

# 「災害からの復興のための実践活動及び研究」成果報告書

## 1. 実践活動・研究の名称

避難所における安心感確保と心理的ストレス軽減を考慮した夜間照明環境の構築

## 2. 実践活動・研究の成果

### (1) グループ代表者

①氏名：吉澤 望

②所属・職名：東京理科大学理工学部建築学科・教授

③構成メンバー（ 3 ）人

氏名：山口秀樹

所属・職名：国土交通省国土技術政策総合研究所・室長

氏名：秋月有紀

所属・職名：富山大学人間発達科学部人間環境システム学科・教授

氏名：大江 由起

所属・職名：東京理科大学理工学部建築学科・助教

### (2) 実践活動・研究の成果

#### 1. はじめに

災害は発生原因・被害規模等様々であるが、被害規模について分類すると、「局所的に発生する災害」と「広域で被害が発生する災害」の2つに大きく分類され、各災害で必要となる対応は異なる<sup>1)</sup>が、後者の場合は生活環境が復旧するまでに長期間を有し、避難所の開設が必要になる場合も多い。日本は世界でも有数の災害大国であるが、現状の避難所では生活空間及び設備に関する整備が必ずしも十分ではないことが多く、照明環境を含め避難所環境全体の改善が重要となる。

避難所における照明の役割として、安全性の確保、安心感の創出、各生活時間に適した環境の構築が主にあげられる<sup>2)</sup>が、体育館を避難所として利用する場合はこれらの両立が難しく、生活リズムの乱れの一因となる。そこで、本研究では、模型空間実験を通して避難所利用時の体育館において安心感を保証しつつ生活時や睡眠時の心理的ストレスの軽減ができるような照明環境を把握することを目的とする。

#### 2. 実験概要

##### 2.1 実験空間

暗幕空間内（W2000mm×D2000mm×H1600mm）に 1/40 縮尺模型（W900mm×D1000mm

×H325mm) を設置した (図 1)。2019 年台風 19 号発生時に実際に避難所として利用された体育館 (長野県須坂市北部体育館) を模したが、天井面は実際の勾配天井ではなく平天井とし、バレーボール競技時に必要な高さ 12.5m を確保できる天井高とした。模型の照明には実際の体育館で用いられている照明器具に近い色温度 3000K、全光束 190lm、ビーム角 41.4°の LED 光源 (発光面直径 18 mm) を使用した。また、実際の避難所利用時の状況を参考に段ボールパーティションを模型内に設置した。正面入り口と同じ大きさの開口を覗き穴 (52mm×188mm) とし、視点位置は体育館を想定した模型空間全体が観察できる地点 (ア・イ) と段ボールパーティション内で生活する空間を想定した地点 (ウ) とした。

## 2.2 実験条件

照明点灯条件 (図 2) は、空間が均一に照明される条件 1 種類 (点灯条件 A) と、点灯数を点灯条件 A の半分とし、点灯位置の異なる条件 4 種類 (点灯条件 B-E) の計 5 パターンとした。設定床面平均照度はそれぞれ 0.16、1.6、17、170、850 lx とし、点灯条件 A のみ通常 (イベント) の体育館利用時を想定して 1700 lx を追加し、計 6 段階とした。

