



モバイル形操作表示器 C C ペンダントの開発

Development of CC Pendant as Mobile Operational Terminal

荻野 重人^{*1)}

Shigeto Ogino

中島 幸市^{*4)}

Koichi Nakajima

石野 真一^{*2)}

Shinichi Ishino

米澤 浩^{*5)}

Hiroshi Yonezawa

松本 敏晴^{*3)}

Toshiharu Matsumoto

辻 義孝^{*6)}

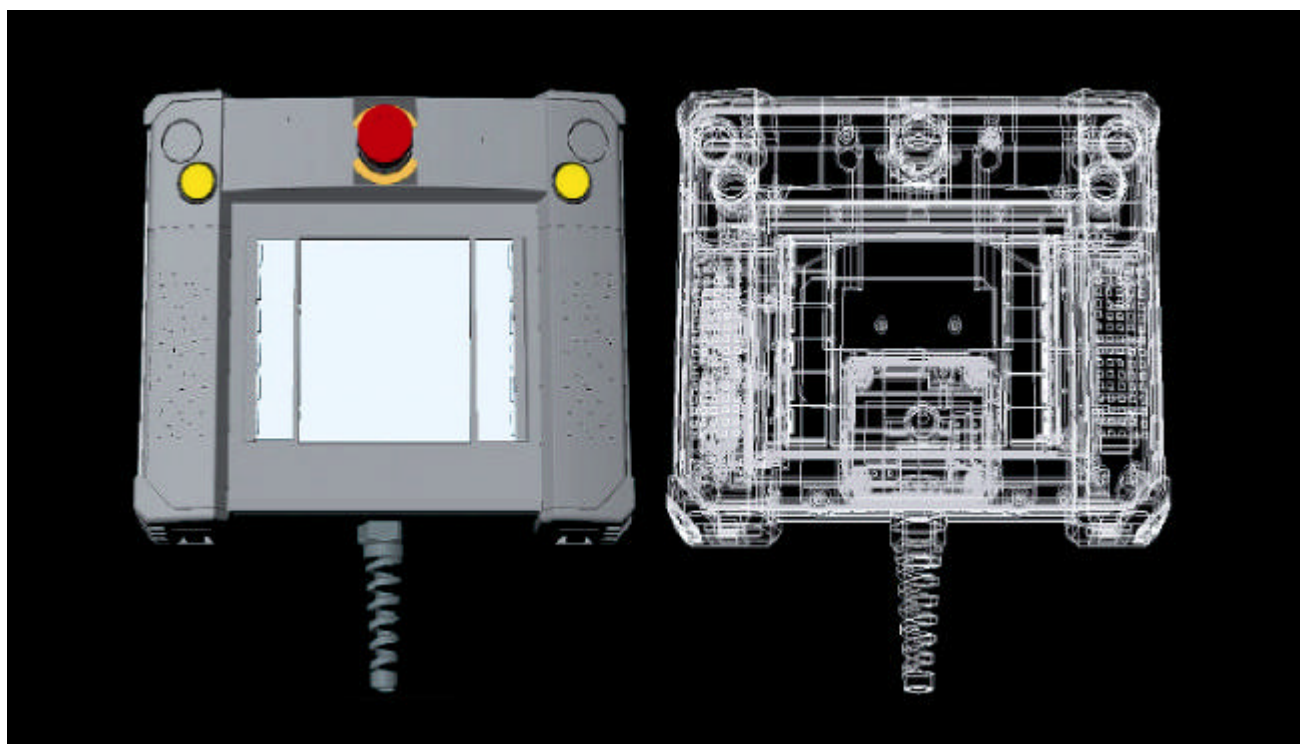
Yoshitaka Tsuji

要 旨

F A (Factory Automation) 分野における H M I (Human Machine Interface) 環境下で、特にプログラマブル表示器に代表される操作表示器関連においては、従来設置式であった機器を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、より快適な操作環境をつくろうという流れが予測される。当社は C C ペンダントと呼称するモバイル形操作表示器を用いた新しい H M I 操作環境を提案すると共に、モバイル形操作表示器に求められる人間工学的な使い易さ、制御装置としての安全性や拡張性の高さ、さらには耐環境性能についても検討を行い、よりユーザビリティに優れたモバイル形操作表示器を開発した。

Abstract

For control-display equipment, particularly programmable displays, used in the HMI (human-machine interface) environments for the FA (factory automation), a trend is expected to replace conventional stationary equipment with mobile terminals that can be carried to anywhere in order to create more comfortable environments for operation. IDEC IZUMI has studied requirements for mobile operational terminal, such as ergonomic convenience, safety and expandability as control equipment, and compatibility with environments to develop mobile operational terminal with enhanced usability. Using the new mobile operational terminal, IDEC IZUMI proposes a new HMI control environment. This report describes the development of the HG2P/R mobile operational terminal.



