

外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その 86）

各種照明制御を導入した場合の熱負荷計算法

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 86)

Thermal Load Calculation Method of the Room that Introduces Lighting Control

正 会 員 芝原 崇慶（竹中工務店） 特 別 会 員 村上 周三（建築研究所）
 技術フェロー 石野 久彌（首都大学東京名誉教授） 技術フェロー 郡 公子（宇都宮大学）
 正 会 員 一ノ瀬雅之（首都大学東京）

Takayoshi SHIBAHARA*¹ Shuzo MURAKAMI*² Hisaya ISHINO*³ Kimiko KOHRI*⁴ Masayuki ICHINOSE*³
 *¹Takenaka Corporation *²Building Research Institute *³Tokyo Metropolitan University *⁴Utsunomiya University

This paper presents a thermal load calculation method of the room that introduces lighting control. The effect of the decrease of the lighting load is calculated from the rate of occupants. As energy-saving performance evaluation example by lighting control, test calculation results by the Best program are presented.

1.はじめに

事務所建築における照明エネルギー消費量は、建物全体の約 20%を占めており、各種照明制御を導入することは、省エネルギーの観点から重要である。また、照明エネルギーの低減は、空調エネルギー低減の効果もある。

各種照明制御を導入した場合の照明エネルギーの低減効果の算定方法としては CEC/L がある。CEC/L では、照明電力量を算定する際に、省エネルギー制御の種類毎に「補正係数 F」を使用している。しかしながら、精緻な年間熱負荷計算に各種照明制御を導入した効果を反映するためには、昼光利用については HASP-L・BEST 等による昼光計算を実施し、その他の制御手法については、照明発熱スケジュールの入力にて調整するしかない。言い換えれば、昼光利用以外の各種照明制御を導入した場合の照明発熱量を熱負荷計算に反映する方法は確立されていないと言える。

本報では、一般的な年間熱負荷計算の入力項目である在室率(人体発熱のスケジュール値)から、各種照明制御(昼光利用以外)を導入した場合の照明発熱量の算定方法について提案し、照明エネルギー低減効果、熱負荷低減効果の試算結果について示す。

2. 照明発熱量計算法の基本方針

CEC/L では、照明制御なしの年間照明電力に補正係数 F を乗じて、各種照明制御を導入した場合の年間照明電力を算定するが、本報では、時刻毎に「照明制御なし」の照明電力を算定し、さらに時刻別補正係数 F を算定し各種照明制御を導入した場合の照明電力を算定する。

照明制御を採用していない室においても、在室者のい

るエリアのみの照明を点灯して執務することが一般的である。但し、執務者による照明点滅操作では、不在エリアを特定することが困難であるといった考え方が働き、必要以上に照明を点灯してしまう傾向がある。また、人感センサー等による在室検知制御を例に挙げれば、消灯あるいは減光することが出来るのは、執務者がいない照明点灯エリアだけである。このような照明の使われ方を再現するために、執務者がいる照明点灯エリアと、執務者がいない照明点灯エリアを分けて考えることとした。

執務者がいる照明点灯エリアは、照明点滅単位当たり 4 席(照明点滅回路の大きさ = 20 m²、且つ、座席密度 = 0.2 席/m²に相当)であり、執務者がランダムに着席する想定のもとに設定した。執務者がいない照明点灯エリアは、照明点灯エリアの 20%存在すると設定した。図 1 に、在室率と照明点灯エリア率の関係を示す。

