

学校教室における庇長さが、年間熱負荷、机上面照度に与える影響

正会員 ○樋口作夫*
同 羽山広文**
同 絵内正道***

教室 庇 熱負荷
昼光 机上面照度 窓面拡散

1. はじめに

CO₂ 排出低減のために、業務用施設面積全体のおよそ2割を占める学校の省エネルギーに寄与する方策を検討する時に、室内の明るさに留意することは重要である。

本報では、学校の教室モデルで庇の長さを変えた場合の熱負荷計算と照度分布計算を行い、庇長さが年間熱負荷、室内の明るさに与える影響について考察した。

2. 評価方法と計算条件

2.1 熱負荷計算

熱負荷計算は、SMASH (ver.95.07、IBEC) を用い、制御因子として庇長さ、換気回数、廊下配置を変えた計18 ケースについて熱負荷を求めた (Table 1)。

計算対象とした教室モデルを Fig.1 に示す。教室は 7 x 9 m の方形で、黒板に向かって左側に外気に面する窓 (以下、外窓)、右側に廊下がある。廊下の幅は 2m、教室および廊下の天井高さは 3m とした。教室外壁、廊下の窓面積は 7.02m²、廊下に面する窓面積は 5.7m²、教室前後のドア面積は 7.2m² である。外窓の面する方位は南向き、計算対象地域は I 地域：札幌、IV 地域：東京、大阪、V 地域：鹿児島 の 4 都市である。窓の熱貫流率(U 値)は 3.5[W/m²K]、日射熱取得率(G 値)は 0.85 とし、窓以外の部位の断熱性能は、次世代省エネ基準に基づいて地域毎に設定した。暖房設定温度は 20℃、冷房設定温度は 26℃、廊下は成り行き温度とし、隣接する空間の条件は対象室と同温、階下は床下、階上は小屋裏設定とした。

空調時間帯は、学校利用の実態を考慮して平日の 7 時から 17 時までの昼間とした。尚、本報では潜熱負荷は

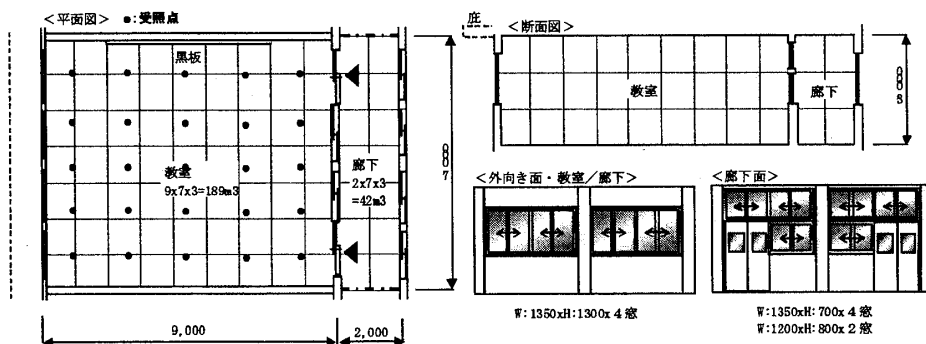


Fig.1 計算対象教室モデル

対象とせず、顕熱負荷のみ求めた。

2.2 照度計算

照度は、窓面を完全拡散面とみなし高さ 75cm の机上面について直接昼光率と間接昼光率に窓面からの昼光による光束を乗じて求めた。直接昼光率は、直射日光と天空光に対して算出した。直射日光に対する直接昼光率は庇の影を除いた窓の日照部分に対する各受照点の立体角投射率、天空光に対しては窓面全体に対する立体角投射率とした。間接昼光率は、作業面切断公式を用いた。鉛直窓の受照点に対する立体角投射率(f)の算出式(1)を式(1)に、作業面切断公式(2)を式(2)(3)に示す。熱負荷計算に用いた毎時の日射データを使用し、直達日射では式(4)による発光効率、天空日射では式(5)による発光効率(2)と、可視光線透過率($T_v=0.9$)とを、それぞれの昼光率に乗じて積算し、Fig.1 に示す 25 受照点の昼光照度を算出した。

尚、昼光率は外窓についてののみ求めており、廊下側の窓からの昼光率は算出していない。

3. 計算結果と考察

熱負荷の計算結果から、庇長さが同じ各 6 ケースの熱負荷の平均値、最大値、最小値を算出した。照度の計算結果から >0、>200、>750、>1500、>3000、>10,000lx の

