

CC スイッチを搭載した液晶ディスプレイ導入によるデジタルスイッチャーのユーザビリティの飛躍的向上

数実 治^{*1} 岡部 俊一郎^{*1} 村岡 康之^{*2} 高見 浩志^{*2} 錦 朋範^{*2} 藤田 俊弘^{*2}

Application of CC switch for digital switcher in broadcasting station to improve the usability of human interface

Osamu Kazumi^{*1}, Shun-ichiro Okabe^{*1}, Yasuyuki Muraoka^{*2}, Koji Takami^{*2}, Tomonori Nishiki^{*2}, and Toshihiro Fujita^{*2}

Abstract - We have proposed click mechanism CC Switch which objective is improvement of usability in GUI (Graphical User Interface), and have reported its concept and structure in the previous HIS (Human Interface Symposium). In this paper, we report on a case study of CC Switch implemented display which was employed as operational display terminal in a highly sophisticated digital switcher system for broadcasting systems in global applications. We have confirmed the usefulness of this system from the operator's point of view and will evaluate the system including its usability. Recent demand in universal design require the further improvement in human interface devices, and CC switch is considered as very promising tool in various applications.

Keywords: HMI, CC switch, GUI, SUI, SUI on GUI, tactile feed-back, digital switcher, broadcasting

1. はじめに

人が装置や機械を操作するための操作表示機器は、HMI(Human Machine Interface)の最も代表的な機器であり、これをインタフェースの側面から分類すると、GUI(Graphical User Interface)と SUI(Solid User Interface)の2つに大別できる。^[1] 例えば GUI の機器としてはタッチスイッチ付液晶ディスプレイがあり、SUI には押しボタンスイッチがある。図1に示すように GUI と SUI は、機能性、操作感、信頼性など様々な要素を比較するとそれぞれに特徴があり、HMI としてはどちらも必要なインタフェースである。この GUI と SUI に関するユーザビリティの追求方法も、SUI 自体の機能性の向上検討や、SUI と GUI の最適な組合せや配置の検討など、今までにも色々な観点から検討されている。^[2]

タッチスイッチ付液晶ディスプレイは GUI の特長である自由な表示及び操作レイアウトが可能な、機能性に優れた HMI 機器である。しかし、例えば指でタッチスイッチに触れるだけで動作してしまうために誤操作が多く、スイッチとして最も重要な操作した感覚、すなわちクリック感を操作者に与えることができないなど、まだまだ使い難い点も多くある。^[3-4]

こうした GUI における操作性の向上を目的として、

IDEC は、操作者に対して確実な操作感を与える CC スイッチと呼称するクリック操作機構を、世界で初めて 1996 年に HIS(Human Interface Symposium)で提案した。その後、CC スイッチのコンセプトと構造、その動作特性や優位性に関して様々な分析結果を報告し、より操作性を向上させるための検討を行ない、様々な産業分野での応用展開を図ってきた。図2に示すように CC スイッチの基本的なコンセプトは、GUI 上に SUI を配置した、SUI on GUI の構造を有している。実際に CC スイッチを搭載した操作表示器は様々な制御システムに導入され、使いやすさの観点からも有用性が実証されている。^[3-11]

昨今、バリアフリーやユニバーサルデザインというように老若男女に対して使いやすいインタフェースが望まれ、とりわけタッチスイッチ付液晶ディスプレイの操作性に関して、様々な分野でまだまだ改善を望むニーズが多い。

そこで、今回は、CC スイッチの産業分野での適用事

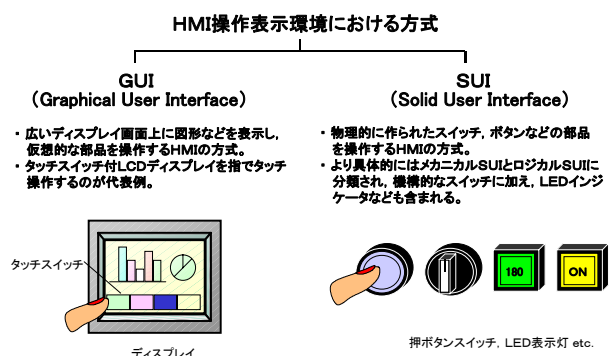


図1 GUI と SUI の定義と違い

Fig.1 Definition and difference of GUI and SUI

^{*1}: 松下電器産業株式会社 パナソニックシステムソリューションズ社 ブロードメディア本部

^{*2}: IDEC 株式会社

^{*1}: Matsushita Electric Industrial Company Ltd. Panasonic System Solutions Company

