

人と機械の共存環境において 表示灯に求められる光学デザインの追求

谷口 正純^{*1} 去来川 勇樹^{*1} 河中 泰治^{*1} 福井 孝男^{*1}
河中 保則^{*1} 境井 貴行^{*1} 竹下 照彦^{*1} 柏木 剛^{*1}

Optics-photonics design for indicator lights in HMI environments

Masazumi Taniguchi^{*1}, Yuki Isagawa^{*1}, Kawanaka Yasuharu^{*1}, Takao Fukui^{*1}
Yasunori Kawanaka^{*1} Takayuki Sakai^{*1}, Teruhiko Takeshita^{*1} and Tsuyoshi Kashiwagi^{*1}

Abstract – In HMI (Human Machine Interface) environments, indicator lights play a very important informative role as they enable workers to understand their equipment's and machinery's functioning conditions in just one look. In this paper, we consider the different lighting methods of indicator lights and illuminated pushbuttons as well as their effectiveness, and we report on the optics-photonics design technology used in IDEC products.

Keywords: Indicator lights, Illuminated push buttons and HMI

1. はじめに

図1に示す人と機械が共存するHMI(Human Machine Interface)環境において、人へ機械や装置の状態を伝達するために、視覚的な手段が有効であり、その手段の一つに表示灯が挙げられる。

表示灯とは、電源から供給される電圧・電流によりLED等の光源を発光させ、様々な色に点灯することで、視覚を通じて作業者に機械や装置の状態を伝える機器である。人が外界から受ける全ての情報のうち、視覚を通じて受ける情報は全ての感覚の87%を占めるとされており^[1]、情報伝達に欠かせない機器であるといえる。

それら表示灯の求められる仕様は、伝達する情報の内容、情報を伝達する対象者の位置や周囲の明るさなど、使用する環境によって大きく変わるため、使用する状況に応じた表示灯が必要となっている。一方、FA現場では近年若者や女性の雇用創出を目的として、現場クリーン化が急速に進んでおり、それら現場に設置される機械や装置の表示灯や押しボタンスイッチにおいて清潔感をイメージするデザインの要求が増加している。

本稿では、表示灯の状況に応じた役割と求められる仕様を述べるとともに、当社で新たに開発した広視野角・高視認性の表示灯とデザイン性の高い照光機能を備えた照光式押しボタンスイッチに採用した光学技術について報告する。

2. 表示灯の役割と求められる仕様

2.1 表示灯の役割

表示灯は伝達する情報内容や伝達する距離により求め

られる明るさが大きく変わる。明るさと距離の観点から役割のポジショニングを図2に示す。

①指示表示・判断要求

機器正面の作業者に対して次のアクションを促す役割となるため、手の届く範囲で点灯が確認できれば良く、明るさもそれほど必要ではない。用途としては、工作機械の操作パネルなどが挙げられる。

②状態表示

機器より少し離れた作業者に対して、その機器の状態を伝達・把握させる役割となり、その機器からの距離に応じた明るさが必要となる。用途例としては、工作機械や駅のホームドアなどが挙げられる。

③存在・位置表示

非常誘導灯のように多数の人に遠く離れた場所からでもその位置・存在を示す役割となるため、広い視野角や十分な明るさ、大きさが必要となる。

④注意喚起・警告表示

異常が発生した際に、その異常が影響を及ぼす範囲



図1 HMI 環境例

Fig.1 HMI Environments

*1: IDEC 株式会社

*1: IDEC Corporation

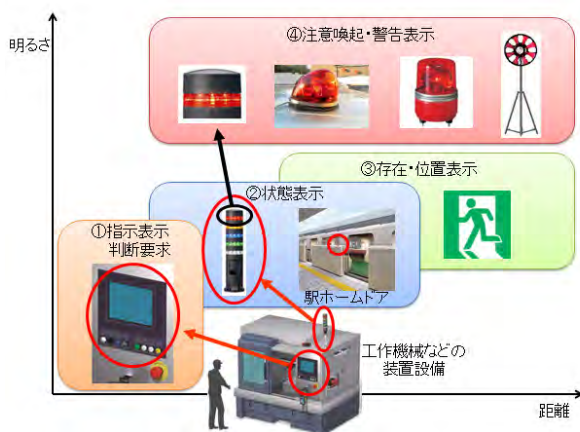


図2 表示灯の役割別ポジショニング
Fig.2 Positioning of indicators according to roll

にいる人すべてに確実に警告・注意喚起を伝達する必要があるため、距離に関わらず強い明るさが求められる。また、点滅などの視覚的情報やブザーなどの聴覚的情報を併用するケースもある。

