

狭角照明を用いた知的照明システムの照度・色温度提供精度の向上

富岡 亮登
Ryoto TOMIOKA

1 はじめに

執務形態が多様化している現代において、執務者の好み・気分や業務形態に応じて最適な環境を個別に提供することが望ましいといえる¹⁾。本研究では、知的照明システムにより個別に照度・色温度を提供する際、照明の物理特性が照度・色温度の提供精度に与える影響を検証する。また、高い精度で個別の照度・色温度を提供した際の執務快適性についても被験者実験を通して検証する。

2 照明の配光角と設置間隔を変更した場合の個別照度・色温度提供精度の検証

2.1 実験概要

一般的なオフィスでは、天井照明に光が広範囲に広がる照明を用いる。しかし、このような照明を用いた知的照明システムでは全ての執務者の目標照度・色温度を実現できない場合がある。また、多くのオフィスでは JIS で推奨されている 120 cm×70 cm のデスクを Fig. 1 に示す対向島型レイアウト状に配置する。これにより近い範囲に執務者が多く着席することも物理的制約の要因となっている。

執務者に高い精度で個別の照度・色温度を提供するには、配光角の狭い照明を用いることが望ましい。照度・色温度提供精度が高い知的照明システムの構築に最適な照明を検証するために、Fig. 1 に示す小規模模擬オフィス環境に、Table 1 に示す配光角の異なる 3 種類の照明灯具を設置し、照度・色温度の提供精度を検証した。提供精度は式 (1)、式 (2) に示す平均照度誤差率、平均色温度誤差率により定量化する。

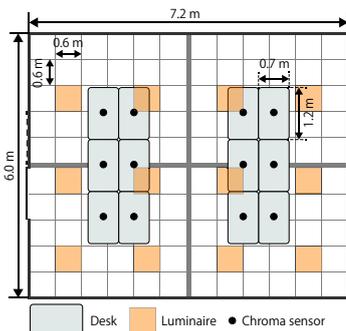


Fig.1 小規模模擬オフィス環境の平面図

Table1 使用した照明

	照度角 [deg]	型番	タイプ
Wide	110	EL-G6004MM	ベースライト
Middle	49	EL-D2023	ダウンライト
Narrow	26	LZD-91820	ダウンライト

$$E_L = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{Le_j}{Lt_j} \times 100 \tag{1}$$

$$Le_j = \begin{cases} 0 & Lt_j \leq Lc_j \leq Lt_j + La \\ Lt_j - Lc_j & Lc_j \leq Lt_j \\ Lt_j + La - Lc_j & Lc_j > Lt_j + La \end{cases}$$

$$E_T = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{Te_j}{Tt_j} \times 100 \tag{2}$$

$$Te_j = \begin{cases} 0 & Tt_j \leq Tc_j \leq Tt_j + Ta \\ Tt_j - Tc_j & Tc_j \leq Tt_j \\ Tt_j + Ta - Tc_j & Tc_j > Tt_j + Ta \end{cases}$$

E_L : 平均照度誤差率 [%], E_T : 平均色温度誤差率 [%],
 n : デスクの数, Lc : 提供照度 [lx], Lt : 目標照度 [lx],
 La : 許容照度誤差 [lx], Tc : 提供色温度 [M],
 Tt : 目標色温度 [M], Ta : 許容色温度誤差 [M]

Fig. 1 に示した模擬オフィス環境において、全席への執務者の着席を想定し、300 lx, 500 lx, 700 lx の目標照度および 3000 K から 5000 K までの目標色温度をランダムに設定した。このような目標照度・色温度の設定パターンを 100 パターン作成し、それぞれのパターンにおいて平均照度誤差率 E_L 、平均色温度誤差率 E_T を算出する。

2.2 実験結果と考察

Fig. 2 にそれぞれの照明環境における照度平均誤差率を、Fig. 3 に色温度平均誤差率を示す。最小値・最大値は、前節で述べた 100 通りの目標照度・色温度分布パターンのうちの最小誤差・最大誤差を示す。なお、No data と示し

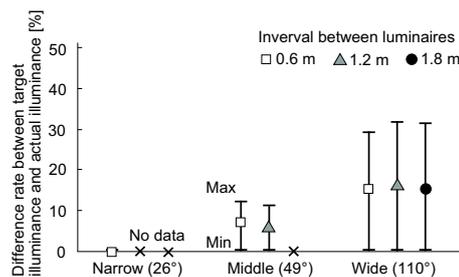


Fig.2 検証実験により得られた平均照度誤差率

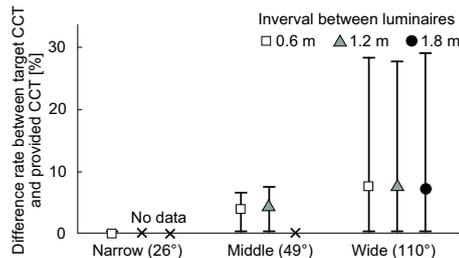


Fig.3 検証実験により得られた平均色温度誤差率

レイアウトでは、照明の配光角および設置間隔の関係から十分に照度を提供できない執務位置が存在したため適切ではない結果として除外した。

同じ配向を持つ照明の設置間隔を変更してもそれぞれの誤差率に変化はみられないため、照度・色温度平均誤差率に影響を及ぼす照明環境の要因は配光角のみであると結論付けられる。また、人間の丁度可知差異（JND）を考えると、5%程度の照度差・色温度差は誤差の範囲内であるため照明を1.2 m間隔で設置することができる Middle 照明が最も優れた照明環境であるといえる。