^{*2}: IDEC Corporation

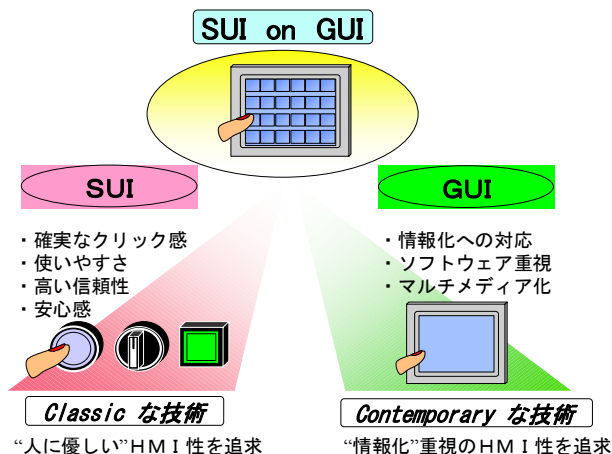


図2 CCスイッチのコンセプト(SUI on GUI)

Fig. 2 Concept of CC Switch

例の中から、マルチメディア化の最先端を進む放送局用操作表示端末として導入された事例を具体的に取り上げて報告する。まず、CCスイッチの基本的なコンセプトや、放送システム、操作表示端末としてのデジタルスイッチャー全体の概要を説明した後、従来の操作環境との比較により、CCスイッチの搭載で実現可能となった操作性におけるユーザビリティの重要性に言及することで、SUI on GUIが機能性と操作感を融合し、操作性を向上させることを実証する。

2. HMI操作表示環境におけるGUIとSUIの特徴と役割

一般的に、HMI操作表示環境はディスプレイ、LED表示灯、押しボタンスイッチ等でパネルが構成され、操作者は、機器の状況をディスプレイ上に表示された情報やLED表示灯にON/OFF表示された情報等により認識し、スイッチを押すことにより装置を操作し、GUIとSUIを混在して使用する場合はほとんどである。^[1-2]

2.1 GUIとSUIの定義と違い

ここではHMI操作表示環境における構成要素としてのディスプレイ、押しボタンスイッチについてその特徴と役割について、図1に示したGUI及びSUIと呼称する分類において説明する。^[1-2]

図1で示したようにGUIとは例えば液晶ディスプレイの表示画面に描いた仮想的な部品をタッチスイッチにより操作する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しボタンスイッチ、セレクタスイッチや、機械の状態を人に知らせるLED表示灯など、機構的・物理的部品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]

2.2 GUIとSUIの比較

HMI操作表示環境における人に対する“使いやすさ”に結びつく機能としては設定・操作・表示の3点が重要であり、“設定のしやすさ”、“操作のしやすさ”、“表示の見やすさ”についてGUIとSUIの特徴をまとめる。

設定のしやすさについては液晶画面上に仮想的な部

品を配置し、数字・文字等の設定テーブルを構成できるGUIが優れていると考えられる。画面を階層化し、必要に応じた画面を呼び出すことで多くの機能を持たせることができる。しかしながら操作感の面から人間工学的な観点で考えると、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誤操作が多くあり、人に対する操作のしやすさがあまり配慮されていない。

一方、SUIの操作性においては、押しボタンスイッチの動作特性から今までにも十分な分析結果が報告されているように、操作ストロークと操作荷重のフィードバック感から確実な操作と安心感を得ることができる。また、操作ストロークを持つため“なぞり操作”や、“手探りでの操作”を可能とするものである。^[4]

“表示の見やすさ”に関しては、SUIは単一のLED表示灯により状態認識がしやすいという特長があり、GUIはシステムの状態認識がしやすいという特長もあり、使用する場面に応じて表示の見やすさで差はない。

従って、現状としてのGUIはメッセージやグラフィックの表示性能に優れ、階層化された画面とタッチスイッチの組み合わせで設定機能において優位性がある。それに対しSUIはそのメカニカルな機構により操作感のフィードバックを得ることができ、確実性・安心性の観点から操作のしやすさに優れ、LEDのON/OFFを認識するだけでよいという視認性が良いことも特長である。

