

超高精細度テレビジョン (UHDTV) 放送に対応したスタジアム照明設計

Stadium Lighting Design for Ultra High Definition Television Broadcasting

松井俊成*

Toshinari Matsui

広色域が特長の1つである超高精細度テレビジョン (UHDTV) 放送に対応したスタジアム照明要件を明らかにするために、評価実験を実施し、推奨値を平均演色評価数 R_a が90以上、特殊演色評価数 R_9 が80以上とした。またグレアを抑制するために、視対象物が消失する照明条件を明らかにするとともに、競技者などおのおのの視点において検証ができるVR (Virtual Reality) 技術を活用した評価ツールを開発し、関係者間での課題抽出や対策実施を効率的に行えるようにした。

In order to clarify the stadium lighting requirements for Ultra High Definition Television (UHDTV) broadcasting, one of the features of which is its wide color gamut, evaluation experiments were conducted, and the recommended values were made to be an average color rendering index R_a 90 or more and a special color rendering index R_9 80 or more. In addition, in order to suppress glare, while clarifying the lighting condition where the visual object disappears, we develop an evaluation tool using Virtual Reality (VR) technology that can be verified from each viewpoint such as that of athletes etc. And measures can be implemented efficiently.

1. スタジアム照明の進化

スポーツ施設の照明は、競技者、競技関係者、観客、テレビジョン放送関係者などが、安全・円滑・快適に、競技を行ったり観戦したり撮影したりできることが重要である。特にスポーツ競技の国際大会においては、高品質な映像を世界中で楽しむことができるように、より質の高い照明を提供することが必要とされてきている。

そこで今回、大きく進化した照明光源の演色性とグレア抑制技術の2つのポイントについて解説する。

2. UHDTVに対応した照明要件の明確化

超高精細度テレビジョン (Ultra High Definition Television : UHDTV) は、4K8Kテレビ放送ともいわれており、日本では2018年12月1日から放送が始まった[1]。主な特長は、現在のHDTV (High Definition Television) と比較して、高解像度 (4K: 3840×2160画素, 8K: 7680×4320画素, HD: 1280×720画素)、広色域、ハイダイナミックレンジ、高フレームレートである。特に広色域に着目したとき、HDTV放送に比べ、表現可能な色の範囲が大幅に拡大し、実際の人の目に見える色に近い表現が可能となり、ITU-R (国際電気通信連合 無線通信部門) BT.2020で規定された広色域が採用された。この広色域を扱うことになったカメラからディスプレイに至るテレビシステム全体において、照明にも高い品質が必要とされると想定されるが、番組制作に当たり照明の推奨値が規定されたものがなかった。

2.1 テレビ放送方式と照明光源の進化

これまでの歴史を振り返ってみると、SDTV (Standard Definition Television, 標準解像度テレビ) の放送時代は、照明光源の演色評価数の推奨値は国際照明委員会 (CIE) や日本工業規格 (JIS) において、平均演色評価数 R_a 55~70以上とされていた。ここで、演色評価数は光源の色再現の忠実性を評価するもので、ある光源の演色性を評価するために、その光源で照明したときの色の見え方と、その光源の色温度と等しい色温度の基準光源で照明したときの色の見え方を比較し、その色ずれを表すものである。平均演色評価数 R_a は試験色15色のうち8色における色ずれの平均を表し、特殊演色評価数 R_9 は試験色のうちNo.9の非常に鮮やかな赤色における色ずれを表す。その後、HDTV放送のために必要な照明光源の演色評価数は、日本放送協会 (NHK) と松下電器産業 (株) および松下電工 (株) の共同研究により R_a 80以上と明らかにし[2]、JIS[3]において規定されている。そして今回、UHDTV放送のために必要な照明要件はNHK放送技術研究所と当社の共同研究により、 R_a 90以上かつ R_9 80以上が推奨されることが明らかになり[4][5]、(一社)電波産業会の技術資料「超高精細度テレビジョンの番組制作における白色LED照明の演色性指標と推奨値」(ARIB TR-B40) [6]に規定された。

