

知的照明システムにおける光度の近傍幅の検討

戸松 祐太

1 はじめに

我々は、知的照明システムの研究開発を行っており、異なる明るさを求めるユーザの要求を満たし、省エネルギーを実現することに成功している。現在の知的照明システムは、各照明がある光度（照明の明るさ）範囲でランダムに変更し、各照明がその光度の適正を自律的に考えることにより、ユーザの明るさの要求や省エネルギーを実現できている。しかし、この光度範囲、つまり光度の近傍幅の決定には十分な検討が行われていない。この近傍幅を大きく設定すると、照明の明るさの変動が大きくなるため、ユーザがちらつきを感じ、快適性を損なう恐れがある。一方、近傍幅を低く設定すると、迅速にユーザが求める明るさを満たす事が出来なくなる。

ユーザがちらつきを感じず、かつユーザの明るさの要求に迅速に対応できる適切な近傍幅を見つけることは重要である。

本報告では、この適切な近傍幅を決定するための基礎実験を行い、適切な近傍幅の検討を行う。

2 知的照明システム

2.1 概要

知的照明システムでは Fig. 1 のように動作する。まず、各照明はある近傍幅でランダムに光度を変更し、その光度とユーザの求める照度を照度センサから取得する。そして、各照明はその取得した情報を元に自身の光度が適切であるかどうかを自律的に判断する。適切であれば変更した光度を採用し、適切でなければ変更前の光度に戻す。以上を繰り返すことにより、知的照明システムはユーザの求める照度を実現する。

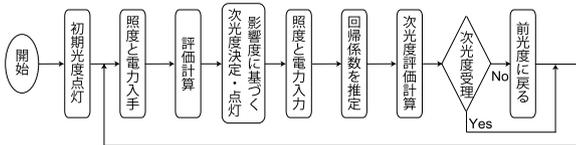


Fig.1 知的照明システムのフローチャート (出典：自作)

2.2 近傍幅

上記で説明したように、知的照明システムでは各照明が光度のある近傍幅でランダムに変更することにより、ユーザが求める照度の探索を行っている。現在、知的照明システムで用いられている近傍幅は Fig. 2 のように 7 種類ある。これは、Fig. 2 の左から照明の光度を下げる近傍が 2 種類、明るさの調整を行う近傍が 3 種類、光度を上げる近傍が 2 種類の構成となっている。

この近傍幅は、シミュレート上で要求する光度を迅速に満たす事を重きにおいて決定されたものであり、実環境において人が感じるちらつきを考慮して決定されたものではない。その為、人が感じるちらつきを考慮した近傍幅を決定する為に、人がちらつきを感じる閾値を照度と光度から求める基礎実験を行った。

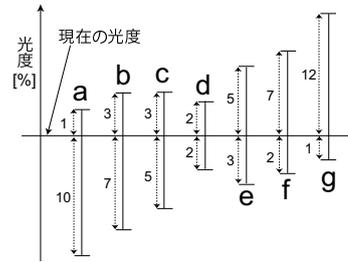


Fig.2 7つの近傍幅 (出典：自作)

3 実験

近傍幅の検討を行う為に 2 つの基礎実験を行った。1 つは作業している机上面を見ている際の照度差から、ちらつきを判断する照度ちらつき実験と、照明を直接見た際に照明の光度から、ちらつきを判断する光度ちらつき実験の 2 つの実験を行った。

3.1 照度ちらつき実験

この実験は、どの程度の照度の変化量で人がちらつきを感じるかを調べる事が目的である。被験者は設定した照度下で決められた作業を行う。そして、照明を制御する事により被験者の周囲の照度を変化させ、被験者が照度変化に気づいたときの照度変化量を測定する。被験者は 20 代前半の男女 6 名とした。

3.1.1 実験環境

実験には Fig. 3 に示すように 15 台の照明を用いる。各照明は連続調光用インバータで調光する事ができ、照明の光度を 30% から 100% まで変更可能である。なお、実験は外光の影響を受けない日没後に行った。

