

波長変換技術を用いた表示灯の効率化と色彩明確化による HMI 環境での安全性向上

三輪高仁^{*1} 藤井祥二^{*1} 岡本炳人^{*1} 藤田俊弘^{*1}

Higher conversion efficiency and clearer color of pilot lights using optical wavelength conversion technology toward improved HMI safety

Takahito Miwa^{*1}, Syoji Fujii^{*1}, Akito Okamoto^{*1} and Toshihiro Fujita^{*1}

Abstract - To create optimum environments for human and machine, the most important role of pilot lights is to convey information from ergonomics viewpoint in such a manner that people understand machine status clearly and intuitively. Particularly, demonstrating sign such as warning or safety is a critical factor. In the past we reported on the wavelength conversion technology using blue LED as a light source. This paper describes our latest technology in which conversion efficiency and distinctness of color are modified, contributing improved safety in HMI environments.

Keywords: LED, Safety, high brightness, SUI, HMI

1. はじめに

近年の FA(Factory Automation)分野では、HMI(Human Machine Interface) 環境における人に対する安全意識が高まってきており、国際標準化機構 ISO(International Organization for Standardization)においても安全規格である ISO/CD12100 が 2001 年後半に制定が予定されている。また、日本国内でもグローバル化の流れの中で、JIS 化検討が進められている。^[1-3]

ISO/CD12100 の中では、本質安全設計の考え方に基づいた機械設計時における人間工学原則の遵守が明確に述

べられており、特に操作表示環境に関する内容として「制御装置、信号点灯表示、データ表示要素のようなオペレータと機械間のインタフェースに関する全ての要素は、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」と記述されている。^[4]

これに関連する操作表示機器としては、液晶表示器を用い多くの情報を階層的に表示できる GUI(Graphical User Interface)と、押ボタンスイッチや表示灯に代表される SUI(Solid User Interface)と呼ばれる 2 つのインタフェ

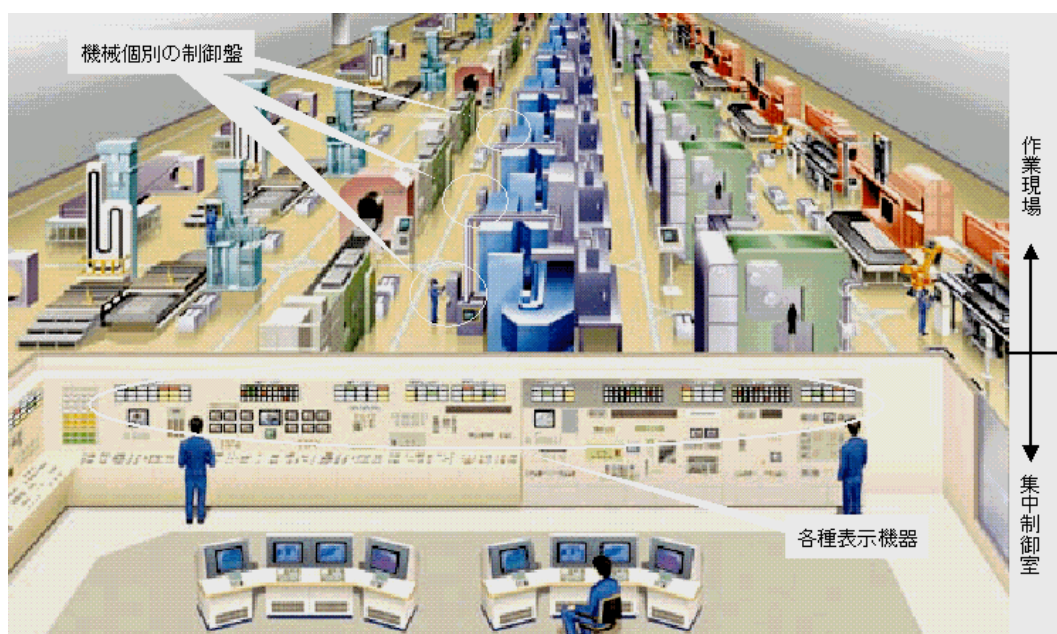


図 1 FA 環境のモデル図

Fig.1 Model of Factory Automation Field

^{*1}: 和泉電気株式会社
^{*1}: IDEC IZUMI CORP.

