

# 一般財団法人スポーツ環境総合技術推進協議会の2018年活動報告

田中 武\*・葛原 秀男\*\*・高地 正夫\*\*\*・池田 篤志\*\*\*・松下 光一\*\*\*\*

(平成30年10月31日受付)

## Report on Activities of Foundation for Sports Environment General Technical Promotion Meeting in 2018

Takeshi TANAKA, Hideo KUZUHARA, Masao KOCHI,  
Atsushi IKEDA and Mitsukazu MATSUSHITA

(Received Oct. 31, 2018)

### Abstract

Our Foundation for Sports Environment General Technical Promotion Meeting aims to contribute to healthy, safe and sound social life of sports beneficiaries by conducting research and enlightenment projects that make use of various innovation in sports environment. To provide a comfortable sports environment with high spatial illuminance, we measured the illuminance throughout the competition space using the “spatial illumination simulation system” developed by LED companies such as Excel Co., Ltd under the guidance of Illuminating Engineering Institute of Japan and Hiroshima Institute of Technology. We hereby report the actual examples of application at Martial Arts Stadium of Hiroshima Prefectural General Stadium and the Hachinohe Techno-Ice Park in Hachinohe City, Aomori Prefecture.

**Key Words:** sport environment, glare, light emitting diode, gymnasium

### 1. はじめに

現在では照明光源は急速に発光ダイオード (Light Emitting Diode : LED) への道をたどっており、中には最高輝度が1千万 cd/m<sup>2</sup>を超える光源までが出現している。この光源の眩しさは従来の光源と比較してもかなり大きく、社会問題になりつつある。また従来の水銀灯などでは発光面積が単一で、かつ小さいため、眩しさに関しては、議論されていない。体育館などのスポーツ照明が、水銀灯から、LED光源に変わると、高輝度化と発光面積の増大により、不快グレアを検討する必要がある。既存の室内照明に対する各種指標をLED照明に適用可能かどうかを判定している<sup>1)</sup>。不快グレア指標のUGRは適用範囲の大きさの均一輝

度光源についてはLEDでも適用可能とするが、UGRは光源の輝度分布を反映しておらず、輝度分布に関する適用範囲の明確化が必要とし、輝度分布を反映する新たな指標が必要である<sup>2)</sup>。また、同じ行為に対する照明でも、とにかく、照明が存在することに価値がある環境レベルと、電力供給や照明器具が充分にある様な環境レベルでは、光や照明に対する価値観そのものが異なることもあり、グレアに対する評価基準が異なっても良いと考えられる<sup>2)</sup>。

体育館のスポーツ照明として、LED光源を用い、1) 照明用光源のLED素子単体が見えない状態にする。2) 実際の直下照度を低下させない。ことで、体育館内の照度分布の達成、眩しさの低減や、省エネルギー動作等を実現できた<sup>3)</sup>。また、国体、ワールドカップ、オリンピックに利用

\* 広島工業大学

\*\* エクセル(株)

\*\*\* (有)ハイランド

\*\*\*\* 一般財団法人広島県バレーボール協会

する体育館には、天井が高くなり、一般に高照度照明が必要になってくる。発光素子の高輝度部分である素子としての発光を抑制し、面発光にしていき、必要な単位面積当たりの輝度を抑制する必要がある、LEDを用いたアリーナのスポーツ照明と、その設置例、さらにドローンを用いたアリーナ内の三次元輝度の測定について報告した<sup>4)</sup>。

本報告では、一般財団法人スポーツ環境総合技術推進協議会の目的、概要、事業内容と、財団の活動である、エクセル(株)を中心としたLED関連企業が照明学会及び広島工業大学の指導により開発した、競技空間全域の照度計測のための「空間照度シミュレーションシステム」を組み合わせることで、眩しさを抑さえつつ、高い空間照度を実現する快適なスポーツ環境の採用事例を報告した。

## 2. 一般財団法人スポーツ環境総合技術推進協議会 (SET) とは<sup>5)</sup>

### 2-1 財団の目的

当財団法人は、多様な技術革新成果をスポーツ環境に活かす研究啓蒙事業を行い、もってスポーツ受益者の健康増進・安心安全で健全な社会生活に寄与することを目的としています。

### 2-2 財団の概要は

スポーツ環境総合技術推進協議会(以下略称「SET」)とは、計測機器メーカー、照明器具メーカー、化成品メーカー、総合エレクトロニクス商社、設備施工会社、大学が業界の枠を超えて手を組んだスポーツ環境創造のためのグループです。(協力機関 各スポーツ団体)

また、スポーツ環境を使用する側と見る側から考え、眩しさと空間照度を最適状況に持っていくにはどのようにしたら良いのかを、原点から考え直し、それぞれの問題点に対しての解決方法、手法を独自に作成してスポーツ環境に正面から取り組んでいます。



