

昼光利用による省エネルギー評価に関する理論的研究

Theoretical study relating to assessment of energy saving by using daylight

9730105 岩田淳子 Junko Iwata

指導教官 田中辰明 Tatuaki Tanaka

1. はじめに

近年、建築計画において省エネルギー検討は必要不可欠となってきている。このためビルの消費エネルギーの約1/3を占める照明用エネルギーにおいても、自然採光を上手く利用することによる省エネルギー化が重要となってくる。しかし窓は熱的に弱い部分であり、面積の大きい窓を設けることは熱損失が大きくなるため窓を縮小すべきであるという社会的動きも強い。ところが窓の占める割合は開放感などの心理的影響も大きいいため、同じ窓面積でも目的に合った照度分布が得られるような窓計画が重要となる。そこで本研究では以下の2点を目的とした。

① Excel でプログラムを作成し、昼光率と密接な関係である立体投射率を様々な窓パターンにおいて簡易に計算できるようにする。

② ①を利用して様々な窓パターンにおける立体投射率を計算した結果から窓形状と省エネルギーの有効性を検討する。

2. 昼光率と立体投射率の関係

D (昼光率) = 受光面の照度 E / 全天空照度 $E_s \times 100$

D = 直接昼光率 D_d + 間接昼光率 D_r

D_d = 立体投射率 $U \times 100$ (ガラスのない開放窓)

上式より明らかなように、直接昼光率を検討するためには立体投射率をまず検討する必要がある。なお立体投射率とは形態係数ともいわれるように、ある点またはある面から対象となる面の見える割合のことであり、光や熱のエネルギーには関係なくそれらの面と面の間の相対的な位置関係と形態のみによって定まるものである。

3. 立体投射率の計算理論*境界面積分の法則

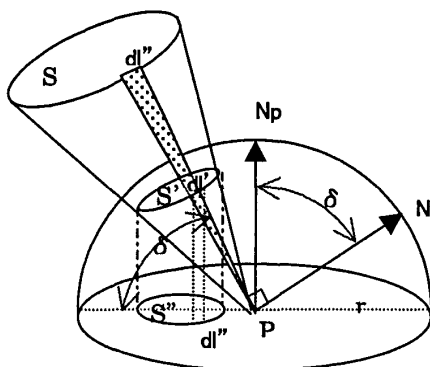


figure-1 * 法則の説明図

点Pに対する面の投射率 U を錐面積分の法則に基づき計算する。立体投射率 U は光源面 S の境界線(外周)にそって一巡積分すれば求まる。

$$dl' = 1 \cdot dr = dr$$

$$P-A'B' \text{ の三角形の面積} = 1/2 dl' = 1/2 dr$$

$$P-A''B'' \text{ の三角形の面積} = 1/2 dr \cos \delta = dA''$$

$$S'' = \oint_{A''} dA'' = \oint_{A''} \frac{dr \cos \delta}{2}$$

面 A の境界線にそって n 等分すれば

$$S'' = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^n dr_n \cos \delta_n$$

であわされるので立体投射率 U は

$$U = \frac{1}{2\pi} \sum_{n=1}^n dr_n \cos \delta_n \quad \dots (1) \text{ で求められる。}$$

この法則を利用し、窓を座標であらわすことによって立体投射率 U を求める Excel プログラムを作成した。

側窓、天窗の複数の窓について計算を行うことが出来る。なおこのプログラムを利用すると1ポイントについて計算するのに21KB、今回の計算条件(測定点527点、連動グラフ4つ)で約144KB(マクロ利用)でありとても軽い。よって様々な窓パターンの立体投射率 U について容易に計算できるようになった。

4. 立体投射率算出のための計算条件

縦3.6m×横6.3m×高さ2.4m片側採光の居間を想定し、床上0.6mの水平面を測定面($z=0$)とした。床上0.6mとは、居間でくつろいだときの目線の高さを想定して設定したものである。

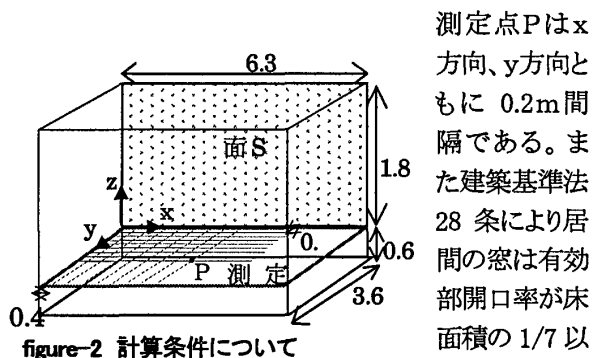


figure-2 計算条件について

測定点Pはx方向、y方向ともに0.2m間隔である。また建築基準法28条により居間の窓は有効開口率が床面積の1/7以上と定められ

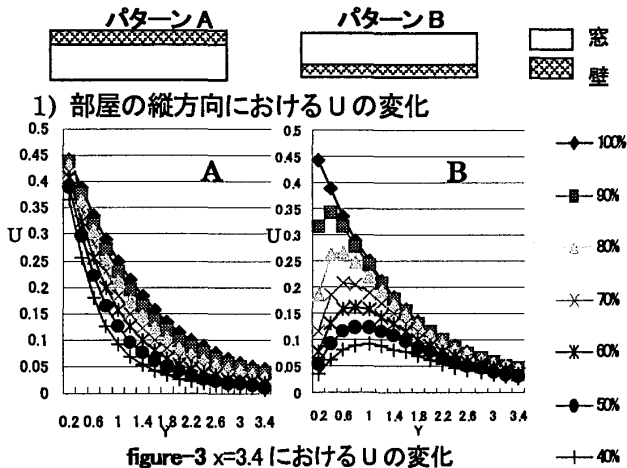
ているので、この条件を満たす面 S に対する面積別の窓パターンによる立体投射率の計算を行う。(40%、50%～100%)