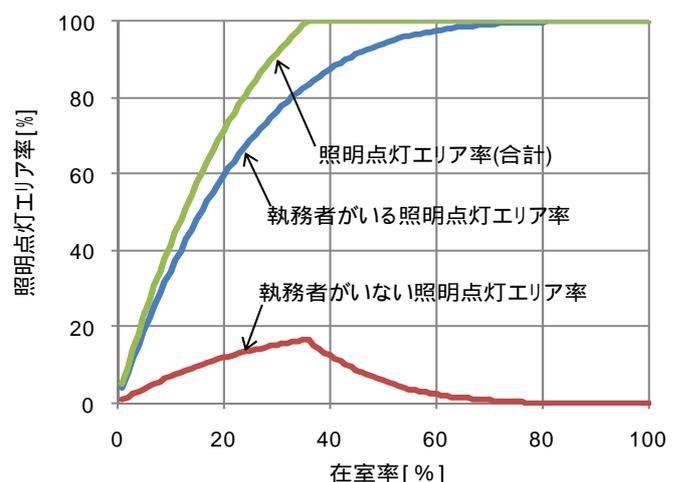


図 1.在室率と照明点灯エリア率

3. 各種照明制御を導入した場合の照明発熱の計算法

3.1 人感センサー等による在室検知制御

人感センサー等による在室検知制御は、不在エリアを検知し、当該エリアの照明を消灯あるいは減光することで、執務者による照明点滅操作に比べ、不在エリアの照明電力を確実に低減する手法である。執務者がいない照明点灯エリアの照明が消灯あるいは減光されると想定し、照明発熱を算定する(消灯であれば時刻別補正係数 $F = 0.0$ 、減光であれば $F = 0.25$ 等とする)。当然であるが執務者がいる照明点灯エリアの照明は消灯あるいは減光されない($F = 1.0$)。なお、本報では不在エリアの照明は消灯されるものとして計算した。

3.2 初期照度補正制御

初期照度補正制御は、ランプ交換当初の余分な明るさをカットすることで照明電力を低減する手法である。厳密に言えば、ランプ交換時は30%程度の効果があり、ランプ寿命間際には、省エネルギー効果が殆どない。即ち、ランプ交換時からの経過時間によって省エネルギー効果が異なる。しかしながらランプ交換時からの経過時間を考慮することは困難であり、BESTの趣旨からも外れる。よって、執務者がいる照明点灯エリア及び執務者がいない照明点灯エリアの時刻別補正係数 $F = 0.85$ とする(CEC/Lにおける補正係数 F と同値)。

3.3 昼光利用照明制御

BESTの昼光利用詳細計算^{文献1)~3)}による。

3.4 局所制御(タスク・アンビエント)

タスクとアンビエントを別々に計算し、合計することで計算可能である。タスク照明電力は在室率と同じ点灯率とし、アンビエント照明電力はこの章で示す計算法による。本報では計算対象外とした。

3.5 明るさ感知による自動点滅制御

明るさを感知し、廊下などの照明を自動点滅する手法である。本報では事務室を想定した計算を行っているの計算対象外としたが、全天日射量 $100\text{W}/\text{m}^2$ を閾値として照明を on/off する(時刻別補正係数 $F = 1.0/0.0$ とする)ものとして算定する。

3.6 ゾーニング制御

ゾーニング制御は、必要に応じた点滅範囲・点灯状態とすることで照明電力を低減する手法であり、執務者の使い方というより、照明制御設備の設定によるところが大きい。照明点滅回路の大きさを 20m^2 10m^2 としたときの効果として計算することとした(「点滅回路の大きさ = 10m^2 の時刻別補正係数」÷「点滅回路の大きさ = 20m^2 の時刻別補正係数」を時刻別補正係数 F とした)。

