

安全性と使いやすさを向上した 高輝度、省エネルギー LED 集合表示灯の開発

Development of High Brightness and Energy-saving LED Combination Display Lights
and Improved Safety and Usability

尾畑 哲史^{*1)} 馬野 勝三^{*2)} 木戸 隆太郎^{*3)} 村上 智^{*4)}
Norifumi Obata Katsumi Mano Ryutaro Kido Satoshi Murakami

要 旨

表示機能を有するコントロールユニットは、人間工学的観点から、人と機械の間の情報コミュニケーションをより確実に、より直感的にわかりやすく伝え「人と機械の最適環境を創造」することが求められる。また、機械類の国際基本安全規格である ISO12100 は今年度後半に発行される予定であり、機械安全の向上に対して関心が高まるなか、人に対する安全性を配慮した製品開発が急務となっている。今回、更なる表示環境の最適化として集合表示灯に「新しい高性能 LED デバイス実装技術」を導入し、従来品より大幅な視認性の向上と省エネルギー化を実現し、更に「感電防止多連渡り金具」により安全性と使いやすさを向上させた。

本稿では、新しく開発した集合表示灯を紹介しながら視認性、省エネルギー化の向上および安全性と使いやすさの追求について報告する。

Abstract

Control units incorporating display function must convey information in secure and clear manners from ergonomics viewpoints so that people perceive the message intuitively. To achieve this, creating optimal environments is essential.

In addition, machine safety draws more attention because stipulation of ISO 12100 is currently under deliberation. In such circumstances, product development in consideration of human safety has never been more acute. Currently, we attained higher visibility and energy saving in display lights through high-performance LED mounting technology. We also used “electric-shock-proof manifold jumpers,” which improves usability and safety. This paper describes the combination display light and its visibility, energy-saving, safety and usability.



NEW SLC シリーズ代表機種
Representative models of the new SLC series

1. はじめに

FA (Factory Automation) 分野において、人と機械の最適環境を創造するために、多くのコントロールユニットが使用されている。

ここで機械安全について世界の情勢を見ると、機械類の国際基本安全規格 ISO12100 発行に向け検討が進められており、日本国内においても厚生労働省労働基準局より「機械の包括的な安全基準に関する指針」が通達されるなど関心が高まってきた。そのためこのニーズに対応した製品開発が急務となってきた[1]。

当社は、集合表示灯において最先端の表示技術を採用し提案を推進してきたが、更なる安全性と使いやすさを図るため「高輝度化」と「省エネルギー化」および「感電防止多連渡り金具」の開発を行ったので報告する。

2. 改善点

集合表示灯に対し市場から要求される課題としては、「視認性の向上」「省エネルギー化」「使いやすさと安全性の両立」が挙げられる。以下にそれぞれの課題を具体的に説明する。

(1)「視認性の向上」

人が外界から受けるすべての情報のうち、視覚を通じて受ける情報は全ての感覚（視覚・聴覚・臭覚・味覚・触覚）から受ける情報の87%を占めるといわれる[2]。つまり、ヒューマン・マシン・インタフェース (HMI) のマシン側 (Machine) から人 (Human) に対し、視覚による情報伝達手段をとる表示灯には視認性の高いものが要求される。その中でも、多数の機器を監視する目的に使われる事が多い集合表示灯は、図1に示すとおり作業者と比較的離れたところに設置されることが多い。そのため輝度が不足していれば、点灯または消灯の識別確認が困難になり、作業者に正しい情報が確実に伝わらなくなる。

また、表示色の色彩を明確にしておく事は、集合表示灯から離れた場所にいる作業者が直感的に表示の意味を正確に理解する事を可能にする。表示色については、IEC60073 および IEC60204-1 規格において、非常事態は赤色を正常または安全状態は緑というように表示色の意味が厳密に定義されており、人間が直感的に色から受けとめるイメージと合致したものとなっている。表1に、国際標準会議 IEC60073 および IEC60204-1 に定義されている「表示灯の色及び機械の状態に関するその意味」から引用した内容を示す[3][4]。しかし、従来のLEDにおいては、緑と黄では発光波長のピークスペクトル差が小さいため表示色が明確に識別しづらく、作業者が色を誤認し誤った判断をしてしまう危険性があった。