1. はじめに

近年、従来の操作パネルの一部をプログラマブル表示器に置き換え、盤面のインテリジェント化や簡素化を狙う動きが高まっている。そのような中でさらに複数の操作パネルを一つに集約して、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求が出てきている。また、ロボット制御の分野では以前からロボットの側で操作する、モバイル形のティーチング・ペンダントがあり、ティーチング作業の複雑化や多様化に伴って機器が大型化する傾向にあるが、それらの一部をディスプレイに置き換えて、簡素化と軽量化する動きも進んでいる。当社ではこのようなユーザーニーズに応え、さらに独自の HMI 環境の提案を行うべく、CC ペンダントと呼称するモバイル形操作表示器 HG2P 形、HG2R 形（以下両方を指す場合は HG2P/R と記載）の開発を行った。

2. 開発のねらい

2.1 市場の要求

プログラマブル表示器の市場への浸透が進むにつれて、より効率的な導入またはトータルでのコストダウンを要望する声が高まりつつある。例えば工場内に点在して置かれた工作機械に、それぞれプログラマブル表示器が設定および表示用に取り付けられており、これらは初期設定が終わると、その後はメンテナンス時にしか使用しないような使い方が多い。このような時には、初めからプログラマブル表示器を設置せず、必要に応じてモバイル形操作表示器を機械の側に持ち寄り使用するということが考えられ、これにより初期投資の削減が可能となる。（図 1a）

また従来のティーチング用途のペンダント（図 1b）に関しても、対象のロボットなどの複雑な設定に対応するため、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るが、そのような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ペンダントの小型化に貢献できる。これは多数のメンブレンスイッチ

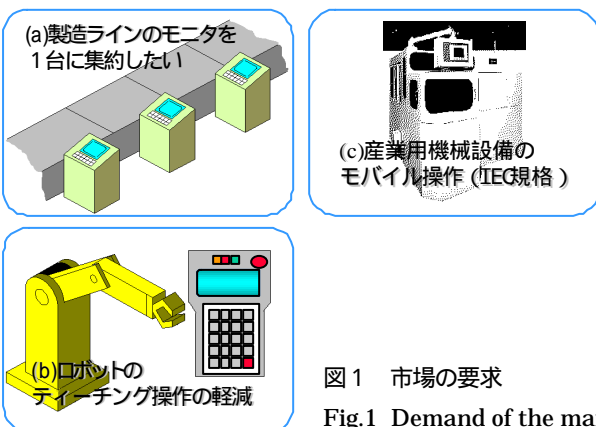


図1 市場の要求
Fig.1 Demand of the market

を液晶画面の切り替えにより表示させ、画面上のタッチスイッチと連動させることにより、スイッチ数を削減する方法が考えられている。

さらに、最近では CE マーキング^{注-1)}への対応が急務となるにつれて ISO (International Organization for Standardization) や IEC (International Electrotechnical Commission) などの国際標準規格に準拠する気運が高まっているが、IEC204-1 (産業用機械設備の電気機器) においては可能な限り機器に接近して操作制御することを謳っており、モバイル形操作表示器の重要性が認められる。（図 1c）

2.2 新しい HMI 操作環境の提案

当社では制御盤上においてメカニカルな機構を持つ押しボタンスイッチや表示灯部分を SUI (Solid User Interface)、プログラマブル表示器に代表されるタッチスイッチを配した液晶画面などを GUI (Graphical User Interface) とし、SUI + GUI の融合による新しい HMI 操作環境を提唱している。これは単機能であるが操作の確実性と安心感を併せ持つ SUI の製品と、確実性・安心感では少し劣るが多くの情報表示機能を持つ GUI の製品を制御盤上で共存させて使用することにより、それぞれの欠点を補い、より使いやすい最適な操作環境が創造できるという考えを基にしている。さらに独自の保有技術である CC スイッチは SUI on GUI と位置づけられ、SUI と GUI の両方の特長を有する。[1][2][3][4][5]

一方、従来から存在したモバイル形操作表示器では、設置形のプログラマブル表示器をそのまま可搬式にしたというコンセプトで開発されていたが、今回開発したモバイル形操作表示器では図 2 に示すように、SUI + GUI の融合した小型操作制御盤そのものを可搬式にし、さらに SUI on GUI の機能も取り入れることにより、従来とは全く違った新しいコンセプトを提唱し開発を行った。これにより、操作者がより自然に制御対象を操作できると