3.7 タイムスケジュール制御

昼休みや残業時間帯に照明を自動消灯する等のスケジュールを組むことで照明電力を低減する手法であり、ゾーニング制御と同様に照明制御設備の設定によるところ

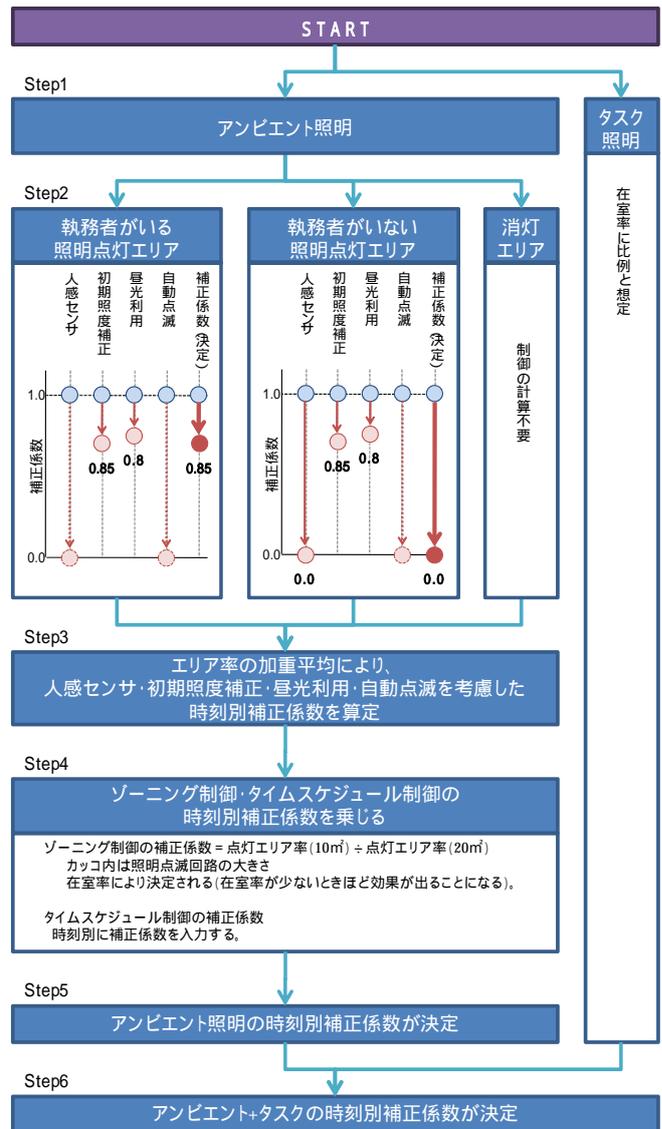


図2.複数の照明制御を導入した場合の照明発熱の計算方法

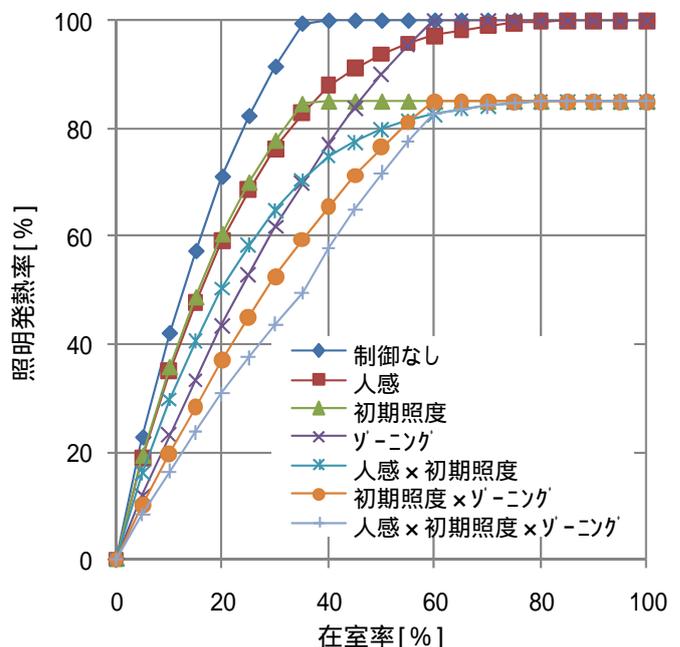


図3.在室率と照明発熱の関係

が大きい。本報では、12~13時と19~22時の照明低減効果が30%(時刻別補正係数 $F=0.7$)であると想定して計算した。

3.8 複数の照明制御を導入した場合の取扱い

図2に、複数の照明制御を導入した場合の照明発熱の計算フローを示す。以下に各Step毎の説明を示す。

Step1: タスク照明とアンビエント照明を分けて計算する。タスク照明は、在室スケジュールに比例するものとして計算する。アンビエント照明はStep2以降の方法にて計算する。

