、必要以上の力を加えてしまうことを避けられる。
- (3) 軍手を着用していても目的のスイッチを容易に識別することができるため、間違いのない操作が可能である。

以上の観点から、製造現場での各種操作スイッチの安全を確保するための操作性をまとめたものを表1に示す。

工場の生産現場など、騒音が大きい場所や軍手を着用しているような場合でも、CCスイッチはその確実な操作感覚により作業者に安心感を与え、ストレスを排除することができる。そして、的確かつ適切な操作を容易に可能とするものである。このような人間工学原則に配慮した操作環境が、作業の安全性向上に結びついていくことになる。

5. おわりに

最適な HMI 環境を創造する有効な手段のひとつとして、CCスイッチによる確実な操作環境を提案し、人に安心感と満足感を最大限に提供する事を目指してきた。

本稿では、特に安全性という観点からCCスイッチの有用性について検討を行い、確実な操作環境が人間工学原則の遵守につながり、そして安全性を向上できることを導入事例を交えて述べた。

近年、あらゆる分野で情報化が進展してきており、さまざまな場面でHMI環境における操作表示機器の安全性、確実性が重要となってきている。特に、社会問題にもなっている高齢化がさらに進む中で、操作表示機器に触れる者の年代層も幅広くなっていくであろう。このような不慣れた操作者の増加に伴い、操作に戸惑うことや、誤操作による危険性も増大していくと考えられる。今後も、HMI環境を供給する者の立場として、常に変化する社会状況を見据えた迅速かつ適切な対応を行っていく所存である。

表1 製造現場における各種操作スイッチの操作性

Table 1 Comparison table for various switches from safety viewpoints.

スイッチの種類 求められる操作性	SUI 押しボタンスイッチ	GUI タッチスイッチ	SUI on GUI CCスイッチ
騒音の中での操作性	○	×	○
軍手着用時での操作性	○		○
なぞり操作性	○	×	○
操作ボタンのわかり易さ	○		○
作業者へのストレスの少なさ	○		○
作業の安全性			

参考文献

- [1] 長谷川 他: クリック操作機構を有するマルチメディア思考操作・表示端末の開発; 計測自動制御学会ヒューマンインターフェース部会, 第12回ヒューマン・インターフェース・シンポジウム論文集, p447-482 (1996).
- [2] 三輪 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ーフェース部会, 第13回ヒューマン・インターフェース・シンポジウム論文集, p293-298 (1997).
- [3] 錦 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, p55-60 (1998).
- [4] Mamiya, M.: "A New Way to Overcome the Uneasy Operation of Touch-Sensitive Displays by Incorporating "Click" Mechanism CC Switch," Designing of Computing Systems; Cognitive Considerations, Proceedings of the Seventh Conference on Human-Computer Interaction, (HCI '97), San Francisco, California, USA, August 24-29, Vol.1, pp.619-622, (1997).
- [5] 向殿: ISO「機械安全」国際規格; 日刊工業新聞社, (1999).
- [6] 向殿: フェールセーフの理想と安全の国際規格化; 日本信頼性学会誌, Vol.20, No.2, p.137-144, (1998).
- [7] 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, (1996).
- [8] 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, p22-p29, (1997).
- [9] 篠原: 日本信号,「機能的安全」で日本初の試験代行機関に; 日経メカニカル ON LINE
<http://nmc.nikkeibp.co.jp/news/n8299.html>, (1998/6/2).
- [10] 大久保: ヒューマンファクターからの安全; 機械類の安全性 - 国際規格の現状セミナーレジュメ, 日本機械工業連合会 (1998).
- [11] 機械類の安全性国際規格の現状 - 国際規格(ISO/TR12100/EN292)のJIS原案について - ; 日本機械工業連合会, 第2部 p.1-8 (1998).
- [12] 前田 他: グラフィカルマルチスイッチHG2B形CCクリックの開発 - プログラマブル表示器の新しい提案 - ; IDEC REVIEW 1997, 和泉電気株式会社, p14-21 (1997).
- [13] 小沢: "人に優しい" クリック感を実現和泉電気が操作・表示機器CCクリックを開発; 月間 LCD Intelligence (1996.7).
- [14] 長町: 快適工場への挑戦; 日本プラントメンテナンス協会, p.87-116 (1996).
- [15] 中井 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, p493-498 (1998).
- [16] 中井 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; 計測自動制御学会, システム/情報合同シンポジウム'98 講演論文集, p247-252 (1998).
- [17] 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~; システムコントロールフェア'97 技術講演会(1997 年 10 月 30 日)配布資料, (1997).
- [18] 笠間 他: DIN サイズをベースとした パネルの開発; IDEC REVIEW 1999, 和泉電気株式会社, (1999).
- [19] 笠間 他: HMI 操作表示環境の標準化によるオペレータの安全性向上; 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 (1999).