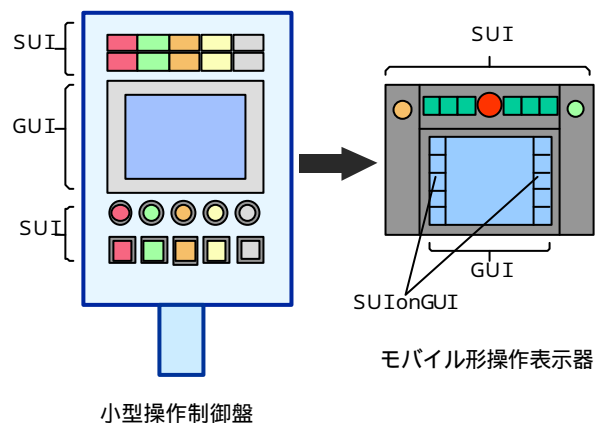


図2 新しい HMI 操作環境
Fig.2 New HMI control environment

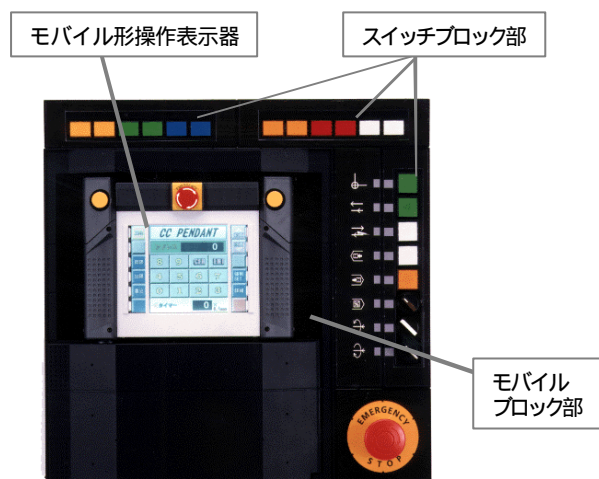


図3 モバイルブロック

Fig.3 The block type of mobile operational terminal

共に、操作表示器を用いた制御システムの構築も容易になると考えている。[6] [7]

また、携帯時以外でのモバイル形操作表示器の設置状態についても、パネル埋め込み形の専用設置台を構想しておりモバイルブロックと呼称している。パネルシリーズ [8] との連結構造を持ち、ブロックの組み合わせにより、HG2P/R 形操作表示器を含めた、あらゆる用途に対応する HMI 操作環境を実現することができる。図 3 にその一例を示す。

3 開発のポイント

3.1 フレキシブルな製品構成

モバイル形操作表示器に搭載されるメカニカルスイ

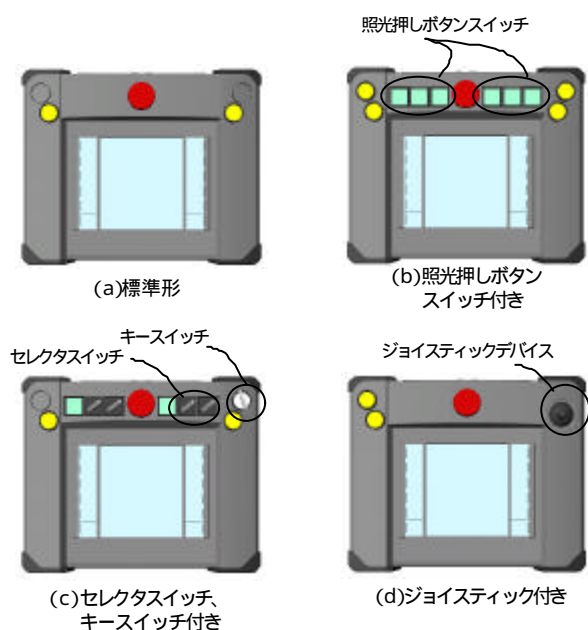


図4 バリエーションの一例

Fig.4 The example of combination switches on board

チは自由に種類が選択でき、押しボタンスイッチだけでなくキースイッチやセレクトスイッチも選べるようになっており、ユーザからの多様な要望に応えフレキシブルな対応ができると考えている。またロボットなどの座標設定に使用するポインティングデバイスやパルス発生器などの特殊用途についても対応可能とし、その拡張性を広げることによって、どのような制御環境においてもモバイル形操作表示器の優位性を発揮できる製品構成が可能である。図 4 にその一例を示すが搭載スイッチの詳細は後述の 4.3.3 項で詳細に述べる。

3.2 安全思想の追求

モバイル形操作表示器を用いることにより、機械やワークに接近して確実な操作・制御ができる反面、人と機械の距離が短くなるため操作者の安全には十分配慮する必要がある。そのため、以下のポイントを考慮して開発を行っている。

3.2.1 非常時の緊急停止

非常時の緊急停止手段としてプッシュロックターンリセット形の非常停止スイッチを搭載している。搭載位置は正面中央の上部に位置しているが(図 8 を参照)、これは一般的なティーチングペンダントにおいて両手操作から緊急時に非常停止スイッチを押すまでの動作時間が、搭載位置が製品上面や右側面に位置する時に比べて、約 0.02 ~ 0.05 秒短縮されることが報告されており、これを考慮した配置となっている。[9]

