

災害時に役立つスマホ用リフレクターの研究

Research on reflectors for smartphones useful in times of disaster

積山 音羽 藤田 望花 松本 佳汰 安喜 蒼太

1 はじめに

災害の多い日本の避難所では、「夜間の照明が明るくて、眠れなかった。」反対に、「照明が暗くて、本を読んだり作業したりすることができなかった。」という意見がある。これは、不慣れた場所での生活に対するストレスに加え、思うように行動できないストレスが重なる、大きな問題である。そこで、私たちは必要などきに、必要な人に、必要な光の明るさを届けることで、避難先での生活のストレスを少しでも軽減したいと考えた。今回は、スマホのライトを光源として本を読むことを想定し、周囲に光が漏れないようにスマートフォン（以後、スマホという）の光を必要な場所に集める方法を模索していく。そのために、身近なスマホに取り付けられる、かつ、手軽な材料で作製、集光できる装置を作製し、この問題の解決に貢献したい。

2 先行研究

JIS 照度基準法より、照度が 300lx の環境であれば、日常のたいていの作業が可能な状態であることが分かっている。また、井上洋子氏による、「印刷文書の読み易さと書面の明るさ感に関する研究」より、書面を机に置き、書面と目の距離をおよそ 35 cm に設定すると、8 ポイントの大きさの文字を読むには 70lx 程度の照度なら読めると回答した人が半数であることが分かっている²⁾。

3 研究目的

集光することで、本を読むのに十分な照度と範囲を得ることができ、身近な材料で作製可能な装置（以後、リフレクターという）の確立を目的とする。また、装置については、先行研究¹⁾より、大半の作業を行うことができる 300lx 以上を得る、かつ、先行研究²⁾より 70lx 以上で照らされた面積が、一般的な文庫本の面積 $1.6 \times 10^2 \text{ cm}^2$ 以上であることを目標とする。そのために、リフレクターの長さや面積などを変数として最適な装置の形状を探る。

4 研究内容

（「暗室装置」について）

ポールとパネルで囲いを作り、そこに 4.0m×3.0m の暗幕を掛けて作成した。（図 1）

装置全体は縦 1.3m×横 1.3m×高さ 1.0m である。

以後の実験では、

スマホと照度計間の距離... L [cm]

スマホからの照度計の角度... θ [°]

とする。（図 2）

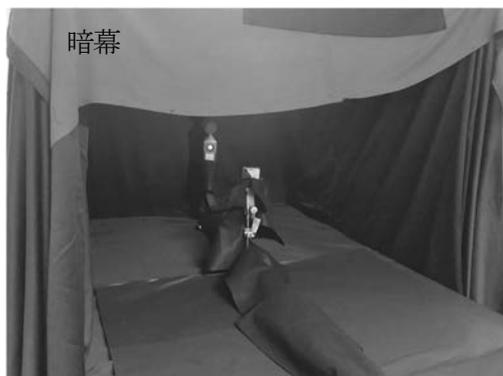


図 1 暗室装置の様子

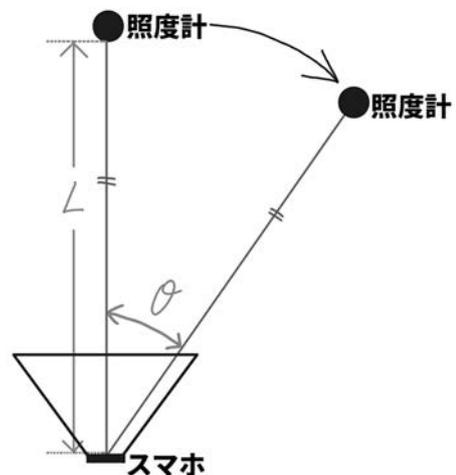


図 2 実験の模式図

予備実験

【目的】本実験で使用する光源からの光に左右差がないことを調べる。

【準備物】光源(スマホ iPhone6), 除振台, 照度計 (Mother Tool/マザーツールマルチ環境測定器 LM-8102), 力学スタンド, 光学台, フェルト, 暗室装置

【手順】

- 1 スマホと照度計間の距離 $L=60\text{cm}$ とし, スマホを力学スタンドに垂直に固定し, 光源から出る光が 照度計に垂直に当たる角度を $\theta=0^\circ$ として照度を測定する。
- 2 $L=60\text{cm}$ 一定の状態, 角度 θ を 10° 刻みで左右へ照度計を動かし, 各地点での照度を測定する。(図 2)
- 3 光源から見て右向きを正 ($\theta > 0$), 左向きを負 ($\theta < 0$) として表にまとめる。