ISO12100 の3.6項によれば、機械設計者において人間



図1 FA環境のモデル図

Fig.1 Models of Factory Automation Field

表1 「表示灯の色及び機械の状態に関するその意味」
(国際電気標準会議 IEC-60073, 60204-1 より引用[3][4])

Table 1 “Cording principles for indication devices and actuators” (quoted from International Electric Standard Conference IEC-60073, 60204-1)

色	意 味	説 明	操作者の行動
赤	非常事態	危険な状態	危険な状態に対処する即時行動
黄	注 意	異常事態 切迫した臨界状態	監視および (または)介入
緑	正 常	正常な状態	任意
青	義 務 的	操作者の行動を要求する状態を表示	義務的行動
白	中 性	その他の状態 赤・黄・緑・青を使用するのに疑義のある場合いつでも使用してよい	監視

工学原則の遵守を求めている[5]。つまり表示灯およびディスプレイは、オペレータ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しなければならないことを意味する。表示色の色彩を明確にし「視認性の向上」を図ることは、オペレータのストレス低減により安全性を増すことにも寄与する。

(2)「省エネルギー化」

ISO14000 の普及に伴ない、地球環境保全のあり方が見直されつつある今日では、環境への負荷の少ない省電力商品が求められている。点灯窓数の多い集合表示灯において省エネルギー技術の確立は、消費電力の大幅削減を可能にする。

(3)「使いやすさと安全性の両立」

集合表示灯は、非常に多くの配線作業工数を必要とするという特性がある。従来の手法としては、配線作業工

数を少しでも軽減させるためコモン端子側を渡り金具で配線するケースが多い。また、従来の渡り金具は充電金属部に感電防止がなされていないため、端子部に感電防止カバーを装着しただけでは感電防止が不十分であり、パネル裏面全体をアクリル板で覆うなどの別の手段を併用する必要があった。初めにも述べたように、より安全性への関心が高まるなか、人に対する安全性として感電防止は極めて重要であると考えます。

以上の課題に対して、どのような対策が実施されているのかを説明する。

3. 技術的対応

3. 1 視認性の向上

表示灯における視認性の向上は、機器運転際の安全に直結する重要な課題であり、高輝度化と色彩の明確化が必須である。当社では、近年確立されてきた高性能 LED のデバイス実装技術を取り入れ、表示灯の輝度および色彩の明確さを大幅に向上させている。高性能 LED デバイス（以後、スーパーLED と呼称する）とは、発光効率が非常に高い四元素もしくは窒化ガリウム系の LED を指す。

従来 LED とスーパーLED における、LED 1 チップあたりの輝度の比較を図 2 に示す。比較内容としては、DC10mA の定電流を通電したときの各々の輝度を測定したものである。緑色(色記号: G)において、従来 LED では 13.1cd/m² であるが、スーパーLED では 89.5cd/m² となり、従来 LED に対し 683%の高輝度化が実現していることが分かる。このスーパーLED を導入した一例として、当社集合表示灯 SLC40 に関して、従来 LED とスーパーLED を搭載した場合における輝度の比較を図 3 に示す[6]。

特に緑色(G)におけるスーパーLED 仕様は、従来形と比較して LED 素子数および消費電力を共に半減させたにも関わらず、340%の大幅な輝度の向上を実現した。

先にも述べたように、機械運転時において緑色は正常状態を黄色は注意喚起を示し、それぞれの意味が相反する。つまり、表示灯ではこれらの発光色の色彩を明確化させることが安全性において重要であり、スーパーLED の導入により実現させている。図 4 に示すとおり、従来の LED の緑色(G)と黄色(Y)の発光色は、色度値が互いに近い関係にあった。しかし、スーパーLED の導入により鮮明な緑色が得られ、相互の色が明確に識別できるようになった。