3.2.2 イネーブルスイッチ

本操作表示器には 3 ポジションタイプのイネーブルスイッチを搭載している。イネーブルスイッチはロボットのティーチング作業時において、スイッチ ON (ボタンを押す) 時に操作の許可を与えると共に、ロボットの予期せぬ動作に対してスイッチ OFF (ボタンを離す) 時にロボットが停止するという非常停止手段としての役割を持つ。しかし、人間工学的な研究から非常時には人はスイッチのボタンを離す場合と、体が硬直して強く押し続ける場合があることが報告されている。このことより、スイッチ ON 時からさらに強く押し込むと OFF になる 3 ポジション動作を持つイネーブルスイッチを開発し、搭載することにより、いかなる状況でも操作者の安全を確保できるように考慮している。[10]

3.3 耐環境性能の重視

制御機器が置かれる環境は様々であるが、油や水、冷却剤、塵などが散在する厳しい環境は当然予測される。また、可搬用途の製品では落下という現象が常に起こりうる。本製品の開発にあたっては、上記の環境にも対応

すべく基本構造はもちろんハウジング材質や形状も吟味し、より耐環境性能を向上させている。耐落下衝撃に対してはハウジング部材にエラストマ樹脂を用いて、衝撃を吸収できるように形状を工夫してある。ハウジングについては4.4項で詳しく述べる。

3.4 製品デザインについて

製品の形状デザインについては単に見た目の造形的な美しさだけでなく、その製品の機能を分かりやすく表現し、なおかつ実際の使いやすさにつながる必要がある。このため次の点に重点を置き形状デザインを行っている。



初期デザインスケッチの一例



最終デザインスケッチ

図5 デザインスケッチ
Fig.5 Draw up a plan

- (1)人との接点部分、具体的には持って握るという行為が伴うグリップ部、持ちながら押すという行為が伴う押しボタンスイッチなどの製品形状および取り付け位置については、実使用状態を十分考慮し人間工学的なデザインアプローチを行う。
- (2)SUI 部と GUI 部や表示部とグリップ部などのようにそれぞれの役割が定まっている箇所については、それが明確となるような形状をデザインする。
- (3)あらゆる場所または業種においてもマッチングするデザインおよび色。

実際のデザイン作業は外部のデザインハウスと共同で行った。HG2P 形操作表示器は 97 年度、HG2R 形操作表示器は 98 年度通商産業省グッド・デザイン商品に選定されている。図5に HG2R 形操作表示器の初期ラフスケッチとスケッチ段階での最終決定案を紹介する。

4. モバイル形操作表示器の特徴

当社のモバイル形操作表示器は、HG2P 形(操作重視形)と HG2R 形(標準形)の2種類があり、ここでは HG2R 形を中心に記載する。図6に内部ブロック図を表し、以下にそれぞれ機能ブロックとソフトウェアおよびハウジング部の説明を行う。