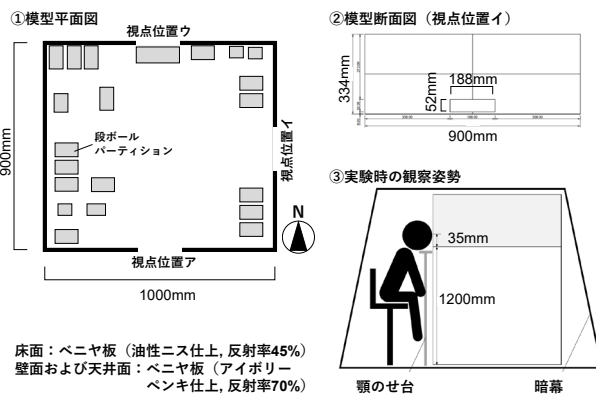


図1 実験空間

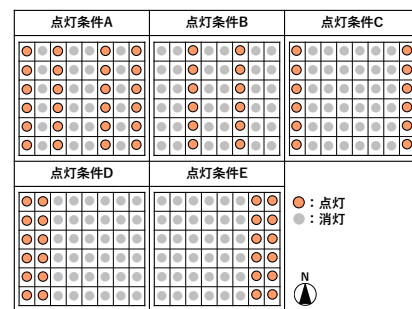


図2 点灯条件

## 2.3 実験手順

実験説明後、2条件練習を行わせた。その後アイマスクをつけて暗幕空間に入り 15 分間順応後、ある視点位置で全照明条件を評価させた。終了後に別の視点位置へ移動し、15 分の順応を行った後に評価させ、これを繰り返して全視点位置での評価結果を収集した。順応の影響を考慮し、低照度条件から順に提示し、点灯条件及び視点位置条件は被験者毎にランダムとした。被験者は、評価時に顎のせ台 (高さ 1200mm) で視点を模型床面から 35mm の位置に固定させたが、視線は自由に動かしてよいこととした。被験者は一般形 (C 型) の色覚の 20 代学生 10 名であった。

視点位置ア・イでは、空間全体の見えやすさ、明るさ、まぶしさ、通常の体育館利用時 (バレーボール競技時を想定、以下通常利用時) と避難所利用時にトイレなどで移動する時の見えの満足度、明るさの適切さ、まぶしさの不快感、光環境許容度、安心感を評価させた。視点位置ウでは、段ボールパーティション内の見えやすさ、明るさ、まぶしさ、起きて生活している時 (段ボールパーティション内で食事や団欒をする場合、以

下生活時)と睡眠時における見えの満足度、明るさの適切さ、まぶしさの不快感、光環境許容度、安心感を評価させた。

### 3. 照度による分析

#### 3.1 床面平均照度と見えの評価の関係

図3に床面平均照度と見えの評価の関係を示す。視点位置ア・イは空間全体の見えやすさ及び通常利用時の見えの満足度、視点位置ウは段ボールパーティション内の見えやすさ及び睡眠時の見えの満足度である。見えの評価については、いずれの視点位置でも照度が高くなるにつれて見える側の評価になることが確認できる。見えの満足度は、点灯条件によらず通常利用時は照度が高くなるにつれて満足度が高くなるが、睡眠時はその逆である。また、視点位置ア・イでは、均一な点灯条件ほど(A→B・C→D・E)、満足側の評価であるのに対し、ウでは不満側の評価となる。なお本報では図提示は割愛するが、視点位置や点灯条件によらず、トイレなどでの移動時の方が通常利用時より見えの満足度が高いことも把握した。

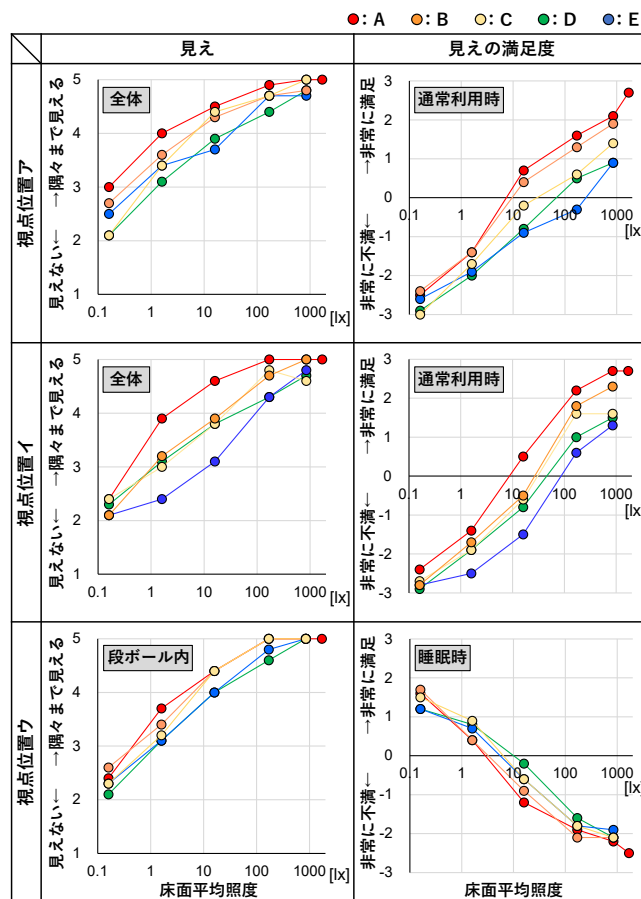


図3 床面平均照度と見えの評価の関係

#### 3.2 避難所利用時における点灯条件と床面平均照度の検討

図4に床面平均照度と視点位置ウで評価した生活時と睡眠時における光環境を許容できると回答した割合(許容率)との関係を点灯条件毎に示す。床面平均照度が10lx程度を境目に、高くなると生活時に許容できる明るさ、低くなると睡眠時に許容できる明るさと判断される結果であった。また睡眠時に許容できる照度は点灯パターンの違いによ

