

高指向性 LED 照明装置を用いたパターン形成とその応用

池田 貴裕

Pattern Formation and Applications Using High Directional LED Lighting

Takahiro IKEDA

High directional LED lighting has been developed as a parallel light source as a hologram reconstruction. High visibility can be obtained to have the light intensity distribution of the rectangular pseudo-parallel light using an expanded image from the emitter of the light source. It is possible to telecentric lighting by point lighting pattern formation using a pseudo-parallel light. High stage effects can be obtained by linear pattern formation by oblique irradiation of pseudo-parallel light. It is used as a safety aided by the linear pattern formation by the refractive optical element and a pseudo-parallel light. High directional LED lighting is beginning to be put to practical use in the industry various fields such as inspection, stage, building, road, art, safety, and laboratory.

Key words: LED, lighting, pattern formation, technology commercialization, HOLOLIGHT

筆者は浜松ホトニクス(株) 中央研究所にて高品質な動画ホログラフィー¹⁾の研究, MIT 派遣時代に生物細胞の定量解析用ホログラフィー顕微鏡²⁾の研究に携わり, 帰国後, 光産業創成大学院へ留学, パイフォトニクス(株)の起業実践を通じて光産業創成³⁾に関する研究を行った。パイフォトニクス(株)の起業実践の過程において, ホログラム愛好家による「ホログラム再生用の LED 平行光源が欲しい」という要望から高指向性 LED 照明装置⁴⁾は生まれた。当時, 試作機から発する光を見て驚き, 無限の可能性に運命を感じた。展示会出展などの販路開拓を通じた事業化開発の結果, パターン形成装置としてさまざまな業界で実用化され始めている。

1. 高指向性 LED 照明装置

図1に示す高指向性 LED 照明装置は, 直方体形状の筐体内に配置された高輝度 LED 光源とレンズを組み合わせた矩形形状の平行光を発生する⁵⁾。紫外光, 可視光, 近赤外光の各波長領域の LED 光源を実装でき, LED 光源の駆動電流値は1 Aから20 Aに設定できる。広がり角度は最小1度から約10度に可変である。直方体形状を活用し装置を並列接続した形態に拡張できる⁶⁾。光源とレンズの距離に応じ

て, 光源は虚像, 無限遠, 実像の各位置に形成され, 照明光はそれぞれ発散, 平行, 集光の状態となる。遠方に実像を形成する集光状態とは, 光源の発光部からの光がレンズ全体を通過し拡大結像された光源発光部に集光する状態である。例えば, 図2に示す拡大結像系において, 1辺1 mmの矩形形状の光源発光部と, 焦点距離100 mmの矩形形状のレンズを用いて, レンズ面から距離10000 mm (= 10 m)の距離に光源発光部を拡大結像する場合, レンズの結像公式⁷⁾から光源発光部の位置はレンズから約101 mmとなり, 倍率は約99倍となる。結果としてレンズ面から距離10 mの位置に1辺99 mmに拡大結像された光源発光部が形成される。ここで光源発光部とレンズの形状が近似関係であるため, 拡大結像光は平行光に錯覚視され擬似的な平行光と感じる。これを擬似平行光とよんでいる。擬似平行

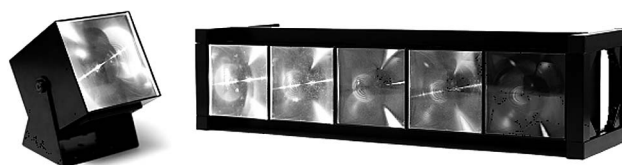


図1 高指向性 LED 照明装置と直列接続型の外観。

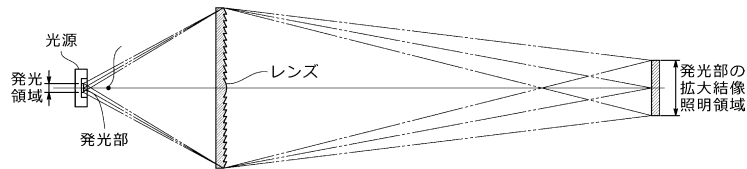


図2 光源発光部の拡大結像系の概要.