図1 スポーツ環境総合技術推進協議会の概要

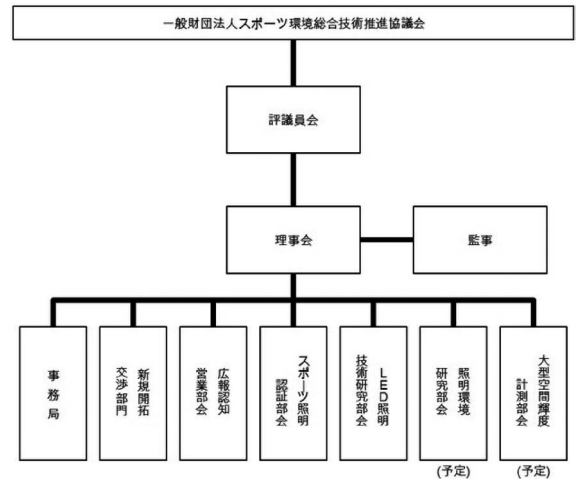


図2 スポーツ環境総合技術推進協議会の組織図(平成27年11月現在)

### 2-3 事業内容

#### a) スポーツ施設の照明環境の構築

競技者、観客にとって最適の照明空間の提案、評価、施工

眩しきの低減化、ムラのない照明空間の設定、構築

#### b) 大型屋外と屋内競技施設の照明計画、評価

#### c) 公園等屋外施設の照明環境計画、評価

#### d) 眩しき低減照明器具の評価と認定作業

#### e) 認定評価に伴う認定シールの発行

#### f) 各スポーツ団体とのスポーツ施設環境に関する協議

#### g) 多業種構成員による広範囲の対応

## 3. 眩しさについて

現在、眩しさの規格としてUGR、GI値などの規格は存在しているが、直接見るというような現象に対しては規定されていない。また、その明るさ(以後は輝度)に対して範囲が限定されており、判断する上でこれらの指標を用いるには望ましくないと伺える。そこで実際にLED光源を用いて、何が、どの程度眩しいのか、眩しさは誰でも共通か、などの基礎実験を行い、それらの結果から眩しさの状況を見出すこととし、形状認識とその領域輝度の眩しさ影響グラフを図3に示す<sup>4)</sup>。

また、通常の蛍光灯では、輝度影響を受けることなく形状認識の領域に推移している。各高輝度光源は拡散板を設置することで不確かさの予測領域近辺または不確かさの予測領域以下に収まることが確認できた。そこで、光源の直視グレア評価法として、光源の輝度と視野角内の面積比から直視グレア(HGR)式、

$$HGR = \ln \{ (\ln(\text{面積比} \times 10^3) / (6 \times M\% \text{輝度平均値}^2)) \} / N$$