る影響が見られ、条件 D のように不均一な照明環境であれば床面平均照度が多少高くても許容できると判断される傾向であった。また、通常の照明器具の調光下限である 10% の調光出力<sup>2)</sup> (一般体育館の  $500 \text{ lx} \times 0.1 = 50 \text{ lx}$ , 図 4 の青線) では睡眠時の許容率が 60% 以下となり、睡眠に適している環境とは言い難く、通常の照明設備を補間する照明計画の必要性があると言える。

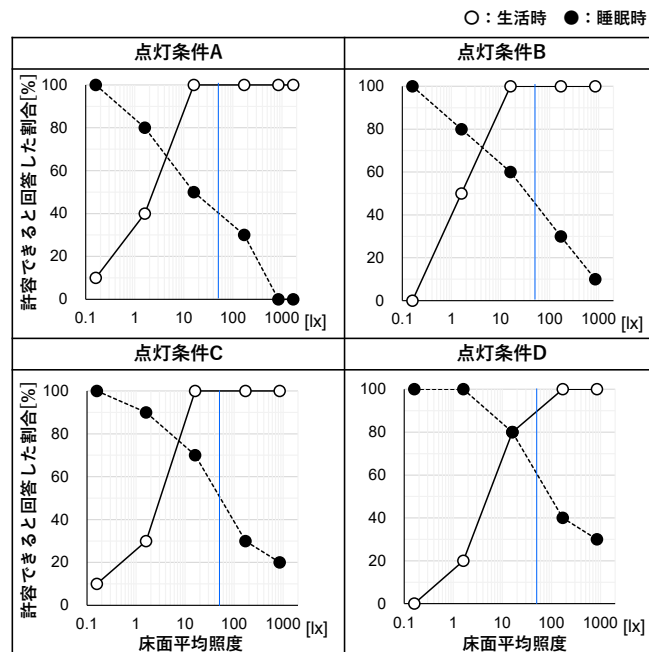


図 4 床面平均照度と光環境許容率の関係(視点位置ウ)

#### 4. 輝度による分析

##### 4.1 実験空間の視野輝度分布の測定

空間の明るさや視認性と対応する測光量は照度でなく輝度である。本研究では、等立体角射影方式で全方位同時撮影可能な THETA Z1 (RICOH 製) を Linux OS のパソコンに接続し、山口が開発した輝度色度計測プログラム L-CEPT を用いてシャッタースピードと ISO 感度の異なる RAW 画像データ 12 枚を自動撮影し、後日 L-CEPT で RAW 画像を RGB 画像および CIEXYZ 画像へ合成することで視点位置 3 か所における全条件の輝度分布を測定した。この輝度分布データを、実際に被験者が観察できる範囲(視野中央から上下 $\pm 70$ 度:以後観察全視野)を切り取り、その範囲の輝度ヒストグラム、算術平均輝度、標準偏差、中央値を算出した。さらに視点位置ウにおいては、観察全視野に加え、段ボールパーティション内部(区画された壁面および床面:観察全視野の 53.8%, 以後内部区画)の範囲についても同様に算術平均輝度等を算出した。なお  $0.01 \text{ cd/m}^2$  未満は測定限界であったため、床面平均照度  $0.16 \text{ lx}$  の条件は本節での検討から除外した。

図 3 に視点位置ウの輝度分布の一例を示す。点灯条件によって天井面の輝度分布は大きく変化するが、段ボールパーティションで区画された内部の輝度分布はそれに比べて変化は穏やかである。

図 5 に代表的な条件の輝度分布結果を示す。空間全体が観察できる視点位置ア・イは、天井照明と視点位置の組合せにより視野輝度分布が大きく変化する。一方段ボールパーティションで区画された視点位置ウでは、内部区画の輝度分布は外部(天井部)のそれ

に比べて変化は穏やかである。床面平均照度が高くなると視野輝度分布も相対的に変化する。なお、視点位置ウの点灯条件 E の輝度分布は、条件 D のそれと相対的に等しいので割愛する。