ースの方式がある。GUI と SUI は、それぞれ互いを補完し合う関係にあり、両者を融合させることで最適な操作表示環境が実現できることが報告されている。〔5-8〕

この中で LED 表示灯や照光式押ボタンスイッチは、SUI の特長である表示の見やすさにより、機械の正常や異常などの動作情報を人間工学的な観点からわかりやすく伝えることができる。われわれは、LED 表示灯に関して安全および国際標準化そして使いやすさを考慮して、高輝度化、広視野角化、色彩明確化、長寿命化そして省エネルギー化を追求してきた。〔9-16〕

本稿では、すでに報告した波長変換技術について、さらなる色彩明確化を行なうことで安全性の向上を追求し、また国際電気標準会議 IEC(International Electrotechnical Commission)の内容や各種業界における色に関する規格を具体的に採り上げ、FA 分野以外への展開の検討も行ったので報告する。

2. 表示灯の役割

FA 分野における HMI 環境の代表例として図 1 にモデル図を示す。FA 現場では、多種多様な機械を監視する集中制御室と、広い作業現場で各々の機械に個別に設置されている制御盤により、オペレータは機械を操作監視そして制御していることがわかる。しかし、自動化が急速に進む現場においては、少人数で多数の機械をコントロールする必要があり、このため特に人を中心とした安全を考えた場合、表示に対する見やすさや分かり易さをさらに追求した環境を整えることが重要である。この操作表示環境において表示灯が担う役割は、遠く離れたところからでも表示状態を確認できる高輝度化や操作盤に対して正面以外の角度においても確認できる広視野角化、そして表示が何を意味しているか簡単に識別できる色彩の明確化の実現が重要となる。

国際電気標準会議で規定されている IEC60073 および

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)

Table1 “Coding 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

IEC60204-1「表示色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表 1 に示す。〔17-18〕ここでは非常事態は赤色、正常は緑色というように表示色の意味が厳密に定義されている。このように規格化された定義色に対して、色彩の明確化を行うことにより誤視認などから起こる現場でのトラブルの発生を防ぐことが可能である。

一方、FA や産業機械分野以外においても、各種規格において表示色に意味付けがなされている。例えば、自動車をはじめ船舶や航空機関係などである。これらの業界では、表示色を含んだ各種の規定が、国連欧州経済委員会 (ECE) で検討され国際相互認証に対応した協定規則で運用されている。このうち自動車に関しては、制動灯など 6 種類の灯火装置 (協定規則 No.7) や前部霧灯 (協定規則 No.19) その他後部霧灯 (ECE 規則 No.38) などがあり、この規則に基づき、SAE(Society of Automotive Engineers)規格で制定された表示色が採用されている。

先に述べた FA や産業機械で採用されている IEC 規格においては、色についての表現として単に赤、青、黄などを用いているが、SAE 規格においては、図 2 に示すように色度値で規定されており、各色共広い範囲で示されている。〔19〕この理由としては、自動車ではデザインが重視されるため、白色においては青っぽい白から黄色っぽい白まで許されており、赤色についても濃赤からオレンジ色に近い赤までを自由に使えるよう考慮されているためと考えられる。これらの色は通常光源に白熱球やハロゲンランプを用い、カラーフィルタを組合せることで得られているのが現状であり、LED ではこれらの微妙な色を表現することは現状では技術的に困難である。

