

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

笠間 俊幸^{*1} 角田 輝明^{*1} 中井 龍暢^{*1} 藤田 俊弘^{*1}

Enhancing operators' safety by standardizing HMI environment

Toshiyuki Kasama^{*1}, Teruaki Sumita^{*1}, Tatsunobu Nakai^{*1} and Toshihiro Fujita^{*1}

Abstract - In the industrial fields such as FA (Factory Automation) where mis-operation of machines may cause accident directly, it is definitely required to take into consideration safety and reliability to human at the stage of machine designing from the ergonomic point of view. Especially, in case of emergency, HMI environment must be built up, ensuring operators to avoid a danger. This paper reports that standardizing HMI environment can make safety for operators greatly enhanced.

Keywords: HMI , Standardization , ISO12100 , Operator , Safety

1. はじめに

FA(Factory Automation)分野ならびに各産業分野などの人と機械が共存し互いに協調する HMI (Human Machine Interface) 環境においては、効率化により生産性を向上することは非常に重要である^{[1][2][3]}。たとえば図 1 に示すような高度に自動化された工場では、いろいろな機械がネットワークで接続され稼動しており、これら機械の運転、維持、管理は少数のオペレータにより行われている。

近年、このような工場において、オペレータへの安全に配慮することが、国際安全規格 ISO12100 制定に向けての動きにみられるように、規格面からも重要視されるようになってきている^{[4]~[7]}。現状では、合理化により少数のオペレータが多くの機械を操作しなければならない状況や、高齢化に伴ない機械の操作や表示をわかりやすくする必要が高まり、また言語、文化や考え方の全く異なる外国人労働者の採用などにより、機械操作や認識においていろいろな標準化を図り、HMI 環境に対して安全性を向上することが極めて重要となってきている。

たとえば、図 2 のような自動化された工場内において、その操作表示環境に注目してみると、図中 印に示すように非常にたくさんの操作表示パネルが使われていることが分かる。これらの操作表示パネルを相互に比較してみると、機械の種類毎にその操作表示機器の配置が異なる場合が多く見られる。このような場合、オペレータはその機械特有の操作方法を覚える必要があり、その分作業者の負担が大きくなる。特に FA 分野のように、機械の誤操作が直接事故につながる危険性を有している現場では操作にとっさの判断が必要な場合もある。このような操作表示環境はまだまだ改善の余地があり、一つの方法としては操作や配置の標準化により解決することがで

きと考えられる。

操作や配置の標準化により安全が構築されている一番身近な例として、自動車の操作系が挙げられる。自動車は基本的な操作系であるアクセル、ブレーキ、ステアリング、ホーンなどの配置が標準化されているので人間は戸惑うことなく異なったメーカーの自動車でもすぐに運転できる。もしもアクセルとブレーキの位置が左右反対の自動車があったとすれば人間は運転に慣れるまでかなりの時間がかかるであろう。また、とっさの時に確実にブレーキを踏むこともできないはずである。

このように FA 分野においても操作表示機器の配置が標準化されていればオペレータの負担も軽減され、また緊急時の操作に対しても躊躇なく行えることになる^{[4][5]}。

本稿では、現状の HMI 操作表示環境の問題点に対し、機器配置の標準化ならびに操作表示の統一化によって安全性の向上を目指した新しいシステムについて述べる。



図 1 HMI 環境

Fig.1 HMI Environment

^{*1}:和泉電気株式会社

^{*1}: IDEC IZUMI Corporation



図2 HMI 環境における操作表示パネル

Fig.2 Operating Display Systems in HMI Environment

2. HMI 環境における操作表示の方式

2.1 GUI と SUI の定義

HMI 環境における操作表示の方式を GUI(Graphical User Interface)や SUI(Solid User Interface)と呼称し、大別することが提案されている^{[1][2][3][8]}。