2.2 演色性指標および推奨値の導出

カメラからディスプレイに至るテレビシステムを用い、さまざまな演色性をもつ光源を用いた照明によるUHDTVとHDTVの表示映像上の色再現の比較、色差の比較評価を行った。完全放射体の光、およびCIE昼光 (CIEが定めた代表的な昼光の分光分布) に近似した人工光源[7]である基準光源で照明された表示映像と各種模擬光源での表示映像を比較し、第1表に示す5段階劣化尺度DCR (Degradation

* ライフソリューションズ社 ライティング事業部
Lighting Business Div., Life Solutions Company

Category Rating) に基づいて評価した。主観評価実験の様子を第1図に示す。その結果、UHDTVはHDTVより色再現性が正確であることが確認され、正確であるがゆえに照明の演色性の影響を受けやすく、UHDTV制作においてはより高演色な照明が必要であることがわかった。さらに平均主観評価値と相関が高かった R_9 を指標に加えることが適切であることを示し、 $R_a \geq 90$ 、 $R_9 \geq 80$ を推奨値とした[6]。さらに人の肌などをより重視する場合の好ましい推奨値として、 $R_a \geq 90$ 、 $R_9 \geq 90$ とした。

第1表 5段階劣化尺度

Table 1 DCR (Degradation Category Rating)

評点	評価項目
5	色差が認められない
4	色差が認められるが気にならない
3	色差が認められ、わずかに気になる
2	色差が認められ、気になる
1	色差が認められ、非常に気になる



第1図 主観評価実験の様子

Fig. 1 Evaluation experiment

3. グレア抑制のための技術開発

近年のスポーツ照明は、スーパースローモーション映像も含めた映像の品質確保のため、より高い照度が必要とされてきている。その結果、より大きい光束の照明が必要となり、照明器具の発光部がまぶしく、照明近傍を見たときに視対象物（ボールなど）を見失うなどプレイに支障がでるような問題が生じることがあった。そのため、視対象物が消失する照明条件を明らかにし、さらにプレイに支障がないかどうかを競技者や競技関係者の視点における検証ができるツールを開発し、グレア抑制に対応できるようにした。

3.1 減能グレアと不快グレア

競技者や観客は視線を特定方向に固定せず、さまざまな方向へ移動させるため、光源からのグレアを完全に防止することは難しい。しかし、競技や観戦にじゃまにならない程度にグレアを制限し、主たる視作業が阻害されないよう

にする必要がある。そのため、競技中の主たる視線方向から離して照明器具を設置することが大切であり、また照明器具は不要な光を遮光するためにレンズや反射鏡で配光制御し、必要に応じルーバなどで覆うこともある。ここでグレアとは、視野内の輝度の分布、もしくはその値の不適切、または極端な対比があることによって、不快または細かいものもしくは対象物を見る能力の低下を生じる視覚の状態と定義されており[8]、グレアに影響する要素は①周囲の明るさ、②光源の輝度、③視線との近さ、④見かけの大きさ、である。

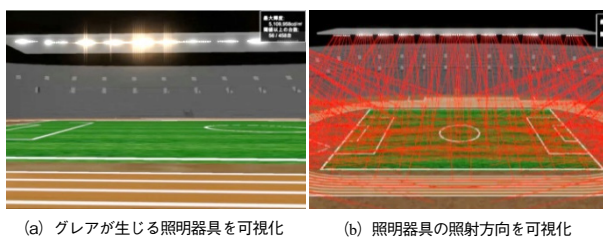
物の見え方を損なうグレアを減能グレアという。高輝度光源があることにより視対象物（ボールなど）を見失うような、競技者のプレイに支障が生じる条件を評価実験により明らかにした[9]。視線近傍（視線から視角3°以内）に光源が存在する場合に、視対象物が見えなくなることがあり、その光源輝度条件を他のパラメータから算出することが可能となった。その結果、競技者、競技関係者および観客の任意の視点・視線方向において照明がどの程度減能グレアを生じさせるのかを照明設計段階において検証することが可能となった。