4.1 回路部

4.1.1 CPU 基板

メインの CPU(Central Processing Unit)が搭載されており、LCD(Liquid Crystal Display)のコントロール

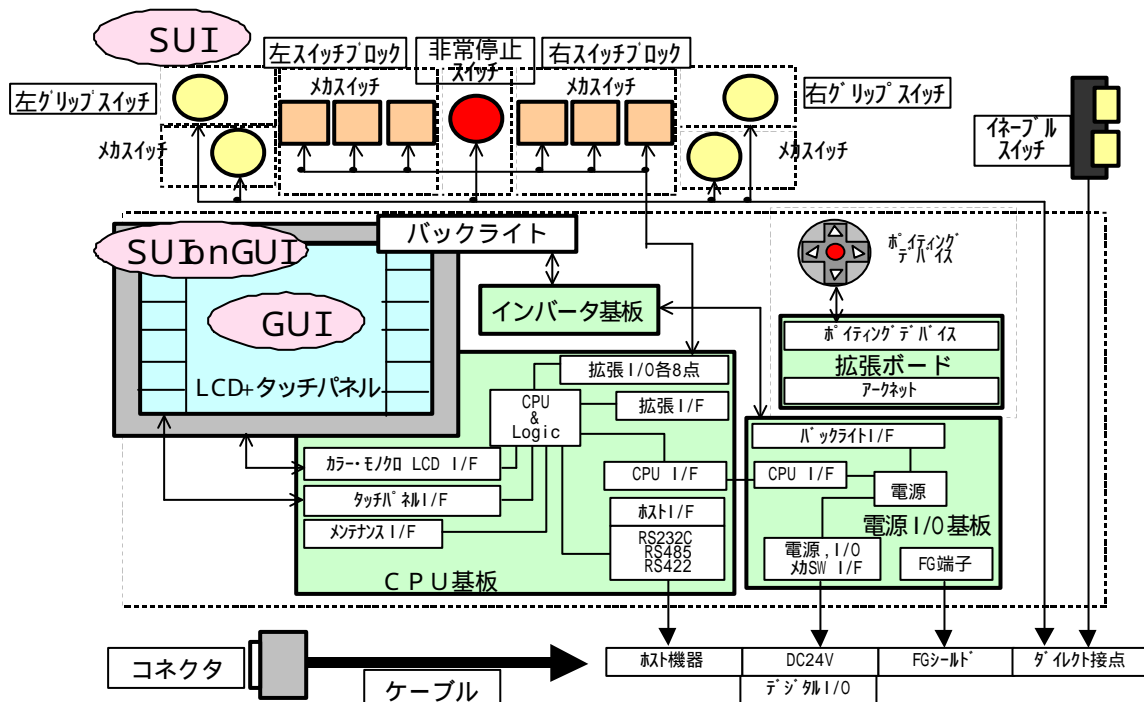


図6 内部ブロック図

Fig.6 Inside block diagram

や通信 I/F(Interface)の機能, 拡張 I/O(Input/Output) 各 8 点などを装備している。この拡張 I/O は, 準標準品対応にてユーザの SUI の要望にあった豊富なバリエーションの L6 シリーズ^{注・2)}のメカスイッチを, 上部に配置された左右のスイッチブロック部に搭載でき, そのコントロールに割り当てられる。また, 拡張 I/O は通信にて信号の処理を行うようになっており, ケーブルの信号線の削減を実現している。その他メカスイッチは, ケーブルを通じて外部に独立した信号を引き出すことが可能でありユーザサイドにて自由に外部で活用することができる。

4.1.2 電源基板

外部から供給される DC24V を元に内部駆動用の電源を供給している。電源回路部は外部供給 DC12V などにも簡単に, わずかな部品変更で対応できるよう構成されている。また, この基板には外部 I/O として入力 4 点, 出力 3 点の回路が搭載されている。

4.1.3 拡張基板

世界の潮流であるネットワークのオープン化に対しても, 業界に先駆け積極的に各種オープンネットワークへの対応に取り組んでいる。HG2Rでは準標準品対応として拡張基板を 1 枚追加内蔵できる構造になっており, 上記の一環としてトークン・パッシングARCNETプロトコル(ANSI878.1)^{注・3)}に対応した機種を用意している。またその他各種ネットワーク, さらに座標設定を行うためのポインティングデバイスやパルス発生器などの各種デバイスを内蔵することが可能となっている。

4.2 ソフトウェア

4.2.1 システムソフトウェア

既に発売済みの HG2C 形プログラマブル表示器の基本機能を継承しており, 文字キーやメッセージ切替表示器などの便利な命令を追加している。

4.2.2 作画ソフトウェア

動作設定にラダー方式を取り入れ, 好評を得ている作画ソフトウェアである“SHELLPA”[11]により HG シリーズ表示器の共通の操作性を実現している。

4.3 操作表示部

操作表示部は GUI と SUI, および SUI on GUI から構成されており, 現場での使用例を図 7 に示す。

4.3.1 表示部 (GUI)