2.2 表示灯に求められる仕様

表示灯に求められる仕様、つまり明るさや視野角は役割や伝達距離により大きく変化する。2.1 項で述べた4つの役割別に表示灯に求められる仕様を整理すると表1の通りとなる。

「②状態表示」の役割において、FA分野では一般的に積層表示灯など視認性のみを重視した大型の製品がよく用いられているが、駅ホームドアや無人管理型の駐輪場

表1 表示灯の役割別要求仕様

Table1. Requirements for indicators according to role

役割	情報伝達距離	表示灯の明るさ	点灯確認が必要な方向	代表例
①指示表示 判断要求	数十cm～数m	 弱	正面	機械の 操作パネル
②状態表示	数m～数十m		正面	集合表示灯
			全方向	積層表示灯 ホームドア
③存在・ 位置表示	数十m～数百m		全方向	非常誘導灯
④注意喚起・ 警告表示	数m～数百m		全方向	回転灯 サイレン



20~30 年前



現在

図3 操作パネル

Fig.3. Operate Panel

などの普及で公共設備への高輝度なLED表示灯の設置が増加しており、不特定多数の人がアクセスする可能性のある機器では、視認性はもちろんだが、人や物の衝突を軽減する小型タイプを求めるケースが増加している。

一方、「①指示表示・判断要求」の役割において、従来は図3(左)の操作パネルのように、悪環境でも耐える堅牢なものが多く使用されていたが、近年の現場のクリーン化が進むにつれて、図3(右)の操作パネルのように清潔感のあるデザインが好まれる傾向である。

そこで、それらの課題やニーズに応えるべく当社が開発した表示灯および照光式押ボタンスイッチを例に挙げてその光学技術について報告する。

3. 広視野角・高視認性LED表示灯構造

近年、消費電力削減による省エネルギー、高寿命による省資源化の観点より光源のLED化が進んでいる。

しかし、図4のようにLEDは光の指向角が狭く、表示灯に使用すると、従来多く使用されていた白熱球に比べ、視野角が狭くなるという欠点がある。

したがって、LEDを用いて広視野角で高い視認性を得るためには、LEDを多方向に向けて複数個搭載する方式が一般的であるが、構造的に小型化できないというデメリットがある。