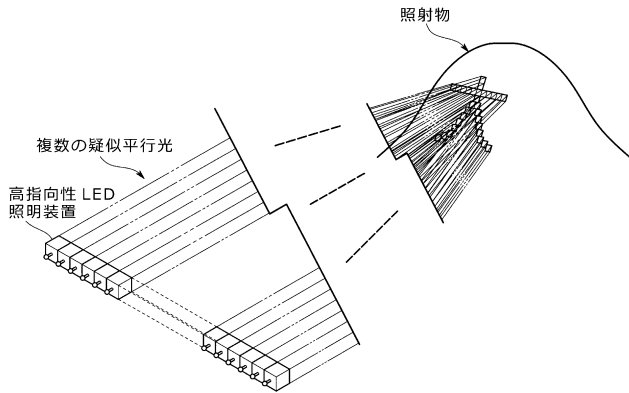


図3 複数の疑似平行光を用いた点状パターン形成の概要.

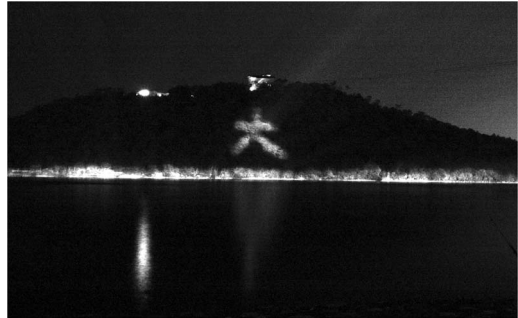


図4 静岡県浜松市西区館山寺町にある大草山の遠隔照明実験の様子. 高指向性LED照明装置300台を用いて山の湖畔と中腹に点状パターンを形成.

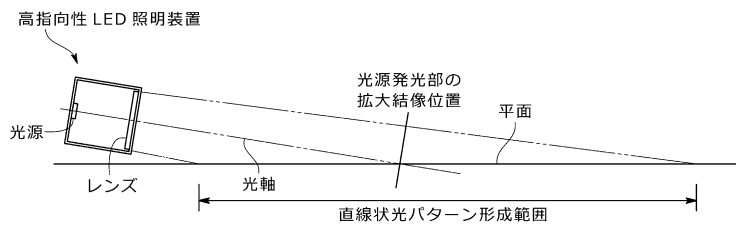


図5 疑似平行光の斜め照明による直線状パターン形成の概要.

光は結像距離と比例して照明領域は広がるが、照明装置の位置に視点を置いた場合、照明領域の画角は常に一定であるために、広がっていないように見えるのである。

2. パターン形成と応用事例

三次元物体を輝点の集合とみなして計算機プログラムを設計することと同様に、疑似平行光を1つの輝点と考えるパターンを形成する^{8,9)}。疑似平行光を分岐する屈折光学素子を組み合わせて空間にさまざまなパターンを投影できる。代表的なパターン形成方法と応用事例について紹介する。

2.1 複数の疑似平行光による点状パターン形成

疑似平行光は光源発光部の形状に応じて拡大結像された矩形や円形の点状パターンを形成する。図3は複数の疑似平行光を用いて遠隔にパターンを形成している。照明装置の調光制御により動的に点状パターンを制御することもできる^{*1}。応用事例として、平成21年に実施した静岡県浜松市西区館山寺町にある大草山の遠隔照明実験¹⁰⁾について

で紹介する。大草山から500 m離れた対岸に高指向性LED照明装置300台を設置した。照明装置の広がり角は約1度であり、照射距離500 mで約10 m角の点状パターンを形成できる。図4は山湖畔の水平領域と山中腹に照明装置36台を用いて幅50 m程度の「大」の文字のパターンを形成した例である。漏れ光は少なく、湖内に直接光は入射しないため生態系への影響はない。LED光源であるため照明光の熱は少なく、樹木への影響は少ないことを確認した。本技術は観光地などにおける景観照明として活用されている。

2.2 疑似平行光の斜め照射による直線状パターン形成

疑似平行光を平面に沿って照明した場合、図5のように平面上に視認性の高い直線状のパターンが形成される。床面や壁面に多数の直線状パターンを形成し、高い演出性が得られる¹¹⁾。図6は装置前面にプリズム素子を追加し、複数の直線状のパターンを形成した例である。展示会で36台の照明装置を活用して、床面と壁面に多数の直線状パ