表示素子には, 従来品より高輝度で広視野角の STN 方式の 5.7 インチ型 LCD を採用し, 視認性の向上を計った。

また, バックライトは導光板の側面に冷陰極管を配置したエッジライト方式を採用し, 本体裏ケースを開けることにより, 交換可能な構造となっている。

4.3.2 CCスイッチ (SUI on GUI)

LCD 画面上にはタッチスイッチが装着され, 左右両サイドに CC スwitch が配置されている。CC スwitch は,



図 7 実使用例

Fig.7 An instance

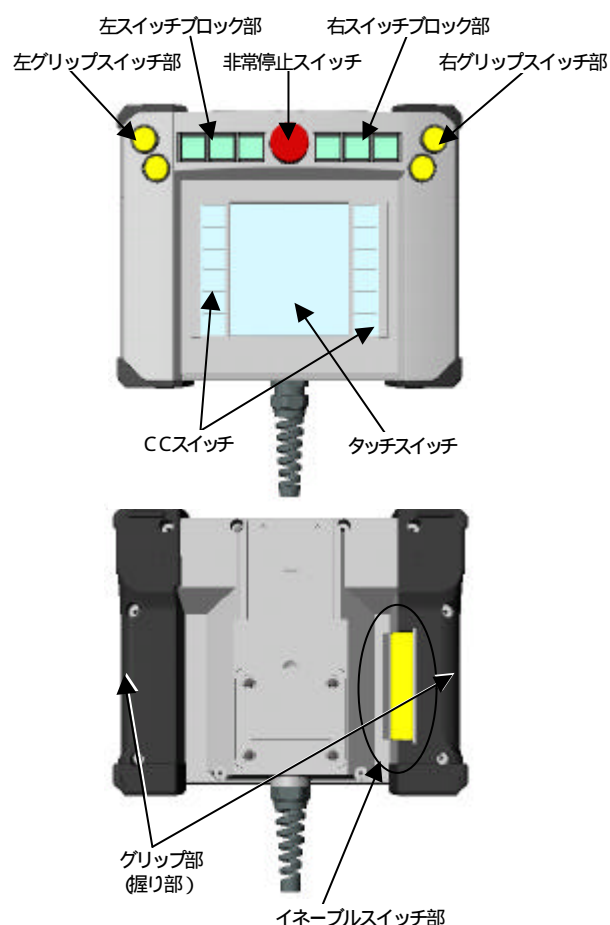


図 8 操作表示部の構成

Fig.8 Composition of the operational display

縦に6個ずつ配置され、各種入力やファンクション、四則演算キーなどに割り当てられる。従来のタッチスイッチ方式では機械やワークの状態を確認しながらの操作時に、指がブレてしまうために操作性が悪く、しかも“なぞり操作”ができずに誤操作が多発したが、CCスイッチを使用することで操作の確実性が飛躍的に向上している。

4.3.3 メカスイッチ部(SUI)

メカスイッチは図8に示すように配置されるが、図4で示したようなバリエーションも可能である。

(1) 非常停止スイッチ

搭載している非常停止スイッチは、万が一の接点溶着にも対応する強制開離機構を持ち、誤作動や誤操作を防止できるセーフティロック機能も備えた、H6シリーズ^{注4)}を使用している。これにより非常時の安全性を向上させている。

(2) グリップスイッチ部

左右グリップスイッチ部のスイッチにはL6シリーズを使用し、直接外部に接点信号を出すことができ、通信を介さない接点信号が使用できる。また、右側ハウジング内に拡張ボードを搭載することで、先に述べたポイントングデバイスなどへの特殊対応が可能となっている。

(3) スwitchブロック部

左右スイッチブロック部には、L6シリーズの角形押しボタンスイッチを搭載し、内部の拡張I/Oへ割り当てられる。なお、このスイッチブロック部はスイッチガード付きの押しボタンスイッチ、セレクトスイッチ、キースイッチなどの要求があった場合にも対応可能となっている。

(4) イネーブルスイッチ部

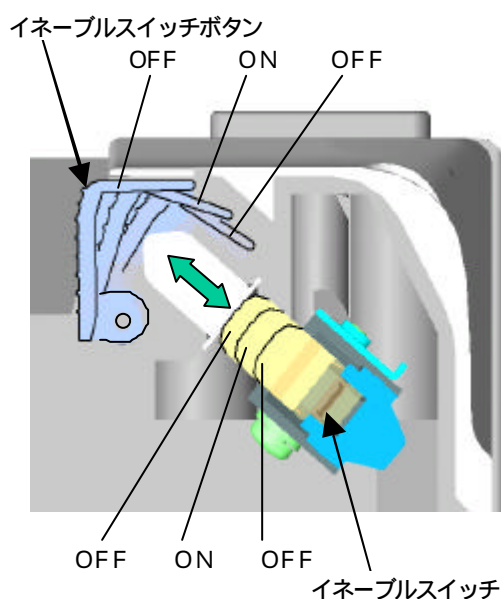


図9 イネーブルスイッチ断面図

Fig.9 Cross section diagram

本体裏面にはイネーブルスイッチ部がある。イネーブルスイッチ部は、人間工学を考慮して設計されており、操作をしていない場合は図9の状態にあり、回路はOFFとなっている。操作の際は左手で本体を持つと自然に図9の状態となるようにイネーブルスイッチボタンが配置されており、このとき回路はONとなる。操作を止めたり、緊急に停止したい場合には手を本体から離すか、図9の状態まで押し込むことにより回路はOFFとなる。このようにイネーブルスイッチには3ポジション(OFF-ON-OFF)のHEシリーズ^{注5)}を2個(2回路)使用しており、万が一、1個が接点溶着や復帰不良を起こしたとしても電気回路上正常に動作するように、安全面について考慮している。

4.4 ハウジング

モバイル形操作表示器は操作者によって、「持って握る」、「持ちながら押す」といった行為を伴う。操作者への肉体的、精神的ストレスをなるべく生じさせないように充分考慮し、人間工学的なデザインアプローチにてハウジング形状を検討した。また、開発の効率化をめざし