以上の観点からHMI操作表示環境においては、GUIとSUIは相互に特長を生かしながら共存することが、人間工学的な使いやすさの観点から重要であると考えられる。

3. CCスイッチの構造と特長

CCスイッチの特長は、グラフィカルに多彩な表示ができるタッチスイッチ付液晶ディスプレイに、従来の押しボタンスイッチのもつ操作感となぞり押し可能なことによる、確実性や安心感などの人に対する優しさを融合させたことである。^[3-11]

CCスイッチの構造を図3に示す。各々の透明なボタンの両側をT字断面の筐体の枠で挟み、片側をヒンジ構造にし、反対側のボタン先端部に磁石を取付けている。スイッチを操作しない時には、磁石が磁性体の枠に吸着してボタンが浮いている。指でボタンを押し込み、あるレベルまで力を加えると磁石が磁性体から離れ、ボタンが下の抵抗膜式のタッチスイッチを押し、スイッチがONとなる構造である。ここで指を離すと、磁石と磁性体間の吸引力により、ボタンは最初のOFF状態に復帰する。以上から、ある操作荷重を加えて磁石が離れるまではONしないため、なぞり押しが可能で誤操作の防止につながる事がわかる。また磁石が離れる時の操作荷重の減少がクリック感として、指を通してフィードバックされ、確実

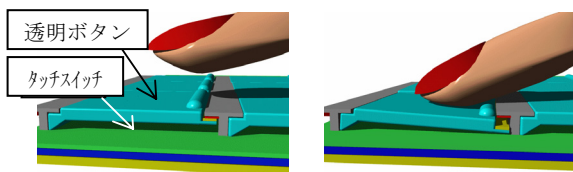


図3 CCスイッチ構造図
Fig.3 Structure of CC switch.

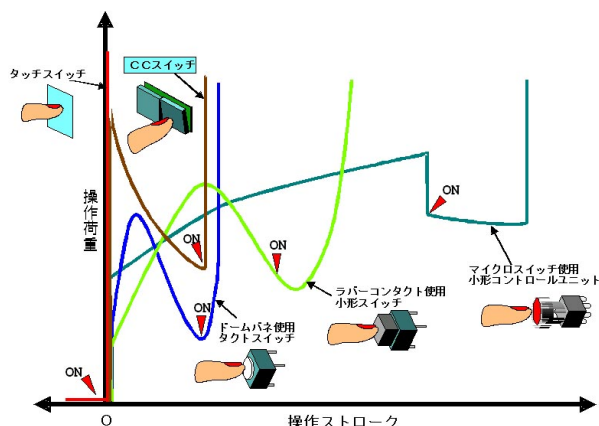


図4 各種の操作スイッチ動作特性
Fig.4 Operation characteristics of various type of switches.

に操作できたことが実感できるため、クラシックな押しボタン同様の安心感が生まれ、人に対する優しさにつながる。CCスイッチの最大の特長はタッチスイッチにはない、ストローク感とクリック感が得られることである。

図4にタッチスイッチ、CCスイッチ、及び押しボタンスイッチの動作特性を示す。横軸は操作ストロークを示し、縦軸は押込み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。

このCCスイッチを搭載した液晶ディスプレイは、1996年に具体的に開発されて以来、ユーザビリティの改善のため、実際に色々な分野で利用されている。^[3-11] 最も多いのは、ロボットや機械装置を操作するための制御パネルや、モバイル型の操作ペンダントであり、FA(Factory Automation)のように、誤操作が産業事故発生に直結する分野での、実ニーズに基づく応用が多い。^[7-10] ユーザーからは、操作感に関して、クリック感が良い、確実な操作感が得られる、操作が判りやすい、スイッチ感覚で使用できる、動作音が良いなどの意見を頂き、肯定的な評価がほとんどであった。これらは、従来の押しボタンスイッチと同様に、CCスイッチにおいても使用されるアプリケーションにより、最適な操作感がユーザビリティにおいて必要なためと考えられる。