*1 <http://youtu.be/qkOeFkmGXlc>



図6 床面と壁面の演出照明実験の様子。床面設置した装置にプリズム素子を用いて複数の直線状パターンを形成。



図8 安全補助用として通路照明実験の様子。高さ4mの地点に装置を2台設置し、斜め下方向に長さ約20mの直線状パターンを2本形成。

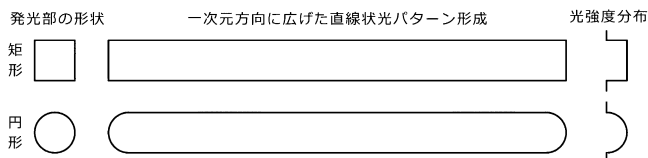


図7 擬似平行光に屈折光学素子を用いて一次元方向に広げた直線状パターン形成の概要。発光部の形状が矩形の場合、直線状パターンの光強度分布は矩形となる。

ターンを動的に制御することにより、高い演出性が得られることを確認した*²。本技術は放送局歌番組、高層建築物、芸術作品における演出用として活用されている。

2.3 擬似平行光と屈折光学素子による直線状パターン形成

擬似平行光と屈折光学素子を組み合わせ、点状パターンを一次元方向に広げて直線状のパターンを形成する。図7に示すように、矩形の発光部を用いた場合、一次元方向に広げられた直線状パターンの光強度分布は矩形となり、高い視認性が得られる。前述の擬似平行光の斜め照明による直線状パターン形成とは異なり、平坦面以外にも直線状パターンを形成できるため、設置調整が容易である。図8は作業現場における安全補助のために直線状のパターンを2本形成し、通行路の安全性を向上させた例である。本技術は高速道路における安全補助用としても活用されている*³。

最後に、本稿で述べたLED照明装置と起業実践の相乗効果について記して結言としたい。2008年4月、高指向性LED照明装置はホロライトという名称で製品化された¹²⁾。

展示会出展による人脈形成を通じて事業化開発を行った結果、さまざまな業界分野ニーズと光技術シーズの融合による新しい応用が生まれた¹³⁾。今後は曲線状パターン形成や複雑なパターン形成が期待される。

本起業実践は浜松ホトニクス(株)の支援を受けた。晝馬輝夫会長と晝馬明社長に感謝いたします。

文 献

- 1) 池田貴裕, 竹森民樹: 特許第 4463567 号 (2010).
- 2) T. Ikeda, G. Popescu, R. Dasari and M. S. Feld: "Hilbert phase microscopy for investigating fast dynamics in transparent systems," *Opt. Lett.*, **30** (2005) 1165-1167.
- 3) 池田貴裕: "起業実践による光産業創成", 経営情報学会 2008 年春季全国研究発表大会, H2-1 (2008).
- 4) T. Ikeda: "High directional LED lighting 'HOLORER-it' with applications," *HODIC Circular*, **31**, No. 1 (2011) 32-37.
- 5) 池田貴裕: 特許第 5082103 号 (2012).
- 6) 池田貴裕: 意匠第 1361067 号 (2009).
- 7) 村田和美: 光学 (サイエンス社, 1979) pp. 129-136.
- 8) 池田貴裕: 特許第 5394476 号 (2013).
- 9) T. Ikeda: U. S. Patent No. 8449148 (2013).
- 10) 池田貴裕: "高指向性 LED 照明装置を用いた遠隔ライトアップ実験", 照明学会全国大会講演論文集, **43** (2010) 97-98.
- 11) 池田貴裕, 稲垣 忍: "高指向性 LED 照明装置を用いた直線照明応用", 照明学会全国大会講演論文集, **44** (2011) 191-192.
- 12) 池田貴裕: "大面積高輝度高指向性照明装置ホログラム用照明装置「ホロライト」と、その応用事例", 映像情報インダストリアル, **40**, No. 12 (2008) 14-17.
- 13) T. Ikeda: "Development and factors of the technology commercialization on holography application," *Digital Holography and Three-Dimensional Imaging*, DWA2 (2011).

(2014年5月8日受理)

*² <http://youtu.be/WXKajitLDuY>

*³ <http://youtu.be/CgRgPuESW0g>