また、PW（ピュアホワイト）は白熱球で得られなかった蛍光灯の昼光色に近い発光色であり、昼光色の市場要求は高く PWはこの要求に対して高品位で応えている。PW の発光原理については、別稿の「安全性の向上並びに省エネルギー化を実現する高輝度・多色 LED 表示技術の開発」で述べられているので参照されたい[7]。表示灯における視認

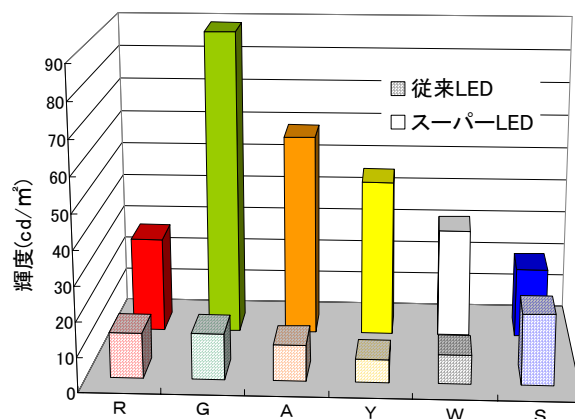


図 2 LED 1チップあたりの輝度比較

Fig. 2 Comparison between conventional LED and Super LED in brightness per chip.

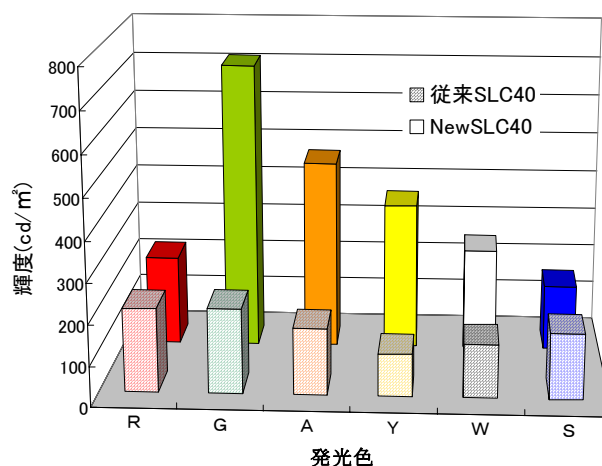


図 3 従来 SLC40 と NewSLC40 の輝度比較

Fig. 3 Comparison between conventional SLC40 and new SLC40 in brightness

性の向上は作業者に注意を促すとともに、安心感を与えることで疲労を低減させ、安全面において大きく貢献すると期待できる。

3. 2 省エネルギー化の実現

当社 SLC40 集合表示灯に関して、従来 LED と今回開発したスーパーLED を搭載した 2 種類の異なった光源による消費電力の比較を行った。

6 種類の LED の発光色の内で著しく効果のあった緑色について、DC24V を印加した時の各々の消費電力と輝度値および性能指数に関して検証を行った。消費電力に関しては図 5 (a)に示すとおり、従来 LED の 0.88W に対してスーパーLED は 0.36W となり、従来 LED の 41%の省エネルギー化が実現している。