【仮説】

光源からの光に左右差はない。

【結果】

測定結果を表 1 に示す。

表 1 スマホのライトの左右差

1 回目

角度 ($^\circ$)	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
照度 (lx)	4	5	10	15	18	21	23	23	19	16	12	6	5

2 回目

角度 ($^\circ$)	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
照度 (lx)	3	5	8	13	18	22	25	24	21	16	12	8	4

表 1 より, 光源からの光に左右差はほとんどないといえる。

おおよそ左右対象ではあるが, 多少の差が生じた原因として, 照度計が示す値が安定していないときに値を読み取ってしまったことや光学台を人の手で移動させたため, 左右の実験で θ がずれてしまったことなどが考えられる。

本実験①

【目的】リフレクターの頂角 α , 長さ ℓ , 面積 S のどの要素が照度や光の照らす範囲に影響するかを調べる。

(リフレクターについて)

【準備物】 厚紙, アルミホイル

厚紙で形を作り, 光を反射させるために片面にアルミホイルを貼った。その面を内側とし, 光源側から放射状に広がるように作成したメガホン型の装置。(図 3)

リフレクターの内側に貼る材料は, 身近で手軽に買うことができ, 反射率が高いという理由から, アルミホイルを使用する。

また, リフレクターの頂角 $\cdots \alpha [^\circ]$

リフレクターの長さ $\cdots \ell [\text{cm}]$

リフレクターの内部面積 $\cdots S [\text{cm}^2]$ とする。(図 3)

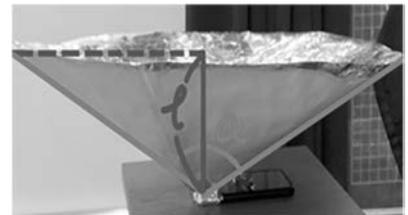


図 3 リフレクターの頂角 α と長さ ℓ



図 4 頂角 $\alpha=0^\circ$ のリフレクター

実験 (1)

【目的】 リフレクターの長さ ℓ が影響するかどうかを確かめるために、長さ $\ell=15\text{ cm}$ (一定) とし、リフレクターの頂角 α を変更していく。

【準備物】 光源 (スマホ「iPhone6 のライト」)、リフレクター (0° (図4) , 40° , 80° , 120°)、銀テープ、除振台、照度計、力学スタンド、光学台、フェルト、「実験装置」

【手順】

1. 光源にリフレクターを取り付け、光源からの距離 $L=60\text{ cm}$ の地点で照度計を用いて照度を測定する。
2. 光源は固定したまま $\theta=10^\circ$ 刻みで左右へ照度計を動かし、照度を測定する。(図2)
3. 光源から見て右向きを正 ($\theta>0$)、左向きを負 ($\theta<0$) としてグラフにまとめる。
4. 他のリフレクターに付け替え、同様に実験を行う。

【仮説】 頂角 α が小さくなるほど、 $\theta=0^\circ$ のときに得られる照度は大きくなる。

【結果】 実験回数 $n=2$ ※平均を求め、その値でグラフを作成

測定結果を図5に示す。

なし...リフレクター不使用

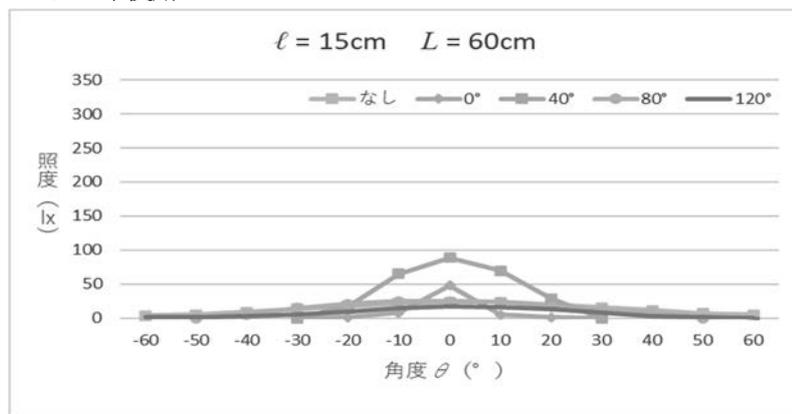


図5 長さ $\ell=15\text{ cm}$ 一定のときの結果

図5より、

- ・頂角 $\alpha=40^\circ$ のとき、最も大きい照度 89 lx が得られた。
- ・仮説に反して、頂角 $\alpha=0^\circ$ でえられた照度は 48 lx と、最大の照度とはならなかった。
- ・リフレクター不使用のときの方が、頂角 $\alpha=120^\circ$ のリフレクターを使用したときより、照度が大きくなった。