Step2: 在室率(熱負荷計算の入力値)から、図1を用いて執務者がいる照明点灯エリア率・執務者がいない照明点灯エリア率・消灯エリア率を算定する。執務者がいる照明点灯エリア・執務者がいない照明点灯エリアの各々について、人感センサー等による在室検知制御、初期照度補正制御、昼光利用照明制御、明るさ感知による自動点滅制御の時刻別効果率 F を算定し、それらの最小値を時刻別補正係数 F とする。

Step3: エリア率の加重平均により、人感センサー等による在室検知制御、初期照度補正制御、昼光利用照明制御、明るさ感知による自動点滅制御の時刻別効果率 F を算定する。

Step4・5: ゾーニング制御・タイムスケジュール制御の時刻別補正係数 F を求め、Step3にて算定した時刻別補正係数 F に乗じる。

Step6: アンビエントとタスクの各々の照明発熱量原単位に時刻別補正係数 F を乗じて合計し、室の照明発熱量を算定する。

3.9 在室率と時刻別補正係数の関係

図3に在室率と照明発熱率(=時刻別補正係数 F)の関係を示す。人感センサー等による在室検知制御、初期照度補正制御、ゾーニング制御は在室率にて決定される為、これらを組み合わせた効果も在室率にて決定される。

その他の照明制御手法の効果は在室率のみでは決定されないため、この図には示されていない。

4. 各種照明制御を導入した事務室の年間熱負荷計算結果

4.1 計算条件

各種照明制御を導入した場合の年間熱負荷計算を行った。表3に年間熱負荷計算条件を、図4に内部発熱スケジュールを示す。機器・人体のスケジュールは文献⁴⁾を参考に設定した。照明スケジュールは、在室率に応じて、図1より算定した。この照明スケジュールは照明制御無しのものであり、各種照明制御を導入した場合の照明発熱量は、先に示した算定方法にて各々計算した。

図5に計算対象室の形状を示す。南側のみ横連窓(窓高さ2,000H)の開口部がある形状とした。ブラインドは昼光利用ありの場合はスラット角の自動制御とし、その他の場合は全閉とした。

表3. 年間熱負荷計算条件

気象	実在年データ(東京・2006年) 特別日: 1/2, 1/3, 12/31
階高/天井高	4.0m/2.7m
ガラス種類	Low-E 複層ガラス
外部日除け	なし
ブラインド種類	中間色ブラインド
ブラインド開閉	昼光利用なし: 常時閉 昼光利用あり: スラット角の自動制御
内部発熱	照明: 20W/m ² 人体: 0.2人/m ² 機器: 20W/m ² スケジュールは図4を参照。
空調時間	8時~22時
空調条件	夏期: 26℃, 60%, 冬期: 22℃, 40%, 中間期: 24℃, 50% 外気取入: 5CMH/m ²

