

ユーザビリティに優れたオープンネットワーク対応の 押ボタンスイッチ SwitchNet の開発

麻 議夫^{*1} 山野雅丈^{*1} 川上昌彦^{*1} 北山英幸^{*1} 藤田俊弘^{*1}

Development of the SwitchNet, pushbutton switches for the open network with excellent usability.

Norio Asa^{*1}, Masatake Yamano^{*1}, Masahiko Kawakami^{*1}, Hideyuki Kitayama^{*1}, Toshihiro Fujita^{*1}

Abstract - Nowadays in Japanese manufacturing industry, a large number of manufacturing plants are penetrating or moving into China, and the environmental changes around the industry, for instances, the downsizing to cut the labor cost, the shortage of skilled-workers because of growing older of society, and the increase of part-time workers are growing rapidly. Subsequently further efficiency in production and the maintenance with high usability are becoming necessary. For example the necessity of improvement in usability about a huge amount of complex wirings between devices such as pushbuttons and pilotlights is significant in the FA (Factory Automation) field. In consideration of these circumstances, the wire-saving network, hereafter called SWITCHNET featuring the high usability, is developed and the availability of SWITCHNET is reported in this paper.

Keywords: Wire-saving, AS-Interface, Pushbutton-Switch, Pilot-Light

1. はじめに

自動車製造や半導体、液晶製造、工作機械における日本の重要産業分野では、高度な自動化による FA(Factory Automation)が重要視されているが、人手に頼る作業も多く、逆に人にしかできない作業もあり、人と機械が共生する環境である。ここでいう “人” とは、FA 現場における労働者のことであり、

- (1)機械や装置などを組み立てる製造者
- (2)機械や装置などを操作する操作者
- (3)機械や装置などをメンテナンスする保守点検者を定義している。

これら FA 現場における “人” の社会的環境は大きな変化に立たされている。すなわち、景気低迷によるデフレ経済下における、企業のコスト削減の追求により、人

件費や加工費、原材料費などのコスト削減のため、東南アジアや中国への製造拠点の進出や移転が続いており、日本の製造業の空洞化が深刻化している。また、人件費削減のためのリストラや熟練工の高齢化による人手不足、そしてそれを補うためのパートタイム労働者の増加などである。

このため現在の日本の製造業は少人数の未熟工による高効率の製造およびメンテナンスなどを実現しなければ、コストの安い中国の製造業に勝つことは不可能な状況にある。そこでわれわれは、現状図 1 の左図に示すような膨大で複雑であった配線を図 1 の右図のようなシンプルに省配線化でき、操作者に対する操作性や操作感を損なうことなく、未熟な製造者や保守点検者にとっても使いやすく、作業ミスを少なくできる、ユーザビリティに優れた省配線ネットワーク SwitchNet を開発したので、そ

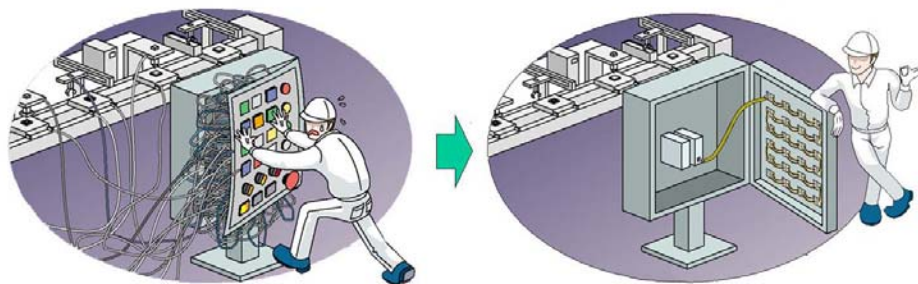


図 1 最下位層コンポーネントをネットワークによって接続した場合と、従来配線した場合の作業性を比較した図

Fig. 1 Comparison of usability in case of network wired and existing wired

^{*1}: 和泉電気株式会社

^{*1}: IDEC IZUMI CORPORATION.