【考察】

- ・リフレクター不使用の状態に比べて、頂角 $\alpha=40^\circ$, 80° では $\theta=0^\circ$ 付近の値が大きくなっているため、リフレクターを用いることで集光されたといえる。
- ・頂角 $\alpha=0^\circ$ のときの結果が仮説に反して最も大きい値にならなかった原因として、 $\alpha=0^\circ$ のリフレクターが筒状であったため、光と光の交わる点(交点)が光源側に近くなり、 $L=60\text{ cm}$ の地点では、光が放射状に広がり、集められなかったからであると考えられる。(図6)

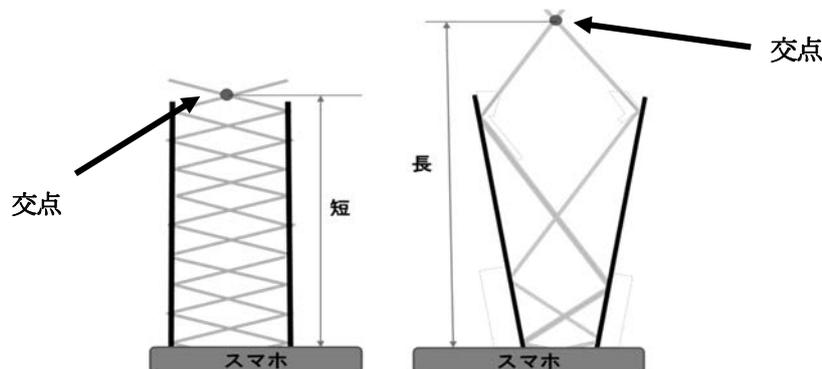


図6 実験 (1) の考察のイメージ図

- ・リフレクター不使用のときの方が頂角 $\alpha=120^\circ$ のリフレクターを使用したときと比べて照度が大きくなったのは、 $\alpha=120^\circ$ のリフレクターのサイズが大きすぎたため、重さにより垂れ下がり、光の照らす範囲を下側に向けてしまったことが考えられる。また、リフレクターの接続部分が重さによってずれ、光源であるスマホのライトの一部を覆ったことも考えられる。