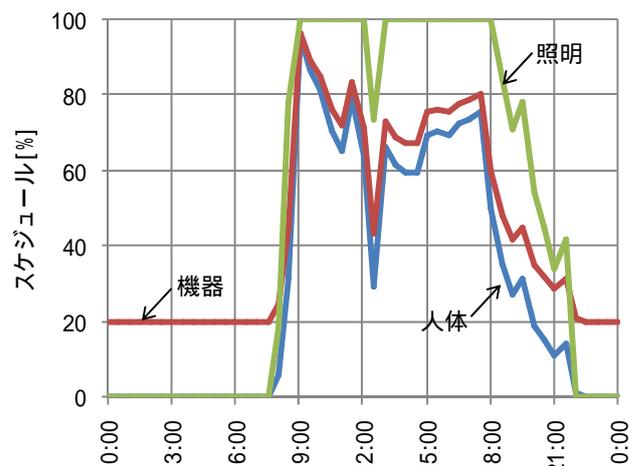


図4. 内部発熱スケジュール
照明発熱スケジュールは照明制御なしの場合を示す。

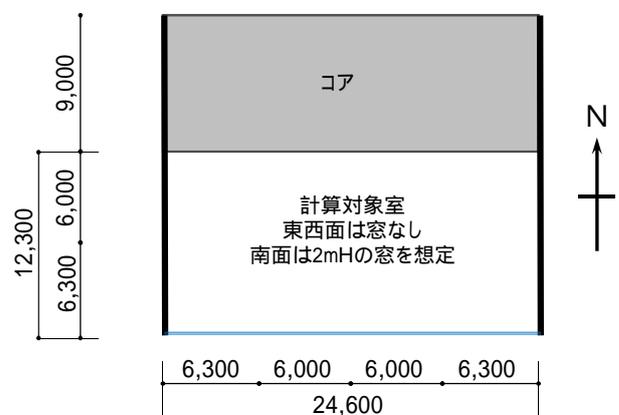


図5. 建物形状

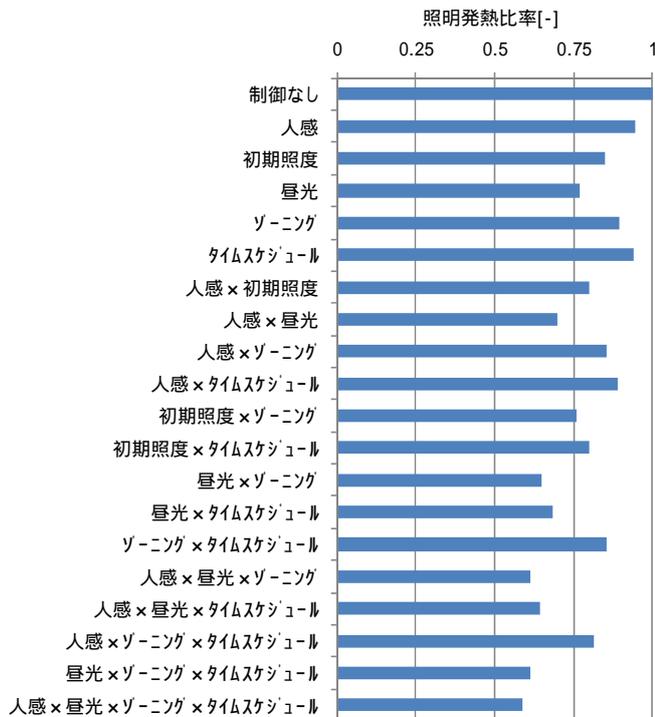


図6.各種照明制御を導入した場合の照明発熱量
制御なしを1とした場合の比率として示している。

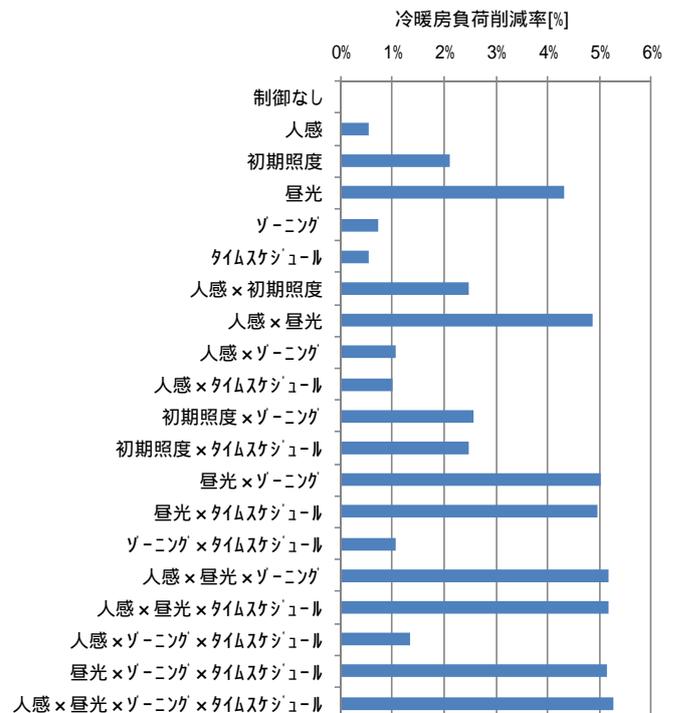


図7.各種照明制御を導入した場合の冷暖房負荷削減率
制御なしを基準とした場合の冷暖房負荷削減率を示している。

4.2 計算結果

図6に年間照明発熱(電力消費量)の計算結果を示す。グラフ最上部の「制御無し」を基準とし、各種照明制御を単独あるいは複数採用した場合の照明発熱比率を示している。昼光利用制御は、結果として初期照度補正も行うこととなる為、昼光利用制御と初期照度補正制御の併用の計算は行わないこととした。

例えば、人感センサー等による在室検知を導入した場合の照明発熱比率は0.96程度(グラフの上から2番目)であり、CEC/Lの補正係数 $F=0.8$ を上回る結果となった。今回の計算では、日中の在室率が70%を上回る想定としており、結果として執務者のいない照明点灯エリアが無い想定となっているためである。

一方、在室検知制御・昼光利用制御・ゾーニング制御・タイムスケジュール制御を導入した場合の照明発熱比率は0.59程度(グラフの一番下)であり、CEC/Lの補正係数 $F=0.58(0.8 \times 0.9 \times 0.9 \times 0.9)$ とほぼ一致した。

図7に年間冷暖房負荷の計算結果を示す。昼光利用制御や初期照度補正制御の熱負荷低減効果が大きいことが分かる。

5.まとめ

各種照明制御を導入した場合の照明発熱量の計算方法について提案し、想定した事務室における照明エネルギー低減効果、熱負荷低減効果の試算結果について示した。

本報では、在室率と照明点灯エリア率の関係を求める際に一様乱数を用いたが、今後は、指数分布に従う乱数を考慮することを考えたい。