このデメリットを解決すべく、拡散レンズを用いた新たな光学技術を開発し、単一LEDで広視野角を確保する手段を実現し、表示灯の小型化を可能にした。

3.1 広視野角化

図6のように、従来の表示灯構造では表示灯の取付面に対して水平方向への光が弱く、視野角が狭くなる。

そこで、光を導光する拡散レンズを表示灯内部に組み込み、指向性の狭いLEDの光を水平方向へ導光し、広視野角化を実現している。

従来の表示灯と拡散レンズを用いた表示灯の実際の輝度を比較すると、図7の通り約3倍の輝度向上が確認できた。



白熱球 LED モジュール

図4 白熱球・LEDの指向性比較

Fig.4 Comparison of directivity angle between Incandescent lamp and LED



図 5 AP22 形超高輝度 LED 表示灯
Fig.5 AP22 Series Ultra-Bright Pilot Light

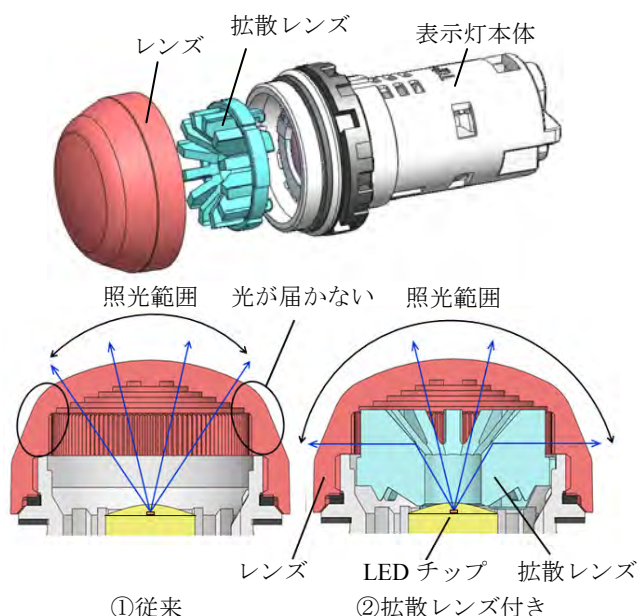


図 6 拡散レンズ効果
Fig.6 Effect of diffusing lens

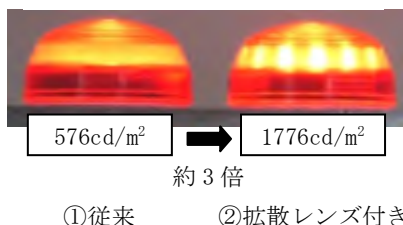


図 7 従来・拡散レンズ付きによる点灯比較
Fig.7 Comparison of lighting with or without a diffusing lens

3.2 高視認性化

図 7 に示す左の表示灯が従来方式でぼんやりと全体が照光しているが、屋外などの周囲環境が明るい場所では点灯/消灯の区別が付き難く、視認性が良いとは言えない。そこで当社ではストライプ状に照光させることで、光の強弱をつけ、点灯時・消灯時との違いを明確にしている。



図 8 ストライプ照光
Fig.8 Stripe illumination

4. リング照光構造における光学技術

現在の照光式押ボタンスイッチは、堅牢で単にボタン全体が照光するデザインやスポット的に照光するデザインが主流となっているが、近年装置のデザイン指向により、デザイン性が高いものが求められている。

当社では導光機能を備えたレンズにて、ボタンがリング状に照光する技術を開発した。その光学技術を利用している図 9 に示すリング照光式押ボタンスイッチについて詳細を報告する。



図 9 リング照光式押ボタンスイッチ
Fig.9 Ring-illuminated pushbutton

4.1 リング照光

一般的に照光式押ボタンスイッチの光源は中央に配置されており、その光をリング状に均一に拡散させる必要がある。そこで、図 10 のように導光機能を有したレンズをボタン内部に配置することで、図 11 のように中央部からの光を導光しリング状の照光を実現した。

4.2 輝度の均一化

図 9 の右側の角形ボタンにおいては、図 12 のように中央から照光部までの距離が異なるので、距離が短い部分（距離 A）は明るく、距離が長い部分（距離 B）は暗くなり、従来方式では不均一に照光することになる。