実験開始時の全ての照明は、全て同じ光度で、Fig. 3 に示している机上面照度測定点が設定照度になるように点灯している。照度ちらつき実験では設定照度が 800 lx, 600 lx, 400 lx の 3 通りで行う。そして、測定点の真上の照明 1 台を制御する事により測定点の照度を変化させる。

3.1.2 評価刺激

照度ちらつき実験では、被験者がちらつきを感じる照度変化量を Fig. 4 に示す設定照度 E1 と変動後の E2 の差分から求める。照度は 0.5 秒毎に E1 E2 E1 とい

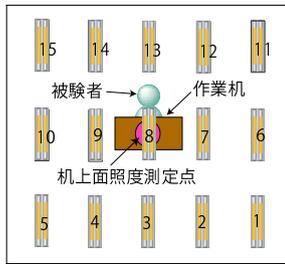


Fig.3 実験環境 (出典：自作)

うパターンで変動させる。また、E1 E2 という変動を 5 回繰り返す毎に照度差を増加させる。また、実験開始時の E1 と E2 の照度差は 0 である。

Fig. 4 は E2 が E1 より減光している照度変化パターンであるが、本実験では E2 が E1 より増光している照度変化パターンも行う。

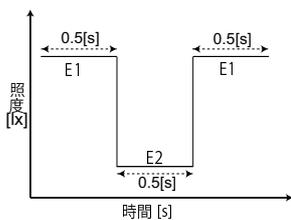


Fig.4 評価刺激の照度変化パターン (出典：自作)

3.1.3 評価方法

被験者が紙作業と読書を行うなか、前述の評価刺激を被験者に与えた。被験者は Fig. 3 の場所に座り、読書や紙作業を行う。それぞれの作業の具体的な内容であるが、読書は論文を読み、また、紙作業は論文を印刷したものを複写する。この読書や紙作業時に、被験者は作業面の明るさの変化に気づいた際、手を上げる。その時の作業面の照度差を記録する。1つの試行に対し、3回データを記録する。

3.1.4 実験結果

各設定照度に対するちらつきを感じる照度差を作業別に分類したグラフを Fig. 5 と Fig. 6 に示す。なお、Fig. 5 は Fig. 4 の E2 が E1 より増加している増光時のグラフで、Fig. 6 は E2 が E1 より減少している減光時のグラフである。この 2 つのグラフから、設定照度が低くなる程、ちらつきを感じる照度差は小さくなる事が分かる。

3.2 光度ちらつき実験

この実験は、どの程度の照明の光度変化で人がちらつきを感じるかを調べる事が目的である。実験室の全照明が均一に点灯している中、1つの照明の明るさを変動させ、被験者がちらつきを感じた光度変化量を測定する。また、被験者は照度ちらつき実験と同一である。

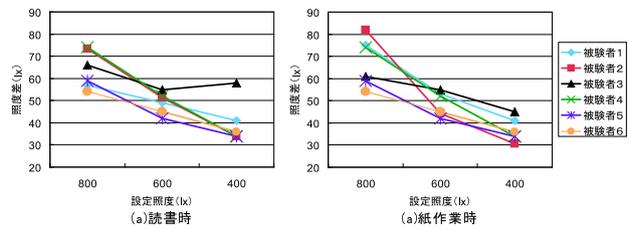


Fig.5 増光時のちらつきを感じる照度差

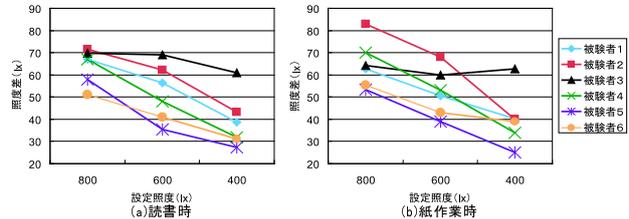


Fig.6 減光時のちらつきを感じる照度差

3.2.1 実験環境

実験環境は照度ちらつき実験の環境と同一である。しかし、光度を変化させる照明は、Fig. 3 の 2 の照明である。実験開始時の照明の点灯パターンは Fig. 3 の照度測定点が 800 lx、600 lx および 400 lx となる点灯パターンである。