3 高い精度で個別照度・色温度を提供する環境における執務快適性の基礎的検証

3.1 実験概要

前節の実験では、狭角照明を用いることにより高い精度で個別の照度・色温度を提供できることが明らかになった。本実験では、実環境に高い精度で個別の照度・色温度を提供する狭角照明型知的照明システムを構築し、執務者が快適に作業を行えるかどうかの基礎的検証を行う。

3.2 被験者実験の実施方法および条件

被験者実験は Fig. 4 に示す、6 台のデスクからなる小規模模擬オフィス環境において行った。Fig. 4 の右側に示した照度・色温度を各デスクの中心に提供するよう照明を調光し、被験者は被験者席に着席する。被験者は 20 代の男女 6 名とし、以下に示す手順で実験を行った。

1. アンケートに年齢等を記入 (3 分)
2. A4 の書類を黙読 (5 分)
3. 快適性に関するアンケートに回答 (3 分)
4. PC 上の書類を黙読 (5 分)
5. 快適性に関するアンケートに回答 (3 分)

なお、紙面書類および PC 書類の黙読後のアンケートでは、快適に作業を行えたか、および視野領域に違和感がなかったかを 5 段階で調査した。

3.3 実験結果と考察

Fig. 5 に紙面作業時および PC 作業時の快適性についてのアンケート結果を Fig. 6 に視野領域の違和感についてのアンケート結果を示す。

快適性の調査ではほとんどの被験者が、「どちらでもな

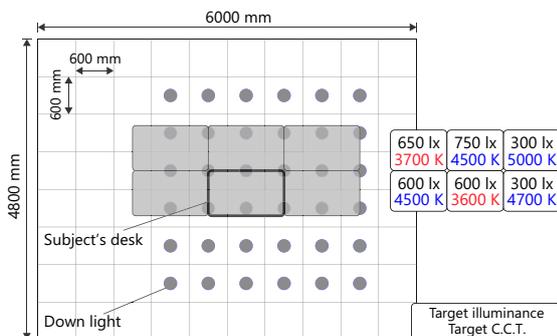


Fig.4 狭角照明を用いた小規模模擬環境の平面図

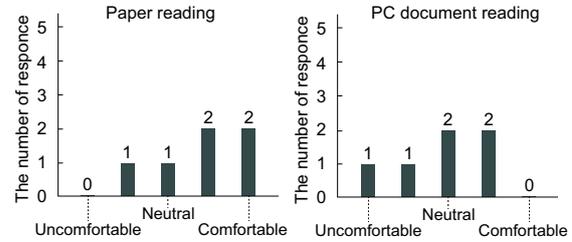


Fig.5 被験者実験により得られた紙面作業時および PC 作業時の作業快適性の回答分布

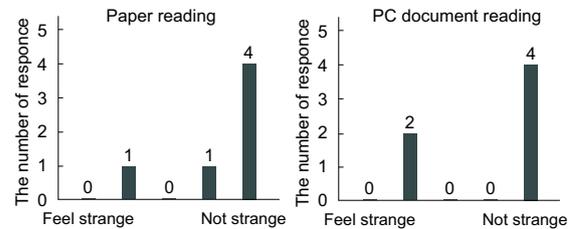


Fig.6 被験者実験により得られた紙面作業時および PC 作業時の視野領域の違和感についての回答分布

い」・「快適」と回答した。紙面作業で「やや不快」と快適した被験者は、紙面上に照度に関するムラが出たことで文字が読みにくかったと回答した。また、PC 作業時に「不快」と答えた被験者は、ディスプレイの輝度が好みの輝度よりも高く、壁面との輝度比も高いことを問題とした。すべての回答を考慮すると、高い精度で個別に照度・色温度を提供したことによる快適性の低下は認められなかった。

一方、視野範囲内での違和感に関する質問では、1名の被験者がから、隣接するデスクとのデスク表面の色温度のグラデーションが気になったという回答が得られた。これは高精度で個別に照度・色温度を提供したこと起因すると思われる。この結果から、狭い配向を持つ照明を知的照明システムに用いる際には、隣接するデスクとの間に生じる照度・色温度のグラデーションに関して考慮する必要があることが明らかとなった。

4 今後の研究方針

本研究では、高精度で個別の照度・色温度を提供する知的照明システムをシミュレーション環境と同様に実環境に構築し、その環境における執務快適性の基礎的検証を行った。ほとんどの被験者は、視野に違和感を感じることなく快適に作業が行えたと回答したが、一部の被験者は視野に違和感を感じたと回答した。このことから、パーティションの設置などにより、高精度で個別照度・色温度を提供する環境においても快適な執務空間を構築することを検討する。さらに、同時に複数人が執務を行う実験等を行い、より現実のオフィス環境に近い環境での検証を進める。

参考文献

- 1) P.R.Boyce, N.H.Eklund, S.N.Simpson, "Individual Lighting Control Task Performance, Mood, and Illuminance", *Journal of the Illuminating Engineering Society*, **29**, 131-142 (2013).