Table 1 制御因子と水準

ケース	廊下配置 (一)	換気回数 (回/h)	庇長さ (m)
ケース1	片	1.5	0
ケース2	片	3.0	0
ケース3	片	5.5	0
ケース4	片	1.5	1
ケース5	片	3.0	1
ケース6	片	5.5	1
ケース7	片	1.5	2
ケース8	片	3.0	2
ケース9	片	5.5	2
ケース10	中	1.5	0
ケース11	中	3.0	0
ケース12	中	5.5	0
ケース13	中	1.5	1
ケース14	中	3.0	1
ケース15	中	5.5	1
ケース16	中	1.5	2
ケース17	中	3.0	2
ケース18	中	5.5	2

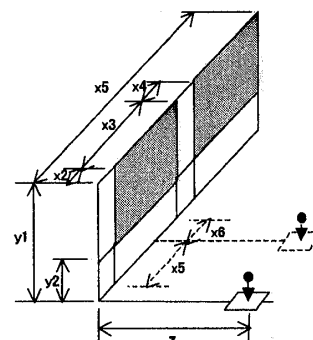


Fig.2 受照点の立体角投射

Influence of eaves length in the school classroom onto an annual heat load and a daylight illumination.

HIGUCHI Sakuo, HAYAMA Hirofumi, ENAI Masamichi

6段階で出現時間を集計し、25点の合計値を求めて総時間数に対する各照度帯の累積時間構成比を算出した。

3.1 庇長さの熱負荷に与える影響

庇長さとの熱負荷の関係を Fig.3 に示す。図から、いずれの都市でも庇が長くなるとやや熱負荷が増加し、庇長さ 0m に対する比率は、1m で 1.04~1.07、2m で 1.07~1.10 である。庇が長くなると熱負荷が増えるのは、庇による日射熱取得の減少が暖房負荷を増加させ、年間熱負荷に占める暖房負荷の割合が大きいためである。冷房期には、庇によって冷房負荷が低減するが、庇 1m と 2m では冷房負荷はほとんど変わらない。

3.2 庇長さの机上面照度に与える影響

庇長さとの照度出現時間比の関係を Fig.4 に示す。図から、庇が長くなると >10,000lx は 0% となり、>1,500lx の比率も少なくなることが分かる。即ち、200~1,500lx の比率が庇が長くなるに従って増加している。文部省は、教室の机上面照度が 200~750lx 以上であること、各点の最大/最小照度の比は 10:1 を超えないこと、を求めている⁽³⁾。Fig.4 から 200lx 以下の割合は庇の長さによる影響をほとんど受けず、庇を 2m としても最低照度は保たれている。最大/最小照度の比は、庇 0m では都市・時間によらず 6.4、庇 1m、2m では 1.3~6.4 であり、いずれも基準を満たしている。このことから、庇を設けることは最低照度を保持しつつ照度分布の均斉度を向上させている、ということが出来る。庇長さ 1m と 2m の比較では、1500lx 以下の構成比がほとんど同じであり、熱負荷の増減を加味すると庇長さは 1m が適当と思われる。

本報では日光が窓面で拡散する条件で受照点の照度を求めているが、実際には窓ガラスの拡散は小さく、平行光のまま机上面に日射が到達することも多いと思われるので、窓際と廊下側の照度差はさらに大きいと推定される。窓面拡散のない場合の照度分布、廊下側の窓からの採光を加えた照度分布の検討が今後の課題である。

4. まとめ

4都市の気象条件で、年間熱負荷と窓面拡散の場合の机上面照度を計算し、庇の長さが 0m、1m、2m の場合にエネルギー消費と学校教室内の明るさに与える影響について考察した結果、庇長さ 1m とすることが有効であることの可能性が示唆された。

<参考文献>(1) 大学課程建築環境工学/伊藤克三他/p.53/オーム社/1978.6.20

(2) 数値計算で学ぶ光と熱の環境学/宿谷昌則/p.30,p.31,p.76/丸善/1993.7.25

(3) 学校環境衛生の基準/文部省体育局長裁定/付表 3-1/H14.2.5

$$f = (1/2\pi) \cdot (\tan^{-1}(x/z) - (z/\sqrt{(y^2+x^2)}) \cdot \tan^{-1}(x/\sqrt{(y^2+x^2)}) \dots (1)$$

$$E_{rf} = (\rho_{fe} \cdot F_f + F_c) \cdot \rho_{ce} / (A_f \cdot (1 - \rho_{ce} \cdot \rho_{fe})) \dots (2)$$

$$\rho_{fe(ce)} = (A_f \cdot \rho_{fm(cm)}) / (A_{Lf(c)} - (A_{Lf(c)} - A_f) \cdot \rho_{fm(cm)}) \dots (3)$$