4. 放送用デジタルスイッチャーへの導入

4.1 デジタルスイッチャーシステムの概要

放送局のデジタルスイッチャーシステムの概略系統図を図5に、実際のシステム例の写真を図6に示す。

デジタルスイッチャーとは放送局において番組を制作するために用いる映像処理装置であり、本体に入力されたカメラやVTR、文字装置などの映像素材を加工処理して出力して放送する。運用上は映像モニター棚の入像素材画像を見ながら、場面や演出に応じて適切な素材を操作パネルのボタンで選択し、またレバーでミックスやワイプなどの素材間の乗り換えや文字の多重を行う。

放送のデジタル化、マルチユース化が急速に進む中、放送番組制作設備の中核をなすデジタルスイッチャーの映像素材数や要求される効果も増大し、高機能化と生放送での迅速かつミスのない確実な操作性との両立の要求が高まっている。

松下電器では長年にわたり放送局向けにスイッチャーを提供し操作性の面でも高い評価を戴いてきたが、新モデルの開発にあたり、要求される操作性及び従来の課題

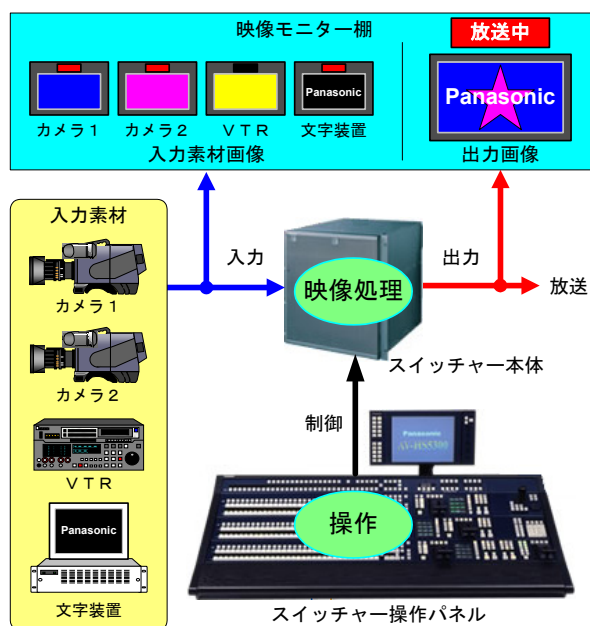


図5 デジタルスイッチャーシステム概略系統図
Fig.5 Outline system of digital switcher system.



図6 放送局のスイッチャーシステム例
Fig.6 Example of broadcasting station of switcher system

の再確認とユーザーインターフェースの見直しを行った。

4.2 スイッチャー操作パネルに要求される操作性

従来のモデルの操作パネルを図7に示し、スイッチャーの操作性の特徴について説明する。バラエティ番組やスポーツ中継等の生放送では番組や試合の進行に合わせて臨機応変な映像切替えや効果の付加が要求される。従って放送中に新規の効果を作成する余裕はなく、放送前に仕込んだ効果と呼び出すことが多い。このような運用形態により操作パネルは主に①～③の3つの部分に区分される。①の素材選択部分は素材が割り付けられたボタンが配置され、左手で映像選択を行う。映像モニター棚の素材を見ながらブラインド操作を行うためSUIで構成される。③の詳細設定部分は映像効果の詳細な調整や確認を行うため、大画面のメニューパネルを中心にGUIとSUIで構成される。②のプリセット部分は①、③で設定した効果をボタンに割り付けて、放送中に右手の1アクションで呼び出すための仕込み部分である。これら①～③の仕込み中の操作頻度は高い順に③>②>①であるが、放送中の操作頻度と重要性は高い順に①>②>③となり逆転する。ここで重要なのは、③で仕込んだプリセット内容を②でいかに間違いなく簡単に呼び出せるかである。

4.3 ワイプパターン選択部の特徴

②のプリセット部分の代表例として特徴的なワイプパターン選択部について説明する。ワイプとは、ある素材から別の素材に星や丸などのパターンでふき取るような効果であるが、このワイプのパターンを判りやすく選択可能にするため、初期のモデル(1987年)では図8に示す筒状のボタン上部にパターンを彫刻した着脱式のカートリッジを用いていた。このカートリッジは数十種類のパターン分用意され、5つの場所にはめ込んでおき、押しで選択する。カートリッジを回転させることで映像も回転でき、判りやすいと好評を得た。