実験（2）

【目的】 内部面積 S が影響するかどうか確かめるために、リフレクターの内部面積 S を 800 cm^2 一定にし、リフレクターの頂角 α を変更していく。

【準備物】 実験（1）と同様（リフレクターは、 $40^\circ, 80^\circ, 120^\circ$ を使用）

【手順】 実験（1）と同様に行う。

【仮説】 内部面積 S は、照度の変化に影響しない。

【結果】 実験回数 $n=2$ ※平均を求め、その値でグラフを作成
測定結果を図7に示す。

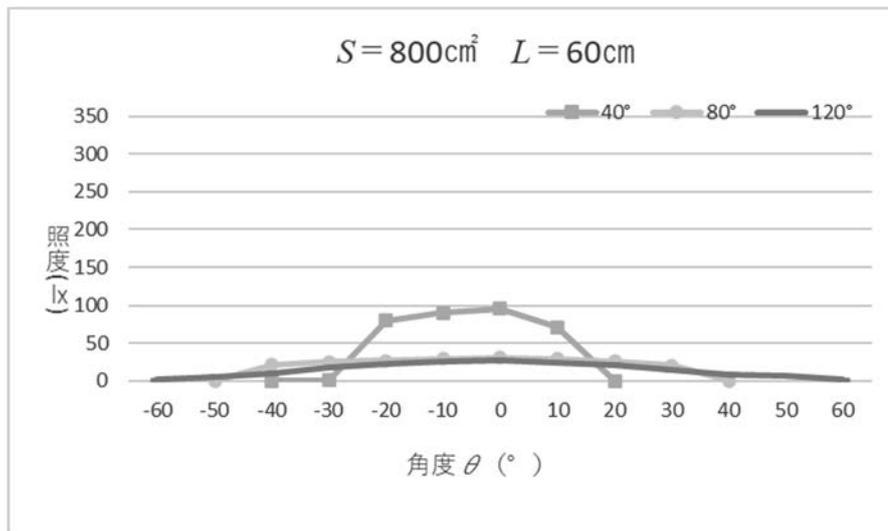


図7 面積 $S=800\text{ cm}^2$ 一定のときの結果

図7より、

- ・ピークとなる照度はみられず、なめらかな変化だった。
- ・実験（1）図5と同様の傾向が見られた。

【考察】

照度の変化は頂角 α の変化だけでなく、面積 S 、長さ l の変化にも関係する。

また、リフレクターの長さ一定、面積一定の実験において、頂角 α を変化させると照度が大きく変化したことから、頂角が照度を変える最大の要因ではないかと考えられる。

したがって、これ以降の実験は、頂角 α に注目して実験を進めた。

実験（3）

【目的】 リフレクターの長さ $l=15\text{ cm}$ のときに、最大の照度を得られる頂角 α を探る。

【準備物】 実験（1）と同様（リフレクターは、 $10^\circ, 20^\circ, 60^\circ$ を使用）

【手順】 実験（1）と同様に行う。

【仮説】 実験（1）の結果より、 $L=60\text{ cm}$ 、 $l=15\text{ cm}$ のとき、最大照度を得られそうな頂角は、 $0^\circ < \alpha < 40^\circ$ の範囲である。

【結果】 実験回数 $n=2$ ※平均を求め、その値でグラフを作成
測定結果を図8に示す。

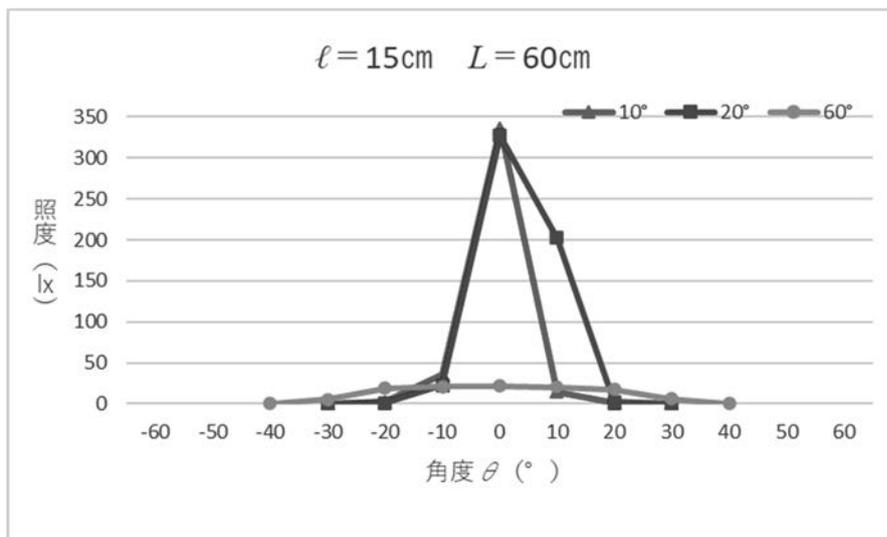


図8 長さ $l=15\text{ cm}$ 一定のときの結果

図8より、

- ・頂角 $\alpha=60^\circ$ のときはピークがなくなめらかな変化であるので、 $L=60\text{ cm}$, $l=15\text{ cm}$ のとき、最大照度を得られる頂角は、 $0^\circ < \alpha < 40^\circ$ の範囲である。
- ・頂角 $\alpha=10^\circ$ のとき、最も大きい照度 337 lx が得られた。
- ・頂角 $\alpha=20^\circ$ のとき、 $\alpha=10^\circ$ に次いで大きい 328 lx が得られた。

【考察】

頂角 α が小さいほど大きな照度を得られたのは、図9のようにリフレクター内部での反射回数が多くなり、重なり合う光の量が多くなるためだと考えられる。



図9 実験(3)の考察のイメージ図

本実験②

【目的】 実験①と同様の装置・条件のときに、照らされる面積が α の変化によってどのように変化するかを調べる。

【方法】 長さ l 一定、頂角 $\alpha=0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ のときに照らされる面積をスマートフォンアプリケーションQUAPIX Lite (輝度、照らされる範囲を測定可能)を用いて測定する。

【準備物】 光源 (スマホ iPhone6), リフレクター, 銀テープ, 除振台, 光学スタンド, 暗幕, 光学台, フェルト, 「実験装置」, 黒色テープ, 黒画用紙, スマートフォンアプリケーションQUAPIX Lite (iPhone14)