(a) SwitchNet(φ 22) (b) SwitchNet(φ 16)

図 2 SwitchNet の写真

Fig. 2 Outside of SwitchNet

の有用性について報告する。

2. FA におけるネットワーク化の現状

FA 業界においては、多くの制御機器や装置がますます高度化し、有機的に接続された高度なシステムを構成しているため、機器間を繋ぐ複雑で膨大な配線が必要になっている。そのため、システムの製造者や保守点検者は熟練技術や膨大な時間を必要としていた。このような状況から、機器間の配線をネットワーク化することで、配線をシンプル化したり、診断機能を活用した容易なメンテナンスを実現することによって省工数化を図り、トータルのコストを削減するだけでなく、作業者の技能に頼らないユーザビリティの優れたシステムを構築してきた。また、オープンネットワークといわれるネットワーク仕様が一般に公開され、同一ネットワーク仕様に基づく数々の製品が各社から提供されているオープンネットワーク対応の製品を利用することで、取り扱い方や保守点検作業の共通化ができるようになり、さらにユーザビリティの優れたシステムを構築できるようになりつつある^{[1]-[4]}。しかしながら、FA のみならず PA(Process Automation)や BA(Building Automation)においても広く使用されている押しボタンスイッチや表示灯および照光式押しボタンスイッチといった最下位層コンポーネントは未だ、普及したオープンネットワークがなく、複雑で膨大な配線を行っているのが実情である。

そこでわれわれは最下位層コンポーネントをオープンネットワーク化し、パソコンの USB 機器のように手順書も配線図も必要とせず、2 本の電線をシリーズに接続するだけでシステムを構築できる、ユーザビリティに優れたオープンネットワーク対応の押しボタンスイッチや表示灯である SwitchNet を開発した。図 2 に SwitchNet の外観写真を示すが、従来の押しボタンスイッチや表示灯の中に電子回路を内蔵し、外観的な変化を殆ど変えずにオープンネットワーク化を実現している。

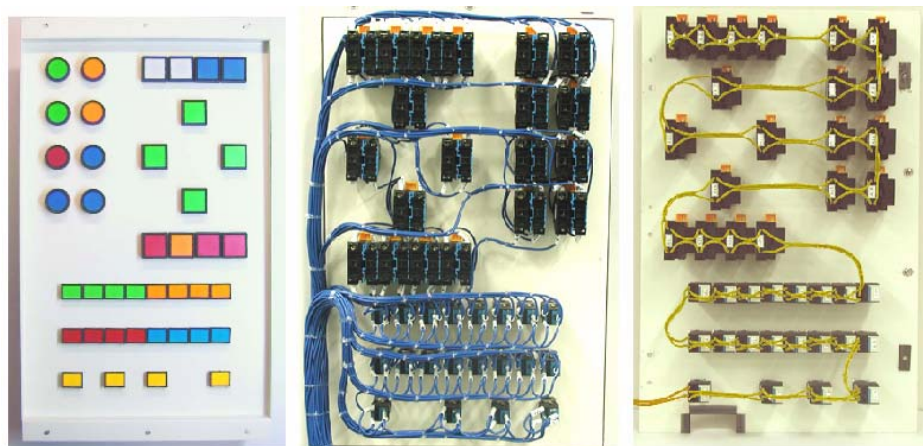
3. “人”に対するユーザビリティ

図 3 は現場に設置されている操作盤の一例であり、40 個の最下位層コンポーネントで構成されている。(a)は操作盤の表面を表し、(b)(c)は裏面の配線状態を示している。(b)は従来配線を、(c)は SwitchNet による配線を比較している。図 3 に示すような操作盤を用いて、(1)製造者、(2)操作者、(3)保守点検者の 3 者の観点から SwitchNet のユーザビリティ性を評価した。表 1 は評価する項目とその内容である、6 つの項目をまとめたものである。

3.1 製造者に対するユーザビリティ

図 3(a)のような 40 個の最下位層コンポーネントからなる操作盤を構成する場合、(b)のように従来配線では多くのケーブルが必要となっており、個別に配線された 82 本にもおよぶ太い電線の束が最下位層コンポーネントと制御機器である PLC の間を繋いでいる。そのため、どのケーブルがどの最下位層コンポーネントに接続され、PLC のどのポートと接続されているのか、ケーブルを見ただけでは判別できず、個々のケーブル両端に判別のために数字などを刻印したマーキングチューブを装着して対処しているが、その煩雑さから配線ミスが起りやすく、その確認作業にも膨大な時間を必要とするなど、ユーザビリティの向上が必要であった。

一方、図 3(c)は、最下位層コンポーネント間をネットワーク化された 2 本の電線がシリーズに配線され、PLC



(a) (b) (c)

図 3 従来配線と SwitchNet による配線の比較写真

Fig. 3 Comparison of the existing wiring and SwitchNet wiring

表 1 人に対するユーザビリティの評価

Table 1 Evaluation of the usability to people

対象者	項目	評価内容
製造者	配線時の作業性	配線の引き回し方、配線の煩雑さに対する評価
	確認時の作業性	配線の導通チェック時の作業性に対する評価
操作者	操作感	操作したときの確実性、安心感といった操作した実感に対する評価
	レイアウト自由度	操作者にとって使いやすい位置に機器を配置できるかどうかに対する評価
保守点検者	故障箇所の特定	故障箇所の特定に要する手順、時間に対する評価
	保守点検の作業性	機器の交換時における作業性に対する評価