MとNは定数。

を提案した<sup>4)</sup>。

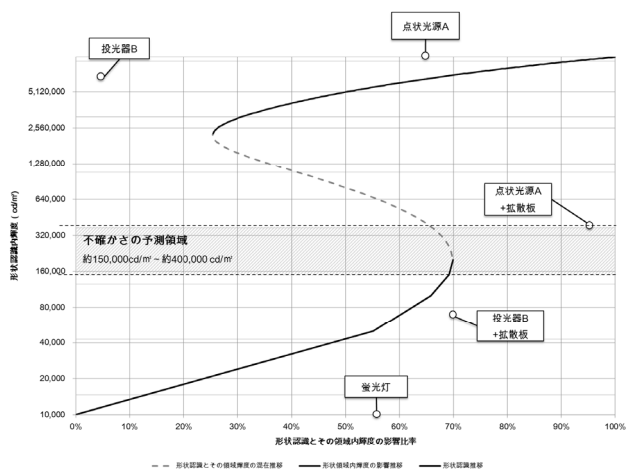


図3 形状認識とその領域輝度の眩しさ影響グラフ

#### 4. 広島県立総合体育館 武道場 競技面照明器 LED 化工事について



図4 広島県立総合体育館 武道場

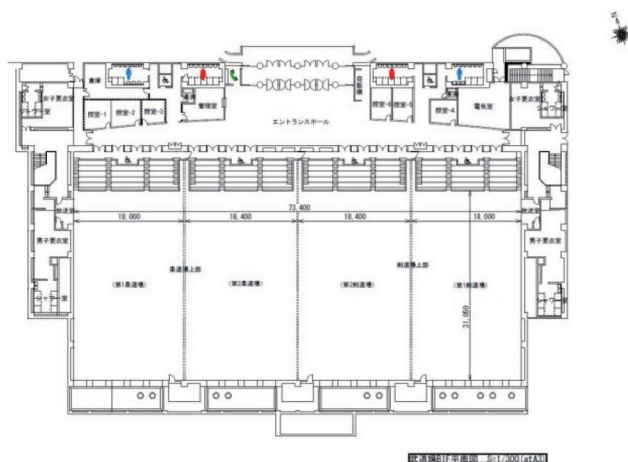


図5 武道館 平面図



図6 (a) 第一柔道場の天井のランプ



図6 (b) 第一柔道場の風景

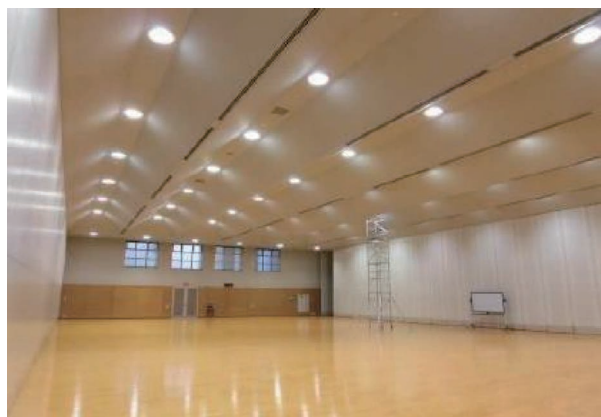


図7 (a) 第二剣道場の風景

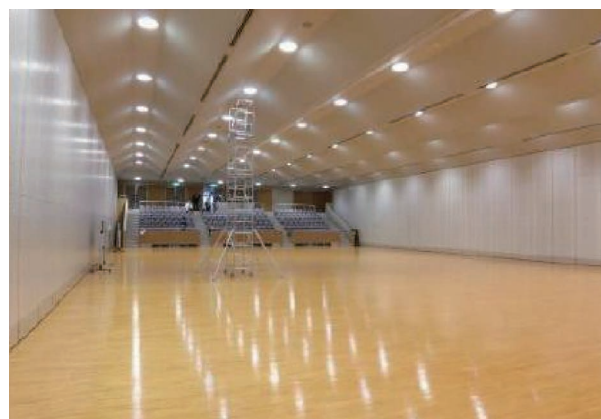


図7 (b) 第二剣道場の風景



#### 4-1 明るさ感計測 明るさ感計測

計測機器 二次元輝度計測 RISA-DCJ (ハイランド製)  
 一眼レフデジタルカメラ Nikon D5300 輝度調整済み  
 絞り F5.6 シャッターコントロール 1/30  
 焦点距離 18 mm ISO 感度 ISO400  
 計測箇所：環境の明るさ、雰囲気疑似カラーで表現  
 明るい 325 cd/m<sup>2</sup>以上