また、輝度の値については図 5 (b)に示すが、既に 3.1 で述べたように約 3.5 倍の大きな値が得られている。

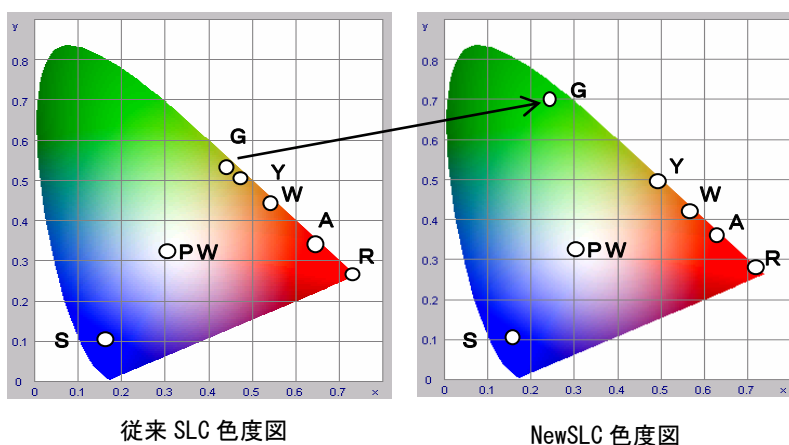


図4 発光色の色度図上での分布

Fig. 4 Illumination colors on the chromaticity diagrams

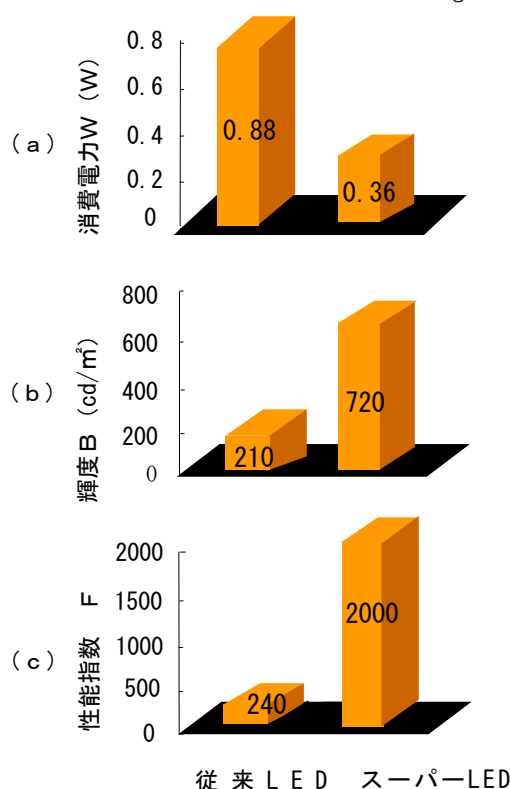


図5 消費電力－輝度グラフ

SLC40 発光色：緑

Fig. 5 Conventional LED vs. Super. LED in consumption color, brightness and performance SLC40, illumination: green

次に、スーパーLEDの表示灯としての高い性能を定量評価するために、単位電力あたりの輝度を性能指数として定義し次式に示す計算式より算出した。

$$\text{性能指数 } F = \text{輝度 } B / \text{消費電力 } W$$

算出結果を図5(c)に示すが、従来LEDの緑色値240に比べスーパーLEDにおいては、2000と飛躍的な大きな値が得られている。このように、省エネルギー化と高輝度化を同時に実現している。

この高輝度化を伴った省エネルギー化技術の確立は図6に示すように、本来の用途である集合取付を考えた場合の消費電力および発熱量の大幅な削減が可能となる。このことからスーパーLEDが導入されることにより、ISO14000に代表される環境負荷低減に大きく貢献できると考える。

3. 3 使いやすさと安全性の両立

集合表示灯において、配線時の作業性向上（使いやすさ）と充電部の感電防止への対応（安全性）は非常に重要である。当社の集合表示灯NewSLC30/40シリーズでは、SS(Save&Safety)端子構造および感電防止カバー付多連渡り金具を採用することで使いやすさと安全性を両立させている。また、表示部における使いやすさとして、記名フィルム対応構造を採用しており、これらの構造の特徴を以下に説明する。

(1) SS端子構造

SS端子は図7に示すように本体と端子カバーが一体構造で形成されており、従来のように配線作業後に端子部へ一つ一つ端子カバーを装着する必要が無い。また、従来品は配線作業後に脱着可能な感電防止カバーを端子部各々に装着する構造となっていたが、その煩わしさから

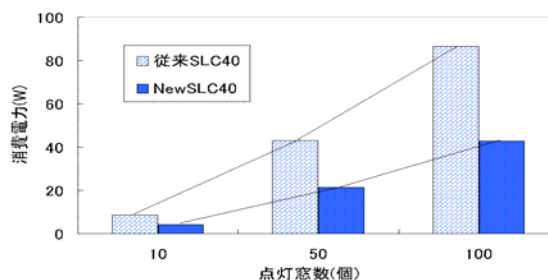


図6 点灯窓数－消費電力

Fig. 6 The correlation between the number of illumination face and power consumption