しかし、その後のデジタル映像効果の進化によるパタ

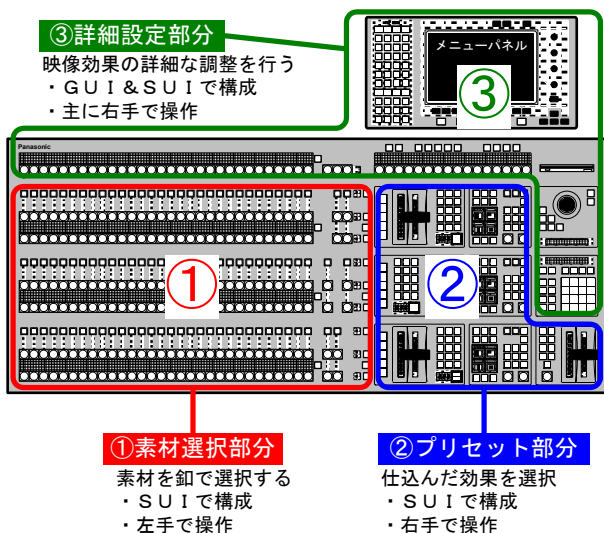


図7 運用形態によるパネルの区分(従来モデル)

Fig.7 Division of panel according to operation form.



図8 初期のワイプパターン選択部

Fig.8 First wipe pattern selection part.



操作者視線での視認性
(ページパターン表示時)

図9 従来のワイプパターン選択部

Fig.9 Past wipe pattern selection part.

ーンの増加やカートリッジの着脱交換の手間から、第二世代(1992年)以降から従来モデルまでは図9に示すモノクロ液晶付ボタンを採用していた。ボタン上に液晶を配置したGUI on SUIの構成であり、表示をソフトウェアで変更可能なため自由度が格段に増したが、視野角が狭く操作者の視線での視認性が大きな課題であった。また星や丸などの二次元のワイプ効果は★や●で図示できたが、三次元の特種効果は低解像度のモノクロ単調の液晶では図示が困難なため、例えば波紋(Ripple)効果は「RIPP」などと文字で略字表示せざるを得なかった。

一方、詳細設定を行うメニューパネルも新モデルの開発にあたっては表現力と操作性の向上や時代のトレンドに合わせるためにタッチスイッチ付カラー液晶ディスプレイを導入することになったが、メニューパネルからパターンをプリセット部分に割り付ける連携操作上、ワイプパターン選択部もカラー化が求められた。よって、SUIのクリック感やストロークによる確実な操作感と、GUIの優れた表示性能の両方を持ち合わせるCCスイッチの導入を検討することとした。

4.4 CCスイッチの導入

CCスイッチをスイッチャーの操作パネルに導入するには以下の条件があった。

【スイッチャーへの導入条件】

- a) 水平操作面の奥に配置しても手前から見えること
- b) プリセット部分の縦12cm×横8cmに収まること
- c) 確実なクリック感とダブルクリック操作の両立
- d) 従来の液晶付ボタンと同程度のコスト

条件aは液晶の視野角以外にも、CCスイッチが液晶ディスプレイの上にタッチスイッチと透明ボタンを配置するSUI on GUI構造であるため、液晶表示面がボタン表面から落ち込み、真正面以外から見ると筐体の枠で画面が隠れて手前や両端が見切れてしまう。実際に試作評価時にもユーザーから指摘を受けた。そこで、CCスイッチが配置されるプリセット部分は操作パネル右側に固定配置



図 1 0 CC スイッチを用いたワイプパターン選択部
Fig.10 Wipe pattern selection part with CC switch.

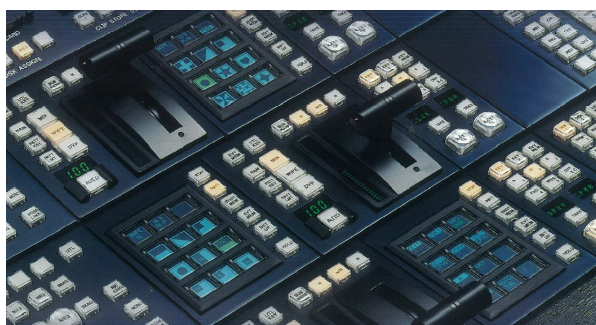


図 1 1 CC スイッチを配置したプリセット部分
Fig.11 Priset part where CC switch was arranged.