そこで波長変換技術を用いることで、LED を用いてもこれらの様々な表示色を実現することが可能となり、安全性、省エネ化の観点からも現在非常に重要となってきている。

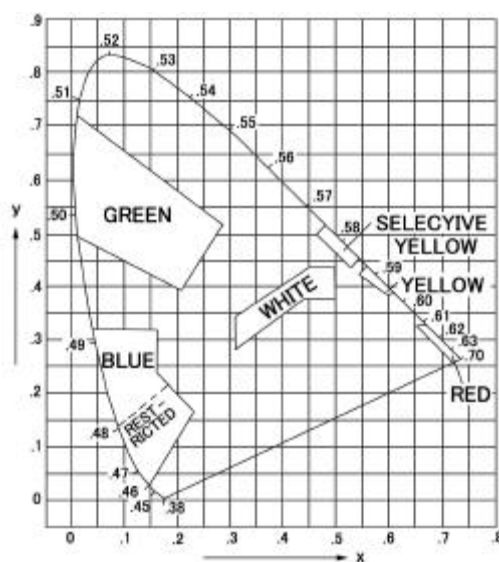


図 2 SAE J578d より引用した色度図
Fig.2 Chromaticity Diagram (SAE J578d)

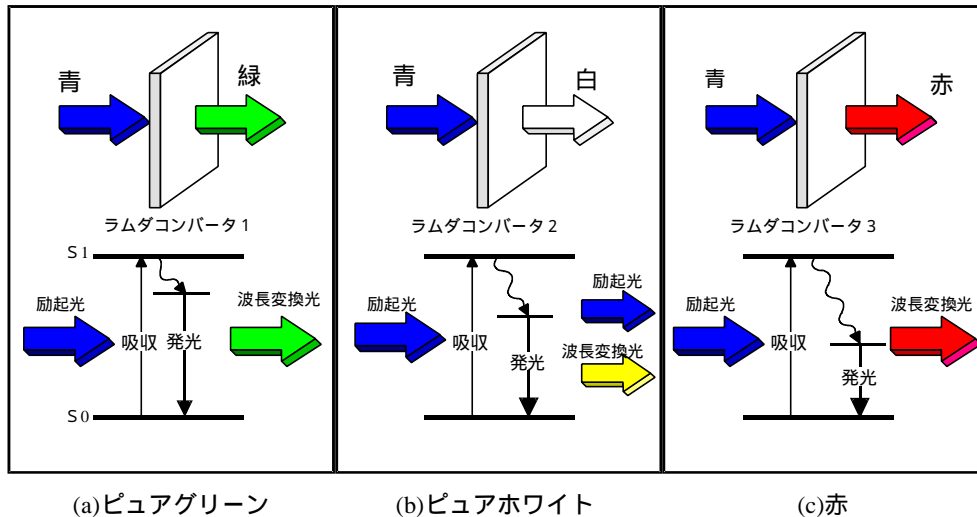


図3 波長変換原理

Fig.3 Optical wavelength conversion principle

3. 波長変換技術

波長変換の方法は、青色LEDを励起光として、蛍光色素を含有した樹脂プレートに照射する手法を用いている。励起光の波長が変換されることから、当社ではこのプレートをラムダコンバータと呼んでおり、この技術による表示灯の多色化についてはすでに報告した。^[12-14]

図3に、波長変換の原理図を示すが、波長変換過程は蛍光色素の種類と濃度を变化させることで表示色の得られ方が異なり、緑と白および赤に代表される2種類のタイプ（全変換、一部変換）に分類される。

前回の報告では、不要な色を吸収するためのフィルタを用いていたが、今回はフィルタを用いずに多数の微妙な色を実現することを目的として、94種類のラムダコンバータの試作を行なった。図4に青色LEDと試作したラムダコンバータの色度値をプロットした図を示す。