まで 2 本線のみで配線される。そのため、ケーブルの太い束がなくなり、見た目にもすっきりした配線となっており、煩雑さから発生しがちな誤配線の心配や太い束となった電線の引き回しも不要である。また、配線作業終了後の導通チェックもネットワークを利用して一瞬に行うことができるようになった。

以上のことから、製造者にとって、配線作業と確認作業においてユーザビリティの向上が図られることがわかる。

3.2 操作者に対するユーザビリティ

表示灯や押ボタンスイッチといった最下位層コンポーネントは、FA においてもっとも人間と接する時間の多い機器であり、人間の意志を機械に伝えたり、機械の状態を知るための重要な要素である。これらは特に操作性において確実性と安心感、そして操作した実感を得られる最適なインタフェースであることを要求され^[5]、操作者にとって最適な位置に最適な機種を自由にレイアウトすることが可能なよう、1つ1つの機器を独立して取り付けられることが要求されている。

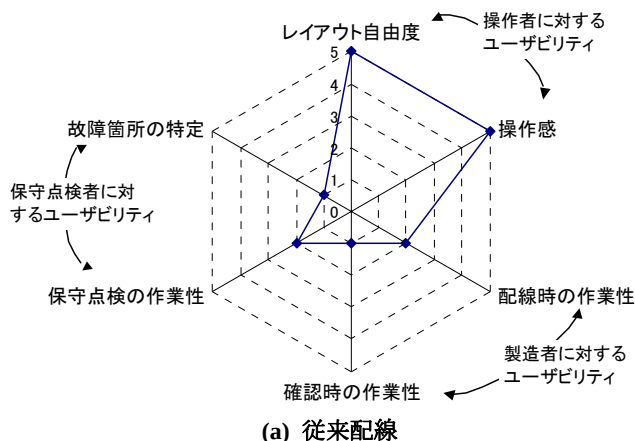


図 3 のように操作者が触れる操作盤の表面は従来機で構成されたものも SwitchNet で構成されたものも全く差はなく、レイアウトの自由度や操作性を損なっていないことがわかる。

3.3 保守点検者に対するユーザビリティ

ネットワーク化された最下位層コンポーネントは自己診断機能を持っており、最下位層コンポーネントの故障、電線の断線などによる不具合において、機器の方から人間に対して情報を発信できるため、迅速に不具合箇所を特定することができる。また、3.1 節で述べたように配線がシンプル化しているため、保守点検の作業性がさらに向上している。従来、人間側から一点一点の最下位層コンポーネントを点検しなければ、故障した機器を見つけることができないでいたが、ネットワーク化することで機械と人間の双方向の関係を結ぶことができるようになり、機器の故障によって発生する危険を大幅に減らすことができ、より安全な環境を築くことも可能となる。

図 4 に 3 者の観点から従来機と SwitchNet を評価した結果をレーダーチャートでまとめたものを示す。従来からもっていた、操作者に対する高いユーザビリティを損なうことなく製造者や保守点検者に対するユーザビリティ性を向上させていることがわかる。ユーザビリティの向上により、作業時間を短縮でき、近年増加しているパートタイム労働者のような未熟工が扱っても充分簡単に配線作業が可能であるため、トータルのコストダウンを図ることができる。

4. SwitchNet の特長

SwitchNet は操作性の向上や取り扱いを容易にするため、従来機から追加した幾つかの機能や特徴がある。

(1) スプリングクランプ

図 5 のように SwitchNet ではスプリングクランプによる接続方式を採用している。小型ドライバによってスプリングを開口し、開口した穴に電線を挿入し、ドライバを引き抜くだけで、配線が完了する。このように配線の

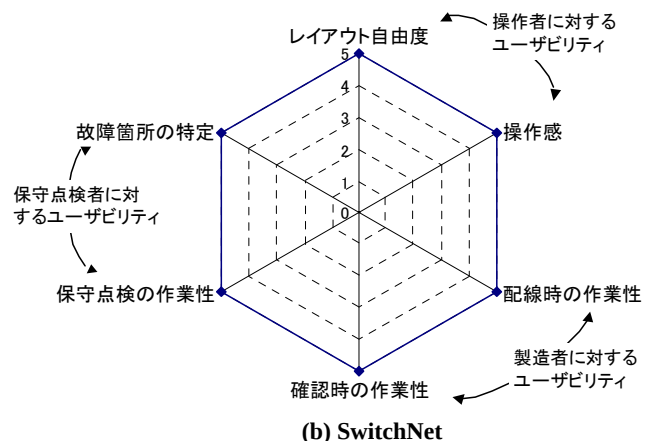


図 4 従来機と SwitchNet におけるユーザビリティ評価比較

Fig. 4 Comparison of evaluation results of usability for SwitchNet and Existing component