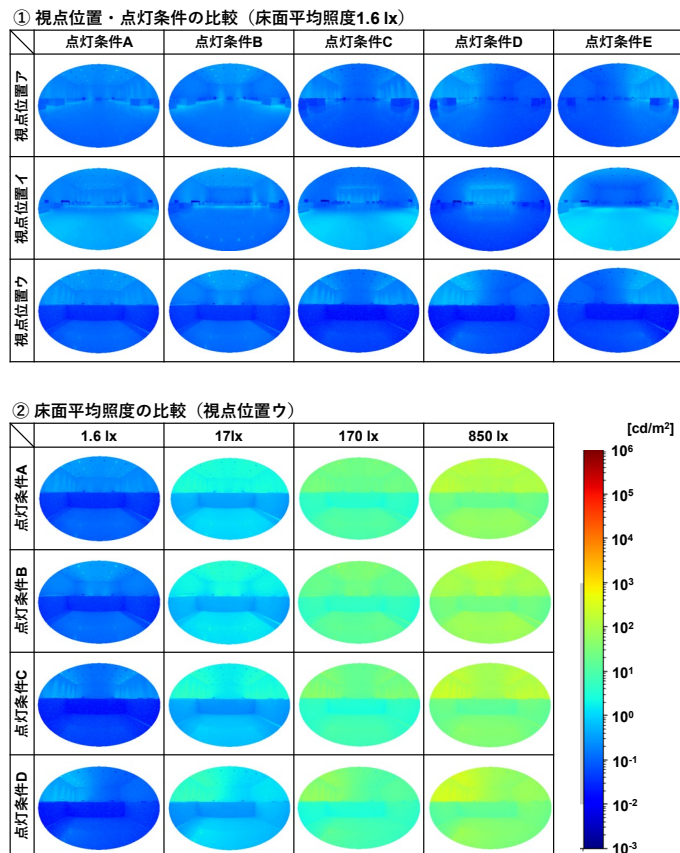


図 5 視野輝度分布

#### 4.2 平均輝度と各評価の関係

図 6 に視点位置ウの観察全視野及び内部区画の平均輝度と各評価の関係を示す。本報では、生活時及び睡眠時の許容率と安心感、明るさについて取り上げる。

生活時の許容率は観察全視野、内部区画ともに平均輝度が 10 cd/m<sup>2</sup> 程度以上であれば点灯条件によらず 100%許容される。それより平均輝度が低くなると許容率が低下するが、特に点灯状態に偏りのある条件 D,E で顕著である

安心感は平均輝度が高いほど、また点灯状態に偏りが無いほど、評価が向上する傾向が見られる。生活時は視野内に入る光量が多い方が安心感を得られ、許容率の向上に繋がると考えられる。

睡眠時の許容率は生活時の許容率とは逆に、条件 D,E は他の条件に比べて許容率が高い。特に 1cd/m<sup>2</sup> 付近で点灯条件による差が大きく、輝度を下げなくても、点灯条件を工夫する（片側に寄せる）ことで、高い許容率を得ることができる。平均輝度が高くなると許容率は下がるが、いずれの条件も概ね安心側の評価となっており、睡眠時は安心感があるからといって、光環境として許容できるわけではないことを確認できる。生活時、睡眠時ともに観察全視野と内部区画で傾向は同じであるが、睡眠時は段ボールパーティション内のみでなく、天井等も視野に入る可能性が高いため、天井光源によるグレアや周辺との輝度対比等を考慮した検討が引き続き必要である。

段ボールパーティション内の明るさも前述の生活時の評価と同様の傾向である。輝度が同程度であっても、点灯条件が異なれば、感じる明るさの程度が異なり、輝度が高いからといって明るさ評価も高くなるとは限らない。

また視点位置ウにおける段ボール内の明るさと行為別許容率の関係をみたところ、生活時・睡眠時ともに高い相関がみられ、点灯状態の違いも包括していることを確認した。明るさを予測できれば、行為別許容率を推測可能であり、明るさが避難所の照明空間の評価軸になり得ると考えられる。