装着を省略したり、不用意に端子カバーが外れたりする場合もあり、安全に対して必ずしも充分であるとはいえなかった。

SS端子は端子ねじを緩めた時、ねじはアップ状態で保持され配線待機状態となるため、丸形圧着端子を使用して配線する場合に配線作業工数の大幅な削減が実現できる。また、アップ状態で保持されているので、脱落によるねじ紛失の恐れや脱落したねじが設備や機械に混入して短絡事故が発生することなく、配線の作業性と安全性の両面から非常に効果のあるものとなっている[8]。

(2) 多連渡り金具による配線の作業性

コモン端子側の配線工数を削減させる手段として、従来より隣接端子との間で渡り金具を使用することが多かった。今回、更に配線作業性を向上させるため、図8に示すような4窓の端子間を一度に渡りがとれる感電防止多連渡り金具を開発した。本品は、露出する充電金属部が樹脂で覆われた構造となっており、SS端子と組み合わせて使用することで確実な感電防止を実現することができる。図9に、SS端子に感電防止渡り金具を装着した外観を示す。

縦横5窓で形成された25窓の集合表示灯において、従来方式と新方式の配線作業工数を実測比較した結果を図10に示す。従来場合は、ねじ端子に渡り金具を接続後、端子カバーを装着するまでに791秒の工数が必要であるのに対し、SS端子に多連渡り金具を接続するのに必要な工数は445秒であり、56%の工数で配線作業が可能という結果となった。

(3) 記名フィルム対応構造

表示部における使い易さへの配慮として、記名フィルム対応構造を採用した。従来は記名板への彫刻でのみしか記名表示が行えず、記名作業において時間と費用が大幅にかかっていた。そこで図11に示すように、色板または記名板の梨地面を光源側に向けレンズホルダに挿入することで、記名フィルムの厚み分が確保できる構造とし、レンズと記名板の間に記名フィルムを挿入することにより記名作業における時間と

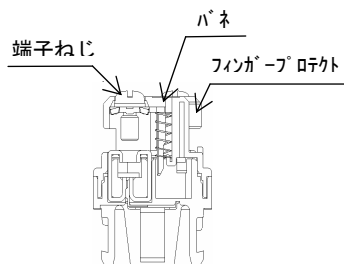


図7 SS端子ダイレクトユニット構造

Fig. 7 Structure of an SS terminal direct unit

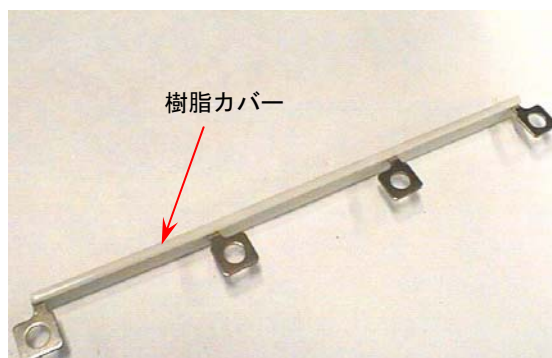


図8 感電防止多連渡り金具

Fig. 8 electric-shock-proof manifold jumper



図9 SS端子に感電防止多連渡り金具を装着した外観

Fig. 9 Appearance of an SS terminal direct unit with four-clip current bars mounted

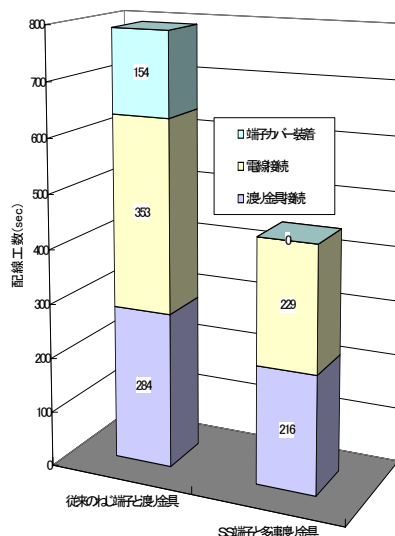


図10 25窓における配線作業工数の比較

Fig. 10 Conventional terminal with current bar vs. SS terminal with four-clip current bar in wiring labor per 25 illumination faces