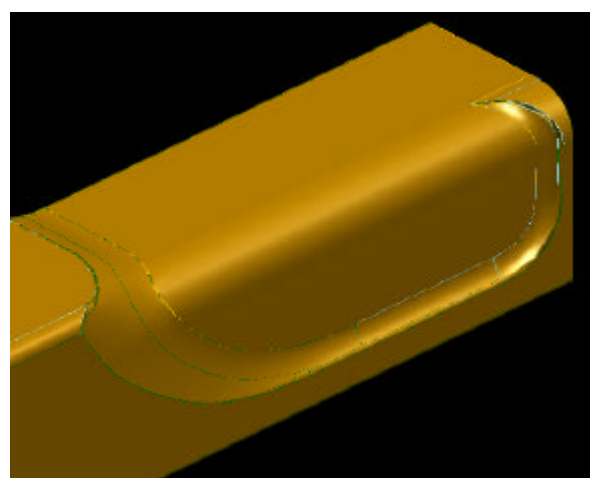
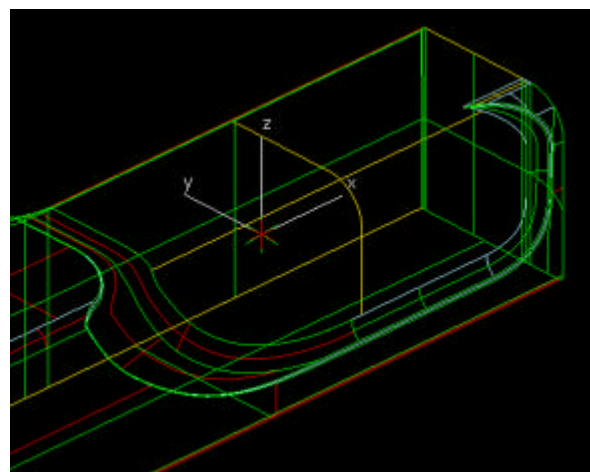


図10 グリップ部(握り部)の3次元CADモデリング

Fig.10 A modeling on 3D CAD (Part of grip)

て、設計構想段階から 3 次元 CAD を用いて開発を行っている。以下、グリップ（握り部）を代表例として詳細内容を記載する。

4.4.1 造形デザイン

モバイル形操作表示器のグリップの造形デザインについては、人が手に持って使用する携帯形であるために操作性と保持しやすさに重点を置いて形状をデザインした。両手保持または片手保持にてしっかりと固定できるようグリップ部（握り部）に窪みを設け、人差し指の内側が固定できるようにし、各種制御操作においては親指によるスイッチ操作がしやすいように指の動きを妨げない形状を検討した。図 10 は 3 次元 CAD に検討した形状をモデリングしたものであり、最終的な面形状の連続性を CAD 上で確認した。

4.4.2 3次元CAD解析

モバイル形操作表示器は常に落下による破損や故障の恐れがあり、本体においてストラップ取付可能にするなどの構造にしたが、根本的にはハウジングの形状や構造および使用する材料の選択について検討すべきと考えた。

最適な形状を導き出す方法として 3 次元 CAD 解析を実施し、性能を満足する形状を検討した。代表例として、落下想定時におけるハウジングの衝撃吸収について以下

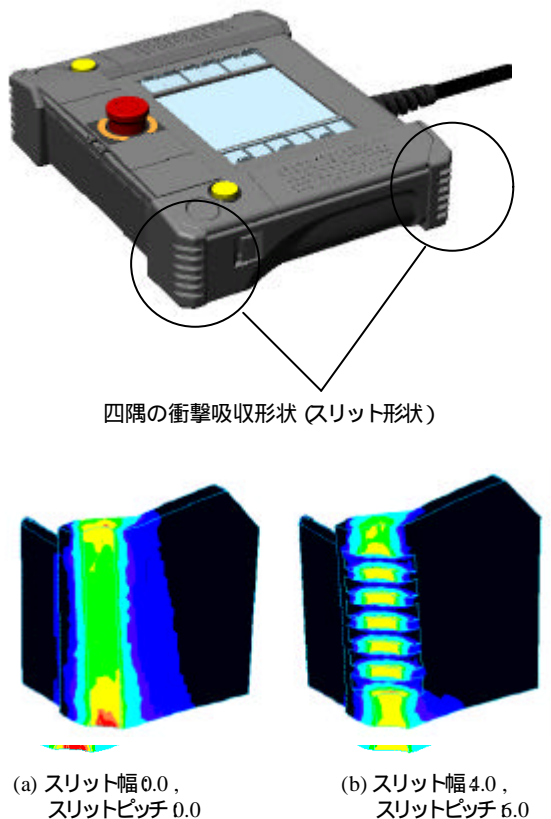


図 11 3次元CAD応力解析(グリップ部)

Fig.11 Analyze the stress on 3D CAD (Part of grip)

に記す。本体ハウジングの周囲には柔軟なエラストマ材を配し、落下衝突時においてハウジング本体にかかる応力を吸収および緩和する構造とした。落下時において最も過酷なグリップの四隅部分において、衝撃力を吸収する形状としてスリット形状を考え、そこから最適形状へ絞り込みのシミュレーションを行った。

入力パラメータとして、材質、拘束部の指示、負荷の方向そして大きさを指定した。一例として図 11 に示すが、モデルの色は落下時の応力分布度合いを表示しており、赤色に近くなるほど大きい。図 11(a)のスリット形状無しにおいては衝撃応力が広範囲に分布しており、衝撃吸収が不十分であると推察できる。しかし、図 11(b)のスリット付きではスリット部に応力が集中しており、衝撃力をほぼスリット形状で吸収している構造であることが分かる。3 次元 CAD 解析にて得た結果に加えて、模型による落下試験も行い、形状の最終決定へと至った。

