

2) - 3 室内空間における光束の適時適所配分による省エネルギー 照明設計法の開発【基盤】

Development of basic design method for energy-saving lighting by the appropriate spatial distribution of luminous flux in the room

(研究期間 平成 25~27 年度)

環境研究グループ
Dept. of Environmental Engineering

三木保弘
MIKI Yasuhiro

The purpose of this study is to develop of basic design method for energy-saving of lighting by the appropriate spatial distribution of luminous flux in the room. Luminous flux of luminaire is related to lighting energy directly as lumen per watt. Based on the relation, calculation method of luminous environment and lighting energy by the distribution of luminous flux to the room that considered daylight and artificial light were developed, followed by the trial simple design tool of spread sheet software.

[研究目的及び経過]

東日本大震災以後、適度な空間内の明暗により照度レベルを落とした省エネルギー照明が重視されはじめた。しかし、住宅では一室一灯の室広さに応じた適用量数表示、非住宅では全般照明のための光束法が普及しているものの、フレキシブルな器具配置により必要な箇所の明るさとその周辺の明るさのバランスを計画し、昼光にも対応した、照明の基本設計時に使用できる汎用省エネルギー設計法は無い状況である。

これを解決するための設計法は、空間全体で鉛直面も含め照度など照明のポテンシャルで考えることが要件となる。省エネルギーと照明設計の改善をより直接的に結びつけることができるのは、光源からの光量を表す光束 (lm) であり、光束を中心とし、昼光も含めたフレキシブルな照明設計法を開発することが必要である

そこで本研究では、窓からの昼光による光束と、人工照明による光束を、光環境の質を担保しながら省エネルギーとなるように、室内空間の適切な場所・時間に (適量) 配分することができる照明設計法及び、一般の建築設計者が使用可能な簡易な設計ツールを開発する。

[研究内容]

本研究は、3つの項目に分けて検討した。以下に各項目での成果の概要をまとめる。

1) 外部環境を考慮した昼光と人工照明による室空間への光束配分に基づく光環境及び照明エネルギー算定法の構築

昼光は要因が複雑なため、小規模で窓の形状も標準的な仕様を設定しやすい住宅居室から検討を行った。昼光による光束算定の当たりをつけるため、まず、入射光束、

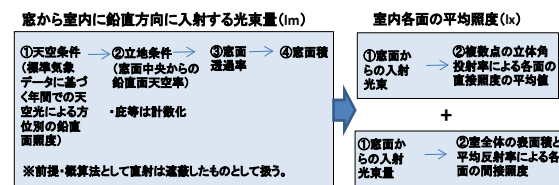


図 1 入射光束を考慮した住宅昼光利用効果算出

表 1 照度 50lx を得る器具光束の単位光束表

拡散配光器具：FVH86510SEN 器具光束：4462 (lm)		2	4.5	6	8	10	12.5
面積(畳)							
開口(m)×奥行(m)		1.82×1.82	2.73×2.73	2.73×3.64	3.64×3.64	3.64×4.55	4.55×4.55
拡散配光器具	室内反射率(%)	1150	1550	1750	2000	2250	2550
	70 30 10						
	室内反射率(%)	850	1250	1500	1750	2000	2300
	70 50 10						
	室内反射率(%)	600	1000	1200	1450	1700	2050
	70 70 10						

広照配光器具：LEDC-23001(S)_LDA9L 器具光束：450 (lm)		1	2	4.5	6	8	10
面積(畳)							
開口(m)×奥行(m)		0.91×1.82	1.82×1.82	2.73×2.73	2.73×3.64	3.64×3.64	3.64×4.55
広照配光器具	室内反射率(%)	700	800	1100	1250	1450	1700
	70 30 10						
	室内反射率(%)	550	650	950	1150	1350	1600
	70 50 10						
	室内反射率(%)	350	500	850	1000	1250	1450
	70 70 10						

中照配光器具：LEDD66003ML 器具光束：370 (lm)		0.5	1	2	4.5	6	8
面積(畳)							
開口(m)×奥行(m)		0.91×0.91	0.91×1.82	1.82×1.82	2.73×2.73	2.73×3.64	3.64×3.64
中照配光器具	室内反射率(%)	280	350	430	680	850	1050
	70 30 10						
	室内反射率(%)	230	310	400	650	820	1020
	70 50 10						
	室内反射率(%)	180	250	350	610	780	990
	70 70 10						

各面光束の試算計算を行い、この結果をもとに、立地を考慮して窓面入射光束から室内の各面平均照度を得る算定法を構築した (図 1)。立地については、隣棟との関係で窓面天空率を概算する算定図を作成した。

人工照明は、光束法が適用できない住宅居室を対象に、従来の蛍光灯や、LED 電球等のランプ光束による単位光束法の整備及び、現在一般的になってきた一体型 LED 器具の器具光束による、室仕様と必要な明るさ・照明消費電力 (W) を算定できる単位光束法を構築した (表 1)。

昼光・照明を同時に扱う光束配分として、昼光による

各面照度を得るツール（図 2）、拡散器具の単位光束表に対応した鉛直面照度表（表 2）を作成し光源光束、各面照度の算定を行い、昼光と照明の光源を光束（lm）、各面光量を照度（lm/m²）として相互に検討し、電力換算により省エネ性への影響も検討した。窓隣接壁面（鉛直面）の算定が数値的に安定し評価し易く明るさ感など質評価や省エネ性評価に繋がり易い可能性を示した。中規模室では窓近傍と室内に仮想壁面を想定したゾーニングによる光束配分設計案を構築した（図 3）。