される(よって操作者の視線は左手前から限定される)ことに着目し、視認性については車載用の高輝度な液晶を選定し、かつ視野角を左向きに優位となるように液晶の向きを変更することで解決し、見切れについてはパターン表示を視線の反対側の右上寄りに移動し、かつパネル面も奥側にいくほど操作者向きに傾斜させることで解決した。

条件bは標準の6型液晶24ボタンタイプでは大きすぎるため、前述の車載用高輝度3.8型液晶の採用と、半分の12ボタンタイプの新規開発で解決した。

条件cは操作荷重1.4N、2.1N、2.8Nの3種類を試作してユーザー評価を重ね、2.1Nを採用した。これは誤操作防止と意図した操作の軽快さとの中立点であるが、CCスイッチが磁力により操作荷重を得る構造であり、磁性体の枠の幅で容易に操作荷重を調整可能なことが寄与した。

条件dはショットメモリなどの他のプリセット部分のボタン機能をメニュー化して兼用することで全体のボタン数を削減して相殺した。これにより、副次的にショットメモリ機能以外にもGUIを活かして選択状態を図示表示できるようになり、操作性も向上させることができた。

CCスイッチを用いたワイプパターン選択部を図10に、プリセット部分の写真を図11に、プリセット部分の従来モデルからの変化を図12に示す。

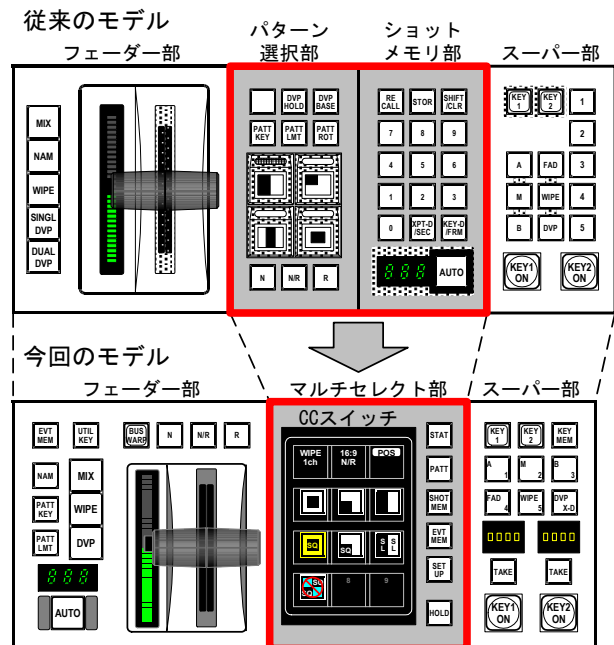


図 1 2 CC スイッチによるプリセット部分の変化
Fig.12 Change in Priset part with CC switch.

4.5 CC スイッチの導入による利点

前述のとおり、CC スイッチの導入目的は主にワイプパターンの表示性能の向上であったが、その結果を表1に示す。複雑な映像効果を視覚的なイメージで表現でき、直感的な選択や確認が可能になった。

また、当初はコストとスペース削減のためにワイプパターン選択部とショットメモリ部との集約のみを想定していたが、SUIとGUIを併せ持つCCスイッチはSUIが条件であるプリセット部分にGUIによるアプリケーションの自由度をもたらし、想定以上の多彩な機能と操作を提供可能にした。例えば、図13に示す効果設定の状態を一覧表示するステータス表示、ワイプパターンの画面上的位置変更をジョイスティックなしで可能にしたワイプポジション設定、簡単なパネルの操作上の設定を行うセットアップ機能などである。そのため、この部位名称をマルチセレクト部とした。

これらは従来モデルでは詳細設定部分のメニューパネルやジョイスティックのみで可能であった機能である。

表 1 特殊効果パターンの表現力の比較
Table.1 Comparison of power of expression of Special effects pattern.