GUI とは、例えば LCD(Liquid Crystal Display)の表示画面を用いた仮想的なパーツをタッチスイッチにより操作するといったような HMI の方式である。それに対して SUI とは、人の意志を機械に伝える押ボタンスイッチ、セレクトスイッチや、機械の状態を人に知らせる LED 表示灯など、機構的および物理的パーツによって構成される HMI の方式であると定義されている^{[1][2][3][8]}。

2.2 GUI と SUI の特徴

GUI 機器は、仮想的部品を配置した画面を階層化し、必要に応じた画面を呼び出すことで、1 台の表示器に多くの機能を持たせることができる。しかしながら人間工学的な観点でその操作感について考えると、タッチスイッチへの入力操作は操作に対する感触が全く得られず、誤って触れただけでも動作してしまう危険性があり、人に対する使いやすさがあまり配慮されていないと考えられる^{[9]~[13]}。一方、SUI は操作性において確実性と安心感を得ることができる。

図3にHMI操作表示環境の一例として、ボトリング工場において使用されているGUIとSUIの組み合わせによる操作表示パネルの例を示す。ここでは1つのGUI機器と約40個のSUI機器を併用して使用されている。GUIとSUIは互いに補完する特徴をもつことから環境に応じて両者を使い分けたり組み合わせることが必要である^{[9]~[16]}。

3. 国際安全規格から見た HMI 環境

3.1 ISO12100 とは？

機械系に関わる今後の国際安全規格の頂点になると言われている ISO12100 が現在審議中である^{[17][18]}。ISO12100 は機械の基本概念について定められており、



図3 GUI と SUI を組合せた操作表示パネルの一例

Fig.3 Operating Display System by GUI and SUI

「機械類の安全性 - 基本概念、設計のための一般原則」として規定している。まだ CD(Committee Draft)の段階であるが、2001 年ごろには発効の見通しであり、ほぼ同時に JIS 化も予定されている^{[17][18]}。

この規格は第1部と第2部に別れており、基本用語、機械類によって生じる危険源の詳細、安全方策の選択指針、リスクアセスメント、設計によるリスクの低減、安全防護、使用上の情報、追加予防策が示されている^{[17][18]}。

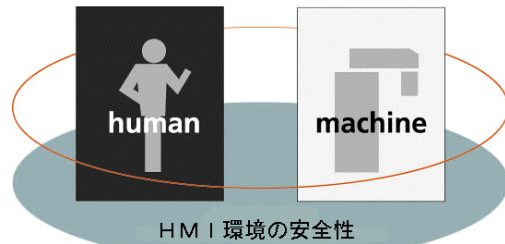
3.2 人間工学と安全

上述した「設計によるリスクの低減」の項目の中で「人間工学原則の遵守」について述べられている。すなわち人間工学の遵守はオペレータのストレスや肉体的負担の低減により安全性を増すことになる。これはさらに運転の操作性とその信頼性向上につながるので、結果として機械使用の全過程において誤操作発生の確率を低減できるとしている^{[4][5]}。

たとえば機械の使用や保全作業中においては、ストレスの大きな姿勢および動作を避けることや、緊急時に躊躇することなく素早く安全な操作が可能であることが必要とされている^{[4][5]}。特に緊急の操作については、操作系の配置が標準化されていれば、オペレータが同一の操作パターンで同種の他の機械を操作する事ができるので、誤操作の可能性を低減できると述べられている^{[4][5]}。

3.3 求められる HMI 環境

以上のように ISO12100 の内容を見るとごく当たり前



人間工学原則の遵守による安全性向上

- ◆操作・表示の標準化
- ◆配置の標準化
- ◆良好、確実な操作性・視認性
- ◆操作表示色の統一
- ◆操作表示機能の表現統一

図4 人間工学的側面から求められる HMI 環境

Fig.4 HMI Environment in View of Ergonomics

のことを規定していることが分かる。どんなに生産効率の高い機械であっても、危険と裏腹であっては意味がない。生産効率と安全を天秤にかけすることはできない。

しかしながら今日までこのような重要な安全基準というものが、あまり明確にされていなかったわけである。これが規格化されるということは、オペレータにとっては大きな安心につながる。さらに機械の製造者にとっても適切な目標が定められるので、機械の安全に対する考え方が世界的に統一できる。