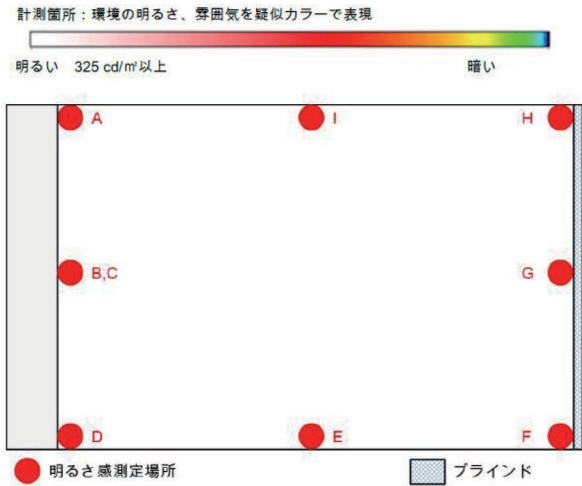


図8 第二剣道場配置図



図9 (a) 施工前 第二剣道場 原画像

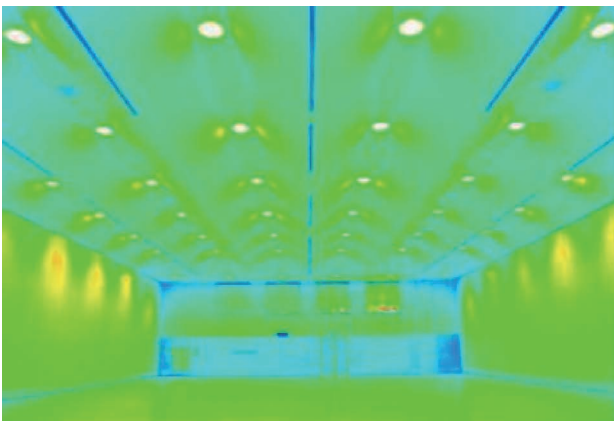


図9 (b) 施工前 第二剣道場 明るさ感疑似カラー画像



図10 (a) 施工後 第二剣道場 原画像

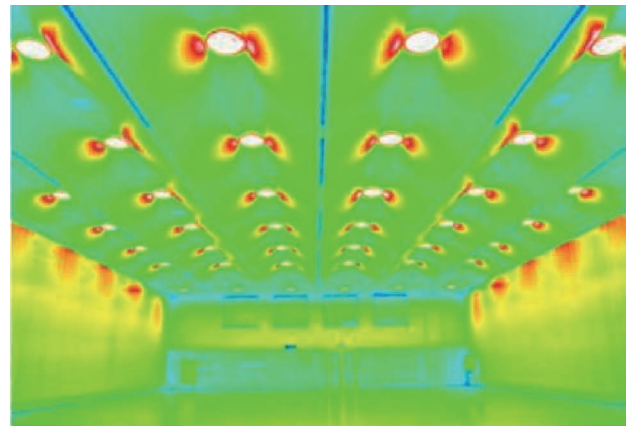


図10 (b) 施工後 第二剣道場 明るさ感疑似カラー画像

#### 4-2 H-GR 計測

計測機器 ONE SHOT H-GR  
 指標 H-GR 値  
 計測方法 H-GR 計測 高さ 1.5 m

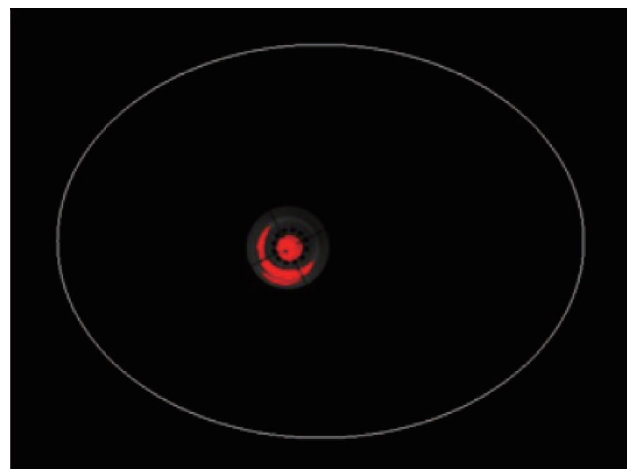


図11 (a) 施工前 メタハラ 400 W 直視グレア画像

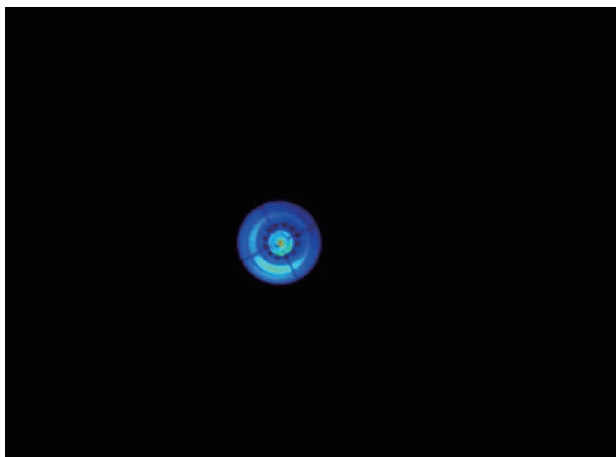


図11 (b) 施工前 メタハラ 400 W 輝度疑似カラー画像  
H-GR 20, 輝度 195,383 cd/m<sup>2</sup>

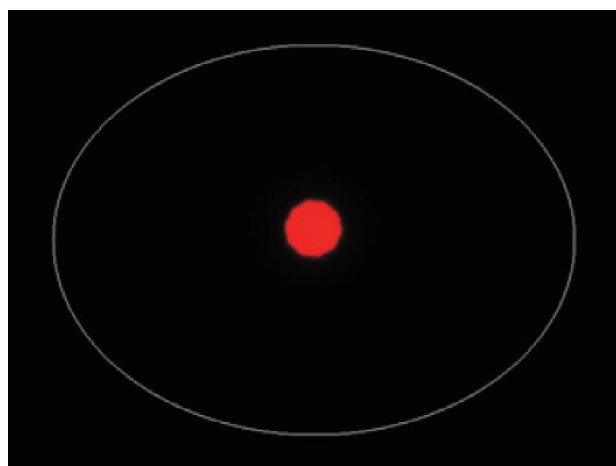


図12 (a) 施工後 EX\_LED700EX (H-GR φ450) 直視グレア画像

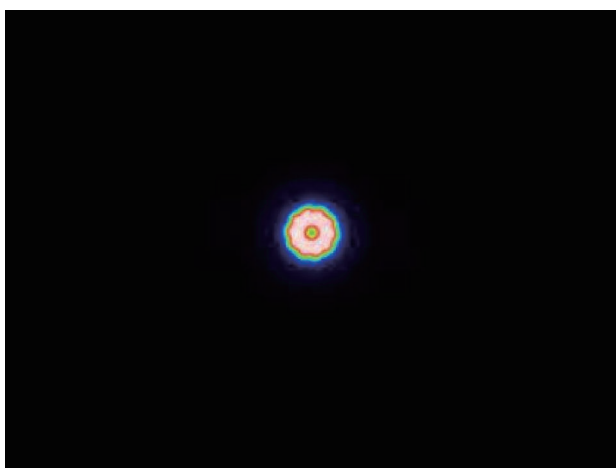