映像効果	ローレル (巻込み)	モザイク	リップル (波紋)	デフォーカス (ぼかし)	ブラック (箱状)	フィッシュアイ (魚眼)
パターン表示	従来モデル 液晶付ボタン (モノクロ単階調)	MOS	RIPP	DE FOC	FISH EYE	
今回のモデル CCスイッチ (フルカラー)		MOSAIC		F		

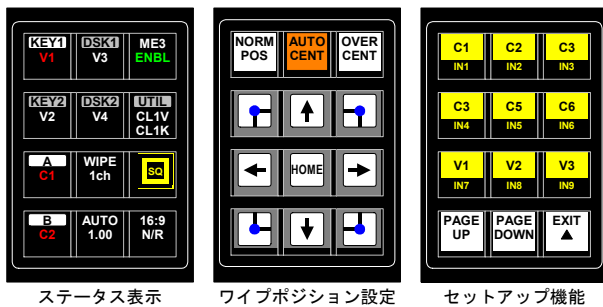


図 1 3 CC スイッチが可能にした追加機能
Fig.13 Additional function that CC switch enabled it.



図 1 4 リモート操作パネル
Fig.14 Remote operation panel.

これにより詳細設定部分なしで必要最小限の詳細設定が可能となり、スイッチャーを別の場所で同時に操作する場合に使用するリモート操作パネルにおいて、メニューパネルなどの詳細設定部分を持たないコンパクトかつ安価なパネルを実現した。(図 14 参照)

4.6 ユーザーの評価

CCスイッチを導入するにあたって、いくつかのユーザー放送局に従来の液晶付ボタン、タッチスイッチ、CCスイッチの3つをデモしたところ、CCスイッチは圧倒的な支持を得た。確実な操作感が必要なのにあえてタッチスイッチもデモに加えたのは、タッチスイッチ付カラー液晶ディスプレイの高品位なGUIと液晶付ボタンの低品位なGUI on SUIのどちらをユーザーが優先するかを調べるためであったが、タッチスイッチ付カラー液晶ディスプレイは押し並べて不評であったため、CCスイッチのSUIとしての利点が改めて確認された。試作後も前述のようにクリック荷重やGUI表示、機能面でのヒアリングを重ねたため、製品化時には従来モデル以上の評価を得ると確信することができた。

このようなCCスイッチの導入を含めた商品力の向上に取り組んだ新モデルのスイッチャーAV-HS5300は既に従来モデルの3倍以上を納入し、ユーザーからも「使いやすい」、「安心感がある」、「親しみやすい」と御好評を頂いている。特に商品の顔となる操作パネルにおいてCCスイッチがカラーのGUIを搭載可能な点は、他社モデルとの「見える違い」となりインパクトを与えている。

このインパクトは海外でも共通の反応であり、これまで当社のスイッチャーは国内のみが対象であったが、展示会等で海外の放送局様からの引き合いもあるため、海外展開を視野に入れて更なる商品力の強化を進めている。

5. まとめ

今回、タッチスイッチ付液晶ディスプレイを用いた操作表示機のユーザビリティを改善する目的で開発されたCCスイッチに関して、デジタルスイッチャーについての応用事例を考察し、すでに実際の放送装置システムとして、多くの特徴を有していることを考察した。

現在、バリアフリーやユニバーサルデザインというような高齢者や視覚障害者に対しても使いやすい、新しいヒューマンインタフェースを社会に提供していく必要がある。

今後、様々な操作性を有するCCスイッチの進化や、アプリケーションの展開を図り、社会に貢献していくように、研究開発を推進していく所存である。

6. 参考文献

- [1] 坂村 健: トロンヒューマンインタフェース標準ハンドブック; パーソナルメディア, (1996).
- [2] 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).
- [3] 長谷川,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.477-482 (1996).
- [4] 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).
- [5] 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).
- [6] Mamiya, M., 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), Vol.1, pp.619-622 (1997).
- [7] 前田,他: 操作表示器への CC スイッチ導入による安全性向上への検討; 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, pp.363-368 (1999).
- [8] 荻野,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] 宮本,他: 安全性向上を迫及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, pp.29-32 (2000).
- [10] Mamiya, M., et al.: Improvements in Ergonomics and Safety by Implementing CC Switch to Touch Screen Displays based on User Survey; 9th International Conference on Human-Computer Interaction, HCI2001, Systems, Social and Internationalization Design Aspects of Human-Computer Interaction, Vol.2, pp.414-418 (2001).
- [11] 丹野,他: 高齢者の操作性向上を目的とした画像上に操作感を有する対話型ディスプレイの開発(1), (2); 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, pp.291-294 (2000).