3.2.2 評価刺激

光度ちらつき実験では、被験者がちらつきを感じる光度変化量を Fig. 7 に示す初期光度値 L1 と変動後の L2 の差分から求める。光度は 0.5 秒毎に L1 L2 L1 というパターンで変動する。また、L1 L2 という変動を 5 回繰り返す毎に L1 と L2 の差分の光度値は一定に増加する。また、実験開始時の L1 と L2 の差分の光度値は 0 である。Fig. 7 は L2 が L1 より減光している照度変化パターンであるが、本実験では L2 が L1 より増光している照度変化パターンも行う。

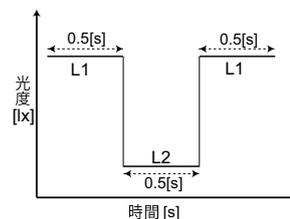


Fig.7 光度ちらつき実験に用いた刺激の照度変化パターン (出典：自作)

3.2.3 評価方法

被験者には Fig. 3 の 2 番の照明を見てもらい、前述の評価刺激を与える。被験者が照明のちらつきを感じた際、手を上げてもらい、光度変化量を記録する。

3.2.4 実験結果

増光時と減光時の各設定照度に対するちらつきを感じる光度差のグラフを Fig. 8 に示す。Fig. 8 を見ると各設定照度毎にちらつきを感じる光度差が低くなっている事が分かる。また、設定照度が 400 lx の際に、被験者毎のちらつきを感じる光度変化量に差がない事が分かる。

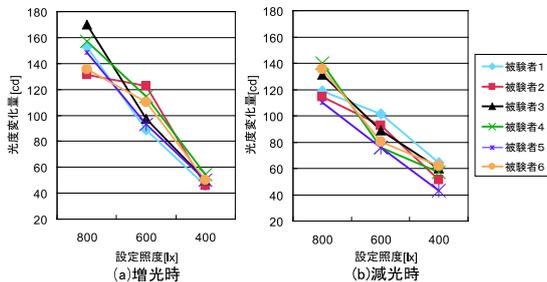


Fig.8 ちらつきを感じる光度差

3.2.5 2つの実験による考察

2つの実験から、設定照度が低くなるとちらつきを感じる照度変化量、光度変化量が小さくなる事が分かった。現在の知的照明では、明るさに関わらず照明の近傍幅が一定なため、照度が低くなっている時はユーザにちらつきを感じさせる可能性がある。

また、照度ちらつき実験の結果から、ちらつきを感じる照度差は被験者毎に異なる事が分かる。それに対して、光度ちらつき実験からは、ちらつきを感じる光度差は被験者毎であまり異なる事が分かる。

4 近傍幅の検討

Fig. 8 から、設定照度が 800 lx の際に被験者全員がちらつきを感じない光度変化量は 100 cd である。最大点灯時が 1450 cd の照明に Fig. 2 の近傍を当てはめた際に、Fig. 2 の a, b, f および g では最大の近傍幅がそれぞれ 145 cd, 101.5 cd, 101.5 cd および 174 cd となる。これらの値は、被験者の周りを 800 lx にした際にちらつきを感じない光度変化量の 100 cd を超えている。つまり、被験者の周りが 800 lx の際は Fig. 2 の a, b, f および g の近傍で照明がランダムに点灯すると、被験者はちらつきを感じる可能性がある。また、同様の理由により、被験者の周りの照度が 600 lx や 400 lx の際に Fig. 2 の a, b, f および g の近傍ではちらつきを感じる可能性が大きくなる事が分かる。

5 今後の展望

人が低い照度化に居る時に近傍幅が大きい近傍幅ではちらつきを感じる可能性が出てくる。このことより、人が低い照度下に居るときは近傍幅を小さくする必要がある。このため、人の周りの照度から近傍幅を変動させるアルゴリズムの考案を考えていく。