4.4.3 ケーブル

本モバイル形操作表示器では、図 12 に示すような特殊な 2 重シールドケーブルを採用した。ケーブル内の電線は本体を動作させるための電源、およびメカスイッチ、非常停止スイッチ、外部 I/O、シリアルインタフェースなどの信号線が組み込まれている。通常の 1 重シールドケーブルでは、これらの信号がすべて同一シールド内に混在することになり、ケーブルが長くなったりノイズ環境の厳しい場所で使用されると、電源等から侵入するノイズがシリアルインタフェース信号へ誘導され、CPU などのデジタル回路部へ悪影響を及ぼすことが考えられる。

そこで、図のような 2 重シールドケーブル構造を採用し、内シールド内にシリアルインタフェース信号、外シールド内に、電源、メカスイッチ、外部 I/O の信号線を配置することにした。ケーブル長 10m 時の実測例で説明すると、電源部へのノイズシミュレータ印可電圧 1500Vp-p（パルス幅 1μs、立ち上がり 1ns）の耐ノイズ性能を持つ。この値は通常のケーブルと比較すると、1000V 以上（当社比）向上した実力を持つものとなっており、耐ノイズ性能が飛躍的に向上している。

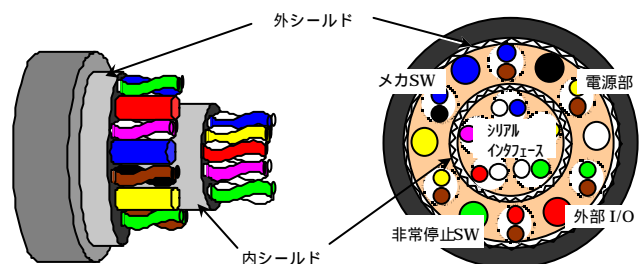


図 12 2重シールドケーブルの構造

Fig.12 Composition of double sealed cable

5. おわりに

モバイル形操作表示器が活躍する場面は今後もますます広がり、かつ多様化するであろう。今回開発したHG2P/R形操作表示器は画面サイズが中型のタイプであったが、小型や大型へのバリエーション展開、また本文中でもふれたパネルのモバイルブロックの対応、さらにはFA分野での使用を考慮し、耐環境性能面の信頼性を高めた無線化タイプなどへの展開が必要となる。

最後に、開発にあたり協力およびアドバイスをいただいた関係各位の方々に深く感謝致します。

注-1) CEマーキングは、EU（欧州連合）域内で販売される指定製品に貼付表示を義務付けられており、欧州共同体閣僚理事指令（EC指令）が示す安全規格に適合していなければならない。

注-2) L6シリーズはパネル取付穴 16 の当社コントロールユニット。丸形、角形、鍵付など多くのバリエーションを持ち、軽快な操作荷重が特徴。

注-3) ARCNET(Attached Resource Computer NETwork)とは、1977年に米国データポイント(Datapoint)社が提唱した改良型トークン・パッシング方式のローカル・ネットワーク・プロトコルの名称であり、OSI基本参照モデルの物理層、およびデータ・リンク層のメディア・アクセス制御手順までを規定する。米国国家規格であるANSI878.1に制定されている。

注-4) H6シリーズはパネル取付穴 16 の当社コントロールユニット。丸形、角形、鍵付など多くのバリエーションを持ち、やや重めの操作荷重となっている。

注-5) HEシリーズは当社の機器内蔵型イネーブルスイッチで、3ポジションの動作構造を持つ。

参考文献

- [1] 監修 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、初版、パーソナルメディア株式会社、1996年
- [2] 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、1998年、p493-p498
- [3] 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-p482

- [4] 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、p.293-298
- [5] M.298 miya 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, August 24-29, 1997, Vol. 1, pp. 619-622
- [6] 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、1998年、p295-p300
- [7] 米澤 浩 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」、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年、p257-p261
- [8] 関野芳雄 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
- [9] James W. Collins :「EXPERIMENTAL EVALUATION OF EMERGENCYSTOP BUTTONON HAND-HELD TEACH PENDANTS」、Proceedings of the HUMAN FACTORS SOCIETY 33rd ANNUAL MEETING, 1989, p951-p955
- [10] 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、1998年、p659-p664
- [11] 松本博貴 他、 「プログラマブル表示器用 Windows 対応 作画ソフトウェア SHELLPA- の開発」、IDEC REVIEW 1997、和泉電気株式会社、p43-p49

執筆者

- *1) 商品開発部 H8000 所属
- *2) 商品開発部 H5000 所属
- *3) 商品開発部 H8000 所属
- *4) 商品開発部 H2000 所属
- *5) 商品開発部 H7000 所属
- *6) 商品開発部 H8000 開発リーダー