2) 光環境及び照明エネルギーの計測・詳細シミュレーションによる算定法検証と適用範囲の明確化

光束配分に着目した光環境とエネルギー消費の実物件・模型実測、年間計算シミュレーションにより、1) で構築した簡易な算定の計算精度と特に大開口部の際の適用範囲を検証した。さらに、隣棟建物の状況なども考慮した検証の結果、当該室空間及び照明設備仕様に基づく算定結果の妥当性と課題が確認された。

基本設計としての精度は、先端的な形状や手法を用いた建物を除き、標準的で均一な光環境を考慮したオフィス・住宅における開口部や照明設備の仕様決定に際して、問題ないレベルであり、かつ立地や基本的な窓面制御などの影響も含めて簡易に検討できることが確認できた。光環境の不均一性を考慮したゾーニングによる計算は適用範囲との関係についてさらに検討が必要であることがわかった。

3) 計算体系整理と評価指標提案及び設計法とりまとめ

省エネルギー照明設計法として、空間全体への光源による光量分布として昼光による導入される光束（lm）と必要な人工照明の光束（lm）を同時に考え、フレキシブルな基本設計として室内各面への光量配分と、照明器具の平均的な固有エネルギー消費効率（lm/W）を介した設計容量（合計消費電力（W））が容易に判断できるようにし、さらに、標準的な照明使用時間で屋外条件も考慮した年間消費量の簡易計算を行う計算体系に整理した（図 4）。住宅を想定した小規模室では、立地や室形状のタイプを数表化して簡易に計画、オフィスを想定した中規模室ではゾーンの分割を介し、任意形状や仕様の設計が可能な簡易計算で計画することになる。

評価指標については、光環境は、従来指標である床面（机上面）に加えて、壁面・天井面の組み合わせで、面への光束配分の平均的な量とバランスを評価できる枠組みとした。また、光束、照度など光量の配分だけでなく、参考値として均等拡散面を想定し、反射率を経て壁面等主要面について輝度値を示すこととした。

省エネルギー性については、フレキシブルな照明配

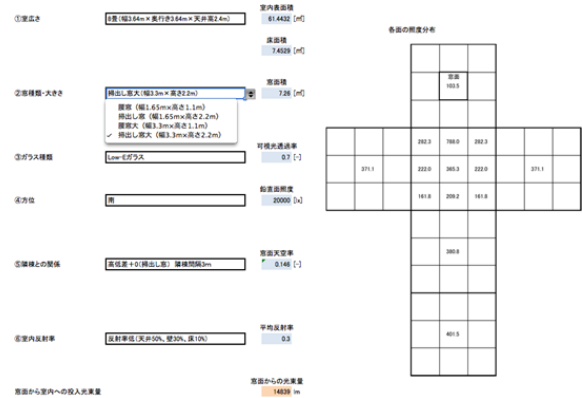


図 2 昼光による室内各面照度計算と結果例

表 2 拡散器具単位光束表に対応した鉛直面照度表

面積 (畳)	2	4.5	6	8	10	12.5
(開口) × 奥行 (m)	(1.82 × 1.82)	(2.73 × 2.73)	(2.73 × 3.64)	(3.64 × 3.64)	(3.64 × 4.55)	(4.55 × 4.55)
拡散配光器具	室内反射率 (%) 70 30 10	50.52	37.74	30.28	30.46	29.09
	室内反射率 (%) 70 50 10	48.50	38.10	30.72	31.48	30.90
	室内反射率 (%) 70 70 10	46.63	38.46	37.18	32.58	31.80
【短辺】						
面積 (畳)	2	4.5	6	8	10	12.5
(開口) × 奥行 (m)	(1.82 × 1.82)	(2.73 × 2.73)	(2.73 × 3.64)	(3.64 × 3.64)	(3.64 × 4.55)	(4.55 × 4.55)
拡散配光器具	室内反射率 (%) 70 30 10	50.52	37.74	31.15	30.46	25.96
	室内反射率 (%) 70 50 10	48.50	38.10	32.36	31.48	27.37
	室内反射率 (%) 70 70 10	46.63	38.46	33.64	32.58	28.88

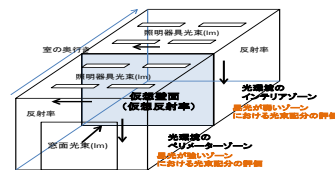


図 3 中規模室のゾーニングによる光束配分設計案

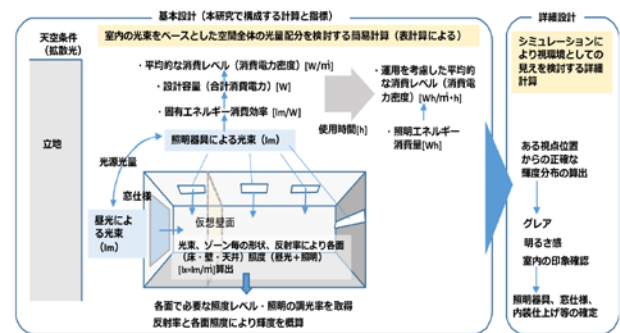


図 4 光束配分省エネ照明設計法・評価指標と位置づけ

置や効率の評価としての消費電力密度（W/m²）、運用（昼光利用の効果）も含めた評価としての消費電力密度（Wh/m²・h）と一次エネルギー消費量算出に必要な消費電力量（Wh）で評価することとし、均一な光環境については年間の消費電力量まで導けるようにした。

【参考文献】

- 1) C.Cuttle: Lighting by design 2nd Edition, 2008