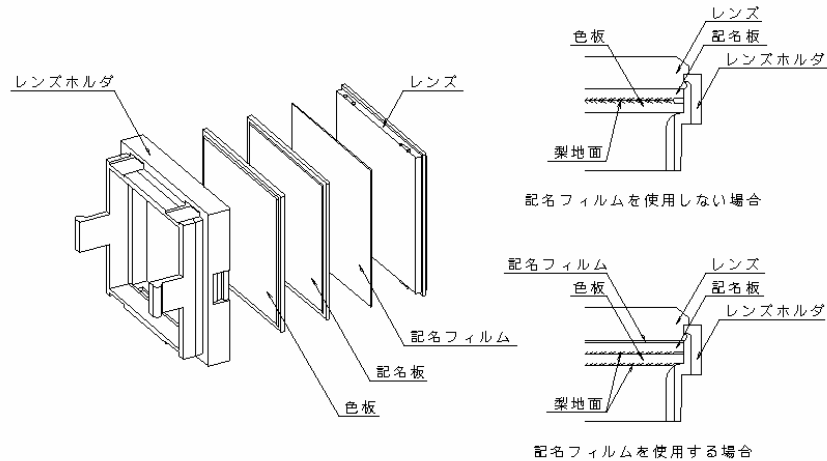


図 11 記名フィルム挿入状態

Fig. 11 Order of marking film insertion

費用が大幅に削減でき、なおかつ急な表示仕様の変更にも柔軟な対応が可能となった。

4. まとめ

本稿では、現在の集合表示灯に対し市場から要求される課題とその対策について、新しく開発した NewSLC シリーズについて報告してきた。

今日、ISO14000 の普及に伴い地球環境への意識の高まりから「地球環境へ配慮した開発（部品点数の削減、部品のリサイクル、省エネルギー）」が今後より一層重要になると考えている。また、ISO12100 が発行されることにより HMI 環境における人（Human）および機械（Machine）に対する安全性の確保が今後重要な課題と位置づけられる。

このように集合表示灯を取り巻く技術環境は日々刻々と変化しており、当社としては今後もこれらの技術環境をふまえながら、「視認性の向上」と「省エネルギー化」および「使い易さと安全性の両立」をさらに訴求した集合表示灯の開発を行う所存である。

最後に、NewSLC シリーズの開発あたりご協力いただいた、生産技術センターおよびハイデック株式会社その他関係部署の皆さまにこの場を借りて深く感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 厚生労働省労働基準局：機械の包括的な安全基準に関する指針：http://www.jaish.gr.jp/hor_s_shsi/hor_s_shsi/100207
- [2] 山中俊夫著：“色彩学の基礎”，(株)文化書房博文社，初版，1997，p.9

- [3] 国際電気標準会議 IEC 60073:Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification- Coding principles for indication devices and actuators, 1996
- [4] 国際電気標準会議 IEC 60204-1: Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part1:General requirements, 1997
- [5] 和泉・安全コンセプトブック，和泉電気株式会社，2000，p3
- [6] 和泉・SLC シリーズ集合表示灯カタログ，和泉電気株式会社，2001
- [7] 馬野 勝三，三輪 高仁，間宮 勝，脇家 慎介，太田 勉，福塚 浩史，高木 俊和，西原 敏：“安全性の向上並びに省エネルギー化を実現する高輝度・多色 LED 表示技術の開発” IDEC REVIEW 1999，p36-38 和泉電気株式会社
- [8] 山野雅丈，磯部雅志：“省と安全：Save & Safety を追求した SS 端子の開発” IDEC REVIEW 1997，p.57-62 和泉電気株式会社

執筆者紹介

- *1) 商品開発部 H1000 所属
- *2) 商品開発部 H6000 所属
- *3) 商品開発部 H1000 所属
- *4) 商品開発部 H6000 開発リーダー