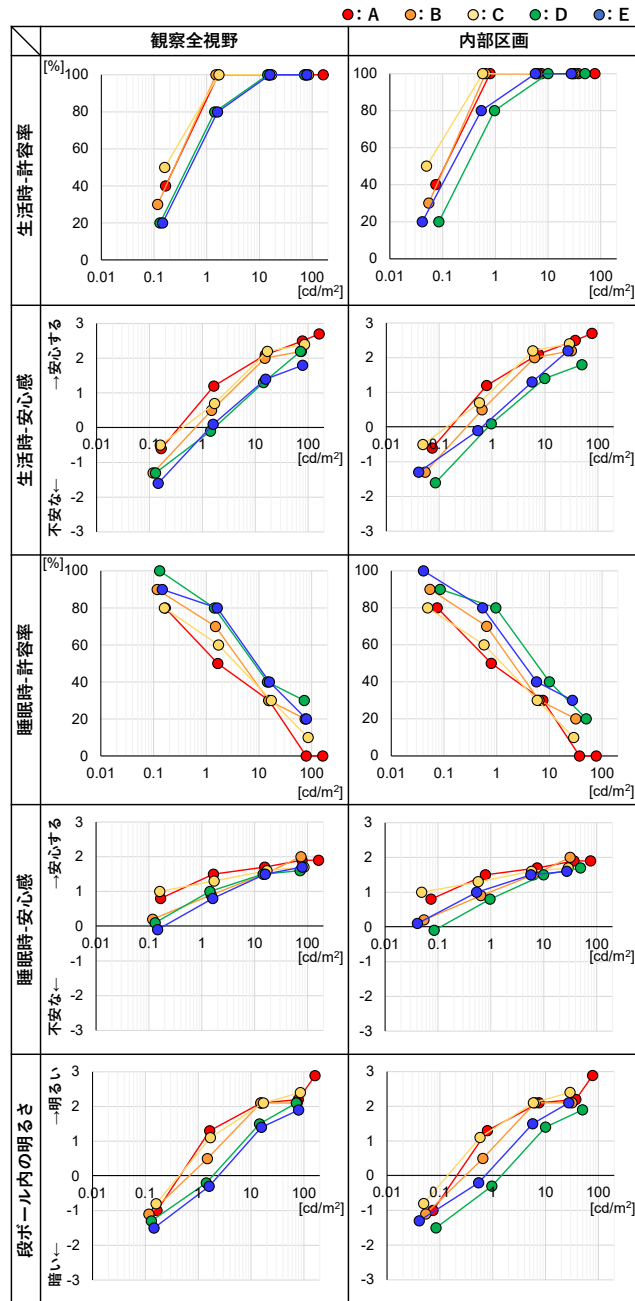


図 6 平均輝度と各評価の関係(視点位置ウ)

## 5. おわりに

本研究では、体育館を想定した模型を用いて評価実験を行い、床面平均照度や平均輝度と評価の関係について検討した。その結果、点灯条件や出力を工夫することで、睡眠時に適した照明環境を構築できる可能性があること、避難所利用時の各行為における許

容度は明るさ評価で予想できることを示した。今後、視野内輝度のばらつきや対比など輝度分布データの解析を進めていき、引き続き検討する予定である。

**【参考文献】**

- 1) 秋月：防災照明-Resilient Lighting, 電気学会誌, Vol. 141, No.4, pp.215-218, 2021
- 2) (一社) 日本照明工業会 JLMA：あかりでエリア防災照明  
<https://www.jlma.or.jp/siryō/pdf/pamph/areaBousaiShoumei.pdf>

**【学会発表】**

- 1) 吉澤・大江・山口・秋月：避難所における安心感確保と心理的ストレス軽減を考慮した夜間照明環境の構築, 安全工学シンポジウム 2022, 2022.
- 2) 大江・山口・秋月・吉澤：避難所利用時における体育館の照明環境の課題—睡眠への影響を考慮した検討—, 日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）, pp.1159-1162, 2022.

2022年8月26日

## 「災害からの復興のための実践活動及び研究」会計報告書

活動・研究名称	避難所における安心感確保と心理的ストレス軽減を考慮した夜間照明環境の構築	
代表者 氏名・所属	吉澤 望	東京理科大学工学部建築学科 教授

1. 助成額	¥270,000
2. 支出合計	
(1) 機器・備品	
1)	
2)	
3)	
(2) 消耗品	
1) スチレンボード	¥2,288
2) 操作基盤 (残り¥29,118は別予算より支出)	¥196,712
3)	
(3) 旅費・交通費	
1)	
2)	
3)	
(4) 謝金	
1)	
2)	
3)	
(5) その他	
1) 操作基盤作成委託料	¥44,000
2) 間接経費 (支給額の10%)	¥27,000
3)	

※ 領収書は各費目ごとにA4用紙に貼付し、通し番号を付けてください。