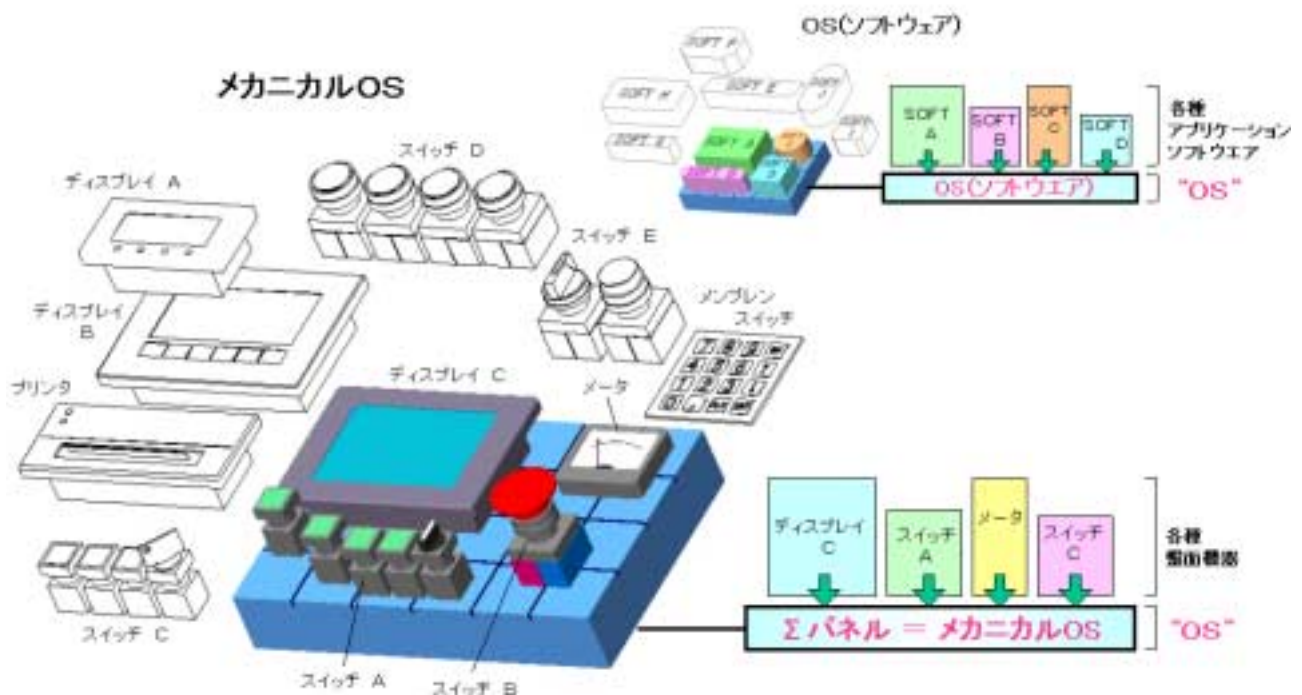


図5 メカニカル OS による標準化の概念

Fig.5 Concept of Standardization by Mechanical OS

ISO12100 の内容を HMI 操作表示環境の観点から解釈すると、安全性に求められる要素は図 4 に示すような項目になると考えられる。

4. 安全性に貢献する新しい操作表示パネル

以上のような観点で、われわれは人間工学的側面を重視することにより、安全に配慮した新しい操作表示パネルとして、「Σパネル」と呼称するシステムを開発しているので報告する^{[1][2][3][19]}。

4.1 DIN サイズによる標準化の考え方

本システムは、従来の操作表示パネルの形態を大きく変え得る概念を有していると考えている。たとえば、ソフトウェアの世界で標準化された OS (Operating System) があるように、操作表示パネルの標準化のための OS という位置付けで「メカニカル OS」として発展させることが可能と考えている。すなわち、図 5 のように SUI や GUI を Σパネルというメカニカル OS (共通フレーム) 上にマウントすることで、盤面の標準化と統合化を可能にしている。マウントできる機器はわれわれが有する SUI と GUI に加え、形状の異なる各社のディスプレイや計測器なども本システムに搭載し、マルチベンダー環境の構築が可能である^[19]。

