暗順応状態で光源を点灯した場合のまぶしさ不快感を低減する点灯時間パターン

非会員 塚原 剛 (芝浦工業大学) 専門会員 入倉 隆 (芝浦工業大学)

Lighting-up Time Pattern to Reduce Discomfort Glare in Case Light is Turned on in Dark Adaptation

Non Member Go Tsukahara (Shibaura Institute of Technology) and

Fellow Member Takashi Irikura (Shibaura Institute of Technology)

KEYWORDS : discomfort, light adaptation, glare

1. まえがき

近年、照明は単に室内を明るくするだけでなく、居住者に対して不快感の少ない心地よいものが求められるようになった。そのため室内照明の不快感グレアなどに関する多くの研究が行われ、不快感、眼の疲労、見え方の低下などを防ぐような照明設計方法が提案されてきている。

室内の照明においては、明るさそのものだけでなく、明るさの変化が人に不快感を与える場合がある。明るさの変化に対する不快感や視覚特性について、今までにいくつかの研究がなされている。大月ら¹⁾は、明暗両順応過渡過程におけるまぶしさ感および不快感について研究を行い、瞬時に大きな輝度変化を与えた直後には強く不快に感じられ、時間の経過につれて不快感がどのように減少していくかを示した。石田ら²⁾は、くつろぎの行為を取り上げ、くつろぎにふさわしい明るさとする照度とその空間の満足度などの評価を用いて、順応時間や初期順応レベルの影響を明らかにした。鹿倉ら³⁾は、照明環境の明るさ変化について、オフィスワークの諸作業を前提に、非周期的な照明光の変動に対する知覚特性を明らかにしている。古賀ら⁴⁾は、コントロールされた明るさ変動の評価項目とその評価構造、および明るさの変動の照度差や変化時間と主観の評価との関係を明らかにした。

夜、暗い室内にいて照明を点灯したときに不快を感じる。このとき感じる不快感の強さは、照明が瞬時に明るくなる場合と時間をかけて明るくなる場合では異なると考えられる。しかし、暗順応状態において、照明を点灯することによる明るさの変化方法と不快感の関係については明らかにされていない。そこで本研究では、室内において全く明るさがない状態から日常生活に必要な明るさまで変動する場合において、輝度の増加波形と不快感との関係を明らかにする視覚実験を行った。

2. 実験方法

2.1 実験装置

実験装置の概要を図1に示す。左側が実験者、右側が被験者である。実験者側にはテスト光を呈示するときに使用する信号発生器、直流安定化電源が置かれている。被験者側には半球面形均一高輝度視野・刺激光呈示装置

図1 実験装置の概要

Fig.1 Scheme of experimental apparatus.

高輝度視野・刺激光呈示装置が置かれ、装置の中央にある顎台に頭を固定する。被験者が見るテスト光の大きさは全視野 (2π [sr]) であり、輝度はほぼ均一になっている。

2.2 実験条件

被験者に呈示するテスト光の波形を図2に示す。信号発生器によって作成した波形を増幅することによって白色LEDを点灯させ、それによりテスト光を呈示した。初期順応輝度は 0.0cd/m^2 として、輝度が徐々に増加し定常状態になったときの最終輝度は 40cd/m^2 (眼前照度 130lx) とした。各波形は、 0.0cd/m^2 から 40cd/m^2 へ瞬時に明るくなる場合 (波形A)、点灯直後に急激に明るくなる場合 (波形B)、時間に比例して明るくなる場合 (波形C)、ゆっくりと明るくなる場合 (波形D)、非常にゆっくり明るくなる場合 (波形E) の5種類とした。B～Eの波形は式(1)のべき関数による。

$$L(t) = kt^a \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $L(t)$ は視野の輝度、 t は点灯開始時からの時間、 k は定数である。べき指数 a は、波形B: 0.5, 波形C: 1, 波形D: 2,

図2 テスト光の波形
Fig.2 Waveform of test light.

波形E：3である。ただし、電流値と輝度の関係が線形になっていないため、完全に正確な波形を作ることはできなかった。明るくなるまでの時間は、輝度の増加が始まってから最終輝度に達するまでの時間で、3、7、10、20sの4種類とし、式(1)の定数 k の値で制御した。波形Aは一瞬で明るくなってしまうので、明るくなるまでの時間は1種類のみとし、5s間呈示した。

被験者は20代の男性7名である。

2.3 実験手順

実験の手順を以下に示す。実験前に被験者へは実験の目的、手順、評価の仕方について説明をした。

- (1) 被験者は暗室で20分間暗順応する。
- (2) 被験者は頭を顎台に固定し、視野の中央付近を見る。
- (3) テスト光を呈示する。
- (4) 被験者は不快感について図3により評価する。
- (5) 10分間の暗順応の後、テスト光の条件をランダムに変え、(2)～(4)を繰り返す。同一条件の実験は各被験者それぞれ1回のみ行う。

図3 評価
Fig.3 Evaluation.