【手順】

1. スマホを光学スタンドに固定し、黒画用紙を貼った壁から光源までの距離 L を 60 cm する。
そのとき、黒画用紙に縦 2.0 cm の黒のテープを目印として貼る。
2. 黒テープが光の範囲に入るように調節し、スマートフォンアプリケーションで写真を撮る。
3. 写真の縮尺を計算し、本が読める程度の明るさである約 70 lx 相当の 1.7 cd/m^2 (輝度) 以上を観測した面積を円に近似して求める。

【仮説】 全体の光量は変わらないため、頂角 α が小さくなれば光の照らす全体の範囲は小さくなるが、 1.7cd/m^2 以上が得られる範囲は大きくなる。

【結果】 実験回数 $n=1$
測定結果を表2に示す。

表2 リフレクターの頂角 $\alpha=0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ のときの面積

角度 α ($^\circ$)	面積 (cm^2)
0	42
10	5.3×10^2
20	7.0×10^2

スマホ用アプリケーション“QUAPIX Lite”を用いて、面積を測定している様子

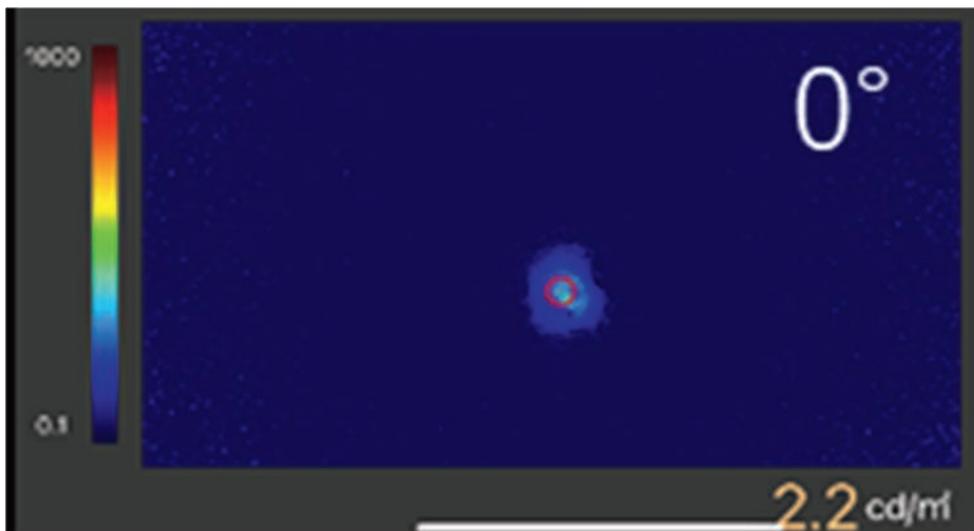


図10 頂角 $\alpha=0^\circ$ のとき

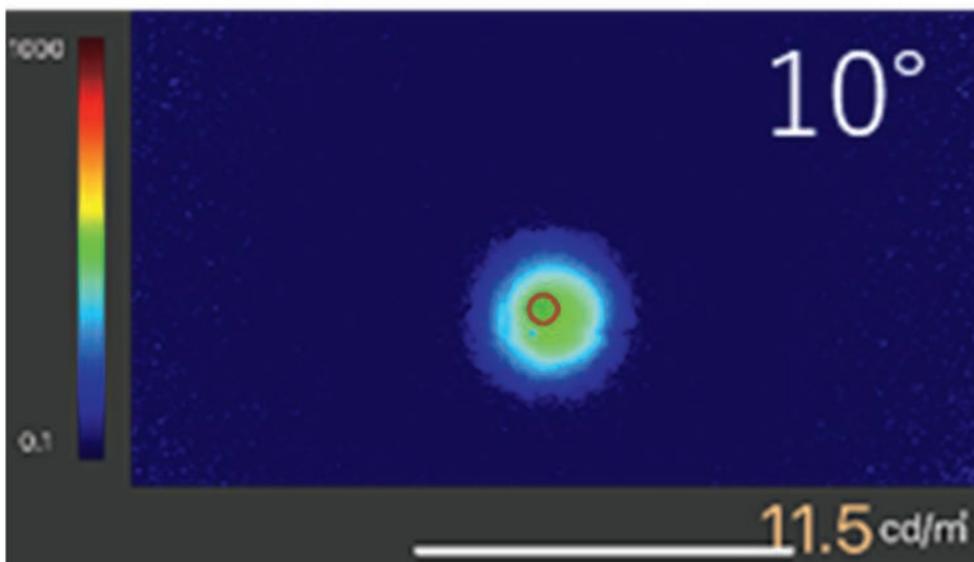


図11 頂角 $\alpha=10^\circ$ のとき

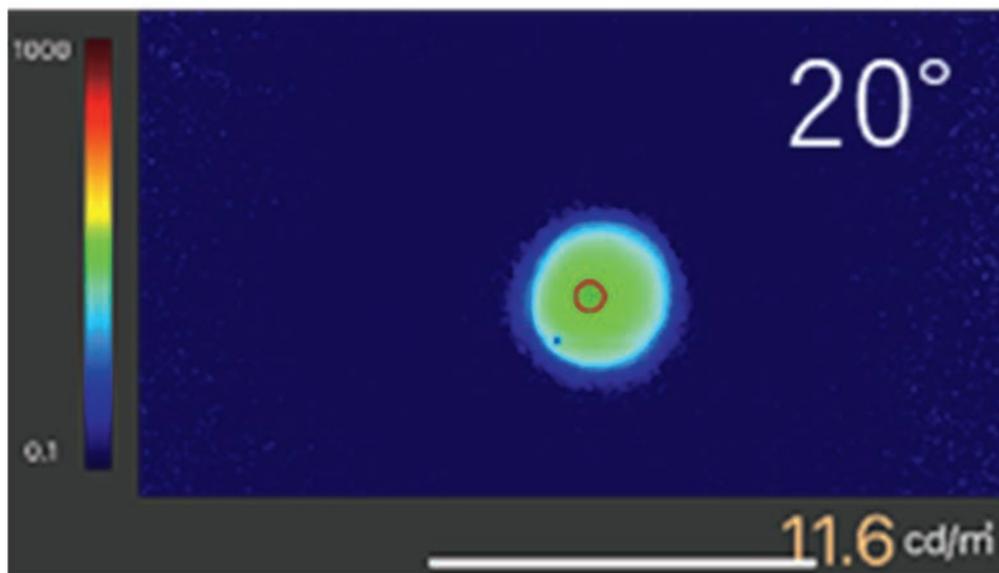


図12 頂角 $\alpha=20^\circ$ のとき

- ・頂角 α が大きくなるほど照らされる範囲は大きくなる。
- ・ 1.7cd/m^2 以上で照らされた範囲は、頂角 $\alpha=20^\circ$ のときに最も大きくなる。
- ・一般的な文庫本のサイズは、縦 15cm ×横 11cm 、面積 $1.6\times 10^2\text{cm}^2$ のため、リフレクターの頂角が $10^\circ, 20^\circ$ で、読書をする際に必要な範囲が得られた。

【考察】