E_{rf} : 作業面照度 [lx], $\rho_{fe(ce)}$: 切断面を仮想面とした等価反射率 [-], $F_{f(c)}$: 光束 [lm], A_f : 床面積 [m²], $\rho_{fm(cm)}$: 平均反射率, $A_{Lf(c)}$: 仮想面より下(上)の内表面積 [m²], 添え字: f: 床側, c: 天井側

$$\eta_B = \eta_o \{ (6.25 \sin^3 h - 10 \sin^2 h + 3.94 \sinh) I_{DN} / I_o + 0.983 \sinh + 0.451 \} \dots (4)$$

$$\eta_s = \eta_o \{ (3.375 \sin^3 h - 6.175 \sin^2 h + 3.4713 \sinh + 0.7623) \} \dots (5)$$

η_B : 直達日射の発光効率, η_s : 天空日射の発光効率, η_o : 大気圏外の太陽放射エネルギーの発光効率 (=93.9), I_{DN} : 法線面直達日射量, I_o : 大気圏外法線面日射量, h : 太陽高度 [radian]

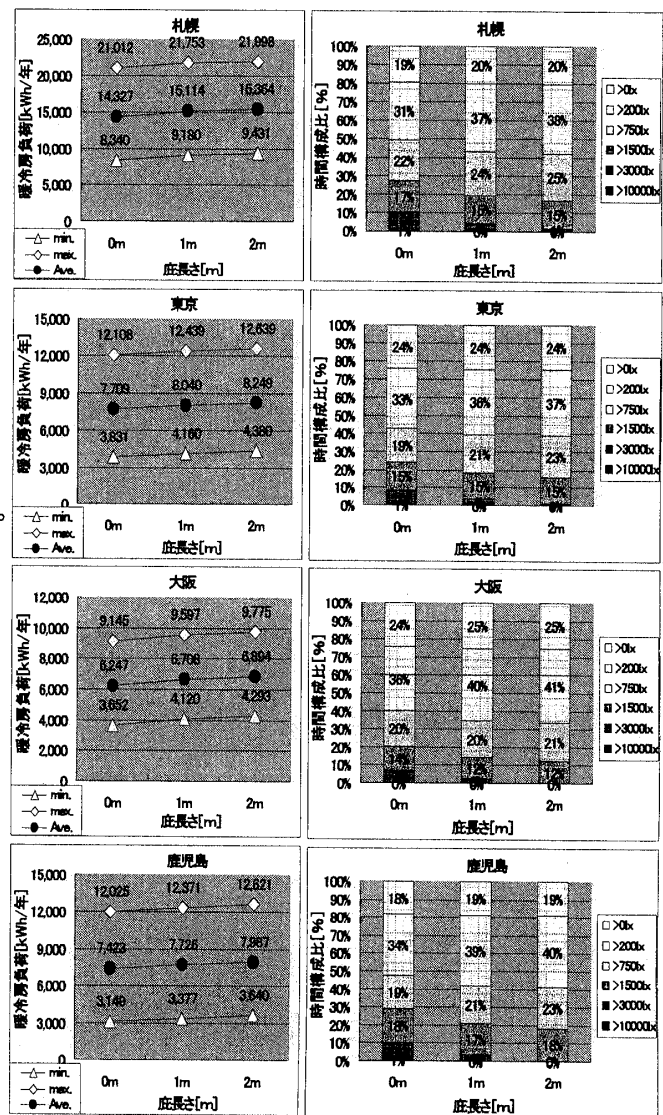


Fig.3 庇長さとの熱負荷の関係

Fig.4 庇長さとの照度別時間比の関係

* AGC 旭硝子(株) 板ガラスカンパニー CSR 室
 ** 北海道大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)
 *** 北海道大学大学院工学研究科 教授・工学博士

* CSR Office, AGC Flat Glass Japan/Asia Asahi Glass Co.,Ltd
 ** Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 *** Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.