また光源を直視しない場合でも、目障りになり不快に感じることがあり、このようなグレアを不快グレアという。定量的に表す方法としてGR（グレアレーティング）があり、CIE技術報告書[10]で規定されている。照明による等価光幕輝度（ L_{eq} ）と、照明を除いた視野における等価光幕輝度（ L_{eqs} ）により求めることができる。ここで、等価光幕輝度は、目に入る光が眼球内で散乱し、一様な輝度が視野に重畳して視認性が低下した状態を表すものである。通常は、JIS規格[3]にもあるように視線方向は水平から下向き2°で計算する。一方、カメラに対するグレアの影響を考慮する際や、競技者や観客が向けるさまざまな視線方向におけるGRを計算してグレア評価をする場合もある。

3.2 VRによるグレア評価検証

競技者、競技関係者、観客やカメラの視線方向ごとにグレアが発生するのかどうかを検証することは重要である。スポーツ施設を整備するにあたりさまざまな関係者が検討し合意形成する際に、VR（Virtual Reality：仮想現実）技術を活用する事例が増えてきており、今回VR上でグレア評価検証ができる機能を開発した。VRは、観戦時の見えやすさ、通常時および避難時の人の流動性、各設備の物理的干渉などさまざまな検討に活用されているが、さらに照明を考慮した観客や競技者などの視認性や快適性の検証ができるようになり、スポーツ施設の空間全体を総合評価するうえで大変有効なツールである。各視点におけるさまざまな視線方向のグレアを評価しながら、競技場照明器具の照射角度

を調整してグレア対策することも可能となった（第2図）。
今までのグレア評価は、競技エリア内における水平から下向き2°で計算されるGRによるものであったが、VRグレア評価ツールによりおのおのの視点、おのおのの視線方向を自在に変化して検証可能であるため、照明によるグレアの影響について競技者、競技関係者、観客およびテレビジョン放送関係者などの関係者間で課題を共有し、対策がとりやすくなった。



第2図 グレアの評価事例
Fig. 2 Case of glare evaluation

参考文献

- [1] 4K放送・8K放送 情報サイト, “4K8Kとは4K8Kの魅力,” 総務省, http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/housou_suishin/4k8k_suishin/about.html, 参照 Oct. 24, 2019.
- [2] Y. Tanabe et al., “Study of the Colour Rendering of Lamps for HDTV Systems,” Proceedings 2nd LUX PACIFICA, 1993.
- [3] スポーツ照明基準, JIS Z 9127, (財) 日本規格協会, 2011.
- [4] Hiroaki Iwasaki et al., “Color Rendering Index Value Requirement for Wide-Gamut UHDTV Production,” Annual Technical Conference and Exhibition, SMPTE, 2015.
- [5] 林田哲哉 他, “LED照明下におけるスーパーハイビジョンカメラの色再現評価,” 映像情報メディア学会年次大会, 2015.
- [6] 超高精細度テレビジョンの番組制作における白色LED照明の演色性指標と推奨値, ARIB TR-B40, (一社) 電波産業会, 2016.
- [7] 光源の演色性評価方法, JIS Z 8726, (財) 日本規格協会, 1990.
- [8] 照明用語, JIS Z 8113-1998, (財) 日本規格協会, 1998.
- [9] 岩崎浩暁 他, “大型競技施設を想定した高輝度光源近傍の視対象物に対する減能グレア,” 照学全大講演予稿集, p. 39, 2016.
- [10] Glare Evaluation System for Use within Outdoor Sports and Area Lighting, CIE112, CIE, 1994.

4. 動向と展望

今後スポーツ観戦は、UHDTVの普及だけでなく、多視点映像などさまざまな映像が配信されていくとともに、来場された観客を盛り上げるための多彩な演出でエンターテインメント性が向上されるものと期待されている。今回紹介した技術が、今後さまざまなスタジアムの照明設計に活用され、良好な照明環境が普及されていくと考えている。さらに、新たな技術を開発して、スポーツ施設を核とした、街づくり、人づくりに貢献していきたいと考えている。