図12 (b) 施工後 EX\_LED700EX (H-GR φ450)  
輝度疑似カラー画像  
H-GR 20, 輝度 79,048 cd/m<sup>2</sup>

5. テクノルアイスパーク八戸 (新井田インドアリンク)  
(<http://www.city.hachinohe.aomori.jp/index.cfm/10,5213,101,1,html#ammaizu>) の改修について



図13 テクノルアイスパーク八戸

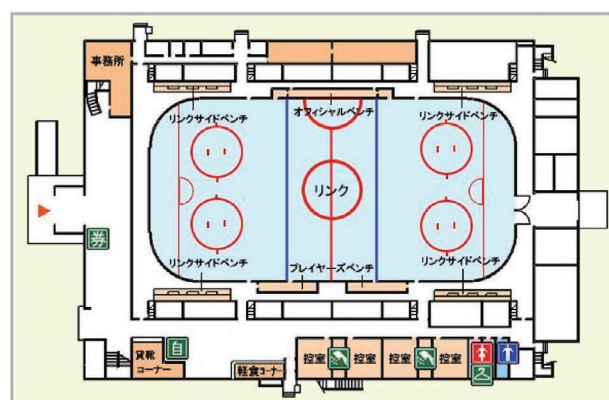


図14 テクノルアイスパーク八戸の施設案内図



図15 テクノルアイスパーク八戸の位置

建築情報

敷地面積 15,000.00 平方メートル

諸元

階数 地下下-1階, 地上2階

建築面積 4,549.83平方メートル

床面積 1階 4,240.00平方メートル, 2階 1,683.17平方メートル

延床面積 5,923.17 平方メートル

地下深さ GL-2.90 メートル



構造 鉄筋コンクリート造 大屋根鉄骨造  
 基礎・杭 遠心力鉄筋コンクリート杭  
 工期  
 竣工 昭和59年5月  
 改修 平成14年  
 備考  
 規模 アイスホッケーリンク1面 (面積 1,745.06 m<sup>2</sup>,  
 幅 30 m, 長さ 60 m, R 8 m)  
 観客席 固定席 1,576席  
 設備 全館暖房設備 放送設備 他, 照明/最大2,000  
 ルックス