そこで、図 13 のように明るい部分の光の一部を暗い部

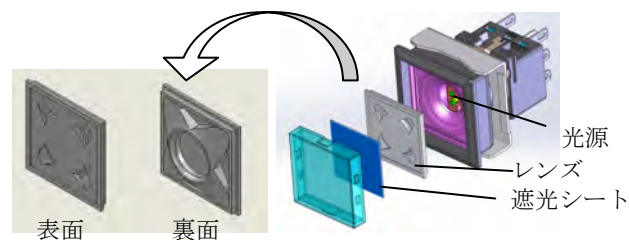


図 10 照光構造
Fig.10 Structure of Ring-illuminated pushbutton

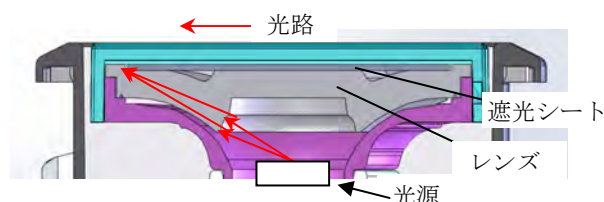


図 11 レンズ内部の光路
Fig.11 Optical pass inside the lens

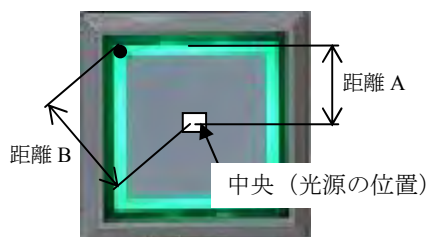


図 12 光源からの距離差による明るさの違い
Fig.12 Difference of brightness depending on distance

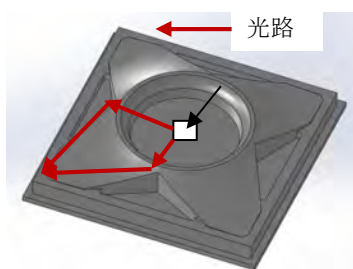


図 13 レンズ
Fig.13 Lens

分に導光させる凹み部をレンズに設けることで、光路長の差に対して光量を調節するレンズを開発し、角形ボタンにおいても均一な照光を実現した。

レンズの有無による輝度比較の結果を示す。図 14 に示す照光部の各部位(測定位置 1~3)の輝度を測定した。輝度の一番高い箇所(測定位置 2)を 100%とした場合に輝度が一番低くなる隅(測定位置 1,3)との輝度差を図 15 に示すようにグラフ化した。レンズなしの場合は、一番輝度差の大きい測定位置(1,3)では輝度が 65%低下しているが、レンズありの場合は、25%しか低下しておらず、レンズが照光部の輝度平滑化に効果があることを確認した。

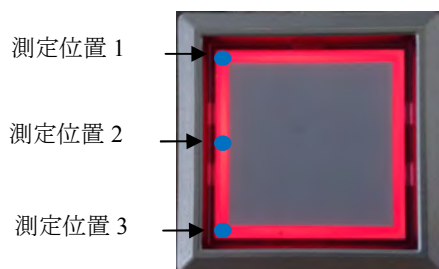


図 14 測定位置
Fig.14 Measurement position

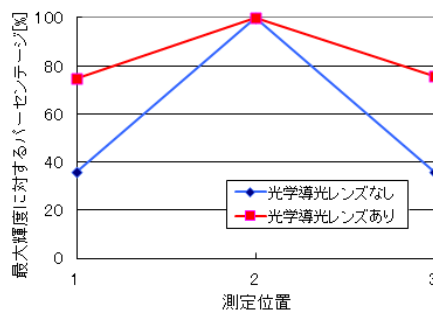


図 15 レンズによる輝度の均一化効果
Fig.15 Uniform effect of brightness due to the lens

5. まとめ

本稿ではHMI環境における表示灯の重要な役割に対して、視認性とデザイン性を追及し、実現した光学設計技術について報告した。今回報告した以外にも、様々な役割に対する表示灯が数多く商品化されており、今後も社会環境の変化や人間の嗜好、あるいは光源の技術的進歩に伴って、様々な用途の表示灯が開発されていくと考えられる。そのような状況の中、我々は制御機器メーカーとして長い歴史の中で培った光学設計技術を、さらに進化させていく所存である。

謝辞

本稿を執筆するにあたり、多くの助言をいただいた IDEC 株式会社の関係者の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 山中俊夫著:色彩学の基礎, (株)文化書房博文社, 初版, 1997, p.9
- [2] 高他: 人と機械が共存する作業環境の安全性を飛躍的に向上させる積層表示灯の人間工学的考察; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2010
- [3] 田中他: ロボット制御セル生産システムへの LED 表面取付形表示灯の導入による安全性の向上; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2010
- [4] 尾畑他: 安全性と使いやすさを向上した高輝度、エネルギーLED 集合表示灯; IDEC REVIEW, IDEC 株式会社, p. 96-101, (2002 Vol. 18 No. 1)
- [5] 柿崎, 他: IDEC におけるグローバルに進化する「ものづくり安全」 ヒューマンインタフェース研究開発, ヒューマンインタフェース学会誌, p. 67-72, (Vol. 9 No. 3 2007)