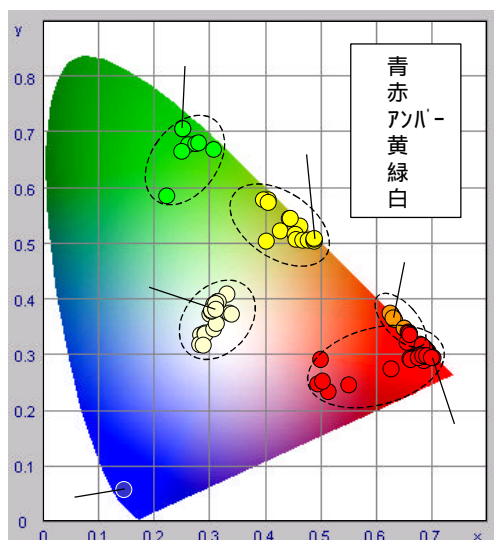


図4 青色LEDとラムダコンバータの色度

Fig.4 Chromaticity of Blue LED and -Converter

また、この各々の色に対応した発光スペクトルと励起光である青色LEDのスペクトルの特性を図5に示す。このように波長変換技術を用いて、青色から様々な色を実現できていることが分かる。この技術により、FA分野に限らず様々な分野に波長変換技術を応用することで、それぞれの業界にあった微妙な表示色を一枚のラムダコンバータで提供することが可能となった。

図6は、(a)励起光源である青色LEDの写真と、(b)その上にラムダコンバータを搭載した61色の表示灯で構成した色度図状に表現した写真である。以上のように、青色LEDとラムダコンバータを組み合わせることで、既存のLED単体では表現できない非常に多くの発光色を容易に実現することができ、今後様々な用途に応じた応用が可能となる。

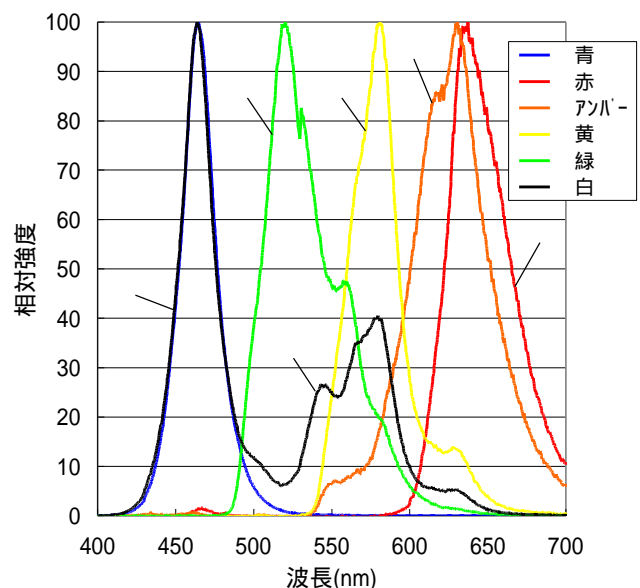
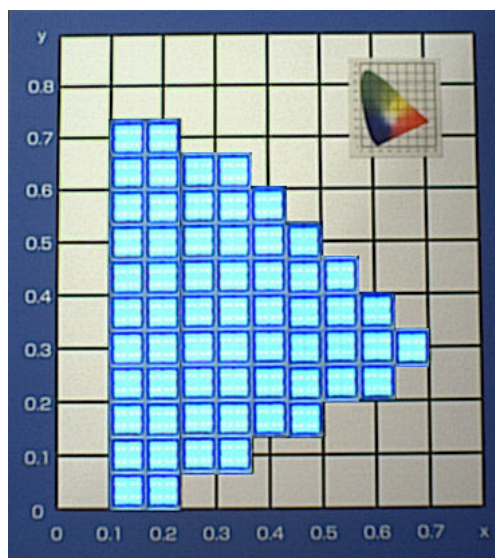
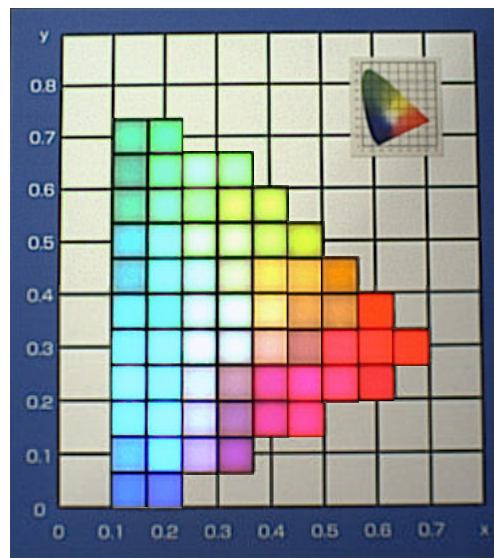