5-1 シミュレーション&実測結果

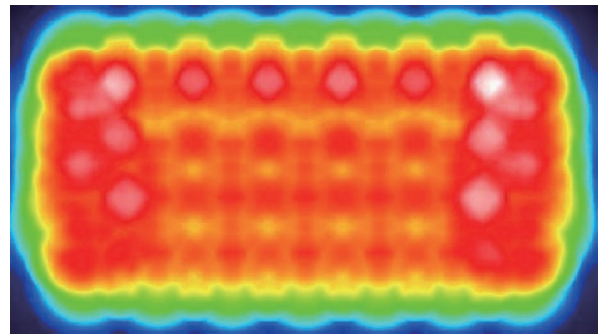


図20 テクノアイスパーク八戸内の光源シミュレーション結果



図16 テクノアイスパーク八戸内のリニア画像

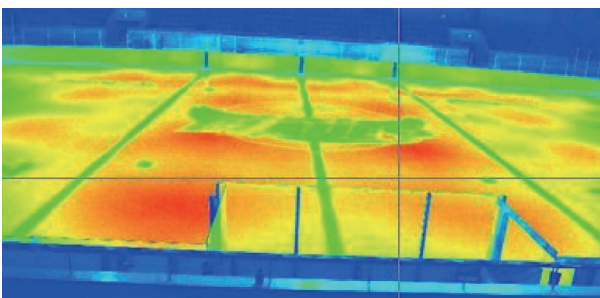


図17 テクノアイスパーク八戸内の視感覚変換輝度画像

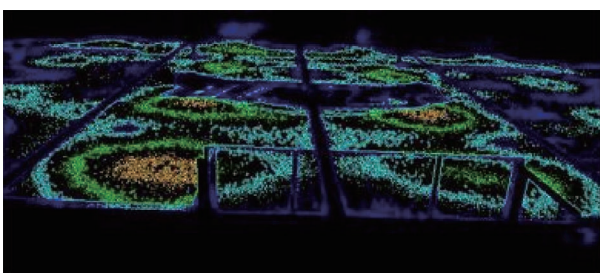


図18 テクノアイスパーク八戸内の視感覚変換輝度等高線

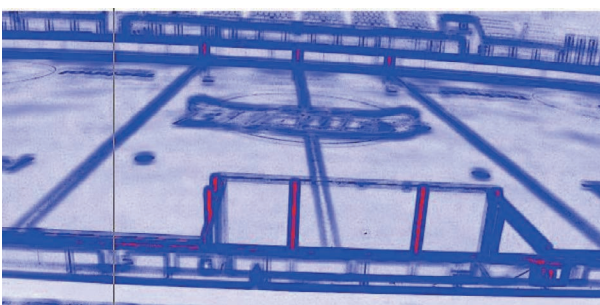


図19 テクノアイスパーク八戸内の輝度勾配画像 (25 cm で約 5 % 以上の勾配 赤枠内)

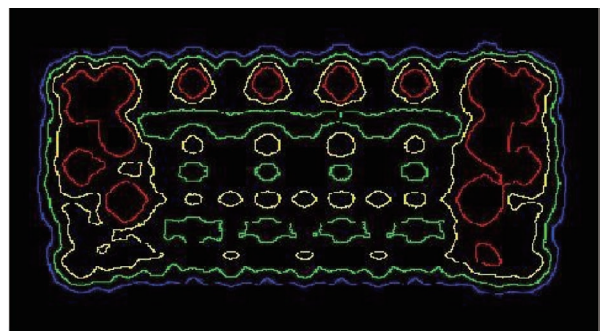


図21 テクノアイスパーク八戸内の光源シミュレーション結果



図21内の赤枠部分にダークスポットの発生する可能性があり、現状測定結果においても同部分に約 25 cm 距離において 3~10%の輝度勾配部分とほぼ一致の分布がみられる。

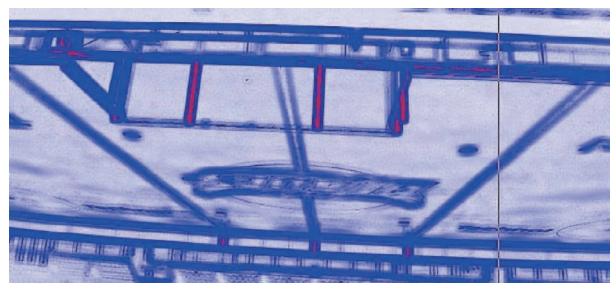


図22 テクノアイスパーク八戸内の輝度勾配画像

図22において、一般的には白色面では、周囲と 3 % の暗い部分が発生した場合には明暗の認識が発生するといわれている。

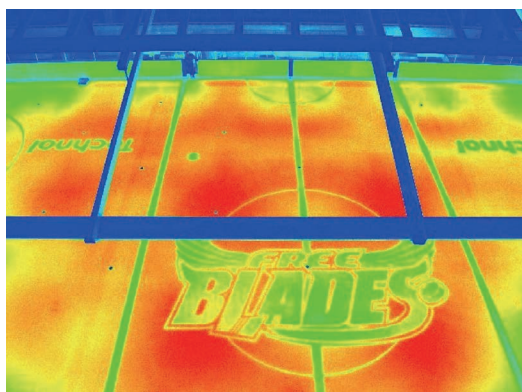


図23 テクノアイスパーク八戸内の視感覚変換輝度画像 (キヤットウォークより計測)

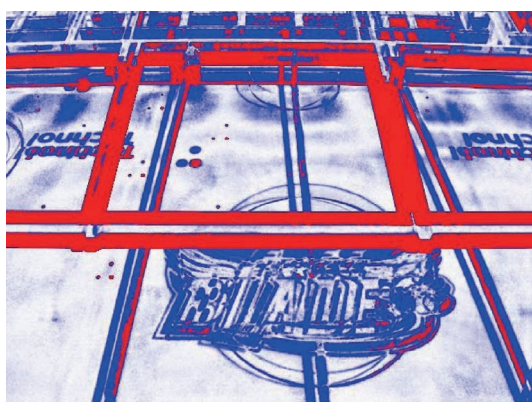


図24 テクノアイスパーク八戸内の輝度勾配画像, 25 cmで約5%以上の勾配 (赤部分は鉄骨)