5. 計算結果と考察

さまざまな窓パターンについて計算を行った。そのうちのいくつかの比較結果を示す。

5-1. 窓面積別 U 値の変化の検討

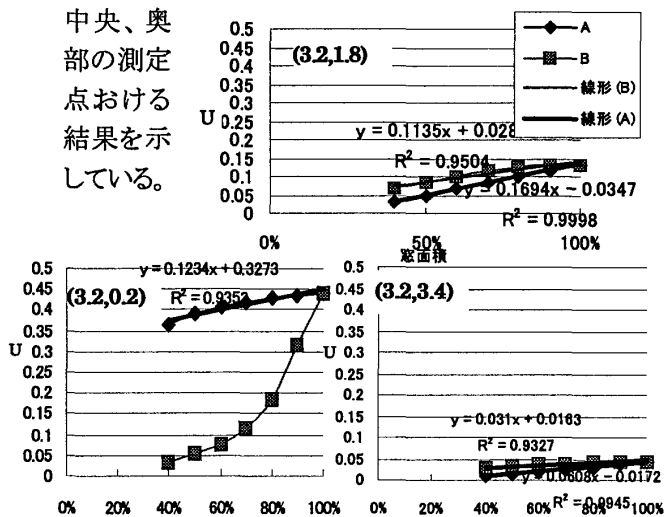
窓面積による U 値の変化を検討するため、1 つ窓パターン A, B について比較した。なお A パターンは窓が下よりで、B パターンとは窓が上よりである。



まず部屋の縦方向 (x=3.4) における変化を検討した。パターン A は窓付近においては U 値は大きいパターン B のほうが U 最大値が窓面から離れており、均せい度*が高いことがわかる。

2) 測定点別窓面積と U 値変化の関係

次に各測定点における窓面積の変化と U 値の変化の関係について検討した。figure-4 は x=3.2 上の窓際、中央、奥部の測定

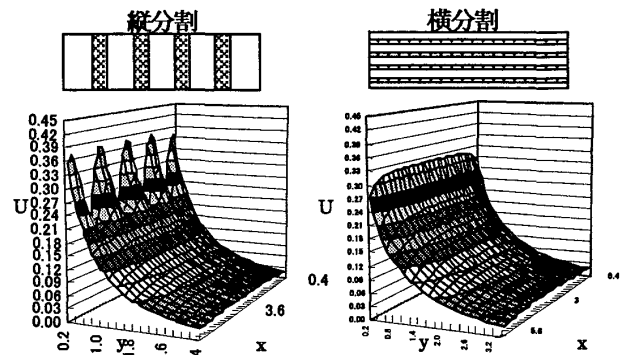


これより B パターンの窓付近を除き、窓面積と U 値の変化には相関関係はあるといえる。その変化の割合は y 値 (つまり部屋の奥行き) によって違っており、A, B パターンとも割合は違うが窓から一番離れた地点である y=3.4 における U 値の変化が一番少なかった。このことより部屋の奥部においては窓を高く設置しても低く設置しても窓面積を変えることによる影響、つまり効果が出にくいということがわかった。なお部屋の横方向における U 値の変化の傾向は同じであった。

*均せい度 作業面照度の均一の程度

5-2. 窓分割数別 U 値の変化の検討

窓分割による U 値の変化を検討するため、70%窓における縦分割、横分割について比較した。分割した窓はすべて同じ大きさである。(figure-5)



上図によると、縦分割は窓形状による影響がでているが、これは分割数を増すにつれて顕著ではなくなり 14 分割を超えると横分割のような一定の分布となった。縦分割のほうが窓付近の U 値は部分的に大きい、横分割のほうがわずかながら均配がなだらかであり、均せい度が高くなっている。なお窓面積を変えても傾向は同じであった。

5-3. その他の窓パターン

同じ窓面積でも窓形状によって U 値分布にどのような影響がでるか、70%窓において計算を行った。そのうち一例(3つ窓)を示す。これによると分割による影響は出ているが figure-5 の例よりは少なく、U 最大値が窓面から離れたところにある。これは窓が測定面から離れて高めに設置されているためだと思われる。

figure-6 70%3つ窓の一例

6・まとめ

窓形状による U 値の変化には一定の傾向があった。同じ窓面積でも窓を高く設置すると均せい度が高くなり部屋の奥にまで光が届きやすくなる。また窓の分割数の増加、窓の測定面からの距離に比例して窓形状の影響がでにくくなる。窓面積変化と U 値には相関性があり、部屋の奥部にいくほど窓面積変化による効果が少ない傾向がある。これらの特徴を生かし窓の心理的効果、他の要因を考慮し、部屋の目的に合った窓計画をすることが重要である。

【謝辞】

本研究にあたり故・後藤昌司様にご助言、ご指導いただいた。記して深甚なる謝意を表す。

【参考文献】

1. 鉢野ゆき 平成8年度修士論文 放射熱交換の生理的・心理的影響に関する研究
2. VDI-Wärmeatlas 6. Auflage VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf (1991)
3. 田中俊六・武田仁・足立哲夫・土屋喬夫 最新建築環境工学 井上書院 (1996)