本システムは SUI と GUI をそれぞれブロック化し、さ

らにそれらを容易に自由自在に組み合わせできる構造を有している^{[1][2][3][19]}。ブロック化の基本となっている考え方は DIN(Deutsche Industrie-Norm)サイズ規格である。この一定のルールに沿ったサイズにより、図 6 に示すように各々をブロック単位で盤面に自由に組み合わせ配置できる^{[1][2][3][19]}。

4.2 盤面の標準化による安全性の向上

盤面の標準化や統合化を図った場合のメリットは、前述したように、現場のオペレータに対して肉体的に余分な負担をかけず、また安全性を確保できることである。

例えば、同じ工場内あるいは製造ラインの異なる設備、機械のクラスや機種が変わっても共通した操作表示環境を提供できる。これは特に緊急時の操作に対し、誤操作を防ぐことに大きく寄与する。また、オペレータにパネルごとに操作の習熟を求めないという効果もある。すなわち本システムは、盤面に配置される SUI と GUI を一定サイズでブロック化しているので、たとえばブロックごとに操作表示機能を使い分けて使用することによりそれぞれの機器の機能を一層明確にすることができ、安全性の向上に繋がる。

また工場内全体の標準化という観点からこのシステムをみた場合、Σパネルを用いると次に述べるメリットが考えられるので図 6 を用いて説明する。

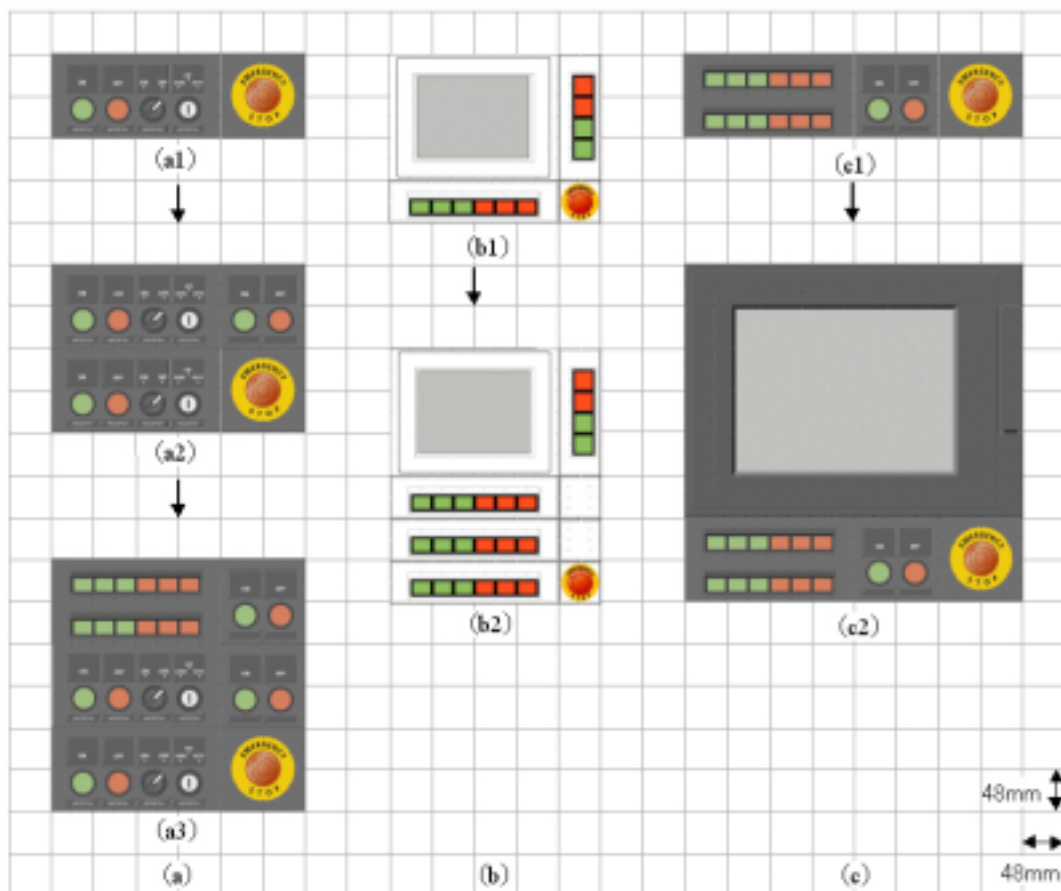


図 6 Σパネルによるシステム化例

Fig.6 Systematization by Σ Panels

図 6(a)は比較的機能の少ない機械に使用する場合の例であり、SUIのみで構成されている。図 6(a1)は安全を確保するための非常停止押ボタンスイッチと 2 つの押ボタンスイッチ、セレクトスイッチ、キースwitchの合計 5 つのスイッチが配置されており、ごく一般的に用いられている SUI で構成されている。このシステムをベースに同種の機械でより機能が追加された機械の場合は、(a2)のように 2 つのブロックを追加し 6 点の操作点数を追加することができる。さらに設定機能など追加する場合は (a3)のように比較的小形の押ボタンスイッチ 6 個を搭載した SUI ブロック 2 個などを追加することにより対応できる。