図24においては、測定箇所により、計測による輝度レベル変化がみられる。これは氷による反射角度によって生じているものと思われる。

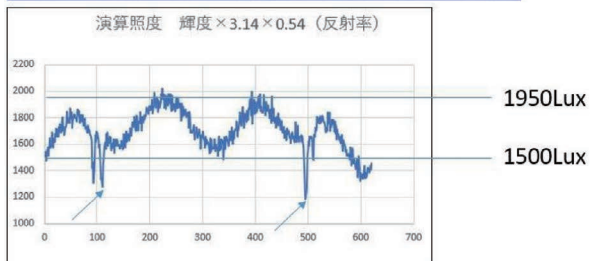
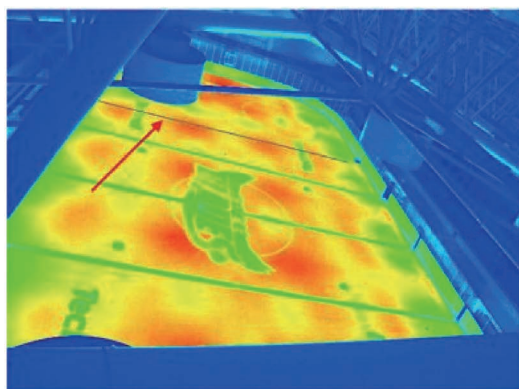


図25 テクノアイスパーク八戸内の視感覚変換輝度画像 (上下画像中の赤矢印部分の黒線上を演算, 青矢印部: リンク上線, 文字部)

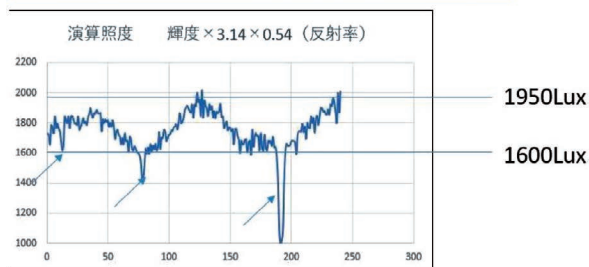
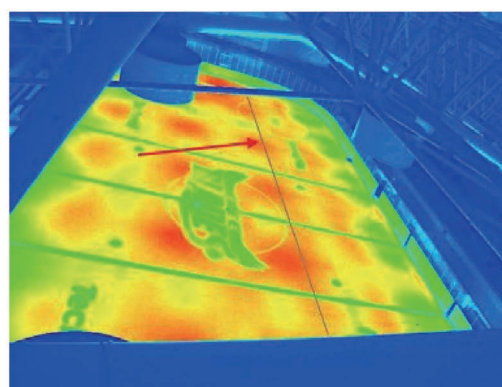


図26 テクノアイスパーク八戸内の視感覚変換輝度画像

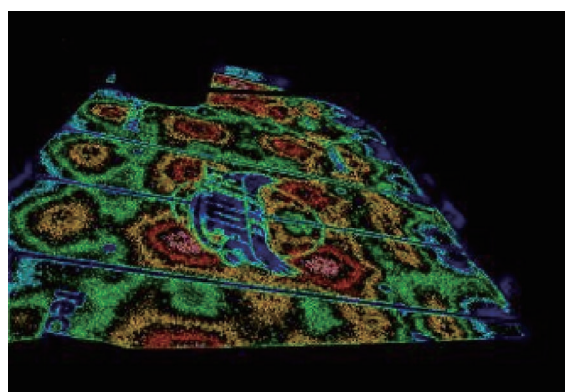


図27 テクノアイスパーク八戸内の照度変換グラフ

図25から 図27より、アイスパークの表面の照度は、1500から1950の範囲内に入っている。

37 +2.8 (A)	30 +2.8 (A)	29 +2.8 (A)	28 +2.8 (A)	27 +2.8 (A)	26 +2.8 (A)	25 +2.8 (A)
36 +1.8 (A)	19 +1.8 (A)	20 +1.8 (A)	21 +1.8 (A)	22 +1.8 (A)	23 +1.8 (A)	24 +1.8 (A)
35 +0.4 (A)	18 +0.4 (B)	17 +0.4 (B)	16 +0.4 (B)	15 +0.4 (B)	14 +0.4 (B)	13 +0.4 (A)
34 +0.3 (A)	7 +0.3 (A)	8 +0.3 (B)	9 +0.3 (B)	10 +0.3 (B)	11 +0.3 (B)	31 12 +0.3 (A)
33 +0.8 (C)	1 +0.8 (C)	2 +0.8 (C)	3 +0.8 (C)	4 +0.8 (C)	5 +0.8 (C)	6 +0.8 (C)