図5 青色LEDとラムダコンバータの発光波長分布

Fig.5 Spectrum of blue LED and -Converter



(a)励起光源である青色 LED の配置状態



(b)青色 LED にラムダコンバータを組合せた状態

図 6 表示灯で構成した色度図の写真

Fig.6 Chromaticity diagram consist of pilot lights

4. まとめ

IEC や ISO に定められた規格に基づき、HMI 操作表示環境における安全性の向上を目的として、表示灯の色彩明確化を実現してきた。この青色 LED とラムダコンバータを組合せる波長変換技術は、各種業界において規定された様々な表示色を任意に実現できるため、用途に応じた色の使い分けが可能である。そのため今後 F A や産業機械に限らず民生を含む様々な分野に利用可能であると考える。

今後も、より高輝度で多彩な表示色を実現し、さらに使いやすさと安全性を配慮した人に優しい H M I 表示環境を実現していく考えである。

謝辞

今回の論文を執筆するにあたり、ご協力いただきました、関係者の皆様にこの場を借り深く感謝の意を表します。

5. 参考文献

- [1] 向殿：ISO「機械安全」国際規格；日刊工業新聞社，(1999)
- [2] 向殿：国際化時代の機械システム安全技術；安全技術応用研究会 編，日刊工業新聞社，(2000)
- [3] 安全技術応用研究会：安全システム構築総覧，通産資料調査会(2001)
- [4] ISO/CD12100-2:1998，Safety of machinery -- Basic concepts，general principles for design-- Part 2: Technical principles and specifications 3.6
- [5] 坂村：新版トロンヒューマンインターフェース標準ハンドブック；トロン HMI 研究会 パーソナルメディア，(1996)
- [6] 藤田：新しい時代の HMI 操作表示環境 = 標準化・オープンネット・省・安全への対応 = ；システムコントロールフェア '97 技術講演会資料，(1997)
- [7] 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，(1998)
- [8] 中井 他：HMI 操作表示環境における最適なシステム化手法の提案；(社)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)
- [9] 馬野 他：高輝度面発光 LED 表示灯の開発；IDEC REVIEW，和泉電気株式会社，p.34-41，(1996)
- [10] 間宮 他：ホログラムと面発光 LED を用いた高視認性表示技術の開発；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・インタフェース・シンポジウム論文集，p.493-p.500，(1996)
- [11] 馬野 他：青色 LED 搭載コントロールユニットの開発；IDEC REVIEW，和泉電気株式会社，p.50-56，(1997)
- [12] 間宮 他：青色 LED 励起による波長変換技術の開発；計測自動制御学会ヒューマン・インターフェース部会，第 13 回ヒューマン・インターフェース・シンポジウム論文集，p.493-500，(1996)
- [13] 三輪：青色 LED を励起光にした多色表示技術～ラムダコンバータによる面照光表示灯の実現；電子技術，日本工業新聞社，p.52-56，(1998)
- [14] 馬野 他：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，和泉電気株式会社，(1999)
- [15] 田辺 他：高輝度コントロールユニットの開発；IDEC REVIEW，和泉電気株式会社，(1999)
- [16] 馬野 他：HMI 環境における安全性向上のための高輝度 LED 表示技術の開発；ヒューマン・インターフェース学会，ヒューマン・インターフェース・シンポジウム '99 論文集，p.343-348，(1999)
- [17] 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)
- [18] 国際電気標準会議 IEC 60204-1: Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part1:General requirements，(1997)
- [19] SAE Standards：J578-Color Specification*HS-34/00*，(1995)