図 6(b)は、GUI と SUI を組み合わせて使用される例である。ラインの状況のモニタリングやパラメータ設定は GUI で行い、その他の操作や表示の確実性が必要な場合は SUI を用いる。この場合も同様で、(b1)から(b2)へと操作や表示機能などを付加するために SUI ブロックを追加することにより操作表示点数を増加させている。

図 6(c)の例は、比較的簡単な機械では(c1)の SUI によるシステムとし、GUI によるグラフィカルな画面でより緻密な設定機能を追加する際は(c2)のようにディスプレイを追加し構成する。この場合でも機械の基本的な操作である起動、停止あるいは非常停止といった操作は(c1)も(c2)も 2 個の丸型の押ボタンスイッチと非常停止押ボタンスイッチで操作するようにしているのでオペレータはどちらの機械も戸惑うことなく操作ができる。

以上のように機械の種類などが変わり、操作表示環境が変化した場合でも共通したイメージの操作表示環境を構築することができるので、オペレータが戸惑うことなく操作ができ安全性の向上が図れる。このように共通したイメージを作り出しているのは先に述べた DIN サイズにより SUI と GUI をブロック化しているからである。

また、ブロックの前面は表面シートを貼る構造としてあるので、ユーザ別のデザインや表示が可能である。特



図 9 Σパネルの設置例 1

Fig.9 Installation Example of Σ Panel

◆ピクトグラムの例：ISO 7001

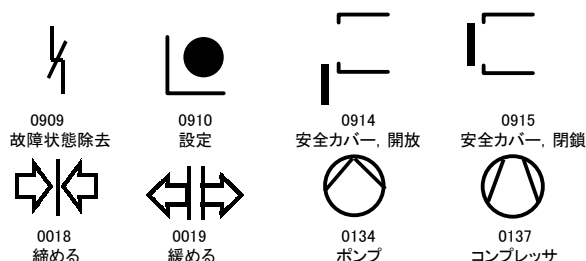


図 7 図形による操作表示機能

Fig.7 Operating Display Function by Diagram

◆色の意味の例

IEC 204-1, (ISO 3864, JIS Z 9101)

青	：義務的	白	：中性
緑	：正常，安全	アンバー	：特に定義なし
黄	：注意	赤	：非常事態

図 8 色による表示の意味付け

Fig.8 Meaning of Display by Color

に押ボタンスイッチの機能表示を表面シート上に印刷することもできるので、例えば図 7 に示すような ISO7001 で規定されているピクトグラムを印刷することにより世界的にも機能表示の統一化が可能である。さらに操作表示の色に対して図 8 に示すような色の意味に対する規格を取り入れることにより一層の標準化が可能となる。つまり、本システムは盤面の標準化や統合化を図った上で、さらにユーザごとにさまざまな操作表示環境を構築できる柔軟性も併せ持っている。