図28 テクノアイスパーク八戸内の色温度

図28より、光源色としては仕様を満たすと判断される。中央部 5410 K は追加 250 W の光源を用いている。



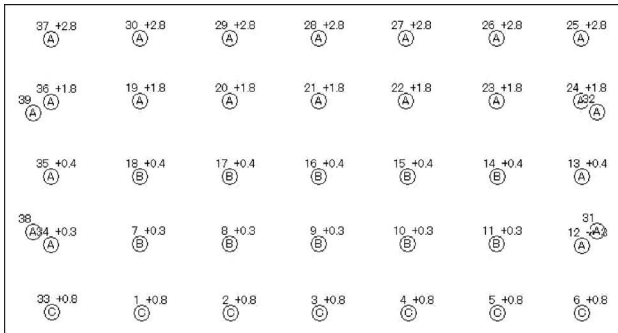


図29 テクノアイスパーク八戸内のHGR

図29に示すように、眩しさに関しては垂直から光源発光部を目視した状態で計測した。光源に慣れていない選手には違和感のあるレベルである。

当競技場はアイスホッケーの競技場である為TV放映などもあり、放映時に氷面の輝度ムラがTV画面に映り込み、画面上において高速移動するパックの認識が不明瞭になりやすくなる。その問題を解決するためSETへの問題解決依頼があり、SETでは上記現場検証を含めムラ解消の施工提案を行った。提案に基づき施工を行った結果、ムラは解消され、競技場運営の問題点が解決された。

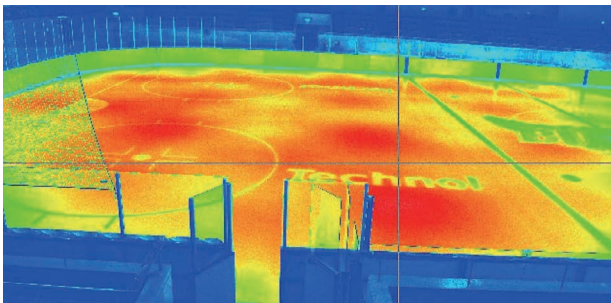


図30 当初氷面ムラ状態

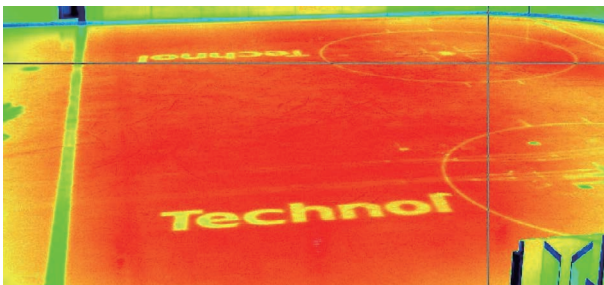


図31 改良施工後氷面ムラ状態

## 6. おわりに

財団法人スポーツ環境総合技術推進協議会は、多様な技術革新成果をスポーツ環境に活かす研究啓蒙事業を行い、もってスポーツ受益者の健康増進・安心安全で健全な社会生活に寄与することを目的としています。

財団の活動として、エクセル(株)を中心としたLED関連企業が照明学会及び広島工業大学の指導により開発した、競技空間全域の照度計測のための「空間照度シミュレーションシステム」と組み合わせることで、眩しさを押さえつつ、高い空間照度を実現する快適なスポーツ環境を提供できるものである。

今年度はエクセル(株)の大型高天井用LED照明機器及びこれを中核とする照明システムを全国のアリーナ(スポーツ施設)及び海外に向けて情報発信し、今回はその採用事例として、広島県立総合体育館の武道場と青森県八戸市のテクノアイスパーク八戸について報告した。

## 謝 辞

体育館のスポーツ照明の実施例に関する測定データ等を提供して頂きました財団法人スポーツ環境総合技術推進協議会(<http://www.segtpm.com>)に謝意を表します。

## 文 献

- 1) 国際照明委員会技術委員会(CIE TC-3-50), "Lighting quality measures for interior lighting with LED lighting systems" テクニカルレポート, Draft 3.0
- 2) 原直也, "LED照明のグレア評価法の国際標準化に向けて", 照学誌, pp. 349-353 (2012).
- 3) Takeshi Tanaka, Koji Mukai, Masayuki Yamauchi, Masao Kochi, Atsushi Ikeda, Hideo Kuzuhara, Koichi Matsushita, Go Hironobu, A study in a sports lighting environment using LED lighting and diffusion plates, ELECTROTECHNICA & ELECTRONICA E+E, 50 (5,6), pp. 30-35 (2015)
- 4) 田中武, 高地正夫, 池田篤志, 葛原秀男, 松下光一, 呉浩延, 栗栖慎也, "LEDを用いたアリーナのスポーツ照明と, その設置例", 広島工業大学紀要研究編第51巻, pp. 231-241, 2017.
- 5) <https://www.segtpm.com/>