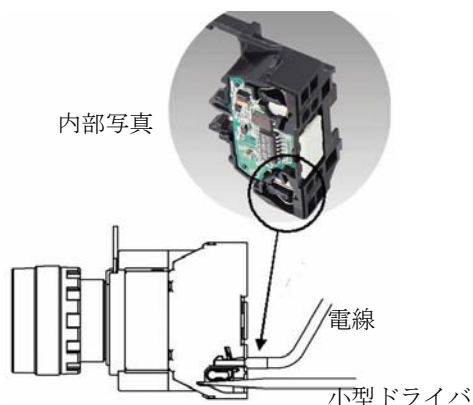


図5 HWシリーズのSwitchNet内部写真およびスプリングクランプによる接続

Fig. 5 Inside of SwitchNet HW Series and Connection using spring clamp

作業工程が簡素化でき、短時間で、だれの手でも同一の配線結果が得られる。

(2) 輝度調整

図6はSwitchNetのインテリジェント機能である輝度調整を示す写真である。

表示灯は安全性の向上のため、より広い範囲から表示灯の点灯の有無、つまり機械の動作状況を把握することが求められ、表示灯の高輝度化によってそれを実現してきた^[6]。しかし、人の居ないときや、夜間のように周囲が暗いときまで高輝度である必要はない。そのため、SwitchNetでは従来困難であった照光式押しボタンスイッチや表示灯の輝度を4段階に調整可能とし、環境に応じてネットワーク経由で適切な輝度調整を行うことで、パソコンのスクリーンセーバのように省電力化、表示灯の長寿命化を図れるようになった。

(3) AS-Interface 対応

われわれは最下位層コンポーネントをネットワーク化する場合、既に普及しているネットワークにシームレスに接続できることが重要であると考えた。その結果、ヨーロッパにおいて一般的に普及しているオープンネットであり、最下位層コンポーネントに搭載するに充分安価で小さな通信回路を構成できる、AS-Interfaceを使ってSwitchNetを実現することが最適であると結論付けた^{[7][8]}。

したがって、SwitchNetには、個々にAS-Interface対応の通信用ICを搭載し、AS-Interfaceにシームレスに接続することを可能としている。

5. まとめ

押ボタンスイッチや表示灯などの最下位層コンポーネント1つ1つに通信機能を持たせ、オープンなネットワークであるAS-Interfaceにシームレスに接続できる最下位層コンポーネントSwitchNetを開発し、その有用性を述べてきた。

機器をネットワーク化することで、1つ1つの機器の



図6 φ16形L6シリーズの表示灯輝度比較
Fig. 6 Comparison of brightness modulations using SwitchNet L6 Series

価格は多少上昇するものの、製造、運用、維持の全ての状況において、コスト削減が可能であるため、従来配線に比べてSwitchNetは低コストで運用することが可能となる。

このようにトータルのみてメリットのある最下位層コンポーネントを実現できたことを確信している。

今後は安全機器もネットワークに接続し、よりシンプルな統合的なシステムを検討していく所存である。

参考文献

- [1] Gary Marchuk: Open Systems, Move to the Factory Floor; SENSORS, March, p12-16 (1999)
- [2] Rob Winkler, : Clearing Up the Confusion on Ethernet; SENSORS, January, p28-35 (1999)
- [3] Wayne Labs: Connectors and terminal blocks, A technology update; I&CS, February, p27-34 (1999)
- [4] AV Scott and WJ Buchanan: Truly Distributed Control Systems using Fieldbus Technology; Proceeding of the 7th IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer Based Systems, (2000)
- [5] 三輪 他: GUI と SUI の融合による新しい HMI 操作表示環境の構築; ヒューマンインターフェースシンポジウム '98 論文集, pp.493-498 (1998)
- [6] 馬野 他: HMI 環境における安全向上のための高輝度 LED 表示技術の開発; ヒューマンインターフェースシンポジウム '99 論文集, pp.343-348 (1999)
- [7] Masao, D., et al.: Proposal of the Need for Networking Based on Analysis of the Configuration and Connection Forms of the Field-End Components in the Fields of Factory Automation; Conference record of the 2001 IEEE Industry Applications Conference 36th IAS Annual Meeting, pp.1294-1302 (2001)
- [8] Hideyuki, K., et al.: Development of SwitchNet as an optimal Network for the Field-End Components in the Fields of Factory Automation; Conference record of the 2001 IEEE Industry Applications Conference 36th IAS Annual Meeting, pp.1285-1293 (2001).