このようにΣパネルは盤面の標準化や統合化を可能とし、HMI 環境におけるオペレータの安全性を確保することに寄与する。また、盤面設計者は機器の配置に関し特



図 10 Σパネルの設置例 2

Fig.10 Installation Example of Σ Panel

に意識することなく安全性の高いシステムを構築することができる。

図9ならびに図10に実際にΣパネルを設置した例を示す。図9は電気機器の組立ラインに設置したものであり、図10は同じ工場内にあるチップ部品自動装着機に設置している。これらはともにGUIとSUIを組み合わせて使用している例であるが、システムの機能やサイズは全く異なる。しかしながら、操作表示環境に関しては共通したイメージとなっており、これにより作業者は両者の操作を比較的簡単に習得することができ、また操作ミスによる機械の停止なども減少することが可能である。

5. おわりに

今回われわれは、HMI環境に求められるグローバルな社会的潮流である安全に対応した新しい操作表示システムとして、標準化されたΣパネルによる安全性の向上について人間工学的側面から検討を行った。

安全は、HMI環境にとって最も重要な課題であり、われわれとしても更に深く追求していくテーマである。

今後も多様に変化していくと思われるHMI環境にタイムリーに対応し、人と機械の最適環境の創造を推進していく所存である。

謝辞

本稿を執筆するにあたり、多大なご助言をいただいた和泉電気株式会社の関係者の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 中井, 関野, 笠間, 藤井, 辻, 藤田: GUIとSUIの融合による新しいHMI操作表示環境の構築; (社)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, p.493-498, (1998)
- [2] 中井, 藤谷, 関野, 笠間, 藤井, 辻, 藤田: 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講演論文集, p.247-252, (1998)
- [3] 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)配付資料, (1997)
- [4] 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; (社)日本機械工業連合会, 平成10年6月セミナー資料, (1999)
- [5] 向殿: ISO「機械安全」国際規格, 日刊工業新聞社, (1999)
- [6] 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)
- [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] 監修 坂村: トロンヒューマンインタフェース標準ハンドブック; 初版, パーソナルメディア株式会社, (1996)
- [9] 長谷川, 関野, 川上, 錦, 辻, 岡本, 藤田: クリック機構を有するマルチメディア指向操作・表示端末の開発; (社)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, p.477-482, (1996)
- [10] 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)
- [11] 三輪, 稲田, 岡本, 松本, 藤田: 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, 第13回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, p.293-298, (1997)
- [12] 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, p.68-72, (1998)
- [13] 錦, 林, 村岡, 川上, 藤田: 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; (社)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, p.55-60, (1998)
- [14] 間宮, 錦, 馬野, 田辺, 高木, 藤田: ホログラムと面照光LEDを用いた高視認性表示技術の開発; (社)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, p.493-500, (1996)
- [15] 間宮, 塩路, 三輪, 岡本, 藤田: 青色LED励起による波長変換表示技術の開発; (社)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, p.371-376, (1997)
- [16] 三輪: 青色LEDを励起光にした多色表示技術~ラムダコンバータによる面照光表示灯の実現; 電子技術7月号, 日刊工業新聞社, Vol.40, No.9, p.52-56, (1998)
- [17] 聞こえはじめたISO12100の足音; 日経メカニカル, No.535, p.42-43, 日経BP社, (1999)
- [18] 黒船来襲!安全が開国迫る; 日経メカニカル, No.538, p.26-47, 日経BP社, (1999)
- [19] 笠間, 角田, 中井, 藤井, 新堂, 土肥, 中野, 田中, 関野, 辻: DINサイズをベースとしたΣパネルの開発; IDEC REVIEW 1999, 和泉電気株式会社, (1999)