【謝辞】本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」・「BEST 企画委員会(村上周三委員長)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、行政支援ツール開発委員会(坂本雄三委員長)、統合化WG(石野久彌主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。統合化WG名簿(順不同)主査:石野久彌(首都大学東京名誉教授)、委員:井上隆(東京理科大学)、一ノ瀬雅之(東京大学)、内海康雄(宮城工業高等専門学校)、大西晴史(関電工)、木下泰斗(日本板硝子)、久保木真俊(日建設計)、工月良太(東京ガス)、黒本英智(東京電力)、郡公子(宇都宮大学)、菰田英晴(鹿島建設)、品川浩一(日本設計)、芝原崇慶(竹中工務店)、新武康(清水建設)、菅長正光(菅長環境・設備一級建築士事務所)、滝澤総(日建設計)、滝澤博(元鹿島建設)、高橋亜璃砂(大林組)、長井達夫(東京理科大学)、二宮博史(日建設計)、二宮秀興(鹿児島大学)、丹羽勝巳、野原文男、長谷川巖、田端康宏(以上、日建設計)、平林啓介(三菱UFJ銀行)、柳井崇(日本設計)、事務局:生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

【参考文献】

- 1) 一ノ瀬・村上・井上・石野・郡・木下: 外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その15)昼光利用および日射遮蔽制御の計算法、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.2025-2028, 2007.9
- 2) 一ノ瀬・村上・井上・石野・郡・木下: 外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その25)昼光利用照明計算について、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1101-1104, 2008.8
- 3) 一ノ瀬・村上・井上・石野・郡・木下: 外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その48)昼光利用効果の感度解析、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.675-678, 2009.9
- 4) 長井・苗村・石野・郡・永田・大原・水出・植田・小林・金: 自然換気・シーリングファン併用ハイブリッド空調オフィスの性能評価 第4報 内部発熱と使われ方に関する調査、日本建築学会大会学術講演梗概集, D2, pp.1143-1146, 2005.9