3. 実験結果と考察

被験者7名の評価の平均値を用いて、最終輝度に達するまでの時間と不快感の関係を波形別に求めた。その結果を図4に示す。瞬時に明るくなる波形Aを除く4種類の波形B～Eと明るくなるまでの時間(3、7、10、20s)の相違による効果の有無について、繰り返しのある二元配置の分散分析を行う。その結果、波形の効果は有意(有意水準1%)であり、明るくなるまでの時間の効果も有意(有意水準1%)であった。

一瞬にして明るくなる場合(波形A)は、全ての波形において一番不快感が高かった。波形Bは、明るくなるまでの時間が長くなるにつれて不快感が6から4.4まで減少している。同様に、明るくなるまでの時間が長くなるに従い不快感は、4.7から3.6(波形C)、4.4から2.7(波形D)、4.1から2.4(波形E)へ減少している。被験者全員の平均値を見ると、波形A、B、C、D、Eの順番で不快感が低くなっている。これは、輝度の増加が始まった直後の輝度が小さい順と同じである。そこで、被験者が見ている光の量が、テスト光の開始からわずかな時間で不快感が決まるのではないかと仮定し、輝度の積分量と不快感の関係を調べる。輝度の積分量を式(2)で求めた。

$$L_o = \int_{t_1}^{t_2} L(t) dt \quad [\text{cd/m}^2 \cdot \text{s}] \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、輝度の増加が始まる時間を $t_1=0$ とし、時間 t_2 は0.1から5sまで、0.1s刻みで計算した。

回帰分析を有意水準5%で行ったところ、全ての積分区間においてP値が0.05を下回っていることから、有意であったことが示された。よって、輝度の積分量と不快感の間には相関があることが示された。

積分時間と相関係数の関係を図5に示す。図5から、積分時間が1.8sのところで一番大きな値となった。そこで、積分時間が1.8sのときの輝度の積分量と不快感の関係を図6に示す。図6より、輝度の増加開始直後から1.8sまでにおける輝度の積分量が大きくなるにしたがって不快感が増加している。最も不快感が小さいのは、波形がEで最終輝度に達するまでの時間が20sの条件である。しかし、輝度の増加開始直後から1.8sまでにおける輝度の積分量が、これより少ない条件で不快感がさらに小さくなるかどうかは分からない。また、極端に積分量が小さくなれば不快感は増加す

図4 被験者全員の評価の平均値
Fig.4 Mean of evaluation values for all subjects.

図5 積分時間と相関係数の関係

Fig.5 Relation between integral time and correlation coefficient.

図6 輝度の積分量と評価値の関係 (積分時間1.8s)

Fig.6 Relation between time integral of luminance and evaluation value. The integral time is 1.8s.

ることが予想される。これらについては今後検討をする必要がある。

4. まとめ

本研究では、照明の点灯方法の違いと不快感の関係について、輝度の増加の方法と明るくなるまでの時間、点灯直後の輝度を変化させて実験・検討を行った。その結果、次のことが明らかになっ

た。

- (1) 明るくなるまでの時間が長くなると不快感は低くなる。
- (2) 明るくなるまでの時間が同じ場合、点灯直後の輝度が小さい波形のほうが不快感は低くなる。
- (3) 点灯直後の短時間における輝度の積分量と不快感の間には相関がある。

参考文献

- (1) 大月容子, 伊藤克三: 視覚に基づく照明の動的評価法に関する研究 (その3) — 順応過程におけるまぶしさ感・不快感 —, 照学誌, 66-10, pp.476-482 (1982).
- (2) 石田享子, 井上容子: くつろぎのための明るさに関する研究 — 初期順応レベルと経過時間の影響 —, 照学誌, 89-8A, pp.445-452 (2005).
- (3) 鹿倉智明, 森川宏之, 中村芳樹: オフィス環境における明るさの変動知覚に関する研究, 照学誌, 85-5, pp.346-351 (2001).
- (4) 古賀織江, 宮澤縫衣子, 中村芳樹: コントロールされた明るさ変動の主観評価に関する研究 (その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北) (2000).

(受付日2008年3月24日 / 採録日2008年5月2日)

塚原 剛 (非会員)

スタンレー電気株式会社
2008年3月 芝浦工業大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻修士課程修了。2008年4月スタンレー電気株式会社に入社。

入倉 隆 (専門会員)

芝浦工業大学工学部電気工学科
〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5
1956年生。1979年3月早稲田大学理工学部電気工学科卒。運輸省交通安全公害研究所などを経て、芝浦工業大学工学部教授。博士 (工学)。日本光学会、日本視覚学会、電気学会、感性工学会会員。