照らされた面積の外側になるにつれて、頂角 $\alpha=20^\circ$ では、輝度が緩やかに変化するのに対し、頂角 $\alpha=10^\circ$ では、輝度が急激に変化する。

→今回は、 1.7cd/m^2 以上という条件を設けたため、頂角 $\alpha=20^\circ$ で照らされた面積が最も大きくなった。

5 全体の誤差の検討

- ・手作りのリフレクターによるもの（リフレクターの形の歪みなど）
- ・リフレクター内部のアルミホイルの凹凸による乱反射
- ・照度計の照度を観測する部分のずれ
- ・面積を計算する際の縮尺のずれ

6 結論

本を読むときには、大半の作業ができる 300lx と照らす範囲が得られ、より必要最低限の範囲に狭まる頂角 $\alpha=10^\circ$ のリフレクターを取り付けるとよい。

7 今後の展望

- ・正確性を高めるため、全実験の実験回数を増やす。
- ・光が重なり合う地点を確かめるために、光源と照度計間の距離 L を変えて照度を測定する。
- ・本実験②の正確性を高めるため、実験方法、測定方法を模索する。
- ・ $0^\circ < \theta < 20^\circ$ の範囲では、 10° 刻みではなく、 5° で刻むなど、細かく照度を測定する。
- ・リフレクターの形を直線のものだけでなく、曲線なども作製し、実験を行う。

8 引用文献

- 1) JIS 照度基準 (最終閲覧: 2025/07/01)
<https://www.shibata-shouji.com/pdf/data08.pdf>
- 2) 印刷文書の読み易さと書面の明るさ感に関する研究 井上洋子 (最終閲覧: 2025/06/25)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/aija/62/498/62_KJ00004222185/_pdf-char/ja

9 謝辞

今まで本研究をご指導してくださった担当の松本先生、萱原先生、その他理数系の先生方に深く感謝申し上げます。特に担当の先生方には、普段の実験や考察、研究発表の練習、論文作成などあらゆる場面でのご指導をいただきました。心から感謝いたします。